

# Ações para conservação do cágado-rajado (*Phrynops williamsi*) em Santa Catarina, Brasil

## Actions for the conservation of the Williams' Sideneck Turtle (*Phrynops williamsi*) in Santa Catarina, Brazil

Mario Arthur **FAVRETTO**<sup>1, 2, 3</sup>

### RESUMO

O cágado-rajado (*Phrynops williamsi*) é uma espécie vulnerável à extinção em nível global, dependente de ambientes lóticos (i.e. corredeiras) em rios, usados para forrageio e termorregulação. Em Santa Catarina, a espécie ocorre em áreas do planalto, oeste e sul do estado. A espécie sofre com ameaças originárias de alterações em cursos d'água, tais como pesca, poluição, desmatamento e construção de hidrelétricas. Nesse contexto, foram aqui analisadas as informações constantes em avaliações ambientais de bacias hidrográficas já realizadas em Santa Catarina, procurando reunir todas as ameaças e orientações de conservação relacionadas a *P. williamsi*. Identificaram-se diversas recomendações para tentar incrementar a preservação dessa espécie e mitigar os efeitos da edificação de centrais hidrelétricas, porém há poucas descrições de como essas ações poderiam ser realizadas. Assim, no presente trabalho, também são propostas formas de implantação prática dessas condutas, como: instalação de barreiras na parte superior e pontos críticos de barramentos; instalação de escadas para cágados em hidrelétricas; adaptação de rampas frontais usando estruturas já existentes nos barramentos para conectividade populacional; conservação de matas ciliares formando corredores ecológicos para transposição de barramentos; conservação de trechos livres de rios com corredeiras; redução de poluição aquática e trabalhos de educação ambiental.

**Palavras-chave:** ameaça; cágado; hidrelétricas; manejo.

### ABSTRACT

The Williams' Sideneck Turtle (*Phrynops williamsi*) is a species vulnerable to extinction at a global level, dependent on lotic environments (i.e. rapids) in rivers, used for foraging and thermoregulation. In Santa Catarina, the species occurs in areas of the plateau, west and south of the state. The species faces threats stemming from changes in watercourses such as fishing, pollution, deforestation and the construction of hydroelectric plants. In this context, information contained in environmental assessments of river basins already carried out in Santa Catarina was analyzed here, seeking to bring together all threats and conservation guidelines related to *P. williamsi*. Several recommendations were identified to try to increase the preservation of this species and mitigate the effects of the construction of hydroelectric plants, but there are few descriptions of how these actions could be carried out. Therefore, in the present work, forms of practical implementation of these conducts are also proposed, such as: installation of barriers at the top and critical points of busbars; installation of ladders for turtles in hydroelectric plants; adaptation of front ramps using existing bus structures for population connectivity; conservation of riparian forests forming ecological corridors for crossing dams; conservation of free stretches of rivers with rapids; reduction of water pollution and environmental education work.

**Keywords:** aquatic turtle; hydroelectric plants; management; threat.

Recebido em: 5 set. 2023

Aceito em: 20 dez. 2023

<sup>1</sup> Centro de Ciências de Saúde, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), *campus* Trindade, R. Delfino Conti, s/n – CEP 88040-370, Florianópolis, SC, Brasil.

<sup>2</sup> Programa de Pós-graduação em Ecologia, Centro de Ciências Biológicas, UFSC, *campus* Trindade, Florianópolis, SC, Brasil.

<sup>3</sup> Autor para correspondência: marioarthur.favretto@hotmail.com.

## INTRODUÇÃO

*Phrynops williamsi* Rhodin & Mittermeier, 1983, popularmente conhecida como cágado-rajado, é uma espécie de cágado da família Chelidae que ocorre em água doce, sendo registrada principalmente em ambientes de águas lólicas, tais como corredeiras em rios com pedras e lajes sobressalentes à água, que são usadas pelo quelônio para fins de termorregulação (SPIER *et al.*, 2011; SPIER *et al.*, 2014 – figura 1). Essas áreas também são usadas para forrageio, pois ali os cágados consomem macroinvertebrados, tais como crustáceos do gênero *Aegla*, os quais são associados com esses ambientes (KUNZ *et al.*, 2018).



**Figura 1** – Cágado-rajado (*Phrynops williamsi*). Fonte: primária.

*P. williamsi* é encontrado no sul do Brasil, Uruguai e Argentina (TRD, 2022). É uma espécie considerada vulnerável à extinção em nível global e, em Santa Catarina, distribui-se por diferentes bacias hidrográficas do planalto, oeste e sul (KUNZ *et al.*, 2018; RHODIN *et al.*, 2018). Em muitas dessas bacias, há atualmente diversas usinas hidrelétricas de diferentes potências e tamanhos sendo instaladas ou com planejamento para instalação, dessa forma afetando diretamente o hábitat utilizado por *P. williamsi* (REGOLIN *et al.*, 2023).

Os alertas sobre os impactos de hidrelétricas em *P. williamsi* vêm sendo dados há mais de uma década e constantemente enfatizados, principalmente em Santa Catarina (BÉRNILS *et al.*, 2004; SPIER *et al.*, 2011; SPIER *et al.*, 2014; KUNZ *et al.*, 2018; REGOLIN *et al.*, 2023). A mesma situação parece ocorrer globalmente para diferentes espécies de cágados, com muitos alertas e sugestões, mas poucas ações e poucas implementações de soluções para que sejam efetivamente testadas (BÁRCENAS-GARCÍA *et al.*, 2022).

Diante da situação aqui colocada e das poucas informações disponíveis sobre a biologia de *P. williamsi* existentes na literatura científica, no presente trabalho procurou-se proceder a uma análise sobre as considerações de conservação ambiental encontradas em avaliações ambientais de bacias hidrográficas já ocorridas em Santa Catarina, para verificar quais propostas estão sendo realizadas em termos de gestão ambiental envolvendo essa espécie e, após, elaborar uma proposição de diversas ações que podem ser implementadas para melhorar o estado de conservação de *P. williamsi*.

## MATERIAL E MÉTODOS

Por meio de consulta ao site do Instituto de Meio Ambiente (IMA) de Santa Catarina, analisaram-se informações presentes nas avaliações integradas de bacias hidrográficas (AIBHs) e nas avaliações ambientais integradas (AAI) de bacias hidrográficas de Santa Catarina, a fim de verificar quais considerações de conservação ambiental estão sendo levantadas perante os órgãos de licenciamento ambiental relacionadas a *P. williamsi*. Após, foram sintetizadas e propostas as principais ações que se recomendam para a conservação dessa espécie no referido estado.

Consultaram-se os seguintes estudos de bacias hidrográficas: Rio Irani (DESENVOLVER, 2020a), Rio do Peixe (DESENVOLVER, 2021a), Rio das Antas (DESENVOLVER, 2021b), Rio Lava Tudo (ETS, 2018), Rio Chapecó (ETS, 2015; DESENVOLVER, 2016; TERRA AMBIENTAL, 2020a), Rio Caveiras (DESENVOLVER, 2020b), Rio Tamanduá (TERRA AMBIENTAL, 2020b), Rio Pelotas (CEDRO INTELIGÊNCIA AMBIENTAL, 2021), Rio Pelotinhas (TERRA AMBIENTAL, 2021), Rio Canoas (AZURIT ENGENHARIA, 2021), Rios Chapecozinho e do Mato (DESENVOLVER, 2021c) e Rio Marombas (ENGERA, 2021). Todos esses estudos estão disponíveis para consulta pública no seguinte link: <https://www.ima.sc.gov.br/index.php/licenciamento/consultas/consulta-eia-rima>.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### INFORMAÇÕES DOS ESTUDOS AMBIENTAIS

Foram averiguadas informações presentes em 14 estudos de avaliações integradas de bacias hidrográficas (AIBHs) e de avaliações ambientais integradas (AAI) de bacias hidrográficas de Santa Catarina, abrangendo 12 bacias hidrográficas do planalto e oeste catarinense. As análises estão sumarizadas a seguir:

**Rio Irani** – nesta avaliação, a espécie *P. williamsi* foi registrada em diversos pontos da bacia, tanto em locais com hidrelétricas planejadas quanto em áreas de influência onde já existem hidrelétricas em operação. Os consultores levantam a necessidade de proteção da espécie tanto em virtude de alterações de seu hábitat causadas pela inundação de corredeiras por hidrelétricas quanto da necessidade de preservação de matas ciliares para proteção de áreas de deslocamento terrestre e de locais de nidificação (DESENVOLVER, 2020a).

**Rio do Peixe** – a espécie *P. williamsi* foi registrada com forte associação com a área considerada como sendo o baixo Rio do Peixe, onde já é registrada em amplas populações desde 2008. Os consultores também indicam a associação dessa espécie com áreas de corredeiras e sua ameaça com o alagamento de tais áreas com hidrelétricas, bem como a necessidade de preservação de matas ciliares como forma de, possivelmente, possibilitar ao cágado cruzar as áreas de barramentos. Além do mais, recomendam a preservação de trechos de 7 a 10 km de extensão de rio com corredeiras, entre o fim do reservatório de uma usina e o barramento do próximo empreendimento a montante, para assegurar áreas de corredeiras em extensão de área de vida comumente utilizada por *P. williamsi* (DESENVOLVER, 2021a).

**Rio das Antas** – a espécie *P. williamsi* foi registrada em área de influência de empreendimento já instalado e, apesar da baixa quantidade de registros, os consultores destacam a importância de manutenção de trechos de corredeiras livres no rio para a manutenção da espécie (DESENVOLVER, 2021b).

**Rio Lava Tudo** – a espécie *P. williamsi* foi registrada em alguns locais da bacia. Os autores apontam que a espécie pode ser ameaçada com a instalação de hidrelétricas e informam que o uso de trechos de vazão reduzida (áreas localizadas abaixo de barragens que sofrem redução do fluxo de água em decorrência do desvio de parte dos rios) de hidrelétricas ocorre principalmente por indivíduos jovens e não por adultos de *P. williamsi*. Tais trechos devem ser considerados, então, como perda de hábitat, apesar da presença de indivíduos no local (ETS, 2018).

**Rio Chapecó** – no estudo da avaliação do baixo Rio Chapecó, os consultores informam os riscos de construção de usinas em sequência ao longo de rios, por causa da alta supressão de

hábitat de *P. williamsi* que isso pode gerar. Também alertam para riscos de capturas acidentais de indivíduos em redes de pesca (ETS, 2015). Advertem que o uso de trechos de vazão reduzida de hidrelétricas ocorre principalmente por indivíduos jovens e não por adultos (ETS, 2015).

Na avaliação do médio Rio Chapecó, os consultores informam a possível perda de conectividade ao longo desse rio em virtude da instalação de usinas de grande porte (i.e. UHEs) e que novas instalações desse tipo de empreendimento podem afetar a espécie (DESENVOLVER, 2016). Na avaliação do alto Rio Chapecó, os consultores também informam a presença de *P. williamsi*, bem como também os efeitos negativos de instalação de hidrelétricas para a espécie (TERRA AMBIENTAL, 2020a).

**Rio Caveiras** – os consultores realizaram diversos registros de *P. williamsi*, estando a espécie mais associada com os trechos do baixo e médio Rio Caveiras. Os consultores também enfatizam os impactos de empreendimentos hidrelétricos, tanto em razão da supressão de áreas de corredeiras quanto do risco de queda de indivíduos de cima de barragens. Também informam a necessidade de preservação de matas ciliares para a manutenção de áreas de deslocamento terrestre e de nidificação para *P. williamsi*, a conservação da boa qualidade das águas (i.e. redução de lançamento de efluentes em rios) e levantam a possibilidade de uso de sistemas de transposição similares aos utilizados para peixes (i.e. escadas de peixes) como forma de tentar facilitar a movimentação de *P. williamsi* entre áreas a jusante e a montante dos barramentos. Além disso, levantam a possibilidade de construção de estruturas que sirvam como área de termorregulação para *P. williamsi* ao longo da área de lagos de usinas e de instalação de estruturas que impeçam sua queda de cima das barragens (DESENVOLVER, 2020b).

**Rio Tamanduá** – na avaliação, os autores não registraram *P. williamsi*, mas citam sua possível ocorrência e indicam os possíveis impactos gerados por hidrelétricas sobre a espécie, assim como possíveis efeitos decorrentes da pesca e captura de exemplares (TERRA AMBIENTAL, 2020b).

**Rio Pelotas** – na avaliação, é citada a presença de *P. williamsi* e são mencionados os impactos de hidrelétricas sobre a espécie (CEDRO INTELIGÊNCIA AMBIENTAL, 2021).

**Rio Pelotinhas** – os consultores informam a ocorrência de *P. williamsi* na bacia e em áreas de influência de algumas usinas. Os autores relatam o efeito de alagamento de hidrelétricas, como perda de hábitat para a espécie, e propõem a necessidade de diversos estudos para conhecimento da biologia da espécie, que ainda é pouco conhecida, assim como aspectos de sua reprodução. Enfatizam que é preciso mais informações sobre a distribuição da espécie e a necessidade de instalação de estruturas que impeçam a queda de indivíduos de cima de barragens (TERRA AMBIENTAL, 2021).

**Rio Canoas** – os consultores informam a ocorrência de *P. williamsi* na bacia e que a espécie é ameaçada pela transformação de ambientes lóticos em lênticos (AZURIT ENGENHARIA, 2021).

**Rios Chapecozinho e do Mato** – os consultores descrevem que a espécie possui poucos registros na bacia, apresentam as ameaças que a afetam, tais como poluição, desmatamento, pesca e construções de hidrelétricas (DESENVOLVER, 2021c).

**Rio Marombas** – a avaliação do Rio Marombas diferencia-se das demais, pois foi realizado um estudo específico para *P. williamsi*. Nesse estudo, os exemplares da espécie foram marcados com geolocalizadores em trechos sem barramentos do referido rio. Os consultores identificaram que os exemplares marcados usaram áreas de quase 2.500 hectares e se deslocaram por extensões de quase 4 km afastadas do rio principal, seguindo córregos que são afluentes do Rio Marombas (ENGERA, 2021). Interessante que também encontraram um filhote da espécie usando uma área de um açude artificial localizado a quase 900 m do rio principal (ENGERA, 2021).

Nesse estudo, os consultores propõem diversas medidas de conservação para *P. williamsi*, tais como preservação das matas ciliares das usinas para que os indivíduos possam tentar cruzar o barramento por terra; instalação de estruturas que impeçam a queda de indivíduos de cima do barramento; colocação de aglomerados de rochas nas margens de lagos de usinas para serem usados como local de termorregulação; e preservação de matas ciliares de córregos que podem ser utilizados também pela espécie (ENGERA, 2021).

## SÍNTESE DOS ESTUDOS AMBIENTAIS

Os dados obtidos nos estudos ambientais em âmbito de bacia hidrográfica demonstram a preocupação de diferentes consultores em indicar quais os possíveis impactos que *P. williamsi* pode sofrer e também em propor diferentes ações que possam resultar em redução ou mitigação dos efeitos gerados por empreendimentos hidrelétricos. Os dados analisados demonstram a importância de estudos ambientais para o conhecimento de espécies ameaçadas, apesar de estes não serem rotineiramente citados em artigos científicos. Ressalta-se também a relevância da disponibilidade de tais estudos para acesso público, conforme acertadamente realizado pelo IMA/SC, para que qualquer cidadão possa obter informações, pois elas são válidas também para fins de ações de conservação ambiental e não apenas para conhecimento da sociedade em si.

Dos dados analisados, percebe-se que ainda falta realmente compreender e monitorar o que ocorre com as populações de *P. williamsi* quando da instalação de um empreendimento hidrelétrico. Há um entendimento de que os piores efeitos são originados de UHEs, que são as hidrelétricas de maior porte e com maior área de alagamento, havendo menores efeitos causados por PCHs, que possuem um porte intermediário, e ainda menos efeitos produzidos por CGHs, que são quase micro-hidrelétricas (REGOLIN *et al.*, 2023). Porém os efeitos, mesmo das hidrelétricas de menor porte, podem ocorrer de forma cumulativa, assim impactando áreas mais amplas do que apenas aquelas diretamente afetadas pelos empreendimentos (REGOLIN *et al.*, 2023).

O estudo mais detalhado com *P. williamsi* em Santa Catarina foi realizado no Rio Marombas, por meio de geolocalizadores (ENGERA, 2021). Os dados obtidos foram similares aos registrados por telemetria no Rio Iguaçu, em que o trecho de rio utilizado por *P. williamsi* ficou entre 7,5 e 10 km de extensão, com registros de indivíduos que se deslocaram por até 20 km ao longo do rio, retornando posteriormente ao seu ponto de origem (UHE BAIXO IGUAÇU, 2019). Tais informações fundamentaram as propostas de conservação para o Rio do Peixe (DESENVOLVER, 2021a). No Rio Iguaçu, também se registrou a capacidade de indivíduos de *P. williamsi* em cruzar o barramento de uma UHE, deslocando-se por suas matas ciliares (UHE BAIXO IGUAÇU, 2019).

Conforme o mesmo estudo realizado no Rio Iguaçu, após o enchimento do lago da UHE, os indivíduos de *P. williamsi* podem permanecer durante algum tempo no reservatório formado, mas, em geral, deslocam-se para suas áreas a jusante (UHE BAIXO IGUAÇU, 2019). No entanto, na tentativa de acessar as áreas a jusante dos barramentos, podem ocorrer acidentes de queda de indivíduos de cima deles, caso os indivíduos de *P. williamsi* não sejam direcionados para áreas das matas ciliares, e os cágados também podem adentrar nas tomadas d'água para as turbinas (KUNZ *et al.*, 2018).

No Rio Iguaçu também se identificou que, muitas vezes, indivíduos de *P. williamsi* ficam em áreas imediatamente abaixo do barramento, tendo em vista que o fluxo reduzido de águas favorece a exposição de rochas no rio, que servem para termorregulação (UHE BAIXO IGUAÇU, 2019). No Rio Chapecó foi registrado o uso dessas áreas em hidrelétricas, no entanto, segundo os consultores, ocorreria principalmente por indivíduos jovens e não por adultos (ETS, 2015).

Os registros de filhotes de *P. williamsi* realizados no Rio Marombas, quase 900 m afastados do rio principal (ENGERA, 2021), condizem com os relatos existentes sobre encontros de ninhos de Chelidae na bacia do Rio do Peixe, afastados do rio principal e em meio a plantações (C.J. Geuster, comunicação pessoal), e também com o encontro de filhotes de *P. williamsi* em margens de córregos localizados a 4 km de distância da calha principal do Rio do Peixe (R. Hermes, comunicação pessoal), o que também condiz com as distâncias registradas no Rio Marombas referentes às movimentações de *P. williamsi* ao longo de córregos afluentes (ENGERA, 2021). Sabe-se que a espécie *Phrynops hilarii* (Chelidae) nidifica entre 50 e 344 m de distância de cursos-d'água e que *P. williamsi* se afastaria até 500 m de rios para nidificar, porém não há informações como as aqui registradas de que os indivíduos seguem córregos e, em áreas próximas destes, podem fazer seus ninhos (LÓPEZ *et al.*, 2013; REGOLIN *et al.*, 2023).

Essas movimentações de *P. williamsi* em córregos podem ocorrer tanto para busca de locais de nidificação quanto para forrageio, por exemplo, para consumo de crustáceos *Aegla*, que são comuns nesses locais (KUNZ *et al.*, 2018). Outras espécies de Chelidae também consomem crustáceos e

outros macroinvertebrados aquáticos que estão comumente associados com áreas de corredeiras e leito do rio composto por rochas (ALCALDE *et al.*, 2010).

Todas essas movimentações que a espécie realiza também podem acabar resultando em atropelamentos de indivíduos, como já registrado em Santa Catarina (KUNZ *et al.*, 2018). Além disso, diversos dos estudos analisados também levantaram as possibilidades de injúrias contra *P. williamsi* decorrentes de atividades de pesca, como de fato já registrado, com indivíduos ficando presos em redes ou anzóis, e podendo ser mortos por pescadores (KUNZ *et al.*, 2018; RHODIN *et al.*, 2018).

Diante desses impactos sobre *P. williamsi* apresentados, deve-se também considerar que muitos deles poderão não ser notados de imediato, pois cada geração da espécie é estimada durar de 15 a 20 anos (RHODIN *et al.*, 2018). Portanto, impactos que afetem suas capacidades reprodutivas e seus ciclos reprodutivos podem demorar a aparecer. A situação é preocupante, considerando que se estima que a espécie possa perder 33,5% de sua área de distribuição no Brasil para construções de hidrelétricas (REGOLIN *et al.*, 2023). Desse modo, os impactos e as extinções locais podem demorar certo tempo para serem notados, caso impliquem falta de sucesso reprodutivo para a espécie.

## AÇÕES PARA CONSERVAÇÃO DE *PHRYNOPS WILLIAMSII*

Tendo como base as informações e sugestões levantadas nos estudos de avaliação de bacias hidrográficas, a seguir procura-se sintetizar tais ações para conservação de *P. williamsi*, ampliá-las e propor formas que possam ser efetivamente colocadas em prática.

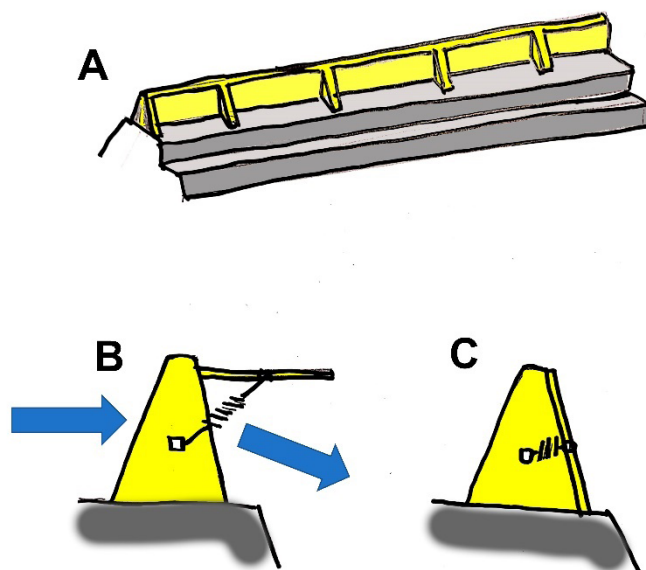
### *Redução de quedas de barramentos*

Uma das ações mais comumente recomendadas é a instalação de cercas acima do barramento, com altura suficiente para impedir a passagem de *P. williamsi* e, assim, impedir sua queda de cima dos barramentos, sendo as cercas também necessárias em outras áreas, tais como na tomada d'água das usinas, para evitar que os animais entrem na turbina. Também são sugeridas construções de pequenas muretas acima das barragens que pudessem evitar as quedas. Essas medidas parecem não gerar um custo adicional muito elevado e podem proteger a espécie.

Essas cercas instaladas poderiam ser ajustadas de forma a conduzir os exemplares para áreas de matas ciliares que possam ser usadas para deslocamento dos exemplares de *P. williamsi*, assim como as cercas-guia utilizadas em armadilhas de queda (*pitfall*). No entanto deve-se ter o cuidado para que tais estruturas não façam com que os animais fiquem presos nesse local, seja por se enroscarem ou, quando com a barragem transbordando, fiquem presos no local em virtude da pressão de água. Caso contrário, a mortalidade de *P. williamsi* e até de outros animais poderia ser intensificada.

Uma possível alternativa poderia ser uma cerca toda fechada, sem uso de tela ou grade, e que fosse móvel, como uma portinhola. Poderia ter aproximadamente 40 cm de altura e uma mola que a mantivesse fechada, de forma a impedir a passagem de *P. williamsi*. O fato de funcionar como uma portinhola permitiria que, quando a barragem estivesse transbordando, o fluxo de água a abrisse e assim se reduzisse o risco de animais ficarem presos pela correnteza nesse local. Tal portinhola pode ter uma mola que a mantenha fechada, mas que possa ser aberta com a força da água (figura 2). Porém as portinholas, a depender do material com o qual forem feitas, podem não durar em barramentos de pequeno tamanho, onde é comum o transbordamento das águas carregando galharias e troncos de árvores, que podem acabar por danificá-las se forem feitas de material pouco resistente.

Uma opção poderia ser o uso de cercas que funcionem como comportas automáticas, como já visto em algumas pequenas centrais hidrelétricas para regulagem do fluxo de água, e que também poderiam servir para redução de quedas de *P. williamsi*. A manutenção de certo quantitativo de água ao longo de toda extensão imediatamente a jusante do barramento, com fluxo controlado pela vazão sanitária que já é mantida rotineiramente, também poderia ajudar a amortecer eventuais quedas de *P. williamsi* de cima dos barramentos.



**Figura 2** – A) Vista frontal, proposta de cerca com portinholas a ser instalada na parte superior de barragens que possa ser aberta com o fluxo das águas durante o transbordamento; B) vista lateral, setas azuis indicam o fluxo da água; C) vista lateral, portinholas ficam fechadas quando a barragem não está transbordando. Fonte: primária.

#### Escadas para cágados

Os registros encontrados na literatura de que *P. williamsi* adentrou nas áreas de tomada d'água de usinas (KUNZ *et al.*, 2018) levantam a possibilidade de que a construção de estruturas de transposição, similares aquelas utilizadas para a ictiofauna (i.e. escadas de peixes), como propostas no estudo do Rio Caveiras (DESENVOLVER, 2020b), pode apresentar resultados positivos para a manutenção da conectividade entre áreas a jusante e a montante de barragens, podendo reduzir a mortalidade de *P. williamsi* e facilitando a manutenção de seu fluxo gênico.

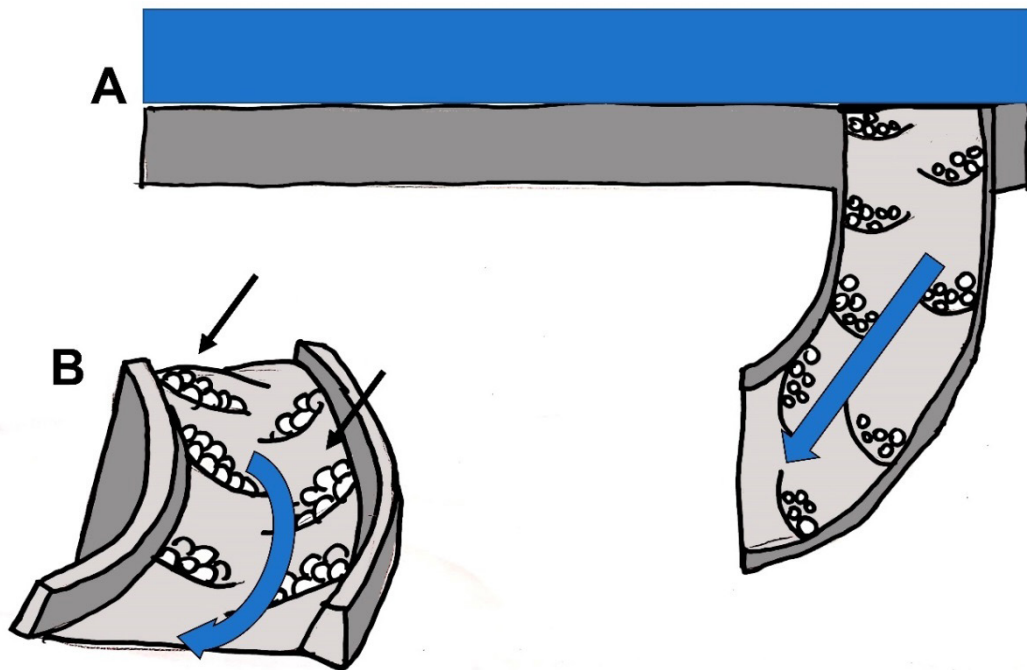
Apesar de uma ampla discussão sobre a funcionalidade de tais escadas de peixes para esses táxons em si, estudos recentes demonstraram que podem ocorrer movimentações de espécies para a montante e a jusante das barragens ou, mesmo quando se movem apenas para montante, o fluxo gênico para jusante pode ser feito pelo ictioplâncton (LIRA *et al.*, 2017; CELESTINO *et al.*, 2019; BRITO-SANTOS *et al.*, 2021). O planejamento de tais estruturas requer que tenham abrigos que sirvam de proteção contra possíveis predadores, a fim de assegurar uma movimentação segura da fauna aquática (AGOSTINHO *et al.*, 2012).

O certo é que a inércia em não permitir nenhuma forma de conectividade não resolverá o problema da compartimentalização dos rios a longo prazo. Outra questão a ser considerada é se o tempo amostral dos estudos que testaram as escadas de peixe não foi curto demais, pois a longo prazo essas movimentações da ictiofauna podem acabar ocorrendo e são apenas viabilizadas com o uso de escadas de peixes (C.J. Geuster, comunicação pessoal). Ademais, já há registros de espécies de quelônios de água doce fazendo o uso de escadas de peixe, o que contribui para a efetividade da proposta (AGOSTINHO *et al.*, 2012). Por mais que o fluxo de indivíduos se movendo por essas estruturas possa não ser grande inicialmente, cinco a 10 indivíduos que cheguem a cada geração em uma população isolada podem assegurar a redução de sua erosão genética (MARRA *et al.*, 2006).

Seria necessário planejar como uma “escada para cágados” poderia ser efetiva. Uma possibilidade seria que simulasse o leito de fundo de um rio rochoso, com diversas rochas de rio formando seu leito, dispostas em concavidades e ondulações para redução da turbulência da água, apesar que, pelo tipo de ambiente que *P. williamsi* habita, isso não seria um problema em si. Tal estrutura poderia ser perpendicular à usina, próxima a uma das margens ou paralela ao barramento em si, de forma que os indivíduos que vão descer o barramento possam ser guiados pelas propostas de muretas e cercas de portinholas até esse local (figura 3).

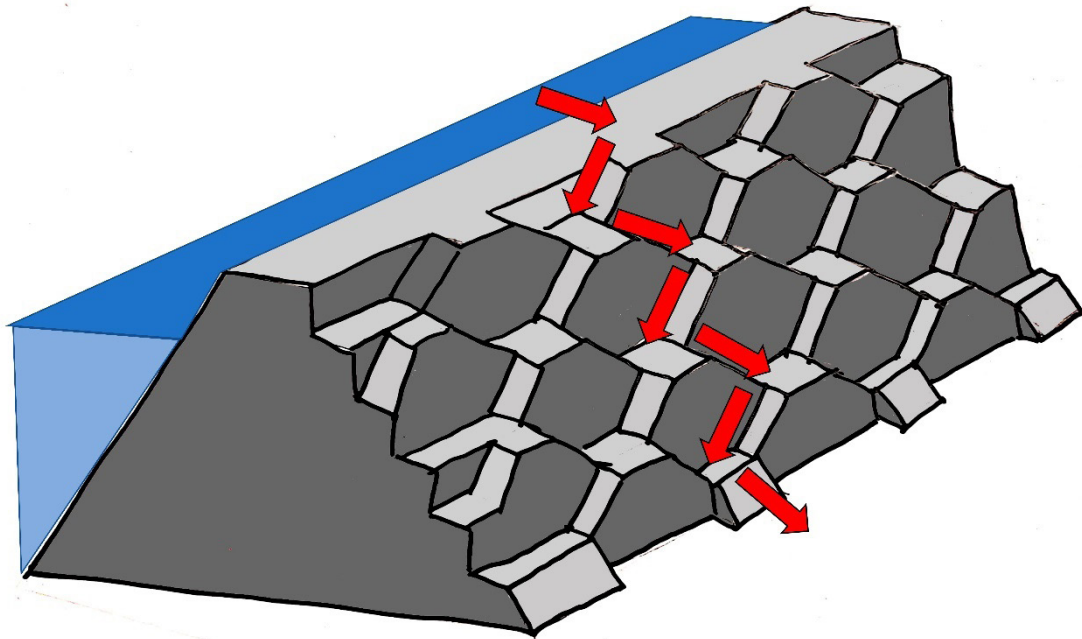
É positiva não apenas a possibilidade de essas estruturas serem usadas para recompor a conectividade dos rios para *P. williamsi*, mas também por poderem se tornar áreas de forrageio, como registrado para quelônios de água doce na literatura (i.e. AGOSTINHO *et al.*, 2012), pois este também é um dos tipos de hábitat que são perdidos quando ocorrem os alagamentos para a construção de hidrelétricas. Dessa forma, quanto melhor se conseguir simular as áreas de corredeiras usadas por *P. williamsi* em escadas para cágados, mais vantagens ecológicas poder-se-ão ofertar para a espécie (i.e. conectividade e área de forrageio).

Outra possibilidade é a adaptação de estruturas já comumente utilizadas em barramentos hidrelétricos. Muitas barragens já possuem em sua área frontal vários degraus usados para reduzir a força da água que verte quando há o seu transbordamento. Esses degraus poderiam ser adaptados com diversas rampas frontais em cada degrau existente, paralelas ao barramento, e também pequenas muretas para redução de turbulência da água (figura 4). Por meio dessas diferentes rampas, os cágados poderiam encontrar diferentes caminhos para se mover a montante e a jusante do barramento, principalmente quando há fluxo de água. Tal estrutura poderia ser previamente testada em modelos físicos e usando cágados domésticos (e.g. *Trachemys* sp.) para verificar sua efetividade e aperfeiçoamento. Uma estrutura como essa pode até mesmo beneficiar outras espécies aquáticas, como peixes e lontras (*Lontra longicaudis* (Olfers, 1818)). A mesma estrutura poderia ser planejada para ser usada apenas nos momentos de cheia ou ser estruturada em ambas as faces do barramento, para permitir a transposição mesmo quando o nível da água estiver baixo.



**Figura 3** – A) Vista superior, proposta de escada para cágados para transposição de barramentos, fluxo de água indicado pelas setas azuis; B) vista frontal, com setas pretas indicando disposição de rochas de rio (círculos brancos) ao longo de concavidades e ondulações da estrutura. Fonte: primária.





**Figura 4** – Vista frontal, proposta de adaptação de estrutura de barramentos com rampas frontais (podendo ser bifrontais) para transposição de *Phrynops williamsi*, com exemplo de possibilidade de movimentações indicada pelas setas vermelhas. Fonte: primária.

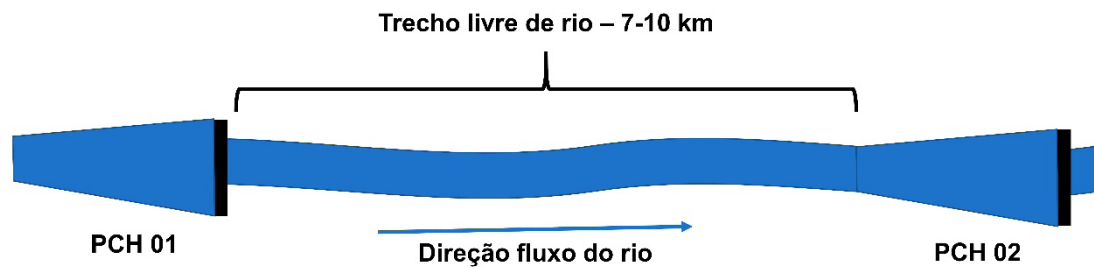
#### Conservação de matas ciliares

Considerando que alguns indivíduos de *P. williamsi* também podem cruzar áreas do barramento por meio de suas matas ciliares, a preservação, ampliação e manutenção dos locais ao redor da área da barragem em si também são ações propostas por diversos estudos para tentar reduzir os impactos das hidrelétricas sobre a perda de conectividade entre áreas a montante e a jusante (ENGERA, 2021; BÁRCENAS-GARCÍA *et al.*, 2022).

Essa proteção de matas ciliares também deve se estender a todos os córregos afluentes e tributários dos rios principais onde a espécie *P. williamsi* foi registrada, tendo em vista as movimentações que a espécie realiza por esses locais, assegurando maior área de forrageio e possíveis locais para nidificação. Tal necessidade de proteção da livre conectividade de tributários dos rios principais das bacias e também de córregos e de suas matas ciliares é situação similar ao que já é reportado para ictiofauna, sobre o uso dessas áreas para fins de dispersão e migração e aqui reiterado também para outros organismos aquáticos (VASCONCELOS *et al.*, 2021). A proposta poderia ser colocada em prática planejando um corredor ecológico em si, que permita a passagem de fauna entre as áreas a jusante e a montante do barramento, beneficiando não apenas *P. williamsi*, como também lontras (*L. longicaudis*) e outros animais terrestres.

#### Conservação de trechos livres de rios

Essencial também é a proposta de que, entre o fim do lago de um empreendimento e o próximo empreendimento imediatamente a montante, seja mantida uma extensão livre de rio entre 7 e 10 km (figura 5), preferencialmente que contenham áreas de corredeiras, tendo em vista ser essa a extensão de uso identificada para *P. williamsi* no Rio Iguaçu (ENGERA, 2021; DESENVOLVER, 2021a). Tal proposta poderia fornecer uma melhor manutenção de áreas de vida para *P. williamsi* ao longo das bacias hidrográficas, garantindo locais que possam ser usados para forrageio e termorregulação. Em associação à possibilidade de que a espécie possa cruzar os barramentos, poderia resultar em significativos incrementos em sua conservação.



**Figura 5** – Vista superior, exemplo de conservação de trechos livres de rios, conforme a extensão de uso conhecida para *Phrynops williamsi*. Fonte: primária.

### Poluição e educação ambiental

Outra ação essencial – e que depende não somente de empreendedores e consultores ambientais, como também do poder público – se refere à implementação de cuidados relacionados à manutenção da qualidade das águas dos rios do estado de Santa Catarina. As ações devem ser tanto no âmbito de preservação de matas ciliares para redução do processo de assoreamento quanto na implementação de saneamento básico nos diferentes municípios para a redução dos efeitos de poluição das águas sobre *P. williamsi*. Como exposto anteriormente, a poluição também é um impacto que pode afetar a espécie em questão, principalmente considerando sua dependência de forrageio baseado em macroinvertebrados aquáticos que ocorrem em locais com águas limpas e com boa oxigenação (KUNZ *et al.*, 2018; DESENVOLVER, 2021c; REGOLIN *et al.*, 2023).

Os registros de indivíduos de *P. williamsi* mortos por pescadores (KUNZ *et al.*, 2018) também levantam o alerta para ações e campanhas públicas regionais para conscientização sobre a importância da espécie. Essas campanhas devem contar com o apoio de diferentes empreendedores e consultores ambientais na soma de esforços para tornar *P. williamsi* uma espécie-bandeira, em termos de conservação ambiental para os rios do planalto e oeste de Santa Catarina.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pelos documentos analisados, verifica-se que, ao longo dos últimos anos, os diversos estudos ambientais realizados em Santa Catarina têm levantado a preocupação quanto à conservação de *P. williamsi*, identificando diferentes impactos ambientais possíveis em virtude da instalação de hidrelétricas e fazendo propostas para tentar mitigar tais impactos. Também é importante notar as ações e os esforços realizados pelo Instituto de Meio Ambiente de Santa Catarina (IMA/SC) no âmbito de procurar melhor compreender a distribuição e a biologia da espécie em Santa Catarina, como, por exemplo, a solicitação de estudo específico de monitoramento de *P. williamsi* no Rio Marombas.

É certo que há diversos empreendimentos hidrelétricos planejados, em instalação e já em operação em Santa Catarina e que ainda muito se desconhece sobre a biologia de *P. williamsi*, todavia isso não justifica que, pautando-se pelo princípio da precaução, os diferentes empreendedores e órgãos licenciadores não tentem adotar soluções para conservação da espécie. Os estudos de modelagem apontam que a espécie terá perdas significativas de sua área de distribuição futuramente, porém considerando apenas variáveis abióticas da estrutura dos rios. Quando levarmos em conta que há outros fatores afetando sua distribuição, tais como disponibilidade de recursos alimentares, qualidade das águas e sítios de nidificação, é possível que as reduções futuras de sua área de distribuição sejam ainda piores do que o proposto por Regolin *et al.* (2023).

Dessa forma, em resumo, as ações que se poderiam atualmente implementar em Santa Catarina são: instalação de barreiras/cercas na parte superior e pontos críticos de barramentos que

possam evitar a mortalidade de *P. williamsi*; instalação de escadas para cágados em hidrelétricas; instalação de rampas frontais, adaptando estruturas já existentes nos barramentos, para manutenção da conectividade populacional de *P. williamsi*; conservação de matas ciliares formando corredores ecológicos a serem usados por *P. williamsi* para transporem os barramentos; conservação de trechos livres de rios com corredeiras; redução de poluição aquática e trabalhos de educação ambiental.

## REFERÊNCIAS

- Agostinho, A. A., Agostinho, C. S., Pelicice, F. M. & Marques, E. E. Fish ladders: safe fish passage or hotspot for predation? *Neotropical Ichthyology*. 2012; 10(4): 687-696.
- Alcalde, L., Derocco, N. N. & Rosset, S. D. Feeding in syntopy: diet of *Hydromedusa tectifera* and *Phrynops hilarii* (Chelidae). *Chelonian Conservation and Biology*. 2010; 9(1): 33-44.
- Azurit Engenharia. Avaliação integrada da Bacia Hidrográfica do Rio Canoas. Volume I – diagnóstico socioambiental. Relatório técnico. Belo Horizonte; 2021. 677 p.
- Bárcenas-García, A., Michalski, F., Morgan, W. H., Smith, R. K., Sutherland, W. J., Gibbs, J. P. & Norris, D. Impacts of dams on freshwater turtles: a global review to identify conservation solutions. *Tropical Conservation Science*. 2022; 15: 1-21.
- Bérnils, R. S., Moura-Leite, J. C. & Morato, S. A. A. Répteis. In: Mikich, S. B. & Bérnils, R. S. (eds.). Livro vermelho da fauna ameaçada no estado do Paraná. Curitiba: Instituto Ambiental do Paraná; 2004. p. 501-535.
- Brito-Santos, J. L., Dias-Silva, K., Brasil, L. S., Silva, J. B., Santos, A. M., Sousa, L. M. & Vieira, T. B. Fishway in hydropower dams: a scientometric analysis. *Environmental Monitoring and Assessment*. 2021: 193: 752.
- Cedro Inteligência Ambiental. Avaliação integrada da Bacia do Rio Pelotas. Volumes II e III. Relatório técnico. Timbó; 2021. 624 p.
- Celestino, L. F., Sanz-Ronda, F. J., Miranda, L. E., Makrakis, M. C., Dias, J. H. P. & Makrakis, S. Bidirectional connectivity via fish ladders in a large Neotropical river. *River Research and Applications*. 2019; 35(3): 236-246.
- Desenvolver Engenharia e Meio Ambiente. Avaliação ambiental integrada (AAI) do Médio Rio Chapecó. Volume I. Relatório técnico. Ouro; 2016. 1.063 p.
- Desenvolver Engenharia e Meio Ambiente. Avaliação integrada da Bacia Hidrográfica do Rio Irani/SC. Relatório técnico. Ouro; 2020a. 1.272 p.
- Desenvolver Engenharia e Meio Ambiente. Avaliação integrada da Bacia Hidrográfica do Rio Caveiras/SC. Relatório técnico. Ouro; 2020b. 1.216 p.
- Desenvolver Engenharia e Meio Ambiente. Avaliação integrada da Bacia Hidrográfica do Rio do Peixe/SC. Relatório técnico. Ouro; 2021a. 1.469 p.
- Desenvolver Engenharia e Meio Ambiente. Avaliação integrada da Bacia Hidrográfica do Rio das Antas/SC. Relatório técnico. Ouro; 2021b. 1.061 p.
- Desenvolver Engenharia e Meio Ambiente. Avaliação integrada da Bacia Hidrográfica dos Rios Chapecozinho e do Mato/SC. Relatório técnico. Ouro; 2021c. 1.231 p.
- Engera – Engenharia e Gerenciamento de Recursos Ambientais. Avaliação integrada da Bacia do Rio Marombas. Relatório técnico. Florianópolis; 2021. 951 p.
- ETS – Energia, Transporte e Saneamento Ltda. Avaliação ambiental integrada da Bacia do Rio Chapecó – trecho Baixo Chapecó. Relatório técnico. Florianópolis; 2015. 481 p.

- ETS – Energia, Transporte e Saneamento Ltda. Avaliação ambiental integrada – AAI da bacia do Rio Lava Tudo. Relatório técnico. Florianópolis; 2018. 1363 p.
- Kunz, T. S., Ghizoni-Jr., I. R., Cherem, J. J., Bressan, R. F., Leonardi, S. B. & Zanotelli, J. C. New records, threats and conservation of *Phrynops williamsi* (Testudines: Chelidae) in Southern Brazil. *Herpetology Notes*. 2018; 11: 147-152.
- Lira, N. A., Pompeu, P. S., Agostinho, C. S., Agostinho, A. A., Arcifa, M. S. & Pelicice, F. M. Fish passages in South America: an overview of studied facilities and research effort. *Neotropica Ichthyology*. 2017; 15(2): e160139.
- López, M. S., Sione, W., Leynaud, G. C., Prieto, Y. A. & Manzano, A. S. How far from water? Terrestrial dispersal and nesting sites of the freshwater turtle *Phrynops hilarii* in the floodplain of the Paraná River (Argentina). *Zoological Science*. 2013; 30: 1063-1069.
- Marra, P. P., Norris, D. R., Haig, S. M., Webster, M. & Royle, J. A. Migratory connectivity. In: Crooks, K. R. & Sanjayan, M. (eds.). *Connectivity conservation*. Cambridge: Cambridge University Press; 2006. p. 157-183.
- Regolin, A. L., Bressan, R., Kunz, T. S., Martello, F., Ghizoni-Jr., I. R., Cherem, J. J., Capela, D. J. V., Oliveira-Santos, L. G. R., Collevatti, R. G. & Sobral-Souza, T. Integrating ecological niche and hydrological connectivity models to assess the impacts of hydropower plants on an endemic and imperilled freshwater turtle. *Journal of Applied Ecology*. 2023; 60(8): 1734-1748.
- Rhodin, A. G. J., Bressan, R. F., Buskirk, J. R., Cabrera, M. R., Carreira, S., Estrades, A., Mittermeier, R. A., Vinke, S. & Vinke, T. *Phrynops williamsi*. The IUCN Red List of Threatened Species. 2018; 2018: e.T172024A1339018.
- Spier, E. F., Favretto, M. A., Onghero Jr., O. & Piovezan, J. C. Registro de *Phrynops williamsi* no Rio Chapecó, oeste de Santa Catarina, Brasil. *Evidência*. 2011; 11(1): 83-87.
- Spier, E. F., Favretto, M. A., Piovezan, J. C., Onghero Jr., O. & Ammar, D. Registro de *Phrynops williamsi* (Rhodin & Mittermeier, 1983) no Rio do Peixe, centro-oeste de Santa Catarina, Brasil. *Revista Brasileira de Biociências*. 2014; 12(1): 56-57.
- Terra Ambiental. Avaliação ambiental integrada da Bacia Hidrográfica do Rio Chapecó – trecho Alto Rio Chapecó. Volume 2. Relatório Técnico. São José; 2020a. 408 p.
- Terra Ambiental. Avaliação ambiental integrada da Bacia Hidrográfica do Rio Tamanduá. Volume 2. Relatório Técnico. São José; 2020b. 258 p.
- Terra Ambiental. 2021. Avaliação ambiental integrada da Bacia do Rio Pelotinhas. Volume 2. Relatório Técnico. São José; 2021. 688 p.
- TRD – The Reptile Database. *Phrynops williamsi*. 2022 [Acesso em: 5 jul. 2023]. Disponível em: [www.reptile-database.org](http://www.reptile-database.org).
- UHE Baixo Iguaçu – UHE Baixo Iguaçu/Resiliência Consultoria Ambiental. Relatório final – Programa de Monitoramento do Cágado-Rajado. Relatório técnico. Capanamea; 2019. 76p.
- Vasconcelos, L. P., Alves, D. C., Câmara, L. F. & Hahn, L. Dams in the Amazon: the importance of maintaining freeflowing tributaries for fish reproduction. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*. 2021; 31(5): 1106-1116.