

Universidade Federal da Grande Dourados - UFGD  
Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais - FCBA  
Programa de Pós-Graduação em  
Biodiversidade e Meio Ambiente – PPGBMA

INFLUÊNCIA TEMPORAL E ONTOGENÉTICA NA DIETA DE UM CARACÍDEO NA  
DOLINA CÁRSTICA LAGOA MISTERIOSA – MS, BRASIL.

Amanda Menegante Caldatto

Dourados-MS  
Abril, 2023

Universidade Federal da Grande Dourados - UFGD  
Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais - FCBA  
Programa de Pós-Graduação em  
Biodiversidade e Meio Ambiente - PPGBMA

Amanda Menegante Caldato

INFLUÊNCIA TEMPORAL E ONTOGENÉTICA NA DIETA DE UM CARACÍDEO NA  
DOLINA CÁRSTICA LAGOA MISTERIOSA

Dissertação apresentada à Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de MESTRE EM BIODIVERSIDADE E MEIO AMBIENTE. Área de Concentração: Conservação dos Recursos Naturais

Orientador: Fernando Cesar Paiva Dagosta  
Coorientador: Anderson Ferreira

Dourados-MS  
Abril, 2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

C145i Caldato, Amanda Menegante

INFLUÊNCIA TEMPORAL E ONTOGENÉTICA NA DIETA DE UM CARACÍDEO NA DOLINA CÁRSTICA LAGOA MISTERIOSA - MS, BRASIL. [recurso eletrônico] / Amanda Menegante Caldato, Anderson Ferreira, Fernando Cesar Paiva Dagosta. -- 2023.

Arquivo em formato pdf.

Orientador: Fernando Cesar Paiva Dagosta.

Coorientador: Anderson Ferreira.

Dissertação (Mestrado em Biodiversidade e Meio Ambiente)-Universidade Federal da Grande Dourados, 2023.

Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:  
<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

1. Alimentação. 2. Characidae. 3. Deuterodon luetkenii. 4. caverna inundada. I. Ferreira, Anderson. II. Cesar Paiva Dagosta, Fernando. III. Dagosta, Fernando Cesar Paiva. IV. Ferreira, Anderson. V. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

“INFLUÊNCIA TEMPORAL E ONTOGENÉTICA NA DIETA DE UM CARACÍDEO NA  
DOLINA CÁRSTICA LAGOA MISTERIOSA”

POR

**AMANDA MENEGANTE CALDATTO**

DISSERTAÇÃO APRESENTADA À UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE  
DOURADOS (UFGD), COMO PARTE DOS REQUISITOS EXIGIDOS PARA  
OBTENÇÃO DO TÍTULO DE MESTRE EM BIODIVERSIDADE E MEIO AMBIENTE -  
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: “CONSERVAÇÃO DOS RECURSOS NATURAIS”.



PROF. DR. FERNANDO CESAR PAIVA DAGOSTA  
ORIENTADOR – UFGD



PROF.<sup>a</sup> DR.<sup>a</sup> BÁRBARA ANGÉLIO QUIRINO  
MEMBRO TITULAR – UEM



PROF.<sup>a</sup> DR.<sup>a</sup> ROSA MARIA DIAS  
MEMBRO TITULAR – UEM

Aprovada em 13 de abril de 2023.

*Só se pode conservar o que se conhece. Por isso, o primeiro passo para  
conservar a biodiversidade é descrevê-la, mapeá-la e medi-la.  
Margules & Pressey (2000)*

## AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Prof. Dr. Fernando Dagosta, pelo apoio e confiança neste processo importante da minha vida acadêmica e também, pela identificação da espécie estudada.

Ao meu coorientador, Prof. Dr. Anderson Ferreira, que desde a graduação oferece confiança e apoio para me orientar e assim, contribuir para o meu crescimento acadêmico. Você foi e é essencial para o desenvolvimento desta pesquisa. Almejo muitas pesquisas em regiões cársticas contigo, rs. Meus sinceros agradecimentos!

Aos amigos do LEAqua (Laboratório de Ecologia Aquática - UFGD), Bárbara, Camilly, Elis, Everton, Renner e Sabrina, pelos momentos felizes em meio a tantos afazeres e correrias acadêmicas. Obrigada por tudo. Lembrem-se, somos um grupo de apoio!

À Universidade Federal da Grande Dourados por me acolher e tornar minha segunda casa ao longo de todos esses anos. Universidade pública, gratuita e de qualidade para todos.

Ao Programa de Pós Graduação em Biodiversidade e Meio Ambiente, aos docentes e discentes, os quais diariamente realizam pesquisas e contribuem para o avanço científico.

À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela concessão de bolsa durante o mestrado.

Ao Recanto Ecológico Rio da Prata, pela parceria, apoio e disponibilização desse local para a realização desta e outras pesquisas. Em especial, a colaboradora e gestora ambiental Bruna Mello, pelo auxílio e acompanhamento ao longo das coletas. É um prazer inenarrável fazer ciência neste lugar, o qual é tão valioso para o Mato Grosso do Sul e para o nosso Cerrado. Este lugar precisa continuar sendo preservado. Vida ao Cerrado brasileiro!

Ao Augusto, Emerson, Everton Cordova, Everton Miguel, Luiz Júnior, Renner e Thomaz e a todos que colaboraram diretamente e indiretamente nas amostragens de campo.

Aos membros da banca avaliadora, pela disponibilidade e contribuições para com este trabalho.

À Profa. Dr<sup>a</sup> Rosa Maria Dias, pela disponibilidade em auxiliar nas dúvidas quando necessário.

Ao Bruno Morales, pela confecção do mapa.

Aos meus amigos, Bianca, Fernanda, Marcelo, Nadia e Natália por acompanhar todo o percurso da minha vida pessoal e acadêmica. Pretendo levar vocês para sempre comigo!

À Lívia, pela companhia, compreensão e amor. A Lily e ao Alvin pelos lambeijos. Vocês foram/são essenciais para a conclusão deste ciclo e de outros que virão.

E por último, não menos importante, a minha família (minha mãe Sandra, meu pai Antônio Carlos, meu padrasto “Badu”, meu irmão Leonardo e a minha vó Cleusa) e as minhas madrinhas Maria e Luciana. Sou grata por toda oração, ajuda e amor que vocês dedicam a mim.

## RESUMO

O conhecimento sobre os fatores ambientais e biológicos que influenciam as variações na dieta das espécies de peixes é imprescindível para a compreensão dos processos ecológicos atuantes entre as populações e suas relações com o meio. No entanto, relativamente poucas dessas informações estão disponíveis para os peixes presentes em lagos formados por dolinas cársticas inundadas na região Neotropical. Este trabalho buscou determinar a dieta de *Deuterodon luetkenii* na dolina cárstica Lagoa Misteriosa, sudoeste do Mato Grosso do Sul, a mais profunda caverna inundada do Brasil, com mais de 220 metros de profundidade. Também foi verificada se a composição alimentar da espécie varia temporalmente e ontogeneticamente. Amostragens foram realizadas bimestralmente ao longo de um ano em três pontos às margens da lagoa. As amostras foram agrupadas em dois períodos do ano: Com Floração de Algas = CFA e Sem Floração de Algas = SFA. Os itens alimentares foram analisados de acordo com os métodos volumétrico e de frequência de ocorrência e a dieta caracterizada através do Índice Alimentar (IAi%). Para as análises ontogenéticas, os espécimes foram divididos em quatro classes de tamanho. *Deuterodon luetkenii* apresentou dieta herbívora ao consumir basicamente fragmentos de macrófitas e algas filamentosas. Apesar destes itens alimentares serem os mais ingeridos pela espécie em ambos os períodos, houve diferença significativa na dieta entre os períodos amostrados. No período SFA, a dieta da espécie foi baseada praticamente em fragmentos de macrófitas e algas filamentosas, enquanto que CFA houve diminuição na ingestão destes itens e aumento no consumo de invertebrados aquáticos. Ontogeneticamente, a espécie apresentou diferença significativa na dieta entre as classes de tamanho, mas sem correlação entre os períodos e classes. Os menores indivíduos consomem principalmente algas filamentosas e, quanto maior a classe de tamanho, menor é o consumo deste item, sendo substituído por fragmentos de macrófitas. Os resultados encontrados reforçam a importância dos recursos de origem autóctone na composição alimentar da espécie e a influência das plantas aquáticas para esse ecossistema lacustre com características singulares. Os achados também apontam a necessidade da busca por estudos ontogenéticos mais complexos entre características morfológicas, comportamentais e ecológicas das espécies de peixes.

Palavras-chave: Alimentação, Characidae, *Deuterodon luetkenii*, caverna inundada

## ABSTRACT

Knowledge about the environmental and biological factors that influence variations in the diet of fish species is essential for understanding the ecological processes at work among the populations and their relationships with the environment. However, relatively little of this information is available for fishes present in lakes formed by flooded karst dolines in the Neotropical region. This study sought to determine the diet of *Deuterodon luetkenii* in the karstic dolina Lagoa Misteriosa, southwestern Mato Grosso do Sul State, the deepest flooded cave in Brazil, deeper than 220 meters deep. It was also checked whether the feeding composition of the species varies temporally and ontogenetically. Sampling was carried out on a bimonthly basis at three points on the banks of the lagoon on two occasions throughout the year (With Algae Blooms =WAB and Absence of Algae Blooms = AAB). The food items were analyzed according to the volumetric and occurrence frequency methods and the diet was characterized by the Food Index (IAi%). To determine ontogeny, the specimens were divided into four size classes. *Deuterodon luetkenii* showed a herbivorous diet by consuming basically macrophyte fragments and filamentous algae. Although these food items were the most ingested by the species in both periods, there was a significant difference in diet between the sampled periods. In the AAB period, the species' diet was practically based on fragments of macrophytes and filamentous algae, while in the WAB saw a decrease in the intake of these items and an increase in the consumption of aquatic invertebrates. Ontogenetically, the species showed a significant difference in diet between size classes, however without correlation between periods and classes. Smaller individuals mainly consume filamentous algae and, the larger the size class, the lower the consumption of this item, being replaced by fragments of macrophytes. The results found reinforce the importance of resources of autochthonous origin in the food composition of the species and the influence of aquatic plants for this lake ecosystem with unique characteristics. The findings also point out to the need for the pursuit of more complex ontogenetic studies between morphological, behavioral, and ecological characteristics of fish species.

Key-words: feeding, Characidae, *Deuterodon luetkenii*, flooded cave

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da dolina cárstica Lagoa Misteriosa no Estado do Mato Grosso do Sul. .....	22
Figura 2 - Pontos amostrados (1, 2 e 3) na dolina cárstica Lagoa Misteriosa, Mato Grosso do Sul, Brasil. ....	23
Figura 3 - Períodos de amostragem (A) CFA = Com Floração de Algas e (B) SFA = Sem Floração de Algas, na dolina cárstica Lagoa Misteriosa, Mato Grosso do Sul, Brasil. ....	23
Figura 4 - Coleta utilizando rede de arrasto (3 metros) com malha (5mm), na dolina cárstica Lagoa Misteriosa, Mato Grosso do Sul, Brasil.....	24
Figura 5 - Exemplar de <i>Deuterodon luetkenii</i> coletado na dolina cárstica Lagoa Misteriosa, Mato Grosso do Sul, Brasil.....	24
Figura 6 - Categorias alimentares (IAi%) consumidas por <i>D. luetkenii</i> ao longo de um ano na dolina cárstica Lagoa Misteriosa, Mato Grosso do Sul, Brasil. (Invert. = Invertebrados). ....	29
Figura 7 - Origem dos recursos alimentares (IAi%) consumidos por <i>D. luetkenii</i> ao longo de um ano na dolina cárstica Lagoa Misteriosa, Mato Grosso do Sul, Brasil.....	29
Figura 8 - Categorias alimentares (IAi%) consumidas por <i>D. luetkenii</i> nos períodos CFA (com floração de algas) e SFA (sem floração de algas) na dolina cárstica Lagoa Misteriosa, Mato Grosso do Sul, Brasil. (Invert. = Invertebrados). ....	31
Figura 9 - Origem dos itens alimentares (IAi%) consumidos por <i>D. luetkenii</i> nos períodos amostrados (CFA e SFA), na dolina cárstica Lagoa Misteriosa, Mato Grosso do Sul, Brasil. ....	32
Figura 10 - (A) Boxplot das distâncias para o centroide do espaço multidimensional dos períodos (CFA e SFA). Mediana (barra preta grossa), quartis (caixa), desvio-padrão (barras); (B) PCoA com os períodos amostrados (CFA e SFA). ....	33
Figura 11 - (A) Boxplot das distâncias para o centroide do espaço multidimensional das classes de tamanho. Mediana (barra preta grossa), quartis (caixa), desvio-padrão (barras); (B) PCoA com as classes de tamanho (C1, C2, C3 e C4) amostradas. ....	37
Figura 12 - Categorias alimentares (IAi%) consumidas por <i>D. luetkenii</i> em diferentes classes de tamanho na Lagoa Misteriosa, Mato Grosso do Sul, Brasil. (Invert = Invertebrados).....	38

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1- Número de estômagos analisados (N) e o comprimento padrão - LS (mm) dos indivíduos de <i>D. luetkenii</i> , em diferentes classes de tamanho e nos períodos Com Floração de Algas (CFA) e Sem Floração de Algas (SFA) na dolina cárstica Lagoa Misteriosa.....	25
Tabela 2 - Frequência de ocorrência (FO%), frequência volumétrica (VO%) e índice alimentar (IAi%) dos itens consumidos por <i>D. luetkenii</i> ao longo de um ano na dolina cárstica Lagoa Misteriosa, Mato Grosso do Sul, Brasil. (L = larva, P = pupa, A = adulto).....	27
Tabela 3 - Frequência de ocorrência (FO%), frequência volumétrica (VO%) e índice alimentar (IAi%) dos itens alimentares e origem dos recursos consumidos por <i>D. luetkenii</i> nos períodos CFA e SFA na dolina cárstica Lagoa Misteriosa. (L = larva, P = pupa, A = adulto).....	30
Tabela 4 - Itens alimentares (IAi%) e origem dos recursos consumidos por <i>D. luetkenii</i> em diferentes classes de tamanho na Lagoa Misteriosa. (L = larva, P = pupa, A = adulto). ....	35
Tabela 5 - Valores de pseudo-F e p da PERMANOVA entre as classes de tamanho.....	38

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
2.1 Lagoa Misteriosa.....	16
2.2 Ecologia Trófica.....	18
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	21
3.1 Área de Estudo.....	21
3.2 Amostragens.....	22
3.3 Análise da dieta.....	24
3.4 Análise dos dados.....	25
4 RESULTADOS.....	27
5 DISCUSSÃO.....	39
6 CONCLUSÕES.....	45
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	46

## 1 INTRODUÇÃO

Na região centro-oeste do Brasil, entre os planaltos e a planície inundável do Pantanal está o Planalto da Bodoquena, onde ocorre um afloramento de rochas carbonáticas (Froehlich et al. 2017). A Serra da Bodoquena integra uma das áreas cársticas mais complexas do Brasil, com diferentes formas de relevo exocárstico, cavernas e processos ativos superficiais e subterrâneos (Sallun Filho et al. 2010). É uma área de recarga do lençol freático notória pela grande quantidade de dolinas existentes e pelos sumidouros parciais que ali existem (Scheffler et al. 2019). Dolinas são feições deprimidas, sem ligação com redes de drenagem superficiais e sua existência na paisagem pode ser indicativo de sistema cárstico (Ford e Williams, 2007). Representam a conexão entre a superfície e o meio subterrâneo e possuem importância ambiental por oferecer fluxos hídricos autogênicos e recursos tróficos à fauna subterrânea (Klimchouk, 1995). No Brasil, as regiões cársticas representam apenas 2% a 3% do território nacional (Auler, 2002; Karmann e Sallun Filho, 2007).

A Lagoa Misteriosa é uma dolina inundada e compõe o Carste da Serra da Bodoquena (Sallun Filho et al. 2010). Possui 75 metros de profundidade até o nível da lagoa, onde as águas subterrâneas afloram e formam um lago central de águas carbonatas e límpidas com significativo desenvolvimento vertical (Sallun Filho e Karman, 2007). É classificada como a quinta caverna mais profunda do Brasil (Oliveira, 2001; Auler et al. 2001), com mais de 220 metros de coluna d'água, sendo considerada a caverna inundada mais profunda do país (SBE, 2019). É um corpo d'água bastante profundo para os padrões de lagoas e lagos naturais brasileiros, que são em sua maioria mais rasos, com menos de 30 metros de profundidade (Tundisi e Matsumura-Tundisi, 2008). O local é composto por paredes verticais escalonadas de calcário, resultando em águas carbonatadas, que formam complexos entre o material em suspensão e os carbonatos dissolvidos que precipitam, tornando as águas cristalinas (Fernandes e Scheffler, 2009).

A Lagoa Misteriosa apresenta dois períodos anuais distintos com relação à transparência da água: um período com águas cristalinas com visibilidade vertical de até 45 metros e um período de águas esverdeadas, devido ao *bloom* de algas, com visibilidade vertical de menos de cinco metros (Coelho, 2009; Scheffler et al. 2019). Este período de floração de algas ocorre anualmente, em meados de setembro ou início de outubro, geralmente associado ao período de chuvas e à época mais quente do ano. O período é considerado de mesotrófico a eutrófico, com alta produção primária e baixa transparência da água (Coelho, 2009). Uma das possíveis explicações para este fenômeno é a entrada por escoamento superficial de nutrientes, como fósforo e nitrogênio, e matéria orgânica (Scheffler et al. 2019).

O estado oligotrófico na Lagoa Misteriosa, conhecido como período sem floração de algas, é visível entre os meses de abril e maio a meados de setembro ou início de outubro. Geralmente este período se inicia com as primeiras frentes frias e quedas abruptas de temperaturas do ar, abrangendo as menores precipitações anuais, quando as águas permanecem cristalinas, com tonalidade azul, alta transparência e baixa produtividade (Coelho, 2009; Scheffler et al. 2019). De acordo com Scheffler et al. (2019), os nutrientes carreados até a lagoa no período chuvoso são sedimentados e não retornam mais à superfície em virtude da profundidade da lagoa, provocando a diminuição do nível de nutrientes na coluna d'água.

Nos corpos d'água da serra da Bodoquena, as plantas aquáticas são elementos importantes para a estruturação da paisagem subaquática e estão amplamente distribuídas na maioria dos rios, córregos e lagos (Coelho, 2009). Em sistemas lênticos, as propriedades físico-químicas da água são influenciadas pela ação e ocorrência das plantas aquáticas, como nível de oxigênio, temperatura, condutividade, pH e transparência (Caraco e Cole, 2002). As macrófitas são importantes nos processos ecológicos, como na organização e funcionamento de ambientes de água doce (Al-Abbawy et al. 2020), assim como na disposição de *habitats* para diferentes organismos aquáticos (Deosti et al. 2021). As plantas aquáticas são fundamentais para a ictiofauna, fornecendo abrigo e locais de reprodução (Delariva et al. 1994; Röpke et al. 2014; Quirino et al. 2015), bem como substrato para macroinvertebrados, algas e perifíton, os quais servem de alimentos para diversas espécies de peixes que ocorrem associadas a estas plantas aquáticas (Quirino et al. 2015; Costa e Rocha, 2017).

Os estudos ecológicos da ictiofauna, sobretudo os tróficos, são essenciais para responder questões acerca de alterações naturais e antropogênicas que sucedem em ambientes aquáticos (Cantanhêde, 2018). Além disso, entender quais itens alimentares estão sendo utilizados pelas espécies pode fornecer informações sobre o micro-hábitat que as mesmas estão utilizando, as estratégias para a conquista de recursos, suas associações ecológicas e sua disposição espaço-temporal no ambiente (Wolff et al. 2013; Gonçalves et al. 2018a).

As mudanças na dieta das espécies de peixes podem ser motivadas por variações temporais, espaciais, ontogenéticas e de acordo com as diferentes estratégias alimentares (Abelha et al. 2001). A sazonalidade é um dos fatores que influenciam as mudanças na dieta dos peixes neotropicais devido a variações qualitativas e quantitativas na disponibilidade de recursos nos ecossistemas aquáticos (Junk et al. 1989; Junk et al. 2021). As mudanças morfológicas ao longo do desenvolvimento dos indivíduos podem resultar em alterações na dieta, alterando suas características funcionais, seus hábitos e a interação com o ecossistema (Zhao et al. 2014; Bozza e Hahn, 2010) além de determinar limitações físicas em relação as

presas, influenciando na seletividade alimentar (Wainwright e Richard, 1995; Arim et al. 2010; Keppeler et al. 2015; Alves et al. 2021).

Considerando que a sazonalidade e as variações ontogenéticas por diferentes fatores influenciam na dieta de diversas espécies de peixes, e que não há informações sobre a dieta do caracídeo mais abundante na Lagoa Misteriosa, o *Deuterodon luetkenii*. Este trabalho teve como objetivo determinar a dieta de *D. luetkenii* nos períodos com e sem floração de algas, verificar se a composição alimentar desta espécie sofre alterações em diferentes períodos e classes de tamanho. Assim, buscou-se responder as seguintes questões: *i.* existem diferenças significativas na dieta da espécie entre os períodos amostrados (CFA -Com floração de algas e SFA - Sem floração de algas)? *ii.* Considerando os períodos de floração, há variações ontogenéticas na dieta da espécie?

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Lagoa Misteriosa

O estado do Mato Grosso do Sul é drenado por duas subunidades da bacia do Prata: as bacias do alto rio Paraná e do rio Paraguai (Froehlich et al. 2017). A parte drenada pelo rio Paraná representa 47,5% da área do estado, enquanto que a porção do rio Paraguai corresponde a 52,5% (Froehlich et al. 2017). São listadas 257 espécies de peixes para a área drenada pelo rio Paraguai no estado do Mato Grosso Sul (Froehlich et al. 2017).

Na região sudoeste do Mato Grosso do Sul, entre os planaltos e a planície inundável do Pantanal está o Planalto da Bodoquena, um afloramento de rochas carbonáticas (Froehlich et al. 2017). É uma área de recarga do lençol freático notória pela grande quantidade de dolinas existentes e pelos sumidouros parciais que ali existem (Scheffler, et al. 2019). No Brasil, as regiões cársticas representam apenas 2% a 3% do seu espaço nacional (Auler, 2002; Karmann e Sallun Filho, 2007). A Serra da Bodoquena integra uma das áreas cársticas mais desenvolvidas do Brasil, com diferentes formas de relevo exocárstico, cavernas e processos ativos superficiais e subterrâneos (Sallun Filho et al. 2010).

A Lagoa Misteriosa localiza-se no município de Jardim, sudoeste do estado do Mato Grosso do Sul e integra o Carste da Serra da Bodoquena juntamente com outras 200 cavernas já registradas (Sallun Filho et al. 2010). De acordo com Sallun Filho e Karman (2007), o local apresenta 400 x 200 metros de eixo maior e menor e 75 metros de profundidade até o nível da lagoa, onde as águas subterrâneas afloram e formam um lago central de águas carbonatas e límpidas com significativo desenvolvimento vertical.

A Lagoa Misteriosa é classificada como a quinta caverna mais profunda do Brasil (Oliveira, 2001, Auler et al. 2001) e devido ao seu desenvolvimento vertical descomunal é considerada a caverna inundada mais profunda do país, com mais de 220 metros de coluna d'água (SBE, 2019). Apresenta diversidade de *habitats* subterrâneos, incluindo sistemas de cavernas freáticas, submersas e secas (Cordeiro et al. 2014).

É considerada um corpo d'água bastante profundo para os padrões de lagoas e lagos naturais brasileiros, que são em sua maioria mais rasos, com menos de 30 metros (Tundisi e Matsumura-Tundisi, 2008). O local é composto por paredes verticais escalonadas de calcário, resultando em águas carbonatadas, que formam complexos entre o material em suspensão e os carbonatos dissolvidos que precipitam, tornando as águas cristalinas (Fernandes e Scheffler, 2009).

As características geológicas únicas do sistema cárstico, sua biodiversidade e beleza cênica, conferem à Lagoa Misteriosa grande potencial turístico, tanto para contemplação, quanto para a flutuação e mergulho (Scaleante, 2005; Nunes et al. 2008; Lobo e Zago, 2009). No entanto, é uma região com alta exploração agropecuária, crescimento das áreas destinadas à agricultura, declínio das áreas de Cerrado, diminuição das áreas de preservação permanente, e aumento da área urbana e ecoturismo (Teruya-Júnior, 2011). Diante desse cenário, é necessário a elaboração de mais estudos e práticas de conservação devem ser mais discutidas e executadas para esta região.

A medida da visibilidade horizontal da Lagoa Misteriosa indica dois períodos bem distintos: um com alta transparência de aproximadamente 45 metros entre meados de abril a setembro, decorrente da ausência da floração de microalgas; e outro período com transparência menor de 5 metros, entre outubro a início de abril, quando ocorre o *bloom* de algas, ou seja, floração das algas (Scheffler et al. 2019).

O período de floração algálica é associado ao início do período das chuvas, em meados de setembro ou início de outubro, quando a precipitação carrega o material da superfície de entorno da lagoa por escoamento superficial, sendo considerado um período mesotrófico a eutrófico, com alta produtividade e baixa transparência das águas que assumem uma tonalidade verde (Coelho, 2009). Esse processo diminui a transparência da água pelo aumento do material em suspensão, além de carrear alguns nutrientes como fósforo e nitrogênio (Scheffler et al. 2019).

O estado oligotrófico da Lagoa Misteriosa, é visível entre meados de abril a início de outubro (período seco), quando as águas permanecem cristalinas, com tonalidade azul, alta transparência e baixa produtividade (Coelho, 2009; Scheffler et al. 2019). No período da seca, os nutrientes que foram carreados até a lagoa oriundo do período chuvoso são sedimentados e não retornam mais à superfície em virtude da profundidade da lagoa, provocando a diminuição do nível de nutrientes na coluna d'água (Scheffler et al. 2019). De certa forma, nesse período com transparência alta é provável maior densidade de macrófitas aquáticas subsequente a maior passagem dos raios solares (Coelho, 2009).

Os ecossistemas lacustres, em geral apresentam zonação vertical e horizontal nas variáveis físico-químicas (distribuição da luz, nutrientes, temperatura e gases) e biológicas, podendo assim, expor um conjunto de micro-habitats com diferenciados graus de heterogeneidade e características ambientais (Celewicz-Gołdyn e Kuczyńska-Kippen, 2017). Os parâmetros físico-químicos da água são influenciados pela atividade metabólica das macrófitas, como pH, nível de oxigênio, temperatura, condutividade e transparência (Scheffer

et al. 1993, Caraco e Cole, 2002). A diversidade estrutural e funcional das macrófitas são influenciadas pela área do lago, altitude (Rørslett, 1991), condições climáticas (Scheffer e van Nes, 2007) e disponibilidade de luz (Lacoul e Freedman, 2006; Fu et al. 2014). Em ambientes lênticos, essas plantas se distribuem principalmente nas porções próximas às margens (Bianchini e Cunha-Santino, 2011).

O nível de turbidez da água, velocidade do fluxo e disponibilidade de nutrientes são elementos fundamentais para o funcionamento das plantas aquáticas (Bini et al. 1999; Pierini e Thomaz 2009; Barbosa et al. 2014). Sendo fatores úteis na produção primária dessas plantas, influenciando na composição, organização e diversidade de espécies (Bini et al. 1999; Pierini e Thomaz 2009; Noleto et al. 2019; Jin et al. 2020; Sarvala et al. 2020).

As macrófitas possuem atribuições fundamentais nos processos ecológicos, sobretudo na estruturação e funcionamento dos ecossistemas de água doce (Al-Abbawy et al. 2020), bem como no fornecimento de *habitats* para diversas comunidades aquáticas (Deosti et al. 2021). Além disso, são consideradas importantes *habitats* para a ictiofauna, pois são dispostas como locais de reprodução, abrigo contra predadores e berçário para os juvenis de peixes de grande porte (Delariva et al. 1994; Pelicice e Agostinho, 2006; Röpke et al. 2014; Quirino et al. 2015), onde as raízes e folhas proporcionam barreira visual e física contra os predadores (Savino e Stein, 1989).

## 2.2 Ecologia Trófica

O conhecimento sobre ecologia trófica oferece melhor entendimento em relação à etologia dos organismos, sendo fundamental para a compreensão das atividades entre as populações biológicas e suas interações com o meio, além da distribuição espacial e temporal dos indivíduos (Gerking, 1994; Sabo e Gerber, 2014; Esteves et al. 2021). Os estudos com dieta de peixes é um importante recurso para as respostas céleres acerca das alterações naturais e antropogênicas que ocorrem nos ambientes aquáticos (Cantanhêde, 2018) e em diversos níveis de organização ecológica (Pinto e Antunes, 2020).

Estudos ecológicos, sobretudo os tróficos são fundamentais para desenvolvimento de planos de conservação da ictiofauna, visto que a disponibilidade dos recursos alimentares pode influenciar diretamente a sobrevivência das espécies (Dudgeon, 2008, Brasil et al. 2020), além de elucidar a coexistência ou mesmo a exclusão competitiva de espécies que partilham recursos alimentares (Hoey et al. 2013, Neubauer et al. 2020). Além disso, compreender quais itens alimentares estão sendo aproveitados por uma dada espécie nos oportuniza o entendimento sobre o microhabitat que a mesma está utilizando, as estratégias para a conquista de recursos,

suas associações ecológicas e sua disposição espaço-temporal no *habitat* (Wolff et al. 2013; Gonçalves et al. 2018a).

As mudanças na dieta de uma espécie podem ser ocasionadas por variações temporais, espaciais, ontogenéticas e de acordo com as diferentes estratégias alimentares (Abelha et al. 2001). A sazonalidade é um dos fatores que influenciam as mudanças na dieta dos peixes, principalmente em regiões tropicais, as quais estão sujeitas a notáveis variações sazonais no nível da água, ocasionando assim, variações qualitativas e quantitativas na disponibilidade de recursos nos ecossistemas aquáticos (Junk et al. 1989; Junk et al. 2021).

A ictiofauna têm sido útil em estudos empíricos e teóricos sobre ontogenia trófica (Schellekens et al. 2010; Nakazawa, 2015; Sánchez-Hernández e Cobo, 2018). As alterações na dieta podem ser acompanhadas por mudanças morfológicas ao longo do desenvolvimento dos indivíduos, alterando suas características funcionais, seus hábitos e interação com o ecossistema (Zhao et al. 2014; Bozza e Hahn, 2010). Além disso, pode minimizar a competição intraespecífica (Motta e Uieda, 2004) possibilitando a partição de recursos (Amundsen et al. 2003, Oscoz et al. 2006) bem como, o sucesso adaptativo para as espécies em diferentes ambientes (Alves et al. 2021).

A maior parte das mudanças ontogenéticas na dieta estão relacionadas ao tamanho corporal (Werner e Gilliam, 1984; Lima–Júnior e Goiten, 2003; Lampert et al. 2022). Em diversas espécies neotropicais, o tamanho do corpo influencia nas táticas alimentares e no tamanho da presa a ser consumida (Werner, 1986; Mittelbach e Persson, 1998). É comum no processo de desenvolvimento dos peixes, conforme há aumento corporal, larvas e juvenis incluam presas maiores em sua alimentação, modificando sua dieta (Makrakis et al. 2005; Nunn et al. 2007), e viabilizando maior gama de recursos a serem consumidos por indivíduos maiores (Winemiller 1989; Sánchez-Hernández et al. 2012; Keppeler et al. 2015).

É comum ocorrer mudanças nas características dentárias durante o desenvolvimento corporal dos peixes (Howes e Sanford, 1987; Nakajima e Yue, 1995; Murray, 2004), influenciando principalmente na dieta de caracídeos (Hahn et al. 2000; Novakowski et al. 2004). Interações entre morfologia, uso de *habitat* e comportamentos de forrageamento influenciam no tamanho e abundância das presas ingeridas pelos peixes e interferem na disponibilidade de itens para diferentes classes de tamanho (Lukoschek e McCormick, 2001).

Assim, os estudos sobre a ecologia trófica e mudanças ontogenéticas se tornam importantes tanto para entender os processos biológicos e ecológicos atuantes em nível individual, populacional e comunidade, quanto para futuras práticas de conservação das espécies (Nunn et al. 2012; Tonella et al. 2019). Além disso, o conhecimento mais amplo entre

as relações da ictiofauna com o ambiente, é fundamental para apoiar em práticas de conservação e recuperação ambiental (Ferreira e Casatti, 2006; Dias et al. 2022).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Área de Estudo

A dolina cárstica Lagoa Misteriosa (21°27'30" S 56°27'12" W) localiza-se no município de Jardim, sudoeste do estado do Mato Grosso do Sul, bacia do rio Miranda, rio Paraguai (Figura 1). A Lagoa possui 76 metros de profundidade até o nível da água, com 25 x 70 metros de largura e pelo menos 220 m de profundidade. A Lagoa Misteriosa recebe este nome por até o momento não conseguirem chegar ao fundo e determinar sua profundidade exata. O local é próximo (1,5 km) da Reserva Particular do Patrimônio Natural/RPPN Recanto Ecológico Rio da Prata. A área do entorno da lagoa é constituída por Floresta Estacional Decidual, encontrada na depressão até alcançar a lagoa e a vegetação aquática é composta principalmente pela macrófita fixa submersa *Heteranthera zosterifolia* (Coelho, 2009).

Este local integra o Carste da Serra da Bodoquena juntamente com outras 200 cavernas já registradas (Sallun Filho et al. 2010). A RPPN localizada nas proximidades do Parque Nacional da Serra da Bodoquena, pertencem ao Corredor de Biodiversidade Miranda - Serra da Bodoquena (Brambilla e Pellin, 2006) e são áreas prioritárias para a conservação de biodiversidade nos biomas do Cerrado, Pantanal e da Mata Atlântica (MMA 1999, 2000; ANA 2004).

A Lagoa Misteriosa está localizada na unidade morfológica de planície arenítica juntamente com as dolinas da Província Espeleológica da Serra da Bodoquena (Sallun Filho e Karmann, 2007). Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é tropical subquente com períodos quentes e chuvosos (Amaral Filho, 1989), ocorrendo em média entre outubro a abril e estações secas predominantes de maio a setembro, com temperaturas médias anuais entre 22°C e 26°C e precipitações entre 1.500 a 1.700 mm nos anos de 2021 e 2022.

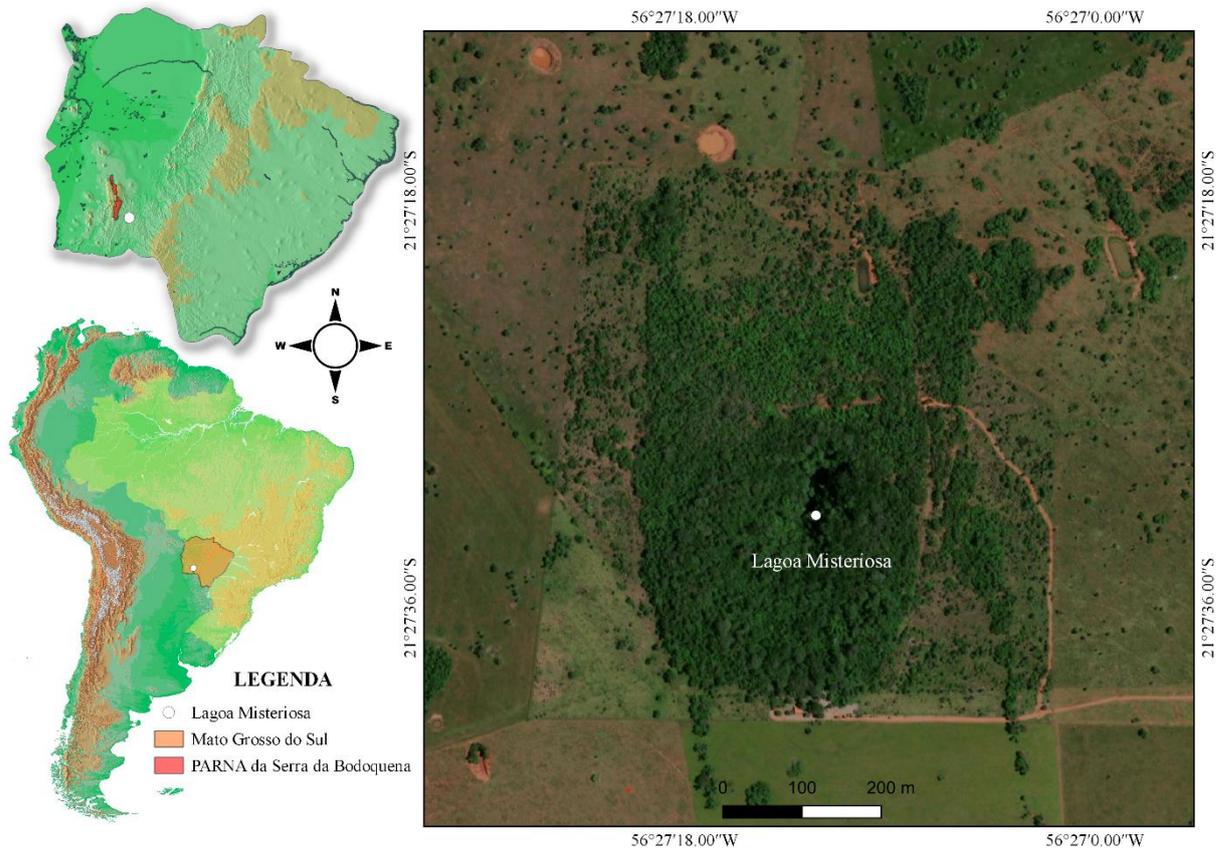


Figura 1 - Localização da dolina cárstica Lagoa Misteriosa no Estado do Mato Grosso do Sul.

### 3.2 Amostragens

As amostragens dos espécimes foram realizadas bimestralmente ao longo de um ano em três pontos às margens da Lagoa Misteriosa (Figura 2). Os pontos de amostragens foram definidos pelos menores níveis de profundidade e possibilidade de realizar a captura dos indivíduos com o método empregado. As coletas foram distribuídas abrangendo dois períodos do ano: Com Floração de Algas = CFA (outubro e dezembro de 2021, e fevereiro de 2022) e Sem Floração de Algas = SFA (abril, junho e agosto de 2022) (Figura 3 A e B).

Os espécimes foram coletados com a utilização de rede de arrasto (3 metros de comprimento; malha de 5mm) no período vespertino (Figura 4). Os espécimes capturados foram anestesiados com óleo de cravo, fixados em formaldeído a 4% e conservados em álcool 70%. Posteriormente, foram identificados com auxílio de bibliografia especializada (Weiss, 2013). A Lagoa Misteriosa apresenta elevada abundância de indivíduos de peixes, porém com baixa diversidade de espécies (Scheffler et al. 2019). Até o presente trabalho, eram registradas três espécies de peixes, os lambaris *Astyanax bimaculatus* Linnaeus, 1758 e *Astyanax fasciatus* Cuvier, 1819 (Characidae), e o muçum *Synbranchus* aff. *marmoratus* Bloch, 1795 (Synbranchidae) (Cordeiro et al. 2014). No entanto, com as amostragens realizadas para este

trabalho, constatamos que não há a presença destas duas espécies de lambaris como citado acima. Identificamos apenas duas espécies de peixes, sendo o muçum *S. aff. marmoratus* o lambari *Deuterodon luetkenii* Boulenger, 1887 (Figura 5), o qual utilizamos para as análises devido sua elevada abundância.



Figura 2 - Pontos amostrados (1, 2 e 3) na dolina cárstica Lagoa Misteriosa, Mato Grosso do Sul, Brasil.



Figura 3 - Períodos de amostragem (A) CFA = Com Floração de Algas e (B) SFA = Sem Floração de Algas, na dolina cárstica Lagoa Misteriosa, Mato Grosso do Sul, Brasil.



Figura 4 - Coleta utilizando rede de arrasto (3 metros) com malha (5mm), na dolina cárstica Lagoa Misteriosa, Mato Grosso do Sul, Brasil.



Figura 5 - Exemplar de *Deuterodon luetkenii* coletado na dolina cárstica Lagoa Misteriosa, Mato Grosso do Sul, Brasil.

### 3.3 Análise da dieta

Em laboratório, foi realizada a biometria dos indivíduos de *D. luetkenii*, onde foram tomadas as medidas dos comprimentos total e padrão (mm), e o peso total (g). Os indivíduos foram dissecados e os estômagos retirados para análise da dieta. Os conteúdos estomacais foram analisados sob microscópio estereoscópico e os itens alimentares foram identificados até o menor nível taxonômico possível (McCafferty, 1983; Mugnai et al. 2010).

Os itens foram analisados de acordo com os métodos de frequência de ocorrência e volumétrico (Hyslop, 1980). O volume dos itens foi obtido por meio da compressão do material com lâmina de vidro sobre placa milimetrada, até uma altura conhecida (1 mm), sendo o resultado convertido em mililitros ( $1 \text{ mm}^3 = 0,001 \text{ ml}$ ) (Hellowell e Abel, 1971).

### 3.4 Análise dos dados

Os itens alimentares foram agrupados em cinco categorias: Invertebrado Aquático (Acari, Cladocera, Coleoptera, Diptera, Ephemeroptera, Gastropoda, Hemiptera Hirudinida, Nematoda, Odonata, Ostracoda e Trichoptera), Invertebrado Terrestre (Aranae, Coleoptera, Collembola, Diptera, Formicidae, Hemiptera, Hymenoptera e Thysanoptera); Macrófitas, Algas, Vegetal (Detrito Vegetal de origem indeterminada) e Sedimento, e de acordo com origem dos recursos (autóctone, alóctone e indeterminado).

Para caracterizar a dieta foi calculado o Índice Alimentar ( $IA_i\%$ ) (Kawakami e Vazzoler, 1980):

$$IA_i = \frac{F_i \times V_i}{\sum F_i \times V_i} \times 100$$

Onde:  $F_i$  é a frequência relativa de ocorrência do item  $i$  (%) e  $V_i$  é o volume relativo do item  $i$  (% total).

Para avaliar as variações ontogenéticas da dieta, os indivíduos foram agrupados em quatro classes de tamanho nos períodos CFA (Com floração de algas) e SFA (Sem floração de algas) (Tabela 1). As classes de tamanho foram calculadas a partir do menor indivíduo.

Tabela 1- Número de estômagos analisados (N) e o comprimento padrão - LS (mm) dos indivíduos de *D. luetkenii*, em diferentes classes de tamanho e nos períodos Com Floração de Algas (CFA) e Sem Floração de Algas (SFA) na dolina cárstica Lagoa Misteriosa.

Classes	CFA	SFA	LS (mm)
	N	N	
1	11	65	< 20.0
2	123	103	20.1 – 25.0
3	90	50	25.1 – 29.9
4	46	52	> 30.0

Para responder as questões (*i e ii*), ou seja, se a dieta de *D. luetkenii* apresentou diferenças entre os períodos (CFA e SFA), as classes de tamanho (C1, C2, C3 e C4), e a interação entre os fatores, foi realizada a Análise de Variância Multivariada Permutacional – PERMANOVA (Anderson et al. 2008). Para isso, houve padronização da matriz/dados original de itens alimentares (com valores de volume) através do método *standardize* (função “decostand”, pacote “vegan”, *software* R 3.4.0), e na sequência, foi aplicada a distância de dissimilaridade de Bray-Curtis.

A dispersão multivariada foi calculada tanto entre os períodos amostrados (CFA e SFA) quanto para as classes de tamanho (C1, C2, C3 e C4). Em ambas as abordagens foi aplicada a função *betadisper* (pacote *vegan*, R 3.4.0). Os resultados obtidos da *betadisper* foram representados graficamente com uma análise de coordenadas principais (PCoA).

#### 4 RESULTADOS

O conteúdo estomacal de 540 espécimes de *D. luetkenii* foram analisados, sendo 270 estômagos em cada período CFA e SFA. *Deuterodon luetkenii* consumiu 33 itens alimentares (27 no CFA) e (28 no SFA). Os principais itens alimentares ingeridos foram fragmentos de macrófitas (IAi = 61.03%) e algas filamentosas (29.65%) totalizando 90.68% da dieta geral (Tabela 2) (Figura 6). No geral, a espécie consumiu majoritariamente itens de origem autóctone (95.15%) (Figura 7).

Tabela 2 - Frequência de ocorrência (FO%), frequência volumétrica (VO%) e índice alimentar (IAi%) dos itens consumidos por *D. luetkenii* ao longo de um ano na dolina cárstica Lagoa Misteriosa, Mato Grosso do Sul, Brasil. (L = larva, P = pupa, A = adulto).

	FO%	VO%	IAi%
<b><u>Autóctones</u></b>			
<b>Invertebrado Aquático</b>			
Ceratopogonidae (L)	0.74	0.02	<0.01
Chironomidae (L)	8.15	0.66	0.15
Coleoptera (A)	5.37	3.37	0.50
Coleoptera (L)	0.19	0.11	<0.01
Diptera (L)	0.56	0.04	<0.01
Diptera (P)	5.93	0.28	0.05
Elmidae (L)	2.41	0.47	0.03
Ephemeroptera (L)	2.22	0.10	0.01
Fragmento de Insetos	20.19	5.99	3.31
Cladocera	0.37	0.01	<0.01
Gastropode	3.15	0.24	0.02
Hemiptera	2.41	0.76	0.05
Hirudinea	2.59	0.07	<0.01
Hydracarina	0.93	0.02	<0.01
Nematoda	0.19	<0.01	<0.01
Odonata (L)	1.48	0.31	0.01
Ostracoda	1.85	0.25	0.01
Ovos	1.85	0.07	0.20
Trichoptera (L)	2.41	0.18	0.01
<b>Macrófitas</b>			

Fragmentos de macrófitas	54.07	41.21	<b>61.03</b>
Sementes	6.11	1.20	0.20
<b>Algas</b>			
Alga Filamentosa	42.04	25.76	<b>29.65</b>
<b><u>Alóctones</u></b>			
<b>Invertebrado Terrestre</b>			
Aranae	0.37	0.04	<0.01
Coleoptera (A)	0.19	0.08	<0.01
Collembola	0.74	0.03	<0.01
Diptera (A)	5.56	1.32	0.20
Formicidae	8.15	5.70	1.27
Fragmento Inseto	3.15	1.48	0.13
Hemiptera	1.11	0.11	<0.01
Hymenoptera	0.37	0.71	0.01
Thysanoptera	2.41	0.38	0.02
<b><u>Indeterminados</u></b>			
<b>Vegetal</b>			
Detrito Vegetal	15.19	7.52	3.13
<b>Sedimento</b>			
Sedimento	4.81	1.51	0.20

---

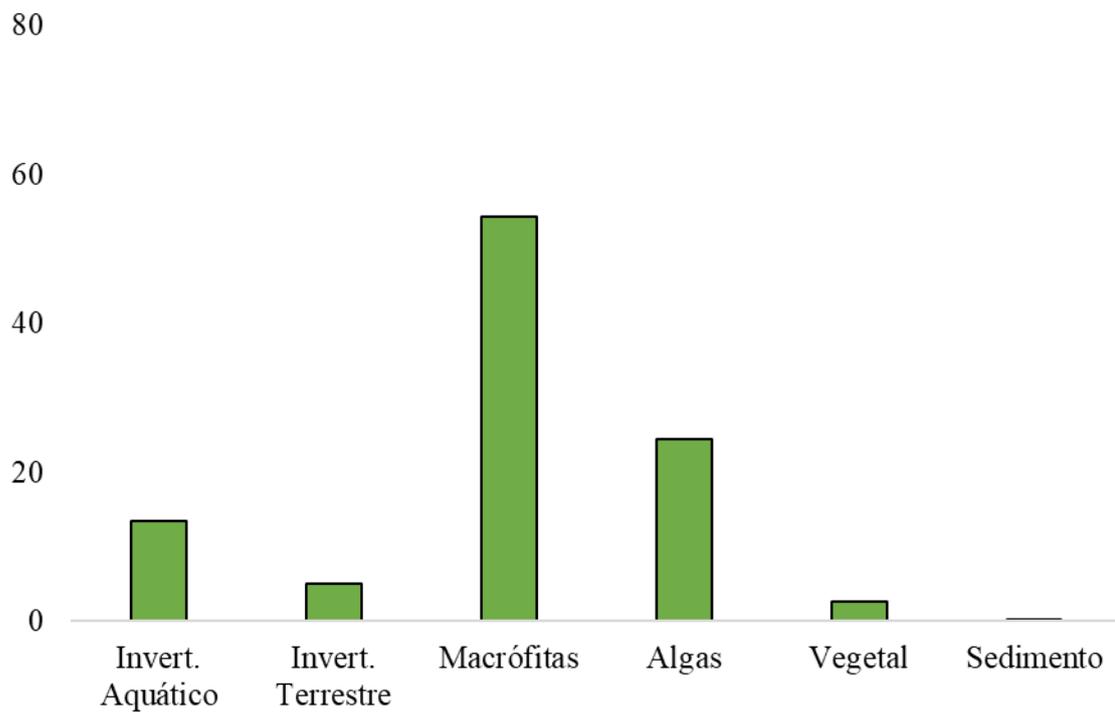


Figura 6 - Categorias alimentares (IAi%) consumidas por *D. luetkenii* ao longo de um ano na dolina cárstica Lagoa Misteriosa, Mato Grosso do Sul, Brasil. (Invert. = Invertebrados).

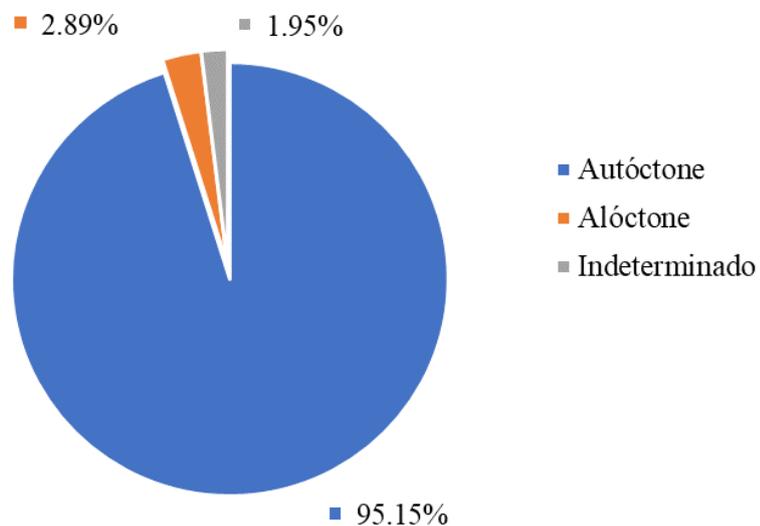


Figura 7 - Origem dos recursos alimentares (IAi%) consumidos por *D. luetkenii* ao longo de um ano na dolina cárstica Lagoa Misteriosa, Mato Grosso do Sul, Brasil.

Em ambos os períodos, as principais categorias ingeridas por *D. luetkenii* foram Macrófitas (fragmentos) e Algas (filamentosas) (Tabela 3). No período SFA essas categorias corresponderam a 95,4% da dieta, enquanto no período CFA houve incremento no consumo da

categoria Invertebrado Aquático (25,19%) e diminuição na ingestão de fragmentos de macrófitas e algas filamentosas (Figura 8), portanto, a espécie consumiu maior proporção de itens de origem autóctone (Figura 9). Portanto, foram identificadas diferenças significativas na dieta da espécie entre os períodos considerados (CFA e SFA) (Pseudo-F= 9.70; p = 0.001) (Figura 10 A e B).

Tabela 3 - Frequência de ocorrência (FO%), frequência volumétrica (VO%) e índice alimentar (IAi%) dos itens alimentares e origem dos recursos consumidos por *D. luetkenii* nos períodos CFA e SFA na dolina cárstica Lagoa Misteriosa. (L = larva, P = pupa, A = adulto).

	CFA			SFA		
	FO%	VO%	IAi%	FO%	VO%	IAi%
<b><u>Autóctones</u></b>						
<b>Invertebrado Aquático</b>						
Ceratopogonidae (L)	1.48	0.04	<0.01			
Chironomidae (L)	10.74	1.06	0.34	5.56	0.22	0.03
Coleoptera (A)	7.41	4.64	1.03	3.33	1.79	0.14
Coleoptera (L)	0.37	0.22	<0.01			
Diptera (L)	0.37	0.02	<0.01	0.74	0.05	<0.01
Diptera (P)	7.41	0.36	0.08	4.44	0.18	0.02
Elmidae (L)	3.33	0.54	0.05	1.48	0.35	0.01
Ephemeroptera (L)	4.07	0.18	0.02	0.37	0.01	<0.01
Fragmento Inseto	29.26	8.69	7.63	11.11	2.77	0.71
Hemiptera	0.37	0.01	<0.01	4.44	1.38	0.14
Odonata (L)	2.59	0.60	0.05	0.37	0.01	<0.01
Trichoptera (L)	3.70	0.33	0.04	1.11	0.02	<0.01
Cladocera				0.74	0.01	<0.01
Gastropode	4.07	0.28	0.03	2.22	0.18	0.01
Hirudinida	4.81	0.13	0.02	0.37	0.01	<0.01
Hydracarina	1.11	0.02	<0.01	0.74	0.01	<0.01
Nematoda	0.37	<0.01	<0.01			
Ostracoda	3.70	0.49	0.05			
Ovos				2.22	0.07	<0.01
<b>Macrófitas</b>						
Fragmentos de macrófitas	50.37	38.20	<b>57.75</b>	58.15	50.63	<b>68.32</b>
Sementes	7.78	1.46	0.34	4.81	0.83	0.09
<b>Algas</b>						
Alga Filamentosa	41.85	21.05	<b>26.44</b>	42.59	27.34	<b>27.02</b>
<b><u>Alóctones</u></b>						
<b>Invertebrado Terrestre</b>						
Aranae				0.74	0.07	<0.01
Coleoptera				0.37	0.15	<0.01
Collembola				1.48	0.05	<0.01
Diptera (A)	2.59	0.71	0.06	8.52	1.75	0.35

Formicidae	10.74	8.27	2.67	5.56	2.63	0.34
Fragmento Inseto	1.11	1.27	0.04	5.19	1.52	0.18
Hemiptera	2.22	0.22	0.01			
Hymenoptera				0.74	1.31	0.02
Thysanoptera	4.07	0.72	0.09	0.74	0.02	<0.01
<b><u>Indeterminados</u></b>						
<b>Vegetal</b>						
Detrito Vegetal	11.85	8.82	3.14	18.89	5.47	2.40
<b>Sedimento</b>						
Sedimento	2.22	1.68	0.11	7.41	1.18	0.20

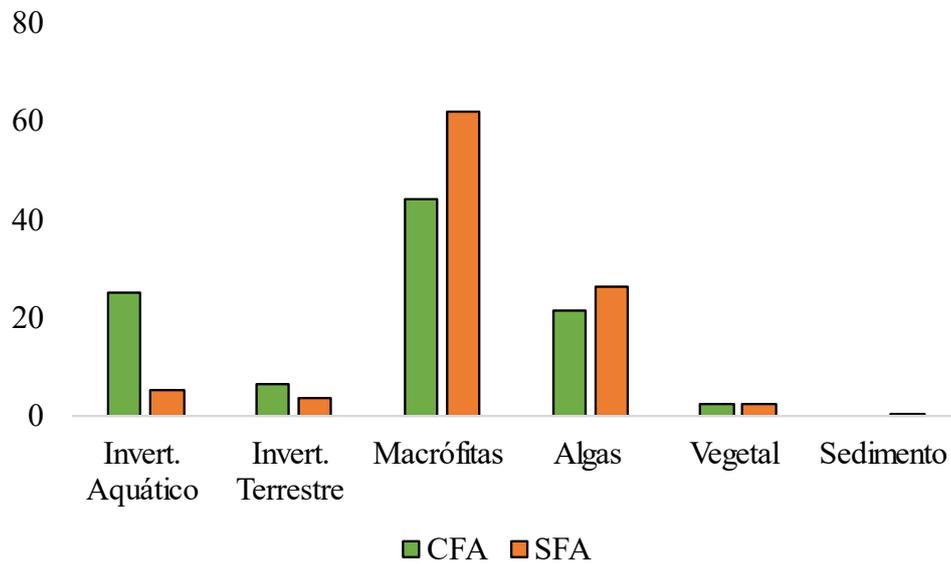


Figura 8 - Categorias alimentares (IAi%) consumidas por *D. luetkenii* nos períodos CFA (com floração de algas) e SFA (sem floração de algas) na dolina cárstica Lagoa Misteriosa, Mato Grosso do Sul, Brasil. (Invert. = Invertebrados).

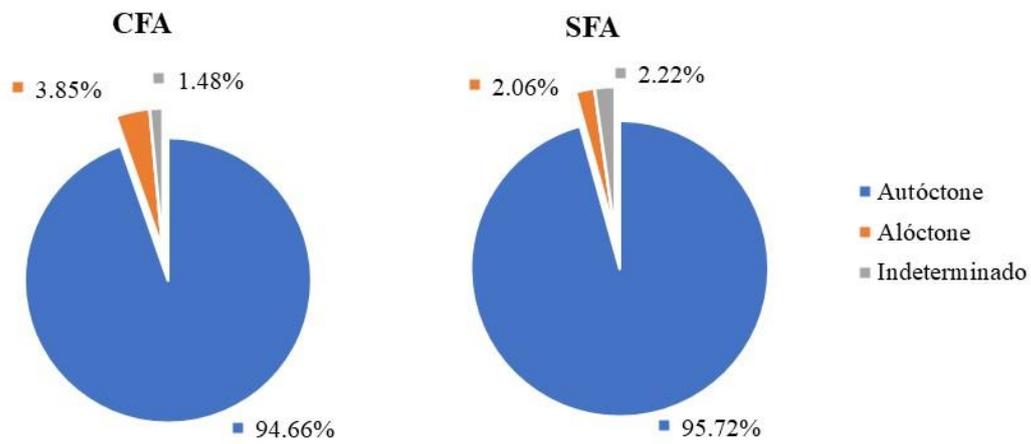


Figura 9 - Origem dos itens alimentares (IAi%) consumidos por *D.luetkenii* nos períodos amostrados (CFA e SFA), na dolina cárstica Lagoa Misteriosa, Mato Grosso do Sul, Brasil.

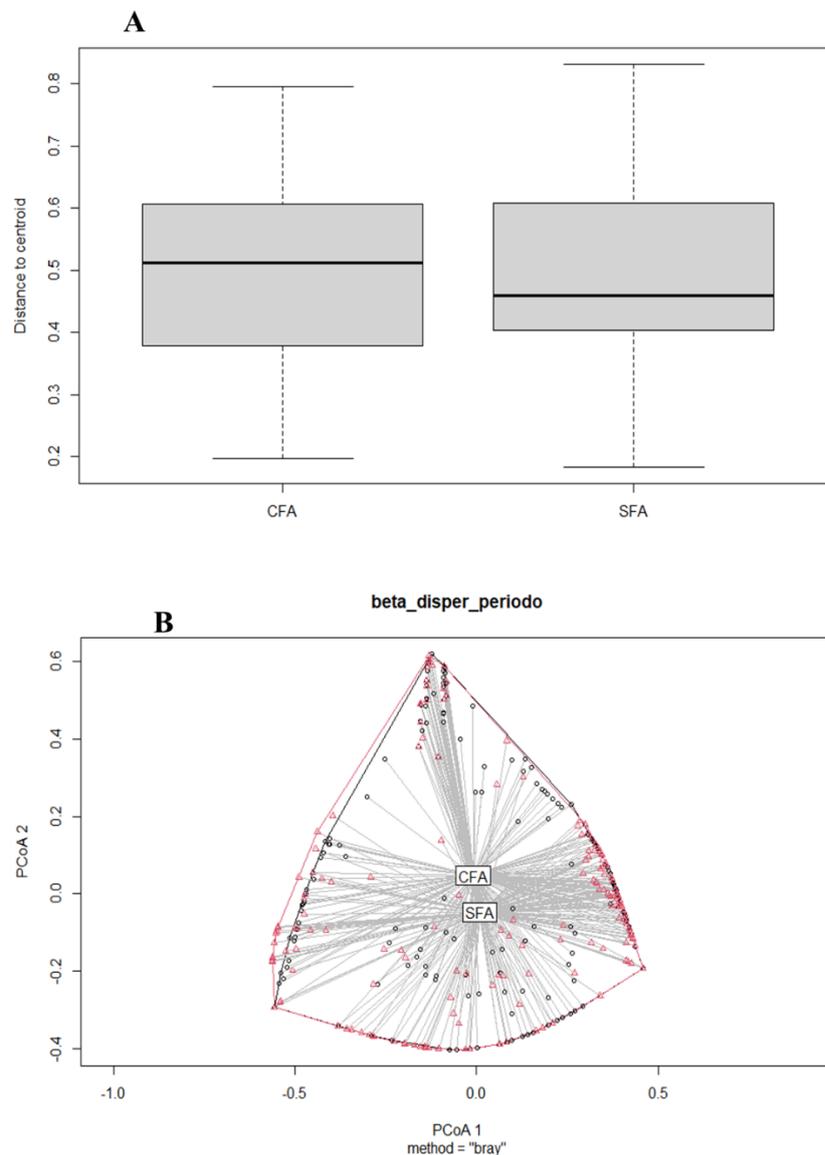


Figura 10 - (A) Boxplot das distâncias para o centroide do espaço multidimensional dos períodos (CFA e SFA). Mediana (barra preta grossa), quartis (caixa), desvio-padrão (barras); (B) PCoA com os períodos amostrados (CFA e SFA).

Não houve diferença significativa na interação entre os períodos e as classes (pseudo-F = 1.24;  $p= 0.27$ ). Entretanto, houve diferença significativa na dieta da espécie entre as classes de tamanho (pseudo-F = 8.29;  $p= 0.001$ ) (Tabela 4) (Figura 11 A e B), porém, essas diferenças independem dos períodos CFA e SFA. O teste par-a-par evidenciou que todas as classes de tamanhos diferem quanto à alimentação (Tabela 5).

Em relação às variações ontogenéticas, observamos o maior consumo de algas filamentosas na classe com os menores indivíduos (C1). Este recurso foi diminuindo nas demais classes (C2, C3) e praticamente não foi ingerido nos maiores espécimes (C4) (Tabela 4). Houve acréscimo no consumo de macrófitas nas classes C2 e C3. Na classe C4, a espécie consumiu

fragmentos de macrófitas em maior proporção em relação as outras categorias alimentares (Figura 12).

Tabela 4 - Itens alimentares (IAi%) e origem dos recursos consumidos por *D. luetkenii* em diferentes classes de tamanho na Lagoa Misteriosa. (L = larva, P = pupa, A = adulto).

	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>	<b>C4</b>
	<b>IAi%</b>	<b>IAi%</b>	<b>IAi%</b>	<b>IAi%</b>
<b><u>Autóctones</u></b>				
<b>Invertebrado Aquático</b>				
Ceratopogonidae		<0.01	<0.01	<0.01
Chironomidae	0.03	0.25	0.21	0.03
Cladocera		<0.01	<0.01	
Coleoptera (A)	0.10	0.08	0.29	2.47
Coleoptera (L)				0.01
Diptera (L)	<0.01	<0.01		
Diptera (P)	0.06	0.10	0.02	0.02
Elmidae		0.01	0.10	0.04
Ephemeroptera		0.01	0.01	0.01
Fragmento Inseto	1.49	2.96	5.13	1.87
Hemiptera	0.02	0.04	0.05	0.06
Odonata (L)		0.01	<0.01	0.04
Trichoptera (L)	<0.01	<0.01	0.03	0.01
Gastropode	0.01	0.01	0.02	0.04
Hidracarina	0.01	<0.01	<0.01	
Hirudinida	<0.01	0.01	<0.01	<0.01
Nematoda		<0.01		
Ostracoda		0.06	<0.01	<0.01
Ovos	0.07	<0.01	<0.01	<0.01

<b>Macrófitas</b>				
Fragmento de macrófitas	26.13	49.80	68.69	<b>74.65</b>
Sementes	0.04	0.11	0.48	0.19
<b>Algas</b>				
Alga Filamentosa	<b>65.43</b>	42.85	20.41	11.48
<b><u>Alóctones</u></b>				
<b>Invertebrado Terrestre</b>				
Aranae	<0.01			<0.01
Coleoptera				0.01
Collembola		0.04	0.06	0.03
Diptera (A)	0.34	0.05	0.24	0.31
Formicidae		0.35	0.90	6.53
Fragmento Inseto	0.02	<0.01	0.28	0.55
Hemiptera	<0.01	0.02	0.00	
Hymenoptera			0.01	0.05
Thysanoptera	0.01	0.01	0.04	0.00
<b><u>Indeterminados</u></b>				
<b>Vegetal</b>				
Detrito Vegetal	6.06	3.09	3.02	1.57

---

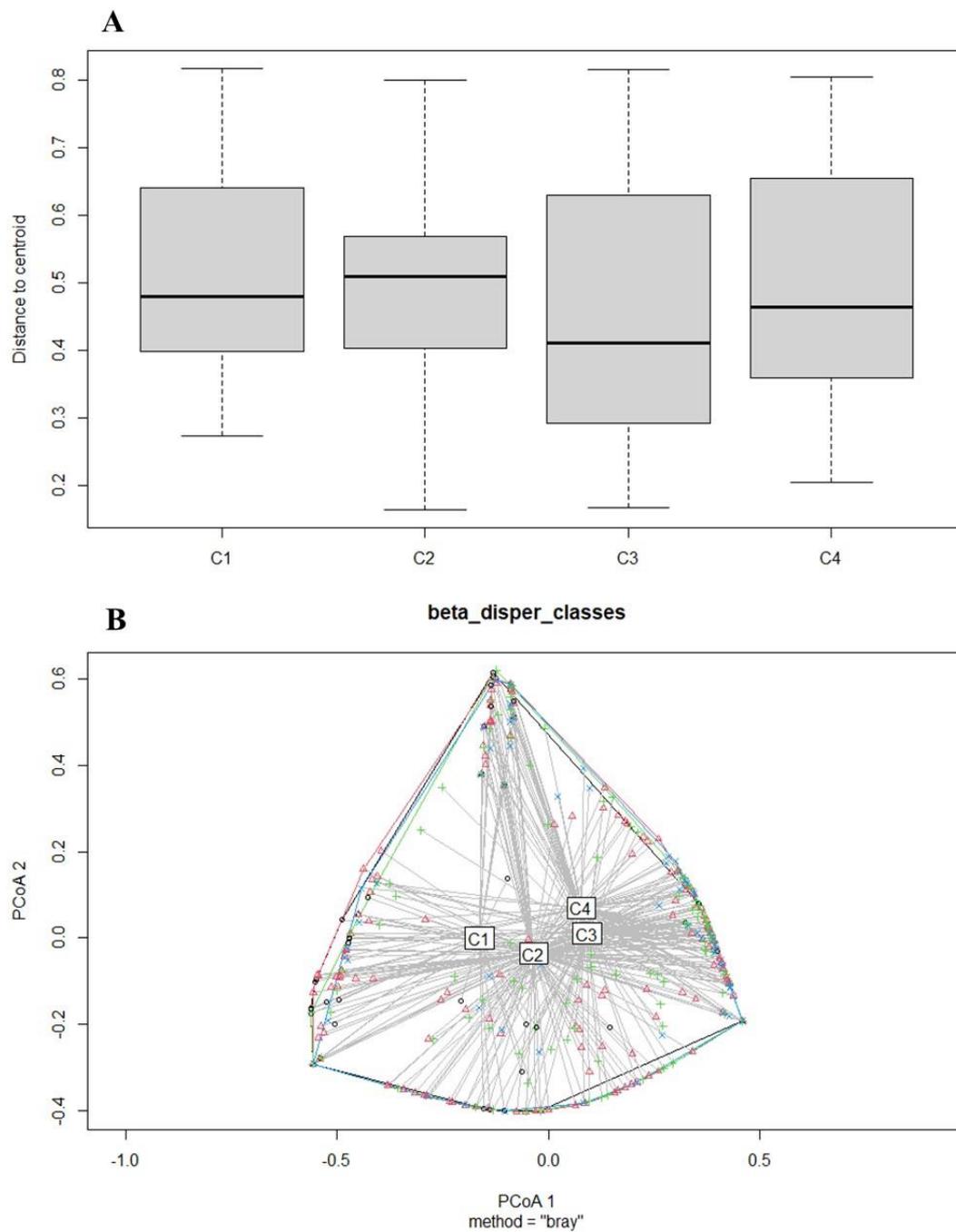


Figura 11 - (A) Boxplot das distâncias para o centroide do espaço multidimensional das classes de tamanho. Mediana (barra preta grossa), quartis (caixa), desvio-padrão (barras); (B) PCoA com as classes de tamanho (C1, C2, C3 e C4) amostradas.

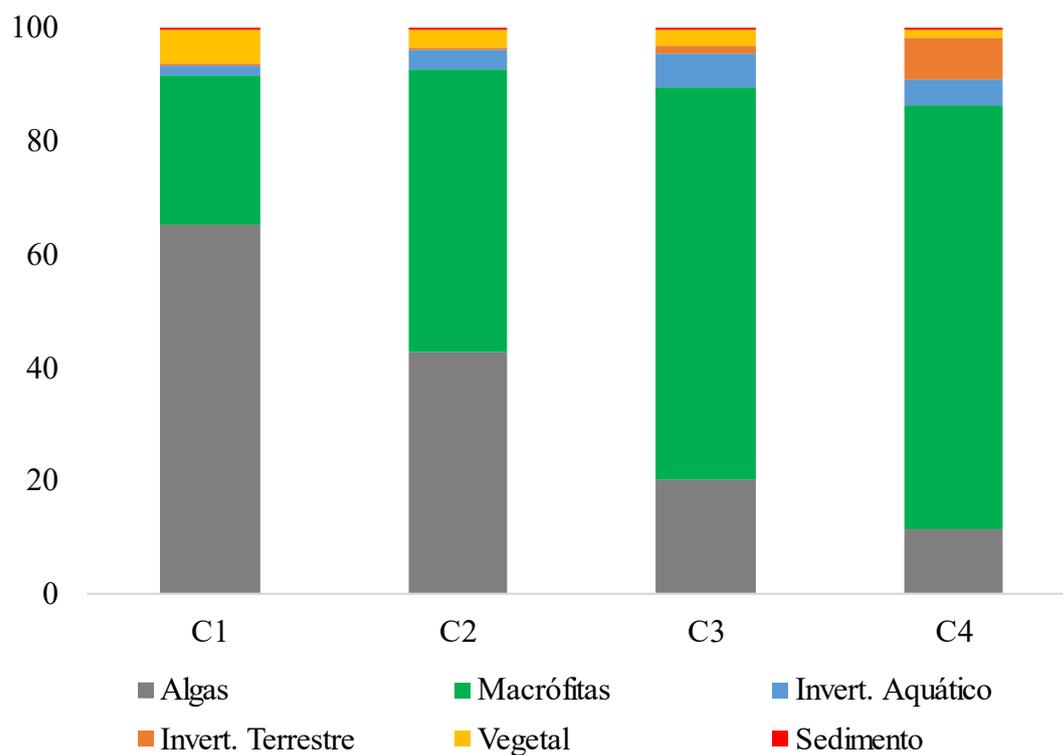


Figura 12 - Categorias alimentares (IAi%) consumidas por *D. luetkenii* em diferentes classes de tamanho na Lagoa Misteriosa, Mato Grosso do Sul, Brasil. (Invert = Invertebrados).

Tabela 5 - Valores de pseudo-F e p da PERMANOVA entre as classes de tamanho.

pairs	Pseudo-F	p
C1 vs C2	6.61	0.001
C1 vs C3	17.29	0.001
C1 vs C4	15.58	0.001
C2 vs C3	7.83	0.001
C2 vs C4	11.00	0.001
C3 vs C4	2.86	0.023

## 5 DISCUSSÃO

A dieta de *D. luetkenii* na Lagoa Misteriosa foi baseada em recursos autóctones, principalmente fragmentos de macrófitas e algas filamentosas, denotando uma dieta herbívora para a espécie neste local. Em estudos em ambientes lênticos, a espécie foi classificada como herbívora devido a ingestão de macrófitas (Saccol-Pereira, 2008) ou onívora ao se alimentar de microcrustáceos, pequenos moluscos e algas filamentosas (Aguiaro e Caramaschi, 1998; Sánchez-Botero et al. 2008). Alguns autores em estudos em ecossistemas de riachos, classificaram a espécie como onívora pela dieta composta principalmente por algas, vegetais superiores e pequenos invertebrados (Graciolli et al. 2003; Soneira et al. 2006).

Dentre os trabalhos de ecologia trófica do gênero *Deuterodon*, a espécie mais estudada é *D. langei* (Aranha et al. 1998; Vitule e Aranha, 2002; Fogaça et al. 2003; Barreto e Aranha, 2006; Vitule et al. 2008; Wolff et al. 2023), todos em ecossistemas de riachos. Aranha et al (1998), Barreto e Aranha (2006) e Wolff et al (2023) verificaram que *D. langei* possui hábito onívoro com tendência a herbivoria, decorrente do consumo de algas, plantas (folhas e frutos) e invertebrados. Além desta, há dados sobre ecologia trófica de *D. iguape* em riachos (Sabino e Castro, 1990; Esteves e Lobón-Cerviá, 2001; Mazzoni e Resende, 2003; Deus e Petrere-Junior, 2003; Righi-Cavallaro et al. 2015). Sabino e Castro (1990) e Righi-Cavallaro et al. (2015) definiram a dieta de *D. iguape* como onívora, sendo algas, sementes e oligoquetas os itens mais frequentes na dieta desta espécie. O consumo abundante de macrófitas e folhas classificaram a dieta de *D. iguape* como herbívora (Esteves e Lobón-Cerviá, 2001).

O consumo de fragmentos de macrófitas por *D. luetkenii* na Lagoa Misteriosa e por outras espécies de *Deuterodon* (Esteves e Lobón-Cerviá, 2001; Saccol-Pereira, 2008), não é comumente reportado na literatura na dieta das espécies estudadas em lagoas neotropicais com presença de macrófitas (Cardozo et al. 2021; Yofukuji et al. 2021; Aleixo et al. 2022). Uma das explicações para o baixo consumo de macrófitas pela ictiofauna é associado com possível toxicidade ou baixo valor nutricional disponível nas plantas aquáticas (Prance e Goulding, 1981). Entretanto, há estudos que indicaram elevado conteúdo proteico no consumo de macrófitas (Howard-Williams; Junk, 1977). Normalmente as plantas aquáticas são consideradas importantes formadoras de microhabitats para a ictiofauna, dispostas como áreas de reprodução, abrigo, berçário para os juvenis de peixes de grande porte (Delariva et al. 1994; Pelicice e Agostinho, 2006; Röpke et al. 2014; Quirino et al. 2015) e propiciando

substrato para macroinvertebrados (Thomaz et al. 2008; Kuczyńska-Kippen e Joniak, 2016; Campos et al. 2021), algas filamentosas (Rao et al., 2015; Gao et al. 2017) e perífiton (Leandrini et al. 2008; Murakami et al. 2009), os quais servem de alimento para diversas espécies de peixes que vivem associadas a estas plantas aquáticas (Quirino et al. 2015; Costa e Rocha, 2017).

As macrófitas e algas filamentosas ocorrendo concomitantemente podem estabelecer uma gama de recursos alimentares (Rao et al. 2015; Gao et al. 2017) ou até mesmo serem os recursos principais na dieta de peixes de pequeno porte, como ocorreu com *D. luetkenii* na Lagoa Misteriosa. Neste estudo, o expressivo consumo de plantas aquáticas e algas filamentosas pela espécie, evidencia a predileção destes recursos de origem autóctone. Apesar de *D. luetkenii* e de outras espécies do gênero terem apresentado notável contribuição de itens autóctones em suas dietas, itens alóctones mesmo em proporções menores também foram encontrados na dieta da espécie (Gomes, 1994; Barreto e Aranha, 2006; Righi-Cavallaro et al. 2015).

A contribuição de recursos autóctones na dieta de *D. luetkenii* neste estudo pode estar relacionada ao uso do *habitat* e a disponibilidade alimentar. A maioria dos indivíduos de *D. luetkenii* ocupam a coluna d'água próximo à superfície, tanto nas margens quanto na área central da lagoa. Entretanto, foram observados alguns indivíduos investindo nos substratos em regiões mais profundas. A partir de observações em riachos cársticos na Serra da Bodoquena, o uso do *habitat* para forrageamento por *D. luetkenii* foi verificado em toda a coluna d'água ou próximos a substratos (Severo-Neto et al. 2023). Além de registros de ocorrência da espécie em águas calmas e com presença de vegetação densa próximas as regiões litorâneas (Severo-Neto et al. 2023).

*Deuterodon luetkenii* é a única espécie nectônica presente na Lagoa Misteriosa e apresenta elevada abundância populacional (observação pessoal). Nossas amostragens ocorreram nas margens da lagoa, não ultrapassando os três metros de profundidade, onde há a ocorrência principal da macrófita fixa submersa *Heteranthera zosterifolia*. Os espécimes foram observados forrageando nesta macrófita e nos paredões rochosos, sendo atípicas as investidas à superfície. Em estudo na Lagoa do Peri, Hensen et al. (2016) observaram os indivíduos de *D. luetkenii* explorando toda a coluna d'água e quando vistos na superfície estavam frequentemente associados com macrófitas presentes no local. Em riachos de Mata Atlântica foi observado que *D. iguape* e *Deuterodon sp* buscavam o alimento à meia-água ou junto ao fundo (Sabino e Castro, 1990; Hensen et al. 2016), propiciando o consumo de itens autóctones (Mazzoni e Rezende, 2003).

O gênero *Deuterodon* apresenta características dentárias que favorecem a raspagem do perifíton e mordiscar folhas e fragmentos de plantas aquáticas submersas (Sabino e Castro, 1990), tornando suscetível dietas herbívoras para as espécies deste gênero. As espécies de *Deuterodon* diferem-se das outras espécies de caracídeos por apresentarem um conjunto de modificações no aparato bucal que resultam na expansão lateral da boca, com dentes expostos em virtude à atrofia do lábio superior (Lucena e Lucena, 1992; 2002). Em relação aos dentes pré-maxilares e da mandíbula achatados e multicúspides, Gery (1977) inferiu que o gênero *Deuterodon* manifestaria hábito alimentar herbívoro. Entretanto, estudos hodiernos mostraram que as espécies desse gênero podem incluir grande variabilidade de itens em sua dieta, como insetos autóctones e alóctones (Mazzoni e Rezende, 2003; Vitule et al. 2008; Righi-Cavallaro et al. 2015).

O comportamento de inclinação lateral do corpo, relatado em *D. iguape* (Sabino e Castro, 1990; Sabino e Silva, 2004; Righi-Cavallaro et al. 2015; Gonçalves e Cestari et al. 2018b) em conjunto com a extensão dos dentes e a grande abertura bucal possibilitam o alcance de áreas com maior substrato para raspagem (Gonçalves e Cestari et al. 2018b). Esses autores observaram que as espécies junto ao substrato inclinavam o corpo lateralmente para abocanhar os alimentos com um dos lados da boca, este comportamento de inclinação do corpo foi similarmente observado nos indivíduos de *D.luetkenii* na Lagoa Misteriosa, os quais eram presenciados nas rochas marginais, em troncos em áreas com maior profundidade (aproximadamente cinco metros) e nas folhas das próprias macrófitas.

Além das diferentes estratégias alimentares, as mudanças na dieta de uma espécie também podem acontecer por decorrência de variações temporais, espaciais, ontogenéticas (Abelha et al. 2001). A sazonalidade é um dos fatores que influenciam as mudanças na dieta dos peixes, principalmente em regiões tropicais, as quais estão sujeitas a notáveis variações sazonais no nível da água e distintas características entre o período seco e chuvoso, podendo assim, disponibilizar diferentes recursos para as espécies (Junk et al. 1989; Junk et al. 2021).

Neste estudo, *D.luetkenii* apresentou diferenças temporais significativas na dieta nos períodos amostrados. Em ambos os períodos, os principais itens ingeridos pela espécie foram fragmentos de macrófitas e algas filamentosas, demonstrando a importância destes recursos para a espécie na Lagoa Misteriosa durante todo o ano. Porém, no período CFA houve incremento no consumo de invertebrados aquáticos e

diminuição na ingestão de fragmentos de macrófitas e algas filamentosas. De fato, alguns estudos sobre variações sazonais e temporais em riachos na dieta de espécies de *Deuterodon* são relatadas na literatura (Deus e Petreire-Jr, 2003; Mazzoni e Rezende, 2003; Barreto e Aranha, 2006; Vitule et al. 2008). Por exemplo, estudos em riachos de Mata Atlântica, Mazzoni e Rezende (2003) constataram diferenças sazonais na dieta do caracídeo *Deuterodon* sp., alternando o consumo entre itens animais e vegetais durante as estações seca e chuvosa, onde os invertebrados aquáticos, assim como neste estudo, foram ingeridos com maior frequência no período chuvoso.

O aumento no consumo de invertebrados aquáticos por *D. luetkenii* no período CFA pode ser devido à maior disponibilidade deste recurso. Estudos com macroinvertebrados aquáticos realizados concomitantemente com este trabalho (dados não publicados) demonstram diferenças na composição da comunidade aquática entre os períodos com e sem floração de algas. No período SFA houve predominância de moluscos, enquanto que no período CFA, os invertebrados aquáticos foram muito mais abundantes. O consumo de invertebrados aquáticos por *D. luetkenii* no período com floração de algas pode ser devido à disponibilidade deste recurso e também por ocorrer juntamente com a estação chuvosa, condição em que há aumento da superfície de colonização e aporte de material alóctone (Takeda et al. 1997), contribuindo para a ocorrência desses invertebrados aquáticos no ambiente (Welcomme, 1985). Entretanto, se torna imprescindível a realização de estudos futuros para responder diferentes questões ambientais e posteriormente, elaborar planos de conservação local.

Mudanças na dieta dos peixes também podem estar relacionadas as modificações morfológicas ao longo do desenvolvimento dos indivíduos, influenciando nas características funcionais, hábitos e interação com o ecossistema (Zhao et al. 2014; Bozza e Hahn, 2010). Essas variações ontogenéticas, podem estabelecer limitações físicas em relação ao consumo das presas e na seletividade alimentar (Wainwright e Richard, 1995; Arim et al. 2010; Keppeler et al. 2015; Alves et al. 2021).

Com relação às variações ontogenéticas na dieta de *D. luetkenii*, todas as classes de tamanho diferiram entre si na dieta, independente dos períodos estudados, ou seja, as diferenças ontogenéticas foram influenciadas pelos tamanhos dos indivíduos e não pelos períodos CFA e SFA. Não foram encontrados na literatura estudos enfocando mudanças ontogenéticas para o gênero *Deuterodon* em ambientes lacustres. Alguns estudos em ambientes lóticos, encontraram variações ontogenéticas na dieta de espécies

de *Deuterodon* (Sabino e Castro, 1990; Vitule e Aranha, 2002; Barreto e Aranha, 2006; Vitule et al. 2008).

Em ambientes lênticos, as dietas de algumas espécies de caracídeos de pequeno porte foram analisadas e observadas variações ontogenéticas (Esteves, 1996; Araújo et al. 2005). Esteves (1996) atribuiu as mudanças na alimentação das espécies estudadas à diferentes táticas alimentares e uso do hábitat. Em reservatórios, Araújo et al. (2005) encontraram diferenças ontogenéticas na alimentação de uma espécie de caracídeo ao longo do seu desenvolvimento, apontando redução da competição intra-específica entre os indivíduos como resultado das mudanças na captura das presas nas diferentes classes de tamanho.

Os menores indivíduos de *D. luetkenii* (C1) consumiram basicamente algas filamentosas e as demais classes (C2, C3 e C4) apresentaram aumento progressivo de fragmentos de macrófitas na dieta. É de se esperar que os menores indivíduos consumam itens menores, principalmente pelas limitações morfológicas da boca (Fugi et al. 2001; Dala-Corte et al. 2016; Gonçalves et al. 2018b) e pelo *habitat* que ocupam (Aranha et al. 1998; Deus e Petreire-Junior, 2003; Benone et al. 2020), pois as macrófitas além de servir de refúgio para os jovens (Röpke et al. 2014; Quirino et al. 2015) também atuam como substratos para as algas filamentosas (Rao et al., 2015; Gao et al. 2017). Isso reforça a importância das macrófitas para a população de *D. luetkenii* na Lagoa Misteriosa. Indivíduos menores de outras espécies de caracídeos em ambientes lóticos consumiram principalmente fases imaturas de insetos aquáticos, mudando sua dieta durante o crescimento para itens maiores de origem alóctones, como insetos, frutos e folhas (Vitule et al. 2008; Abilhoa et al. 2009). O consumo de fitoplâncton, zooplâncton e macroinvertebrados aquáticos nos menores indivíduos de caracídeos é relatado na literatura (Hahn et al. 2000; Wolff et al. 2009; Mazzoni et al. 2010; Lampert et al. 2022). Um fator importante a ser analisado é que os trabalhos podem diferir quanto os tamanhos mínimos capturados nas amostragens. Na Lagoa Misteriosa, futuros estudos do ictioplâncton serão necessários para entender a alimentação nas fases iniciais.

O aumento na proporção de itens de origem vegetal, como observado neste estudo, acompanhado do crescimento dos peixes, é comum na dieta de peixes neotropicais, principalmente de espécies de pequeno porte de caracídeos (Silva et al. 2007; Vitule e Aranha, 2002; Vitule et al. 2008, Mazzoni et al. 2010). Apesar de não haver interação significativa entre as classes de tamanho e os períodos, observamos que no período CFA houve consumo proporcional de invertebrados aquáticos (principalmente fragmentos de

insetos) em todas as classes tamanho. Como citado acima nesta discussão, em amostragens de macroinvertebrados aquáticos, o período CFA apresentou maiores proporções de insetos aquáticos associados a *H. zoterifolia* quando comparado com o período SFA, indicando que a espécie pode estar utilizando da disponibilidade deste recurso protéico. É sabido que a disponibilidade de recursos no ambiente pode variar de acordo com as épocas do ano (Silva et al. 2012; Correa e Winemiller, 2014; Costa-Pereira et al. 2017) e, a preferência alimentar está associada com a abundância e a acessibilidade do recurso (Quirino et al. 2017) indicando a predominância de alguns itens alimentares na dieta em diferentes períodos. Sendo assim, algumas espécies de caracídeos de pequeno porte (e.g *Deuterodon langei*, *Deuterodon* sp, *Knodus moenkhausii*) reiteradamente são considerados como oportunistas (Aranha et al. 1998; Mazzoni e Rezende, 2003; Ceneviva-Bastos e Casatti, 2007) e podem beneficiarem a partir dessa disponibilidade (Gerking, 1994; Ceneviva-Bastos e Casatti, 2007).

Nos indivíduos maiores (C4) ainda houve incremento de invertebrados terrestres (principalmente Formicidae). O período CFA ocorre concomitantemente com a estação chuvosa, podemos presumir que a disponibilidade e o consumo de Formicidae pela espécie nesse momento seja decorrente do escoamento superficial. O consumo de Hymenoptera (Formicidae) por caracídeos é relatada na literatura (Borba et al. 2008; Toffoli et al. 2010; Ferreira et al. 2012), em que a disponibilidade para os peixes, pode estar relacionada pela ação do vento e da chuva, o que acarretaria na queda e carreamento deste recurso provenientes da vegetação ripária (Toffoli et al. 2010).

Nas amostragens realizadas na Lagoa Misteriosa foram observados indivíduos de todas as classes de tamanho de *D. luetkenii* explorando a região da coluna d'água mais próximo à superfície, principalmente próximo às margens, onde há presença de macrófitas fixas submersas. Esse aproveitamento da área da macrófita pela espécie pode elucidar o consumo de macrófitas pela mesma, sabendo que as plantas aquáticas não são comumente encontradas na dieta, no entanto, servem de substratos para diversos organismos, inclusive para algas filamentosas, a qual foi consumida em todas as classes de tamanho.

## 6 CONCLUSÕES

É sabido a importância das macrófitas aquáticas nos processos ecológicos, como na organização e funcionamento de ambientes de água doce, assim como, na disposição de *habitats* e área de forrageamento para diferentes organismos aquáticos. Considerando o fornecimento dos primeiros dados sobre a dieta de *D.luetkenii* na Lagoa Misteriosa e a expressiva frequência dos recursos autóctones, principalmente de fragmentos de macrófitas, encontrados no conteúdo estomacal dos espécimes, enfatizamos a influência das macrófitas aquáticas na Lagoa Misteriosa durante todo o ano. Os fragmentos de macrófitas e as algas filamentosas foram os principais itens alimentares consumidos pela espécie, sendo as algas filamentosas de suma importância na dieta dos menores indivíduos. Destacamos a importância da realização de mais estudos para melhor entendimento dos processos ecológicos neste sistema lacustre cárstico. No Brasil, são poucos os estudos em dolinas inundadas, apontando lacunas de informações sobre esses ecossistemas. A Lagoa Misteriosa é um ambiente singular ao dispor de características de sistema cárstico, beleza cênica e atrativos turísticos, além do seu ciclo anual de floração de algas. A compreensão das relações entre a ictiofauna e o ambiente é imprescindível para auxiliar nos métodos de conservação e restauração ambiental.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abelha, M. C. F.; Agostinho, A. A.; Goulart, E. 2001. Plasticidade trófica em peixes de água doce. *Acta Scientiarum*, v. 23, n. 2, p. 425–434.
- Abilhoa, V.; Bornatowski, H. ; Otto, G. 2009 . Temporal and ontogenetic variations in feeding habits of *Hollandichthys multifasciatus* (Teleostei: Characidae) in coastal Atlantic rainforest streams, southern Brazil. *Neotropical Ichthyology* (Impresso), v. 7, p. 415-420.
- Aguiaro, T.; Caramaschi, É. P. 1998. Trophic guilds in fish assemblages in three coastal lagoons of Rio de Janeiro State (Brazil). *SIL Proceedings, 1922-2010*, 26(5), 2166–2169. doi:10.1080/03680770.1995.11901128.
- Al-Abbawy, D.A., Al-Sweid, Z., Al-Saady, S.A. 2020. Effects of salinity stress on biochemical and anatomical characteristics of *Ceratophyllum demersum* L. *EurAsian Journal of BioSciences*, 14, 5219–5225.
- Aleixo, M. H. F.; B. A. Quirino.; K. Y. Yofukuji.; A. L. P. Cardozo.; R. Fugi. 2022. Macrophyte biomass mediates trophic relationships between congeneric fishes and invertebrate communities. *Limnologica* 93: 125957.
- Alves, G. H. Z.; Figueiredo, B. R. S.; Manetta, G. I. Benedito, E. 2021. Ontogenetic diet shifts: an additional mechanism for successful invasion of a piranha species in a Neotropical floodplain. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 93(4):e20190868.
- Amaral Filho, Z. P. 1989. Macrozoneamento Geoambiental do Estado de Mato Grosso do Sul. Campo Grande: Governo do Estado de Mato Grosso do Sul. 140p. (Relatório do Convênio de Cooperação Técnico-Científica da Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística-IBGE e o Estado de Mato Grosso do Sul).
- Amundsen, P. A., Bohn, T.; Popova, O.A.; Staldvik, F.J.; Reshetnikov, Y.S.; Kashulin, N.A.; Lukin A.A. 2003. Ontogenetic niche shifts and resource partitioning in a subarctic piscivore fish guild. *Hydrobiologia* 497 (1–3): 109–119. DOI: 10.1023/A:1025465705717.
- A.N.A. Agência Nacional das Águas. 2004. Disponível em: Acesso em: 06 de outubro de 2022.
- Anderson, M. 2008. PERMANOVA+ for PRIMER: guide to software and statistical methods. *Primer-E Limited*.
- Aranha, J.M.R.; D.F. Takeuti; T. Yoshimura. 1998. Habitat use and food partitioning of the fishes in the Mergulhão stream (coastal stream of Atlantic Forest, Brazil). *Revista de Biologia Tropical*, San José, 46 (4): 951-959.
- Araújo, F. G.; Andrade, C. C.; Santos, R. N.; Santos, A. F. G. N.; Santos, L. N. 2005. Spatial and seasonal changes in the diet of *Oligosarcus hepsetus* (Characiformes: Characidae) in a Brazilian reservoir. *Braz J Biol.* 65:1-8.

Arim, M.; Abades, S. B.; Laufer, G.; Loureiro, M., Marquet, P. 2010. Food web structure and body size trophic position and resource acquisition. *Oikos* 119(1):147-153.

Auler, A.; Rubbioli, É., Brandi, R. 2001. (eds.). As grandes cavernas do Brasil. Belo Horizonte: *Grupo Bambuí de Pesquisas Espeleológicas*, 228p.

Auler, A. S. 2002. Karst areas in Brazil and the potential for major caves: an overview. *Bol. Soc. Venezolana Espel.*, Caracas, v. 35, p. 1-18.

Barbosa, M. V. M.; Kobayashi, J. T.; Pelicice, F. M. 2014. Morphometric and biotic variables as potential predictors of *Ludwigia sedoides* (Humb. & Bonpl.) Hara in a large Amazonian reservoir. *Annales de Limnologie-International Journal of Limnology*. <https://doi.org/10.1051/limn/2014009>.

Barreto, A. P.; J. M. R. Aranha. 2006. Alimentação de quatro espécies de Characiformes de um riacho de Floresta Atlântica, Guaraqueçaba, Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 23(3): 779-788.

Benone, N. L.; Lobato, C. M. C.; Soares, B. E.; Montag, L. F. D. A. 2020. Spatial and temporal variation of the diet of the flag tetra *Hyphessobrycon heterorhabdus* (Characiformes: Characidae) in streams of the Eastern Amazon. *Neotropical Ichthyology*, 18.

Bianchini, Jr., I.; Cunha-Santino, M. B. 2011. Model parameterization for aerobic decomposition of plant resources drowned during man-made lakes formation. *Ecological Modelling*, p. 1263-1271.

Bini, L. M., Thomaz, S. M.; Murphy, K. J., Camargo, A. F. M. 1999. Aquatic macrophyte distribution in relation to water and sediment conditions in the Itaipu Reservoir, Brazil. *Hydrobiologia*, Dordrecht, v. 415, p. 147-154. <https://doi.org/10.1023/A:1003856629837>.

Bonato, K. O.; Burress, E. D.; Fialho, C. B. 2017. Dietary differentiation in relation to mouth and tooth morphology of a neotropical characid fish Community. *Zoologischer Anzeiger*, 267, 31–40. DOI:10.1016/j.jcz.2017.01.003.

Borba, C.S.; Fugi, R.; Agostinho, A.A.; Novakowski, G.C. 2008. Dieta de *Astyanax asuncionensis* (Characiformes, Characidae) em riachos da bacia do rio Cuiabá, estado do Mato Grosso. *Acta Sci Biol Sci.*, 30(1), 39-45. doi:10.4025/actascibiolsci.v30i1.1442.

Brambilla, M.; Pellin, A. 2006. Projeto Corredor de Biodiversidade Miranda –Serra da Bodoquena: Ações Prioritárias do Plano de Conservação e Implementação. Relatório Fundação Neotropical do Brasil e Conservação Internacional do Brasil. Campo Grande: 434p.

Brasil, L. S.; de Lima, E. L.; Spigoloni, Z. A.; Ribeiro-Brasil, D. R. G.; Juen, L. 2020. The habitat integrity index and aquatic insect communities in tropical streams: A metaanalysis. *Ecological Indicators*, 116, 106495. DOI: 10.1016/j.ecolind.2020.106495.

Bozza, A.; Hahn, N. S. 2010. Uso de recursos alimentares por peixes imaturos e adultos

de espécies piscívoras em uma planície de inundação neotropical. *Biota Neotrop* 10: 217-226.

Campos, R.; J. Rosa, V. G.; Ferreira, E. de O. Conceição, K. Martens, J. Higuti. 2021. Macrophyte life forms influence the effects of environmental and spatial factors on the betadiversity of associated ostracod communities (Crustacea). *Aquatic Sciences* 83: 27.

Cantanhêde, L. G. 2018. Impactos da pastagem na estrutura taxonômica e funcional de peixes de riachos amazônicos. 2018. 71 f. Dissertação (Mestre em Zoologia)-Universidade Federal do Pará e Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém PA.

Caraco, N. F.; Cole, J. J. 2002. Contrasting impacts of a native and alien macrophyte on dissolved oxygen in a large river. *Ecological Applications* 12: 1496–1509.

Cardozo, A.L.P.; Quirino, B.A.; Yofukuji, K.Y.; Aleixo, M.H.F.; Fugi, R., 2021. Habitat complexity and individual variation in diet and morphology of a fish species associated with macrophytes. *Ecol. Freshw. Fish* 30 (2), 184–196. <https://doi.org/10.1111/eff.12574>.

Celewicz-Góldyn, S.; Kuczyńska-Kippen, N. 2017. Ecological value of macrophyte cover in creating habitat for microalgae (diatoms) and zooplankton (rotifers and crustaceans) in small field and forest water bodies. *PLoS ONE* 12(5): e0177317.

Ceneviva-Bastos, M.; Casatti, L. 2007. Oportunismo alimentar de *Knodus moenkhausii* (Teleostei, Characidae): uma espécie abundante em riachos do noroeste do Estado de São Paulo, Brasil. *Iheringia* 97, 7-15.

Coelho, L. S. 2009. Classificação Trófica da Lagoa Misteriosa. In: FERNANDES, Hamilton de Menezes; SCHEFFLER, Sandro Marcelo (coords.). Plano de Manejo Espeleológico da Lagoa Misteriosa, Jardim/MS. Jardim: Empreendimentos Turísticos Rio da Prata Ltda. v. 3. p. 222-225.

Cordeiro, L. M.; Borghezan, R.; Trajano, E. 2014. Biodiversidade subterrânea na área cárstica da Serra da Bodoquena, bacia do Rio Paraguai, Estado do Mato Grosso do Sul, Sudoeste do Brasil. *Biota Neotropica*, v. 14, n. 3, e201400114. [Doi.org/10.1590/1676-06032014011414](https://doi.org/10.1590/1676-06032014011414).

Correa, S. B.; Winemiller, K.O. 2014. Niche Partitioning among Frugivorous Fishes in Response to Fluctuating Resources in the Amazonian Floodplain Forest. *Ecology*, 95, 210–224.

Costa, I. D., Rocha, V. M. 2017. Feeding ecology of *Serrapinnus notomelas* (Characiformes: Cheirodontinae) in small forest streams in the Machado River basin, Rondônia, Brazil. *Acta Amazonica*, 47(1), 19–28.

Costa-Pereira, R., Tavares, L., Camargo, P., Araújo, M. 2017. Seasonal population and individual niche dynamics in a tetra fish in the Pantanal wetlands. *Biotropica*, 49(4), pp.531-538.

Dala-Corte, R. B.; Silva, E. R. DA; Fialho, C. B. 2016. Diet-morphology relationship in the stream-dwelling characid *Deuterodon stigmaturus* (Gomes, 1947) (Characiformes:

Characidae) is partially conditioned by ontogenetic development. Neotropical Ichthyology, 14(2). doi:10.1590/1982-0224-20150178.

Delariva, R. L.; Agostinho, A. A.; Nakatani, K.; Baumgartner, G. 1994. Ichthyofauna associated to aquatic macrophytes in the upper Parana river floodplain. Revista Unimar, v. 16, n. Suplemento 3, p. 41-60.

Deosti, S.; F. D. Bomfim, F. M. Lansac-Toha.; B. A. Quirino.; C. C. Bonecker.; F. A. Lansac-Toha, 2021. Zooplankton taxonomic and functional structure is determined by macrophytes and fish predation in a Neotropical river. Hydrobiologia 848: 1475–1490.

Deus, C. D.; Petrere-Junior, M. 2003. Seasonal diet shifts of seven fish species in an Atlantic rainforest stream in southeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 63, 579-588.

Dias, R. M.; Peláez, O.;Lopes, T.M.; Oliveira, A.G.; Angulo-Valencia, M. A.; Agostinho A. A. 2022. Importance of protection strategies in the conservation of the flagship species “dourado” *Salminus brasiliensis* (Characiformes: Bryconidae). Neotrop Ichthyol. 20(4): e220046. <https://doi.org/10.1590/1982-0224-2022-0046>.

Dudgeon, D. 2008. Tropical stream ecology. Academic Press. p. 370.

Esteves, K. E. 1996. Feeding ecology of three *Astyanax* species (Characidae, Tetragonopterinae) from a floodplain lake of Mogi-Guaçú River, Paraná River basin, Brazil. Environmental Biology of Fishes, 46, 83-101.

Esteves, K.E.; J. Lobón-Cerviá. 2001. Composition and trophic structure of a clear water Atlantic rainforest stream in southeastern Brazil. Environmental Biology of Fishes, The Hague, 62: 429-440.

Esteves, K. E.; Aranha, J. M. R.; Albrecht, M. P. 2021. Ecologia trófica de peixes de riacho: uma releitura 20 anos depois. Oecologia Australis, 25(2), 282.

Fernandes, H. M.; Scheffler, S. M. 2009. Plano de Manejo Espeleológico da Lagoa Misteriosa. Jardim: Empreendimentos Turísticos Rio da Prata Ltda. 5v. 353p.

Ferreira, C. P.; Casatti, L. 2006. Influência da estrutura do hábitat sobre a ictiofauna de um riacho em uma micro-bacia de pastagem, São Paulo, Brasil. Revista Brasileira de Zoologia. 23:642-651, 2006.

Ferreira, A.; Gerhard, P.; Cyprino, J.E.P. 2012. Diet of *Astyanax paranae* (Characidae) in streas with different riparian land covers in the Passa-Cinco River basin, southeastern Brazil. Iheringia, Série Zoologia, 102, 80-87.

Fogaça, F.N.O.; J.M.R. Aranha, M.L.P. Esper. 2003. Ictiofauna do rio do Quebra (Antonina, PR, Brasil): Ocupação espacial e hábito alimentar. Interciência, Rio de Janeiro, 28 (3): 168- 173.

Ford, D.; Williams, P. 2007. Karst hydrogeology and geomorphology. Second ed. Chichester: Wiley. 562p.

- Froehlich, O., Cavallaro, M., Sabino, J., Suárez, Y.R., Vilela, M.J.A., 2017. Checklist da ictiofauna do Estado de Mato Grosso do Sul, Brasil. *Iheringia, Série Zoologia*, 107 (supl.): e2017151.
- Fu, H., Zhong, J., Yuan, G., Ni, L., Xie, P., Cao, T. 2014. Functional traits composition predicts macrophytes Community productivity along a water depth gradient in a freshwater lake. *Ecol. Evol.* 9:1516-1523.
- Fugi, R.; Agostinho, A.A.; Hahn, N.S. 2001. Trophic morphology of five benthic-feeding fish species of a tropical floodplain. *Brazilian Journal of Biology*, 61: 27-33.
- Gao, J., P. Zhong, J. Ning, Z. Liu, E. Jeppesen. 2017. Herbivory of omnivorous fish shapes the food web structure of a Chinese tropical eutrophic lake: evidence from stable isotope and fish gut content analyses. *Water* 9: 69.
- Gerking, S. D. 1994. Feeding ecology of fish. San Diego: Academic Press., 416p.
- Gery, J. 1977. Characoids of the World. T.F.H. Publ., Neptune City 672 pp.
- Gomes, J. H. C. 1994. Distribuição, alimentação e período reprodutivo de duas espécies de Tetragonopterinae (Osteichthyes) sintópicas no rio Ubatiba (Maricá, RJ). Tese de Mestrado, UFRJ, Rio de Janeiro, 148 pp.
- Gonçalves, C da S.; Braga, F. M. de S.; Casatti, L. 2018a. Trophic structure of coastal freshwater stream fishes from an Atlantic rainforest: evidence of the importance of protected and forest-covered areas to fish diet. *Environmental Biology of Fishes*, v. 101, n. 6, p. 933–948.
- Gonçalves, C. da S.; C. Cestari. 2018b. Grazing of the lambari fish *Deuterodon iguape* is associated with mouth morphology. *Zoologischer Anzeiger*, 274: 127-130.
- Gracioli, G.; Azevedo, M. A.; Melo, F. A. G. 2003. Comparative Study of the Diet of Glandulocaudinae and Tetragonopterinae (Ostariophysi: Characidae) in a Small Stream in Southern Brazil. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 38(2), 95–103. doi:10.1076/snfe.38.2.95.15932.
- Hahn, N. S.; Pavanelli, C. S.; Okada, E. K. 2000. Dental development and ontogenetic diet shift of *Roeboides paranensis* (Osteichthyes, Characinae) in pools of the upper Rio Parana floodplain (State of Parana, Brazil). *Revista Brasileira de Biologia* 60, 93–99.
- Hellawell, J.; Abel, R. 1971. A rapid volumetric method for the analysis of the food of fishes. *Journal of Fish Biology*. 3, 29-37.
- Hensen, M. C.; Pupo, M.; Silveira, T. C. L. Preferência de habitat do lambari *Hyphessobrycon luetkenii* (Characidae), na Lagoa do Peri, Ilha de Santa Catarina. Em: FREITAS, R. F.; MACHADO, A. M. S.; SILVA, A. L. L. S.; SILVEIRA, T. C. L.; GIEHL, E. L. H. Ecologia de campo: Serra e Litoral Catarinense. PPG Ecologia UFSC. Santa Catarina p. 285-301. 2016.

Hoey, A. S.; Brandl, S. J.; Bellwood, D. R. 2013. Diet and cross-shelf distribution of rabbitfishes (f. Siganidae) on the northern Great Barrier Reef: implications for ecosystem function. *Coral Reefs*, v. 32, n. 4, p. 973–984.

Howard-Williams, C.; Junk, W. J. 1977. The chemical composition of central Amazonian aquatic macrophytes with special reference to their role in the ecosystem. *Hydrobiologia*, v. 79, p. 446–464.

Howes, G. J.; Sanford, C.P.J. 1987. Oral ontogeny of the Ayu, *Plecoglossus altivelis* and comparisons with the jaws of other salmoniform fishes. *Zoological Journal of the Linnean Society* 89: 133–169.

Huyseune, A.; Sire, J.-Y. 1998. Evolution of patterns and processes in teeth and tooth related tissues in nonmammalian vertebrates. *European Journal of Oral Sciences* 106(Suppl. 1): 437–481.

Hyslop, E.J. 1980. Stomach contents analysis – a review of methods and their applications. *Journal of Fish Biology*. 17, 411-429.

Jin, S.; Ibrahim, M.; Muhammad, S.; Khan, S.; Li, G. 2020. Light intensity effects on the growth and biomass production of submerged macrophytes in different water strata. *Arabian Journal of Geosciences* 13: 1-7.

Junk, W.; Bayley, P.B.; Sparks, R.E. 1989. The Flood Pulse Concept in River–Floodplain Systems. In: *Proceedings of the International Large River Symposium (LARS)*. Ontario: Canada Department of Fisheries and Oceans, 110-127.

Junk, W. J.; Cunha, N, Thomaz, S. M.; Agostinho, A. A.; Ferreira, F. A.; Souza-Filho, E. E.; Stevaux, J.C.; Silva, J. C. B.; Rocha, P. C.; Kawakita, K. 2021. Macrohabitat classification of wetlands as a powerful tool for management and protection: the example of the Parana River floodplain, Brazil. *Ecohydrol Hydrobiol* 21:411–424.

Karmann, I.; Sallun Filho, W. 2007. Paisagens subterrâneas do Brasil. *Ciência Hoje*, São Paulo, v. 40, n. 235, p. 18-25.

Kawakami, E.; Vazzoler, G. 1980. Método gráfico e estimativa de índice alimentar aplicado no estudo de alimentação de peixes. *Boletim do Instituto Oceanográfico*. v. 29, n. 2, p. 205-207.

Keppeler, F. W.; Lanés, L. E. K.; Rolon, A. S.; Stenert, C.; Lehmann, P.; Reichard, M., Maltchik, L. 2015. The morphology-diet relationship and its role in the coexistence of two species of annual fishes. *Ecology of Freshwater Fish* 24:77-90.

Klimchouk, A. 1995. Karst morphogenesis in the epikarstic zone. *Cave and Karst Science*, v. 21, n. 2, p. 45–50.

Kuczyńska-Kippen, N.; Joniak, T. 2016. Zooplankton diversity and macrophyte biometry in shallow water bodies of various trophic state. *Hydrobiologia*, 774(1), 39–51.

Lacoul, P.; Freedman. B. 2006. Environmental influences on aquatic plants in 472

freshwater ecosystems. *Environmental Reviews*. 14, 89–136.

Lampert, V. R.; Dias, T. S.; Tondato-Carvalho, K. K.; Fialho, C. B. 2022. The effects of season and ontogeny in the diet of *Piabarchus stramineus* (Eigenmann 1908) (Characidae: Stevardiinae) from southern Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 34.

Leandrini, J. A.; Fonseca, I. A.; Rodrigues, L. 2008. Characterization of habitats based on algal periphyton biomass in the Upper Paraná River floodplain. *Brazilian Journal of Biology*, 68(3), 503–509.

Lima-Junior, S.E.; Goitein, R. 2003. Ontogenetic diet shifts of a Neotropical catfish, *Pimelodus maculatus* (Siluriformes, Pimelodidae): An ecomorphological approach. *Env. Biol. Fish.*, Dordrecht, v. 68, n. 1, p. 73-79.

Lobo, H.A.S.; Zago, S. 2009. Impactos ambientais causados pela música e concentração de pessoas em um evento musical na gruta do Morro Preto (PETAR-SP). In: Congresso Brasileiro de Espeleologia, 30, Montes Claros, Brasil. *Anais do CBE*. 107-112.

Lucena, Z. M.; Lucena, C. A. 1992. Revisão das espécies do gênero *Deuterodon* Eigenmann, 1907 dos sistemas costeiros do sul do Brasil com a descrição de quatro espécies novas (Ostariophysi, Characiformes, Characidae). *Comunicações do Museu de Ciências e Tecnologia da PUCRS, Série Zoologia*, 5(9): 123-168.

Lucena, C. A. S.; Lucena, Z. M. S. 2002. Redefinição do gênero *Deuterodon* Eigenmann (Ostariophysi: Characiformes: Characidae). *Comunicações do Museu de Ciências e Tecnologia da PUCRS, Série Zoologia*; 15: 113-135.

Lukoschek, V.; McCormick, M.I. 2001. Ontogeny of diet changes in a tropical benthic carnivorous fish, *Parupeneus barberinus* (Mullidae): relationship between foraging behaviour, habitat use, jaw size, and prey selection. *Marine Biology* 138: 1099-1113.

Makrakis, M.C.; Nakatani, K.; Bialezki, A.; Sanches, P.V.; Baumgartner, G.; Gomes, L.C. 2005. Ontogenetic shifts in digestive tract morphology and diet of fish larvae of the Itaipu Reservoir, Brazil. *Environ. Biol. Fishes*, 72, 99-107. doi:10.1007/s10641-004-6596-9.

Mazzoni, R.; C.F. Resende. 2003. Seasonal diet shift a tetragonopterinae (Osteichthyes, Characidae) from the Ubatiba river, RJ, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, São Carlos, 63 (1): 69-74.

Mazzoni, R., Nery, L. Iglesias, R.I. 2010. Ecology and ontogeny of feeding habit of *Astyanax janeiroensis* (Osteichthyes, Characidae) from a coastal stream from Southeast Brazil. *Biota Neotrop.*, 10(3), 53 -60.

McCafferty, W. Patrick. 1983. *Aquatic entomology: the fishermen's and ecologists' illustrated guide to insects and their relatives*. Jones & Bartlett Learning.

Ministério do Meio Ambiente (MMA). 1999. *Ações Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade do Cerrado e Pantanal*. Brasília.

Ministério do Meio Ambiente (MMA). 2000. Avaliação e Ações Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade da Mata Atlântica e Campos Sulinos. Brasília: 40p.

Mittelbach, G. G.; Persson, L. 1998. The ontogeny of piscivory and its ecological consequences. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 55, 1454–1465.

Motta, R. L.; Uieda, V. S. 2004. Dieta de duas espécies de peixes do ribeirão do Atalho, Itatinga, SP. *Rev. bras. Zootecias*, v. 6, n. 2, p. 191-205.

Mugnai, R.; Nessimian, J. L.; Baptista, D. F. 2010. Manual de identificação de macroinvertebrados aquáticos do estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: Technical Book.

Murakami, E. A.; Bicudo, D. C.; Rodrigues, L. 2009. Periphytic algae of the Garças Lake, Upper Paraná River floodplain: comparing the years 1994 and 2004. *Brazilian Journal of Biology*, 69(2), 459–468.

Murray, A.M. 2004. Osteology and morphology of the characiform fish *Alestes stuhlmannii* Pfeffer, 1896 (Alestidae) from the Rufiji River basin, East Africa. *Journal of Fish Biology* 65: 1412–1430.

Nakajima, T.; Yue, P. 1995. Morphological changes in development of pharyngeal teeth in *Mylopharyngodon piceus*. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology* 13: 271–277.

Nakazawa, T. 2015. Ontogenetic niche shifts matter in community ecology: a review and future perspectives. *Population Ecology* 57, 347–354.

Neubauer, I. H.; Cetra, M.; Ferreira, F. C.; Souza, U. P. 2020. Dieta de três espécies de Crenuchidae em riachos da bacia do Alto Paranapanema, SP. *Anais do Encontro Nacional de Pós-Graduação*, v. 4, n. 1, p. 254–258.

Noletto, E. V.; Barbosa, M. V. M.; Pelicice, F. M. 2019. Distribution of aquatic macrophytes along depth gradients in Lajeado Reservoir, Tocantins River, Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensia*, v. 31. <https://doi.org/10.1590/S2179-975X9317>.

Novakowski, G. C.; Fugi, R.; Hahn, N. S. 2004. Diet and dental development of three species of *Roeboides* (Characiformes: Characidae). *Neotrop. Ichthyol.* 2, 157–162. (doi:10.1590/S1679-62252004000300008).

Nunes, E.; Luz, C.S.; Anjos, D.T.; Gonçalves, A.C.; Figueriedo, L.A.V.; Zampaulo, R.A. 2008. Inclusão social de portadores de necessidades especiais (PNEs) e a prática do turismo em áreas naturais: Avaliação de seis cavidades turísticas do Estado de São Paulo. *Pesquisas em Turismo e Paisagens Cársticas*, 1(1): 77-88.

Nunn, A.D.; Harvey, J.P.; Cowx, I.G. 2007. The food and feeding relationships of larval and 0+ year juvenile fishes in lowland rivers and connected waterbodies. I. Ontogenetic shifts and interspecific diet similarity. *J. Fish Biol.*, 70(3), 726-742. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2007.01334.x>.

Nunn, A.D.; Tewson, L.H.; Cowx, I.G. 2012. A ecologia de forrageamento de peixes larvais e juvenis. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*. 2012; 22 (2) 377-408. DOI: 10.1007 /s11160-011-9240-8.

Oliveira, G. M. 2001. Lagoa Misteriosa. In: Auler, A.; Rubbioli, É.; Brandi, R. (eds.). *As grandes cavernas do Brasil*. Belo Horizonte: Grupo Bambuí de Pesquisas Espeleológicas, 228p.

Oscóz, J.; Leunda, P.M.; Miranda, R.; Escala, M.C. 2006. Summer feeding relationships of the co-occurring *Phoxinus phoxinus* and *Gobio lozanoi* (Cyprinidae) in an Iberian river. *Folia Zoologica* 55 (4): 418–432.

Pelicice, F. M.; Agostinho, A. A. 2006. Feeding ecology of fishes associated with *Egeria* spp. patches in a tropical reservoir, Brazil. *Ecology of Fresh water Fish*, v. 15, p. 10-19.

Peyer, B. 1968. *Comparative odontology*. Chicago: University of Chicago Press.

Pierini, S.A.; Thomaz, S.M. 2009. Effects of limnological and morphometric factors upon Zmin, Zmax and width of *Egeria* spp. stands in a tropical reservoir. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 52(4), 387-396. <https://doi.org/10.1590/S1516-89132009000200016>.

Pinto, F; Antunes, S. C. 2020. Biomanipulação para o controlo da eutrofização. *Revista de Ciência Elementar*, v. 8, n. 1.

Prance, G. T.; Goulding, M. *The Fishes and the Forest: Explorations in Amazonian Natural History*. *Brittonia*, v. 33, n. 2, p. 257, 1981.

Quirino, B. A.; Carniatto, N.; Gaiotto, J. V.; Fugi, R. 2015. Seasonal variation in the use of food resources by small fishes inhabiting the littoral zone in a Neotropical floodplain lake. *Aquatic ecology*, v. 49, n. 4, p. 431-440.

Quirino, B.A.; Carniatto, N.; Guglielmetti, R.; Fugi, R. 2017. Changes in diet and niche breadth of a small fish species in response to the flood pulse in a Neotropical floodplain lake. *Limnologica* 62, 126–131. <https://doi.org/10.1016/j.limno.2016.10.005>.

Rao, W.; J. Ning, P.; Zhong, E.; Jeppesen, Z. Liu. 2015. Size-dependent feeding of omnivorous Nile tilapia in a macrophyte-dominated lake: implications for lake management. *Hydrobiologia* 749: 125–134.

Righi-Cavallaro, K.O.; Pereira, T. N. A.; Cavallaro, M.R. 2015. Stomach content analysis of '*Deuterodon*' species (Eigenmann, 1907), a lambari genus from the Atlantic Forest. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, v. 5, p. 192-198.

Röpke, C. P.; Ferreira, E.; Zuanon, J. 2014. Seasonal changes in the use of feeding resources by fish in stands of aquatic macrophytes in an Amazonian floodplain, Brazil. *Environmental biology of fishes*, v. 97, n. 4, p. 401-414.

Rørslett, B. 1991. Principal determinants of aquatic macrophyte richness in northern European lakes. *Aquat. Bot.* 39 (1–2), 173–193.

- Sabo, J. L.; Gerber, L. R. 2014. Trophic ecology. Access Science.
- Sabino, J.; R. M. C. Castro. 1990. Alimentação, período de atividade e distribuição espacial dos peixes de um riacho da Floresta Atlântica (Sudeste do Brasil). *Revista Brasileira de Biologia*, São Carlos, 50 (1): 23-36.
- Sabino, J.; Silva, C.P.D. 2004. História Natural de Peixes da Estação Ecológica Juréia-Itatins. In: Estação Ecológica Juréia-Itatins: Ambiente, flora e fauna. O.A.V. Marques W. Duleba (eds.). Holos Editora. Ribeirão Preto, São Paulo, p.230-242.
- Sacol-Pereira, A. 2008. Variação sazonal e estrutura trófica da assembléia de peixes do delta do rio Jacuí, RS, Brasil.
- Sallun Filho, W.; Karmann, I. 2007. Geomorphological map of the Serra da Bodoquena karst, West-Central Brazil. *Journal of maps*, p. 282-295.
- Sallun Filho, W.; Karmann, I.; Lobo, H. A. S. 2010 Cavernas na Serra da Bodoquena. *O Carste*, v. 22, n. 2, p.27-33.
- Sánchez-Botero, J. I.; Pellegrini Caramaschi, E.; Sequeira Garcez, D. 2008. Spatiotemporal variation in fish assemblage in a coastal lagoon without direct contact with the sea (southeastern Brazil). *Journal of Coastal Research*, (24 (10024)), 225-238.
- Sanchez-Hernández, J.; Cobo, F. 2012. Ontogenetic dietary shifts and food selection of endemic *Squalius carolitertii* (Actinopterygii: Cypriniformes: Cyprinidae) in river Tormes, Central Spain, in summer. *Acta Ichthyologica et Piscatoria* 42, 101–111.
- Sanchez-Hernández, J. Cobo, F. 2018. Modelling the factors influencing ontogenetic dietary shifts in stream-dwelling brown trout (*Salmo trutta* Linnaeus, 1758). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 75, 590–599.
- Sarvala, J.; Helminen, H.; Heikkilä, J. 2020. Invasive submerged macrophytes complicate management of a shallow boreal lake: a 42-year history of monitoring and restoration attempts in Littoistenjärvi, SW Finland. *Hydrobiologia* (in press). doi: 10.100/s10750-020- 04318-7.
- Savino, J. F.; Stein, R. A. 1989. Behavioural interactions between fish predators and their prey: effects of plants density. *Animal Behaviour*. 37, 311-321.
- SBE Sociedade Brasileira de Espeleologia. Lista dos maiores desníveis da Sociedade Brasileira de Espeleologia. 2019. Disponível em: [http://www.sbe.com.br/cavernas\\_maiores.asp](http://www.sbe.com.br/cavernas_maiores.asp). Acessado em: 31 de março de 2021.
- Scaleante, J.A.B. 2005. Uso de cavernas como produto turístico. In: Trigo, L.G.G., Panosso Neto, A., Carvalho, M.A., Pires, P.S. (eds.) *Análises regionais e globais do turismo brasileiro*. Roca, São Paulo.
- Scheffer, M.; Hosper, S. H.; Meijer, M-L; Moss, B.; Jeppesen, E. 1993. Alternative equilibria in shallow lakes. *Trends in Ecology and Evolution*, v. 8, n. 8, p. 275–279.

- Scheffer, M.; van Nes, E.H. 2007. Shallow lakes theory revisited: various alternative regimes driven by climate, nutrients, depth and lake size. In: Gulati, R.D., Lammens, E.,
- Scheffler, S. M.; Silva, W. M. D; Pellin, A.; Duleba, S., Pellin, A. 2019. Floração de algas na Cavidade Natural Lagoa Misteriosa (MS 043), Jardim, MS, Brasil: uma análise integrada de dados físico-químicos, biológicos e climatológicos. TERR@ PLURAL (UEPG. ONLINE), v. 13, p. 400-420.
- Schellekens, T.; De Roos, A. M.; Persson, L. 2010. Ontogenetic diet shifts result in niche partitioning between two consumer species irrespective of competitive abilities. *The American Naturalist* 176, 625–637.
- Severo-Neto, F.; Brejão, G. L.; Casatti, L. 2023. Fish functional trophic groups in headwater karst streams from the Upper Paraguay River basin. *Neotrop Ichthyol.* 21(1):e220103. <https://doi.org/10.1590/1982-0224-2022-0103>.
- Silva, A. M.; Nalon, M. A.; Kronka, F. J. N.; Alvares, C.A.; Camargo, P. B.; Martinelli, L. A. 2007. Historical land-cover/use in different slope and riparian buffer zones in 110 watersheds of the State of São Paulo, Brazil. *Scientia Agricola, Piracicaba*, v. 64, n. 4, p. 325- 335.
- Silva J. C.; R. L. Delariva; K. O. Bonato. 2012. Food-resource partitioning among fish species from a first-order stream in northwestern Paraná, Brazil. *Neotropical Ichthyology*, 10: 389-399.
- Sire, J. Y.; Davit-Beal, T.; Delgado, S.; Van der Heyden, C.; Huysseune, A. 2002. First generation teeth in nonmammalian lineages: evidence for a conserved ancestral character? *Microscopy Research and Technique*. 59: 408–434.
- Soneira, P.A.; Ruíz Díaz, F. J.; Bechara, J.A.; Alimirón, A; Casciotta, J.R. 2006. Hábitos tróficos de las especies del genero *Hyphessobrycon* (Characidae) en los Esteros del Iberá. *Comunicaciones Científicas y Tecnológicas, Universidad Nacional del Nordeste, Argentina*. 4 p.
- Takeda, A. M.; Shimizu, G. Y.; Higuti, J. 1997. Variações espaço-temporais da comunidade zoobêntica. A planície de inundação do alto rio Paraná. 157-177.
- Tonella, L. H.; Dias, R. M.; Vitorino, O. B.; Fugi, R.; Agostinho, A. A. 2019. Conservation status and bio-ecology of *Brycon orbignyanus* (Characiformes: Bryconidae), an endemic fish species from the Paraná River basin (Brazil) threatened with extinction. *Neotropical Ichthyology* 17(3) <https://doi.org/10.1590/1982-0224-20190030>.
- Teruya-Junior, H. 2011. Diagnóstico Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Formoso, MS. Campo Grande. [Dissertação de mestrado em Tecnologias Ambientais] Campo Grande: Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.
- Thomaz, S. M.; Dibble, E. D.; Evangelista, L. R.; Higuti, J.; Bini, L. M. 2008. Influence of aquatic macrophyte habitat complexity on invertebrate abundance and richness in tropical lagoons. *Freshwater Biology*, 53(2), 358–367.

Toffoli, R.M., Hahn, N. S. Alves, G.H.Z.; Novakowski, G. C. 2010. Uso do alimento por duas espécies simpátricas de *Moenkhausia* (Characiformes, Characidae) em um riacho da Região Centro-Oeste do Brasil. *Iheringia, Série. Zoologia*, 100(3), 201-206. <http://dx.doi.org/10.1590/s0073-47212010000300003>.

Tundisi, J. G.; Matsumura-Tundisi, T. 2008. *Limnologia*. São Paulo: Oficina de Textos.

Vitule, J. R. S.; J. M. R. Aranha. 2002. Ecologia alimentar do lambari, *Deuterodon langei* Travassos, 1957 (Characidae, Tetragonopterinae), de diferentes tamanhos em um riacho da floresta Atlântica, Paraná (Brasil). *Acta Biologica Paranaense*, 31(1,2,3,4): 137-150.

Vitule, J. R. S.; M. R. Braga, J. M. R. Aranha. 2008. Ontogenetic, spatial and temporal variations in the feeding ecology of *Deuterodon langei* Travassos, 1957 (Teleostei: Characidae) in a Neotropical stream from the Atlantic rainforest, southern Brazil. *Neotropical Ichthyology*, 6(2): 211-222.

Wainwright, P. C.; Richard, B. A. 1995. Predicting patterns of prey use from morphology of fishes. *Environmental Biology of Fishes*. 44:97-113.

Weiss, F. E. 2013. Sistemática e taxonomia de *Hyphessobrycon luetkenii* (Boulenger, 1887) (Characiformes: Characidae). Tese (Doutorado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 211 p.

Welcomme, R.L. River Fisheries. 1985. FAO Fish. Tech. Pap., Rome, v. 262, p. 1-330.

Werner, E. E.; Gilliam, J. F. 1984. The ontogenetic niche and species interactions in size-structured populations. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 15, 393–425

Werner, E. E. 1986. Species interactions in freshwater fish communities. In *Community Ecology* (eds J. Diamond and T. J. Case), pp. 344–358. Harper and Row, New York, NY.

Winemiller, K.O. 1989. Ontogenetic diet shifts and resource partitioning among piscivorous fishes in the Venezuelan llanos. *Environ. Biol. Fishes*, 26, 177-199. DOI:10.1007/BF00004815

Wolff, L. L.; V. Abilhoa.; F. S. A. Rios.; L. Donatti. 2009. Spatial, seasonal and ontogenetic variation in the diet of *Astyanax aff. Fasciatus* (Ostariophysi: Characidae) in an Atlantic forest river, southern Brazil. *Neotropical Ichthyology*, 7(2): 257-266.

Wolff, L.L.; Carniatto, N.; Hahn, N.S. 2013. Longitudinal use of feeding resources and distribution of fish trophic guilds in a coastal Atlantic stream, southern Brazil. *Neotropical Ichthyology*, 11: 375-386.

Wolff, L. L.; de Oliveira, E. F.; Lobón-Cerviá, J. 2023. Linking fish ecomorphotypes to food categories and local-sacle habitat uses along a Brazilian coastal stream. *Ecology of Freshwater Fish*, 32(1), 195-208.

Yofukuji K. Y.; Cardozo A. L. P.; Quirino, B. A. et al. 2021. Macrophyte diversity alters invertebrate community and fish diet. *Hydrobiologia* 848:1–15. <https://doi.org/10.1007/s10750-020-04501-w>.

Zhao, T.; Villéger, S.; Lek, S.; Cucherousset, J.; 2014. High intraspecific variability in the functional niche of a predator is associated with ontogenetic shift and individual specialization. *Ecology and Evolution*, 4(24), pp.4649–4657.