



Estrutura Populacional de Espécies do Gênero *Cichla* (Osteichthyes: Cichliformes) Introduzidas em Diferentes Regiões Brasileiras – uma Revisão Bibliográfica

Lucas Cabrera Monteiro¹

Recebido em 06/01/2022 – Aceito em 28/03/2022

¹ Universidade de Brasília/Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Brasília/DF, Brasil. <lcabreramonteiro@gmail.com>.

RESUMO – Os sistemas de água doce neotropicais são importantes abrigos da biodiversidade global de peixes. Os tucunarés (*Cichla* spp) são peixes endêmicos dessa região biogeográfica, ocorrendo naturalmente no Brasil e outros países da América do Sul como Venezuela, Colômbia, Bolívia, Peru, Guiana Francesa, Guiana e Suriname. O interesse econômico pelo mercado de peixes ornamentais, da pesca esportiva, aquicultura e, sobretudo, a criação em reservatórios, culminaram na ampla introdução dos tucunarés nas demais bacias hidrográficas brasileiras e do mundo. O presente artigo teve como objetivo realizar uma revisão bibliográfica sobre a estrutura populacional de diferentes espécies do gênero *Cichla* introduzidas em ecossistemas não nativos no Brasil. A estrutura populacional foi caracterizada pela proporção sexual, comprimento e peso dos indivíduos. Fatores como as características reprodutivas e alimentares que contribuem para o estabelecimento das populações também foram comentados, bem como os possíveis impactos da introdução do tucunaré à ictiofauna nativa. Apesar da dificuldade de comparação direta dos dados obtidos em cada artigo, as populações de tucunaré demonstraram estar bem estabelecidas em reservatórios, tanto em sua amplitude de ocorrência natural quanto no semiárido nordestino e nas regiões Sudeste e Centro-Oeste do Brasil. A maioria dos estudos identificados em nossa busca foi realizada em reservatórios, reforçando a importância das pesquisas sobre o tucunaré nesses ambientes. No entanto, houve poucos estudos focados na avaliação da estrutura das populações de tucunarés em si. Considerando que estas espécies apresentam elevado potencial de causar impactos negativos à biodiversidade nativa, o monitoramento populacional contínuo é importante para identificar e mitigar os possíveis impactos.

Palavras-chave: Comprimento; peso; proporção sexual; reservatórios; tucunarés.

Population Structure of Species of the Genus *Cichla* (Osteichthyes: Cichliformes) Introduced in Different Brazilian Regions – a Bibliographic Review

ABSTRACT – Neotropical freshwater systems are essential refugia for global fish biodiversity. Tucunarés (*Cichla* spp) are endemic fishes of this biogeographic region, naturally occurring in Brazil and other South American countries such as Venezuela, Colombia, Bolivia, Peru, French Guiana, Guyana, and Suriname. The economic interest in the ornamental fish market, sport fishing, aquaculture, and, above all, reservoir farming have culminated in the widespread introduction of tucunarés in other river basins in Brazil and around the world. The present paper aimed to conduct a literature review on the population structure of different species of the genus *Cichla* introduced into non-native ecosystems in Brazil. The population structure was characterized by sex ratio, length and weight of individuals. Factors such as reproductive and feeding characteristics that contribute to the establishment of the populations were also commented on, as well as the possible impacts of the introduction of tucunaré on native ichthyofauna. Despite the difficulty of direct comparison of the data obtained in each article, tucunaré populations are well established in reservoirs, both in their natural range of occurrence and in the semi-arid northeastern and southeastern and central-western regions Brazil. Most of the studies identified in our search were conducted in reservoirs, reinforcing the importance of research on tucunaré in these environments. However, few studies focused on



evaluating the structure of tucunaré populations themselves. Considering that these species have a high potential to cause negative impacts on native biodiversity, continuous population monitoring is essential to identify and mitigate possible impacts.

Keywords: Length; weight; sex ratio; reservoirs; peacock bass.

Estructura Poblacional de las Especies del Género *Cichla* (Osteichthyes: Cichliformes) Introducidas en Diferentes Regiones de Brasil – una Revisión Bibliográfica

RESUMEN – Los sistemas neotropicales de agua dulce son importantes refugios para la biodiversidad piscícola mundial. Los tucunarés (*Cichla* spp) son peces endémicos de esta región biogeográfica, presentes de forma natural en Brasil y otros países sudamericanos como Venezuela, Colombia, Bolivia, Perú, Guayana Francesa, Guyana y Surinam. El interés económico para el mercado de peces ornamentales, la pesca deportiva, la acuicultura y, sobre todo, la cría en embalses, culminó con la amplia introducción del tucunarés en otras cuencas hidrográficas de Brasil y del mundo. El objetivo de este trabajo es realizar una revisión bibliográfica sobre la estructura poblacional de diferentes especies del género *Cichla* introducidas en ecosistemas no autóctonos de Brasil. La estructura de la población se caracterizó por la proporción de sexos, la longitud y el peso de los individuos. También se comentaron factores como las características reproductivas y de alimentación que contribuyen al establecimiento de las poblaciones, así como los posibles impactos de la introducción del tucunaré en la ictiofauna nativa. A pesar de la dificultad de comparar directamente los datos obtenidos en cada artículo, las poblaciones de tucunaré demostraron estar bien establecidas en los embalses, tanto en su área de ocurrencia natural como en las regiones semiáridas del nordeste y sudeste y centro-oeste de Brasil. La mayoría de los estudios identificados en nuestra búsqueda se realizaron en embalses, lo que refuerza la importancia de la investigación sobre el tucunaré en estos entornos. Sin embargo, hay pocos estudios centrados en la evaluación de la estructura de las poblaciones de tucunaré per se. Teniendo en cuenta que estas especies tienen un alto potencial para causar impactos negativos en la biodiversidad nativa, es importante el seguimiento continuo de la población para identificar y mitigar los posibles impactos.

Palabras clave: Longitud; peso; proporción de sexos; embalses; tucunaré.

Introdução

Os sistemas de água doce neotropicais abrigam a maior biodiversidade de peixes do mundo, com mais de 6.200 espécies conhecidas (Albert *et al.*, 2020). Considerando a riqueza de espécies e abundância total, a fauna de peixes de água doce nesta região é dominada pelos clados Characiformes, Siluriformes e Cichliformes (Reis *et al.*, 2016). Os ciclídeos do gênero *Cichla*, chamados popularmente de “tucunarés”, são endêmicos da América do Sul ocorrendo naturalmente no Brasil, Venezuela, Colômbia, Bolívia, Peru, Guiana Francesa, Guiana e Suriname (Kullander & Ferreira, 2006). No Brasil, sua distribuição natural se restringe à região Amazônica e à bacia hidrográfica do rio Tocantins-Araguaia, situada no ecótono entre os biomas Cerrado e Amazônia (Kullander & Ferreira, 2006). Uma revisão da literatura identificou a ocorrência de 192 espécies não nativas em

ecossistemas aquáticos continentais neotropicais; entre estas espécies, 12% eram pertencentes à família Cichlidae (Gubiani *et al.*, 2018). Em outra revisão mais atual compreendendo seis países da América do Sul, que cobrem mais de 80% da região Amazônica, foi determinado um aumento temporal na ocorrência de espécies de peixes não nativos, com 41 espécies de peixes registradas, incluindo *Cichla monoculus* e *Cichla piquiti* (Doria *et al.*, 2021).

O interesse econômico pelo aspecto ornamental, a criação de reservatórios, e o fomento da pesca esportiva e da aquicultura extensiva e semiextensiva culminaram na ampla introdução de espécies de tucunarés, a partir da década de 1960, em diversas regiões do Brasil (Gubiani *et al.*, 2018; Doria *et al.*, 2021) e do mundo (Sastraprawira *et al.*, 2020). No entanto, a introdução de espécies não nativas pode resultar em consequências ecológicas severas,

sendo uma das principais condutoras da perda de biodiversidade em ecossistemas aquáticos (Vitule *et al.*, 2009; Fragoso-Moura *et al.*, 2016). Desse modo, estudos foram realizados para avaliar a estrutura populacional, composição da dieta, características reprodutivas e potencial invasivo do tucunaré em diversas regiões brasileiras.

Uma vez que populações de peixes não nativos são introduzidas e estabelecidas em novos ambientes, esse cenário raramente é revertido (Vitule *et al.*, 2009). Desse modo, conhecer a estrutura populacional das espécies fora de sua amplitude de distribuição natural é importante para avaliar o grau de estabelecimento e subsidiar projetos para a mitigação de impactos e conservação de espécies nativas. A proporção sexual pode ser um indicador do potencial reprodutivo e estado das populações de peixes (Vicentini & Araújo, 2003; Oliveira *et al.*, 2012). Em geral, uma proporção de 1:1 tende a ser observada para a população como um todo (Nascimento *et al.*, 2012), podendo variar a depender do ciclo de vida (Vazzoler, 1996), das adaptações às condições ambientais, e das características genéticas e fisiológicas (Baroiller & D’Cotta, 2001; Devlin & Nagahama, 2002; Oliveira *et al.*, 2012). As informações sobre a estrutura em peso e comprimento dos peixes, por sua vez, estão geralmente relacionadas à idade e maturidade sexual dos indivíduos (Holden & Raitt, 1974; Normando *et al.*, 2009), e à disponibilidade de recursos (Winemiller *et al.*, 1997), permitindo a comparação biométrica entre populações de diferentes espécies e/ou distribuições geográficas.

Considerando a ampla introdução de espécies de tucunaré em diferentes regiões fora de sua amplitude de distribuição natural, o presente artigo teve como objetivo realizar uma revisão bibliográfica sobre a estrutura populacional de espécies do gênero *Cichla* introduzidas no Brasil. A estrutura populacional foi caracterizada pela proporção sexual, comprimento e peso dos indivíduos. Fatores que contribuem para o estabelecimento das populações, como as características reprodutivas e alimentares também foram comentados, bem como os possíveis impactos da introdução do tucunaré à ictiofauna nativa.

Material e Métodos

Foi realizada uma busca avançada nas bases de dados Web of Science, Scopus e Scielo,

utilizando um comando para busca de títulos contendo as palavras “*Cichla*”, “tucunaré” ou “*peacock bass*”, e “Brasil”, “Brazil”, “Neotropical” ou “*South America*” no título, resumo ou palavras-chave. Uma busca manual foi realizada no Google Scholar visando identificar artigos que não foram contemplados na busca avançada. As buscas foram direcionadas a artigos científicos publicados em periódicos com revisão por pares, sem restrição temporal (até 01/12/2021). A seleção dos artigos foi baseada em três critérios: (i) o estudo deveria avaliar ao menos dois dos parâmetros estabelecidos (proporção sexual, comprimento e peso) de populações do gênero *Cichla*, representando esses dados quantitativamente; (ii) obter um tamanho amostral maior ou igual a 50 espécimes; e (iii) ser realizado no Brasil. Artigos cujo foco não era especificamente nos peixes (e.g. parasitismo) também foram considerados, desde que avaliassem os parâmetros determinados. Os parâmetros descritos pelos artigos selecionados foram sumarizados em uma tabela, representados pelos valores médios e/ou valores máximos e mínimos. Para discussão dos resultados, os estudos foram agrupados por espécies, possibilitando a comparação entre as distintas regiões, sendo localizações de cada estudo foram plotadas sobre o mapa do Brasil, indicando a área de ocorrência natural de *Cichla* spp., as proporções sexuais, e os valores máximos de comprimento e peso.

Resultados e Discussão

Foram retornados 186 artigos, dos quais 85 estavam duplicados. Após a análise individual dos artigos e aplicação dos critérios, foram selecionados 13 artigos que avaliaram ao menos dois dos parâmetros estabelecidos em populações de tucunaré. Apenas um dos trabalhos foi realizado em outro país, próximo à fronteira da Bolívia com o Brasil, situado na área de distribuição natural do tucunaré, e foi utilizado para comparação com a estrutura das populações introduzidas no Brasil. Das 15 espécies que compõem o gênero *Cichla*, os artigos selecionados avaliaram três espécies: *Cichla kelberi*, *Cichla monoculus* e *Cichla piquiti*, localizadas nas regiões Nordeste, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil. Os resultados obtidos são apresentados a seguir (Figura 1 e Tabela 1).

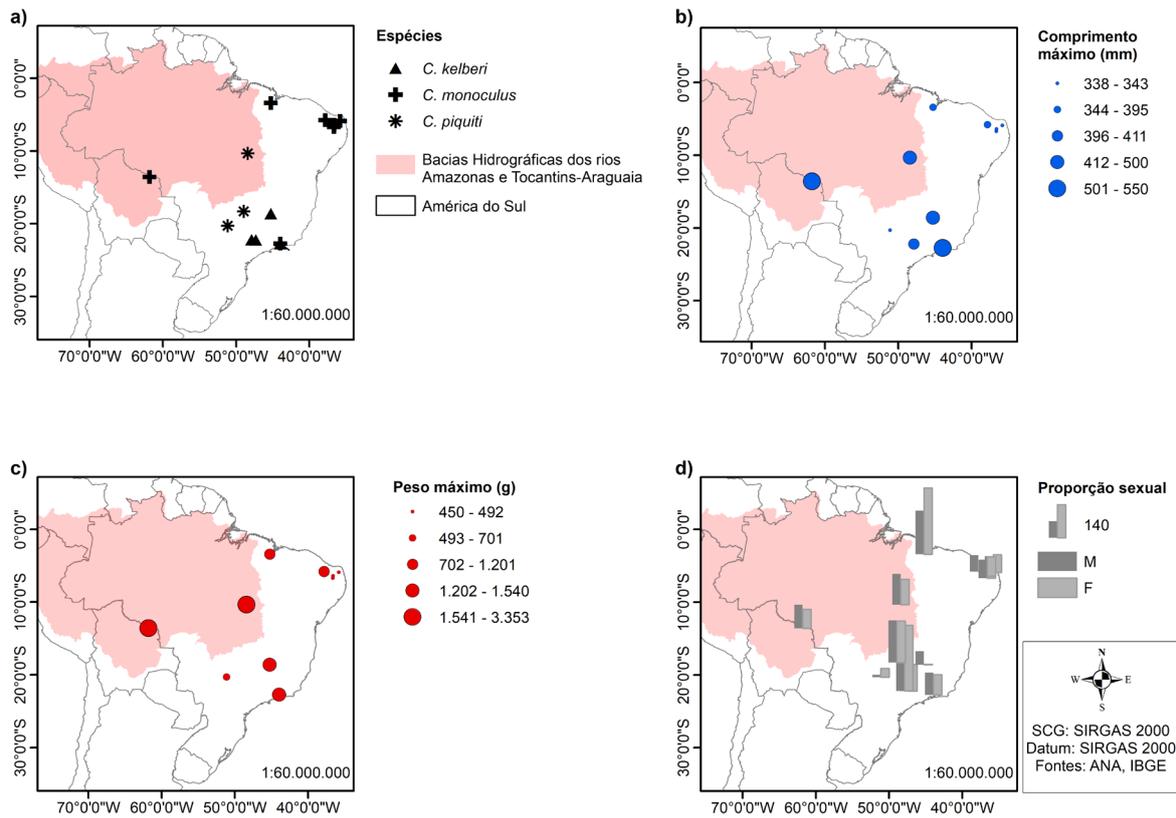


Figura 1 – Distribuição espacial de: **a)** espécies analisadas; **b)** comprimento máximo; **c)** peso máximo; e **d)** proporção sexual em populações de tucunaré.

Tabela 1 – Espécies e parâmetros avaliados em cada artigo.

Espécie	Referência	N	Sexo	Comprimento (mm)		Peso (g)	
				Amplitude	Média ± DP	Amplitude	Média ± DP
C. kelberi	Gomiero <i>et al.</i> (2008)	220	105 (M)/ 115 (F)	-	277±68 (M)/ 300±52 (F)	-	390±270 (M)/ 471±215 (F)
	Souza <i>et al.</i> (2008)	484	148 (M)/ 281 (F)/ 55 (NI)	34-401	-	-	-
	Santos-Clapp & Brasil-Sato (2014)	112	59 (M)/ 53 (F)	180-480 (M)/ 200-355 (F)	296±62 (M)/ 284±44 (F)	85-1540 (M)/ 85-684 (F)	419±285 (M)/ 367±179 (F)
	Guedes <i>et al.</i> (2021)	183	96 (M)/ 87 (F)	60-411 (M)/ 58-400 (F)	-	70-1150 (M)/ 50-1040 (F)	-
C. monoculus	Muñoz <i>et al.</i> (2006)*	182	101 (M)/ 81 (F)	190-550 (M)/ 150-460 (F)	390±59 (M)/ 350±48 (F)	70-2650 (M)/ 40-1380 (F)	998±429 (M)/ 667±228 (F)
	Santos <i>et al.</i> (2001)	87	-	160-530	323	62-1860	513
	Chellappa <i>et al.</i> (2003)	176	70 (M)/ 76 (F)	194-338 (M)/ 178-322 (F)	-	96-492 (M)/ 52-448 (F)	-
	Chellappa <i>et al.</i> (2009)	152	70 (M)/ 82 (F)	196-340 (M)/ 180-328 (F)	260±65 (M)/ 230±86 (F)	98-450 (M)/ 60-450 (F)	320±47 (M)/ 280±68 (F)
	Sousa <i>et al.</i> (2015)	156	71 (M)/ 46 (F)/ 39 (NI)	70-387	-	61-1201	-
	Carvalho <i>et al.</i> (2021a)	472	187 (M)/ 285 (F)	145-395 (M)/ 150-375 (F)	-	40-1000 (M)/ 50-970 (F)	-

C. piquiti	Vieira <i>et al.</i> (2009)	361	182 (M)/ 179 (F)	-	382±70 (M)/ 374±61 (F)	-	965±654 (M)/ 899±496 (F)
	Marto <i>et al.</i> (2015)*	270	132 (M)/ 109 (F)/ 29 (NI)	121-500	-	55-3353	-
	Franceschini <i>et al.</i> (2013)	50	10 (M)/ 37 (F)/ 3 (NI)	198-343	272±57	103-701	320±23

M = Machos, F = Fêmeas, NI = Não identificados/Imaturos.

* Estudos que foram realizados na zona de ocorrência natural da espécie.

Proporção sexual

As populações de tucunaré introduzidas fora de sua área de ocorrência natural apresentam padrões similares quanto à proporção sexual, mesmo entre localizações geográficas e espécies distintas. Em geral, as populações apresentaram proporções sexuais próximas de 1:1, característica típica de populações de peixes tropicais (Vieira *et al.*, 2009). Em sua área de distribuição nativa, em rios de águas claras da Amazônia boliviana, a proporção sexual de *C. monoculus* foi próxima de 1:1, com ligeira predominância de machos (55%) (Muñoz *et al.*, 2006). Já nos rios de água preta da Venezuela, indivíduos machos de três espécies do gênero *Cichla* correspondiam aproximadamente ao dobro da quantidade de fêmeas encontradas no local (Jepsen *et al.*, 1997).

A espécie *C. kelberi* foi avaliada em quatro estudos sendo todos na região Sudeste, com três ocorrendo em reservatórios (Souza *et al.*, 2008; Santos-Clapp & Brasil-Sato, 2014; Guedes *et al.*, 2021) e um em um lago artificial (Gomiero *et al.*, 2008). As populações apresentaram proporção sexual próxima de 1:1 contudo, no reservatório do Lobo no estado de São Paulo, as fêmeas foram significativamente mais abundantes ($\chi^2 = 41,2$; $p < 0,05$) (Souza *et al.*, 2008). Neste estudo, as coletas foram conduzidas em dois períodos. No primeiro período, as fêmeas foram três vezes mais numerosas que os machos; enquanto na segunda campanha de coleta a proporção foi equilibrada (Souza *et al.*, 2008). Essa variação temporal na proporção sexual é comum em populações de peixes, variando de acordo com o ciclo de vida dos indivíduos, e pode estar ligada a fatores como mortalidade e crescimento, que atuam de maneira distinta em ambos os sexos (Vazzoler, 1996). Ademais, os parâmetros físico-químicos locais, esteroides exógenos, a poluição ambiental (Devlin

& Nagahama, 2002) e o aquecimento global (Geffroy & Wedekind, 2020) também podem afetar o equilíbrio na proporção sexual.

Ao contrário de *C. kelberi*, as populações de *C. monoculus* foram estudadas majoritariamente na região Nordeste, com apenas um estudo conduzido na região Sudeste, no estado do Rio de Janeiro. Apesar da ocorrência em ambientes com características distintas, as populações de *C. monoculus* também demonstraram uma tendência de proporção sexual próxima de 1:1 na maioria dos estudos. Outro estudo realizado no reservatório de Três Marias, em Minas Gerais, confirmou este padrão, com 339 fêmeas e 358 machos (Normando *et al.*, 2009). Apenas Carvalho *et al.* (2021a) encontraram diferenças significativas na proporção entre machos e fêmeas ($\chi^2 = 20,3$; $p < 0,05$) nos lagos da Área de Proteção Ambiental da Baixada Maranhense, com predominância de fêmeas (60,4%). Considerando que este foi o único estudo que avaliou a proporção sexual de *C. monoculus* em lagos naturais, é notável que as populações desta espécie apresentaram maior equilíbrio na proporção sexual em reservatórios e, portanto, devem ser melhor adaptadas a esses ambientes. Isso pode ser justificado pelas características típicas dos reservatórios, caracterizados como sistemas aquáticos com grandes áreas e elevadas profundidades e transparência da água (Espínola *et al.*, 2010).

As populações de *C. piquiti*, espécie nativa da bacia hidrográfica do Tocantins-Araguaia, foram avaliadas em reservatórios situados em diferentes latitudes e, conseqüentemente, diferentes características ambientais e climáticas. Os estudos foram realizados em Tocantins (Martó *et al.*, 2015), São Paulo (Franceschini *et al.*, 2013), e na divisa entre Minas Gerais e Goiás (Vieira *et al.*, 2009). Entre todas as espécies abordadas nessa revisão,

C. piquiti apresentou padrões mais uniformes na proporção sexual, com o número de indivíduos equivalente entre os sexos. Apenas Franceschini *et al.* (2013) coletaram um maior número de fêmeas, no entanto, o objetivo principal desse estudo foi a identificação de endoparasitas nos tucunarés, desse modo o tamanho amostral pode não ser robusto o suficiente para avaliar os parâmetros populacionais de maneira eficaz.

Estrutura populacional em comprimento e peso

As populações de *C. kelberi* apresentaram amplitudes de comprimento e peso similares nos artigos analisados, com maiores valores de comprimento e peso máximo determinados em espécimes machos (Santos-Clapp & Brasil-Sato, 2014; Guedes *et al.*, 2021), exceto no lago artificial investigado por Gomiero *et al.* (2008) onde os maiores valores médios de comprimento e peso foram observados para as fêmeas. Em relação às populações de *C. monoculus*, os comprimentos dos indivíduos apresentaram valores próximos nas diferentes regiões analisadas.

Nos reservatórios do Rio Grande do Norte, os machos foram significativamente maiores e mais pesados que as fêmeas (Chellappa *et al.*, 2003, 2009), assim como observado na Amazônia boliviana (Muñoz *et al.*, 2006). Apesar de os maiores valores médios de comprimento para ambos os sexos ocorrerem em sua área de distribuição nativa (Muñoz *et al.*, 2006) esses foram similares aos observados para a população de *C. monoculus* no reservatório de Lajes, no Rio de Janeiro (Santos *et al.*, 2001) apontando que a espécie está bem adaptada às condições locais. Esse resultado era esperado, visto que os tucunarés foram introduzidos no reservatório supracitado entre as décadas de 1950 e 1960, apresentando um estágio avançado de colonização.

A amplitude do peso total em populações de *C. monoculus* variou substancialmente entre as áreas de estudo. Em sua área de distribuição natural (Muñoz *et al.*, 2006), os machos apresentaram peso total superior de duas vezes a três vezes mais elevada que aquelas determinadas nos ambientes onde o tucunaré foi introduzido. O valor de massa corporal mais alto obtido neste estudo foi observado na população de *C. piquiti* investigada por Marto *et al.* (2015), sendo igual a

3,3kg. Além disso, também foi o segundo maior valor em comprimento, menor apenas que os 55cm relatados para a espécie *C. monoculus* na Amazônia (Muñoz *et al.*, 2006). Este estudo foi conduzido em um reservatório situado no canal principal do rio Tocantins que compreende a distribuição geográfica nativa de *C. piquiti*, o que pode contribuir para os dados biométricos com valores superiores observados. Valores elevados para *C. piquiti* também foram observados no reservatório de Itumbiara, na divisa entre Minas Gerais e Goiás (Vieira *et al.*, 2009); enquanto os valores mais baixos foram relatados na região de Ilha Solteira, na região sudeste do Brasil (Franceschini *et al.*, 2003).

Não foi possível determinar um padrão claro no comprimento e peso total entre as espécies. No entanto, os resultados indicam que as populações em sua zona de ocorrência natural tendem a serem maiores e mais pesadas do que aquelas introduzidas em outras regiões. Ainda assim as espécies demonstraram estar bem estabelecidas, com pouca variação na estrutura populacional dos tucunarés entre as áreas de estudo. Baseado nos dados biométricos (comprimento e peso), alguns estudos avaliaram o fator de condição de espécies do gênero *Cichla* em regiões neotropicais. O fator de condição pode variar de acordo com o sexo, comprimento, estação do ano e grau de desenvolvimento gonadal (Le Cren, 1951) e indica a condição de bem-estar de uma espécie em relação ao ambiente a qual está inserida (Barrilli *et al.*, 2015). Os valores do fator de condição relativo de *Cichla* spp. fora de sua distribuição natural foram frequentemente maiores que 1, reforçando que as populações estão bem adaptadas e estabelecidas em seus novos ambientes (Gomiero & Braga, 2003; Gomiero *et al.*, 2008; Souza *et al.*, 2008).

Fatores que influenciam a estrutura populacional

A biometria dos tucunarés está intrinsecamente relacionada às suas características reprodutivas, incluindo a fecundidade (Zaret, 1980). Considerando que o peso das gônadas é incrementado quando os indivíduos estão em estágio reprodutivo, a massa corporal dos peixes pode ser uma importante variável preditora da fecundidade (Normando *et al.*, 2009). Em um



estudo conduzido no reservatório do Lobo/SP, a espécie *C. kelberi* apresentou alta fecundidade (4.450 a 13.900 oócitos por fêmea) e um longo período reprodutivo com desovas parceladas, reduzindo a competição entre as larvas e entre os alevinos e resultando em maiores taxas de sobrevivência de indivíduos jovens (Souza *et al.*, 2008).

Em outro estudo, a espécie *C. monoculus* demonstrou plasticidade fenotípica na reprodução de acordo com as variações ambientais, aumentando o esforço reprodutivo em condições adversas, que diferem das condições observadas em suas áreas de ocorrência nativas (Chellappa *et al.*, 2003). Também foi destacado o caráter iteróporo da espécie, que prevê o aumento imediato da população e a exploração efetiva dos recursos ambientais (Chellappa *et al.*, 2003). Esse padrão também foi observado para a população de *C. piquiti* no reservatório de Itumbiara, que apresentou indivíduos em atividade reprodutiva durante quase todo o ano, com o pico de reprodução durante o período chuvoso (Vieira *et al.*, 2009). O cuidado parental, típico de *Cichla* spp. (Zaret, 1980; Marto *et al.*, 2015), também pode aumentar a competitividade destas espécies, e o comportamento predatório favorece seu estabelecimento em níveis tróficos superiores (Latini & Petrere, 2004).

A dieta das espécies do gênero *Cichla* também foi apontada como um fator importante para o elevado potencial invasivo e o estabelecimento das populações fora de sua distribuição nativa (Carvalho *et al.*, 2021b). Os tucunarés são predadores vorazes, com a dieta composta predominantemente de outros peixes (Santos *et al.*, 2001; Gomiero & Braga, 2004; Luiz *et al.*, 2011).

Após a introdução em reservatórios, as espécies de tucunaré tendem à explosão populacional devido à ausência de predadores ou concorrentes naturais, e a elevada disponibilidade de presas (Zaret, 1980). Em um lago artificial no estado de São Paulo, mesmo após 20 anos de sua introdução, a elevada densidade populacional dos tucunarés impulsionou a competição intraespecífica por recursos e locais adequados para reprodução (Gomiero *et al.*, 2008).

Por outro lado, no reservatório de Cachoeira Dourada, foi observado que as populações tendem

ao equilíbrio quando estão bem estabelecidas e podem partilhar funções com outras espécies nativas carnívoras, visto que o reservatório conta com uma variedade de ambientes para forrageamento (Luiz *et al.*, 2011). Ademais, o canibalismo é comum em ciclídeos (Novaes *et al.*, 2004; Villares & Gomiero, 2010) e pode contribuir para o controle da densidade populacional (Ferrareze & Nogueira, 2015).

Impactos para a ictiofauna nativa

A combinação entre as características alimentares e reprodutivas é um dos principais fatores que contribuem para a persistência de *Cichla* spp. fora de sua área nativa (Resende *et al.*, 2008; Souza *et al.*, 2008; Carvalho *et al.*, 2014). No entanto, foi relatado que a introdução do tucunaré pode impactar negativamente a ictiofauna nativa.

Latini & Petrere (2004) determinaram que a presença de espécies exóticas invasoras, incluindo *C. monoculus*, foi significativamente correlacionada com a redução da riqueza de espécies locais nos sistemas lacustres do Parque Estadual do Rio Doce, em Minas Gerais. Outro estudo recente realizado em um lago situado na bacia do rio Doce, que avaliou dados de ocorrência de 1983 a 2010, determinou que a riqueza de espécies e, principalmente a riqueza funcional, foram significativamente afetadas pela introdução das espécies exóticas *C. kelberi* e *Pygocentrus nattereri* (Souza *et al.*, 2021).

No reservatório da Usina Hidrelétrica de Rosana na bacia do rio Paraná, foi demonstrado que após dois anos da introdução de *C. kelberi*, houve reduções da densidade e riqueza média da comunidade de peixes em 95 e 80%, respectivamente (Pelicice & Agostinho, 2009). Esses resultados foram reforçados por um experimento em mesocosmo que determinou uma elevada mortalidade de presas na presença do tucunaré (Kovalenko *et al.*, 2010). Outro estudo realizado no reservatório de Rosana conclui que a introdução de *C. kelberi* foi responsável pela redução da riqueza de espécies, biomassa total e biomassa das principais espécies (Leal *et al.*, 2021).

Esses impactos negativos resultaram na desestruturação e simplificação funcional das comunidades locais, causando declínio de

funções ecossistêmicas como a mobilização e a transferência de energia (Leal *et al.*, 2021). Por outro lado, no curto a médio prazo (até 5 anos) a introdução dos tucunarés não apresentou efeitos significativos na ictiofauna deste reservatório (Ferrareze & Nogueira, 2015). Apesar de reduzir a abundância das principais espécies e a biomassa de peixes imediatamente após a sua introdução, quando sua abundância era elevada, *C. kelberi* não era a espécie dominante no reservatório de Rosana durante o período avaliado, principalmente devido à competição por alimentos, elevadas taxas de canibalismo e ao refúgio das presas nos bancos de macrófitas (Ferrareze & Nogueira, 2015).

Limitações e pontos fortes da pesquisa

A principal limitação que pode ser identificada neste artigo é o viés metodológico. Foram considerados artigos com objetivos principais muito distintos, desde a dieta e reprodução do tucunaré, até estudos que eram focados na identificação de parasitas. Considerando os diferentes objetivos, os métodos de coleta dos peixes, o esforço amostral e, conseqüentemente, os tamanhos das amostras foram diferentes entre os estudos.

Além disso, nossa busca se restringiu aos estudos que continham o nome do gênero ou os nomes populares no título, possivelmente eliminando dos resultados artigos que avaliaram as características do tucunaré em conjunto com outras espécies. No entanto, para suprir esta limitação foi realizada uma busca manual pelas bases de dados, identificando outros três artigos adicionais que se enquadravam nos critérios estabelecidos.

Em contrapartida, após a descrição de Kullander & Ferreira (2006) esta foi a primeira revisão que sintetizou os dados disponíveis na literatura sobre a estrutura populacional de espécies do gênero *Cichla* em diferentes regiões do Brasil. Também foram comentados outros fatores que podem afetar a estrutura, como a dieta e a reprodução, assim como estudos que avaliaram os impactos da introdução do tucunaré na fauna aquática nativa. Portanto, essa revisão bibliográfica expõe o panorama geral do estabelecimento dos tucunarés fora de sua área de distribuição natural, sobretudo em reservatórios.

Conclusão

Apesar da dificuldade de comparar diretamente os dados obtidos em cada artigo, as populações de tucunaré demonstraram estar bem estabelecidas em reservatórios, tanto em sua amplitude de ocorrência natural (no caso do Reservatório do Lajeado/TO), quanto no semiárido nordestino e nas regiões Sudeste e Centro-Oeste do Brasil. A maioria dos estudos identificados em nossa busca foi realizada em reservatórios, revelando a importância das pesquisas sobre o tucunaré nesses ambientes. No entanto, poucos estudos se concentraram em avaliar a estrutura das populações de tucunarés em si. Os dados de peso, comprimento e razão sexual foram obtidos, em grande maioria, nos estudos que avaliaram aspectos alimentares, reprodutivos e de parasitismo. Outro fator que deve ser destacado é a falta de continuidade nas pesquisas. A maioria dos estudos foi realizada em um período pontual, e não há um acompanhamento ao longo dos anos. Considerando que estas espécies apresentam elevado potencial de causar impactos negativos à biodiversidade nativa, o monitoramento populacional contínuo é importante para identificar e mitigar os possíveis impactos. Desse modo, recomenda-se a realização de mais estudos com foco na avaliação dos impactos dos tucunarés introduzidos fora de sua zona de distribuição natural à ictiofauna nativa.

Agradecimentos

Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de mestrado durante o desenvolvimento do artigo. Também agradeço ao Professor Miguel Ângelo Marini por incentivar o aprimoramento deste trabalho elaborado durante a disciplina de Ecologia de Populações.

Referências

- Albert JS, Tagliacollo VA & Dagosta F. Diversification of neotropical freshwater fishes. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 51: 27-53, 2020.
- Baroiller JF & D'Cotta H. Environment and sex determination in farmed fish. *Comparative Biochemistry and Physiology – C Toxicology and Pharmacology*, 130(4): 399-409, 2001.



- Barrilli GHC, Rocha O, Negreiros NF & Verani JR. Influence of environmental quality of the tributaries of the Monjolinho River on the relative condition factor (Kn) of the local ichthyofauna. *Biota Neotropica*, 15(1): 1-9, 2015.
- Carvalho DC, Oliveira DAA, Sampaio I & Beheregaray LB. Analysis of propagule pressure and genetic diversity in the invasibility of a freshwater apex predator: The peacock bass (genus *Cichla*). *Neotropical Ichthyology*, 12(1): 105-116, 2014.
- Carvalho IFS, Catanhêde LG, Diniz ALC, Carvalho-Neta RNF & Almeida ZS. Reproductive biology of seven fish species of commercial interest at the Ramsar site in the Baixada Maranhense, Legal Amazon, Brazil. *Neotropical Ichthyology*, 19(2): 1-18, 2021a.
- Carvalho TL, Ferreira EA, Pelicice FM & Fernandes R. Comparative functional responses predict the predatory impact of the highly invasive fish *Cichla kelberi*. *Hydrobiologia*, 848(9): 2203-2211, 2021b.
- Chellappa S, Câmara MR & Chellappa NT. Ecology of *Cichla monoculus* (Osteichthyes: Cichlidae) from a reservoir in the semi-arid region of Brazil. *Hydrobiologia*, 504: 267-273, 2003.
- Chellappa S, Bueno RMX, Chellappa T, Chellappa NT, Almeida & Val VMF. Reproductive seasonality of the fish fauna and limnoecology of semi-arid Brazilian reservoirs. *Limnologia*, 39(4): 325-329, 2009.
- Devlin RH & Nagahama Y. Sex determination and sex differentiation in fish: an overview of genetic, physiological, and environmental influences. *Aquaculture*, 191-364, 2002.
- Doria CRC *et al.* The silent threat of non-native fish in the Amazon: ANNF Database and Review. *Frontiers in Ecology and Evolution*. 9: 646702, 2021.
- Espínola LA, Minte-Vera CV & Júlio HF. Invasibility of reservoirs in the Paraná Basin, Brazil, to *Cichla kelberi* Kullander and Ferreira, 2006. *Biological Invasions*, 12(6): 1873-1888, 2010.
- Ferrareze M & Nogueira MG. Impact assessment of the introduction of *Cichla kelberi* in a large neotropical reservoir and its lateral lagoons (Upper Paraná River Basin, Brazil). *Brazilian Journal of Biology*, 75(4): 1018-1026, 2015.
- Fragoso-Moura EN, Oporto LT, Maia-Barbosa PM & Barbosa FAR. Perda de biodiversidade em uma unidade de conservação da mata atlântica brasileira: Efeitos da introdução de espécies não nativas de peixes. *Brazilian Journal of Biology*, 76(1): 18-27, 2016.
- Franceschini L, Zago AC, Zocoller-Seno MC, Veríssimo-Silveira R, Ninhaus-Silveira R & Da Silva RJ. Endohelminths in *Cichla piquiti* (Perciformes, Cichlidae) from the Paraná River, São Paulo State, Brazil. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*, 22(4): 475-484, 2013.
- Geffroy B & Wedeking C. Effects of global warming on sex ratios in fishes. *Journal of Fish Biology*, 97(3): 596-606, 2020.
- Gomiero LM & Braga FMS. Length-weight relationship and condition factor for *Cichla cf. ocellaris* and *Cichla monoculus* (Perciformes, Cichlidae) in Volta Grande Reservoir, Rio Grande – MG/SP. *Acta Scientiarum - Biological Sciences*, 25(1): 79-86, 2003.
- Gomiero LM & Braga FMS. Feeding of introduced species of *Cichla* (Perciformes, Cichlidae) in Volta Grande reservoir, River Grande (MG/SP). *Brazilian journal of biology*, 64(4): 787-795, 2004.
- Gomiero LM, Villares GA & Naous F. Relação peso-comprimento e fator de condição de em *Cichla kelberi* em (Perciformes, Cichlidae) introduzidos em um lago artificial no Sudeste brasileiro. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, 30(2): 173-178, 2008.
- Gubiani EA *et al.* Non-native fish species in neotropical freshwaters: how did they arrive, and where did they come from? *Hydrobiologia*, 817(1): 57-69, 2018.
- Guedes GHS, Gomes ID, Nascimento AA, Aguiar FS & Araújo FG. Equilibrium reproductive strategy of the peacock bass *Cichla kelberi* facilitates invasion into a neotropical reservoir. *Journal of Fish Biology*, 98(3): 743-755, 2021.
- Holden MJ & Raitt DFS. *Manual of fisheries science. Part 2: Methods of resource investigation and their application.* Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1974.
- Jepsen DB, Winemiller KO & Taphorn DC. Temporal patterns of resource partitioning among *Cichla* species in a Venezuelan blackwater river. *Journal of Fish Biology*, 51: 1085-1108, 1997.
- Kovalenko KE, Dibble ED, Agostinho AA, Cantanhêde G & Fugi R. Direct and indirect effects of an introduced piscivore, *Cichla kelberi* and their modification by aquatic plants. *Hydrobiologia*, 638: 245-253, 2010.
- Kullander SO & Ferreira EJJ. A review of the South American cichlid genus *Cichla*, with descriptions of nine new species (Teleostei: Cichlidae). *Ichthyological Exploration of Freshwaters*, 14(4): 289-398, 2006.

- Latini AO & Petrere M. Reduction of a native fish fauna by alien species: An example from Brazilian freshwater tropical lakes. *Fisheries Management and Ecology*, 11(2): 71-79, 2004.
- Le Cren ED. The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch. *British Ecological Society*, 20(2): 201-219, 1951.
- Leal LB, Hoinghaus DJ, Compson ZG, Agostinho AA, Fernandes R & Pelicice FM. Changes in ecosystem functions generated by fish populations after the introduction of a non-native predator (*Cichla kelberi*) (Perciformes: Cichlidae). *Neotropical Ichthyology*, 19(3): 1-22, 2021.
- Luiz TF, Velludo MR, Peret AC, Rodrigues-Filho JL & Peret AM. Diet, reproduction and population structure of the introduced amazonian fish *Cichla piquiti* (Perciformes: Cichlidae) in the cachoeira dourada reservoir (Paranaíba river, central Brazil). *Revista de Biologia Tropical*, 59(2): 727-741, 2011.
- Marto VCO, Akama A & Pelicice FM. Feeding and reproductive ecology of *Cichla piquiti* Kullander & Ferreira, 2006 within its native range, Lajeado reservoir, rio Tocantins basin. *Neotropical Ichthyology*, 13(3): 625-636, 2015.
- Munóz H, Van Damme PA & Duponchelle F. Breeding behaviour and distribution of the tucunaré *Cichla aff. monoculus* in a clear water river of the Bolivian Amazon. *Journal of Fish Biology*, 69(4): 1018-1030, 2006.
- Nascimento WS, Yamamoto ME & Chellappa S. Proporção sexual e relação peso-comprimento do peixe anual *Hypsolebias antenori*. *Biota Amazônia*, 2: 37-44, 2012.
- Normando FT *et al.* Reproduction and fecundity of tucunaré, *Cichla kelberi* (Perciformes:Cichlidae), an exotic species in três marias reservoir, southeastern Brazil. *Journal of Applied Ichthyology*, 25(3): 299-305, 2009.
- Novaes JLC, Caramaschi EP & Winemiller KO. Feeding of *Cichla monoculus* Spix, 1829 (Teleostei: Cichlidae) during and after reservoir formation in the Tocantins River, Central Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 16(1): 41-49, 2004.
- Oliveira MR, Costa EFS, Araújo AS, Pessoa EKR & Chellappa S. Sex ratio and length-weight relationship for five marine fish species from Brazil. *Journal of Marine Biology & Oceanography*, 1(2): 11-14, 2012.
- Pelicice FM & Agostinho AA. Fish fauna destruction after the introduction of a non-native predator (*Cichla kelberi*) in a Neotropical reservoir. *Biological Invasions*, 11(8): 1789-1801, 2009.
- Reis RE, Albert JS, Di Dario F, Mincarone MM, Petry P & Rocha LA. Fish biodiversity and conservation in South America. *Journal of fish biology*, 89(1): 12-47, 2016.
- Resende EK, Marques DKS & Ferreira LKSGA. A successful case of biological invasion: The fish *Cichla piquiti*, an Amazonian species introduced into the Pantanal, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 68(4): 799-805, 2008.
- Santos LN, Gonzales AF & Araújo FG. Dieta do tucunaré-amarelo *Cichla monoculus* (Bloch & Schneider) (Osteichthyes, Cichlidae), no Reservatório de Lajes, Rio de Janeiro, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 18(1): 191-204, 2001.
- Santos-Clapp MD & Brasil-Sato MC. Parasite community of *Cichla kelberi* (Perciformes, Cichlidae) in the Três Marias Reservoir, Minas Gerais, Brazil. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*, 23(3): 367-374, 2014.
- Sastraprawira SM *et al.* A review on introduced *Cichla* spp. and emerging concerns. *Heliyon*, 6(11): 05370, 2020.
- Sousa MMO, Lopes SIM, Da Costa RS & Novaes JLC. Population structure and reproductive period of two introduced fish species in a Brazilian semiarid region reservoir. *Revista de Biologia Tropical*, 63(3): 727-739, 2015.
- Souza JE, Fragoso-Moura EN, Fenerich-Verani N & Rocha O. Population structure and reproductive biology of *Cichla kelberi* (Perciformes, Cichlidae) in Lobo Reservoir, Brazil. *Neotropical Ichthyology*, 6(2): 201-210, 2008.
- Souza CP, Rodrigues-Filho CAS, Barbosa FAR & Leitão RP. Drastic reduction of the functional diversity of native ichthyofauna in a neotropical lake following invasion by piscivorous fishes. *Neotropical Ichthyology*, 19(3): 1-18, 2021.
- Vazzoler AEAM. 1996. *Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática*. Editora da Universidade Estadual de Maringá, 169p.
- Vicentini RN & Araújo FG. Sex ratio and size structure of *Micropogonias furnieri* (Desmarest, 1823) (Perciformes, Sciaenidae) in Sepetiba Bay, Rio de Janeiro, Brazil. *Brazilian journal of biology*, 63(4): 559-566, 2003.
- Vieira ABC, Salvador Júnior LF, Melo RMC, Santos GB & Bazzoli N. Reproductive biology of the peacock bass *Cichla piquiti* (Perciformes: Cichlidae), an exotic species in a Neotropical reservoir. *Neotropical Ichthyology*, 7(4): 745-750, 2009.



Villares GA & Gomiero LM. Feeding dynamics of *Cichla kelberi* Kullander & Ferreira, 2006 introduced into an artificial lake in southeastern Brazil. *Neotropical Ichthyology*, 8(4): 819-824, 2010.

Vitule JRS, Freire CA & Simberloff D. Introduction of non-native freshwater fish can certainly be bad. *Fish and Fisheries*, 10(1): 98-108, 2009.

Winemiller KO, Taphorn DC & Barbarino-Duque A. Ecology of *Cichla* (Cichlidae) in two blackwater rivers of Southern Venezuela. *Copeia*, (4): 690-696, 1997.

Zaret TM. Life history and growth relationships of *Cichla ocellaris*, a predatory South American Cichlid. *Biotropica*, 12(2): 144-157, 1980.

Biodiversidade Brasileira – BioBrasil.
Fluxo Contínuo
n. 2, 2022

<http://www.icmbio.gov.br/revistaeletronica/index.php/BioBR>

Biodiversidade Brasileira é uma publicação eletrônica científica do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) que tem como objetivo fomentar a discussão e a disseminação de experiências em conservação e manejo, com foco em unidades de conservação e espécies ameaçadas.

ISSN: 2236-2886