

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

“Júlio de Mesquita Filho”

INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS DE BOTUCATU

Dieta, aspectos bromatológicos e parasitológicos em uma espécie de
peixe não-nativa no reservatório de Jupiá, alto rio Paraná

JOSÉ DANIEL SOLER GARVES

ORIENTADOR: PROF. DR. IGOR PAIVA RAMOS

COORIENTADORA: PROFA. DRA. CRISTIÉLE DA SILVA RIBEIRO

BOTUCATU – SP

2020

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

“Júlio de Mesquita Filho”

INSTITUTO DE BIOCIÊNCIAS DE BOTUCATU

Dieta, aspectos bromatológicos e parasitológicos em uma espécie de
peixe não-nativa no reservatório de Jupia, alto rio Paraná

JOSÉ DANIEL SOLER GARVES

ORIENTADOR: PROF. DR. IGOR PAIVA RAMOS

COORIENTADORA: PROFA. DRA. CRISTIÉLE DA SILVA RIBEIRO

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências,
Câmpus de Botucatu, UNESP, como parte dos
requisitos para obtenção do título de Mestre no
Programa de Pós-Graduação em Ciências
Biológicas, Área de concentração Zoologia.

BOTUCATU – SP

2020

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉC. AQUIS. TRATAMENTO DA INFORM.
DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CÂMPUS DE BOTUCATU - UNESP
BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: ROSEMEIRE APARECIDA VICENTE-CRB 8/5651

Garves, José Daniel Soler.

Dieta, aspectos bromatológicos e parasitológicos em uma espécie de peixe não-nativa no reservatório de Jupia, alto rio Paraná / José Daniel Soler Garves. - Botucatu, 2020

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

Orientador: Igor Paiva Ramos

Coorientador: Cristiële da Silva Ribeiro

Capes: 20502001

1. Paraná, Rio, Bacia. 2. Substratos. 3. Alimentos - Análise. 4. Peixe - Pesquisa.

Palavras-chave: Bacia do alto rio Parana; Espécie introduzida; Plasticidade trófica; Qualidade do filé; Região neotropical.

DEDICO,

*à minha família e à minha namorada, por serem meu ponto
de equilíbrio, apoiando-me e incentivando-me até o fim.*

AGRADECIMENTOS

À toda minha família, por propiciar as condições para que eu pudesse chegar até aqui e me ensinar que o caminho mais fácil não é sempre o que leva às melhores conquistas. Vamos juntos enfrentar todas as batalhas dessa vida. Amo muito vocês! Obrigado por tudo!

À minha namorada, Thaís Soto Boni, pela paciência, dedicação e fundamental apoio em momentos de desespero. Volte logo dos EUA! rs' Preciso de você para me ajudar a não ficar ansioso para a defesa... heuheuhe Te amo! #melevaparaosEUA!

Ao meu orientador e amigo, Igor Paiva Ramos, pelos anos de trabalho, orientações e apoio desde a graduação. Nada seria possível sem você, que entende os momentos difíceis e nos dá força para seguir. Um dia espero ser um profissional como você, um outro dia, te ensino a pescar tucunaré e a dominar a arte do futebol de verdade... rs'.

À minha coorientadora e amiga, Cristiéle da Silva Ribeiro, por estar sempre presente e disposta a ajudar, pelas novas propostas que sempre agregam nossos trabalhos, por nos levar conhecer o famoso Et de Varginha e, por fim, pela linda cafeteira que salvou a vida de todos nós, pós-graduandos! hueheuhe Valeu demais, Cris!

À minha coorientadora (informal, mas pelo menos aqui está no papel, Lidi! rs') e amiga, Lidiane Franceschini, por sempre dedicar seu tempo a todos nós do Pirá, pelos bolos de milho do Gaguinho, pelo café extraforte, por todas as conversas, que são sempre ótimas e por todo o apoio durante a caminhada!

À toda equipe do Laboratório de Ecologia de Peixes - PIRÁ, pelas amizades, brincadeiras, auxílio nas coletas, incentivo e colaboração para meu crescimento pessoal e profissional. Em ordem alfabética, vamos lá:

Aymar, ou melhor, grande menino Ney – “é isso aí meu amado!”, obrigado pelo curso de R, sempre muito didático. Obrigado também pelos músculos extrafortes durante as coletas, eles foram e são essenciais para nosso sucesso! huehueh Tmj!

Bianca, “a maior cuidadora de vida das pessoas do laboratório”, obrigado pela descontração durante o dia-a-dia, pelo apoio em momentos de crise e pelo certificado criado por você e pelo Bruno! Qualquer dia faço um para você também! #biancamigué

Bruna, um dia serei tão eficiente quanto você e conseguirei fazer 10 coisas ao mesmo tempo! Obrigado pelo apoio no laboratório, nas coletas, nas análises... e #partiudoutorado! Que essa nova fase venha para fortalecer ainda mais nossa parceria.

Bruno, parceiro de graduação, de projeto de mestrado, de coletas, de viagens, de desabafos, que pula muro de casas aleatórias e só me leva para rolês errados... obrigado por tudo! Que seu caminho seja tão brilhante quanto você! #vaicomcalmanocafé #voanaeducaçãomeuquerido!

Cibelão, minha coorientadora de IC e parceira desde as aulas super empolgantes do PIBID... Um dia faço aquele *banner* da sua foto com o peixe cachorro e coloco na entrada da faculdade para todo mundo ver! Vai ter até o #selocibelovixdequalidade hehehe obrigado pela amizade! Estarei sempre por aí!

Cipó, a parceira de antigos carnavais, que foi embora e voltou com saudade da galera... Obrigado pelo apoio de sempre e pela ótima convivência. Que nossa amizade continue por muito tempo, pois quem sabe um dia você pare de reclamar de tudo... huehueh espero você para me ajudar com a diversidade funcional! #mimimi #misssantarita #nãofoiapingafoioleite

Hugo, obrigado pelo curso de R, que um dia aprenderei de verdade – com a cerveja do lado... Suas dicas são as mais valiosas! hahaha Tmj!

João, não vou dar uma de “João sem braço”, confesso, fui eu quem fiz a figurinha... hehehe Obrigado por todas as experiências compartilhadas e pelas orientações, sempre tão pertinentes!

Lê, que mesmo sem conviver no lab. no momento, me ajudou em diversas situações durante minha caminhada. Obrigado pela amizade e por tantas vezes me fazer acreditar que é possível.

Michel, parceiro desde 2015, obrigado pelas conversas, pela oportunidade e confiança em trabalharmos juntos. Que seu futuro seja brilhante, meu querido!

Nayara, obrigado pela confiança em aprender os primeiros passos na dieta comigo. Um dia ainda descobriremos nematoides vivos num peixe morto! rs'.

Spada, obrigado por sempre alegrar nosso dia-a-dia no laboratório e estar sempre disposto a ajudar no que for preciso. Mas, e aquele bolo, quando vai trazer??? hahaha.

A todos os meus amigos de longa data, pela convivência, parceria e ideias compartilhadas, em especial à Bia Boni e ao Maycão, sempre presentes nos meus pensamentos. Muito obrigado!

À equipe do Laboratório de Estudos em Fisiologia Animal (LEFISA), Laboratório de Bromatologia do Departamento de Biologia e Zootecnia e Laboratório de Metabolismo e Reprodução de Organismos Aquáticos (LAMEROA), pelas coletas e/ou análises laboratoriais.

Ao técnico Sidival, do Laboratório de Bromatologia do Departamento de Biologia e Zootecnia, por toda atenção e paciência durante o aprendizado das análises bromatológicas.

Aos membros da banca examinadora, pelo aceite ao convite, por disponibilizam o tão escasso tempo e por todas as contribuições para melhoria deste trabalho.

À UNESP FEIS (Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira) e IBB (Instituto de Biociências de Botucatu) pela infraestrutura, suporte logístico, todos os funcionários e professores.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, bem como pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), processo nº 2018/00281-3.

Este trabalho não teria sido possível sem a colaboração e estímulo de todos. Se esqueci de alguém, perdão! Sou meio desligado... Mas de coração, à todos vocês,

GRATIDÃO!

SUMÁRIO

Lista de abreviações.....	9
Resumo	10
Abstract.....	11
1. INTRODUÇÃO.....	12
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	18
2.1. Caracterização da área de estudo.....	18
2.2. Coleta do material biológico.....	20
2.3. Análise dos dados	21
2.4. Delineamento experimental das hipóteses.....	23
2.4.1. Hipótese A – Composição alimentar	23
2.4.2. Hipótese B – Composição bromatológica	24
2.4.3. Hipótese C – Perfil de ácidos graxos.....	28
2.4.4. Hipótese D – Interações entre dieta, bromatologia e ácidos graxos.....	30
2.4.5. Hipótese E – Composição parasitológica	31
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
3.1. Composição alimentar	32
3.2. Composição bromatológica	37
3.3. Perfil de ácidos graxos.....	41
3.4. Interações entre dieta, bromatologia e ácidos graxos.....	44
3.5. Composição parasitológica.....	46
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	48
5. AGRADECIMENTOS	50
6. PRODUÇÃO RELACIONADA AO ESTUDO.....	51
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53
8. APÊNDICES	61

Lista de abreviações

ANA - Agência Nacional de Águas

CESP - Companhia Energética de São Paulo

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

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

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

n3 - ácidos graxos ômega 3

n6 - ácidos graxos ômega 6

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

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

UHE – Usina Hidrelétrica

Resumo

Empreendimentos hidroelétricos podem desencadear alterações no ciclo hidrológico, desequilíbrio dos ecossistemas aquáticos e facilitar a introdução de espécies de peixes não-nativas. Contudo, essas espécies também podem apresentar grande representatividade na pesca artesanal e esportiva, tornando-se uma importante fonte de renda local. Dessa forma, o estudo de espécies não-nativas, suas origens, hábitos e posições tróficas, além de suas habilidades que garantem a permanência e o sucesso no estabelecimento em novos ambientes, são relevantes. Dentre tais espécies não-nativas, *Geophagus sveni* destaca-se como uma das espécies mais importantes para pesca artesanal na região Noroeste do estado de São Paulo. O presente trabalho teve como objetivo caracterizar e correlacionar a composição alimentar, composição bromatológica do tecido muscular, perfil de ácidos graxos do tecido muscular e hepático, além de identificar possíveis parasitos musculares em *G. sveni* nos períodos chuvoso e seco, no reservatório de Jupia, alto rio Paraná, Brasil. Foram realizadas duas coletas, uma ao final do período chuvoso (março/2018) e outra ao final do período seco (agosto/2018), no reservatório de Jupia (20°30'33.4"S 51°27'19.7"W). Os espécimes coletados foram eutanasiados e, em seguida, tiveram mensuradas massa total, comprimento padrão e o sexo determinado visualmente. *Geophagus sveni* apresentou hábito alimentar detritívoro, além de plasticidade e oportunismo trófico. Sua composição alimentar foi significativamente diferente entre os períodos avaliados, adicionalmente, a composição bromatológica apresentou diferenças significativas entre os períodos e entre os sexos. De forma geral, o tecido muscular foi considerado magro, com menor percentual de lipídeos e maior de proteína bruta. Para o perfil de ácidos graxos avaliado, apenas o do tecido muscular apresentou diferenças significativas entre os períodos chuvoso e seco. Tais resultados sugerem que flutuações sazonais influenciam diretamente a disponibilidade de recursos e consumo de itens alimentares de diversas fontes por *G. sveni*, o que altera os padrões de incorporação nutricional no tecido muscular da espécie. Além disso, não foram encontrados parasitos intramusculares nos espécimes avaliados, o que confirma que *G. sveni*, por ser introduzido no reservatório de Jupia, pode beneficiar-se da Teoria do Escape do Inimigo. Dessa maneira, por ser uma das espécies mais capturadas pela pesca artesanal na região Noroeste do estado de São Paulo e apresentar equilibrado valor energético e nutricional, além de ausência de parasitos no tecido muscular, *G. sveni* pode ser considerada uma boa fonte de proteína animal baseado nas avaliações realizadas.

Palavras-chave: espécie introduzida; plasticidade trófica; qualidade do filé; região Neotropical; bacia do alto rio Paraná.

Abstract

Hydroelectric developments can trigger changes in the hydrological cycle, imbalance in aquatic ecosystems and facilitate the introduction of non-native fish species. However, these species can also be highly representative in artisanal and sport fishing, becoming an important source of local income. Thus, the study of non-native species, their origins, habits and trophic positions, in addition to their skills that guarantee permanence and success in the establishment of new environments, are relevant. Among these non-native species, *Geophagus sveni* is provided as one of the most important species for artisanal fisheries in the Northwest region of the state of São Paulo. This study aimed to characterize and correlate the food composition, the bromatological composition of muscle tissue, the fatty acid profile of the muscle and liver tissue, in addition to identifying possible muscle parasites of *Geophagus sveni* in the rainy and dry periods, in the Jupia reservoir, on the Paraná River, Brazil. Two collections were made, one at the end of the rainy period (March/2018) and another at the end of the dry period (August/2018), at the Jupia reservoir (20°30'33.4"S 51°27'19.7"W). The collected specimens were euthanized and, afterwards, total mass and standard length were measured, as well as sex determined visually. *Geophagus sveni* presented detritivorous eating habits, in addition to plasticity and trophic opportunism. Their food composition was significantly different only between the periods evaluated, while their bromatological composition showed significant differences between periods and between sexes. In general, muscle tissue was considered lean, with a lower percentage of lipids and higher of crude protein. For the fatty acid profile evaluated, only the muscle tissue showed significant differences between the rainy and dry periods. Such results suggest that seasonal fluctuations directly influence the availability of resources and consumption of food items from different sources by *G. sveni*, which alters the patterns of nutritional incorporation in the muscle tissue of the species. Furthermore, intramuscular parasites were not found in the evaluated specimens, which confirms that *G. sveni*, being introduced in the Jupia reservoir, can benefit from the Enemy Escape Theory. Thus, as it is one of the most important species for artisanal fisheries in the Northwest region of the state of São Paulo and has a balanced energy and nutritional value, in addition to the absence of parasites in the muscle tissue, *G. sveni* can be considered a good source of protein, based on the evaluations performed.

Keywords: introduced species; trophic plasticity; fillet quality; Neotropical region; upper Paraná River basin.

1. INTRODUÇÃO

Processos de urbanização e industrialização a partir do século XX, tornaram a capacidade de geração de energia elétrica deficitária, desencadeando inúmeras construções de usinas hidrelétricas pelo Brasil (OLIVEIRA, 2018). Como consequência desses empreendimentos, alterações no ciclo hidrológico dos rios acabam desencadeando desequilíbrio dos ecossistemas aquáticos (ALBUQUERQUE FILHO; SAAD; DE ALVARENGA, 2010).

Esses desequilíbrios causam alterações na hidrodinâmica natural dos rios e podem modificar comunidades bióticas e diminuir a riqueza de espécies de peixes (AGOSTINHO; JÚLIO JR; BORGHET, 1992). Ainda, mudanças na estrutura da ictiofauna, extinção de espécies migratórias e introdução de espécies não-nativas, são outros exemplos de possíveis influências ambientais causadas pelos barramentos (AGOSTINHO; GOMES; PELICICE, 2007).

A introdução de espécies de peixes não-nativas pode ocorrer por diferentes propósitos, dentre eles o interesse em aumentar a riqueza de espécies, atividades aquícolas, pesca esportiva, controle biológico, aquarismo comercial (VITULE et al., 2016), utilização como iscas vivas e atividades recreativas de turismo (AGOSTINHO; JÚLIO JR, 1996). Especificamente em reservatórios de usinas hidrelétricas, são responsáveis por diversas influências sob espécies nativas (RUARO et al., 2019), tais como dispersão de doenças e parasitos (LACERDA et al., 2013), reestruturação da ictiofauna por meio de competição interespecífica e predação de espécies nativas, causando decréscimo na riqueza e biodiversidade de espécies (LATINI; PETRERE, 2004; VITULE; SKÓRA; ABILHOA, 2012) e homogeneização biótica (DAGA et al., 2014).

Devido a sua importância na degradação ambiental, invasões bióticas foram consideradas como um dos principais agentes de mudança global impulsionada pelo homem, juntamente com as alterações atmosféricas e oceânicas (MACK et al., 2000). Também está presente nas metas de Aichi - 2011/2020 (CBD, 2010 - *Aichi Target 9*), que propõe que até 2020, as espécies invasoras e suas vias deverão ser identificadas e priorizadas, as espécies prioritárias deverão ser controladas ou erradicadas e medidas deverão ser implementadas para impedir suas introduções e estabelecimento. Sendo assim, a presença de espécies de peixes não-nativas possivelmente apresenta correlação direta com a diminuição da riqueza e diversidade de peixes nativos em reservatórios e outros ecossistemas aquáticos brasileiros (RUARO et al., 2019; VITULE; SKORA; ABILHOA, 2012).

O continente sul-Americano é detentor da maior riqueza mundial de peixes, com estimativas atuais de mais de 9.100 espécies (cerca de 27% da riqueza mundial), sendo destas 5.160 de água doce, distribuídas em 20 ordens, 69 famílias e 739 gêneros (REIS et al., 2016). Contudo, considerando a região Neotropical, 192 espécies de peixes não-nativas foram registradas em algum tipo de ambiente de água doce, sendo a região do alto rio Paraná a que apresenta o maior número (105 espécies) (GUBIANI et al., 2018).

Na bacia do alto rio Paraná, as espécies de peixes não-nativas foram introduzidas com diferentes finalidades e origens, dentre elas, após a construção da Usina Hidrelétrica de Itaipu (pacu-prata, *Metynnis lippincotianus*), produção aquícola (tilápia-do-nilo, *Oreochromis niloticus*), pesca esportiva (tucunaré, *Cichla kelberi* e *Cichla piquiti*), isca para pesca esportiva (jejú, *Brachyhypopomus pinnicaudatus*), aquarismo (plati, *Xiphophorus maculatus*), controle de mosquitos (lebister, *Poecilia reticulata*) e espécies cuja causa de ocorrência é desconhecida (*Brycon hilarii*) (LANGEANI et al., 2007; GUBIANI et al., 2018). Ainda, o elevado número de espécies de peixes não-nativas, pode ser visto como um sinal de alerta para a conservação (GUBIANI et al., 2018). Além destas citadas, *Geophagus sveni* (Perciformes: Cichlidae) é uma das espécies de peixes mais capturadas na pesca artesanal no Noroeste do estado de São Paulo (CESP, 2014). Natural da bacia Amazônica (LUCINDA et al., 2010; MORETTO et al., 2008), é uma espécie introduzida em diversos corpos aquáticos pelo Brasil, inclusive no alto rio Paraná (rio Grande) de modo acidental por meio do aquarismo (OTA et al., 2018).

Lucinda, Lucena e Assis (2010) distinguiram *G. sveni* de *Geophagus proximus* pela ausência de marca pré-opercular cinza escuro e devido a quatro ou cinco faixas brancas paralelas transversais presentes em sua nadadeira caudal. Especificamente, *G. sveni* possui ampla distribuição na bacia do alto rio Paraná, com destaque para os reservatórios de Ilha Solteira, Jupia e Porto Primavera (MARQUES et al., 2018), apresentando captura média de 31,58 kg de pescado/pescador/dia (IBAMA, 2014). É comercializado na forma de filé ou sem escamas, couro, cabeça e nadadeiras (OKADA et al., 2012), sendo importante fonte de renda na região.

O gênero *Geophagus*, natural da América do Sul, se caracteriza por apresentar comprimento médio de até 23 cm, distinguindo-se de outros Cichlidae por ter mais vértebras caudais do que abdominais e pela presença de prolongamentos das costelas ao longo da bexiga natatória, estendendo-se até a região caudal (KULLANDER; ROYERO; TAPHORN, 1992). Seu trato gastrointestinal localiza-se anteriormente, o esôfago é curto e seguido de um pequeno estômago saculiforme (HONDA, 1974). O intestino é longo e disposto em duas

alças, enquanto o fígado é considerado grande, envolvendo o estômago e parcialmente o intestino (HONDA, 1974). Em todo o mundo, são reconhecidas atualmente 32 espécies pertencentes a este gênero (FRICKE; ESCHMEYER; FONG, 2020).

A espécie avaliada no presente estudo, *G. sveni*, popularmente conhecida como porquinho ou acará, foi considerada anteriormente como *Geophagus surinamensis* e *G. proximus*, ambas já descritas na bacia do alto rio Paraná. Dessa maneira, no presente estudo, dados atribuídos às espécies *G. proximus* e *G. surinamensis* para a bacia do alto rio Paraná, serão creditados à espécie *G. sveni*.

Geophagus sveni apresenta boca subterminal, capacidade de protrusão e lábios desenvolvidos, alimentando-se sobre o substrato e podendo capturar alimentos do fundo (SAMPAIO; GOULART, 2011). Sua dieta foi previamente caracterizada com hábitos alimentares distintos em diversas regiões. Para o rio Grande, foi classificado como onívoro, consumindo itens de origens e fontes variadas (KLIEMANN et al., 2018). Entretanto, Kliemann et al. (2018) relatam a atração de *G. sveni* para áreas utilizadas para cultivo de *O. niloticus* em sistemas de tanques-rede no reservatório de Ilha Solteira, SP, demonstrando que a dieta desta espécie nessas áreas é composta quase que exclusivamente por restos de ração e invertebrados. Para o rio Tietê, Moretto et al. (2008) classificaram *G. sveni* como detritívoro, com consumo de sedimento e invertebrados bentônicos. Na região do aproveitamento hidroelétrico de Estreito, no rio Tocantins, observou-se que *G. proximus* consumiu predominantemente sedimento e fragmentos vegetais na fase anterior à formação do reservatório, passando a consumir principalmente fragmentos de insetos após o enchimento, indicando ser onívora em ambas as fases (REIS, 2014). Tais informações demonstram plasticidade e oportunismo trófico, possibilitando ajuste à variação ambiental da disponibilidade de recursos alimentares.

Na literatura científica estudos que investiguem as implicações dessas variações alimentares em órgãos assimilativos de substratos energéticos em peixes são escassos. Assim, o estudo de perfis bromatológicos tornam-se importantes para a população consumidora e órgãos de saúde. A composição centesimal bromatológica permite avaliar parcialmente a qualidade do pescado por meio dos teores de cinzas, proteínas, fibras e umidade (MAIA, 1992; MENEZES, et al., 2008). Tais atributos bromatológicos são relevantes pois suas concentrações permitem avaliar se o pescado é nutricionalmente saudável, o que pode proporcionar aos humanos potenciais benefícios relacionados, como prevenção de doenças cardiovasculares (FERNANDES et al., 2012). Contudo, a maioria dos estudos sobre os benefícios ou malefícios do consumo de peixes são realizados no hemisfério

Norte e possivelmente não refletem a realidade brasileira, visto que são espécies e maneiras de consumo distintas (FERNANDES et al., 2012). Dessa maneira, a caracterização bromatológica desse importante recurso alimentar pode gerar informações como tabelas de balanço nutricional para o cálculo de ingestão de nutrientes, viabilizar melhor aproveitamento do pescado e servir de apoio à criação de novas perspectivas industriais, agregando valor econômico ao setor produtivo e, conseqüentemente, obter respostas sociais (ANDRADE; BISPO; DRUZIAN, 2009).

Além dessas análises, o perfil de ácidos graxos do tecido muscular pode agregar informações nutricionais essenciais, já que os ácidos graxos possuem importância em muitas funções biológicas, agindo como precursores de eicosanoides (prostaglandinas e leucotrienos) e são partes integrantes de membranas celulares (fosfolípidos) e lipoproteínas (MANSON et al., 2018). Os benefícios do consumo de quantidades equilibradas de ácidos graxos polinsaturados da família ômega 3 na prevenção de doenças cardiovasculares, artrite, depressão e ação anti-inflamatória são altamente relevantes e divulgadas (SOUZA; ANIDO; TOGNON, 2007; SCHERR et al., 2015; SOUZA; ALMEIDA, 2018; PAGGI-MATOS; CASTELO-MATOS; MOECKE, 2019). Além do conteúdo alimentar, o perfil de ácidos graxos é utilizado como biomarcador trófico, sendo possível acompanhar de modo espaço-temporal possíveis mudanças alimentares da espécie-alvo. Assim, tais avaliações permitem uma melhor caracterização dos padrões alimentares das espécies animais, em especial, dos peixes (BAYLIN; CAMPOS, 2006).

Especificamente na região do município de Ilha Solteira, o Boletim de Indicadores de Mercado de Pescado, do 4º trimestre de 2016 (COSTA et al., 2016), que descreve o varejo de pescado na região anualmente, demonstrou que as espécies mais comercializadas foram corvina (*Plagioscion squamosissimus*), tucunarés (*C. piquiti* e *C. kelberi*), porquinho (*G. sveni*) e tilápia (*O. niloticus*). Tais espécies são não-nativas silvestres, provenientes de captura em ambiente natural e encontradas para venda em feiras, pequenas peixarias e venda direta entre pescadores e consumidores. Esse padrão é bastante comum no mercado brasileiro e, dependendo das condições de acondicionamento, microrganismos e patógenos podem contaminar a mercadoria, prejudicando assim a qualidade do pescado (MOURA et al., 2009).

Devido a tal fato, a fiscalização do comércio de pescado se torna necessária, com o intuito de evitar riscos à saúde e proporcionar aos consumidores fonte de proteína animal segura, saudável e de alto valor nutritivo. Na região Noroeste do estado de São Paulo não há controle eficaz da comercialização de pescado silvestre, visto que este normalmente é

vendido por pescadores amadores que não seguem normas técnicas, diferentemente de produtores aquícolas registrados. Além das informações bromatológicas, aspectos parasitológicos também são importantes e podem afetar a qualidade do pescado. Entretanto, para *G. sveni*, existem poucas informações disponíveis na literatura científica sobre essa temática. Em estudo realizado no reservatório de Ilha Solteira, SP (alto rio Paraná), foram registrados a ocorrência de sete taxa de helmintos em *G. sveni* (Proteocephalidea gen. sp. (Cestoda), *Austrodiplostomum compactum*, *Clinostomum heluans*, *Clinostomum* sp. (Trematoda), *Raphidascaris (Sprentascaris) hypostomi*, *Raphidascaris* sp. e *Contracaecum* sp. (Nematoda)) (ZAGO et al., 2013). Tendo em vista o potencial zoonótico de parasitos da família Anisakidae registrados, os autores reforçam a necessidade de cuidados e novas avaliações para fins de segurança alimentar. Ainda, o consumo de animais que podem estar infectados por parasitos, pode desencadear infecção por larvas, que penetram o trato digestivo do peixe e em seguida, podem migrar para a musculatura, onde se desenvolvem, retirando do hospedeiro recursos para sobrevivência (ACOSTA et al., 2016).

Enfatiza-se que, apesar da importância como fonte de proteína animal para alimentação humana na bacia do alto rio Paraná, há poucos estudos referentes à presença de parasitos no tecido muscular de *G. sveni* que possam possuir potencial zoonótico, abrangendo pequenas áreas de amostragem (ZAGO et al., 2013; ORLANDI-NETO, 2019). Considerando a relevância sanitária que os parasitos apresentam, podendo desencadear inúmeros problemas à saúde humana por meio do consumo, torna-se importante averiguar a possibilidade de infecção da espécie tendo em vista seu alto consumo regional. Assim, considerando a importância alimentar e econômica de *G. sveni* para a região Noroeste do estado de São Paulo e a escassez de informações biológicas, fisiológicas, sanitárias e nutricionais, faz-se necessário a realização desses estudos.

Diante do exposto, o presente estudo teve por objetivo caracterizar e correlacionar a composição alimentar, a composição bromatológica do tecido muscular, o perfil de ácidos graxos do tecido muscular e hepático e identificar possíveis parasitos musculares de *G. sveni* no final dos períodos chuvoso e seco, provenientes do reservatório de Jupia, alto rio Paraná, Brasil. Para tal, as seguintes hipóteses foram testadas:

Hipótese A – Composição alimentar: a dieta de *G. sveni* é composta por detritos, sementes, larvas de insetos, crustáceos e algas, possuindo variações entre os períodos seco e chuvoso, bem como entre machos e fêmeas, devido à plasticidade e oportunismo trófico da espécie, variações sazonais existentes na região de estudo e diferentes requerimentos energéticos entre os sexos;

Hipótese B – Composição bromatológica: a composição bromatológica centesimal de *G. sveni* possui variações entre os períodos seco e chuvoso, bem como entre machos e fêmeas, determinadas pelo consumo de itens alimentares de distintas composições energéticas e diferentes requerimentos energéticos entre os sexos;

Hipótese C – Perfil de ácidos graxos: o perfil de ácidos graxos do tecido muscular e hepático de *G. sveni* possui variações entre os períodos seco e chuvoso, bem como entre machos e fêmeas, determinadas pelo consumo de itens alimentares de diversas fontes, origens e distintas composições energéticas;

Hipótese D – Interações entre dieta, bromatologia e ácidos graxos: existe correlação entre a composição alimentar, a composição bromatológica e o perfil de ácidos graxos do tecido muscular e hepático de *G. sveni*, pois a espécie possui sensibilidade às flutuações ambientais durante os períodos do ano devido aos tipos de alimentos disponíveis para consumo, sendo alguns itens energeticamente eficientes, refletindo na absorção de seus substratos energéticos e em suas concentrações no tecido muscular de machos e fêmeas;

Hipótese E – Composição parasitológica: não há parasitos no tecido muscular de *G. sveni* em ambos os períodos avaliados, devido à espécie ser introduzida no reservatório de Jupia, e como propõe a Teoria de Fuga do Inimigo, a espécie tende a apresentar poucos parasitos em áreas de ocorrência não natural.

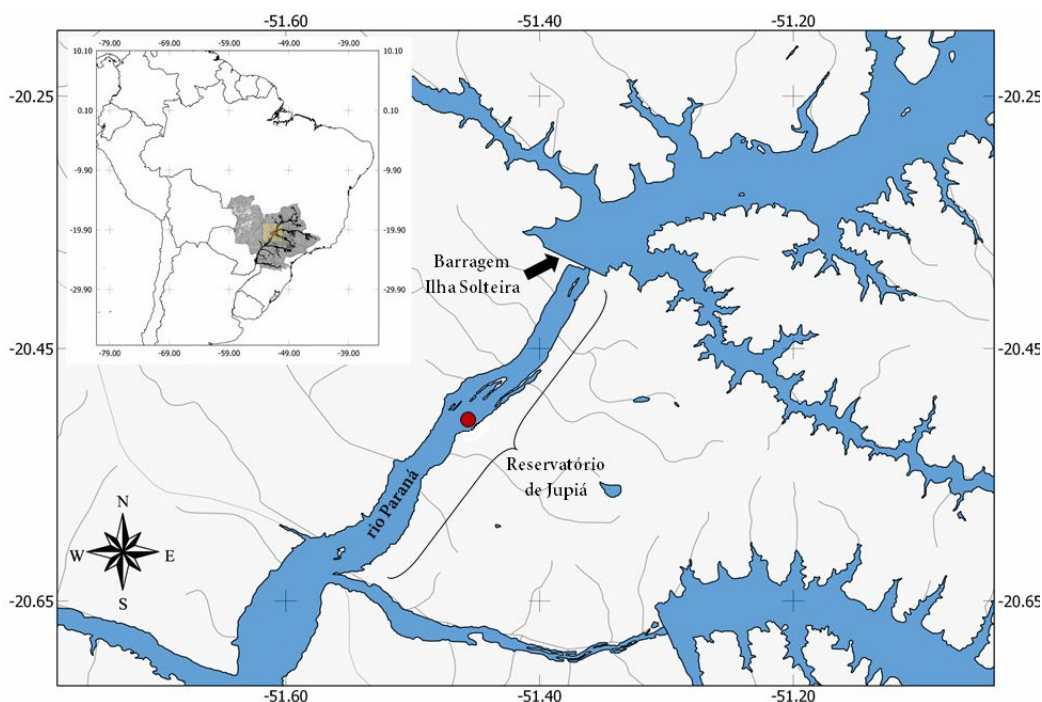
2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Caracterização da área de estudo

As coletas dos exemplares de *G. sveni* foram realizadas no reservatório de Jupia (20°30'33.4"S 51°27'19.7"W - *datum* WGS84), formado pela UHE Engenheiro Souza Dias, localizado a jusante da UHE de Ilha Solteira, no alto rio Paraná (Figura 1). Concluída em 1974, a barragem tem 5.495 m de comprimento e seu reservatório área de 330 km², possui 14 unidades geradoras com turbinas Kaplan com potência instalada de 1.551,2 MW e dois grupos turbina-gerador, para serviço auxiliar, com potência instalada de 4.750 kW em cada grupo (CTG, 2019). Em conjunto com a UHE de Ilha Solteira, compõe o sexto maior complexo hidrelétrico do mundo. Além disso, a usina dispõe de eclusa, que possibilita a navegação e a integração hidroviária entre os rios Paraná e Tietê (CTG, 2019).

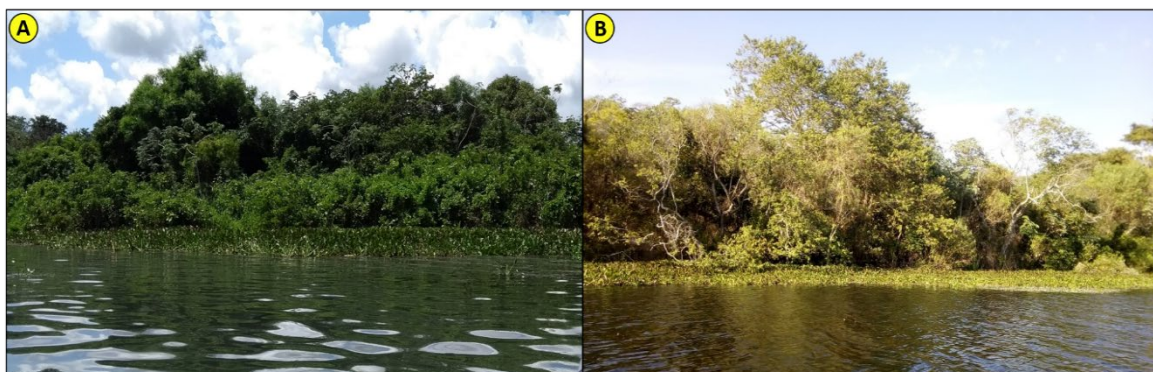
Para o presente estudo, o ponto de coleta foi escolhido por apresentar abundância da espécie alvo. Na margem próxima à área de coleta existe pouca vegetação ripária densa presente, com aproximadamente 2 km de extensão e 300 m de largura (área aproximada de 865 m²). Existem fragmentos com característica florestal (Figura 2), contudo, após a área de preservação permanente existe extensa área voltada ao setor agrícola (cana-de-açúcar) e pecuária (Figura 3) (observações de campo realizadas pelo próprio autor).

Figura 1 – Mapa do Brasil com destaque ao reservatório de Jupia, alto rio Paraná, Brasil.



Fonte: Próprio autor (Software Quantum GIS Lisboa 1.8.0). Círculo indica a área de coleta.

Figura 2 – Característica da vegetação marginal da área de coleta no reservatório de Jupia, alto rio Paraná, Brasil, no final dos períodos chuvoso e seco.



Fonte: Próprio autor. **A:** período chuvoso; **B:** período seco. As fotos correspondem a mesma área de coleta.

Figura 3 – Imagem de satélite do uso de terras próximo a área de coleta no reservatório de Jupia, alto rio Paraná, Brasil.

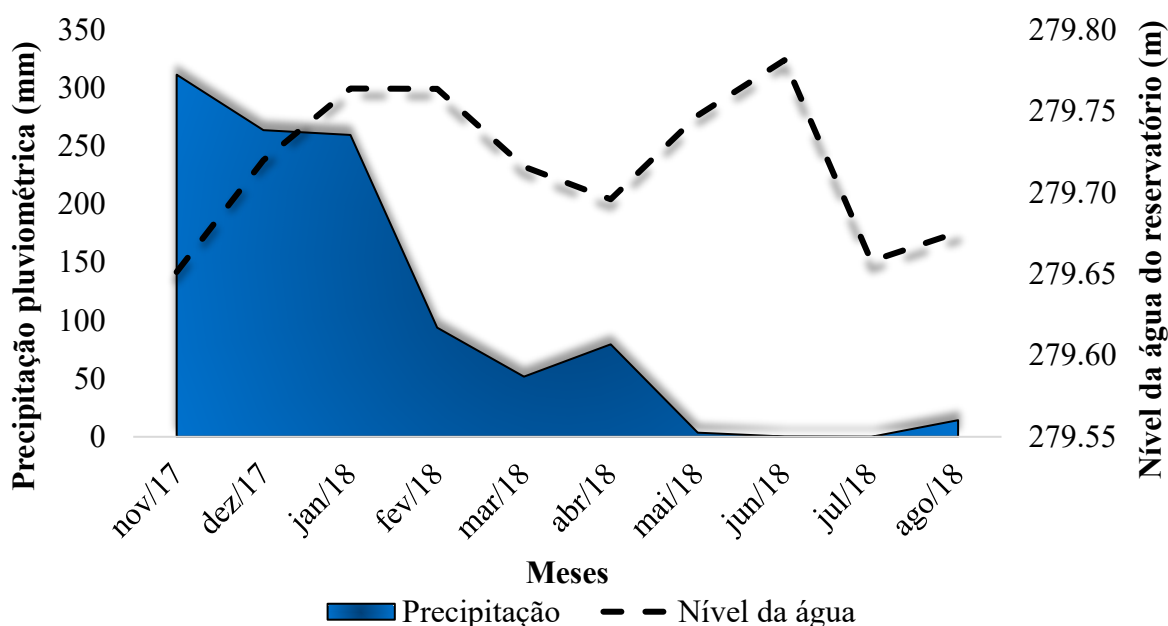


Fonte: Google Imagens (Maps). Ponto indica a área de coleta. A região de entorno à área de coleta possui pouca vegetação na área de preservação permanente.

No momento das coletas (março/2017 e agosto/2018) foram mensuradas variáveis ambientais da água utilizando-se sonda Horiba U-53. Aferiu-se temperatura, oxigênio dissolvido, pH e condutividade elétrica, além da transparência, com auxílio de disco de Secchi (Anexo A). Também foram obtidos dados de precipitação média do período chuvoso (novembro/2017 – março/2018) de 196,26 mm e do período seco (maio/2018 – agosto/2018)

de 4,52 mm para a cidade de Ilha Solteira, SP, dados do nível de água do reservatório de Jupia nos meses de coleta (março e agosto de 2018) (Figura 4) e dados da vazão defluente (vazão turbinada - aquela que passa pelas turbinas e gera energia + vazão vertida - aquela que passa pelos vertedouros da usina e não gera energia) do reservatório de Ilha Solteira, nos meses de coleta (Anexo B).

Figura 4 – Dados pluviométricos de precipitação e nível da água do reservatório de Jupia, alto rio Paraná, Brasil, durante os períodos das coletas.



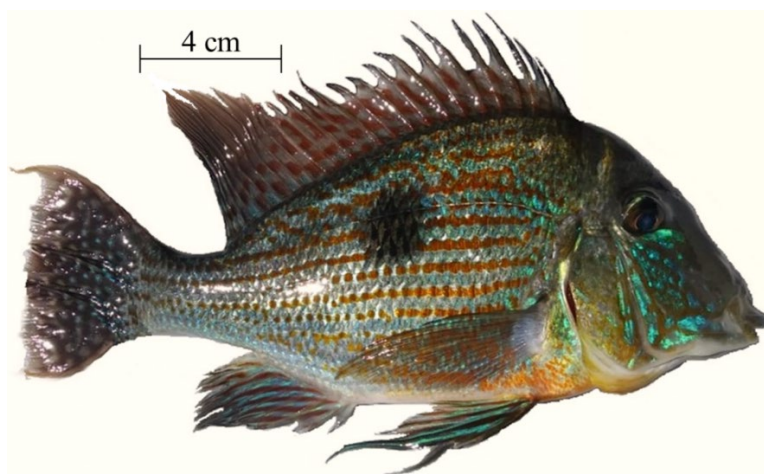
Fonte: Canal CLIMA da UNESP Ilha Solteira - Área de Hidráulica e Irrigação (2019) e Agência Nacional das Águas (ANA) (2019).

2.2. Coleta do material biológico

Foram realizadas duas coletas de *G. sveni*, uma no final do período chuvoso (dia 08 de março de 2018) e outra no final do período seco (dia 14 de agosto de 2018), com a utilização de redes de espera de malhagens entre 25 e 45 mm entre nós não adjacentes, totalizando 300 metros (autorização SISBIO 61669-1, parecer CEUA-FEIS 05/2018, cadastro SisGen nº ABA9190). As redes foram dispostas nas margens do reservatório por volta das 7:00h e vistoriadas a cada três horas, sendo recolhidas após a coleta dos 70 exemplares a serem avaliados. Tal método evitou que o processo de digestão do conteúdo alimentar continuasse após a coleta dos animais, podendo assim aumentar a confiabilidade das análises laboratoriais visando o retrato real da dieta do momento da coleta, além de coletar apenas os exemplares da espécie alvo selecionada, sem prejuízo a outras espécies.

Para esse estudo, foram capturados 35 espécimes adultos por coleta (Figura 5), totalizando 70 indivíduos a serem avaliados (Anexo C). Após a coleta, os exemplares foram dessensibilizados com o uso de gelo e, posteriormente, eutanasiados por secção da medula espinhal na altura do opérculo. Em seguida, tiveram mensurados a massa total, com auxílio de balança (0,01 g), comprimento total e padrão com auxílio de ictiômetro (0,01 cm) e identificação dos sexos pela observação macroscópica das gônadas. Exemplar testemunho da espécie encontra-se depositado na coleção ictiológica da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” de São José do Rio Preto, SP, Brasil (DZSJRP-Pisces 13412).

Figura 5 – Exemplar de *Geophagus sveni* capturado no reservatório de Jupia, alto rio Paraná, Brasil.



Fonte: Próprio autor.

2.3. Análise dos dados

O tratamento inicial dos dados se deu primeiramente, agrupando os espécimes que fariam parte da análise de caracterização da dieta, composição bromatológica, perfil de ácidos graxos e avaliações de parasitos intramusculares. Para análises relacionadas à dieta, foram utilizados 60 indivíduos, sendo 30 do período chuvoso (24 fêmeas e seis machos) e 30 do seco (16 fêmeas e 14 machos) (Anexo D).

Para análises bromatológicas, os 70 indivíduos coletados foram submetidos a cálculos para detecção de *outliers* (valores discrepantes em relação à média) por meio do uso do *software* Excel 2019 (Office 365, versão 1908), onde a fórmula “ $x = \text{média aritmética} \pm 2 * \text{desvio padrão}$ ” foi calculada para cada índice bromatológico (umidade, matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo e cinzas), sendo esses identificados e excluídos, restando um

número amostral de 29 espécimes para o período chuvoso (24 fêmeas e cinco machos) e 31 para o período seco (16 fêmeas e 15 machos) (Anexo D).

Para análises do perfil de ácidos graxos, dos 70 indivíduos coletados, 40 foram sorteados de forma aleatória (20 de cada período). Para o tecido hepático, após a leitura dos cromatogramas das 40 amostras, 17 espécimes do período chuvoso (16 fêmeas e um macho) e 20 do período seco (10 fêmeas e 10 machos) foram utilizados. Da mesma maneira, os espécimes para o tecido muscular foram avaliados, restando ao final 18 espécimes do período chuvoso (18 fêmeas) e 19 do período seco (10 fêmeas e 9 machos) (Anexo D). Ainda, para avaliação dos ácidos graxos do conteúdo alimentar de *G. sveni*, foram utilizados nove exemplares, cinco do período chuvoso (cinco fêmeas) e quatro do período seco (duas fêmeas e dois machos).

Para análises parasitológicas, todos os 70 espécimes coletados foram analisados, sendo 35 do período chuvoso (29 fêmeas e seis machos) e 35 do período seco (18 fêmeas e 17 machos) (Anexo D).

Os espécimes de peixes destinados à cada análise, a partir de seus valores de comprimento padrão e massa, foram agrupados em planilhas no *software* Excel 2019 (Office 365, versão 1908), separados por período e por sexo e submetidos à testes de normalidade e diferenças entre médias, a fim de identificar quais grupos de variáveis deveriam ser considerados para os testes estatísticos posteriores. Para dados de distribuição normal, foram realizados testes *t* de Student e para dados de distribuição não normal, teste U de Mann-Whitney.

Os testes de média (teste *t* de Student e teste U de Mann Whitney) com os dados dos períodos (grupos chuvoso e seco) e dos sexos agrupados (grupos fêmeas período chuvoso + fêmeas período seco; grupos machos período chuvoso + machos período seco), tanto para os espécimes utilizados para a composição alimentar e bromatológica, quanto para os utilizados para a identificação do perfil de ácidos graxos, registraram diferenças significativas entre o comprimento padrão (Cp) e a massa total (Wt) ($p < 0,05$).

Assim, as variáveis adotadas para os testes estatísticos posteriores da composição alimentar e bromatológica foram tempo (período chuvoso X período seco) e sexo (fêmeas X machos). Para os testes estatísticos posteriores do perfil de ácidos graxos, apenas a variável tempo (período chuvoso X período seco) foi utilizada, devido ao número amostral dos indivíduos machos e fêmeas não serem semelhantes dentro das amostras. Além disso, ressalta-se que para a análise parasitológica, não foram realizadas nenhuma análise

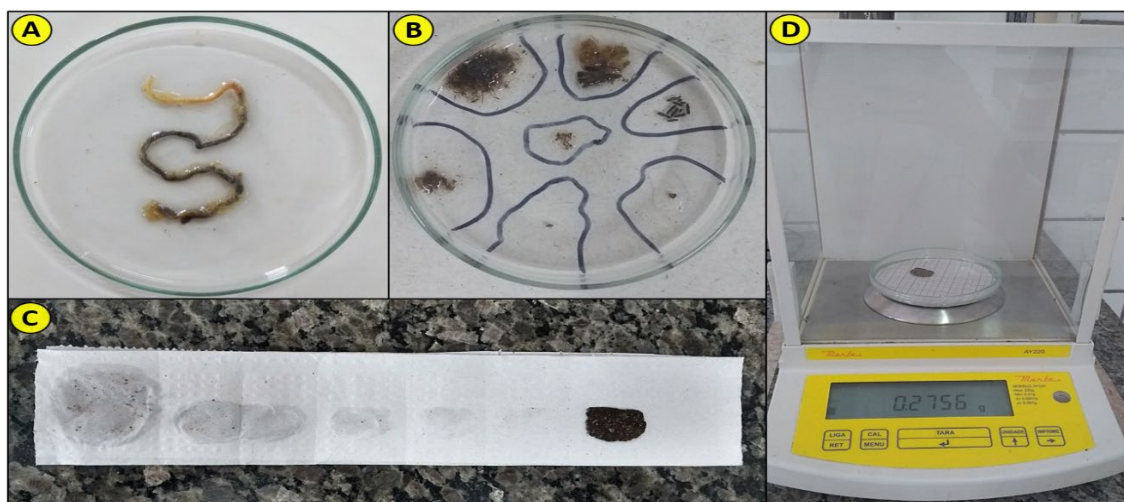
estatística. Todos os dados de média e erro padrão do comprimento padrão (Cp) e massa total (Wt) dos espécimes utilizados para cada análise, estão descritos no Anexo D.

2.4. Delineamento experimental das hipóteses

2.4.1. Hipótese A – Composição alimentar

Para testar a hipótese de que a dieta de *G. sveni* é composta por diversos itens alimentares e possui variações entre o período seco e chuvoso, realizou-se a identificação dos itens alimentares consumidos. Para tal, foi realizada a dissecação de todos os espécimes coletados para a retirada dos estômagos e intestinos, sendo esses fixados em formol 4% e conservados em álcool 70% até o momento das análises. O conteúdo alimentar de cada animal foi examinado sob estereomicroscópio, os itens alimentares identificados até o menor nível taxonômico possível, utilizando chaves de identificação de Bicudo; Bicudo (1970) para algas, Mugnai et al. (2010) para invertebrados e outras quando necessário (Figura 6). Em seguida, os itens alimentares foram quantificados de acordo com o método gravimétrico (HYSLOP, 1980), por meio da mensuração da massa de cada item alimentar em balança analítica de precisão (0,0001 g) (Figura 6). Em 42 casos, foram encontrados itens que não apresentaram massa mínima, sendo atribuídos valores de massa de 0,0001 g. Todos os valores obtidos foram tabulados no *software* Excel 2019 (Office 365, versão 1908) e os resultados da composição da dieta expressos por meio do percentual (%) de cada item alimentar em relação à massa total consumida.

Figura 6 – Etapas do processo de caracterização do conteúdo alimentar de *Geophagus sveni*.



Fonte: Próprio autor. **A:** estômago e intestino avaliados; **B:** itens alimentares consumidos; **C:** retirada do excesso de umidade do item alimentar; **D:** registro da massa do item alimentar.

Para a caracterização da dieta de *G. sveni* foram avaliados 30 espécimes adultos em cada período, totalizando 60 espécimes. Os valores da composição da dieta foram expressos por meio de cada item alimentar consumido (g). Contudo, devido à variação dos dados biométricos entre os espécimes coletados, para minimizar o efeito do tamanho do peixe sobre as análises da dieta, aplicou-se um método para ajustar os valores de massa do item alimentar à massa do peixe ($WAG = MI/MT$), onde MI é a massa do item alimentar e MT a massa total do peixe (AHLBECK et al., 2012). Animais de tamanhos distintos podem se alimentar de quantidades distintas de cada item alimentar, o que poderia influenciar nos resultados. Tal padronização foi realizada no *software* Excel 2019 (Office 365, versão 1908) e os dados ajustados foram utilizados nas análises posteriores.

Para avaliar o nível de especialização da dieta de *G. sveni*, aplicou-se a análise de amplitude de nicho trófico por meio da análise PERMDISP no *software* Primer (*Plymouth Routines In Multivariate Ecological Research*) (versão 6.1.13) (CLARKE; GORLEY, 2006) & Permanova + (versão 1.0.3) (ANDERSON; GORLEY; CLARKE, 2008). Esta análise mensura a homogeneidade de dispersões multivariadas entre grupos com diferença significativa, neste caso, entre a dieta do final dos períodos chuvoso e seco e dos sexos fêmeas e machos.

Para determinar o hábito alimentar da espécie empregou-se metodologia proposta por Neves et al. (2015). Assim, o hábito alimentar da espécie foi determinado a partir da matriz de composição da dieta, conforme os seguintes critérios: 50% ou mais de itens de origem vegetal no conteúdo alimentar = herbívoro; 50% ou mais de detrito/sedimento no conteúdo alimentar = detritívoro; 50% ou mais de insetos aquáticos no conteúdo alimentar = insetívoro; 50% ou mais de invertebrados variados e peixes no conteúdo alimentar = carnívoro; proporções similares de detritos/sedimentos e insetos aquáticos no conteúdo alimentar = detritívoro/insetívoro; nenhuma das opções acima e presença de itens alimentares de origens distintas (vegetal e animal) no conteúdo alimentar = onívoro.

2.4.2. Hipótese B – Composição bromatológica

Para testar a hipótese de que existe variação na composição bromatológica de *G. sveni* entre os períodos avaliados, realizou-se a caracterização da composição centesimal bromatológica. Para tal, a partir do tecido muscular de cada animal, com o espécime inteiro sem eviscerar, fez-se primeiramente a retirada do tecido muscular com pele e, em seguida, separou-se esta do tecido muscular, com o auxílio de uma faca. Utilizando toda a massa muscular extraída, após análise de parasitos (método detalhado no tópico 2.4.5. abaixo),

foram realizadas determinações da composição centesimal do tecido muscular dos animais. Os resultados dos métodos descritos abaixo foram expressos por meio do percentual (%) de cada atributo bromatológico calculado. As determinações bromatológicas foram:

a) Umidade, a partir da remoção da água do tecido muscular por aquecimento, deixando as amostras ainda frescas em estufa a 60 °C por 24h, até massa constante (Figura 7). Para tal, a massa total de cada amostra foi identificada antes e após o processo de secagem, utilizando-se balança analítica de precisão (0,0001 g) (AOAC, 1995).

b) Matéria seca, por meio de remoção total da água do tecido muscular por aquecimento, deixando as amostras em estufa a 105 °C por 72h. Para tal, a massa total de cada amostra foi identificada antes e após o processo de secagem, utilizando-se balança analítica de precisão (0,0001 g) (AOAC, 1995).

Figura 7 – Amostras de tecido muscular de *Geophagus sveni* após secagem em estufa.



Fonte: Próprio autor.

c) Proteínas brutas, pelo método micro-Kjeldahl (AOAC, 1995), utilizando as amostras de tecido muscular secas e trituradas. Este método se baseia em três etapas: digestão, onde a matéria orgânica da amostra é decomposta e o nitrogênio existente é transformado em amônia; destilação, onde é introduzida uma solução ácida de volume e concentração conhecida (transformando o nitrogênio em proteína); e titulação, utilizando solução de ácido clorídrico (HCL) 0,1 mol. L⁻¹ em bureta e o volume utilizado anotado, com

a determinação da quantidade de proteína total presente na amostra, titulando-se o excesso do ácido utilizado na destilação, % de Proteínas = $(C(HCl) \cdot V(HCl) \cdot 14,0067 \cdot 6,25) / m$ (Figura 8).

Figura 8 – Registro do processo de digestão, determinação e titulação da proteína total de *Geophagus sveni*.



Fonte: Próprio autor. **A:** destilador de nitrogênio de Kjeldahl; **B:** processo de titulação da proteína.

d) Extrato etéreo, pelo método de Soxhlet (AOAC, 1995), utilizando as amostras de tecido muscular secas e trituradas. Com massa conhecida, as amostras foram acondicionadas individualmente em envelope de papel filtro e, em seguida, adicionadas ao aparelho extrator de Soxhlet. Em seguida, solvente extrator foi adicionado ao sistema sob aquecimento em chapa elétrica para extração contínua. Ao final, o resíduo lipídico amostral extraído, presente no balão de vidro, foi levado para uma estufa a 105 °C, seco, e resfriado em dessecador até a temperatura ambiente, sendo posteriormente pesado e identificado, utilizando-se balança analítica de precisão (0,0001 g) (Figura 9).

Figura 9 – Registro do processo de extração de lipídeos (extrato etéreo) de *Geophagus sveni*.



Fonte: Próprio autor. **A:** aparelho extrator de Soxhlet; **B:** balança analítica de precisão (0,0001 g) registrando massa do resíduo lipídico amostral.

e) Cinzas, no qual uma massa conhecida de cada amostra triturada foi acondicionada em cadinho de porcelana e incinerada em mufla a 550 °C por cerca de 4 horas, até massa constante (Figura 10). Ao final, a massa total de cada amostra foi calculada, levando-se em conta a massa inicial (antes da queima) e final (depois da queima), utilizando-se balança analítica de precisão (0,0001 g) (AOAC, 1995).

Figura 10 – Processo de incineração das amostras de tecido muscular de *Geophagus sveni*.



Fonte: Próprio autor. **A:** forno mufla utilizado para incineração; **B:** cadinho com amostra triturada antes da incineração; **C:** cadinho com amostra triturada (somente as cinzas) depois da incineração.

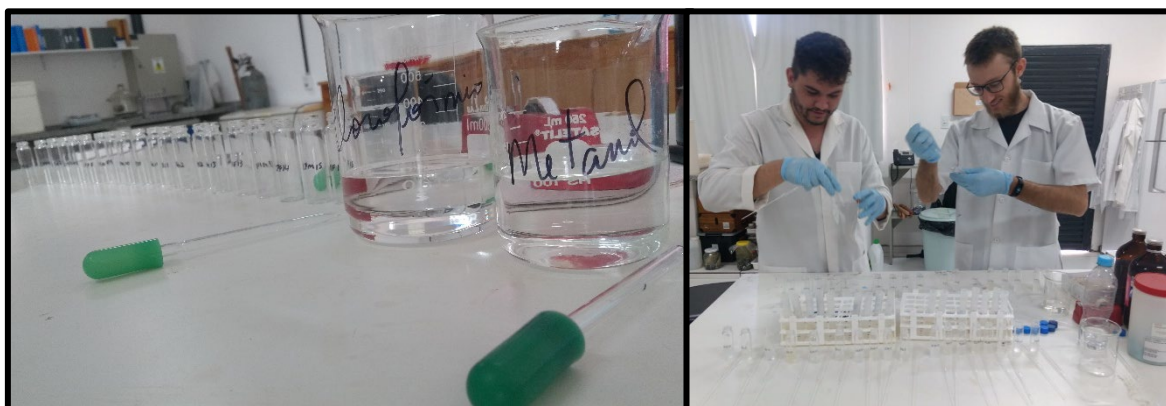
2.4.3. Hipótese C – Perfil de ácidos graxos

Para testar a hipótese de que o perfil de ácidos graxos de *G. sveni* possui variações entre o final dos períodos chuvoso e seco, determinadas pelo consumo de itens alimentares de distintas composições energéticas e diferentes requerimentos energéticos entre os sexos, foram extraídas amostras dos tecidos hepático e muscular e de itens alimentares dos espécimes coletados. Em seguida, todas essas amostras foram acondicionadas individualmente em microtubos, armazenados em nitrogênio líquido em campo e posteriormente, congelados em freezer a -80 °C até o momento das análises laboratoriais.

A fim de caracterizar o perfil de ácidos graxos de *G. sveni*, foram realizadas as seguintes extrações e determinações:

a) Extração de lipídios: extraídos a partir da maceração da amostra tecidual (tecido hepático e tecido muscular) com uma mistura de clorofórmio, metanol e água (2:1:0,5) (FOLCH; LEES; STANLEY, 1957) adaptada por Parrish (1998) para organismos aquáticos (Figura 11).

Figura 11 – Processo de extração de lipídeos do tecido muscular de *Geophagus sveni*.

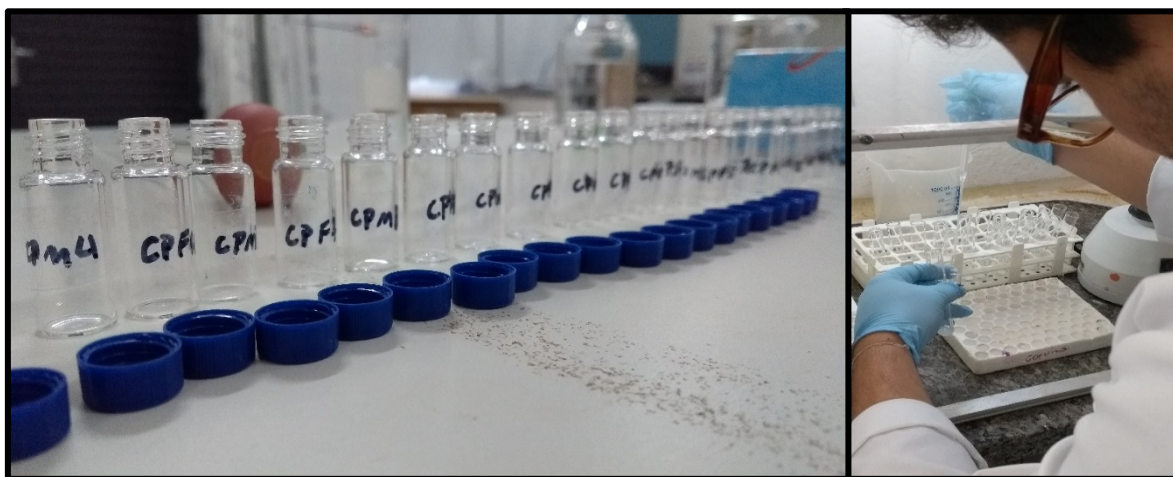


Fonte: Próprio autor.

b) Perfil de ácidos graxos: a metilação do extrato lipídico foi realizada pelo método de Kitson, Larsen e McEwen (1996). Os extratos foram ressuspensos em tolueno acrescidos de solução de acetil-metanol, vedados com parafilme e levados a banho-maria à 70 °C por 2 horas. Após esse tempo, os extratos foram retirados do banho-maria, resfriados naturalmente até temperatura ambiente e em seguida, adicionou-se solução de carbonato de potássio (K₂CO₃) a 6% em cada amostra. Por fim, retirou-se a fase superior das amostras com uma pipeta de vidro, transferindo-as para tubos contendo sulfato de sódio anidro, sendo as mesmas agitadas no vortex posteriormente.

c) Cromatografia Gasosa: o perfil dos ácidos graxos foi realizado por cromatografia gasosa no Laboratório de Metabolismo e Reprodução de Organismos Aquático/IB/USP. Para tal, foi utilizado um cromatógrafo gasoso acoplado a um ionizador de chama (FID) (Varian GC 3900) e a identificação desses componentes foi feita com base nos tempos de retenção, utilizando-se um padrão composto de metil ésteres (FAME) (SUPELCO, 37 components). Para a análise dos ácidos graxos foi utilizada a seguinte programação: leitura iniciada 170 °C, mantida por 1 minuto e em seguida por uma rampa de 2,5 °C/minuto, até atingir a temperatura final de 220 °C, mantida durante 5 minutos. O injetor e o detector foram mantidos a 250 °C, sendo utilizada uma coluna CP wax 52 CB, com espessura de 0,25 mm, diâmetro interno de 0,25 µm e 30 m de comprimento, com hidrogênio como o gás de arraste.

Figura 12 – Processo de metilação do tecido muscular de *Geophagus sveni* para identificação dos perfis de ácidos graxos.



Fonte: Próprio autor.

Diante do exposto, para confirmar as hipóteses A, B e C e a fim de verificar possíveis diferenças na composição alimentar, bromatológica e no perfil de ácidos graxos dos exemplares de *G. sveni* entre os espécimes coletados no final dos períodos chuvoso e seco (para as hipóteses A, B e C) e entre os espécimes fêmeas e machos (para as hipóteses A e B), realizou-se a análise de variância permutacional multivariada PERMANOVA *two-way*, no programa Primer (versão 6.1.13) (CLARKE; GORLEY, 2006) & Permanova + (versão 1.0.3) (ANDERSON; GORLEY; CLARKE, 2008). Os resultados desta análise são obtidos a partir de 999 permutações aleatórias, um método não paramétrico para testar diferenças multivariadas entre grupos pré-definidos, neste caso entre a dieta, bromatologia e ácidos

graxos dos grupos período chuvoso X seco e dos grupos de fêmeas X machos, baseado na distância mensurada de Bray-Curtis (ANDERSON, 2001).

Posteriormente, a partir das diferenças significativas observadas ($p < 0,05$) para as hipóteses A e B (dieta e bromatologia), a fim de verificar o percentual de contribuição de cada item alimentar e de cada atributo bromatológico para tais diferenças, aplicou-se o método de porcentagem de similaridade (SIMPER *overall pool*) para cada grupo e variável separadamente (grupo período e grupo sexo) (CLARKE, 1993) também utilizando o *software* Primer (versão 6.1.13) (CLARKE; GORLEY, 2006). Ainda, a partir das diferenças significativas observadas ($p < 0,05$) para a hipótese C (perfil de ácidos graxos), a fim de identificar quais foram os grupos e os ácidos graxos responsáveis pelas diferenças encontradas nos perfis, foram realizados teste *t* de Student (para dados paramétricos) e teste U de Mann-Whitney (para dados não paramétricos), utilizando o *software* SigmaStat for Windows *Version 3.10* Copyright 2004 Systat Software.

2.4.4. Hipótese D – Interações entre dieta, bromatologia e ácidos graxos

Inicialmente, agrupou-se os dados dos itens alimentares consumidos, dos atributos bromatológicos e dos perfis de ácidos graxos obtidos em uma mesma planilha, utilizando o *software* Excel 2019 (Office 365, versão 1908), sendo os espécimes os mesmos para ambos os parâmetros avaliados (dieta:bromatologia e dieta:ácidos graxos).

Para a análise de correlação entre a composição alimentar e bromatológica, restaram 26 espécimes do período chuvoso (21 fêmeas e 5 machos) e 27 do período seco (14 fêmeas e 13 machos). Contudo, como não foram encontradas diferenças estatísticas na dieta entre os sexos, apenas o fator período foi utilizado para tal correlação.

Para a análise de correlação entre a composição alimentar e o perfil de ácidos graxos do tecido hepático, restaram 17 espécimes do período chuvoso (16 fêmeas e um macho) e 15 do período seco (oito fêmeas e sete machos). Para a análise de correlação entre a composição alimentar e o perfil de ácidos graxos do tecido muscular, restaram 18 espécimes do período chuvoso (18 fêmeas) e 15 do período seco (oito fêmeas e sete machos). Dessa maneira, devido a composição da dieta entre os sexos não diferir estatisticamente, apenas o fator período foi utilizado para tal correlação.

Com o intuito de avaliar a possível relação entre os itens alimentares consumidos e a composição bromatológica e entre estes mesmos itens alimentares consumidos e o perfil de ácidos graxos de *G. sveni*, realizou-se a correlação de Spearman (R_s) com auxílio dos pacotes Corrplot (WEI; SIMKO, 2017) e Hmisc (HARRELL JUNIOR, 2019), no *software* RStudio

(R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2011). Este teste foi realizado pois, sendo um teste não-paramétrico, não exige pressupostos de distribuição normal, medindo a intensidade da relação entre variáveis ordinais, cuja amplitude está entre -1 e 1. Quanto mais próximos os valores resultados da análise estiverem destes extremos, maior será a associação entre as variáveis. Ressalta-se que os coeficientes da correlação de Spearman podem apresentar relações significativas mesmo que os coeficientes de correlação sejam próximos de 0.

2.4.5. Hipótese E – Composição parasitológica

Para testar a hipótese de que não há parasitos no tecido muscular de *G. sveni* em ambos os períodos avaliados, uma investigação parasitológica foi realizada. Para tal, cada espécime coletado teve seu tecido muscular extraído da grande massa muscular de cada lado da coluna vertebral, do bordo posterior do opérculo à inserção caudal, como descrito por Oliveira (2005). As amostras obtidas variaram entre 10 a 15 mm de espessura, sendo posteriormente, transferidas para uma mesa de inspeção do tipo *candling table* (constituída de um tampo de vidro fosco e de uma luz branca na parte inferior) (Figura 13), que por transparência permite a visualização dos possíveis cistos dos parasitos.

Figura 13 – Mesa de inspeção do tipo *candling table*, utilizada para visualização de possíveis cistos parasitários no tecido muscular dos exemplares de *Geophagus sveni*.



Fonte: Próprio autor.

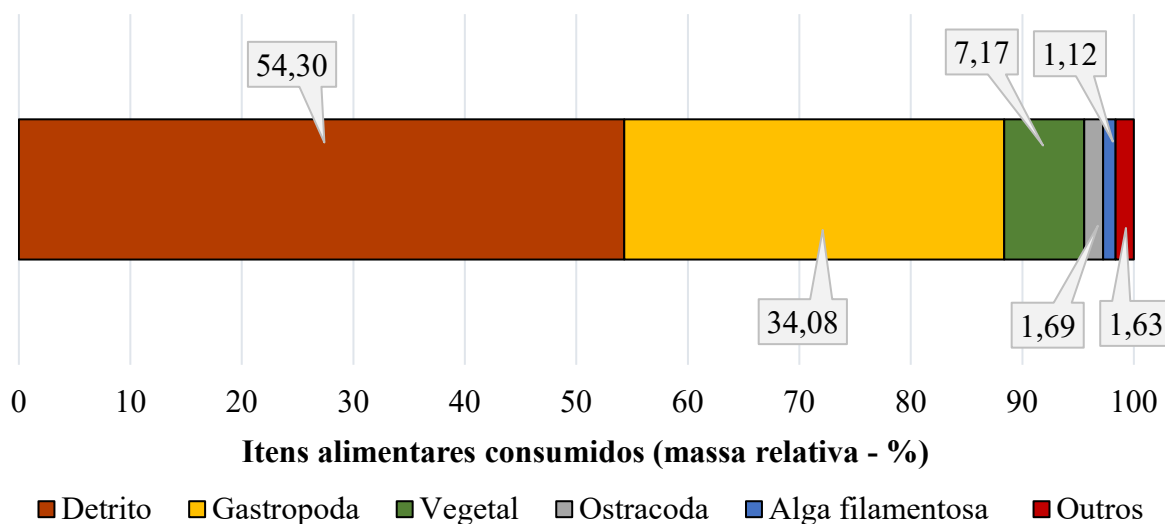
Ressalta-se que para todas as análises estatísticas realizadas, o nível de significância adotado foi de $p < 0,05$.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Composição alimentar

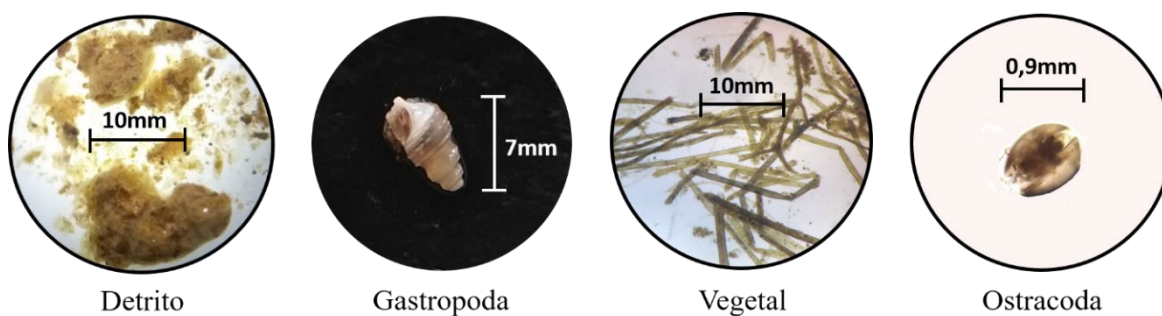
Os 60 espécimes de *G. sveni* avaliados no presente estudo apresentaram conteúdo alimentar. Foram identificados um total de 16 itens alimentares, 11 presentes no período chuvoso e 15 no período seco, com 15 itens consumidos por fêmeas e 13 por machos (Anexo D). Os itens alimentares mais consumidos, unindo-se os fatores (tempo e sexo), foram detrito, Gastropoda, vegetal, Ostracoda e alga filamentosa, que juntos perfizeram 98,36% da composição da dieta (Figura 14 e Figura 15).

Figura 14 – Percentual total dos itens alimentares consumidos por *Geophagus sveni* no reservatório de Jupia, alto rio Paraná, Brasil (períodos e sexos agrupados).



Fonte: Elaboração do próprio autor. **Outros:** Fragmentos de insetos, semente, Hymenoptera, *Egeria* spp., Cladocera, Chironomidae, Diptera e Copepoda.

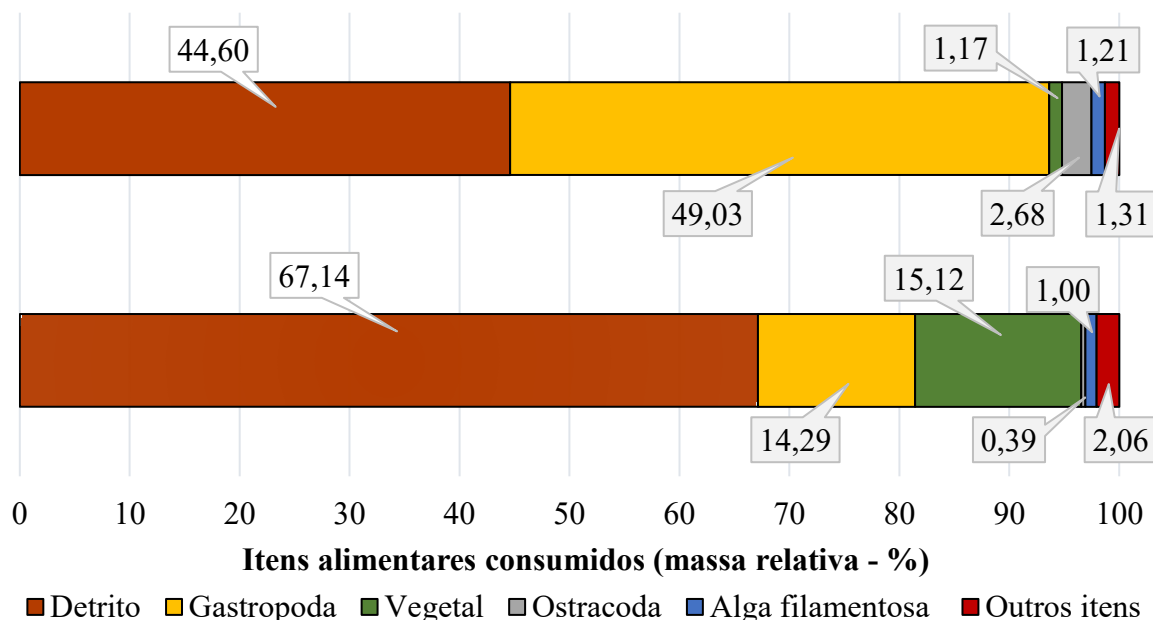
Figura 15 – Itens alimentares mais consumidos por *Geophagus sveni* no reservatório de Jupia, alto rio Paraná, Brasil.



Fonte: Próprio autor.

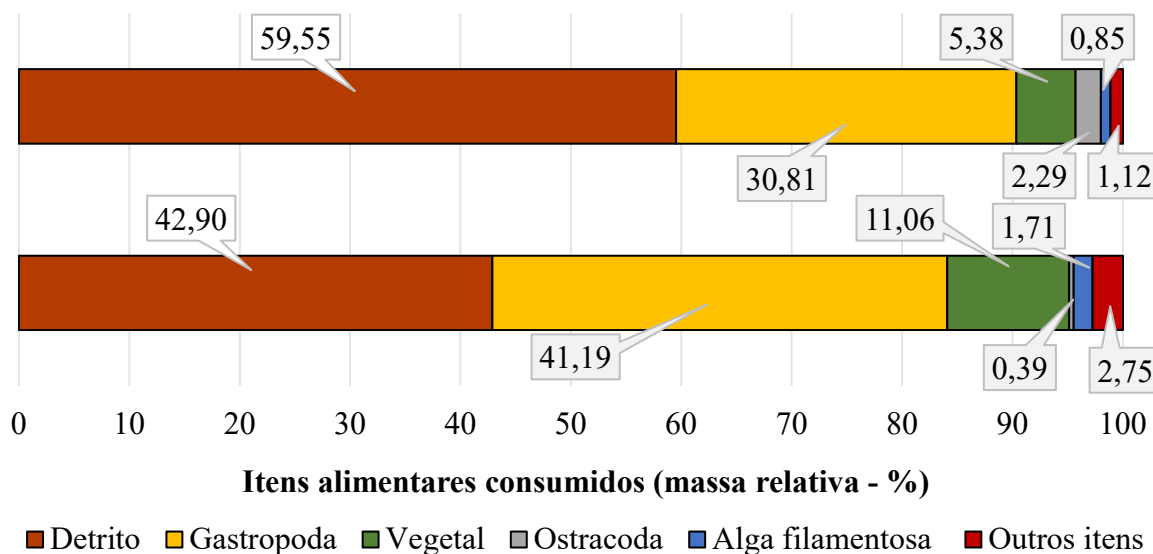
Considerando-se o fator temporal, foram observadas diferenças significativas na composição da dieta entre exemplares coletados do período chuvoso e seco, independentemente do sexo (PERMANOVA *two-way*, $df = 1$; $F = 4,7913$; $p = 0,002$) (Figura 16), com dissimilaridade geral de 55,14%, segundo análise SIMPER. Entretanto, a composição da dieta entre exemplares fêmeas e machos (Figura 17), não apresentou diferença significativa (PERMANOVA *two-way*, $df = 1$; $F = 0,87883$; $p = 0,467$), assim como a interação entre os fatores (período - chuvoso e seco e sexo - fêmea e macho) (PERMANOVA *two-way*, $df = 1$; $F = 1,8981$; $p = 0,086$).

Figura 16 – Percentual dos itens alimentares consumidos por *Geophagus sveni* no reservatório de Jupia, alto rio Paraná, Brasil, nos períodos chuvoso e seco.



Fonte: Elaboração do próprio autor. **Barra superior:** período chuvoso; **Barra inferior:** período seco; **Outros itens:** Fragmentos de insetos, semente, Hymenoptera, *Egeria* spp., Cladocera, Chironomidae, Diptera e Copepoda.

Figura 17 – Percentual de itens alimentares consumidos por *Geophagus sveni* no reservatório de Jupiá, alto rio Paraná, Brasil, entre fêmeas e machos.



Fonte: Elaboração do próprio autor. **Barra superior:** fêmeas; **Barra inferior:** machos; **Outros itens:** Fragmentos de insetos, semente, Hymenoptera, *Egeria* spp., Cladocera, Chironomidae, Diptera e Copepoda.

Ainda, o item alimentar Gastropoda (31,57%) foi o que mais contribuiu para a diferença encontrada na composição alimentar entre os períodos avaliados, seguido de detrito (30,89%) e vegetal (16,64%) (Tabela 5 - análise SIMPER *overall-pool*). Portanto, *G. sveni* pode apresentar preferência pelo consumo de Gastropoda ou este item alimentar está disponível em grande abundância no ambiente avaliado. Entretanto, a espécie pode variar sua dieta, alimentando-se de outros itens, tais como detrito, na falta dos alimentos de sua preferência e/ou mais abundantes.

Tabela 1 – Valores percentuais da contribuição de cada item alimentar consumido para a dissimilaridade das dietas de *Geophagus sveni* entre os períodos chuvoso e seco, baseados na análise SIMPER *overall-poll*, no reservatório de Jupia, alto rio Paraná, Brasil.

Itens alimentares	Contribuição (%)	Cumulativa (%)	AbM período chuvoso	AbM período seco
Gastropoda	31,57	31,57	0,03	0,01
Detrito	30,89	62,46	0,02	0,03
Vegetal	16,64	79,1	<0,01	0,01
Alga filamentosa	5,51	84,61	<0,01	<0,01
Trichoptera	4,59	89,2	<0,01	<0,01
Ostracoda	3,25	92,45	<0,01	<0,01
Bivalvia	2,08	94,53	<0,01	<0,01
Ephemeroptera	1,93	96,47	<0,01	<0,01
Outros itens	3,54	100	<0,01	<0,01

Fonte: Elaboração do próprio autor. **AbM:** Abundância média. **Outros itens:** Fragmentos de insetos, semente, Hymenoptera, *Egeria* spp., Cladocera, Chironomidae, Diptera e Copepoda.

Tais resultados permitem inferir que o alto consumo de Gastropoda no período chuvoso (Figura 16) possivelmente relaciona-se ao ciclo de vida desse molusco, que apresenta o período reprodutivo nessa estação (KRETZSCHMAR; HECKMAN, 1995). A partir do início do período chuvoso, os níveis de água tornam-se mais elevados nas margens do reservatório, local onde possivelmente ocorre maior abundância e disponibilidade de Gastropoda, aumentando assim seu consumo por *G. sveni*.

A maior precipitação no período chuvoso em relação ao período seco determinou claramente os diferentes períodos pluviométricos, constatando-se na estação chuvosa diversos picos de precipitação, enquanto na estação seca, nenhum pico significativo foi observado (Figura 4). Adicionalmente, a UHE de Ilha Solteira não apresentou vazão vertida e sua vazão defluente obteve pequena variação entre os períodos chuvoso e seco (Anexo B). Ainda, salienta-se que no período das coletas, o nível da água do reservatório passou por pouca variação (Figura 4), visto que em reservatórios esse controle é necessário e frequente para que o nível da água se mantenha constante. Assim, as modificações fluviais observadas entre os períodos de coleta (Anexo A) possivelmente estão associadas à época de chuva e a outras interferências externas, como por exemplo o vento e o impacto do curso d'água incidindo sobre a margem, responsáveis pelo carreamento de partículas, erosão das margens do reservatório e sedimentação do corpo hídrico.

À vista disso, maior estabilidade hídrica ambiental, menores índices pluviométricos e maior sedimentação das partículas em suspensão, podem estar relacionados ao consumo superior de detrito no período seco em relação ao período chuvoso (Anexo E). Detrito foi considerado no presente estudo como um item alimentar constituído de restos de organismos em decomposição associados a partículas de sedimentos inorgânicos. Correntezas menos intensas e menor movimentação do corpo hídrico desencadeiam menor potencial para o arraste deste item no período seco, presente em grandes quantidades em rios tropicais e consumido por diversas espécies (IBÁÑEZ et al., 2009; BOWEN, 1983). Contudo, para o período chuvoso, a tendência é contrária, visto que índices pluviométricos constantes (Figura 4) podem originar maior revolvimento do solo, suspensão e carregamento de partículas.

Embora muitos peixes consumam pequenas quantidades de detrito acidentalmente enquanto se alimentam de presas bentônicas (BOWEN, 1983), como por exemplo Gastropoda, outros peixes podem apresentar tendência detritívora como uma alternativa temporária enquanto seus alimentos preferenciais não estão disponíveis (LOWE-MCCONNELL, 1975 citado por BOWEN, 1983). Além disso, o hábito bentônico e a boca prostrátil com morfologia voltada para baixo de *G. sveni*, favorece o consumo de detrito, fato relatado também por Moretto et al. (2008) e Kliemann et al. (2018), demonstrando que esse item alimentar é frequentemente consumido pela espécie.

O fato de um menor número de itens alimentares terem sido consumidos no período chuvoso (Anexo E), pode estar relacionado à alta abundância de alguns recursos alimentares e à menor transparência da água (Anexo A), que pode tornar o forrageamento da espécie menos ativo e exploratório. De acordo com a teoria do forrageamento ótimo (MACARTHUR; PIANKA, 1966), mudanças na especialização da dieta podem ocorrer a partir de variações na abundância de diferentes organismos que servem como alimento. Assim, é possível inferir sobre a dieta de *G. sveni* a partir da relação entre a energia adquirida com a captura e manipulação de alimentos facilmente obtidos, em comparação com a energia gasta para aquisição de recursos menos disponíveis, o que pode estar relacionado com a menor variedade de alimentos (MACARTHUR; PIANKA, 1966). Ainda, *G. sveni* é uma espécie que se orienta visualmente, exigindo assim boas condições de transparência da água para localizar e consumir os recursos alimentares (GOIS et al., 2015). Tal fato possivelmente também contribuiu para o consumo de uma gama maior de itens alimentares no período seco (Anexo E), visto que esse período foi o que apresentou maior transparência da água (6,30 m) em comparação com o chuvoso (3,23 m) (Anexo A).

As inferências acima reforçam a importância dos fatores abióticos em análises ecológicas tróficas no ambiente aquático, pois podem influenciar diretamente a disponibilidade de recursos alimentares. Diante disso, com base nos resultados apresentados até aqui e na metodologia descrita por Neves et al. (2015), a espécie *G. sveni* apresentou hábito alimentar geral com tendência detritívora, assim como verificado por Moretto et al. (2008). Contudo, a espécie também já foi caracterizada como onívora (KLIEMANN, et al., 2018) e insetívora (VIDOTTO-MAGNONI; CARVALHO, 2009), demonstrando alimentação diversificada e generalista, sugerindo alta plasticidade e oportunismo trófico, assim como constatado por Kliemman et al. (2018), a depender das condições ambientais.

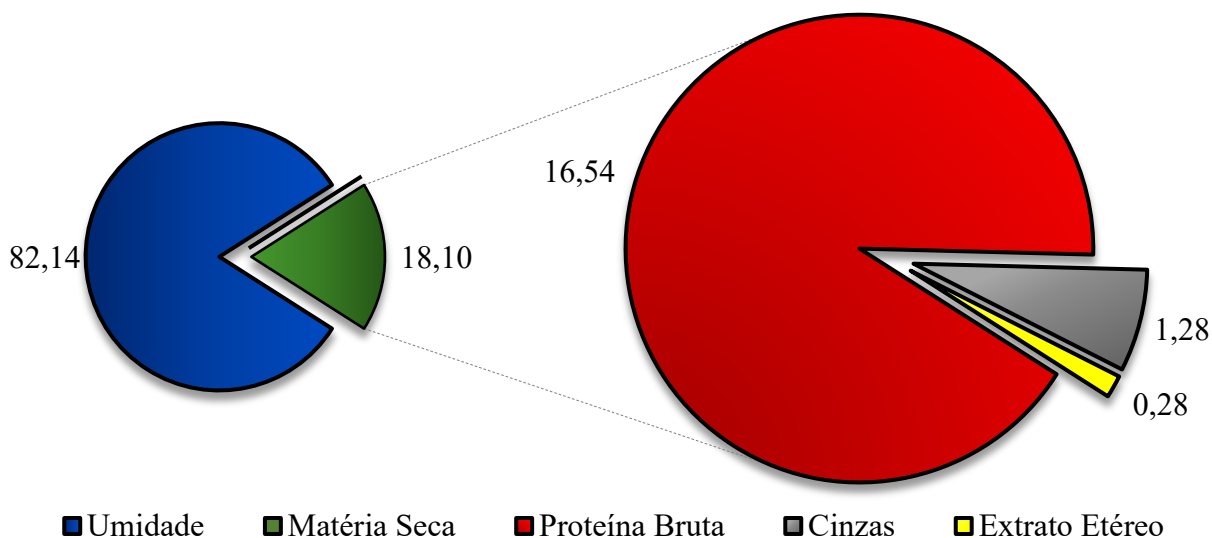
Ainda, em relação à análise de amplitude de nicho trófico de *G. sveni*, não foram observadas diferenças significativas entre os períodos (PERMDISP, $df = 1$; $F = 2,3278$; $p = 0,227$), assim como entre fêmeas e machos (PERMDISP, $df = 1$; $F = 0,34755$; $p = 0,638$), evidenciando que a variação entre os itens alimentares do nicho trófico existe, porém, não são significativas para caracterizar amplitudes distintas.

Levando em consideração o aspecto generalista da espécie no consumo de diversos itens alimentares, e analisando individualmente as matrizes de composição da dieta de cada período e sexo avaliados, foi possível observar diferentes tendências alimentares para *G. sveni*. Deste modo, o hábito alimentar da espécie no período chuvoso foi carnívoro, com predominância no consumo de Gastropoda, diferentemente do período seco, que apresentou hábito alimentar detritívoro, e da mesma maneira para as fêmeas e machos, com caracterização de hábitos alimentares detritívoro e onívoro, respectivamente (Anexo E). Dessa maneira, evidencia-se que as flutuações tróficas observadas no presente estudo são naturais de *G. sveni*, visto que variações sazonais acarretam modificações hidrológicas e climáticas, o que altera a disponibilidade dos recursos alimentares e o forrageamento da espécie, que é altamente articulada a tais processos, característica essencial de espécie invasora.

3.2. Composição bromatológica

A partir das análises de umidade, matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo e cinzas, caracterizou-se a composição bromatológica centesimal do tecido muscular de *G. sveni*, detalhada na Figura 18.

Figura 18 – Percentual da composição centesimal bromatológica do tecido muscular de *Geophagus sveni*, no reservatório de Jupia, alto rio Paraná, Brasil (períodos e sexos agrupados).



Fonte: Elaboração do próprio autor. A figura demonstra a composição do tecido muscular de *Geophagus sveni* considerando os dados dos períodos e sexos agrupados, constituído por porções de umidade e matéria seca (gráfico à esquerda) e os elementos proteína bruta, cinzas e extrato etéreo (gráfico à direita), presente na porção de matéria seca.

Observou-se neste estudo, resultados similares aos encontrados por Santos et al. (2012), que também realizaram análises bromatológicas com a espécie *G. sveni* no rio Paraná (Tabela 2), utilizando os mesmos procedimentos metodológicos. O tecido muscular de *G. sveni* pode ser considerado magro, apresentando valores próximos a 16,4% de proteína, 1,3% de cinzas e 0,5% de lipídeos, valores médios estabelecidos por Jacquot (1961) para classificação de pescados. Adicionalmente, em comparação aos dados do presente estudo com Sena e Oliveira (2014), que apresentaram teores médios da composição centesimal de *O. niloticus* obtidos em supermercados da cidade de Fortaleza, CE, *G. sveni* mostra-se um pescado mais magro, com menores percentuais de lipídeos e maiores de proteína bruta (Tabela 2). A comparação com *O. niloticus* foi realizada pela grande importância comercial da espécie e por ela ser um animal filogeneticamente próximo da espécie escolhida para este trabalho (Família Cichlidae) (IGARASHI, 2018).

Tabela 2 – Comparação dos atributos bromatológicos de *Geophagus sveni* do reservatório de Jupia, alto rio Paraná, Brasil, com outros estudos.

Atributos bromatológicos	<i>Geophagus sveni</i> (%)	<i>Geophagus sveni</i> Santos et al. 2012 (%)	<i>Oreochromis niloticus</i> Sena; Oliveira 2014 (%)
Umidade	82,37	81,78	77,61
Proteína Bruta	16,54	18,18	13,44
Cinzas	1,28	0,93	1,16
Extrato Etéreo	0,28	0,97	1,12

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Ainda, comparando-se a composição centesimal bromatológica de *G. sveni* entre os períodos e entre fêmeas e machos (Tabela 3), observou-se diferença significativa para ambos fatores testados (PERMANOVA *two-way* (períodos), $df = 1$; $F = 5,8871$; $p = 0,002$ e PERMANOVA *two-way* (sexos), $df = 1$; $F = 2,9972$; $p = 0,039$). Os peixes do período chuvoso apresentaram maiores valores de umidade e extrato etéreo, enquanto os peixes do período seco, de matéria seca, proteína bruta e cinzas (Tabela 3). Em relação aos sexos, maiores teores de extrato etéreo e umidade constatados nas fêmeas, podem ser indicativos de utilização e mobilização de lipídios para propiciar o desenvolvimento gonadal (ADAMS, 1999). Adams (1999) salienta que o aumento observado de umidade nos tecidos corpóreos, juntamente com menores tamanhos de fígado, é indicativo desse desenvolvimento. Da mesma maneira, fêmeas necessitam de maior teor de extrato etéreo para o armazenamento de reservas nos ovócitos, garantindo nutrientes energéticos para a maturação. Contudo, a mobilização lipídica realizada para a maturação das gônadas, que varia nas espécies, pode ser proveniente de reservas dos tecidos musculares e hepático (ADAMS, 1999). Dessa maneira, possivelmente para as fêmeas, seja mais proveitoso armazenar maior percentual de lipídeos, ricos em energia, no tecido muscular.

Tabela 3 – Percentual da composição centesimal bromatológica do tecido muscular de *Geophagus sveni*, no reservatório de Jupia, alto rio Paraná, Brasil.

Atributos bromatológicos	Chuvoso	Seco	Fêmeas	Machos	Chuvoso + Seco Fêmeas + Machos
Umidade	82,61	82,14	82,45	82,21	82,37
Matéria Seca	17,39	17,86	17,55	17,79	17,63
Extrato Etéreo	0,29	0,27	0,30	0,24	0,28
Proteína Bruta	15,95	17,10	16,33	16,96	16,54
Cinzas	1,21	1,34	1,26	1,31	1,28

Fonte: Elaboração do próprio autor.

O teor de extrato etéreo, proteína bruta e cinzas, respectivamente, foram os atributos bromatológicos que mais contribuíram para as diferenças entre as variáveis período chuvoso e seco e fêmeas e machos, com distintas porcentagens (SIMPER *overall-pool* Tabela 4).

Tabela 4 – Valores percentuais da contribuição de cada atributo bromatológico de *Geophaus sveni* para a dissimilaridade entre os períodos chuvoso e seco e os sexos fêmea e macho, baseados na análise SIMPER *overall-poll*, no reservatório de Jupia, alto rio Paraná, Brasil.

Parâmetros avaliados	Contribuição (%)	Cumulativa (%)	AbM chuvoso	AbM seco
Períodos				
Extrato Etéreo	38,11	38,11	1,27	1,2
Proteína Bruta	20,83	58,93	3,99	4,13
Cinzas	18,25	77,19	2,63	2,74
Matéria Seca	15,61	92,8	4,17	4,22
Umidade	7,20	100	9,09	9,06
Sexos				
Extrato Etéreo	42,47	42,47	1,29	1,11
Proteína Bruta	18,77	61,23	4,04	4,12
Cinzas	16,60	77,83	2,68	2,71
Matéria Seca	15,16	92,99	4,19	4,22
Umidade	7,01	100	9,08	9,07

Fonte: Próprio autor. **AbM:** Abundância média.

Possivelmente, as diferenças encontradas na composição bromatológica ocorreram devido às variações climáticas e modificações físicas e químicas do ambiente aquático que ocorrem de um período para outro, além de necessidades individuais e modificações fisiológicas de cada animal. Consequentemente, alterações significativas na presença de recursos alimentares disponíveis acabam tornando o forrageamento de *G. sveni* mais abrangente e a alimentação mais diversificada, havendo o consumo de itens de fontes, origens e composições nutricionais distintas. Dessa maneira, a partir das variações sazonais, que acarretam modificações hidrológicas e climáticas no ambiente, a disponibilidade dos recursos alimentares, e, consequentemente, o forrageamento da espécie pode ser modificado. Com isso, os indivíduos passam a se alimentar de itens prontamente disponíveis, evidenciando que a relação direta existente entre a busca constante por novos recursos e a incorporação desses nutrientes no tecido muscular, caracteriza padrões bromatológicos variáveis sazonalmente.

Dessa maneira, considerando que a composição alimentar entre os sexos não apresentou diferenças significativas (PERMANOVA *two-way*, $df = 1$; $F = 0,87883$; $p =$

0,467), enquanto a composição bromatológica entre os sexos apresentou diferença significativa (PERMANOVA *two-way*, $df = 1$; $F = 2,9972$; $p = 0,039$), podemos inferir que os requerimentos fisiológicos de consumo e taxa de absorção entre fêmeas e machos são diferentes, e a utilização dos mesmos componentes dietários, pode não implicar diretamente em similaridades metabólicas.

Fêmeas de *G. sveni* são ovíparas, constroem ninhos no substrato (GOIS et al., 2015) e apresentam desova parcelada, com dois períodos reprodutivos ao longo do ano (março a maio e julho a novembro) (SILVA et al., 2014). Ainda, para *Geophagus brasiliensis*, espécie do mesmo gênero, verificando a curva de maturação e a variação mensal média do Índice Gonadossomático, Daga et al. (2010) evidenciaram que a maior atividade reprodutiva e os maiores valores de índice gonadossomático ocorrem principalmente nos meses quentes, com os machos apresentando menores valores. Para *G. sveni*, segundo Branco et al. (2010) que avaliaram a espécie no reservatório de Ilha Solteira e no rio São José dos Dourados, os machos não apresentam sazonalidade na maturação das gônadas, visto que em todos os meses do ano foram observados espécimes em estágios avançados de maturação gonadal. De tal modo, a dieta de *G. sveni* pode ser semelhante entre os sexos, mas a incorporação dos substratos bromatológicos no tecido muscular pode apresentar variações.

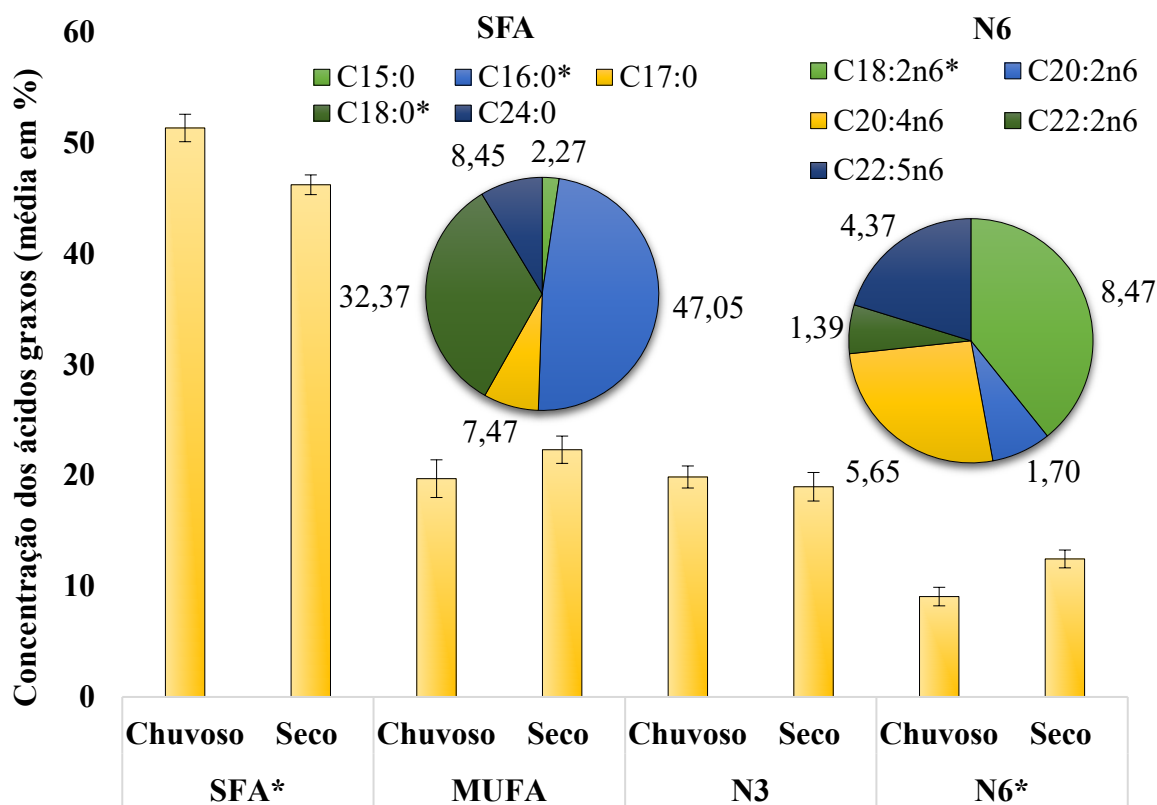
O fato de que o atributo bromatológico extrato etéreo foi considerado como mais relevante para a diferença observada entre ambos fatores (período e sexo) (Tabela 4), merece destaque devido às reservas lipídicas armazenadas pelos peixes para o período reprodutivo, enfatizando assim as possíveis diferenças entre fêmeas e machos (SULLIVAN; YILMAZ, 2018).

3.3. Perfil de ácidos graxos

Dentro dos perfis de ácidos graxos avaliados, foram identificados no total 19 ácidos graxos, sendo cinco saturados (SFA), quatro monoinsaturados (MUFA) e 10 polinsaturados (PUFA), dos quais cinco são pertencentes a família ômega-3 (PUFA n3) e cinco a família ômega-6 (PUFA n6) (Anexo F).

Considerando-se o fator temporal, foram observadas diferenças significativas entre os perfis de ácidos graxos do tecido muscular dos períodos chuvoso e seco (PERMANOVA *one-way*, $df = 1$; $F = 4,0284$; $p = 0,003$). Analisando-se cada grupo separadamente (SFA, MUFA e PUFA), encontrou-se diferença estatística para SFA C16:0 e C18:0 (teste *t*, $t = 3,411$; $p = 0,002$), com maiores valores no período chuvoso e para PUFA n6 C18:2n6 (teste *t*, $t = -2,922$; $p = 0,006$), com maiores valores para o período seco (Figura 19).

Figura 19 – Percentual da concentração dos ácidos graxos do tecido muscular de *Geophagus sveni* no reservatório de Jupia, alto rio Paraná, Brasil.



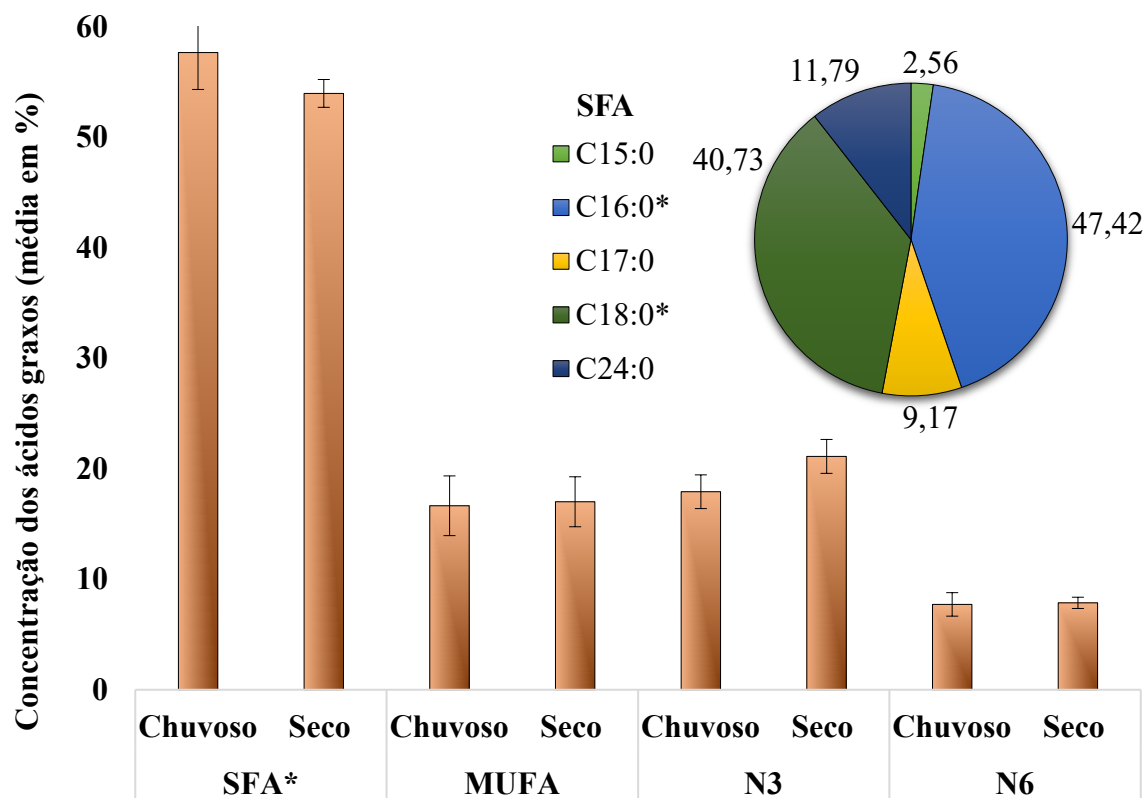
Fonte: Elaboração do próprio autor. **SFA:** saturados; **MUFA:** monoinsaturados; **N3:** polinsaturados ômega-3 e **N6:** polinsaturados ômega-6. O gráfico em barras refere-se ao perfil de ácidos graxos do tecido muscular (períodos chuvoso e seco desagrupados) e o gráfico circular refere-se aos ácidos graxos saturados (à esquerda) e ômega-6 (à direita) (períodos chuvoso e seco agrupados), que apresentaram diferença estatística.

Para os perfis de ácidos graxos do tecido hepático e do conteúdo alimentar de *G. sveni* nos períodos chuvoso e seco, não foram observadas diferenças significativas (PERMANOVA *one-way*, $df = 1$, $F = 1,5836$, $p = 0,137$), (PERMANOVA *two-way*, $df = 1$; $F = 1,0124$; $p = 0,423$), respectivamente. Tais diferenças podem estar relacionadas a influência das modificações da dieta e a plasticidade de *G. sveni* ao longo dos períodos avaliados.

Buscando identificar diferenças dentro de cada grupo de ácidos graxos do tecido hepático (SFA, MUFA e PUFA), encontrou-se diferença estatística apenas nos ácidos graxos saturados (teste *t*, $T = 418,000$; $p = 0,004$) (Figura 20), sendo esta diferença insuficiente para influenciar todo o perfil de ácidos graxos do tecido hepático. Vale ressaltar que os mesmos

ácidos graxos que foram diferentes estatisticamente no tecido hepático, também foram no tecido muscular (C16:0 e C18:0), seguindo o mesmo padrão.

Figura 20 – Percentual da concentração dos ácidos graxos do tecido hepático de *Geophagus sveni* no reservatório de Jupiá, alto rio Paraná, Brasil.



Fonte: Elaboração do próprio autor. **SFA:** saturados; **MUFA:** monoinsaturados; **N3:** polinsaturados ômega-3 e **N6:** polinsaturados ômega-6. O gráfico em barras refere-se ao perfil de ácidos graxos do tecido hepático (períodos chuvoso e seco desagrupados) e o gráfico de pizzas refere-se aos ácidos graxos saturados (períodos chuvoso e seco agrupados), que apresentaram diferença estatística.

Os lipídios e seus ácidos graxos constituintes são, juntamente com as proteínas, os principais constituintes orgânicos dos peixes (TOCHER, 2003). Segundo Tocher (2003), o principal papel que os ácidos graxos desempenham como fontes de energia metabólica nos peixes estão relacionados ao crescimento, reprodução e locomoção, incluindo migração.

Relacionando-se a dieta, de forma geral, o padrão encontrado no perfil de ácidos graxos do conteúdo alimentar (SFA = 46,01%; MUFA = 20,80%, PUFA n3 = 14,57% e PUFA n6 = 18,62%) (Anexo F) serviu como biomarcador para identificação do hábito

alimentar de *G. sveni*, composto por cerca de 36% (sem considerar detrito) de itens de origem animal (Figura 14). Salienta-se que o padrão dos ácidos graxos identificados em cada período foi similar a tendência da dieta de *G. sveni* para os mesmos períodos avaliados.

Ácidos graxos saturados (SFA) são produzidos endogenamente, pela ação do complexo ácido graxo sintetase, C16:0 e C18:0 (VAZ et al., 2006). Para o período seco, os valores dos ácidos graxos saturados (SFA) diminuem, também para ambos os tecidos avaliados (hepático e muscular), acompanhando novamente o hábito alimentar da espécie, caracterizado não mais como carnívoro, mas sim como detritívoro. Além disso, os valores dos ácidos graxos polinsaturados (PUFA) n6, biomarcadores de tecido vegetal, para ambos os tecidos avaliados, foram maiores no período seco (Anexo F), seguindo o mesmo padrão dos valores da dieta, onde o item alimentar vegetal foi mais consumido também no período seco (Anexo D), demonstrando a relação direta entre alimento consumido e ácidos graxos incorporados.

3.4. Interações entre dieta, bromatologia e ácidos graxos

A partir das variações na composição alimentar entre os períodos chuvoso e seco, também foram observadas mudanças na composição bromatológica e no perfil de ácidos graxos. O valor nutricional de cada item alimentar consumido e sua taxa de incorporação energética é resultante de vários aspectos. Hardy e Castro (2000) citam a digestibilidade, assimilabilidade, toxicidade, composição bioquímica e o tamanho da partícula em relação ao tamanho do corpo do animal como fatores cruciais para a utilização final de certo alimento.

A correlação de Spearman realizada entre a composição alimentar e bromatológica resultou em valores pouco expressivos, não havendo altas correlações entre dieta e bromatologia em ambos os períodos avaliados ($r < 0,7$) (visualizar cores claras no Anexo G). Tal resultado pode ser considerado comum para espécies onívoras e generalistas, visto que apresentam dietas altamente diversas e consomem recursos abundantes momentaneamente, como é o caso de *G. sveni*. Segundo Zavala-Camim (1996), peixes onívoros em relação aos carnívoros, digerem melhor os ingredientes energéticos, independentemente da origem do alimento, seja ela animal ou vegetal. Ainda, Lima-Santos et al. (2013) os classificam como menos exigentes em conteúdo proteico e eficientes no aproveitamento de uma variedade maior de recursos alimentares.

A energia dietética para os peixes está relacionada ao uso da proteína, lipídios e carboidratos (LIMA-SANTOS et al., 2013). Dessa forma, podemos inferir que por mais que

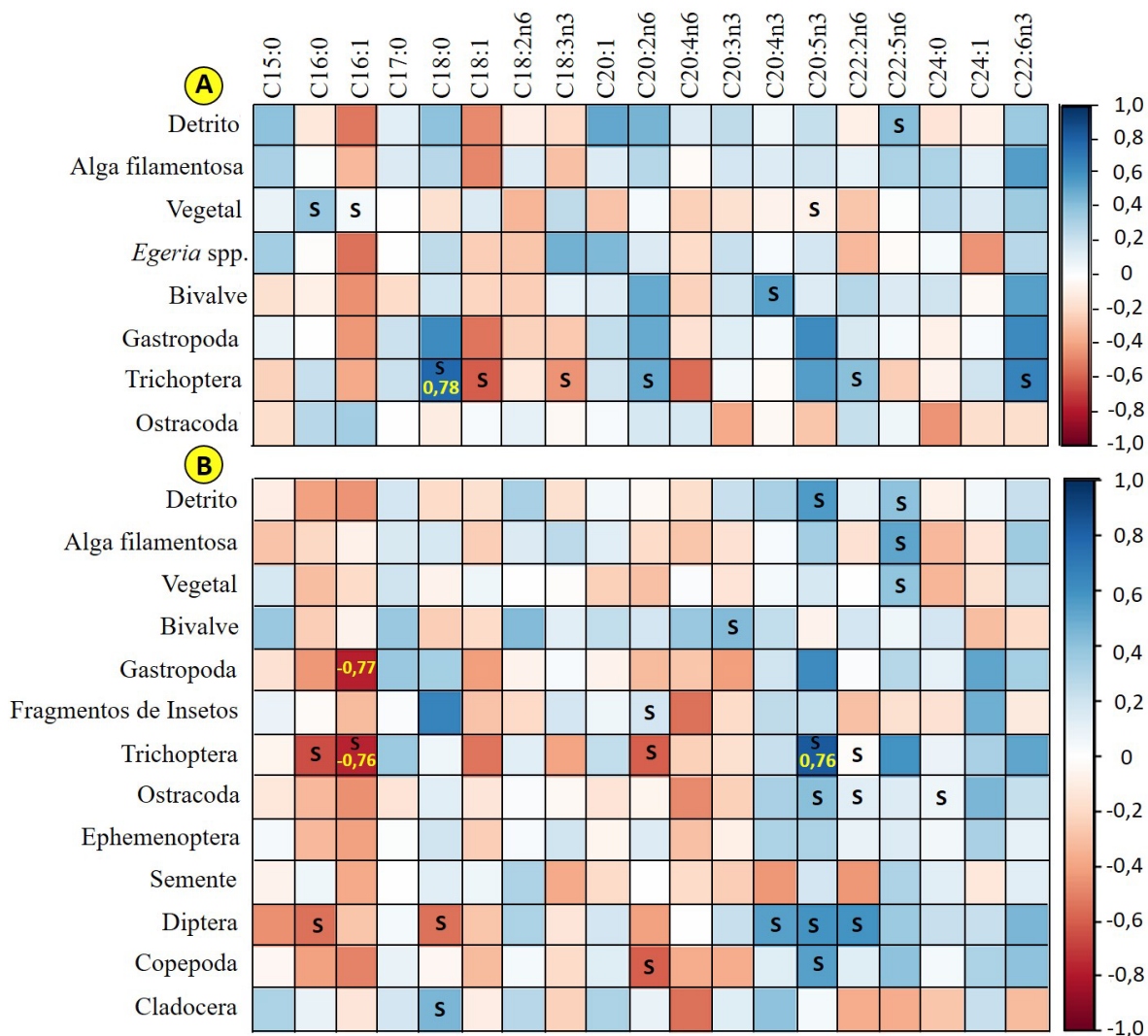
um item alimentar seja rico em proteínas, cinzas, lipídeos e considerado altamente energético, *G. sveni* não deixa de se alimentar de outros itens energeticamente menos eficientes, simplesmente pelo fato de serem abundantes e obtidos facilmente no ambiente, com baixo gasto energético no forrageamento, assim como proposto pela teoria do forrageamento ótimo (MACARTHUR; PIANKA, 1966).

No entanto, em relação as correlações de Spearman realizadas entre a composição alimentar e os perfis de ácidos graxos, foi possível observar resultados com correlações significativas para o tecido muscular ($r < 0,7$) (Figura 21). No período chuvoso, observou-se correlação significativa entre o item alimentar Trichoptera e o ácido graxo saturado C18:0 (Figura 21A), evidenciando uma relação diretamente proporcional. Isso pode ser explicado devido ao fato de que o ácido graxo C18:0 é biomarcador e um dos ácidos graxos mais presentes nos tecidos animais, como por exemplo, no inseto aquático Trichoptera, assim como encontrado por Sushchik et al. (2003), consumido no período chuvoso por *G. sveni* no presente trabalho. Contudo, sabe-se que os ácidos graxos C16:0 e C18:0 são sintetizados endogenamente pelos animais, sendo os mais encontrados (PARK, 2018), tornando-se difícil realizar inferências sobre sua presença ou ausência.

Para o período seco, também foram observadas correlações significativas. Os itens alimentares Gastropoda e Trichoptera apresentaram correlação negativa com MUFA C16:1 (Figura 21B). Tal fato pode estar relacionado ao aumento da concentração de outros ácidos graxos, como por exemplo C20:5n3, que seria balanceado na somatória de ácidos graxos, pela diminuição de C16:1, visto que o perfil de ácidos graxos é representado por porcentagem.

Outra correlação observada no período seco, desta vez positiva, foi entre o item alimentar Trichoptera e o PUFA C20:5n3 (Figura 21B). Descroix et al. (2010) também encontraram em seu estudo PUFA C20:5n3, presente em todas as famílias de macroinvertebrados avaliadas, representando de 6 a 11% dos lipídios neutros, exceto em Hydropsychidae (Trichoptera), que apresentou maior percentual, indicando relação com a correlação positiva encontrada no presente estudo com o mesmo ácido graxo.

Figura 21 – Correlação de Spearman entre itens alimentares consumidos e o perfil de ácidos graxos do tecido muscular de *Geophagus sveni* no reservatório de Jupia, alto rio Paraná, Brasil, para os períodos chuvoso e seco.



Fonte: Elaboração do próprio autor. **Figura A:** período chuvoso; **Figura B:** período seco. **S:** valores com significância estatística de $p < 0,05$. Nos quadrantes, representados apenas os valores de correlação $> 0,7$. Cores fortes indicam correlações altas ($r > 0,7$ e $r < -0,7$).

3.5. Composição parasitológica

A partir das análises realizadas, não foram encontrados parasitos no tecido muscular de *G. sveni* nos períodos chuvoso e seco. Orlandi-Neto (2019), em análise da mesma espécie para os reservatórios de Três Irmãos e Ilha Solteira e Zago et al. (2013), para o rio São José dos Dourados, também não encontraram parasitos em seu tecido muscular.

Até o momento, poucos estudos foram desenvolvidos com a intenção de verificar possíveis parasitos no tecido muscular de *G. sveni*. Contudo, tal resultado é esperado, visto

que a espécie é introduzida no reservatório de Jupia. Existem dois processos que podem ocorrer nesse tipo de introdução. No ambiente introduzido, os peixes podem ser colonizados por parasitos dos peixes nativos ou continuar sem nenhum parasito ou com poucas espécies de parasitos, que consigam se estabelecer no novo ambiente juntamente com seu hospedeiro (LACERDA et al., 2013). Por outro lado, o peixe pode ser introduzido com parasitos do seu ambiente de origem, que acabam colonizando as espécies nativas (LACERDA et al., 2013). Em geral, peixes invasores possuem pouca riqueza de espécies de parasitos, principalmente os que possuem espécies especialistas em sua fauna parasitária (LACERDA et al., 2013).

Durante as análises da composição alimentar de *G. sveni*, foram encontrados cistos e nematoides nos intestinos dos exemplares. Contudo, estes serão analisados posteriormente para identificação e possível danos à espécie, além de classificações quanto ao potencial zoonótico.

Dessa forma, considerando a relevância sanitária que os parasitos apresentam, estudos que investiguem possíveis infecções no tecido muscular de peixes são importantes, pois o consumo dessa proteína vem crescendo desde os últimos anos (FAO, 2018). Para que o consumo de pescado continue crescendo, o controle sanitário da venda do pescado torna-se necessário para oferecer produtos de qualidade ao consumidor. Assim, investigações e monitoramento frequentes da qualidade nutricional dessa importante fonte de proteína animal e de possíveis riscos relacionados ao seu consumo, são essenciais.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A construção de barragens no Brasil alterou paisagens, estruturas produtivas, influenciou habitats e contribuiu para movimentos sociais e novos enquadramentos socioambientais das usinas hidrelétricas (OLIVEIRA, 2018). Dessa maneira, a introdução de espécies de peixes em regiões fora de sua área de distribuição original, favorecida pela formação de reservatórios, se tornou um dos responsáveis pela crescente perda de biodiversidade em ecossistemas aquáticos ao redor do mundo (VITULE et al., 2016).

O sistema fluvial, por ser um sistema aberto, é sujeito a variações constantes. Por isso, monitorar e estudar espécies introduzidas, suas origens, hábitos e posições tróficas, além de suas habilidades que garantem a permanência e sucesso no estabelecimento nos novos ambientes, são relevantes. A caracterização alimentar, composição bromatológica, perfil de ácidos graxos e a ausência de parasitos musculares de *G. sveni*, obtidos no presente trabalho, evidenciam a contribuição deste estudo. A integração entre tais variáveis pôde ser observada: flutuações sazonais influenciam diretamente na disponibilidade de recursos e consumo de itens alimentares por *G. sveni* de diversas fontes, o que altera os padrões de incorporação nutricional no tecido muscular da espécie.

Quanto a presença de *G. sveni* no reservatório de Jupia, podemos considerar diferentes pontos de vista. Por ser uma espécie introduzida no reservatório, ela pode estar causando influências ambientais locais, visto que se aclimatou ao novo ambiente pois possui plasticidade trófica e, segundo Orlandi-Neto (2019), é resistente a fatores estressores, o que certamente contribuiu para seu sucesso durante a introdução, colonização, estabelecimento e alta abundância no alto rio Paraná. Por outro lado, por ser uma das espécies mais capturadas pela pesca artesanal na região, e como constatado no presente estudo, por apresentar alto valor energético e nutricional, além de ausência de parasitos no tecido muscular, contribuem com a comunidade pesqueira e consumidora deste recurso alimentar, sendo importante economicamente e socialmente para a população local. Ainda, estudos multidisciplinares possibilitam uma visão geral e integrada dos processos bióticos individualizados. Entretanto, torna-se evidente como organismos biológicos estão sujeitos às mudanças abióticas que influenciam diretamente em seus comportamentos, tornando-se cada vez mais aptas aos novos ambientes.

A invasão biológica de *G. sveni*, em diversos ambientes, mais precisamente no reservatório de Jupia, pode ser retratada atualmente como um evento de sucesso ecológico e evolutivo. Alta população, dieta amplamente diversa, plasticidade, eficiência fisiológica energética e capacidade de suporte a variações e condições ambientais instáveis, são

características que a torna capaz e apta a se ajustar frente aos diferentes tipos de habitats e pressões ambientais, caracterizando-se como uma espécie invasora robusta.

Contudo, os possíveis danos que *G. sveni* pode causar a espécies nativas, tornam tal evento preocupante. Paradoxalmente, a espécie se tornou importante como recurso pesqueiro e fonte alimentar em toda a região de Ilha Solteira, SP. Assim sendo, a possibilidade da pesca de *G. sveni* funcionar como mecanismo de controle populacional, pode mitigar as possíveis influências causadas por essa invasão. Dessa maneira, o presente estudo contribuiu para melhor entendimento das características biológicas de espécies invasoras, neste caso de *G. sveni*, podendo ser utilizados para prever possíveis influências e ampliação da área de distribuição em relação a espécies nativas, possibilitando melhores ferramentas de conservação.

5. AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) (bolsa de mestrado J.D.S.G.), pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) (bolsa de produtividade I.P.R.) (processo número 303311/2018-5) e parcialmente pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) (processo 2018/00281-3). Gostaríamos de agradecer a todos os integrantes do Laboratório de Ecologia de Peixes (Pirá/FEIS-UNESP), Laboratório de Estudos em Fisiologia Animal (LEFISA/FEIS-UNESP), Laboratório de Bromatologia do Departamento de Biologia e Zootecnia, FEIS-UNESP e Laboratório de Metabolismo e Reprodução de Organismos Aquáticos (LAMEROA/USP), que colaboraram com as coletas de campo e/ou análises laboratoriais.

6. PRODUÇÃO RELACIONADA AO ESTUDO

Em relação a divulgação dos resultados do presente estudo, foram apresentados sete resumos em eventos científicos e realizada a produção de um vídeo de divulgação científica vinculado ao presente projeto de pesquisa para o V Simpósio Brasileiro de Biologia da Conservação, Barbacena, MG. Além disso, o discente vem trabalhando na elaboração de artigo científico com dados oriundos de outro projeto sob responsabilidade do Prof. Igor Paiva Ramos e colaborou na orientação de um aluno de Iniciação Científica, bem como com o desenvolvimento dos projetos de pesquisas de outros membros do Laboratório de Ecologia de Peixes – Pirá.

GARVES, J. D. S. **Composição alimentar de espécie de peixe não-nativo invasor no reservatório de Jupia, alto rio Paraná, SP.** Vídeo apresentado no V Simpósio Brasileiro de Biologia da Conservação, Barbacena, MG. 2019. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=KHhJFIO3ISQ>>.

GARVES, J. D. S.; SILVA, B.; PAGLIARINI, C. D.; KLIEMANN, B. C. K.; RIBEIRO, C. S.; RAMOS, I. P. Caracterização e correlação da composição alimentar e bromatológica de um peixe não-nativo no reservatório de Jupia, alto rio Paraná. In: III Congresso Brasileiro de Ciências e Tecnologias Ambientais, 2019, Toledo, PR. **Anais do III Congresso Brasileiro de Ciências e Tecnologias Ambientais.** Toledo, PR: Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2019.

GARVES, J. D. S.; SILVA, B.; RIBEIRO, C. S.; FRANCESCHINI, L.; RAMOS, I. P. Avaliação bromatológica do tecido muscular de *Geophagus sveni* provenientes do reservatório de Jupia, alto rio Paraná. In: XIII Encontro de Ciências da Vida, 2019, Ilha Solteira, SP. **Anais do XIII Encontro de Ciências da Vida.** Ilha Solteira, SP: Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2019.

GARVES, J. D. S.; SILVA, B.; RIBEIRO, C. S.; RAMOS, I. P. Composição alimentar de espécie de peixe não-nativo invasor no reservatório de Jupia, alto rio Paraná, SP. In: V Simpósio Brasileiro de Biologia da Conservação, 2019, Barbacena, MG. **Anais do V Simpósio Brasileiro de Biologia da Conservação.** Barbacena, MG: Grupo Brasil Verde, 2019.

GARVES, J. D. S.; SILVA, B.; RIBEIRO, C. S.; RAMOS, I. P. Composição da dieta de *Geophagus proximus* (Perciformes, Cichlidae) no reservatório de Jupia, rio Paraná-SP. In: XII Encontro de Ciências da Vida, 2018, Ilha Solteira, SP. **Anais do XII Encontro de Ciências da Vida**. Ilha Solteira, SP: Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2018.

GODOI, B. L. I.; TEIXEIRA, T.; SILVA, B.; GARVES, J. D. S.; RAMOS, I. P.; RIBEIRO, C. S. Avaliação do metabolismo proteico de *Geophagus proximus* (Perciformes, Cichlidae) no reservatório de Jupia, Ilha Solteira-SP. In: XII Encontro de Ciências da Vida, 2018, Ilha Solteira, SP. **Anais do XII Encontro de Ciências da Vida**. Ilha Solteira, SP: Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2018.

WHITAKER, M. C.; GARVES, J. D. S.; SILVA, B.; RIBEIRO, C. S.; RAMOS, I. P. Composição da dieta de *Geophagus sveni* Lucinda, Lucena & Assis, 2010 no reservatório de Jupia, alto rio Paraná. In: XXXI Congresso de Iniciação Científica da UNESP, 2019, Ilha Solteira, SP. **Anais do XIII Congresso de Iniciação Científica da UNESP**. Ilha Solteira, SP: Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2019.

WHITAKER, M. C.; RAMOS, I. P.; GARVES, J. D. S.; SILVA, B.; RIBEIRO, C. S. Composição da dieta de *Geophagus sveni* Lucinda, Lucena & Assis, 2010 no reservatório de Jupia, alto rio Paraná/SP. In: XIII Encontro de Ciências da Vida, 2019, Ilha Solteira, SP. **Anais do XIII Encontro de Ciências da Vida**. Ilha Solteira, SP: Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2019.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACOSTA, A. A.; GODOY, A. T.; YAMADA, F. H.; BRANDÃO, H.; PAES, J. V. K.; BONGIOVANI, M. F.; MÜLLER, M. I.; YAMADA, P. de O. F.; NARCISO, R. B.; SILVA, R. J. da. **Aspectos parasitológicos dos peixes**. In: SILVA, R.J., Orgs. Integridade ambiental da represa de Jurumirim: ictiofauna e relações ecológicas [online]. São Paulo: Editora UNESP, p. 115-192, 2016.

ADAMS, S. M. **Ecological role of lipids in the health and success of fish populations**. In: Lipids in Freshwater Ecosystems. Springer Science + Business Media New York. p. 132–160, 1999.

AGOSTINHO, A. A.; GOMES, L. C.; PELICICE, F. M. **Ecologia e manejo de recursos pesqueiros em reservatórios do Brasil**. Maringá: Eduem, 2007, 501p.

AGOSTINHO, A. A.; JÚLIO JR., H. F. Peixes de outras águas. **Ciência hoje**, v. 21, n. 124, p. 36-45, 1996.

AGOSTINHO, A. A.; JÚLIO JR., H. F.; BORGHETTI, J. R. Considerações sobre os impactos dos represamentos na ictiofauna e medidas para sua atenuação. Um estudo de caso: reservatório de Itaipu. **Revista Unimar**, Maringá, v. 14 (suplemento) p. 89-107, 1992.

AHLBECK, I.; HANSSON, S.; HJERNE, O. Evaluating fish diet analysis methods by individual-based modelling. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 69, p.1184-1201, 2012.

ALBUQUERQUE FILHO, J. L.; SAAD, A. R.; ALVARENGA, M. C. de. Considerações acerca dos impactos ambientais decorrentes da implantação de reservatórios hidrelétricos com ênfase nos efeitos ocorrentes em aquíferos livres e suas consequências. **Geociências**, v. 29, n. 3, p. 355-367, 2010.

ANA – Agência Nacional das Águas. **Dados de operação dos reservatórios**. Sistema de Acompanhamento de Reservatórios (SAR) – Dados históricos SIN. Disponível em: <<https://www.ana.gov.br/sar0/MedicaoSin>>. Acesso em: 10 dez. 2019.

ANDERSON, M. J. A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. **Austral Ecology**. v. 26, p. 32-46. 2001.

ANDERSON, M. J.; GORLEY, R. N.; CLARKE, K. R. **PERMANOVA + for PRIMER: Guide to Software and Statistical Methods**. Plymouth, PRIMES-E. 2008, 214 p.

ANDRADE, G. de Q.; BISPO, E. L. da S.; DRUZIAN, J. I. Avaliação da qualidade nutricional em espécies de pescado mais produzidas no Estado da Bahia. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 29, n. 4, p. 721-726, 2009.

AOAC, Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis**. 16th Edition, Washington DC. 1995, 771 p.

BAYLIN, A.; CAMPOS, H. The use of fatty acid biomarkers to reflect dietary intake. **Current Opinion in Lipidology**. v. 17, p. 22-27, 2006.

BICUDO, C. E. M.; BICUDO, R. M. T. **Algas de águas continentais brasileiras chave ilustrada para identificação de gêneros**. São Paulo: Fundação Brasileira para o Desenvolvimento do Ensino de Ciências, 1970, 227 p.

BOWEN, S. H. Detritivory in neotropical fish communities. **Environmental Biology of Fishes - Dr W. Junk Publishers, The Hague**. v. 9, n. 2, p. 137-144, 1983.

BRANCO, G. S.; SILVA, C. B. ROCHA, R. C. G. A.; SENHORINI, J. A.; SILVEIRA, A. N.; SILVEIRA, R. V. Utilização de hipófise de *Geophagus proximus*, proveniente da pesca profissional, na reprodução induzida de *Piaractus mesopotamicus*. **IV Encontro de Ciências da Vida**, UNESP, Ilha Solteira, SP. 2010. Disponível em: <<http://www.feis.unesp.br/Home/Eventos/encivi/ivencivi-2010/utilizacao-da-hipofise-de-geophagus-proximus-proveniente-da-pesca-profissional-na-reproducao-in.pdf>>. Acesso em: 16 Set. 2019.

CANAL CLIMA da UNESP Ilha Solteira - Área de Hidráulica e Irrigação. **Dados médios pluviométricos**. Disponível em: <<http://clima.feis.unesp.br/index.php>>. Acesso em: 22 set. 2019.

CBD – Convention of Biological Diversity. **Aichi Biodiversity Targets**. Disponível em: <<https://www.cbd.int/sp/targets/>>. Acesso em: 17 de janeiro de 2020.

CBD – Convention of Biological Diversity. **Aichi Target 9**. Disponível em: <<https://www.cbd.int/aichi-targets/target/9>>. Acesso em: 17 de janeiro de 2020.

CESP, Companhia Energética de São Paulo. **Programa de Manejo Pesqueiro**. Relatórios nº GA/233/2014, 2014, 136p.

CLARKE, K. R. Non-parametric multivariate analysis of changes in community structure. **Australian Journal of Ecology**, v.18, p. 117-143, 1993.

CLARKE, K. R., GORLEY, R. N. **PRIMER v6: User Manual/Tutorial**. PRIMER-E, Plymouth, UK, 2006, 192 p.

CMB. **Barragens e desenvolvimento: um novo modelo para a tomada de decisões – Um sumário**. Comissão Mundial de Barragens, 2000, 48p.

COSTA, S. M. A. L.; PÁDUA, M. L. G.; MORAES, D. P.; MEDEIROS, E. N.; CORREA, M. V. de.; OLIVEIRA, S. M. **Indicadores de mercado de pescados**. Boletim 4º trimestre, Ilha Solteira/SP, 2016, 4 p.

CTG, China Three Gorges Corporation. **Usina Hidrelétrica Jupiá**. Disponível em: <<https://www.ctgbr.com.br/usina-hidreletrica-jupia/>>. Acesso em: 22/09/2019.

DAGA, J. A.; THIEL, J. D. C.; SILVA, P. R. L. da; GOGOLA, TATIANE. M.; BAUMGARTNER, G. Fatores abióticos que influenciam a reprodução de cará *Geophagus brasiliensis* (Quoy & Gaimard, 1824), no reservatório de salto Santiago, rio Iguaçu, Paraná. **Anais do II Simpósio Nacional de Engenharia de Pesca**, realizado no período de 30 de agosto à 03 de setembro de 2010, Toledo – PR.

DAGA, V. S.; SKÓRA, F.; PADIAL, A. A.; ABILHOA, V.; GUBIANI, É. A.; VITULE, J. R. S. Homogenization dynamics of the fish assemblages in Neotropical reservoirs: comparing the roles of introduced species and their vectors. **Hydrobiologia**, v. 746, n. 1, p. 327–347, 2014.

DESCROIX, A.; BEC, A.; BOURDIER, G.; SARGOS, D.; SAUVANET, J.; MISSON, B.; DESVILETTES, C. Fatty acids as biomarkers to indicate main carbon sources of four major invertebrate families in a large River (the Allier, France). **Fundamental and Applied Limnology**, v. 177/1, p. 39-55, 2010.

FAO. **El estado mundial de la pesca y la acuicultura - Cumplir los objetivos de desarrollo sostenible**. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma. 2018, 250 p.

FERNANDES, A. C.; MEDEIROS, C. O.; BERNARDO, G. L.; EBONE, M. V.; DI PIETRO, P. F.; ASSIS, M. A. A. de.; VASCONCELOS, F. de A. G. de. Benefits and risks of fish consumption for the human health. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 25, n. 2, p. 283-295, 2012.

FOLCH, J.; LEES, M.; STANLEY, G. H. S. A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. **The Journal of Biological Chemistry**, v. 226, n. 1, p. 497–509, 1957.

FRICKE, R.; ESCHMEYER, W. N.; FONG, J. D. **Species by family/subfamily**. Disponível em: <http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/SpeciesByFamily.a> sp. Acesso em: 21 jan. 2020.

GOIS, K. S.; PELICICE, F.; GOMES, L. C.; AGOSTINHO, A. A. Invasion of an Amazonian cichlid in the Upper Paraná River: facilitation by dams and decline of a phylogenetically related species. **Hydrobiologia**, v. 746, p. 401-413, 2015.

GUBIANI, É. A.; RUARO, R.; RIBEIRO, V. R.; EICHELBERGER, A. C. A.; BOGONI, R. F.; LIRA, A. D.; CAVALLI, D.; PIANA, P. A.; GRAÇA, W. J. da. Non-native fish species in Neotropical freshwaters: how did they arrive, and where did they come from? **Hydrobiologia**, v. 817, p. 57-69, 2018.

HARDY, R. R.; CASTRO, J. G. D. Qualidade nutricional de três espécies de clorofíceas cultivadas em laboratório. **Acta Amazônica**, v. 30, n. 1, p. 39-47, 2000.

HARRELL JUNIOR, F. E. et al. **R package Hmisc: Harrell Miscellaneous**. 2019. Disponível em: <<http://biostat.mc.vanderbilt.edu/Hmisc>>. Acesso em: 27 ago. 2019.

HONDA, E. M. S. Contribuição ao conhecimento da biologia de peixes do Amazonas: I - Alimentação de *Geophagus*. **Acta Amazonica**, v. 4, n. 2, p. 81-88, 1974.

HYSLOP, E. J. Stomach contents analysis—a review of methods and their application. **Journal of Fish Biology**, v. 17, n. 4, p. 411–429, 1980.

IBAMA, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Regularização Ambiental da UHE Jupia**. Brasília, 2014, 25 p.

IBAÑEZ, C.; BELLIARD, J.; HUGHES, R. M.; IRZ, P.; KAMDEM-TOHAM, A.; LAMOUROUX, N.; TEDESCO, P. A.; OBERDORFF, T. Convergence of temperate and tropical stream fish assemblages. **Ecography**. v. 32, p. 658–670, 2009.

IGARASHI, M. A. Aspectos tecnológicos e perspectivas de desenvolvimento do cultivo de tilápia no Brasil. **Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia**. UNIPAR, Umuarama, v. 21, n. 3, p. 123-130, 2018.

JACQUOT, R. Organic constituents of fish and other aquatic foods. In: BORGSTROM, G., ed. - Fish as food. New York, **Academic Press**, v. 1, p. 146-50. 1961.

KITSON, G.; LARSEN, B. S.; MCEWEN, C. N. Gas chromatography and mass spectrometry: a practical guide. **New York: Academic Press**, 1996.

KLIEMANN, B. C. K.; DELARIVA, R. L.; AMORIM, J. P. de A.; RIBEIRO, C. da S.; SILVA, B. da.; SILVEIRA, R. V.; RAMOS, I. P. Dietary changes and histophysiological responses of a wild fish (*Geophagus cf. proximus*) under the influence of tilapia cage farm. **Fisheries Research**, v. 204, p. 337–347, 2018.

KRETZSCHMAR, A. U.; HECKMAN, C. W. Estratégias de sobrevivência das espécies de Ampullaridae (Mollusca, Gastropoda) durante mudanças das condições ambientais extremas do ciclo sazonal sob o clima tropical úmido e seco. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 7, n. 1, p. 60-66, 1995.

KULLANDER, S. O.; ROYERO, R.; TAPHORN, D. C. Two new species of *Geophagus* (Teleostei: Cichlidae) from the Rio Orinoco drainage in Venezuela. **Ichthyological Exploration of Freshwaters**. v. 3, n. 4, p. 359-375, 1992.

LACERDA, A. C. F.; TAKEMOTO, R. M.; POULIN, R.; PAVANELLI, G. C. Parasites of the fish *Cichla piquiti* (Cichlidae) in native and invaded Brazilian basins: release not from the enemy, but from its effects. **Parasitology Research**, v. 112, n. 1, p. 279–288, 2012.

LACERDA, A. C. F.; YAMADA, F. H.; ANTONUCCI, A. M.; DIAS, M. T. **Peixes introduzidos e seus parasitos**. p. 169-193. In: PAVANELLI, G. C.; TAKEMOTO, R. M.; EIRAS, J. C. Parasitologia de peixes de água doce do Brasil. Maringá: Eduem, p. 169-193, 2013.

LANGEANI, F.; MACEDO, C.; C. R.; TAKESHI, O. O.; AKIO, S. O.; SIMONE, P. C.; CASATTI, L. Diversidade da ictiofauna do Alto Rio Paraná: composição atual e perspectivas futuras. **Biota Neotropica**, v. 7, n. 3, 2007.

LATINI, A. O.; PETRERE, M. Reduction of a native fish fauna by alien species: an example from Brazilian freshwater tropical lakes. **Fisheries Management and Ecology**, v. 11, n. 2, p. 71-79, 2004.

LIMA-SANTOS, E.; CAVALCANTI, M. C. DE A.; FREGADOLLI, F. L.; MENESES, D. R. de.; TEMOTEO, M. C.; LIRA, D. E. de.; FORTES, C. R. Considerações sobre o manejo nutricional e alimentar de peixes carnívoros. **Revista eletrônica Nutritime**. v. 10, n. 1, p. 2216–2255, 2013.

LOWE-MCCONNELL, R. H. **Fish communities in tropical freshwaters**. Longman, New York, 1975, 337 p.

LUCINDA, P. H. F.; LUCENA, C. A. S.; ASSIS, N. C. Two new species of cichlid fish genus *Geophagus* Heckel from the Rio Tocantins drainage (Perciformes: Cichlidae). **Zootaxa**, v. 2429, p. 29-42, 2010.

MACARTHUR, R. H.; PIANKA, E. R. On the optimal use of a patchy environment. **American Naturalist**, v. 100, n. 916, p. 603-609, 1966.

MACK, R. N.; SIMBERLOFF, D.; LONSDALE, W. M.; EVANS, H.; CLOUT, M.; BAZZAZ, F. A. Biotic invasions: causes, epidemiology, global consequences, and control. **Ecological applications**, v. 10, n. 3, p. 689-710, 2000.

MAIA, E. L. **Otimização da metodologia para caracterização de constituintes lipídicos e determinação da composição em ácidos graxos e aminoácidos de peixes de água doce**. Tese de Doutorado. Campinas/SP: Engenharia de Alimentos da UNICAMP, 1992, 242 p.

MANSON J. E. et al. Marine n-3 fatty acids and prevention of cardiovascular disease and cancer. **The new england journal of medicine**. 2018. 10 p.

MARQUES, H.; DIAS, J. H. P.; RAMOS, I. P. Can fishways restore river connectivity? A case study using β diversity as a method of assessment. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 30, e 307, 2018.

MENEZES, M. E. S.; MENEZES, M. E. da S.; LIRA, G. M.; OMENA, C. M. B. de.; FREITAS, J. D. de.; SANT'ANA, A. E. G. 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**. v. 67, n. 2, p. 89-95, 2008.

MORETTO, E. M.; MARCIANO, F. T.; VELLUDO, M. R.; VERANI, N. F.; ESPÍNDOLA, E. L. G.; ROCHA, O. 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**. v. 17, n. 12, p. 3013-3025, 2008.

MOURA, M. A. M.; GALVÃO, J. A.; HENRIQUE, C. M.; SILVA, L. K. S. OETTERER, M. Caracterização físico-química e de frescor de filés de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) oriundas da pesca extrativista no médio Rio Tietê/SP, Brasil. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 35, n. 3, p. 487-495, 2009.

MUGNAI, R.; NESSIMIAN, J. L.; BAPTISTA, D. F. **Manual de identificação de macroinvertebrados aquáticos do Estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: Technical Books, 2010, 174 p.

NEVES, M. P.; DELARIVA, R. L.; WOLFF, L. L. Diet and ecomorphological relationships of an endemic, species-poor Fish assemblage in a stream in the Iguaçu National Park. **Neotropical Ichthyology**, Maringá, v. 13, n. 1, p. 245-254, 2015.

OKADA, E. K.; AGOSTINHO, A. A.; AMBRÓSIO, A. M.; SUZUKI, H. I.; GALDIOLI, E. M.; SOUZA, S. R. **Monitoramento do rendimento e da socioeconômica da pesca no Reservatório de Itaipu**. Relatório Geral - UEM/Nupélia/Itaipu Binacional, Maringá, 2012, 247 p.

OLIVEIRA, N. C. C. de. A grande aceleração e a construção de barragens hidrelétricas no Brasil. **Varia História**, Belo Horizonte, v. 34, n. 65, p. 315-346, 2018.

OLIVEIRA, S. A. L. **Pesquisa de helmintos em musculatura e serosa abdominal de peixes de importância comercial capturados no litoral norte do Brasil**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná, 2005. 70 p.

ORLANDI-NETO, A. **Aspectos biológicos de *Geophagus sveni* Lucinda, Lucena & Assis, 2010 (Cichliformes, Cichlidae) no rio São José dos Dourados, em área de influência do canal artificial de Pereira Barreto, SP**. Dissertação de Mestrado. IBB – Instituto de Biociências de Botucatu. 2019.

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

PAGGI-MATOS, A. P.; MATOS, A. C.; MOECKE, E. H. S. Polyunsaturated fatty acids and nutritional quality of five freshwater fish species cultivated in the western region of Santa Catarina, Brazil. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 22, e. 2018193, 2019.

PARK, W. J. **The Biochemistry and Regulation of Fatty Acid Desaturases in Animals**. In: Polyunsaturated Fatty Acid Metabolism. Elsevier, p. 87-100, 2018.

PARRISH, C. C. Lipid Biogeochemistry of plankton, settling matter and sediments in Trinity Bay, Newfoundland. I. Lipid classes. **Organic Geochemistry**, v. 29, n. 5–7, p. 1531–1545, 1998.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **A language and environment for statistical computing**. 2011. Disponível em: <<https://www.gbif.org/tool/81287/r-a-language-and-environment-for-statistical-computing>>. Acesso em: 27 ago. 2019.

REIS, L. R. G. **Dieta de duas espécies de peixes da família Cichlidae (Actinopterygii – Perciformes) na região do aproveitamento elétrico de estreito: rio Tocantins, MA**. Dissertação de Mestrado, Ciências Biológicas (Zoologia), Universidade Estadual de Feira de Santana, 2014, 43 p.

REIS, R. E.; ALBERT, J. S.; DARIO, F. D.; MINCARONE, M. M.; PETRY, P.; ROCHA, L. A. Fish biodiversity and conservation in South America. **Journal of Fish Biology**. v. 89, n. 1, p. 1-36, 2016.

RUARO, R.; TRAMONTE, R. P.; BUOSI, P. R. P.; MANETTA, G. I.; BENEDITO, E. Trends in Studies of Nonnative Populations: Invasions in the Upper Paraná River Floodplain. **Wetlands**, p. 1-12, 2019.

SAMPAIO, A. L. A.; GOULART, E. Ciclídeos neotropicais: ecomorfologia trófica. **Oecologia Australis**, v. 15, n. 4, p. 775-798, 2011.

SANTOS, A. M. dos.; SANTOS, D. G. dos.; BONILHA, E. **Rendimento, composição química e defumação líquida de filés do porquinho (*Geophagus proximus*)**. Trabalho de conclusão de curso (Graduação) - Curso de Engenharia de Alimentos, Faculdades Adamantinenses Integradas - FAI – Adamantina, São Paulo, 2012, 54 p.

SCHERR, C; GAGLIARDI, A. C. M; MINAME, M. H; SANTOS, R. D. Concentração de ácidos graxos e colesterol de peixes habitualmente consumidos no Brasil. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 104, n. 2, p. 152–8. 2015.

SENA, D. N.; OLIVEIRA, A. F. R. **Avaliação da composição centesimal de peixes comercializados em supermercados de Fortaleza-CE**, p. 4850-4855. In: Anais do XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química - COBEQ 2014, v.1, São Paulo: Blucher, 2015.

SILVA, L. M. de J.; CHAGAS, J. M. A.; RIBEIRO, D. de C.; SILVEIRA, A. N.; SILVEIRA, R. V. **Período e desova do porquinho *Geophagus proximus* (Perciformes: Cichlidae), reservatório de Ilha Solteira**. Anais do VIII ENCIVI: Encontro de Ciências da Vida, realizado no período de 20 a 23 de maio de 2014, Ilha Solteira/SP.

SOUZA, S. M. G.; ANIDO, R. J. V.; TOGNON, F. C. Ácidos graxos ômega-3 e ômega-6 na nutrição de peixes – fontes e relações. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 6, n. 1, p. 63-71, 2007.

SOUZA; A. B. B. de.; ALMEIDA, N. M. de. Ácidos graxos em peixes marinhos e de água doce: um comparativo. **CIENTEC – Revista de Ciência, Tecnologia e Humanidades do IFPE**. v. 10, n 1, p. 105-120, 2018.

SULLIVAN, C. V.; YILMAZ, O. Vitellogenesis and Yolk Proteins, Fish. **Encyclopedia of Reproduction**. e. 2. p. 1-11, 2018.

SUSHCHIK, N. N.; GLADYSHEV, M. I.; MOSKVICHOVA, A. V.; MAKHUTOVA, O. N.; KALACHOVA, G. S. Comparison of fatty acid composition in major lipid classes of the dominant benthic invertebrates of the Yenisei river. **Comparative Biochemistry and Physiology Part B**. v.134, p. 111–122, 2003.

TOCHER, D. R. Metabolism and functions of lipids and fatty acids in Teleost fish. **Reviews in Fisheries Science**, v. 11, n. 2, p. 107–184, 2003.

VAZ, J. dos S.; DEBONI, F.; AZEVEDO, M. J. de.; GROSS, J. L.; ZELMANOVITZ, T. Ácidos graxos como marcadores biológicos da ingestão de gorduras. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 19, n. 4, p. 489–500, 2006.

VIDOTTO-MAGNONI, A. P.; CARVALHO, E. D. Aquatic insects as the main food resource of fish the community in a Neotropical reservoir. **Neotropical Ichthyology**. v. 7, p. 701–708, 2009.

VITULE, J. R. S.; SKÓRA, F.; ABILHOA, V. Homogenization of freshwater fish faunas after the elimination of a natural barrier by a dam in Neotropics. **Diversity and Distributions**, v. 18, n. 2, p. 111-120, 2012.

VITULE, J. R. S.; COSTA, A. P. L. da.; FREHSE, A F. A.; BEZERRA, L. A. V.; OCCHI, T. V. T.; DAGA, V. S.; PADIAL, A. A. Comment on "Fish biodiversity and conservation in South America by Reis et al. (2016)." **Journal of Fish Biology**, v. 90, n. 4, p. 1182–1190, 2016.

WEI, T.; SIMKO, V. **R package "corrplot": Visualization of a Correlation Matrix**. 2017. Disponível em: <<https://github.com/taiyun/corrplot>>. Acesso em: 27 ago. 2019.

WINEMILLER, K. O.; FLUET-CHOUINARD, E.; GIARRRIZZO, T.; BAIRD, I. G. Balancing hydropower and biodiversity in the Amazon, Congo, and Mekong. **Science**. v. 351, e. 6269, p. 128-129, 2016.

ZAGO, A. C.; FRANCESCHINI, L.; ZOCOLLER-SENO, M. C.; VERÍSSIMO-SILVEIRA, R.; MAIA, A. A. D.; IKEFUTI, C. V.; DA SILVA, R. J. The helminth community of *Geophagus proximus* (Perciformes: Cichlidae) from a tributary of the Paraná River, Ilha Solteira Reservoir, São Paulo State, Brazil. **Journal of Helminthology**, v. 87, p. 203-211, 2013.

ZAVALA-CAMIN, L. A. **Introdução aos estudos sobre alimentação natural em peixes**. Maringá, EDUEM. 1996, 129p.

8. APÊNDICES

Anexo A – Variáveis ambientais da água nas datas das coletas na área de coleta no reservatório de Jupiá, alto rio Paraná, Brasil.

Variáveis analisadas	Períodos	
	Chuvoso	Seco
Temperatura (C°)	27,90	21,97
Oxigênio dissolvido (mg/L)	6,36	8,15
pH	6,36	5,89
Condutividade elétrica (mS/cm)	0,054	0,063
Potencial de redução (ORPmV)	198	180
Sólidos totais dissolvidos (g/L TDS)	0,035	0,041
Transparência (m)	3,23	6,30
Saturação de oxigênio (%)	81,9	95,3

Fonte: Elaboração do próprio autor. A profundidade utilizada para medição em ambas as coletas foi de 1 m. Os horários de medição foram 09:34 h e 09:59 h, respectivamente, para os períodos chuvoso e seco.

Anexo B – Vazão defluente da Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira, alto rio Paraná, Brasil.

Meses	Vazão defluente	
	Vazão Turbinada (m³/s)	Vazão Vertida (m³/s)
Nov/17	2995,87	0,13
Dez/17	3825,00	0
Jan/18	3536,00	0
Fev/18	3594,00	0
Mar/18	4028,00	0
Abr/18	3702,00	0
Mai/18	3474,00	4
Jun/18	3557,00	0
Jul/18	3438,00	0
Ago/18	4182,00	0

Fonte: Agência Nacional das Águas (ANA) (2019). Em negrito, valores dos meses das coletas, março (período chuvoso) e agosto (período seco).

Anexo C – Dados biológicos de comprimento padrão, comprimento total e massa total dos espécimes de *Geophagus sveni* coletados no reservatório de Jupia, alto rio Paraná, Brasil.

Período Chuvoso					Período Seco				
Animal	Sexo	Cp (cm)	Ct (cm)	Wt (g)	Animal	Sexo	Cp (cm)	Ct (cm)	Wt (g)
1	F	16,70	20,00	229,79	36	M	15,00	17,80	106,32
2	F	15,60	20,00	138,66	37	F	16,00	19,50	128,20
3	F	14,00	18,30	115,71	38	M	15,80	19,00	121,02
4	F	14,10	18,20	110,90	39	F	14,00	16,90	93,17
5	F	14,00	17,00	92,83	40	M	14,00	18,00	122,13
6	M	16,60	20,90	161,65	41	M	12,50	15,00	57,22
7	F	11,30	14,70	49,30	42	M	16,40	19,50	128,87
8	M	13,20	16,90	81,94	43	F	12,90	16,00	75,56
9	F	13,30	17,30	87,10	44	F	12,80	15,70	66,05
10	F	13,00	17,00	83,84	45	F	15,00	18,00	108,60
11	F	10,40	13,00	32,26	46	F	15,00	18,00	101,03
12	M	20,00	23,60	265,15	47	F	14,70	17,80	90,45
13	F	13,90	16,50	79,07	48	F	14,70	17,50	90,22
14	M	16,20	19,50	121,52	49	M	20,10	23,00	212,36
15	M	18,00	22,00	194,85	50	M	18,00	21,30	164,83
16	M	12,60	15,70	59,68	51	M	19,50	23,00	251,00
17	F	17,10	21,00	154,23	52	M	16,10	20,00	132,75
18	F	17,00	21,50	190,69	53	F	14,00	17,10	86,12
19	F	12,50	15,90	59,07	54	F	14,90	17,90	95,00
20	F	15,00	19,50	130,36	55	M	19,50	22,50	203,63
21	F	15,50	19,80	145,34	56	M	13,90	16,90	87,30
22	F	14,00	17,50	91,68	57	F	15,40	19,30	123,97
23	F	16,00	19,80	131,92	58	M	14,00	17,50	91,40
24	F	13,00	16,20	68,69	59	F	14,00	17,00	80,90
25	F	15,00	18,80	115,46	60	M	18,90	23,00	237,73
26	F	12,00	15,00	56,76	61	M	16,90	20,80	162,70
27	F	12,30	15,50	59,80	62	F	16,00	19,90	139,40
28	F	10,70	13,30	35,72	63	M	19,00	23,00	198,79
29	F	10,80	13,50	37,77	64	F	15,00	19,50	120,40
30	F	14,50	17,50	84,66	65	F	19,50	23,50	253,17
31	F	12,50	15,40	62,49	66	F	14,00	17,00	94,26
32	F	11,50	14,70	51,32	67	M	18,80	22,80	200,87
33	F	10,80	13,30	35,74	68	F	13,50	16,90	78,81
34	F	10,00	12,80	32,41	69	F	15,00	18,30	95,38
35	F	10,00	13,00	33,58	70	M	19,80	24,80	292,47

Fonte: próprio autor. **Cp:** comprimento padrão, **Ct:** comprimento total e **Wt:** massa total.

Anexo D – Dados biométricos dos espécimes de *Geophagus sveni* utilizados para cada análise, detalhados por variáveis.

Composição alimentar					
Variáveis	N	Cp (cm) (mín - máx)	Média ± Erro Cp (cm)	Wt (kg) (mín - máx)	Média ± Erro Wt (kg)
C	30	10,00 - 20,00	13,62 ± 0,47	32,26 - 265,15	93,14 ± 10,50
S	30	12,50 - 20,10	15,99 ± 0,44	57,22 - 292,47	137,37 ± 11,81
F	40	10,00 - 19,50	13,71 ± 0,33	32,26 - 253,17	90,21 ± 7,16
M	20	12,50 - 20,10	17,00 ± 0,58	57,22 - 292,47	165,34 ± 15,50
C + S + F + M	60	10,00 - 20,10	14,81 ± 0,35	32,26 - 292,47	115,25 ± 8,35
Composição bromatológica (tecido muscular)					
C	29	10,00 - 18,00	13,82 ± 0,43	32,26 - 229,79	98,08 ± 9,93
S	31	12,50 - 20,10	15,96 ± 0,40	57,22 - 292,47	135,96 ± 11,06
F	40	10,00 - 19,50	14,09 ± 0,33	32,26 - 253,17	99,72 ± 7,76
M	20	12,50 - 20,10	16,59 ± 0,55	57,22 - 292,47	153,51 ± 14,77
C + S + F + M	60	10,00 - 20,10	14,81 ± 0,35	32,26 - 292,47	117,65 ± 7,80
Perfil de ácidos graxos (tecido hepático)					
C	17	10,00 - 16,00	12,72 ± 0,48	32,41 - 145,34	72,55 ± 9,14
S	20	12,50 - 20,10	15,55 ± 0,49	57,22 - 251,00	121,73 ± 11,32
F	26	10,00 - 16,00	13,37 ± 0,37	32,41 - 145,34	81,08 ± 6,52
M	11	12,50 - 20,10	16,32 ± 0,82	57,22 - 251,00	141,80 ± 18,93
C + S + F + M	37	10,00 - 20,10	14,25 ± 0,41	32,41 - 251,00	99,13 ± 8,38
Perfil de ácidos graxos (tecido muscular)					
C	18	10,00 - 16,00	12,72 ± 0,48	32,41 - 145,34	72,55 ± 9,14
S	19	12,50 - 20,10	15,55 ± 0,49	57,22 - 251,00	121,73 ± 11,32
F	28	10,00 - 17,10	13,69 ± 0,38	32,41 - 190,69	88,44 ± 7,45
M	9	12,50 - 20,10	16,99 ± 0,83	57,22 - 251,00	153,51 ± 20,14
C + S + F + M	37	10,00 - 20,10	14,49 ± 0,42	32,41 - 251,00	104,17 ± 8,65
Composição parasitológica					
C	35	10,00 - 20,00	13,80 ± 0,42	32,26 - 265,15	99,48 ± 9,87
S	35	12,50 - 20,10	15,85 ± 0,38	57,22 - 292,47	134,06 ± 10,23
F	47	10,00 - 19,50	13,89 ± 0,30	32,26 - 253,17	96,12 ± 6,89
M	23	12,50 - 20,10	16,73 ± 0,52	57,22 - 292,47	158,96 ± 13,90
C + S + F + M	70	10,00 - 20,10	14,82 ± 0,31	32,26 - 292,47	116,77 ± 7,36

Fonte: Elaboração do próprio autor. **C:** período chuvoso; **S:** período seco; **F:** fêmeas; **M:** machos.

Anexo E – Valores percentuais (%) da massa dos itens alimentares consumidos por *Geophagus sveni* no reservatório de Jupiá, alto rio Paraná, Brasil.

Itens alimentares	Período		Sexo	
	Chuvoso (n=30)	Seco (n=30)	Fêmeas (n=40)	Machos (n=20)
Detrito	44,60	67,14	59,55	42,90
Gastropoda	49,03	14,29	30,81	41,19
Vegetal	1,17	15,12	5,38	11,06
Ostracoda	2,68	0,39	2,29	0,39
Algas filamentosas	1,21	1,00	0,85	1,71
Trichoptera	0,59	1,18	0,75	1,03
Bivalvia	0,46	0,14	0,19	0,61
Ephemeroptera	0,01	0,45	0,03	0,58
Hymenoptera	0,21	-	-	0,38
Sementes	-	0,11	0,05	0,04
Fragmentos de insetos	0,02	0,08	0,02	0,10
<i>Egeria</i> spp.	0,03	0,05	0,05	-
Chironomidae	-	0,03	0,02	-
Cladocera	-	0,02	0,004	0,01
Diptera	-	0,005	0,003	-
Copepoda	-	0,004	0,001	0,002

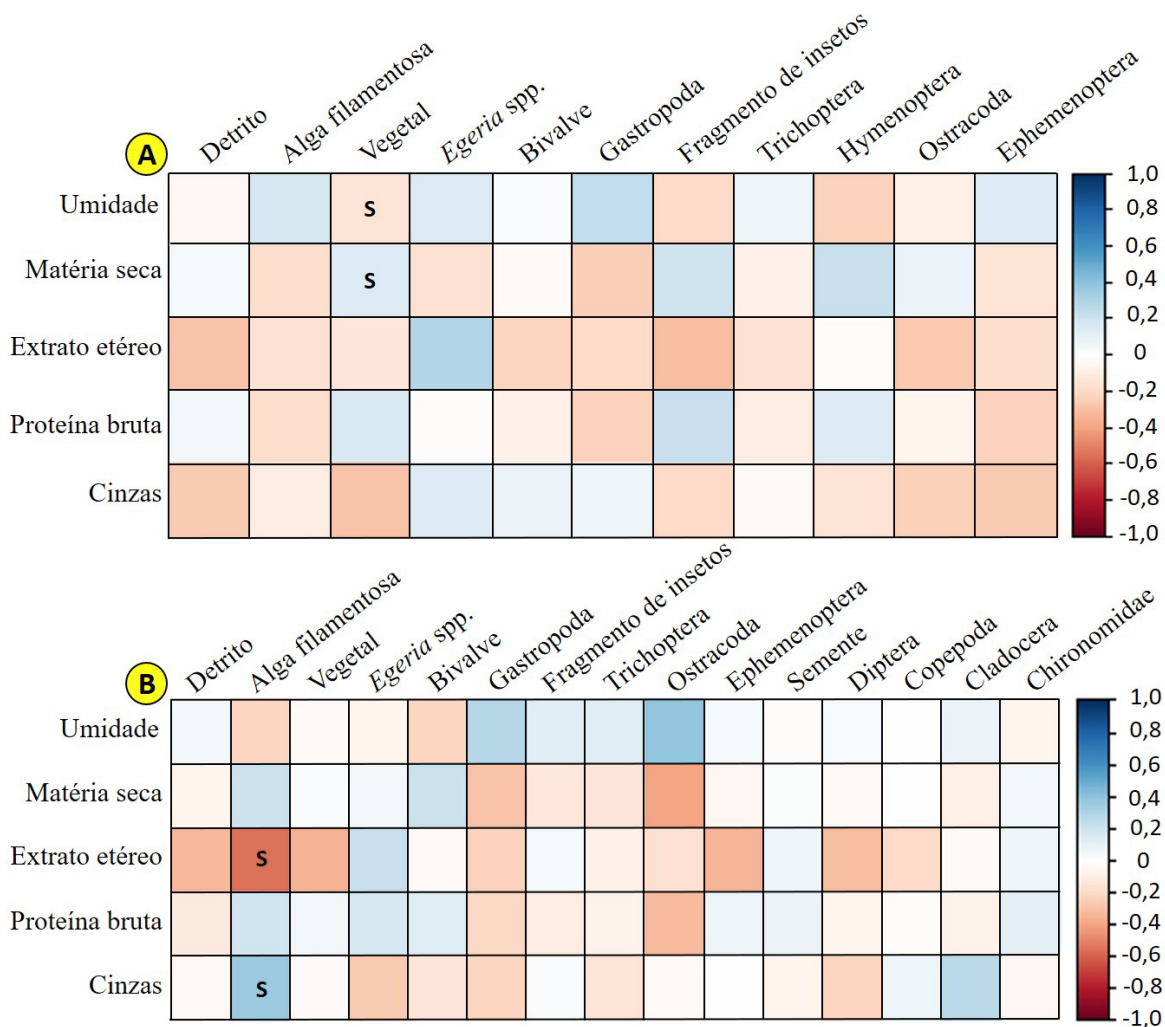
Fonte: Elaboração do próprio autor.

Anexo F – Composição de ácidos graxos do tecido hepático, muscular e conteúdo alimentar (média em % $\pm$ erro padrão) de *Geophagus sveni* do período chuvoso e seco (sexos agrupados) do reservatório de Jupia, alto rio Paraná, São Paulo, Brasil.

Nomenclatura	Sigla	TECIDO HEPÁTICO		TECIDO MUSCULAR		CONTEÚDO ALIMENTAR	
		Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco
Saturados (SFA)	C15:0	1,25 $\pm$ 0,14	1,31 $\pm$ 0,13	0,95 $\pm$ 0,16	1,32 $\pm$ 0,14	1,45 $\pm$ 0,48	1,65 $\pm$ 0,40
	C16:0	25,35 $\pm$ 2,00	22,07 $\pm$ 0,97	24,58 $\pm$ 0,66	22,47 $\pm$ 0,69	23,83 $\pm$ 1,97	21,55 $\pm$ 3,34
	C17:0	4,80 $\pm$ 0,37	4,37 $\pm$ 0,33	3,66 $\pm$ 0,44	3,82 $\pm$ 0,26	8,06 $\pm$ 3,06	3,69 $\pm$ 0,48
	C18:0	21,15 $\pm$ 1,39	19,58 $\pm$ 0,81	17,84 $\pm$ 0,91	14,53 $\pm$ 0,66	17,14 $\pm$ 2,26	16,65 $\pm$ 3,06
	C24:0	5,13 $\pm$ 0,59	6,66 $\pm$ 0,65	4,34 $\pm$ 0,32	4,10 $\pm$ 0,22	4,39 $\pm$ 0,77	2,46 $\pm$ 0,22
Total		57,69 $\pm$ 3,34*	53,99 $\pm$ 1,26	51,37 $\pm$ 1,24*	46,24 $\pm$ 0,89	54,87 $\pm$ 1,86	46,01 $\pm$ 6,03
Monoinsaturados (MUFA)	C16:1	4,09 $\pm$ 1,30	3,53 $\pm$ 0,75	3,44 $\pm$ 0,67	5,10 $\pm$ 0,43	4,44 $\pm$ 0,83	4,81 $\pm$ 0,51
	C18:1	8,98 $\pm$ 1,16	10,09 $\pm$ 1,62	11,57 $\pm$ 1,27	13,87 $\pm$ 0,93	11,15 $\pm$ 2,40	13,35 $\pm$ 0,40
	C20:1	0,78 $\pm$ 0,17	0,77 $\pm$ 0,12	1,43 $\pm$ 0,33	0,62 $\pm$ 0,10	1,17 $\pm$ 0,27	1,20 $\pm$ 0,45
	C24:1	2,81 $\pm$ 0,46	2,64 $\pm$ 0,27	3,27 $\pm$ 0,49	2,74 $\pm$ 0,41	2,20 $\pm$ 0,52	1,44 $\pm$ 0,32
Total		16,66 $\pm$ 2,70	17,02 $\pm$ 2,26	19,71 $\pm$ 1,70	22,32 $\pm$ 1,23	18,96 $\pm$ 2,73	20,80 $\pm$ 0,93
Polinsaturados da série ω-3 (PUFA n3)	C18:3n3	1,32 $\pm$ 0,20	1,01 $\pm$ 0,12	1,55 $\pm$ 0,28	1,72 $\pm$ 0,18	1,19 $\pm$ 0,16	1,19 $\pm$ 0,16
	C20:3n3	0,74 $\pm$ 0,11	0,83 $\pm$ 0,09	1,15 $\pm$ 0,18	1,00 $\pm$ 0,10	0,84 $\pm$ 0,12	0,97 $\pm$ 0,39
	C20:4n3	0,58 $\pm$ 0,08	1,00 $\pm$ 0,16	1,19 $\pm$ 0,15	0,94 $\pm$ 0,11	0,87 $\pm$ 0,22	0,85 $\pm$ 0,09
	C20:5n3	9,35 $\pm$ 0,93	10,80 $\pm$ 0,84	10,68 $\pm$ 0,78	9,34 $\pm$ 0,78	8,83 $\pm$ 1,58	6,91 $\pm$ 0,42
	C22:6n3	5,94 $\pm$ 0,62	7,48 $\pm$ 0,76	5,28 $\pm$ 0,21	5,98 $\pm$ 0,55	4,84 $\pm$ 0,83	4,65 $\pm$ 0,81
Total		17,93 $\pm$ 1,53	21,13 $\pm$ 1,54	19,86 $\pm$ 1,00	18,98 $\pm$ 1,29	16,57 $\pm$ 2,66	14,57 $\pm$ 1,42
Polinsaturados da série ω-6 (PUFA n6)	C18:2n6	2,87 $\pm$ 0,29	3,52 $\pm$ 0,28	3,12 $\pm$ 0,40	5,30 $\pm$ 0,45	3,93 $\pm$ 0,90	9,78 $\pm$ 5,25
	C20:2n6	0,66 $\pm$ 0,09	0,50 $\pm$ 0,05	0,95 $\pm$ 0,15	0,70 $\pm$ 0,10	0,57 $\pm$ 0,04	0,76 $\pm$ 0,31
	C20:4n6	1,09 $\pm$ 0,17	1,57 $\pm$ 0,28	2,20 $\pm$ 0,44	3,33 $\pm$ 0,47	3,80 $\pm$ 0,78	5,19 $\pm$ 3,11
	C22:2n6	1,93 $\pm$ 0,80	0,46 $\pm$ 0,10	0,86 $\pm$ 0,14	0,70 $\pm$ 0,13	0,32 $\pm$ 0,08	0,60 $\pm$ 0,31
	C22:5n6	1,17 $\pm$ 0,14	1,81 $\pm$ 0,25	1,94 $\pm$ 0,41	2,43 $\pm$ 0,27	1,20 $\pm$ 0,25	2,30 $\pm$ 0,56
Total		7,73 $\pm$ 1,06	7,87 $\pm$ 0,51	9,06 $\pm$ 0,84	12,46 $\pm$ 0,81*	9,81 $\pm$ 1,25	18,62 $\pm$ 6,33
Polinsaturados (PUFA) totais (ω-3 e ω-6)		25,65 $\pm$ 1,67	28,99 $\pm$ 1,74	28,92 $\pm$ 1,22	31,44 $\pm$ 1,62	26,38 $\pm$ 2,67	33,19 $\pm$ 6,70

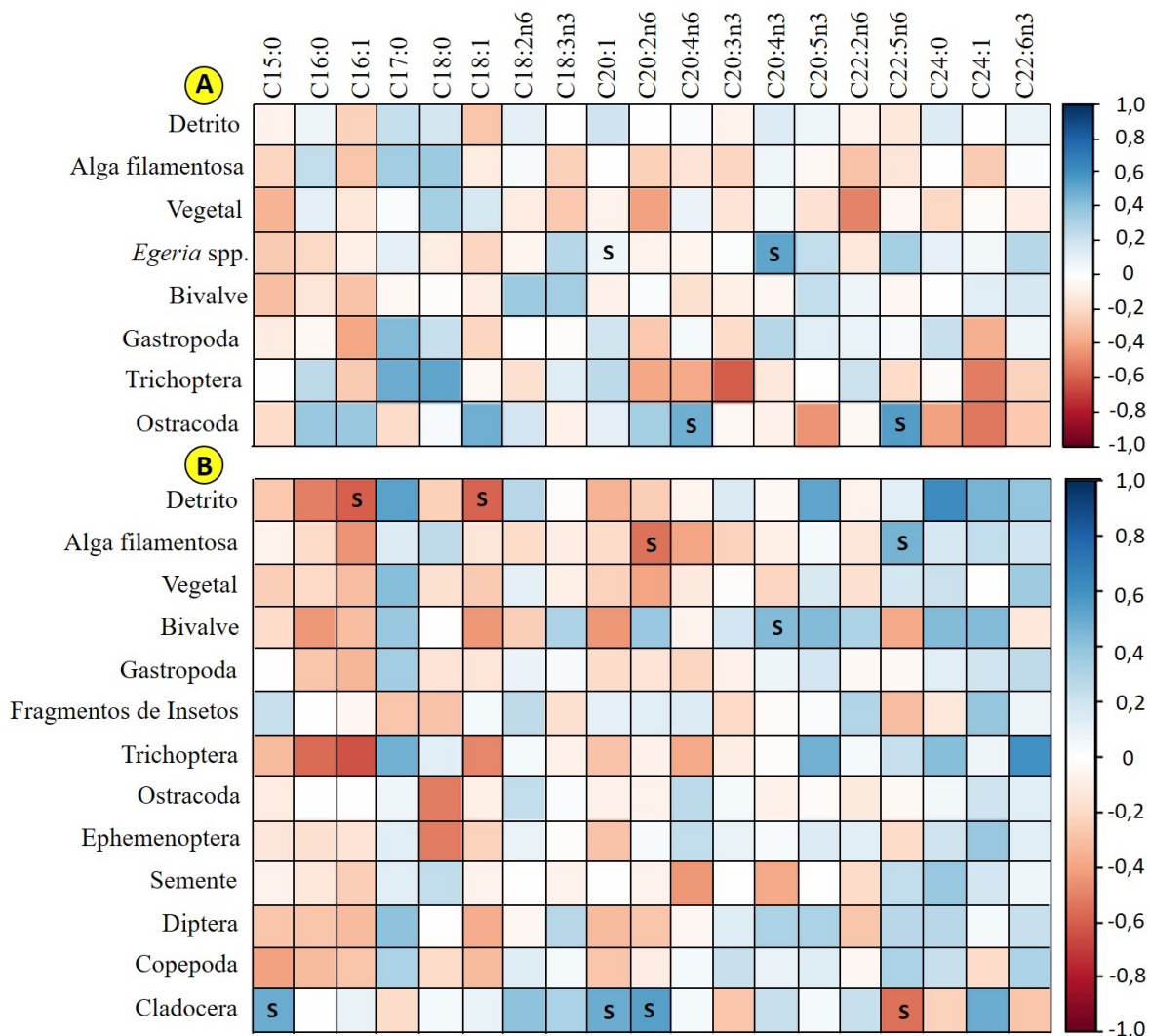
Fonte: Elaboração do próprio autor. Em negrito os valores diferentes estatisticamente na comparação temporal.

Anexo G – Correlação de Spearman entre itens alimentares consumidos e a composição bromatológica do tecido muscular de *Geophagus sveni* no reservatório de Jupia, alto rio Paraná, Brasil, para os períodos chuvoso e seco.



Fonte: Elaboração do próprio autor. **Figura A:** período chuvoso; **Figura B:** período seco. **S:** valores com significância estatística de $p < 0,05$. Nos quadrantes, representados apenas os valores de correlação $> 0,7$. Cores fortes indicam correlações altas ($r > 0,7$ e $r < -0,7$).

Anexo H – Correlação de Spearman entre itens alimentares consumidos e o perfil de ácidos graxos do tecido hepático de *Geophagus sveni* no reservatório de Jupia, alto rio Paraná, Brasil, para os períodos chuvoso e seco.



Fonte: Elaboração do próprio autor. **Figura A:** período chuvoso; **Figura B:** período seco. **S:** valores com significância estatística de $p < 0,05$. Nos quadrantes, representados apenas os valores de correlação $> 0,7$. Cores fortes indicam correlações altas ($r > 0,7$ e $r < -0,7$).