



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

IAGO VINÍCIOS GELLER

**INVASÕES BIOLÓGICAS NA BACIA DO IGUAÇU: UMA
ABORDAGEM INTEGRADA DOS IMPACTOS ECOLÓGICOS,
SOCIOCULTURAIS E POLÍTICOS**

Londrina
2025

IAGO VINÍCIOS GELLER

**INVASÕES BIOLÓGICAS NA BACIA DO IGUAÇU: UMA
ABORDAGEM INTEGRADA DOS IMPACTOS ECOLÓGICOS,
SOCIOCULTURAIS E POLÍTICOS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Londrina - UEL, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. Mário Luís Orsi
Coorientador: Prof. Dr. Jean Ricardo S. Vitule

Londrina
2025

Ficha Catalográfica
(SOMENTE PARA VERSÃO FINAL, APÓS DEFESA)

Ficha catalográfica poderá ser gerada através do link:
<https://www.sistemasweb.uel.br/index.php?contents=system/fc/index.php>

IAGO VINICIOS GELLER

INVASÕES BIOLÓGICAS NA BACIA DO IGUAÇU: UMA ABORDAGEM INTEGRADA DOS IMPACTOS ECOLÓGICOS, SOCIOCULTURAIS E POLÍTICOS

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Londrina - UEL, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Orientador: Prof. Dr. Mário Luís Orsi
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Prof. Dr. Fernando Camargo Jerep
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Prof. Dr. André Magalhães
Pesquisador independente

Prof. Dr. Éder André Gubiani
Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Prof. Dr. Robertson Fonseca De Azevedo
Ministério Público do Estado do Paraná

Londrina, 25 de julho de 2025.

AGRADECIMENTOS

Um ciclo de quatro anos e meio se encerra, e tenho plena certeza de que essa jornada não foi percorrida sozinha. Agradecer é reconhecer, com gratidão, todos que fizeram parte desta caminhada e contribuíram para que esta conquista se tornasse possível. Este trabalho também é de vocês. A realização desta tese de doutorado representa a concretização de um sonho de adolescente (o sonhado Dr.) uma trajetória repleta de desafios, aprendizados e crescimento pessoal e acadêmico. Para que este trabalho fosse possível, contei com o apoio, incentivo e colaboração de diversas pessoas e instituições, às quais expresso minha mais profunda gratidão. Gostaria de agradecer a toda minha família pela estrutura durante todo o ciclo deste curso de doutorado:

Minha Noiva Paloma Sarnowski que foi minha base durante as tempestades e permaneceu firme mesmo quando tudo parecia desabar. Sua paciência, apoio incondicional e amor foram fundamentais ao longo desta jornada. Esta conquista é também sua, e sou imensamente grato por tê-la ao meu lado.

Aos meus pais, Marco Antonio Geller e Rosemeri Sates Geller, minha eterna gratidão por toda a base educacional, os valores e os ensinamentos transmitidos ao longo da vida. Foi com o exemplo, o apoio e a dedicação de vocês que consegui chegar até este título tão sonhado. Obrigado por acreditarem em mim em todos os momentos.

Quero agradecer ao Prof. Dr. Alan Deivid Pereira por todo auxílio, contribuição e ensinamentos durante a construção desta tese, peça fundamental para o encerramento deste ciclo.

Agradecer aos meus orientadores: Prof. Dr. Mário Luis Orsi e Dr. Jean Vitule por permitir que este estudo acontecesse e contribuir na sua construção.

Agradeço a todos os amigos que cultivei durante minha jornada em Londrina e que guardo com muito carinho até hoje: Diego Garcia (Harry), Marcelo (Japa), Jarduli (GDD) e João (Paquito), Augusto, Mateus, Gabi e pessoas mais distante que tive o prazer de conhecer nesta caminhada.

Agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Universidade Estadual de Londrina (UEL), pela excelência na formação científica, pelo suporte institucional e pelas oportunidades oferecidas ao longo deste percurso acadêmico.

Expresso minha sincera gratidão ao Centro Universitário Ugv, representado

pelos professores Mateus Cassol Tagliani e Edson Aires da Silva, pelo apoio essencial ao longo desta jornada. A Ugv foi um espaço de crescimento acadêmico e profissional, onde tive a oportunidade de desenvolver minhas habilidades em pesquisa com incentivo, confiança e colaboração constantes.

Agradeço à coordenação do curso de Fisioterapia da UGV, nas pessoas da Profª Giovana Simas de Mello Ilkiu e da Profª Luana Otto, pelo apoio contínuo ao longo deste ciclo acadêmico. Estendo um agradecimento especial ao meu colega de trabalho, Prof. Willian Amarantes, pela parceria, incentivo e momentos de descontração durante a elaboração desta tese.

Aos demais amigos da UGV, deixo meu sincero e eterno agradecimento. Em especial a Thomas (1 e 2), Guto, Stanley e a todos os colegas que, de alguma forma, contribuíram para este ciclo com apoio, amizade e companheirismo.

Por fim, deixo minha sincera gratidão a todos os professores que fizeram parte da minha formação – desde o ensino básico até a conclusão deste doutorado. Cada um de vocês contribuiu de maneira única e essencial para essa trajetória, sendo peças fundamentais na construção do conhecimento que hoje carrego.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

*“A seleção natural não removerá a ignorância
das gerações futuras”*

Richard Dawkins

GELLER, Iago Vinícios Geller **Invasões biológicas na Bacia do Iguaçu: uma abordagem integrada dos impactos ecológicos, socioculturais e políticos**: 2025.170 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2025.

RESUMO GERAL

A região Neotropical concentra aproximadamente um terço da diversidade mundial de peixes, esse patrimônio natural enfrenta uma crescente crise de extinção em massa, fortemente impulsionada por atividades antrópicas. Essa crise está diretamente relacionada à introdução e subsequente invasão de espécies não nativas. Apesar dos impactos negativos documentados nos âmbitos ecológico, social e político, essas espécies continuam sendo negligenciadas pelas políticas de conservação. Uma vez estabelecidas essas espécies são dificilmente erradicadas, as medidas preventivas, especialmente a detecção precoce e o monitoramento contínuo, configuram-se como as estratégias mais eficazes. A bacia do Iguaçu, no sul do Brasil, é reconhecida como um *hotspot* de biodiversidade ictiológica ($\cong 70\%$ de endemismo), porém os esforços de conservação ainda são limitados, resultando em uma lacuna crítica de conhecimento. Na última década, aumentaram os registros da espécie não nativa *Salminus brasiliensis* (dourado) na região, cuja rápida expansão, potencializada pelas mudanças climáticas, pode desencadear impactos ambientais (como extinções), além de repercussões econômicas, socioculturais e políticas em diferentes áreas da bacia. Ainda se acredita que novas espécies não nativas podem se estabelecer e agravar a situação crítica. A compreensão das várias esferas (ecológica, social, cultura e política) é fundamental para subsidiar decisões estratégicas e mitigar os danos futuros. Diante desse cenário, torna-se imprescindível a realização de uma avaliação abrangente. O objetivo geral desta tese foi desenvolver uma análise integrada da invasão de *S. brasiliensis* na bacia do Iguaçu, considerando seus impactos ecológicos, socioculturais e políticos. A proposta visa preencher uma lacuna na conservação de espécies endêmicas neotropicais negligenciadas e enfrentar discursos de setores da sociedade que ainda defendem a permanência de espécies invasoras, além de evidenciar potenciais invasores para o Iguaçu. Diversas metodologias foram aplicadas conforme a especificidade de cada capítulo, incluindo protocolos de risco, ferramentas de modelagem, ciência cidadã, revisão bibliográfica e questionários semiestruturados. Os resultados evidenciaram a gravidade e a complexidade da invasão por *S. brasiliensis*, além do risco iminente de novas introduções. A ciência cidadã mostrou-se uma ferramenta eficaz tanto para o monitoramento quanto para o engajamento social. A análise sociopolítica revelou que, apesar de divergências pontuais, a maioria da população local reconhece os impactos negativos da espécie e apoia medidas de controle. A modelagem preditiva indicou ampla adequabilidade ambiental para *S. brasiliensis* e outras cinco espécies não nativas, destacando ainda a vulnerabilidade da bacia diante das mudanças climáticas e da falta de fiscalização efetiva. Conclui-se que a articulação entre ciência, gestão ambiental e participação social é essencial para mitigar impactos, prevenir novas introduções e promover a conservação de espécies endêmicas neotropicais cada vez mais ameaçadas.

Palavras-chave: Neotropical; Dourado; Ecorregião Iguaçu; Conservação; Mudanças climáticas;

GELLER, Iago Vinícios Geller. **Biological invasions in the Iguazu Basin: an integrated approach to ecological, sociocultural and political impacts**. 2025. 170 pp. Thesis (Doctorate degree in Biological Sciences) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2025.

GENERAL ABSTRACT

The Neotropical region is home to approximately one-third of the world's fish diversity. This natural heritage is facing a growing mass extinction crisis, strongly driven by human activities. This crisis is directly related to the introduction and subsequent invasion of non-native species. Despite the documented negative impacts in the ecological, social and political spheres, these species continue to be neglected by conservation policies. Once established, these species are difficult to eradicate; preventive measures, especially early detection and continuous monitoring, are the most effective strategies. The Iguazu basin, in southern Brazil, is recognized as a *hotspot* of ichthyological biodiversity ($\cong 70\%$ endemism), but conservation efforts are still limited, resulting in a critical knowledge gap. In the last decade, there has been an increase in records of the non-native species *Salminus brasiliensis* (dorado) in the region, whose rapid expansion, enhanced by climate change, can trigger environmental impacts (such as extinctions), as well as economic, sociocultural and political repercussions in different areas of the basin. It is still believed that new non-native species may establish themselves and worsen the critical situation. Understanding the various spheres (ecological, social, cultural and political) is essential to support strategic decisions and mitigate future damage. Given this scenario, it is essential to conduct a comprehensive assessment. The general objective of this thesis was to develop an integrated analysis of the invasion of *S. brasiliensis* in the Iguazu basin, considering its ecological, sociocultural and political impacts. The proposal aims to fill a critical gap in the conservation of neglected Neotropical endemic species and to confront discourses from sectors of society that still defend the permanence of invasive species, in addition to highlighting potential invaders for the Iguazu. Several methodologies were applied according to the specificity of each chapter, including risk protocols, modeling tools, citizen science, literature review and semi-structured questionnaires. The results highlighted the severity and complexity of the invasion by *S. brasiliensis*, in addition to the imminent risk of new introductions. Citizen science has proven to be an effective tool for both monitoring and social engagement. The sociopolitical analysis revealed that, despite specific disagreements, the majority of the local population recognizes the negative impacts of the species and supports control measures. Predictive modeling indicated broad environmental suitability for *S. brasiliensis* and five other non-native species, also highlighting the vulnerability of the basin to climate change and the lack of effective monitoring. It is concluded that the articulation between science, environmental management and social participation is essential to mitigate impacts, prevent new introductions and promote the conservation of increasingly threatened Neotropical endemic species.

Keywords: Neotropical; Dorado; Iguassu Ecoregion; Conservation; Climate change;

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

- Figure 1** – Kernel map and points of occurrence of *S. brasiliensis* in the Lower and Middle Iguaçu River according to the online records. Reservoirs: 1) Salto Segredo; 2) Foz do Areia29
- Figure 2** – Screenshot showing the distribution of fishing in the Iguaçu River through Youtube®: (a and b) municipality of Pinhão -PR. (c and d) municipality of Porto União -SC.....30

CAPÍTULO 2

- Figure 1** – Social media recording of dourado fishing in the Iguaçu River (2013–2024).44
- Figure 2** – Map of occurrence of *Salminus brasiliensis* in the Iguaçu River between the years 2013 and 2024 using citizen science data.45
- Figure 3** – Invasibility score of the Iguaçu basin for *Salminus brasiliensis* based on the *Aquatic Species Invasiveness Screening Kit* (AS-ISK) protocol.46
- Figure 4** – Suitability map for *Salminus brasiliensis* for future times at different levels of global warming. Current (occurrence native and invasive=scientific+citizen science). Scenario RCP 2.6; RCP 4.5; RCP 7.0 and RCP 8.5. Mesobasins: Ivaí/Piquiri basin (IPB); Ribeira de Iguape basin (RIB); Paranapanema basin (PB); Iguaçu basin (IB) Paraná and Santa Catarina coastal basin (PSCCB); upper Uruguay basin (UUB); middle Uruguay basin (MUB); Jacuí basin (JB); Patos/Mirim basin (PMB).48

CAPÍTULO 3

- Figura 1** – Área de estudo da região do Médio Iguaçu com destaque para as cidades alvo.71
- Figura 2** – Respostas da percepção social dos quatro grupos sobre a liberação da pesca e abate do Dourado na região do Médio Iguaçu ...77
- Figura 3** – Avaliação da natividade da população geral (PG) e pescadores regionais (PR) do médio Iguaçu sobre as espécies presentes na bacia do Iguaçu.80
- Figura 4** – Preferência alimentar para consumo de pescado da população

geral (PG) e pescadores regionais (PR) no médio Iguaçu.81

CAPÍTULO 4

Figura 1 – Localização e divisão geomorfológica (alto, médio e baixo) da bacia do Iguaçu..... 102

Figura 2 – Pontuação final das cinco espécies avaliadas no protocolo AS-ISK para a bacia do Iguaçu com o score de alto risco. Pontuação básica (BRA). Pontuação composta com Mudanças Climáticas (BRA+CCA). *Espécie com registro esporádico para a bacia do Iguaçu; **Espécie nunca registrado na bacia do Iguaçu 108

Figura 3 – Modelo de nicho ecológico (ENM) no tempo atual (2025) e futuro (2040–2060 e 2060-2100) para as cinco espécies não nativas alvo na bacia do Iguaçu. 111

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

Table 1 – Detailed sources consulted for the development of spatial and temporal maps of the <i>S. brasiliensis</i> invasion in the Iguaçu River basin	33
---	----

CAPÍTULO 2

Table 1 – Performance of the MaxEnt Model for <i>Salminus brasiliensis</i> in the La Plata River basin (native) and the of Brazil (invasive): range size (total number of occupied cells and km ²), area under the curve (AUC), sensitivity (True Positive Rate - TPR), and specificity (True Negative Rate - TNR) under different scenarios.....	47
--	----

Table 2 – Estimates of average contribution (% Ct) and permutation importance of the environmental variables (P.I) used in the MaxEnt modeling algorithm for <i>Salminus brasiliensis</i> : present day and projections for 2040 under each Carbon emission scenario.....	49
--	----

CAPÍTULO 3

Tabela 1 – Perfil sociodemográfico dos entrevistados da população geral (PG) do médio Iguaçu.....	74
--	----

Tabela 2 – Perfil sociodemográfico, tempo de atividade e tipo de pesca que praticam os entrevistados dos pescadores regionais (PR) do médio Iguaçu.....	75
--	----

Tabela 3 – Perfil sociodemográfico dos entrevistados do poder público de União da Vitória, Paraná região do médio Iguaçu.	76
---	----

Tabela 4 – Frequência de respostas dos quatro grupos entrevistados na região do médio Iguaçu sobre a natividade e ameaçada do dourado na bacia do Iguaçu.....	76
--	----

Tabela 5 – Percepção dos grupos sociais do médio Iguaçu sobre o valor histórico-cultural e a necessidade de conservação das espécies de lambari da bacia do Iguaçu.	78
---	----

Tabela 6 – Avaliação do conhecimento da população geral (PG) e pescadores regionais (PR) do médio Iguaçu em relação a natividade das espécies presentes na bacia. NI=Nativa do Iguaçu; NNI = Não Nativa do Iguaçu.....	79
---	----

Tabela 7 – Comparação de consumo (média e p valor) do grupo pescadores regionais (PR) e população geral (PG) sobre o consumo de carnes de peixes na região do médio Iguaçu.....	82
--	----

CAPÍTULO 4

Tabela 1 – Resultado da pontuação final no protocolo AS-ISK em relação ao risco	
--	--

para as cinco espécies alvo na bacia do Iguaçu (RA) e sua confiabilidade.
Pontuação básica (BRA). Pontuação composta com Mudanças Climáticas
(BRA+CCA).....107

Tabela 2 – Pontuação detalhada dos resultados do protocolo AS-ISK em divisão por
blocos (atributos) para as cinco espécies avaliadas na bacia do Iguaçu (RA).....109

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	14
INTRODUÇÃO GERAL	16
REFÊRENCIAS.....	20
CAPÍTULO 1: NEW CONSERVATION OPPORTUNITIES: USING CITIZEN SCIENCE IN MONITORING NON-NATIVE SPECIES IN NEOTROPICAL REGION	27
ABSTRACT.....	28
INTRODUCTION.....	28
MATERIALS AND METHODS	28
RESULTS.....	29
DISCUSSION.....	29
REFERENCE	30
CAPÍTULO 2: CURRENT AND FUTURE INVASION OF A PREDATOR WITH POTENTIAL FOR IMPACT NEGATIVE IN A REGION OF HIGH NEOTROPICAL ENDEMISM	27
ABSTRACT	36
INTRODUCTION.....	38
MATERIALS AND METHODS	39
Study area	39
Occurrence data.....	40
Aquatic species invasiveness screening kit (AS-ISK).....	40
Data set	41
Model calibration and model evaluation.....	43
RESULTS.....	43
Occurrence of <i>Salminus brasiliensis</i> in the Iguaçu River	43
Aquatic Species Invasiveness Screening Kit (AS-ISK) Score.....	46
Niche modeling future.....	46
DISCUSSION.....	49
Citizen science and the occurrence of <i>S. brasiliensis</i>	49
Invasiveness of <i>S. brasiliensis</i>	50
Model the current and future distribution of <i>S. brasiliensis</i>	52
REFERENCE	55
CAPÍTULO 3: ENTRE A CIÊNCIA, PESSOAS E GESTORES: ANÁLISE SOCIOPOLÍTICA E CULTURAL DA INVASÃO DO DOURADO (<i>SALMINUS BRASILIIENSIS</i>) NO MÉDIO IGUAÇU	66
RESUMO	68
ASBTRACT	68
INTRODUÇÃO	69
MATERIAL E MÉTODO	70
Área de estudo	70
Coleta de dados.....	71
Interpretação dos dados	73
RESULTADOS.....	73

População geral.....	73
Pescadores regionais	74
Lojistas locais	74
Poder público.....	75
Percepção sociopolítico e ambiental do Dourado.....	76
Percepção sociopolítico e ambiental do Lambari.....	78
Conhecimento das espécies de peixes do Iguaçu e sua origem	78
Consumo de carne de peixe na região do Médio Iguaçu.....	80
DISCUSSÃO	82
Percepção sociopolítico e ambiental do Dourado e do Lambari	82
Conhecimento da natividade dos peixes do Iguaçu.....	84
Consumo de carne de peixe na região do Médio Iguaçu.....	85
Poder público.....	75
REFERENCIAS.....	87
MATERIAL SUPLEMENTAR	92
CAPÍTULO 4: FUTURO DA BIODIVERSIDADE DO IGUAÇU: POTENCIAIS	
INVASORES EM UMA REGIÃO ENDEMICA NEOTROPICAL.....	97
RESUMO	98
ASBTRACT	98
INTRODUÇÃO	99
MATERIA E MÉTODO	101
Área de estudo	101
Lista de espécies não nativas do Iguaçu	102
Aquatic Species Invasiveness Screening Kit (AS-ISK).....	103
Dados de ocorrência.....	104
Dados ambientais	104
Delimitação espacial e geração de pseudo-ausências	105
Modelagem de nicho	105
RESULTADOS	106
Lista das espécies não nativas do Iguaçu	106
Potencial Invasor protocolo AS-ISK.....	107
Modelo de nicho ecológico (ENM)	109
DISCUSSÃO	111
CONCLUSÃO	116
REFERENCIAS.....	116
MATERIAL SUPLEMENTAR	125
CONCLUSÃO GERAL.....	126
ANEXO A: Carta aberta em repúdio ao Instituto Água e Terra (IAT)	128
ANEXO B: Normas técnicas: Revista Oecologia Australis.....	133
ANEXO C: Normas técnicas: Revista Aquatic Ecology	150

1. APRESENTAÇÃO

Prezados membros da banca avaliadora, a presente tese está estruturada no formato de artigos científicos, buscando integrar diferentes abordagens e resultados em uma discussão coesa sobre a problemática da invasão biológica por *Salminus brasiliensis* na bacia do rio Iguaçu bem como potenciais invasores na região. Para fins de contextualização, segue abaixo uma Introdução Geral, que apresenta o tema central da pesquisa, seus conceitos fundamentais e a relevância do estudo.

Na sequência, os quatro capítulos são apresentados, organizados como manuscritos já publicados ou em processo de submissão para periódicos científicos especializados. A disposição dos capítulos segue uma lógica de progressão do geral para o específico, abordando aspectos ecológicos, sociopolíticos e culturais, de forma a construir uma compreensão ampla e integrada do tema. Não foi elaborada uma seção de Metodologia Geral, uma vez que cada capítulo contempla métodos específicos e adequados aos respectivos objetivos e abordagens. A seguir, apresenta-se a estrutura dos capítulos:

Capítulo 1 – **New conservation opportunities: Using citizen science in monitoring non-native species in neotropical region.** Este manuscrito, já publicado no *Journal of Applied Ichthyology* em 05 de maio de 2021, foi o ponto de partida para os trabalhos desenvolvidos na bacia do Iguaçu, manuscrito utilizado na qualificação de doutorado. O estudo utilizou a ciência cidadã para monitorar a presença do Dourado (*Salminus brasiliensis*) na bacia do Iguaçu. Este trabalho foi fundamental para confirmar a ampla distribuição da espécie no sistema e evidenciar a necessidade de monitoramento contínuo.

Capítulo 2 – **Current and future invasion of a predator with potential for negative impact in a region of high Neotropical endemism.** Este manuscrito foi aceito na *Neotropical Ichthyology* em 02 de maio de 2025, aprovada a diagramação em 06 de junho de 2025, somente aguardando a publicação final. O artigo dá continuidade ao monitoramento de *S. brasiliensis* por meio da ciência cidadã e incorpora análises de modelagem preditiva para estimar o potencial invasor atual e futuro da espécie na região. Este capítulo tem um enfoque ecológico e contribui para a compreensão do potencial de expansão da espécie na bacia do Iguaçu.

Capítulo 3 – Entre a ciência, pessoas e gestores: Análise Sociopolítica e cultural da invasão do Dourado (*Salminus brasiliensis*) no Médio Iguaçu. Este manuscrito está formatado de acordo com as normas da revista *Oecologia Australis* e será submetido em breve (em língua portuguesa). Com abordagem sociopolítica e cultural, o estudo analisa as percepções da população local, destacando os conflitos de interesse e os desafios para a gestão da invasão. O capítulo visa subsidiar a formulação de políticas públicas para a região.

Capítulo 4 – O futuro da biodiversidade do Iguaçu: Potenciais invasores em uma região endêmica neotropical. Este manuscrito está formatado de acordo com as normas da revista *Aquatic Ecology* (necessário adequar a versão final em língua inglesa). Aqui propomos uma abordagem prospectiva, identificando e atualizamos as espécies não nativas da bacia e elencamos cinco espécies com potenciais de invasão na bacia do Iguaçu além do *S. brasiliensis*. A partir de extrapolações e análises preditivas, o estudo projeta cenários futuros para a região, alertando sobre os riscos crescentes à biodiversidade em um dos principais *hotspots* de endemismo da América do Sul.

A tese apresenta uma Conclusão Geral, que integra os resultados obtidos nos quatro capítulos, oferecendo uma visão abrangente sobre o fenômeno da invasão biológica de *S. brasiliensis* na bacia do Iguaçu suas implicações ecológicas, sociais e políticas, e o futuro obscuro da região.

Por fim, anexo a esta tese está presente uma Carta aberta em repúdio ao Instituto Água e Terra (IAT) em resposta à Portaria nº 223, de 28 de abril de 2025 elaborada pelo autor principal da tese e seu co-orientador e assinada por vários pesquisadores da área ictiológica. A carta foi protocolada perante o sistema eletrônico do IAT sob o *protocolo* 23.920.820-7 e no momento aguarda as providencias cabíveis.

2. INTRODUÇÃO GERAL

Nos últimos séculos a humanidade desencadeou sucessivas crises ambientais e de conservação, mas ainda tem capacidade para inovar e trabalhar para um futuro mais sustentável (Di Minin *et al.*, 2015). Estima-se que cerca de 30% das espécies foram globalmente ameaçadas ou levadas à extinção (principalmente em rios tropicais e subtropicais, pântanos e florestas), mas ainda há grandes incertezas sobre quantas espécies estão ameaçadas de extinção no século XXI (Díaz *et al.*, 2019; CBD, 2020; IUCN 2020; Isbell *et al.*, 2022).

Esta perda de diversidade não está apenas relacionada com a fragmentação do habitat, alterações climáticas e poluição (Reis *et al.*, 2016; Jaureguiberry *et al.*, 2022), mas principalmente pela introdução de espécies não nativas e suas consequentes invasões, sendo responsáveis pela nova era de extinção em massa da biodiversidade no Antropoceno (Bellard *et al.*, 2016; Mazon *et al.*, 2018; Brito *et al.*, 2020; Jaureguiberry *et al.*, 2022; Milardi *et al.*, 2022; Lipták *et al.*, 2023) especialmente para peixes de água doce (Gallardo *et al.*, 2016; Bezerra *et al.*, 2019; Reid *et al.*, 2019; Su *et al.*, 2021). Atualmente as espécies de peixes de água doce estão entre os táxons mais introduzidos (551 espécies) e ocorrem em todas as regiões biogeográficas do mundo (Bernery *et al.*, 2022; Milardi *et al.*, 2022).

A globalização é o principal vetor dos movimentos de peixes não nativos de água doce em ecossistemas ou países (Kennard *et al.*, 2005; Dawson *et al.*, 2017; Turbelin *et al.*, 2017), dentre as causas de introdução de peixes destacam-se: Aquicultura (Kerr, Brousseau, Muschett, 2005; Britton & Orsi 2012, Casimiro *et al.*, 2018; Bezerra *et al.*, 2019; Vitule *et al.*, 2019; Garcia *et al.*, 2022), comércio ornamental (Magalhães *et al.*, 2017; Ferraz *et al.*, 2019; Olden *et al.*, 2020; Borges *et al.*, 2022), isca para pesca (Lyach & Čech 2018; Garcia *et al.*, 2021), pesca esportiva (Vitule, 2009; Britton & Orsi, 2012; Vitule *et al.*, 2014; Fragoso-Moura *et al.*, 2016; Geller *et al.*, 2021), controle biológico (Copp *et al.*, 2005; Azevedo-Santos *et al.*, 2017) e repovoamento (Gozlan *et al.*, 2010; Fuller 2015) além de outros caminhos de introdução de menor proporção (Bernery *et al.*, 2022). Contribui-se ainda que algumas iniciativas (políticas e sociais) procuram valorizar e proteger as populações invasoras (Vitule *et al.*, 2009; Geller *et al.*, 2020; Garcia *et al.*, 2022; Pelicice *et al.*, 2023).

Entretanto, essas espécies apesar de gerarem efeitos negativos ainda

são negligenciadas pela esfera das políticas públicas, principalmente nos casos de espécies translocadas dentro de um mesmo país (Vitule *et al.*, 2014, 2019). Os registros indicam que a maior parte das introduções de espécies apresenta custo-benefício negativo (Lovei *et al.*, 2012; Diagne *et al.*, 2021; Kumschick *et al.*, 2023; Soto *et al.*, 2025). O balanço entre custos socioambientais e econômicos causados pela invasão de peixes pode implicar em ganhos econômicos para setores específicos e prejuízos permanentes para o público geral (Magalhães *et al.*, 2018; Diagne *et al.*, 2021). Além que estas espécies levam a degradação de funções e serviços ecossistêmicos (Vilà & Hulme, 2017; Haubrock *et al.*, 2022), hibridização, predação (Vitule *et al.*, 2019), competição direta por recursos (Crooks, 2002; Minder *et al.*, 2020), homogeneização biótica (Daga *et al.*, 2015; 2019), surgimento e disseminação de doenças infecciosas (Gozlan *et al.*, 2010; Vilà *et al.*, 2021) com custo econômico na escala de trilhões de dólares em todo o mundo (Diagne *et al.*, 2021; Soto *et al.*, 2025). Apesar de demonstrado seus enormes impactos a conscientização sobre a gravidade das invasões biológicas permanece baixa (Courchamp *et al.*, 2017; Pelicice *et al.*, 2023; Soto *et al.*, 2025).

Embora a erradicação seja recomendada nas fases iniciais da invasão, o controle torna-se a estratégia mais adequada quando a erradicação não é mais viável, sendo empregado para reduzir o tamanho das populações invasoras ou conter sua disseminação. No entanto, a forma como as regulamentações legais vêm sendo elaboradas compromete a conservação das espécies nativas ao favorecer a proteção de espécies fora de sua área de distribuição natural (Geller *et al.*, 2020; Pelicice *et al.*, 2023). Nesse contexto, a educação e a disseminação de informações configuram-se como as estratégias mais eficazes para prevenir a introdução e propagação de espécies não nativas (Azevedo-Santos *et al.*, 2015; Garcia *et al.*, 2017). Garcia *et al.*, (2021) ressaltam a importância de que as autoridades invistam em programas de educação ambiental direcionados a gestores, tomadores de decisão, pescadores, piscicultores, comerciantes, comunidades ribeirinhas, estudantes de todos os níveis, além de órgãos ambientais, os quais também devem aprimorar os sistemas de monitoramento e fiscalização.

A região Neotropical é responsável por um terço da diversidade mundial de peixes (Reis *et al.*, 2016, Malabarba & Malabarba 2020) e abrigam a maior riqueza e endemismo do mundo especialmente em duas ecorregiões no sul do Brasil — Iguaçu e Alto Paraná. (Larentis *et al.*, 2022) . A bacia do rio Iguaçu é considerada

um hotspot global de biodiversidade (Abell *et al.*, 2008), onde 70% das espécies são consideradas endêmicas (Garavello & Sampaio, 2010; Baumgartner *et al.*, 2012, Daga *et al.*, 2016, Reis *et al.*, 2020; Mezzaroba *et al.*, 2021). Esse alto endemismo apresenta uma história biogeográfica, os peixes desta região evoluíram separadamente do restante do sistema do Paraná em decorrência da formação das Cataratas do Iguaçu (Cretáceo) que separou a ictiofauna a montante das Cataratas do Iguaçu daquelas a jusante (Parolin, Volkmer-ribeiro, Leandrini, 2010). Além disso, há diversas cachoeiras e corredeiras ao longo do canal principal e tributários que contribuíram para o processo de especiação (Garavello *et al.*, 1997, Baumgartner *et al.*, 2012, Maack 2012, Frota *et al.*, 2016, 2019). .

Apesar das singularidades da ictiofauna do Iguaçu poucos esforços de conservação vêm sendo realizados ou ao menos projetados pelos tomadores de decisões e órgãos ambientais. Os trechos elevados da bacia do Rio Iguaçu têm sido pouco impactados pela poluição industrial e urbana (Agostinho & Gomes 1997, Yamamoto *et al.*, 2016), enquanto as hidrelétricas, representam uma das principais ameaça à fauna de peixes (Agostinho, Pelicice, Gomes, 2008, Agostinho *et al.*, 2016) Já a fauna de peixes localizada a montante (médio e alto Iguaçu), tem sido impactada pelas atividades agrícolas e industrial (Larentis *et al.*, 2016, Nimet *et al.*, 2017). Contudo, nos últimos anos a maior ameaça a mega diversidade desta bacia está na introdução de espécies não nativas (Mezzaroba, *et al.*, 2021). Entre as introduções intencionais destaca-se a de um predador topo de cadeia, altamente voraz - *Salminus brasiliensis* (dourado) (Gubiani *et al.*, 2010; Geller *et al.*, 2025) que além dos problemas ambientais já reportados para outros locais: bacia do rio Doce, bacia do rio Paraíba do Sul, (Alves *et al.*, 2007), rio Ribeira do Iguape (Vitule, 2014), ameaça a bacia como um todo e pode trazer riscos socioeconômico e políticos para a região do Médio Iguaçu (Geller *et al.*, 2021).

Portanto, considera-se que a invasão do predador voraz e topo de cadeia *S. brasiliensis* na bacia do rio Iguaçu representa um risco real e iminente para a extinção de espécies endêmicas da região, além de ameaçar práticas culturais e tradições locais no Médio Iguaçu. A compreensão desses impactos é fundamental para subsidiar decisões estratégicas, projetar políticas públicas eficazes e mitigar os danos socioambientais futuros. Diante desse contexto, torna-se imprescindível a realização de uma avaliação abrangente, integrando as esferas ecológica, social, política e cultural. Esta tese constitui o primeiro estudo de caráter geral voltado à

avaliação dos impactos da invasão de *S. brasiliensis* em toda a bacia do Iguaçu. O trabalho foi estruturado para responder às seguintes questões centrais: (i) Qual a distribuição atual e potencial futura de *S. brasiliensis* na bacia do Iguaçu? (ii) Quais os impactos ecológicos de *S. brasiliensis* sobre a ictiofauna endêmica do Iguaçu? E quais medidas de conservação são necessárias? (iii) Quais as percepções socioculturais e políticas da população do Médio Iguaçu diante da invasão de *S. brasiliensis*? (iv) Quais outras espécies não nativas representam riscos potenciais para a biodiversidade e o endemismo na região? (v) Quais possíveis medidas de manejo podem ser aplicadas para o controle de *S. brasiliensis* e outras espécies não nativas na bacia.

3. REFÊRENCIAS

ABELL, R. et al. Freshwater ecoregions of the world: a new map of biogeographic units for freshwater biodiversity conservation. **BioScience**, v. 58, n. 5, p. 403-414, 2008. DOI: 10.1641/B580507.

AGOSTINHO, A. A. et al. Dams and the fish fauna of the Neotropical region: impacts and management related to diversity and fisheries. **Brazilian Journal of Biology**, v. 68, n. 4, p. 1119-1132, 2008. DOI: 10.1590/S1519-69842008000500019.

AGOSTINHO, A. A. et al. Fish assemblages in Neotropical reservoirs: Colonization patterns, impacts and management. **Fisheries Research**, v. 173, p. 26-36, 2016. DOI: 10.1016/j.fishres.2015.04.006.

AGOSTINHO, A. A.; GOMES, L. C. (Eds.). **Reservatório de Segredo: bases ecológicas para o manejo**. Maringá: Eduem, 1997.

ALVES, C. B. M. et al. Impacts of non-native fish species in Minas Gerais, Brazil: present situation and prospects. In: BERT, T. M. (Ed.). **Ecological and Genetic Implications of Aquaculture Activities**. Dordrecht: Springer, p. 291-314, 2007. DOI: 10.1007/978-1-4020-6148-6_16.

AZEVEDO-SANTOS, V. M. et al. Nonnative fish to control *Aedes* mosquitoes: a controversial, harmful tool. **BioScience**, v. 67, n. 2, p. 184-190, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1093/biosci/biw156>

BAUMGARTNER, G. et al. **Peixes do baixo rio Iguaçu**. Maringá: Eduem, 2012.

BELLARD, C.; JESCHKE, J. M. A spatial mismatch between invader impacts and research publications. **Conservation Biology**, v. 30, n. 6, p. 1230-1232, 2016.

BERNERY, C. et al. Freshwater fish invasions: A comprehensive review. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, v. 53, p. 427-456, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-032522-015551>

BEZERRA, L. A. V. et al. A network meta-analysis of threats to South American fish biodiversity. **Fish and Fisheries**, v. 20, n. 3, p. 462-479, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1111/faf.12365>

BORGES, A. K. M.; OLIVEIRA, T. P. R.; ALVES, R. R. N. Marine or freshwater: the role of ornamental fish keeper's preferences in the conservation of aquatic organisms in Brazil. **PeerJ**, v. 10, e14387, 2022. DOI: 10.7717/peerj.14387.

BRITO, M. F. G.; DAGA, V. S.; VITULE, J. R. S. Fisheries and biotic homogenization of freshwater fish in the Brazilian semiarid region. **Hydrobiologia**, v. 847, p. 3877-3895, 2020. DOI: 10.1007/s10750-020-04236-8.

BRITTON, J. R.; ORSI, M. L. Non-native fish in aquaculture and sport fishing in Brazil: economic benefits versus risks to fish diversity in the upper River Paraná Basin. **Reviews in Fish Biology and Fisheries**, v. 22, n. 2, p. 355-365, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11160-012-9254-x>

CASIMIRO, A. C. R. et al. Escapes of non-native fish from flooded aquaculture facilities: the case of Paranapanema River, southern Brazil. **Zoologia**, v. 35, e14678, 2018. DOI: <https://doi.org/10.3897/zoologia.35.e14638>

CDB (CONVENÇÃO SOBRE DIVERSIDADE BIOLÓGICA). **Perspectiva global da biodiversidade 5**. Montreal: CDB, 2020.

COPP, G. H. et al. Calibration of FISK, an invasiveness screening tool for nonnative freshwater fishes. **Risk Analysis**, v. 29, n. 3, p. 457-467, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.2008.01159.x>

COURCHAMP, F. et al. Invasion biology: specific problems and possible solutions. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 32, n. 1, p. 13-22, 2017.

CROOKS, J. A. Characterizing ecosystem-level consequences of biological invasions: the role of ecosystem engineers. **Oikos**, v. 97, n. 2, p. 156-166, 2002.

DAGA, V. S. et al. Homogenization dynamics of the fish assemblages in Neotropical reservoirs: comparing the roles of introduced species and their vectors. **Hydrobiologia**, v. 746, n. 1, p. 327-347, 2015. DOI: 10.1007/s10750-014-2032-0.

DAGA, V. S. et al. Non-native fish invasions of a Neotropical ecoregion with high endemism: a review of the Iguaçu River. **Aquatic Invasions**, v. 11, n. 2, p. 209-223, 2016. DOI: 10.3391/ai.2016.11.2.10.

DAGA, V. S. et al. Scale-dependent patterns of fish faunal homogenization in Neotropical reservoirs. **Hydrobiologia**, v. 847, p. 3759-3772, 2019. DOI: 10.1007/s10750-019-04145-5.

DAWSON, W. et al. Global hotspots and correlates of alien species richness across taxonomic groups. **Nature Ecology & Evolution**, v. 1, n. 0186, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41559-017-0186>

DI MININ, E.; TENKANEN, H.; TOIVONEN, T. Prospects and challenges for social media data in conservation science. **Frontiers in Environmental Science**, v. 3, p. 63, 2015. DOI: 10.3389/fenvs.2015.00063.

DIAGNE, C. et al. High and rising economic costs of biological invasions worldwide. **Nature**, v. 592, n. 7855, p. 571-576, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03405-6>

DÍAZ, S. et al. O declínio generalizado da vida na Terra, causado pelo homem, aponta para a necessidade de uma mudança transformadora. **Science**, v. 366, n.

6471, eaax3100, 2019. DOI: 10.1126/science.aax3100.

FERRAZ, J. D. et al. Descarte de peixes ornamentais em águas continentais brasileiras registrados no YoutubeTM: ausência de informação ou crime ambiental deliberado? **Revista Brasileira de Zootecias**, v. 20, n. 2, p. 1-20, 2019. DOI: <https://doi.org/10.34019/2596-3325.2019.v20.26202>

FRAGOSO-MOURA, E. N. et al. Perda de biodiversidade em uma unidade de conservação da Mata Atlântica brasileira: efeito da introdução de espécies de peixes não nativas. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 76, n. 1, p. 18-27, 2016.

FROTA, A. et al. Ichthyofauna of headwater streams from the rio Ribeira de Iguape basin, at the boundaries of the Ponta Grossa Arch, Paraná, Brazil. **Biota Neotropica**, v. 19, n. 1, e20180666, 2019. DOI: 10.1590/1676-0611-BN-2018-0666.

FROTA, A. et al. Inventory of the fish fauna from Ivaí River basin, Paraná State, Brazil. **Biota Neotropica**, v. 16, n. 3, e20150151, 2016. DOI: 10.1590/1676-0611-BN-2015-0151.

FULLER, P. L. Vectors of invasions in freshwater invertebrates and fishes. In: CANNING-CLODE, J. (Ed.). **Biological Invasions in Changing Ecosystems**. Warsaw, Poland: De Gruyter Open, p. 88-115, 2015.

GALLARDO, B. et al. Global ecological impacts of invasive species in aquatic ecosystems. **Global Change Biology**, v. 22, n. 1, p. 151-163, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1111/gcb.13004>

GARAVELLO, J. C.; PAVANELLI, C. S.; SUZUKI, H. I. Caracterização da ictiofauna do rio Iguaçu. In: AGOSTINHO, A. A.; GOMES, L. C. (Eds.). **Reservatório de Segredo: bases ecológicas para o manejo**. Maringá: Eduem, p. 61-84, 1997.

GARAVELLO, J. C.; SAMPAIO, F. A. A. Five new species of genus *Astyanax* Baird & Girard, 1854 from Rio Iguaçu, Brazil (Ostariophysi, Characiformes, Characidae). **Brazilian Journal of Biology**, v. 70, n. 4, p. 847-865, 2010. DOI: 10.1590/S1519-69842010000400016.

GARCIA, D. A. Z. et al. Live bait trade as a pathway for the introduction of non-native species: The first record of *Dilocarcinus pagei* in the Paranapanema river basin. **Oecologia Australis**, v. 25, n. 3, p. 775-785, 2021. DOI: <https://doi.org/10.4257/oeco.2021.2503.14>

GARCIA, D. A. Z. et al. More of the same: new policies continue fostering the use of non-native fish in Brazil. **Environmental Conservation**, v. 49, n. 1, p. 4-7, 2022. DOI: doi:10.1017/S0376892922000029

GARCIA, D.A.Z et al. Educação ambiental no controle de invasões biológicas:melhor prevenir do que remediar. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ictiologia**. n.121, p. 16 – 19, 2017. DOI: 10.13140/RG.2.2.16369.48487

GELLER, I. V. et al. Good intentions, but bad effects: environmental laws protects non-native ichthyofauna in Brazil. **Fisheries Management and Ecology**, v. 28, n. 1, p. 14-17, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1111/fme.12446>

GELLER, I. V. et al. New conservation opportunities: Using citizen science in monitoring non-native species in Neotropical region. **Journal of Applied Ichthyology**, v. 37, n. 5, p. 779-785, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1111/jai.14231>

GELLER, I.V. VITULE, J.R.S. FERRAZ, J.D. PEREIRA, A.D. ORSI, M.L. Current and future invasion of a predator with potential for impact negative in a region of high neotropical endemism. **Neotropical Ichthyology**, v.23, n.2, e250056, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1590/1982-0224-2025-0056>

GOZLAN, R. E. et al. Current knowledge on non-native freshwater fish introductions. **Journal of Fish Biology**, v. 76, n. 4, p. 751-786, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2010.02566.x>

GUBIANI, E. A. et al. Occurrence of the non-native fish *Salminus brasiliensis* (Cuvier, 1816), in a global biodiversity ecoregion, Iguazu River, Paraná River basin, Brazil. **Aquatic Invasions**, v. 5, n. 2, p. 223-227, 2010.

HAUBROCK, P. J. et al. Knowledge gaps in economic costs of invasive alien fish worldwide. **Science of the Total Environment**, v. 803, p. 149875, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149875>

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE (ICMBio). **Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção**: Volume VI – Peixes. Brasília: ICMBio/MMA; 2018.

ISELL, F. et al. Expert perspectives on global biodiversity loss and its drivers and impacts on people. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 21, n. 2, p. 94-103, 2023.

JAUREGUIBERRY, P. et al. The direct drivers of recent global anthropogenic biodiversity loss. **Science Advances**, v. 8, n. 45, eabm9982, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1126/sciadv.abm9982>.

KENNARD, M. J. et al. Are alien fish a reliable indicator of river health? **Freshwater Biology**, v. 50, n. 1, p. 174-193, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2004.01293.x>

KERR, Steven J.; BROUSSEAU, Christopher S.; MUSCHETT, Mark. Invasive aquatic species in Ontario: a review and analysis of potential pathways for introduction. **Fisheries**, v. 30, n. 7, p. 21-30, 2005.

KUMSCHICK, S. et al. Using the IUCN Environmental Impact Classification for Alien Taxa to inform decision-making. **Conservation Biology**, v. 38, n. 2, p. e14214, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1111/cobi.14214>

LARENTIS, C. et al. Effects of human disturbance on habitat and fish diversity in Neotropical streams. **PLoS ONE**, v. 17, n. 9, e0274191, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0274191>

LARENTIS, C. et al. Ichthyofauna of streams from the lower Iguazu River basin, Paraná State, Brazil. **Biota Neotropica**, v. 16, n. 3, e20150117, 2016. DOI: 10.1590/1676-0611-BN-2015-0117.

LIPTÁK, B. et al. Biological invasions and invasive species in freshwaters: perception of the general public. **Human Dimensions of Wildlife**, v. 29, n. 1, p. 48-63, 2023. DOI: 10.1080/10871209.2023.2177779.

LOVEI, G. L.; LEWINSOHN, T. M. Megadiverse developing countries faces huge risks from invasives. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 27, n. 1, p. 2-3, 2012. DOI: 10.1016/j.tree.2011.10.009.

LYACH, R.; ČECH, M. A new trend in Central European recreational fishing: more fishing visits but lower yield and catch. **Fisheries Research**, v. 201, p. 131-137, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2018.01.020>

MAACK, R. **Geografia Física do Estado do Paraná**. 4. ed. Ponta Grossa: UEPG, 2012.

MAGALHÃES, A. L. B. et al. Riscos ambientais e socioeconômicos do Projeto de Lei que visa a proteção de espécies invasoras (tucunaré azul e tucunaré amarelo) no Estado do Paraná. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ictiologia**, n. 3, p. 1-8, 2018.

MAGALHÃES, A. L. B. et al. Small size today, aquarium dumping tomorrow: sales of juvenile non-native large fish as an important threat in Brazil. **Neotropical Ichthyology**, v. 15, n. 1, e170033, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/1982-0224-20170033>

MALABARBA, L. R.; MALABARBA, M. C. Phylogeny and classification of Neotropical fish. In: BALDISSEROTTO, B. et al. (Eds.). **Biology and Physiology of Freshwater Neotropical Fish**. Academic Press, p. 1-19, 2020. DOI: 10.1016/B978-0-12-815872-2.00001-4.

MAZOR, T. et al. Global mismatch of policy and research on drivers of biodiversity loss. **Nature Ecology & Evolution**, v. 2, p. 1071-1074, 2018. DOI: 10.1038/s41559-018-0563-x.

MEZZAROBBA, L. et al. From the headwaters to the Iguassu Falls: Inventory of the ichthyofauna in the Iguassu River basin shows increasing percentages of nonnative species. **Biota Neotropica**, v. 21, n. 1, e20201083, 2021. DOI: 10.1590/1676-0611-BN-2020-1083.

MILARDI, M. et al. Natural and anthropogenic factors drive large-scale freshwater fish invasions. **Scientific Reports**, v. 12, n. 1, p. 10465, 2022.

DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-022->

MINDER, M. et al. Dietary specificity and overlap in endorheic river fishes: How do native and nonnative species compare?. **Journal of fish biology**, v. 97, n. 2, p. 453-464, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1111/jfb.14396>

NIMET, J.; GUIMARÃES, A. T. B.; DELARIVA, R. L. Use of Muscular Cholinesterase of *Astyanax bifasciatus* (Teleostei, Characidae) as a Biomarker in Biomonitoring of Rural Streams. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 99, n. 2, p. 232-238, 2017. DOI: [10.1007/s00128-017-2111-9](https://doi.org/10.1007/s00128-017-2111-9).

OLDEN, J. D.; WHATTAM, E.; WOOD, S. A. Online auction marketplaces as a global pathway for aquatic invasive species. **Hydrobiologia**, v. 848, p. 1967-1979, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10750-020-04407-7>

PAROLIN, M.; VOLKMER-RIBEIRO, C.; LEANDRINI, J. A. **Abordagem ambiental interdisciplinar em bacias hidrográficas no Estado do Paraná**. Campo Mourão: Fecilcam, 2010.

PELICICE, F. M. et al. Unintended consequences of valuing the contributions of non-native species: misguided conservation initiatives in a megadiverse region. **Biodiversity and Conservation**, v. 32, n. 12, p. 3915-3938, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10531-023-02666-z>

REID, A. J. et al. Emerging threats and persistent conservation challenges for freshwater biodiversity. **Biological Reviews**, v. 94, n. 3, p. 849-873, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1111/brv.12480>

REIS, R. B. et al. Freshwater fishes from Paraná State, Brazil: an annotated list, with comments on biogeographic patterns, threats, and future perspectives. **Zootaxa**, v. 4868, n. 4, p. 451-494, 2020. DOI: [10.11646/zootaxa.4868.4.1](https://doi.org/10.11646/zootaxa.4868.4.1).

REIS, R. E. et al. Fish biodiversity and conservation in South America. **Journal of Fish Biology**, v. 89, n. 1, p. 12-47, 2016. DOI: [10.1111/jfb.13016](https://doi.org/10.1111/jfb.13016).

SOTO, I., et al. using species ranges and macroeconomic data to fill the gap in costs of biological invasions. **Nature Ecology & Evolution**, 2025. <https://doi.org/10.1038/s41559-025-02697-5>

SU, G. et al. Human impacts on global freshwater fish biodiversity. **Science**, v. 371, n. 6531, p. 835-838, 2021. DOI: [10.1126/science.abd3369](https://doi.org/10.1126/science.abd3369)

TURBELIN, A. J. et al. Biological invasions are as costly as natural hazards. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v. 21, p. 143-150, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2023.03.002>

VILÀ, M.; HULME, P. E. (Eds.). **Impact of biological invasions on ecosystem services**. Cham, Switzerland: Springer, v. 12, 2017.

VITULE, J. R. S. et al. Extralimital introductions of *Salminus brasiliensis* (Cuvier, 1816) (Teleostei, Characidae) for sport fishing purposes: a growing challenge for the conservation of biodiversity in neotropical aquatic ecosystems. **BiolInvasions Records**, v. 3, n. 4, p. 291-296, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.3391/bir.2014.3.4.11>

VITULE, J. R. S. et al. Intra-country introductions unraveling global hotspots of alien fish species. **Biodiversity and Conservation**, v. 28, p. 3037-3043, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10531-019-01815-7>

VITULE, J. R. S. Introduction of fishes in Brazilian continental ecosystems: review, comments and suggestions for actions against the almost invisible enemy. **Neotropical Biology and Conservation**, v. 4, n. 2, p. 111-122, 2009. DOI: <https://doi.org/10.4013/5123>

YAMAMOTO, F. et al. Bioavailability of pollutants sets risk of exposure to biota and human population in reservoirs from Iguaçu River (Southern Brazil). **Environmental Science and Pollution Research**, v. 23, n. 18, p. 18111-18128, 2016. DOI: 10.1007/s11356-016-6924-6.

4. CAPÍTULO 1

NEW CONSERVATION OPPORTUNITIES: USING CITIZEN SCIENCE IN
MONITORING NON-NATIVE SPECIES IN NEOTROPICAL REGION

Capítulo 1 publicado no periódico científico *Journal of Applied Ichthyology* (Online ISSN:1439-0426). Disponível em:
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/jai.14231>

New conservation opportunities: Using citizen science in monitoring non-native species in Neotropical region

Iago Vinícios Geller^{1,2}  | Diego Azevedo Zoccal Garcia²  | Alan Deivid Pereira²  |
Armando Cesar Rodrigues Casimiro^{1,2}  | Crislaine Cochak³  |
Jean Ricardo Simões Vitule³  | Mário Luís Orsi² 

¹Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas, Departamento de Biologia Animal e Vegetal, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, Paraná, Brazil

²Laboratório de Ecologia de Peixes e Invasões Biológicas, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, Paraná, Brazil

³Laboratório de Ecologia e Conservação, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brazil

Correspondence

Iago Vinícios Geller, Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas, Biologia Animal e Vegetal Universidade Estadual de Londrina, Londrina, Brazil.
Email: iagogeller@hotmail.com

Funding information

Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, Grant/Award Number: 001

Abstract

The combination of highly equipped smartphones, with the increased use of social media, has offered a wide database. Given this, citizen science can be used to record and monitor non-native fish fauna, target new samples and collaborate with monitoring occurrences in new areas. We aimed to demonstrate the efficiency of social media in citizen science as a tool to cooperate with monitoring studies of non-native species. Consequently, we determined the occurrence points of *S. brasiliensis* in the Iguaçu River basin, indicating sites of greatest occurrence and analyzing the impact of the invasion on the native fauna of the basin. Files and information available on the YouTube[®] and Facebook[®] media platforms were used as data, was carried out from April 2019 to April 2020. The results were 40 records, 22 videos obtained from Youtube, and seven videos and 11 photos from Facebook, the oldest record was from April 2013, while the largest number of posts was in 2016. Fish records available from online platforms can reveal the occurrence and progressive dispersion of species, in the context of biological invasions, these tools can be of great value in studies that aim to follow the progress of introduced species, contributing by helping to direct new sampling programs and corroborating the occurrence of species in new areas in conjunction with standard monitoring programs. Based on citizen science records, it was possible to update the range of occurrence of the non-native *S. brasiliensis* in the Iguaçu River basin, cooperating with scientific knowledge. Innovative monitoring and control measures are necessary to deal with invasive species, with citizen science proving to be competent for determining the occurrence of species and showing promise in the entire field of ichthyology.

KEYWORDS

biological invasions, Brazil, social media

1 | INTRODUCTION

Humanity has triggered consecutive environmental and conservation crises, but it has the capacity to innovate and work for a more sustainable future (Di Minin et al., 2015). In many ways, rapid globalization parallels the shift towards “big data” in science (Bik & Goldstein, 2013). The combination of highly equipped smartphones, with the increased

use of social media, has offered a wide database (Sullivan et al., 2019), with scientists looking to take advantage of these web-based resources (Bik & Goldstein, 2013). Social media information can be beneficial for various areas of the natural sciences (Witmer, 2005). The voluntary involvement of the community with science is defined as citizen science, and the public is mainly involved by monitoring animal and plant species. They can track patterns, in space and/or time (Conrad &

Hilchey, 2011). Nowadays, citizen science has been used with regard to fish fauna (Banha et al., 2015; Gago et al., 2016; Giovos et al., 2018; Magalhães et al., 2021), amphibians (Measey et al., 2019), avifauna (Klemann-Junior et al., 2017), and mammals (El Bizri et al., 2015; Sullivan et al., 2009). The introduction of non-native species and their consequent invasions are major drivers of biodiversity loss (Brito et al., 2020). In view of this, citizen science can be used to record and monitor non-native fish fauna, target new samples and collaborate with monitoring occurrences in new areas.

The Iguaçu River basin (states of Paraná and Santa Catarina, Brazil and Argentina) is considered a global biodiversity hotspot (Abell et al., 2008), where 70% of species are considered endemic to the basin (Baumgartner et al., 2012; Daga et al., 2016; Garavello & Sampaio, 2010; Mezzaroba et al., 2021; Reis et al., 2020). However, this region is threatened with huge losses of its endemic species, primarily because of the introduction of non-native species (Daga et al., 2016; Gubiani et al., 2010; Mezzaroba et al., 2021). The presence of “dourado,” *Salminus brasiliensis*, in the Iguaçu River basin represents a high risk, especially for smaller species already threatened with extinction (Geller et al., 2020). Therefore, it is important to record new occurrences, the time of presence and spread of this species in watersheds using low-cost and easy-access tools, such as citizen science.

There are several ways in which citizen science can offer advantages over conventional science. Among the main social media that can be used as citizen science are YouTube® (www.youtube.com) and Facebook® (www.facebook.com), which allow users to upload videos and photos, making them available globally in real time, being an important online database. Therefore, we aimed to demonstrate the efficiency of social media in citizen science as a tool to cooperate with monitoring studies of non-native species. Consequently, we determined the occurrence points of *S. brasiliensis* in the Iguaçu River basin, indicating sites of greatest occurrence and analyzing the impact of the invasion on the native fauna of the basin.

2 | MATERIALS AND METHODS

Files and information available on the YouTube® and Facebook® media platforms were used as data. The research was based on a search of the following keywords in Portuguese: “Pesca do dourado no rio Iguaçu” (Dorado fishing in the Iguaçu River), “Pesca de dourado” (Dorado fishing), and “Pesca no rio Iguaçu” (Fishing in the Iguaçu River). The survey was carried out from April 2019 to April 2020. The videos were accessed in the order of availability in the website's feed (decreasing order by the number of views). For each video, information was compiled regarding the posting date and fishing municipality (locality).

Morphological characteristics of *S. brasiliensis* were used to confirm the species identification (e.g., grayish upper body region, light yellow ventral region with golden color, dark spot on the caudal peduncle that extends to the end of the median caudal rays (Graça & Pavanelli, 2007; Baumgartner et al., 2002), fusiform body shape and wide and terminal mouth (Baumgartner et al., 2002). The identification was supported by the description of a specimen of *S. brasiliensis* by Gubiani et al. (2010).

The geographic coordinates of the cities were obtained using Google Maps and plotted on Datum WGS84. In cases where only the reservoir was named, the mean reservoir coordinate points were used. Also, QGIS v.2.18.9 (<https://qgis.org/en/site/>) was used as a georeferencing tool to create a map indicating all of the identified points-of-occurrence of *S. brasiliensis* in the Medium and Lower River basin.

3 | RESULTS

There were 54 fishing records of *S. brasiliensis* in the Iguaçu Ecoregion, but only 40 records fit the predetermined design. Of those, 22 videos were obtained from Youtube, and seven videos and

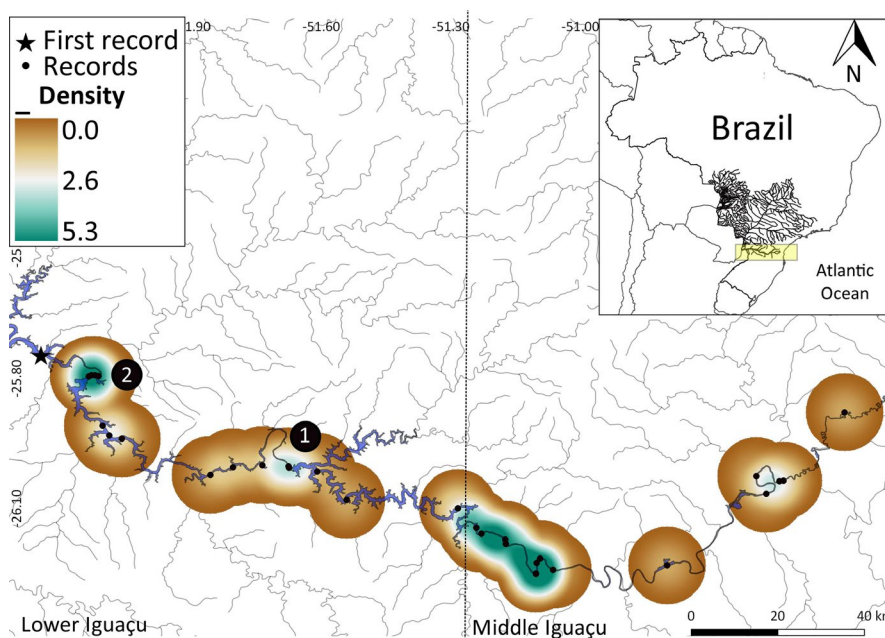


FIGURE 1 Kernel map and points of occurrence of *S. brasiliensis* in the Lower and Middle Iguaçu River according to the online records. Reservoirs: 1) Salto Segredo; 2) Foz do Areia

11 photos from Facebook (Appendix 1). The oldest record was from April 2013, while the largest number of posts was in 2016. The records obtained are distributed in Lower and Middle Iguaçu stretches (Figure 1). The municipalities with the highest number of records were: Mangueirinha - PR ($n = 9$), Porto Vitória - PR, ($n = 9$), União da Vitória - PR ($n = 7$) and Pinhão - PR ($n = 5$). Plotted on a map, the *S. brasiliensis* distribution spans two hydroelectric reservoirs: Governador Ney Aminthas de Barros Braga Hydroelectric (Salto Segredo, municipality of Saudade do Iguaçu - PR) and Bento Munhoz da Rocha Netto (Foz do Areia, municipality of Pinhão - PR).

4 | DISCUSSION

Fish records available from online platforms can reveal the occurrence and progressive dispersion of species, especially since for all of these tools, it is possible to obtain records in real time which are constantly updated (Figure 2). In the context of biological invasions, these tools can be of great value in studies that aim to follow the progress of introduced species, contributing by helping to direct new sampling programs and corroborating the occurrence of species in

new areas in conjunction with standard monitoring programs. This study served to illustrate the utility of an innovative tool whose use has been growing in the scientific community, always looking for new ways to create partnerships with the community at large. The information obtained can be added to databases and foster future research and reasoned discussions.

The first record of *S. brasiliensis* in the Lower Iguaçu River was reported by Gubiani et al., (2010) in 2008. It was an adult female captured in the Salto Santiago Reservoir, municipality of Saudade do Iguaçu - PR ($52^{\circ}14'58''W$; $25^{\circ}44'54''S$). The most distant point of occurrence of *S. brasiliensis* identified in the present study occurred in 2018 in the municipality of São Mateus do Sul (PR), a distance of approximately 410 km from the original site. However, 50% of the records were within 200 km of the first record. If we compare data from the present study with previous investigations (e.g., Gubiani et al., 2010; Vitule et al., 2014; Daga et al., 2016; Ribeiro et al., 2017), it is possible to observe the increase in the occurrence of the species throughout the Iguaçu River, with expansion of the area of occurrence by more than 500 km in two years. Records of the introduction of *S. brasiliensis* have been reported in the Lower Iguaçu (Ribeiro et al., 2017; Vitule et al., 2014).



Dourado 15 kg pego no lago de Foz do Areia em Bituruna-PR

16.478 visualizações

137

8

COMPARTILHAR

SALVAR

...



Dourado gigante rio Iguaçu porto união Santa Catarina

1.977 visualizações

10

4

COMPARTILHAR

SALVAR

...



Tarde Dourada no Rio Iguaçu

3.416 visualizações • 17 de abr de 2017

41

1

COMPARTILHAR

SALVAR

...



O REI DO RIO APARECEU! PESCARIA DE DOURADOS NO RIO IGUAÇU

1.089 visualizações • 16 de set de 2019

126

0

COMPARTILHAR

SALVAR

...

FIGURE 2 Screenshot showing the distribution of fishing in the Iguaçu River through Youtube®: (a and b) municipality of Pinhão - PR. (c and d) municipality of Porto União - SC

The occurrence of *S. brasiliensis* in the Middle and Lower Iguaçu River demonstrates the release of many individuals at different times and in different locations, most likely from sport fishing, restocking actions and lack of foresight in the effects. Because the physical barriers blocking the dispersal of *S. brasiliensis* in the Iguaçu River basin (two hydroelectric dams) do not have fish passage systems and have been in place since their construction in the 1980s. The confirmation of the presence of *S. brasiliensis* is recent (Gubiani et al., 2010), and human activities must have been involved in its dispersal. In this case, our data provide electronic empirical evidence of how ineffective artificial or natural barriers are in restricting the expansion of non-native fish species. This failure can be attributed in great part to the fact that the public (i.e., local community, sport fishermen, artisanal fishermen) has not been properly educated about the potential problems of invasive species and that policing is lax, in particular in the case of the invasion of *S. brasiliensis*, along much of the Iguaçu River basin (Daga et al., 2016; Vitule et al., 2014).

Studies have investigated and indicated the high probability of dourado's successful establishment in and occupation of the entire Iguaçu Ecoregion, because of the large availability of resources and favorable conditions (see Ribeiro et al., 2017; Vitule et al., 2014). The Middle Iguaçu represents an agreeable biotope for *S. brasiliensis*, primarily because of the currents in the main channel and tributaries, in addition to the absence of natural or artificial barriers such as hydroelectric dams. The biological characteristics of its spawning are also important, since it is a fish capable of migrating upstream over 1,000 km during its reproductive period (Barzotto & Mateus, 2017; Graça & Pavanelli, 2007; Ota et al., 2018). This reproductive characteristic could facilitate colonization and rapid spread, as demonstrated in our species occurrence map. In this way, this basin offers favorable conditions for the species to complete the cycle of biological invasion soon (See Ribeiro et al., 2017).

The establishment in and invasion of the Iguaçu River basin by a large non-native piscivore has major impacts (Pelicice & Agostinho, 2009). It should be noted that the diet of *S. brasiliensis* is composed mainly of fish, e.g., endemic species of *Astyanax* spp. and *Psalidodon* spp. (Daga et al., 2016; Esteves & Pinto Lôbo, 2001; Ribeiro et al., 2017). The loss of diversity and abundance of *Astyanax* spp., *Psalidodon* spp. and others of the that genus can be intensified with the rapid advance of *S. brasiliensis* in the Iguaçu River basin. In addition to environmental problems, the invasion of this predator can lead to risks for the economy of small cities, such as Porto Vitória located in the Middle Iguaçu region. It holds the lambari fishing tournament annually, together with the 15th Lambari Festival (Porto Vitória, 2020). With the invasion of dourado in the region, the lambari fauna can decrease significantly. Therefore, some events may have to be canceled due to the lack of fish for fishing and for the traditional foods served.

On the basis of citizen science records, it was possible to update the range of occurrence of the non-native *S. brasiliensis* in the Iguaçu River basin, cooperating with scientific knowledge. Innovative monitoring and control measures are necessary to deal with invasive species, with citizen science proving to be competent for determining

the occurrence of species and showing promise in the entire field of ichthyology. Through citizen science, conservation efforts benefit from partnerships and broad public and private perspectives, in addition to directing actions.

ACKNOWLEDGMENTS

This work was carried out with the support of the Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel - Brazil (CAPES) - Financing Code 001. We would also like to thank Dr. James A. Nienow (Biology Department, Valdosta State University) by important suggestions.

CONFLICT OF INTEREST

All the authors declare that there is no conflict of interest in this paper.

DATA AVAILABILITY STATEMENT

The data that support the findings of this study are available in [YouTube® and Facebook®] at [www.facebook.com and www.youtube.com]. These data were derived from the following resources available in the public domain: [In all Appendix 1].

ORCID

Iago Vinícios Geller  <https://orcid.org/0000-0003-2838-8724>

Diego Azevedo Zoccal Garcia  <https://orcid.org/0000-0001-5709-6347>

Alan Deivid Pereira  <https://orcid.org/0000-0002-3182-2344>

Armando Cesar Rodrigues Casimiro  <https://orcid.org/0000-0001-8826-5609>

Crislaine Cochak  <https://orcid.org/0000-0002-9883-4497>

Jean Ricardo Simões Vitule  <https://orcid.org/0000-0001-6543-7439>

Mário Luís Orsi  <https://orcid.org/0000-0001-9545-4985>

REFERENCES

- Abell, R., Thieme, M. L., Revenga, C., Bryer, M., Kottelat, M., Bogutskaya, N., Coad, B., Mandrak, N., Balderas, S. C., Bussing, W., Stiassny, M. L. J., Skelton, P., Allen, G. R., Unmack, P., Naseka, A., Ng, R., Sindorf, N., Robertson, J., Armijo, E., ... Petry, P. (2008). Freshwater ecoregions of the world: A new map of biogeographic units for freshwater biodiversity conservation. *Bio Science*, 58, 403–414. <https://doi.org/10.1641/B580507>
- Banha, F., Ilhéu, M., & Anastácio, P. M. (2015). Angling web forums as an additional tool for detection of new fish introductions: The first record of *Perca fluviatilis* in continental Portugal. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*, 416, 1–5.
- Barzotto, E., & Mateus, L. (2017). Reproductive biology of the migratory freshwater fish *Salminus brasiliensis* (Cuvier, 1816) in the Cuiabá River basin, Brazil. *Journal of Applied Ichthyology*, 33, 415–422. <https://doi.org/10.1111/jai.13262>
- Baumgartner, G., Bianchini, E., Shibatta, A. O., & Pimenta, J. A. (2002). *A Bacia do Rio Tibagi* (p. 595). Universidade Estadual de Londrina.
- Baumgartner, G., Pavanelli, C. S., Baumgartner, D., Bifi, A. G., Debona, T., & Frana, V. A. (2012). *Peixes do baixo rio Iguaçu* (p. 203). Eduem.
- Bik, H. M., & Goldstein, M. C. (2013). An introduction to social media for scientists. *PLoS Biology*, 11, e1001535. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1001535>

- Brito, M. F. G., Daga, V. S., & Vitule, J. R. S. (2020). Fisheries and biotic homogenization of freshwater fish in the Brazilian semiarid region. *Hydrobiologia*, 847, 3877–3895. <https://doi.org/10.1007/s10750-020-04236-8>
- Conrad, C. C., & Hilchey, K. G. (2011). A review of citizen science and community-based environmental monitoring: Issues and opportunities. *Environmental Monitoring and Assessment*, 176, 273–291. <https://doi.org/10.1007/s10661-010-1582-5>
- Daga, V. S., Debona, T., Abilhoa, V., Gubiani, É. A., & Vitule, J. R. S. (2016). Non-native fish invasions of a Neotropical ecoregion with high endemism: A review of the Iguacu River. *Aquatic Invasions*, 11, 209–223. <https://doi.org/10.3391/ai.2016.11.2.10>
- Di Minin, E., Tenkanen, H., & Toivonen, T. (2015). Prospects and challenges for social media data in conservation science. *Frontiers in Environmental Science*, 3, 63. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2015.00063>
- El Bizri, H., Morcatty, T., Lima, J., & Valsecchi, J. (2015). The thrill of the chase: Uncovering illegal sport hunting in Brazil through YouTube™ posts. *Ecology and Society*, 20, 30–48.
- Esteves, K. E., & Pinto Lôbo, A. V. (2001). Feeding pattern of *Salminus maxillosus* (Pisces, Characidae) at Cachoeira das Emas, Mogi-Guaçu River (São Paulo State, Southeast Brazil). *Revista Brasileira de Biologia*, 61, 267–276. <https://doi.org/10.1590/S0034-71082001000200009>
- Gago, J., Anastácio, P., Gkenas, C., Banha, F., & Ribeiro, F. (2016). Spatial distribution patterns of the non-native European catfish, *Silurus glanis*, from multiple online sources a case study for the River Tagus (Iberian Peninsula). *Fisheries Management and Ecology*, 23, 503–509. <https://doi.org/10.1111/fme.12189>
- Garavello, J. C., & Sampaio, F. A. A. (2010). Five new species of genus *Astyanax* Baird & Girard, 1854 from Rio Iguacu, Brazil (Ostariophysi, Characiformes, Characidae). *Brazilian Journal of Biology*, 70, 847–865. <https://doi.org/10.1590/S1519-69842010000400016>
- Geller, I. V., Garcia, D. A. Z., Casimiro, A. C. R., Pereira, A. D., Jarduli, L. R., Vitule, J., Azevedo, R., & Orsi, M. L. (2020). Good intentions, but bad effects: Environmental laws protects non-native ichthyofauna in Brazil. *Fisheries Management and Ecology*, 28(1), 14–17. <https://doi.org/10.1111/fme.12446>
- Giovos, I., Keramidas, I., Antoniou, C., Deidun, A., Font, T., Kleitou, P., Lloret, J., Matic-Skoko, S., Said, A., Tiralongo, F., & Moutopoulos, D. K. (2018). Identifying recreational fisheries in the Mediterranean Sea through social media. *Fisheries Management and Ecology*, 25, 287–295. <https://doi.org/10.1111/fme.12293>
- Graça, W. J., & Pavanelli, C. S. (2007). *Peixes da Planície de Inundação do Alto Rio Paraná e Áreas Adjacentes* (p. 241p). Eduem.
- Gubiani, E. A., Frana, V. A., Maciel, A. L., & Baumgartner, D. (2010). Occurrence of the non-native fish *Salminus brasiliensis* (Cuvier, 1816), in a global biodiversity ecoregion, Iguacu River, Paraná River basin, Brazil. *Aquatic Invasions*, 5, 223–227. <https://doi.org/10.3391/ai.2010.5.2.17>
- Klemann-Junior, L., Vallejos, M. A. V., Scherer-Neto, P., & Vitule, J. R. S. (2017). Traditional scientific data vs. uncoordinated citizen science effort: A review of the current status and comparison of data on avifauna in Southern Brazil. *PLoS One*, 12, e0188819. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0188819>
- Magalhães, A. L., Azevedo-Santos, V. M., & Pelicice, F. M. (2021). Caught in the act: Youtube™ reveals invisible fish invasion pathways in Brazil. *Journal of Applied Ichthyology*, 37, 125–128. <https://doi.org/10.1111/jai.14159>
- Measey, J., Basson, A., Rebelo, A. D., Nunes, A. L., Vimercati, G., Louw, M., & Mohanty, N. P. (2019). Why have a pet amphibian? Insights from YouTube. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 52, 1–8. <https://doi.org/10.3389/fevo.2019.00052>
- Mezzaroba, L., Debona, T., Frota, A., Graça, W. J. D., & Gubiani, É. A. (2021). From the headwaters to the Iguassu Falls: Inventory of the ichthyofauna in the Iguassu River basin shows increasing percentages of nonnative species. *Biota Neotropica*, 21, e20201083. <https://doi.org/10.1590/1676-0611-BN-2020-1083>
- Ota, R. R., Deprá, G. D. C., Graça, W. J. D., & Pavanelli, C. S. (2018). Peixes da planície de inundação do alto rio Paraná e áreas adjacentes: Revised, annotated and updated. *Neotropical Ichthyology*, 16, e170094. <https://doi.org/10.1590/1982-0224-20170094>
- Pelicice, F. M., & Agostinho, A. A. (2009). Fish fauna destruction after the introduction of a non-native predator (*Cichla kelberi*) in a Neotropical reservoir. *Biological Invasions*, 11, 1789–1801. <https://doi.org/10.1007/s10530-008-9358-3>
- Porto Vitória, Secretaria de Lazer e Diversão (org.). (2020) Porto Vitória, torneio de pesca do lambari - 15º festa do lambari. (Access in 10 setembro 2019. Retrieved from <http://www.portovitoria.pr.gov.br/index.php/prefeitura/noticias/item/5793-torneio-pesca-lambari>
- Reis, R. B., Frota, A., Depra, G. D. C., Ota, R. R., & Da Graça, W. J. (2020). Freshwater fishes from Paraná State, Brazil: An annotated list, with comments on biogeographic patterns, threats, and future perspectives. *Zootaxa*, 4868, 451–494.
- Ribeiro, V. R., da Silva, P. R. L., Gubiani, É. A., Faria, L., Daga, V. S., & Vitule, J. R. S. (2017). Imminent threat of the predator fish invasion *Salminus brasiliensis* in a Neotropical ecoregion: Eco-vandalism masked as an environmental project. *Perspectives in Ecology and Conservation*, 15, 132–135. <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2017.03.004>
- Sullivan, M., Robinson, S., & Littnan, C. (2019). Social media as a data resource for monk seal conservation. *PLoS One*, 14, e0222627. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0222627>
- Vitule, J. R. S., Bornatowski, H., Freire, C. A., & Abilhoa, V. (2014). Extralimital introductions of *Salminus brasiliensis* (Cuvier, 1816) (Teleostei, Characidae) for sport fishing purposes: A growing challenge for the conservation of biodiversity in neotropical aquatic ecosystems. *BioInvasions Records*, 3, 291–296.
- Witmer, G. W. (2005). Wildlife population monitoring: Some practical considerations. *Wildlife Research*, 32(3), 259–263. <https://doi.org/10.1071/WR04003>

How to cite this article: Geller IV, Garcia DAZ, Pereira AD, et al. New conservation opportunities: Using citizen science in monitoring non-native species in Neotropical region. *J Appl Ichthyol*. 2021;00:1–7. <https://doi.org/10.1111/jai.14231>

APPENDIX 1

TABLE A1 Detailed sources consulted for the development of spatial and temporal maps of the *S. brasiliensis* invasion in the Iguaçu River basin

Location	Coordinates	Year	Type	Link
Mangueirinha - PR	-25.794018, -52.116131	2015	Youtube	https://www.youtube.com/watch?v=KsVIQiy2sHA
Mangueirinha - PR	-25.792232, -52.124170	2016	Youtube	https://www.youtube.com/watch?v=f7sckd7IIDE
Mangueirinha - PR	-25.794730, -52.138707	2016	Youtube	https://www.youtube.com/watch?v=vqNUTSevaeU
Mangueirinha - PR	-25.794730, -52.138707	2016	Youtube	https://www.youtube.com/watch?v=H_1fBRLQmls
Mangueirinha - PR	-25.794730, -52.138707	2016	Youtube	https://www.youtube.com/watch?v=7aMLdvMJyhY
Mangueirinha - PR	-25.908464, -52.106816	2016	Youtube	https://www.youtube.com/watch?v=JwB6_rDLKUs
Mangueirinha - PR	-26.000026, -51.736780	2017	Youtube	https://www.youtube.com/watch?v=dITBT5eMTOU
Mangueirinha - PR	-25.931466, -52.091288	2018	Facebook	https://www.facebook.com/groups/128415587787902/?tn-str=*F
Mangueirinha - PR	-25.792012, -52.132254	2019	Facebook	https://www.facebook.com/permalink.php?story_fbid=2367421153493680&id=100006774559457
Porto Vitória - PR	-26.181776, -51.172891	2015	Facebook	https://www.facebook.com/photo.php?fbid=934188519971435&set=basw.AboV_H_32lnFmJLQvCpU18Kc8WoHr2NOHSxf5NGslguRqjc2k_T
Porto Vitória - PR	-26.144478, -51.241092	2015	Youtube	https://www.youtube.com/watch?v=JPoPEtrS8fc
Porto Vitória - PR	-26.144478, -51.241092	2015	Youtube	https://www.youtube.com/watch?v=sukXolcqR7E
Porto Vitória - PR	-26.144478, -51.241092	2015	Youtube	https://www.youtube.com/watch?v=Xvoal7ebTsc
Porto Vitória - PR	-26.171617, -51.174221	2015	Facebook	https://www.facebook.com/BellapescaArtigosDePesca/photos/a.637673239597899/1451288808236334/?type=3&permPage=1
Porto Vitória - PR	-26.181776, -51.172891	2019	Facebook	https://www.facebook.com/hopliaspescauniaio/photo/s.pcb.2087293354723709/2087293264723718/?type=3&theatr
Porto Vitória - PR	-26.181776, -51.172891	2020	Youtube	https://www.youtube.com/watch?v=tS3iuH0nXDo
Porto Vitória - PR	-26.181776, -51.172891	2019	Youtube	https://www.youtube.com/watch?v=RI3gFWVNePo
Porto Vitória - PR	-26.158217, -51.229526	2020	Youtube	https://www.youtube.com/watch?v=NUtlhBICm
Pinhão - PR	-26.002317, -51.676146	2016	Youtube	https://www.youtube.com/watch?v=IP2W9VRSzi4
Pinhão - PR	-26.014806, -51.609684	2016	Facebook	https://www.facebook.com/pescariaeiviola/photos/a.505761706197611/1088709194569523/?type=3&theater
Pinhão - PR	-26.005892, -51.674993	2017	Youtube	https://www.youtube.com/watch?v=G-dbHvHu7M8
Pinhão - PR	-26.005892, -51.674993	2019	Facebook	https://www.facebook.com/coracaodepescador/photos/p.2935123329837747/2935123329837747/?type=1&theater
Pinhão - PR	-26.004901, -51.804762	2017	Youtube	https://www.youtube.com/watch?v=0vJXCQjmnI8
Canoinhas - SC	-26.066227, -50.569739	2013	Facebook	https://www.facebook.com/photo.php?fbid=10201253987375959&set=a.1501438020143&type=3&theater
Canoinhas - SC	-26.025464, -50.592779	2016	Facebook	https://www.facebook.com/100006466615886/videos/1979244238967777/
Canoinhas - SC	-26.036981, -50.539291	2016	Youtube	https://www.youtube.com/watch?v=C0mBaEFNeeY
União da Vitória - PR	-26.242002, 51.063497	2017	Youtube	https://www.youtube.com/watch?v=b1j7bBxPqmw
União da Vitória - PR	-26.225819, -51.101456	2017	Facebook	https://www.facebook.com/photo.php?fbid=1239874076117362&set=p.1239874076117362&type=1&theater
União da Vitória - PR	-26.250644, -51.103195	2019	Facebook	https://www.facebook.com/PROFFIORAVANTEIRANWOLF/videos/10205361327027915/
União da Vitória - PR	-26.250644, -51.103195	2020	Youtube	https://www.youtube.com/watch?v=awAgAPdw9ns
União da Vitória - PR	-26.250644, -51.103195	2020	Facebook	https://www.facebook.com/nadirantonio.cecchin/videos/10211927315376580/
União da Vitória - PR	-26.250644, -51.103195	2019	Facebook	https://www.facebook.com/nadirantonio.cecchin/videos/10211927315376580/

TABLE A1 Continued

Location	Coordinates	Year	Type	Link
União da Vitória - PR	-26.250644, -51.103195	2020	Youtube	https://www.youtube.com/watch?v=gyely7jOM7Y
Ireneópolis - SC	-26.231540, 50.799360	2015	Facebook	https://www.facebook.com/100008839963185/videos/1472838893020762/
Palmas - PR	-25.938738, -52.062117	2016	Facebook	https://www.facebook.com/pescadoresdeplantaoooficial/videos/1203070363046688
Bituruna - PR	-26.080035, -51.541536	2016	Facebook	https://www.facebook.com/1587739378170434/photos/p.1799071663703870/1799071663703870/?type=1&theater
Reserva do Iguaçu - PR	-26.022750, -51.857169	2016	Youtube	https://www.youtube.com/watch?v=2_gB_lBradM
Porto União - SC	-26.215513, -51.093551	2017	Youtube	https://www.youtube.com/watch?v=XZqZ-NuBGYo
Cruz Machado - PR	-26.099702, -51.283849	2018	Facebook	https://www.facebook.com/espacopesca/videos/984588765025473/
Cruz Machado - PR	-26.099702, -51.283849	2020	Facebook	https://www.facebook.com/sabia.rodrigues/posts/2566414056821086
São Mateus do Sul - PR	-25.878108, -50.388450	2018	Facebook	https://www.facebook.com/joseleonel.boianowski/videos/2240723459475721/

5. CAPÍTULO 2

CURRENT AND FUTURE INVASION OF A PREDATOR WITH POTENTIAL FOR
IMPACT NEGATIVE IN A REGION OF HIGH NEOTROPICAL ENDEMISM

DOI 10.1590/1982-0224-2025-0056

Current and future invasion of a predator with potential for impact negative in a region of high neotropical endemism

Iago V. Geller^{1,2}, Jean R. S. Vitule³, João D. Ferraz², Alan D. Pereira⁴ and Mário L. Orsi^{1,2}

¹Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas, Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Biológicas, Rodovia Celso Garcia Cid, PR-445, km 380, 86057-970 Londrina, PR, Brazil. (IVG) iagogeller@hotmail.com ORCID <https://orcid.org/0000-0003-2838-8724> (corresponding author)

²Laboratório de Ecologia de Peixes e Invasões Biológicas & Laboratório de Ecologia Aquática e Conservação de Espécies Nativas, Universidade Estadual de Londrina, Rodovia Celso Garcia Cid, PR-445, km 380, 86057-970 Londrina, PR, Brazil. (JDF) jd_ferraz@hotmail.com ORCID <http://orcid.org/0000-0003-1346-1642>, (MLO) orsi@uel.br ORCID <http://orcid.org/0000-0001-9545-4985>

³Laboratório de Ecologia e Conservação, Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Paraná, Avenida Pref. Lothário Meissner, 632, Jardim Botânico, 80210-170 Curitiba, PR, Brazil. (JRSV) biovitule@gmail.com ORCID <https://orcid.org/0000-0001-6543-7439>

⁴Universidade Estadual do Paraná – UNESPAR, *campus* União da Vitória, Praça Coronel Amazonas, s/nº, Caixa Postal 57, 84600-185 União da Vitória, PR, Brazil. (ADP) alandeivid_bio@live.com ORCID <https://orcid.org/0000-0002-3182-2344>

ABSTRACT

The Neotropical region harbors the greatest fish diversity but has been experiencing a concerning decline. The Iguaçu basin, region of high endemism in southern Brazil, has extinction pressures due to the introduction of the non-native predator *Salminus brasiliensis* (dourado). It is believed that this species is increasing its occurrence, highlighting the need for assessments of its dispersal. This study aimed to update occurrence records of *S. brasiliensis* in the Iguaçu, evaluate its invasiveness and potential local extinctions and model its current and future distribution in southern Brazil. To achieve this, we employed citizen science, the Aquatic Species Invasiveness Screening Kit (AS-ISK), and ecological niche modeling. Results indicate a significant increase in *S. brasiliensis* occurrences between, with an

upstream expansion of over 500 km. The AS-ISK classified the species as highly invasive (38/68), with a high-confidence protocol score. Due to the high invasiveness other endemic species in the region are at risk of extinction. Species distribution modeling suggests a reduction in its native range in the Central-West region of Brazil, while its distribution is expanding into non-native areas in the South of the country. Although the species is iconic in South America, it poses a real threat to Iguaçu.

Keywords: AS-ISK Protocol, Citizen science, Climate change, Extinction, Niche modeling.

RESUMO

A região Neotropical abriga a maior diversidade de peixes e vem enfrentando declínio preocupante. Recentemente, a bacia do Iguaçu, região de alto endemismo no sul do Brasil, enfrenta pressões de extinção devido à introdução do predador não nativo *Salminus brasiliensis* (dourado). Acredita-se em um aumento de sua ocorrência, sendo necessárias avaliações de sua dispersão. Deste modo, nosso objetivo foi atualizar os registros de ocorrência de *S. brasiliensis* na bacia do Iguaçu, avaliar sua invasibilidade e potenciais extinções locais, além de modelar a distribuição atual e futura no sul do Brasil. Para atingir isso, utilizamos a ciência cidadã, o Aquatic Species Invasiveness Screening Kit (AS-ISK) e modelagem de nicho. Os resultados indicaram aumento significativo nas ocorrências de *S. brasiliensis* entre 2013 e 2024, com um avanço a montante (> 500 km). O AS-ISK classificou a espécie como altamente invasora (38/68), com score do protocolo em alta confiança. Com essa invasibilidade alta de *S. brasiliensis*, outras espécies endêmicas estão em risco de extinção na região. A modelagem do dourado sugere uma diminuição da área nativa no centro-oeste do Brasil enquanto expandem sua distribuição em áreas invasoras (sul do Brasil), embora a espécie seja icônica na América do Sul, ela representa uma ameaça real para o Iguaçu.

Palavras-chave: Ciência cidadã, Extinção, Mudanças climáticas, Modelagem de nicho, protocolo AS-ISK.

Running head: Neotropical endemism at risk of extinction

Submitted April 1, 2025

Accepted May 2, 2025

Associate Editor Evelyn Habit

Section Editor Fernando Pelicice

Editor-in-Chief José Luís Birindelli

INTRODUCTION

The Neotropical region, which stands out globally for harboring the highest number of plant and animal species (Raven *et al.*, 2020; Palma-Silva *et al.*, 2022), possesses a vast diversity of freshwater fish, with 6.080 described species (Albert *et al.*, 2020), accounting for approximately 30% of the global diversity of this group (Reis *et al.*, 2016; Malabarba, 2020; Larentis *et al.*, 2022; Dagosta *et al.*, 2024).

In the Anthropocene, numerous environmental changes have led to a concerning decline in fish diversity (Isbell *et al.*, 2023; Sayer *et al.*, 2025) driven by climate change, habitat loss, and resource overexploitation (Jaureguiberry *et al.*, 2022; Isbell *et al.*, 2023), with the introduction of non-native species being the primary factor (Jaureguiberry *et al.*, 2022; Milardi *et al.*, 2022; Lipták *et al.*, 2024). The main vectors of these introductions include the ornamental fish trade, aquaculture, biological control, and fish stocking, among others (see review by Bernery *et al.*, 2022). Additionally, numerous political and social initiatives have contributed to this problem by protecting invasive rather than native populations (Vitule *et al.*, 2009; Geller *et al.*, 2020; Franco *et al.*, 2022; Garcia *et al.*, 2022; Pelicice *et al.*, 2023).

The case of the Iguaçu basin, a Neotropical region of high endemism located in southern Brazil, is particularly concerning. This area harbors 133 fish species, distributed across nine orders, 29 families, and 72 genera (Mezzaroba *et al.*, 2021), and has suffered significant biodiversity losses as a result of the introduction of non-native species. (Gubiani *et al.*, 2010; Vitule *et al.*, 2014; Daga *et al.*, 2016; Frota *et al.*, 2022) and inadequate policies (Geller *et al.*, 2020). The basin exhibits approximately 70% endemism (Reis *et al.*, 2020; Mezzaroba *et al.*, 2021), with over 20% of described species listed under some level of threat (ICMBio, 2018; Reis *et al.*, 2020; Mezzaroba *et al.*, 2021; Dagosta *et al.*, 2024; IUCN, 2024), as well as several undescribed species (Reis *et al.*, 2020; Mezzaroba *et al.*, 2021). In contrast, 41 non-native species have been recorded in the basin (Mezzaroba *et al.*, 2021; Frota *et al.*, 2022), including the apex predator *Salminus brasiliensis* (Cuvier, 1816) (dourado), which has already caused irreversible environmental damage in other regions of Brazil (Alves *et al.*, 2007; Vitule *et al.*, 2014) and poses a severe threat to the endemic ichthyofauna of the Iguaçu

River, in addition to potential socio-economic risks for the region (Geller *et al.*, 2021).

The eradication of invasive species is challenging (Bernery *et al.*, 2022; Dechoum, Junqueira, Orsi, 2024), primarily due to difficulties in detecting non-native species at early stages (Hayes *et al.*, 2005). However, early detection significantly increases the likelihood of successful eradication. Among the various tools available for monitoring and detecting non-native species at early stages are citizen science initiatives and online databases (Pawson, Sullivan, Grant, 2020; Geller *et al.*, 2021). Additionally, it is crucial to assess the invasive potential of non-native species in the region, thereby providing valuable information to decision-makers (Early *et al.*, 2016; Shackleton *et al.*, 2019). Predictive modeling approaches can also be utilized to estimate suitable areas for species establishment and assess environmental variables to predict the extent of the expansion of the invasive species (Klippel *et al.*, 2024), further supporting management strategies and eradication efforts.

However, there remains a critical lack of essential data, particularly regarding the number of updated invasion occurrences within a timeframe sufficient to allow real-time monitoring and impact assessment (Bernery *et al.*, 2022). It is believed that the occurrence of *S. brasiliensis* in the Iguaçu basin has been increasing in recent years and that the species has already adapted to its new habitat, necessitating a detailed evaluation of its invasion processes and future prospects. Therefore, the present study aims to: (i) update the occurrence records of *S. brasiliensis* in the Iguaçu basin, (ii) analyze the invasiveness level of *S. brasiliensis* in the Iguaçu basin region and its potential to cause extinctions of endemic fish and (iii) model the current and future distribution of *S. brasiliensis* in Iguaçu basin and southern Brazil.

MATERIAL AND METHODS

Study area. The Iguaçu River basin covers a region in southern Brazil spanning the states of Paraná (54,820 km²) and Santa Catarina (13,470 km²), encompassing 101 Brazilian municipalities, as well as the province of Misiones in Argentina (1,837.5 km²), with a total area of 70,127.5 km² (Baumgartner *et al.*, 2012). The formation of the Iguaçu River basin dates to the Mesozoic and early Paleozoic Eras and is associated with stepwise uplift movements of the Serra do Mar (Abell *et al.*, 2008), in addition to numerous waterfalls and tributaries along its course (Parolin *et al.*, 2010). The basin is divided into three distinct geomorphological regions: Upper, Middle, and Lower Iguaçu. These subdivisions correspond to the first, second, and third plateau of Paraná, respectively, and serve as important units for the strategic management and utilization of water resources. The three Paraná plateaus comprise: (1) the Curitiba region, (2) the Ponta Grossa region, and (3) the Guarapuava region

(Maack, 2002; Baumgartner *et al.*, 2012). The Iguazu basin is part of the Freshwater Ecoregions of the World (FEOW) of Iguassu (ID 346), classified as tropical and subtropical highland rivers. This ecoregion falls within Gery's Paranean region and the Paraná-Platense ichthyofaunistic province (Abell *et al.*, 2008; Daga *et al.*, 2016).

Occurrence data. The occurrence data for the development of the current map were obtained through citizen science data from social media platforms, including YouTube®, Facebook®, and Instagram®. The research was based on searches using the following Portuguese keywords: “Pesca do dourado no rio Iguazu” (Golden dourado fishing in the Iguazu River), “Pesca de Dourado” (Golden dourado fishing), “Pesca no rio Iguazu” (Fishing in the Iguazu River), and “Dourado no rio Iguazu” (Golden dourado in the Iguazu River). The citizen science data collection was conducted in January 2025, considering posts made up until December 31, 2024. Videos were accessed in order of availability in the website feed (sorted in descending order based on the number of views). For each video, information was compiled regarding the posting date and the fishing municipality (or a nearby locality). All verified channels, individuals, and accounts, as well as accounts associated with tourism packages, lodging, and advertising, were analyzed separately. Species identification was based on the key morphological characteristics of *S. brasiliensis*, such as a grayish upper body, a light yellow ventral region with golden coloration, a dark spot on the caudal peduncle extending to the end of the median caudal fin rays a fusiform body shape, and a broad terminal mouth (Graça, Pavanelli, 2007). The identification was further supported by the description of an *S. brasiliensis* specimen by Gubiani *et al.* (2010) and expertise of some authors (JRSV and MLO). All photos and videos used in this study were reviewed by experts in the field and are presented in a data table (Tab. S1). Annual records from 2013 to 2024 were analyzed. Pearson's correlation coefficient (r) was calculated to assess the relationship between year and number of records. Three models were fitted: linear, exponential, and power-law. For the exponential and power-law models, the year was centered (Year - 2012), and parameters were estimated using nonlinear least squares (nls). Model performance was evaluated based on the coefficient of determination (R^2), calculated manually for the nonlinear models. All analyses were conducted using R software v. 4.2.2 (R Development Core Team, 2022), with the packages ggplot2, dplyr, and broom.

Aquatic species invasiveness screening kit (AS-ISK). The protocol used was the AS-ISK, which is the new interface (similar) to FISK. It is a generic tool for identifying

potentially invasive taxa in aquatic environments, and it is available for download (www.cefas.co.uk/nns/tools). The procedures used in the tool are described in Copp *et al.*, (2016). The AS-ISK consists of 49 questions (Qs) grouped into two main sections, where the biogeographical and historical characteristics of the taxon (13 Qs in total) and its biological and ecological interactions (36 Qs in total) are evaluated, providing the basic risk assessment (BRA). This is complemented by six additional Climate Change Assessment (CCA) questions used to predict how future climatic conditions will likely affect the AS-ISK assessment in relation to the risks of introduction, establishment, spread, and impact, for a total of 55 questions. Each question is answered in classification confidence categories: 1 = low, 2 = medium, 3 = high, 4 = very high. After completing a risk screening, the species receives a BRA score and a BRA+CCA (composite) score, with the scores ranging from -20 to 68 and from -32 to 80, respectively. The BRA+CCA score may increase or decrease by up to 12 points compared to the BRA score but will remain unchanged if the total CCA score is 0. It is important to identify a “threshold” value for the risk assessment (RA) area through a “calibration” process to distinguish between species with medium and high invasiveness risks. Calibration of scores to obtain a threshold is an analytical procedure performed as a subsequent separate step, using the output scores from WRA-type toolkits. Complete descriptions of AS-ISK are available elsewhere (Copp *et al.*, 2016; 2021; Vilizzi *et al.*, 2022). In the end, the tool indicates the confidence scale of the provided state of knowledge: very low (0–0.05), low (0.05–0.33), medium (0.33–0.67), high (0.67–0.95), and very high (0.95–1.00) (Vilizzi *et al.*, 2021). No studies with precise calibration for the RA or proximity were found. Species were classified from the BRA score as low risk (score < 1), medium risk (score between 1–24), or high risk (score > 24) (Dodd *et al.*, 2019; Camargo *et al.*, 2022). To answer the questionnaire, information from scientific journals available on the Web of Science, Google Scholar, and FishBase (<http://www.fishbase.org>) was used. The resulting spreadsheet for *S. brasiliensis* in the Iguaçu River basin, as well as the references used for each question, is detailed in the supplementary material.

Dataset. Occurrence records for the modeling of *Salminus brasiliensis* were obtained from online species databases in zoological collections, including the Centro de Referência em Informação Ambiental (SpeciesLink) and the Global Biodiversity Information Facility (GBIF). Additionally, records collected in the present study through citizen science initiatives, as well as data from scientific publications available on Google Scholar, SciELO, and PubMed (published until December 2024), were included. Only georeferenced records

containing precise latitude and longitude coordinates, specimen vouchers, and photographic evidence were considered valid for modeling purposes (Tab. S2).

We adopted the concept of the ecological niche from the perspective of the Grinnellian component, which is determined by abiotic factors such as climate, soil, and altitude, to analyze the potential distribution of *S. brasiliensis* (Soberón, 2007). To account for the species' environmental tolerance, we selected six bioclimatic variables as the main predictors of its occurrence: Annual Mean Temperature (BIO1), Max Temperature of the Warmest Month (BIO5), Min Temperature of the Coldest Month (BIO6), Annual Precipitation (BIO12), Precipitation of the Wettest Month (BIO13), and Precipitation of the Driest Month (BIO14). Bioclimatic variables were obtained from WorldClim v. 2.1 (Fick, Hijmans, 2017) (<http://www.worldclim.org/>). The Representative Concentration Pathways (RCP) were used for modelling future climate predictions for the year 2040, obtained from (<http://www.worldclim.org>, Fick, Hijmans, 2017). The scenarios based on the Shared Socio-economic Pathways (SSPs) and partly informed by the Representative Concentration Pathways (RCPs), combine baseline socio-economic narratives with different carbon emissions trajectories. There are four SSP-RCP scenarios: RCPs: optimistic (2.6), moderate optimistic (4.5), moderate pessimistic (7.0), and pessimistic (8.5). We follow Ruaro *et al.*, (2019), where the definition of the term “optimistic” means a scenario of low accumulation of greenhouse gases in the Earth’s atmosphere in future, and the term “pessimistic” means a scenario of high accumulation of greenhouse gases. For more information on the RCPs scenarios see Lee *et al.* (2021). We used the sixth version of the MIROC climatic model 6 (MIROC6) since it includes considerable improvements over previous models (AORI CCSR-NIES 2019; Tatebe *et al.*, 2019).

We performed a Principal Component Analysis (PCA) to reduce redundancy among environmental variables and generate uncorrelated predictors (Peterson *et al.*, 2011). This approach helps minimize collinearity, ensuring that the variables used in the niche model provide independent contributions to species distribution predictions, thereby improving model interpretability and robustness. Since our data consisted of presence-only records, we applied the pseudo-absence technique to generate absence data within the geographical space. This method involves randomly sampling grid cells across the study area to create background points, which are then used to assess the model’s accuracy (Franklin, Miller, 2010). We used the MaxEnt (maximum entropy) algorithm (Phillips *et al.*, 2006) for its high predictive accuracy in modeling species-environment relationships based on presence-only data (Franklin, Miller, 2010). This method is particularly effective in estimating species

distributions by identifying the most probable environmental conditions where a species can occur while minimizing assumptions about unknown absence data. Additionally, MaxEnt performs well with limited occurrence records and is robust against spatial sampling bias, making it a widely used tool in ecological niche modeling (Phillips *et al.*, 2006; Elith *et al.*, 2011).

Model calibration and model evaluation. We ran the spatial filter algorithm implemented in the R package (spThin) as proposed by Aiello-Lammens *et al.* (2019) using a minimum distance parameter of 10 km to reduce a bias towards sites with a high sampling density. This approach allows for controlling the spatial correlation in the occurrence data and is crucial to reduce the effects of uneven or biased occurrence points for a given species (Aiello-Lammens *et al.*, 2019). For ENMs, we used 75% of the occurrence data (N = 153) to calibrate the model and 25% of the occurrence data (N = 51) to validate it. Additionally, 416 background and presence points were used to determine the Maxent distribution.

To assess the ENMs performance, we used widely applied metrics in species distribution modeling: Area Under the Curve (AUC), Sensitivity (True Positive Rate - TPR), Specificity (True Negative Rate - TNR), which is defined as the relative amount of correctly classified absences, and the true skill statistic (TSS) and Maximum Kappa Threshold (Allouche *et al.*, 2006). AUC was chosen for its robustness in evaluating predictive capacity, with values near 1 indicating high discrimination ability (Phillips *et al.*, 2006). Sensitivity assessed the model's capacity to identify suitable habitats, while specificity ensured non-suitable areas were correctly excluded. Maximum Kappa was used to determine an optimal suitability threshold, measuring agreement between predictions and real data (see Allouche *et al.*, 2006). Maxent jackknife test of variable importance was used to evaluate the relative contribution of each predictor variable to construct the models (Elith *et al.*, 2011).

These metrics were computed for five climate scenarios, including present and future projections under RCP (Representative Concentration Pathways) 2.6, 4.5, 7.0, and 8.5, following IPCC guidelines, enabling comparisons of environmental suitability variations over time. All analyses were conducted using the R software v. 4.2.2 (R Development Core Team 2022;) dismo package (Hijmans *et al.*, 2021).

RESULTS

Occurrence of *Salminus brasiliensis* in the Iguaçu River. A total of 243 individual records (posts) from non-verified accounts documenting the fishing of *S. brasiliensis* in the Iguaçu

River were found, with 154 (63%) of these posts containing information about the specific location, city (in the caption or comments), where the specimen was caught. These records included 85 posts from YouTube®, 53 from Instagram®, and 16 from Facebook®. Two verified commercial Instagram accounts (@eldoradolake and @pousadarecantodoiguaçu) were identified, both of which posted daily about *S. brasiliensis* fishing in the Iguaçu River. Together, they accounted for more than 350 posts. However, posts lacking location information and those intended for promotional purposes were not considered in this study. The year 2024 had the highest number of records (73), followed by 2023 (36), 2021 (33), and 2020 (31). A significant positive correlation was observed between the year and number of records ($r = 0.88$). The linear model explained 77.5% of the variance ($R^2 = 0.77$), while the exponential ($R^2 = 0.83$) and power-law ($R^2 = 0.81$) models showed better fit. The exponential model best captured the recent increase in records, particularly from 2020 to 2024 (Fig. 1).

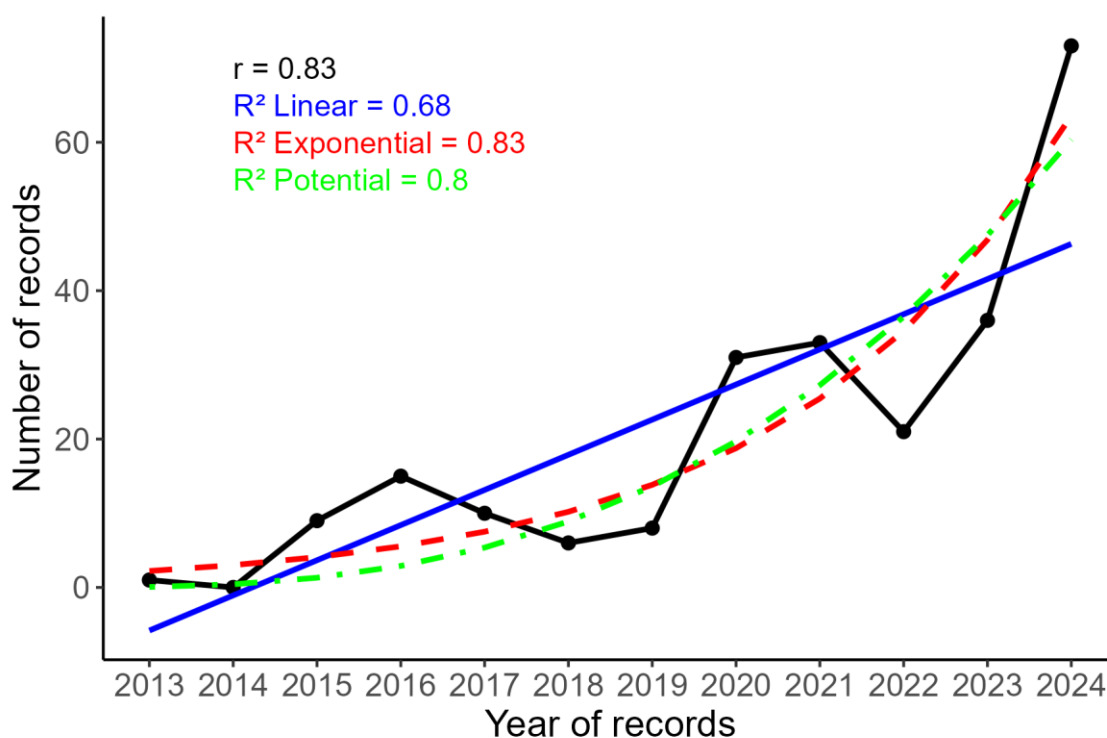


FIGURE 1. Social media recording of dourado fishing in the Iguaçu River (2013 – 2024).

The recorded occurrences were distributed across 15 cities, spanning all three sections of the Iguaçu River (upper, middle, and lower), with 12 cities in the state of Paraná and three in Santa Catarina. The municipality of União da Vitória had the highest number of records (22), followed by Porto Vitória (20), Pinhão (19), Porto Amazonas (17), Mangueirinha (13), Coronel Domingos Soares and Cruz Machado (12), Bituruna and São Mateus do Sul (11),

Canoinhas (8), Lapa (4), Balsa Nova (2), and Porto União, São João do Triunfo, and Irineópolis with one record each.

A progressive increase in the number of cities with recorded occurrences was observed over the years. In 2013, *S. brasiliensis* was recorded in only one city, expanding to four cities by 2015, six in 2016, and nine in 2017. From 2018 to 2021, the number of cities remained stable at 11, increased to 12 in 2022, and reached 15 cities by 2023 and 2024. Notably, of the 17 records found for Porto Amazonas, 16 were from 2024 and one from 2023. Similarly, Lapa and São João do Triunfo only had posts after 2023, indicating a recent presence of the species in the upper Iguaçu region. In Fig. 2, cool colors represent older records, while warm colors indicate more recent ones, revealing an upstream pattern in the river.

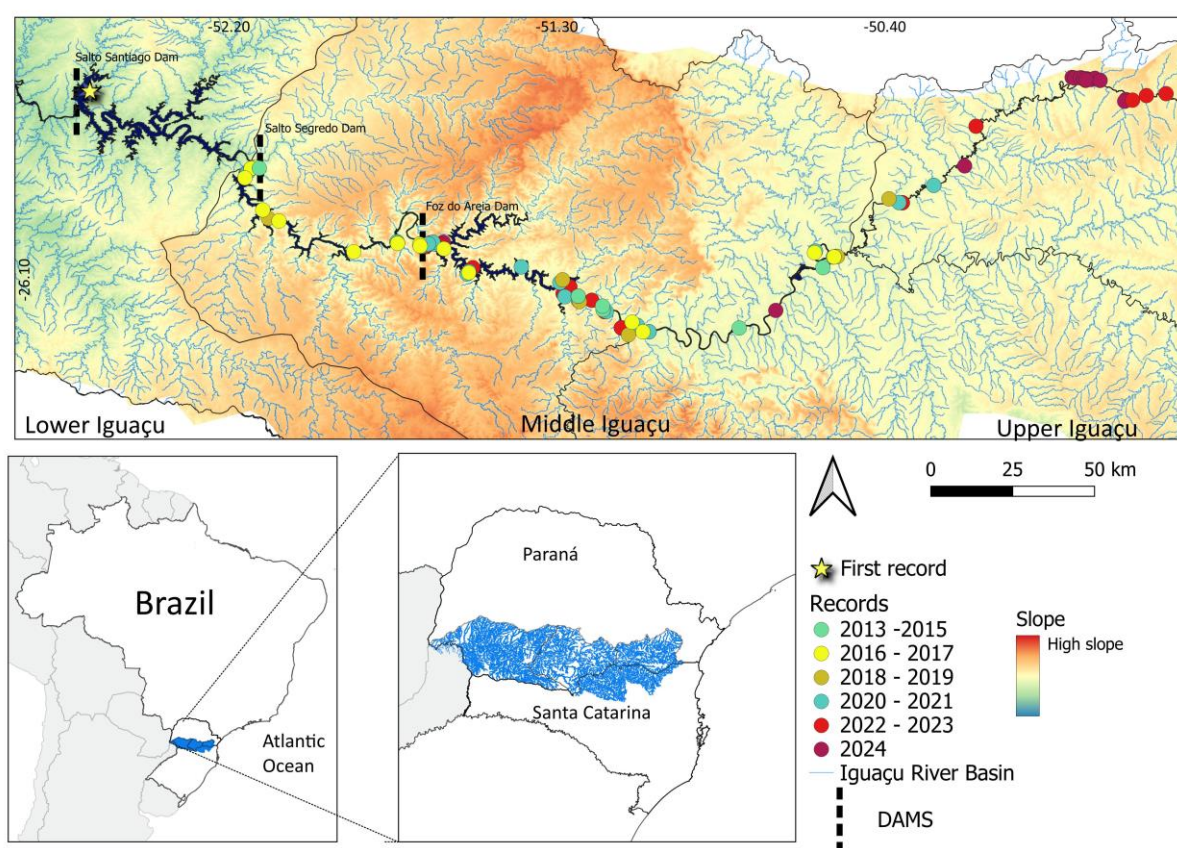


FIGURE 2. Map of occurrence of *Salminus brasiliensis* in the Iguaçu River between the years 2013 and 2024 using citizen science data.

Additionally, numerous records were found in tributaries within the middle section of the Iguaçu River basin, including the Jangada River (PR), Palmital River (PR), Timbó River (SC), and Negro River (SC) (IVG, pers. obs.), not present on the map.

Aquatic Species Invasiveness Screening Kit (AS-ISK) Score. The results obtained from the AS-ISK for *S. brasiliensis* in the Iguçu River basin were significant. The Basic Risk Assessment (BRA) score was 38 points, while the BRA+CCA score (Basic Screening+Climate Change Assessment) reached 48 points. The reliability levels obtained in the protocol were: BRA = 0.77, CCA = 0.50, and BRA+CCA = 0.74. These scores indicate a high risk of invasiveness for *S. brasiliensis* in the Iguçu River basin, with high reliability, according to the calibration performed for the risk assessment (RA) (Fig. 3; Tab. S3).

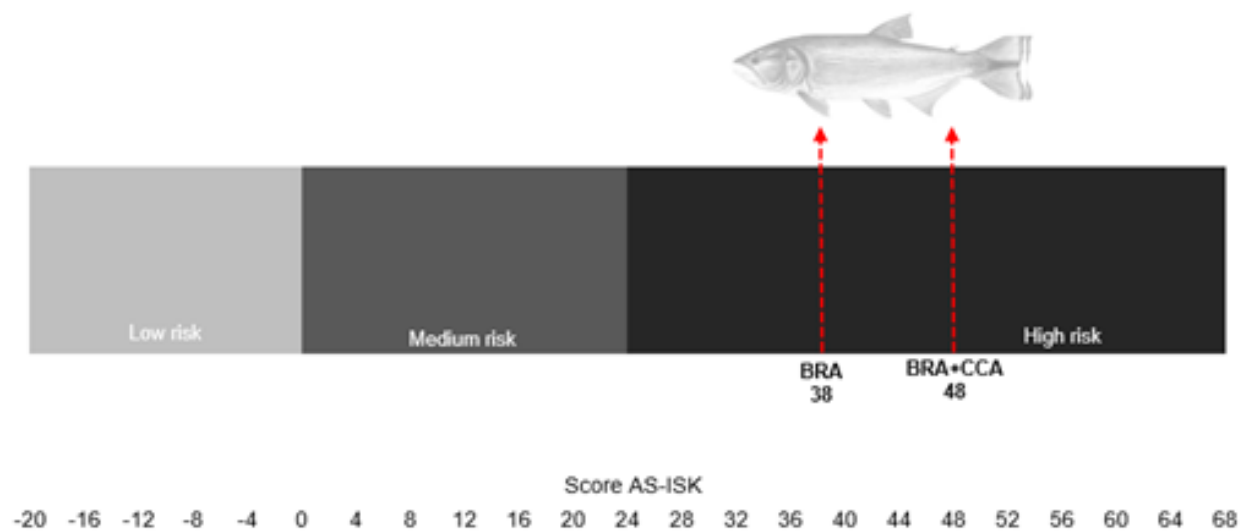


FIGURE 3. Invasibility score of the Iguçu basin for *Salminus brasiliensis* based on the Aquatic Species Invasiveness Screening Kit (AS-ISK) protocol.

Niche modeling future. Our results suggest that MaxEnt provided robust predictive performance across all scenarios. The AUC values ranged from 0.807 to 0.898, with the highest value observed under the RCP 2.6 scenario (AUC = 0.898), indicating a strong predictive performance. The present-day model achieved an AUC of 0.839, demonstrating reliable accuracy in current climatic conditions. Predictions generated for the present time showed extensive climatically suitable areas for the occurrence of *S. brasiliensis* in the La Plata River basin and part of the Brazilian territory, resulting in a broad potential distribution of the species, concentrated in the Central-West, Southeastern, and Southern regions of Brazil, as well as in a major part of the La Plata River basin (Tab. 1).

TABLE 1. Performance of the MaxEnt Model for *Salminus brasiliensis* in the La Plata River basin (native) and the of Brazil (invasive): range size (total number of occupied cells and km²), area under the curve (AUC), sensitivity (True Positive Rate - TPR), and specificity (True Negative Rate - TNR) under different scenarios.

Scenario	Occupied cells	Area km ²	AUC	Thereshold Kappa (max)	Sensitivity	Specificity
Present day	771646	214.3461	0.839	0.6479	0.8788	0.7714
RCP 2.6	646109	179.4747	0.898	0.7222	0.8823	0.8421
RCP 4.5	911464	253.1844	0.807	0.591	0.924	0.671
RCP 7.0	662649	184.0692	0.828	0.7222	0.8823	0.8421
RCP 8.5	780999	216.9442	0.822	0.6337	0.8939	0.7428

Future climate scenarios indicate variations in species suitability, but without drastic changes. We observed an expansion of the species' potential range in two distinct scenarios compared to the present (Tab. 2). The RCP 4.5 scenario shows the greatest increase in the area occupied by the species. In contrast, the RCP 2.6 and RCP 7.0 scenarios indicate a reduction in distribution, possibly due to negative environmental impacts. Despite extreme warming, the RCP 8.5 scenario does not lead to a significant decrease in the occupied area. Southern regions, such as the Iguaçu basin and river basins in the state of Santa Catarina, maintain high suitability across all scenarios, aligning with areas where the species is invasive. In contrast, northern areas of the southern region, particularly those near São Paulo and Mato Grosso do Sul states, show lower suitability depending on the climate scenario, corresponding to regions where the species is native (Figs. 4, S4).

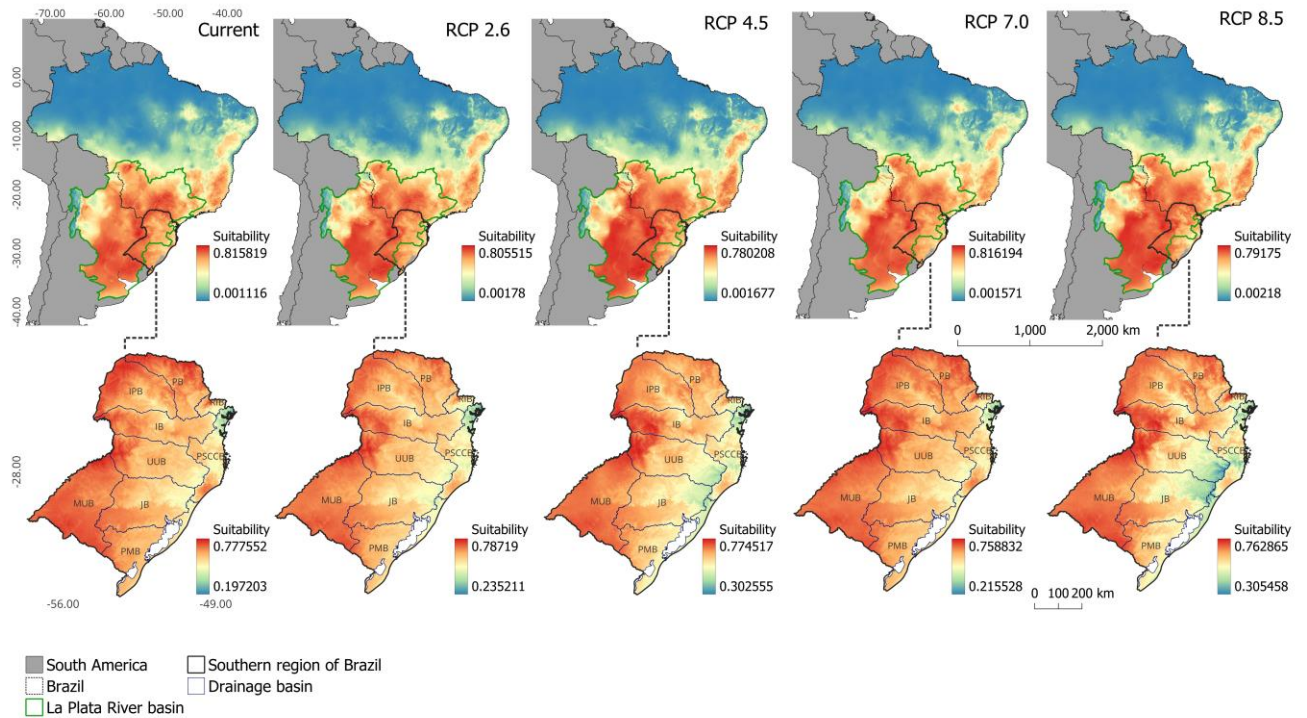


FIGURE 4. Suitability map for *Salminus brasiliensis* for future times at different levels of global warming. Current (occurrence native and invasive=scientific+citizen science). Scenario RCP 2.6; RCP 4.5; RCP 7.0 and RCP 8.5. Mesobasins: Ivaí/Piquiri basin (IPB); Ribeira de Iguape basin (RIB); Paranapanema basin (PB); Iguaçu basin (IB) Paraná and Santa Catarina coastal basin (PSCCB); upper Uruguay basin (UUB); middle Uruguay basin (MUB); Jacuí basin (JB); Patos/Mirim basin (PMB).

Jackknife analysis indicated that the Min Temperature of the Coldest Month (BIO 6) was the most influential variable in shaping the distribution of *S. brasiliensis* across all scenarios, reaching its highest contribution (73%) under RCP 4.5. This underscores the strong dependence of habitat suitability on extreme cold conditions. In the present-day model, Annual Precipitation (BIO 12) was the primary contributing factor (66.9%), but its influence declines considerably in future projections. Meanwhile, Precipitation of the Driest Month (BIO 14) remained consistently relevant, with contributions ranging from 11.1% to 17.9% across different climate scenarios (Tab. 2). These changes indicate that the future distribution of *S. brasiliensis* may be strongly influenced by minimum temperatures and seasonal variations in precipitation.

TABLE 2. Estimates of average contribution (% Ct) and permutation importance of the environmental variables (P.I) used in the MaxEnt modeling algorithm for *Salminus brasiliensis*: present day and projections for 2040 under each Carbon emission scenario.

Variable	Present day		RCP 2.6 2040		RCP 4.5 2040		RCP 7.0 2040		RCP 8.5 2040	
	%Ct	P.I	%Ct	P.I	%Ct	P.I	%Ct	P.I	%Ct	P.I
Annual Precipitation (BIO 12)	66.9	26	0.4	7.3	0.5	8	0.6	7	0.3	5.9
Precipitation of Driest Month (BIO 14)	16.7	12	12.2	15.7	11.9	17.9	11.1	14.9	12	17
Annual Mean Temperature (BIO 1)	7	35.9	1.2	10.1	0.5	7.4	1.1	10.2	0.9	8.6
Max Temperature of Warmest Month (BIO 5)	4.7	3	3.3	3.3	4.7	1.9	3.2	2.3	4.1	2.3
Min Temperature of Coldest Month (BIO 6)	2.4	21.7	70.4	63.5	73	64.2	67.9	63.5	72.1	65.7
Precipitation of Wettest Month (BIO 13)	2.3	1.3	12.5	0.2	9.4	0.6	16	2.1	10.7	0.5

DISCUSSION

The various combined methodologies applied in this study prove to be relevant for the management, conservation, dispersal, and progression of non-native species. For the Iguaçu basin, this approach has been effective in creating a potential map of the current and future distribution of *Salminus brasiliensis*, providing insights into the consequences of invasion for local biodiversity, as well as emergency control measures for this invasive species.

Citizen science and the occurrence of *S. brasiliensis*. Citizen science can track the spread of invasive species, allowing for earlier and more effective eradication, containment, and mitigation measures (Gallo, Waitt, 2011; Pocock *et al.*, 2018; Eritja *et al.*, 2019; Lipták *et al.*, 2024). Citizen science databases rely on community observations and species records, sometimes lacking images. A significant increase in the number of posts about dourado fishing in the Iguaçu River has been observed in recent years, which can be attributed to several factors. One hypothesis is the widespread availability of smartphones, cameras, and similar devices, combined with the increasing use of digital platforms, which facilitate the documentation and sharing of observations. It is also possible to consider a continuous or even increasing propagule pressure exerted by sport fishing enthusiasts and pseudo-conservationists of the local ichthyofauna, particularly in areas with high human population density and tourism-related enterprises. This growing number of sport fishing practitioners in the region appears to be driven by social media influencers and promotional efforts from fishing lodges and tourism ventures. Additionally, the higher number of posts may reflect a

genuine increase in the abundance of *Salminus brasiliensis* (dourado) in the Iguaçu River, which would facilitate the capture of individuals and suggest that the species population is continuously expanding and invading new areas. This phenomenon has increasingly attracted sport anglers from outside the region, enhancing its status as a tourist destination. Such a trend is concerning, as these individuals represent the main vectors and propagule sources for species dissemination (Vitule *et al.*, 2014).

However, in citizen science, the number of observations may reflect the level of interest in a species rather than its actual abundance, and the locations of observations may represent the distribution of observers rather than the species itself (Snäll *et al.*, 2011; Giraud *et al.*, 2016). Therefore, the present study aims to demonstrate new records in previously unreported cities and a possible range expansion of the species rather than its abundance. Nonetheless, we support the hypothesis of *S. brasiliensis* expansion in the Iguaçu basin, highlighting the need for future studies on species abundance in the region.

When analyzing the number of cities where the species is present, a significant increase is observed over the years. The most recent record of *S. brasiliensis* from citizen science, reported by Geller *et al.* (2021), extended the known range by 410 km from the first occurrence. Our study updates this expansion by an additional 170 km to the city of Porto Amazonas, indicating the species' upstream advancement in the Iguaçu River. This was an expected pattern, since the species exhibits migratory behavior, with individuals capable of traveling long distances exceeding 1,000 km (Sverlij, Espinach-Ros, 1986; Agostinho *et al.*, 2003). The cities with the highest posting rates over the past three years are located near Curitiba, the capital of the state of Paraná, which has a population of approximately 1.7 million inhabitants. The combination of easy access to a sport fishing target species and high human population density may have contributed to the increase in reports from local anglers. Additionally, it is important to highlight that large urban centers often act as significant sources of propagule pressure, particularly for symbolic species. In this context, the observed invasion appears to be strongly associated with human activities, especially the recent intensification of sport fishing.

Invasiveness of *S. brasiliensis*. The Aquatic Species Invasiveness Screening Kit (ASISK) is a reliable tool for assessing the invasiveness of non-native fish species. It has been applied to over 120 risk areas worldwide, evaluating 819 non-native species across 15 groups of aquatic organisms, and has proven to be an effective method (Vilizzi *et al.*, 2021). In recent years, its use has increased significantly (see Haubrock *et al.*, 2021; Bakiu *et al.*, 2022; Ge *et*

al., 2024; Lomeu *et al.*, 2024). Based on the AS-ISK assessment protocol and recent occurrence records, *S. brasiliensis* exhibits a high invasiveness score in the Iguaçu region, posing imminent risks. This highlights the urgent need for control measures, as one of our hypotheses is that the species may have already established a viable population throughout the Iguaçu River basin and is likely expanding into its major tributaries. These tributaries offer suitable environmental conditions for the species, such as the absence of dams, the presence of rapids, and well-oxygenated waters. Finally, further reproductive studies on *S. brasiliensis* in the region are necessary to better understand the extent and dynamics of its establishment. The Iguaçu River basin is characterized by high endemism due to its unique biogeographical features. The fish species in this region evolved in isolation from the rest of the Paraná system for millions of years following the formation of the Iguaçu Falls during the Cretaceous period (145–65 Ma), which created a natural barrier separating the ichthyofauna upstream from those downstream (Parolin *et al.*, 2010). This geological history is one of the main reasons *S. brasiliensis* is not native to the region, as natural dispersal upstream of Iguaçu Falls was impossible. The Iguaçu basin hosts 93 native species, with 13 still unclassified (Mezzaroba *et al.*, 2020). Among the 80 documented native taxa, 60 are small-sized species (< 20 cm), 16 are classified as medium-sized (20–40 cm), and only four exceed 40 cm in length (size classification based on Vazzoler, 1996), (see Tab. S5).

According to the IUCN (2025) - Red Data Book of Brazilian Fauna under Threat of Extinction, there are 17 species from the basin at some degree of risk: two species Critically Endangered (CR) - *Astyanax eremus* (Ingenito & Duboc, 2014) and *Acrolebias carvalhoi* (Myers, 1947); nine species Endangered (EN) - *Glandulocauda caerulea* Menezes & Weitzman, 2009, *Psilidodon gymnogenys* (Eigenmann, 1911), *Steindachneridion melanoderdatum* Garavello, 2005, *Cambeva crassicaudata* (Wosiacki & de Pinna, 2008), *Cambeva davisii* (Haseman, 1911), *Cambeva igobi* (Wosiacki & de Pinna, 2008), *Cambeva mboycy* (Wosiacki & Garavello, 2004), *Cambevapapillifera* (Wosiacki & Garavello, 2004), *Jenynsia diphyes* Lucinda, Ghedotti & da Graça, 2006, and *Cnesterodon omorgmatos* Lucinda & Garavello, 2001; two as Vulnerable (VU) - *Astyanax jordanensis* Alcaraz, Pavanelli & Bertaco, 2009 and *Cnesterodon carnegiei* Haseman, 1911; two with insufficient data - *Garcialebias araucarianus* (Costa, 2014) and *Australoheros kaaygua* Casciotta, Almirón & Gómez, 2006; and two species considered critically endangered or possibly extinct - *Hasemania maxillaris* Ellis, 1911 and *Hyphessobrycon taurocephalus* Ellis, 1911. Only one of these species (*S. melanoderdatum*) is large, meaning that 16 small species are threatened with extinction in the Iguaçu basin (Tab. S5). The assessment of these results is of utmost

importance due to the imminent and rapid risk of mass extinction of small-sized species, since the feeding habits of *S. brasiliensis* predominantly target this type of prey. This species is a top predator in the food chain, preying on fish, insects, crustaceans, small reptiles, and birds in South American aquatic ecosystems (Almeida *et al.*, 1997; Gubiani *et al.*, 2010; Karling *et al.*, 2013). In the upper Paraná region, *S. brasiliensis* has exhibited high consumption of species such as *Steindachnerina insculpta* (Fernández-Yépez, 1948), *Roeboides descavadensis* Fowler, 1932, *Astyanax lacustris* (Lütken, 1875), and *Piabarchus stramineus* (Eigenmann, 1908) (Garcia *et al.*, 2025). A controlled experiment conducted by Santos (2008) on *S. brasiliensis* revealed a pattern of prey selectivity favoring smaller prey, with a particularly high consumption of *Astyanax altiparanae* Garutti & Britski, 2000 (current synonymous with *A. lacustris*), especially following a reduction in prey density.

Additionally, it is important to consider that the fish species of the Iguazu River basin have evolved in isolation from any actively hunting predators. The natives apex predator in this region, *Hoplias* aff. *malabaricus* (Bloch, 1794), *H. intermedius* (Günther, 1864) and *H. misionera* Rosso, Mabragaña, González-Castro, Delpiani, Avigliano, Schenone & Díaz de Astarloa, 2016, exhibits an ambush predation strategy, which is fundamentally different from the pursuit hunting behavior of *S. brasiliensis*. As a result, species in the Iguazu Basin may exhibit prey naivety (Kovalenko *et al.*, 2010; Martin *et al.*, 2014), displaying weak or even nonexistent antipredator responses (Freeman, Byers, 2006; Smith *et al.*, 2008).

Model the current and future distribution of *S. brasiliensis*. Climate change will drastically alter the hydrological and thermal characteristics of habitats, as well as the seasonal flow regime, compromising the thermal tolerance of fish (Van Vliet *et al.*, 2013). All climate scenarios indicate variations in the environmental suitability for *S. brasiliensis*, with the state of Paraná, ecorregion Iguassu (Abell *et al.*, 2008) presenting favorable conditions for its persistence and potential expansion. The results suggest that the future distribution of *S. brasiliensis* will be strongly influenced by minimum temperatures and variation in seasonal precipitation. With rising minimum temperatures, by 2040 *S. brasiliensis* may find it even easier to survive winter, increasing its invasiveness in southern Brazil. While the species is losing viability in its native range, it is concurrently expanding into non-native areas, such as the Iguazu basin.

Moreover, larger-bodied, higher-trophic-level, and migratory fish species tend to increase in abundance at the polar edge while declining at the equatorial edge of their distribution (Brown *et al.*, 2024). This pattern is also observed in the present study for *S.*

brasiliensis, with its potential niche shifting from central Brazil (equatorial region) toward the southernmost regions of the country. The findings of Ruaro *et al.* (2019) indicate that *S. brasiliensis* may experience negative alterations in its natural distribution due to climate change, particularly under the most pessimistic scenarios, with climatically suitable areas restricted to the central Paraguay River. This suggests that *S. brasiliensis* populations are likely to decline across extensive regions of Brazil. However, it is essential to project the species' potential distribution in non-native environments where it may become invasive. The present study addresses this gap and identifies a vast area of environmental suitability for *S. brasiliensis* in regions where it is not native, such as the ecoregion Iguassu, Southeastern Mata Atlântica and ecoregion Tramandai-Mampituba.

Using data from our projections for 2040, which incorporate georeferencing in non-native areas, we observed that under all climate change scenarios, particularly the most extreme, there are potential refugia for the species within its natural range, such as the Uruguay River basin (Fig. 4). However, this region has been increasingly impacted by anthropogenic factors, especially river course modifications, contributing to the dourado threatened status (Ribolli *et al.*, 2017). Notably, our projections did not indicate a significant reduction in the overall area of occurrence across Brazil, including both native and non-native regions. In fact, when modeling for invasive areas, we found that the species is expanding into new regions and has a high potential for establishment, particularly in southern Brazil. These analyses are crucial for the early monitoring of affected areas and the management of non-native species.

The species *S. brasiliensis* has been used as a flagship species in conservation strategies, not only for its own preservation but also for the protection of less charismatic species, through an umbrella strategy (Ruaro *et al.*, 2019; Bailly *et al.*, 2021; Casimiro *et al.*, 2022). In its native range, within the floodplain of the upper Paraná River, the abundance of *S. brasiliensis* has generally declined over the past 26 years (Dias *et al.*, 2022). Additionally, genetic diversity loss in the Uruguay River threatens the viability of populations isolated by dams (Ribolli *et al.*, 2021). These findings suggest that the species faces a high risk in several areas of its native distribution, with conservation measures proving ineffective. However, recent studies indicate that *S. brasiliensis* has been recorded in new locations across Brazil as an invasive species. Aguiar-Santos, Meneses (2025) reported its presence in the Preguiça River in the state of Maranhão (Northeast Brazil). Could this emblematic species in its native range become one of Brazil's main predatory invaders in the near future? Broader studies that consider the roles of climate change and anthropogenic activities in *S. brasiliensis* invasions

across Brazil are still needed. However, our findings in the South highlight the urgent need for species monitoring at the national level. Assessing the consequences of climate change on biodiversity is complex due to uncertainties related to the methods used to obtain responses (Diniz-Filho *et al.*, 2009). Despite predictive uncertainties, ecological niche modeling is essential for conservation, enabling the anticipation of the impacts of climate change on species distributions (Ruaro *et al.*, 2019).

However, biological invasions exhibit several uncertainties and deviate from natural patterns, as seen in the success of a migratory invader in the Iguassu ecoregion. There is an ongoing decline in freshwater fish populations due to climate change (Markovic *et al.*, 2017; Ruaro *et al.*, 2019), with migratory species expected to reduce their range by up to 65% (Bailly *et al.*, 2021). In 2025, the Cherobim Small Hydropower Plant (PCH Cherobim) began operating in Porto Amazonas, with a reservoir covering 1.47 km², including 0.4 km² of river channel and 1.04 km² of newly flooded area (CPFL Energia, 2025). Continuous monitoring of the ichthyofauna is necessary to assess the impacts of this dam on both native and invasive fish species. The migratory behavior of dourado is generally considered a limiting factor for its success, given the habitat challenges at different life history stages and the high mortality rates during migration. However, there are reports of successful invasions by other migratory fish species in South America (Agostinho *et al.*, 2007; Vitule *et al.*, 2012), and the establishment of *S. brasiliensis* in the Paraíba do Sul and Doce river basins reinforces our concerns, already “prophetically” stated by Ruschi (1965), that the species’ migratory behavior is unlikely to prevent its establishment in other watersheds. Therefore, migratory behavior in aquatic animals alone does not seem to constitute a real barrier to invasion. In particular, once physical barriers are overcome, migratory fish may potentially spread even further than non-migratory species, further suggesting an adaptation to new environments with shorter or absent migrations, which should be evaluated in future studies.

In conclusion, citizen science is an accessible and agile method for collecting large-scale data, facilitating the recording and monitoring of species, in addition to engaging society in conservation and strengthening the protection of biodiversity. We have observed a significant increase in posts of the species *Salminus brasiliensis* in the Iguaçu basin, moving upstream of the Iguaçu River (> 500 km since the first record), occupying all regions of the basin. The specie high invasiveness (38 points out of 68 possible), with a high confidence rate. The results of the niche modeling of *S. brasiliensis* demonstrate that climate change may reduce its natural range in central-western Brazil and increase its distribution in invasive areas (Southern Brazil). Although the species is considered an iconic species in South America, for

the ecoregion Iguassu it represents a current and future risk to local endemic ichthyofauna, since the main objective of conservation biology is to ensure the long-term maintenance of the greatest number of species. Among the recommended strategies for managing and potentially eradicating the species in the region, a key initial measure is the prohibition of catch-and-release practices for *S. brasiliensis* (dorado) within the Iguaçu River. This should be accompanied by public campaigns promoting the active fishing and removal of the species, as well as outreach initiatives aimed at raising awareness about its negative impacts on smaller endemic species, many of which are threatened with extinction in the Iguaçu basin. Such efforts are essential for fostering an understanding among the general public of the broader implications of invasive species and for highlighting the urgent need to conserve neotropical aquatic biodiversity.

ACKNOWLEDGMENTS

We would like to thank Dr. James Nienow for his contribution in reviewing the English language and providing guidance on the manuscript. We would like to thank the coordination of Centro Universitário Ugv for the time made available for data analysis.

REFERENCES

- Abell R, Thieme ML, Revenga C, Bryer M, Kottelat M, Bogutskaya N *et al.*** Freshwater ecoregions of the world: a new map of biogeographic units for freshwater biodiversity conservation. *BioScience*. 2008; 58(5):403–14. <https://doi.org/10.1641/B580507>
- Agostinho AA, Gomes FM, Pelicice FM.** Ecologia e manejo de recursos pesqueiros em reservatórios do Brasil. Maringá: EDUEM; 2007.
- Agostinho AA, Gomes LC, Suzuki HI, Júlio Junior HF.** Migratory fishes of the upper Paraná River basin, Brazil. In: Carolsfeld J, Harvey B, Ross C, Baer A, editors. *Migratory fishes of South America: biology, fisheries and conservation status*. Ottawa: World Fisheries Trust; 2003. p.19–98.
- Aguiar-Santos J, Meneses MB.** Non-native golden dorado, *Salminus brasiliensis* (Characiformes: Bryconidae): a threat to biodiversity in the Preguiças River, Northeastern Brazil. *Zoologia*. 2025; 42:e24030. <https://doi.org/10.1590/S1984-4689.v42.e24030>
- Aiello-Lammens ME, Boria RA, Radosavljevic A, Vilela B, Anderson RP, Bjornson R *et al.*** Package ‘spThin’. 2019. Available from: <https://cran.r-project.org/web/packages/spThin/index.html>
- Albert JS, Tagliacollo VA, Dagosta F.** Diversification of Neotropical freshwater fishes.

- Annu Rev Ecol Evol Syst. 2020; 51:27–53. <https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-011620-031032>
- Allouche O, Tsoar A, Kadmon R.** Assessing the accuracy of species distribution models: prevalence, kappa and the true skill statistic (TSS). *J Appl Ecol.* 2006; 43(6):1223–32. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2006.01214.x>
- Almeida VLL, Hahn NS, Vazzoler AEAM.** Feeding patterns in five predatory fishes of the high Paraná River floodplain (PR, Brazil). *Ecol Freshw Fish.* 1997; 6(3):122–33. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0633.1997.tb00154.x>
- Alves CBM, Vieira F, Magalhães ALB, Brito MFG.** Impacts of Non-Native Fish Species in Minas Gerais, Brazil: Present Situation and Prospects. In: Bert TM, editor. *Ecological and genetic implications of aquaculture activities*; 2007. p.291–314.
- Bailly D, Batista-Silva VF, Silva Cassemiro FA, Lemes P, Graça WJ, Oliveira AG *et al.*** The conservation of migratory fishes in the second largest river basin of South America depends on the creation of new protected areas. *Aquat Conserv.* 2021; 31(9):2515–32. <https://doi.org/10.1002/aqc.3594>
- Bakiu R, Hala E, Kamberi E, Kolutari J, Buda E, Sadiku E *et al.*** Invasiveness assessment of European perch (*Perca fluviatilis*), pike-perch (*Sander lucioperca*) and northern pike (*Esox lucius*) in Albanian freshwater ecosystems by using the aquatic species invasiveness screening kit (AS-ISK). *Stud Mar.* 2022; 35(2):12–18. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7414001>
- Baumgartner G, Pavanelli CS, Baumgartner D, Bifi AG, Debona T, Frana VA.** Peixes do baixo rio Iguaçu. Maringá: EDUEM; 2012.
- Bernery C, Bellard C, Courchamp F, Brosse S, Gozlan RE, Jarić I *et al.*** Freshwater fish invasions: a comprehensive review. *Annu Rev Ecol Evol Syst.* 2022; 53(1):427–56. <https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-032522-015551>
- Brown TM, O'Connor J, Genner MJ.** Climate warming drives population trajectories of freshwater fish. *Proc Natl Acad Sci.* 2024; 121(51):e2410355121. <https://doi.org/10.1073/pnas.2410355121>
- Camargo MP, Cunico AM, Gomes LC.** Biological invasions in Neotropical regions: continental ichthyofauna and risk assessment protocols. *Environ Manage.* 2022; 70(2):307–18. <https://doi.org/10.1007/s00267-022-01671-2>
- Casimiro A, Vizintim-Marques AC, Claro-Garcia A, Garcia DAZ, Almeida FS, Orsi ML.** Hatchery fish stocking: case study, current Brazilian state, and suggestions for

improvement. *Aquacult Int.* 2022; 30(5):2213–30. <https://doi.org/10.1007/s10499-022-00898-4>

Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL Energia). PCH Cherobim [Internet]. 2021 [cited 2025 Jan 28]. Available from: <https://www.grupocpfl.com.br/meio-ambiente/pch-cherobim>

Copp GH, Russell IC, Peeler EJ, Gherardi F, Tricarico E, Macleod A *et al.* European non-native species in aquaculture risk analysis scheme – a summary of assessment protocols and decision support tools for use of alien species in aquaculture. *Fish Manag Ecol.* 2016; 23:1–11. <https://doi.org/10.1111/fme.12074>

Copp GH, Vilizzi L, Wei H, Li S, Piria M, Al-Faisal AJ *et al.* Speaking their language – development of a multilingual decision-support tool for communicating invasive species risks to decision makers and stakeholders. *Environ Model Softw.* 2021; 135:104900. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2020.104900>

Daga VS, Debona T, Abilhoa V, Gubiani EA, Vitule JRS. Non-native fish invasions of a Neotropical ecoregion with high endemism: a review of the Iguaçu River. *Aquat Invasions.* 2016; 11(2):209–23. <http://dx.doi.org/10.3391/ai.2016.11.2.10>

Dagosta FCP, Monção MS, Nagamatsu BA, Pavanelli CS, Carvalho FR, Lima FCT *et al.* Fishes of the upper rio Paraná basin: diversity, biogeography and conservation. *Neotrop Ichthyol.* 2024; 22(1):e230066. <https://doi.org/10.1590/1982-0224-2023-0066>

Dechoum MS, Junqueira AOR, Orsi ML. BPBES - Relatório temático sobre espécies exóticas invasoras, biodiversidade e serviços ecossistêmicos. 1st ed. São Carlos: Editora Cubo [Internet]; 2024. Available from: <https://doi.org/10.4322/978-65-00-87228-6>

Dias RM, Peláez O, Lopes TM, Oliveira AG, Angulo-Valencia MA, Agostinho AA. Importance of protection strategies in the conservation of the flagship species “dourado” *Salminus brasiliensis* (Characiformes: Bryconidae). *Neotrop Ichthyol.* 2022; 20(4):e220046. <https://doi.org/10.1590/1982-0224-2022-0046>

Diniz-Filho JAF, Bini LM, Rangel TF, Loyola RD, Hof C, Nogués-Bravo D, Araujo MB. Partitioning and mapping uncertainties in ensembles of forecasts of species turnover under climate change. *Ecography.* 2009; 32(6):897–906. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2009.06196.x>

Dodd JA, Vilizzi L, Bean CW, Davison PI, Copp GH. At what spatial scale should risk screenings of translocated freshwater fishes be undertaken – River basin district or climo-geographic designation? *Biol Conserv.* 2019; 230:122–30. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.12.002>

- Early R, Bradley BA, Dukes JS, Lawler JJ, Olden JD, Blumenthal DM *et al.*** Global threats from invasive alien species in the twenty-first century and national response capacities. *Nat Commun.* 2016; 7:12485. <https://doi.org/10.1038/ncomms12485>
- Elith J, Phillips SJ, Hastie T, Dudík M, Chee YE, Yates CJ.** A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. *Divers Distrib.* 2011; 17(1):43–57. <https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2010.00725.x>
- Eritja R, Ruiz-Arrondo I, Delacour-Estrella S, Schaffner F, Álvarez-Chachero J, Bengoa M *et al.*** First detection of *Aedes japonicus* in Spain: an unexpected finding triggered by citizen science. *Parasit Vectors.* 2019; 12(1):53. <https://doi.org/10.1186/s13071-019-3317-y>
- Fick SE, Hijmans RJ.** WorldClim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *Int J Climatol.* 2017; 37(12):4302–15. <https://doi.org/10.1002/joc.5086>
- Franco ACS, Pelicice FM, Petry AC, Carvalho FR, Vitule JRS, Nogueira MAMP *et al.*** Nota Técnica - Ameaças impostas pelo Projeto de Lei 614/2018, ao proteger populações de peixes invasores (tucunarés *Cichla* spp.) no Estado de São Paulo. São Carlos: Sociedade Brasileira de Ictiologia [Internet]; 2022. Available from: <https://www.sbi.bio.br/wp-content/uploads/2024/11/SBI-nota-tecnica-contr-PL-614-218-tucunares.pdf>
- Franklin J, Miller JA.** Mapping species distributions: spatial inference and prediction. *Oryx.* 2010; 44(4):615. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511810602>
- Freeman AS, Byers JE.** Divergent induced responses to an invasive predator in marine mussel populations. *Science.* 2006; 313(5788):831–33. <https://doi.org/10.1126/science.1125485>
- Frota A, Abilhoa V, Freitas MO, Meyer RL, Gonçalves ER, Azevedo FM *et al.*** Here comes the large catfish “jaú” *Zungaro jahu* (Ihering, 1898) (Teleostei, Pimelodidae): a new alarming case of fish introduction in a high-endemism Neotropical ecoregion. *Acta Limnol Bras.* 2022; 34:e25. <https://doi.org/10.1590/S2179-975X4322>
- Gallo T, Waite D.** Creating a successful citizen science model to detect and report invasive species. *Bioscience.* 2011; 61(6):459–65. <https://doi.org/10.1525/bio.2011.61.6.8>
- Garcia DAZ, Occhi TVT, Agostinho AA, Alves GHZ, Brito MFG, Casimiro ACR *et al.*** More of the same: new policies continue fostering the use of non-native fish in Brazil. *Environ Conserv.* 2022; 49(1):4–07. <https://doi.org/10.1017/S0376892922000029>
- Garcia TD, Strictar L, Fugli R, Vidotto-Magnoni AP.** Does size matter? Exploring the influence of body size on predator–prey relationships, hunting mode and prey

- characteristics in Neotropical fishes. *Ecol Freshw Fish*. 2025; 34(1):e12803.
<https://doi.org/10.1111/eff.12803>
- Ge Y, Gu X, Zeng Q, Mao Z, Chen H, Yang H.** Risk screening of non-native freshwater fishes in Yunnan Province, China. *Manag Biol Invasion*. 2024; 15(1):73–90.
<https://doi.org/10.3391/mbi.2024.15.1.05>
- Geller IV, Garcia DAZ, Casimiro ACR, Pereira AD, Jarduli LR, Vitule JRS *et al.*** Good intentions, but bad effects: environmental laws protect non-native ichthyofauna in Brazil. *Fish Manag Ecol*. 2020; 28:14–17. <https://doi.org/10.1111/fme.12446>
- Geller IV, Garcia DAZ, Pereira AD, Casimiro ACR, Cochak C, Vitule JRS *et al.*** New conservation opportunities: using citizen science in monitoring non-native species in Neotropical region. *J Appl Ichthyol*. 2021; 37(5):779–85. <https://doi.org/10.1111/jai.14231>
- Giraud C, Calenge C, Coron C, Julliard R.** Capitalizing on opportunistic data for monitoring relative abundances of species. *Biometrics*. 2016; 72(2):649–58.
<https://doi.org/10.1111/biom.12431>
- Graça WJ, Pavanelli CS.** Peixes da planície de inundação do alto rio Paraná e áreas adjacentes. Maringá: EDUEM; 2007.
- Gubiani EA, Frana VA, Maciel AL, Baumgartner D.** Occurrence of the non-native fish *Salminus brasiliensis* (Cuvier, 1816), in a global biodiversity ecoregion, Iguaçu River, Paraná River basin, Brazil. *Aquat Invasions*. 2010; 5(2):223–27.
<https://doi.org/10.3391/ai.2010.5.2.17>
- Haubrock PJ, Copp GH, Johović I, Balzani P, Inghilesi AF, Nocita A *et al.*** North American channel catfish, *Ictalurus punctatus*: a neglected but potentially invasive freshwater fish species? *Biol Invasions*. 2021; 23(5):1566–76.
<https://doi.org/10.1007/s10530-021-02459-x>
- Hayes KR, Cannon R, Neil K, Inglis G.** Sensitivity and cost considerations for the detection and eradication of marine pests in ports. *Mar Pollut Bull*. 2005; 50(8):823–34.
<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2005.02.032>
- Hijmans RJ, Phillips S, Leathwick J, Elith J.** Dismo: species distribution modeling. R package version 1.3-3. 2021. Available from: <https://cran.r-project.org/web/packages/dismo/index.html>
- Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio).** Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção: Volume VI – Peixes. Brasília: ICMBio/MMA; 2018.
- International Union for Conservation of Nature (IUCN).** The IUCN red list of threatened

- species. Version 2025-1. 2025. Available from: <https://www.iucnredlist.org>
- Isbell F, Balvanera P, Mori AS, He JS, Bullock JM, Regmi GR *et al.*** Expert perspectives on global biodiversity loss and its drivers and impacts on people. *Front Ecol Environ.* 2023; 21(2):94–103. <https://doi.org/10.1002/fee.2536>
- Jaureguiberry P, Titeux N, Wiemers M, Bowler DE, Coscieme L, Golden AS *et al.*** The direct drivers of recent global anthropogenic biodiversity loss. *Sci Adv.* 2022; 8(45):eabm9982. <https://doi.org/10.1126/sciadv.abm9982>
- Karling LC, Isaac A, Affonso IP, Takemoto RM, Pavanelli GC.** The impact of a dam on the helminth fauna and health of a neotropical fish species *Salminus brasiliensis* (Cuvier, 1816) from the upper Paraná River, Brazil. *J Helminthol.* 2013; 87(2):245–51. <https://doi.org/10.1017/S0022149X1200034X>
- Klippel G, Franco ACS, Macêdo RL, Haubrock PJ, Lorini ML, Santos LN.** Future invasion risk assessment of the peacock bass in Neotropical ecoregions: a conceptual and testable model. *Glob Ecol Conserv.* 2024; 55:e03227. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2024.e03227>
- Kovalenko KE, Dibble ED, Agostinho AA, Pelicice FM.** Recognition of non-native peacock bass, *Cichla kelberi* by native prey: testing the naiveté hypothesis. *Biol Invasions.* 2010; 12(9):3071–80. <https://doi.org/10.1007/s10530-010-9698-7>
- Larentis C, Kliemann BCK, Neves MP, Delariva RL.** Effects of human disturbance on habitat and fish diversity in Neotropical streams. *PLoS ONE.* 2022; 17(9):e0274191. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0274191>
- Lee JY, Marotzke J, Bala G, Cao L, Corti S, Dunne JP *et al.*** Future global climate: scenario-based projections and near-term information. In: Masson-Delmotte V, Zhai P, Pirani A, Connors SL, Péan C, Berger S *et al.*, editors. *Climate change 2021: the physical science basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge: Cambridge University Press; 2021. p.553–672.
- Lipták B, Kouba A, Patoka J, Paunović M, Prokop P.** Biological invasions and invasive species in freshwaters: perception of the general public. *Hum Dimens Wildl.* 2024; 29(1):48–63. <https://doi.org/10.1080/10871209.2023.2177779>
- Lomeu EAC, Valle ADA, Azevedo JS.** Fishing grounds in the Amazon: historical use, conflicts, and sustainability. *Braz Arch Biol Technol.* 2024; 67:e24230345. <https://doi.org/10.1590/1678-4324-2024230345>
- Maack R.** Geografia física do estado do Paraná. Curitiba: Imprensa Oficial; 2002.

- Malabarba LR, Malabarba MC.** Phylogeny and classification of Neotropical fish. In: Baldisserotto B, Urbinati EC, Cyrino JEP, editors. *Biology and physiology of freshwater Neotropical fish*. Amsterdam: Elsevier; 2020. p.1–19.
- Markovic D, Carrizo SF, Kärcher O, Walz A, David JNW.** Vulnerability of European freshwater catchments to climate change. *Glob Chang Biol*. 2017; 23:3567–80.
<https://doi.org/10.1111/gcb.13657>
- Martin CW.** Naïve prey exhibit reduced antipredator behavior and survivorship. *PeerJ*. 2014; 2:e665. <https://doi.org/10.7717/peerj.665>
- Mezzaroba L, Debona T, Frota A, Graça WJ, Gubiani EA.** From the headwaters to the Iguassu Falls: inventory of the ichthyofauna in the Iguassu River basin shows increasing percentages of nonnative species. *Biota Neotrop*. 2021; 21(2):e20201083.
<https://doi.org/10.1590/1676-0611-bn-2020-1083>
- Milardi M, Iemma A, Waite IR, Gavioli A, Soana E, Castaldelli G.** Natural and anthropogenic factors drive large-scale freshwater fish invasions. *Sci Rep*. 2022; 12(1):10465. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-14556-5>
- Palma-Silva C, Turchetto-Zolet AC, Fay MF, Vasconcelos T.** Drivers of exceptional Neotropical biodiversity: an updated view. *Bot J Linn*. 2022; 199(1):1–07.
<https://doi.org/10.1093/botlinnean/boac005>
- Parolin M, Volkmer-Ribeiro C, Leandrini JA.** Abordagem ambiental interdisciplinar em bacias hidrográficas no Estado do Paraná. Campo Mourão: FECILCAM; 2010.
- Pawson SM, Sullivan JJ, Grant A.** Expanding general surveillance of invasive species by integrating citizens as both observers and identifiers. *J Pest Sci*. 2020; 93(4):1155–66.
<https://doi.org/10.1007/s10340-020-01259-x>
- Pellicice FM, Agostinho AA, Alves CBM, Arcifa MS, Azevedo-Santos VM, Brito MFG *et al.*** Unintended consequences of valuing the contributions of non-native species: misguided conservation initiatives in a megadiverse region. *Biodivers Conserv*. 2023; 32(12):3915–38. <https://doi.org/10.1007/s10531-023-02666-z>
- Peterson AT, Soberón J, Pearson RG, Anderson RP, Martínez-Meyer E, Nakamura M *et al.*** *Ecological niches and geographic distributions*. Princeton: Princeton University Press; 2011.
- Phillips SJ, Anderson RP, Schapire RE.** Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecol Modell*. 2006; 190(3–4):231–59.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2005.03.026>

- Pocock MJO, Chandler M, Bonney R, Thornhill I, Albin A, August T *et al.*** A vision for global biodiversity monitoring with citizen science. *Adv Ecol Res.* 2018; 59:169–223. <https://doi.org/10.1016/bs.aecr.2018.06.003>
- R Development Core Team** TEAM: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, 2010. <https://www.R-project.org>
- Raven PH, Gereau RE, Phillipson PB, Chatelain C, Jenkins CN, Ulloa Ulloa C.** The distribution of biodiversity richness in the tropics. *Sci Adv.* 2020; 6(37):eabc6228. <https://doi.org/10.1126/sciadv.abc6228>
- Reis RE, Albert JS, Di Dario F, Mincarone MM, Petry P, Rocha LA.** Fish biodiversity and conservation in South America. *J. Fish Bio.* 2016; 89(1): 12–47. <https://doi.org/10.1111/jfb.13016>
- Reis RB, Frota A, Deprá GC, Ota RR, Graça WJ.** Freshwater fishes from Paraná state, Brazil: an annotated list, with comments on biogeographic patterns, threats, and future perspectives. *Zootaxa.* 2020; 4868(4):451–94. <http://dx.doi.org/10.11646/zootaxa.4868.4.1>
- Ribolli J, Hoeinghaus DJ, Johnson JA, Zaniboni-Filho E, Freitas PD, Galetti Jr. PM.** Isolation-by-time population structure in potamodromous dorado *Salminus brasiliensis* in southern Brazil. *Conserv Genet.* 2017; 18(1):67–76. <https://doi.org/10.1007/s10592-016-0882-x>
- Ribolli J, Zaniboni-Filho E, Machado CB, Guerreiro TCS, Freitas PD, Galetti Jr. PM.** Anthropogenic river fragmentation reduces long-term viability of the migratory fish *Salminus brasiliensis* (Characiformes: Bryconidae) populations. *Neotrop Ichthyol.* 2021; 19(2):e200123. <https://doi.org/10.1590/1982-0224-2020-0123>
- Ruaro R, Conceição EO, Silva JC, Cafofo EG, Angulo-Valencia MA, Mantovano T *et al.*** Climate change will decrease the range of a keystone fish species in La Plata River Basin, South America. *Hydrobiologia.* 2019; 836(1):1–19. <https://doi.org/10.1007/s10750-019-3904-0>
- Ruschi A.** Lista dos tubarões, raias e peixes de água doce e salgada do estado do Espírito Santo e uma observação sobre a introdução do dourado no rio Doce. *Boletim do Museu De Biologia Mello Leitão.* 1965; 25, 1–23.
- Santos AFGN.** Uso de juvenis de peixes carnívoros nativos no controle da ictiofauna invasora na Bacia do Rio Paraná. [Master Dissertation]. Maringá: Universidade Estadual de Maringá; 2008. Available from: <http://repositorio.uem.br:8080/jspui/handle/1/5112>

- Sayer CA, Fernando E, Jimenez RR, Macfarlane NBW, Rapacciuolo G, Böhm M *et al.*** One-quarter of freshwater fauna threatened with extinction. *Nature*. 2025; 638:138–45. <https://doi.org/10.1038/s41586-024-08375-z>
- Shackleton RT, Larson BMH, Novoa A, Richardson DM, Kull CA.** The human and social dimensions of invasion science and management. *J Environ Manag*. 2019; 229:1–09. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.08.041>
- Smith GR, Boyd A, Dayer CB, Winter KE.** Behavioral responses of American toad and bullfrog tadpoles to the presence of cues from the invasive fish, *Gambusia affinis*. *Biol Invasions*. 2008; 10(5):743–48. <https://doi.org/10.1007/s10530-007-9166-1>
- Snäll T, Kindvall O, Nilsson J, Pärt T.** Evaluating citizen-based presence data for bird monitoring. *Biol Conserv*. 2011; 144(2):804–10. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2010.11.010>
- Soberón J.** Grinnellian and Eltonian niches and geographic distributions of species. *Ecol Lett*. 2007; 10(12):1115–23. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2007.01107.x>
- Sverlij SB, Espinach Ros A.** El dorado *Salminus maxillosus* (Pisces, Characiformes), en el río de La Plata y río Uruguay inferior. *Rev Invest Desarr Pesq*. 1986; 6:57–75.
- Tatebe H, Ogura T, Nitta T, Komuro Y, Ogochi K, Takemura T *et al.*** Description and basic evaluation of simulated mean state, internal variability, and climate sensitivity in MIROC6. *Geosci Model Dev*. 2019; 12(7):2727–65. <https://doi.org/10.5194/gmd-12-2727-2019>
- Van Vliet MTH, Ludwig F, Kabat P.** Global streamflow and thermal habitats of freshwater fishes under climate change. *Clim Change*. 2013; 121(4):739–54. <https://doi.org/10.1007/s10584-013-0976-0>
- Vazzoler AEAM.** Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática. Maringá: EDUEM; 1996.
- Vilizzi L, Copp GH, Hill JE, Adamovich B, Aislabie L, Akin D *et al.*** A global-scale screening of non-native aquatic organisms to identify potentially invasive species under current and future climate conditions. *Sci Total Environ*. 2021; 788:147868. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147868>
- Vilizzi L, Piria M, Copp GH.** Which calibrated threshold is appropriate for ranking non-native species using scores generated by WRA-type screening toolkits that assess risks under both current and future climate conditions? *Manag Biol Invasions*. 2022; 13(4):593–608. <https://doi.org/10.3391/mbi.2022.13.4.01>
- Vitule JRS, Bornatowski H, Freire CA, Abilhoa V.** Extralimital introductions of *Salminus*

brasiliensis (Cuvier, 1816) (Teleostei, Characidae) for sport fishing purposes: a growing challenge for the conservation of biodiversity in neotropical aquatic ecosystems.

BioInvasions Rec. 2014; 3(4):291–96. <https://doi.org/10.3391/bir.2014.3.4.11>

Vitule JRS, Freire CA, Simberloff D. Introduction of non-native freshwater fish can certainly be bad. Fish Fish. 2009; 10(1):98–108. <https://doi.org/10.1111/j.1467-2979.2008.00312.x>

Vitule JRS, Freire CA, Vazquez DP, Nuñez MA, Simberloff D. Revisiting the potential conservation value of non-native species. Conserv Biol. 2012; 26(6):1153–55. <https://dx.doi.org/10.1111/j.1523-1739.2012.01950.x>

AUTHOR'S CONTRIBUTION

Iago V. Geller: Conceptualization, Data curation, Formal analysis, Funding acquisition, Investigation, Methodology, Project administration, Resources, Software, Supervision, Validation, Visualization, Writing-original draft, Writing-review and editing.

Jean R. S. Vitule: Conceptualization, Data curation, Formal analysis, Investigation, Methodology, Supervision, Validation, Visualization, Writing-original draft, Writing-review and editing.

João D. Ferraz: Methodology, Validation, Visualization, Writing-original draft, Writing-review and editing.

Alan D. Pereira: Conceptualization, Data curation, Methodology, Software, Supervision, Validation, Visualization, Writing-original draft, Writing-review and editing.

Mário L. Orsi: Conceptualization, Formal analysis, Methodology, Supervision, Writing-review and editing.

ETHICAL STATEMENT

Not applicable.

COMPETING INTERESTS

The authors declare no competing interests.

HOW TO CITE THIS ARTICLE

Geller IV, Vitule JRS, Ferraz JD, Pereira AD, Orsi ML. Current and future invasion of a predator with potential for impact negative in a region of high neotropical endemism. *Neotrop Ichthyol.* 2025; 23(2):e250056. <https://doi.org/10.1590/1982-0224-2025-0056>

Supplementary

TABLE S1. Source (Link) evaluated for identification and development of the occurrence of *Salminus brasiliensis* in the Iguaçu River basin. PR = Paraná, SC = Santa Catarina.

TABLE S2. Occurrences available on websites for the species *Salminus brasiliensis* with identification voucher. Institutional abbreviations follow Sabaj (2020).

TABLE S3. Detailed final report of the Aquatic Species Invasiveness Screening Kit (AS-ISK) protocol for the target species *Salminus brasiliensis* in the Iguaçu basin (RA).

FIGURE S4. Binary map for *Salminus brasiliensis* for future times at different levels of global warming. Current (occurrence native and invasive=scientific+citizen science). Scenario RCP 2.6; RCP 4.5; RCP 7.0 and RCP 8.5. Mesobasins: Ivaí/Piquiri basin (IPB); Ribeira de Iguaçu basin (RIB); Paranapanema basin (PB); Iguaçu basin (IB) Paraná and Santa Catarina coastal basin (PSCCB); upper Uruguay basin (UUB); middle Uruguay basin (MUB); Jacuí basin (JB); Patos/Mirim basin (PMB).

TABLE S5. Detailed table of species from the Iguaçu basin (based on Mezzaroba *et al.*, 2021) average size of species and source consulted. Small-sized (< 20 cm), medium-sized (20–40 cm), (> 40 cm) large-sized (size classification based on Vazzoler, 1996).

Due to the huge amount of supplementary material sheets, the complete documents are available at: https://drive.google.com/drive/folders/1t4v-438ak6gnkMgq_36IgQzodJMkodhE

6. CAPÍTULO 3

ENTRE A CIÊNCIA, PESSOAS E GESTORES: ANÁLISE SOCIOPOLÍTICA E CULTURAL DA INVASÃO DO DOURADO (*SALMINUS BRASILIENSIS*) NO MÉDIO IGUAÇU

Capítulo 3 redigido para submissão segundo as normas do periódico *Oecologia Australis* (ISSN: 2177-6199). Periódico disponível em: <https://revistas.ufjf.br/index.php/oa/index>

Análise Sociopolítica e cultural da invasão do Dourado no Iguaçu

Sociopolitical and cultural analysis of the invasion of Dorado in Iguaçu

Entre a ciência, pessoas e gestores: Análise Sociopolítica e cultural da invasão do Dourado (*Salminus brasiliensis*) no Médio Iguaçu

Between science, people and managers: Sociopolitical and cultural analysis of the invasion of the Dorado (*Salminus brasiliensis*) in the Médio Iguaçu

Iago Vinícios Geller¹, Jean Ricardo Simões Vitule², Alessandra Sander³, Kelly Paulow Litka³, Rodrigo Kostaschi Rocha³, Alan Deivid Pereira³ & Mário Luís Orsi¹*

¹Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Biológicas, Departamento de Biologia Animal e Vegetal, Programa de Pós-

Graduação em Ciências Biológicas, ²Laboratório de Ecologia de Peixes e Invasões Biológicas (LEPIB), Rodovia Celso Garcia Cid, PR-445, km 380, 86057-970 Londrina, Paraná, Brasil.

²Universidade Federal do Paraná, Departamento de Engenharia Ambiental, Laboratório de Ecologia e Conservação, Avenida Pref. Lothário Meissner, 632, Jardim Botânico, 80210-170 Curitiba, Paraná, Brasil.

³Universidade Estadual do Paraná – UNESPAR, *campus* União da Vitória, Praça Coronel Amazonas, s/nº, Caixa Postal 57, 84600-185 União da Vitória, Paraná, Brasil.

E-mails: iagogeller@hotmail.com (*autora correspondente); biovitule@gmail.com; sanderalessandra3@gmail.com;

kellypaulow4@gmail.com; Rodrigo.rocha.72@estudante.unespar.edu.br; alandeivid_bio@live.com; orsi@uel.br;

Resumo: A translocação de espécies não nativas tem representado desafios à conservação, sendo frequentemente negligenciada pelas esferas econômica, política e social. Apoio público pode comprometer medidas de manejo, especialmente quando espécies invasoras são consideradas emblemáticas e carismáticas. No sul do Brasil, a bacia do Iguaçu constitui uma região de alto endemismo, mas a presença de *Salminus brasiliensis* (dourado), um predador não nativo, pode representar riscos ambientais, econômicos, socioculturais e políticos na região. Deste modo, acreditamos que diferentes atores ou grupos da sociedade do médio Iguaçu tendem a interpretar de formas divergentes sobre a presença desta espécie. Objetivou-se analisar as percepções sociais sobre a natividade, invasão e impactos do *S. brasiliensis*, além de investigar a valorização sociocultural da pesca de espécies endêmicas e não nativas avaliando o consumo de peixe. Entre setembro de 2024 e março de 2025, foram aplicados questionários em União da Vitória e Porto União, coletou-se 234 respostas de quatro grupos: população, pescadores, lojistas e poder público. A maioria dos entrevistados identificou corretamente *S. brasiliensis* como não nativa da bacia do Iguaçu. No entanto, houve divergência estatisticamente entre os grupos quanto ao reconhecimento dos impactos sobre a ictiofauna nativa ($p > 0,05$). A pesca, o consumo e os eventos culturais relacionados ao lambari foram amplamente reconhecidos como patrimônio histórico regional apoiado sua conservação. Houve confusão na identificação da natividade de algumas espécies presentes na bacia. Em relação ao consumo de pescado, o lambari foi preferido enquanto o dourado apresentou rejeição por parte dos grupos. Os resultados demonstram que as percepções sociais sobre conservação são moldadas por multifatores. Destaca-se a importância de considerar a dimensão social nas estratégias de controle de espécies invasoras e a urgência de políticas integradas para o combate do dourado na região do Médio Iguaçu.

Palavras chaves: Questionários; Consulta pública; Invasões biológicas; Endemismo Neotropical; políticas públicas.

Abstract: The translocation of non-native species has posed conservation challenges and is often neglected by the economic, political, and social spheres. Public support can compromise management measures, especially when invasive species are considered charismatic. In southern Brazil, the Iguaçu basin is a region of high endemism, but the presence of *Salminus brasiliensis* (Dourado), a non-native predator, can pose environmental, economic, sociocultural, and political risks in the region. Thus, we believe that groups in the middle Iguaçu society tend to interpret the presence of this non-native species in different ways. The objective of this study was to analyze social perceptions about the nativeness, invasion, and impacts of *S. brasiliensis*, in addition to investigating the sociocultural appreciation of fishing for endemic and non-native species by assessing fish consumption. Between September 2024 and March 2025, questionnaires were applied in União da Vitória and Porto União, collecting 234 responses from four groups: population, fishermen, shopkeepers, and government. Most interviewees correctly identified *S. brasiliensis* as non-native to the Iguaçu basin. However, there was statistical divergence between the groups regarding the recognition of impacts on native ichthyofauna ($p > 0.05$). Fishing, consumption and cultural events related to lambari were widely recognized as regional historical heritage supporting its conservation. There was confusion in identifying the native origin of some species present in the basin. Regarding fish consumption, lambari was preferred while dourado was rejected by some groups. The results demonstrate that social perceptions about conservation are shaped by multiple factors. The importance of considering the social dimension in strategies to control invasive species and the urgency of integrated policies to combat dourado in the Médio Iguaçu region are highlighted.

Key words: Questionnaires; Public consultation; Biological invasions; Neotropical endemism; public policies.

INTRODUÇÃO

Há várias décadas, a translocação de espécies não nativas tem representado enormes desafios para a conservação da biodiversidade (Simberloff 2021), especialmente no caso de peixes de água doce (Bezerra *et al.* 2019, Simberloff 2021), que apresentam diversas vias de introdução (Ver Bernery *et al.* 2022). Contudo, as espécies não nativas continuam a ser negligenciadas no âmbito das políticas públicas, sobretudo em situações que envolvem espécies translocadas dentro de um mesmo país (Vitule *et al.* 2014, 2019, Vitule & Pelicice 2025). Apesar das evidências de um crescente número de invasões e seus impactos ecológicos (Seebens *et al.* 2017, 2020, Bernery *et al.* 2022), os fatores econômicos e sociais ainda são pouco compreendidos (Cuthbert *et al.* 2024) especialmente no Brasil (Vitule & Pelicice 2025).

Os custos econômicos associados às invasões biológicas começaram a receber maior atenção a partir do século XX (Adelino *et al.* 2021, Diagne *et al.* 2021, Kumschick *et al.* 2024). No entanto, a falta de integração de perspectivas sociais e culturais tem sido repetidamente criticada (Britton & Gozlan 2013, Haubrock *et al.* 2022). A sociedade é um impulsionador de invasões biológicas, realizando deliberadamente ou acidentalmente, mas ao mesmo tempo, abordagens de gestão bem-sucedidas tendem a ser aquelas que ganham apoio social (Shackleton *et al.* 2019, Jubase *et al.* 2021). A falta de aceitabilidade pode resultar em custos adicionais, atrasos imprevistos e até no cancelamento de iniciativas de manejo, especialmente quando espécies invasoras são consideradas esteticamente agradáveis ou carismáticas (Jarić *et al.* 2020), ou quando geram benefícios econômicos. Portanto, levar em consideração as percepções públicas é fundamental para a gestão das invasões biológicas (Kumschick *et al.* 2024).

Os estudos de opinião pública têm se mostrado valiosos para compreender as razões por trás de introduções mediadas por humanos e para avaliar o nível de apoio ao manejo (Estévez *et al.* 2015, Crowley *et al.* 2017). Nesse contexto, investigações que consideram a opinião pública tornam-se essenciais para orientar estratégias eficazes de controle de espécies invasoras, especialmente em microrregiões com identidades culturais marcantes, e as percepções sociais são fundamentais para estratégias de manejo (Novoa *et al.* 2017, Bradshaw *et al.* 2021, Crystal-Ornelas & Lockwood 2021).

Localizada no sul do Brasil, a bacia do Iguaçu constitui uma região neotropical de alta riqueza

e endemismo de peixes (Dagosta *et al.* 2024). Entretanto, sua ictiofauna vem sendo constantemente ameaçada pela introdução de espécies não nativas, principalmente em decorrência de ações antrópicas (Daga *et al.* 2016). Entre essas espécies destaca-se *Salminus brasiliensis* (Cuvier, 1816) (dourado) um predador topo de cadeia que tem sido introduzido de forma não natural (Gubiani *et al.* 2010; Geller *et al.* 2021). Apesar dos potenciais impactos ecológicos negativos (Geller *et al.* 2025) essa espécie encontra-se protegida fora de sua área de ocorrência nativa por legislações estaduais errôneas (ver Geller *et al.* 2020), levando a proteção integral da espécie o que agrava os riscos ambientais e encoraja os conflitos socioeconômicos, culturais e políticos na região do médio Iguaçu.

Acreditamos que diferentes atores e grupos da sociedade do médio Iguaçu tendem a interpretar de formas diferentes a presença desta espécie não nativa bem como possíveis medidas de manejo para conservação da ictiofauna local. Diante desse cenário, tornam-se imprescindíveis estudos que integrem a análise dos fatores ambientais da invasão com os aspectos sociopolíticos e culturais locais. Assim, o presente estudo propõe uma abordagem para compreender a percepção pública sobre a presença de *S. brasiliensis* na bacia do Iguaçu, tendo como objetivo principal: (i) Analisar a percepção da sociedade do médio Iguaçu sobre a origem e impactos do *S. brasiliensis* na bacia do Iguaçu. (ii) Investigar o reconhecimento sociocultural das espécies endêmicas e a valorização de eventos como patrimônio histórico-cultural da região. (iii) Avaliar e comparar o conhecimento da sociedade quanto à origem das espécies na bacia do Iguaçu. (iv) Avaliar os padrões de consumo de pescado no médio Iguaçu. (v) Propor medidas de manejo para controle e erradicação da espécie *S. brasiliensis* na bacia do Iguaçu.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

A bacia hidrográfica do Iguaçu abrange regiões nos estados do Paraná (54.820 km²) e Santa Catarina (13.470 km²) (Baumgartner *et al.* 2012). Essa bacia é segmentada em três regiões geomorfológicas distintas: Alto, Médio e Baixo Iguaçu, correspondendo, respectivamente, ao primeiro, segundo e terceiro planaltos paranaenses, essas subdivisões constituem unidades relevantes para o planejamento, gestão e uso estratégico dos recursos hídricos (Baumgartner *et al.* 2012, Maack 2001) Destaca-se que esta bacia é uma região de alto endemismo neotropical, considerando-se uma

ecorregião da FEOW – Iguassu (Abell et al. 2008).

A região do Médio Iguaçu, conforme definido pelo Comitê de Bacia Hidrográfica, compreende o trecho situado a jusante da confluência entre os rios Iguaçu e Negro até a foz do rio Jordão, no rio Iguaçu (Resolução nº 75 CERH/PR, de 16 de maio de 2012). Essa região localiza-se na porção sul do Estado do Paraná, com área de drenagem totalizando 17.950 km², abrangendo 20 municípios paranaenses. Os dois municípios do médio Iguaçu foram União da Vitória, estado do Paraná, com área de 727,136 km² com uma População de 55.033 pessoas, e densidade demográfica de 76,43 habitantes por quilômetro quadrado (IBGE 2022). Porto União município do estado de Santa Catarina com uma área de 845,8 km², com 32.970 habitantes e a densidade demográfica de 38,84 habitantes por quilômetro quadrado (IBGE 2022) (Figura 1).

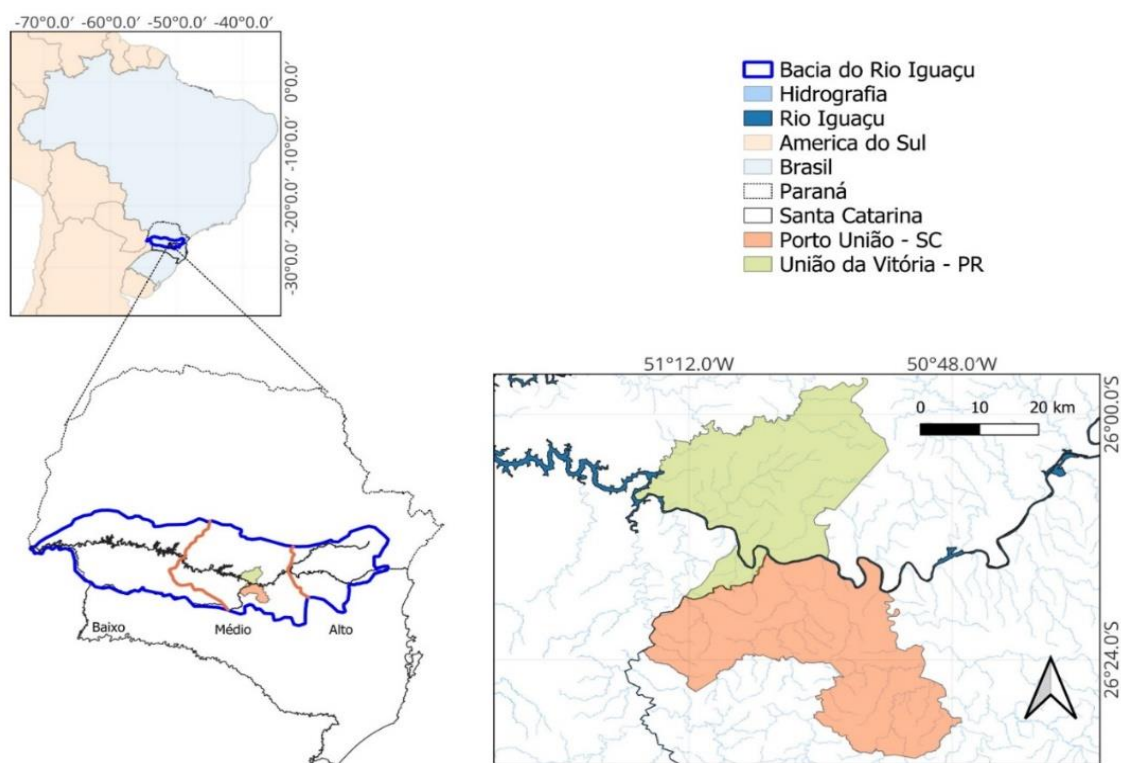


Figura 1 – Área de estudo da região do Médio Iguaçu com destaque para as cidades alvo.

Figure 1 – Study area of the Médio Iguaçu region highlighting the target cities.

Coleta de dados

Entre os meses de setembro de 2024 e março de 2025, foram realizadas entrevistas com aplicação de questionários, conduzidas por pesquisadores previamente cadastrados. Para participar do

estudo a população foi orientado a comparecer a pontos específicos de coleta, previamente divulgados por meio de canais de comunicação locais (rádios e Tvs) além de plataformas de mídias sociais (páginas de notícias, Facebook e Instagram comercial) em que aceitaram divulgar o estudo gratuitamente (Apêndice 1). Também foram realizadas coletadas ativas com a população que se encontrava nas principais praças públicas, terminais de ônibus e avenidas de ambas as cidades no período vespertino.

Estavam aptos a participar da pesquisa quatro grupos distintos da sociedade civil distribuídos conforme suas características. Os questionários (Apêndice 2) aplicados incluíram perguntas objetivas diretas e descritivas semiestruturadas. As respostas eram registradas diretamente pelo entrevistador, considerando principalmente opções como "Sim" e "Não", acompanhadas de pequenas justificativas quando necessário. Todas as entrevistas realizadas foram individuais com sigilo das informações e realizadas de forma presencial com utilização de material físico, não foram enviados link ou considerados respostas em qualquer meio eletrônico ou mídia social. A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos (CEP-UEL) CEP-UEL (Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos - CEP/UEL, LABESC (Número do Parecer: 6.688.595), cada participante assinou um termo de consentimento livre e esclarecido (Resolução CNS 510/2016). Para a análise dos dados as pessoas entrevistadas foram organizadas em quatro grupos:

População Geral (PG)

Este grupo foi composto por indivíduos que não realizam atividades regulares de pesca ou que praticaram algum tipo de pesca esporadicamente. Para participar, era necessário que o entrevistado tivesse pescado pelo menos uma vez em um intervalo igual ou superior a seis meses. O questionário destinado a esse grupo continha 17 perguntas organizadas em quatro blocos temáticos.

Pescadores regionais (PR)

Este grupo foi composto por pessoas que realizavam atividades regulares de pesca no Iguaçu, sejam elas esportivas, recreativas, artesanais ou similares. A participação exigia que o indivíduo praticasse a pesca com frequência mínima de uma vez a cada três meses. O questionário destinado a esse grupo era o mais abrangente, contendo 41 questões organizadas em cinco blocos temáticos.

Lojistas (LO)

Composto por donos ou supervisores dos estabelecimentos que realizavam a venda de equipamento de pesca nas duas cidades alvo. Para compor este grupo o estabelecimento necessitou vender apetrechos de pesca para ambas as espécies (dourado e lambari), independentemente do tipo de equipamento.

Poder Público (PP)

Este grupo foi composto por indivíduos que ocupam cargos no legislativo da cidade Paranaense (União da Vitória) visto que as leis ambientais errôneas se encontram neste estado, o estado de Santa Catarina (Porto União) não foi abordado devido a não existir impedimento legislativo contra o dourado, bem como a falta de interesse do legislativo.

Interpretação dos dados

As perguntas fechadas foram avaliadas por meio da contagem de frequência de respostas; enquanto as perguntas abertas foram avaliadas por meio da categorização de respostas, ambas foram avaliadas através da estatística descritiva. As diferenças entre grupos (população geral, pescadores, lojistas e poder público) foram avaliadas por meio de testes de Qui-quadrado de independência, com aplicação do teste exato de Fisher quando necessário (*i.e.*, frequências esperadas < 5) (Zar 2010). As contribuições específicas de cada grupo às associações observadas foram examinadas por meio dos resíduos padronizados ajustados (Agresti 2013). Diferenças nas médias de consumo entre grupos foram avaliadas por meio do teste de Mann-Whitney, apropriado para comparações não paramétricas entre duas amostras independentes (Hollander *et al.* 2013). Todas as análises foram realizadas no software R versão 4.4.1 (R Core Team, 2024) e o Microsoft® Excel® (365MSO) para a organização das tabelas e confecção das figuras.

RESULTADOS

Foram realizadas 249 entrevistas, com 234 respostas válidas, distribuídos heterogeneamente nos quatro grupos:

População geral (PG)

Foram coletadas 184 respostas, 12 não atenderem o critério de residência nas cidades-alvo,

validou-se 172. Composta predominantemente por mulheres, idade média de 39 anos e renda média de R\$ 3.700,00, representando indivíduos em idade economicamente ativa e potencialmente influentes em decisões. A maioria dos respondentes é natural da região, reforça a representatividade da percepção local com elevado nível de escolaridade (Tabela 1).

Tabela 1 – Perfil sociodemográfico dos entrevistados da população geral (PG) do médio Iguaçu
Table 1 – Sociodemographic profile of interviewees from the general population (PG) of the middle Iguaçu.

	(%)
Feminino	63,4
Masculino	36,6
Natural da região?	
Sim	80,81
Não	19,19
Reside atualmente?	
União da Vitória - PR	76,74
Porto União - SC	23,26
Escolaridade	
Ensino básico	2,33
Ensino fundamental	19,19
Ensino médio completo	38,37
Graduação completa	30,81
Pós-graduação completa	6,40
Não Respondeu	2,91

Pescadores regionais (PR)

Foram obtidas 39 respostas, 36 válidas. Houve predominância do sexo masculino, média de idade em 45 anos, renda média R\$ 4.600,00 (alto valor médio pode ser atribuído ao número de pescadores esportivos). Quanto ao tempo de atuação, 75% exercer a atividade pesqueira há mais de oito anos - perfil de conhecimento prático da amostra, com 80% dos pescadores sendo naturais da região, forte vínculo territorial. A maioria dos participantes reside em Santa Catarina e possui escolaridade de nível médio ou superior (Tabela 2).

Tabela 2 – Perfil sociodemográfico, tempo de atividade e tipo de pesca que praticam os entrevistados dos pescadores regionais (PR) do médio Iguaçu.

Table 2 – Sociodemographic profile, time of activity and type of fishing practiced by interviewees of regional fishermen (PR) from the middle Iguaçu

	(%)
Masculino	80,56
Feminino	19,44
Natural da região?	
Sim	80,56
Não	19,44
Reside atualmente?	
União da Vitória - PR	44,44
Porto União - SC	55,56
Escolaridade	
Ensino básico	8,33
Ensino fundamental	16,67
Ensino Médio completo	36,11
Graduação completa	27,78
Pós-graduação completa	5,56
Não Respondeu	5,56
Tempo de atividade de pesca	
< 1 ano	2,78
1 a 4 anos	11,11
4 a 8 anos	11,11
> 8 anos	75
Tipo de Pesca	
Consumo	50
Comercialização	2,78
Esportiva	47,22

Lojistas locais (LL)

Foram entrevistados 15 proprietários de lojas especializadas em União da Vitória (N=10) e Porto União (N=5). A fundação dessas lojas variou de 1950 a 2024. Observa-se um crescimento recente na abertura de novos estabelecimentos: 40% das lojas foram inauguradas após 2020, indicando um possível aumento no interesse ou demanda por atividades relacionadas à pesca na região do médio Iguaçu nos últimos anos. Destaca-se que 46,6% relataram crescimento na demanda por materiais específicos de Dourado nos últimos três anos, reforçando a hipótese do aumento da procura por essa espécie nos últimos anos no médio Iguaçu.

Poder público (PP)

Obteve-se 11 respostas, das 13 possíveis com o poder legislativo de União da Vitória – PR, com predominância do sexo masculino. Em relação à origem, observou-se que a um pouco mais da

metade dos participantes é natural do próprio município e outros são oriundos de outras localidades.

No que diz respeito ao nível de escolaridade, não houve respostas de ensino básico ou fundamental, a maior parte com Ensino Médio completo (Tabela 3).

Tabela 3 – Perfil sociodemográfico dos entrevistados do poder público de União da Vitória, Paraná região do médio Iguaçu.

Table 3 – Sociodemographic profile of interviewees from the public authorities of União da Vitória, Paraná, mid-Iguaçu region.

	(%)
Masculino	63,64
Feminino	36,36
Natural da região?	
Sim	63,64
Não	36,36
Escolaridade	
Ensino Médio completo	54,55
Graduação completa	27,27
Pós-graduação completa	18,18

Percepção sociopolítico e ambiental do Dourado

O conhecimento da natividade de *S. brasiliensis* para a bacia do Iguaçu é alto, todos os grupos demonstraram conhecimento correto da espécie não ser nativa, não há associação estatisticamente significativa entre os grupos ($p = 0.3055$). Contudo ao serem questionados se o Dourado é uma ameaçada para os peixes locais: diferença estatística entre os grupos conforme indicado pelo teste do qui-quadrado de Pearson ($\chi^2 = 49,45$; $gl = 6$; $p < 0.001$) (Tabela 4). As análises post-hoc por pares, com correção de Bonferroni, revelaram que as respostas da PG diferiram significativamente de PR ($p = 0.002$) e Lojistas ($p = 0.01$). Também foi observada diferença significativa entre os PR e o PP ($p = 0.03$). Não foram encontradas diferenças entre os outros grupos.

Tabela 4 – Frequência de respostas dos quatro grupos entrevistados na região do médio Iguaçu sobre a natividade e ameaçada do dourado na bacia do Iguaçu.

Table 4 – Frequency of responses from the four groups interviewed in the middle Iguaçu region regarding the native and threatened species of dourado in the Iguaçu basin.

O peixe Dourado é nativo da bacia do Iguaçu?			
	Sim (%)	Não (%)	Não sei/ Não Respondeu (%)
População Geral	16,9	71,5	11,6
Pescadores	11,1	72,2	16,7
Lojistas	6,7	66,7	26,7
Poder Público	0,0	72,7	27,3

O Dourado é uma ameaçada para biodiversidade do Iguaçu?			
	Sim (%)	Não (%)	Não sei/ Não Respondeu (%)
População Geral	65,7	22,1	12,2
Pescadores	80,6	19,4	0,0
Lojistas	73,3	20,0	6,7
Poder Público	63,6	27,3	9,1

Atualmente no estado do Paraná, a Lei Estadual nº 19.789-PR de 20 de abril de 2019 juntamente com a Portaria nº 223, de 28 de abril de 2025 do Instituto Água e Terra do Paraná (IAT) interpretam erroneamente *S. brasiliensis* como nativa da bacia do Iguaçu, proibindo a pesca e abate. Foi questionado aos entrevistados sobre o controle do dourado através da liberação da pesca e abate, os resultados demonstram que todos os grupos do médio Iguaçu são favoráveis: PR e PG são de maior apoio, sendo o PP e LL de menor. Contudo os testes estatísticos não revelaram diferenças entre os grupos ($\chi^2 = 8.13$, $p=0.22$) (Figura 2).

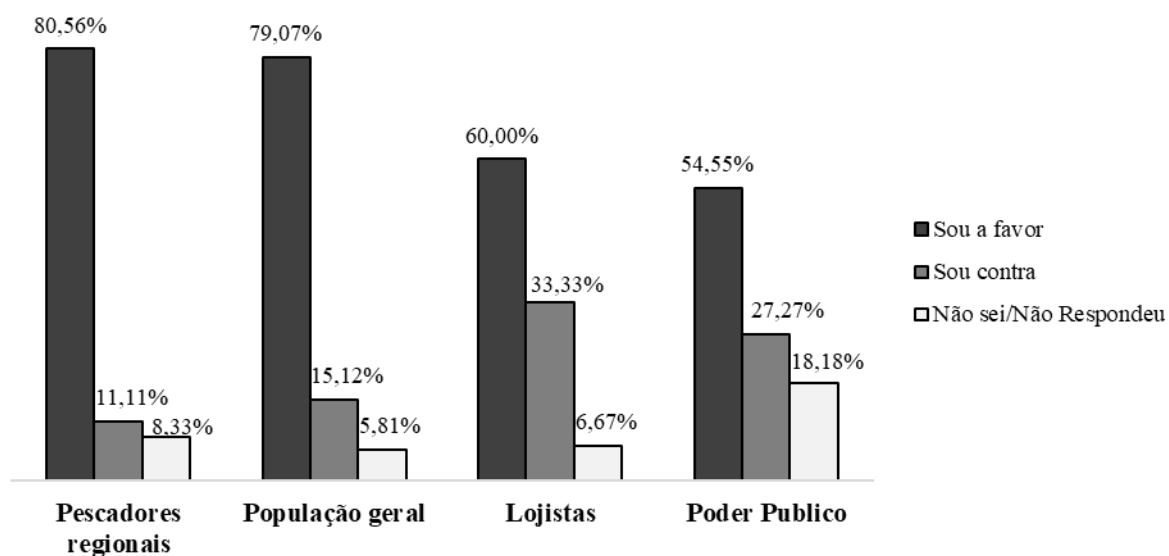


Figura 2 – Respostas da percepção social dos quatro grupos sobre a liberação da pesca e abate do Dourado na região do Médio Iguaçu.

Figure 2 – Responses of the social perception of the four groups regarding the release of fishing and slaughter of Dourado in the Médio Iguaçu region.

Voltado aos representantes do PP, foi questionado se eles consideravam o Dourado uma nova viabilidade para o desenvolvimento de eventos ou turismo: A resposta foi positiva, com 82% respondendo que sim, 9% discordaram e 9% optaram por não opinar.

Percepção sociopolítico e ambiental do Lambari

Os resultados relacionados a conservação das espécies endêmicas de Lambari (*Psalidodon* sp. e *Astyanax* sp.) do Iguaçu apresentaram resultados positivos. Os grupos reconhecem que as práticas associadas ao Lambari — pesca, consumo e eventos — são parte integrante do patrimônio histórico-cultural da região, sendo uma forte identidade cultural regional vinculada ao Lambari, com tradições locais vivas, transmitidas entre gerações, relevância da espécie não só do ponto de vista alimentar, mas também simbólico e comunitário (Apêndice 3). Apenas LL não diferente dos outros grupos ($p < 0,05$). Todos são a favor de estratégias de conservação das espécies de Lambari ($p = 0,87$), o grupo PP se mostrou o mais enfático (Tabela 5).

Tabela 5 - Percepção dos grupos sociais do médio Iguaçu sobre o valor histórico-cultural e a necessidade de conservação das espécies de lambari da bacia do Iguaçu.

Table 5 - Perception of different social groups in the Middle Iguaçu about the historical-cultural value and the need for conservation of the lambari species in the Iguaçu basin.

As práticas associadas ao lambari são patrimônio histórico-cultural de nossa região?			
	Sim (%)	Não (%)	Não sei/ Não Respondeu (%)
População geral (PG)	91,9	2,3	5,8
Pescadores locais (PL)	86,1	2,8	11,1
Lojistas locais (LL)	66,7	26,7	6,7
Poder Público (PP)	90,9	0,0	9,1
É necessário medidas de conservação das espécies de lambari do Iguaçu?			
	Sim (%)	Não (%)	Não sei/ Não Respondeu (%)
População Geral (PG)	82,0	12,2	5,8
Pescadores locais (PL)	80,6	11,1	8,3
Lojistas locais (PP)	80,0	13,3	6,7
Poder Público (PP)	90,9	0,0	9,1

Conhecimento das espécies de peixes do Iguaçu e sua origem

Os resultados obtidos sobre o grau de conhecimento evidenciam diferenças sobre a origem dos peixes do Iguaçu entre PG e PR. Observou-se que os PR demonstraram um nível de assertividade maior ao identificar corretamente a origem das espécies. As análises estatísticas indicaram que, entre as espécies investigadas, apenas a Carpa (*Cyprinus carpio*) e o Lambari (*Astyanax* spp.) não apresentaram diferenças significativas no reconhecimento entre os grupos ($p = 0,688$ e $p = 0,155$, respectivamente). No entanto, no caso da Carpa, a maior parte dos entrevistados a identificou erroneamente como nativa.

A espécie de maior reconhecimento correto por ambos os grupos foi o Lambari, a Traíra apresentou um paradoxo informativo: apenas 6,98% da população soube identificar corretamente seu nome, enquanto 83,14% afirmaram que se trata de uma espécie nativa, mesmo sem reconhecê-la nominalmente. O conhecimento dos pescadores, embora não seja perfeito, é mais preciso do que o da população geral (Tabela 6).

Tabela 6 – Avaliação do conhecimento da população geral (PG) e pescadores regionais (PR) do médio Iguaçu em relação a natividade das espécies presentes na bacia. NI=Nativa do Iguaçu; NNI = Não Nativa do Iguaçu.

Table 6 – Assessment of the knowledge of the general population (PG) and regional fishermen (PR) of the middle Iguaçu regarding the native species present in the basin. NI = Native to Iguaçu; NNI = Non-Native to Iguaçu.

PG	Carpas (%)	Tilápia (%)	Curimba (%)	Lambari (%)	Dourado (%)	Trairá (%)	Mandi (%)	Bagres (%)
Conhece - NI	23,8	39,0	4,7	65,1	20,9	7,0	21,5	39,0
Conhece - NNI	16,9	11,0	2,3	7,6	19,2	5,2	7,0	13,4
Não conhece - NI	44,8	48,8	87,8	26,2	40,7	83,1	64,5	38,4
Não conhece - NNI	14,0	0,6	4,1	0,6	18,6	3,5	6,4	8,1
Não Respondeu	0,6	0,6	1,2	0,6	0,6	1,2	0,6	1,2
PR	Carpas (%)	Tilápia (%)	Curimba (%)	Lambari (%)	Dourado (%)	Trairá (%)	Mandi (%)	Bagres (%)
Conhece - NI	47,2	27,8	16,7	72,2	25,0	36,1	36,1	38,9
Conhece - NNI	22,2	47,2	38,9	5,6	52,8	27,8	19,4	30,6
Não conhece - NI	16,7	13,9	19,4	13,9	11,1	25,0	22,2	13,9
Não conhece - NNI	13,9	8,3	22,2	8,3	8,3	8,3	19,4	13,9
Não Respondeu	0,0	2,8	2,8	0,0	2,8	2,8	2,8	2,8

Ao analisarmos especificamente o conhecimento de ambos os grupos sobre a origem das espécies, ou seja, somente se os entrevistados acham que ela é nativa ou não da bacia do Iguaçu, amplifica-se os equívocos, por exemplo: 92,4% acredita que a Curimba é uma espécie nativa, esse erro possa ser justificado pela semelhança com espécies de lambari e pela foto apresentada no questionário o tamanho real da espécie não foi possível identificar corretamente, contudo o conhecimento errôneo de espécies como Carpa e Tilápia fica evidente (Figura 3).

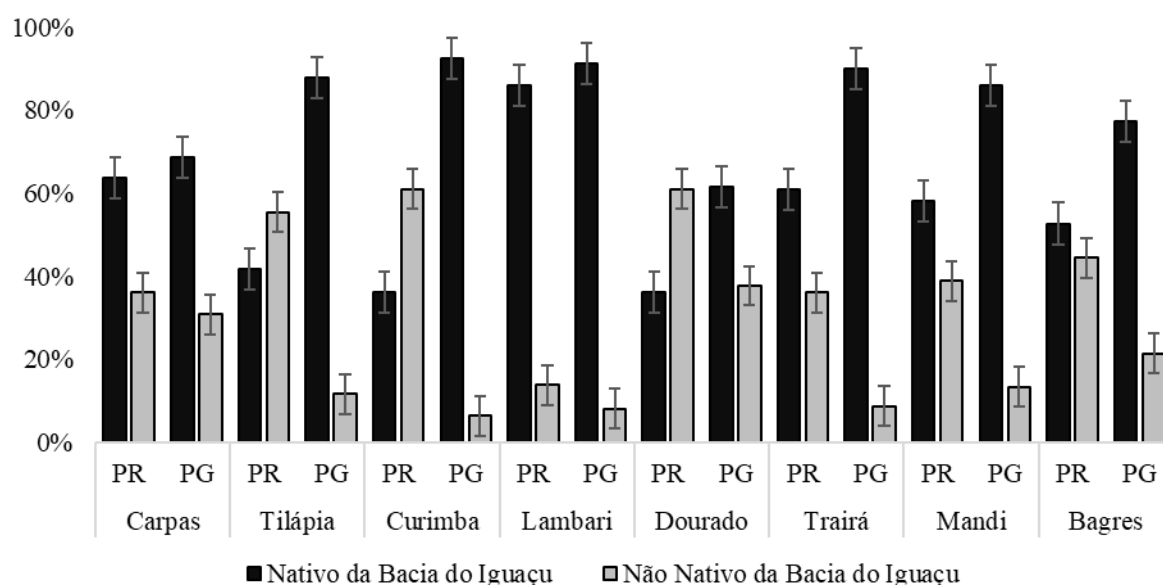


Figura 3 – Avaliação da natividade da população geral (PG) e pescadores regionais (PR) do médio Iguaçu sobre as espécies presentes na bacia do Iguaçu.

Figure 3 – Assessment of the nativity of the general population (PG) and regional fishermen (PR) of the middle Iguaçu regarding the species present in the Iguaçu basin.

Quando perguntado aos entrevistados da PG se no rio Iguaçu existia mais de uma espécie de Lambari: 51,94% responderam que não, 41,28% que sim, e 6,98 não sabe ou não respondeu. Resultados estes que diferem do conhecimento dos PR onde 86,11% afirmou que existe sim mais de uma espécie de lambari.

Consumo de carne de peixe na região do Médio Iguaçu

Tilápia e Lambari são os peixes com maior preferência de consumo entre os dois grupos. A comparação entre pescadores e a população geral da região do Médio Iguaçu revelou diferenças significativas nas médias de preferência de consumo para a maioria das espécies avaliadas. Para cinco das seis espécies analisadas — Dourado, Bagre, Lambari, Carpa e Traíra — os pescadores apresentaram médias de preferência significativamente maiores que a população geral ($p < 0.05$), indicando maior consumo e valorização dessas espécies por parte desse grupo. A única exceção foi a Tilápia, para a qual não foi observada diferença estatisticamente significativa entre os grupos ($p = 0.05$), apesar da média dos pescadores (2,14) também ter sido superior à da população (1,77). Há uma baixa aceitação do dourado no consumo, muitos fatores podem estar envolvidos nestes dados: dentre eles uma baixa aceitação nos hábitos alimentares baseado em uma relação histórico-cultural além de baixa disponibilidade de comércio da espécie, e até problemas relacionado as leis ambientais de

proteção. A tilápia, embora também seja exótica, demonstra ampla aceitação alimentar, o que evidencia uma normalização de seu consumo devido à presença fácil no mercado (Figura 4).

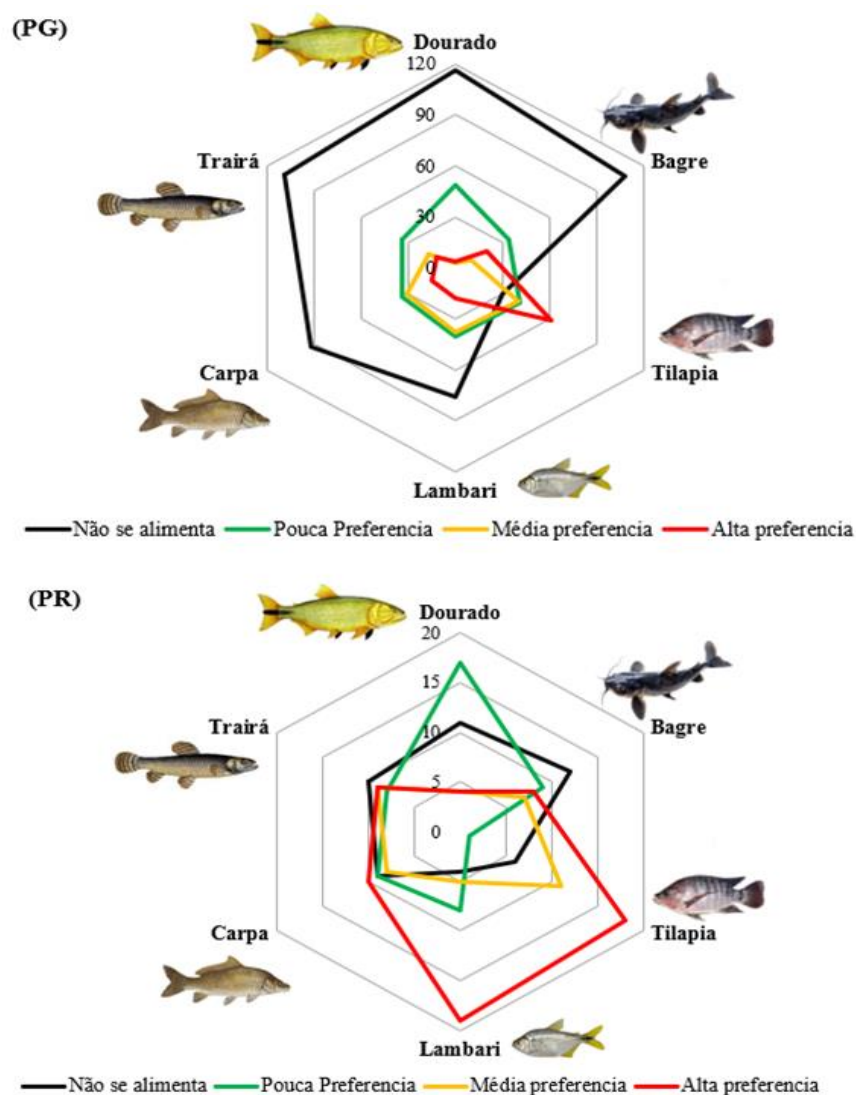


FIGURA 4 – Preferência alimentar para consumo de pescado da população geral (PG) e pescadores regionais (PR) no médio Iguaçu.

FIGURE 4 – Food preference for fish consumption of the general population (PG) and regional fishermen (PR) in the middle Iguaçu.

Tabela 7 – Comparação de consumo (média e *p* valor) do grupo pescadores regionais (PR) e população geral (PG) sobre o consumo de carnes de peixes na região do médio Iguaçu

*Table 7 – Comparison of consumption (mean and *p* value) of the group of regional fishermen (PR) and general population (PG) regarding the consumption of fish meat in the Médio Iguaçu region*

Espécie	Média (PR)	Média (PG)	<i>p</i>-valor
Dourado	1,03	0,39	<0,0001
Bagre	1,31	0,66	0,0006
Tilápia	2,14	1,77	0,0598
Lambari	2,08	0,99	<0,0001
Carpa	1,53	0,82	0,0004
Traíra	1,47	0,60	<0,0001

Corroborando com estes dados foi questionado aos pescadores o que eles fazem com espécies de dourado capturada: 36,11% consomem, 2,78% faz a venda e 41,67% devolvem ao rio (nunca capturou 5,56% e não respondeu 13,89%). Verifica-se uma grande parcela dos PR realizando crime ambiental se considerarmos a legislação nacional (Lei nº 9.605/98 – reintrodução de exótica), contudo a legislação estadual do Paraná defende essa prática na bacia do Iguaçu, sendo essa uma das principais justificativas dos pescadores para a devolução.

DISCUSSÃO

Pesquisas baseadas em participação voluntária apresentam limitações na representatividade da amostra, nem todos os segmentos da sociedade tendem a participar igualmente. Indivíduos com menor familiaridade com o tema são menos propensos a responder, o que pode introduzir viés na percepção pública (Cordeiro *et al.* 2020). No entanto, o desenho metodológico deste estudo mitigou essa limitação com uma abordagem mista, contemplando pontos fixos e abordagens ativas em espaços públicos, com um público mais heterogêneo, refletindo de forma consistente a percepção pública nas cidades alvo.

Percepção sociopolítico e ambiental do Dourado e do Lambari

Os estudos de opinião pública têm se mostrado fundamentais para compreender as motivações e defesa das introduções de espécies não nativas e avaliar o apoio social às estratégias de manejo (Estévez *et al.* 2015, Crowley *et al.* 2017, Novoa *et al.* 2017). Contudo os resultados do estudo evidenciam algumas incongruências entre diferentes segmentos sociais da região. A maioria da população e pescadores tendem a ter opiniões correta do perigo da invasão do *S. brasiliensis* na bacia

do Iguaçu apoiando a liberação da pesca e abate como uma estratégia de controle da espécie, ao mesmo tempo em que defende a proteção integral das espécies nativas de lambari, cujo valor transcende o ecológico, alcançando dimensões político-culturais locais. Em contraste, alguns tomadores de decisão e lojistas, demonstram resistência à liberação da pesca do dourado, pôr o considerarem uma possível fonte de renda e atração turística regional, sendo favorecidos monetariamente ou em promoção pessoal, independentemente dos riscos que tal espécie impõe à biodiversidade local, fato preocupante visto que esses grupos têm o poder de decisões.

É evidente que a oposição pública pode dificultar o sucesso dos programas de erradicação (Cáceres-Escobar *et al.* 2019), muitas espécies invasoras são valorizadas pelas pessoas (animais de estimação) ou são carismáticas (Shackleton *et al.* 2019, Jaric *et al.* 2020), além de espécies bandeira símbolos de conservação em outras localidades, levando a uma proteção errônea e dificultando o manejo. Além disso, a oposição pode intensificar conflitos entre os diversos atores envolvidos na gestão ambiental (Estévez *et al.* 2015, Crowley *et al.* 2017, Tadaki *et al.* 2022). No entanto, esse cenário de valorização da espécie não nativa não se verifica na região do médio Iguaçu, a maioria dos entrevistados demonstra conhecimento consolidado sobre a origem e impacto do Dourado. Esse entendimento favorece a implementação de ações de educação ambiental, que podem ser fortalecidas por meio de campanhas em escolas, espaços públicos e meios de comunicação. A divulgação dos impactos negativos das espécies invasoras aumenta com o apoio e o engajamento da população (Cole *et al.* 2019; Novoa *et al.* 2017, Shackleton *et al.* 2020, Cordeiro *et al.* 2020, Jubase, *et al.* 2021).

A pequena parcela da comunidade do estudo que enxerga a espécie de Dourado com potencial oportunidade econômica (turismo e pesca esportiva), pode gerar conflitos com estratégias conservacionistas voltadas à erradicação. Contudo, o turismo também pode disseminar espécies invasoras, notadamente quando as espécies são promovidas como elementos "naturais" mascarando os efeitos negativos (Hall *et al.* 2011, Oded & Ram 2015, Jaric *et al.* 2020, Kourantidou *et al.* 2022, Hayes 2023). Vale destacar que a região do Médio Iguaçu já foi conhecida por suas festas e eventos tradicionais da pesca do lambari, nos últimos anos vem perdendo visibilidade e espaço no calendário local, levando a uma diminuição do fluxo econômico, bem como ameaça a cultura local. Os conflitos no manejo de espécies invasoras deriva de desacordos de valores, (econômico direto), moralistas,

humanísticos (valor cultural ou espiritual) ou naturalistas e estéticos (Estévez *et al.* 2015).

Um modo direto de controle de espécies invasoras é através do incentivo da pesca, as mudanças permitem que os pescadores artesanais e recreativos atuem no manejo. Estratégia já implantada para controle da espécie invasora *Arapaima gigas* (pirarucu) em áreas Amazônicas não nativa (Doria *et al.* 2020). Experiências semelhantes foram observadas em outras regiões: Mergulhadores-pescadores em Cozumel e Puerto Morelos para controle do peixe-leão em áreas do Atlântico Ocidental (Carrillo-Flota & Aguilar-Perera 2017, Cen-López & Aguilar-Perera 2020), em Belize, o peixe-leão passou a ser considerado uma pescaria quase formal, com valor econômico local (Chapman *et al.* 2016). Apesar do potencial de engajamento de pescadores no controle de espécies invasoras, essa abordagem deve ser adotada com cautela. É importante considerar que, mesmo de forma não intencional, os próprios pescadores podem atuar como vetores de dispersão de espécies não nativas, alterando os objetivos inicialmente propostos (Gerber *et al.* 2024). Deste modo, essa é uma alternativa de estratégia para controle do Dourado no Iguaçu, mas para isso é necessário realizar a alteração de leis estaduais para liberação legal da pesca e abate da espécie para a bacia do Iguaçu.

Conhecimento da natividade dos peixes do Iguaçu

Precisamos ter cuidado ao interagir por um longo do tempo com espécies não nativas as percepções sociais sobre o que constitui um estado natural “desejável” do ambiente têm evoluído, o que influencia diretamente a forma como espécies exóticas são percebidas (Soga & Gaston 2018). À medida que o tempo desde a introdução de uma espécie aumenta, diminui também a capacidade das pessoas de reconhecê-la como exótica (Garcia-Llorente *et al.* 2008). Essa dificuldade de identificação é agravada pela construção de vínculos emocionais e culturais, que rapidamente passam a integrar a identidade local (Crowley *et al.* 2017, 2018). Esse fenômeno pode ser observado na popularização equivocada de espécies: como a Tilápia no Brasil (Gutierrez *et al.* 2023). A ausência de campanhas educativas e informativas contribui para a consolidação desse imaginário, fazendo com que a população, exposta à espécie por longos períodos, desenvolva certa aceitação ou até apreço pela sua presença. O presente estudo confirma essa tendência ao revelar que a grande parte população local desconhece algumas espécies como invasoras em sua região. Tilápias e Carpas, por exemplo, são frequentemente identificadas erroneamente como espécies nativas da bacia do Iguaçu. Os primeiros

registros da Carpa (*Cyprinus carpio*) no Iguaçu datam de oito décadas atrás, com relato formal feito por George S. Myers em 1947 (Daga *et al.* 2016). Esses dados são preocupantes, se com o tempo aumentar o apreço popular pelo Dourado, pode comprometer estratégias de manejo, embora o processo de invasão seja inicial e todos os grupos consultados concordem com medidas de manejo, essas ações precisam ser implementadas com urgência, pois caso a espécie se torne culturalmente valorizada, sua erradicação ou controle poderá se tornar inviável.

O desconhecimento da comunidade com as espécies ser nativa ou não da sua região não é um caso isolado deste estudo. Nos Estados Unidos, pescadores do Rio Missouri demonstraram conhecimento extremamente limitado sobre carpas (Gerber *et al.* 2024). Na Escócia, a maioria dos entrevistados não soube identificar espécies não nativas no Rio San Marcos (Oxley *et al.* 2016). Estudos em diversos contextos educacionais também revelam níveis preocupantes de desconhecimento: No Brasil (de Melo *et al.* 2021), e Estados Unidos (Waliczek *et al.* 2017) os alunos demonstraram conhecer mais espécies exóticas do que nativas. Mesmo entre professores, o conhecimento sobre esse tema é geralmente básico (Amorim *et al.* 2024, Stazione 2025).

Consumo de carne de peixe na região do Médio Iguaçu

Entre as várias formas de tentar erradicar ou reduzir a abundância de uma espécie invasora, uma delas é incentivar o consumo dessa espécie e desenvolver novos pratos característicos (Carrillo-Flota & Aguilar-Perera 2017, Cerveira *et al.* 2021). Essa prática é comumente realizada na América Central como forma de controlar os peixes-leão invasores *Pterois volitans* e *Pterois miles* (Chapman *et al.* 2016, Carrillo-Flota & Aguilar-Perera 2017), assim como as carpas asiáticas invasoras (NPS 2021), estratégia também utilizada na patagônia com os peixes invasores salmonídeos (*Salvelinus* sp., *Salmo* sp. e *Oncorhynchus mykiss*) (Lambertucci & Speziale 2011). Na França, 96% da população estava disposta a apoiar o abate de caranguejos invasores consumindo-os (Marchessaux *et al.* 2024). Embora a erradicação do *S. brasiliensis* seja uma tarefa complexa e de longo prazo, ações imediatas como incentivar o consumo da carne de Dourado pode complementar aos esforços de controle biológico na região do médio Iguaçu e em outras áreas da bacia. Apesar de os dados revelarem um baixo apreço da população local pela carne do dourado, permanece incerto se tal rejeição decorre da baixa oferta do produto, consequência de sua proteção legal mesmo em áreas onde é espécie invasora ou de barreiras

socioculturais que desestimulam seu uso culinário.

Outras abordagens, como o incentivo por agências governamentais e divulgação em programas de TV para incentivar o consumo de espécies invasoras, já vêm sendo realizadas (Cerveira *et al.* 2021, Seaman *et al.* 2024). Parques e áreas protegidas podem colaborar com chefs locais para promover o uso culinário de espécies invasoras, aproveitando o turismo e festivais gastronômicos (Seaman *et al.* 2024). Na região do médio Iguaçu, prefeituras locais podem firmar parcerias com estabelecimentos turísticos para promover o consumo do Dourado. Essa estratégia pode estimular o turismo gastronômico, fortalecer a economia local e, ao mesmo tempo, contribuir para o controle da espécie invasora.

Conclui-se que as avaliações sociais sobre o que deve ser protegido, os motivos para tal proteção e os meios pelos quais ela deve ocorrer são moldadas por um conjunto complexo de relações, as espécies introduzidas impactam os grupos de forma desigual, tanto no espaço quanto no tempo. Destaca-se a necessidade de ampliar investigações para outras regiões da bacia do Iguaçu a fim de compreender de forma mais abrangente as percepções comunitárias no estado do Paraná frente a essa invasão. Observa-se, ainda, a influência de interesses econômicos específicos na tentativa de legitimar a presença da espécie invasora por meio de legislações inadequadas. Assim, este trabalho funciona como um alerta aos tomadores de decisão: pois a grande parte da população do médio Iguaçu demonstra conhecimento sobre o problema e disposição para combater a invasão do Dourado no Iguaçu.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos às Prefeituras Municipais de União da Vitória (PR) e Porto União (SC) pelo apoio ao desenvolvimento deste trabalho. Nossos agradecimentos ao CONTUR de Porto União pela contribuição na execução da pesquisa, à Pousada Recanto Bela Vista pelo suporte prestado. Somos gratos a todos os participantes da pesquisa, em especial ao vereador de União da Vitória, Anderson do Rocio, ao secretário de governo Sthefan e ao secretário de cultura de Porto União, Marcelo Stork, pelo apoio fornecido.

REFERENCIAS

- Abell R, Thieme ML, Revenga C, Bryer M, Kottelat M, Bogutskaya N et al. (2008) Freshwater ecoregions of the world: a new map of biogeographic units for freshwater biodiversity conservation. *BioScience*. 58(5), 403–14. <https://doi.org/10.1641/B580507>
- Adelino JRP, Heringer G, Diagne C, Courchamp F, del Bianco Faria L, Zenni RD. 2021. The economic costs of biological invasions in Brazil: a first assessment. *NeoBiota*, 67:349-374. <https://doi.org/10.3897/neobiota.67.59185>
- Agresti A. 2013. Categorical data analysis. John Wiley & Sons.
- Amorim MDB, Oliveira I, de Athaydes Liesenfeld MV. 2024. Popular knowledge and perceptions of invasive exotic species in Acre, Brazil. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*, 59:e1762–e1762. <https://doi.org/10.5327/Z2176-94781762>
- Baumgartner G et al. 2012. Peixes do baixo rio Iguaçu. Maringá: Eduem.
- Bernery C, Bellard C, Courchamp F, Brosse S, Gozlan RE, Jarić I et al. 2022. Freshwater fish invasions: a comprehensive review. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 53(1), 427-456. <https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-032522-015551>
- Bezerra LAV, Freitas MO, Daga VS, Occhi TVT, Faria L et al. 2019. A network meta-analysis of threats to South American fish biodiversity. *Fish and Fisheries*, 20:4620-4639. <https://doi.org/10.1111/faf.12365>
- Bradshaw CJ, Hoskins AJ, Haubrock PJ, Cuthbert RN, Diagne C, Leroy B et al. 2021. Avaliação detalhada dos custos econômicos relatados de espécies invasoras na Austrália. *NeoBiota*, 67:511-550. <https://doi.org/10.3897/neobiota.67.58834>
- Britton JR, Gozlan RE. 2013. Geopolítica e serviços ecossistêmicos como impulsionadores da alodiversidade de peixes de água doce da Europa. *Glob Environ Change*, 23:1566-1574.
- Caceres-Escobar H, Kark S, Atkinson SC, Possingham HP, Davis KJ. 2019. Integrating local knowledge to prioritise invasive species management. *People and Nature*, 1(2), 220-233. <https://doi.org/10.1002/pan3.27>
- Carrillo-Flota E, Aguilar-Perera A. 2017. Stakeholder perceptions of red lionfish (*Pterois volitans*) as a threat to the ecosystem and its potential for human consumption in Quintana Roo, Mexico. *Ocean & Coastal Management*, 136:113-119. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2016.11.027>
- Cen-López A, Aguilar-Perera A. 2020. Perceptions of diver-fishermen and recreational divers on lionfish as a threat in the Parque Nacional Arrecife Alacranes, southern Gulf of Mexico. *Ocean & Coastal Management*, 193, 105225. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2020.105225>
- Cerveira I, Dias E, Baptista V, Teodósio MA, Morais P. 2021. Invasive fish keeps native feeding strategy despite high niche overlap with a congener species. *Regional Studies in Marine Science*, 47, 101969. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2021.101969>
- Chapman JK, Anderson LG, Gough CL, Harris AR. 2016. Working up an appetite for lionfish: a market-based approach to manage the invasion of *Pterois volitans* in Belize. *Marine Policy*, 73:256-262. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2016.07.023>
- Cole E, Keller RP, Garbach K. 2019. Risk of invasive species spread by recreational boaters remains

high despite widespread adoption of conservation behaviours. *Journal of Environmental Management*, 229:112-119. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.06.078>

Cordeiro B, Marchante H, Castro P, Marchante E. 2020. Does public awareness about invasive plants pays off? An analysis of knowledge and perceptions of environmentally aware peoples in Portugal. *Biol Invasions*, 22:2267-2281. <https://doi.org/10.1007/s10530-020-02247-z>

Crowley SL, Hinchliffe S, McDonald RA. 2017. Conflict in invasive species management. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 15(3), 133-141. <https://doi.org/10.1002/fee.1471>

Crowley SL, Hinchliffe S, McDonald RA. 2018. Killing squirrels: exploring motivations and practices of lethal wildlife management. *Environment and Planning E: Nature and Space*, 1:120-143. <https://doi.org/10.1177/2514848617747831>

Crystal-Ornelas R, Lockwood JL. 2020. The ‘known unknowns’ of invasive species impact measurement. *Biological Invasions*, 22:1513-1525. <https://doi.org/10.1007/s10530-020-02200-0>

Cuthbert RN, Bacher S, Blackburn TM, Diagne C, Essl F, Haubrock PJ et al. 2024. Economic impact disharmony in global biological invasions. *Science of the Total Environment*, 913:169622. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.169622>.

Daga VS, Debona T, Abilhoa V, Gubiani EA, Vitule JRS. 2016. Non-native fish invasions of a Neotropical ecoregion with high endemism: a review of the Iguaçu River. *Aquat Invasions*, 11(2), 209-223. <http://dx.doi.org/10.3391/ai.2016.11.2.10>

Dagosta FCP, Monção MS, Nagamatsu BA, Pavanelli CS, Carvalho FR, Lima F et al. 2024. Fishes of the upper rio Paraná basin: diversity, biogeography and conservation. *Neotropical Ichthyology*, 22(1), e230066. <https://doi.org/10.1590/1982-0224-2023-0066>

de Melo EPC, Simião-Ferreira J, de Melo HPC, Godoy BS, Daud RD, Bastos RP, Silva DP. 2021. Biological invasions in Brazilian environmental science courses: do we need new approaches? *Neotropical Biology and Conservation*, 16(1), 221-238. <https://doi.org/10.3897/neotropical.16.e60200>

Diagne C, Leroy B, Vaissière AC et al. 2021. High and rising economic costs of biological invasions worldwide. *Nature*, 592:571-576. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03405-6>

Doria CRC, Catâneo DTBS, Torrente-Vilara G, Vitule GRS. 2020. Is there a future for artisanal fishing in the Amazon? The case of *Arapaima gigas*. *Management of Biological Invasions*, 11(1), 1-8. <https://doi.org/10.3391/mbi.2020.11.1.01>

Estévez RA, Anderson CB, Pizarro JC, Burgman MA. 2015. Clarifying values, risk perceptions, and attitudes to resolve or avoid social conflicts in invasive species management. *Conservation Biology*, 29:19-30. <https://doi.org/10.1111/cobi.12359>

García-Llorente M, Martín-López B, González JA, Alcorlo P, Montes C. 2008. Social perceptions of the impacts and benefits of invasive alien species: implications for management. *Biological conservation*, 141(12), 2969-2983. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2008.09.003>

Geller IV, Garcia DAZ, Casimiro ACR, Pereira AD, Jarduli LR, Vitule JRS et al. 2020. Good intentions, but bad effects: environmental laws protect non-native ichthyofauna in Brazil. *Fisheries Management and Ecology*. 28:14-17. <https://doi.org/10.1111/fme.12446>

Geller IV, Garcia DAZ, Pereira AD, Casimiro ACR, Cochak C, Vitule JRS et al. 2021. New conservation opportunities: using citizen science in monitoring non-native species in Neotropical region. *Journal of Applied Ichthyology*, 37(5), 779-785. <https://doi.org/10.1111/jai.14231>

- Geller IV, Vitule JRS, Ferraz JD, Pereira AD, Orsi ML. 2025. Current and future invasion of a predator with potential for impact negative in a region of high neotropical endemism. *Neotropical Ichthyology*, 23(2), e250056. <https://doi.org/10.1590/1982-0224-2025-0056>
- Gerber AL, Mulligan H, Kaemingk MA, Coulter AA. 2024. Angler knowledge of live bait regulations and invasive species: insights for invasive species prevention. *Biological Invasions*, 26:3219-3226. <https://doi.org/10.1007/s10530-024-03378-3>
- Gubiani ÉA, Frana VA, Maciel AL, Baumgartner D. 2010. Occurrence of the non-native fish *Salminus brasiliensis* (Cuvier, 1816), in a global biodiversity ecoregion, Iguacu River, Parana River basin, Brazil. *Aquatic Invasions*, 5(2), 223-227. <https://doi.org/10.3391/ai.2010.5.2.14>.
- Gutierre SMM, Prado IG, Silva BLA, de Deus RCCA, Cunico AM, Franco SCA, et al. 2023. Invasoras sim! Nada casuais e jamais naturalizadas: o real panorama da tilapicultura no Brasil. *Rev Panorama da Aquicultura* 1(1), 1–11.
- Hall CM, James M, Baird T. 2011. Forests and trees as charismatic mega-flora: implications for heritage tourism and conservation. *Journal of Heritage Tourism*, 6(4), 309-323. <https://doi.org/10.1080/1743873X.2011.620116>
- Haubrock PJ, Bernery C, Cuthbert RN, Liu C, Kourantidou M, Leroy B et al. 2022. Knowledge gaps in economic costs of invasive alien fish worldwide. *Science of the Total Environment*, 803:149875. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149875>
- Hayes S, Lovelock B, Carr A. 2023. ‘They sure do have a pretty colour palette!’: the problematic promotion of invasive species as tourism icons. *Tourism Recreation Research*, 50(1), 39-57. <https://doi.org/10.1080/02508281.2023.2199613>
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2025. Panorama do município de União da Vitória – PR. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/uniao-da-vitoria/panorama>. Acesso em: 5 mai. 2025.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2025. Panorama do município de Porto União – SC. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/sc/porto-uniao.html>. Acesso em: 5 mai. 2025.
- Jarić I, Courchamp F, Correia RA, Crowley SL, Essl F, Fischer A et al. 2020. The role of species charisma in biological invasions. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 18(6), 345-353. <https://doi.org/10.1002/fee.2195>
- Jubase N, Shackleton RT, Measey J. 2021. Public awareness and perceptions of invasive alien species in small towns. *Biology* 10:1322. <https://doi.org/10.3390/biology10121322>
- Kourantidou M, Haubrock PJ, Cuthbert RN, Bodey TW, Lenzner B, Gozlan RE et al. 2022. Invasive alien species as simultaneous benefits and burdens: trends, stakeholder perceptions and management. *Biological Invasions*, 24:1-22. <https://doi.org/10.1007/s10530-021-02727-w>
- Kumschick S, Bertolino S, Blackburn TM, Brundu G, Costello KE et al. 2024. Using the IUCN Environmental Impact Classification for Alien Taxa to inform decision-making. *Conservation Biology*, 38(2), e14214. <https://doi.org/10.1111/cobi.14214>
- Lambertucci SA, Speziale KL. 2011. Protecting invaders for profit. *Science*, 332(6025), 35. <https://doi.org/10.1126/science.332.6025.35-a>

Maack R. 2012. Geografia física do estado do Paraná. 4. ed. Ponta Grossa: UEPG.

Marchessaux G, Sibella B, Garrido M, Abbruzzo A, Sarà G. 2024. Can we control marine invasive alien species by eating them? The case of *Callinectes sapidus*. *Ecology and Society* 29(2):art19. <https://doi.org/10.5751/ES-15056-290219>.

Novoa A, Dehnen-Schmutz K, Fried J et al. 2017. Does public awareness increase support for invasive species management? Promising evidence across taxa and landscape types. *Biological invasions*, 19:3691-3705. <https://doi.org/10.1007/s10530-017-1592-0>.

NPS. 2021. Asian carp overview. National Park Service. <https://www.nps.gov/miss/learn/nature/ascarpover.htm>.

Oded C, Ram Y. 2015. Tourism is not only the vector of biological invasion but also the victim: Evidence from Israel. *Tourism Recreation Research*, 40(3),407-410. <https://doi.org/10.1080/02508281.2015.1086130>.

Oxley FM, Waliczek TM, Williamson PS. 2016. Stakeholder opinions on invasive species and their management in the San Marcos River. *HortTechnology*, 26(4), 514-521. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.26.4.514>

Seaman AN, Franzidis A, Samuelson H, Ivy S. 2021. Eating invasives: chefs as an avenue to control through consumption. *Food, Culture & Society*, 25(1),108–125. <https://doi.org/10.1080/15528014.2021.1884423>.

Seebens H, Blackburn TM, Dyer EE, Genovesi P, Hulme PE et al. 2017. No saturation in the accumulation of alien species worldwide. *Nature Communications*, 8:114435. <https://doi.org/10.1038/ncomms14435>.

Seebens H, Bacher S, Blackburn TM, Capinha C, Dawson W et al. 2021. Projecting the continental accumulation of alien species through to 2050. *Global Change Biology*, 27:5970-5982. <https://doi.org/10.1111/gcb.15333>.

Shackleton RT, Richardson DM, Shackleton CM et al. 2019. Explaining people's perceptions of invasive alien species: a conceptual framework. *Journal of environmental management*, 229:10-26. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.04.045>.

Shackleton RT, Novoa A, Shackleton CM, Kull CA. 2020. The social dimensions of biological invasions in South Africa. In: van Wilgen BW, Measey J, Richardson DM, Wilson JR, Zengeya TA (eds). *Biological Invasions in South Africa*. Springer, Berlin/Heidelberg, Germany, p. 697–726.

Simberloff D. 2021. Maintenance management and eradication of established aquatic invaders. *Hydrobiologia*, 848:2399-2420. <https://doi.org/10.1007/s10750-020-04352-5>.

Soga M, Gaston KJ. 2018 Shifting baseline syndrome: causes, consequences, and implications. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 16(4), 222-230. <https://doi.org/10.1002/fee.1794>.

Stazione L. 2025. Study on community knowledge and awareness of invasive species. *bioRxiv*, 2025-02. <https://doi.org/10.1101/2025.02.18.638815>.

Tadaki M, Holmes R, Kitson J, McFarlane K. 2022. Understanding divergent perspectives on introduced trout in Aotearoa: a relational values approach. *Kotuitui*, 17(4), 461-478. <https://doi.org/10.1080/1177083X.2021.2023198>.

Vitule JRS, Bornatowski H, Freire CA, Abilhoa V. 2014. Extralimital introductions of *Salminus*

brasiliensis (Cuvier, 1816) (Teleostei, Characidae) for sport fishing purposes: a growing challenge for the conservation of biodiversity in neotropical aquatic ecosystems. *BioInvasions Records*, 3:291–296. <http://dx.doi.org/10.3391/bir.2014.3.4.11>

Vitule JR, Occhi TV, Kang B, Matsuzaki SI, Bezerra LA, Daga VS, Frehse AFFL, Walter F, Padial AA. 2019. Intra-country introductions unraveling global hotspots of alien fish species. *Biodiversity and Conservation*, 28:3037–3043. <https://doi.org/10.1007/s10531-019-01815-7>

Vitule, J.R.S. & Pelicice, F.M. A pesca amadora e as espécies exóticas invasoras. In: Domingos Garrone Neto, Acácio Ribeiro Gomes Tomás, Matheus Oliveira Freitas, Fabio dos Santos Motta.. (Org.). *Pesca amadora no Brasil : um panorama sobre estudos, políticas públicas e desafios de gestão*. 1ed. Brasília: Natureza em Foco, 2025, v. 1, p. 1-412. disponível em: Pesca amadora no Brasil - Portal Gov.br

Waliczek TM, Williamson PS, Oxley FM. 2017. College student knowledge and perceptions of invasive species. *HortTechnology*, 27:550-556. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH03709-17>.

Zar J.H. 2010. *Biostatistical analysis*. 5th ed. Pearson Prentice Hall, Upper Saddle River. NJ.

Apêndice 1 – Manchetes divulgadas em meios de comunicação para convidar a população das cidades de União da Vitória e Porto União para a consulta pública relacionado a liberação da pesca do dourado na bacia do Iguaçu.

Appendix 1 – Headlines published in the media to invite the population of the cities of União da Vitória and Porto União to the public consultation related to the release of dourado fishing in the Iguaçu basin.



Estudo

Comunidade pode participar de consulta sobre pesca do Dourado no Rio Iguaçu

Da Assessoria

27/01/2025 - 11h38 - Atualizado há 4 meses



Regional

Segurança Pública

Política

Esporte

Entretenimento

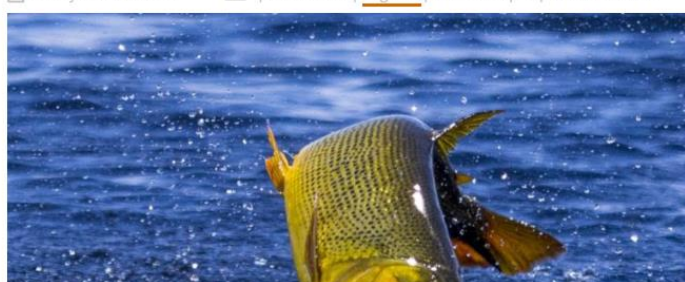
Geral

Vale do Iguaçu: municípios são convidados a participar de consulta pública sobre pesca do Dourado

28 de janeiro de 2025 | Porto União | Regional | Sub-Destaques | União da Vitória

Confira algumas categorias que podem te interessar:

Coronavírus



PORTAL DA CIDADE

UNIÃO DA VITÓRIA

Outras cidades

Encontre no portal

HOME

NOTÍCIAS

PAPO DE ESPECIALISTA

GUIA COMERCIAL

EVENTOS

EMPREGOS

AGENDA

VEÍCULOS

IMÓVEIS

CÂMERAS

15 DE JUNHO

VESTIBULAR DE INVERNO UGV 2025

INSCREVA-SE GRATUITAMENTE

ugv

Centro Universitário

Home / Notícias / Cidade / Municípios são convidados a participar de consulta pública sobre pesca do Dourado

CONSULTA PÚBLICA

Municípios são convidados a participar de consulta pública sobre pesca do Dourado

Todos os moradores residentes em União da Vitória ou Porto União

Editorias

Achados e Perdidos

Agronegócio

Cidade

Cultura

Smurfit Westrock

Dúvidas ou Sugestões? Ligue para a gente!

Se você possui dúvidas ou sugestões sobre o nosso negócio, ligue para:

0800 644 5400



ubplaytv e outros 2

Áudio original

ubplaytv 18 sem

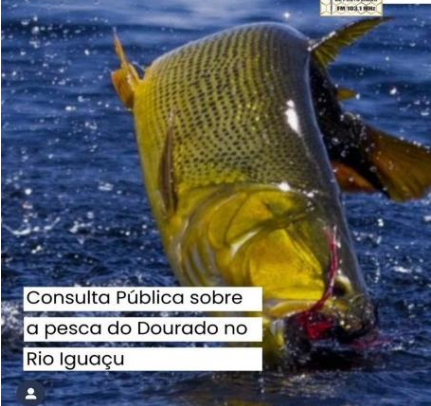
O professor lago Vinícios Geller, da UGV, investiga a presença do Dourado no Rio Iguaçu e seus efeitos no ecossistema local. Descubra os detalhes dessa pesquisa e sua importância para a conservação ambiental.

lindamir_bolos 18 sem

Parabéns!! muito sucesso!!

Curtido por eduardodaveh e outras

radiocolmeiaportouniao



Consulta Pública sobre a pesca do Dourado no Rio Iguaçu

Curtido por ph.moraissz e outras pessoas

radiocolmeiaportouniao Está sendo finalizado... mais

28 de janeiro

Vvale

27 de jan.

O questionário é gratuito, anônimo e realizado apenas de forma presencial nos seguintes pontos de coleta, entre os dias 28 de janeiro e 28 de... Ver mais



vvale.com.br

Comunidade pode participar de consulta sobre pesca do Dourado no Rio Iguaçu - Vvale

118 95 comentários 14 compartilhamentos

Curtir Comentar Enviar Compartilhar

Apêndice 2 – Modelo dos questionários e termos de consentimentos livre e esclarecido utilizados na presente pesquisa para a consulta pública aos quatro grupos da sociedade da cidade de União da Vitória e Porto União, região do Médio Iguaçu

Appendix 2 – Model of questionnaires and informed consent forms used in this research for public consultation with the four groups of society in the cities of União da Vitória and Porto União, Médio Iguaçu region

Devido à enorme quantidade de folhas deste material suplementar, os documentos completos estão disponíveis em: https://drive.google.com/drive/folders/1t4v-438ak6gnkMgq_36IgQzodJMkoddE

Apêndice 3 – Folders e artes de divulgação relacionado as festas tradicionais e eventos da pesca e gastronomia do Lambari na região do médio Iguaçu. Os folders e artes são apresentados dos mais antigos (2012) ao mais recentes (2023).

Appendix 3 – Folders and promotional art related to traditional festivals and events of fishing and gastronomy of Lambari in the middle Iguaçu region. The folders and art are presented from the oldest (2012) to the most recent (2023).



15ª FESTA DO LAMBARI
14 e 15 de Março 2020
PORTO VITÓRIA - PR

- Parque de diversões | Brinquedos infláveis

Sábado 14/03
10h00 - Abertura da Festa com presença das autoridades da região
15h00 - Treino livre de Velocross.
17h00 - Roda de chimarrão e encontro de gaiteiros
17h00 - Feira da lua
Promoção PROVOPAR.
Matibaille com Grupo Jeitão Campeiro

Domingo 15/03
Almoço com churrasco e completo serviço de bar e cozinha
- 10h00 - Torneio do da pesca do lambari
- 13h30min - Bingo
- 15h00 - Velocross
- 15h00 - Show com João Luiz Corrêa
- 17h00 - Tarde dançante Grupo MaHá

JOÃO LUIZ CORRÊA
Nº GRUPO CAMPEIRISMO

Jeitão campeiro
MAHÁ
A sensação da Vitória

Realização: **IOF Produções**
Parceiros: **PORTO VITÓRIA** **PROVOPAR**

TORNEIO DE PESCA ESPORTIVA do lambari
19 e 20 de novembro

EM IRINEÓPOLIS - SC, NO PESQUEIRO MAZZY
Inscrições no site: www.irineopolis.sc.gov.br

PREMIAÇÃO:

CATEGORIA INFANTIL (07 a 12 anos)
1º Lugar: Troféu + Medalha + kit de pesca
2º Lugar: Troféu + Medalha
3º Lugar: Troféu + Medalha

CATEGORIA LIVRE
1º Lugar: Troféu + Medalha + vale no valor de R\$ 600,00 para gastar na Pousada/Pesqueiro
2º Lugar: Troféu + Medalha
3º Lugar: Troféu + Medalha

TORNEIO DE PESCA DO LAMBARI
DOM 26 MAR
20 e 26 de Março 2020

CATEGORIA LIVRE:
1º LUGAR - TROFÉU + R\$ 500,00
2º LUGAR - TROFÉU + R\$ 300,00
3º LUGAR - TROFÉU + R\$ 200,00

CATEGORIA INFANTIL:
1º LUGAR - TROFÉU + R\$ 150,00
2º LUGAR - TROFÉU + R\$ 100,00
3º LUGAR - TROFÉU + R\$ 50,00

VALOR DAS INSCRIÇÕES:
R\$ 50,00 — R\$ 30,00
CATEGORIA — CATEGORIA
LIVRE — INFANTIL

REALIZAÇÃO:
IOF Produções
(42) 9927-4933

LOCAL DAS INSCRIÇÕES:
LOJA ALIGENGENA PESCA ESPORTIVA (UNIÃO DA VITÓRIA)
INF: (42) 9927-4933
PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO VITÓRIA

ORGANIZAÇÃO:
ALIGENGENA
pesca esportiva



PREFEITURA DE
IRINEÓPOLIS

Secretaria Municipal
de Esportes, Cultura,
Turismo e Juventude

PESQUEIRO
MAZZY

Conselho
Municipal
de Turismo



7. CAPÍTULO 4

O FUTURO DA BIODIVERSIDADE DO IGUAÇU: POTENCIAIS INVASORES EM UMA REGIÃO ENDÊMICA NEOTROPICAL

Capítulo 4 redigido (necessário a tradução) para submissão segundo as normas do periódico *Aquatic Ecology* (Electronic ISSN - 1573-5125; Print ISSN 1386-2588)
Periódico disponível em: <https://link.springer.com/journal/10452>

O FUTURO DA BIODIVERSIDADE DO IGUAÇU: POTENCIAIS INVASORES EM UMA REGIÃO ENDEMICA NEOTROPICAL

Iago Vinícios Geller^{1*}, Jean Ricardo Simões Vitule², Henrique José Schipanski³, Alan Devid Pereira⁴,
Mário Luís Orsi¹

¹Universidade Estadual de Londrina, Departamento de Biologia Animal e Vegetal, Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas, Laboratório de Ecologia de Peixes e Invasões Biológicas (LEPIB), Rodovia Celso Garcia Cid, PR-445, km 380, 86057-970 Londrina, Paraná, Brasil. (IVG) <http://orcid.org/0000-0003-2838-8724> (MLO) <http://orcid.org/0000-0001-9545-4985>

²Universidade Federal do Paraná, Departamento de Engenharia Ambiental, Laboratório de Ecologia e Conservação, Avenida Pref. Lothário Meissner, 632, Jardim Botânico, 80210-170 Curitiba, Paraná, Brasil. (JRSV) <https://orcid.org/0000-0001-6543-7439>

³Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Biológicas, ACF Centro Politécnico - Departamento de Zoologia. , Avenida Coronel Francisco H. dos Santos s/n, Jardim das Américas, 81530900 - Curitiba, PR – Brasil (HJS) <https://orcid.org/0000-0002-6012-6954>;

⁴Universidade Estadual do Paraná – UNESPAR, *campus* União da Vitória, Praça Coronel Amazonas, s/nº, Caixa Postal 57, 84600-185 União da Vitória, Paraná, Brasil. (ADP) <https://orcid.org/0000-0002-3182-2344>

E-mail: iagogeller@hotmail.com (*autor correspondente);

Resumo: A globalização e as mudanças climáticas impulsionam a introdução de peixes não nativos, ameaçando a biodiversidade global. Muitos locais ainda são escassos os estudos que apliquem ferramentas para detectar e acompanhar as invasões. Na bacia do rio Iguaçu, sul do Brasil, a introdução descontrolada de espécies não nativas tem representado um risco para a biodiversidade local. Acreditamos que existem espécies com alta probabilidade de adequabilidade ambiental resultante de mudanças climáticas e alterações antrópicas para se estabelecer nesta bacia, causando impactos negativos e ameaçando espécies endêmicas neotropical. Objetivou-se elaborar uma lista de espécies não nativas para a bacia do Iguaçu, verificar o potencial invasor e modelar cenários atual e futuros (2040 – 2100) da invasão de cinco espécies não nativas na bacia. Utilizamos os dados online disponíveis para atualização das ocorrências, a ferramenta *Aquatic Species Invasiveness Screening Kit* para verificar o potencial invasor de cada espécie além da modelagem de nicho para a adequabilidade ambiental atual e futura das espécies alvo. Foram compiladas 40 espécies não nativas para a bacia, maior parte no baixo Iguaçu. As cinco espécies avaliadas na ferramenta apresentaram alto risco e potencial de invasão na região. Para a adequabilidade atual e futura ocorreram variações entre as espécies, entre trechos da bacia e tempos futuros, contudo duas espécies demonstram alta probabilidade de invasão. Portanto, é necessário que os tomadores de decisão implementem políticas públicas rigorosas para conter o avanço destas espécies na bacia do Iguaçu e ações que preservem a biodiversidade ictiológica endêmica.

Palavras Chaves: Invasão; Bacia do Iguaçu; AS-ISK; Modelagem de nicho; Alterações climáticas; Conservação.

Abstract: Globalization and climate change are driving the introduction of non-native fish, threatening global biodiversity. Many locations still lack studies that apply tools to detect and monitor invasions. In the Iguaçu River Basin, southern Brazil, the uncontrolled introduction of non-native species has posed a risk to local biodiversity. We believe that there are species with a high probability of environmental suitability resulting from climate change and anthropogenic alterations to establish themselves in this basin, causing

negative impacts and threatening endemic Neotropical species. The objective was to develop a list of non-native species for the Iguaçu Basin, verify their invasive potential and model current and future scenarios (2040 – 2100) of the invasion of five non-native species in the basin. We used the available online data to update occurrences, the Aquatic Species Invasiveness Screening Kit tool to verify the invasive potential of each species, and niche modeling for the current and future environmental suitability of the target species. Forty non-native species were compiled for the basin, most of them in the lower Iguaçu. The five species evaluated in the tool presented high risk and potential for invasion in the region. For current and future suitability, there were variations between species, between sections of the basin and in the future, however two species demonstrate a high probability of invasion. Therefore, it is necessary for decision-makers to implement strict public policies to contain the advance of these species in the Iguaçu basin and actions that preserve the endemic ichthyological biodiversity.

58

Keywords: Invasion; Iguaçu Basin; AS-ISK; Niche modeling; Climate change; Conservation.

60

61 1. INTRODUÇÃO

A era de extinção em massa da biodiversidade no Antropoceno (Isbell et al. 2022), tem sido impulsionada principalmente pela introdução de espécies não nativas (Brito, Daga & Vitule 2020; Jaureguiberry et al. 2022; Milardi et al. 2022) e os ambientes de água doce estão entre os mais impactados (Su et al. 2021; Turbelin et al. 2023). A globalização é o principal vetor dos movimentos de peixes não nativos (Mormul et al. 2022), com crescimentos incessantes nas taxas de invasão (Seebens et al. 2021). Em água doce, as introduções são principalmente movidas pelas atividades de Aquicultura (Casimiro et al. 2018; Vitule et al. 2019; Garcia et al. 2022), comércio ornamental (Magalhães et al. 2017; Ferraz et al. 2019), pesca esportiva (Vitule 2009; Britton e Orsi 2012; Vitule et al. 2014; Geller et al. 2021), planejamento e manejos incorretos (Azevedo-Santos et al. 2017), paralelo com iniciativas sociais e políticas errôneas e ecologicamente infundadas (Geller et al. 2020a; Garcia et al. 2022; Pelicice et al. 2023).

Embora muitas espécies não se tornem invasoras, outras apresentam um alto potencial de invasão (Simberloff e Rejmánek 2011). O processo de invasão envolve que uma espécie entre em uma nova área, sobreviva, estabeleça, reproduza e se disperse, sendo capaz de manter novas gerações (Blackburn et al. 2011; Garcia et al. 2022). Considerando que, mudanças climáticas podem gerar uma série de consequências para a distribuição e ecologia de espécies invasoras (Sorte et al. 2010), e com novas invasões previstas e catalogadas até 2050 (Seebens et al. 2021) se faz necessário o uso de metodologias preditivas de invasões de novos organismos e seus potenciais impactos em ambientes ainda inacessíveis (Corrales et al. 2019). A prevenção e detecção precoce continuam sendo as estratégias mais eficazes e econômicas para controlar a invasão (Blackburn et al. 2011) e estas estratégias envolvem a aplicação de

82 uma série de ferramentas e abordagens (Britton et al. 2023).

83 Nesse sentido, estabelecer uma lista de ocorrência e um banco de dados de espécies
84 potencialmente invasoras fornece informações acessíveis e atualizadas para os formuladores de políticas
85 (Gilles Jr et al. 2024). A exemplo destas ferramentas temos o protocolo de triagem para avaliar o risco de
86 uma invasão para peixes de água doce (*Kit de Triagem de Potencial Invasor de Espécies Aquáticas* – AS-
87 ISK) (Copp et al. 2016), além dos vários tipos de modelagem utilizada para identificar áreas históricas de
88 distribuição e prever locais de presença potencial (Bae, Murphy, Berthou 2018; Ruaro et al. 2019; Jan et
89 al. 2024). Neste escopo a modelagem é comumente usada como ferramentas de avaliação para antecipar e
90 prevenir o estabelecimento e a disseminação de espécies não nativas (Jiménez-Valverde et al. 2011).

91 Muitos locais ainda são escassos os estudos que apliquem estas ferramentas para acompanhar as
92 invasões, caso da região Neotropical responsável por um terço da diversidade mundial de peixes
93 abrigando a maior riqueza e endemismo do mundo, especialmente em duas ecorregiões no sul do Brasil
94 — Alto Paraná e Iguaçu. (Larentis et al. 2022; Dagosta et al. 2024). A bacia do Iguaçu possui
95 aproximadamente 70% de espécies endêmicas, das quais 21% ameaçadas de extinção (Reis et al. 2020;
96 Mezzaroba et al. 2021; Dagosta et al. 2024) e muitas ainda não descritas (Reis et al. 2020), sendo uma
97 ecorregião considerada um *hotspot* de biodiversidade: FEOW – Iguassu (Abell et al. 2008). Contudo, está
98 ecorregião vem sofrendo pressões com a introdução de espécies não nativas em nível alarmante (Vitule et
99 al. 2014; Daga et al. 2016; Geller et al. 2021; Cavalcante et al. 2025).

100 As causas de translocação de espécies não nativas entre as bacias hidrográficas do Brasil, são
101 diversas. Dentre várias espécies introduzidas no Brasil destacam-se as espécies recreativas e econômicas
102 como Black Bass/Achigã (*Micropterus salmoides*) (Lacepède, 1802) (Pereira e Vitule, 2019) e tucunarés
103 – (*Cichla* spp.) (Franco et al. 2022), além de espécies com valor de pescado e ações de repovoamento
104 como Corvina (*Plagioscion squamosissimus*) (Queiroz-Sousa, et al. 2018), Truta Arco Iris (*Oncorhynchus*
105 *mykiss*) (Latini et al. 2016), e as com apreço de aquaristas como Oscar - *Astronotus ocellatus* (Magalhães
106 et al. 2017). Contudo, a produção científica sobre a relação entre as mudanças climáticas e futuras
107 invasões ictiológicas na ecorregião do Iguaçu permanece limitada, o que implica uma lacuna crítica no
108 conhecimento.

109 Considerando estudos anterior sobre os impactos negativos nas mais diversas áreas após a invasão
110 de *M. salmoides* (Pereira e Vitule 2019), *Cichla* spp. (Franco et al. 2022), *P. squamosissimus* (Queiroz-

Sousa, et al. 2018), *O. mykiss* (Spairani et al. 2025) e *A. ocellatus* (Magalhães et al. 2017), considerando também a baixa abundância ou mesmo a ausência dessas espécies na bacia do Iguaçu, julgamos fundamental investigar o seu potencial de estabelecimento. Assim nossa hipótese é que, espécies não nativas já registradas na bacia do Iguaçu e novas espécies potencialmente invasoras possuem probabilidade de expansão na região devido às mudanças climáticas e alterações antrópicas nos ecossistemas. Para testar nossa hipótese delimitamos os objetivos em (i) Elaborar uma lista atualizada de ocorrência das espécies não nativas na bacia do Iguaçu. (ii) Verificar o potencial invasor de cinco espécies não nativas – três com registro esporádico e duas nunca registradas na bacia (iii) Modelar a invasão destas cinco espécies sob cenários climáticos em tempos futuros.

2. MÉTODO

2.1 área de estudo

A maior parte da bacia do Iguaçu está situada ao sul do Estado do Paraná – Brasil, ocupando (54.820 km²) além de Santa Catarina (13.470 km²) e Misiones (1.837,5 km²), na Argentina, totalizando uma área de 70.127,5 km² (Baumgartner et al. 2012). A formação da bacia remonta à era Mesozóica até início da era Paleozóica, onde é associada a movimentos escalonados do soerguimento da Serra do Mar (Mineropar 2010), originando então os três planaltos paranaenses: 1) região de Curitiba, 2) região de Ponta Grossa, e 3) região de Guarapuava (Maack 2001), estes três planaltos dividem a bacia em três regiões Alto Iguaçu (primeiro) Médio Iguaçu (segundo) e Baixo Iguaçu (terceiro planalto) (Baumgartner et al. 2012; Maack 2001). – Figura 1.

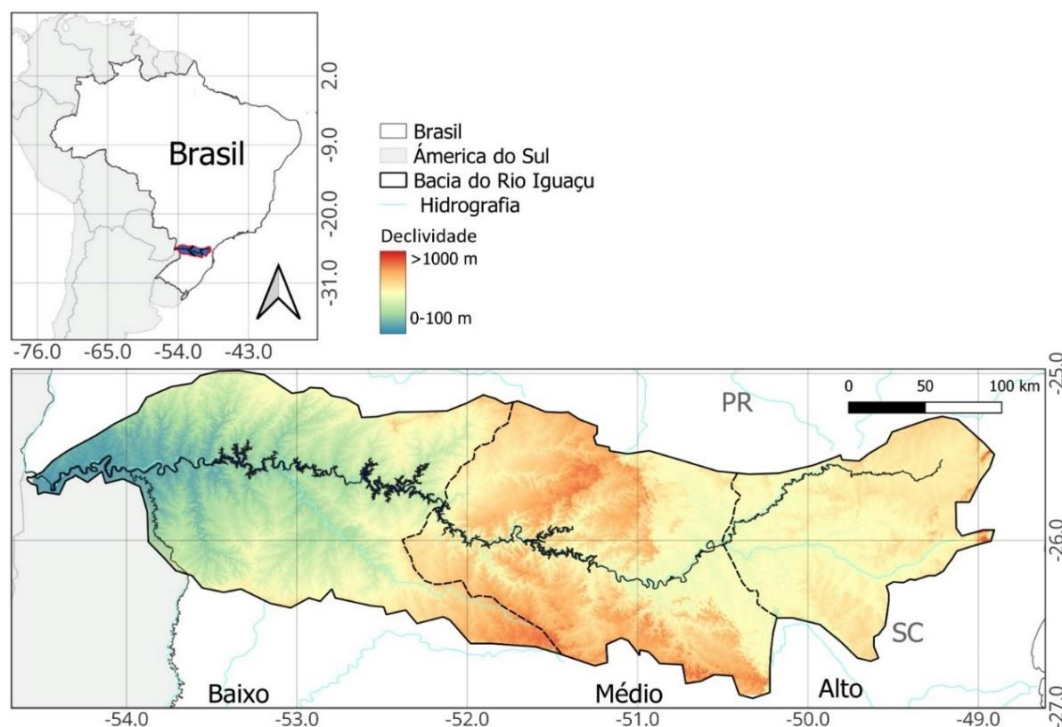


Fig. 1 – Localização e divisão geomorfológica (alto, médio e baixo) da bacia do Iguaçu.

A região do Alto Iguaçu abrange o trecho desde as nascentes em Curitiba, até o início das corredeiras no município de Porto Amazonas (Ingenito 2004). Esta região está situada na divisa entre o primeiro e o segundo planaltos paranaenses, percurso de corredeiras que se inicia com uma queda d'água conhecida como Salto Caiacanga (Maack 1981). No alto rio Iguaçu, há uma alta densidade demográfica e atividades industriais, comerciais e de serviços já em seu curso no interior do estado do Paraná, a agricultura é predominante. A região do médio Iguaçu corresponde o trecho entre Porto Amazonas e União da Vitória, que pertencem ao segundo planalto paranaense (Sema 2010). Neste trecho o rio Iguaçu apresentar características senis, com frequentes meandros e várzeas e abaixo de União da Vitória, o rio atravessa a escarpa mesozóica do terceiro planalto (Serra da Boa Esperança) e apresentava inúmeras pequenas corredeiras e cachoeiras (Ingenito 2004; Baumgartner et al. 2012). O baixo Iguaçu, inicia-se na foz do Jordão na cidade de Reserva do Iguaçu, terminando em sua desembocadura no rio Paraná (Baumgartner et al. 2012).

2.2 Lista de espécies não nativas do Iguaçu

Para o levantamento preliminar das espécies não nativas na bacia do rio Iguaçu, foi conferida a lista compilada mais recente da bacia por Mezzaroba et al. (2020), bem como a consulta individual de voucher através do *SpeciesLink*. Em seguida, foram consultadas bases de dados científicas (SciELO, Google Acadêmico e PubMed), com filtro temporal entre 2010 à 2025, para possíveis novos registros de espécies não nativas na região.

Com base nas espécies não nativas elencadas para a bacia do Iguaçu, foram selecionadas cinco espécies para avaliação do potencial de invasão: três com registros esporádicos na região — *Micropterus salmoides* (Achingã), *Cichla kelberi* (Tucunaré) e *Oncorhynchus mykiss* (Truta arco-íris) — e duas sem registros prévios confirmados — *Plagioscion squamosissimus* (Corvina) e *Astronotus ocellatus* (Oscar). A seleção baseou-se no histórico amplamente documentado de comportamento biológico invasivo dessas espécies na literatura, bem como nos alertas emitidos pela IUCN, que as classifica entre as espécies mais frequentemente introduzidas no Brasil e no mundo. Outras características ecológicas e comportamentais também foram consideradas na escolha: hábito predatório voraz, alta plasticidade alimentar, grande porte na fase adulta (>40 cm), registros de invasão em mais de três bacias Neotropicais, evidências de estabelecimento e degradação de habitats em outras regiões do Brasil, além da presença confirmada ou proximidade geográfica em relação à bacia do rio Iguaçu.

2.3 Aquatic Species Invasiveness Screening Kit (AS-ISK)

A ferramenta utilizada para identificar espécies potencialmente invasoras foi o *Aquatic Species Invasiveness Screening Kit* (AS-ISK), que está disponível para download em: www.cefas.co.uk/nns/tools/ os procedimentos utilizados da ferramenta estão disponíveis em Copp et al. (2016). O AS-ISK consiste em 49 questões (Qs) que estão agrupadas em duas seções principais, nas quais são avaliadas as características biogeográficas e históricas do táxon (13 Qs no total) e suas interações biológicas e ecológicas (36 Qs no total), que fornece a triagem de risco básica (BRA) sendo complementado por seis perguntas adicionais de Avaliação de Mudanças Climáticas (CCA) para prever como as condições climáticas futuras provavelmente afetarão a avaliação do AS-ISK, totalizando assim 55 perguntas. As categorias de classificação de confiança são: 1 = baixa, 2 = média, 3 = alta, 4 = muito alta. Em todos os casos, uma pontuação geral < 1 atribui o status de "baixo risco" (ou seja, não provável

de ser invasiva), enquanto valores ≥ 1 identificam espécies alienígenas como potencialmente invasivas e representando um "risco médio" ou "alto risco" (Copp et al. 2016). Importante, é aconselhável identificar um valor de "limiar" para a área de avaliação de risco (RA) por meio de um processo de "calibração" para distinguir entre espécies de risco médio e alto de invasividade (Copp 2013, 2016). Os valores possíveis para a pontuação BRA variam de -20 a 68, e para a pontuação BRA+CCA de -32 a 80.

2.4 Dados de ocorrência

Os registros de ocorrência para a modelagem das cinco espécies alvo foram obtidos de bancos de dados online de espécies em coleções zoológicas, incluindo o Centro de Referência em Informação Ambiental (*SpeciesLink*) e o Global Biodiversity Information Facility (GBIF) publicadas até maio de 2025. Após a coleta as ocorrências para as cinco espécies de interesse (*M. salmoides* - 16884 ocorrências; *C. kelberi* - 294; *O. mykiss* - 3375; *P. squamosissimus* - 1693; *A. ocellatus* - 1061), contendo registros georreferenciados (latitude e longitude em formato decimal) foram armazenadas em formato de tabela com extensão .csv. Para garantir a consistência dos dados, registros com coordenadas inválidas ou valores ausentes foram descartados. Essa filtragem inicial buscou minimizar erros de geolocalização que poderiam impactar negativamente a acurácia dos modelos de distribuição (Material Suplementar 1).

2.5 Dados ambientais

As variáveis ambientais utilizadas como preditores abióticos foram obtidas por meio da função *worldclim global* do pacote *geodata* (Hijmans 2024), implementado em R (R Core Team 2024) correspondentes às 19 variáveis bioclimáticas (BIO1 a BIO19) do conjunto de dados WorldClim versão 2.1 (Fick e Hijmans 2017). As camadas foram obtidas com resolução espacial de 2.5 minutos (~5 km) e posteriormente recortadas para a América (América do Sul, América Central, América do Norte e Caribe), pois era onde a maioria dos registros estava concentrado. Para reduzir a multicolinearidade entre as variáveis ambientais, foi aplicada a análise de Fator de Inflação da Variância (VIF), utilizando a função *vifstep* do pacote *usdm* (Naimi et al. 2014), implementado em R (R Core Team 2024). O limiar de exclusão adotado foi $VIF > 3$, seguindo práticas recomendadas em modelagem de nicho (Araújo et

al. 2019). Apenas as variáveis com VIF inferior a 6 foram mantidas, resultando em um subconjunto ambiental com maior independência entre os preditores ambientais.

2.6 Delimitação espacial e geração de pseudo-ausências

Para cada conjunto de ocorrência, foram extraídos os valores ambientais associados a cada ponto, descartando-se registros com NA (dados ausentes). Posteriormente, foi realizada a construção de um buffer com raio de 500 km ao redor de todos os pontos de ocorrência. No interior da área delimitada, foram gerados 10.000 pontos de pseudo-ausência aleatórios, por meio da função *spatSample* do pacote terra (Hijmans, 2025), implementado em R (R Core Team, 2024). Esses pontos foram utilizados como contraste negativo nas modelagens, sendo tratados como background pelo algoritmo Maxent.

2.7 Modelagem de Nicho

Os modelos de distribuição potencial foram construídos com a função *ENMevaluate* do pacote ENMeval (Kass et al. 2021), utilizando o algoritmo *maxnet* (Phillips et al. 2017), uma re-implementação do Maxent (Phillips et al. 2006) em R (R Core Team, 2024) com maior flexibilidade e performance. Para cada espécie, foram testadas diferentes combinações de complexidade do modelo, variando os seguintes elementos: (i) *feature class* (fc) que controlam como as variáveis ambientais são transformadas antes de serem usadas nos modelos, afetando diretamente a forma das respostas ambientais. As classes testadas foram: (a) Linear (L); assume uma relação linear entre a(s) variável(is) preditora(s) e a presença da espécie; (b) Quadrática (Q); adiciona termos quadráticos (x^2), permitindo respostas unimodais (por exemplo, picos da presença/ausência da espécie em valores intermediários); (c) Hinge (H); permite mudanças abruptas de inclinação na presença/ausência da espécie; (d) LQ e LQH que são combinações das classes acima, permitindo respostas mais complexas e flexíveis às variáveis ambientais; (ii) multiplicador de regularização (rm); parâmetro que penaliza a complexidade do modelo. Valores mais altos de rm resultam em modelos mais simples e generalistas, enquanto valores mais baixos permitem maior ajuste aos dados de treino. Foram testados valores de rm variando de 1 a 5, em incrementos de 1. Cada combinação de modelo (definida pelas fc's e pelo valor do rm) foi avaliada com base em três métricas principais de desempenho; (i) AICc (Critério de Informação de Akaike corrigido) foi utilizado para comparar a qualidade dos modelos levando em conta o ajuste aos dados e a

complexidade do modelo, penalizando excessos de parâmetros. Valores menores indicam modelos mais parcimoniosos e com melhor trade-off entre ajuste e simplicidade; (ii) CBI (Continuous Boyce Index): usado para avaliar a habilidade do modelo em distinguir áreas com maior ou menor probabilidade de presença. Valores próximos de 1 indicam boa performance; valores próximos de 0 sugerem desempenho aleatório; (iii) Taxa de Omissão ao Percentil 10 para representar a proporção de registros de ocorrência com valores de adequabilidade abaixo do limiar que retém 90% dos dados de treino. Taxas menores indicam melhor capacidade preditiva, com menos omissões. A seleção dos melhores modelos considerou essas três métricas de forma complementar: foram priorizados modelos com baixo AICc, CBI elevado e taxa de omissão reduzida

247 3. RESULTADOS

248 3.1 Lista das espécies não nativas do Iguaçu

Foram identificadas 40 espécies de peixes não nativos na bacia do Iguaçu. A distribuição espacial dessas espécies é desigual: 15 foram identificadas no alto, 21 no médio Iguaçu e 37 no baixo Iguaçu. Em comparação à última listagem de espécies não nativas realizada por Mezzaroba et al. (2021), propomos ajustes com base em registros recentes e reavaliação dos vouchers em base de dados. Consideramos como espécies nativas da bacia do Iguaçu os seguintes peixes: *Steindachnerina brevipinna* e *Callichthys callichthys*, ambas com ampla ocorrência em sub-bacias do baixo Iguaçu, incluindo registros dentro de unidades de conservação. Estas espécies são naturalmente distribuídas nas bacias dos rios Paraná, Uruguai e Paraguai, sendo sua presença no baixo Iguaçu consistente com padrões de dispersão natural. A espécie *Loricariichthys rostratus*, por sua vez, apresenta registros restritos ao Baixo Iguaçu, com escassez de informações e dúvidas taxonômicas. No inventário de Baumgartner et al. (2012), os registros aparecem como “cf.”, indicando incerteza quanto à identificação precisa e levantando a hipótese de uma população isolada ou espécie nova. A situação de *Gymnotus sylvius* também é incerta, devido à complexidade taxonômica do gênero conforme observado por Dagosta et al. (2024). *Leporinus amae* e *Leporinus friderici* foram retiradas devido a incongruência de voucher. Adicionalmente, novas espécies não nativas foram identificadas e inseridas na listagem atualizada da bacia do Iguaçu. Entre elas estão *Serrapinnus notomelas*, *Poecilia vivipara*, *Zungaro jahu* e *Oncorhynchus mykiss*, ampliando o número de espécies exóticas conhecidas para a região. Além disso,

foram registradas três formas híbridas, cuja origem e dispersão ainda carecem de investigação específica (Material Suplementar 2).

3.2 Potencial Invasor protocolo AS-ISK

A classificação das espécies na bacia do Iguaçu (RA) foi definida de acordo com a calibragem proposta. Os scores menores que 0 indicam baixo risco de invasão; entre 0 e 24, médio risco de invasão; e acima de 24 pontos, alto risco de invasão. As cinco espécies avaliadas apresentaram alto risco de invasão na RA. O maior Potencial Invasor básico (BRA) foi *C. Kelberi*, seguido por *M. salmoides* e *P. squamosissimus* (duas espécies já registradas no Iguaçu e uma não registrada), *A. ocellatus* e *O. mykiss* foram os de menores score, próximo ao limite do médio risco. Nos resultados de score composto (BRA+CCA) houve uma pequena alteração no score, com *C. kelberi* seguido de *P. squamosissimus* e *M. salmoides*. (Tabela 1, Figura 1) .

Tabela 1 – Resultado da pontuação final no protocolo AS-ISK em relação ao risco para as cinco espécies alvo na bacia do Iguaçu (RA) e sua confiabilidade. Pontuação básica (BRA). Pontuação composta com Mudanças Climáticas (BRA+CCA).

Espécie	Pontuação de Risco			Confiabilidade			
	BRA	BRA+CCA	Risco	BRA	CCA	BRA+CCA	Risco
<i>C. Kelberi</i>	45,50	57,50	High	0,65	0,46	0,63	High
<i>M. salmoides</i>	42,50	50,50	High	0,75	0,46	0,72	High
<i>P. squamosissimus</i>	42,50	52,50	High	0,73	0,50	0,71	High
<i>A. Ocellatus</i>	39,50	47,50	High	0,76	0,50	0,65	High
<i>O. mykiss</i>	27,50	27,50	High	0,69	0,25	0,65	High

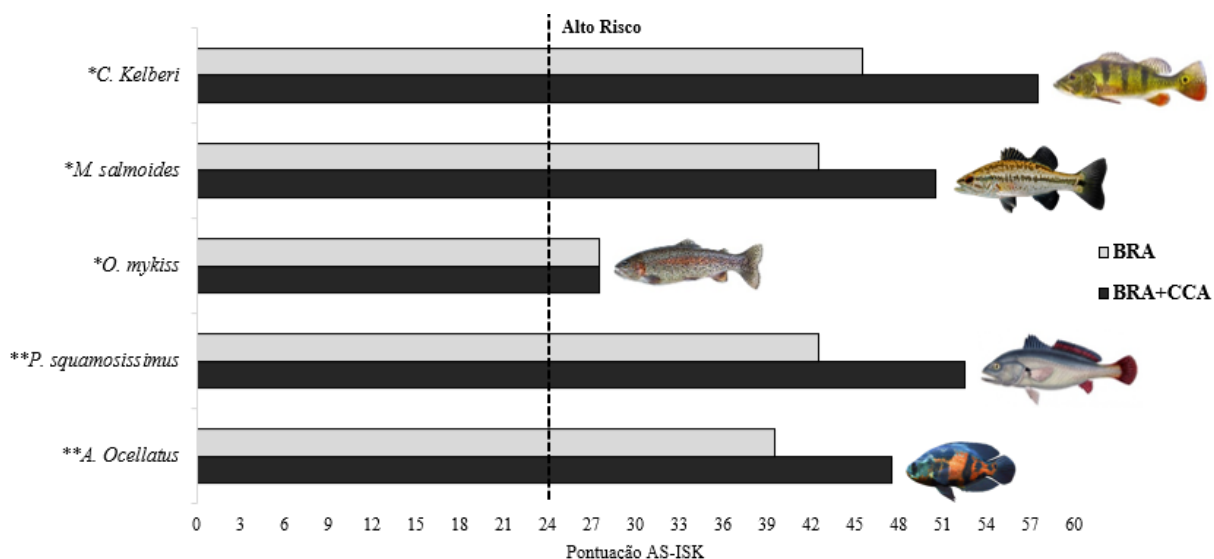


Fig. 2 - Pontuação final das cinco espécies avaliadas no protocolo AS-ISK para a bacia do Iguaçu com o score de alto risco. Pontuação básica (BRA). Pontuação composta com Mudanças Climáticas (BRA+CCA). *Espécie com registro esporádico para a bacia do Iguaçu; **Espécie nunca registrado na bacia do Iguaçu

Na avaliação detalhada do protocolo AS-ISK, *C. kelberi*, *M. salmoides* e *P. squamosissimus* apresentaram os maiores valores no critério Biogeografia/Histórico, o que indica ampla distribuição geográfica ou um histórico de introdução mais consolidado em diferentes regiões, sendo que as duas primeiras espécies já possuem registros na RA. Com *A. ocellatus* e *O. mykiss* exibiram pontuações inferiores nesse critério, sugerindo introduções mais recentes ou uma distribuição histórica mais restrita. No caso específico de *A. ocellatus*, a ausência de registros na RA pode ter contribuído para a redução da pontuação. Além disso, *P. squamosissimus* e *C. kelberi* obtiveram os maiores escores no critério Biologia/Ecologia, evidenciando que traços como dieta generalista, rápido crescimento e comportamento predatório favorecem seu sucesso em novos ambientes. *Cichla kelberi* obteve a maior pontuação na categoria Reprodução, com *O. mykiss* o menor valor, o que sugere uma forte dependência de condições ambientais específicas para sua reprodução. Apesar da ausência de registros de *P. squamosissimus* na bacia do Iguaçu, seu elevado escore em Mecanismos de Dispersão observado em outras regiões, indica estratégias como ampla mobilidade e alta tolerância a variações ambientais. (Tabela 2, Material Suplementar 3).

Tabela 2 – Pontuação detalhada dos resultados do protocolo AS-ISK em divisão por blocos (atributos) para as cinco espécies avaliadas na bacia do Iguaçu (RA).

	<i>C. Kelberi</i>	<i>M. salmoides</i>	<i>P. squamosissimus</i>	<i>A. Ocellatus</i>	<i>O. mykiss</i>
Biogeografia/Histórico	21,5	21,5	16,5	16,5	17,5
Domesticação/Cultivo	4,0	4	0	4	4
Clima, distribuição e risco	4,0	4	3	2	3
Invasor em outro local	13,5	13,5	13,5	10,5	10,5
Biologia/Ecologia	24,0	21	26	23	10
Características indesejáveis	8,0	8	8	9	5
Exploração de recursos	7,0	7	7	7	7
Reprodução	5,0	3	3	3	1
Mecanismos de dispersão	2,0	0	3	-1	0
Atributos de tolerância	2,0	3	5	5	-3
Alterações climáticas	12,0	8	10	8	0
Alterações climáticas	12,0	8	10	8	0

3.3 Modelo de nicho ecológico (ENM)

Os modelos de *C. kelberi* apresentaram desempenho preditivo aceitável nos três cenários temporais. No presente, o modelo ótimo combinou LQH e $rm = 1$ ($AICc = 3834,69$; $AUC = 0,78$). Para 2040–2060, o mesmo modelo foi o mais parcimonioso ($AICc = 3856,53$; $AUC = 0,78$), e para 2080–2100, repetiu a configuração ($AICc = 3846,78$; $AUC = 0,76$). Os modelos de *M. salmoides* apresentaram bom desempenho nos três cenários temporais analisados (atual, 2040–2060 e 2080–2100). No presente, o modelo com feature class LQH e regularização 2 teve o menor $AICc$ (711,91) e AUC de 0,93. Para 2040–2060, o modelo ótimo teve LQH e $rm = 4$, com $AICc$ de 711,25 e AUC de 0,94. Já para 2080–2100, o modelo com LQH e $rm = 3$ se destacou com $AICc$ de 709,95 e AUC de 0,95. Os modelos de *O. mykiss* apresentaram desempenho preditivo excelente nos três cenários temporais. No presente, o modelo ótimo combinou LQH e $rm = 2$ ($AICc = 814,33$; $AUC = 0,96$). Para 2040–2060, o melhor foi LQH e $rm = 1$ ($AICc = 785,90$; $AUC = 0,95$), e para 2080–2100, repetiu a configuração ($AICc = 820,60$; $AUC = 0,94$). Os modelos de *P. squamosissimus* mostraram desempenho preditivo aceitável nos três cenários temporais. No presente, o modelo ótimo combinou LQH e $rm = 1$ ($AICc = 12483,75$; $AUC = 0,78$). Para 2040–2060, o mesmo modelo foi o mais parcimonioso ($AICc = 12514,18$; $AUC = 0,77$), e para 2080–2100, repetiu a configuração ($AICc = 12481,17$; $AUC = 0,74$). Os modelos de *A. ocellatus* apresentaram desempenho preditivo razoável nos três cenários temporais. No presente, o modelo ótimo combinou LQH e $rm = 2$ ($AICc = 3677,12$; $AUC = 0,78$). Para 2040–2060, o modelo com

LQH e $rm = 1$ foi o mais parcimonioso ($AICc = 3686,27$; $AUC = 0,79$). Já para 2080–2100, repetiu a configuração ($AICc = 3689,35$; $AUC = 0,73$) (Material Suplementar 4).

As projeções de adequabilidade de nicho ecológico para as espécies-alvo indicam variações específicas por espécie e em relação ao potencial invasivo nos diferentes trechos da bacia do rio Iguaçu (Alto, Médio e Baixo), considerando os cenários atual e futuros. Para as três espécies já registradas na bacia observa-se, no cenário atual, uma ampla adequabilidade. No entanto, as projeções futuras indicam uma redução nesse potencial, especialmente para *O. mykiss*, com *C. kelberi* apresentando alta adequabilidade no cenário intermediário (2040–2060), enquanto *M. salmoides* mantém uma adequabilidade elevada em todos os cenários, com intensificação prevista no cenário de 2060–2100. Os modelos indicam que, ao longo do tempo, pode haver um aumento na adequabilidade ambiental para as duas espécies que ainda não foram registradas na bacia do Iguaçu. *Plagioscion squamosissimus* apresenta adequabilidade atual na região do Baixo Iguaçu, mantendo esse padrão no cenário intermediário (2040–2060), mas com redução na predição de longo prazo (2060–2100). *Astronotus ocellatus* exibe uma adequabilidade mediana na região do Alto Iguaçu em todos os cenários avaliados. (Figura 3).

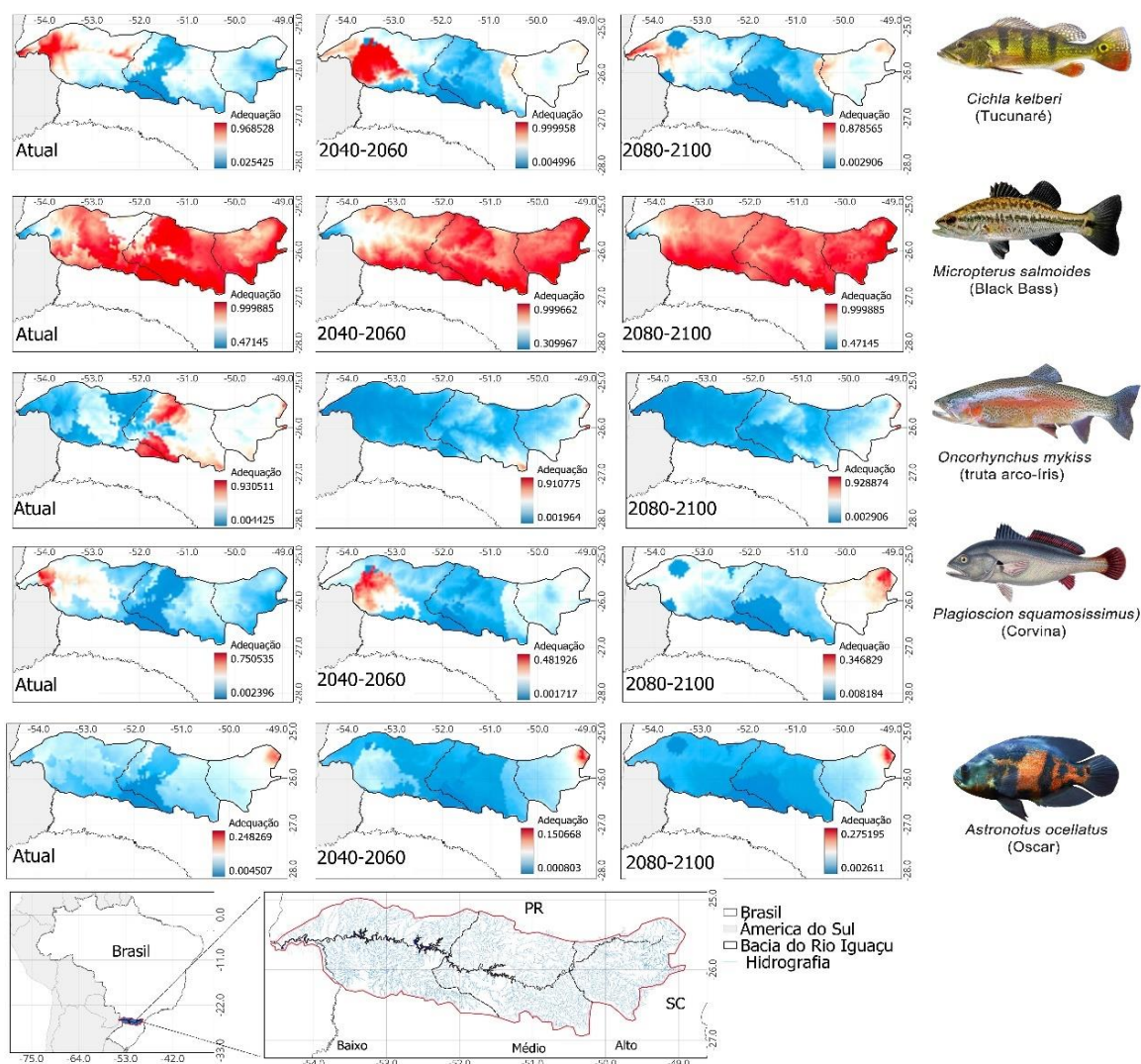


Fig. 3. Modelo de nicho ecológico (ENM) no tempo atual (2025) e futuro (2040–2060 e 2060-2100) para as cinco espécies não nativas alvo na bacia do Iguaçu.

4. DISCUSSÃO

As características das espécies não nativas, juntamente com as características do ambiente receptor, interagem para produzir os padrões de invasões (Xu et al. 2024; Cavalcante et al. 2025). Com base nos resultados obtidos no protocolo AS-ISK (das espécies e do ambiente) é possível inferir uma alta probabilidade de invasão. Os valores obtidos no score básico (BRA) e score composto (BRA+CCA) unido a modelagem de nicho ecológico – atual e projeções futuras (2040–2100) – indicam que as ações de manejo e prevenção devem ser inicialmente direcionadas as duas espécies: *Cichla kelberi* (Tucunaré-amarelo) e *Micropterus salmoides* (Achigã). Essas duas espécies apresentam características biológicas favoráveis à invasão, como plasticidade ecológica, alta taxa reprodutiva e comportamento predatório, além de estarem

associadas a fatores antrópicos de risco. Ambas as espécies já foram registradas na bacia do Iguaçu: *C. kelberi* na região do baixo Iguaçu, e *M. salmoides* em todos os trechos da bacia.

Os tucunarés do gênero *Cichla* são amplamente introduzidos em águas doces (Agostinho et al. 2004; Marques et al. 2016; Franco et al. 2022) desencadeando sérios impactos ecológicos (Latini e Petrere 2004; Pelicice et al. 2015; Sharpe et al. 2017; Franco et al. 2021) é um peixe piscívoro, voraz que apresenta plasticidade fenotípica, comportamental e de caça (Gaspar et al. 2024). Baseado em seu comportamento é evidente que uma invasão de *C. kelberi* no Iguaçu prejudicaria a ictiofauna nativa, principalmente espécies de pequeno porte (Geller et al. 2025), pois o declínio de peixes pequenos após a invasão é documentado (Sharpe et al. 2017; Franco et al. 2021; Rauber et al. 2024; Gaspar et al. 2025), adaptando-se em ambiente altamente modificados (Ortega 2015; Catelani et al. 2021; Franco et al. 2022), esta variabilidade demonstra a importância do monitoramento da espécie no Iguaçu. Corroborando com nossas projeções, Franco et al. (2022) aponta pontos críticos para a invasão de *Cichla* concentrados na zona climática tropical, especialmente na ecorregião do Alto Paraná.

Já *Micropterus salmoides* (Black Bass) é encontrado em todos os continentes, exceto na Antártida (Bae; Murphy; Berthou, 2018) e desde 2004 é incluída na lista das “100 piores espécies exóticas invasoras do mundo” pela IUCN (Lowe et al. 2000). Os vários impactos negativos da invasão são bem evidenciado (Ver Pereira e Vitule 2019; Costantini et al. 2023; Culberson et al. 2024), sendo favorecidas por adaptações específicas como tolerância a baixos níveis de oxigênio e ampla faixa de temperatura da água, comportamento alimentar generalista, plasticidade trófica e múltiplos nichos ecológicos (Mulhollem et al. 2016; Peat et al. 2016; Costantini et al. 2023). Apesar do protocolo AS-ISK não evidenciar o mais alto Potencial Invasor básico (BRA) de *M. salmoides*, as projeções de modelagem atual e futura deixam essa espécie como destaque potencial. Estudos de modelagem indicam que a ocorrência do Achingã é improvável em regiões onde a temperatura média do ar seja inferior a 10 °C, sendo mais provável em áreas com temperaturas variando entre 14 e 18 °C (Bae, Murphy, Berthou 2018). As menores médias de temperatura (13,1 – 16°C) predominam nas regiões sul e sudeste do estado do Paraná, onde se concentra a maior parte da bacia do rio Iguaçu, especialmente nas

394 áreas do médio e alto Iguaçu, já as temperaturas médias no baixo Iguaçu têm variação entre
395 21°C e 25°C (Nitsche et al. 2019).

396 Assim como o Tucunaré a invasão bem-sucedida do Achingã ocorrem
397 predominantemente em habitats perturbados (reservatórios), enquanto sua presença em rios e
398 riachos é consideravelmente menor. (Conrad et al. 2016; Pereira e Vitule 2019; Freitas et al.
399 2023). As características de represamento do rio Iguaçu, além de numerosos rios tributários
400 com águas correntes e frias, deixam condições menos favoráveis à proliferação dessas espécies.
401 No entanto, esse cenário sinaliza um alerta para o futuro, a expansão de empreendimentos
402 hidrelétricos e a consequente modificação dos habitats naturais, aliado as alterações climáticas
403 futuras podem criar ambientes mais propícios à invasão. Isto se confirma com Freitas et al.
404 (2023) com *M. salmoides* no reservatório do Passaúna na capital do Estado do Paraná.

405 Categorizada como a terceira espécie no ranking de score básico do AS-ISK e segunda
406 no ranking composto do protocolo, além de possuir área de adequabilidade nas modelagens, a
407 Corvina - *Plagioscion squamosissimus* (Heckel, 1840), foi introduzida inicialmente no Nordeste
408 e Sudeste por programas de estocagem de peixes (Agostinho et al. 2007; Queiroz-Sousa, et al.
409 2018), atualmente é uma das principais espécies introduzidas no Brasil (Agostinho et al. 2007;
410 Orlandi-Neto et al. 2024). Considerando os altos índices obtido no protocolo, aliado as
411 projeções de nicho atual e futura é possível categorizar a espécie como um potencial invasor da
412 bacia do Iguaçu, principalmente em áreas do baixo Iguaçu (local também alta modificação de
413 habitat e reservatórios em cascata). Até o presente momento nunca foi evidenciado o registro da
414 espécie na bacia do Iguaçu, contudo é necessário atenção pois a introdução da corvina pode
415 representar um risco para a biodiversidade desta bacia. Já são demonstrados vários efeitos
416 negativos na biodiversidade selvagem em áreas invadidas, como no Reservatório Jaguari
417 (Orlandi-Neto et al. 2024), Rio Doce (Barros et al. 2012) e outros locais do Brasil (Queiroz-
418 Sousa et al. 2018). O táxon é um carnívoro generalista com mudanças ontogenéticas na dieta
419 (Neves et al. 2015).

420 Resultados relevantes, mas menos prioritário da *O. mykiss* (truta arco íris) onde a espécie
421 teve um menor potencial invasivo no AS-ISK em nível básico e composto quando comparado as
422 outras espécies, mas ainda apresenta um alto risco de invasão na bacia do Iguaçu considerando a

calibragem da RA, este risco também é observado nas projeções de nicho que demonstram uma adaptabilidade da truta no momento atual até 2040, principalmente em regiões com temperaturas baixas, pois a espécie ocorre em cursos de água de primeira ordem com água corrente e boa oxigenação. Contudo em projeções mais futuras (2060-2100 observou-se um decréscimo na sua adequabilidade, muito provavelmente devido ao aumento da temperatura global, este padrão já foi observado para a espécie por Yogurtçuglu et al. (2021) com o potencial de invasão de *O. mykiss* diminuindo na Turquia devido ao aumento na temperatura.

Contudo, alguns estudos genéticos em populações de truta vêm sendo realizado para uma maior resistência as alterações de temperatura (De Araujo et al. 2023), isso pode deixar essa espécie mais resistente ao aumento da temperatura e ser um problema com escapes em pisciculturas. Dessa forma, a espécie não pode ser totalmente negligenciada, pois apresenta hábitos carnívoros, consumindo diversos tipos de invertebrados e peixes pequenos (Magalhães et al. 2002), além de ser uma generalista altamente adaptável e competitiva (Baxter 2007; Yogurtçuglu et al. 2021; Sunny et al. 2024; Spairani et al. 2025). Portanto, é necessário um monitoramento cuidadoso dessa espécie, especialmente nos próximos anos, considerando que ela ainda não está amplamente estabelecida na bacia.

Astronotus ocellatus (Agassiz, 1831) (Oscar) nativo da bacia amazônica do Peru, Colômbia e Brasil (Kullander, 2003) atualmente é distribuído em várias regiões do Brasil (Magalhães et al. 2019; Reis et al. 2020) e fora da América do Sul (Lozano et al. 2022), manteve um grau mediano de resultados no AS-ISK e nas modelagens de nicho uma baixa adequabilidade para toda a bacia, com regiões discretas para possíveis invasão (principalmente região costeira do alto Iguaçu). É necessário um acompanhamento da presença desta espécie, pois existem muitos relatos de sua invasão por todo o Brasil, mas não seria ações emergências., o cuidado é devido a espécie ser um predador agressivo, tolerante a uma ampla gama de condições físicas da água, incluindo baixo pH, baixas concentrações de oxigênio dissolvido e altas temperaturas (Almeida-Val et al. 2000; Sloman et al. 2006; Gutierrez, Schofield, Prodromou 2016). Contudo o aumento da temperatura da água pode resultar em uma redistribuição de espécies de peixes como *A. ocellatus*, porque águas mais quentes ajudarão na disseminação de peixes tropicais não nativos para latitudes mais altas (Sharma et al. 2007; Rahel e Olden 2008).

É uma espécie símbolo no aquário e de comportamento biológico discutível, sua pressão de propágulo é geralmente grande e isso é um fator preocupante que a modelagem de nicho futuras não considera. É constante o alerta de invasão relacionado a pressão de propágulo da espécie *A. ocellatus* em todo o Brasil, principalmente proveniente do aquarismo irresponsável (Magalhães et al. 2017; Ferraz et al. 2018; Geller et al. 2020).

Embora os peixes carnívoros sejam considerados os invasores potencialmente mais bem-sucedidos, espécies de níveis tróficos inferiores, mas com hábitos alimentares generalistas, também podem se beneficiar da invasão biológica devido à sua plasticidade alimentar (Agostinho et al. 2015; Tonella et al. 2018). As espécies analisadas neste estudo são carnívoras e generalistas, muitas delas apresentando notável plasticidade trófica, especialmente em ambientes novos, o que reforça a hipótese de uma possível sucessão de invasão dessas espécies na bacia do rio Iguaçu. Destaca-se que a maioria das espécies não nativas avaliadas — em especial *C. kelberi*, *M. salmoides* e *P. squamosissimus* — tende a se beneficiar de ambientes lênticos, frequentemente associados a atividades antrópicas. Essa condição é observada na bacia do Iguaçu, onde, em 2025, foi inaugurada mais uma Pequena Central Hidrelétrica (PCH) na região do Médio Iguaçu, próxima ao Salto Caiacanga, no município de Porto Amazonas (CPFL 2025). Com isso, o rio Iguaçu passa a contar com seis empreendimentos hidrelétricos, um número preocupante diante da ausência de planejamento ambiental, o que pode favorecer processos de invasão biológica. Além disso, ambientes poluídos também podem beneficiar determinadas espécies invasoras. O rio Iguaçu apresenta elevados níveis de poluição, decorrentes predominantemente do lançamento de efluentes industriais e domésticos nas zonas urbanas do Alto (Bueno-Krawczyk et al. 2015) e médio Iguaçu (Krawczyk 2023), assim como da presença de pesticidas utilizados nas práticas agrícolas das regiões média e inferior da bacia hidrográfica (Nimet et al. 2017).

481 5. CONCLUSÃO

482 A modelagem de nicho ecológico e os escores obtidos pelo protocolo AS-ISK evidenciam uma
483 ameaça iminente de invasões biológicas na bacia do Iguaçu, reforçando a urgência de estratégias
484 preventivas e de manejo, especialmente frente às espécies com maior potencial invasivo, como *C.*
485 *kelberi* e *M. salmoides*, já registradas na bacia e *P. squamosissimus* que demonstrou alta adequabilidade
486 ambiental atual e futura (2040–2060) para estabelecer-se na bacia. Por fim, *O. mykiss* apresentou o
487 menor escore de e tendência de redução da adequabilidade ambiental futura, recomendando-se o
488 monitoramento e controle de sua ocorrência até 2060, uma vez que, a adequabilidade para sua
489 permanência tende a diminuir em função das mudanças climáticas.

490 Apesar dos recorrentes alertas sobre os impactos das invasões biológicas em ambientes
491 aquáticos a conscientização sobre a gravidade do problema permanece baixa, e as ações efetivas são
492 escassas. Portanto, este estudo reforça a necessidade de políticas públicas mais rigorosas, baseadas em
493 evidências científicas, para conter o avanço das espécies não nativas na Bacia do Iguaçu. A falta de
494 planejamento ambiental demonstra um cenário de negligência institucional que coloca em risco a
495 biodiversidade única do Iguaçu. É imperativo que os tomadores de decisão considerem com seriedade
496 os alertas da comunidade científica e implementem medidas eficazes para evitar em breve o colapso
497 ecológico de grandes proporções na bacia do Iguaçu.

498

499 AGRADECIMENTOS

500 O autor IVG agradece ao Centro Universitário Ugv pelo apoio no desenvolvimento deste artigo.
501 JRSV agradece a bolsa de produtividade concedida pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento
502 Científico e Tecnológico – CNPq, processo nº 310471/2023-0.

503

504

505

506

507

508

509

510 **REFERENCIAS**

511 Abell R, Thieme ML, Revenga C, Bryer M, Kottelat M, Bogutskaya N et al. (2008)
512 Freshwater ecoregions of the world: a new map of biogeographic units for freshwater biodiversity
513 conservation. *BioScience* 58(5):403–14. <https://doi.org/10.1641/B580507>
514

515 Agostinho AA, Gomes LC, Latini JD (2004) Fisheries management in Brazilian reservoirs:
516 lessons from/for South America. *Interciencia* 29(6):1–9.
517

518 Agostinho AA, Pelicice FM, Petry AC, Gomes LC, Júlio Jr HF (2007) Fish diversity in the
519 upper Parana River basin: habitats, fisheries, management and conservation. *Aquat Ecosyst*
520 Health Manag 10:174–186. <https://doi.org/10.1080/14634980701341719>
521

522 Agostinho AA, Suzuki HI, Fugi R, Alves DC, Tonella LH, Espindola LA (2015) Ecological
523 and life history traits of *Hemiodus orthonops* in the invasion process: looking for clues at home.
524 *Hydrobiol* 746:415–430. <https://doi.org/10.1007/s10750-014-2030-2>
525

526 Almeida-Val VMF, Val AL, Duncan WP, Souza FC, Paula-Silva MN, Land S (2000)
527 Scaling effects on hypoxia tolerance in the Amazon fish *Astronotus ocellatus* (Perciformes:
528 Cichlidae): contribution of tissue enzyme levels. *Comp Biochem Physiol B Biochem Mol Biol*
529 125:219–226. [https://doi.org/10.1016/S0305-0491\(99\)00172-8](https://doi.org/10.1016/S0305-0491(99)00172-8)
530

531 Araújo MB, Anderson RP, Barbosa AM, Beale CM, Dormann CF, Early R, Garcia RA,
532 Guisan A, Maiorano L, Naimi B, O'Hara RB, Zimmermann NE, Rahbek C (2019) Standards for
533 distribution models in biodiversity assessments. *Sci Adv* 5:eaat4858.
534 <https://doi.org/10.1126/sciadv.aat4858>
535

536 Azevedo-Santos VM, Vitule JRS, Pelicice FM, Garcia-Berthou E, Simberloff D (2017)
537 Nonnative fish to control Aedes mosquitoes: a controversial, harmful tool. *BioScience* 67(1):84–
538 90. <https://doi.org/10.1093/biosci/biw156>
539

540 Bae MJ, Murphy CA, García-Berthou E (2018) Temperature and hydrologic alteration
541 predict the spread of invasive Largemouth Bass (*Micropterus salmoides*). *Sci. Total Environ*
542 639:58–66. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.201805001>
543

544 Barros LC, Santos U, Zanuncio JC, Dergam JA (2012) *Plagioscion squamosissimus*
545 (Sciaenidae) and *Parachromis managuensis* (Cichlidae): a threat to native fishes of the Doce
546 River in Minas Gerais, Brazil. *PLoS ONE* 7:e39138.
547 <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0039138>
548

549 Baumgartner G, Pavanelli CS, Baumgartner D, Bifi AG, Debona T, Frana VA (2012) Peixes
550 do baixo rio Iguaçu. Maringá: EDUEM.
551

552 Blackburn TM, Pyšek P, Bacher S, Carlton JT, Duncan RP, Jarošík V, Wilson JRU,
553 Richardson DM (2011) A proposed unified framework for biological invasions. *Trends Ecol Evol*
554 26(7):333–9. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2011.03.023>
555

556 Brito MFG, Daga VS, Vitule JRS (2020) Fisheries and biotic homogenization of freshwater
557 fish in the Brazilian semiarid region. *Hydrobiol* 847:3877–95 <https://doi.org/10.1007/s10750-020-04236-8>
558

559 Britton JR, Lynch AJ, Bardal H, Bradbeer SJ, Coetzee JA, Coughlan NE et al (2023)
560 Preventing and controlling nonnative species invasions to bend the curve of global freshwater
561 biodiversity loss. *Environ Rev* 31(2):310–26. <https://doi.org/10.1139/er-2022-0103>
562
563

Britton JR, Orsi ML (2012) Non-native fish in aquaculture and sport fishing in Brazil: economic benefits versus risks to fish diversity in the upper River Paraná Basin. *Rev Fish Biol Fish* 22:555–65. <https://doi.org/101007/s11160-012-9254-x>

Bueno-Krawczyk ACD, Guiloski IC, Piacini LDS, Azevedo JC, Ramsdorf WA, Ide AH, Guimarães ATB, Cestari MM, Silva de Assis HC (2015) Multibiomarker in fish to evaluate a river used to water public supply. *Chemosphere* 135:247–64. <http://dx.doi.org/101016/j.chemosphere201504064>

Casimiro ACR, Garcia DAZ, Vidotto-Magnoni AP, Britton JR, Agostinho ÂA, Almeida FS, Orsi ML (2018) Escapes of non-native fish from flooded aquaculture facilities: the case of Paranapanema River, southern Brazil. *Zoologia* 35:e14638. <https://doi.org/103897/zoologia35e14638>

Catelani PA, Petry AC, Pelicice FM, García-Berthou E (2021) When a freshwater invader meets the estuary: the peacock bass and fish assemblages in the Sao Joao River, Brazil. *Biol Invasions* 23:167–79. <https://doi.org/101007/s10530-020-02363-w>

Cavalcante L, Occhi T, Olden J, Padial AA (2024) Nonnative species drive the global loss of freshwater fish beta-diversity. *ARPHA Preprints* 5:e127244. <https://doi.org/103897/arphapreprintse127244>

Conrad JL, Bibian AJ, Weinersmith KL, De Carion D, Young MJ, Crain P, Hestir EL, Santos MJ, Sih A (2016) Novel species interactions in a highly modified estuary: association of Largemouth Bass with Brazilian waterweed *Egeria densa* Trans. Am Fish Soc 145(2) 249–263. <https://doi.org/101080/0002848720151114521>

Copp GH (2013) The Fish Invasiveness Screening Kit (FISK) for non-native freshwater fishes – a summary of current applications. *Risk Analysis* 33: 1394–1396. <http://dx.doi.org/10.1111/risa.12095>

Copp GH, Vilizzi L, Tidbury H, Stebbing PD, Tarkan AS, Miossec L, Goulletquer P (2016) Development of a generic decision-support tool for identifying potentially invasive aquatic taxa: AS-ISK. *Manag Biol Invasions* 7(4):343–50. <https://doi.org/103391/mbi20167404>

Corrales X, Katsanevakis S, Coll M, Heymans JJ, Piroddi C, Ofir E, Gal G (2020) Advances and challenges in modelling the impacts of invasive alien species on aquatic ecosystems *Biol Invasions* 22(3):907–34. <https://doi.org/101007/s10530-019-02160-0>

Costantini ML, Kabala JP, Sporta Caputi S, Ventura M, Calizza E, Careddu G, Rossi L (2023) Biological invasions in fresh waters: *Micropterus salmoides*, an American fish conquering the world. *Water* 15:3796. <https://doi.org/103390/w15213796>

CPFL Energia (2021) Sobre a Pequena Central Hidrelétrica Lúcia Cherobim. Disponível em: <https://www.grupocpfl.com.br/meio-ambiente/pch-cherobim>. Acessado em 20 de maio de 2025.

Culberson AE, Nakamoto B, Lento J, Curry RA, Harrison PM (2024) New bass on the block: trophic interactions among invasive largemouth bass *Micropterus salmoides* and local sportfish. *J Fish Biol* 106(3):784–96. <https://doi.org/101111/jfb15997>

Daga VS, Debona T, Abilhoa V, Gubiani ÉA, Vitule JRS (2016) Non-native fish invasions of a Neotropical ecoregion with high endemism: a review of the Iguaçu River. *Aquat Invasions* 11(2):209–23. <https://doi.org/103391/ai201611210>

- Dagosta FCP, Monção MS, Nagamatsu BA, Pavanelli CS, Carvalho FR, Lima FC et al (2024) Fishes of the upper rio Paraná basin: diversity, biogeography and conservation. *Neotrop Ichthyol* 22(1): e230066. <https://doi.org/10.1590/1982-0224-2023-0066>
- De Araújo Júnior NT, Ianella P, Yoshinaga TT, Butzge AJ, Caetano AR (2023) Population structure and genetic diversity of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) broodstocks from Brazil using SNP markers. *Aquac Rep* 31:101689. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2023.101689>
- Ferraz JD, Casimiro ACR, Pereira AD, Garcia DAZ, Jarduli LR, Magalhães ALB et al (2018) Aquarismo “jumbo”: representa um potencial para introdução de espécies no Brasil?. *Oecol Aust* 23(3):1–30. <https://doi.org/10.4257/oeco.2019230311>
- Ferraz JD, Garcia DAZ, Casimiro ACR, Yabu MHS, Geller IV, Magalhães ALB et al (2019) Descarte de peixes ornamentais em águas continentais brasileiras registrados no Youtube™: ausência de informação ou crime ambiental deliberado?. *Rev Bras Zoociências* 20(2):1–20. <https://doi.org/10.34019/2596-3325.2019.v20.26202>
- Fick, SE, Hijmans RJ (2017) WorldClim 2: new 1km spatial resolution climate surfaces for global land areas *International Journal of Climatology*. 37 (12):4302-4315
- Franco ACS, García-Berthou E, dos Santos LN (2021) Ecological impacts of an invasive top predator fish across South America. *Sci Total Environ* 761:143296. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143296>
- Franco ACS, Petry AC, Tavares MR, de Fátima Ramos Guimarães T, dos Santos LN (2022) Global distribution of the South American peacock basses *Cichla* spp follows human interference. *Fish Fish* 23(2):407–21. <https://doi.org/10.1111/faf.12624>
- Freitas MO, Ribeiro VM, Abilhoa V, Vitule JRS (2023) Reproduction of the invasive largemouth bass *Micropterus salmoides* (Lacepède, 1802) in a Neotropical reservoir with suggestions to management and control. *Acta Limnol Bras* 35:e11. <https://doi.org/10.1590/S2179-975X6822>
- Garcia DA, Occhi TV, Agostinho ÂA, Alves GH, Brito MF, Casimiro AC et al (2022) More of the same: new policies continue fostering the use of non-native fish in Brazil. *Environ Conserv* 49(1):4–7. <https://doi.org/10.1017/S0376892922000029>
- Gaspar MR, Agostinho AA, Catelani PA, Fernandes R, Franco ACS, Novaes JLC et al (2025) Phenotypic and behavioral variation as a mechanism behind the invasive potential of a predatory neotropical fish. *Hydrobiol* 852:2133–47. <https://doi.org/10.1007/s10750-024-05663-7>
- Geller IV, Garcia DAZ, Casimiro ACR, Pereira AD, Jarduli LR, Vitule JRS et al (2020a) Good intentions, but bad effects: environmental laws protect non-native ichthyofauna in Brazil. *Fish Manag Ecol* 28(1):14–17. <https://doi.org/10.1111/fme.12446>
- Geller IV, Garcia DAZ, Yabu MHS, Pereira AD, Ferraz JD, Fernandes AG, Magalhães ALB, Orsi ML (2020b) Aquarismo no Brasil: do simples ao complexo, o descarte de espécies não nativas. *Bol Soc Bras Ictiol* 131:33–52.
- Geller IV, Garcia DAZ, Pereira AD, Casimiro ACR, Cochak C, Vitule JRS, Orsi ML (2021) New conservation opportunities: using citizen science in monitoring non-native species in Neotropical region. *J Appl Ichthyol* 37(5):779–85. <https://doi.org/10.1111/jai.14231>
- Geller IV, Vitule JRS, Ferraz JD, Pereira AD, Orsi ML. (2025) Current and future invasion of a predator with potential for impact negative in a region of high neotropical endemism. *Neotrop Ichthyol* 23(2):e250056. <https://doi.org/10.1590/1982-0224-2025-0056>

Gilles Jr AS, Bate JMB, Solomon MAK, Peralta EM, Jr RTBP, Vilizzi L (2024) Quantifying the current and future risk of invasiveness of the non-native fishes in Ramsar-listed Lake Naujan Philipp. J Fish 31(2) <https://doi.org/10.31398/tpjf/3122023-0083>

Gutierre SMM, Schofield PJ, Prodocimo V (2016) Salinidade, tolerância à temperatura de uma espécie exótica emergente, o peixe amazônico *Astronotus ocellatus*. Hydrobiol 777:21–31 <https://doi.org/10.1007/s10750-016-2740-3>

Hijmans R (2025) Spatial Data Analysis_ R package version 18-29, <https://CRANR-projectorg/package=terra>

Hijmans RJ, Barbosa M, Ghosh A, Mandel A (2024) _geodata: Download Geographic Data_ R package version 06-2, <https://CRANR-projectorg/package=geodata>

Ingenito LFS, Duboc LF, Abilhoa V (2004) Contribuição ao conhecimento da ictiofauna da bacia do alto rio Iguaçu, Paraná, Brasil. Arq Ciênc Vet Zool 7(1):23–36.

Isbell F, Balvanera P, Mori AS, He JS, Bullock JM, Regmi GR et al. (2023) Expert perspectives on global biodiversity loss and its drivers and impacts on people. Front Ecol Environ 21(2):94–103. <https://doi.org/10.1002/fee2536>

Jan A, Giannico G, Arismendi I, Flitcroft R (2024) Unveiling climatic niches for deeper insights into invasion potential and enhanced distribution models of freshwater fishes. Ecol Freshw Fish 33(4), e12784. <https://doi.org/10.1111/eff12784>

Jaureguiberry P, Titeux N, Wiemers M, Bowler DE, Coscieme L, Golden AS et al. (2022) The direct drivers of recent global anthropogenic biodiversity loss. Sci Adv 8(45):eabm9982 <https://doi.org/10.1126/sciadvabm9982>

Jiménez-Valverde A, Peterson AT, Soberón JOJM, Overton JM, Aragón P, Lobo JM (2011) Use of niche models in invasive species risk assessments. Biol Invasions 13:2785–97 <https://doi.org/10.1007/s10530-011-9963-4>

Kass, J M, Muscarella, R, Galante, P J, Bohl, C L, Pinilla-Buitrago, G E, Boria, et al. (2021) ENMeval 20: Redesigned for customizable and reproducible modeling of species' niches and distributions. Methods Ecol Evol 12(9), 1602-1608. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13628>

Krawczyk ACDDDB, da Silva MDM, Rosa J, Gemelli E, Ribeiro MO, Bettim FL et al. (2023) Meio ambiente: alterações antrópicas no leito de rios, efluentes urbanos podem promover efeitos ecotoxicológicos na ictiofauna, de saúde pública, um estudo de caso. Saúde Meio Amb Rev Interdisc 12:279–91.

Larentis C, Kotz Kliemann BC, Neves MP, Delariva RL (2022) Effects of human disturbance on habitat and fish diversity in Neotropical streams. PLoS One 17(9):e0274191 <https://doi.org/10.1371/journalpone0274191>

Latini AO, Oporto LT, Lima-Júnior DP, Resende DC, Latini RO (2016) Peixes In: Latini AO, Resende DC (eds) Espécies exóticas invasoras de águas continentais no Brasil Brasília: Ministério do Meio Ambiente 295–581.

Latini AO, Petrere M (2004) Reduction of a native fish fauna by alien species: an example from Brazilian freshwater tropical lakes. Fish Manag Ecol 11(2):71–9 <https://doi.org/10.1046/j1365-2400200300372x>

Lowe S, Browne M, Boudjelas S, De Poorter M (2000) 100 of the world's worst invasive alien species: a selection from the global invasive species database In: Invasive Species Specialist Group Auckland: Global Invasive Species Programme 12(12).

Lozano AP, Lasso-Alcalá OM, Bittencourt PS, Taphorn DC, Perez N, Farias IP (2022) A new species of *Astronotus* (Teleostei, Cichlidae) from the Orinoco River and Gulf of Paria basins, northern South America. ZooKeys 1113:111. <https://doi.org/103897/zookeys111381240>

Maack R (2001) Breves notícias sobre a geologia dos Estados do Paraná, Santa Catarina. Braz Arch Biol Technol 169–288.

Magalhães AL, Orsi ML, Pelicice FM, Azevedo-Santos VM, Vitule JRS, Lima-Junior DP, Brito MF (2017) Small size today, aquarium dumping tomorrow: sales of juvenile non-native large fish as an important threat in Brazil. Neotrop Ichthyol 15(4):e170033. <https://doi.org/101590/1982-0224-20170033>

Magalhães ALB, Andrade RF, Ratton TF, Brito MFG (2002) Ocorrência da truta arco-íris *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792) (Pisces: Salmonidae) no alto rio Aiuruóca, tributários, bacia do rio Grande, Minas Gerais, Brasil. Bol Mus Biol Mello Leitão 14:35–42.

Magalhães ALB, Brito MFGD, Sarrouh B (2019) An inconvenient routine: introduction, establishment and spread of new non-native fishes in the Paraíba do Sul River basin, state of Minas Gerais, Brazil. Neotrop Biol Conserv 14:329–38.

Marques ACPB, Franco ACS, Salgueiro F, García-Berthou E, Santos LN (2016) Genetic divergence among invasive and native populations of the yellow peacock cichlid *Cichla kelberi*. J Fish Biol 89:2595–2606. <https://doi.org/101111/jfb13144>

Mezzaroba L, Debona T, Frota A, Graça WJ, Gubiani ÉA (2021) From the headwaters to the Iguassu Falls: inventory of the ichthyofauna in the Iguassu River basin shows increasing percentages of nonnative species. Biota Neotrop 21:e20201083. <https://doi.org/101590/1676-0611-BN-2020-1083>

Milardi M, Aaron I, Ian R, Waite AG, Elisa S, Castaldelli G (2022) Natural and anthropogenic factors drive large-scale freshwater fish invasions. Sci Rep 12:10465. <https://doi.org/101038/s41598-022-14556-5>

Mineropar (2024) Parque Nacional do Iguaçu <http://www.mineroparprgovbr/modules/conteudo/conteudophp?conteudo=12> Accessed 23 Dec 2024.

Mormul RP, Vieira DS, Bailly D, Fidanza K, da Silva VFB, da Graça WJ, Mendes RS (2022) Invasive alien species records are exponentially rising across the Earth. Biol Invasions 24:3249–3261. <https://doi.org/101007/s10530-022-02843-1>

Mulhollem JJ, Colombo RE, Wahl DH (2016) Effects of heated effluent on Midwestern US lakes: implications for future climate change. Aquat Sci 78:743–753. <https://doi.org/101007/s00027-016-0466-3>

Naimi B, Hamm NA, Groen TA, Skidmore AK, Toxopeus AG (2014) Where is positional uncertainty a problem for species distribution modelling. Ecography 37:191–203. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2013.00205.x>

Neves MP, Delariva RL, Guimaraes ATB, Sanches PV (2015) Carnivory during ontogeny of the *Plagioscion squamosissimus*: a successful non-native fish in a lentic environment of the upper Paraná river basin. PLoS ONE 10:e0141651. <https://doi.org/101371/journal.pone0141651>

- Nimet J, Guimarães ATB, Delariva RL (2017) Use of muscular cholinesterase of *Astyanax bifasciatus* (Teleostei, Characidae) as a biomarker in biomonitoring of rural streams Bull Environ. Contam Toxicol 99:232–238. <https://doi.org/10.1007/s00128-017-2111-9>
- Nitsche PR, Caramori PH, Ricce WS, Pinto LFD (2019) Atlas climático do estado do Paraná. Instituto Agronômico do Paraná, Londrina.
- Orlandi-Neto, A, Caneppele, D, Marques, H, Dias, J H P, Balbuena, J A, de Oliveira, C, Ramos, I P (2024) Long-term impact of an invasive predator on the diversity of fish assemblages in a neotropical reservoir. Biological Invasions 26(4):1255–1267. <https://doi.org/10.1007/s10530-023-03243-9>
- Ortega JCG (2015) First record of peacock bass *Cichla kelberi* Kullander & Ferreira, 2006 in the Brazilian Pantanal. BioInvasions Rec 4:133–138. <https://doi.org/10.3391/bir.2015.4.2.10>
- Peat TB, Gutowsky LFG, Doka SE, Midwood JD, Lapointe NWR, et al. (2016) Comparative thermal biology and depth distribution of largemouth bass (*Micropterus salmoides*) and northern pike (*Esox lucius*) in an urban harbour of the Laurentian Great Lakes. Can J Zool 94:767–776. <https://doi.org/10.1139/cjz-2016-005>
- Pelice FM, Agostinho AA, Alves CBM, Arcifa MS, Azevedo-Santos VM, Brito MFG, Vitule JRS (2023) Unintended consequences of valuing the contributions of non-native species: misguided conservation initiatives in a megadiverse region. Biodiversity Conserv 32(12):3915–3938. <https://doi.org/10.1007/s10531-023-02666-z>
- Pelice FM, Latini JD, Agostinho AA (2015) Fish fauna disassembly after the introduction of a voracious predator: Main drivers and the role of the invader's demography. Hydrobiol 746(1), 271–283. <https://doi.org/10.1007/s10750-014-1911-8>
- Pereira FW, Vitule JRS (2019) The largemouth bass *Micropterus salmoides* (Lacepède, 1802): impacts of a powerful freshwater fish predator outside of its native range Reviews in Fish. Biology and Fisheries 29:639–652. <https://doi.org/10.1007/s11160-019-09570-2>
- Phillips, S J, Anderson, R P, Schapire, R E (2006) Maximum entropy modeling of species geographic distributions Ecological modelling 190(3–4), 231–259.
- Queiroz-Sousa J, Brambilla EM, Garcia-Ayala JR, Travassos FA, Daga VS Padial AA, Vitule, JRS (2018) Biology, ecology and biogeography of the South American silver croaker, an important Neotropical fish species in South America. Rev.:Methods Technol. Fish Biol. Fish 28:693–714. <https://doi.org/10.1007/s11160-018-9526-1>
- R Core Team (2024) A Language and Environment for Statistical Computing_ R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>
- Rahel FJ, Olden, JD (2008) Assessing the effects of climate change on aquatic invasive species. Conserv. Biol 22(3):521–533. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2008.00950.x>
- Rauber RG, de Oliveira AG, Lopes TM, Dias RM, Alves DC, Gomes LC, Agostinho AA (2024) Changes in fish functional diversity in a neotropical floodplain associated with the invasive *Cichla* spp: long-term perspective. Hydrobiol, 1–14. <https://doi.org/10.1007/s10750-024-05725-w>
- Reis RB, Frota A, Deprá GC, Ota RR, Da Graça WJ (2020) Freshwater fishes from Paraná state, Brazil: an annotated list, with comments on biogeographic patterns, threats, and future perspectives. Zootaxa 4868(4):451–494. DOI: 10.11646/ZOOTAXA.4868.4.1

- Ruaro R, Conceição EO, Silva JC, Cafofo EG, Angulo-Valencia MA, Mantovano T, Bailly D, et al. (2019) Climate change will decrease the range of a keystone fish species in La Plata River Basin, South America. *Hydrobiol* 836:1–19. <https://doi.org/10.1007/s10750-019-3904-0>
- Seebens H, Bacher S, Blackburn TM, Capinha C, Dawson W, Dullinger S, Essl F (2021) Projecting the continental accumulation of alien species through to 2050. *Global Change Biol* 27(5):970–982. <https://doi.org/10.1111/gcb.15333>
- SEMA – Secretaria de Estado do Meio Ambiente, Recursos Hídricos Bacias Hidrográficas do Paraná (2010) Série Histórica, Curitiba.
- Sharma SDA, Jackson CK, Minns BJ, (2007) Will northern fish populations be in hot water because of climate change?. *Global Change Biol* 13:2052–2064. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2007.01426.x>
- Sharpe, D M T, De León, L F, González, R, Torchin, M E (2017) Tropical fish community does not recover 45 years after predator introduction *Ecology*, 98(2), 412–424
- Simberloff D Rejmánek M (Eds) (2011) *Encyclopedia of biological invasions* (No 3) Univ of California Press.
- Sloman KA, Wood CM, Scott GR, Wood S, Kajimura M, Johannsson OE, Almeida-Val VM, Val AL (2006) Tribute to RG Boutilier: the effect of size on the physiological and behavioural responses of oscar, *Astronotus ocellatus*, to hypoxia. *J Exp Biol* 209:1197–1205. <https://doi.org/10.1242/jeb.02090>
- Sorte CJ, Williams SL, Zerebecki RA (2010) Ocean warming increases threat of invasive species in a marine fouling community. *Ecology* 91(8):2198–2204. <https://doi.org/10.1890/10-0238.1>
- Spairani M, Boz B, Papatheodoulou A, Polazzo A, Tziortzis I, Dörflinger G, Balestrieri, A (2025) Distribution and population structure of introduced rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* in Cyprus. *Aquatic Ecology* 1–11 <https://doi.org/10.1007/s10452-025-10173-2>.
- Su G, Logez M, Xu J, Tao S, Villéger S, Brosse S (2021) Human impacts on global freshwater fish biodiversity. *Science* 371(6531):835–838. DOI: 101126/scienceabd3369
- Sunny A, Ruiz-Reyes J, Domínguez-Vega H, Gómez-Ortiz Y, Heredia-Bobadilla RL, Avila-Akerberg V et al (2024) Niche overlap by invasion of *Oncorhynchus mykiss* on the habitat of its amphibian prey in central Mexico. *Biol Invasions* 26(7):2183–2201. <https://doi.org/10.1007/s10530-024-03304>
- Tonella LH, Fugi R, Vitorino OB, Suzuki HI, Gomes L, Agostinho AA (2018) Importance of feeding strategies on the long-term success of fish invasions. *Hydrobiol* 817:239–252. <https://doi.org/10.1007/s10750-017-3404-z>
- Turbelin AJ, Cuthbert RN, Essl F, Haubrock PJ, Ricciardi A, Courchamp, F (2023) Biological invasions are as costly as natural hazards. *Perspect Ecol Conserv* 21(2), 143–150. <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2023.03.002>
- Valavi R, Elith J, Lahoz-Monfort JJ, Guillera-Aroita G blockCV: An R package for generating spatially or environmentally separated folds for k-fold cross-validation of species distribution models *Methods Ecol Evol* 2019; 10:225–232 <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13107>

Vitule, J R S (2009) Introdução de peixes em ecossistemas continentais brasileiros: revisão, comentários, sugestões de ações contra o inimigo quase invisível Neotropical. Biol Conserv 4(2), 111–122.

Vitule JRS, Bornatowski H, Freire CA, Abilhoa V (2014) Extralimital introductions of *Salminus brasiliensis* (Cuvier, 1816) (Teleostei, Characidae) for sport fishing purposes: A growing challenge for the conservation of biodiversity in neotropical aquatic ecosystems. BioInvasions Records 3(4):291–296. DOI: <http://dxdoiorg/103391/bir20143411>

Vitule JR, Occhi TV, Kang B, Matsuzaki SI, Bezerra LA, Daga VS, Padial AA (2019) Intra-country introductions unraveling global hotspots of alien fish species. Biodiversity Conserv 28:3037–3043. <https://doiorg/101007/s10531-019-01815-7>

Xu M, Li S, Liu C, Tedesco PA, Dick JTA, Fang M, Wei H, Yu F, Shu L, Wang X, Gu D, Mu X (2024) Global freshwater fish invasion linked to the presence of closely related species. Nat. Commun 15(1):1411. <https://doi.org/10.1038/s41467-024-45736-8>

Yoğurtçuoğlu B, Bucak T, Ekmekçi FG, Kaya C, Tarkan AS (2021) Mapping the establishment and invasiveness potential of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in Turkey: with special emphasis on the conservation of native salmonids. Front. Ecol. Evol 8:599881. doi: 10.3389/fevo.2020.599881

937 **Material Suplementar**

938

939 **Material Suplementar 1** – Sigla da espécie e as coordenadas geográficas (latitude e longitude)
940 utilizadas para modelagem de nicho atual das espécies alvo. Coordenadas obtidas na consulta ao
941 Gbif e *SpeciesLink*.

942

943 **Material Suplementar 2** – Lista das espécies não nativas da bacia do Iguaçu, presença das
944 espécies de acordo com as divisões da Alto, Médio e Baixo Iguaçu e ID voucher de depósito da
945 espécie consultado no *SpeciesLink*.

946

947 **Material Suplementar 3** – Relatório final detalhado do protocolo do *Kit de Triagem de*
948 *Invasividade de Espécies Aquáticas* (AS-ISK) para as espécies-alvo do estudo.

949 **Material Suplementar 4** - Métricas de avaliação dos modelos utilizados das cinco espécies
950 alvo.

951

952 Devido a enorme quantidade de páginas de materiais suplementares, os documentos
953 completos estão disponíveis em: [https://drive.google.com/drive/folders/1t4v-](https://drive.google.com/drive/folders/1t4v-438ak6gnkMgq_36IgQzodJMkdhE)
954 [438ak6gnkMgq_36IgQzodJMkdhE](https://drive.google.com/drive/folders/1t4v-438ak6gnkMgq_36IgQzodJMkdhE)

955

956

8. CONCLUSÃO GERAL

A presente tese evidenciou, de maneira integrada, os impactos ecológicos, socioculturais e políticos da introdução da espécie não nativa *Salminus brasiliensis* (dourado) na bacia do rio Iguaçu. Os resultados demonstraram a rápida expansão na região, sua elevada capacidade invasora e os riscos iminentes à ictiofauna endêmica, especialmente sob a influência das mudanças climáticas. Através de várias abordagens: ciência cidadã, análise bibliográfica, análise de percepções sociais, ferramentas preditivas, modelagem futura e protocolos de risco, foi possível confirmar a invasão iminente bem como a fragilidade ecológica da bacia quanto as complexas relações sociais e culturais que permeiam a aceitação ou rejeição da espécie invasora.

A pesquisa identificou ainda outras espécies com elevado potencial invasor, atual e principalmente futuro, reforçando a necessidade de ações preventivas e gestão integrada nestas espécies, não se deve negligenciar nenhuma espécie não nativa quando se registra sua presença, mas com estes resultados conseguimos direcionar os tomadores de decisões para o envolvimento dos diferentes setores ecológicos, sociais e políticos regionais, estaduais e federais.

Assim, contribui-se para o delineamento de políticas públicas embasadas cientificamente, promovendo estratégias eficazes e sustentáveis de manejo de espécies não nativas em regiões de alto endemismo. Diante do cenário alarmante de avanço destas espécies somado à vulnerabilidade ecológica e à carência de ações efetivas, torna-se evidente a necessidade de uma resposta urgente voltada à conservação da bacia do Iguaçu. Sem medidas concretas e imediatas, há um risco real de extinções locais em massa, o que comprometeria não apenas a integridade dos ecossistemas aquáticos, mas também o legado biológico e cultural da região. Muitas espécies endêmicas, únicas do Iguaçu, podem desaparecer antes mesmo de serem devidamente conhecidas pelas futuras gerações.

É imprescindível que leis e portarias atualmente equivocadas, em especial no âmbito do estado do Paraná, sejam revistas e alinhadas com os princípios da conservação biológica e do manejo responsável da ictiofauna. A ausência de normativas coerentes contribui para a permanência e disseminação de espécies invasoras, como *S. brasiliensis*, sob falsas premissas de proteção. Paralelamente, órgãos ambientais devem assumir papel ativo na educação ambiental, promovendo

campanhas informativas que esclareçam à população, o que caracteriza uma espécie invasora e os impactos associados à sua presença.

A implementação de estratégias de erradicação deve ter início na região do Médio Iguaçu, onde os impactos já são mais evidentes e o engajamento local se mostra mais consistente, e posteriormente expandir-se para o Alto e Baixo Iguaçu. Sem ações coordenadas e políticas públicas eficazes, a integridade da biodiversidade endêmica da bacia seguirá gravemente ameaçada.. Somente com uma abordagem interdisciplinar e colaborativa será possível garantir a preservação do patrimônio ictiológico da bacia do Iguaçu para as futuras gerações.

ANEXO A

**Carta aberta em repúdio ao Instituto Água e Terra (IAT) em resposta
à Portaria nº 223, de 28 de abril de 2025**

Carta aberta em repúdio ao Instituto Água e Terra (IAT) em resposta à **Portaria nº 223, de 28 de abril de 2025**.

Pesquisadores (especialistas) – com identificação ao fim desta carta – que são atuantes nas várias áreas da Biologia como: ecologia, zoologia, conservação e manejo de recursos pesqueiros, e principalmente os que se dedicam ao estudo da ictiofauna (peixes) do estado do Paraná e de outras regiões do Brasil, vem por meio desta manifestar nossa preocupação e apresentar considerações técnicas e científicas sobre a **Portaria 223/2025**.

O referido documento apresenta afirmações que carecem de embasamento científico robusto e, em alguns trechos, transmite mensagens imprecisas e contraditórias acerca da proteção das espécies nativas do estado do Paraná.

A partir da análise da Portaria 223/2025 entendemos que os formuladores de políticas ambientais do Paraná têm como objetivo a proteção de ESPÉCIES NATIVAS e combater as NÃO NATIVAS.

Esta conclusão é obtida com a leitura dos primeiros tópicos da portaria 223/25, onde se lê:

- *“Considerando a necessidade de proteger as espécies de peixes nativas das bacias hidrográficas para garantir a recuperação e manutenção de estoques [...]”*
- *“Considerando a necessidade de combater o desenvolvimento das espécies de peixes não nativos, diminuir a pressão exercida por eles sobre as espécies nativas e oportunizar o desenvolvimento da pesca;”*

E seu artigo 4º (pg. 3) para os efeitos desta portaria entende-se por:

- I. *“Espécie alóctone: espécie de origem e ocorrência natural em outras bacias hidrográficas brasileiras;”*
- II. *“Espécie exótica: espécie de origem e ocorrência natural somente em águas de outros países, que tenha ou não sido introduzida em águas brasileiras;”*

No entanto, identificamos erros, inconsistências e confusões que podem prejudicar o alcance dos objetivos de conservação propostos, como por exemplo o uso e aplicação das categorias: NATIVA, EXÓTICA E ALÓCTONE.

Com base nas definições já apresentadas vamos observar então o **artigo 8º, inciso V (pg. 8)**:

“V. Fica vedada a pesca, a posse, o abate e o transporte dos seguintes peixes: Jaiú (Zungaro jahu), Pintado (Pseudoplatystoma corruscans), Surubim ou Monjolo (Steindachneridion scriptum), Cachara (Pseudoplatystoma reticulatum), Dourado (Salminus brasiliensis) e Piracanjuba (Brycon orbignyanus), em todo o território e em todas as águas interiores do Estado do Paraná, componentes da Região Hidrográfica do Atlântico Sudeste e da Região Hidrográfica do Paraná. Para essas espécies poderá ser adotada somente a prática do pesque e solte, cuja soltura obrigatoriamente deverá ser no mesmo local e imediatamente após a captura, e obedecer aos manejos adequados”

Este inciso é confuso, pois se a pesca é vedada para as referidas espécies acima, como podem permitir a pesca e soltura? Além disso, a piracanjuba - *Brycon orbignyanus* -, é uma espécie da categoria “Criticamente Ameaçada de Extinção”, conforme portaria MMA 148/2022, e não pode ser pescada. Então primeiramente há uma contradição e sobreposição de leis.

Em segundo momento e talvez o ponto mais crítico desta norma, observando o Artigo 4º, inciso V, **que o texto apresentado generaliza TODO o estado do Paraná (limite geopolítico)**. No entanto, algumas bacias são hidrologicamente isoladas, como é o caso do Atlântico Sudeste e do Iguaçu (ecorregiões biogeográficas únicas e independentes), o que resulta em composições exclusivas de espécies, frequentemente distintas daquelas observadas em bacias conectadas – ou seja, essas bacias possuem espécies de peixes específicas do local.

Esse aspecto já foi devidamente contemplado na elaboração da Lista de Espécies Invasoras do Estado do Paraná, formulada pelo IAP (atual IAT) – Documento realizado por uma equipe multidisciplinar e aprovado de modo correto e publicado na **Portaria 59/2015 - Esta portaria de 2015 inclusive cita a espécie *Salminus brasiliensis* como INVASORA NO IGUAÇU – e foi um documento aprovado pelo próprio órgão em 2015. Recomendamos enfaticamente que esta lista de espécies seja sempre considerada na redação de futuras leis e portarias.**

Desta forma é necessário reavaliar alguns pontos críticos desta portaria, em que **ESSA GENERALIZAÇÃO acaba por categorizar erroneamente algumas espécies não nativas (alóctones) como nativas de fato**. Um exemplo importante é o **Dourado (*Salminus brasiliensis*)**, **que é nativo para a bacia do Paraná, mas não nativo nas bacias do Atlântico Sudeste e do Iguaçu** (e por isso é definido como alóctone segundo o artigo I da Portaria 223/2025).

O *Salminus brasiliensis* - Dourado é nativa do sul da América do Sul, naturalmente dos rios Paraná, Paraguai, Uruguai e Jacuí (bacia do Prata) e drenagens da Laguna dos Patos, sendo encontrada ainda na Bolívia nas bacias do rio Mamoré e alto rio Chaparé, bacia amazônica (Reis et al. 2003; Graça, Pavanelli, 2007; Lima 2022). Abaixo, elencamos os principais estudos científicos (revisados e publicados em revistas nacionais e internacionais) sobre a distribuição natural do Dourado e locais que a espécie é não nativa ou ALÓCTONE – Causando impactos negativos na biodiversidade.

- 1) Na bacia do rio Doce, no Espírito Santo (cf. Ruschi, 1965)
- 2) No Rio de Janeiro, na bacia do rio Paraíba do Sul (cf. Alves, 2007)
- 3) Na bacia do rio Ribeira do Iguape (cf. Vitule, 2014).
- 4) **Na bacia do Iguaçu:**
 - 4.1 Gubiani et al., 2010 – Revista Aquatic Invasions
 - 4.2 Vitule et al., 2014 - BioInvasions Records
 - 4.3 Daga et al., 2016 – Revista Aquatic Invasions
 - 4.4 Ribeiro et al, 2017 – Revista Perspectives in Ecology and Conservation
 - 4.5 Geller et al., 2020 – Revista da Sociedade Brasileira de Ictiologia

Sobre a bacia do rio Iguaçu é importante destacar que a região possui alto endemismo (espécies que exclusiva do local), devido a suas características biogeográficas: os peixes desta região evoluíram por milhões de anos separadamente do restante do sistema do Paraná em decorrência da formação das Cataratas do Iguaçu, que separou a ictiofauna a montante (acima) das **Cataratas do Iguaçu** daquelas a jusante (abaixo das Cataratas do Iguaçu) (Parolin, Volkmer-ribeiro, Leandrini, 2010). – Esse é um dos fatores para a espécie *S. brasiliensis* não ser nativa da região, uma vez que as cataratas do Iguaçu impedem a dispersão natural nas regiões à montante.

ATENÇÃO: Isso é comprovado com o **primeiro registro oficial de *S. brasiliensis* no rio Iguaçu apenas no ano de 2008** no reservatório de Salto Santiago por Gubiani et al (2010), demonstrando

que se a espécie fosse nativa da região já estaria habitando o local há muitos anos (igual habita outras partes da bacia do Paraná).

Vale destacar ainda que os peixes Jaú (*Zungaro jahu*) e cachara (*Pseudoplatystoma reticulatum*) também NÃO são nativos da bacia do Iguaçu – no entanto a preocupação maior desta carta é o Dourado que já está em grande abundância na região do Iguaçu (Geller et al., 2021).

Com isso **reforçamos emergencialmente que esta portaria seja alterada deixando explícito em um inciso independente a liberação da pesca do dourado, e de outras espécies não nativas (sem retorno), NA BACIA DO IGUAÇU E DO ATLÂNTICO SUDESTE (LITORÂNEA),** utilizando-se da pesca como estratégia para potencializar o controle dessas espécies na região.

Sugere-se um inciso da seguinte forma:

V - Fica autorizada, no âmbito **da bacia hidrográfica do rio Iguaçu e Atlântico Sudeste**, a pesca, o abate e transporte de espécies não nativas (alóctones), com o objetivo de controle ambiental e preservação da ictiofauna nativa, desde que observadas as normas ambientais vigentes.

§ 1º – **São consideradas espécies não nativas somente** para a bacia do Iguaçu e Atlântico Sudeste, para fins deste artigo, as espécies introduzidas que não pertencem à ictiofauna original da bacia do rio Iguaçu, entre elas estão:

- ✓ Dourado (*Salminus brasiliensis*)
- ✓ Tilápia (*Oreochromis niloticus*)
- ✓ Carpa-comum (*Cyprinus carpio*)
- ✓ Jaú (*Zungaro jahu*)
- ✓ Cachara (*Pseudoplatystoma reticulatum*)
- ✓ [...]

É necessário elencar todas as espécies NÃO NATIVAS, EXÓTICA E ALÓCTONE que pode ser facilmente observada no relatório de espécies invasoras do Paraná:

Link para portaria 59/2015 – IAT (Lista de Espécies Exóticas Invasoras do Paraná):
https://www.iat.pr.gov.br/sites/agua-terra/arquivos_restritos/files/documento/2020-04/folder_web_geral.pdf

Em face do exposto, reiteramos nosso veemente repúdio aos pontos de ambiguidade e generalização presentes na Portaria nº 223/2025, que, ao desconsiderar o arcabouço científico e as especificidades biogeográficas das bacias do Iguaçu e do Atlântico Sudeste, compromete as metas de conservação da ictiofauna paranaense.

Sugerimos que o IAT promova, em caráter de urgência, a revisão dos critérios de classificação citados, incorpore integralmente a Lista de Espécies Invasoras do estado do Paraná em futuras leis e normativas. A PORTARIA 223/2025 PRECISA SER MODIFICADA RAPIDAMENTE!

ASSINAM ESTA CARTA DE REPÚDIO OS PESQUISADORES:

1 - Jean Ricardo Simões Vitule – Biólogo, doutor em Zoologia (UFPR) e coordenador geral do laboratório de Ecologia e Conservação do setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná – UFPR.	2 - Iago Vinícios Geller – Biólogo, mestre em Ciências Biológicas (UEL) e docente do Centro Universitário Ugv.
---	--

3 - Angelo Antonio Agostinho, pesquisador senior (aposentado) no Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais da Universidade Estadual de Maringá.	4 - Wagner Martins Santana Sampaio - Biólogo, Mestre Em Biologia Animal (UFV), Doutor Em Biologia Celular e Estrutural (UFV), Responsável Técnico de Biodiversidade do Instituto de Desenvolvimento Econômico e Socioambiental (IDES-ABRASIL) e Diretor Técnico do Instituto de Pesquisa em Fauna Neotropical (IPEFAN).
5 - Marluce Aparecida Mattos de Paula Nogueira- Bióloga, Mestra em Ecologia (UFSJ). Laboratório de Ecologia Molecular e Ictiologia (LEMI- UFSJ)	6 - Carlos Bernardo Mascarenhas Alves - Biólogo, Mestre em Ecologia, Conservação e Manejo de Vida Silvestre (UFMG). Laboratório Nuvelhas - Projeto Manuelzão (UFMG)
7 - Éder André Gubiani. Professor Associado C, Centro de Engenharias e Ciências Exatas, Laboratório de Ictiologia e Estatística Pesqueira, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus Toledo (Unioeste).	8 - Fernando Rogério de Carvalho, Professor Adjunto, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Câmpus de Três Lagoas (UFMS/CPTL)
9 - Paulo dos Santos Pompeu. Professor titular, Departamento de Ecologia e Conservação, Universidade Federal de Lavras (UFLA)	10 - Yan Gonçalves Gowert - Dr. biologia de ambientes aquáticos continentais - Universidade Federal do Rio Grande (FURG)
11 - Cláudio L.S. Sampaio – Biólogo doutor em Zoologia (UFPB) e coordenador do laboratório de Ictiologia e Conservação da Universidade Federal de Alagoas – UFAL.	12 - Thalles Gomes Peixoto – Biólogo especialista em Gestão e Perícia Ambiental (Faculdade Única de Ipatinga) e consultor e analista ambiental.
13- Welber Senteio Smith - Professor Titular, PPG Patologia Ambiental e Experimental, Universidade Paulista (UNIP)	14 - Paulo Antonio David Franco - Biólogo, Mestrando em Ciências Biológicas UML; Instituto Peixes da Caatinga e Diretor Técnico da APSSHARK-DF.
15 - Erick Cristofore Guimarães, Biólogo doutor em Biodiversidade e Biotecnologia, pesquisador sênior no Núcleo de Inovação e Tecnologia da Universidade Federal do Maranhão.	16 - Patricia Charvet - Bióloga, doutora em Ciências Biológicas (Zoologia), pesquisadora visitante Universidade Federal do Ceará (UFC), consultora em ictiologia e representante regional do UICN SSC SSG.
17- Pâmella Silva de Brito, Bióloga, doutora em Biodiversidade e Biotecnologia, pesquisadora vinculada ao Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais (PPGCAM) da Universidade Federal do Maranhão (UFMA).	18- Wladimir Marques Domingues, Biólogo, Doutor em Ciências Ambientais - Nupélia/Universidade Estadual de Maringá.
19 - Diego Azevedo Zoccal Garcia, doutor em Ciências Biológicas, Universidade Estadual de Londrina (UEL) e técnico de laboratório, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), Câmpus Campo Grande	20 - Rosa Maria Dias, Bióloga, doutora em Ciências Ambientais, e pós-doutoranda vinculada ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Sustentabilidade Ambiental (PGBSA) da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), Câmpus Mundo Novo - MS
21 - Igor C. A. Souto-Santos, Biólogo, doutorando em Zoologia, Museu Nacional, Universidade Federal do Rio de Janeiro.	22 - Karoliny da Silva Batista, Bióloga, Mestra em Biodiversidade, Ecologia e Conservação (UFT). Laboratório de Ictiologia Sistemática da Universidade Federal do Tocantins.
23 - João Daniel Ferraz - Doutor em Ciências Biológicas (UEL) - Laboratório de Ecologia de Peixes e Invasões Biológicas - LEPIB - UEL	24 - Geovana de Souza Andrade, Bióloga, Mestra em Biodiversidade, Ecologia e Conservação - UFT. Laboratório de Ecologia da Universidade Federal do Tocantins.
25 - Hugmar Pains da Silva - Biólogo, Professor interino - Universidade do Estado de Mato Grosso - Unemat	26 Evanilde Benedito - Universidade Estadual de Maringá/Nupelia, Doutora em Evologia e Recursos Naturais, Coordenadora da Área de Biodiversidade da CAPES
27 - Natali Oliva Roman Miiller - Universidade Federal do Paraná - Laboratório de Ecologia e Conservação, Bióloga e Doutora em Ecologia e Conservação	28 - Igor Paiva Ramos - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Doutor em Ciências Biológicas (Zoologia), Laboratório de Ecologia de Peixes, FEIS/UNESP.
29 - Johnatas Adelir-Alves Laboratório de Ecologia e Conservação da Universidade Federal do Paraná (Setor de Tecnologia)	30 - Adriana Kazue Takako - Universidade Federal do Sul da Bahia (UFSB), doutora em Ciências Biológicas (Zoologia).
31 - Mônica Rodrigues Ferreira Machado, médica veterinária, Doutora em Ciência Animal - Programa de Pós Graduação em Biociência e Saúde única (Universidade Federal de Jataí)	32 - Mariana Novello Rocha, bióloga, mestranda em Ecologia, Programa de Pós-graduação em Ecologia (PPGE), Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)
33 - Ana Clara Sampaio Franco - Dra em Ecologia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) / Pesquisadora na University of Girona, Espanha	34 - Silvia Maria Millan Gutierrez , bióloga, Doutora em Ecologia e Conservação (UFPR) - Pesquisadora no CEMAFAUNA, Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF).
35 – Mário Luís Orsi, doutor em Doutor em Ciências Biológicas (Zoologia). Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP. Docente da pós-graduação em Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Londrina (UEL).	

POR SER VERDADE FIRMO O PRESENTE:
Iago Vinicios Geller – CPF: 068.590.729-54

ANEXO B
Redação do Capítulo 3
Normas técnicas – Revista Oecologia Australis

Submissões

[Faça login](#) ou [registre-se](#) para fazer um envio.

Diretrizes para autores

VISÃO GERAL

A *Oecologia Australis* publica manuscritos sobre todos os aspectos da Ecologia, com conteúdo completo em acesso aberto a todos os leitores. A submissão de artigos é eletrônica, diretamente do nosso site (<https://revistas.ufrj.br/index.php/oa>) por meio de formulário de submissão.

Manuscritos são aceitos em três idiomas: português, inglês e espanhol. **Todos os manuscritos aceitos são cobrados pela publicação. O valor da publicação é apenas para associados da ABECO - R\$ 200,00 e para não associados - R\$ 300,00. A partir de 1º de abril de 2025, o custo da publicação será de R\$ 290,00 para associados da ABECO e R\$ 390,00 para não associados.** Se você deseja se tornar um associado da ABECO, acesse <https://abeco.org.br/>

A revista aceita a submissão de manuscritos que atendam aos critérios gerais de relevância e excelência científica. Os tópicos de interesse incluem:

1. Ecologia de organismos (ecofisiologia, comportamento animal, história natural, biologia evolutiva dos organismos, desenvolvimento ecológico)
2. Ecologia populacional
3. Ecologia comunitária e metacomunitária
4. Ecologia de ecossistemas
5. Biogeografia e macroecologia
6. Ecologia evolutiva
7. Limnologia e oceanografia
8. Biologia da conservação, gestão ambiental e de espécies

9. Ecologia da paisagem

10. Educação ambiental

11. Lista de espécies e expansão da distribuição geográfica conhecida, desde que inclua uma perspectiva ecológica

LISTA DE VERIFICAÇÃO DE PREPARAÇÃO DE SUBMISSÃO

Como parte do processo de submissão, os autores devem verificar a conformidade de seus trabalhos com todos os itens a seguir. **Os trabalhos que não estiverem de acordo com essas diretrizes serão devolvidos aos autores .**

1. A contribuição deve ser **original, inédita e trazer novidade** ao conhecimento científico. Os manuscritos não devem estar em processo de revisão em nenhum outro periódico;

2. **Certifique-se de que o manuscrito segue todas as normas da revista.** As seções e o formato do texto devem estar de acordo com as Diretrizes para Autores (veja abaixo). Os manuscritos devem ser submetidos em formato MS Word (formato .doc ou .docx). Manuscritos em Portable Document Format (.pdf) não serão aceitos. Antes de submeter, verifique se a contagem de palavras e as seções do seu manuscrito seguem as normas da revista:

	Comprimento máximo ¹	Comprimento máximo (Resumo)	Seções ²
Artigos originais	6.000 palavras	300 palavras	Introdução, Material e Métodos, Resultados, Discussão
Comunicações curtas	3.000 palavras	150 palavras	Nenhuma divisão
Avaliações	8.000 palavras	300 palavras	Introdução, Material e Métodos, Conclusão
Opiniões	1,500 words	150 words	No division

¹Word count includes Introduction to References, figure and table legends, and tables.

²All manuscripts should include Abstract, Acknowledgements, References and Figure/Table legends.

3. **Cover Letter must be submitted as “supplementary material”** in the online system in Portable Document Format (.pdf) following all mandatory content. Please, see the “Cover Letter” subsection below to find the template including the mandatory content of the letter. Also make sure that **figures and supplementary material files are submitted through the online system.**

4. **Carefully fulfill the submission metadata**, which is a file that includes all information for each listed co-author. **Make sure all information is provided in each author's profile: name, e-mail, affiliation, country and [ORCID iD](#).** Affiliation information should be filled in this order: with institution, research division, department, graduate program, research group or laboratory, street, PO box, postal code, city, state, country, ORCID. Do not include any acronym.

5. Manuscripts not written in the native language of authors must be carefully reviewed before submission. In addition, **the editor may request manuscripts to have the writing reviewed before publication.** There is always the option to send the manuscripts in Portuguese or Spanish. Manuscripts written in Portuguese or Spanish require a second title and abstract in English. Tables and figures from articles written in Portuguese or Spanish requires a second legend in English.

6. **The manuscript and figure files must not be larger than 2Mb during submission.** If the manuscript is accepted, the editor will contact the authors and request figures to be sent in high resolution by e-mail; in this case, files can be larger than 2Mb, but files larger than 20Mb will not be accepted. Tables should be at the end of the manuscript and must be in an editable format. Figures should be sent as a supplementary material, please include figure legends at the end of the manuscript (just before tables).

7. It is mandatory to formally declare that experiments involving humans or laboratory animals were conducted according to institutional and national ethic guidelines that standardize it in scientific studies. Authors should also report in the methods section license numbers and permits from competent institutions.

AUTHOR GUIDELINES

1. To start the process, the corresponding author should register itself on our website: [Register \(ufrj.br\)](#);
2. Download the **template of the cover letter** (see link in section 1. Cover letter), and submit it as a **pdf format**. See below the mandatory information that need to be included in the cover letter.
3. **Carefully fulfill the submission metadata**, which is a file that includes all information for each listed co-author;

4. **Carefully read the “General Rules and Manuscript Formatting”** section below, and prepare your manuscript following the provided instructions;

Note that:

- **Manuscripts should be sent in a .doc or .docx format.** Manuscripts in pdf files will not be accepted.
- All submitted manuscripts will be evaluated in a double-blind peer-review process. If accepted, the article will be published in the following issues, following a schedule established by the editors considering submission/acceptance order. The content of Opinions does not reflect the point of view of *Oecologia Australis*; it is civil and intellectual responsibility of authors. Published articles are free of charge for authors and fully available/indexed in Google, Google Scholar, Scopus / Elsevier, SEER / IBICT, Scientific Commons, Dialnet Latindex, Zoological Record and BIOSIS Previews databases.

1. Cover Letter

The manuscript **should be accompanied by a cover letter, following the template:**

[Download Cover Letter Template](#)

The submission of the cover letter is mandatory.

2. Sections

2.1. Original Articles

Original articles should present novel results of ecological research. Emphasis is placed on concise, clear articles presenting important ecological phenomena, hypothesis testing, development of new techniques, and new approaches. We discourage submission of articles that are purely descriptive. Inventories can be published as original articles if they include comprehensive data analyses and ecological discussion. If the manuscript reports only a species list and richness indices, we recommend that it should be submitted as short communication. In both cases, the manuscript must include a discussion of ecological relevance comparing with other studies. How the species were identified must be explicit in the Material and Methods section, and preferably aided by the inclusion of photos. We will not accept manuscripts with the results and discussion written together as a single section.

- Manuscripts for this section should be divided into *Abstract, Introduction, Material and Methods, Results, Discussion, Acknowledgements* and *References*. Figure legends, Tables and Table legends should be included at the end of the manuscript.
- Original articles do not have a separated section Conclusion.
- Maximum length allowed is 6,000 words (Introduction to References, Figures and Tables legends, and Tables).
- Abstracts should have up to 300 words.

2.2. Short communications

Scientific Notes report narrow or regional ecological results, with local application or restricted theoretical and/or practical consequences. The insertion of geographical coordinates is mandatory, such as the number of voucher specimens for records of geographical expansion or first records. The sample effort carried out for each group or taxon should be according to the size of the sampled area and analysis such as rarefaction curves or other estimators must be provided.

- Except for *Abstract, Acknowledgements* and *References*, the text does not have section divisions.
- Manuscripts should have between 1,500 and 3,000 words and a short abstract up to 150 words.

2.3. Reviews

Reviews should be comprehensive, synthetic papers that establish new benchmarks in Ecology. Authors should bring critical and interpretive views of a particular subject, fundamental to the understanding of ecological principles. Reviews should be more than simple 'state of the art' articles. Rather than focusing only on the recent literature and highlighting trendy topics, Reviews should reflect the development of a topic and encompass relevant natural history, observational and experimental data, analyses, models, and theory. Author(s) may also present future directions for the research field; it is expected that authors can bring their own view or novel interpretation to the research field. Material and Methods section should describe how the literature search was made (describing the keywords used, the platforms used for the search and the period searched).

- The review must have *Introduction, Material and Methods* and *Conclusion*. Additional sections are optional (e.g. *Results, Discussion*).
- Reviews should not exceed 8,000 words.
- Abstracts should have up to 300 words.

2.4. Opinions

Opinions must bring to readers novel insights and opinions regarding current and controversial topics in Ecology. Manuscripts in this section have no division. Acknowledgement and Reference sections can be used, if appropriate. The main objective of this section is to promote a broad discussion among researchers.

- Maximum length allowed is 1,500 words.
- Abstracts should have up to 150 words.

3. General Rules and Manuscript Formatting

Authors must format the manuscript at the time of submission following the general rules below.

Manuscripts should be in a .doc or .docx format. Page margins are 2.5cm up and down and 3.0cm left and right. For all the text use 11-point font, Times New Roman, left aligned, double-spaced, except for figures and tables legends and for the first page (see the guidelines for the first page). For figures and tables legends use 10-point font, Times New Roman, left aligned, single-spaced.

3.1. First page

3.1.1. Running title

Please provide a short running title **up to 65 characters (with spaces)**. Use lowercase (except for title first letter and proper nouns), 12-point font, Times New Roman, italic (with exception for scientific species name and foreign language words), centralized.

3.1.2. Title

Up to 20 words in capitals, no italics (with exception for scientific species name and foreign language words), 13-point font, bold, Times New Roman, centralized).

3.1.3. Authors and affiliations

Avoid excessive number of authors. All names of authors **should be written in full** (name, middle name and surname), in lowercase, 11-point font, Times New Roman, italic, centralized. Identify authors with superscript numbers corresponding to institutional affiliation. Separate names with commas, except for the last two, which are linked with an "&". Mark the corresponding author name with a superscript asterisk.

Affiliation should be placed immediately below, in lowercase, 8-point font, Times New Roman, left aligned, double-spaced. Affiliation information should be filled with institution, research division, department, graduate program, research group or laboratory, street, PO box, postal code, city, state, country, in this order. Do not include the any acronym.

Include all authors' e-mails. Corresponding author's email should be followed by “(*corresponding author)”.

Example first page:

Gender equality in Oecologia Australis

IS OECOLOGIA AUSTRALIS PROMOTING GENDER EQUALITY IN ITS REVIEW PROCESS?

Camila dos Santos de Barros^{1}, Nuria Pistón¹, Ana Cláudia Delciellos² & Melina de Souza Leite³*

¹Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Biologia, Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Av. Carlos Chagas Filho, 373, Cidade Universitária, CEP 21941-590, Rio de Janeiro, RJ, Brazil.

²Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes, Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Evolução, Rua São Francisco Xavier, nº 524, Maracanã, CEP 20550-900, Rio de Janeiro, RJ, Brazil.

³Universidade de São Paulo, Instituto de Biociências, Departamento de Ecologia, Rua do Matão 321, Travessa 14, São Paulo, SP CEP 05508-090, Brazil

E-mails: camilasdebarros@gmail.com (*corresponding author); nuriapiston@gmail.com; anadelciellos@yahoo.com.br; melina.leite@ib.usp.br

3.2. Second page

3.2.1. Abstract

Please provide the abstract of your manuscript. Manuscripts written in Portuguese or Spanish require a second title and abstract in English. See “Sections” above to word limit of each type of

manuscript.

3.2.2. Keywords

Up to five keywords in alphabetical order must be provided, separated by **semicolon**. These must be different from those in the title of the manuscript.

Example:

Keywords: ecology journals; gender bias; minority representation; sex bias.

3.3. Next pages:

3.3.1. Titles, subheadings, sub-items, and text

Page footnotes are not allowed. Do not hyphenate; names and phrases in Latin or foreign languages should be italicized, not underlined. *Oecologia Australis* accepts up to three (3) levels of organization in the manuscript (title, subheadings and sub-items). Separate the three levels with a line space;

- The **TITLE OF THE ARTICLE** should be in capital letters, Times New Roman, size 13, bold and centered. Separate authors' names and title with a two-line space;
- **SUBHEADINGS** (e.g. **INTRODUCTION**) should be in capital letters, Times New Roman, size 11, bold, left aligned;
- *Sub-Item I* (e.g. ***Study area***) must be in lower case, Times New Roman, size 11, bold, italic, left aligned.
- Sub-Items II (e.g. **Study area 1**) may be present when necessary and must be in lower case, Times New Roman, size 11, underlined, bold and left aligned.

3.3.2. Manuscript sections

Introduction: The topic of the study should be succinctly described in appropriate context along with the study questions, well-defined objectives and expectations/hypotheses to be evaluated.

Material and Methods: Please describe the study area. Include the georeferenced (including the datum of the areas). Describe all procedures used, including statistical methods (justifying its use with references) and the software or environment used for statistical analyses. For example, if 2-way Analysis of Variance (ANOVA) was used to assess the effects of sex and season, it should be mentioned in Material and Methods, and only the outcomes of those analyses F (with df as subscripts) and p-values should be stated in the Results. All details of statistical outcomes should be provided, and degrees of freedom must be reported as subscripts of test statistics. When using other statistics, such as model selection, inform and justify the models and their choice as well as the complete report of the statistics AIC, Wald, and others. Include the sample number used for the

analyses. Authors must include in this section the appropriate licenses for studies with animals, plants and/or humans, including authorization number. See more information about research ethics standards in About the Journal. Registered research equipment should have the notation® in superscript.

Results: Describe the results obtained. Do not repeat in the text the information provided in the tables and figures.

Discussion: A broad discussion of ecological implications of the study results should be included as well as the limitation of the study. Please reiterate the main objectives and hypotheses and highlight the main conclusion (take-home message). A separated section Conclusions is required only for Reviews.

Acknowledgments: Should be included before the reference list section. Use this section to thank anyone who helped you in any way other than in writing, in the theoretical complexity and conclusions of your study. Please, enumerate sources of funding (names in full), including process numbers (do not forget to include this information on financial support in the metadata).

3.4. References

Paragraphs should have 1 cm hanging indent. We encourage the use of bibliography manager software (*e.g.*, *Mendeley desktop*, <http://www.mendeley.com/>) but make sure that references follow the correct format according to one of the reference types below. References should include, whenever possible, the DOI numbers at the end of citation. The use of the issue number in parenthesis is mandatory. Remove all hyperlinks.

3.4.1. Articles

Einstein, A. 1905. On the electrodynamics of moving bodies. *Annalen Der Physik*, 17(4), 1–26. DOI: 10.1088/0143-0807/27/4/007

Campbell, J. L., & Pedersen, O. K. 2007. The varieties of capitalism and hybrid success. *Comparative Political Studies*, 40(3), 307–332. DOI: 10.1177/0010414006286542

Watson, J. D., & Crick, F. H. C. 1953. Molecular structure of nucleic acids; a structure for deoxyribose nucleic acid. *Nature*, 171(4356), 737–738. DOI: 10.1038/171737a0

Accadia, T., Acernese, F., Alshourbagy, M., Amico, P., Antonucci, F., Aoudia, S., & Zhang, Z. 2012. Virgo: a laser interferometer to detect gravitational waves. *Journal of Instrumentation*, 7(03), P03012–P03012. DOI: 10.1088/1748-0221/7/03/P03012

3.4.2. Books

Borges, J. L. 1999. Selected non-fictions. E. Weinberger (Ed.), New York: Viking: p. 559.

Dunnett, N., & Kingsbury, N. 2008. Planting green roofs and living walls. 2nd ed. Portland, OR: Timber Press: p. 328.

Hancké, B., Rhodes, M., & Thatcher, M. 2007. Beyond varieties of capitalism: conflict, contradiction, and complementarities in the European economy. Oxford and New York: Oxford University Press: p. 438.

3.4.3. Book chapters

Mares, I. 2001. Firms and the welfare state: when, why, and how does social policy matter to employers? In: P. A. Hall & D. Soskice (Eds.), Varieties of capitalism. The institutional foundations of comparative advantage. pp. 184–213. New York: Oxford University Press.

3.4.4. PhD. Thesis and Master Dissertations

Master and PhD. Thesis may be cited, preferably those which digital format files are properly available at the database from the thesis home University. In this case, web links must be informed in the References section. **Note: Undergraduate theses are not accepted as reference.**

Brennand, P. G. de G. 2010. Variação geográfica do gênero *Hylaeamys* Weksler, Percequillo, Voss (2006) (Cricetidae: Sigmodontinae) na Floresta Atlântica. Master thesis. Universidade Federal da Paraíba. p. 214.

Loretto, D. 2012. Ecologia de pequenos mamíferos arborícolas: estado do conhecimento, métodos de amostragem e estudo populacional, com ênfase no bioma da Mata Atlântica. Doctoral thesis. Universidade Federal do Rio de Janeiro. p. 197.

3.4.5. Technical reports

Ahlquist, J. S., & Breunig, C. 2009. Country clustering in comparative political economy. No. 9--5; p. 32. Cologne: Max-Planck Institute for the Study of Societies. Retrieved from www.mpifg.de/pu/mpifg%7B_%7Ddp/dp09-5.pdf

CSL search by example. (n.d.). Retrieved on December 15, 2012, from <http://editor.citationstyles.org/searchByExample/>

Soares, M. L. G. 2002. Diagnóstico de danos causados aos manguezais da baía de Guanabara pelo derramamento de óleo ocorrido em janeiro de 2000. Relatório Técnico. Secretaria Estadual do Meio Ambiente (SEMADS), Rio de Janeiro. p. 270.

Projeto PLANÁGUA SEMADS, & GTZ de Cooperação Técnica Brasil - Alemanha. 2001. Bacias hidrográficas e rios fluminenses - Síntese informativa por macrorregião ambiental. p. 741a. ed. SEMADS, Rio de Janeiro, RJ.

3.4.6. Normative acts, resolutions, regulations, among others

According to NBR 6023 ABNT, 2002 (Brazilian Technical Standards Association): "The essential elements are: jurisdiction (or entity header, if it is standards), title, number, date and publication data. In the case of Constitutions and its amendments, among the name of the jurisdiction and the title, the word Constitution, followed by the year promulgation of the year in parentheses should be added. "If available on the Internet, enter the URL address and the date of access (month, day, year).

Brasil. 1943. Decreto-lei no 5.452, de 1 de maio de 1943. Lex: coletânea de legislação: edição federal, São Paulo, Brasil.

Brasil. 2003. Presidência da República. Grupo de Trabalho Interministerial. Bases para o enfrentamento da crise emergencial das universidades federais e roteiro para a Reforma Universitária Brasileira. Brasília, DF. (Retrieved on August 11th, 2017, from <http://www.sintunesp.org.br/refuniv/GT-Interministerial%20-%20Estudo.htm>).

3.4.7. Personal communication and unpublished data

Oecologia Australis discourages authors to use such reference, except in special cases, essential to the understanding of the manuscript results and conclusions. When necessary, personal communications or unpublished data must be informed in the text only as follows: "[...] J. D. Santos (personal communication)" or "[...] J. D. Santos (unpublished data)."

3.4.8. Software and Models

The valid reference is the published paper that originally explains how to use the software, or describes the model. In the body text, inform the article reference. In the reference list, include the complete reference following the style already described above. Example: "[...] used the software SAM (Rangel *et al.* 2006)."

3.4.9. Abstracts published in congresses and other types of scientific meetings

Unpublished material as reference, such meeting communications and conference proceedings, **will not be accepted.**

3.5. In-text citations

In-text citations to the literature should be cited first chronologically and then by author's surname followed by year of publication, lower case, for example: Walstad *et al.* (1970), Odum (1983), Margulis & Sagan (2002). Use a comma to separate different citations, for example: (Tencaten 1989, Silva & Costa 1993, Carmo *et al.* 2009) and different citations of the same author (*e.g.* Wetzel 1990, 1995). When references are made to more than one published study in the same year by the same author, use lower case letters to distinguish them (*e.g.* Wetzel 1983a, 1983b).

3.5.1. Literal Transcriptions

These citations, of any extension, must be delimited by double quotation marks followed by the data and the reference consulted, *i.e.*, name(s) of author(s), year of publication, page. The transgression of this rule implies plagiarism.

Example: "Despite all the controversies, biologists continue to generalize. Not only in textbooks but also in specialized journals, biological generalizations and implications are presented and discussed all the time. It is evident, therefore, that empirical generalizations play important roles in research and scientific understanding of the biological world "(El-Hani 2006, p. 19).

3.5.2. Indirect transcriptions

Avoid it. However, *Oecologia Australis* may accept indirect citation of original material, unavailable to consultation, and essential to manuscript conclusions. In these cases, the Latin word *apud* must be used. Include only the consulted study in the reference section. In the example's case, include only Gall & Crandell (2008) in the reference section.

Example: "The results suggest that the current distribution of honeybees in the New World reflects niche breadth of originally introduced subspecies (Wales 1939 *apud* Gall & Crandell 2008)."

3.5.3. Acronyms and Abbreviations

The meaning of acronyms should be informed the first time it appears in the text. Avoid using abbreviations. Where necessary, make sure to follow typical native speakers' usage. In Table and Figure legends present it unabbreviated, with acronyms and abbreviations in parentheses. Use the abbreviation "vs." in italics, both the text and figures and tables, to mean *versus*.

3.6. Figures and tables

Authors wishing to include figures, tables, or text passages that have already been published elsewhere are required to obtain permission from the copyright owner(s) and to include evidence that such permission has been granted when submitting their papers. Reference to original source should be included in the legend and into the reference list.

Tables and Figures should be labelled with lowercase, bold letter of the roman alphabet (*e.g., a*).

Legends should be presented in the original language of the article (**10-point font, Times New Roman, left aligned, single-spaced**). Tables and Figures from articles written in Portuguese or Spanish must have a legend in English 10-point font, Times New Roman, italic (except words in foreign language and scientific names), justified and single-spaced. Tables are labelled in the top while Figures are on the bottom. Do not include notes below tables; all information must be included at table legend. Text within figures should be 10 to 14-point to ensure legibility. Authors may indicate where tables and figures are to be placed in the text. Please, verify if the figures will still have clear information after being shortened to fit the article final format.

There is not a limit for the number of Figures, but only strictly necessary material may be accepted. Figures should be submitted as individual files on supplementary files in TIFF or PNG format. Figures in JPEG format in high resolution (*e.g.,* greater than 800 x 800 pixels and 600 dpi) can be accepted. Figures have no outer margins or lines. If the figure has outer margins or lines, authors will be required to correct them. Colored figures are published at no cost. Authors must be aware that figure symbols must be large enough to be readable after reduction in size in the final publication. If the manuscript is accepted, figures in high resolution will be requested and the files must be sent by e-mail if they have more than 2MB. Files with more than 20Mb will not be accepted.

Tables should be editable and not exceed 16.5 x 24.0 cm. Use 10-point font, Times New Roman, justified or centralized for table contents. Insert tables at the end of the manuscript with the legend, and built it using the "Table" option of text processor. Tables must contain only horizontal borders at the beginning and end of the table and to separate headings from data. Do not use vertical lines. It is important that the information be presented in an organized fashion, and, in this respect, horizontal lines must be used sparingly.

Do not use passive and indicative sentences when referring to Tables and Figures in the text. Instead of "As we can see in Figure 2, the number of [...]" use "The rainfall was higher between September and March (Figure 2)." **Figures and Tables should bring information with minimum dependence to the text, legends should be self-explanatory, and that information should not be, under any circumstances, redundantly described in the text.**

3.7. Appendices and supplementary material

The Supplementary material is not essential to understand the manuscript and must be submitted in a separated file and will not be diagrammed. Additional information not essential for understanding the study, but that brings important or complementary information (vouchers number, geographical coordinates list, etc) can be submitted as Appendix (*e.g.*, Appendix 1, Appendix 2) at the end of the manuscript with their respective legends.

3.8. Scientific names and units

The scientific names should be highlighted with italics. **The first appearance of a species name in the text should be followed by Order and Family names into parenthesis.** Other situations should follow the *International Code of Zoological Nomenclature* (<http://iczn.org/code>) or the *International Code of Nomenclature for Algae, Fungi, and Plants* (<http://www.iapt-taxon.org/nomen/main.php>). After the first appearance, the generic epithet can be abbreviated. At the beginning of sentences, tables and figures the species name should be spelled out, especially in subtitles, making them independent of body text. Do not add the name and year of species authorship both in text and tables.

The format of all numbers and units adopted by *Oecologia Australis* follow the International Metric System and the Brazilian National Standards Organization (http://www.bipm.org/utis/common/pdf/si_brochure_8_en.pdf). P-values are shown as "p"; degrees of freedom = df; sample size = N; standard deviation = SD. Geographic coordinates must be in degrees, minutes and seconds, followed by *datum* (*e.g.*, 22°11'33.5S, 44°11'33.5W, *datum* SAD69). For hours do not use AM and PM, but provide hours and minutes as follows: 20:40 h; 02:31 h; 12:50 h; 14:40 h.

4. Accepted Articles

Fique atento aos prazos do processo de submissão. Antes da publicação dos artigos aceitos, os autores recebem versões de prova que devem ser revisadas e devolvidas aos editores até o prazo informado. Nesta fase, os autores devem revisar o manuscrito em busca de inconsistências quanto à diagramação do texto, posicionamento das figuras e tabelas, bem como erros de digitação. Após esse período, alterações não serão permitidas. Após o autor correspondente devolver a prova corrigida ao editor, novas correções não serão consideradas.

CONTATO

Caso tenha alguma dúvida, envie um e-mail para: oecologiaaustralis@gmail.com

Declaração de Privacidade

Os nomes e endereços informados neste periódico serão utilizados somente para os serviços prestados por este periódico e, portanto, não serão divulgados a nenhuma outra finalidade ou a qualquer terceiro.

Editora-chefe: Dra. Rosana Gentile

ISSN: 2177-6199

Classificação do periódico SCImago (SJR): 0,21 (2022)

CiteScore Scopus: 1,2 (2022)

Resumos Biológicos

Registros Zoológicos

Editor

[ABECO - Associação Brasileira de Ciência Ecológica e Conservação](#)

EDIÇÃO ESPECIAL DE CHAMADAS

[**ACESSE AQUI!**](#)

Linguagem

[Inglês](#)

[Português \(Brasil\)](#)

Informação

[Para leitores](#)

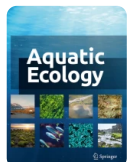
[Para Autores](#)

[Para bibliotecários](#)

[Sistemas de periódicos abertos](#)

Platform &
workflow by
OJS / PKP

ANEXO C
Redação do Capítulo 4
Normas técnicas – Revista *Aquatic Ecology*



Aquatic Ecology

Publishing model: Hybrid

[Universidade Estadual Do Parana](#)[Explore open access funding](#)[Change institution](#)

Journal menu

Submission guidelines

Contents

[Instructions for Authors](#)[Editorial Policy](#)[Manuscript Submission](#)[Title Page](#)[Text](#)[References](#)[Tables](#)[Artwork and Illustrations Guidelines](#)[Supplementary Information \(SI\)](#)[Editing Services](#)[Ethical Responsibilities of Authors](#)

[Authorship principles](#)

[Compliance with Ethical Standards](#)

[Competing Interests](#)

[After Acceptance](#)

[Open Choice](#)

[Research Data Policy and Data Availability Statements](#)

[Instructions for Authors Part II](#)

[Publishing Ethics](#)

[Open access publishing](#)

[Mistakes to avoid during manuscript preparation](#)

Instructions for Authors

Editorial Policy

Authors are encouraged to place all species distribution records in a publicly accessible database such as the national Global Biodiversity Information Facility (GBIF) nodes (www.gbif.org) or data centers endorsed by GBIF, including BioFresh (www.freshwaterbiodiversity.eu).

[Back to top](#) ↑

Manuscript Submission

Manuscript Submission

Submission of a manuscript implies: that the work described has not been published before; that it is not under consideration for publication anywhere else; that its publication has been approved by all co-authors, if any, as well as by the responsible authorities – tacitly or explicitly – at the institute where the work has been carried out. The publisher will not be held legally responsible should there be any claims for compensation.

Permissions

Authors wishing to include figures, tables, or text passages that have already been published elsewhere are required to obtain permission from the copyright owner(s) for both the print and online format and to include evidence that such permission has been granted when submitting their papers. Any material received without such evidence will be assumed to originate from the authors.

Online Submission

Please follow the hyperlink “Submit manuscript” and upload all of your manuscript files following the instructions given on the screen.

Source Files

Please ensure you provide all relevant editable source files at every submission and revision. Failing to submit a complete set of editable source files will result in your article not being considered for review. For your manuscript text please always submit in common word processing formats such as .docx or LaTeX.

Submitting Declarations

Please note that [Author Contribution information](#) and [Competing Interest information](#) must be provided at submission via the submission interface. Only the information submitted via the interface will be used in the final published version. Please make sure that if you are an editorial board member and also a listed author that you also declare this information in the Competing Interest section of the interface.

Please see the relevant sections in the submission guidelines for further information on these statements as well as possible other mandatory statements.

Guidelines for the Article Category: Short Communications

Short communications should have an approximate number of words between 2500–3000. This includes the cover page, abstract, references, acknowledgements, figures, tables and legends. The number of figures should not be more than 3. The number of references should not be more than approximately 30. It is possible to include Electronic Supplementary Material. The format is similar to a regular article. At submission please enclose a brief statement explaining why the manuscript meets the criteria of a short communication.

Suggest reviewers

1. You are required to list 4 potential reviewers for your manuscript; preferably with a mix of reviewers from different countries and different institutions.
2. Please provide name, institution and email address of each reviewer suggested.
3. Please note: the suggested reviewers should not be from the authors' own institute, nor a co-author of any published paper/papers of the present author/authors.

[Back to top](#) ↑

Title Page

Please make sure your title page contains the following information.

Title

The title should be concise and informative.

Author information

The name(s) of the author(s)

The affiliation(s) of the author(s), i.e. institution, (department), city, (state), country

A clear indication and an active e-mail address of the corresponding author

If available, the 16-digit [ORCID](#) of the author(s)

If address information is provided with the affiliation(s) it will also be published.

For authors that are (temporarily) unaffiliated we will only capture their city and country of residence, not their e-mail address unless specifically requested.

Large Language Models (LLMs), such as [ChatGPT](#), do not currently satisfy our [authorship criteria](#). Notably an attribution of authorship carries with it accountability for the work, which cannot be effectively applied to LLMs. Use of an LLM should be properly documented in the Methods section (and if a Methods section is not available, in a suitable alternative part) of the manuscript. The use of an LLM (or other AI-tool) for "AI assisted copy editing" purposes does not need to be declared. In this context, we define the term "AI assisted copy editing" as AI-assisted improvements to human-generated texts for readability and style, and to ensure that the texts are free of errors in grammar, spelling, punctuation and tone. These AI-assisted improvements may include wording and formatting changes to the texts, but do not include generative editorial work and autonomous content creation. In all cases, there must be human accountability for the final version of the text and agreement from the authors that the edits reflect their original work.

Abstract

Please provide an abstract of 150 to 250 words. The abstract should not contain any undefined abbreviations or unspecified references.

For life science journals only (when applicable)

Trial registration number and date of registration for prospectively registered trials

Trial registration number and date of registration, followed by “retrospectively registered”, for retrospectively registered trials

Keywords

Please provide 4 to 6 keywords which can be used for indexing purposes.

Statements and Declarations

The following statements should be included under the heading "Statements and Declarations" for inclusion in the published paper. Please note that submissions that do not include relevant declarations will be returned as incomplete.

Competing Interests: Authors are required to disclose financial or non-financial interests that are directly or indirectly related to the work submitted for publication. Please refer to “Competing Interests and Funding” below for more information on how to complete this section.

Please see the relevant sections in the submission guidelines for further information as well as various examples of wording. Please revise/customize the sample statements according to your own needs.

[Back to top](#) ↑

Text

Text Formatting

Manuscripts should be submitted in Word.

Use a normal, plain font (e.g., 10-point Times Roman) for text.

Use italics for emphasis.

Use the automatic page numbering function to number the pages.

Do not use field functions.

Use tab stops or other commands for indents, not the space bar.

Use the table function, not spreadsheets, to make tables.

Use the equation editor or MathType for equations.

Save your file in docx format (Word 2007 or higher) or doc format (older Word versions).

Manuscripts with mathematical content can also be submitted in LaTeX. We recommend using [Springer Nature's LaTeX template](#).

Headings

Please use no more than three levels of displayed headings.

Abbreviations

Abbreviations should be defined at first mention and used consistently thereafter.

Footnotes

Footnotes can be used to give additional information, which may include the citation of a reference included in the reference list. They should not consist solely of a reference citation, and they should never include the bibliographic details of a reference. They should also not contain any figures or tables.

Footnotes to the text are numbered consecutively; those to tables should be indicated by superscript lower-case letters (or asterisks for significance values and other statistical data). Footnotes to the title or the authors of the article are not given reference symbols.

Always use footnotes instead of endnotes.

Acknowledgments

Acknowledgments of people, grants, funds, etc. should be placed in a separate section on the title page. The names of funding organizations should be written in full.

Additional requests for Text Formatting

Regardless of the above mentioned font size, please submit your manuscript in 11-point Times Roman.

Use double line spacing.

Use the automatic line numbering function and number the lines in your manuscript continuously.

Please update the Word count, Number of Figures, Tables.

[Back to top](#) ↑

References

Citation

Cite references in the text by name and year in parentheses. Some examples:

Negotiation research spans many disciplines (Thompson 1990).

This result was later contradicted by Becker and Seligman (1996).

This effect has been widely studied (Abbott 1991; Barakat et al. 1995a, b; Kelso and Smith 1998; Medvec et al. 1999, 2000).

Reference list

The list of references should only include works that are cited in the text and that have been published or accepted for publication. Personal communications and unpublished works should only be mentioned in the text.

Reference list entries should be alphabetized by the last names of the first author of each work. Please alphabetize according to the following rules: 1) For one author, by name of author, then chronologically; 2) For two authors, by name of author, then name of coauthor, then chronologically; 3) For more than two authors, by name of first author, then chronologically.

If available, please always include DOIs as full DOI links in your reference list (e.g. “<https://doi.org/abc>”).

Journal article

Gamelin FX, Baquet G, Berthoin S, Thevenet D, Nourry C, Nottin S, Bosquet L (2009) Effect of high intensity intermittent training on heart rate variability in prepubescent children. *Eur J Appl Physiol* 105:731–738.
<https://doi.org/10.1007/s00421-008-0955-8>

Ideally, the names of all authors should be provided, but the usage of “et al” in long author lists will also be accepted:

Smith J, Jones M Jr, Houghton L et al (1999) Future of health insurance. *N Engl J Med* 341:325–329

Article by DOI

Slifka MK, Whitton JL (2000) Clinical implications of dysregulated cytokine production. *J Mol Med*. <https://doi.org/10.1007/s001090000086>

Book

South J, Blass B (2001) The future of modern genomics. Blackwell, London

Book chapter

Brown B, Aaron M (2001) The politics of nature. In: Smith J (ed) The rise of modern genomics, 3rd edn. Wiley, New York, pp 230–257

Online document

Cartwright J (2007) Big stars have weather too. IOP Publishing PhysicsWeb. <http://physicsweb.org/articles/news/11/6/16/1>. Accessed 26 June 2007

Dissertation

Trent JW (1975) Experimental acute renal failure. Dissertation, University of California

Always use the standard abbreviation of a journal's name according to the ISSN List of Title Word Abbreviations, see

[ISSN LTWA](#)

If you are unsure, please use the full journal title.

[Back to top](#) ↑

Tables

All tables are to be numbered using Arabic numerals.

Tables should always be cited in text in consecutive numerical order.

For each table, please supply a table caption (title) explaining the components of the table.

Identify any previously published material by giving the original source in the form of a reference at the end of the table caption.

Footnotes to tables should be indicated by superscript lower-case letters (or asterisks for significance values and other statistical data) and included beneath the table body.

Please note:

Tables should be submitted at the end of the manuscript, not within the text of the manuscript.

[Back to top](#) ↑

Artwork and Illustrations Guidelines

Electronic Figure Submission

Supply all figures electronically.

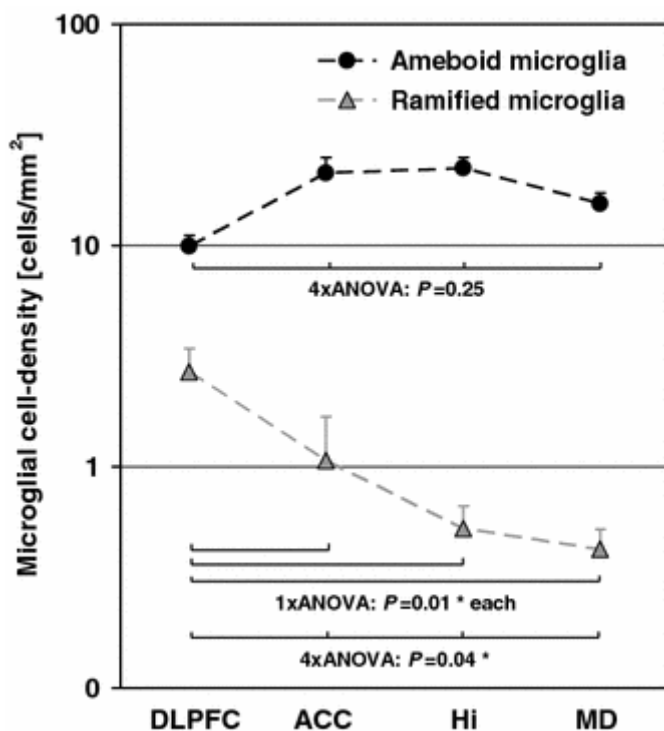
Indicate what graphics program was used to create the artwork.

For vector graphics, the preferred format is EPS; for halftones, please use TIFF format. MS Office files are also acceptable.

Vector graphics containing fonts must have the fonts embedded in the files.

Name your figure files with "Fig" and the figure number, e.g., Fig1.eps.

Line Art



Definition: Black and white graphic with no shading.

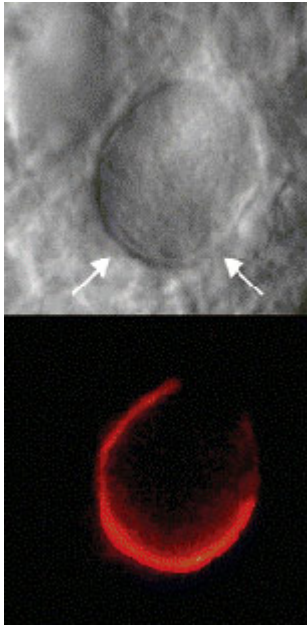
Do not use faint lines and/or lettering and check that all lines and lettering within the figures are legible at final size.

All lines should be at least 0.1 mm (0.3 pt) wide.

Scanned line drawings and line drawings in bitmap format should have a minimum resolution of 1200 dpi.

Vector graphics containing fonts must have the fonts embedded in the files.

Halftone Art

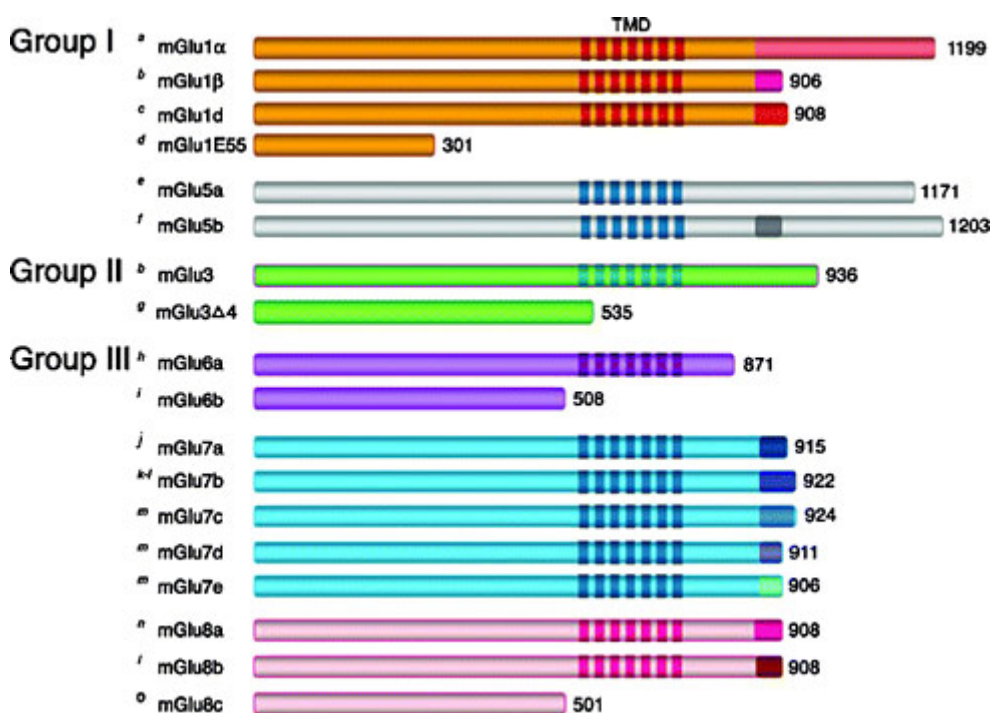


Definition: Photographs, drawings, or paintings with fine shading, etc.

If any magnification is used in the photographs, indicate this by using scale bars within the figures themselves.

Halftones should have a minimum resolution of 300 dpi.

Combination Art



Definition: a combination of halftone and line art, e.g., halftones containing line drawing, extensive lettering, color diagrams, etc.

Combination artwork should have a minimum resolution of 600 dpi.

Color Art

Color art is free of charge for print and online publication.

Color illustrations should be submitted as RGB.

Figure Lettering

To add lettering, it is best to use Helvetica or Arial (sans serif fonts).

Keep lettering consistently sized throughout your final-sized artwork, usually about 2–3 mm (8–12 pt).

Variance of type size within an illustration should be minimal, e.g., do not use 8-pt type on an axis and 20-pt type for the axis label.

Avoid effects such as shading, outline letters, etc.

Do not include titles or captions within your illustrations.

Figure Numbering

All figures are to be numbered using Arabic numerals.

Figures should always be cited in text in consecutive numerical order.

Figure parts should be denoted by lowercase letters (a, b, c, etc.).

If an appendix appears in your article and it contains one or more figures, continue the consecutive numbering of the main text. Do not number the appendix figures, "A1, A2, A3, etc." Figures in online appendices [Supplementary Information (SI)] should, however, be numbered separately.

Figure Captions

Each figure should have a concise caption describing accurately what the figure depicts. Include the captions in the text file of the manuscript, not in

the figure file.

Figure captions begin with the term **Fig.** in bold type, followed by the figure number, also in bold type.

No punctuation is to be included after the number, nor is any punctuation to be placed at the end of the caption.

Identify all elements found in the figure in the figure caption; and use boxes, circles, etc., as coordinate points in graphs.

Identify previously published material by giving the original source in the form of a reference citation at the end of the figure caption.

Figure Placement and Size

Figures should be submitted within the body of the text. Only if the file size of the manuscript causes problems in uploading it, the large figures should be submitted separately from the text.

When preparing your figures, size figures to fit in the column width.

For large-sized journals the figures should be 84 mm (for double-column text areas), or 174 mm (for single-column text areas) wide and not higher than 234 mm.

For small-sized journals, the figures should be 119 mm wide and not higher than 195 mm.

Permissions

If you include figures that have already been published elsewhere, you must obtain permission from the copyright owner(s) for both the print and online format. Please be aware that some publishers do not grant electronic rights for free and that Springer will not be able to refund any costs that may have occurred to receive these permissions. In such cases, material from other sources should be used.

Accessibility

In order to give people of all abilities and disabilities access to the content of your figures, please make sure that

All figures have descriptive captions (blind users could then use a text-to-speech software or a text-to-Braille hardware)

Patterns are used instead of or in addition to colors for conveying information (color-blind users would then be able to distinguish the visual elements)

Any figure lettering has a contrast ratio of at least 4.5:1

Generative AI Images

Please check [Springer's policy on generative AI images](#) and make sure your work adheres to the principles described therein.

[Back to top](#) ↑

Supplementary Information (SI)

Springer accepts electronic multimedia files (animations, movies, audio, etc.) and other supplementary files to be published online along with an article or a book chapter. This feature can add dimension to the author's article, as certain information cannot be printed or is more convenient in electronic form.

Before submitting research datasets as Supplementary Information, authors should read the journal's Research data policy. We encourage research data to be archived in data repositories wherever possible.

Submission

Supply all supplementary material in standard file formats.

Please include in each file the following information: article title, journal name, author names; affiliation and e-mail address of the corresponding

author.

To accommodate user downloads, please keep in mind that larger-sized files may require very long download times and that some users may experience other problems during downloading.

Audio, Video, and Animations

Aspect ratio: 16:9 or 4:3

Maximum file size: 2 GB

Minimum video duration: 1 sec

Supported file formats: avi, wmv, mp4, mov, m2p, mp2, mpg, mpeg, flv, mxf, mts, m4v, 3gp

Text and Presentations

Submit your material in PDF format; .doc or .ppt files are not suitable for long-term viability.

A collection of figures may also be combined in a PDF file.

Spreadsheets

Spreadsheets should be submitted as .csv or .xlsx files (MS Excel).

Specialized Formats

Specialized format such as .pdb (chemical), .wrl (VRML), .nb (Mathematica notebook), and .tex can also be supplied.

Collecting Multiple Files

It is possible to collect multiple files in a .zip or .gz file.

Numbering

If supplying any supplementary material, the text must make specific mention of the material as a citation, similar to that of figures and tables.

Refer to the supplementary files as “Online Resource”, e.g., "... as shown in the animation (Online Resource 3)", "... additional data are given in Online Resource 4”.

Name the files consecutively, e.g. “ESM_3.mpg”, “ESM_4.pdf”.

Captions

For each supplementary material, please supply a concise caption describing the content of the file.

Processing of supplementary files

Supplementary Information (SI) will be published as received from the author without any conversion, editing, or reformatting.

Accessibility

In order to give people of all abilities and disabilities access to the content of your supplementary files, please make sure that

The manuscript contains a descriptive caption for each supplementary material

Video files do not contain anything that flashes more than three times per second (so that users prone to seizures caused by such effects are not put at risk)

Generative AI Images

Please check [Springer's policy on generative AI images](#) and make sure your work adheres to the principles described therein.

[Back to top](#) ↑

Editing Services

English

How can you help improve your manuscript for publication?

Presenting your work in a well-structured manuscript and in well-written English gives it its best chance for editors and reviewers to understand it and evaluate it fairly. Many researchers find that getting some independent support helps them present their results in the best possible light. The experts at Springer Nature Author Services can help you with manuscript preparation—including **English language editing, developmental comments, manuscript formatting, figure preparation, translation**, and more.

[Get started and save 15%](#)

You can also use our free [Grammar Check](#) tool for an evaluation of your work.

Please note that using these tools, or any other service, is not a requirement for publication, nor does it imply or guarantee that editors will accept the article, or even select it for peer review.

Chinese (中文)

您怎么做才有助于改进您的稿件以便顺利发表？

如果在结构精巧的稿件中用精心组织的英语展示您的作品，就能最大限度地让编辑和审稿人理解并公正评估您的作品。许多研究人员发现，获得一些独立支持有助于他们以尽可能美好的方式展示他们的成果。Springer Nature Author Services 的专家可帮助您