

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 28/02/2022.

Cichla kelberi NO RESERVATÓRIO DE JUPIÁ-SP: DIETA,
BROMATOLOGIA E ASPECTOS PARASITOLÓGICOS



BRUNO DA SILVA

BOTUCATU, SÃO PAULO

2020

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
CÂMPUS DE BOTUCATU

INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS DE BOTUCATU
LABORATÓRIO DE ECOLOGIA DE PEIXES – PIRÁ
LABORATÓRIO DE ESTUDOS EM FISIOLOGIA ANIMAL – LEFISA

Cichla kelberi NO RESERVATÓRIO DE JUPIÁ-SP: DIETA, BROMATOLOGIA E ASPECTOS

PARASITOLÓGICOS

BRUNO DA SILVA

ORIENTADOR: PROF. DR. IGOR PAIVA RAMOS

COORIENTADORA: PROF^a DR^a CRISTIÉLE DA SILVA RIBEIRO

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Câmpus de Botucatu, como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas – Área de concentração: Zoologia.

BOTUCATU, SÃO PAULO

2020

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉC. AQUIS. TRATAMENTO DA INFORM.
DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CÂMPUS DE BOTUCATU - UNESP

BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: ROSANGELA APARECIDA LOBO-CRB 8/7500

Silva, Bruno da.

Cichla kelberi no reservatório de Jupiá-SP : dieta, bromatologia e aspectos parasitológicos / Bruno da Silva. - Botucatu, 2020

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Instituto de Biociências de Botucatu

Orientador: Igor Paiva Ramos

Coorientador: Cristiéle da Silva Ribeiro

Capes: 20502001

1. Peixe - Distribuição sazonal. 2. Tucunaré (Peixe). 3. Ácidos graxos. 4. Cadeia alimentar.

Palavras-chave: Influência sazonal; Perfil de ácidos graxos; Plasticidade alimentar; Qualidade de tecido muscular; Transferência trófica.

FLORES

Ninguém

oferece flores.

A flor,

em sua fugaz existência,

já é a oferenda.

Talvez, alguém,

de amor,

se ofereça em flor.

Mas só a semente

oferece flores.

(MIA COUTO, TRADUTOR DE CHUVAS)

DEDICO...

À minha mãe, a âncora que me sustenta em meio às ondas da vida.

A todas e todos que nesse período passaram por minha vida, seja no âmbito profissional, seja no pessoal.

AGRADECIMENTOS

Com certeza há muita gente a quem agradecer... E tornar-se grato é uma das maneiras mais ímpares de avaliar que o processo foi árduo, mas não faltou apoio para superar cada uma das batalhas percorridas até aqui.

Primeiramente, deixo meus sinceros agradecimentos a Luiz Ferreira (*in memoriam*), meu padrasto, que por mais que ele não tenha alcançado em vida me ver terminando mais uma etapa, me ajudou imensamente. Obrigado, Luiz, por cuidar (em seu sentido mais amplo) da minha mãe por todo o tempo que vivi em Ilha Solteira.

Às instituições de ensino envolvidas nessa fase da minha vida: à Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", ao Instituto de Biociências de Botucatu, à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, como também ao Departamento de Biologia e Zootecnia de Ilha Solteira e ao Programa de pós-graduação em Ciências Biológicas (Zoologia) pelo apoio, quanto à utilização de suas dependências físicas e auxílio nos processos envolvidos para que fosse possível o pleno andamento do meu mestrado.

À concessão de bolsa de mestrado, processo n° 2018/00281-3, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), bem como à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), para a realização de todas as atividades que se fizeram presentes.

Ao Prof. Dr. Igor Paiva Ramos, que me orientou majestosamente em todas as etapas deste trabalho. É um profissional admirável que me ensinou muito sobre como ser melhor na minha vida acadêmica, contribuindo bastante em cada uma das correções que foram necessárias para que o texto da dissertação estivesse cada vez melhor, e que eu pudesse construir e reconstruir meus conhecimentos acerca do fazer pesquisa e contribuir com a Ciência em nosso país. Agradeço toda a paciência desprendida e pela compreensão sobre meus momentos mais difíceis. Com certeza, a Ciência carece de profissionais humanizados, e você me provou que além de profissional é um excelente ser humano.

À Prof^a Dr^a Crístiele da Silva Ribeiro, coorientadora deste trabalho, que me ajudou imensamente em cada um dos processos que passei para chegar até aqui. Admiro muito seu trabalho por diversos motivos, e o principal deles é à sua maneira ímpar de encontrar saídas para todas as vezes que eu estive perdido, seja em âmbito profissional, seja na minha vida pessoal. Sou grato por toda a paciência, todas as conversas e aprendizados que pude construir com seu auxílio. Não é possível descrever toda a minha gratidão por você, mas espero que um dia eu seja um profissional tão bom e empenhado como você é. Grato por tudo!

Ao José Daniel (ou Zé), foi a pessoa com quem mais convivi nesse período. Um irmão que o mestrado me deu, e que tenho imenso carinho e respeito. Ao escrever os agradecimentos, passaram-me à mente todas as nossas "aventuras" que tivemos durante os eventos científicos ou durante as disciplinas cursadas. Foi demais! Muito obrigado por me aguentar reclamar sempre, ainda mais quando eu colocava a Filosofia no meio das nossas conversas. Porém, acho que sagitarianos se entendem (risos). Meu muito obrigado, Zé, você é uma pessoa a quem se inspirar, desejo-te sucesso em dobro, sempre.

À Cibele, mais uma joia rara deste laboratório! (e não estou sendo sarcástico, eu te admiro muito!) Sou muito grato por nossas conversas seja sobre meu projeto de pesquisa, aliás, sobre todo o auxílio que você sempre me deu, sejam as conversas em nossas caminhadas (poucas), repletas de desabafos e trocas de experiências. Muito obrigado pela amizade e honestidade!

À Bruna, a pessoa que entende de estatística, você é uma inspiração para mim! Admiro sua forma de levar a vida e de encarar a pesquisa científica. Sem dúvida eu não poderia deixar de mencionar o papel fundamental que você desempenhou para que eu entendesse pelo menos o básico dos testes estatísticos que realizei neste trabalho. Ah, nunca vou esquecer Toledo!

À Dr^a Lidiane Franceschini. Acredito que você é uma das pessoas mais sensíveis que conheci, além de esbanjar atenção. Amo nossas conversas em laboratório, e os bolos que você traz (risos). Sou ainda mais grato a todas as vezes que eu precisei de ajuda em laboratório, e você me auxiliou. Meu muito obrigado!

À Bianca, que é a pessoa de mesmo senso de humor que o meu, e que me fez rir todas as vezes que precisava ouvir uma piada diferente. Bom, você sabe que seu sarcasmo é preponderante, e seu ser é maravilhoso. Sou grato por tudo!

Ao Lucas e à Letícia que me ajudaram imensamente nas coletas para realização deste trabalho. Vocês foram sensacionais!

A todos os integrantes dos Laboratório de Ecologia de Peixes (PIRÁ) e Laboratório de Estudos em Fisiologia Animal (LEFISA). Vocês formam uma equipe inigualável e de muito sucesso!

Ao Prof. Dr. Antonio Carlos de Laurentiz por ter permitido que as análises bromatológicas fossem realizadas nas dependências do Laboratório de Bromatologia, UNESP, FEIS. Como também, meus sinceros agradecimentos ao Sidival, por nos ter dado assistência na realização das análises bromatológicas durante todo esse processo.

Ao pessoal do Laboratório de Metabolismo e Reprodução de Organismos Aquáticos, da Universidade de São Paulo (USP), supervisionado pela Prof^a Dr^a Renata Guimarães Moreira Whitton, por nos permitir realizar a etapa final das análises dos ácidos graxos.

Aos pesquisadores da banca examinadora da qualificação e defesa Dr. João Henrique Pinheiro Dias, Prof. Dr. Alexandre Ninhaus Silveira, Dr^a Aline Dal'Olio Gomes e Prof^a Dr^a Rosilene Luciana Delariva por terem aceitado compor a banca, além de todas as contribuições para este trabalho.

Às pessoas que moraram comigo na república Repintada, Thalita, Renan, Dani, Aymar, Danilo, Yasmin, Paulo, Ana, Amanda (e a mãe dela) e Miguel, lugar que fiz meu lar durante o mestrado! Apesar de eu ser o morador mais distante da turma, eu adorava rir com vocês e das loucuras que vocês faziam e fazem. Desejo a cada um muito sucesso em toda caminhada!

À mulher mais importante da minha vida, Rosa, minha mãe. Só nós dois sabemos o que passamos até aqui, né?! Você não é só mãe, é a minha melhor amiga, "pau pra toda obra". Você sabe que minhas escolhas foram pautadas em mim, no meu

querer, mas que eu sempre pensei em você em cada uma delas, e te agradeço imensamente por sempre me apoiar nas minhas idas e vindas. Você é meu símbolo de luta e minha ancoragem nos momentos felizes e nos difíceis da vida. Amo-te.

Aos meus irmãos, Lucas e Beatriz, que eu mal consegui ver que eles cresceram tanto. Quando fui para Ilha Solteira estudar e apostar em um futuro melhor vocês eram crianças. Hoje, são dois adultos também lutando pelos seus sonhos, e eu fico muito feliz por tê-los ao meu lado. Amo muito vocês!

À Maira e Yrina, amigas que mesmo longe sempre estão comigo, desabafando e me fazendo refletir sobre o peso que as amizades têm. Amo vocês.

Por fim, quero agradecer a outros "seres"... Obrigado Planeta Terra, que ainda é redonda, por nos sustentar, e ter me dado a oportunidade de visitar lindos lugares nesse período. Como também, ao meu violão... Durante o mestrado eu descobri outra paixão em minha vida: a música. Foi com ela que venci e ultrapassei crises de ansiedade, deixei de pensar em desistir quando não via mais sentido em nada, e que toquei até o dedo doer para os dias ruins passarem mais rápido.

Meu muito obrigado a todas e a todos!

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIACÕES	X
RESUMO GERAL.....	XII
ABSTRACT.....	XIII
CAPÍTULO I.....	XIV
RESUMO	15
INTRODUÇÃO	16
MATERIAL E MÉTODOS	19
ÁREA DE ESTUDO	19
COLETA DE DADOS	19
DADOS BIOMÉTRICOS	21
CONTEÚDO ESTOMACAL.....	22
ÁCIDOS GRAXOS (FAs).....	23
RESULTADOS.....	26
DIETA	26
VARIAÇÃO INTRAESPECÍFICA DA COMPOSIÇÃO DA DIETA.....	27
PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS	28
DISCUSSÃO.....	31
AGRADECIMENTOS.....	36
REFERÊNCIAS	37
MATERIAL SUPLEMENTAR	42
CAPÍTULO II	44
RESUMO	45
INTRODUÇÃO	46
MATERIAIS E MÉTODOS	50
LOCAL DE COLETA.....	50
COLETA DE DADOS	50
DADOS BIOMÉTRICOS	51
ANÁLISE DA COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA.....	52
ANÁLISE DE ÁCIDOS GRAXOS (FAs).....	54
ANÁLISE PARASITOLÓGICA	55
RESULTADOS.....	57
ANÁLISE BROMATOLÓGICA	57
PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS (FAs).....	58

ANÁLISE PARASITOLÓGICA	60
DISCUSSÃO.....	62
AGRADECIMENTOS.....	69
REFERÊNCIAS	70
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	LXXV

LISTA DE ABREVIÇÕES

ANA – Agência Nacional de Águas

ARA – ácido araquidônico do inglês “*arachidonic acid*”

CESP – Companhia Energética de São Paulo

CZ - cinzas

DHA - ácido docosaheptaenoico do inglês “*docosahexaenoic acid*”

EE – extrato etéreo

EPA – ácido eicosapentaenoico do inglês “*eicosahexaenoic acid*”

FA – ácido graxo do inglês “*fatty acid*”

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

MS – massa seca

MUFA – ácido graxo monoinsaturado do inglês “*monounsaturated fatty acid*”

NEPA – Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação

n-3 – ácidos graxos ômega 3

n-6 – ácidos graxos Ômega 6

PB – proteína bruta

PUFA – ácido graxo polinsaturado do inglês “*polyunsaturated fatty acid*”

TACO – Tabela Brasileira de Composição de Alimentos

SFA – ácido graxo saturado do inglês “*saturated fatty acid*”

UD – umidade

Estimado(a) leitor(a), esta dissertação está organizada da seguinte maneira:

Dois capítulos escritos segundo recomendações e regras para serem publicados como artigos científicos, e serão submetidos aos periódicos científicos *Iheringia. Série Zoologia* e *Aquaculture Nutrition*, respectivamente. Há um tópico final intitulado “Considerações Finais” incorporado ao texto a fim de torná-lo mais coeso.

RESUMO GERAL

Cichla kelberi é uma espécie de peixe nativa da bacia hidrográfica do rio Amazonas e Tocantins-Araguaia e introduzida no reservatório de Jupia, alto rio Paraná, Brasil. Sua introdução proporcionou a pesca esportiva e comercial da espécie nesse reservatório, pois apresenta tecido muscular com características organolépticas (odor, sabor, textura e cor) apreciadas pela população, tornando-se um importante recurso pesqueiro nessa região. *Cichla kelberi* é considerada uma espécie carnívora/piscívora na maioria dos reservatórios em que ocorre, porém, também é caracterizada por apresentar plasticidade alimentar, uma característica peculiar a um animal topo de cadeia alimentar, o que pode ser acentuada com as variações sazonais, contribuindo com seu sucesso nos reservatórios. Diante das possíveis alterações na dieta, *C. kelberi* pode sofrer modificações metabólicas em períodos específicos do ano, e ter sua composição bromatológica e perfil de ácidos graxos (FAs) teciduais (fígado e músculo) alterados. Além disso, aspectos parasitários também são fortemente importantes para sanidade do pescado e qualidade alimentar. Assim, investigamos as seguintes hipóteses: 1) *C. kelberi* apresenta plasticidade alimentar no reservatório de Jupia, alto rio Paraná, Brasil, a qual influencia o perfil de FA no tecido hepático nos períodos chuvoso e seco; 2) há diferença na qualidade química (composição bromatológica e perfil de FAs) e parasitológica do tecido muscular de *C. kelberi*, entre os períodos chuvoso e seco, sendo considerado adequado para o consumo humano. A dieta de 25 espécimes por coleta (estação seca e chuvosa) foi analisada pelo método gravimétrico, sendo observadas diferenças significativas entre os períodos chuvoso e seco (Permanova *one-way*), para amplitude de nicho trófico e variabilidade individual (PERMDISP). Os itens mais importantes para tais diferenças foram *Macrobrachium* sp. e fragmentos de peixe, com maior variedade de itens alimentares observada no período chuvoso, sugerindo que a espécie seja carnívora/carcinófaga. Foram analisados por cromatografia gasosa o perfil de ácidos graxos dos tecidos hepático e muscular, do conteúdo estomacal e de *Macrobrachium* sp.. A alteração na dieta entre os períodos pode ter causado a diferenciação do perfil de ácidos graxos hepático e muscular, com grande contribuição de C22:6n3 (DHA, ácido docosahexaenoico), C20:5n3 (EPA, ácido eicosapentaenoico) e C20:4n6 (ARA, ácido araquidônico), com a participação de ácidos graxos de origem vegetal, como C18:2n6 e C18:3n3. Foi caracterizada a composição bromatológica do tecido muscular, não sendo observada diferença significativa entre períodos de coleta, com composição bromatológica esperada para espécies carnívoras. A inspeção realizada por meio de mesa transparente com luz para visualização de cistos parasitários não encontrou larvas encistadas no tecido muscular, concluindo que a espécie apresenta qualidade química e é segura para o consumo humano do ponto de vista parasitológico no reservatório de Jupia, alto rio Paraná, Brasil. Além disso, os resultados aqui apresentados demonstram que *C. kelberi* consegue se manter estável e que a plasticidade alimentar pode ser essencial para seu sucesso nos reservatórios.

Palavras-chave: Influência sazonal, Plasticidade alimentar, Qualidade de tecido muscular, Transferência trófica, Perfil de ácidos graxos, Tucunaré amarelo.

ABSTRACT

Cichla kelberi is a native fish to the basin of the Amazon River and Tocantins-Araguaia and was introduced in the Jupia Reservoir, upper Paraná River, Brazil. The introduction provided sport and commercial fishing of the species in this reservoir, because of organoleptic characteristics, including flavor, texture and color present on the muscular tissue that is appreciable by the population, becoming an important fishing resource in this region. *Cichla kelberi* is considered a carnivorous/piscivorous species in most of the reservoirs in which it occurs. However, it is characterized by presenting food plasticity, a characteristic peculiar to a carnivorous animal in the food chain, which can be accentuated with seasonal variations, contributing to its success in the reservoirs. According to possible changes in the diet, *C. kelberi* may undergo metabolic changes at specific season year and have its chemical composition and tissue fatty acid (FA) profile (liver and muscle) altered. Furthermore, parasitic aspects are also important for fish health and food quality. Thus, we investigate the following hypotheses: 1) *C. kelberi* presents food plasticity in the Jupia Reservoir, upper Paraná River, Brazil, which influences the FA profile in liver tissue in the rainy and dry periods; 2) There is a difference in the chemical quality (chemical composition and FA profile) and parasitological quality of the muscle tissue of *C. kelberi*, between the rainy and dry periods, being appropriated for human consumption. The diet of 25 specimens per collection (rainy and dry season) was analyzed by the gravimetric method, with significant difference between rainy and dry periods (Permanova one-way), for trophic niche amplitude and individual variability (PERMDISP). The most important items for such differences were *Macrobrachium* sp. and fish fragments, with a greater variety of food items observed in the rainy season, suggesting that the species is carnivorous/carcinophagous. The fatty acid profile of the liver and muscle tissues, stomach contents and *Macrobrachium* sp. were analyzed by gas chromatography. The change in diet between periods may cause differentiation on the liver and muscle fatty acid profile, with large contribution of C22:6n3 (DHA, docosahexaenoic acid), C20:5n3 (EPA, eicosapentaenoic acid) and C20:4n6 (ARA, arachidonic acid), with participation of fatty acids of vegetable origin, such as C18:2n6 and C18:3n3. The chemical composition of muscle tissue was characterized, with no significant difference between periods, with expected chemical composition for carnivorous species. The inspection carried out by means of a transparent table with light to view parasitic cysts did not find larvae encysted in the muscle tissue, concluding that the species has chemical quality and is safe for human consumption from the parasitological viewpoint in the Jupia Reservoir. In addition, the results presented here demonstrate that *C. kelberi* is endogenously stable and that food plasticity may be essential for success in reservoirs.

Keywords: Seasonal influence, Food plasticity, Muscle tissue quality, Trophic transfer, Fatty acid profile, Yellow peacock bass.

CAPÍTULO I

PLASTICIDADE ALIMENTAR E PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS HEPÁTICO DE
Cichla kelberi (KULLANDER & FERREIRA, 2006) NO RESERVATÓRIO DE JUPIÁ,
ALTO RIO PARANÁ, BRASIL

PLASTICIDADE ALIMENTAR E PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS HEPÁTICO DE *Cichla kelberi* (KULLANDER & FERREIRA, 2006) NO RESERVATÓRIO DE JUPIÁ, ALTO RIO PARANÁ, BRASIL

Bruno da Silva¹, José Daniel Soler Garves¹, Bruna Caroline Kotz Kliemann¹, Cristiéle da Silva Ribeiro², Igor Paiva Ramos^{1,2}

¹Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Biociências, Câmpus de Botucatu. Rua Prof. Dr. Antônio Celso Wagner Zanin, 250, 18618-689, Botucatu, SP, Brasil.

²Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia, Câmpus de Ilha Solteira. Rua Monção, 226, 15385-000, Ilha Solteira, SP, Brasil.

e-mail: bsilva.bio@outlook.com

RESUMO

Este estudo objetivou investigar a seguinte hipótese: *Cichla kelberi* apresenta plasticidade alimentar no reservatório de Jupiá, alto rio Paraná, Brasil, a qual influencia o perfil de ácidos graxos no tecido hepático nos períodos chuvoso e seco. A dieta de 25 espécimes foi analisada pelo método gravimétrico, sendo observadas diferenças significativas entre os períodos chuvoso e seco (Permanova *one-way*), como também para amplitude de nicho trófico e variabilidade individual (PERMIDISP). Os itens mais importantes para tais diferenças foram *Macrobrachium* sp. e fragmentos de peixe, com maior variedade de itens alimentares observada no período chuvoso, sugerindo que a espécie seja carnívora/carcinófaga para este reservatório. Foi analisado o perfil de ácidos graxos do tecido hepático por cromatografia gasosa e análise de comparação de tempos de retenção do padrão Supelco 37. A alteração na dieta entre os períodos pode ter causado a diferenciação do perfil de ácidos graxos hepático (Permanova *one-way*), com grande contribuição de C22:6n3 (DHA, ácido docosahexaenoico), C20:5n3 (EPA, ácido eicosapentaenoico) e C20:4n6 (ARA, ácido araquidônico), com a participação de ácidos graxos de origem vegetal, como C18:2n6 e C18:3n3. Os resultados aqui apresentados demonstram que *C. kelberi* consegue se manter estável endogenamente e que a plasticidade alimentar é essencial para seu sucesso nos reservatórios.

Palavras-chave: Amplitude de nicho trófico, Variabilidade individual, Metabolismo lipídico, Tucunaré amarelo, Influência sazonal.

INTRODUÇÃO

Cichla kelberi Kullander & Ferreira, 2006, é uma espécie de peixe nativa das bacias hidrográficas Amazônica e do rio Tocantins-Araguaia, no Norte do Brasil (KOVALENKO *et al.*, 2010), e foi introduzida no reservatório de Jupuíá, alto rio Paraná, São Paulo, possuindo importância na pesca esportiva e comercial (CESP, 2008; MARUYAMA *et al.*, 2010). Essa espécie tem características que a tornam economicamente importante, tais como a abundância no reservatório de Jupuíá (MARQUES, 2019) e filé com boas características organolépticas (ESPÍNOLA *et al.*, 2010).

Cichla kelberi é conhecida por ser uma espécie carnívora voraz, por ser originalmente oriunda de ambientes lênticos e de águas transparentes, e por colonizar reservatórios artificiais de usinas hidrelétricas com facilidade (ESPÍNOLA *et al.*, 2010). Esses reservatórios proporcionam a *C. kelberi* boa acuidade visual, facilitando a captura de diferentes presas, resultando em relativa plasticidade alimentar (KOVALENKO *et al.*, 2010; MENDONÇA *et al.*, 2018).

Em áreas de ocorrência não natural, como no reservatório de Juturnaíba (RJ, Brasil), *C. kelberi* apresentou dieta composta principalmente de peixes, insetos e vegetais, com elevado canibalismo nos diferentes períodos sazonais analisados (MENDONÇA *et al.*, 2018). No reservatório de Lajes (RJ, Brasil), a espécie consumiu principalmente peixes, insetos, camarões (*Macrobrachium* sp. Bate, 1888) e vegetais (SANTOS *et al.*, 2011). Além disso, a dieta dessa espécie pode incluir táxons de peixes nativas (*Acestrorhynchus lacustris* (Lütken, 1875), *Hoplias* sp. (Bloch, 1794), *Salminus brasiliensis* (Cuvier, 1816)), como observado no reservatório de Porto Primavera, alto rio Paraná, SP, Brasil (PEREIRA *et al.*, 2014).

Os mecanismos de introdução de espécies combinado à plasticidade alimentar resulta em um alto grau de aclimação no novo habitat, sendo que no caso de espécies carnívoras, tais

fatos podem reduzir populações de espécies nativas (GARCIA *et al.*, 2018). Tal evento foi registrado no reservatório de Rosana, (alto rio Paraná, SP, Brasil), onde *C. kelberi* ocasionou a diminuição exponencial da riqueza de espécies de peixes nativas entre os anos de 2003 e 2007 (PELICICE & AGOSTINHO, 2009). No lago Gatún (Panamá), onde *Cichla ocellaris* (Bloch e Schneider, 1801) foi introduzido em 1967 (relato mais antigo de introdução desse gênero no continente americano), a diminuição de riqueza de espécies de peixes nativas também pôde ser observada, fazendo com que o governo tomasse medidas para controle de sua população (ZARET & PAINE, 1973).

A transferência energética na estrutura de cadeias tróficas unida à capacidade de aclimação em reservatórios e dieta variada de *C. kelberi*, possivelmente leva a oscilações metabólicas espaço-temporais, principalmente relacionadas ao perfil de ácidos graxos (FAs) do tecido hepático, os quais apresentam potencial de servir como biomarcadores, já que são utilizados para inferência da qualidade ambiental (YOUSAFZAI & SHAKOORI, 2009; OLIVARES-RUBIO & VEGA-LÓPEZ, 2016). Além disso, a utilização de FAs, unida à análise de isótopos estáveis, podem oferecer resultados robustos acerca dos itens dietários consumidos pelas espécies, podendo determinar quais as relações entre item alimentar e presas consumidas na estrutura das cadeias tróficas, sendo possível inferir quais as fontes dos itens alimentares compõem a dieta das espécies (YOUSAFZAI & SHAKOORI, 2009; FIGUEIREDO, 2014; OLIVARES-RUBIO & VEGA-LÓPEZ, 2016).

A análise do perfil de FAs teciduais também possibilita a relação dieta e energia utilizada durante o período reprodutivo para peixes, já que os fatores sazonais influenciam aspectos metabólicos, como a reprodução (BENNEMANN *et al.*, 1996). Neste sentido, o tecido hepático é responsável pela mobilização de energia para a reprodução, por meio dos hepatócitos que recrutam substratos energéticos (proteínas, lipídeos e glicogênio) dos tecidos adiposo e muscular, subsidiando o desenvolvimento das gônadas no período reprodutivo

(BUREAU *et al.*, 2002). Portanto, conhecer a dieta das espécies é de suma importância para se entender o seu papel nas atividades metabólicas e sua contribuição para os perfis de FAs (IZQUIERDO *et al.*, 2005). A relação entre ácidos graxos polinsaturados das séries n-3 e n-6 (PUFA) podem ser diminuídas no tecido hepático durante o período reprodutivo. Contudo, pode ocorrer aumento de ácidos graxos saturados (SFA) e monoinsaturados (MUFA), pois estes atuam em funções energéticas (crescimento, natação e reprodução) em peixes (ANIDO *et al.*, 2015).

A bibliografia é escassa com relação a abordagem da dieta e metabolismo em peixes, principalmente no que tange às espécies introduzidas em reservatórios artificiais. A importância em se entender essa dinâmica, em especial para espécies não-nativas, está na contribuição com o conhecimento biológico, auxiliando na compreensão de como a dieta pode influenciar o metabolismo da espécie em área de ocorrência não natural, e suas implicações para o sucesso de invasão.

Dessa maneira, o presente estudo buscou testar a seguinte hipótese: *Cichla kelberi* apresenta plasticidade alimentar no reservatório de Jupia, alto rio Paraná, Brasil, a qual influencia o perfil de FA no tecido hepático nos períodos chuvoso e seco. Desse modo, objetivou-se testar as seguintes predições: 1) há divergências na composição da dieta entre os períodos chuvoso e seco no reservatório de Jupia; e 2) a composição de FAs hepáticos é influenciada por essa divergência dietética sazonal, uma vez que a metabolização hepática está associada aos recursos alimentares consumidos.

REFERÊNCIAS

- ANA, Agência Nacional de Águas. (2018). *Dados de operação dos reservatórios SIN*. Disponível em: <<https://www.ana.gov.br/sar0/MedicaoSin?dropDownListEstados=26&dropDownListReservatorios=19046&dataInicial=01%2F11%2F2017&dataFinal=31%2F08%2F2018&button=Buscar>>. Acesso em: 20.12.2019.
- Anido, R. V., Zaniboni-Filho, E., Garcia, A. S., Baggio, S. R., & Fracalossi, D. M. (2015). Characterization of the ovary fatty acids composition of *Rhamdia quelen* (Quoy & Gaimard) (Teleostei: Siluriformes), throughout their reproductive cycle. *Neotropical Ichthyology*, 13(2), 453–460. <https://doi.org/10.1590/1982-0224-20140139>
- Araújo, K. C., Cirne, L. G. A., Souza, W. S., Silva, J. R., Feltran, R. B., Melo, D. R., Melo, P. R. R., Maciel, E. S. (2018). Características morfométricas, rendimento de filé e composição química da Traíra. *Agroecosistemas*, 10(2), 25–36.
- Arts, M. T., Brett, M. T., & Kainz, M. J. (2009). Lipids in aquatic ecosystems. In *Lipids in Aquatic Ecosystems*. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-89366-2>
- AOAC, Association of Official Analytical Chemists. *Analytical Chemistry*, Washington, 1984.
- Belik, W. (2003). Perspectivas para segurança alimentar e nutricional no Brasil Prospects for food and nutritional safety in Brazil. *Saúde e Sociedade*, 12(1), 12–20. Recuperado de <http://www.scielo.br/pdf/sausoc/v12n1/04.pdf>
- Bennemann, S. T., Orsi, M. L., & Shibatta, O. A. (1996). Atividade alimentar de espécies de peixe do rio Tibagi, relacionada com o desenvolvimento de gordura e das gônadas. *Revista Brasileira de Zoologia*, 13(2), 501–512. <https://doi.org/10.1590/s0101-81751996000200018>
- Boscolo, W. R., Hayashi, C., Feiden, A., Meurer, F., & Signor, A. A. (2008). Composição química e digestibilidade aparente da energia e nutrientes da farinha de resíduos da indústria de filetagem de tilápias, para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Ciencia Rural*, 38(9), 2579–2586. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782008000900027>
- Brasil. (2006). *Lei de segurança alimentar e nutricional*. Conselho Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional§.
- Brooks, D. R., León-Régagnon, V., McLennan, D. A., & Zelmer, D. (2006). Ecological fitting as a determinant of the community structure of platyhelminth parasites of anurans. *Ecology*, 87(7), 76–85. [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(2006\)87\[76:efaado\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(2006)87[76:efaado]2.0.co;2)
- Catelani, P. A., Bauer, A. B., Di Dario, F., Pelicice, F. M., & Petry, A. C. (2017). First record of pughead deformity in *Cichla kelberi* (Teleostei: Cichlidae), an invasive species in an estuarine system in south-eastern Brazil. *Journal of Fish Biology*, 90(6), 2496–2503. <https://doi.org/10.1111/jfb.13323>
- Caula, F. C. B., Oliveira, M. P. de, & Maia, E. L. (2009). Teor de colesterol e composição centesimal de algumas espécies de peixes do estado do Ceará. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 28(4), 959–963. <https://doi.org/10.1590/s0101-20612008000400031>
- Clarke, K. R. (1993). Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology*, 18(1), 117–143. <https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.1993.tb00438.x>
- CESP, Companhia Energética de São Paulo. (2008). *Monitoramento da produção pesqueira*

nos reservatórios das UHE's: Engenheiro Sergio Motta (Porto Primavera), Engenheiro Souza Dias (Jupiá), Ilha Solteira e Três Irmãos.

CESP, Companhia Energética de São Paulo. (2009). *Usina Hidrelétrica Engenheiro Souza Dias (Jupiá)*. Disponível em: <http://www.cesp.com.br/portalCesp/portal.nsf/V03.02/Empresa_UsinaJupia?OpenDocument>. Acesso em: 24.09.2017.

FAO, Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura, & OPAS, Organização Pan-Americana da Saúde. (2017). *Panorama da segurança alimentar e nutricional*. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-i6977o.pdf>

Folch, J., Lees, M., & Stanley, G. H. S. (1956). A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. *The Journal of Biological Chemistry*, 226, 497–509.

Franceschini, L., Zago, A. C., Zocoller-Seno, M. C., Veríssimo-Silveira, R., Ninhaus-Silveira, A., & Silva, R. J. (2013). Endohelminths in *Cichla piquiti* (Perciformes, Cichlidae) from the Paraná River, São Paulo State, Brazil. *Brazilian journal of veterinary parasitology : Órgão Oficial do Colégio Brasileiro de Parasitologia Veterinária*, 22(4), 475–484. <https://doi.org/10.1590/S1984-29612013000400006>

Furuya, W. M., Hayashi, C., Silva, A. B. M., Oliveira-Santos, O., Souza, N. E., Matsushita, M., & Visentainer, J. V. (2006). Composição centesimal e perfil de ácidos graxos do camarão-d'água-doce. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 35(4), 1577–1580. <https://doi.org/10.1590/s1516-35982006000600001>

Gomes, A. D., Correia, T. G., & Moreira, R. G. (2010). Fatty acids as trophic biomarkers in vitellogenic females in an impounded tropical river. *Fish Physiology and Biochemistry*, 36(3), 699–718. <https://doi.org/10.1007/s10695-009-9345-3>

Gomes, A. D., Tolussi, C. E., Boëchat, I. G., Pompêo, M. L. M., Cortez, M. P. T., Honji, R. M., & Moreira, R. G. (2016). Fatty Acid Composition of Tropical Fish Depends on Reservoir Trophic Status and Fish Feeding Habit. *Lipids*, 51(10), 1193–1206. <https://doi.org/10.1007/s11745-016-4196-z>

Henderson, R. J., & Tocher, D. R. (1987). The lipid composition and biochemistry of freshwater fish. *Progress in Lipid Research*, 26, 281–347. [https://doi.org/10.1016/0163-7827\(87\)90002-6](https://doi.org/10.1016/0163-7827(87)90002-6)

Honorato, C. A., Smerman, W., Angélici, A. F., & Bem, C. R. D. (2014). Efeito das classes de peso sobre o rendimento de processamento de tucunaré (*Cichla* sp.). *Scientia Agraria Paranaensis*, 13(1), 65–70. <https://doi.org/10.18188/1983-1471/sap.v13n1p65-70>

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2018). *Produção da pecuária municipal 2018*. Recuperado de <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9107-producao-da-pecuaria-municipal.html>.

Inhamuns, A. J., Franco, M. R. B., & Batista, W. S. (2009). Seasonal variations in total fatty acid composition of muscles and eye sockets of tucunaré (*Cichla* sp.) from the Brazilian Amazon area. *Food Chemistry*, 117(2), 272–275. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.03.113>

Izquierdo, M. S., Socorro, J., Arantzamendi, L., & Hernández-Cruz, C. M. (2000). Recent advances in lipid nutrition in fish larvae. *Fish Physiology and Biochemistry*, 22(2), 97–107. <https://doi.org/10.1023/A:1007810506259>

- Kaçar, S., Başhan, M., & Oymak, S. A. (2016). Effect of seasonal variation on lipid and fatty acid profile in muscle tissue of male and female *Silurus triostegus*. *Journal of Food Science and Technology*, 53(7), 2913–2922. <https://doi.org/10.1007/s13197-016-2253-5>
- Keane, R. M., & Crawley, M. J. (2002). Exotic plant invasions and the enemy release hypothesis. *Trends in Ecology and Evolution*, 17(4), 164–170. [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(02\)02499-0](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(02)02499-0)
- Kent, G. (1997). Fisheries, food security, and the poor. *Food Policy*, 22(5), 393–404. [https://doi.org/10.1016/s0306-9192\(97\)00030-4](https://doi.org/10.1016/s0306-9192(97)00030-4)
- Kitson, G.; Larsen, B. S., & MCewen, C. N. 1996. *Gas chromatography and mass spectrometry: a practical guide*. New York, Academic Press. 632p.
- Kliemann, B. C. K., Baldasso, M. C., Pini, S. F. R., Makrakis, M. C., Makrakis, S., & Delariva, R. L. (2019). Assessing the diet and trophic niche breadth of an omnivorous fish (*Glanidium ribeiroi*) in subtropical lotic environments: Intraspecific and ontogenic responses to spatial variations. *Marine and Freshwater Research*, 70(8), 1116–1128. <https://doi.org/10.1071/MF18149>
- Kullander, S., & Ferreira, E. J. G. (2006). A review of the South American cichlid genus *Cichla*, with descriptions of nine new species (Teleostei: Cichlidae). *Ichthyological Exploration of Freshwaters*, 17(4), 289–398.
- Lacerda, A. C. F., Takemoto, R. M., Poulin, R., & Pavanelli, G. C. (2013). Parasites of the fish *Cichla piquiti* (Cichlidae) in native and invaded Brazilian basins: Release not from the enemy, but from its effects. *Parasitology Research*, 112(1), 279–288. <https://doi.org/10.1007/s00436-012-3135-z>
- Lima, J. F., Garcia, J. S., & Silva, T. C. (2014). Natural diet and feeding habits of a freshwater prawn (*Macrobrachium carcinus*: Crustacea, Decapoda) in the estuary of the Amazon River. *Acta Amazonica*, 44(2), 235–244. <https://doi.org/10.1590/s0044-59672014000200009>
- Lima, M. M., Mujica, C. P. I., & Lima, M. A. (2012). Caracterização química e avaliação do rendimento em filés de caranha (*Piaractus mesopotamicus*). *Brazilian journal of food technology*, 41–46.
- Marques, H. (2019). *Variações espaço-temporais da ictiofauna de quatro reservatórios do Alto Paraná: uma abordagem de longo termo e aspectos de conectividade fluvial*. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.
- Maruyama, L. S., Castro, P. M. G., Paiva, P., Silva, M. E. P. A., & Silva, K. M. (2010). Produção pesqueira do baixo Rio Tietê, nos anos de 2003-2004: revisão técnico-científica. *Série Relatórios Técnicos, São Paulo*, 45, 1–16.
- Mendonça, H. S., Santos, A. C. A., Martins, M. M., & Araújo, F. G. (2018). Size-related and seasonal changes in the diet of the non-native *Cichla kelberi* Kullander & Ferreira, 2006 in a lowland reservoir in the southeastern Brazil. *Biota Neotropica*, 18(3).
- Menezes, M. E. S., Lira, G. M., Omena, C. M. B., Freitas, J. D., Sant’ana, A. E. G., & Sant’Ana, A. E. G. (2008). Composição centesimal, colesterol e perfil de ácidos graxos dos peixes tainha (*Mugil cephalus*) e camurim (*Centropomus undecimalis*) da Lagoa Mundaú, AL/Brasil. *Revista do Instituto Adolfo Lutz*, 67(2), 89–95. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612008000400031>
- Novakowski, G. C., Hahn, N. S., & Fugii, R. (2008). Diet seasonality and food overlap of the

- fish assemblage in a pantanal pond. *Neotropical Ichthyology*, 6(4), 567–576.
<https://doi.org/10.1590/s1679-62252008000400004>
- NEPA, Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação. (2011). Tabela brasileira de composição de alimentos. In *NEPA - UNICAMP* (4º ed). <https://doi.org/10.1007/s10298-005-0086-x>
- Oliveira, S. A. L. (2005). *Pesquisa de helmintos em musculatura e serosa abdominal de peixes de importância comercial capturados no litoral norte do Brasil*. Universidade Federal do Pará.
- Ota, R. R., Deprá, G. C., Graça, W. J., & Pavanelli, C. S. (2018). Peixes da planície de inundação do alto rio Paraná e áreas adjacentes: Revised, annotated and updated. *Neotropical Ichthyology*, 16(2), 1–111. <https://doi.org/10.1590/1982-0224-20170094>
- Ozogul, Y., Ozogul, F., & Alagoz, S. (2007). Food Chemistry Fatty acid profiles and fat contents of commercially important seawater and freshwater fish species of Turkey: A comparative study. *Food Chemistry*, 103, 217–223. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.08.009>
- Parrish, C. C. (1998). Lipid biogeochemistry of plankton, settling matter and sediments in Trinity Bay, Newfoundland. I. Lipid classes. *Organic Geochemistry*, 29(5-7-7 pt 2), 1531–1545. [https://doi.org/10.1016/S0146-6380\(98\)00176-4](https://doi.org/10.1016/S0146-6380(98)00176-4)
- Ramos, I. P. (2011). *Impactos de pisciculturas em tanques-rede sobre a ictiofauna da represa de Chavantes: dieta, bromatologia e parasitologia*. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho".
- Rodrigues, B. L., Canto, A. C. V. D. C. S., Costa, M. P., Silva, F. A., Mársico, E. T., & Conte, C. A. (2017). Fatty acid profiles of five farmed Brazilian freshwater fish species from different families. *Plos One*, 12(6), 1–15. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0178898>
- Rotta, M. A. (2003). Aspectos gerais da fisiologia e estrutura do sistema digestivo dos peixes relacionados à piscicultura. In *Embrapa Pantanal* (1º ed). Corumbá.
- Sales, R. D. O., & Sales, A. M. (1990). Estudo da composição química e rendimento de dez espécies de pescado de água doce de interesse comercial nos açudes do nordeste brasileiro. *Ciência Agrônômica*, 21, 27–30.
- Sanchez, J., Gomes, M. I., & Sase, L. E. (1990). Armazenamento da pescada do piauí, *Plagioscion squamosissimus* (Heckel, 1840), resfriadas. I. Evolução da composição química e alguns indicadores de frescor. *Alimentação e Nutrição*, 2, 73–82.
- Santos, C. A. M. L. (2010). Doenças transmitidas por pescado no Brasil. *Revista Brasileira de Medicina Veterinária*, 32(4), 234–241.
- Sargent, J. R., Tocher, D. R., & Bell, J. G. (2003). The Lipids. *Fish Nutrition*, 181–257. <https://doi.org/10.1016/B978-012319652-1/50005-7>
- Simões, M. R., Ribeiro, C. F. A., Ribeiro, S. C. A., Park, K. J., & Murr, F. E. X. (2007). Composição físico-química, microbiológica e rendimento do file de tilápia Tailandesa (*Oreochromis niloticus*). *Ciência e tecnologia de alimentos de Campinas*, (27)3, 608–613.
- Siqueira-Silva, D. H. (2011). *Ciclo reprodutivo e análise ultraestrutural da espermatogênese de Cichla kelberi (Teleostei: Perciformes: Cichlidae)*. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho".
- Sorbera, L. A., Asturiano, J. F., Carrillo, M., & Zanuy, S. (2001). Effects of polyunsaturated

fatty acids and prostaglandins on oocyte maturation in a marine teleost, the european Sea Bass (*Dicentrarchus labrax*). *Biology of Reproduction*, 64(1), 382–389. <https://doi.org/10.1095/biolreprod64.1.382>

Souza, M. L. R. de, Baccarin, A. E., Viegas, E. M. M., & Kronka, S. D. N. (2004). Defumação da tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*) inteira eviscerada e filé: Aspectos referentes às características organolépticas, composição centesimal e perdas ocorridas no processamento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 33(1), 27–36.

Tocher, D. R. (2003). Metabolism and functions of lipids and fatty acids in teleost fish. *Reviews in Fisheries Science*, 11(2), 107–184. <https://doi.org/10.1080/713610925>

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do que foi exposto nos dois capítulos podemos fazer as seguintes considerações finais:

- 1) A dieta de *C. kelberi* para os períodos chuvoso e seco apresentou alterações quanto a composição, amplitude de nicho trófico e variabilidade individual. A maior contribuição para essas alterações foi dos itens alimentares *Macrobrachium* sp. e fragmento de peixes, sendo *C. kelberi* considerada carnívora/carcinófaga no reservatório de Jupiaá, alto rio Paraná.
- 2) As alterações na dieta não afetaram a composição bromatológica do tecido muscular e do conteúdo estomacal da espécie entre os períodos de coleta, sendo essa composição condizente com a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO). O tecido muscular de *C. kelberi* pode ser considerado magro, com alta umidade e elevada concentração proteica.
- 3) O perfil de ácidos graxos apresentou alterações entre os dois períodos avaliados, tanto para o tecido hepático, como para o tecido muscular e para o conteúdo estomacal. Observou-se contribuição principalmente de ácidos graxos PUFA n-3 e n-6, notadamente EPA, DHA e ARA. Além de ser observada contribuição de ácidos graxos marcadores de organismos autotróficos (C18:2n6 e C18:3n3), o que denota a transferência trófica entre os elos da cadeia alimentar aquática.
- 4) É possível concluir que o tecido muscular apresentou concentrações adequadas de ácidos graxos PUFA n-3 e n-6 para o consumo humano, e que o período seco apresentou maior concentração total desses FAs, apesar de apresentar uma relação n-3/n-6 menor que o período chuvoso, sugerindo,

dessa forma, que o consumo dos animais coletados no período chuvoso seja mais vantajoso para a saúde humana.

- 5) Por fim, a análise parasitária não mostrou larvas encistadas no tecido muscular, demonstrando segurança para o consumo humano do ponto de vista parasitológico, já que a presença de parasitos pode trazer riscos à saúde do consumidor.
- 6) É possível concluir que *C. kelberi* apresenta aclimatação para sobreviver no reservatório de Jupiá, já que os perfis de ácidos graxos teciduais são condizentes com os de outras espécies carnívoras, e apresenta bons indicadores de qualidade bromatológica do tecido muscular. Além disso, a espécie apresenta plasticidade alimentar, que lhe favorece na colonização dos reservatórios nos quais ela foi introduzida, conseguindo se aclimatar aos novos ambientes.