

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL  
CIÊNCIAS BIOLÓGICAS - LICENCIATURA**

Milena Tavares Mantovani

**ESTADO DA ARTE DAS RAIAS NA BACIA DO ALTO RIO PARANÁ  
(CHONDRICHTHYES, POTAMOTRYGONIDAE)**

Três Lagoas - MS

junho 2026

**MILENA TAVARES MANTOVANI**

**ESTADO DA ARTE DAS RAIAS NA BACIA DO ALTO RIO PARANÁ  
(CHONDRICHTHYES, POTAMOTRYGONIDAE)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Ciências Biológicas - Licenciatura - da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Câmpus de Três Lagoas, como requisito parcial para a obtenção do título de licenciada em Ciências Biológicas.

Orientador: Fernando Rogério de Carvalho

Três Lagoas - MS  
junho 2026

## AGRADECIMENTOS

O desenvolvimento deste trabalho não teria sido possível sem o apoio de pessoas que estiveram ao meu lado ao longo desta jornada. Em cada desafio e dúvida que encontrei, tive incentivo para seguir em frente, apoio e acolhimento. E em cada conquista, tive com quem compartilhar a felicidade. Este trabalho representa não apenas minha dedicação, mas também o amor, a confiança e a contribuição de todos aqueles que fizeram parte dessa caminhada. Assim, deixo meus mais sinceros agradecimentos:

Ao meu pai, Carlos, expresso minha mais profunda gratidão. Obrigada por todo amor, cuidado, apoio e por nunca medir esforços para me ajudar. Obrigada por me oferecer abrigo, segurança e acolhimento em todos os momentos da minha vida. Seu trabalho, dedicação e confiança em mim foram fundamentais para que eu pudesse chegar até aqui. Este trabalho também é resultado de tudo o que você fez e faz por mim.

À minha mãe, Elisa, por ser uma das minhas maiores inspirações. Sua força, resiliência e determinação sempre me mostraram que é possível enfrentar os desafios com coragem e seguir em frente mesmo diante das adversidades. Obrigada por todo amor, pelos ensinamentos e por ser um exemplo de mulher forte e batalhadora.

À minha irmã, Monique, por ser uma das pessoas que mais admiro. Como irmã mais velha, você abriu caminhos, enfrentou desafios antes de mim e me ajudou a enxergar que eu também seria capaz de superá-los. Obrigada por todo cuidado, proteção, incentivo e por sempre acreditar em mim. Sua força e determinação são inspirações constantes na minha vida. Sou muito grata por compartilhar tantas semelhanças e memórias com você, grande parte de quem sou hoje foi construída através dos exemplos que encontrei em você, sou muito feliz por já ter nascido com uma amiga para a vida toda.

À minha irmã e ao meu cunhado, Ricardo, por terem presenteado minha vida com a maior alegria do mundo, minhas sobrinhas Luiza e Alice. Que despertaram em mim um amor que não sabia que era possível, a existência delas foi muitas vezes o combustível que eu precisava para seguir em frente nos momentos mais difíceis.

Ao meu amor, Chris, agradeço por caminhar ao meu lado durante esta etapa tão importante. Obrigada pela paciência, compreensão, apoio incondicional e por

acreditar em mim mesmo quando eu não acreditava. Obrigada por celebrar minhas conquistas, acolher minhas inseguranças e tornar os dias mais leves com seu carinho e sua companhia. Sua presença fez toda a diferença nesta jornada. Sou profundamente grata por ter alguém com quem posso contar em todos os momentos e por construir essa caminhada ao seu lado. Este trabalho também carrega um pouco de você, que me fortaleceu durante todo esse processo.

À minha família, que sempre esteve presente de alguma forma, oferecendo amor, incentivo e apoio, deixo minha eterna gratidão. Em especial, agradeço às minhas tias Laercia, Cleuza, Cleide, Neusa e Estela. Vocês foram mulheres inspiradoras em minha vida e tiveram papel fundamental na construção da pessoa que sou hoje. Obrigada por me mostrarem, através dos exemplos de trabalho, dedicação e amor à educação, a importância do esforço e da busca constante pelo conhecimento. Vocês despertaram em mim o desejo de aprender, ensinar e sempre buscar ser melhor.

Aos meus amigos que compartilharam comigo os desafios e as alegrias da graduação, Maria Clara e Ryan, que estiveram presentes em tantos momentos importantes. Obrigada pela amizade, pelas conversas, pelos trabalhos, pelas risadas, pelos desabafos e por tornarem essa caminhada muito mais leve. As memórias que construímos juntos serão levadas para toda a vida.

Ao meu orientador, Professor Fernando, agradeço pela orientação, confiança, paciência e por todo o conhecimento compartilhado ao longo do desenvolvimento deste trabalho. Obrigada pelas correções, sugestões e ensinamentos que contribuíram não apenas para a realização deste TCC, mas também para minha formação acadêmica e profissional. Sua dedicação ao ensino e à pesquisa foi fundamental para a construção deste trabalho e despertou em mim um interesse ainda maior pela ciência e pela carreira acadêmica.

Ao Professor Helder e à Professora Zezé, meu sincero agradecimento por aceitarem fazer parte da banca examinadora e pelas valiosas contribuições para este trabalho. Mais do que professores, vocês foram referências importantes durante toda a minha graduação. Desde os primeiros anos, acompanharam parte da minha trajetória, compartilhando conhecimentos, incentivando meu crescimento e contribuindo para minha formação de maneiras que vão muito além da sala de aula. A dedicação pela educação e o cuidado com os alunos sempre me inspiraram

profundamente. Sou muito grata por todo apoio, pelos ensinamentos e por terem deixado uma marca tão significativa na minha caminhada acadêmica e pessoal.

A todos os professores que fizeram parte da minha trajetória acadêmica, agradeço pelos conhecimentos compartilhados, pela dedicação ao ensino e por contribuírem para minha formação pessoal e profissional. Cada aprendizado adquirido ao longo desses anos foi importante para que eu chegasse até aqui.

À Universidade Federal de Mato Grosso do Sul e a todos os colegas, funcionários e pessoas que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho, meu sincero agradecimento.

Por fim, agradeço a todos que fizeram parte desta jornada. Nenhuma conquista é construída sozinha, e este trabalho carrega um pouco de cada pessoa que me apoiou, incentivou e acreditou em mim ao longo do caminho. Muito obrigada.

## RESUMO

A ocorrência das raias de água doce *Potamotrygon amandae* e *Potamotrygon falkneri* na bacia do alto rio Paraná representa uma das mais importantes alterações recentes na distribuição da ictiofauna neotropical, decorrente da eliminação da barreira biogeográfica das cachoeiras Sete Quedas no rio Paraná após a formação do reservatório de Itaipu. Este trabalho teve como objetivo realizar um levantamento do estado da arte sobre essas espécies na bacia do alto rio Paraná, abordando aspectos relacionados à história natural, distribuição, morfologia, fisiologia, reprodução, conservação, acidentes com seres humanos e impactos ecológicos associados à sua expansão. Para isso, foi realizada uma ampla revisão bibliográfica baseada em artigos científicos, livros, teses, dissertações e documentos técnicos. Os estudos analisados evidenciam que essas espécies apresentam elevada plasticidade ecológica, ampla capacidade de adaptação a diferentes habitats e estratégias reprodutivas especializadas, características que favoreceram seu estabelecimento e dispersão na porção superior do rio Paraná. Além disso, sua presença está associada a alterações ecológicas e ao aumento de acidentes com pescadores e banhistas, configurando um importante desafio para o manejo ambiental e a saúde pública. Dessa forma, a síntese das informações disponíveis contribui para ampliar o conhecimento sobre essas espécies e subsidiar futuras ações de monitoramento, conservação e educação ambiental.

Palavras-chave: arraias; invasão biológica; Potamotrygoninae; *Potamotrygon amandae*; *Potamotrygon falkneri*.

## ABSTRACT

The occurrence of the freshwater stingrays, *Potamotrygon amandae* and *Potamotrygon falkneri*, in the upper Paraná River basin represents one of the most significant recent changes in the distribution of neotropical ichthyofauna, resulting from the elimination of the biogeographic barrier of Sete Quedas Falls after the making of the Itaipu Reservoir. This study aimed to provide a state of the art review of these species in the upper Paraná river basin, addressing aspects related to their natural history, distribution, morphology, physiology, reproduction, conservation status, accidents involving humans, and ecological impacts associated with their expansion. Therefore, a literature review was conducted based on scientific articles, books, theses, dissertations, and technical documents. The analyzed studies indicate that these species show high ecological plasticity, broad adaptability to different habitats, and specialized reproductive strategies, characteristics that have favored their establishment and dispersal throughout the upper portion of the Paraná River. Furthermore, their presence has been associated with ecological changes and an increase in accidents involving fishermen and swimmers, representing an important challenge for environmental management and public health. Thus, the synthesis of available information contributes to expanding knowledge about these species and provides support for future monitoring, conservation, and environmental education initiatives.

Keywords: biological invasion; Potamotrygoninae; *Potamotrygon amandae*; *Potamotrygon falkneri*; rays.

## SUMÁRIO

<b>SUMÁRIO</b> .....	<b>8</b>
<b>1. INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	<b>5</b>
<b>2. HISTÓRIA NATURAL</b> .....	<b>11</b>
<b>2.1 Ecologia e uso de habitat</b> .....	<b>11</b>
<b>2.2 Reprodução e ciclo de vida</b> .....	<b>13</b>
<b>2.3. Distribuição e ocorrência</b> .....	<b>16</b>
2.3.1. Contexto histórico.....	16
2.3.2. Distribuição e ocorrência - <i>Potamotrygon amandae</i> .....	20
2.3.2 Distribuição e ocorrência - <i>Potamotrygon falkneri</i> .....	22
<b>2.4 Estado de conservação das espécies</b> .....	<b>23</b>
<b>3. MORFOLOGIA E FISILOGIA</b> .....	<b>27</b>
<b>3.1 Morfologia diagnóstica de <i>Potamotrygon falkneri</i> Castex &amp; Maciel, 1963...</b>	<b>28</b>
<b>3.2 Morfologia diagnóstica de <i>Potamotrygon amandae</i> Loboda &amp; de Carvalho, 2013</b> .....	<b>32</b>
<b>3.3. Fisiologia</b> .....	<b>37</b>
<b>4. ACIDENTES</b> .....	<b>41</b>
<b>5. HIBRIDIZAÇÃO</b> .....	<b>51</b>
<b>6. IMPACTOS DA INVASÃO</b> .....	<b>54</b>
<b>7. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>57</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>58</b>

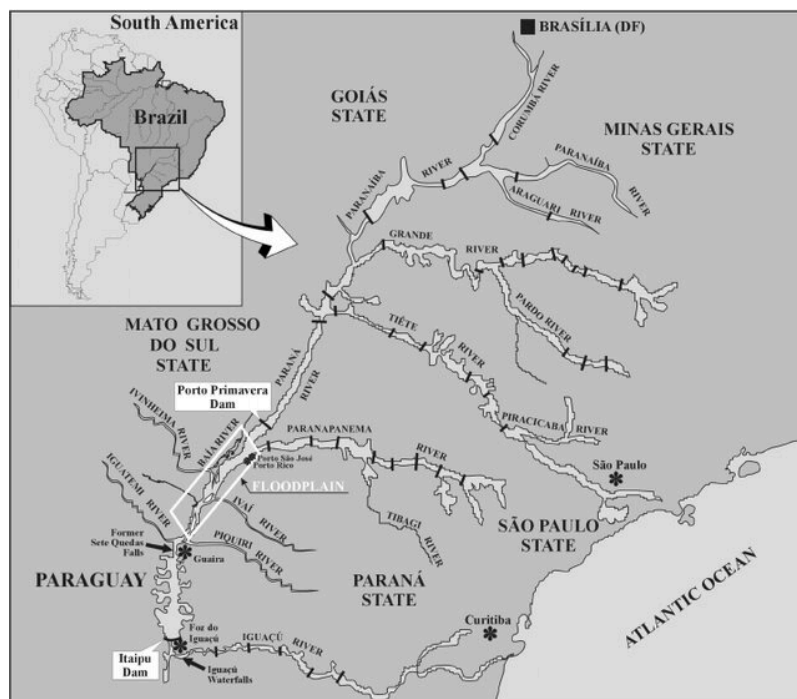
## 1. INTRODUÇÃO GERAL

A região neotropical abrange o Sul da América do Norte, América Central e a América do Sul. Sua biota é única, com grande diversidade de ambientes, climas e topografia complexa que suportam a existência de múltiplos biomas e ecorregiões (Narváez-Gómez *et al.*, 2018). Processos históricos como o soerguimento dos Andes, oscilações climáticas e mudanças no curso dos rios desempenharam papel fundamental na diversificação da ictiofauna neotropical ao longo da história e os ambientes fluviais dessa região apresentam grande heterogeneidade de habitats, o que favorece a radiação adaptativa e a coexistência de diversas espécies com diferentes estratégias ecológicas. Como consequência, a região concentra aproximadamente um terço de todas as espécies de peixes de água doce conhecidas no mundo, com mais de 6.200 espécies descritas, com estimativas de apresentar cerca de 9.000 espécies, considerando as que ainda não foram descritas. Destacando-se como um *hotspot* global de biodiversidade aquática e desempenhando um papel central, tanto no entendimento da evolução, quanto na conservação da fauna continental (Birindelli & Sidlauskas, 2018; Albert *et al.*, 2020).

Na maioria dos ecossistemas de água doce da Terra, a ictiofauna neotropical é dominada por peixes Ostariophysi - Characiphysi (Characiformes, Siluriformes e Gymnotiformes) -, que constituem cerca de 77% das espécies viventes em águas continentais. Entre esses clados, os mais diversos são os Characoidea (*sensu* Melo *et al.*, 2022), com mais de 1.750 espécies, e os Loricarioidea, com mais de 1.490 espécies. Além disso, a grande maioria dos peixes de água doce neotropicais tem suas origens anteriores à separação da África e da América do Sul no Cretáceo Superior (100,5-66 Mi.). Essas linhagens, pela natureza de sua origem Gonduânica, conservam vantagens estruturais diante de possíveis recém-chegados ou pressões externas, garantindo uma certa estabilidade ecológica. Entretanto, é interessante observar que, apesar da impressionante riqueza em nível de espécies, a ictiofauna neotropical demonstra relativa simplicidade quando analisada em níveis taxonômicos mais elevados, contando com apenas 17 ordens. Esse número contrasta, por exemplo, com a bacia do Mississippi (a maior bacia hidrográfica dos EUA e a quarta maior do mundo), abrange o estado de Minnesota (onde nasce o rio Mississippi), até o sul, no Golfo do México, onde o rio deságua, perto de Nova Orleans, onde se registram 26 ordens, evidenciando que a diversidade neotropical

se concentra principalmente na variedade de espécies dentro de um número restrito de grupos taxonômicos (Albert & Reis, 2011).

No contexto da região neotropical, o Brasil se destaca como o país com a maior diversidade ictiofaunística continental, possuindo cerca de 3.200 espécies válidas de peixes (ICMBio, 2025). Em virtude da rica rede de drenagem, composta por diversas bacias hidrográficas, incluindo a bacia Amazônica, a maior do mundo, a bacia do rio Paraná se configura como a segunda maior bacia brasileira (Figura 1). O rio Paraná tem suas nascentes em solo brasileiro, mas deságua na divisa do Uruguai com a Argentina no rio de la Plata. O rio Paraná é dividido em duas porções principais: a porção do “alto rio Paraná”, biogeograficamente definida como sendo acima das antigas Cachoeiras de Sete Quedas, entre a tríplice divisa de Guaíra, PR, Mundo Novo, MS no Brasil e Salto del Guáira, no Paraguai. A porção abaixo das antigas Cachoeiras de Sete Quedas é conhecida como baixo Paraná (Bonetto, 1986).

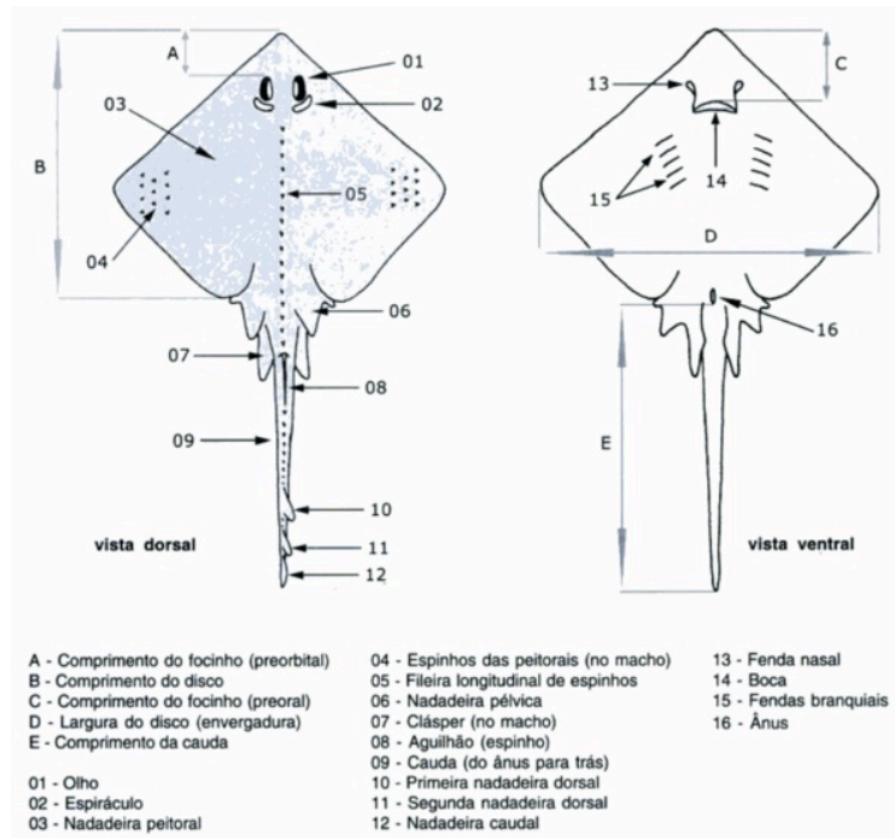


**Figura 1.** Mapa da bacia hidrográfica do alto rio Paraná. Retirado de Agostinho *et al.* (2007).

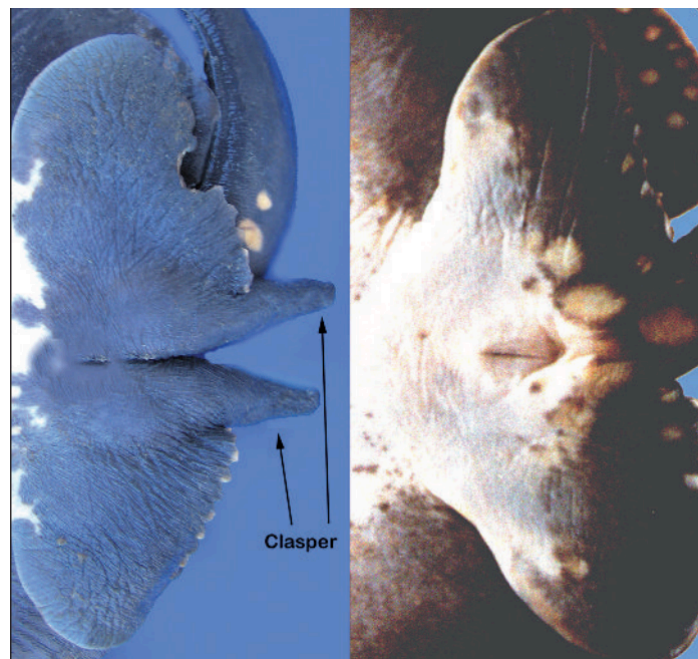
No Brasil, a bacia do alto rio Paraná abrange os estados do Paraná, São Paulo, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais e Goiás, além do Distrito Federal. Essa região, embora muito ameaçada pela atividade antrópica, oferece condições para uma grande diversidade de peixes, sendo, 341 espécies nativas pertencentes a seis ordens e 30 famílias e 128 espécies não nativas, *i.e.*, mais de um terço das espécies

da bacia são espécies não nativas (Dagosta *et al.*, 2024). Dentre as espécies não nativas, estão as raias. Raias, arraias ou peixes batóides são “peixes” cartilaginosos da Classe Chondrichthyes, subclasse Elasmobranchii, Superordem Batoidea e Ordens: Rhinopristiformes (não contém apenas raias), Torpediniformes, Myliobatiformes e Rajiformes, podendo também ser marinha ou de água doce. Atualmente, são reconhecidas aproximadamente 741 espécies de raias (Last *et al.*, 2016; Frick *et al.*, 2026).

As raias são animais achatados dorso-ventralmente, com cartilagens radiais formando as ceratotríquias que se estendem até o limite das nadadeiras peitorais, fusionadas ao neurocrânio. Os olhos e os espiráculos estão localizados na região dorsal, enquanto a boca, narinas e fendas branquiais situam-se na região ventral. Na base da cauda encontra-se um ou mais ferrões serrilhados (derivados de escamas modificadas) revestidos por epitélio glandular produtor de peçonha, usados em defesa contra predadores. A cauda pode apresentar variação morfológica, sendo mais curta e espessa nas *Potamotrygon*. Os dentes são pequenos e adaptados à trituração de presas bentônicas como moluscos e crustáceos (Fig. 2). O esqueleto é cartilaginoso e o sistema sensorial é altamente desenvolvido: ampolas de Lorenzini (responsáveis por detectar campos elétricos de presas) e a linha lateral (capta vibrações no ambiente aquático). As raias de água doce apresentam dimorfismo sexual, com os machos possuindo clásperes nas nadadeiras pélvicas (Fig. 3). Por fim, a coloração varia entre espécies, mas no geral, a face ventral é clara, enquanto a dorsal geralmente exibe padrões crípticos, que funcionam como camuflagem contra predadores e auxiliam na emboscada de presas (Garrone Neto & Haddad, 2010).

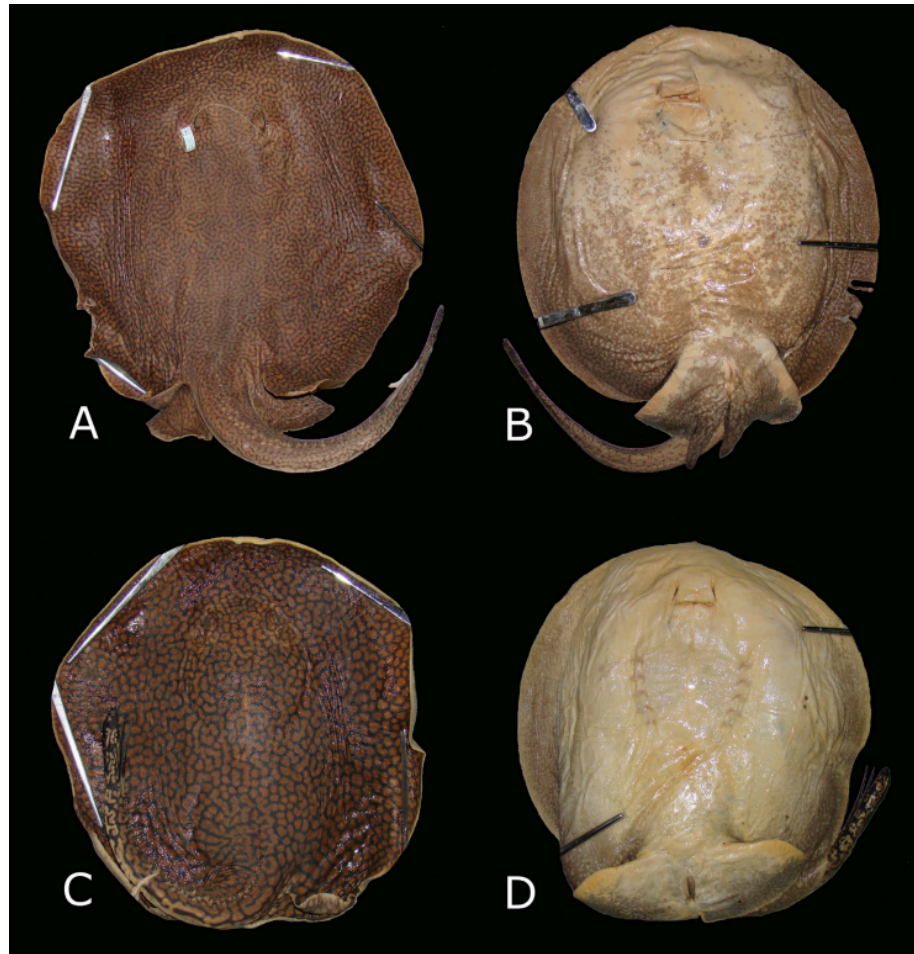


**Figura 2.** Morfologia básica das raia. Retirado de “GIA” <https://gia.org.br/portal/arrais-curiosidades-biologicas-e-comportamentais/>: Acesso em 25/06/2026.

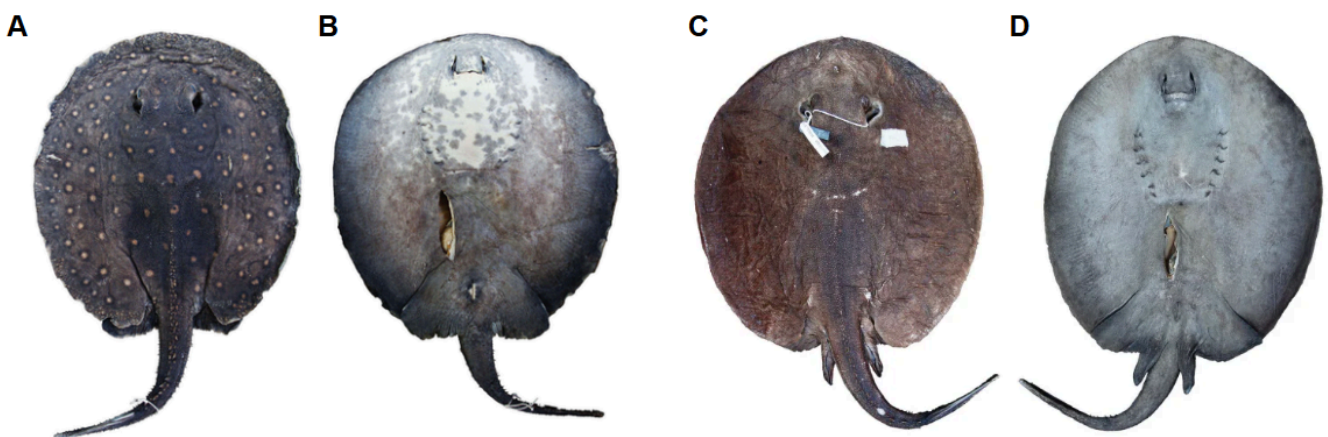


**Figura 3.** Vista ventral em *Potamotrygon motoro*: macho à esquerda (detalhe do clássper) e fêmea à direita. Retirado de Venere & Garutti (2011).

Potamotrygoninae é o único grupo de elasmobrânquios que realizou uma colonização bem-sucedida em ambientes dulcícolas. Atualmente, são conhecidas 43 espécies válidas (Frick *et al.*, 2026), distribuídas naturalmente nas bacias do rio Amazonas, em alguns rios da região Nordeste e na bacia Paraguai-Paraná (Garrone Neto *et al.*, 2007; Silva & de Carvalho, 2011; Loboda & de Carvalho, 2013). Entretanto, esse gênero também está presente em outras regiões fora da sua distribuição natural, por exemplo na bacia do alto rio Paraná, com duas espécies: *Potamotrygon falkneri* (cf. Silva & de Carvalho, 2011) e *Potamotrygon amandae* (cf. Loboda & de Carvalho, 2013) (Figs. 4 e 5). A presença dessas raias na bacia do alto rio Paraná foi em virtude da eliminação das Cachoeiras de Sete Quedas (cf. Júlio Junior *et al.*, 2009) demonstra que ações humanas, como a construção de barragens, podem mudar bastante a composição dos ecossistemas e facilitar a entrada de espécies invasoras. A adaptação bem-sucedida de *Potamotrygon falkneri* e *P. amandae* evidencia que esses elasmobrânquios são capazes de explorar diferentes ambientes marginais e ajustar seus comportamentos. Do ponto de vista social, a presença dessas raias traz riscos à saúde pública e do ponto de vista ambiental, causa um desequilíbrio ecossistêmico por se tratar de espécies não nativas. Esse cenário mostra como a preservação da biodiversidade, a segurança da população e o uso responsável dos recursos estão ligados. Portanto, é fundamental enfrentar esses desafios de maneira conjunta, levando em conta tanto os aspectos ambientais quanto os sociais das mudanças causadas pelo homem no meio ambiente.



**Figura 4.** Vista dorsal e ventral de dois espécimes de *Potamotrygon falkneri*. A-B: NUP 2923, macho, 380 mm CD (rio Cuiabazinho); C-D: NUP 2917, fêmea, 325 mm CD (rio Cuiabazinho). Retirado de Silva & de Carvalho (2011).



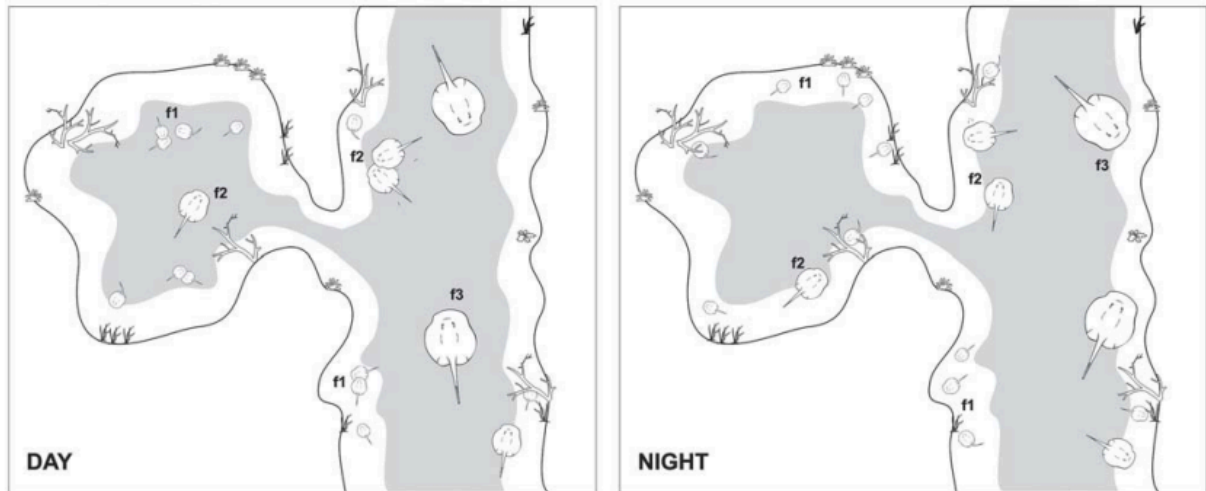
**Figura 5.** Vista dorsal e ventral de dois espécimes de *Potamotrygon amandae*. A-B: MZUSP 110910, fêmea, 341 mm CD (rio Paraguai). C-D: MZUSP 110904, macho, 312 mm CD (rio Paraná). Modificado de Loboda & de Carvalho (2013).

## 2. HISTÓRIA NATURAL

### 2.1 Ecologia e uso de habitat

As raias de água doce da subfamília Potamotrygoninae constituem um grupo exclusivo de elasmobrânquios neotropicais (Divisão Periférica *sensu* Myers, 1949), apresentando características ecológicas e comportamentais altamente especializadas. Apesar do crescente interesse científico sobre essa subfamília, ainda existem poucas informações sobre seu modo de vida em condições naturais, principalmente devido à dificuldade de observação direta desses organismos em ambientes fluviais. Entretanto, alguns dados foram observados, na bacia do alto rio Paraná, e revelaram populações atualmente estabelecidas utilizam ampla variedade de habitats marginais, incluindo praias arenosas, remansos e fundos lamosos ou arenosos. Estudos demonstram também que essas espécies apresentam segregação ontogenética relacionada ao habitat e à profundidade ocupada (Garrone Neto & Uieda, 2012). Indivíduos juvenis, com cerca de 15 a 25 cm de largura de disco (LD), permanecem predominantemente em áreas rasas, entre 0 e 4 metros de profundidade, ao longo de todo o dia. Frequentemente são observados formando agregações ou utilizando troncos e estruturas submersas como abrigo. Já os indivíduos intermediários, entre 26 e 45 cm LD, continuam associados a ambientes rasos, porém exploram habitats mais diversificados, incluindo áreas com vegetação aquática, rochas e bancos de macrófitas, sendo considerados os mais ativos na exploração de recursos alimentares. Os exemplares maiores, com aproximadamente 46 a 65 cm CD, foram registrados principalmente no canal principal do rio, apresentando migrações batimétricas diárias. Durante o período diurno permanecem em águas profundas, superiores a oito metros, deslocando-se para áreas mais rasas durante a noite para alimentação (Garrone Neto & Uieda, 2012). Esse padrão de distribuição espacial parece estar associado a fatores como disponibilidade de alimento, termorregulação e estratégias de proteção contra predadores. Além disso, tanto *Potamotrygon amandae* quanto *P. falkneri* apresentam hábitos predominantemente noturnos, especialmente relacionados ao comportamento alimentar. Durante o dia, os indivíduos permanecem frequentemente em repouso parcial ou totalmente enterrados no substrato, enquanto à noite exibem maior atividade de deslocamento e forrageamento. Dessa forma, observa-se clara segregação espacial entre diferentes classes de tamanho no alto Paraná, indicando

que áreas marginais rasas funcionam como importantes zonas de recria para juvenis, oferecendo abrigo e disponibilidade de recursos essenciais ao desenvolvimento inicial das populações (Garrone Neto & Uieda, 2012) (Fig. 6).



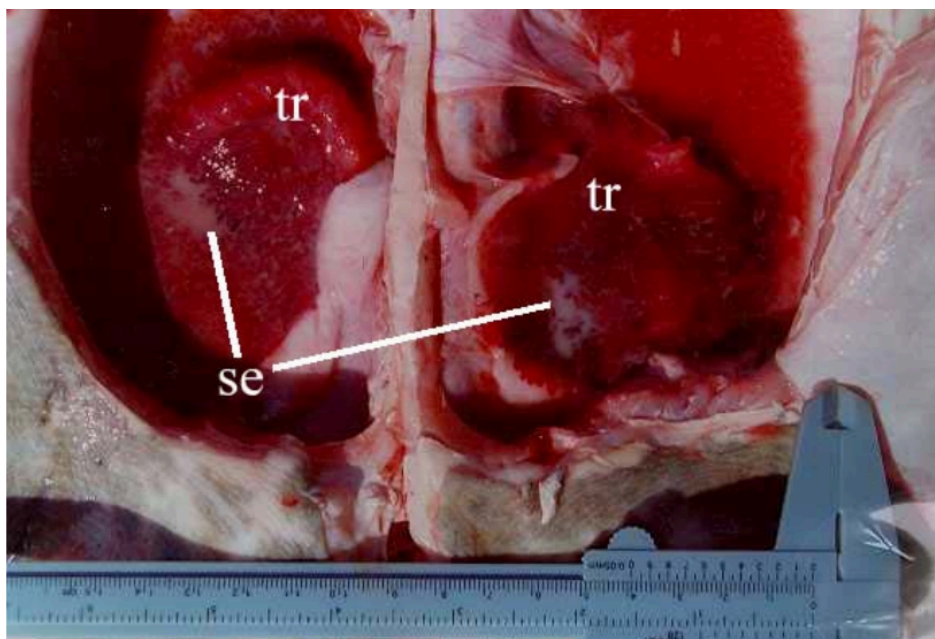
**Figura 6.** Distribuição dos indivíduos de *P. falkneri* e *P. motoro* (= *P. amandae*) em três classes de tamanho (f1 = largura do disco (LD) de 15-25 cm, f2 = LD de 26-45 cm e f3 = LD de 46-65 cm) no alto rio Paraná, ilustrando a variação diária (dia e noite) na ocupação de áreas marginais mais rasas (em branco) e áreas centrais mais profundas (em cinza), tanto em lagoas marginais quanto no canal principal do rio. Retirado de Garrone Neto & Uieda (2012).

As espécies de Potamotrygoninae apresentam dieta diversificada e comportamento alimentar oportunista, explorando principalmente recursos bentônicos. De maneira geral, a alimentação é composta por macroinvertebrados aquáticos, como moluscos, crustáceos e insetos, além de pequenos peixes em menor proporção (Silva & Uieda, 2007). Juvenis apresentam alimentação predominantemente insetívora, utilizando frequentemente a técnica de revolvimento do substrato para localizar e expor presas enterradas. Já os adultos incorporam itens de maior tamanho e diversidade, como moluscos, camarões e pequenos peixes, utilizando estratégias mais ativas de captura em ambientes rasos (Garrone Neto & Uieda, 2012). *Potamotrygon amandae* apresenta maior consumo de detritos orgânicos e peixes, enquanto *P. falkneri* consome predominantemente larvas de insetos aquáticos pertencentes às famílias Baetidae, Leptoceridae e Hydropsychidae, além de fragmentos de peixes (Lonardoní *et al.*, 2006; Silva & Uieda, 2007; Pagliarini *et al.*, 2020). Apesar dessas diferenças na composição da dieta, os autores não verificaram diferenças significativas na amplitude do nicho trófico entre as espécies, indicando elevada plasticidade alimentar e capacidade de

exploração de diferentes recursos disponíveis no ambiente. Essa flexibilidade alimentar é considerada uma característica importante para o sucesso ecológico e estabelecimento dessas populações em novos ambientes.

## 2.2 Reprodução e ciclo de vida

As raias *Potamotrygoninae* apresentam estratégia reprodutiva altamente especializada, característica típica de elasmobrânquios vivíparos. A reprodução ocorre por viviparidade matrotrófica com histotrofia lipídica, processo no qual os embriões se desenvolvem no interior do útero materno e recebem nutrientes diretamente da mãe através de secreções uterinas (Charvet-Almeida *et al.*, 2005). Esse mecanismo é realizado por meio de estruturas denominadas trofonemas (Fig. 7), projeções filamentosas responsáveis pela produção de um fluido nutritivo conhecido como “leite uterino”, essencial para o crescimento e desenvolvimento embrionário.



**Figura 7.** Vista ventral dos úteros abertos de *Potamotrygon orbignyi* evidenciando o trofonema (tr). Retirado de Rincon Filho (2006).

Esse tipo de reprodução representa elevado investimento energético materno e é considerado uma das formas mais complexas de cuidado parental entre peixes cartilagosos (Hamlett & Hysell, 1998; Blackburn & Hughes, 2024). De maneira geral, *Potamotrygoninae* apresentam baixa fecundidade, produzindo número relativamente reduzido de filhotes por gestação. Entretanto, os neonatos

nascem relativamente grandes e bem desenvolvidos, o que aumenta suas chances de sobrevivência em ambientes fluviais sujeitos à predação e variações ambientais (Charvet-Almeida *et al.*, 2005; Gama, 2013) (Fig. 8). Essa estratégia reprodutiva representa importante adaptação evolutiva para ambientes dulcícolas, nos quais a sobrevivência inicial dos juvenis depende fortemente da disponibilidade de abrigo e recursos alimentares nas zonas marginais dos rios.



**Figura 8.** Exemplificação de um neonato do gênero *Potamotrygon*. A - Momento do nascimento de uma arraia cururu (*Potamotrygon sp.*). B - Neonato de arraia cururu. Fotos: Wallace Duncan. Retirado de Lameiras *et al.* (2015).

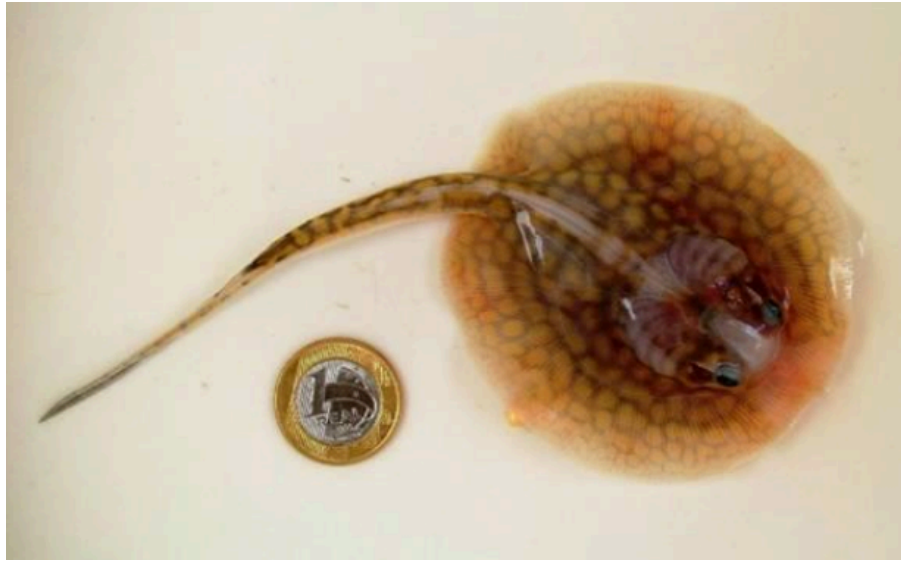
Estudos indicam ainda que os ciclos hidrológicos podem exercer influência importante sobre a reprodução dessas espécies, especialmente em sistemas tropicais sujeitos a cheias sazonais. Alterações no nível dos rios e lagoas marginais podem influenciar períodos reprodutivos e gestacionais, como já observado para potamotrigoníneos amazônicos. Além dos aspectos fisiológicos, alguns comportamentos reprodutivos também foram descritos para o grupo (Garrone Neto,

2010). Durante o acasalamento, machos podem utilizar mordidas na região dorsal das fêmeas como forma de apoio para inserção dos cláspes, comportamento já registrado em diferentes elasmobrânquios e sugerido para espécies de Potamotrygonidae devido à presença de heterodontia sexual em machos maduros. Embora cicatrizes típicas de cópula não tenham sido observadas no estudo realizado no alto rio Paraná, diferenças morfológicas entre dentições de machos e fêmeas reforçam a hipótese de associação dessas estruturas ao comportamento reprodutivo (Garrone Neto, 2010) (Fig. 9).



**Figura 9.** Macho de *P. motoro* (= *P. amandae*) cortejando fêmea da mesma espécie. Retirado de Garrone Neto (2010).

Outro aspecto relevante refere-se à vulnerabilidade reprodutiva das raias ao estresse causado pela captura. Abortos pós-captura são frequentemente registrados em espécies de raias de água doce e outros elasmobrânquios, sendo provavelmente desencadeados por alterações fisiológicas relacionadas à redução de oxigenação intrauterina e movimentação precoce dos embriões (Charvet-Almeida *et al.*, 2005; Garrone Neto, 2010) (Fig. 10). Esse fator possui importância ecológica e conservacionista significativa, especialmente em áreas submetidas à intensa pesca artesanal ou captura incidental.



**Figura 10.** Embrião abortado após captura. Modificado de Garrone Neto (2010).

As áreas marginais rasas também possuem papel fundamental para o sucesso reprodutivo dessas espécies. Juvenis permanecem preferencialmente em ambientes de baixa profundidade, como praias arenosas, remansos e regiões com vegetação aquática, utilizando esses locais como áreas de recria e proteção contra predadores (Garrone Neto & Uieda, 2012). Essa segregação espacial entre juvenis e adultos reduz a competição intraespecífica e aumenta a disponibilidade de recursos durante os estágios iniciais de desenvolvimento.

Dessa forma, a reprodução das raias de água doce envolve um conjunto de adaptações morfológicas, fisiológicas e comportamentais que favorecem o sucesso reprodutivo em ambientes fluviais neotropicais. Entretanto, características como baixa fecundidade, crescimento relativamente lento e elevada dependência de habitats marginais tornam essas espécies potencialmente sensíveis a alterações ambientais intensas, especialmente em sistemas hidrográficos impactados por barragens, degradação de áreas ripárias e alterações hidrológicas.

### **2.3. Distribuição e ocorrência**

#### **2.3.1. Contexto histórico**

Historicamente, no rio Paraná, até o final dos anos 70, as raias ocorriam apenas nos trechos situados à jusante das Sete-Quedas (Fig. 11), uma importante barreira biogeográfica (Garrone Neto *et al.*, 2007) desde o Quaternário. Entretanto,

na década de 1970, em plena ditadura militar brasileira, a Usina Hidrelétrica de Itaipu foi concebida e executada, como um símbolo do ideal de progresso econômico rápido e modernização defendido pelo regime (Fig. 12). Na condução do projeto, cerca de 42.444 pessoas foram compulsoriamente desapropriadas, das quais aproximadamente 38.440 eram trabalhadores do campo, muitos agricultores familiares que viviam às margens do rio Paraná, deslocamentos que geraram profundos impactos sociais e reconfiguração territorial na região oeste do Paraná em 1980 (Storto & Cocato, 2017). Além do impacto social, a construção também gerou diversos impactos ambientais, como alterações dos parâmetros físicos, químicos e biológicos das águas, perda de habitats terrestres e aquáticos, fragmentação de ecossistemas, aprisionamento de sedimentos no reservatório, entre outros (Ferreira *et al.*, 2024).



**Figura 11.** As cachoeiras Sete Quedas antes de ser submergida pela construção da hidrelétrica de Itaipu. Retirado de “O Globo” <https://acervo.oglobo.globo.com/incoming/usina-de-itaipu-sete-quedas-21733045>: Acesso em 15/06/2026.

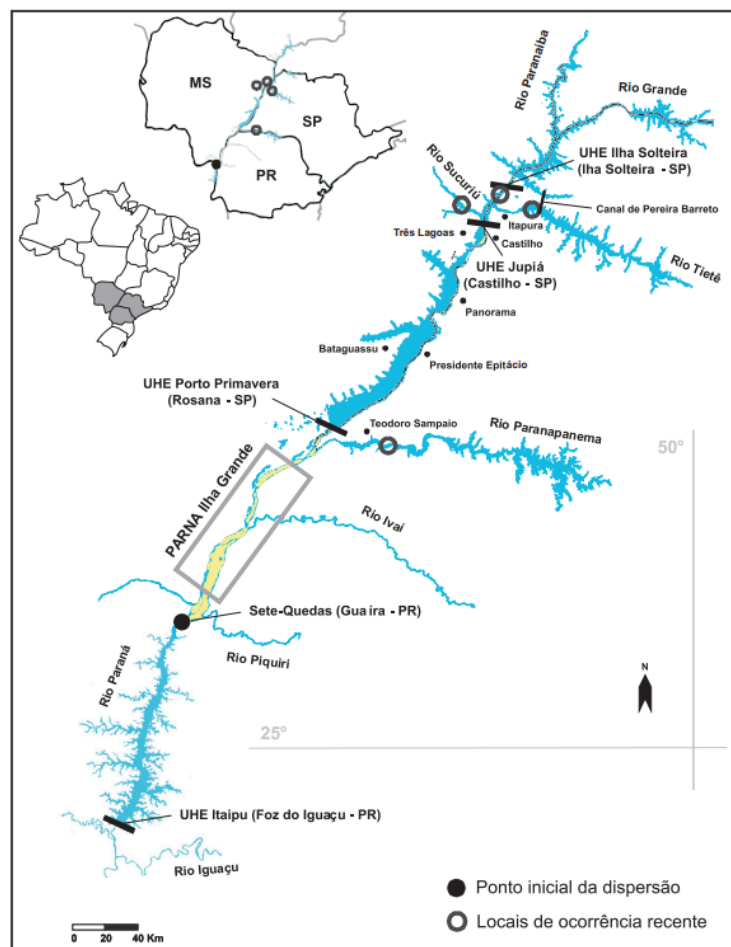


**Figura 12.** Usina hidrelétrica de Itaipu em Foz do Iguaçu, PR. Retirado de “Turismo Itaipu” <https://turismoitaipu.com.br/a-usina-itaipu/>. Acesso em 15/06/2026.

Em outubro de 1982, as obras da barragem chegam ao fim, com o fechamento das comportas deu início à rápida formação do reservatório, que alcançou o nível máximo de 220 m acima do nível do mar em apenas 14 dias, inundando 1.350 km<sup>2</sup>, abrangendo ecossistemas florestais, áreas urbanas e extensos trechos do próprio leito do rio. Ao longo da faixa entre Foz do Iguaçu e Guaíra, 8.519 propriedades urbanas e rurais são alagadas na margem brasileira, e os donos indenizados. O município de Guaíra passa a receber royalties da Itaipu pelo alagamento (Itaipu Binacional, 2025). Essa inundação submergiu as cachoeiras Sete Quedas e provocou a perda de habitats aquáticos e terrestres, levando à possível extinção de espécies. Dessa forma, também ocorreu a conectividade artificial entre porções distintas da bacia do rio Paraná, permitindo a dispersão de diversas espécies de peixes do baixo rio Paraná para o alto rio Paraná, onde antes não ocorriam naturalmente (Agostinho *et al.*, 2008). Essa expansão geográfica representa um processo de espécie invasora por facilitação antrópica, com potenciais impactos sobre comunidades de peixes nativas, como competição por recursos e alterações na dinâmica ecológica local (Júlio Júnior *et al.*, 2009).

Dentre as espécies invasoras, estão as raias de água doce - *Potamotrygon amandae* e *P. falkneri*, cuja introdução no alto rio Paraná apresenta consequências

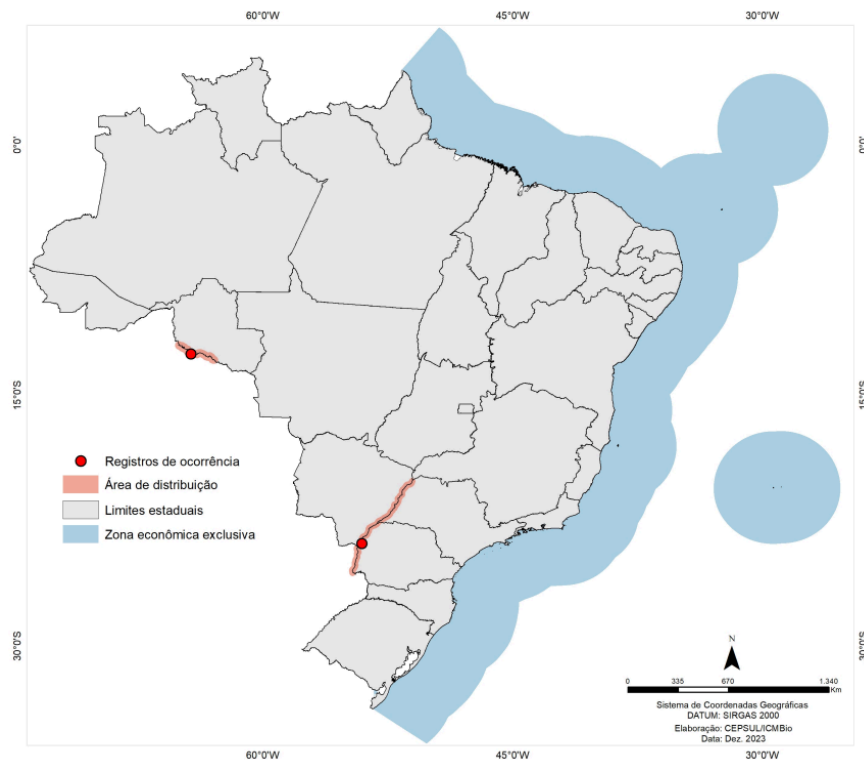
ecológicas e sociais específicas. Segundo Garrone Neto & Haddad Junior (2010), essa introdução representa o primeiro caso documentado de invasão envolvendo elasmobrânquios de água doce no mundo (Fig. 13). A presença desses animais apresenta diversos problemas, como o risco à saúde pública, pois raias possuem ferrões que podem causar ferimentos dolorosos e de difícil cicatrização. Com sua ocorrência em áreas onde eram desconhecidas, como praias e balneários, aumentaram os acidentes com banhistas e pescadores e ampliaram a demanda por medidas de prevenção e educação pública. As raias, como predadoras de topo de cadeia, alimentam-se de crustáceos, moluscos e peixes, o que pode afetar diretamente a estrutura da cadeia trófica local e a subsistência das comunidades pesqueiras. A falta de informação e preparo da população local diante da presença de raias destaca a necessidade de programas comunitários, com foco na prevenção de acidentes, e levantamento sistemático do impacto ecológico e social.



**Figura 13.** Bacia do alto rio Paraná com o ponto inicial de dispersão das espécies de arraias na bacia e seus locais de ocorrência em meados de 2010. Retirado de Garrone Neto & Haddad Junior (2010).

### 2.3.2. Distribuição e ocorrência - *Potamotrygon amandae*

*Potamotrygon amandae* apresenta distribuição associada principalmente às bacias dos rios Paraná-Paraguai e Madeira, ocorrendo em diferentes países da América do Sul, incluindo Brasil, Argentina, Bolívia e Paraguai (Loboda & de Carvalho, 2013; Lasso *et al.*, 2016; Rosa *et al.*, 2025). No território brasileiro, *P. amandae* é registrada nos estados brasileiros de Mato Grosso do Sul, Paraná, Rondônia e São Paulo, estando associada aos biomas Amazônia e Mata Atlântica (Rosa *et al.*, 2025). A espécie ocorre em diferentes tipos de ambientes fluviais e planícies de inundação, sendo encontrada em canais principais de rios, lagoas marginais, praias arenosas e áreas de fundo lodoso ou arenoso. Estudos taxonômicos e de distribuição indicam ampla ocorrência de *P. amandae* ao longo da bacia Paraná-Paraguai, incluindo regiões do Pantanal e trechos do rio Paraná na divisa entre os estados de São Paulo e Mato Grosso do Sul (Loboda & de Carvalho, 2013; Lasso *et al.*, 2016). Há registros para a porção alta da bacia do rio Madeira, especialmente no rio Guaporé, em Rondônia, evidenciando distribuição relativamente ampla dentro dos sistemas hidrográficos sul-americanos (Lasso *et al.*, 2016). Além de sua distribuição natural, estudos recentes indicam expansão da espécie para novas áreas da bacia do alto rio Paraná, favorecida principalmente pela alteração da conectividade fluvial após a formação de reservatórios hidrelétricos e eliminação de barreiras naturais, como as Sete Quedas (Júlio Júnior *et al.*, 2009) (Fig. 14).

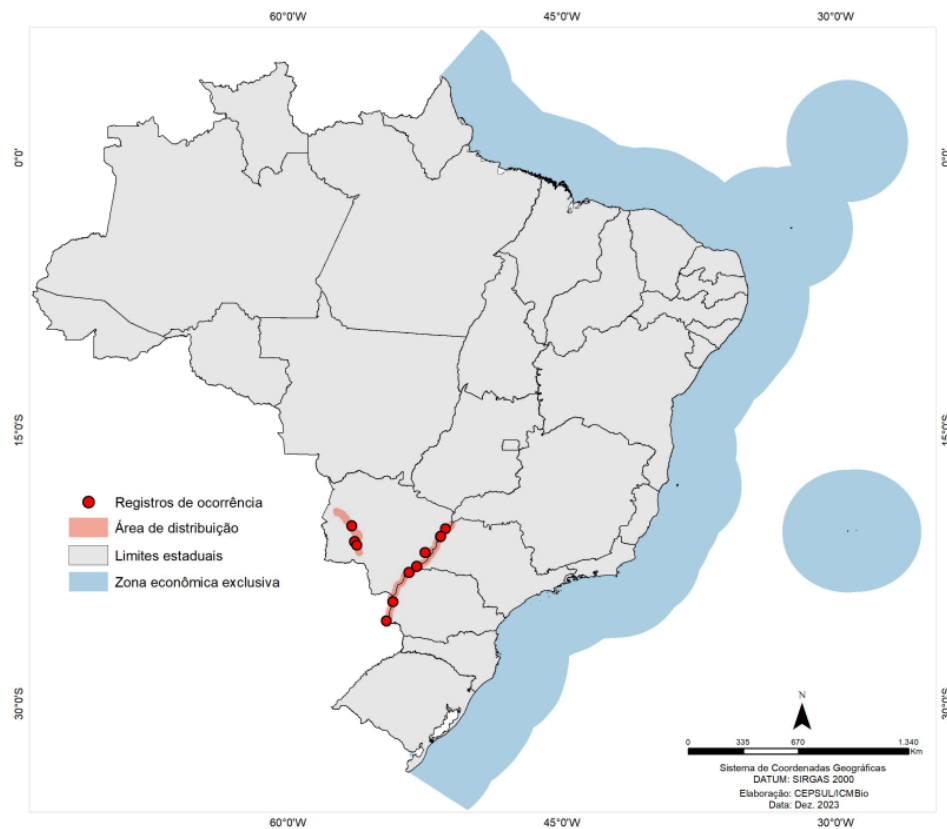


**Figura 14.** Mapa de distribuição geográfica de *Potamotrygon amandae* no Brasil. Retirado de Rosa *et al.* (2025).

Os primeiros registros formais da espécie na bacia do alto rio Paraná ocorreram no início dos anos 2000. Entre 2002 e 2005, exemplares foram coletados nos rios Paraná, Tietê, Paranapanema e Sucuriú, em áreas localizadas acima das antigas Sete Quedas. Na época, os indivíduos foram identificados como *Potamotrygon motoro*, uma vez que *P. amandae* ainda não havia sido formalmente descrita. (Garrone Neto *et al.*, 2007). A identidade taxonômica dessas populações foi posteriormente revisada por Loboda e Carvalho (2013), que reconheceram *Potamotrygon amandae* como uma espécie distinta dentro do complexo *P. motoro*. Antes dessa revisão, exemplares de *P. amandae* eram frequentemente atribuídos a *P. motoro* devido à semelhança morfológica e à variação dos padrões de coloração observados nas populações da bacia Paraná-Paraguai. Dessa forma, exemplares anteriormente identificados como *P. motoro* passaram a ser reconhecidos como *P. amandae* após sua descrição formal, permitindo uma reavaliação dos registros históricos e uma delimitação mais precisa da distribuição geográfica.

### 2.3.2 Distribuição e ocorrência - *Potamotrygon falkneri*

*Potamotrygon falkneri* é uma espécie endêmica da bacia Paraná-Paraguai, com registros no Brasil, Argentina, Bolívia e Paraguai (Rosa, 1985; Silva & de Carvalho, 2011; Rosa *et al.*, 2025). No Brasil, ocorre principalmente nos estados do Paraná, São Paulo, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, estando associada aos biomas Cerrado, Mata Atlântica e Pantanal (Rosa *et al.*, 2025). Sua distribuição compreende diferentes ambientes fluviais da bacia do rio Paraná e do rio Paraguai, incluindo canais principais, áreas marginais e regiões sazonalmente inundáveis. Estudos indicam que a espécie apresenta elevada capacidade de ocupação de habitats bentônicos e ambientes associados a planícies de inundação, característica que favorece seu estabelecimento em regiões hidrologicamente conectadas (Silva & de Carvalho, 2011). Além disso, registros recentes demonstram ocorrência da espécie em diferentes áreas do sistema Paraná-Tietê, evidenciando expansão contínua em ambientes modificados por reservatórios e hidrovias (Moreira & Haddad Junior, 2022) (Fig. 15).



**Figura 15.** Mapa de distribuição geográfica de *Potamotrygon falkneri* no Brasil. Retirado de Rosa *et al.* (2025).

Os primeiros registros publicados de *Potamotrygon falkneri* na bacia do alto rio Paraná foram realizados por Garrone Neto *et al.*, (2007), com base em exemplares coletados entre 2002 e 2005 nos rios Paraná e Tietê, próximos aos municípios de Castilho (SP) e Três Lagoas (MS). Os autores documentaram a ocorrência da espécie em trechos localizados acima das antigas Sete Quedas, ampliando o conhecimento sobre sua distribuição geográfica na região e confirmando seu estabelecimento no alto curso do rio Paraná (Garrone Neto *et al.*, 2007).

Embora não constitua um registro taxonômico formal, com exemplares-testemunhos em coleção científica, há evidências de que essas raias já ocorriam na bacia do alto rio Paraná desde 1993. Isto é corroborado pelo registro de acidente envolvendo uma raia com um pescador profissional artesanal em Presidente Epitácio (cf. Garrone-Neto & Haddad Jr., 2010). Entretanto, como não houve identificação taxonômica, não é possível determinar a qual espécie o registro se refere.

#### 2.4 Estado de conservação das espécies

As espécies *Potamotrygon falkneri* e *Potamotrygon amandae* encontram-se atualmente classificadas na categoria Menos Preocupante (LC – Least Concern), segundo a avaliação do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio, 2018) (Fig. 16). Apesar de ambas estarem sujeitas a diferentes pressões antrópicas, não existem evidências de declínios populacionais suficientemente severos que indiquem risco imediato de extinção em escala global ou nacional.



**Figura 16.** Categorias de ameaças de extinção. Retirado de “GreenMe” <https://www.greenme.com.br/informarse/biodiversidade/64172-quais-sao-os-criterios-de-classificacao-das-especies-em-extincao/>: Acesso em 16/06/2026.

As duas espécies compartilham características biológicas típicas de elasmobrânquios dulcícolas, como baixa fecundidade, crescimento relativamente lento e reprodução vivípara, fatores que normalmente aumentam a vulnerabilidade populacional frente a impactos ambientais e exploração excessiva. Entretanto, ambas apresentam ampla distribuição geográfica e elevada capacidade de adaptação ecológica, especialmente relacionada ao uso diversificado de habitats bentônicos e à flexibilidade alimentar, características que favorecem sua persistência mesmo em ambientes alterados pela ação humana (Ota *et al.*, 2018; Moreira & Haddad Junior, 2022).

Entre as principais ameaças registradas para as duas espécies destacam-se a degradação ambiental dos ecossistemas aquáticos, alterações hidrológicas provocadas por barragens, perda de habitats marginais e captura associada ao comércio ornamental ou à pesca incidental (Rosa *et al.*, 2025) (Fig. 17). Apesar das semelhanças, existem algumas diferenças importantes entre as espécies em relação à conservação. *Potamotrygon amandae*, espécie de menor porte, sofre maior pressão relacionada à captura ilegal para aquariofilia ornamental, devido ao padrão de coloração e tamanho reduzido, características valorizadas no comércio de peixes ornamentais (Rosa *et al.*, 2025) (Fig. 18).



**Figura 17.** Exemplar de raia de água doce de grande porte capturado incidentalmente durante atividade de pesca esportiva no rio Madeira, Rondônia. Retirado de “G1” <https://g1.globo.com/sp/campinas-regiao/terra-da-gente/noticia/2024/12/23/raia-de-grande-porte-e-fisgada-por-pescador-esportivo-no-rio-madeira-em-rondonia.ghtml>: Acesso em 16/06/2026.



**Figura 18.** Filhotes de *Potamotrygon amandae* nascidos no aquário Bioparque Pantanal em Campo Grande - MS. Retirado de “Bioparque Pantanal” <https://bioparquepantanal.ms.gov.br/nasceram-arraia-gravida-da-a-luz-no-bioparque-pantanal-e-filhot-es-dao-show-de-fofura/>: Acesso em 16/06/2026.

Contudo, embora atualmente ambas as espécies estejam classificadas como Menos Preocupante, o monitoramento contínuo de suas populações permanece fundamental, especialmente diante das alterações ambientais e da expansão de sua distribuição em algumas bacias hidrográficas. O acompanhamento da dinâmica populacional, da ocupação de novas áreas e dos potenciais impactos sobre a fauna nativa é essencial para subsidiar ações de manejo, conservação dos habitats aquáticos e mitigação de possíveis conflitos ecológicos e sociais associados à presença desses animais.

### 3. MORFOLOGIA E FISIOLOGIA

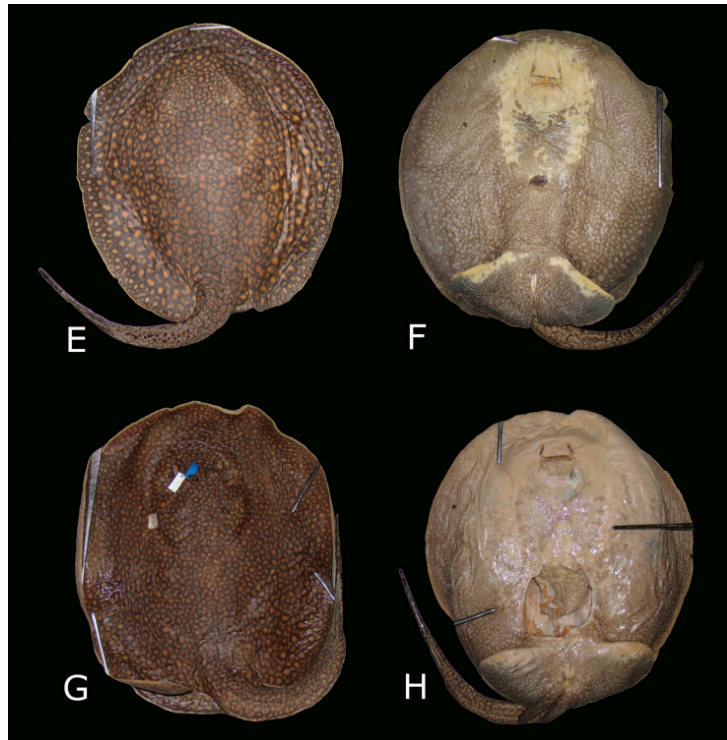
*Potamotrygon* representa um grupo singular dentro dos elasmobrânquios, graças à sua adaptação ao ambiente dulcícola. Sua singularidade morfológica foi reconhecida quando Garman (1877) os classificou em um grupo próprio e um entendimento mais completo sobre a variação dentro das espécies só é possível graças aos esforços de coleta realizados por diferentes pesquisadores em vários sistemas fluviais da região neotropical (de Carvalho & Lovejoy, 2011). Seus caracteres morfológicos e fisiológicos estão diretamente relacionados à sua história evolutiva em água doce e representam adaptações a esse ambiente. Esses animais apresentam corpo achatado dorsoventralmente, possuindo um contorno arredondado ou ovalado formado pela fusão das nadadeiras peitorais com a região da cabeça. Essa conformação permite grande eficiência no deslocamento próximo ao substrato, onde passam a maior parte do tempo parcialmente enterradas em areia ou lodo, comportamento associado tanto à camuflagem quanto à emboscada de presas. Em sua face dorsal estão os olhos e espiráculos, possibilitando à raia respirar mesmo quando enterrada; enquanto a boca, as narinas e as fendas branquiais situam-se na face ventral, característica típica de organismos bentônicos. A boca possui dentes pavimentosos, adaptados à trituração de presas duras, como moluscos e crustáceos, e apresenta variação no formato e tamanho conforme a dieta e o sexo dos indivíduos. (Rosa, 1985; Last *et al.*, 2016; Lasso *et al.*, 2016). Além disso, o tegumento das raias é recoberto por denticulos dérmicos que podem se modificar em espinhos ou estruturas especializadas, atuando na proteção mecânica e na diferenciação sexual. A cauda é longa e robusta, geralmente correspondendo a metade do comprimento corporal, e podendo portar até quatro ferrões serrilhados compostos por dentina e esmalte, recobertos por epitélio glandular que secreta veneno (de Carvalho *et al.*, 2003; Ribeiro-Neto *et al.*, 2022).

A identificação dessas raias de água doce em nível de gênero é relativamente simples; no entanto, a delimitação específica ainda é considerada bastante complexa e incerta. Essa dificuldade está relacionada à elevada plasticidade fenotípica observada em várias espécies, expressa principalmente na ampla variação nos padrões de coloração e na ocorrência de semelhanças cromáticas marcantes entre espécies distintas, o que leva a frequentes confusões taxonômicas (de Carvalho *et al.*, 2003). Diante desse cenário, a identificação baseada apenas na coloração torna-se pouco confiável. Além disso, muitos

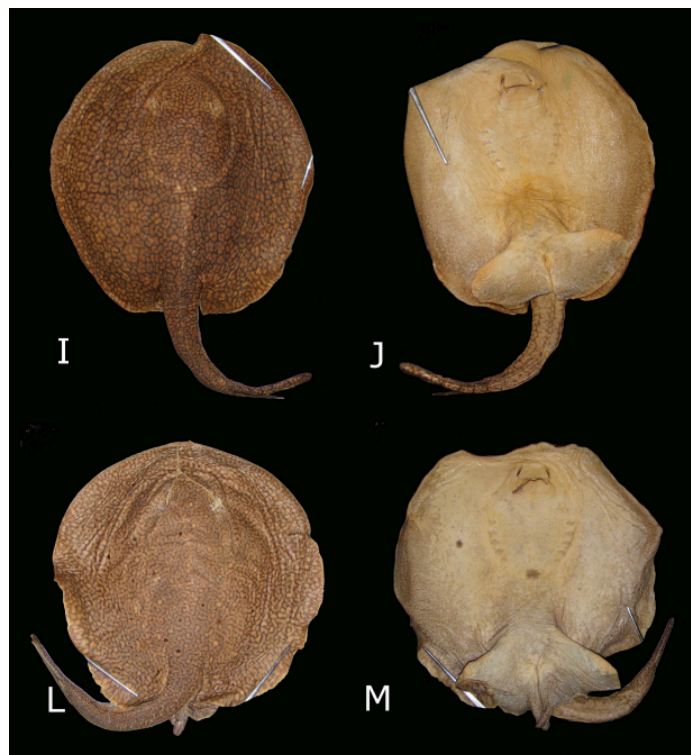
caracteres merísticos e morfométricos, como número de vértebras e fileiras de dentes, apresentam variação pouco consistente entre as espécies, reduzindo a utilidade de atributos tradicionalmente usados como diagnósticos em batóides (Silva & de Carvalho, 2011). As descrições a seguir detalham a morfologia específica de *Potamotrygon falkneri* e *Potamotrygon amandae*, com base em redescrições taxonômicas recentes e análises comparativas.

### **3.1 Morfologia diagnóstica de *Potamotrygon falkneri* Castex & Maciel, 1963**

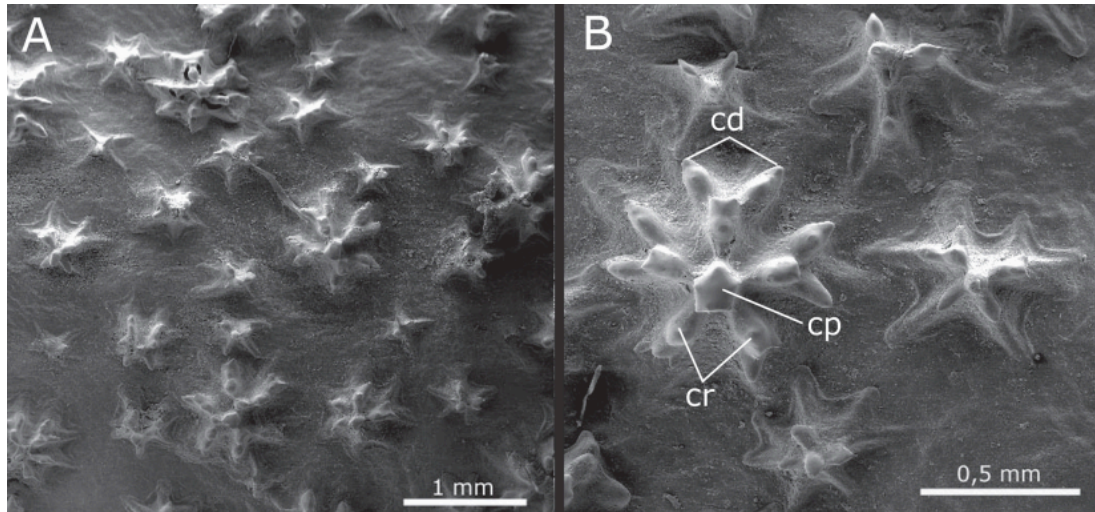
*Potamotrygon falkneri* apresenta corpo achatado dorso-ventralmente, com o disco formado pela fusão das nadadeiras peitorais ao neurocrânio, resultando em formato oval a circular e em uma transição contínua do corpo para a cauda, que é robusta e longa, correspondendo a cerca de metade do comprimento total do corpo. O disco é proporcionalmente mais espesso em exemplares adultos, e a transição para a região caudal é suave, sem estreitamento abrupto. Seu corpo é relativamente fino e seu comprimento tende a ser um pouco maior do que sua largura. Seu disco apresenta margem anterior e posterior convexa, com uma pequena protuberância na região do “focinho”. Em geral, a região dorsal de *P. falkneri* é coberta por dentículos dérmicos minúsculos em formato de estrela (Fig. 21), com as margens do disco lisas e espinhos distribuídos na parte superior da cauda, organizados de uma a três fileiras paralelas, porém irregulares, mesmo entre indivíduos com coloração corporal idêntica e provenientes da mesma localidade, os dentículos tornam a pele espessa e resistente, conferindo textura áspera e proteção contra parasitas e abrasão. Possuem cinco pares de fendas branquiais, relativamente pequenas e dispostas transversalmente na face ventral (Rosa, 1985; Silva e de Carvalho, 2011) (Figs. 4, 19, 20).



**Figura 19.** Vista dorsal e ventral de dois espécimes de *Potamotrygon falkneri*. E-F. MZUSP 108684, fêmea, 410 mm LD (rio Paraná); G-H. MZUSP 108681, macho, 350 mm LD (rio Manso). Retirado de Silva & de Carvalho (2011).



**Figura 20.** Vista dorsal e ventral de dois espécimes de *Potamotrygon falkneri*. I-J. MZUSP 14578, fêmea, 388 mm LD (rio Piquiri, rio Paraguai); L-M. MZUSP 14848, macho, 420 mm LD (Reservatório Taiamã, rio Paraguai). Retirado de Silva & de Carvalho (2011).



**Figura 21.** Denticulos dérmicos de *Potamotrygon falkneri* em vista dorsal, da região mediana do dorso; A. Disposição dos denticulos; B. Denticulo dérmico individual ampliado; cd, dicotomia da coroa; cp, placa da coroa; cr, crista da coroa. Retirado de Silva e de Carvalho (2011).

Na porção anterior do seu corpo, pode-se observar olhos pequenos, proeminentes e de formato ovalado, localizados acima dos espiráculos (cerca de 1,5 a 3 vezes o diâmetro dos olhos), posicionados posteriormente às órbitas e inclinados obliquamente em relação à linha mediana do corpo. A distância entre os espiráculos é aproximadamente 1,5 vez maior que a distância entre os olhos. O véu nasal cobre parcialmente a abertura bucal e apresenta ramificações posteriores franjadas. A boca, situada na face ventral, é ampla, ligeiramente arqueada, e contém dentes pavimentosos (achatados e justapostos), especializados na trituração de presas de carapaça dura, como moluscos e crustáceos (Fig. 22). A cavidade bucal é relativamente pequena, medindo de 6,8 a 10,9% da largura do disco, com abertura retilínea e presença de cinco papilas bucais, sendo duas laterais e três centrais. (Silva e de Carvalho, 2011) (Figs. 4, 18, 19).

Há dimorfismo sexual na dentição: os dentes das fêmeas são pequenos e sem cúspides, e os machos apresentam dentes centrais nos maxilares superior e inferior com cúspides pontiagudas (triangulares) (Fig. 22). A coloração dorsal é variável, mas predominantemente marrom escura, em alguns casos cinza ou preto, com numerosas manchas que variaram em formato circular, reniforme, oval, vermicular e em forma de roseta, geralmente iguais ou menores que o diâmetro do olho, e apresentaram diferentes disposições dorsais. As manchas tem tonalidade amarelada, podendo incluir tons de bege, laranja e marrom, enquanto a porção ventral central do corpo apresentava coloração branca, com áreas laterais

acinzentadas. Nos indivíduos com coloração marrom-escuro ou acinzentada, as manchas podem apresentar um contorno escuro sutil, formando desenhos semelhantes a ocelos irregulares. Pequenas manchas circulares também são comuns nas bordas do disco. As nadadeiras pélvicas possuem coloração dorsal semelhante à do disco, enquanto a cauda mantém o mesmo padrão geral, porém com presença mais acentuada de linhas sinuosas e formações em roseta (Silva e de Carvalho, 2011) (Figs. 4, 19, 20).



**Figura 22.** Placas dentárias de *P. falkneri*, demonstrando as diferenças existentes entre a dentição superior de fêmeas (esquerda), machos maduros (centro) e subadultos (direita). Retirado de Garrone Neto (2010).

Em termos de proporções corporais, *P. falkneri* exibe variação geográfica e sexual, mas mantém características diagnósticas constantes, como: distância interdorsal moderada, espiráculos largos e margens dorsais do disco suavemente convexas. Silva e de Carvalho (2011), também destacam variações que distinguem a espécie de congêneres do grupo *P. motoro*, como ausência de ocelos (manchas em forma de olho) com anéis pretos concêntricos no disco, corpo mais achatado dorsoventralmente, presença de dentículos dérmicos consideravelmente menores e por exibir um número superior de fileiras dentárias na mandíbula superior, reforçando sua validade taxonômica. A variação cromática observada entre indivíduos indica plasticidade adaptativa e sugere papel importante na camuflagem e na diferenciação populacional (Fig. 23). Essas características ressaltam a especialização morfofuncional da espécie aos ambientes lênticos e de fundo arenoso da bacia do rio Paraná (Silva e de Carvalho, 2011).

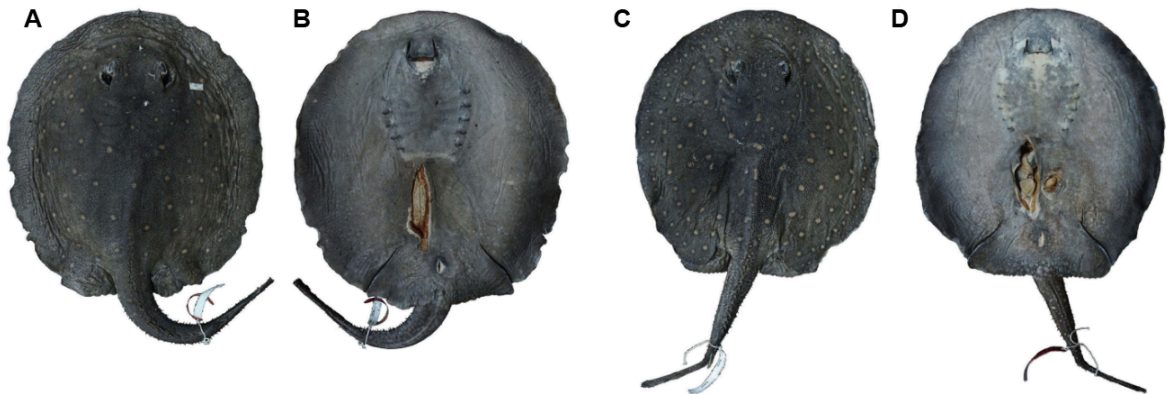


**Figura 23.** Exemplar de *Potamotrygon falkneri* sobre substrato arenoso, demonstrando a eficiência de seu padrão de coloração dorsal na camuflagem. Retirado de “MyAquarium” <https://myaquarium.com.br/peixes/arraia-pintada-potamotrygon-falkneri/> : Acesso em 17/06/2026.

### 3.2 Morfologia diagnóstica de *Potamotrygon amandae* Loboda & de Carvalho, 2013

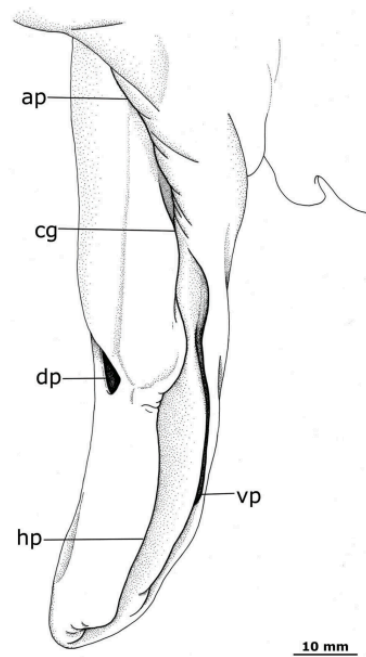
A diferenciação morfológica entre espécies de *Potamotrygon* são um grande desafio, especialmente devido à ampla variação morfológica intraespecífica. *Potamotrygon amandae* representa um exemplo marcante disso, pois sua definição como espécie só foi possível após análises morfológicas detalhadas que evidenciaram diferenças consistentes em relação a outras raias antes consideradas congêneres. Características como o formato e proporções do disco, a distribuição e tonalidade dos padrões de manchas dorsais, bem como aspectos da dentição e da disposição dos dentículos dérmicos, foram determinantes para o reconhecimento dessa espécie. Exemplares anteriormente identificados como *P. motoro* na bacia do alto rio Paraná antes de Loboda & de Carvalho (2013), correspondem, na realidade, a *P. amandae*. A seguir, são apresentadas as principais características morfológicas que definem essa espécie e a distinguem de espécies morfológicamente próximas (Loboda & de Carvalho, 2013; Lasso *et al.*, 2016) Seu disco é subcircular, sendo mais longo do que largo. A cabeça é estreita, com distância interorbital entre 11,5 e 16,9% da largura do disco (LD), distância inter-espíracular de 17,4 a 21,4% LD e

distância internasal de 6,6 a 9,6% LD. A boca é estreita, com largura variando de 7,0 a 11,7% LD, e possui cinco papilas no epitélio oral ventral (três centrais e duas periféricas). A pequena protuberância rostral é ausente. Os olhos são salientes dorsalmente e relativamente grandes. Os espiráculos são musculares, trapezoidais e de tamanho relativamente grande (Loboda & de Carvalho, 2013) (Fig. 5, 24).



**Figura 24.** Vista dorsal e ventral de dois espécimes de *Potamotrygon amandae*. A-B: MZUSP 110906, fêmea, 294 mm LD (rio Paraguai). C-D: MZUSP 110907, fêmea, 270 mm LD (rio Paraguai). Modificado de Loboda & de Carvalho (2013).

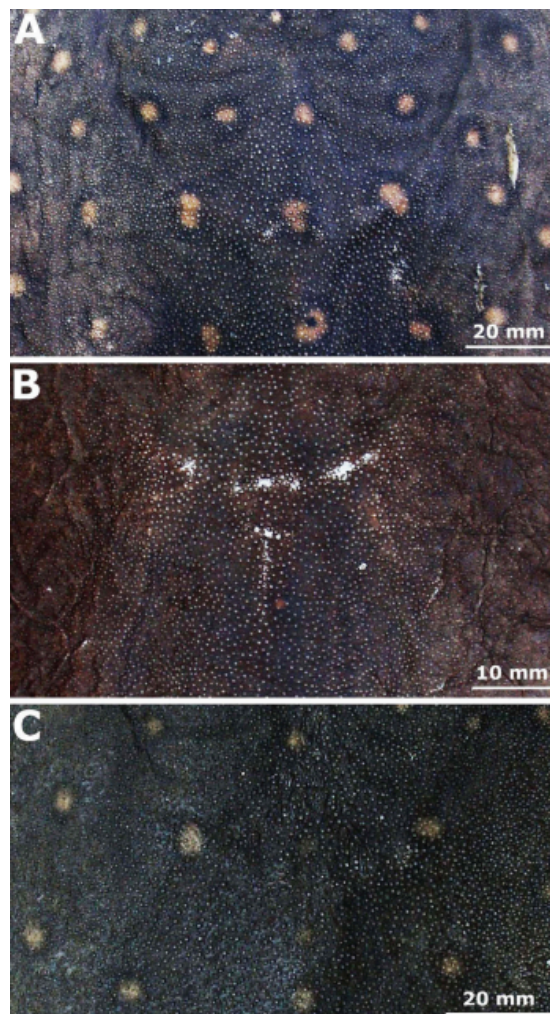
*Potamotrygon amandae* apresenta sulcos labiais bem desenvolvidos nos cantos posteriores da boca. Os dentes são menores do que em *P. motoro* e sem heterodontia monognática. Diferentemente de *P. motoro*, há mais fileiras de dentes na mandíbula superior do que na inferior, variando entre 26-37/23-33 fileiras, e com 6-8/4-13 dentes medianos na mandíbula superior e inferior, respectivamente. As nadadeiras pélvicas são cobertas dorsalmente pelo disco, com apenas as margens posteriores se estendendo além dele. São triangulares, com a porção distal ligeiramente arredondada. O clássper é longo e levemente curvado, com pseudo sifão dorsal em forma de gota, relativamente pequeno em machos adultos (Fig. 25). A cauda é longa e mais delgada em comparação a *P. motoro* e *P. pantanensis*, variando de 54,5 a 102,3% da largura do disco, com largura entre 7,2 e 13,6% LD. As dobras dorsais e ventrais da cauda são bem desenvolvidas. (Loboda & de Carvalho, 2013)



**Figura 25.** Vista dorsal do cláster direito de um macho adulto de *Potamotrygon amandae* (MZUSP 111148; 280 mm LD). Abreviações: ap, apópila; cg, sulco do cláster; dp, pseudosifão dorsal; hp, hipópila; vp, pseudosifão ventral. Retirado de Loboda & de Carvalho (2013).

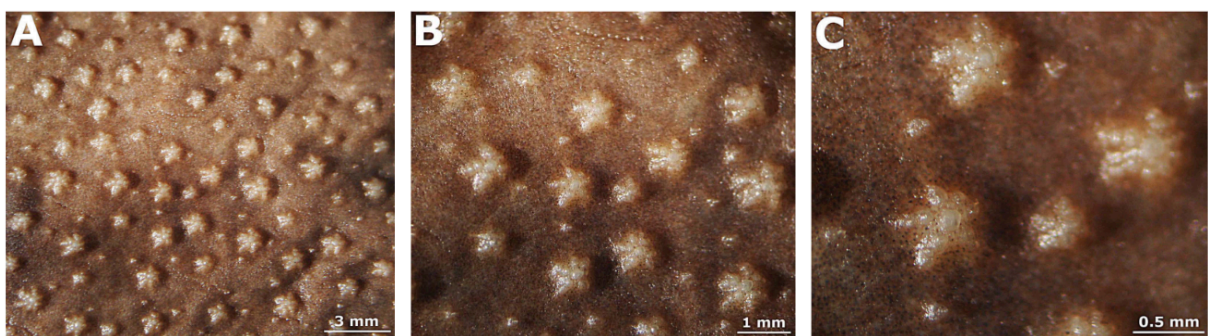
A coloração dorsal do disco é variável, geralmente com fundo escuro e ocelos bicolors distribuídos por toda a superfície. Esses ocelos possuem região central esbranquiçada cercada por um anel periférico preto. O fundo do disco pode ser cinza-claro, cinza-escuro, marrom-claro ou marrom-escuro. Três padrões principais são observados: (1) exemplares apenas com ocelos; (2) exemplares com ocelos e pequenas manchas; e (3) exemplares sem ocelos ou manchas. Nos indivíduos apenas com ocelos (1), estes se concentram na região central do disco e podem atingir o diâmetro dos olhos. Em exemplares com ocelos e manchas (2), estas são mais numerosas no centro do disco e assumem formatos vermiculares ou em “U”. As manchas e ocelos podem ser pouco ou bem definidos, ambos compostos por duas faixas de coloração, uma região central esbranquiçada, cinza-clara, bege-clara, bege ou marrom-claro, circundada por um anel periférico preto. Nos exemplares sem ocelos ou manchas (3), observam-se apenas algumas manchas acastanhadas pouco distintas, disfarçadas pela coloração geral do dorso, principalmente ao redor dos olhos e espiráculos (Fig. 26). A coloração dorsal das nadadeiras pélvicas é semelhante à do disco, porém menos intensa; o número de ocelos e manchas bicolors varia de poucos, próximos à base pélvica, até numerosos, distribuídos por toda a superfície das nadadeiras. Nos exemplares sem

ocelos e manchas, a cauda apresenta coloração uniforme em toda sua extensão, da base até a extremidade. Já os indivíduos com ocelos no disco dorsal exibem diversas manchas ao longo da cauda; aqueles com ocelos e manchas no disco apresentam pequenas manchas dorsais na cauda, alternadas com áreas mais escuras, formando um padrão listrado posterior ao ferrão caudal. A face ventral apresenta três regiões distintas: a área anterocentral e o “focinho” são predominantemente esbranquiçados, a maior parte do disco é acinzentada ou marrom-clara, com pequenas manchas arredondadas brancas, e as margens do disco são acinzentadas ou marrom-escuras, também com pontos esbranquiçados dispersos. As nadadeiras pélvicas ventrais e a cauda seguem o mesmo padrão, com fundo acinzentado ou amarronzado e manchas brancas arredondadas (Loboda & de Carvalho, 2013) (Fig. 5, 24).

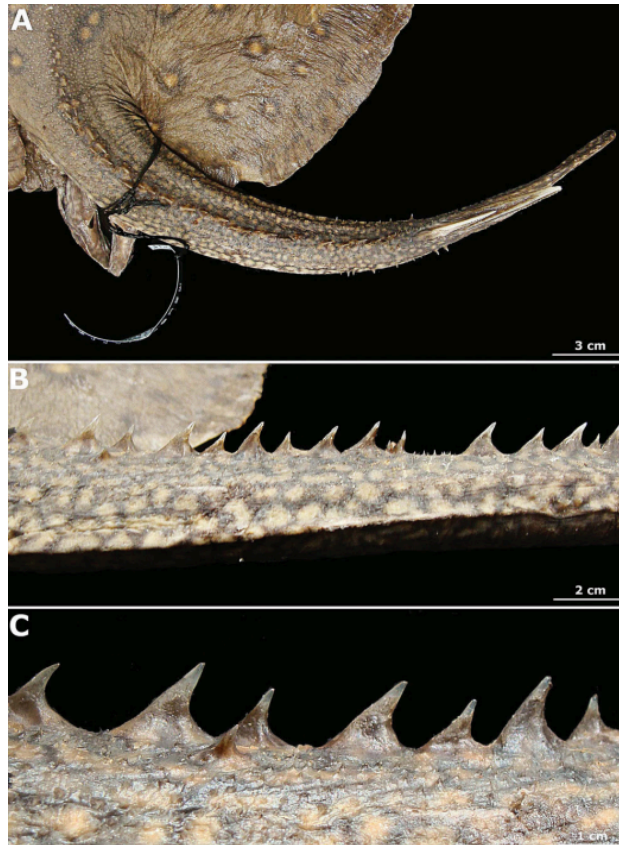


**Figura 26.** Variação dos padrões de ocelos e manchas na superfície dorsal de exemplares de *Potamotrygon amandae*: (a) holótipo MZUSP 110910; (b) MZUSP 110904; e (c) MZUSP 110906. Retirado de Loboda & de Carvalho (2013).

Os dentículos dérmicos cobrem toda a superfície dorsal do disco e da cauda. Na região central do disco predominam dois tipos: dentículos maiores com topo em formato de estrela e dentículos menores com topo pontiagudo. Os dentículos estrelados de *P. amandae* diferem dos de *P. motoro* por apresentarem menos cristas coronais desenvolvidas e um topo mais alto e afilado. Já os dentículos pontiagudos possuem placa coronal aguda cercada por pequenas cristas. Na margem do disco, ocorrem apenas dentículos pontiagudos menores, e entre as regiões central e marginal, aparecem dentículos intermediários entre os dois tipos. Dentículos com coroas pontiagudas circundam os espiráculos, e sua densidade e tamanho variam ligeiramente entre indivíduos, sendo geralmente mais concentrados na cabeça e na margem anterior do disco (Fig. 27). Na base da cauda, os dentículos tornam-se maiores, e há uma fileira dorsal de espinhos pontiagudos, por vezes dupla ou tripla, que se estende desde a base da cauda até sua extremidade (Loboda & de Carvalho, 2013) (Fig. 28). Apesar de ser uma espécie descrita recentemente, *Potamotrygon amandae* já era conhecida há bastante tempo. No entanto, suas semelhanças morfológicas com *P. motoro* e *P. hystrix* provavelmente levaram à confusão em estudos anteriores, sendo até interpretada como um híbrido devido a suas características intermediárias, especialmente no padrão de coloração dorsal Castex & Yagolkowski (1970). No entanto, medidas morfométricas específicas permitem distinguir claramente *P. amandae* das demais congêneres (Loboda & de Carvalho, 2013).



**Figura 27.** Detalhe dos dentículos dérmicos de *Potamotrygon amandae* (MZUSP 111150; 215 mm LD), mostrando os dois tipos morfológicos de dentículos: com coroas estreladas e com coroas pontiagudas. Retirado de Loboda & de Carvalho (2013).



**Figura 28.** Estruturas espinhosas da cauda de *Potamotrygon amandae* (MZUSP 111148): (a) vista dorsal da cauda mostrando a fileira dorsal completa de espinhos pontiagudos desenvolvidos; (b) disposição e morfologia dessas fileiras; e (c) detalhe dos espinhos presentes nas fileiras dorsais. Retirado de Loboda & de Carvalho (2013).

### 3.3. Fisiologia

Diversos caracteres morfológicos e fisiológicos dos potamotrigoníneos estão diretamente relacionados à sua história evolutiva em água doce e representam adaptações a esse ambiente, como serem incapazes de acumular ureia nos tecidos e possuírem uma glândula retal vestigial e não funcional. Além disso, seus mecanismos osmo-ionorregulatórios (equilíbrio de água e sais minerais) são semelhantes aos Teleostei (Lasso *et al.*, 2016). Diferentemente da maioria dos elasmobrânquios marinhos, que mantêm altas concentrações de ureia no sangue e nos tecidos para auxiliar na regulação osmótica, as raias de água doce apresentam concentrações significativamente reduzidas desse composto. Esse padrão metabólico está associado à transição evolutiva para ambientes de baixa salinidade, nos quais o acúmulo de ureia deixaria o organismo excessivamente hiperosmótico em relação ao meio. Assim, esses animais apresentam uma fisiologia mais próxima

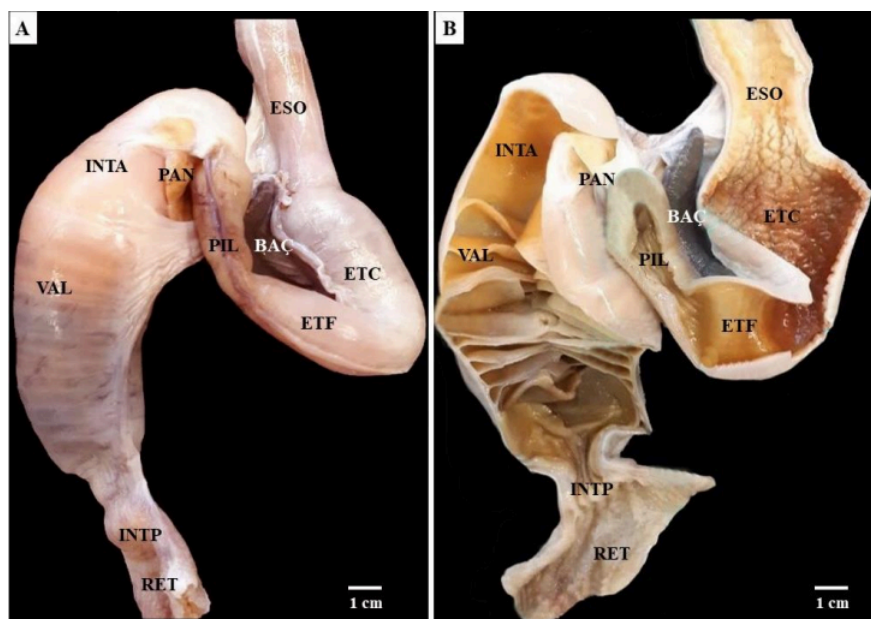
à de peixes ósseos dulcícolas no que se refere ao balanço osmótico e à excreção de compostos nitrogenados (Ballantyne & Robinson, 2010; Lasso *et al.*, 2016).

Os padrões de osmorregulação dos potamotrigoníneos estão fortemente relacionados às propriedades físicas e químicas das águas. Em espécies marinhas a glândula retal, juntamente com as brânquias e os rins, é essencial para o controle osmótico, e o acúmulo de sais no organismo é eliminado principalmente por essa glândula (Ballantyne, 1997). No entanto, entre os potamotrigoníneos, essa glândula encontra-se em estado vestigial e não funcional. Vivendo em um ambiente hiposmótico, as raias de água doce enfrentam um constante influxo de água e excretam grandes volumes de urina, levando à perda significativa de sais, e como a perda (efluxo) de íons supera a absorção (influxo), esses animais mantêm um balanço iônico negativo, exigindo mecanismos compensatórios para a reposição de sais. Entre eles estão: a obtenção através da alimentação, um sistema branquial altamente eficiente na absorção ativa de íons, a redução da permeabilidade epitelial e a reabsorção renal. Sendo assim, nas raias de água doce, a regulação iônica é realizada principalmente pelas brânquias e pelos rins. As brânquias apresentam abundantes células ricas em mitocôndrias, responsáveis pelo transporte ativo de sais da água para o sangue, enquanto as junções de adesão entre as células epiteliais minimizam a perda de solutos. Nos rins, as células com alta atividade de  $\text{Na}^+/\text{K}^+$ -ATPase localizadas nos túbulos renais realizam a reabsorção ativa de íons, prevenindo a perda excessiva para o meio. Em conjunto, essas adaptações foram fundamentais para a evolução e a permanência bem-sucedida das raias *Potamotrygon* em ambientes de água doce (Duncan, 2016).

No que se refere à respiração, assim como outros elasmobrânquios, as raias de água doce realizam trocas gasosas principalmente através das brânquias, estruturas altamente vascularizadas que proporcionam grande área de contato para difusão de gases. O fluxo de água que atravessa as lamelas branquiais ocorre por meio de movimentos coordenados da cavidade bucal e dos espiráculos, permitindo que a água seja direcionada às brânquias mesmo quando o animal permanece apoiado no substrato. Esse mecanismo respiratório é particularmente importante para espécies bentônicas, como as *Potamotrygon*, que frequentemente permanecem parcialmente enterradas no sedimento durante períodos de repouso ou enquanto aguardam presas (Evans *et al.*, 2005). Além das trocas gasosas, as brânquias também desempenham papel central em diversos processos fisiológicos,

incluindo a regulação ácido-base, a excreção de compostos nitrogenados e o transporte ativo de íons. Nos peixes, de maneira geral, as brânquias representam o principal local de interação fisiológica entre o organismo e o meio aquático, sendo responsáveis por múltiplas funções essenciais à manutenção da homeostase. A presença de células especializadas ricas em mitocôndrias, associadas a transportadores iônicos como a  $\text{Na}^+/\text{K}^+$ -ATPase, permite a regulação eficiente do equilíbrio hidromineral, processo particularmente importante em organismos que vivem em ambientes de água doce (Evans *et al.*, 2005).

Outro aspecto relevante da fisiologia dos potamotrigoníneos está relacionado ao sistema digestório. Assim como outros elasmobrânquios, essas raias apresentam um intestino relativamente curto, porém altamente especializado, contendo uma estrutura denominada válvula espiral (como nos demais Chondrichthyes). Essa estrutura consiste em uma dobra interna do intestino que aumenta significativamente a área de superfície disponível para absorção de nutrientes, permitindo maior eficiência digestiva mesmo com um trato intestinal relativamente compacto. Essa adaptação é comum entre elasmobrânquios e está associada ao consumo de presas ricas em proteínas e lipídios, como 'invertebrados' bentônicos, crustáceos, moluscos e pequenos peixes, que compõem a base da dieta de muitas espécies de Potamotrygoninae (Carrier *et al.*, 2012) (Fig.29).



**Figura 29.** Sistema digestório de *Potamotrygon amandae*, com destaque para a válvula espiral (VAL). Em (A), vista anatômica geral do trato digestório. Em (B), corte longitudinal mostrando a morfologia interna e as pregas da válvula espiral, responsáveis por ampliar a superfície de absorção de nutrientes. Retirado de Aquino (2020).

A fisiologia sensorial também desempenha papel fundamental na ecologia desses animais. As raias apresentam um sistema eletro sensorial altamente desenvolvido, composto pelas ampolas de Lorenzini, estruturas especializadas capazes de detectar campos elétricos extremamente fracos produzidos por organismos vivos. Esse sistema permite que esses animais localizem presas enterradas no sedimento ou escondidas no substrato, mesmo em ambientes com baixa visibilidade, como águas turvas ou durante períodos de atividade noturna. Além disso, o sistema da linha lateral possibilita a detecção de vibrações e movimentos na água, auxiliando na orientação espacial, na localização de presas e na percepção de possíveis predadores. Esses sistemas sensoriais são considerados fundamentais para o comportamento alimentar e para a sobrevivência de elasmobrânquios bentônicos (Evans *et al.*, 2005; Carrier *et al.*, 2012).

Do ponto de vista metabólico, as raias de água doce são organismos ectotérmicos, ou seja, sua temperatura corporal e taxa metabólica são diretamente influenciadas pela temperatura do ambiente. Em peixes, variações térmicas podem afetar diversos processos fisiológicos, incluindo respiração, digestão, crescimento e atividade locomotora. Nos ambientes tropicais da região Neotropical, onde ocorre a maior diversidade de potamotrigoníneos, as variações térmicas tendem a ser relativamente moderadas ao longo do ano, favorecendo padrões metabólicos relativamente estáveis. No entanto, mudanças sazonais associadas ao regime hidrológico dos rios, como períodos de cheia e seca, podem influenciar aspectos ecológicos e fisiológicos desses animais, incluindo padrões de atividade, disponibilidade de alimento e ciclos reprodutivos (Carrier *et al.*, 2012). Em conjunto, essas características fisiológicas, incluindo adaptações osmorregulatórias, metabolismo nitrogenado modificado, ventilação branquial eficiente, especializações digestivas e sistemas sensoriais altamente desenvolvidos, foram fundamentais para o estabelecimento e diversificação dos potamotrigoníneos nos sistemas de água doce da América do Sul, permitindo que essas raias ocupassem com sucesso diferentes ambientes da região Neotropical.

#### 4. ACIDENTES

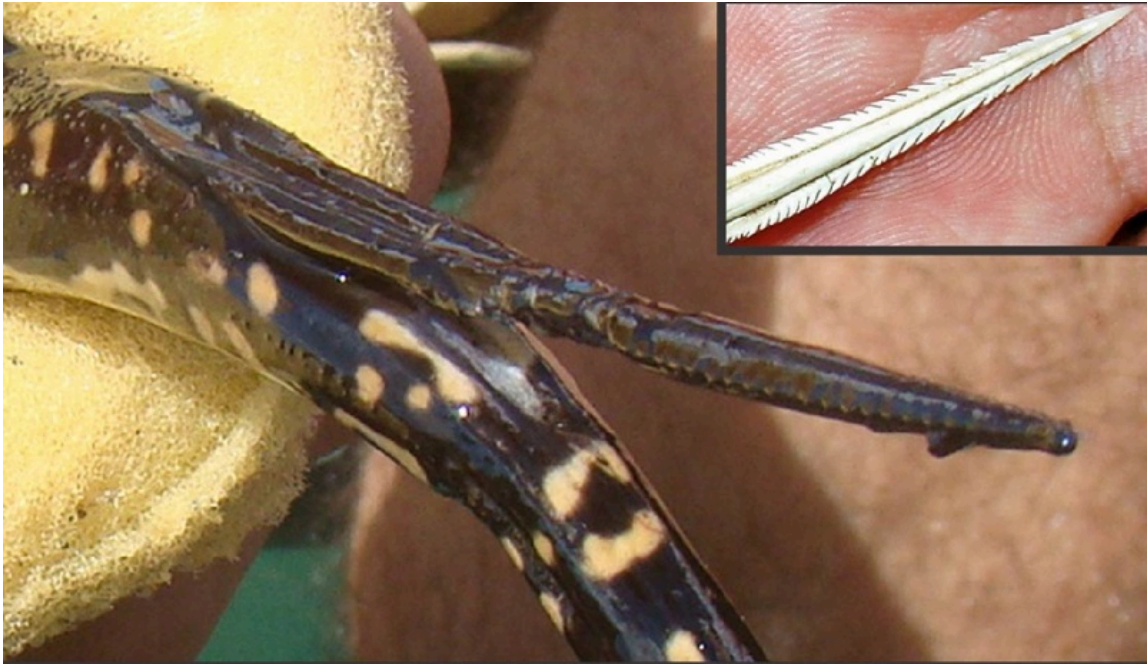
As arraias de água doce, embora dóceis, são animais peçonhentos e representam uma importante causa de acidentes traumáticos em ambientes aquáticos, especialmente entre pescadores artesanais, ribeirinhos e banhistas, que apesar de comuns, raramente são fatais (Diaz, 2008). Diferentemente da maioria dos peixes dulcícolas presentes na região, as raias possuem ferrão caudal serrilhado revestido por tecido glandular produtor de toxinas, utilizado principalmente como mecanismo de defesa. Quando pisados ou manipulados inadequadamente, esses animais podem provocar ferroadas extremamente dolorosas, frequentemente acompanhadas por edema, necrose tecidual, infecções secundárias e longo período de recuperação (Fig 30). Em alguns casos, as lesões podem resultar em limitação temporária da mobilidade e incapacidade laboral prolongada, afetando diretamente pescadores artesanais, trabalhadores ribeirinhos e usuários recreativos dos ambientes aquáticos (Haddad Júnior *et al.*, 2004; Charvet-Almeida *et al.*, 2005).



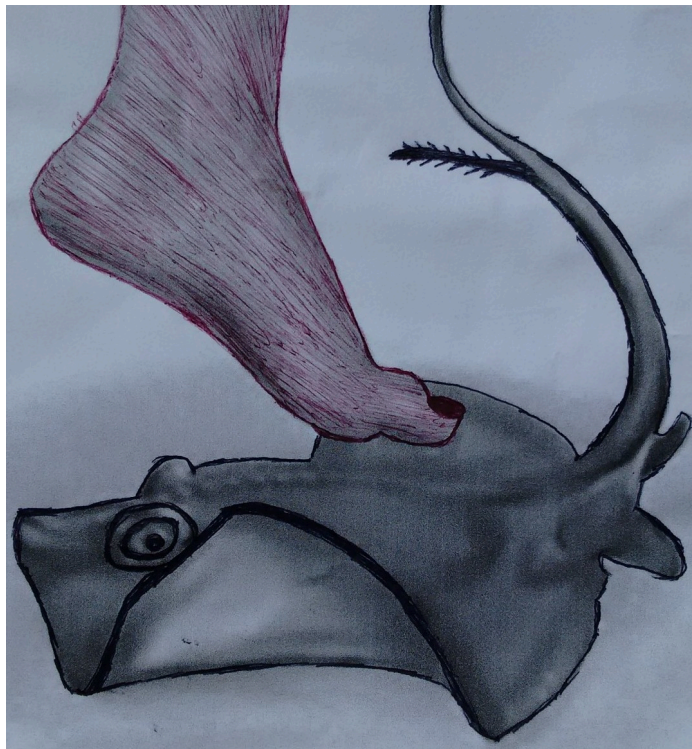
**Figura 30.** Ferrão de *Potamotrygon motoro* em detalhe (acima), mostrando as serrilhas laterais e a extremidade aguda característica da estrutura defensiva. Abaixo, lesão decorrente de acidente com raia no dorso do pé de um paciente, evidenciando área de necrose tecidual cerca de 24 horas após a ferroadas. Retirado de Haddad Junior *et al.* (2004).

Moreira e Haddad Junior (2022) destacam que a presença crescente de *Potamotrygon* em regiões de intensa atividade pesqueira e turística representa um importante problema de saúde pública regional, especialmente devido ao desconhecimento da população acerca do comportamento desses animais e das medidas preventivas adequadas. Em muitos casos, acidentes ocorrem em praias fluviais e margens rasas utilizadas para lazer, locais onde as raias permanecem parcialmente enterradas no sedimento durante períodos de repouso e alimentação.

Do ponto de vista anatômico, o ferrão das raias corresponde a uma estrutura modificada derivada de dentículos dérmicos, estruturas típicas dos elasmobrânquios também conhecidas como escamas placoides. Ele fica localizado na base da cauda, caracterizado por bordas serrilhadas e ponta extremamente afiada, o que dificulta sua retirada após a perfuração e aumenta o grau de dano aos tecidos (Haddad *et al.*, 2004; CSULB, 2025) (Fig 31). A posição estratégica desses ferrões garante uma resposta defensiva eficiente quando o animal é pisado ou manipulado. Durante sua defesa, a arraia pode realizar movimentos rápidos de flexão da cauda, projetando o ferrão em direção à ameaça, podendo resultar em lesões profundas e irregulares, frequentemente acompanhadas de retenção de fragmentos do ferrão na ferida (Fig. 32). Dessa forma, os acidentes que envolvem esses animais combinam dois componentes principais: o trauma mecânico causado pela perfuração e os efeitos tóxicos decorrentes da inoculação da peçonha (Haddad *et al.*, 2004; Clark *et al.*, 2007).



**Figura 31.** Ferrão de uma raia de água doce, mostrando a estrutura serrilhada e a extremidade pontiaguda utilizadas para defesa. Retirado de “Conexão Planeta” <https://conexaoplaneta.com.br/blog/especialistas-alertam-sobre-invasao-de-araias-no-rio-tiete-e-aumento-de-acidentes-com-ferrao-do-anim/> : Acesso em 17/06/2026.



**Figura 32.** Ilustração do movimento defensivo utilizado pelas raias, no qual a cauda é projetada contra a ameaça. Retirado de “RosaBio” <https://rosabioprofessora.blogspot.com/2017/09/araias-peixes-cartilagosos.html> : Acesso em 17/06/2026.

O ferrão é recoberto por um epitélio glandular responsável pela produção da peçonha. Diferentemente de outros animais peçonhentos que possuem glândulas especializadas conectadas a canais de inoculação, nas raias o veneno encontra-se distribuído no epitélio que recobre o ferrão. Durante a ferroada, a ruptura desse epitélio libera substâncias tóxicas diretamente na ferida, juntamente com muco e fragmentos celulares, contribuindo para o intenso processo inflamatório observado nesses acidentes (Meyer, 1997; Haddad Jr. *et al.*, 2004). A peçonha dessas espécies é composta por uma mistura de enzimas proteolíticas, toxinas e substâncias que induzem dor intensa, necrose local e, em alguns casos, sintomas sistêmicos, como náuseas, vômitos, febre e alterações cardiovasculares, podendo causar um dos mais graves envenenamentos por animal aquático. Essas substâncias atuam diretamente sobre os tecidos afetados, provocando inflamação intensa, dor severa e necrose local. A presença de enzimas proteolíticas contribui para a degradação de proteínas estruturais da matriz extracelular, favorecendo a destruição tecidual e o desenvolvimento de lesões ulceradas. Além disso, mediadores inflamatórios estimulam terminações nervosas locais, o que explica a dor intensa frequentemente relatada pelas vítimas (Haddad *et al.*, 2004; Clark *et al.*, 2007; Diaz, 2008) (Fig. 33).



**Figura 33.** Complicações decorrentes de acidentes com raias registradas na área de estudo. (A) Paciente do sexo masculino, 16 anos, atendido 12 horas após a ferroada, apresentando lesão lacerante, hemorrágica e intensamente dolorosa na região do maléolo medial do pé esquerdo. (B) Primeiros socorros imediatos por imersão em água quente (45 °C) em um menino atendido 2-3 horas após a ferroada, com ferida lacerante, edemaciada e extremamente dolorosa na região dorsolateral do pé direito. (C) Vítima atendida 2-3 horas após a ferroada, apresentando lesão lacerante, edemaciada, hemorrágica e muito dolorosa na face lateral do pé direito, próxima ao quinto dedo. (D) Lesão lacerante e dolorosa no dorso do pé esquerdo após irrigação, limpeza da ferida, exploração cirúrgica, remoção de fragmentos do ferrão e desbridamento. (E) Paciente do sexo

masculino, 30 anos, atendido 12 dias após a ferroada, apresentando ferida ulcerada, infectada e necrótica na superfície dorsolateral do pé direito. (F) Paciente do sexo masculino, 35 anos, apresentando infecção secundária no pé direito quatro semanas após a ferroada, com sinais de flogose intercalados por áreas de equimose. (G) Duas semanas após acidente com raia de água doce no dorso do pé direito, observa-se necrose seca na falange distal do hálux direito, provavelmente decorrente de vasculite associada à infecção bacteriana secundária. Apesar dos diferentes tratamentos antimicrobianos empregados, foi necessária a amputação do hálux direito. (H) Paciente do sexo feminino atendida três meses após a ferroada, apresentando ferida necrótica de difícil cicatrização na região dorsolateral do pé direito, ainda acompanhada de dor intensa no local da lesão. Retirado de Sachett *et al.* (2018).

Outro fator importante na evolução desses acidentes é o risco elevado de infecção secundária. As feridas causadas por ferrões de raias frequentemente entram em contato com microrganismos presentes na água ou na superfície do ferrão, favorecendo o desenvolvimento de infecções bacterianas, em especial por bactérias *Vibrio*, *Aeromonas*, *Pseudomonas* e *Staphylococcus*, que podem agravar o processo inflamatório e retardar a cicatrização das lesões. (Haddad, 2004; Haddad *et al.*, 2004; Diaz, 2008). Em casos mais graves, podem ocorrer infecções profundas e até mesmo quadros de fasciite necrosante, como já relatado em pacientes infectados por *Vibrio alginolyticus* (raias marinhas) e *Aeromonas hydrophila* (raias de água doce) após ferroadas de arraias (Haddad, 2004; Sachett *et al.*, 2018) (Fig. 34).



**Figura 34.** Infecção por *Staphylococcus aureus* em paciente que havia traumatizado a mão em pedras utilizadas na decoração de um aquário. Retirado de Haddad Junior (2004).

As manifestações clínicas resultantes das ferroadas de raias podem variar amplamente de acordo com fatores como profundidade da lesão, quantidade de veneno inoculado, região anatômica atingida e tempo decorrido até o atendimento médico. Em geral, o sintoma mais marcante é a dor intensa e imediata, frequentemente descrita como uma das mais severas entre os acidentes causados por animais aquáticos. Além da dor, são comuns sinais locais como edema, eritema, sangramento, inflamação intensa e desenvolvimento de áreas de necrose tecidual ao redor da lesão. Em alguns casos também podem ocorrer manifestações sistêmicas, incluindo náuseas, vômitos, sudorese, febre e hipotensão (Haddad *et al.*, 2004; Clark *et al.*, 2007; Diaz, 2008) (Fig. 33).

A ocorrência de acidentes com raias está frequentemente associada a atividades humanas em ambientes aquáticos, principalmente entre pescadores artesanais e banhistas. Entre banhistas, os acidentes ocorrem predominantemente nos membros inferiores, especialmente nos pés e tornozelos, geralmente quando o indivíduo pisa acidentalmente em uma arraia que permanece parcialmente enterrada no sedimento. Esse comportamento de permanecer semi-enterrada é comum entre indivíduos juvenis, que utilizam áreas rasas próximas às margens como locais de alimentação e proteção contra predadores. Como resultado, pessoas que caminham em águas rasas podem entrar em contato com esses animais sem perceber sua presença (Meyer, 1997; Garrone-Neto & Haddad Jr., 2010). Entre pescadores, por outro lado, os acidentes ocorrem principalmente durante a manipulação direta de raias capturadas em redes ou anzóis, atingindo com maior frequência os membros superiores, especialmente mãos e antebraços. Pescadores que realizam suas atividades em águas rasas, muitas vezes sem o auxílio de embarcações, também podem sofrer acidentes semelhantes aos de banhistas, pois se deslocam dentro de rios ou lagoas marginais durante a prática da pesca (Garrone-Neto *et al.*, 2010) (Fig. 35).



**Figura 35.** Exemplar de *Potamotrygon falkneri* em ambiente natural, semi-enterrado na areia, cuja camuflagem dificulta sua visualização e favorece seu pisoteio (A), que normalmente culmina na penetração dos ferrões afiados e retroserrilhados nos membros inferiores das vítimas (B). O banho de rio (C) e a prática da pesca esportiva (D), comuns na bacia do alto rio Paraná, são situações de risco para a ocorrência desse tipo de agravo. Retirado de Garrone Neto & Haddad Junior (2010).

Além disso, ictismo ativo envolvendo raias também podem ocorrer em contextos menos frequentemente discutidos, como no manejo de animais mantidos em aquários. Nas últimas décadas, a criação de organismos aquáticos marinhos e de água doce em aquários domésticos ou comerciais aumentou consideravelmente no Brasil, ampliando o contato direto entre pessoas e diferentes espécies potencialmente perigosas. A manipulação de animais, bem como de estruturas funcionais ou decorativas presentes em aquários, pode causar traumas de diversas intensidades nas mãos, que frequentemente se tornam porta de entrada para infecções já citadas. Muitas vezes, comerciantes e aquaristas possuem conhecimento limitado sobre os riscos associados à manipulação desses organismos, o que pode aumentar a probabilidade de acidentes (Haddad, 2004).

Diversos fatores ambientais podem influenciar a frequência desses acidentes. Em regiões tropicais, observa-se frequentemente um aumento no número de ocorrências durante o período chuvoso, geralmente entre os meses de novembro

e março, quando o aumento da turbidez da água dificulta a visualização das raias e favorece o contato acidental com os animais. Além disso, alterações no regime hidrológico dos rios podem modificar a distribuição espacial dessas espécies, aproximando-as de áreas utilizadas por banhistas e pescadores (Garrone-Neto & Haddad Jr., 2010).

Os acidentes também provocam impactos socioeconômicos importantes, sobretudo em comunidades que dependem diretamente da pesca artesanal. O afastamento temporário das atividades produtivas, associado aos custos médicos e à dificuldade de acesso ao atendimento especializado em áreas ribeirinhas, amplia a vulnerabilidade econômica das populações afetadas. É importante ressaltar ainda que a percepção negativa das raias frequentemente estimula práticas de perseguição e eliminação indiscriminada desses animais, gerando conflitos entre conservação da fauna e segurança das comunidades humanas (Garrone-Neto & Haddad Jr., 2010).

No Brasil, o registro sistemático desses acidentes ainda é limitado, o que contribui para a subnotificação dos casos. Muitos acidentes são considerados leves e acabam sendo tratados de forma caseira, sem procura por atendimento médico. Além disso, grande parte dessas ocorrências acontece em regiões rurais ou áreas remotas, onde o acesso aos serviços de saúde é restrito (Haddad Jr. *et al.*, 2004; Garrone-Neto & Haddad Jr., 2010). A ausência de sistemas específicos de notificação e a falta de conscientização da população sobre a importância de registrar esses acidentes também contribuem para a escassez de dados epidemiológicos confiáveis. Pesquisas etnobiológicas e entrevistas com pescadores e banhistas são, portanto, ferramentas essenciais para levantar informações sobre frequência, locais e circunstâncias dos acidentes. Essa dificuldade de registro evidencia que os números oficialmente publicados provavelmente representam apenas uma fração do total de acidentes reais (Haddad Jr. *et al.*, 2004; Garrone-Neto & Haddad Jr., 2010; Sachett *et al.*, 2018). Na bacia do alto rio Paraná, por exemplo, o primeiro acidente registrado envolvendo raias *Potamotrygon* ocorreu em 1993, quando um pescador profissional da cidade de Presidente Epitácio, SP, sofreu uma ferroadada durante suas atividades de pesca. Desde então, novos registros têm sido relatados na região, refletindo tanto a expansão da distribuição dessas espécies quanto o aumento da interação entre raias e populações humanas (Garrone-Neto & Haddad Jr., 2010).

O manejo clínico dos acidentes por ferroada de arraias deve priorizar inicialmente o controle da dor, a limpeza adequada da ferida e a remoção de eventuais fragmentos do ferrão presentes no local da lesão. Uma das medidas de primeiros socorros mais amplamente recomendadas é a imersão da área afetada em água quente, geralmente entre 45°C e 60°C, por um período que pode variar entre 30 e 90 minutos. Essa abordagem é eficaz porque muitas das toxinas presentes na peçonha são termolábeis, ou seja, apresentam atividade reduzida quando expostas a temperaturas elevadas. Essa característica fisiológica fundamenta o uso da imersão em água quente como uma das principais medidas de primeiros socorros nesses acidentes. O calor promove a desnaturação parcial das proteínas tóxicas, contribuindo para a redução da dor e da atividade inflamatória local (Haddad Jr. *et al.*, 2004; Clark *et al.*, 2007; Diaz, 2008).

Além disso, o tratamento médico pode incluir analgesia adequada, desinfecção da ferida, administração de antibióticos profiláticos ou terapêuticos e, quando necessário, procedimentos cirúrgicos para remoção de tecido necrosado ou tratamento de complicações infecciosas (Haddad Jr. *et al.*, 2013). Apesar da gravidade potencial desses acidentes, o número de casos oficialmente registrados ainda é relativamente baixo quando comparado a outros acidentes por animais peçonhentos no Brasil. Por esse motivo, não existe atualmente produção de soro antiveneno específico para ferroadas de raias, sendo o tratamento baseado principalmente em medidas sintomáticas e no controle das complicações decorrentes do trauma e da infecção (Haddad Jr. *et al.*, 2004; Kadler *et al.*, 2024).

Apesar de frequentemente associadas a acidentes dolorosos, as raias de água doce desempenham papel ecológico importante nos ecossistemas aquáticos, atuando como predadores bentônicos e contribuindo para o equilíbrio das comunidades de 'invertebrados' e pequenos peixes. Nesse contexto, a abordagem dos acidentes envolvendo esses animais deve considerar não apenas os aspectos médicos, mas também estratégias de educação ambiental e conservação da fauna (Fig. 36). A disseminação de informações sobre o comportamento das raias, medidas preventivas e procedimentos corretos de primeiros socorros pode reduzir significativamente a ocorrência de acidentes, ao mesmo tempo em que contribui para diminuir a percepção negativa desses animais por parte das populações humanas. Dessa forma, ações educativas voltadas para pescadores, ribeirinhos e usuários de ambientes aquáticos tornam-se ferramentas importantes para promover

uma convivência mais segura com essas espécies e reforçar a importância de sua conservação nos ecossistemas de água doce (Garrone-Neto & Haddad Jr., 2010; Haddad Jr. *et al.*, 2013). Paralelamente, programas de monitoramento populacional e mapeamento de áreas críticas podem auxiliar na elaboração de políticas públicas voltadas tanto para a conservação quanto para a saúde pública.

**Colaboradores:**

Prof. Adjunto Vidal Haddad Junior – FMB - Botucatu

Prof. Dr. Sérgio Domingos de Oliveira - CT – Rosana

Prof. Dr. Domingos Garrone Neto – USC - Bauru

**Doutorandos (FMB - Botucatu):**

Bruno da Costa Ancheschi

Edson Luiz Fávero Junior

Felipe Augusto Horácio Ribeiro

Gabriel Isaac Pereira de Castro

Guilherme Borghini Pazuelo

Jun Ricardo Fujii

Rafael Costa Martins

Rodolfo Brum Vieira

**unesp**

**PROEX**  
PRÓ-REITORIA DE EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA

**FACULDADE DE MEDICINA**  
**FMB**  
BOTUCATU

**unesp**  
Curso de Turismo de Rosana/UNESP

*Fundunesp*  
Fundação para o Desenvolvimento da UNESP

**UNESP - UFMS**

**Identificação e Tratamento**  
de acidentados por animais aquáticos

**Rios Paraná e Paranapanema**



**unesp**

---

**Identificação e tratamento**  
de acidentados por animais aquáticos  
**Rios Paraná e Paranapanema**

Adaptado de Haddad Jr V - Animais aquáticos potencialmente perigosos do Brasil. Editora Roca, São Paulo, 2008.

Ferimentos puniformes (furos)		Ferimentos lacerados (lacerações rasgadas)	
Presença de "sem ferrão (do furo)" Herdeiros do "sem envenenamento" espinhos das nadadeiras	Ferrões - Bordas aculadas (injeções e outras agressões) "Podicos de ferrão"	Armaux, Tilápias, Tucubatis, Corvinas, Piqueres, Pirau.	Armaux fluviais, Mandis, Bagees, Pintados (às vezes só furos). <b>VENENOS!</b>
1	2	1	2

\*\* - Dor violenta    \* - Dor forte

**1 - Imersão em água quente (testar com a mão) por 30-90 minutos (cerca de 50 °C) - vítima**

**Hospital (médico):**


- Infiltração anestésica local
- Retirar espiculas ou fragmentos de ferrão ou epitélio glandular.
- Raio X: persistência de sintomas em fases tardias
- Fazer profilaxia do tétano.

**2 - Lavagem intensiva (vítima)**

**Hospital (médico):**

- Exploração cirúrgica
- Antibióticoterapia.
- Prevenção do tétano

Médico: Em todos os casos (especialmente ferimentos lacerados), avaliar antibióticoterapia:  
Cefalexina 2,0g/dia por 10 dias ou Amoxicilina e clavulanato de potássio 1,5g/dia por 10 dias.



Mandjuba e ferrões. São os peixes venenosos mais comuns. O acidente causa dor intensa e às vezes, infecções e feridas.

Piranha e traíra. Estes dois peixes são os maiores causadores de mordidas nos pescadores, causando infecções e sangramento.

Raios de nadadeiras de tilápia, que causam ferimentos nas mãos dos pescadores. Armaux, que causa ferimentos nas mãos de pescadores

Pintados e ferrão lateral. Pintados causam lesões graves e dolorosas, com risco de infecção por bactérias e quebra dos ferrões.

Recentemente, surgiram provas de que existe veneno nos ferrões dos pintados.

Armaux fluviais e ferrões. Causam acidentes graves, com envenenamento associado a feridas e dor intensa.

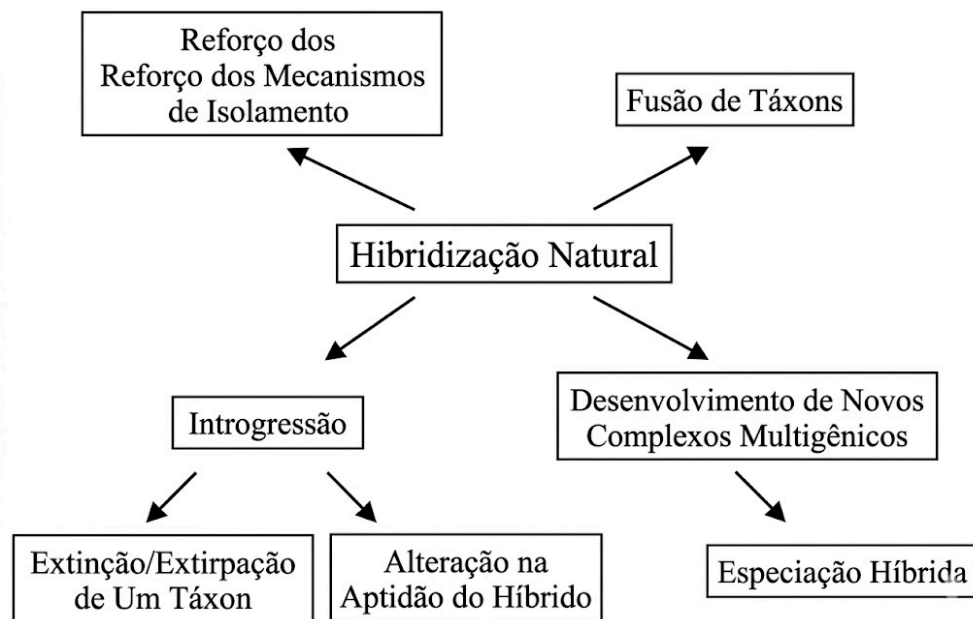
**Figura 36.** Folder de conscientização sobre acidentes com raias de água doce, destacando medidas preventivas, identificação dos riscos e conduta adequada em casos de ferroadas. Retirado de Haddad Junior *et al.* (2012).

## 5. HIBRIDIZAÇÃO

A hibridização é definida como o cruzamento entre indivíduos pertencentes a espécies geneticamente distintas, resultando na formação de descendentes com material genético proveniente de ambos os parentais. Em peixes, esse fenômeno é considerado relativamente frequente quando espécies próximas evolutivamente entram em contato em áreas de sobreposição de distribuição, especialmente em ambientes alterados por ações antrópicas (Allendorf *et al.*, 2001; Scribner *et al.*, 2001). Na bacia do alto rio Paraná, a expansão das raias de água doce após a formação do reservatório de Itaipu criou condições favoráveis para o contato entre espécies anteriormente restritas às regiões situadas a jusante das cachoeiras de Sete Quedas. A eliminação dessa barreira geográfica permitiu a invasão do trecho superior da bacia por *P. amandae* e *P. falkneri*, modificando padrões históricos de distribuição e possibilitando novas interações ecológicas e reprodutivas (Garrone Neto *et al.*, 2007; Agostinho *et al.*, 2008).

As primeiras evidências de hibridização entre raias de água doce no alto Paraná foram obtidas por Maniglia (2010), por meio da análise de marcadores moleculares mitocondriais e nucleares em populações de *Potamotrygon motoro* (= *P. amandae*) e *Potamotrygon falkneri* da planície de inundação do rio Paraná. O estudo demonstrou que as duas espécies apresentam baixa diferenciação genética, sugerindo uma separação evolutiva relativamente recente. Além disso, foram identificados indivíduos com combinação de características genéticas atribuídas às duas espécies, evidenciando a ocorrência de cruzamentos interespecíficos. Os resultados obtidos permitiram identificar quatro indivíduos híbridos entre *P. motoro* (= *P. amandae*) e *P. falkneri*. Esses exemplares apresentaram sequências mitocondriais compatíveis com *P. falkneri*, enquanto os marcadores nucleares e diversas características morfológicas mostraram maior similaridade com *P. motoro* (= *P. amandae*). Esse padrão sugere que os híbridos resultaram de cruzamentos envolvendo fêmeas de *P. falkneri* e machos de *P. motoro* (= *P. amandae*), uma vez que o DNA mitocondrial é herdado exclusivamente pela linhagem materna nos vertebrados. Os autores também propuseram que a presença desses indivíduos poderia representar evidência de introgressão gênica decorrente de retrocruzamentos sucessivos entre híbridos e indivíduos parentais. O que pode influenciar a diversidade genética e os processos evolutivos das populações envolvidas (Maniglia, 2010).

A ocorrência de introgressão gênica permite a transferência de genes entre espécies distintas e pode aumentar a variabilidade genética disponível para seleção natural. Em determinados contextos, a introgressão pode favorecer adaptações locais e influenciar trajetórias evolutivas futuras. Entretanto, também pode promover a homogeneização genética entre espécies próximas, dificultando sua delimitação taxonômica e reduzindo a singularidade genética de determinadas populações (Fig. 37). A proximidade genética observada entre *P. motoro* (= *P. amandae*) e *P. falkneri* pode explicar, ao menos parcialmente, a viabilidade dos híbridos encontrados (Allendorf *et al.*, 2001; Maniglia, 2010). A diferenciação genética entre as duas espécies mostrou-se relativamente baixa quando comparada a outros grupos de peixes, reforçando a hipótese de especiação recente dentro do *Potamotrygon*. Essa proximidade evolutiva reduz incompatibilidades genéticas e pode favorecer o sucesso reprodutivo dos descendentes híbridos (Maniglia, 2010).



**Figura 37.** Possíveis trajetórias evolutivas decorrentes de eventos de hibridização. Modificado de Scribner *et al.* (2001)

Além dos estudos moleculares, análises citogenéticas conduzidas por Cruz (2009) demonstraram grande proximidade cromossômica entre *P. motoro* (= *P. amandae*) e *P. falkneri*, incluindo números diplóides semelhantes, sistemas cromossômicos sexuais equivalentes e padrões comparáveis de organização cromossômica. Embora o estudo não tenha investigado diretamente a formação de híbridos, os resultados fornecem evidências adicionais de proximidade evolutiva

entre essas espécies e ajudam a compreender a possibilidade de compatibilidade reprodutiva observada em condições naturais (Cruz, 2009).

Apesar da confirmação da ocorrência de híbridos no alto rio Paraná, diversos aspectos permanecem pouco compreendidos. Ainda não existem estimativas robustas sobre a frequência desses eventos na natureza, a fertilidade dos descendentes híbridos, o potencial de estabelecimento de linhagens híbridas estáveis ou os impactos ecológicos decorrentes da introgressão gênica. Da mesma forma, são escassos os estudos que avaliam como a expansão recente das raias na bacia pode influenciar a dinâmica desses processos ao longo do tempo. Dessa forma, a hibridização entre essas raias representa um importante tema de pesquisa para a compreensão da evolução e da genética das raias de água doce no alto rio Paraná. Os estudos disponíveis demonstram que o fenômeno ocorre naturalmente na região e que pode estar associado à recente expansão geográfica dessas espécies após a formação do reservatório de Itaipu. Entretanto, investigações utilizando ferramentas genômicas de alta resolução ainda são necessárias para esclarecer a magnitude do processo e suas consequências ecológicas e evolutivas.

## 6. IMPACTOS DA INVASÃO

A chegada de raias dulcícolas na bacia do alto rio Paraná representa um dos casos mais importantes de mudança recente na distribuição natural de espécies em ambientes aquáticos da região Neotropical. Diferentemente da introdução de espécies vindas de outros continentes, esse processo ocorreu com espécies nativas da bacia Paraná-Paraguai, que passaram a ocupar uma nova região onde antes não estavam presentes, restritas anteriormente aos trechos inferiores do sistema hidrográfico, devido a barreiras naturais, mais especificamente o complexo das cachoeiras de Sete Quedas. Com a formação do reservatório de Itaipu, em 1982, essa barreira foi submersa, permitindo o deslocamento ascendente de diversas espécies de peixes, incluindo *Potamotrygon falkneri* e *Potamotrygon amandae* (Júlio Júnior *et al.*, 2009; Ota *et al.*, 2018).

Segundo Júlio Júnior *et al.*, (2009), ao menos 33 espécies oriundas do baixo Paraná colonizaram com sucesso o alto Paraná após a eliminação de Sete Quedas, evidenciando que a supressão de barreiras naturais por reservatórios pode desencadear invasões em larga escala. Entre essas espécies, as raias ganharam destaque devido à rápida expansão geográfica, alta abundância local e interação direta com populações humanas. O caso demonstra que barragens hidrelétricas não promovem apenas alterações hidrológicas e fragmentação de habitats, mas também modificam padrões históricos de distribuição da fauna, conectando assembleias antes isoladas por milhares de anos.

Esse tipo de evento tem sido amplamente discutido na ecologia de invasões como consequência da “homogeneização biótica”, processo no qual comunidades diferentes biologicamente se tornam cada vez mais semelhantes entre si, o que é causado principalmente por ações humanas. Em ambientes aquáticos continentais, barragens, canais artificiais, transposições e navegação exercem papel central na redistribuição de espécies entre diferentes regiões hidrográficas. Essas estruturas alteram a conectividade natural dos rios e criam novas rotas de dispersão, permitindo que organismos ultrapassem barreiras físicas que, por longos períodos geológicos, limitaram seus deslocamentos e contribuíram para a diferenciação biológica entre comunidades frequentemente superando limites biogeográficos estabelecidos ao longo de milhares de anos (Rahel, 2002; Olden *et al.*, 2004; Johnson *et al.*, 2008). Na bacia do alto rio Paraná, a chegada das raias representa

um exemplo regional desse fenômeno, no qual mudanças estruturais do rio criaram condições para expansão geográfica e estabelecimento populacional duradouro.

Do ponto de vista ecológico, essa invasão introduziu um novo predador bentônico de médio porte, com capacidade de explorar diferentes habitats marginais e variados recursos alimentares, modificando interações tróficas previamente estabelecidas. Estudos recentes indicam que *P. amandae* e *P. falkneri* apresentam dieta ampla, composta por insetos aquáticos, peixes, crustáceos, detritos orgânicos e outros itens associados ao sedimento. Assim, esses animais apresentam elevado oportunismo trófico, podendo assim alterar a abundância e composição da macrofauna bentônica, repercutindo sobre organismos que dependem desses recursos e sobre processos ecossistêmicos como bioturbação, decomposição e ciclagem de nutrientes (Silva & Uieda, 2007; Pagliarini *et al.*, 2020). O que leva também à uma possível competição com espécies nativas que utilizam recursos semelhantes. Peixes invertívoros e bentófagos locais, como cascudos, bagres e outros consumidores de invertebrados do sedimento, podem sofrer sobreposição de nicho alimentar e espacial com as raias invasoras (Moyle & Light, 1996; Strayer, 2010).

Outro importante fator para o sucesso de espécies invasoras é a plasticidade alimentar, que é a capacidade desses animais de alterar a sua dieta com base nas mudanças ambientais ou condições internas. Esse fator permite sobrevivência inicial, estabelecimento populacional e posterior expansão em ambientes novos. No caso das raias no alto Paraná, essa flexibilidade provavelmente favoreceu a colonização de praias arenosas, remansos, lagoas marginais e reservatórios artificiais formados ao longo do sistema. Além disso, o consumo simultâneo de organismos bentônicos e pequenos peixes sugere potencial influência sobre diferentes níveis tróficos, ampliando os efeitos ecológicos de sua presença (Pagliarini *et al.*, 2020). Embora ainda existam lacunas experimentais sobre a magnitude dessas interações, a literatura demonstra que espécies recém-estabelecidas frequentemente alteram padrões de uso de habitat, disponibilidade de alimento e dinâmica populacional de organismos residentes.

As raias também podem modificar processos ecológicos físicos no ambiente. Durante o forrageamento, esses animais revolvem o sedimento em busca de presas enterradas, promovendo bioturbação local. Esse comportamento interfere na ressuspensão de matéria orgânica, redistribuição de nutrientes e estrutura da

comunidade bentônica. Em ambientes lênticos ou de baixa correnteza, comuns após represamentos, tais efeitos podem ser ecologicamente relevantes ao alterar microhabitats utilizados por macroinvertebrados e juvenis de peixes (Nauta *et al.*, 2024). Embora existam poucos estudos específicos sobre esse impacto no alto rio Paraná, o comportamento bentônico das espécies invasoras sugere potencial influência sobre processos ecológicos locais (Pagliarini *et al.*, 2020).

Os primeiros registros da ocorrência de raias do gênero *Potamotrygon* no alto rio Paraná já demonstravam que essas espécies apresentavam elevada capacidade de dispersão e estabelecimento em diferentes ambientes da bacia poucos anos após a submersão das cachoeiras de Sete Quedas (Garrone Neto *et al.*, 2007). Desde então, diversos estudos vêm indicando expansão contínua dessas populações para reservatórios, rios tributários e áreas conectadas ao sistema do alto Paraná, como os rios Paranapanema, Tietê, Paranaíba e Grande, evidenciando que alterações antrópicas na conectividade fluvial favoreceram significativamente esse processo (Moreira & Haddad Junior, 2022). Estruturas artificiais, como barragens, eclusas, canais de navegação e sistemas de transposição de peixes, funcionam como importantes corredores de dispersão, permitindo que esses animais ultrapassem limites geográficos anteriormente impostos por barreiras naturais (Garrone-Neto *et al.*, 2007). Esse avanço já pode ser observado no rio Tietê, onde registros recentes confirmam ampla ocorrência de raias em diferentes trechos do baixo curso do rio até o reservatório da UHE de Nova Avanhandava. Pesquisadores que realizaram o mapeamento da distribuição desses animais no sistema Tietê-Paraná, verificaram que a expansão das populações invasoras acompanha principalmente áreas associadas às hidrovias e reservatórios, indicando que a artificialização do sistema hidrográfico contribuiu diretamente para o estabelecimento e expansão dessas espécies. Dessa forma, a contínua expansão geográfica das raias demonstra que, uma vez estabelecidas em sistemas hidrográficos amplamente conectados, estratégias de contenção tornam-se extremamente difíceis, principalmente diante da elevada plasticidade ecológica dessas espécies e da ausência de barreiras naturais efetivas capazes de limitar sua dispersão (Ota *et al.*, 2018; Moreira & Haddad Junior, 2022). Entre os impactos associados à expansão das raias no alto rio Paraná, os acidentes humanos destacam-se como uma das consequências de maior relevância social e sanitária.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As raias de água doce do gênero *Potamotrygon* representam um grupo singular entre os elasmobrânquios, resultado de um processo evolutivo que permitiu sua completa adaptação aos ambientes dulcícolas da América do Sul. Além de sua relevância biológica e evolutiva, *Potamotrygon falkneri* e *Potamotrygon amandae* assumem papel de destaque na bacia do alto rio Paraná em razão de sua recente expansão geográfica, favorecida por alterações antrópicas na conectividade fluvial.

A expansão dessas espécies evidencia como modificações promovidas pelo ser humano nos sistemas fluviais podem desencadear consequências ecológicas e sociais de longa duração. A eliminação de barreiras naturais e a intensificação da artificialização dos rios favoreceram o estabelecimento de espécies altamente adaptáveis, capazes de ocupar novos ambientes e ampliar continuamente sua distribuição. Nesse contexto, os impactos associados às raias ultrapassam questões ecológicas, envolvendo também saúde pública, atividades econômicas e desafios permanentes de manejo em sistemas hidrográficos amplamente modificados pela ação humana. Além disso, estudos voltados à ecologia, genética, hibridização e dinâmica populacional poderão ampliar o conhecimento sobre essas espécies e subsidiar estratégias de manejo.

Por fim, espera-se que este trabalho contribua para reunir e divulgar informações atualizadas sobre essas espécies, destacando sua importância ecológica, evolutiva e científica, bem como a importância da conservação dos ecossistemas aquáticos e da compreensão dos impactos decorrentes das modificações promovidas pelo ser humano nos ambientes naturais.

## REFERÊNCIAS

- AGOSTINHO, A.A.; PELICICE, F.; PETRY, A.C.; GOMES, L.C. JULIO JUNIOR, H.F. Fish diversity in the upper Paraná River basin: Habitats, fisheries, management and conservation. **Aquatic Ecosystem Health and Management**, v. 10, n. 2, p. 174-186, 2007.
- AGOSTINHO, A.A.; GOMES, L.C.; PELICICE, F.M.; SOUZA FILHO, E.E.; TOMANIK, E.A. Application of the ecohydrological concept for sustainable development of tropical floodplains: the case of the upper Paraná River basin. **Ecohydrology & Hydrobiology**, v. 8, p. 205-223, 2008.
- ALBERT, J.; REIS, R. **Historical Biogeography of Neotropical Freshwater Fishes**. California: University of California Press, 2011. 388 p.
- ALBERT, J.; TAGLIACOLLO, V.; DAGOSTA, F. Diversification of Neotropical Freshwater Fishes. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 51, p. 27-53, 2020.
- ALLENDORF, F.W.; LEARY, R.F.; SPRUELL, P.; WENBURG, J.K. The problems with hybrids: Setting conservation guidelines. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 16, n. 11, p. 613-622, 2001.
- AQUINO, J.B. **Análise Morfológica do Trato Gastrointestinal da Raia Negra (Potamotrygon amandae) Myliobatiformes, Potamotrygonidae (Loboda & Carvalho, 2013)**. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020.
- BALLANTYNE, J.S. Jaws: The Inside Story. The Metabolism of Elasmobranch Fishes. **Comparative Biochemistry & Physiology (CBP)**, v. 118B, n. 4, p. 703–742, 1997.
- BALLANTYNE, J.S.; ROBINSON J.W. Freshwater elasmobranchs: a review of their physiology and biochemistry. **Journal of Comparative Physiology B.**, v. 180, n. 4, p. 475-493, 2010.
- BIRINDELLI, J.; SIDLAUSKAS, B. Preface: How far has Neotropical Ichthyology progressed in twenty years? **Neotropical Ichthyology**, v. 16, n. 3, 2018.
- BLACKBURN, D.G.; HUGHES, D.F. Phylogenetic analysis of viviparity, matrotrophy, and other reproductive patterns in chondrichthyan fishes. **Biological Reviews**, v. 99, n. 4, p. 1314-1356, 2024.
- BONETTO, A.A.; NEIFF, J.J.; PERSIA, D.H.D. **The Paraná river system**. In: DAVIES, B.R.; WALKER, K.F. (Eds.). The ecology of river systems. Dr. W. Junk Publishers, Dordrecht, 1986, p. 541-555.
- BORNATOWSKI, H.; ABILHOA, V. **Tubarões e raias capturados pela pesca artesanal no Paraná: guia de identificação**. Curitiba: Hori Consultoria Ambiental, 1 ed., 2012.
- CALIFORNIA STATE UNIVERSITY LONG BEACH, SHARK LAB. **Stingray Behavior and Biology Who are the Stingrays?** Disponível em:

<<https://www.csulb.edu/shark-lab/stingray-behavior-and-biology>>. Acesso em: 04 out. 2025.

CARRIER, J.C.; MUSICK, J.A.; HEITHAUS, M.R. **Biology of sharks and their relatives**. 2ª. ed. Boca Raton: CRC press, 2012.

CHARVET-ALMEIDA, P.; DE ARAÚJO, M. L. G.; DE ALMEIDA, M. P. Reproductive Aspects of Freshwater Stingrays (Chondrichthyes: Potamotrygonidae) in the Brazilian Amazon Basin. **Journal of Northwest Atlantic Fishery Science**, v. 35, p. 165-171, 2005.

CLARK, R.F; GIRARD R.H.; RAO, D; LY, B.T. DAVIS D.P. Stingray envenomation: a retrospective review of clinical presentation and treatment in 119 cases. **The Journal of Emergency Medicine**, v. 33, n. 1, p. 33-37, 2007.

CRUZ, V.P. 2009. **Estudos citogenéticos em raias do gênero *Potamotrygon* (Chondrichthyes: Myliobatiformes: Potamotrygonidae) na bacia superior do rio Paraná**. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciências Biológicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2009.

DAGOSTA, F.; MONÇÃO, M.; NAGAMATSU, B.; PAVANELLI, C.; DE CARVALHO, F.; LIMA, F.; LANGEANI, F.; DUTRA, G.; OTA, R.; SEREN, T.; TAGLIACOLLO, V.; MENEZES, N.; BRITSKI, H.; DE PINNA, M. Fishes of the upper rio Paraná basin-diversity, biogeography and conservation. **Neotropical Ichthyology**, v. 22, n. 1, p. 1-109, 2024.

DE CARVALHO, M.R.; LOVEJOY, N.R. Morphology and phylogenetic relationships of a remarkable new genus and two new species of Neotropical freshwater stingrays from the Amazon basin (Chondrichthyes: Potamotrygonidae). **Zootaxa**, v. 2776, p. 13-48, 2011.

DE CARVALHO, M.R.; LOVEJOY, N.R.; ROSA, R.S. **Family Potamotrygonidae (river stingrays)**. In: Reis, R. E., L. R. Malabarba & C. Ferraris (Eds.). Checklist of the Freshwater Fishes of South and Central America. Porto Alegre, Edipucrs. p. 22-29, 2003.

DIAZ, J.H. The Evaluation, Management, and Prevention of Stingray Injuries in Travelers. **Journal of travel medicine**, v. 15, n. 2, p. 102-109, 2008.

DUNCAN, W.P. **Ecofisiologia das raias de água doce (Potamotrygonidae): mecanismos de interação organismo-ambiente**. In: Lasso, C. UM., R. S. Rosa, M.UM. Morales-Betancourt, D. Garrone-Neto e M. Carvalho (Ed.). 2016. XV. Raias de água doce (Potamotrygonidae) da Suramérica. Parte II. Colômbia, Brasil, Peru, Bolívia, Paraguai, Uruguai e Argentina. Série Editorial Recursos Hidrobiológicos e Pesqueros Continentales da Colômbia. Ed. Bogotá: Instituto Humboldt, p. 45-64, 2016.

EVANS, D.H.; PIERMARINI, P.M.; CHOE, K.P. The multifunctional fish gill: dominant site of gas exchange, osmoregulation, acid-base regulation, and excretion of nitrogenous waste. **Physiological Reviews**, v. 85, n. 1, p. 97-177, 2005.

FERREIRA, H.S.; SANTOS, G.S.S.; SANTOS, E.R.; SANTANA, G.M.; CARLETTO, L.D.; TAVEIRA, T.S. Impactos socioambientais da construção de hidrelétricas: uma revisão de literatura. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, v. 13, n. 9, p. 1-16, 2024.

FRICKE, R.; ESCHMEYER, W.N.; FONG, J.D. 2025. **Eschmeyer's Catalog of Fishes: Genera/Species by Family/Subfamily**. Disponível em: <<https://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/SpeciesByFamily.asp>>. Acesso em: 05 set. 2025

GAMA, C. S. **Diversidade e ecologia das arraias de água doce (Chondrichthyes: Potamotrygonidae) da reserva biológica do Parazinho**. Tese de Doutorado - Curso de Ciências Biológicas: Zoologia. Universidade Federal da Paraíba, p. 227, 2013.

GARRONE NETO, D.; HADDAD JUNIOR, V.; VILELA, M.J.A.; UIEDA, V. Registro de ocorrência de duas espécies de potamotrigonídeos na região do Alto Rio Paraná e algumas considerações sobre sua biologia. **Biota Neotropica**, v. 7, n. 1, p. 205-208, 2007.

GARRONE NETO, D. Considerações sobre a reprodução de duas espécies de raias (Myliobatiformes, Potamotrygonidae) na região do Alto Rio Paraná, Sudeste do Brasil. **Pan-American Journal of Aquatic Sciences**, v. 5, n. 1, p. 101-111, 2010.

GARRONE NETO, D.; HADDAD JUNIOR, V. Arraias em rios da região Sudeste do Brasil: locais de ocorrência e impactos sobre a população. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 43, n. 1, p. 82-88, 2010.

GARRONE NETO, D.; UIEDA, V.S. Activity and habitat use of two species of stingrays (Myliobatiformes: Potamotrygonidae) in the upper Paraná River basin, Southeastern Brazil. **Neotropical Ichthyology**, v. 10, n. 1, p. 81-88, 2012.

HADDAD JUNIOR, V.; GARRONE NETO, D.; DE PAULA NETO, J.B.; MARQUES F.P.L.; BARBARO, K.C. Freshwater stingrays: study of epidemiologic, clinic and therapeutic aspects based on 84 envenomings in humans and some enzymatic activities of the venom. **Toxicon**, v. 43, n. 3, p. 287-294, 2004.

HADDAD JUNIOR, V. Infecções cutâneas e acidentes por animais traumatizantes e venenosos ocorridos em aquários comerciais e domésticos no Brasil: descrição de 18 casos e revisão do tema. **Anais Brasileiros de Dermatologia**, v. 79, n. 2, p. 157-167, 2004.

HADDAD JUNIOR, V.; FÁVERO JUNIOR, E.L.; RIBEIRO, F.A.H.; ANCHESCHI, B.C.; CASTRO, G.I.P.; MARTINS, R.C.; PAZUELO, G.B.; FUJII, J.R.; VIEIRA, R.B.; GARRONE NETO, D. Trauma and envenoming caused by stingrays and other fish in a fishing community in Pontal do Paranapanema, State of São Paulo, Brazil: epidemiology, clinical aspects, and therapeutic and preventive measures. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 45, n. 2, p. 238-242, 2012.

HADDAD JUNIOR, V.; CARDOSO, J.L.C; GARRONE NETO, D. Injuries by marine and freshwater stingrays: history, clinical aspects of the envenomations and current status of a neglected problem in Brazil. **Journal of Venomous Animals and Toxins including Tropical Diseases**, v. 19, n. 1, p. 1-11, 2013.

HAMLETT, W.C.; HYSELL, M.K. Uterine Specializations in Elasmobranchs. **The Journal of Experimental zoology**, v. 282, n. 4, p. 438-459, 1998.

**Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade.** Disponível em: <<https://www.gov.br/icmbio/pt-br>>. Acesso em: 05 set. 2025.

ICMBio - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção: Volume VI – Peixes.** Brasília, 2018.

ITAIPU BINACIONAL. **Nossa história.** Disponível em: <<https://www.itaipu.gov.br/institucional/sobre-itaipu/nossa-historia>>. Acesso em: 26 ago. 2025.

JOHNSON, P.T.J.; OLDEN, J.D.; SOLOMON, C.T.; ZANDEN, J.V.; Interactions among invaders: community and ecosystem effects of multiple invasive species in an experimental aquatic system. **Oecologia**, v. 159, n. 1, p. 161-170, 2009.

JULIO JÚNIOR, H.F.J; DEI TOS, C.; AGOSTINHO, A.A.; PAVANELLI, C.S. A massive invasion of fish species after eliminating a natural barrier in the upper Rio Paraná basin. **Neotropical Ichthyology**, v. 7, n. 4, p. 709-718, 2009.

KADLER, R.; PIRKLE, C.; YANAGIHARA, A. A systematic review of reports on aquatic envenomation: are there global hot spots and vulnerable populations?. **Journal of Venomous Animals and Toxins including Tropical Diseases**, v. 30, p. 1-53, 2024.

LAMEIRAS, J.L.V.; COSTA, O.T.F.; SANTOS, M.C.; DUNCAN, W.L.P. Arraias de água doce (Chondrichthyes - Potamotrygonidae): biologia, veneno e acidentes. **Scientia Amazonia**, v. 2, n. 2, 11-27, 2013.

LASSO, C.A.; ROSA, R.; MORALES-BETANCOURT, M.A.; GARRONE-NETO, D.; de CARVALHO, M.R. (Ed). **XV. Raias de água doce (Potamotrygonidae) da Suramérica. Parte II. Colômbia, Brasil, Peru, Bolívia, Paraguai, Uruguai e Argentina. Série Editorial Recursos Hidrobiológicos e Pesqueros Continentales da Colômbia.** Ed. Bogotá: Instituto Humboldt, 2016. 435 p.

LAST, P.R.; WHITE, W.T.; de CARVALHO, M.R; SERET, B.; STEHMANN, M.F.W; NAYLOR, G.J.P. **Rays of the World.** Clayton, Australia: CSIRO publishing, 2016. 790 p.

LOBODA, T.S.; de CARVALHO, M.R. Systematic revision of the *Potamotrygon motoro* (Müller & Henle, 1841) species complex in the Paraná-Paraguay basin, with description of two new ocellated species (Chondrichthyes: Myliobatiformes: Potamotrygonidae). **Neotropical Ichthyology**, v. 11, n. 4, p. 693-737, 2013.

LONARDONI, A.P.; GOULART, E.; OLIVEIRA, E.F.; ABELHA, M.C.F. Hábitos alimentares e sobreposição trófica das raias *Potamotrygon falkneri* e *Potamotrygon motoro* na planície alagável do alto rio Paraná, Brasil. **Acta Scientiarum Biological Sciences**, v. 28, n. 3, p. 195-202, 2006.

LOWE-MCCONNELL, R. H. **Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais.** São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1999. 536 p.

MANIGLIA, T.C. **Caracterização molecular de espécies de *Potamotrygon* (Potamotrygonidae, Myliobatiformes) da planície de inundação do alto rio Paraná,**

**Brasil: variabilidade e diferenciação genética, hibridação e filogeografia.** Tese de Doutorado, Faculdade de Ciências Biológicas, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2010.

MEYER, P.K. Stingray injuries. **Wilderness and Environmental Medicine**, v. 8, n. 1, p. 24-28, 1997.

MOREIRA, I.S.R.; HADDAD JUNIOR, V. Mapping of the venomous stingrays of the *Potamotrygon* genus in the Tietê River, São Paulo State, Brazil. **Journal of the Brazilian Society of Tropical Medicine**, v. 55, p. 1-5, 2022.

MOYLE, P.B.; LIGHT, T. Fish Invasions in California: Do Abiotic Factors Determine Success?. **Ecology**, v. 77, n. 6, p. 1666-1670, 1996.

MYERS, G. S. Salt-tolerance of fresh-water fish groups in relation to zoogeographical problems. **Bijdragen Tot de Dierkunde**, v. 28, n. 1, p. 315-322, 1949.

NAUTA, J.; LEURS, G.; NIEUWENHUIS, B.O.; MATHIJSSSEN, D.R.A.H.; OLFF, H.; BOUMA, T.J.; WAL, D.; HIJNER, N.; REGALLA, A.; PONTES, S.L.; GOVERS, L.L. Bioturbation by Benthic Stingrays Alters the Biogeomorphology of Tidal Flats. **Ecosystems**, v. 27, n. 4, p. 493-507, 2024.

NARVÁEZ-GÓMEZ, J.; CABRAL, A.; FRAZÃO, A.; COLLI-SILVA, M.; SANTANA, P. Biogeografia Neotropical: história e conceitos. **VIII Botânica no Inverno**, p. 145-166, 2018.

ODDONE, M.C.; VELASCO, G.; CHARVET, P. Record of the freshwater stingrays *Potamotrygon brachyura* and *P. motoro* (Chondrichthyes, Potamotrygonidae) in the lower Uruguay river, South America. **Acta Amazonica**. v. 42, n. 2, p. 299-304, 2012.

OLDEN, J.D.; POFF, N.L.; DOUGLAS, M.R.; DOUGLAS, M.E.; FAUSCH, K.D. Ecological and evolutionary consequences of biotic homogenization. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 19, n. 1, p. 18-24, 2004.

OTA, R.R.; DEPRÁ, G.C; GRAÇA, W.J.; PAVANELLI, C.S. Peixes da planície de inundação do alto rio Paraná e áreas adjacentes: revised, annotated and updated. **Neotropical Ichthyology**, v. 16, n. 2, p. 1-111, 2018.

PAGLIARINI, C.D.; RIBEIRO, C.; SPADA, L.; DELARIVA, R.; CHAGAS, J.M.A.; DOS ANJOS, L.A.; RAMOS, I. Trophic ecology and metabolism of two species of nonnative freshwater stingray (Chondrichthyes: Potamotrygonidae). **Hydrobiologia**. v. 847, p. 2895-2908, 2020.

RAHEL, F.J. Homogenization of Freshwater Faunas. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 33, n. 1, p. 291-315, 2002.

RIBEIRO-NETO, D.G.; SPADACCI-MORENA, D.D.; MARQUES, E.E.; SILVA, K.L.F; SEIBERT, C.S. Study of the integument that covering back and stinger of the freshwater stingray *Potamotrygon rex* (Chondrichthyes, Potamotrygonidae). **Brazilian Journal of Biology**, v. 82, p. 1-10, 2022.

RINCON FILHO, G. **Aspectos taxonômicos, alimentação e reprodução da raia de água doce *Potamotrygon orbignyi* Castelnau (Elasmobranchii: Potamotrygonidae) do Rio Paranã-Tocantins.** Tese de doutorado, Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2006.

ROSA, R.S. **A systematic revision of the south american freshwater stingrays (Chondrichthyes: Potamotrygonidae).** Tese de Doutorado, The Faculty of the School of Marine Science The College of William and Mary, Virginia, 1985.

ROSA, R.S.; CHARVET, P.; ARAUJO, M.L.G.; SALGE, P.G.; SCALCO, A.C.S.; SCHNEIDER, F.; DOLPHINE, P.M.; SANTOS, R.A. ***Potamotrygon amandae*. Sistema de Avaliação do Risco de Extinção da Biodiversidade - SALVE.** Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio. Disponível em: <<https://salve.icmbio.gov.br>>. Acesso em: 01 de jun. de 2025.

ROSA, R.S.; CHARVET, P.; ARAUJO, M.L.G.; SALGE, P.G.; SCALCO, A.C.S.; SCHNEIDER, F.; DOLPHINE, P.M.; SANTOS, R.A. ***Potamotrygon falkneri*. Sistema de Avaliação do Risco de Extinção da Biodiversidade - SALVE.** Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio. Disponível em: <<https://salve.icmbio.gov.br>>. Acesso em: 29 de mai. de 2025.

SACHETT, J.A.G.; SAMPAIO, V.S.; SILVA, I.M.; SHIBUYA, A.; VALE, F.F.; COSTA, F.P.; PARDAL, P.P.O.; LACERDA, M.V.G.; MONTEIRO, W.M. Delayed healthcare and secondary infections following freshwater stingray injuries: risk factors for a poorly understood health issue in the Amazon. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 51, n. 5, p. 651-659, 2018.

SCRIBNER, K.T.; PAGE, K.S.; BARTRON, M.L. Hybridization in freshwater fishes: A review of case studies and cytonuclear methods of biological inference. **Reviews in Fish Biology and Fisheries**, v. 10, n. 3, p. 293-323, 2001.

SILVA, T.B.; UIEDA, V.S. Preliminary data on the feeding habits of the freshwater stingrays *Potamotrygon falkneri* and *Potamotrygon motoro* (Potamotrygonidae) from the Upper Paraná River basin, Brazil. **Biota Neotropica**, v. 7, n. 1, p. 221-226, 2007.

SILVA, J.P.C.B.; de CARVALHO, M.R. A taxonomic and morphological redescription of *Potamotrygon falkneri* Castex & Maciel, 1963 (Chondrichthyes: Myliobatiformes: Potamotrygonidae). **Neotropical Ichthyology**, v. 9, n. 1, p. 209-232, 2011.

STORTO, C.; & COCATO, G.P. Usina hidrelétrica de Itaipu: uma perspectiva a respeito dos seus impactos socioambientais. **Geographia Opportuno Tempore**, v. 7, n. 1, p. 37-51, 2017.

STRAYER, D.L. Alien species in fresh waters: ecological effects, interactions with other stressors, and prospects for the future. **Freshwater Biology**, v. 55, n. 1, p. 152-174, 2010.

VENERE, P.C.; GARUTTI, V. **Peixes do Cerrado - Parque Estadual da Serra Azul - Rio Araguaia, MT.** São Carlos: RiMa Editora, FAPEMAT, 2011.