



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

MURILO LUIZ E CASTRO SANTANA

**TAMANHO CORPORAL E IMPACTOS AMBIENTAIS ASSOCIADOS  
COM O RISCO DE EXTINÇÃO EM PEIXES DE ÁGUA DOCE**

Anápolis  
2017

MURILO LUIZ E CASTRO SANTANA

**TAMANHO CORPORAL E IMPACTOS AMBIENTAIS ASSOCIADOS  
COM O RISCO DE EXTINÇÃO EM PEIXES DE ÁGUA DOCE**

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

Orientador: Prof. Dr. Fabrício Barreto Teresa.

Anápolis  
2017

Santana, Murilo Luiz e Castro.

Tamanho corporal e impactos ambientais associados ao risco de extinção das espécies em peixes de água doce / Murilo Luiz e Castro Santana. – 2017. 46f.

Orientador: Prof. Dr. Fabrício Barreto Teresa.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Goiás, Câmpus de Ciências Exatas e Tecnológicas, 2017.

Bibliografia

## **Dedicatória**

Aos meus sobrinhos, Anna Clara e José Teodoro.

À minha querida Eliana Rodrigues Paulino de Carvalho (*in memoriam*).

## **Agradecimentos**

Agradeço principalmente a Deus, por renovar a minha fé. Pois nas adversidades e provações enfrentadas nesta etapa do meu desenvolvimento profissional me fez entender que é preciso acreditar que tudo é possível para aquele que crê e faz a sua parte;

Ao Dr. Fabrício Barreto Teresa pela orientação, paciência e capacidade de me fazer aprender os primeiros passos de um pesquisador, a ele todo o meu agradecimento e respeito.

A agência de fomento FAPEG – Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Goiás, que auxiliou com a bolsa de pesquisa por todo o período do mestrado.

Aos professores Dr. João Carlos Nabout, Dr. Vítor Hugo Mendonça do Prado e Dra. Luciana Ondeí pelas inúmeras contribuições para a execução deste projeto de pesquisa e pelas discussões no laboratório.

Aos colegas de laboratório pelo importante auxílio científico, humano e a feliz convivência.

A coordenação e secretaria do programa de pós-graduação pela oportunidade e apoio.

Aos meus pais e familiares pela paciência, apoio emocional e incentivo para continuar.

Aos meus amigos e exemplos para ter me arriscado nesta vida acadêmica Elaine Ferreira Oliveira, Werther Pereira Ramalho, Vinícius Guerra Batista, Tarcilla Valtuille, Elias Emanuel Silva Mota, Crizanto Brito de Carvalho, Evenllyn Borges e Marco de Sá.

A Vera Lúcia Lourenço Dias Rodrigues e sua família que tanto me incentivam e ajudam desde o início da minha vida acadêmica, o meu muito obrigado será sempre pouco por tanto que a mim e a minha família fizeram.

A equipe Chandelier pela grata alegria em compartilhar parte da pesquisa em campo, Hugo Oliveira, Hasley Rodrigo, Maísa e Dianne.

*“Ironia é colocar a imagem de animais em extinção nas cédulas que os extinguem”.*  
Aldo Teixeira

## SUMÁRIO

RESUMO.....	7
ABSTRACT.....	8
LISTAS (figuras, tabelas, abreviaturas, siglas e símbolos).....	9
INTRODUÇÃO GERAL .....	10
Objetivo Geral.....	12
Hipóteses.....	12
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	13
TAMANHO DO CORPO E ANO DE DESCRIÇÃO DAS ESPÉCIES PEIXES DE ÁGUA DOCE SÃO ASSOCIADAS COM O RISCO DE EXTINÇÃO? (CAPÍTULO 1) .....	15
Resumo .....	15
1- Introdução .....	16
2- Materiais e Métodos.....	17
2.1. Os dados.....	17
2.2. Análises dos dados .....	18
3- Resultados.....	19
3.1. Padrões gerais de tamanho corporal e ano de descrição.....	19
3.2. As espécies de peixes com maior risco de extinção apresentam menor tamanho corporal e são descritas mais recentemente? .....	20
3.3. O tamanho das espécies ameaçadas de extinção varia de acordo com o tipo de impacto a que são susceptíveis? .....	22
4- Discussão .....	23
5- Conclusões .....	26
6- Agradecimentos .....	26
7- Referências .....	26
RELAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS COM AS BACIAS HIDROGRÁFICAS E GRUPOS TAXONÔMICOS COMO PREDITORES DO RISCO DE EXTINÇÃO PARA PEIXES DE ÁGUA DOCE (CAPÍTULO 2).....	30
Resumo .....	30
Introdução .....	31
Materiais e Métodos.....	32
Os dados.....	32
Análises dos dados .....	33
Resultados .....	33

Os principais impactos ambientais aos peixes ameaçados de extinção variam entre as bacias hidrográficas?.....	34
Os principais impactos ambientais aos peixes ameaçados de extinção variam entre os grupos taxonômicos?.....	35
Discussão .....	36
Conclusões .....	38
Agradecimentos.....	39
Referências.....	39
CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	43
MATERIAL SUPLEMENTAR .....	45



## RESUMO

O tamanho do corpo é um atributo biológico que pode estar associado com o risco de extinção das espécies. Entretanto, essa relação pode ser dependente do contexto, variando de acordo com os impactos ambientais a que as espécies são submetidas. Adicionalmente, a distribuição das espécies ameaçadas de extinção entre as bacias hidrográficas e grupos taxonômicos deve ocorrer de forma não aleatória, refletindo o grau de pressão antrópica e as características particulares dos grupos, respectivamente. Neste estudo, procuramos responder as seguintes perguntas: Os peixes com maior risco de extinção apresentam menor tamanho corporal? As espécies ameaçadas de extinção variam em tamanho dependendo do tipo de impacto a que são susceptíveis? Os principais impactos ambientais aos peixes ameaçados de extinção variam entre as bacias hidrográficas e grupos taxonômicos? Essas perguntas foram respondidas em dois capítulos, os quais foram desenvolvidos a partir da avaliação de uma base de dados contendo 3.115 espécies de peixes de água doce com ocorrência em território brasileiro. As frequências de distribuição do tamanho corporal foram assimétricas, com a maior parte das espécies apresentando menor tamanho corporal. Entretanto, essa assimetria é maior entre as espécies AM e NT, indicando que essas espécies possuem menor tamanho corporal. As espécies cuja principal ameaça é o barramento possuem maior tamanho corporal do que as espécies ameaçadas por outros impactos. Os principais impactos às espécies ameaçadas variam entre as bacias hidrográficas e entre os grupos taxonômicos. Os resultados indicam que o tamanho corporal é um preditor do risco de extinção, mas essa relação é dependente do contexto. Além disso, os fatores extrínsecos associados com o risco de extinção, como os impactos ambientais são previsíveis espacialmente e entre grupos taxonômicos.

**Palavras chaves:** Estado de conservação, Impactos Ambientais, Bacias hidrográficas.

## **ABSTRACT**

Body size is a biological attribute that may be associated with the risk of species extinction. However, this relationship may be context dependent, varying according to the environmental impacts to which submitted species. In addition, the distribution of endangered species among river basins and taxonomic groups should occur in a non-random manner, reflecting the degree of anthropic pressure and the particular characteristics of the groups, respectively. In this study, we tried to answer the following questions: Do the fishes with the highest risk of extinction have smaller body sizes? Do endangered species vary in size depending on the type of impact to which they are susceptible? Do the main environmental impacts of endangered fishes vary among river basins and taxonomic groups? These questions were answered in two chapters, which were developed from the evaluation of a database containing 3,115 species of freshwater fish occurring in Brazilian territory. The distribution frequencies of body size were asymmetrical, with most species having a smaller body size. However, this asymmetry is bigger between AM (endangered) and NT species, indicating that these species have smaller body size. Species whose main threat is the damming are larger in size than species threatened by other impacts. The main impacts on endangered species vary among river basins and among taxonomic groups. The results indicate that body size is a predictor of extinction risk, but this relationship is context dependent. In addition, the extrinsic factors associated with the risk of extinction, as the environmental impacts are spatially predictable and among taxonomic groups.

**Keywords:** Conservation Status, Environmental impacts, River basins.

## LISTAS (figuras, tabelas, abreviaturas, siglas e símbolos)

### Figuras

Figura 1. Frequência de distribuição dos dados de tamanho corporal (log- transformados) nas categorias de ameaça. ....	21
Figura 2. Frequência de distribuição do ano de descrição das espécies nas categorias de ameaça. ....	22
Figura 3. Comparação entre o tamanho do corpo (log-transformado) e os principais impactos ambientais que afetam as espécies ameaçadas. Linha dentro da caixa representa a mediana, os limites superiores e inferiores das caixas são o primeiro e terceiro quartis (25 e 75%) e as linhas verticais são os valores não <i>outliers</i> máximos e mínimos. Pontos representam <i>outliers</i> (valores maiores do que 1,5 vezes a distância interquartil). ....	23
Figura 4. Ordenação da Análise de Componentes Principais (PCA) das bacias hidrográficas brasileiras de acordo com os principais impactos ambientais sobre as espécies ameaçadas de extinção. AG: agropecuária; BA: barramento; DR: drenagem; IE: Introdução de espécies; PE: pesca; PH: perda de hábitat; RO: rodovia; UR: urbanização. ....	34
Figura 5. Ordenação a partir da Análise de Componentes Principais (PCA) da proporção de espécies das ordens de acordo com os principais impactos ambientais das espécies ameaçadas de extinção. AG: agropecuária; BA: barramento; DR: drenagem; IE: Introdução de espécies; PE: pesca; PH: perda de hábitat; PM: produção Mineral; RO: rodovia; UR: urbanização. ....	36

### Tabelas

Tabela 1. Estatística descritiva para as categorias de ameaça em relação ao tamanho do corpo e ano de descrição. ....	20
Tabela 2. Assimetria (g1) do tamanho corporal máximo e ano de descrição das categorias de ameaça, com os respectivos quantis 2,5 e 97,5% de 999 aleatorizações. Valores significativamente diferentes da distribuição nula são marcados em negrito. ....	21

### Tabelas Suplementares

Tabela Suplementar 1 .....	45
Tabela Suplementar 2 .....	46
Tabela Suplementar 3 .....	46

## INTRODUÇÃO GERAL

As listas de espécies ameaçadas de extinção ou Listas Vermelhas tornaram-se mundialmente conhecidas a partir da União Internacional para a Conservação da Natureza - IUCN. Ao analisar o estado de conservação ou o grau de ameaça das espécies a partir de informações demográficas, biogeográficas e as ameaças incidentes sobre as espécies, a classificação da IUCN serve como base de dados importante para a determinação do risco de extinção das espécies em escala global e regional, como o caso do Brasil (IUCN, 2001). Pela primeira vez, todas as espécies de peixes com ocorrência no território brasileiro foram avaliadas, dos quais 3.130 são de água doce (ICMBio, 2015). Até então, grande parcela da ictiofauna de água doce permanecia com seu estado de conservação não avaliado, limitando a capacidade de predição sobre os fatores que predisõem as espécies ao risco de extinção.

Atualmente, os índices de extinção são de 100 a 1000 vezes maiores do que os registros anteriores na biosfera (Pimm *et al.*, 2014). A relação entre espécies e ameaças de extinção em ecossistemas dulcícolas é proporcionalmente maior se comparado com ecossistemas terrestres e marinhos, por enfrentar impactos diversos como barramentos, poluição, uso em excesso de água, espécies invasoras e pesca intensiva. (Revenga *et al.*, 2005). Situação agravada pela pressão de atividades antrópicas em escalas cada vez maiores e mais rápidas, mudando a composição da biodiversidade e de processos ecossistêmicos (Cardinale, *et al.*, 2012; Barnosky, *et al.*, 2012). Além disso, espécies não descritas ou insuficientemente conhecidas podem ser extintas da natureza o que pode ser um agravante para táxons que possuem ainda grande déficit lineano, como é o caso das espécies de peixes de água doce (Scheffers *et al.*, 2012; Pimm *et al.*, 2014; Appeltans *et al.*, 2012).

Para mamíferos, aves, anuros e peixes marinhos o tamanho do corpo está relacionado a diferentes graus de risco de extinção e de fontes específicas de ameaça (Cardillo *et al.*, 2005; Fritz *et al.*, 2009; Blackburn & Gaston, 1995; Bennett & Owens, 1997; Cooper *et al.*, 2008; Olden *et al.*, 2007). Restrições físicas e interações bióticas afetam a distribuição do tamanho corporal das espécies (Griffiths, 2013). Além disso, a distribuição do tamanho corporal das espécies parece ser influenciada por processos energéticos, evolutivos, biogeográficos e ecossistêmicos (Allen *et al.*, 2006).

Não obstante as características das espécies sejam importantes preditores do seu risco de ameaça, fatores extrínsecos como as interferências antrópicas também são determinantes para o risco de extinção das espécies (Olden *et al.*, 2007). As ameaças mais importantes para os peixes são pesca, perda de hábitat devido à construção de hidrelétricas ou conversão de

áreas nativas em pasto ou culturas agrícolas, além da poluição (Barletta *et al.*, 2010). A importância dessas ameaças varia regionalmente, provavelmente refletindo as diferenças nas pressões antrópicas. Além disso, as principais ameaças que expõem as espécies ao risco de extinção também devem variar entre os grupos taxonômicos. Por exemplo, espécies de Cyprinodontiformes que ocorrem em habitats temporários, tendem a ser susceptíveis à perda de habitat (Costa, 2002; 2007; 2009). Por outro lado, muitas espécies de grandes bagres (Ordem Siluriformes) são afetadas negativamente pelo barramento dos rios (Hoeinghaus *et al.*, 2009).

Nesta dissertação, foram estudados peixes de água doce com ocorrência em território brasileiro, buscando compreender as tendências de distribuição do tamanho corporal de acordo com o risco de extinção, assim como a importância dos impactos ambientais para diferentes regiões geográficas e grupos de espécies. A dissertação é composta por dois artigos (capítulos), visando cumprir os objetivos e testar as hipóteses apresentadas abaixo.

## **Objetivo Geral**

Testar se o risco de extinção das espécies de peixes de água doce está associado com o tamanho corporal e o ano de descrição e se a importância dos impactos ambientais incidentes sobre as espécies ameaçadas de extinção varia entre as bacias hidrográficas e grupos taxonômicos.

## **Hipóteses**

- i. Os peixes com maior risco de extinção apresentam menor tamanho corporal (CAPÍTULO 1);
- ii. As espécies ameaçadas de extinção pelo barramento e pela pesca apresentam tamanho corporal maior do que espécies ameaçadas por outros tipos de impactos (CAPÍTULO 1);
- iii. Os principais impactos ambientais aos peixes ameaçados de extinção variam entre as bacias hidrográficas e entre grupos taxonômicos, refletindo a incidência diferencial dos tipos de interferências antrópicas entre regiões e as diferenças na susceptibilidade das espécies aos tipos de impactos (CAPÍTULO 2).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allen, C.R; Garmestani, A.S; Havlicek, T.D; Marquet, P.A; Peterson, G.D; Restrepo, C; Stow, C.A; Weeks, B.E. 2006. Patterns in body mass distributions: sifting among alternative hypotheses. *Ecology Letters* 9: 630–643.
- Appeltans, W., *et al.* 2012. The magnitude of global marine species diversity. *Curr. Biol.* 22, 2189–2202.
- Barletta, M., Jaureguizar, A.J., Baigun, C., Fontoura, N.F., Agostinho, A.A., Almeida-Val, V.M.F., Val, A.L., Torres, R.A., Jimenes-Segura, L.F., Giarrizzo, T., Fabré, N.N., Batista, V.S., Lasso, C., Taphorn, D.C., Costa, M.F., Chaves, P.T., Vieira, J.P; Corrêa, M.F.M., 2010. Fish and aquatic habitat conservation in South America: a continental overview with emphasis on neotropical systems. *Journal of Fish Biology.* 76 (9): 2118-2176.
- Barnosky, A. D. *et al*; 2012. Approaching a state shift in Earth’s biosphere. *Nature* 486, 52–58.
- Bennett, P.M., Owens, I.P., 1997. Variation in extinction risk among birds: chance or evolutionary predisposition? *Proc R Soc Lond, Ser B: Biol Sci.* 264: 401–408.
- Blackburn, T.M., Gaston, K.J., 1995. What determines the probability of discovering a species - a study of South-American oscine passerine birds. *J. Biogeogr.* 22, 7–14.
- Cardillo, M., Mace, G.M., Jones, K.E., Bielby, J., Bininda-Emonds, O.R., Sechrest, W., Orme, C.D.L., Purvis, A., 2005. Multiple causes of high extinction risk in large mammal species. *Science.* 309: 1239–1241.
- Cardinale, B.J., Duffy, J.E., Gonzalez, A., Hooper, D.U., Perrings, C., Venail, P., *et al.*, 2012. Biodiversity loss and its impact on humanity. *Nature* 486, 59–68.
- Cooper, N., Bielby, J., Thomas, G.H., Purvis, A., 2008. Macroecology and extinction risk correlates of frogs. *Global Ecol Biogeogr.* 17: 211–221.
- Costa, W.J.E.M., 2007. Taxonomy of the plesiolebiasine killifish genera *Pituna*, *Plesiolebias* and *Maratecoara* (Teleostei: Cyprinodontiformes: Rivulidae), with descriptions of nine new species. *Zootaxa.* 1410: 1–41.
- Costa, W.J.E.M., 2009. Peixes aploqueilóideos da Mata Atlântica brasileira: história, diversidade e conservação. Rio de Janeiro: Museu Nacional/UFRJ. Série Livros 34.
- Costa, W.J.E.M., Peixes anuais brasileiros: diversidade e conservação. 2002. Ed. UFPR, Curitiba, Brasil. Curitiba: Ed. da UFPR, 240 p.: il.
- Fritz, S.A., Bininda-Emonds O.R., Purvis, A., 2009. Geographical variation in predictors of mammalian extinction risk: big is bad, but only in the tropics. *Ecol Lett.* 12: 538–549.
- Griffiths, D. 2013. Body size distributions in North American freshwater fish: small-scale factors and synthesis. *Ecology of Freshwater Fish:* 22: 257–267.

Hoeinghaus, D.J., Agostinho, A.A., Gomes, L.C., Pelicice, F.M., Okada, E.K., LATINI, J.D., Kashiwaqui, E.A.L., Winemiller, K.O., 2009. Effects of River Impoundment on Ecosystem Services of Large Tropical Rivers: Embodied Energy and Market Value of Artisanal Fisheries. *Conservation Biology*. Volume 23, No. 5, 1222–1231

ICMBio – Instituto Chico Mende de conservação da Biodiversidade. 2014. Avaliação do risco de extinção das espécies. Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/portal/faunabrasileira/lista-de-especies>>

Olden, J.D., Hogan Z.S., Zanden, M. Small fish, big fish, red fish, blue fish: size-biased extinction risk of the world's freshwater and marine fishes. 2007.*Global Ecology Biogeogr.* 16: 694–701.

Pimm, S.L., Jenkins, C.N., Abell, R., Brooks, T.M., Gittleman, J.L., Joppa, L.N., Raven, P.H., Roberts, C.M., Sexton, J.O. 2014. The biodiversity of species and their rates of extinction, distribution, and protection. *Science* 344.

Revenga, C; Campbell, I; Abell, R; De Villiers, P; Bryer, M. 2005. Prospects for monitoring freshwater ecosystems towards the 2010 targets. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 360: 397–413.

Scheffers, B.R; Joppa, L.N; Pimm, S.L; Laurance, W.F. 2012. What we know and don't know about Earth's missing biodiversity. *Trends Ecol. Evol.* 27, 501–510. 11.



**TAMANHO DO CORPO E ANO DE DESCRIÇÃO DAS ESPÉCIES PEIXES DE  
ÁGUA DOCE SÃO ASSOCIADAS COM O RISCO DE EXTINÇÃO?  
(CAPÍTULO 1)**

**Murilo Luiz e Castro Santana & Fabrício Barreto Teresa**

Universidade Estadual de Goiás – Câmpus de Ciências Exatas e Tecnológicas

**Resumo**

O tamanho do corpo é um atributo biológico que pode estar associado com o risco de extinção das espécies. Entretanto, essa relação pode ser dependente do contexto, variando de acordo com os impactos ambientais a que as espécies são submetidas. Neste estudo, procuramos responder as seguintes perguntas: Os peixes com maior risco de extinção apresentam menor tamanho corporal? As espécies ameaçadas de extinção variam em tamanho dependendo do tipo de impacto a que são susceptíveis? Avaliamos 3.114 espécies de peixes de água doce com ocorrência em território brasileiro. Testamos se o tamanho corporal das espécies varia em função do risco de extinção, considerando as categorias: LC: menos preocupante; DD: dados insuficientes; NT: quase ameaçada; ameaçadas, incluindo as espécies enquadradas nas categorias: Vulnerável, Em Perigo e Criticamente Em Perigo. Para isso, a assimetria (*skewness*), que mede o grau com o que o tamanho é distribuído desigualmente entre as espécies, obtida em cada grupo foi comparada com o padrão obtido ao acaso. Testamos também se o tamanho corporal das espécies ameaçadas difere de acordo com o impacto a que são submetidas por meio de uma Análise de Variância. As frequências de distribuição do tamanho corporal foram assimétricas, com a maior parte das espécies apresentando menor tamanho corporal. Entretanto, essa assimetria é maior entre as espécies AM e NT, indicando que essas espécies possuem menor tamanho corporal. As espécies cuja principal ameaça é o barramento possuem maior tamanho corporal do que as espécies ameaçadas por outros impactos. Os resultados indicam que o tamanho corporal é um preditor do risco de extinção, mas essa relação é dependente do contexto.

**Palavras-chave:** Atributo biológico, ictiofauna, impactos ambientais.

## 1- Introdução

O tamanho do corpo é um atributo biológico relacionado com várias características de história de vida das espécies (Cardillo, 2003). Ele é comumente associado com o risco de extinção, entretanto não explica todo o alcance da história de vida (Cardillo, 2003; Juan-Jordá *et al.*, 2015). Neste sentido, o tamanho corporal pode explicar taxa de reprodução, crescimento populacional, tempo de vida e necessidade energética das espécies (Cardillo, 2003) que por sua vez estão correlacionados com a vulnerabilidade à extinção (IUCN, 2001; Brasil, 2014). Desta forma, o tamanho do corpo das espécies pode ajudar a refinar preditores de risco de extinção (Jennings *et al.*, 1999; Cardillo *et al.*, 2008; Sanciangco *et al.*, 2016).

O risco de extinção global para organismos terrestres com maior tamanho corporal é ocasionado por fatores intrínsecos e ambientais, enquanto os fatores ambientais são as principais ameaças para as espécies de menor porte (Cardillo *et al.*, 2005). O maior tamanho corporal de mamíferos, aves, anuros e peixes marinhos atribuiu maior risco de extinção para algumas das espécies (Cardillo *et al.*, 2005; Fritz *et al.*, 2009; Blackburn & Gaston, 1995; Bennett & Owens, 1997). Espécies de grande porte comumente têm taxas reprodutivas baixas e ninhadas menores em relação às espécies de pequeno porte, tornando difícil a recuperação de um declínio populacional (Olden *et al.*, 2007; Cooper *et al.*, 2008). Entretanto, algumas espécies de pequeno porte, por exemplo, mamíferos terrestres, estão mais associados a categorias de menor risco de extinção (McKinney, 1997; Cardillo, 2003). Pois, espécies com menor tamanho têm maior sucesso reprodutivo e maior densidade populacional (Cooper *et al.*, 2008; Cardillo, 2003).

A relação entre o tamanho corporal com o risco de extinção das espécies muda de acordo com os impactos ambientais a que estão expostas (Olden *et al.*, 2007; Petchey & Belgrano, 2010). Por exemplo, as espécies de peixes cuja principal ameaça é a pesca devem apresentar associação positiva entre o tamanho corporal e o grau de ameaça, uma vez que a pressão de pesca é mais direcionada aos peixes de maior porte (Olden *et al.*, 2007). Por outro lado, para espécies cuja ameaça é a perda de hábitat essa associação deve ser negativa, uma vez que os peixes de pequeno porte ocorrem em ambientes mais susceptíveis à degradação antrópica, como os riachos (Langeani *et al.*, 2007). Essas evidências indicam que a relação entre o tamanho do corpo e a vulnerabilidade a extinção é mais complexa, podendo variar de acordo com o tipo de ameaça a que as espécies são submetidas (Olden *et al.*, 2007).

Além do tamanho corporal, o ano de descrição tem sido associado o grau de ameaça à extinção das espécies (Olden *et al.*, 2007; Forero-Medina *et al.*, 2009; Vilela *et al.*, 2014).

Espécies descritas mais recentemente podem não ter sido suficientemente estudadas de forma a permitir a identificação do seu estado de conservação. Nesses casos, é comum que essas espécies sejam enquadradas em uma categoria denominada DD (*Data Deficient*) (Vilela et al., 2014). Além disso, o ano de descrição também pode estar associado com atributos biológicos das espécies como, grau de especialização de nicho, tamanho da distribuição geográfica e tamanho corporal (Vilela et al., 2014). Isso sugere que os atributos taxonômicos como o ano de descrição também podem apresentar padrões não aleatórios entre as espécies com diferente risco de extinção.

Recentemente o risco de extinção de todas as espécies de peixes com ocorrência no território brasileiro foi determinado, incluindo 3.130 espécies de água doce (Brasil, 2014; ICMBio, 2015). Até então, grande parcela da ictiofauna de água doce permanecia com seu estado de conservação não avaliado, limitando a capacidade de predição sobre os fatores que predisõem as espécies ao risco de extinção. Neste sentido, beneficiando-se dessa base de dados com abrangência nacional, com alto grau de detalhamento, procuramos responder as seguintes perguntas: as espécies de peixes com maior risco de extinção apresentam menor tamanho corporal e são aquelas descritas mais recentemente? O tamanho das espécies ameaçadas de extinção varia de acordo com o tipo de impacto a que são susceptíveis? Hipotetizamos que espécies com maior risco de extinção apresentam menor tamanho corporal. E que as espécies ameaçadas de extinção pelo barramento e pela pesca apresentam maior tamanho corporal do que espécies ameaçadas por outros tipos de impactos ambientais.

## **2- Materiais e Métodos**

### *2.1. Os dados*

O estudo foi realizado a partir da compilação de dados secundários que apresenta 3.130 espécies de Actinopterygii Continentais, contudo a base inicial de dados divulgada continha apenas 3.115 espécies, sendo uma espécie não válida por não possuir o epíteto específico. Assim, analisamos 3.114 espécies de peixes de água doce com ocorrência no Brasil, que estão agrupadas em 14 ordens e divididas em 54 famílias. Deste total, 2.803 espécies são classificadas como não ameaçadas de extinção e subdividas em três categorias, LC – menos preocupante (2.369 espécies), DD – dados insuficientes (340 espécies) e NT – quase ameaçadas (94 espécies). As demais espécies, 311 espécies, são classificadas como

ameaçadas de extinção e subdivididas em três categorias de ameaça, conforme a portaria nº445, de 17 de dezembro de 2014, CR – Criticamente em Perigo (100 espécies), EN – Em Perigo (112 espécies) e VU – Vulnerável (99 espécies).

As espécies foram avaliadas quando ao seu risco de extinção por centenas de especialistas (ICMBio, 2015). A avaliação seguiu os critérios da União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN) e as espécies foram classificadas nas categorias: Menos Preocupante (LC), Quase Ameaçadas (NT), Dados insuficientes (DD) e ameaçadas de extinção, nas categorias Vulnerável (VU), Em Perigo (EN) e Criticamente em Perigo (CR).

O tamanho máximo do corpo, o ano de descrição e a classificação taxonômica (ordem e família) das espécies foram obtidas a partir da base de dados Fishbase ([www.fishbase.org](http://www.fishbase.org)), Reis *et al.*, (2003) e artigos de descrição das espécies. Informações como as principais ameaças foram obtidas a partir da ficha descritiva produzida nos workshops para avaliação do risco de extinção disponibilizada pelo ICMBio (ICMBio, 2015).

## 2.2. Análises dos dados

Inicialmente os dados foram analisados por estatística descritiva. Para todas as categorias de ameaça calculamos assimetria (*skewness*), média, mediana, coeficiente de variação (C. V.), mínimo, máximo do tamanho corporal e ano de descrição. As espécies das categorias Vulnerável, Em Perigo e Criticamente em Perigo foram agrupadas em uma categoria denominada “Ameaçadas”.

Para o teste de hipóteses realizamos a avaliação da distribuição da frequência das observações a partir do padrão de assimetria ou *skewness* ( $g_1$ ) dos dados de tamanho máximo corporal transformado (logaritmo) e do ano de descrição das espécies nas categorias de ameaça. Essa abordagem é adequada para lidar com cujos valores se concentram em um dos extremos do gradiente de valores para cada variável, como é o caso de dados de tamanho corporal e ano de descrição (Olden *et al.*, 2007; Vilela *et al.*, 2014). Os valores de assimetria para cada categoria de ameaça foram calculados e comparados com os padrões obtidos ao acaso. Neste sentido, para cada categoria de ameaça, foi calculada a assimetria para 999 conjuntos aleatórios de dados, com o mesmo número de espécies de cada categoria obtidos a partir do *pool* de espécies total. Os valores de assimetria observados ( $g_1$ ) foram comparados com os valores obtidos nos conjuntos aleatórios ( $g_{1_{random}}$ ) para a obtenção do tamanho do efeito padronizado ( $SES_{g_1}$ ).

$$SES_{g_1} = (g_1 - g_{1_{random}} \text{ média}) / g_{1_{random}} \text{ desvio padrão}$$

Valores de  $SES_{g1}$  fora do intervalo dos quantis 2,5% e 97,5% correspondem a valores de assimetria menores e maiores daqueles esperados ao acaso, respectivamente, considerando um nível de significância de 5%. Espera-se que a assimetria das categorias de maior ameaça sejam maiores e menores do que o esperado ao acaso para o tamanho corporal e ano de descrição, respectivamente, indicando prevalência de espécies de menor porte e maior ano de descrição entre as espécies mais ameaçadas.

Para avaliar se o tamanho corporal das espécies ameaçadas de extinção varia de acordo com os impactos a que são associadas utilizamos o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis, seguido pelo teste *post hoc* de comparações múltiplas. Foi utilizada uma análise não paramétrica, pois os dados não apresentam distribuição normal.

### 3- Resultados

#### 3.1. Padrões gerais de tamanho corporal e ano de descrição

O tamanho corporal das espécies variou de 0,9 a 360 cm. A espécie *Leptophilypnion pusillus* Roberts, 2013, como espécie de menor tamanho corporal, enquanto *Brachyplatystoma filamentosum* (Lichtenstein, 1819) representou o extremo de maior tamanho corporal. Espécies pertencentes às categorias DD e LC, respectivamente. O ano de descrição teve variação entre 1758 e 2014, onde 2014 foi apontado como o ano mais recente para todas as categorias. *Acanthodoras cataphractus* (Linnaeus, 1758) para as mais antigas e *Aspidoras gabrieli* Wosiacki, Pereira e Reis, 2014, para as descritas mais recentemente (Tabela 1).

Entre as espécies avaliadas neste estudo, 24,3% foram descritas entre os anos de 2004 e 2014. A categoria DD é composta principalmente por espécies de peixes de pequeno e médio tamanho corporal, mediana 6,9 cm e compreende 340 espécies, tendo como ano de descrição mais antigo o ano de 1794 (i.e. *Corydoras punctatus*). As 94 espécies da categoria NT contemplam um intervalo de tamanho corporal entre 1,9 a 450 cm, com mediana de 8,4 cm, sendo a mais antiga é *Dormitator maculatus* (Bloch, 1792). Enquanto que para a categoria AM são 311 espécies, com o ano de descrição mais antigo datado em 1819 para a espécie *Brycon opalinus* (Cuvier, 1819), com espécies apresentando mediana do tamanho corporal em 5,8 cm (Tabela 1).

Tabela 1. Estatística descritiva para as categorias de ameaça em relação ao tamanho do corpo e ano de descrição.

<b>Tamanho corporal</b>						
<b>CATEGORIAS</b>	<b>N</b>	<b>Média</b>	<b>Mediana</b>	<b>C. V.</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
<b>LC</b>	2369	14,7	9,2	126,9	1,0	360
<b>DD</b>	340	10,4	6,9	173,9	0,9	300
<b>NT</b>	94	22,3	8,4	236,3	1,9	450
<b>AM</b>	311	10,7	5,8	166,6	1,7	250
<b>TOTAL</b>	3114	14,1	8,3	145,7	0,9	450
<b>Ano de descrição</b>						
<b>CATEGORIAS</b>	<b>N</b>	<b>Média</b>	<b>Mediana</b>	<b>C. V.</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
<b>LC</b>	2369	1939	1946	3,2	1758	2014
<b>DD</b>	340	1963	1991	2,7	1794	2014
<b>NT</b>	94	1974	1996	2,8	1792	2014
<b>AM</b>	311	1981	2000	2,1	1819	2014
<b>TOTAL</b>	3114	1947	1971	3,2	1758	2014

3.2. *As espécies de peixes com maior risco de extinção apresentam menor tamanho corporal e são descritas mais recentemente?*

As distribuições do tamanho corporal e ano de descrição das espécies são assimétricas (Tabela 2, Figura 1 e Figura 2), com a maior proporção de espécies apresentando menor tamanho e ano de descrição mais recente (Figura 1 e Figura 2). Entretanto, essas assimetrias são maiores entre as espécies das categorias AM e NT (Tabela 2, Figura 1 e Figura 2). Por outro lado, as distribuições das espécies LC são menos assimétricas, para ambos os atributos (Tabela 2, Figura 1 e Figura 2).

A comparação dos valores de assimetria observados nos grupos de espécies com aqueles obtidos aleatoriamente indicaram que a assimetria de AM e NT são maiores do que o esperado ao acaso, enquanto que para LC foram menores do que o esperado ao acaso, indicando prevalência desproporcional de espécies de menor tamanho na categoria NT e AM e espécies de maior tamanho corporal no grupo LC (Tabela 2). Em relação ao ano de descrição, a comparação dos valores de assimetria observada indicou que somente a assimetria de LC é maior do que o esperado ao acaso, enquanto que para as categorias NT,

AM e DD indicam a prevalência desproporcional de espécies descritas mais recentemente (Tabela 2).

Tabela 2. Assimetria (g1) do tamanho corporal máximo e ano de descrição das categorias de ameaça, com os respectivos quantis 2,5 e 97,5% de 999 aleatorizações. Valores significativamente diferentes da distribuição nula são marcados em negrito.

CATEGORIAS		g1	2,5%	97,5%
<b>Tamanho corporal</b>	LC	<b>0,31</b>	0,38	0,48
	DD	0,65	0,14	0,69
	NT	<b>1,19</b>	-0,09	0,91
	AM	<b>0,82</b>	0,15	0,70
<b>Ano de descrição</b>	LC	<b>-0,46</b>	-0,68	-0,60
	DD	<b>-0,86</b>	-0,83	-0,44
	NT	<b>-1,81</b>	-1,02	-0,23
	AM	<b>-1,77</b>	-0,84	-0,44

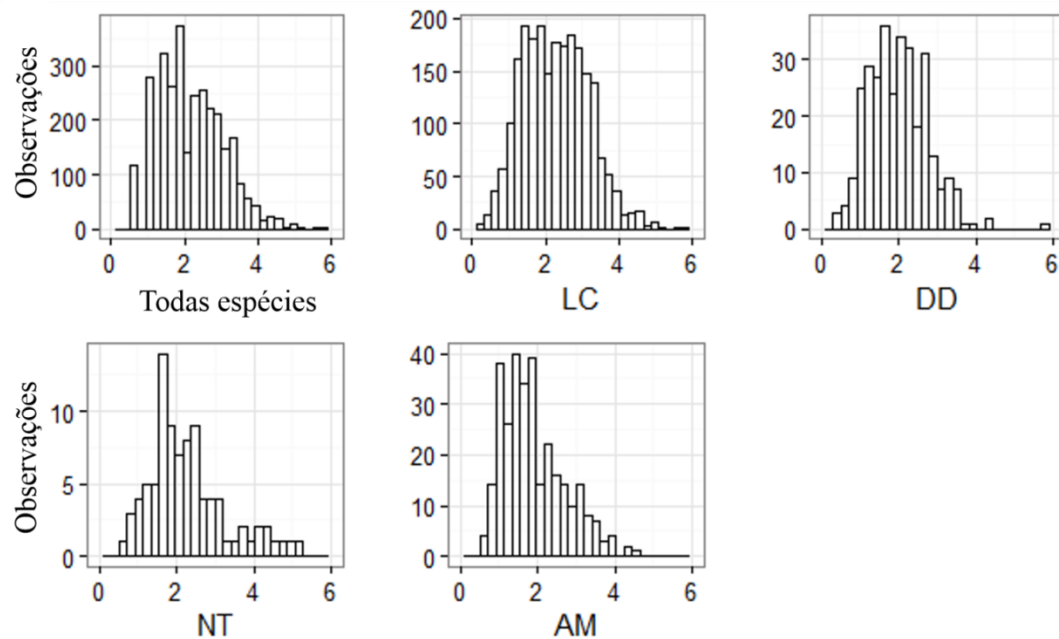


Figura 1. Frequência de distribuição dos dados de tamanho corporal (log- transformados) nas categorias de ameaça.

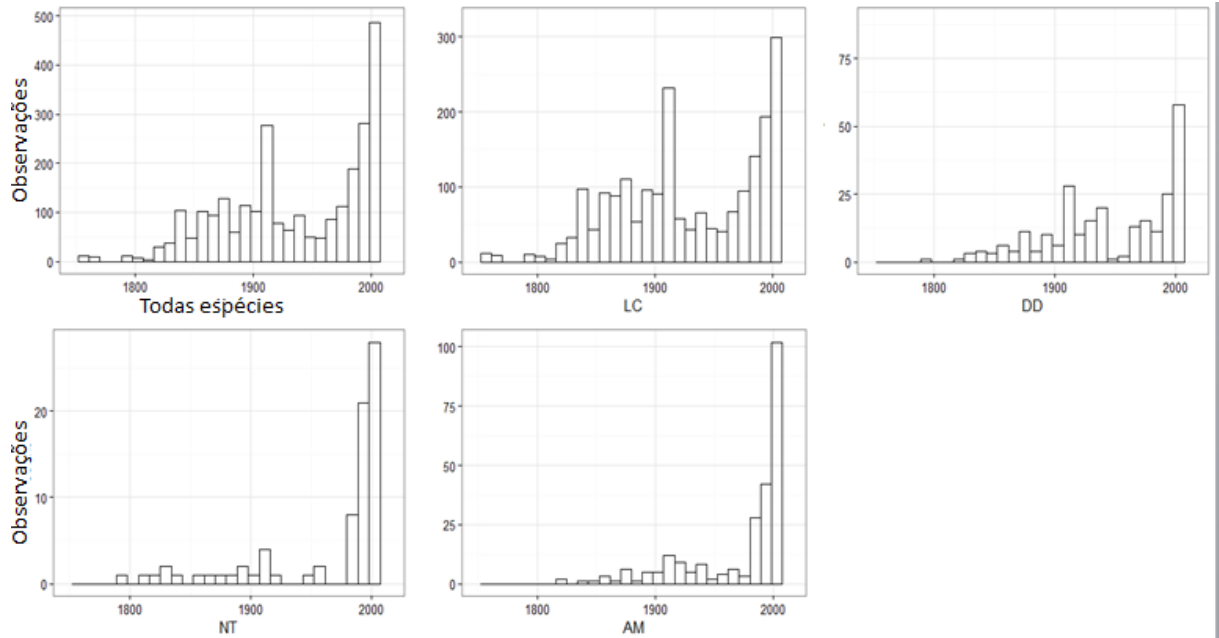


Figura 2. Frequência de distribuição do ano de descrição das espécies nas categorias de ameaça.

### 3.3. O tamanho das espécies ameaçadas de extinção varia de acordo com o tipo de impacto a que são susceptíveis?

O tamanho das espécies ameaçadas variou em função do impacto a que são susceptíveis. Aquelas espécies cuja principal ameaça é o barramento, apresentaram maior mediana de tamanho corporal do que as espécies ameaçadas por outros tipos de impactos (Kruskal-Wallis,  $H_{(4, 272)} = 98,13$ ,  $p < 0,01$ ) (Figura 3).



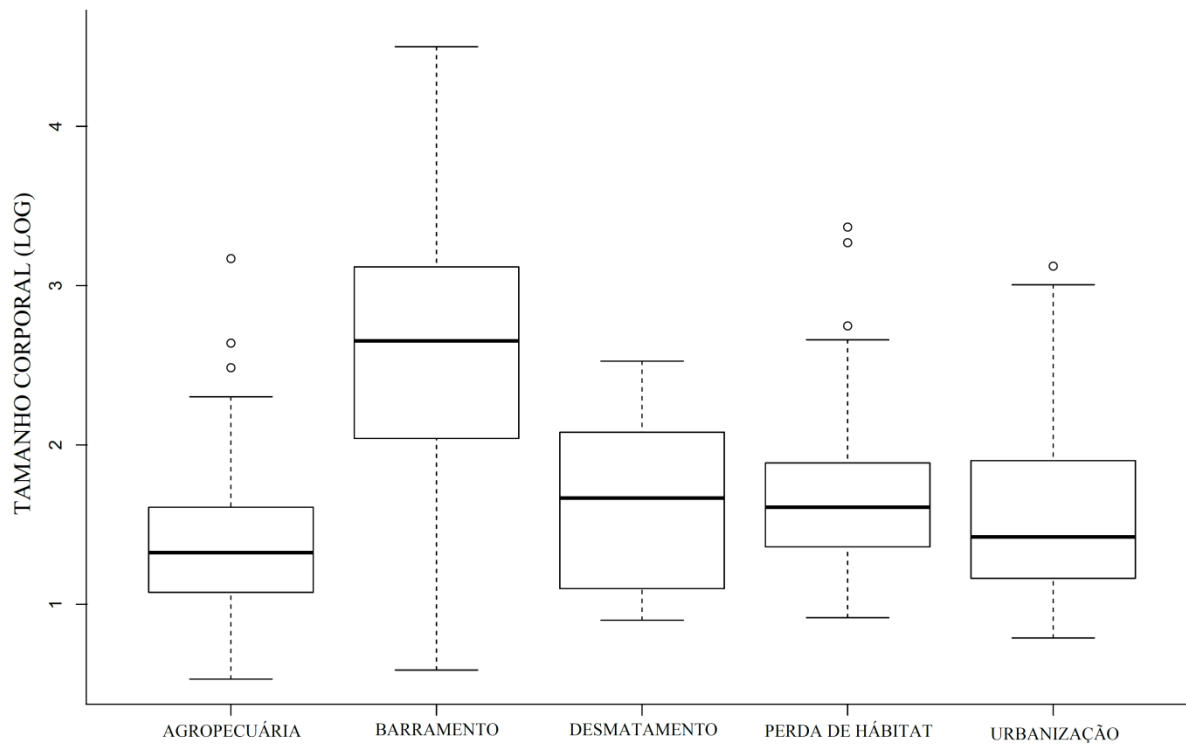


Figura 3. Comparação entre o tamanho do corpo (log-transformado) e os principais impactos ambientais que afetam as espécies ameaçadas. Linha dentro da caixa representa a mediana, os limites superiores e inferiores das caixas são o primeiro e terceiro quartil (25 e 75%) e as linhas verticais são os valores não *outliers* máximos e mínimos. Pontos representam *outliers* (valores maiores do que 1,5 vezes a distância interquartil).

#### 4- Discussão

O tamanho corporal dos organismos tem sido associado com o risco de extinção em diversos grupos animais (Cardillo, 2003; Olden et al., 2007; Vilela et al., 2014). Nosso estudo confirma essa tendência e indica que os peixes de água doce em maior risco de extinção tendem a ter menor tamanho corporal. Além disso, nossos resultados indicam que o tamanho corporal das espécies ameaçadas varia de acordo com o impacto a que são susceptíveis. Isso indica que a relação tamanho corporal e impactos ambientais é mais complexa e contexto-dependente.

A direção do relacionamento entre o tamanho corporal e o risco de extinção não é similar ao encontrado em outros grupos animais. O menor tamanho corporal dos peixes ameaçados que nós encontramos difere daquele encontrado para mamíferos (Cardillo et al., 2005; Fritz et al., 2009), aves (Blackburn & Gaston, 1995; Bennett & Owens, 1997), anuros

(Cooper et al., 2008) e peixes marinhos (Olden et al., 2007). Para esses grupos, as espécies com maior tamanho corporal foram aquelas com maior risco de extinção. Já para os peixes de água doce, em escala global, o menor tamanho corporal também foi associado com o maior risco de extinção (Olden et al., 2007). Em serpentes Neotropicais, se as espécies classificadas como DD fossem incluídas na categoria de ameaçadas seria predominante o menor tamanho corporal entre as ameaçadas (Vilela, et al., 2014).

A diferença no relacionamento tamanho-risco de extinção entre os diferentes grupos taxonômicos pode ser explicada pela variabilidade de mecanismos extrínsecos e intrínsecos envolvidos. Entre os fatores intrínsecos, o tempo de geração alto e o baixo investimento reprodutivo podem estar associados à menor capacidade para lidar com mudanças ambientais, o que poderia predispor as espécies à extinção (Pianka, 1970; Fenchel, 1974; Reznick et al., 2002). Essas características são comuns a espécies de maior tamanho corporal em ambientes k-seletivos (Schmidt-Nielsen, 1984; Benton, 2002; Hone & Benton, 2005). Entretanto, entre os peixes de água, a exposição aos impactos (fatores extrínsecos) parece ser mais influente na determinação do maior risco aos peixes de pequeno porte. Os ecossistemas de água doce mais ameaçados são aqueles de menor extensão (riachos e pequenas lagoas) (Dudgeon et al., 2006; Olden et al., 2007; Vörösmarty et al., 2010), onde predominam as espécies de pequeno porte (Castro, 1999).

O menor tamanho corporal entre as espécies mais ameaçadas (NT e AM) se deve, provavelmente ao fato de que espécies com menor tamanho corporal são mais susceptíveis à extinção. O menor tamanho corporal pode estar associado com a distribuição espacial restrita (Hubert & Renno, 2006), aumentando a susceptibilidade à extinção (Gaston, 1998; Clauset & Erwin, 2008). Nesse caso, a degradação ambiental nos habitats poderia expor mais facilmente essas espécies a extinção. É o caso da espécie *Plesiolebias canabravensis* uma das ameaçadas de extinção, possui tamanho de aproximadamente 2 cm e sua área de ocupação potencial é menor do que 20km<sup>2</sup>, uma lagoa sazonal próxima ao rio Canabrava, afluente do rio Tocantins. O fato de a espécie ocorrer fora de uma unidade de conservação e as margens da área submetidas a forte pressão da agropecuária torna mais problemática sua conservação (Costa, 2007; ICMBio, 2015).

Os resultados para o ano de descrição indicam que as espécies descritas mais recentemente tendem a ter o status de conservação mais preocupante em comparação às descritas há mais tempo. Espécies descritas mais recentemente, normalmente são de distribuição restrita e de hábitos muito especializados, características que aumentam a susceptibilidade à extinção (Morais et al., 2013).

As espécies DD apresentaram padrão de tamanho corporal similar ao esperado ao acaso. É possível que nesse grupo estejam espécies susceptíveis a extinção, mas que ainda não foram classificadas como ameaçadas, em especial aquelas com menor tamanho. Entretanto, nesse grupo, devem estar sendo incluídas também espécies não ameaçadas com conhecimento ainda insuficiente. Essa variabilidade deve explicar o fato desse grupo não ter apresentado tendência similar ao observado para os outros grupos. As espécies DD apresentaram ano de descrição mais recente. Para muitas dessas espécies, o tempo ainda não deve ter sido suficiente para a obtenção de informações precisas sobre o tamanho populacional, tendências de dispersão, área de ocorrência e distribuição. Isso resulta em uma má compreensão sobre o seu status de conservação e possíveis ameaças (IUCN, 2001; Morais et al., 2013).

Apesar de o padrão geral indicar menor tamanho corporal entre as espécies ameaçadas, há variabilidade entre essas espécies. Nossos resultados indicam que essa variabilidade pode ser explicada pelo tipo de impacto ambiental a que estão expostas. Particularmente, as espécies ameaçadas pelo barramento apresentam maior tamanho corporal. De fato, as barragens afetam especialmente as espécies migratórias que ocupam rios de maior porte, características comuns a muitos peixes de maior porte (Poff et al., 2007; Poff & Zimmerman, 2010; Vörösmarty et al., 2010; Nilsson et al., 2010; Liermann et al., 2012). Diferentemente do barramento dos rios, a perda de vegetação ripária parece impactar principalmente espécies de pequeno porte, que geralmente estão distribuídas em riachos, onde a mata ripária exerce papel fundamental na organização das comunidades (Allan, 2004; Fialho et al., 2008; Matono et al., 2013; Teresa et al., 2015).

As espécies ameaçadas de extinção pela urbanização possuem menor tamanho corporal. Geralmente, essas espécies ocorrem em ambientes aquáticos de pequeno porte, como pequenas drenagens. Áreas que são as mais utilizadas para o lançamento de efluentes, afetando negativamente a ictiofauna (Helms et al., 2005). Além disso, mudanças no uso e ocupação do solo, má administração de efluentes líquidos e poluição são impactos ambientais comuns em áreas urbanas (Schoonover et al., 2005). O aumento das áreas urbanas acarreta na utilização de áreas de entorno aos recursos hídricos, o que na maioria das cidades diminui a qualidade ambiental (Groffman et al., 2005). Esses impactos sobre as áreas naturais diminuem a riqueza das comunidades de peixes, além aumentarem a degradação dos ambientes aquáticos (Walters et al., 2003; Peressin & Cetra, 2014).

## 5- Conclusões

Nossos resultados evidenciam que a maioria das espécies de Actinopterygii Continentais apresenta menor tamanho corporal e são descritas mais recentemente. As categorias (AM) e NT concentram maior proporção de espécies de menor tamanho corporal, enquanto LC as de maior tamanho. As categorias (AM), NT e DD concentram maior proporção de espécies descritas mais recentemente e LC descritas há mais tempo. O tamanho corporal variou em função dos impactos ambientais a que as espécies estão susceptíveis. Aquelas espécies cuja principal ameaça é o barramento, apresentaram maior mediana de tamanho corporal. Enquanto a agropecuária, desmatamento, perda de hábitat e urbanização afetam espécies de menor tamanho corporal.

## 6- Agradecimentos

À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Goiás pela bolsa de mestrado concedida a Murilo Luiz e Castro Santana e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pela bolsa de produtividade em pesquisa concedida a Fabrício Barreto Teresa. Ao professor Fernando Rogério de carvalho pela contribuição com artigos e dados para a elaboração deste trabalho.

## 7- Referências

- Allan, J.D., 2004. Landscapes and Riverscapes: The Influence of Land Use on Stream Ecosystems. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 35: 257–84
- Bennett, P.M., Owens, I.P., 1997. Variation in extinction risk among birds: chance or evolutionary predisposition? *Proc R Soc Lond, Ser B: Biol Sci.* 264: 401–408.
- Benton, M.J., 2002. Cope's Rule. In *Encyclopedia of Evolution* (Pagel, M. ed.). Oxford University Press. p. 185–186.
- Blackburn, T.M., Gaston, K.J., 1995. Birds, body size and the threat of extinction. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.* 347: 205–212.
- Blackburn, T.M., Gaston, K.J., 1995. What determines the probability of discovering a species - a study of South-American oscine passerine birds. *J. Biogeogr.* 22, 7–14.
- Brasil. Portaria n. 445, de 17 de dezembro de 2014. Avaliações do estado de conservação de Peixes e Invertebrados Aquáticos Ameaçados. Ministério do Meio Ambiente.

- Cardillo, M., 2003. Biological determinants of extinction risk: why are smaller species less vulnerable? *Anim Conserv. The Zoological Society of London*. 6: 63–69.
- Cardillo, M., Mace, G.M., Jones, K.E., Bielby, J., Bininda-Emonds, O.R., Sechrest, W., Orme, C.D.L., Purvis, A., 2005. Multiple causes of high extinction risk in large mammal species. *Science*. 309: 1239–1241.
- Cardillo, M., Mace, G.M., Gittleman, J.L., Jones, K.E., Bielby, J., Purvis, A. 2008. The predictability of extinction: biological and external correlates of decline in mammals. *The Royal Society. Biological Sciences*. 275, 1441–1448.
- Castro, R.M.C., 1999. Evolução da ictiofauna de riachos sul-americanos: padrões gerais e possíveis processos causais. In *Ecologia de Peixes de Riachos: Estado Atual e Perspectivas* (E.P. Caramaschi, R. Mazzoni, C.R.S.F. Bizerril, P.R. Peres-Neto, eds.). *Oecologia Brasiliensis*, v. VI, Rio de Janeiro, p. 139-155.
- Clauset, A; Erwin, D. H. 2008. The Evolution and Distribution of Species Body Size. *Science*. 321, p.399-401.
- Cooper, N., Bielby, J., Thomas, G.H., Purvis, A., 2008. Macroecology and extinction risk correlates of frogs. *Global Ecol Biogeogr*. 17: 211–221.
- Costa, W.J.E.M., 2007. Taxonomy of the plesiolebiasine killifish genera *Pituna*, *Plesiolebias* and *Maratecoara* (Teleostei: Cyprinodontiformes: Rivulidae), with descriptions of nine new species. *Zootaxa*. 1410: 1–41.
- Dudgeon, D., Arthington, A.H., Gessner, M.O., Kawabata, Z.I., Knowler, D.J., Lávêque, C., Naiman, R.J., Prieur-Richard, A.H., Soto, D., Stiassny, M.L.J., Sullivan, C.A. 2006. Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. *Biol. Rev.*, 81, pp. 163–182.
- Fenchel, T. 1974. Intrinsic rate of natural increase: The relationship with body size. *Oecologia*. 14 (4), p. 317–326.
- Fialho, A.P., Oliveira, L.G., Tejerina-Garro, F.L., De Mérona, B., 2008. Fish-habitat relationship in a tropical river under anthropogenic influences. *Hydrobiologia*. 598: 315–324.
- Forero-Medina, G., Vieira, M.V., Grelle, E.V., Almeida, P.J., 2009. Body size and extinction risk in Brazilian carnivores. *Biota Neotropica*. 9(2).
- Fritz, S.A., Bininda-Emonds O.R., Purvis, A., 2009. Geographical variation in predictors of mammalian extinction risk: big is bad, but only in the tropics. *Ecol Lett*. 12: 538–549.
- Gaston, K. J. 1998. Species-range size distributions: products of speciation, extinction and transformation. *Phil.Trans. R. Soc. Lond. B* . 353, p. 219-230.
- Groffman, P.M., Dorsey, A. M., Mayer. P. M., 2005. N processing within geomorphic structures in urban streams. *Journal of the North American Benthological Society* 24:613–625.
- Helms, B.S., Feminella, J.W., Pan, S., 2005. Detection of biotic responses to urbanization using fish assemblages from small streams of western Georgia, USA. *Urban Ecosyst* 8:39–57.

- Hone, D.W. E., Benton, M.J., 2005. The evolution of large size: how does Cope's Rule work?. *Trends in Ecology and Evolution*. 20 (1).
- Hubert, N., Renno, J. F., 2006. Historical biogeography of South American freshwater fishes. *Journal of Biogeography*. J. Biogeogr. 33, 1414–1436.
- ICMBio – Instituto Chico Mende de conservação da Biodiversidade. 2014. Avaliação do risco de extinção das espécies. Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/portal/faunabrasileira/lista-de-especies>>
- IUCN - International Union for Conservation of Nature and Natural Resources. Red List categories and criteria: version 3.1. 2001. Species Survival Commission. Gland, Switzerland and Cambridge, UK. 2nd ed.
- Jennings, S., Reynolds, J.D., Polunin N.V.C., 1999. Predicting the vulnerability of tropical reef fishes to exploitation with phylogenies and life histories. *Conserv. Biol.* 13, 1466– 1475.
- Juan-Jordá, M.J., Mosqueira, I., Freire, J., Dulvy, N.K., 2015. Population declines of tuna and relatives depend on their speed of life. *Proc. R. Soc. B* 282: 20150322. <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2015.0322>
- Langeani, F., Castro, R.M.C., Oyakawa, O.T., Shibatta, O.A., Pavanelli, C.S., Casatti, L., 2007. Diversidade da ictiofauna do Alto Rio Paraná: composição atual e perspectivas futuras. *Biota Neotrop.* 7 (3).
- Liermann, C. R., Nilsson, C., Robertson, J., NG, R.Y., 2012. Implications of Dam Obstruction for Global Freshwater Fish Diversity. *BioScience*. 62: 539–548.
- Matono, P., Sousa, D., Ilheú, M., 2013. Effects of Land Use Intensification on Fish Assemblages in Mediterranean Climate Streams. *Environmental Management*. 52 (5):1213-29
- McKinney, M.L., 1997. Extinction vulnerability and selectivity: combining ecological and paleontological views. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 28, 495–516.
- Morais, A.R., Siqueira, M.N., Lemes, P., Maciel, N.M., JR, P.M., BRITO, D., 2013. Unraveling the conservation status of Data Deficient species. *Biological Conservation*. 166: 98–102.
- Nilsson, C., Brown, R.L., Jansson, R., Merritt, D.M., 2010. The role of hydrochory in structuring riparian and wetland vegetation. *Biol Rev.* 85:837–858
- Olden, J.D., Hogan Z.S., Zanden, M. Small fish, big fish, red fish, blue fish: size-biased extinction risk of the world's freshwater and marine fishes. 2007.*Global Ecology Biogeogr.* 16: 694–701.
- Peressin, A., Cetra, M., 2014. Responses of the ichthyofauna to urbanization in two urban areas in Southeast Brazil. *Urban Ecosystems*. 17 (3) 675–690.
- Petchey, O.L., Belgrano, A., 2010. Body-size distributions and size-spectra: universal indicators of ecological status? *Biol. Lett.* (2010) 6, 434–437 doi:10.1098/rsbl.2010.0240
- Pianka, E. R., 1970. On r- and K-Selection. *The American Naturalist*. 104 (940) p. 592-597.

- Poff, N. L., Zimmerman, J.K.. 2010. Ecological responses to altered flow regimes: a literature review to inform the science and management of environmental flows. *Freshwat Biol.* 55:194–205
- Poff, N.L., Olden, J.D., Merritt, D.M., Pepin, D.M., 2007. Homogenization of regional river dynamics by dams and global biodiversity implications. *Proceedings of the National Academy of Sciences.* 104: 5732–5737
- Reis, R.E., Kullander, S.O., Ferraris, C.. 2003. Check List of the Freshwater Fishes of South and Central America (CLOFFSCA). EDIPUCRS, Porto Alegre, 729 pp.
- Reznick, D., Bryant, M.J., Bashey, F.. 2002. r- and k-selection revisited: the role of population regulation in life-history evolution. *Ecology.* 83(6) p. 1509–1520.
- Sanciango, J.C., Carpenter, K. E., Etnoyer, P. J., Moretzsohn, F., 2013. Habitat availability and heterogeneity and the Indo-Pacific warm pool as predictors of marine species richness in the tropical Indo-Pacific. *PLoS One* 8, e56245.
- Schmidt-Nielsen, K,. 1984. *Scaling: Why is Animal Size so Important.* Cambridge University Press. p. 548-549
- Schoonover, J.E., Lockaby, B.G., Pan, S., 2005. Changes in chemical and physical properties of stream water across an urban—rural gradient in western Georgia. *Urban Ecosystems* 8:107–124.
- Teresa, F.B., Casatti, L., Cianciaruso, M.V., 2015. Functional differentiation between fish assemblages from forested and deforested streams. *Neotropical Ichthyology.* 13(2) 361-370
- Vilela, B., Villalobos, F., Rodríguez, M. Á., Terribile, L.C., 2014. Body Size, Extinction Risk and Knowledge Bias in New World Snakes. *PLoS ONE.* 9(11).
- Vörösmarty C., J. McIntyre, P.B., Gessner, M. O., Dudgeon, D., Prusevich, A., Green, P., 2010. Global threats to human water security and river biodiversity. *Nature.* 467, 555–561
- Walters, D.M., Leigh, D.S., Bearden, A.B., 2003. Urbanization, sedimentation, and the homogenization of fish assemblages in the Etowah River Basin, USA. *Hydrobiologia* 494:5–10.

**RELAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS COM AS BACIAS  
HIDROGRÁFICAS E GRUPOS TAXONÔMICOS COMO PREDITORES DO  
RISCO DE EXTINÇÃO PARA PEIXES DE ÁGUA DOCE  
(CAPÍTULO 2)**

**Murilo Luiz e Castro Santana<sup>1</sup>, Carla Polaz<sup>2</sup>, Fernando Rogério de Carvalho<sup>3</sup> &  
Fabrício Barreto Teresa<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Universidade Estadual de Goiás – Campus de Ciências Exatas e Tecnológicas – Anápolis, Goiás.

<sup>2</sup> Centro Nacional de Pesquisa e Conservação da Biodiversidade Aquática Continental – Pirassununga, São Paulo.

<sup>3</sup> Universidade Federal do Mato Grosso do Sul – Campo Grande, Mato Grosso do Sul.

**Resumo**

As alterações ambientais antropogênicas são a principal causa de extinção das espécies. Entretanto, as espécies diferem na susceptibilidade aos tipos particulares de impactos ambientais. Considerando que as espécies de um mesmo grupo taxonômico devem compartilhar atributos biológicos que influenciam em sua sensibilidade aos impactos, espécies de grupos taxonômicos distintos devem ser influenciadas por diferentes tipos de impactos ambientais. Além disso, as espécies podem estar expostas ou não aos impactos, de acordo com as atividades antrópicas incidentes em cada região. Dessa forma, a probabilidade com que uma espécie sofre o risco de extinção deve variar de acordo com a sua identidade taxonômica e com região em que ocorre. Nesse sentido, testamos se os impactos ambientais a que as espécies são ameaçadas variam entre os grupos taxonômicos e entre bacias hidrográficas. Para isso, utilizamos uma base de dados das espécies de peixes de água doce do Brasil ameaçados de extinção. Avaliamos se as principais ameaças às espécies em risco de extinção variam entre as bacias hidrográficas e entre grupos taxonômicos por meio do teste de qui-quadrado e Análise de Componentes Principais. Os principais impactos às espécies ameaçadas variam entre as bacias hidrográficas e entre os grupos taxonômicos. Os resultados indicam que os fatores extrínsecos associados com o risco de extinção, como os impactos ambientais são previsíveis espacialmente e entre grupos taxonômicos.

**Palavras-chave:** Espécies Ameaçadas, Impactos Ambientais, Bacias hidrográficas.



## **Introdução**

A biodiversidade de água doce sofre taxas de extinção maiores que a terrestre e marinha nas últimas décadas (Jenkins, 2003; Dirzo et al., 2014). Os ecossistemas de água doce são cada vez mais influenciados negativamente por impactos ambientais (Matono et al., 2013). Alterações extremas na paisagem podem diminuir a integridade dos ambientes aquáticos colocando em risco as espécies ali distribuídas e intensificam processos de mudança na composição das comunidades aquáticas (Dudgeon et al., 2006).

Características intrínsecas das espécies, assim como os fatores extrínsecos, como as interferências antrópicas são determinantes para o risco de extinção das espécies (Olden et al., 2007). Os impactos ambientais antropogênicos variam em relação ao tempo e ao espaço, e podem colocar em risco de extinção a maioria das espécies (MacDougall et al., 2013). Seus efeitos dependem da susceptibilidade das espécies ao impacto, o que, por sua vez, reflete os atributos da própria espécie (Olden et al., 2007). Muitos desses atributos são conservados na filogenia, o que faz com que a resposta aos impactos deva ser semelhante entre espécies de um mesmo grupo taxonômico (Olden et al., 2007; Forero-Medina et al., 2009; Vilela et al., 2014).

As ameaças mais importantes para os peixes são pesca, perda de hábitat devido à construção de hidrelétricas ou conversão de áreas nativas em pasto ou culturas agrícolas, além da poluição (Barletta et al., 2010). Esses impactos são resultado da forte expansão agropecuária, e da matriz energética baseada em hidrelétricas e do crescimento dos centros urbanos no Brasil (Martinelli et al., 2010; Soito & Freitas, 2011; Cunico et al., 2012). A intensidade dessas ameaças varia regionalmente, provavelmente refletindo as diferenças nas pressões antrópicas que ocorrem em cada região. Por exemplo, a bacia Amazônica com uso e potencial hidrelétrico muito maior do que outras bacias influencia negativamente toda biodiversidade (Miesen et al., 2010; Fearnside, 2012). Para a ecorregião de domínio das bacias Sudeste e Atlântico Sul a influência do elevado número de habitantes, áreas urbanas e industrialização indicam a vasta gama de impactos ambientais que essas bacias estão sujeitas (ANA, 2016).

As principais ameaças que expõem as espécies ao risco de extinção também devem variar entre os grupos taxonômicos. Por exemplo, espécies de Cyprinodontiformes que ocorrem em habitats temporários, tendem a ser susceptíveis à perda de habitat (Costa, 2002; 2007; 2009). Por outro lado, muitas espécies de grandes bagres (Ordem Siluriformes) são afetadas negativamente pelo barramento dos rios (Hoeinghaus et al., 2009). O estudo dessas

associações podem fornecer informações úteis sobre respostas grupos-específicas aos impactos ambientais, contribuindo para a implementação de planos de ações regionais.

Neste estudo, objetivamos avaliar se os impactos ambientais incidentes sobre as espécies ameaçadas de extinção variam entre as bacias hidrográficas e grupos taxonômicos. Hipotetizamos que as espécies são ameaçadas de extinção devido a impactos ambientais diferentes em cada bacia hidrográfica, refletindo a incidência diferencial dos tipos de interferências antrópicas entre regiões. Além disso, também esperamos que os impactos ambientais sejam associados a grupos taxonômicos específicos, refletindo as diferenças na susceptibilidade das espécies aos tipos de impactos. Testamos essas hipóteses utilizando uma base de dados das espécies de peixes de água doce do Brasil ameaçados de extinção.

## **Materiais e Métodos**

### **Os dados**

O estudo foi realizado a partir da compilação de dados secundários. A portaria nº445, de 17 de dezembro de 2014, apresenta 311 espécies de Actinopterygii Continentais ameaçadas de extinção, entretanto, a espécie *Megalops atlanticus* Valenciennes, 1847 não foi considerada nas análises por ter ocorrência marginal na costa Atlântica e não ser exclusivamente brasileira. O que diminuiu o número de espécies ameaçadas no Brasil. Foram consideradas 310 espécies de água doce com ocorrência no Brasil e avaliadas quanto ao risco de extinção de acordo com a avaliação do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio.

A delimitação política da extensão geográfica justifica-se pela disponibilidade de informações de alta qualidade sobre o risco de extinção e os impactos ambientais mais importantes associados com as espécies que ocorrem no Brasil. Esses dados foram gerados a partir de workshops realizados pelo ICMBio que consistiu na avaliação do risco de extinção de todas as espécies com ocorrência no território brasileiro por centenas de especialistas e encontram-se disponíveis no sumário executivo do livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção (ICMBio, 2015). Além disso, a extensão geográfica considerada inclui diversas bacias hidrográficas que correspondem a importantes ecorregiões para a biodiversidade aquática na região Neotropical (Abell et al., 2008). A avaliação das espécies ocorreu de acordo com os critérios da União Internacional para a Conservação da Natureza

(IUCN). Consideramos apenas as espécies ameaçadas de extinção, nas categorias Vulnerável (VU), Em Perigo (EN) e Criticamente em Perigo (CR).

Informações como as principais ameaças foram obtidas a partir da ficha descritiva produzida nos workshops para avaliação do risco de extinção disponibilizada pelo ICMBio (ICMBio, 2015). A ocorrência das espécies nas bacias hidrográficas foi obtida a partir da base de dados Catalog of fishes (<http://researcharchive.calacademy.org>), conforme a nomenclatura da Agência Nacional de Águas – ANA.

### **Análises dos dados**

Para testar se a proporção de espécies afetadas pelos diferentes tipos de impactos varia entre as bacias hidrográficas e entre os grupos taxonômicos utilizamos o teste de Qui-quadrado. Para avaliar se os impactos ambientais incidentes sobre as espécies variam entre as bacias hidrográficas e os grupos taxonômicos, foram realizadas Análises dos Componentes Principais (PCA) tendo as bacias hidrográficas e os grupos taxonômicos (ordens) como objetos e os impactos como variáveis, cujos valores representam a proporção de espécies ameaçadas (considerando as categorias VU, EN e CR em conjunto). Para interpretação, foram retidos os eixos cujos autovalores e as variáveis cujos *loadings* foram maiores do que o predito pelo modelo de *Broken-Stick* (Peres-Neto et al., 2003).

### **Resultados**

A partir das 310 espécies ameaçadas de extinção, os impactos ambientais apontados pelas justificativas do ICMBio gerou uma lista preliminar com 23 ações antrópicas. Após o refinamento foi obtida a listagem final com 12 impactos principais (*Vide tabelas suplementares*). Os impactos ambientais mais importantes associados com as espécies que ocorrem no Brasil são Barramento (30%), Agropecuária (20%), Urbanização (17,4%), Perda de Hábitat (11,9%) e Desmatamento (8,4%), essas ações antrópicas influenciam 87,7% espécies ameaçadas de extinção.

As 13 ordens de Actinopterygii Continentais foram avaliadas, sendo sete ordens ameaçadas de extinção. O barramento é o impacto ambiental mais significativo para as ordens Siluriformes (12,9%), Characiformes (6,8%), Gymnotiformes (4,8%) e o impacto exclusivo para as espécies de Perciformes (3,5%). Enquanto que a ordem Cyprinodontiformes a agropecuária (16,8%), urbanização (8,7%) e perda de hábitat (8,1%) foram os mais significativos.

### Os principais impactos ambientais aos peixes ameaçados de extinção variam entre as bacias hidrográficas?

A proporção de espécies afetadas pelos diferentes tipos de impactos diferiu entre as bacias hidrográficas (Qui-quadrado= 184.55, GL= 36,  $p < 0,01$ ). Essas diferenças podem ser observadas a partir dos padrões obtidos na PCA. Os dois primeiros eixos de PCA explicaram 55% da variação dos dados, com o primeiro eixo correspondendo a 33% e representando a proporção de espécies ameaçadas de acordo com o barramento (*loading*= -0,86), urbanização, perda de habitat, introdução de espécies e drenagem (*loadings* = 0,78, 0,75, 0,69 e 0,65, respectivamente). Este eixo foi mais associado à ordenação das bacias Amazônica, Tocantins-Araguaia, São Francisco e Paraná. O segundo eixo foi responsável por 22% da variação dos dados e representou os impactos pesca, construção de rodovias (*loadings* = -0,86 e -0,76) e agropecuária (*loading* = 0,75), impactos que estão associados principalmente às bacias Atlântico Leste, Atlântico Nordeste Oriental e Uruguai (Figura 4).

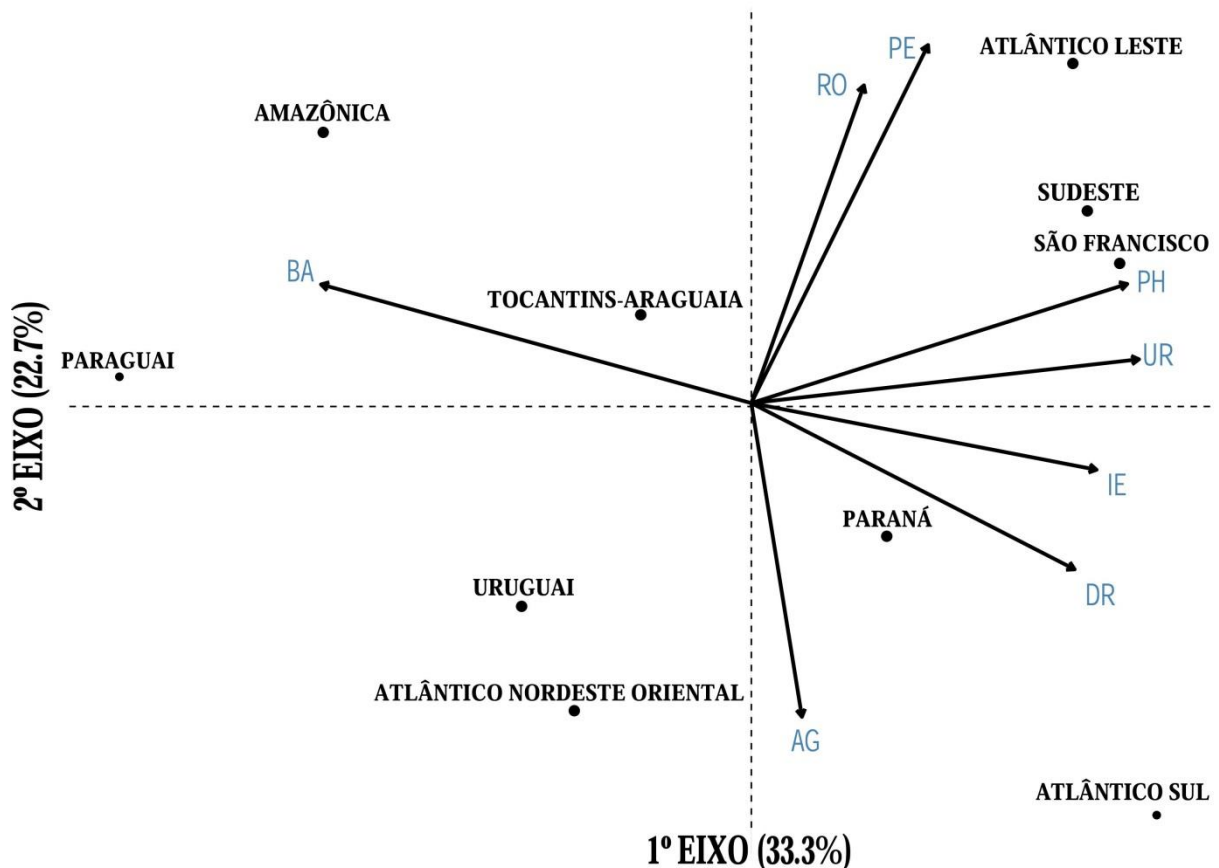


Figura 4. Ordenação da Análise de Componentes Principais (PCA) das bacias hidrográficas brasileiras de acordo com os principais impactos ambientais sobre as espécies ameaçadas de

extinção. AG: agropecuária; BA: barramento; DR: drenagem; IE: Introdução de espécies; PE: pesca; PH: perda de hábitat; RO: rodovia; UR: urbanização.

### Os principais impactos ambientais aos peixes ameaçados de extinção variam entre os grupos taxonômicos?

A proporção de espécies afetadas pelos diferentes tipos de impactos variou entre os grupos taxonômicos (Qui-quadrado= 143.53, GL= 16,  $p < 0,01$ ). A PCA revelou de que forma essa variação ocorreu. Os dois primeiros eixos de PCA foram responsáveis por 89% da variação nos dados de impactos ambientais, com 1º eixo respondendo por 63%, tendo desmatamento, urbanização, perda de hábitat, rodovia, agropecuária, pesca, drenagem e produção mineral como variáveis mais importantes (*loadings*= -1,00, -0,99, -0,91, -0,89, -0,82, -0,76 e -0,61, respectivamente), destacando a ordem Cyprinodontiformes das demais. O 2º eixo foi responsável por 26% da variação e representa o barramento, pesca, produção mineral e agropecuária (*loadings*= -0,90, -0,62, -0,57 e 0,55), associados com as ordens Characiformes e Siluriformes (Figura 8).

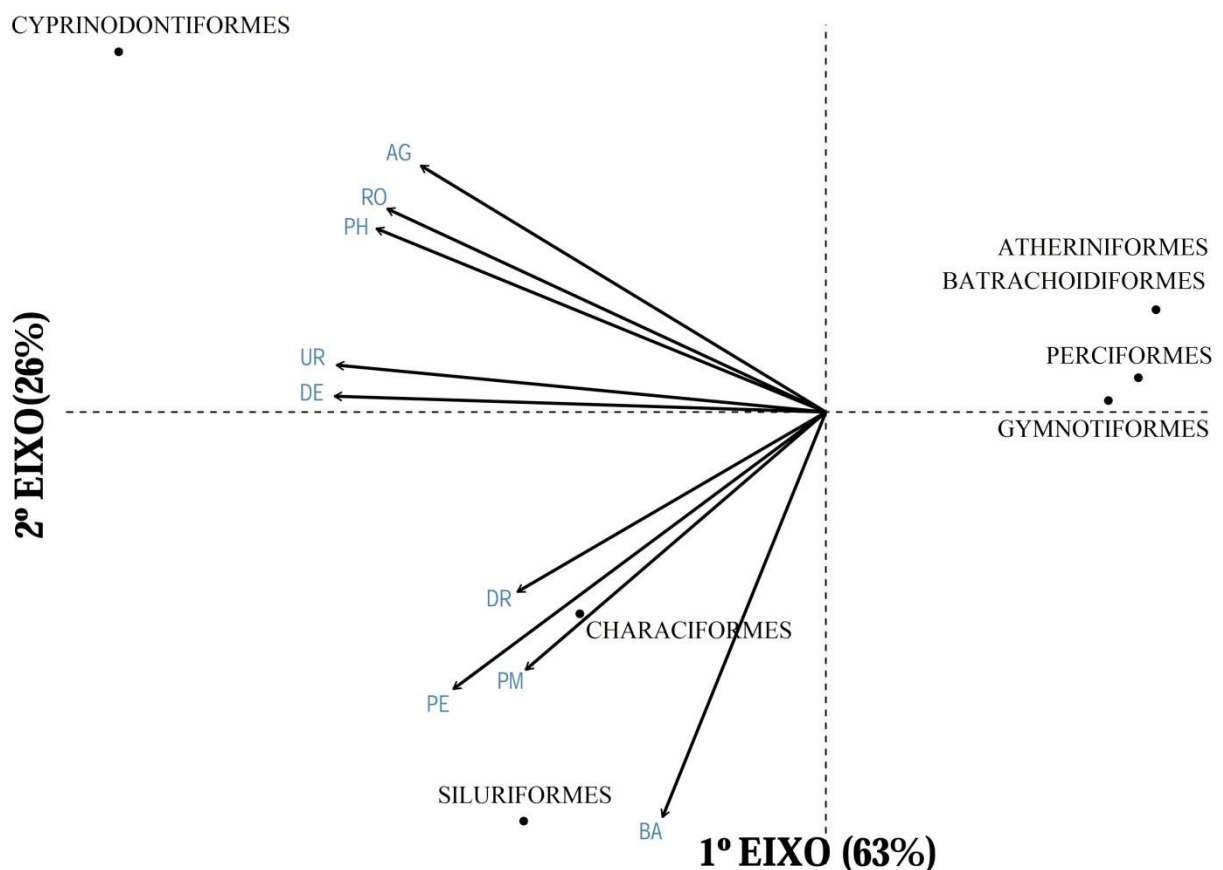


Figura 5. Ordenação a partir da Análise de Componentes Principais (PCA) da proporção de espécies das ordens de acordo com os principais impactos ambientais das espécies ameaçadas de extinção. AG: agropecuária; BA: barramento; DR: drenagem; IE: Introdução de espécies; PE: pesca; PH: perda de hábitat; PM: produção Mineral; RO: rodovia; UR: urbanização.

## Discussão

Nossos resultados estão de acordo com a hipótese e evidenciaram a importância diferencial dos impactos para o risco de extinção das espécies. A importância dos impactos variou entre as bacias hidrográficas. Além disso, os grupos taxonômicos (ordens) foram associados com impactos ambientais específicos. Essa variação na importância dos impactos é o resultado das atividades econômicas predominantes em cada região, refletindo principalmente a variabilidade no desenvolvimento da matriz energética, expansão das atividades da agropecuária e desenvolvimento socioeconômico.

Os processos de urbanização, expansão da agropecuária e alterações nos regimes de fluxo e vazão dos recursos hídricos é reflexo do desenvolvimento econômico, que por sua vez acarreta uma quantidade significativa de impactos ambientais tanto para o solo quanto a água. A bacia do Paraná, por exemplo, é historicamente uma das mais impactadas por atividades antrópicas como desmatamento, drenagem, agropecuária (Fialho et al., 2008) e introdução de espécies (Moretto et al., 2008). A bacia do São Francisco possui 44 espécies de peixes classificadas como ameaçadas de extinção. Deste total, 14 estão em risco pela perda de hábitat. O amplo desenvolvimento econômico aliado ao tamanho populacional da bacia hidrográfica do Sudeste faz com que muitos aspectos e impactos ambientais sejam gerados (Peressin & Cetra, 2014). O aumento das cidades e rodovias é resultado deste processo (Li & Ma, 2014). Estes impactos ambientais, resultantes de ações antrópicas, potencializam o risco de extinção para a maioria das espécies e diminuem significativamente a possibilidade de conservação dos ambientes terrestres e aquáticos (Helms et al., 2005; Peressin & Cetra, 2014).

As bacias, Amazônica e Tocantins/Araguaia apresentam maior proporção de espécies ameaçadas pelo barramento dos rios. O número de espécies cuja principal ameaça é o barramento é alto (30%) e as bacias Amazônica e Tocantins/Araguaia são as que possuem maior proporção dessas espécies. O barramento associado a outros impactos ambientais parece produzir efeito cumulativo negativo às espécies da ictiofauna, alterando a dinâmica trófica e de manutenção da ictiofauna, afetando principalmente espécies migratórias e aquelas de hábitos mais especializados (Greathouse et al., 2006; Albrecht et al., 2009). As bacias

Tocantins-Araguaia e Amazônica correspondem a 6% do potencial mundial para produção de energia hidrelétrica, o que gera interesse na construção de novos empreendimentos hidrelétricos (Silvano et al., 2009; RAISG, 2013). Novos empreendimentos devem ser construídos nos próximos anos na região, o que poderá aumentar o número de espécies ameaçadas de extinção devido à perda de ambientes adequados para sua manutenção (Kahn et al., 2014; ICMBio, 2015; Lees et al., 2016).

A região hidrográfica do Atlântico Leste é constituída por fragmentos de diferentes biomas, Floresta Atlântica, Caatinga, uma pequena área de Cerrado e biomas Costeiros e Insulares (ANA, 2016). Toda a região de domínio da bacia está envolvida por grandes cidades, o que resulta em uma maior pressão de pesca e maior influência da infraestrutura, como aquelas geradas pela construção de rodovias, o que justifica a maior proporção de espécies ameaçadas por esses impactos nessa bacia. Como exemplo de espécie ameaçada pela construção de rodovias, a espécie *Listrura camposi* (Miranda Ribeiro, 1957) é encontrada na bacia Ribeira do Iguapé, esta restrita a 30m<sup>2</sup> de área de ocupação em um curto trecho preservado, dentro de uma unidade de conservação. Além de diversos impactos ambientais a área foi bastante degradada para construção de vias de acesso (ICMBio, 2015).

As bacias do Atlântico Nordeste Ocidental e Uruguai são mais influenciadas pela atividade agropecuária (Mendonça, 2006; Grützmacher et al., 2008; Balbinot Junior et al., 2009). Essas bacias hidrográficas possuem amplas áreas de exploração agrícola, a maioria com práticas não sustentáveis. Os prejuízos causados por este tipo de exploração potencializam os impactos ambientais ao solo e a água destas regiões. Além disso, a intensificação do desmatamento para expansão da agropecuária poderá diminuir as possibilidades de conservação da vegetação nativa, interferindo diretamente na manutenção da qualidade dos recursos hídricos e conservação da biota aquática (ANA, 2016; Matono et al., 2012, 2013).

Entre as ordens de Actinopterygii continentais, Cyprinodontiformes teve trezentas e cinco espécies avaliadas quanto ao risco de extinção. Destas, 43,3% das espécies estão classificadas como ameaçadas de extinção. Vários impactos ambientais foram associados a esse grupo sendo primariamente agropecuária, urbanização e perda de hábitat. Estes impactos são responsáveis pela diminuição no número de áreas potenciais de ocorrência de muitas espécies por influenciarem a qualidade ambiental, principalmente com a diminuição da vegetação ripária (Costa, 2002). É a ordem que compreende as espécies de peixes anuais, dependentes de características ambientais específicas e da regularidade dos regimes de chuva e seca (Berois et al., 2015). A maior parte é encontrada em ambientes lênticos, de menor

profundidade e circundada por vegetação nativa (Costa, 2009). Processos contínuos de degradação desses ambientes tornam ainda mais emergenciais estratégias de conservação.

Para os Characiformes e Siluriformes, dominantes em ambientes de água doce Neotropicais (Nelson, 2006), o barramento é um dos principais impactos ambientais que contribuem para o risco de extinção das espécies destes grupos (Anderson et al., 2006). Isso se deve ao fato de que muitas dessas espécies são migradoras e reofilicas, e os trechos de rios com alto fluxo de água e de fundo pedregoso de rios de grande porte têm sido historicamente alterados pela construção de barragens, em especial, hidrelétricas (Liermann et al., 2012; Agostinho et al., 2015). Por exemplo, entre os Characiformes *Leporinus pitingai* Santos & Jégu, 1996 e para os Siluriformes *Steindachneridion amblyurum* (Eigenmann & Eigenmann, 1888) ambas com ocorrência em ambientes de corredeira com substrato rochoso e profundo, porém esses ambientes foram eliminados pela construção de barragens e assoreamento dos leitos de rios da bacia Amazônica e Atlântico Leste, respectivamente (ICMBio, 2015). O barramento também é o impacto mais relevante para espécies de Atheriniformes, Batrachoidiformes, Gymnotiformes e Perciformes, além disso para os Gymnotiformes urbanização e desmatamento influenciaram no risco de extinção.

Devido a tantos impactos ambientais que influenciam as ecorregiões neotropicais a composição das comunidades nas bacias hidrográficas pode mudar substancialmente nas próximas décadas, assim como a similaridade taxonômica entre elas (Villéger et al., 2011). Diante deste cenário, prever as mudanças futuras na composição taxonômica das bacias hidrográficas e nos processos de extinção das espécies de peixes de água doce poderá contribuir com questões de práticas econômicas, sociais, políticas e ambientais para ictiofauna do Brasil.

## **Conclusões**

Os impactos ambientais afetam as espécies de forma não aleatória, dependendo da bacia hidrográfica e do grupo taxonômico. O barramento é o principal impacto antropogênico para a maioria das bacias hidrográficas brasileiras e grupos taxonômicos. Com a dependência desta matriz energética para o país torna-se ainda mais preocupante o cenário futuro das espécies de peixes de água doce do Brasil. Além disso, outros impactos como agropecuária, urbanização, perda de hábitat e desmatamento também exercem forte influência nas bacias



hidrográficas, que por sua vez demonstram com uma quantidade significativa de espécies ameaçadas ou em risco de extinção.

### **Agradecimentos**

À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Goiás pela bolsa de mestrado concedida a Murilo Luiz e Castro Santana e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pela bolsa de produtividade em pesquisa concedida a Fabrício Barreto Teresa. À Karine Borges doutoranda da Universidade Federal de Goiás pelo auxílio no processo de análises estatísticas.

### **Referências**

- Abell, R., Thieme, M.L., Revenga, C., Bryer, M., Kottelat, M., Bogutskaya, N., Coad, B., Mandrak, N., Balderas, S.C., Bussing, W., Stiassny, M.L.J., Skelton, P., Allen, G.R; Unmack, P., Naseka, A., NG, R., Sindorf, N., Robertson, J., Armijo, E., Higgins, J.V., Heibel, T.J., Wikramanayake, E., Olson, D., López, H.L., Reis, R.E., Lundberg, J.G., Pérez, M.H.S; Petry, P., 2008. Freshwater Ecoregions of the World: A New Map of Biogeographic Units for Freshwater Biodiversity Conservation. *BioScience*. 58 (5): 403-414.
- Agostinho, A.A., Gomes, L.C., Santos, N.C.L., Ortega, J.C.G., Pelicice, F.M., 2015. Fish assemblages in Neotropical reservoirs: Colonization patterns, impacts and management. *Fisheries Research*. 173 (parte 1) 26–36.
- Albrecht, M.P., Caramaschi, E.P., Horn, M.H., 2009. Population responses of two omnivorous fish species to impoundment of a Brazilian tropical river. *Hydrobiologia*. 627, 181-193.
- ANA - Agência Nacional de Águas. 2016. Regiões hidrográficas brasileiras. Disponível em: <http://www2.ana.gov.br/Paginas/portais/bacias/AtlanticoLeste.aspx>
- Anderson, E.P., Freeman, M.C., Pringle, C.M., 2006. Ecological consequences of hydropower development in Central America: Impacts of small dams and water diversion on neotropical stream fish assemblages. *River Research and Applications* 22: 397–411.
- Balbinot Junior, A.A., de Moraes, A., da Veiga, M., Pelissari, A., Dieckow, J., 2009. Integração lavoura-pecuária: intensificação de uso de áreas agrícolas. *Ciência Rural*.
- Barletta, M., Jaureguizar, A.J., Baigun, C., Fontoura, N.F., Agostinho, A.A., Almeida-Val, V.M.F., Val, A.L., Torres, R.A., Jimenes-Segura, L.F., Giarrizzo, T., Fabré, N.N., Batista, V.S., Lasso, C., Taphorn, D.C., Costa, M.F., Chaves, P.T., Vieira, J.P; Corrêa, M.F.M., 2010. Fish and aquatic habitat conservation in South America: a continental overview with emphasis on neotropical systems. *Journal of Fish Biology*. 76 (9): 2118-2176.
- Berois, N., García, G., SÁ, R. O., 2015. Annual Fishes – Life History Strategy, Diversity and Evolution. CRC Press, Taylor & Francis group. Cap. 11, pp. 185-230.

- Costa, W.J.E.M., 2007. Taxonomy of the plesiolebiasine killifish genera *Pituna*, *Plesiolebias* and *Maratecoara* (Teleostei: Cyprinodontiformes: Rivulidae), with descriptions of nine new species. *Zootaxa*. 1410: 1–41.
- Costa, W.J.E.M., 2009. Peixes aploqueilóideos da Mata Atlântica brasileira: história, diversidade e conservação. Rio de Janeiro: Museu Nacional/UFRJ. Série Livros 34.
- Costa, W.J.E.M., Peixes anuais brasileiros: diversidade e conservação. 2002. Ed. UFPR, Curitiba, Brasil. Curitiba: Ed. da UFPR, 240 p.: il.
- Cunico, A. M., Ferreira, E.A., Agostinho, A.A., Beaumord, A.C., Fernandes, R., 2012 The effects of local and regional environmental factors on the structure of fish assemblages in the Pirapó Basin, Southern Brazil. *Landscape Urban Plan* 105:336–344.
- Dirzo, R., Young, H.S., Galetti, M., Ceballos, G., Isaac, N.J.B., Collen, B., 2014. Defaunation in the Anthropocene. *Science*. 345, 401–406.
- Dudgeon, D., Arthington, A.H., Gessner, M.O., Kawabata, Z.I., Knowler, D.J., Lávêque, C., Naiman, R.J., Prieur-Richard, A.H., Soto, D., Stiassny, M.L.J., Sullivan, C.A. 2006. Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. *Biol. Rev.*, 81, pp. 163–182.
- Fearnside, P., 2012. Belo Monte Dam: A spearhead for Brazil's dam-building attack on Amazonia?. INPA. Global Water Forum. Discussion Paper 1210.
- Fialho, A.P., Oliveira, L.G., Tejerina-Garro, F.L., Mérona, B., 2008. Fish-habitat relationship in a tropical river under anthropogenic influences. *Hydrobiologia*. 598: 315–324.
- Forero-Medina, G., Vieira, M.V., Grelle, E.V., Almeida, P.J., 2009. Body size and extinction risk in Brazilian carnivores. *Biota Neotropica*. 9(2).
- Greathouse, E.F., Pringle, C.M., McDowell, W.D., Holmquist, J.G., Indirect upstream effects of dams: consequences of migratory consumer extirpation in Puerto Rico. 2006. *Ecological Applications*. 16: 339–352.
- Grützmacher, D.D., Grützmacher, A.D., Agostinotto, D., Loeck, A.E., Roman, R., Peixoto, S.C., Zanella, R., 2008. Monitoramento de agrotóxicos em dois mananciais hídricos no sul do Brasil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. 12 (6) 632–637.
- Helms, B.S., Feminella, J.W., Pan, S., 2005. Detection of biotic responses to urbanization using fish assemblages from small streams of western Georgia, USA. *Urban Ecosyst* 8:39–57
- Hoeinghaus, D.J., Agostinho, A.A., Gomes, L.C., Pelicice, F.M., Okada, E.K., LATINI, J.D., Kashiwaqui, E.A.L., Winemiller, K.O., 2009. Effects of River Impoundment on Ecosystem Services of Large Tropical Rivers: Embodied Energy and Market Value of Artisanal Fisheries. *Conservation Biology*. Volume 23, No. 5, 1222–1231
- ICMBio – Instituto Chico Mende de conservação da Biodiversidade. 2014. Avaliação do risco de extinção das espécies. Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/portal/faunabrasileira/lista-de-especies>>
- Jenkins, M., 2003. Prospects for biodiversity. *Science*. 302: 1175-1177.

- Kahn, J.R., Freitas, C.E., Petreire, M., 2014. False Shades of Green: The Case of Brazilian Amazonian Hydropower. *Energies*. 7, 6063-6082.
- Lees; A.C., Peres, C.A., Fearnside, P.M., Schneider, M., Zuanon, J.A.S., 2016. Hydropower and the future of Amazonian biodiversity. *Biodiversity and Conservation*. 25: 451–466.
- Li, S., Ma, Y., 2014. Urbanization, Economic Development and Environmental Change. *Sustainability* 2014, 6, 5143-5161; doi:10.3390/su6085143
- Liermann, C.R., Nilsson, C., Robertson, J., Ng, R.Y., 2012. Implications of Dam Obstruction for Global Freshwater Fish Diversity. *BioScience*, 62(6):539-548.
- MacDougall, A.S., McCann K.S., Gellner, G., Turkington, R., 2013. Diversity loss with persistent human disturbance increases vulnerability to ecosystem collapse. *Nature*. Letter Research. Vol 494.
- Martinelli, L.A., Naylor, R., Vitousek, P.M., Moutinho, P., 2010. Agriculture in Brazil: impacts, costs, and opportunities for a sustainable future. *Environmental Sustainability*. 2(5-6) 431–438.
- Matono, P., Bernardo, J.M., Oberdorff, T., Ilhéu, M., 2012. Effects of hydrological variability on fish assemblages in small Mediterranean streams: implications for ecological assessment. *Ecological Indicators*. 23: 467–481.
- Matono, P., Sousa, D., Ilhéu, M., 2013. Effects of Land Use Intensification on Fish Assemblages in Mediterranean Climate Streams. *Environmental Management*. 52 (5): 1213-1229.
- Mendonça, F., 2006. Aquecimento global e suas manifestações regionais e locais: alguns indicadores da região sul do Brasil. *Revista Brasileira de Climatologia*. 2: 71-86.
- Miesen, P., Hubert, J., 2010. Renewable Energy Potential of Brazil. Global Energy Network Institute: San Diego, CA, USA.
- Moretto, E.M., Marciano, F.T., Velludo, M.R., Fenerich-Verani, N., Espíndola, E.L.G., Rocha, O., 2008. The recent occurrence, establishment and potential impact of *Geophagus proximus* (Cichlidae: Perciformes) in the Tietê River reservoirs: an Amazonian fish species introduced in the Paraná Basin (Brazil). *Biodiversity and Conservation*. 17: 3013–3025.
- Nelson, J.S., 2006. *Fishes of the world*. John Wiley, New York, 601 pp.
- Olden, J. D., Hogan Z.S., Zanden, M., 2007. Small fish, big fish, red fish, blue fish: size-biased extinction risk of the world's freshwater and marine fishes. *Global Ecology and Biogeography*. 16: 694–701.
- Peres-Neto, P.R., Jackson, D.A., Somers, K.M., 2003. Giving meaningful interpretation to ordination axes: assessing loading significance in principal component analysis. *Ecology*. 84 (9). 2347-2363.
- Peressin, A., Cetra, M., 2014. Responses of the ichthyofauna to urbanization in two urban areas in Southeast Brazil. *Urban Ecosystems*. 17(3) 675–690.

RAISG - Rede Amazônica de Informação Socioambiental Georeferenciada. 2013. São Paulo, SP, Brasil.

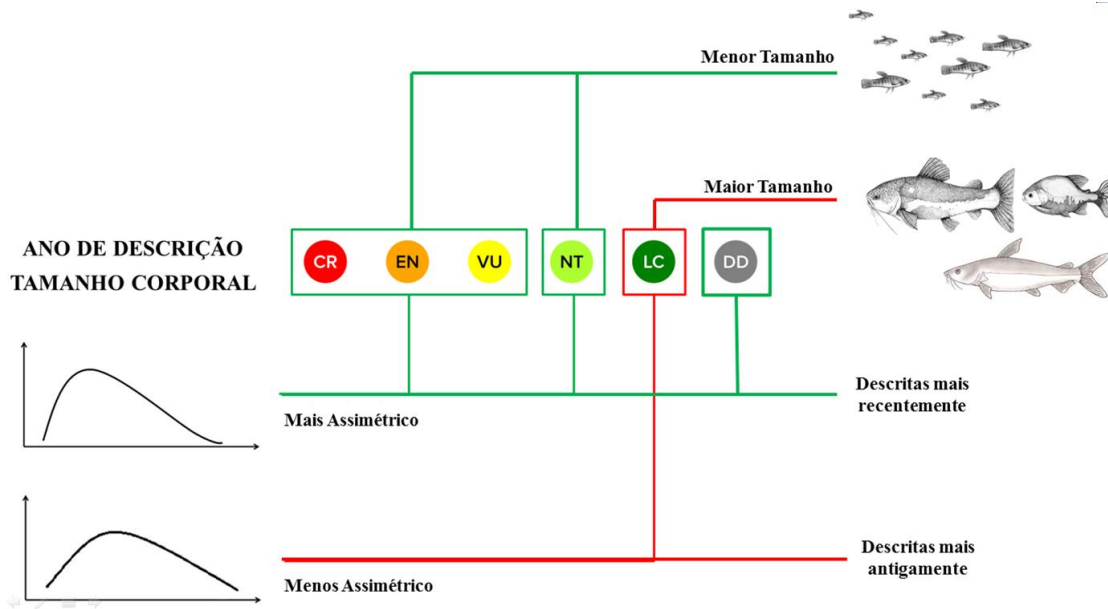
Silvano, R.A.M., Jura, A.A., Begossi, A., 2009. Clean energy and poor people: ecological impacts of hydroelectric dams on fish and fishermen in the Amazon rainforest. *Energy, Environment, Ecosystems, Development and Landscape Architecture*. Series. 139-147.

Soito, J.L.S., Freitas, M.A.V., 2011. Amazon and the expansion of hydropower in Brazil: Vulnerability, impacts and possibilities for adaptation to global climate change. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 15, 3165–3177

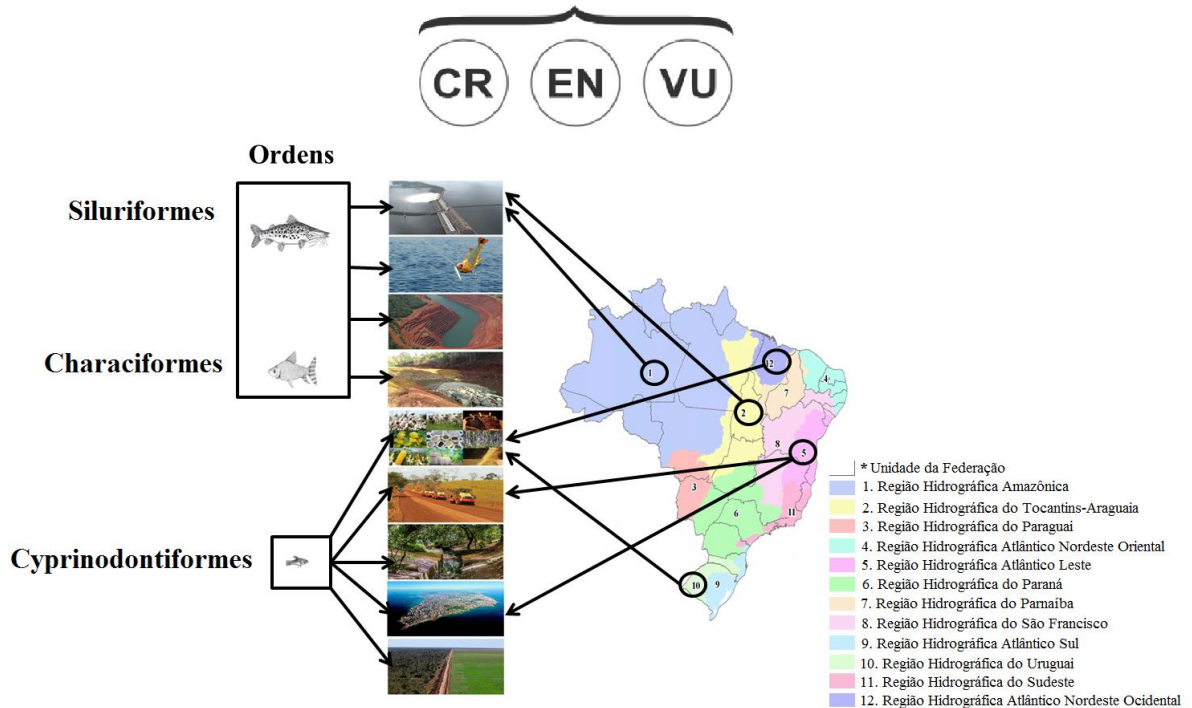
Vilela, B., Villalobos, F., Rodríguez, M. Á., Terribile, L.C., 2014. Body Size, Extinction Risk and Knowledge Bias in New World Snakes. *PLoS ONE*. 9(11).

Villéger, S., Blanchet, S., Beauchard, O., Oberdorff, T., Brosse, S., 2011. Homogenization patterns of the world's freshwater fish faunas. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 108 (44) p. 18003–18008.

### CONSIDERAÇÕES FINAIS



### ESPÉCIES AMEAÇADAS DE EXTINÇÃO



Nossos resultados evidenciam que a maioria das espécies de Actinopterygii Continentais apresenta menor tamanho corporal e são descritas mais recentemente. As categorias (AM) e NT concentram maior proporção de espécies de menor tamanho corporal, enquanto LC as de maior tamanho. As categorias (AM), NT e DD concentram maior proporção de espécies descritas mais recentemente e LC descritas há mais tempo. O tamanho corporal variou em função dos impactos ambientais a que as espécies estão susceptíveis.

Aquelas espécies cuja principal ameaça é o barramento, apresentaram maior mediana de tamanho corporal. Enquanto a agropecuária, desmatamento, perda de hábitat e urbanização afetam espécies de menor tamanho corporal.

Os impactos ambientais afetam as espécies de forma não aleatória, dependendo da bacia hidrográfica e do grupo taxonômico. O barramento é o principal impacto ambiental para a maioria das bacias hidrográficas brasileiras e grupos taxonômicos. Com a dependência desta matriz energética para o país torna-se ainda mais preocupante o cenário futuro das espécies de peixes de água doce do Brasil. Além disso, outros impactos como agropecuária, urbanização, perda de hábitat e desmatamento também exercem forte influência nas bacias hidrográficas, que por sua vez demonstram com uma quantidade significativa de espécies ameaçadas ou em risco de extinção.

Novos estudos sobre as associações de outros atributos taxonômicos, distribuição das espécies e efeitos cumulativos dos impactos ambientais nas bacias hidrográficas podem fornecer informações mais precisas sobre respostas entre os grupos taxonômicos aos impactos ambientais, contribuindo para a implementação de planos de ações em escala regional.

## MATERIAL SUPLEMENTAR

- Para a elaboração da tabela final de impactos ambientais (principais) foi considerada a similaridade de como e onde acontecem nos ambientes de ocorrência das espécies estudadas.
- Letras alfabéticas representam os impactos ambientais similares e \* impactos Ambientais diferentes e N°sp: Número de espécies.
- A Tabela Suplementar 1 apresenta todos os 23 impactos ambientais para as espécies ameaçadas de extinção, conforme a justificativa do ICMBio, 2015.
- Após a análise da justificativa e materiais de embasamento para cada uma das espécies, aglutinamos os mais similares, reduzindo para 15 impactos (Tabela Suplementar 2).
- Seguido por mais refinamento, baseado no impacto secundário das espécies chega-se aos 12 impactos ambientais principais utilizados nas análises deste estudo (Tabela Suplementar 3).

Tabela Suplementar 1

<b>Impactos Ambientais</b>	<b>Aglutinados</b>	<b>N° sp</b>
Barramento	*	93
Urbanização	A	46
Agricultura	B	40
Perda de hábitat	C	36
Desmatamento	*	26
Agropecuária	B	14
Mineração	D	11
Rodovia	*	10
Poluição	A	8
Pecuária	B	5
Drenagem	*	4
Pastagem	B	3
Pesca	E	2
Ecoturismo	*	2
Aquariofilia	E	2
Silvicultura (Truta)	F	1
Redução de vazão	*	1
Rebaixamento do lençol freático	*	1
População muito pequena	*	1
Introdução de espécie	F	1
Garimpo	D	1
Extração de areia	D	1
Aterramento	*	1

Tabela Suplementar 2

<b>Impactos Ambientais</b>	<b>Aglutinados</b>	<b>Nº sp</b>
Barramento	*	93
Agropecuária	*	62
Desmatamento	*	26
Produção Mineral	*	13
Drenagem	A	4
Perda de hábitat	B	36
Urbanização	*	54
Pesca	*	4
Rodovia	*	10
Ecoturismo	*	2
Redução de vazão	B	1
População muito pequena	*	1
Aterramento	B	1
Introdução de espécie	*	2
Rebaixamento do lençol freático	A	1

Tabela Suplementar 3

<b>Impactos Ambientais</b>	<b>Nº sp</b>
Agropecuária	62
Barramento	93
Desmatamento	26
Drenagem	6
Ecoturismo	2
Introdução de espécie	2
Perda de hábitat	37
Pesca	4
População muito pequena	1
Produção Mineral	13
Rodovia	10
Urbanização	54