



MIRELLA BISSO ALONSO

**ASPECTOS POPULACIONAIS E DIETA NATURAL DO
CAMARÃO *MACROBRACHIUM AMAZONICUM*
(DECAPODA: PALAEMONIDAE) NA REPRESA DO FUNIL
(MG, BRASIL)**

**LAVRAS – MG
2022**

MIRELLA BISSO ALONSO

**ASPECTOS POPULACIONAIS E DIETA NATURAL DO CAMARÃO
MACROBRACHIUM AMAZONICUM (DECAPODA: PALAEMONIDAE)
NA REPRESA DO FUNIL (MG, BRASIL)**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aplicada, área de concentração em Ecologia e Conservação de Recursos em Paisagens Fragmentadas e Agrossistemas para a obtenção do título de Mestre

Profa. Dra. Alessandra Angelica de Padua Bueno
Orientadora

**LAVRAS – MG
2022**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Alonso, Mirella Bisso.

Aspectos populacionais e dieta natural do camarão
Macrobrachium amazonicum (Decapoda: Palaemonidae) na represa
do Funil (MG, Brasil) / Mirella Bisso Alonso. - 2022.
70 p. : il.

Orientador(a): Alessandra Angelica de Padua Bueno.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de
Lavras, 2022.

Bibliografia.

1. Camarão. 2. População. 3. Alimentação. I. Bueno,
Alessandra Angelica de Padua. II. Título.

MIRELLA BISSO ALONSO

**ASPECTOS POPULACIONAIS E DIETA NATURAL DO CAMARÃO
MACROBRACHIUM AMAZONICUM (DECAPODA: PALAEMONIDAE) NA
REPRESA DO FUNIL (MG, BRASIL)**

**POPULATION ASPECTS AND NATURAL DIET OF SHRIMP *MACROBRACHIUM
AMAZONICUM* (DECAPODA: PALAEMONIDAE) IN FUNIL DAM (MG/BRASIL)**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aplicada, área de concentração em Ecologia e Conservação de Recursos em Paisagens Fragmentadas e Agrossistemas para a obtenção do título de Mestre

APROVADA EM 25 de NOVEMBRO de 2022.

Dr. Paulo dos Santos Pompeu, UFLA

Dr. Emerson Contreira Mossolin, UFCAT

Profa. Dra. Alessandra Angelica de Padua Bueno
Orientadora

**LAVRAS – MG
2022**

AGRADECIMENTOS

A Deus, Autor e Consumador da minha fé, o meu maior agradecimento. Obrigada meu Deus por todas as bênçãos derramadas diariamente sobre a minha vida e por ter me permitido concretizar mais este sonho.

Ao meu eterno amor: Maria Helena (*in memorian*). Mãezinha te perder esse ano foi a maior dor que eu já senti em toda a minha vida. Mas sempre te levo comigo em meu coração e nas minhas lembranças. Obrigada por todo amor, ensinamentos e por ter sempre acreditado e torcido por mim. Tudo que sou hoje devo a senhora. Te amarei eternamente.

Ao meu pai. Obrigada paizinho por ter me criado com tanto amor e carinho. Obrigada por todo cuidado e amor depositados a mim. Obrigada por estar comigo.

Aos meus irmãos: Maraísa, Marlon e Mariana, por serem os melhores irmãos do mundo, por todo apoio, força e companheirismo. Obrigada por sempre estarem comigo.

Ao meu companheiro: Gilson. Obrigada Gilsinho, por todo apoio, confiança, conselhos e carinho. Obrigada por tantos momentos maravilhosos que compartilhamos juntos. Obrigada por compartilhar a vida comigo.

Aos meus amados sobrinhos: Eulino Tércio, Michel e Melissa. Vocês me ensinam o amor todos os dias. O amor sem hipocrisia, o doar-se sem esperar nada em troca.

Aos meus cunhados (e irmãos): Eulino e Alfredo, por todos os conselhos, ajuda e apoio ao longo da minha jornada.

Aos meus avós: Maria Roma, Faustino (*in memorian*), Maria Conceição (*in memorian*) e Mário (*in memorian*), por todo amor. Em especial, a minha amada vizinha Roma, muito obrigada por todo amor, carinho e por tantos conselhos.

A professora Alessandra, Ale muito obrigada por esses anos de orientação e por ser uma mãezona para todos os seus alunos. Muito obrigada por toda paciência, carinho e ensinamentos.

Ao laboratório de Limnologia e Carcinologia pela amizade e parceria. Em especial a Lud e a Ray, por tanto apoio e ajuda ao longo desses anos, e a Nat e a Mari por terem me permitido participar de seus projetos de iniciação científica. Muito obrigada pessoal, nosso laboratório é uma grande família. Nunca me esquecerei de vocês, principalmente por terem me ajudado tanto no período que perdi minha mãe e ainda tinha que terminar de triar as amostras.

Aos professores Paulo e Emerson por terem aceitado compor minha banca de defesa da dissertação. Muito obrigada pela disponibilidade e contribuições.

A UFLA, em especial ao departamento de Ecologia e Conservação, pela oportunidade.

A Capes pela bolsa concedida.

MUITO OBRIGADA!

RESUMO

A espécie *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) é endêmica da América do Sul e se estende da Venezuela e Argentina. O objetivo do presente trabalho foi avaliar os aspectos populacionais do *Macrobrachium amazonicum* na represa do Funil, localizada na cidade de Ijaci (MG, Brasil). As coletas foram realizadas mensalmente de abril de 2021 a março de 2022. O esforço amostral foi de 30 minutos, onde uma pessoa passava uma peneira, em movimento ascendente, ao longo da vegetação marginal. Após a coleta dos camarões, foi feita a medição das variáveis físico-químicas: temperatura, pH, oxigênio dissolvido e condutividade. As fêmeas ovígeras coletadas foram individualizadas e todos os camarões foram congelados em uma bolsa térmica com gelo até o transporte ao laboratório de Limnologia e Carcinologia da Universidade Federal de Lavras (UFLA). No laboratório, os indivíduos foram armazenados em álcool 70% até as análises posteriores. Os indivíduos foram sexados e medidos quanto ao comprimento do cefalotórax. Posteriormente foram classificados em quatro classes demográficas (Machos, Fêmeas, Fêmeas ovígeras e Juvenis). Os ovos foram retirados do abdômen das fêmeas e contados sob uma lupa. Os estômagos dos camarões foram retirados para a identificação dos itens alimentares. Para avaliar a relação entre as variáveis físico-químicas (temperatura, pH, condutividade e oxigênio dissolvido) e as classes demográficas foi realizada uma análise de componentes principais (PCA). A correlação de Pearson foi utilizada para avaliar se há relação entre as variáveis. O modelo linear generalizado (GLM) foi realizado para avaliar se há relação entre a abundância dos indivíduos e as variáveis físico-químicas e para avaliar se há diferença entre a abundância de indivíduos entre as classes demográficas. A fecundidade das fêmeas foi determinada pela seguinte fórmula: número de ovos/abundância das fêmeas. A variável condutividade apresentou correlação negativa com a abundância de indivíduos e as demais variáveis não tiveram correlação estatisticamente significativa. As fêmeas ovígeras e não ovígeras foram os indivíduos com maior comprimento do cefalotórax da população e a maior abundância foi observada nos machos. As fêmeas ovígeras estiveram presentes em 10 dos 12 meses de coleta, apresentando uma reprodução contínua, o pico de fêmeas ovígeras e ovos foi observada entre os meses de setembro e outubro de 2021. A dieta dos camarões foi bem diversificada e os itens mais comuns foram matéria orgânica digerida, exoesqueleto de insetos, microplásticos e fragmentos vegetais. De forma geral, foi observado na população estudada no presente trabalho algumas semelhanças às outras populações em outras regiões como, por exemplo, reprodução contínua com um pico nos meses com temperaturas mais elevadas e o hábito alimentar onívoro. Entretanto, algumas diferenças também foram observadas como, por exemplo, as fêmeas serem maiores que os machos e os machos serem os indivíduos mais abundantes na população. Esses resultados irão auxiliar na compreensão da ampla plasticidade da espécie, principalmente em regiões onde ainda há poucos estudos sobre a mesma, como é o caso da região sul de Minas Gerais.

Palavras-chave: Abundância. Variáveis físico-químicas. Fecundidade. Alimentação. Onívoro.

Abstract

The species *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) is endemic to South America and extends from Venezuela and Argentina. The objective of the present work was to evaluate the population aspects of *Macrobrachium amazonicum* in the Funil dam, located in the city of Ijaci (MG, Brazil). The collections were carried out monthly from April 2021 to March 2022. The sampling effort was 30 minutes, where a person passed a sieve, in an upward movement, along the marginal vegetation. After collecting the shrimp, the physicochemical variables were measured: temperature, pH, dissolved oxygen and conductivity. The ovigerous females collected were individualized and all shrimp were frozen in a thermal bag with ice until transport to the Limnology and Carcinology laboratory at the Federal University of Lavras (UFLA). In the laboratory, subjects were stored in 70% alcohol until further analysis. Individuals were sexed and measured for cephalothorax length. Subsequently, they were classified into four demographic classes (Males, Females, Ovigerous Females and Juveniles). Eggs were removed from the females' abdomen and counted under a magnifying glass. Shrimp stomachs were removed to identify food items. To evaluate the relationship between the physicochemical variables (temperature, pH, conductivity and dissolved oxygen) and the demographic classes, a principal component analysis (PCA) was performed. Pearson's correlation was used to assess whether there is a relationship between the variables. The generalized linear model (GLM) was performed to assess whether there is a relationship between the abundance of individuals and the physicochemical variables and to assess whether there is a difference between the abundance of individuals between demographic classes. The fecundity of females was determined by the following formula: amount of eggs/abundance of females. The conductivity variable showed a negative correlation with the abundance of individuals and the other variables had no statistically significant correlation. Ovigerous and non-ovigerous females were the individuals with the longest cephalothorax length in the population and the highest abundance was observed in males of the population. Ovigerous females were present in 10 of the 12 months of collection, showing continuous reproduction, the peak of ovigerous females and eggs was observed between the months of September and October 2021. The shrimp diet was well diversified, and the most common items were digested organic matter, insect exoskeletons, microplastics and plant fragments. In general, it was observed in the population studied in the present work some similarities to other populations in other regions, such as continuous reproduction with a peak in the months with higher temperatures and omnivorous feeding habits. However, some differences were also observed, such as females being larger than males and males being the most abundant individuals in the population. These results will help to understand the wide plasticity of the species, especially in regions where there are still few studies about it, as is the case of the southern region of Minas Gerais.

Keywords: Abundance. Physicochemical variables. Fecundity. Feeding. Omnivorous.

SUMÁRIO

Introdução geral.....	8
Referencial teórico.....	9
REFERÊNCIAS.....	12
Artigo 1.....	14
Aspectos populacionais do camarão <i>Macrobrachium amazonicum</i> (Decapoda:Palaemonidae) na represa do Funil (MG, Brasil).....	14
1 Introdução.....	17
2 Materiais e métodos.....	19
3 Resultados.....	22
4 Discussão.....	31
5 REFERÊNCIAS.....	35
Artigo 2.....	38
Dieta natural do camarão <i>Macrobrachium amazonicum</i> (Decapoda: Palaemonidae) na represa do Funil (Minas Geras, Brasil).....	38
1 Introdução.....	41
2 Materiais e métodos.....	42
4 Resultados.....	47
4 Discussão.....	63
5 REFERÊNCIAS.....	66

Introdução geral

O objetivo do presente trabalho foi avaliar os aspectos populacionais e a dieta natural da espécie *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) visando contribuir para o conhecimento da biologia e ecologia da espécie no estado de Minas Gerais. As coletas foram realizadas mensalmente de abril de 2021 a março de 2022 na represa do Funil, na cidade de Ijaci, Minas Gerais. Os resultados obtidos foram divididos em dois capítulos os quais foram escritos no formato de artigo.

No primeiro artigo foram avaliados os aspectos populacionais dos camarões. Avaliamos se há relação entre as variáveis físico-químicas (temperatura, pH, condutividade e oxigênio dissolvido) com a abundância das classes demográficas (machos, fêmeas, fêmeas ovígeras e juvenis). Também foi avaliada a fecundidade das fêmeas ovígeras. No segundo artigo foi analisada a dieta natural dos camarões. Avaliamos se há diferença na alimentação entre as estações do ano e entre as classes demográficas.

Esperamos que os resultados desse trabalho auxiliem no conhecimento a respeito da dinâmica das populações de *Macrobrachium amazonicum* no estado de Minas Gerais, principalmente levando em consideração o número baixo de trabalhos realizados com essa espécie no estado. O conhecimento da biologia e ecologia da população auxilia no desenvolvimento de programas para a preservação de espécies nativas.

Referencial teórico

A espécie *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) é um camarão carídeo endêmico da América do Sul que possui distribuição natural nas bacias do rio Amazonas (região norte e centro-sul do Brasil), rio Orinoco (Venezuela e Colômbia), rio Paraguai e Alto Paraná (BIALETZKI ET AL.,1997; CALIXTO-CUNHA ET AL.,2021). Além disso, acredita-se que esta espécie se dispersou entre as bacias paleolíticas após eventos geológicos o que possibilitou a ampliação de sua área de ocorrência (MAGALHÃES ET AL.,2005). Quando consideramos a região do Alto Paraná brasileiro, a expansão natural de *Macrobrachium amazonicum* seria impedida devido à existência das Cataratas do Guaíra, bem como a sua dispersão para as nascentes, afluentes a leste do rio Paraguai e afluentes a oeste do alto rio Paraná, em função da elevação da Serra de Maracaju em meados do Plioceno (MAGALHÃES ET AL.,2005; CALIXTO-CUNHA ET AL.,2021). Porém, a construção da usina hidrelétrica de Itaipu inundou a região das Cataratas do Guaíra em 1982 e, conseqüentemente, removeu a barreira natural e, provavelmente, permitiu a expansão da espécie *Macrobrachium amazonicum* na região do alto rio Paraná, o que explica a ocorrência da mesma nos estados de São Paulo e Minas Gerais (MAGALHÃES ET AL.,2005; CALIXTO-CUNHA ET AL.,2021). Além disso, também existe a possibilidade de introdução acidental da espécie nessa região por volta da década de 1970, onde os camarões foram transportados juntamente com o peixe amazônico *Plagioscion squamosissimus* (Heckel, 1840) para estações de aquicultura da Companhia Energética de São Paulo (MAGALHÃES ET AL.,2005; CALIXTO-CUNHA ET AL.,2021).

Devido a essa ampla faixa ambiental ocupada pela espécie *Macrobrachium amazonicum* ao longo de sua história evolutiva resultou em uma elevada plasticidade fenotípica e variabilidade genética entre os indivíduos da espécie (MACIEL;VALENTI, 2009; VERGAMINI; PILEGGI; MANTELATTO, 2011; PANTALEÃO; HIROSE; COSTA, 2012). Por exemplo, os indivíduos do sexo masculino apresentam variações no comprimento total e no comprimento da carapaça dependendo da região e ambiente em que ocorrem (MORAES-VALENTI; VALENTI, 2010). As populações costeiras tendem a ter indivíduos com comprimento maior (entre 10 e 16 cm) do que as populações continentais (~5 cm). Além disso, os machos da espécie *Macrobrachium amazonicum* também apresentam morfotipos masculinos (Transparent Claw – TC; Cinnamon Claw – CC; Green Claw 1 – GC1 e Green

Clawn 2 – GC2) (MORAES-VALENTI; VALENTI, 2010). Em estudos realizados no rio Araguari (MG), foi observado populações compostas apenas por machos de morfotipo TC (SILVA; JACOBUCCI; MOSSOLIN, 2017; COSTA-SILVA ET AL.,2019). Já em estudos no rio Grande (MG) foi observado tanto populações que apresentavam machos dos quatro morfotipos quanto populações com somente machos TC (PASCHOAL; ZARA, 2018,2019,2020). Apesar dos rios Araguari e Grande serem ligados pelo rio Paranaíba e pertencem a bacia do rio Paraná, eles possuem populações de *Macrobrachium amazonicum* com características distintas (CALIXTO-CUNHA ET AL.,2021).

Devido a ampla área de ocorrência, ciclo de vida e tamanho dos indivíduos, três fenótipos são reconhecidos para a espécie *Macrobrachium amazonicum*: populações anfídromas com morfotipos masculinos; populações hololimnéticas com morfotipos masculinos e populações hololimnéticas sem morfotipos masculinos (PASCHOAL; ZARA, 2018,2019,2020). Todas essas populações diferem entre si quanto a características fisiológicas (HAYD;ANGER, 2013), morfológicas (MACIEL;VALENTI, 2009) e reprodutivas (MACIEL;VALENTI, 2009; PILEGGI;MANTELATTO, 2010).

Devido a essa elevada variação nas características das populações que ocorrem em diferentes ambientes, os estudos de dinâmica populacional são importantes na compreensão da história de vida das espécies e também auxiliam no entendimento da plasticidade da espécie *Macrobrachium amazonicum* em seus diversos habitats de ocorrência. Além disso, esses estudos fornecem informações a respeito da relação da espécie com o ambiente e a sua estabilidade nos mesmos e, dessa forma, auxilia no desenvolvimento de subsídios para a conservação da biodiversidade nativa (MANTELATTO; BARBOSA, 2005).

Além disso, a manutenção das populações em seus ambientes naturais depende de alguns fatores essenciais como, por exemplo, a disponibilidade de alimentos. Existem poucos estudos que avaliam a dieta natural das espécies de *Macrobrachium*, principalmente no estado de Minas Gerais, a maioria dos trabalhos sobre o tema são relacionados a carcinologia (KULKA, 2009; MELLO;NAKAGAKI, 2013). Os trabalhos desenvolvidos identificaram esses camarões como onívoros, devido a grande variedade de itens alimentares encontrados nos estômagos dos indivíduos. Destacamos a importância de estudos de dinâmica

populacional e hábitos alimentares naturais da espécie *Macrobrachium amazonicum* para a contribuição do entendimento da biologia e ecologia da espécie e do gênero.

REFERÊNCIAS

- BIALETZKI, A., et al. **Occurrence of *Macrobrachium amazonicum* (heller) (Decapoda, palaemonidae) in leopoldo's inlet (ressaco do leopoldo), upper Paraná River, porto rico, Paraná, Brasil (Guajará Bay, Belém, Pará).** Braz.J.Biol. 71, 925 – 935, 1997.
- VERGAMINI, F.; PILEGGI, L.; MANTELATTO, F. **Genetic variability of the Amazon River prawn *Macrobrachium amazonicum* (Decapoda, caridea, palaemonidae).** Contrib. Zool. 80, 67 -83, 2011.
- PANTALEÃO, J. A. F.; HIROSE, G. L.; COSTA, R. C. **Relative growth, morphological sexual maturity, and size of *Macrobrachium amazonicum* (Heller 1862) (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae) in a population with an entirely freshwater life cycle.** Invertebr. Reprod. 56, 37-41. 2012.
- MORAES-VALENTI, P.; VALENTI, W. C. **Culture of the Amazon River prawn *Macrobrachium amazonicum*.** In: New, M., et al. **Freshwater prawns – biology and farming.** Wiley, Chichester, UK, 485 – 501. 2010.
- SILVA, R.; JACOBUCCI, G. B.; MOSSOLIN, E. **Reproductive biology of *Macrobrachium amazonicum* (heller, 1862) (Decapoda: palaemonidae) in a reservoir situated in Minas Gerais state, southeastern Brazil.** Latin Am. J. Aqua. Res. 45, 776 – 786. 2017.
- COSTA-SILVA, R. et al. **Population structure of *Macrobrachium amazonicum* (heller, 1862) (Decapoda: palaemonidae) in Miranda hydroelectric plant reserviorm, Araguari River, Minas Gerais, Brazil.** Acta Limnol. Bras. 31, e14. 2019.
- PASCHOAL, L. R. P.; ZARA, F. J. **Sperm count of *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) populations with distinct life histories, with introduction of a simple counting method.** Aquaculture. 491, 368 – 374. 2018.
- PASCHOAL, L. R. P.; ZARA, F. J. **The androgenic gland in male morphotypes of the Amazon River prawn *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862).** Gen. Comp. Endocrinol. 275, 6 – 14. 2019.
- PASCHOAL, L. R. P.; ZARA, F. J. **Size at onset of sexual maturity in *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) phenotypes: an integrative approach.** Anais da Academia Brasileira de Ciência [online]. 92 (Suppl, 2), e20180560. 2020.
- PILEGGI, L. G.; MANTELATTO, F. L. **Molecular phylogeny of the freshwater prawn genus *Macrobrachium* (Decapoda, Palaemonidae), with emphasis on the relationships among selected American species.** Invertebr. Systemat. 24, 194 – 208. 2010.
- CALIXTO-CUNHA, M. et al. **Genetic and phenotypic variability in populations of the *Macrobrachium amazonicum* complex: New findings to the upper Paraná Hydrographic Basin.** Zoologischer Anzeiger. 293, 26 – 36. 2021.

KULKA, D. D. **Saberes locais sobre o camarão *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) (Decapoda, Palaemonidae) no Povoado de Porto Alegre, Bahia, Brasil.** Anais do IX Congresso de Ecologia do Brasil, São Lourenço-MG, 2009.

MACIEL, C. R.; VALENTI, Wagner. C. **Biology, fisheries, and aquaculture of the amazona river prawn *Macrobrachium amazonicum*: a review.** Nauplius, 17(2):61-79, 2009.

MAGALHÃES, C., et al. **Exoticspecies of freshwater decapod crustaceans in the state of São Paulo, Brazil:records and possible causes of their introduction.** Biodiversity and Conservation, v. 14, p. 1929-1945, 2005.

MORAES-VALENTI, P., et al. **Effect of density on population development in the Amazon River prawn *Macrobrachium amazonicum*.** Aquatic Biology, v. 9, p. 291–301, 2010.

Artigo 1

Norma NBR 6022 (ABNT 2018)

Aspectos populacionais do camarão
Macrobrachium amazonicum
(Decapoda:Palaemonidae) na represa
do Funil (MG, Brasil)

RESUMO

A espécie *Macrobrachium amazonicum* é o principal camarão de água doce explorado comercialmente no Brasil pela pesca artesanal na região amazônica, principalmente nos estados do Pará e Amapá onde ocorre elevado consumo do camarão, e região nordeste. Portanto, o maior número de pesquisas desenvolvidas com os camarões da espécie *Macrobrachium amazonicum* se concentram na região norte do país. Poucos estudos são desenvolvidos na região sudeste do país e maioria dos estudos foram feitos no estado de São Paulo. O objetivo do presente trabalho foi avaliar aspectos populacionais do camarão *Macrobrachium amazonicum* na represa do Funil (Minas Gerais, Brasil). As amostragens foram feitas de abril de 2021 a março de 2022. Os camarões foram coletados ao longo da vegetação marginal com o auxílio de uma peneira. Após a coletados exemplares, foi realizada a medição das variáveis físico-químicas (temperatura, pH, condutividade e oxigênio dissolvido). As fêmeas ovígeras foram individualizadas e todos os camarões foram congelados até o transporte para o Laboratório de Limnologia e Carcinologia da Universidade Federal de Lavras. No laboratório, os indivíduos foram sexados, medidos quanto ao comprimento do cefalotórax e os ovos das fêmeas foram retirados e contados. Foram coletados 743 indivíduos, dos quais 343 eram machos, 286 eram fêmeas, 60 eram juvenis e 54 eram fêmeas ovígeras. A variável condutividade apresentou correlação negativa com a abundância de indivíduos e as demais variáveis não tiveram correlação estatisticamente significativa. As fêmeas ovígeras e não ovígeras foram os indivíduos com maior comprimento do cefalotórax da população e a maior abundância foi observada nos machos. As fêmeas ovígeras estiveram presentes em 10 dos 12 meses de coleta, apresentando uma reprodução contínua, o pico de fêmeas ovígeras e ovos foi observada entre os meses de setembro e outubro de 2021. De forma geral, foi observado na população estudada no presente trabalho algumas semelhanças às outras populações em outras regiões como, por exemplo, reprodução contínua com um pico nos meses com temperaturas mais elevadas. Entretanto, algumas diferenças também foram observadas como, por exemplo, as fêmeas serem maiores que os machos e os machos serem os indivíduos mais abundantes na população. Esses resultados auxiliarão na compreensão da ampla plasticidade da espécie, principalmente em regiões onde ainda há poucos estudos sobre a mesma, como é o caso da região sul de Minas Gerais.

Palavras-chave: Abundância. Condutividade. Temperatura. Fecundidade.

Abstract

The species *Macrobrachium amazonicum* is the main freshwater shrimp commercially exploited in Brazil by artisanal fisheries in the Amazon region, mainly in the states of Pará and Amapá where there is a high consumption of shrimp, and the northeast region. Therefore, the largest number of research carried out with shrimp of the species *Macrobrachium amazonicum* is concentrated in the northern region of the country. Few studies are carried out in the southeastern region of the country and most studies were carried out in the state of São Paulo. The objective of the present work was to evaluate population aspects of the shrimp *Macrobrachium amazonicum* in the Funil reservoir (Minas Gerais, Brazil). Sampling was carried out from April 2021 to March 2022. Shrimp were collected along the marginal vegetation with the aid of a sieve. After collecting specimens, the measurement of physicochemical variables (temperature, pH, conductivity and dissolved oxygen) was performed. The ovigerous females were individualized and all shrimp were frozen until transport to the Laboratory of Limnology and Carcinology at the Federal University of Lavras. In the laboratory, the individuals were sexed, measured for the length of the cephalothorax and the eggs of the females were removed and counted. A total of 743 individuals were collected, of which 343 were males, 286 were females, 60 were juveniles and 54 were ovigerous females. The conductivity variable showed a negative correlation with the abundance of individuals and the other variables had no statistically significant correlation. Ovigerous and non-ovigerous females were the individuals with the longest cephalothorax length in the population and the highest abundance was observed in males. Ovigerous females were present in 10 of the 12 months of collection, showing continuous reproduction, the peak of ovigerous females and eggs was observed between the months of September and October 2021. In general, it was observed in the population studied in the present work some similarities to other populations in other regions, such as continuous reproduction with a peak in the months with higher temperatures. However, some differences were also observed, such as females being larger than males and males being the most abundant individuals in the population. These results will help to understand the wide plasticity of the species, especially in regions where there are still few studies about it, as is the case of the southern region of Minas Gerais.

Keywords: Abundance. Conductivity. Temperature. Fecundity.

1 Introdução

Muitas espécies de camarões da família Palaemonidae Rafinesque, 1815 são provenientes de ecossistemas marinhos e apresentam ampla plasticidade fenotípica. Dentro dessa família, o gênero *Macrobrachium* Spence Bate, 1868 possui ampla distribuição nas regiões tropicais e subtropicais devido ao seu sucesso na colonização de ambientes estuarino e de água doce (PILEGGI; MANTELATTO, 2010; PASCHOAL et al., 2019). A espécie *Macrobrachium amazonicum* é endêmica da América do Sul, onde se estende da Venezuela a Argentina (PANTALEÃO; HIROSE; COSTA, 2014) e possui ampla distribuição nas bacias hidrográficas Orinoco, Amazonas, Araguaia-Tocantins e São Francisco, que são as principais bacias do leste da América do Sul, incluindo populações isoladas do alto Paraná e Paranguai (VALÊNCIA; CAMPOS, 2007; PANTALEÃO; HIROSE; COSTA, 2014; PASCHOAL et al., 2019). Entretanto, *Macrobrachium amazonicum* não é uma espécie endêmica do alto rio Paraná, mas foi introduzida intencional ou acidentalmente (MAGALHÃES et al., 2005). As populações de interior não dependem de água salobra para completar o seu ciclo de vida, como acontece com as populações costeiras (PANTALEÃO; HIROSE; COSTA, 2014).

As populações de *Macrobrachium amazonicum* são divididas em dois principais grupos: populações costeiras que são compostas pelos indivíduos que habitam regiões costeiras e dependem da água salobra para completar o seu ciclo de vida e as populações continentais que consistem nos indivíduos que vivem em águas interiores como, por exemplo, rios, lagos, reservatórios (MORAES-VALENTI; VALENTI, 2010). Devido às diferenças ambientais entre os habitats ocupados ocorre variações no comportamento e na história de vida bem como nas características fisiológicas e morfológicas entre as populações (HAYD; ANGER, 2013; BOUDOUR-BOUCHEKER et al., 2013). Essas variações ocorrem porque as populações apresentam diferentes capacidades de osmorregulação, estratégias reprodutivas e no tamanho alcançado pelos indivíduos de ambas as populações (COSTA; SILVA, 2019).

A espécie *Macrobrachium amazonicum* é o principal camarão de água doce explorado comercialmente no Brasil pela pesca artesanal na região amazônica, principalmente nos estados do Pará e Amapá onde ocorre elevado consumo do camarão, e região nordeste (MORAES-VALENTI; VALENTI, 2010; COSTA e SILVA et al., 2019). Portanto, o maior número de pesquisas desenvolvidas com os camarões da espécie *Macrobrachium amazonicum*

se concentram na região norte do país (NÓBREGA; BENTES; MARTINELLI-LEMOS, 2014; TADDEI et al., 2017; COSTA e SILVA et al., 2019). Poucos estudos são desenvolvidos na região sudeste do país e maioria dos estudos foram feitos no estado de São Paulo (ARAÚJO; VALENTI, 2007, 2011; SANTOS; RODRIGUES; VALENTI, 2016). Com base nessas informações, é de extrema importância o desenvolvimento de trabalhos com o camarão *Macrobrachium amazonicum* da região sudeste de Minas Gerais, principalmente no estado de Minas Gerais.

O conhecimento sobre aspectos populacionais como, por exemplo, quantidade e tamanho dos indivíduos, fecundidade, período reprodutivo, auxiliam a compreensão das características das populações que ocupam diferentes habitats e permite comparar as populações de diferentes regiões (ZIMMERMANN et al., 2015; NOGUEIRA et al., 2020). Os aspectos populacionais podem ser influenciados pelas características ambientais de cada habitat em que as populações são encontradas e, assim, contribui para a preservação de sua biodiversidade natural (MANTELATTO; BARBOSA, 2005; NOGUEIRA et al., 2020).

Com base na elevada plasticidade fenotípica do camarão *Macrobrachium amazonicum* e os poucos estudos realizados no estado de Minas Gerais, principalmente na região sul do estado, o presente trabalho se objetivou em avaliar os aspectos populacionais de uma população da represa do Funil, presente na cidade de Ijaci (Minas Gerais, Brasil). O presente trabalho teve três hipóteses: 1) As variáveis físico-químicas (temperatura, pH, oxigênio dissolvido e condutividade) serão correlacionadas positivamente com a abundância dos indivíduos, uma vez que essas variáveis são importantes para o desenvolvimento dos mesmos. 2) A população apresentará maior abundância de fêmeas e os machos serão os indivíduos com o comprimento maior, uma vez que esse é o padrão comumente observado nas populações de *Macrobrachium amazonicum* de água doce. 3) A população apresentará reprodução contínua com um pico de fêmeas ovígeras nos meses mais quentes, uma vez que a baixa variação de temperatura nos trópicos pode favorecer a reprodução ao longo do ano e os períodos de temperatura mais alta acelera o desenvolvimento gonadal e prove maior disponibilidade de alimentos para larvas e juvenis. Espera-se que os resultados desse trabalho auxiliem e ampliem o conhecimento da dinâmica e da plasticidade da espécie *Macrobrachium amazonicum* e auxilie na criação de estratégias de preservação de espécies nativas.

2 Materiais e métodos

2.1 Área de estudo

O presente trabalho foi realizado em um sítio localizado na Represa do Funil (21°08'34.7''S 44°58'44''W) na cidade de Ijaci, Minas Gerais, Brasil (Foto 1). A Usina Hidrelétrica do Funil foi construída no rio Grande, entre os municípios de Lavras e Perdões, situado na região sul do estado de Minas Gerais. Os principais afluentes do rio Grande que são inundados pelo reservatório são os rios das Mortes e o Capivari (COELHO; PEREIRA, 2011).

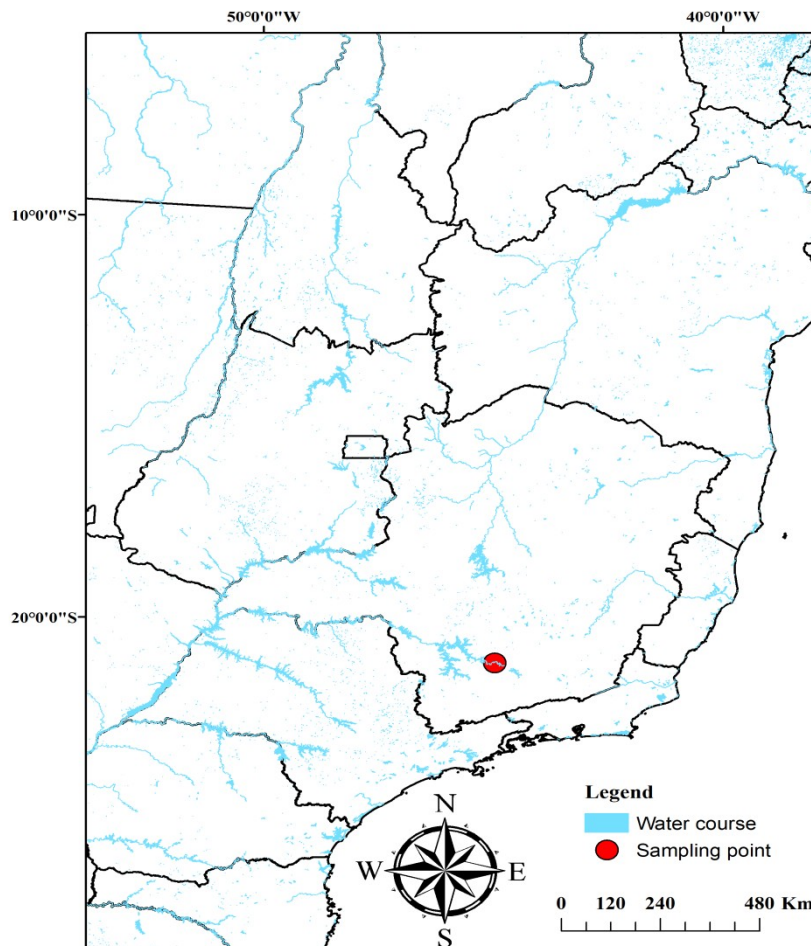


Figura 1: Mapa representando a área de estudo

2.2 Coleta das amostras

Os camarões foram coletados mensalmente de abril de 2021 a março de 2022. Os camarões foram coletados na vegetação marginal com o auxílio de uma peneira (80 cm de diâmetro, 18 cm de profundidade e malha de 1 mm). O esforço amostral consistiu de uma pessoa passando a peneira, em movimento ascendente, na vegetação marginal durante 30 minutos. Os camarões coletados foram armazenados em bolsas térmicas com gelo até a chegada ao Laboratório de Limnologia e Carcinologia da Universidade Federal de Lavras (UFLA). As fêmeas ovígeras coletadas foram individualizadas dos demais camarões. Após a coleta das amostras, foi realizada a medição das seguintes variáveis físico-químicas da água: temperatura, condutividade, oxigênio dissolvido e pH. Essa medição foi realizada com o auxílio de um medidor multiparâmetro.

2.3 Análises laboratoriais

No laboratório, os camarões foram armazenados em álcool 70% até análises posteriores. Os camarões foram sexados de acordo com a presença ou ausência do apêndice masculino no segundo par de pleópodes (MANTELATTO; BARBOSA, 2005) (Figura 2). Após a identificação do sexo, os camarões foram medidos quanto ao comprimento do cefalotórax (distância entre a margem posterior da órbita e a margem posterior da carapaça) com o auxílio de uma lupa equipada com uma ocular micrométrica (Figura 3). Os exemplares foram agrupados em quatro classes demográficas: machos (indivíduos com a presença do apêndice masculino no segundo par de pleópodes); fêmeas (indivíduos com o comprimento maior que o menor macho identificado); juvenis (indivíduos com o comprimento menor que o menor macho identificado) e fêmeas ovígeras (indivíduos com ovos aderidos no abdômen) (BAUER, 1989). Os ovos das fêmeas ovígeras foram cuidadosamente removidos e contados sob uma lupa.

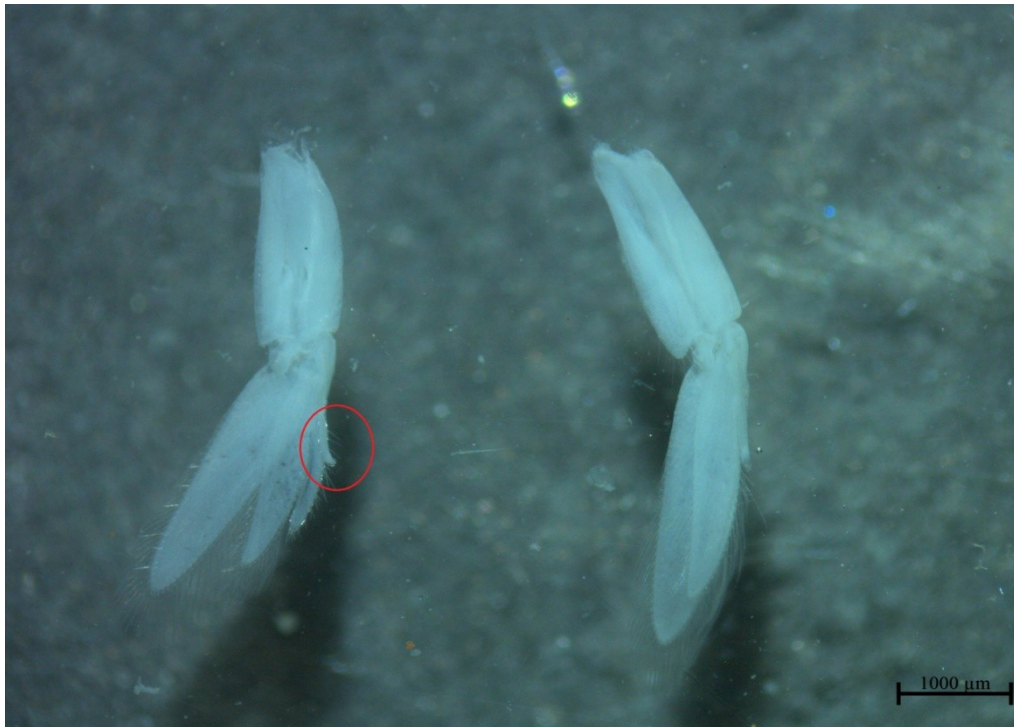


Figura 2: Identificação dos machos e das fêmeas. O primeiro pleópode é de um macho, o círculo vermelho está identificando o apêndice masculino. O segundo pleópode é de uma fêmea, sem a presença do apêndice masculino.

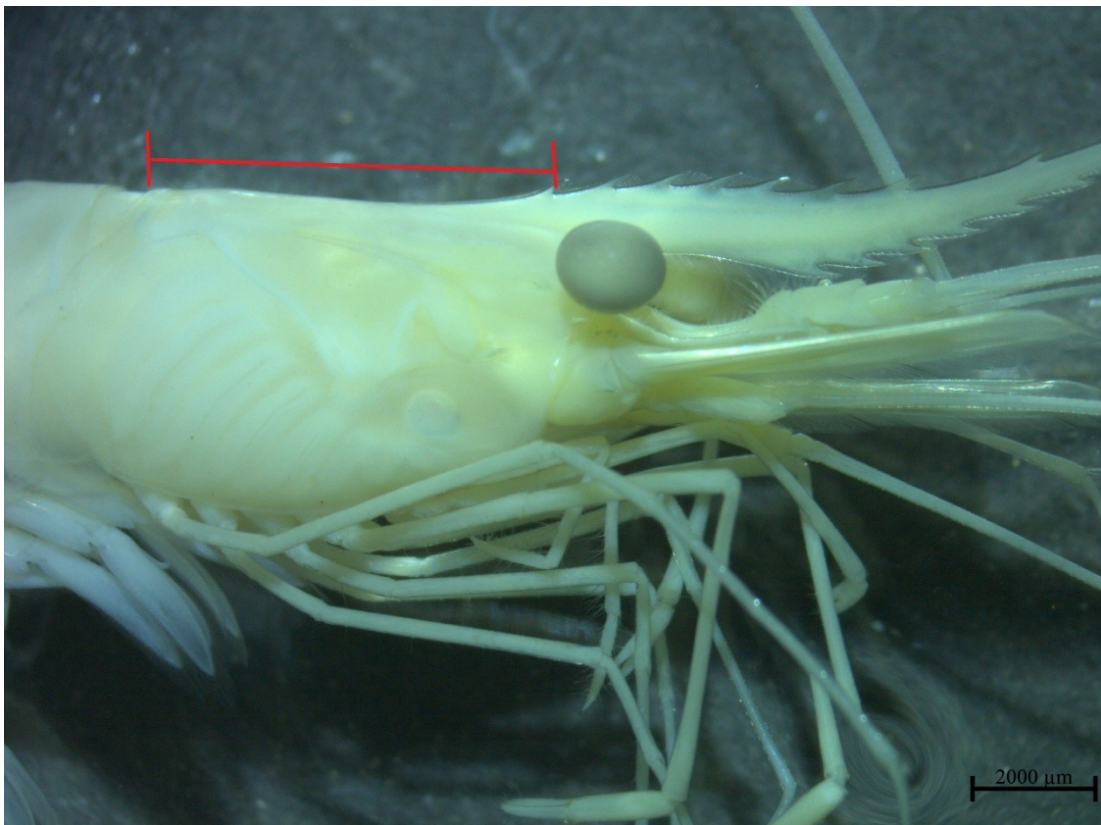


Figura 3: Medição do comprimento do cefalotórax. A linha vermelha está representando onde a medição é realizada.

2.4 Análises dos dados

Para avaliar a relação entre as variáveis físico-químicas (temperatura, pH, condutividade e oxigênio dissolvido) e as classes demográficas foi realizada uma análise de componentes principais (PCA). A correlação de Pearson foi utilizada para avaliar se há relação entre as variáveis. O modelo linear generalizado (GLM), com distribuição de Poisson, foi realizado para avaliar se há relação entre a abundância dos indivíduos e as variáveis físico-químicas. O GLM com distribuição de Poisson também foi usado para avaliar se há diferença entre a abundância de indivíduos entre as classes demográficas. A fecundidade das fêmeas foi determinada pela seguinte fórmula: número de ovos/abundância das fêmeas. A fecundidade foi avaliada em cada mês de coleta onde as fêmeas ovígeras foram coletadas.

3 Resultados

Foram coletados 743 indivíduos, dos quais 343 eram machos, 286 eram fêmeas, 60 eram juvenis e 54 eram fêmeas ovígeras. As fêmeas ovígeras foram os indivíduos com o maior comprimento do cefalotórax seguidas pelas fêmeas (Figura 4). Os machos e as fêmeas foram as classes demográficas com maior número de indivíduos, enquanto as fêmeas ovígeras tiveram a menor abundância. O resultado do GLM mostrou que houve diferença significativa entre a abundância das fêmeas ovígeras e dos juvenis (Tabela 1; Figura 5).

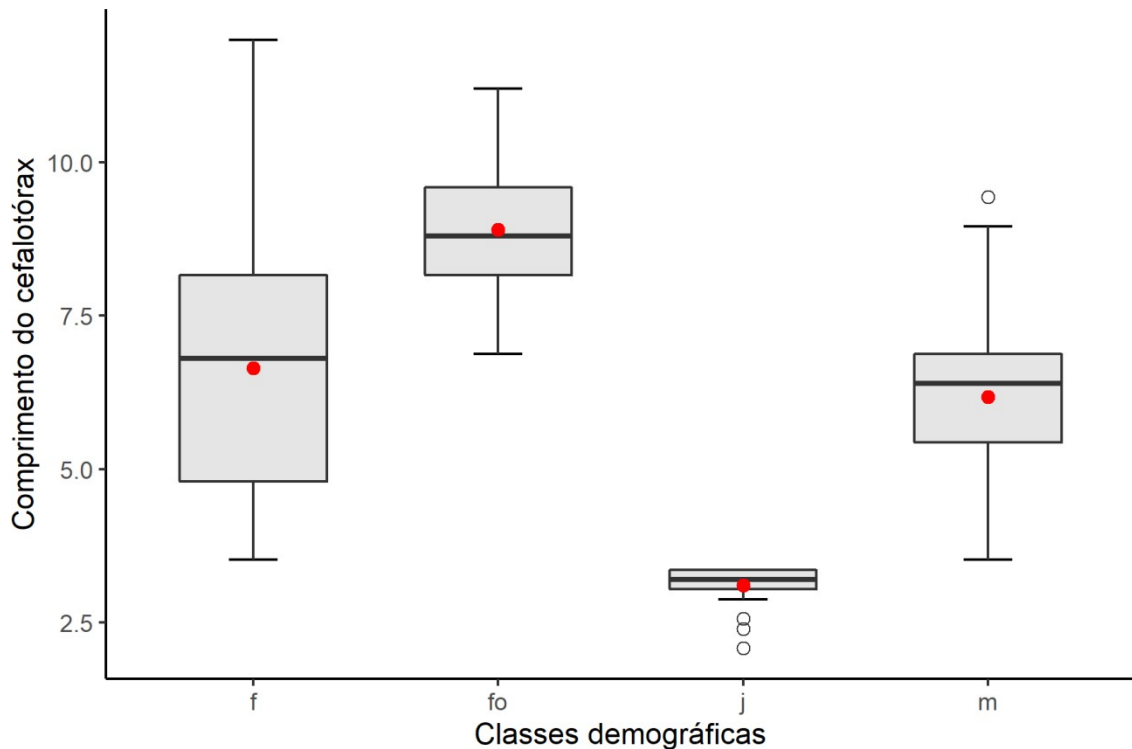


Figura 4: Boxplot representando o comprimento do cefalotórax (mm) das classes demográficas, onde o ponto vermelho representa a média (f = fêmeas; fo = fêmeas ovígeras; j = juvenis; m = machos).

Resultado do GLM para avaliar se há relação entre a abundância das classes demográficas

X	Estimate	Std	Error.z	p.value
(Intercept)	3.2494	0.2511	12.9400	< 2e-16 ***
FO	-1.5669	0.3585	-4371.0000	1.24e-05 ***
J	-1.1154	0.3893	-2865.0000	0.00417 **
M	0.0964	0.3175	0.0304	0.76141

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Tabela 1: Resultado do GLM mostrando a relação entre a abundância das classes demográficas (FO = fêmeas ovígeras; J = juvenis; M = machos)

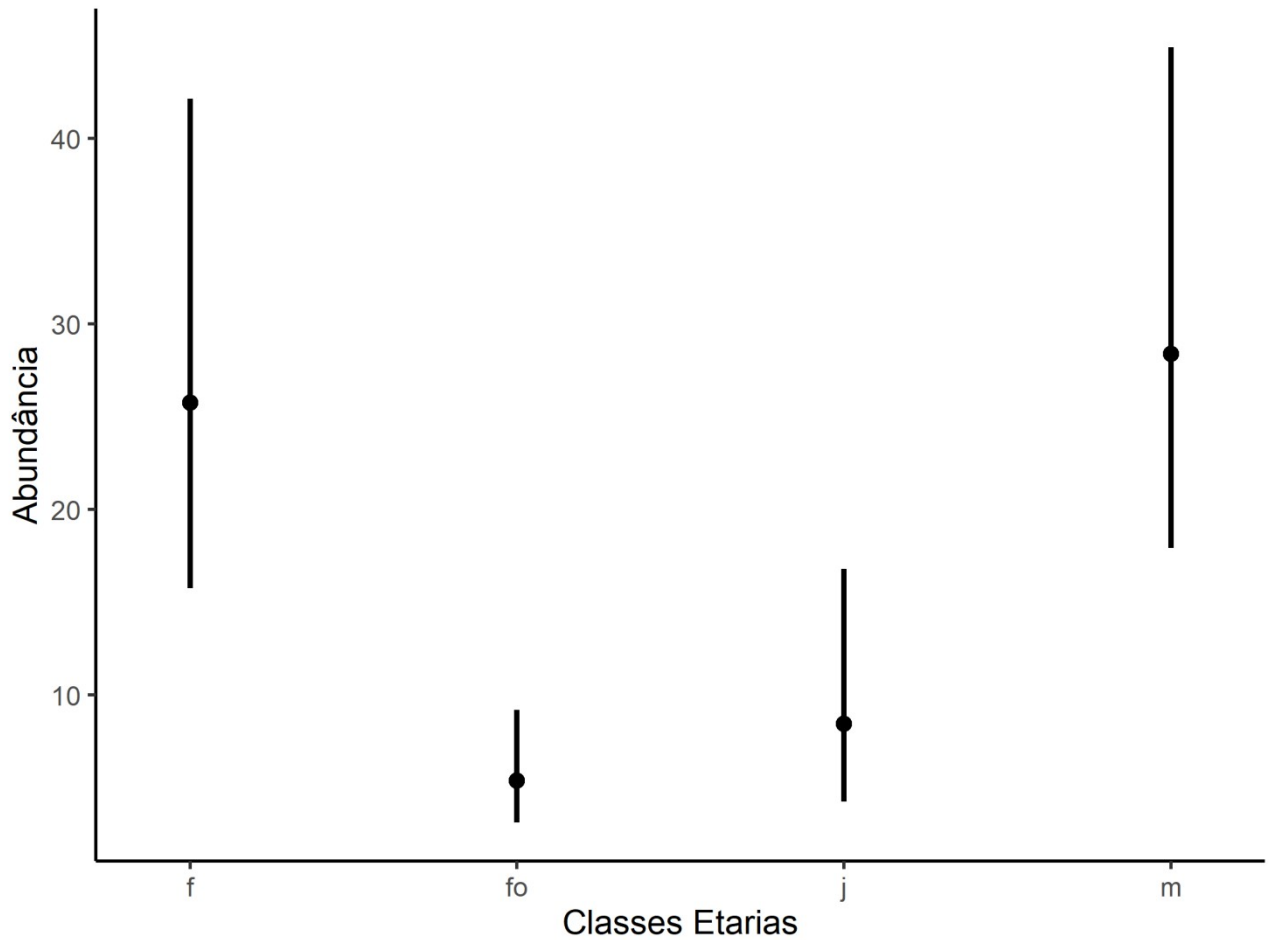


Figura 5: Abundância das classes demográficas (f = fêmeas; fo = fêmeas ovígeras; j = juvenis; m = machos)

O eixo 1 da PCA foi responsável por 33% das variâncias dos dados, enquanto o eixo 2 contém 29%, totalizando 62% (Figura 6). De acordo com os resultados da PCA, os vetores mais significativos foram a condutividade e o oxigênio dissolvido seguido pela temperatura, enquanto o pH foi o vetor menos significativo. As fêmeas ovígeras foram agrupadas mais próximas da variável pH e a condutividade, enquanto os machos e as fêmeas foram agrupados mais próximos das variáveis condutividade, temperatura e oxigênio dissolvido. Os juvenis, por sua vez, não se agruparam em nenhuma das variáveis.

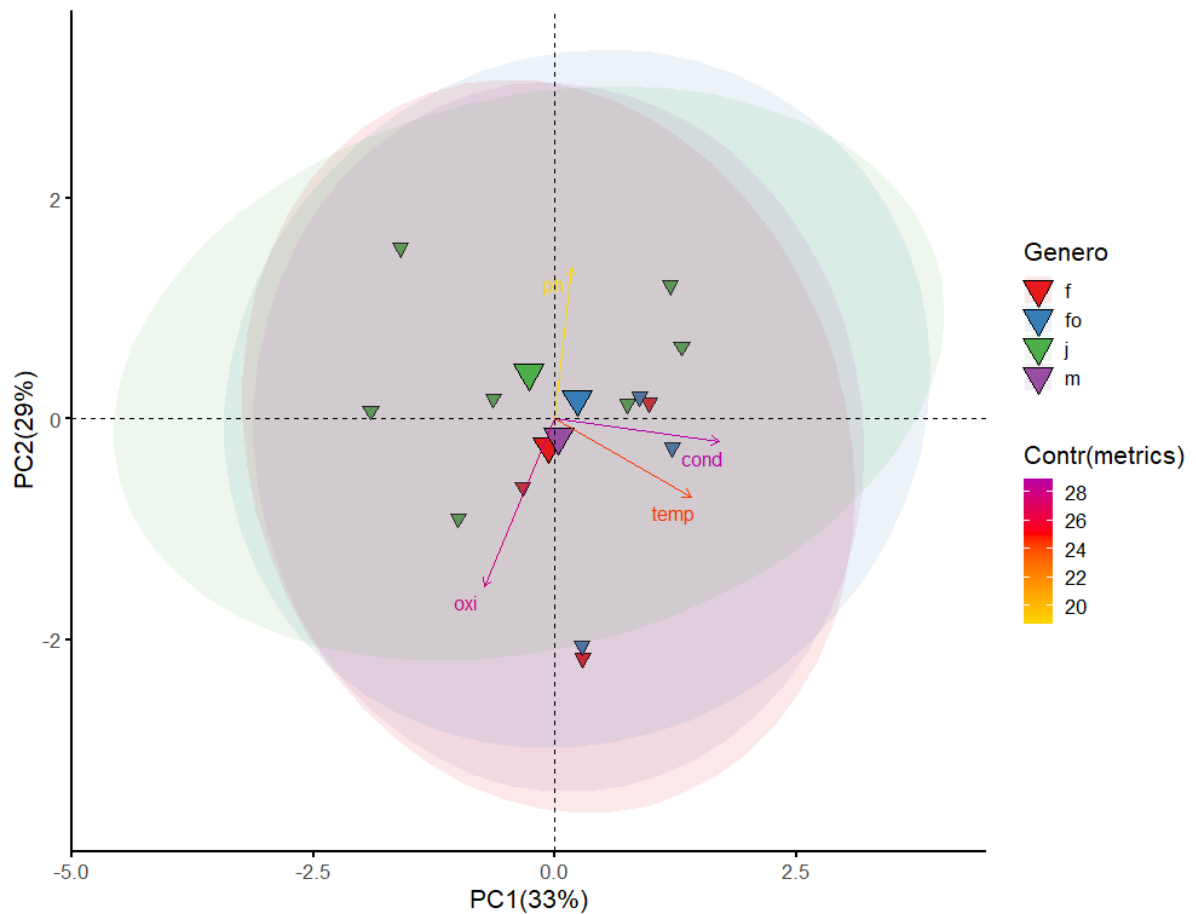


Figura 6: Gráfico da PCA definido por dois componentes principais, explicando 62% das variâncias dos dados.

De acordo com os resultados da correlação de Pearson, a variável pH teve uma correlação negativa com a condutividade e com o oxigênio dissolvido e uma correlação positiva com a temperatura. Já o oxigênio dissolvido, teve correlação negativa com a condutividade e correlação positiva com a temperatura. A condutividade e a temperatura obtiveram correlação positiva. Entretanto, os resultados obtidos na correlação não foram estatisticamente significativos ($p > 0,05$) (Figura 7).

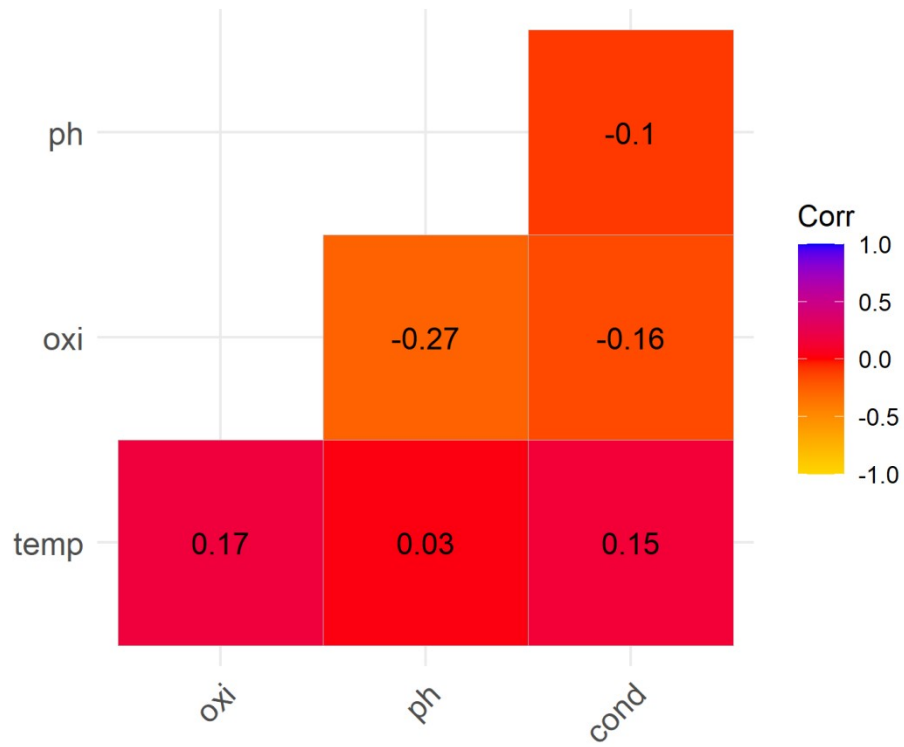


Figura 7: Matriz de correlação entre as variáveis físico-químicas (oxi = oxigênio dissolvido (mg l^{-1}); temp: temperatura ($^{\circ}\text{C}$); cond: condutividade (μScm^{-1})).

Os resultados do modelo linear generalizado (GLM) mostrou que houve relação estatisticamente significativa entre a abundância dos indivíduos e a condutividade (Tabela 2). É possível observar que quanto maior foi a condutividade menor foi a abundância de indivíduos (Figura 8). Apesar de não ter sido estatisticamente significativo, também foi observado um decréscimo na abundância com o aumento de temperatura (Figura 9).

Resultado do GLM para avaliar se há relação entre a abundância dos indivíduos e as variáveis físico-químicas				
X	Estimate	Std	Error.z	Value.p
(Intercept)	9.21736	3.35648	2.74600	0.00603 **
pH	-0.05482	0.21431	-0.02560	0.79813
Temperatura	-0.04658	0.05518	-0.08440	0.39859
Oxigenio dissolvido	-0.01829	0.12931	-0.01410	0.88749
Condutividade	-0.13208	0.06541	-0.02019	0.04346 *

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Tabela 2: Resultado do GLM para avaliar se há relação entre a abundância dos indivíduos e as variáveis físico-químicas

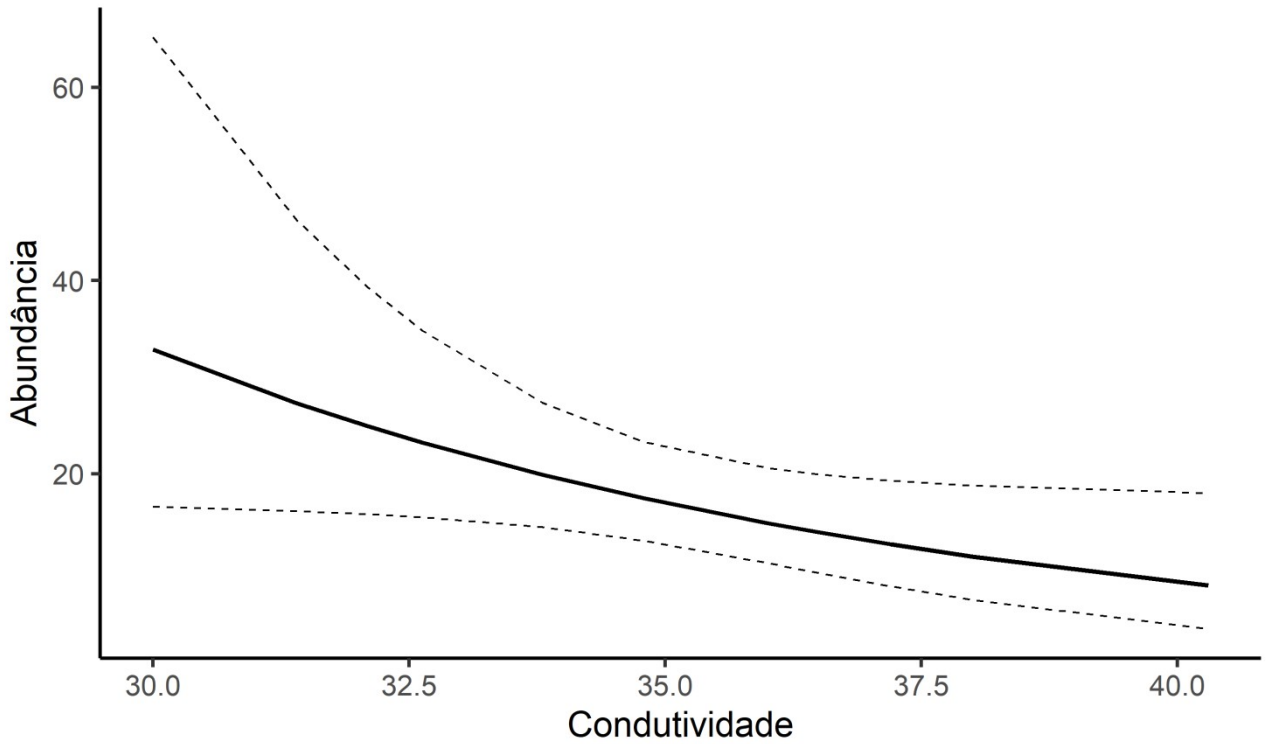


Figura 8: Relação entre a abundância de indivíduos e a condutividade.

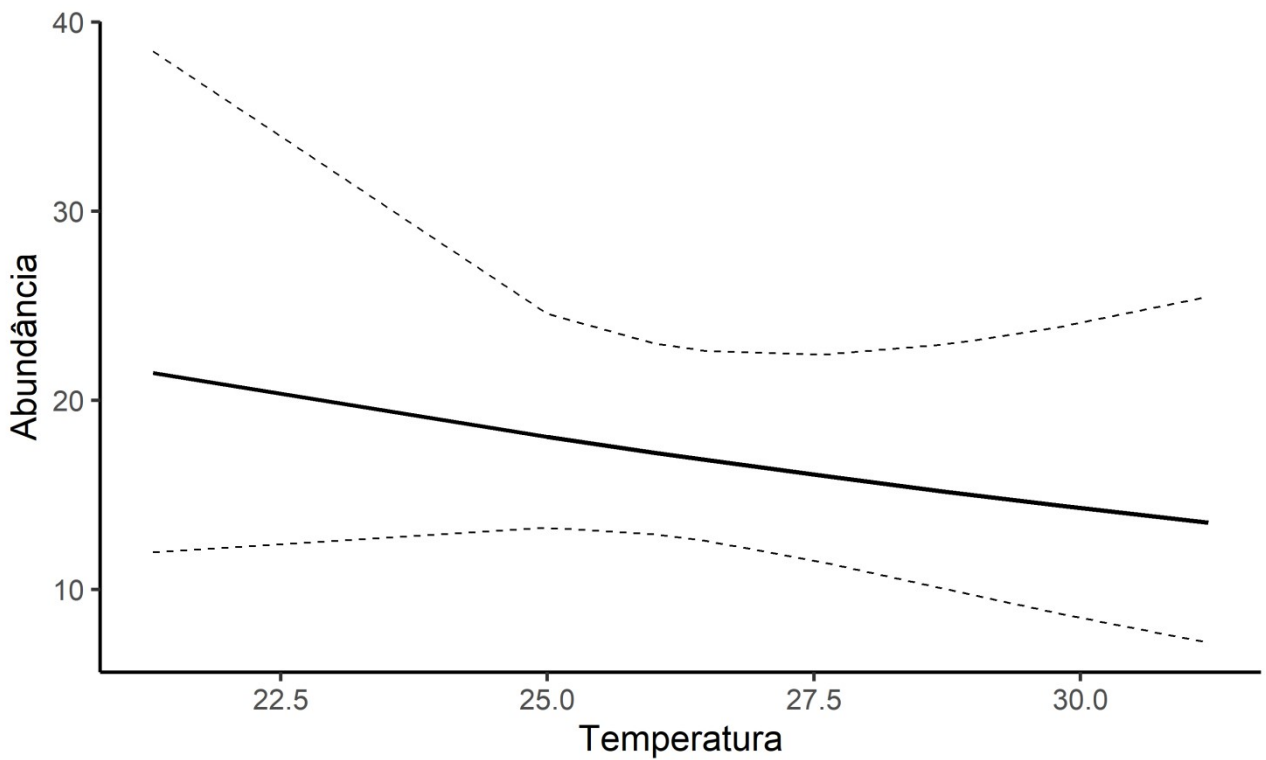


Figura 9: Relação entre a abundância de indivíduos e a temperatura.

As fêmeas ovígeras foram coletadas em todos os meses de coleta, exceto em fevereiro e março de 2022. Houve um pico de abundância de fêmeas ovígeras entre os meses de setembro de 2021 e outubro de 2021 (Figura 10 - A). O mesmo padrão também foi observado para a quantidade de ovos presentes nas fêmeas ao longo dos meses de coleta (Figura 10 - B). Nos meses de outubro e dezembro foi observado a maior fecundidade das fêmeas ovígeras (Figura 10 - C).

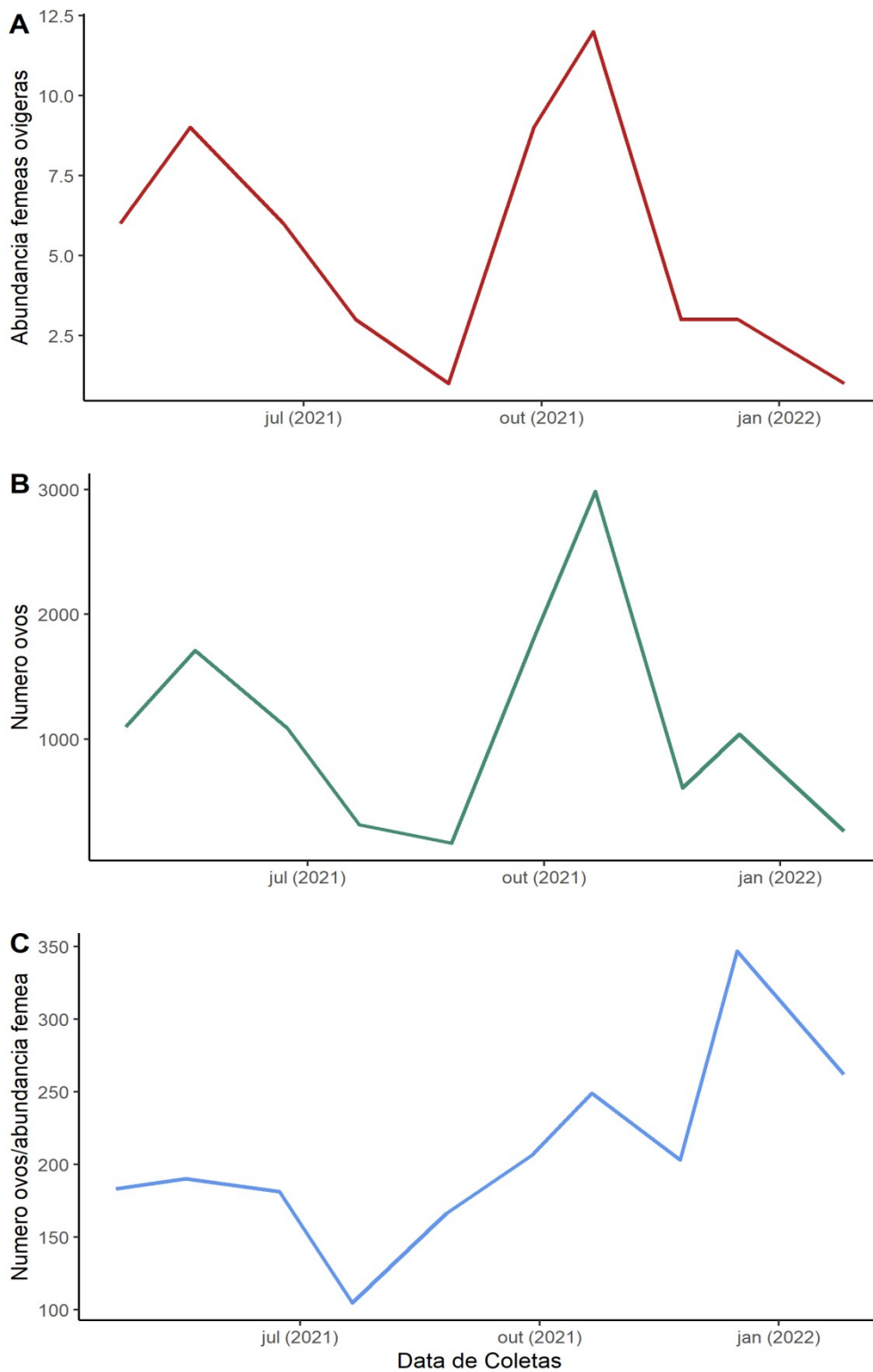


Figura 10: Abundância das fêmeas ovígeras ao longo dos meses de coleta. B: Número de ovos presentes nas fêmeas ovígeras ao longo dos meses de coleta. C: Fecundidade das fêmeas ao longo dos meses de coleta.

Em dezembro de 2021 foi o mês em que foi coletado o maior número de ovos presentes nas fêmeas, seguindo por outubro e novembro. Julho e agosto foram os meses com o menor número de ovos presentes nas fêmeas (Figura 11).

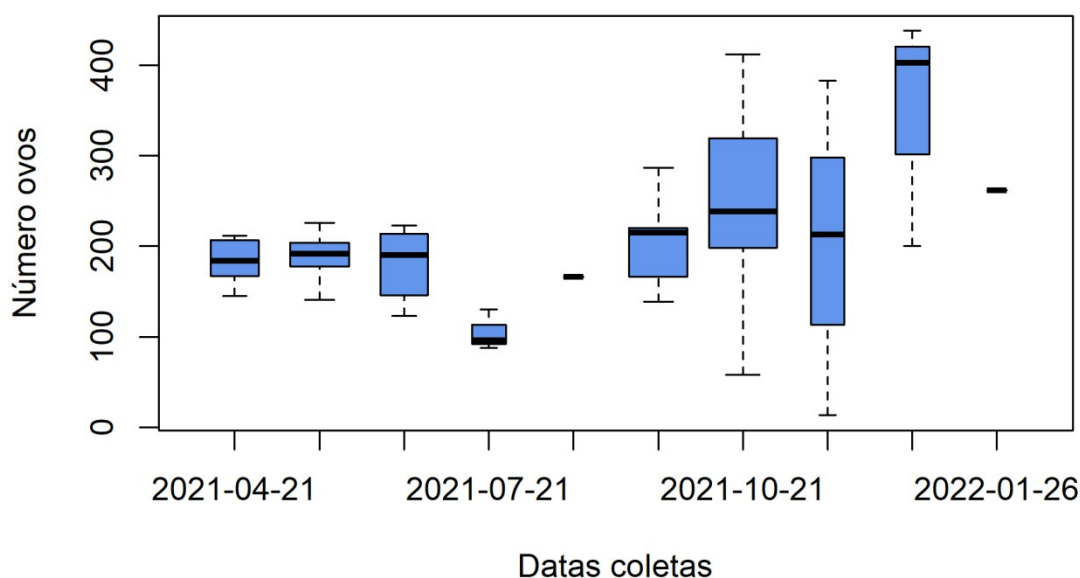


Figura 11: Número de ovos das fêmeas ovígeras ao longo dos meses de coleta.

4 Discussão

A variável condutividade apresentou correlação negativa com a abundância de indivíduos e as demais variáveis não tiveram correlação estatisticamente significativa, recusando a nossa primeira hipótese. No presente trabalho, as fêmeas ovígeras e não ovígeras foram os indivíduos com maior comprimento do cefalotórax da população e a maior abundância foi observada nos machos da população, rejeitando a nossa segunda hipótese. As fêmeas ovígeras estiveram presentes em 10 dos 12 meses de coleta, apresentando uma reprodução contínua, o pico de fêmeas ovígeras e ovos foi observada entre os meses de setembro e outubro de 2021, aceitando a nossa terceira hipótese.

O comprimento do cefalotórax dos camarões da espécie *Macrobrachium amazonicum* apresenta bastante variação que podem ser resultado de diferenças entre as características dos

ambientes em que esses camarões ocorrem como, por exemplo, variáveis ambientais, disponibilidade de alimento, etc. Por exemplo, Bentes e colaboradores (2011) encontraram camarões com comprimento de cefalotórax máximo de 32,5 mm coletados em uma região de estuário no estado do Pará. Já Nóbrega e colaboradores (2014) observaram comprimento máximo de cefalotórax de 44,72 mm na mesma região. O alto comprimento dos camarões coletados nessas regiões pode estar relacionado às condições ambientais, uma vez que os estuários apresentam elevadas condições de proteção e crescimento e alta disponibilidade de alimento (BENTES et al., 2011; NÓBREGA; BENTES; MARTINELLI-LEMOS, 2014).

COSTA E SILVA et al., 2019 avaliando a estrutura populacional de *Macrobrachium amazonicum* de um reservatório da Usina Hidrelétrica de Miranda, Minas Gerais, observaram comprimento máximo do cefalotórax de 10,6 mm. No trabalho de BUENO et al., 2019, desenvolvido na lagoa da mangueira, também no estado de Minas Gerais, o comprimento máximo do cefalotórax foi de 10,72 mm. O comprimento máximo do cefalotórax dessas populações foi similar ao do presente estudo, onde o comprimento máximo observado foi de 12,00 mm.

Entre os crustáceos é comum que os machos tenham o comprimento maior do que as fêmeas da população, possivelmente para obter vantagem na competição intraespecífica e no sucesso no acasalamento. Porém, em espécies de água doce, os ovos das fêmeas possuem grandes quantidades de vitelo devido ao curto desenvolvimento, como consequência as fêmeas podem atingir tamanhos maiores, uma vez que é necessário um aumento na região do abdômen para o desenvolvimento dos ovos (BARRO-ALVES et al., 2012). Além disso, essas diferenças também podem resultar de variações genéticas entre as populações e/ou diferenças nas condições ambientais que podem tanto estimular quanto inibir o crescimento diferencial entre os sexos (BARRO-ALVES et al., 2012).

Em relação aos machos terem sido mais abundantes que as fêmeas, no trabalho de Bueno e colaboradores (2019) também foi observado esse mesmo padrão. Entretanto, nos trabalhos de Costa e Silva et al., (2019), Lima et al., (2014) avaliando aspectos populacionais e reprodutivos da mesma espécie em outras regiões do Brasil, e no trabalho de Barro-Alves et al., (2012), estudando a biologia população do *Macrobrachium jelskii* no rio Grande no norte

de Minas Gerais, encontraram maior abundância de fêmeas do que machos. Variações na abundância entre machos e fêmeas são comuns devido às diferenças no tamanho e nas taxas de natalidade e mortalidade entre os mesmos (BARRO-ALVES et al., 2012).

A abundância dos indivíduos foi relacionada com a condutividade. A condutividade consiste em uma medida da quantidade de íons presente na água. Os íons de cálcio e fósforo são essenciais aos camarões devido ao processo de muda do exoesqueleto (BUENO; BONATTO; ALMEIDA 2019). Entretanto, a abundância dos indivíduos foi afetada negativamente pela condutividade. Esse padrão também foi observado na população de *Macrobrachium amazonicum* do lago da mangueira estudada por Bueno e colaboradores. A correlação negativa pode estar relacionada aos íons que estavam presentes na água, porém os mesmos não foram identificados.

Apesar de não ter sido estatisticamente significativo, foi possível observar uma correlação negativa entre a abundância dos indivíduos e a temperatura. Entretanto, em outros trabalhos desenvolvidos no Brasil com a mesma espécie foi observado o padrão inverso, por exemplo nos trabalhos de Silva e colaboradores (2002) e Bueno e colaboradores (2019) foi encontrado o maior número de fêmeas ovígeras nos meses mais quentes. Para o camarão do mesmo gênero (*Macrobrachiu jelskii*), também foi observado maior abundância de fêmeas ovígeras nos meses com temperaturas mais elevadas (LIMA; SILVA; LIRA, 2012). Em meses com elevadas temperaturas há maior disponibilidade de recursos alimentares e, conseqüentemente, oferece mais nutrição para as larvas e os juvenis (MATTOS; OSHIRO; MARCONI, 2009). No presente trabalho, foi observado maior abundância nos meses mais frios, entretanto nos meses mais quentes foi coletado maior abundância de fêmeas ovígeras e juvenis. A menor abundância nesses meses pode ter ocorrido devido a dificuldades de coleta, uma vez que as fêmeas ovígeras se escondem mais e os juvenis, pelo seu tamanho pequeno, consegue mais facilmente escapar da peneira.

A presença das fêmeas na maioria dos meses de coleta representa reprodução contínua (BARRO-ALVES et al., 2012). O pico de fêmeas ovígeras entre os meses de setembro e outubro é um padrão comum observado em populações de *Macrobrachium amazonicum* (LIMA et al., 2014; PANTALEÃO et al., 2018; NOGUEIRA et al., 2020). Como mencionado

anteriormente, para os crustáceos o esforço reprodutivo está correlacionado com a disponibilidade de alimentos para o desenvolvimento das larvas e dos juvenis (KAMAL; ERNAWATI; DEWI, 2020; LIBERMAN et al., 2018; PANTALEÃO et al., 2018; NOGUEIRA et al., 2020). Nos ambientes de água doce, na estação chuvosa normalmente há maior produtividade primária (PANTALEÃO et al., 2018).

De forma geral, foi observado na população estudada no presente trabalho algumas semelhanças às outras populações em outras regiões como, por exemplo, reprodução contínua com um pico nos meses com temperaturas mais elevadas. Entretanto, algumas diferenças também foram observadas como, por exemplo, as fêmeas serem maiores que os machos e os machos serem os indivíduos mais abundantes na população. Esses resultados auxiliarão na compreensão da ampla plasticidade da espécie, principalmente em regiões onde ainda há poucos estudos sobre a mesma, como é o caso da região sul de Minas Gerais. Através do conhecimento da biologia e ecologia da espécie é possível propor estratégia de preservação das populações nativas.

5 REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, M. C.; VALENTI, W. C. **Feeding habit of the Amazon river prawn *Macrobrachium amazonicum* larvae.** *Aquaculture* (Amsterdam, Netherlands), 265(1), 187-193. 2007. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2007.01.016>.
- ARAÚJO, M. C.; VALENTI, W. C. **Efeito da intensidade luminosa no desenvolvimento larval do camarão-da-amazônia, *Macrobrachium amazonicum*.** *Boletim do Instituto de Pesca*, 37(2), 155-164. 2011.
- BARROS-ALVES, S. de P., et al. **Population biology of shrimp *Macrobrachium jelskii* (Miers, 1778) (Decapoda, Palaemonoidea) at the Grande River at northwest of the state of Minas Gerais, Brazil.** *Acta Limnologica Brasiliensia*, 24(3), 266–275. 2012. doi:10.1590/s2179-975x201200500
- BAUER, R. T. **Continuous reproduction and episodic recruitment in nine prawn species inhabiting a tropical seagrass meadow.** *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 127(2):175-187. 1989.
- BENTES, B. et al. **Spatial distribution of the Amazon River prawn *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) (Decapoda, Caridea, Palaemonidae) in two perennial creeks of an estuary on the northern coast of Brazil (Guajará Bay, Belém, Pará).** *Brazilian Journal of Biology* 71:925-935. 2011.
- BOUDOUR-BOUCHEKER, N., et al. **Adaptation to freshwater in the palaemonid shrimp *Macrobrachium amazonicum*: comparative ontogeny of osmoregulatory organs.** *Cell and Tissue Research*, 353(1), 87-98. 2013. <http://dx.doi.org/10.1007/s00441-013-1622-x>. PMID:23616029.
- BUENO, A. A. P., BONATTO, C. R.; ALMEIDA, A. C. **Influence of environmental variables on seasonal abundance and relative growth of *Macrobrachium amazonicum* (Crustacea: Decapoda: Caridea): variations of a continental population.** *Iheringia. Série Zoologia*, 109(0). 2019. doi:10.1590/1678-4766e2019018
- COELHO; S. J.; PEREIRA, J. A. A. **A paisagem na área de influência da usina hidrelétrica do funil (UHE – Funil), percebida através do EIA – RIMA.** *Paisagem Ambientil: Ensaios – n. 28 – São Paulo – 133 – 148.* 2011.
- COSTA e SILVA, R., et al. **Population structure of *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) (Decapoda: Palaemonidae) in Miranda Hydroelectric Plant Reservoir, Araguari river, Minas Gerais, Brazil.** *Acta Limnologica Brasiliensia*, 31(0). 2019. doi:10.1590/s2179-975x4318
- HAYD, L.; ANGER, K. **Reproductive and morphometric traits of *Macrobrachium amazonicum* (Decapoda, Palaemonidae) from the Pantanal, Brazil, suggests initial speciation.** *Revista de Biología Tropical*, 61(1), 39-57. 2013. <http://dx.doi.org/10.15517/rbt.v61i1.10881>. PMID:23894962

KAMAL, M. M., ERNAWATI, Y.; DEWI, N. N. **Length at first maturity, spawning time, and reproductive output in the females of Hamilton's anchovy (*Thryssa hamiltonii* Gray, 1835).** *Jurnal Biologi Tropis*, 20, 1–6. 2020. <https://doi.org/10.29303/jbt.v20i1.1623>

LIBERMAN, R., et al. **Octocoral sexual reproduction: temporal disparity between mesophotic and shallow-reef populations.** *Frontiers in Marine Science*, 5, 445. 2018. <https://doi.org/10.3389/fmars.2018.00445>

LIMA, D. P.; SILVA, L. M. A.; LIRA, A. C. S. **Biologia populacional de *Macrobrachium jelskii* (Miers, 1778) (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae) em uma planície inundável na Amazônia Oriental, Brasil.** *Biota Amazônia* 3(2):11-22. 2012.

LIMA, J. de F., et al. **Reproductive aspects of *Macrobrachium amazonicum* (Decapoda: Palaemonidae) in the State of Amapá, Amazon River mouth.** *Acta Amazonica*. 44(2): 245 – 254. 2014. doi: 10.1590/S0044-59672014000200010

MAGALHÃES, C., et al. **Exotic species of freshwater decapod crustaceans in the state of São Paulo, Brazil: records and possible causes of their introduction.** *Biodiversity and Conservation*, vol. 14, no. 8, p. 1929-1945. 2005. <http://dx.doi.org/10.1007/s10531-004-2123-8>

MANTELATTO, F. L. M.; BARBOSA, L. R. **Population structure and relative growth of freshwater prawn *Macrobrachium brasiliense* (Decapoda, Palaemonidae) from São Paulo State, Brazil.** *Acta Limnologica Brasiliensia* 17:245-255. 2005.

MATTOS, L. A.; OSHIRO, L. M.; MARCONI, Y. **Estrutura populacional de *Macrobrachium potiuna* (Crustacea, Palaemonidae) no Rio do Moinho, Mangaratiba, Rio de Janeiro, Brasil.** *Biota Neotropica* 9:81-86. 2009.

MORAES-VALENTI, P. M. C.; VALENTI, W. C. **Culture of the Amazon river prawn *Macrobrachium amazonicum*.** In: M.B. NEW, W.C. VALENTI, J.H. TIDWELL, L.R.D. ABRAMO and M.N. KUTTY, eds. *Freshwater prawn biology and farming*. 2010. Oxford: Wiley-Blackwell, p. 485-501.

NÓBREGA, P. S. V.; BENTES, B.; MARTINELLI-LEMOS, J. M. **Population structure and relative growth of the Amazon shrimp *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) (Decapoda: Palaemonidae) on two islands in the fluvial-estuarine plain of the Brazilian Amazon.** *Nauplius* 22(1):13-20. 2014.

NOGUEIRA, C. S., et al. **Reproductive traits of the freshwater prawn *Macrobrachium amazonicum* (Decapoda: Palaemonidae) in an isolated water reservoir.** *Revista Mexicana de Biodiversidad* 91: e913387. 2020.

PANTALEÃO, J. A. F., et al. **The influence of environmental variables in the reproductive performance of *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) (Caridea: Palaemonidae) females in a continental population.** *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 90, 1445–1458. 2018. <https://doi.org/10.1590/0001-3765201820170275>

PANTALEÃO, J., HIROSE, G.; COSTA, R. **Ocurrence of male morphotypes of *Macrobrachium amazonicum* (Caridea, Palaemonidae) in a population with an entirely freshwater life cycle.** Brazilian Journal of Biology, 74(3 suppl 1), S223–S232. 2014. Doi:10.1590/1519-6984.03713

PASCHOAL, L. R. P., et al. **Reproductive biology of *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) populations with distinct phenotypes in Neotropical reservoirs during the ‘El Niño.** Marine and Freshwater Research. 2019. doi:10.1071/mf18228

PILEGGI, L. G.; MANTELATTO, F. L. **Molecular phylogeny of the freshwater prawn genus *Macrobrachium* (Decapoda, Palaemonidae), with emphasis on the relationships among selected American species.** Invertebrate Systematics 24, 194–208. 2010. doi:10.1071/IS09043

SANTOS, M. R., RODRIGUES, C. G.; VALENTI, W. C. **Effect of habitat diversity on population development of the Amazon river prawn.** Journal of Shellfish Research, 35(4), 1075-1082. 2016. [http:// dx.doi.org/10.2983/035.035.0430](http://dx.doi.org/10.2983/035.035.0430)

SILVA, K. C. A.; SOUZA, R. A. L.; CINTRA, I. H. A. **Camarão-cascudo *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae) no município de Vigia, Pará, Brasil.** Boletim Técnico Científico do CEPNOR 2:41-73. 2002.

TADDEI, F. G., et al. **Population structure, mortality, and recruitment of *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) (Caridea: Palaemonidae) in the eastern Amazon region.** Brazil Journal of Crustacean Biology, 37(2), 131-141. 2017. <http://dx.doi.org/10.1093/jcbiol/rux006>.

VALÊNCIA, D. M.; CAMPOS, M. R. **Freshwater prawns of the genus *Macrobrachium* Bate, 1868 (Crustacea: Decapoda: Palaemonidae) of Colombia.** Zootaxa, vol. 1456, p. 1-44. 2007.

ZIMMERMANN, G., et al. **Geometric morphometrics of carapace of *Macrobrachium australe* (Crustacea: Palaemonidae) from Reunion Island.** Acta Zoologica, 93(4), 492-500. 2012. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1463-6395.2011.00524.x>.

Artigo 2

Norma NBR 6022 (ABNT 2018)

**Dieta natural do camarão
Macrobrachium amazonicum
(Decapoda: Palaemonidae) na
represa do Funil (Minas Geras,
Brasil)**

RESUMO

A onivoria foi reconhecida como o hábito alimentar no qual os camarões regulam a energia e os nutrientes nos ecossistemas aquáticos. Portanto, os camarões apresentam ampla variação intra e interespecíficas na composição e na frequência dos itens consumidos. Essa variação ocorre devido às diferenças nos recursos alimentares presentes em diferentes ecossistemas aquáticos. O objetivo do presente trabalho foi avaliar a dieta natural do camarão *Macrobrachium amazonicum* na represa do Funil (MG, Brasil). As coletas foram realizadas de abril de 2021 a março de 2022. Os camarões foram coletados na vegetação marginal como auxílio de uma peneira durante trinta minutos. As fêmeas ovígeras foram individualizadas e todos os camarões foram congelados até o transporte ao Laboratório de Limnologia e Carcinologia da Universidade Federal de Lavras. No laboratório foi identificado o sexo dos camarões e foi realizada a medição do comprimento do cefalotórax dos indivíduos. Os camarões foram classificados em quatro classes demográficas (fêmeas, fêmeas ovígeras, machos e juvenis). Os estômagos dos indivíduos foram retirados e foi determinado o seu grau de repleção. Os conteúdos encontrados foram classificados até o menor nível taxonômico possível. Posteriormente, foi realizado o método dos pontos, a frequência de ocorrência e o índice de importância alimentar para os itens mais frequentes. A matéria orgânica digerida foi o item mais frequente nos estômagos dos machos, juvenis e fêmeas ovígera, mas nas fêmeas ovígeras os microplásticos tiveram a mesma frequência de ocorrência que a matéria orgânica digerida. Já nas fêmeas não ovígeras, os microplásticos foi o item mais frequente nos estômagos. Nas quatro estações, os itens que tiveram maior frequência de ocorrência foram: matéria orgânica digerida, microplástico, exoesqueleto de insetos e fragmento vegetal. O hábito alimentar onívoro observado na maioria das espécies do gênero *Macrobrachium* também foi observado no presente estudo. De acordo com alguns autores, os crustáceos decápodes apresentam dieta onívora oportunista. Espera-se que os resultados desse trabalho auxiliem na compreensão das necessidades nutricionais do camarão *Macrobrachium amazonicum* no estado de Minas Gerais e contribua para o desenvolvimento de ações que visem a preservação da espécie e dos recursos alimentares que são essenciais para a sobrevivência da mesma.

Palavras-chave: Hábito alimentar. Estação. Classes demográficas. Frequência de ocorrência.

Abstract

Omnivory has been recognized as the feeding habit in which shrimp regulate energy and nutrients in aquatic ecosystems. Therefore, shrimp present wide intra and interspecific variation in the composition and frequency of consumed items. This variation occurs due to differences in food resources present in different aquatic ecosystems. The objective of the present work was to evaluate the natural diet of the shrimp *Macrobrachium amazonicum* in the Funil dam (MG, Brazil). The collections were carried out from April 2021 to March 2022. Shrimps were collected in the marginal vegetation with the aid of a sieve for thirty minutes. The ovigerous females were individualized and all shrimp were frozen until transport to the Laboratory of Limnology and Carcinology of the Federal University of Lavras. In the laboratory, the sex of the shrimp was identified and the length of the cephalothorax of the individuals was measured. Shrimp were classified into four demographic classes (females, ovigerous females, males and juveniles). The stomachs of the individuals were removed, and their degree of repletion was determined. The contents found were classified to the lowest possible taxonomic level. Subsequently, the points method, the frequency of occurrence and the food importance index were performed for the most frequent items. Digested organic matter was the most frequent item in the stomachs of ovigerous males, juveniles and females, but in ovigerous females microplastics had the same frequency of occurrence as digested organic matter. In females, microplastics were the most frequent item in the stomachs. In the four seasons, the items that had the highest frequency of occurrence were: digested organic matter, microplastic, insect exoskeleton and plant fragment. The omnivorous feeding habit observed in most species of the genus *Macrobrachium* was also observed in the present study. According to some authors, decapod crustaceans have an opportunistic omnivorous diet. It is hoped that the results of this work will help to understand the nutritional needs of the *Macrobrachium amazonicum* shrimp in the state of Minas Gerais and contribute to the development of actions aimed at preserving the species and food resources that are essential for its survival.

Keywords: Food habit. Season. Demographic classes. Frequency of occurrence.

1 Introdução

Atualmente, são registradas cerca de 50 espécies de camarões de água doce no Brasil, distribuídas em quatro famílias: Atyidae, Euryrhynchidae, Palaemonidae e Sergestidae (COSTA; SIMÕES, 2016; MANTELATTO et al., 2016). A família Palaemonidae é a mais abundante (ANGER, 2013). Dessa família, *Macrobrachium* Bate, 1868 é o gênero mais diverso e ocorre na Ásia, Austrália, África e Américas e consta, aproximadamente, 250 espécies (SAENGPAN et al., 2018; ROSSI et al., 2020). A espécie *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) é uma espécie nativa amplamente distribuída nas principais bacias hidrográficas da América do Sul (LIMA et al., 2014).

Nos ecossistemas aquáticos de água doce, esses camarões desempenham um importante papel trófico, pois eles formam um elo nas teias alimentares, se alimentando de consumidores de níveis tróficos mais basais e servem de recurso para consumidores de níveis tróficos mais elevados (da CRUZ et al., 2021). Portanto, esses crustáceos são considerados como espécies-chave nos ecossistemas em que eles estão presentes, pois influenciam a estruturação das comunidades e também auxiliam em processos ecológicos como, por exemplo, degradação de matéria vegetal (da CRUZ et al., 2021).

A onivoria foi reconhecida como o hábito alimentar no qual os camarões regulam a energia e os nutrientes nos ecossistemas aquáticos (RUDNICK; RESH, 2005; MAO et al., 2015). Devido ao amplo espectro de recursos alimentares consumidos, os onívoros aumentam as conexões das teias alimentares e influenciam o número de presas (MAO et al., 2015). Apesar do hábito onívoro, os camarões apresentam ampla variação intra e interespecíficas na composição e na frequência dos itens consumidos (MELO; NAKAGAKI, 2013; SETHI; RAM; VENKATESAN, 2013; da CRUZ et al., 2021). Essa variação ocorre devido às diferenças nos recursos alimentares presentes em diferentes ecossistemas aquáticos (LAVAJOO et al., 2019).

Vale ressaltar, que a manutenção de uma população depende, ente outras coisas, da disponibilidade de recursos alimentares presentes nos ecossistemas aquáticos e da transferência adequada de energia entre os níveis tróficos, uma vez que a energia obtida na alimentação é útil na realização dos processos vitais dos indivíduos como, por exemplo,

crescimento e reprodução (MELO; NAKAGAKI, 2013). Neste sentido, a análise de conteúdo estomacal é útil para avaliar a importância dos alimentos nas populações aquáticas (MELO; NAKAGAKI, 2013).

A análise de conteúdo estomacal auxilia na compreensão sobre os hábitos alimentares e a posição trófica das espécies nas comunidades aquáticas e, conseqüentemente, contribui para o entendimento das relações ecológicas entre os organismos. Esse conhecimento é importante na interpretação da dinâmica geral dos ambientes (MELO; NAKAGAKI, 2013). Os hábitos alimentares das espécies podem estar relacionados ao estágio do ciclo de vida em que os indivíduos se encontram e também ao tamanho atingido pelos organismos (ROUX et al., 2009).

Com base nessas informações e no fato de que existem poucos estudos que avaliam a alimentação do *Macrobrachium amazonicum* em ambientes de água doce, principalmente na região sul de Minas Gerais, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a dieta natural da espécie *Macrobrachium amazonicum* na represa do Funil localizada no estado de Minas Gerais (Brasil). Testamos as seguintes hipóteses: 1) Não haverá diferenças na dieta entre os machos e as fêmeas uma vez que eles possuem necessidade alimentares semelhantes. 2) Haverá diferenças na dieta entre os juvenis e as fêmeas ovígeras, porque as fêmeas ovígeras precisam de mais energia para a reprodução e os juvenis para o crescimento. 3) Haverá diferenças na alimentação dos indivíduos entre as estações do ano uma vez que as condições ambientais e a disponibilidade de recursos alimentares podem mudar ao longo das estações. Espera-se que os resultados desse trabalho auxiliem na compreensão da dieta natural e as necessidades nutricionais dos camarões da espécie *Macrobrachium amazonicum* e contribua no desenvolvimento de estratégias para a preservação de espécies nativas e de seus habitats.

2 Materiais e métodos

2.1 Área de estudo

As coletas foram realizadas em um sítio localizado na represa do Funil, na cidade de Ijaci (MG, Brasil) (21°08'34.7"S 44°58'44"W). A represa do Funil está localizada na bacia hidrográfica do rio Grande. O rio Grande está localizado na bacia do alto rio Paraná e possui

12 reservatórios, onde a barragem do Funil foi a última a ser construída (entre 2000 – 2002) (ALVES; da SILVA; GODINHO, 2007) (Figura 1).

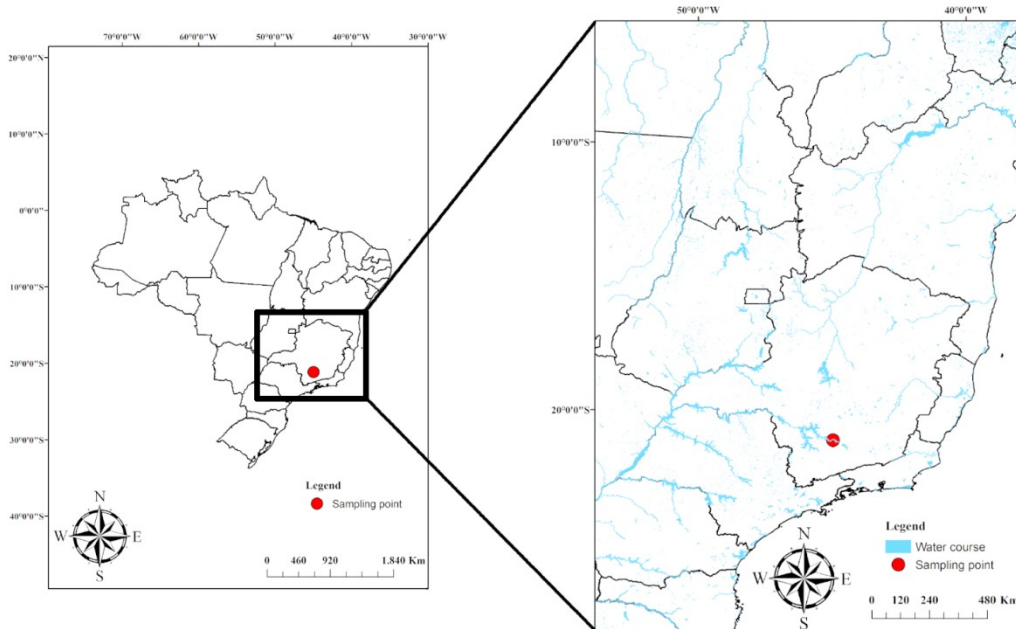


Figura 1: Mapa represente o local de coleta.

2.2 Coleta das amostras

As coletas foram realizadas de abril de 2021 a março de 2022. Os camarões foram coletados com o auxílio de uma peneira ao longo da vegetação marginal. Foi padronizado o tempo de 30 minutos em todas as coletas, onde uma pessoa passava a peneira ao longo da vegetação seguindo movimento ascendente. Após a coleta, os camarões foram armazenados em bolsas térmicas com gelo até o transporte ao Laboratório de Limnologia e Carcinologia da Universidade Federal de Lavras (UFLA).

2.3 Análises laboratoriais

No laboratório, os camarões foram armazenados em álcool 70% até análises posteriores. Os camarões foram sexados, sob uma lupa, de acordo com a presença e/ou ausência do apêndice masculino no segundo par de pleópodes (MANTELATTO; BARBOSA, 2005) (Figura 2). Após a sexagem, foi realizada a medição do comprimento do cefalotórax que corresponde a distância entre a margem posterior da órbita e a margem posterior da

carapaça, com o auxílio de uma lupa equipada com uma ocular micrométrica (Figura 3). Os indivíduos foram agrupados em quatro classes demográficas, devido as semelhanças das fêmeas com os juvenis, o tamanho do menor macho identificado foi utilizado para diferenciá-los. Portanto, as classes demográficas foram: machos (indivíduos com o apêndice masculino); fêmeas ovíferas (fêmeas com ovos aderidos em seus abdômens); fêmeas (indivíduos com o comprimento maior que o menor macho identificado e que não possuem o apêndice masculino) e juvenis (indivíduos com o comprimento menor que o menor macho identificado) (BAUER, 1989).



Figura 2: Sexagem de acordo com a presença do apêndice masculino (círculo vermelho) no segundo par de pleópodes.



Figura 3: Linha branca indicando onde é realizada a medição do comprimento do cefalotórax.

Foi realizada a análise de conteúdos estomacal dos indivíduos das quatro classes demográficas. Nos meses de coleta que foram coletados mais de 30 indivíduos, foi realizado um sorteio dos estômagos que seriam analisados. Já nos meses em que o número de indivíduos foi inferior a 30, todos os estômagos foram analisados. Os estômagos foram retirados dos indivíduos, com o auxílio de tesoura e pinça, com um corte no dorso do cefalotórax. Os estômagos foram colocados sobre uma lâmina, onde os conteúdos estomacais foram retirados, com o auxílio de uma lupa. Após a retirada de todos os itens alimentares, foi colocado uma pequena gota de glicerina sobre os mesmos e as lâminas foram fechadas com lamínula e seladas com verniz. A identificação dos itens foi realizada com o auxílio de um estereomicroscópio e os itens encontrados foram identificados até o menor nível taxonômico possível.

2.4 Análise de dados

Foi determinado o grau de repleção dos estômagos de cada indivíduo analisado. O grau de repleção representa o quão cheio (ou vazio) os estômagos estão. O grau de repleção foi classificado em seis classes (WILLIAMS, 1981):

Classe 1: 0% (estômago vazio)

Classe 2: <5% (estômago parcialmente vazio)

Classe 3: 5 – 35% (estômago vazio/médio)

Classe 4: 35 – 65% (estômago médio)

Classe 5: 65 – 95% (estômago médio/cheio)

Classe 6: >95% (estômago cheio)

Posteriormente, foi realizado o método de pontos (MP) utilizando uma escala de cinco graus (BRANCO; VERANI, 1997):

Grau 1: <5% (2,5 pontos)

Grau 2: 5 – 35% (25 pontos)

Grau 3: 35 – 65% (50 pontos)

Grau 4: 65 – 95% (75 pontos)

Grau 5: >95% (100 pontos)

Cada classe do grau de repleção possui uma pontuação a qual foi multiplicada de acordo com a escala dos graus do método de pontos:

Classe 1: 0

Classe 2: 0,02

Classe 3: 0,25

Classe 4: 0,50

Classe 5: 0,75

Classe 6: 1,00

A porcentagem total dos pontos de cada item alimentar foi expressa pela fórmula:

$$n \sum_{j=1} (a_{ij}/A) \times 100$$

onde: a_{ij} = número de pontos da presa item i encontrada nos estômagos examinados;

A = número total de pontos para todos os itens e

n = número total de estômagos examinados

Também foi determinada a frequência de ocorrência (FO) dos itens alimentares, seguindo a equação (WILLIAMS, 1981; WEAR; HADDON, 1987; HAEFNER JÚNIOR, 1990):

$$FO = s_i/N \times 100$$

onde: s_i = número de estômagos contendo o item i ;

N = número de indivíduos amostrados.

Foi realizado o índice de importância alimentar (IA) para os itens mais frequentes, segundo a fórmula:

$$IA = FO \times MP / \Sigma(FO \times MP)$$

onde: FO X MP corresponde a frequência de ocorrência e o método dos pontos de cada item alimentar e $\Sigma(FO \times MP)$ corresponde a frequência de ocorrência e o método dos pontos de todos os itens alimentares.

Foram construídos gráficos de barras com a frequência de ocorrência dos itens alimentares consumidos em cada estação do ano e pelas classes demográficas. Para avaliar se há diferença na alimentação entre as classes demográficas e entre as estações foi utilizado o escalonamento multidimensional não-métrico (nMDS) juntamente com a análise de similaridade (ANOSIM). Para avaliar se há diferenças na quantidade de microplásticos, insetos e vegetação consumidos tanto entre as classes demográficas quanto entre as estações foi utilizado o teste não paramétrico de Kruskal Wallis seguido pelo teste post hoc de Dunn para avaliar quais grupos se diferenciam entre si. Para avaliar se há correlação entre os microplásticos e os insetos e entre os microplásticos e a vegetação foi utilizado a correlação não paramétrica de Spearman. Todas as análises estatísticas foram realizadas no software R.

4 Resultados

Foram analisados 256 estômagos, dos quais 116 eram dos machos, 100 eram das fêmeas, 27 eram das fêmeas ovígeras e 15 eram dos juvenis. Nas estações, foram analisados 89 estômagos no inverno, 72 no verão, 56 no outono e 41 na primavera.

O grau de repleção médio das classes demográficas foi semelhante (Figura 4). O grau de repleção médio entre as estações também foi semelhante, mas no inverno foi observado o maior grau de repleção enquanto no verão foi observado o menor grau de repleção (Figura 5).

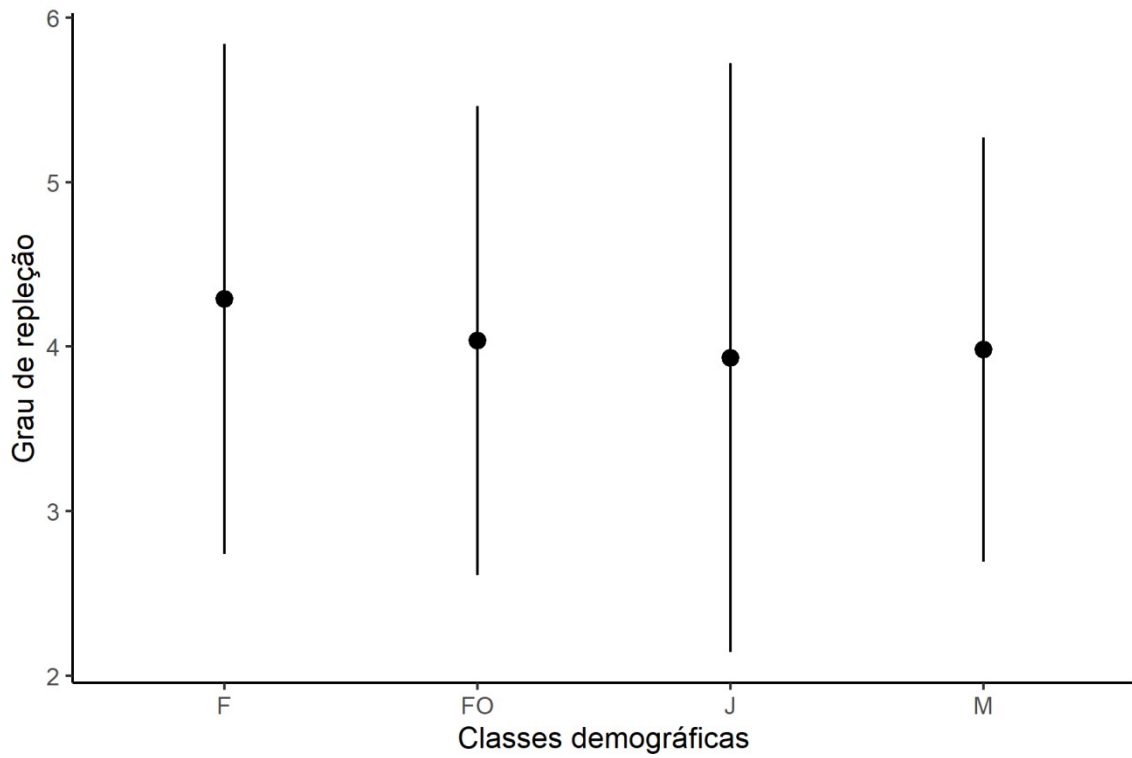


Figura 4: Grau de repleção médio das classes demográficas (F = fêmeas, FO = fêmeas ovígeras, J = juvenis e M = machos). O ponto preto no gráfico representa o grau de repleção médio e a linha representa a variação do grau de repleção de cada classe.

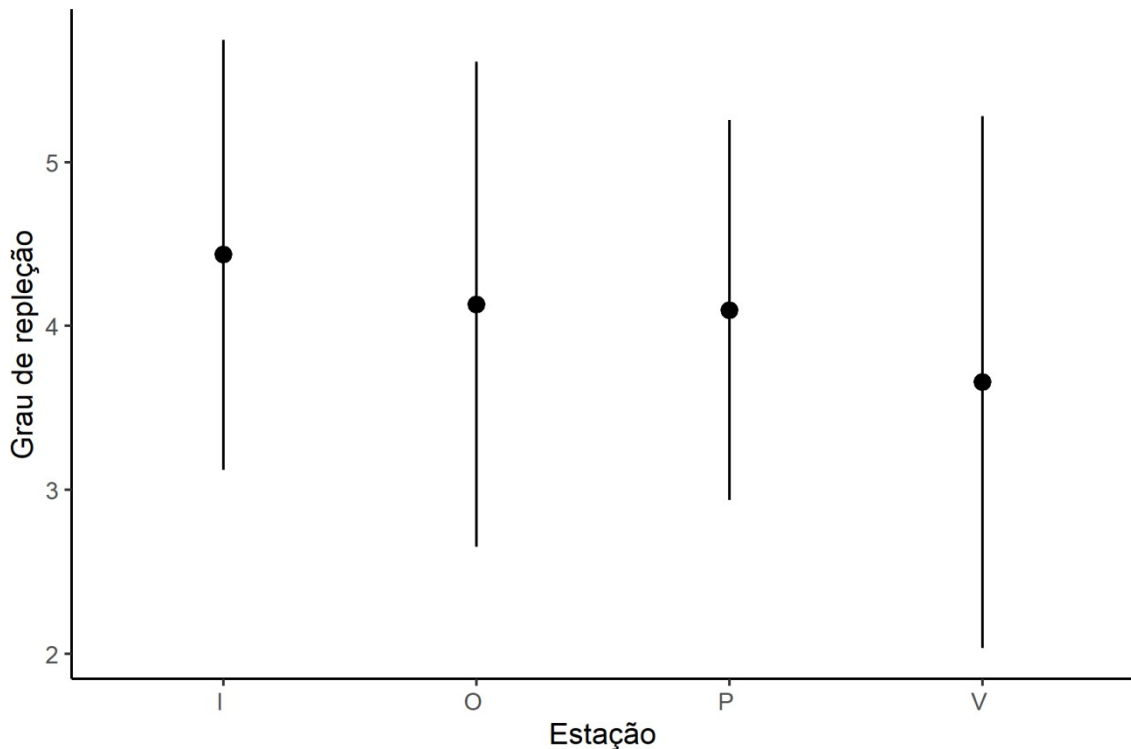


Figura 5: Grau de repleção médio das estações do ano (I = inverno; O = outono; P = primavera e V = verão). O ponto preto no gráfico represente o grau de repleção médio e a linha representa a variação do grau de repleção em cada estação.

A matéria orgânica digerida foi o item mais frequente nos estômagos dos machos, juvenis e fêmeas ovígera, mas nas fêmeas ovígeras os microplásticos tiveram a mesma frequência de ocorrência que a matéria orgânica digerida. Já nas fêmeas não ovígeras, os microplásticos foram o item mais frequente nos estômagos. Depois da matéria orgânica digerida, o item mais frequente nos estômagos dos machos e dos juvenis foi o microplástico. Os machos e as fêmeas consumiram mais insetos do que fragmentos vegetais. Já as fêmeas ovígeras consumiram mais fragmentos vegetais do que insetos e os juvenis não consumiram fragmentos vegetais (Figuras 6 – 9).

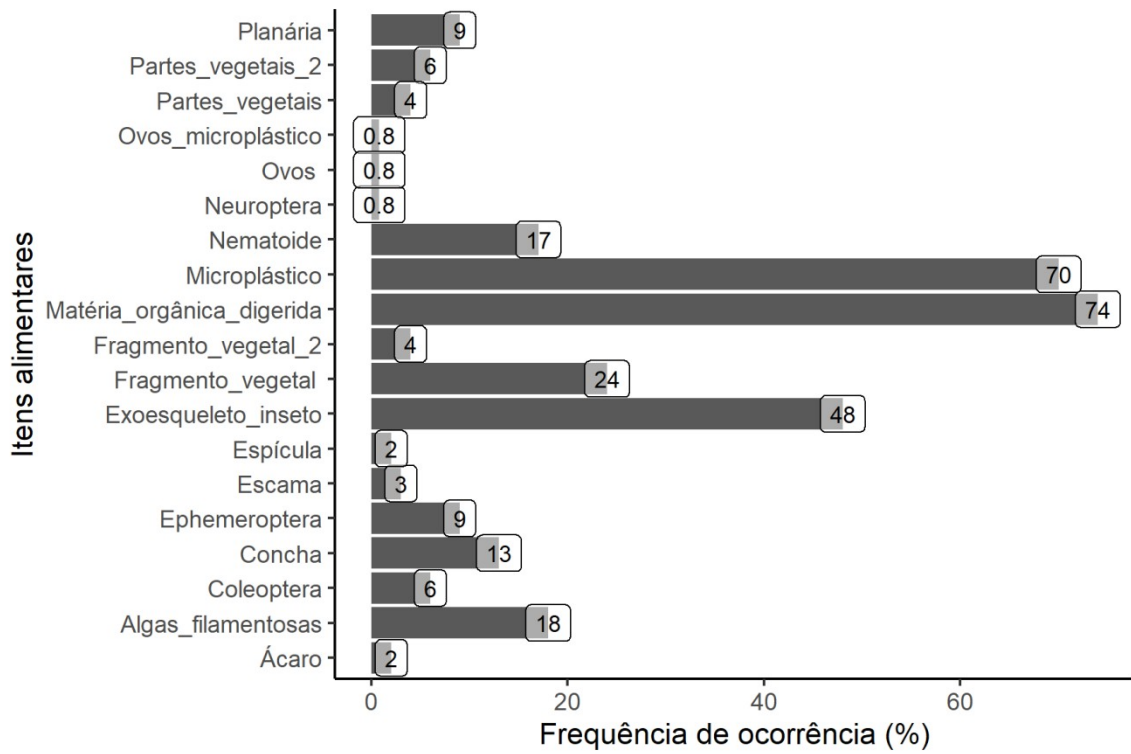


Figura 6: Frequência de ocorrência dos itens alimentares consumidos pelos machos.

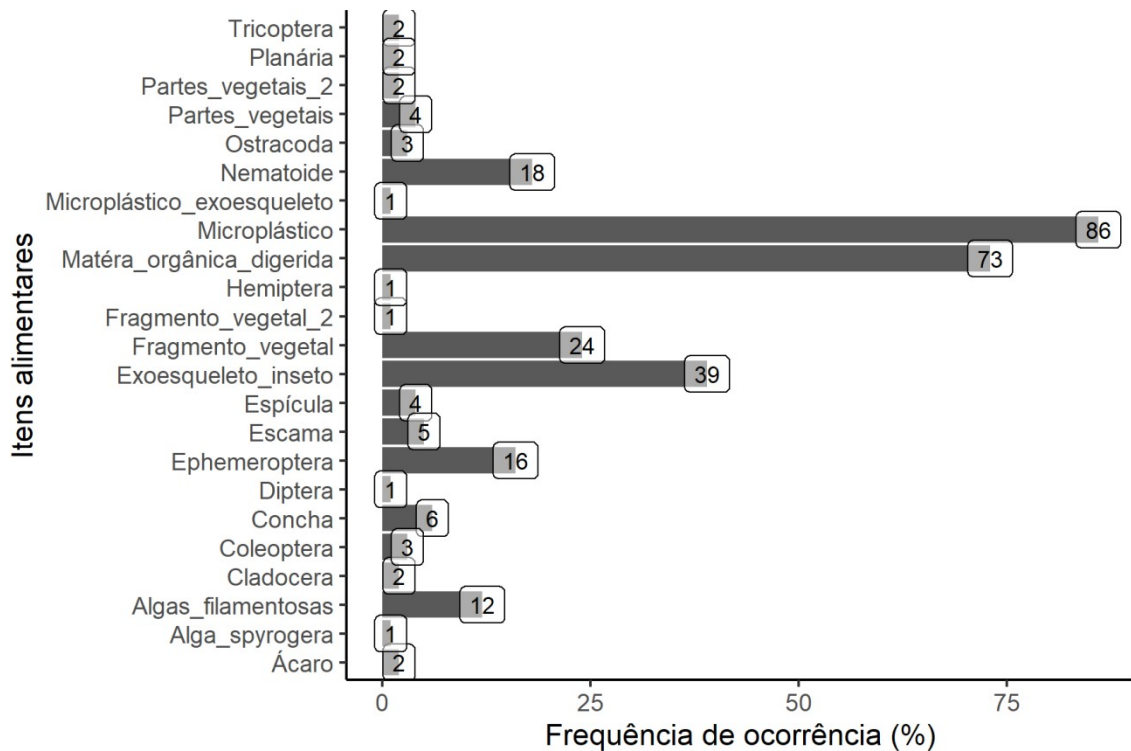


Figura 7: Frequência de ocorrência dos itens alimentares consumidos pelas fêmeas.

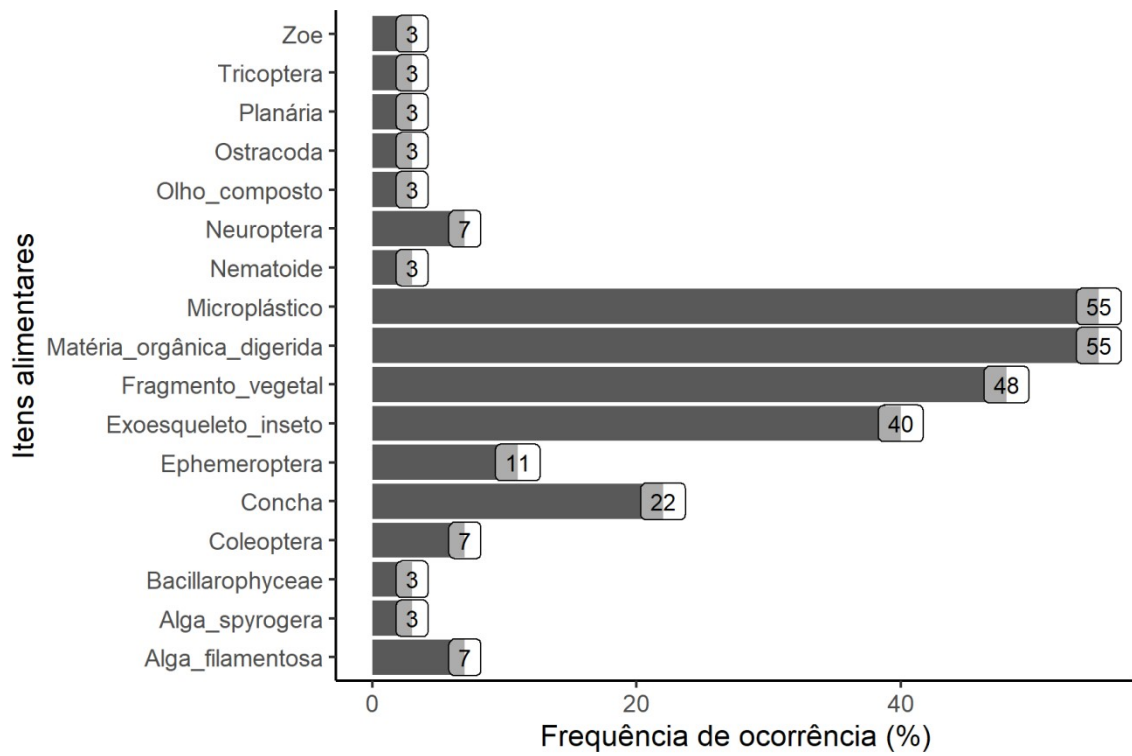


Figura 8: Frequência de ocorrência dos itens alimentares consumidos pelas fêmeas ovíferas

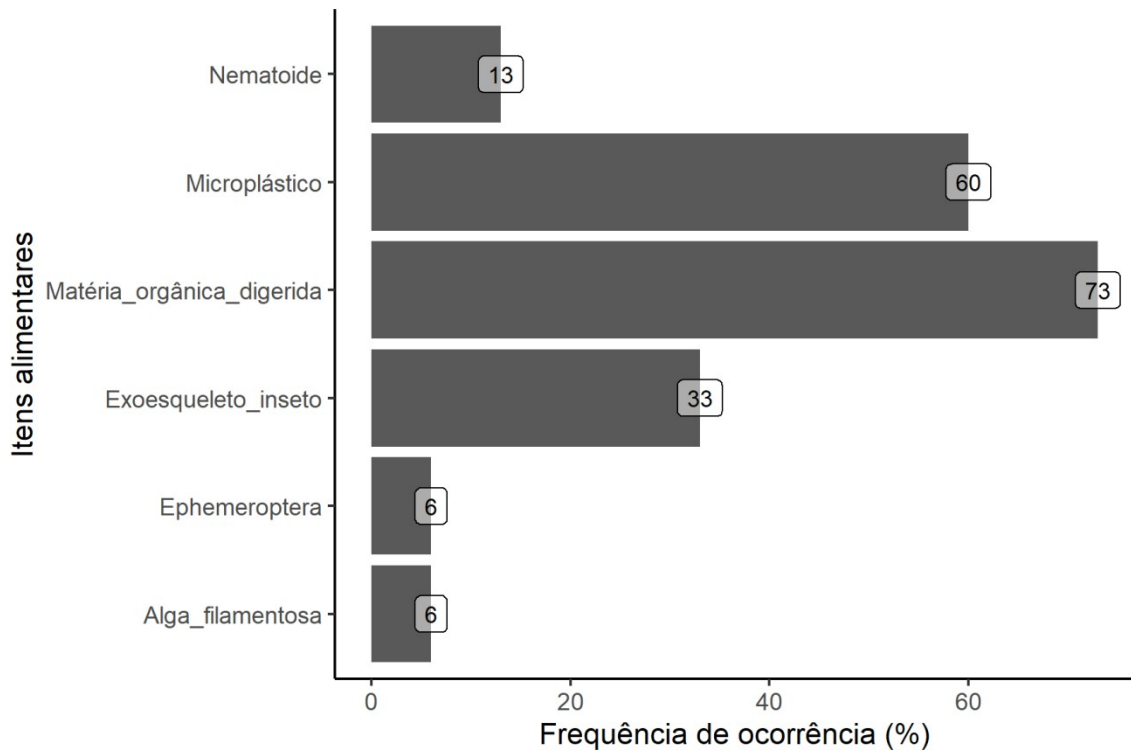


Figura 9: Frequência de ocorrência dos itens alimentares consumidos pelos juvenis.

Nas quatro estações, os itens que tiveram maior frequência de ocorrência foram: matéria orgânica digerida, microplástico, exoesqueleto inseto e fragmento vegetal (Figura 10 – 13). No inverno e no outono houve maior frequência de Ephemeroptera. Na primavera também houve alta frequência dos itens concha, algas e nematoide. Os nematoides também foram bastante frequente nos estômagos da estação verão. O verão foi a estação com menor frequência de insetos.

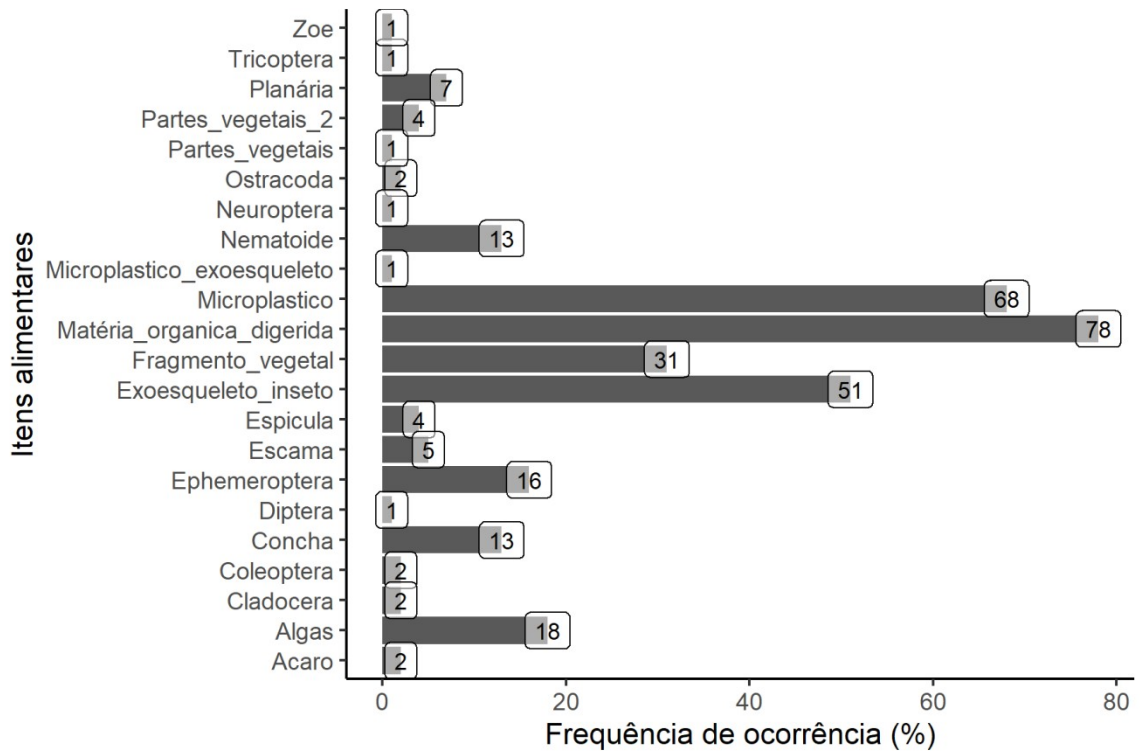


Figura 10: Frequência de ocorrência dos itens alimentares consumidos na estação inverno

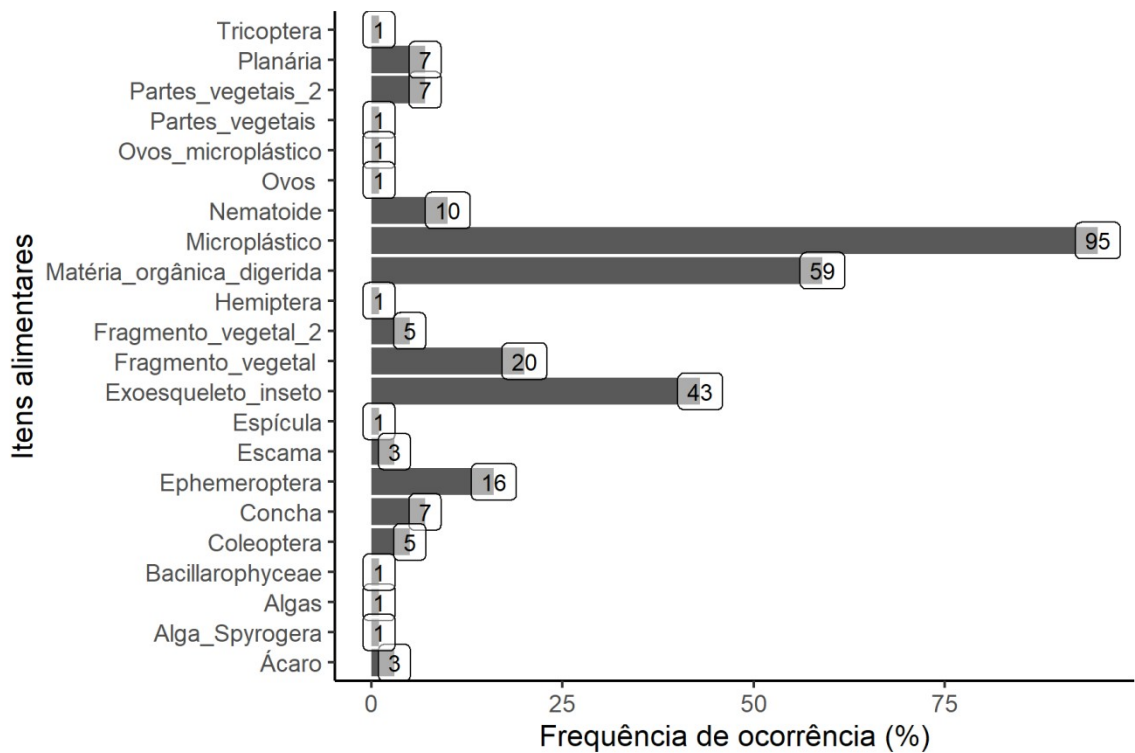


Figura 11: Frequência de ocorrência dos itens alimentares consumidos na estação outono

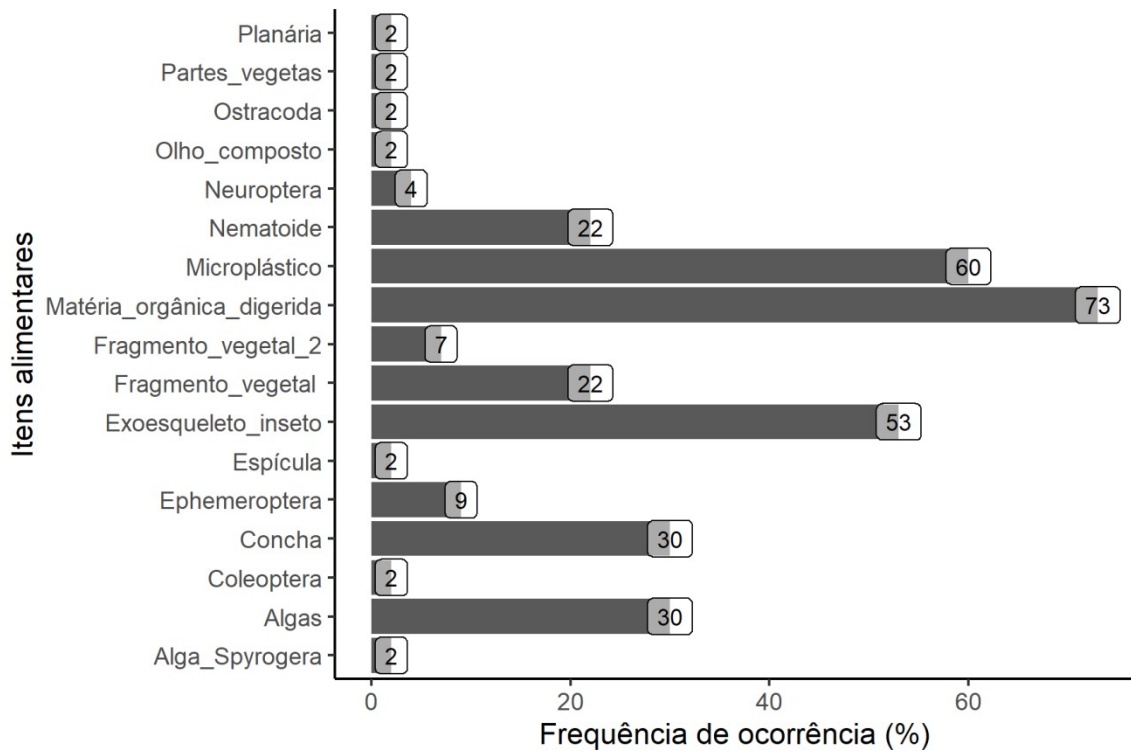


Figura 12: Frequência de ocorrência dos itens alimentares consumidos na estação primavera

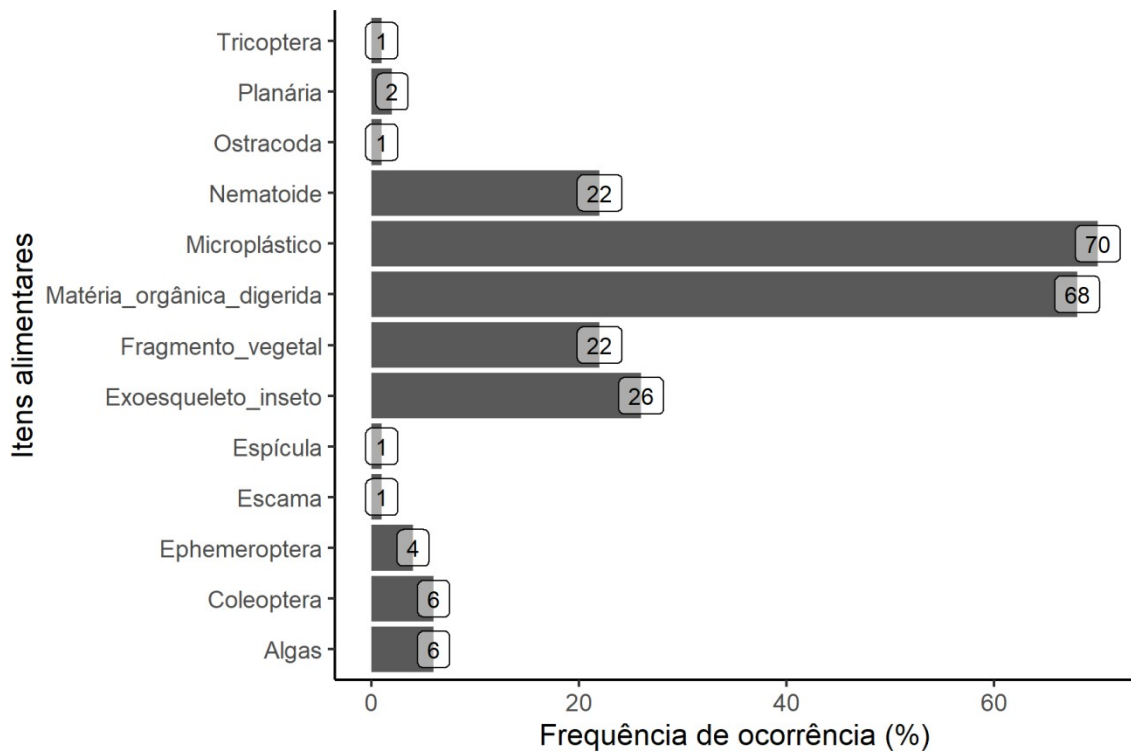


Figura 13: Frequência de ocorrência dos itens alimentares consumidos na estação verão

Analisando a representação gráfica do escalonamento multidimensional não-métrico (nMDS), há uma sobreposição na alimentação entre os machos e as fêmeas ovígeras e entre as fêmeas não ovígeras e os juvenis (Figura 14). Entretanto, todas as classes demográficas estão dispostas próximas umas das outras, indicando similaridade na dieta das mesmas. O teste de ANOSIM confirmou essa similaridade, uma vez que o valor de R foi próximo de zero, entretanto o valor de p foi significativo o que indica que há uma diferença na dieta entre as classes, porém essa diferença deve ser fraca devido ao valor baixo de R ($R = 0.05259$, $p = 0.0094991$). Resultado similar foi observado para as estações do ano ($R = 0.0579$, $p = 0.00019998$). Na representação gráfica do nMDS é possível observar que há uma sobreposição entre as elipses das estações (Figura 14).

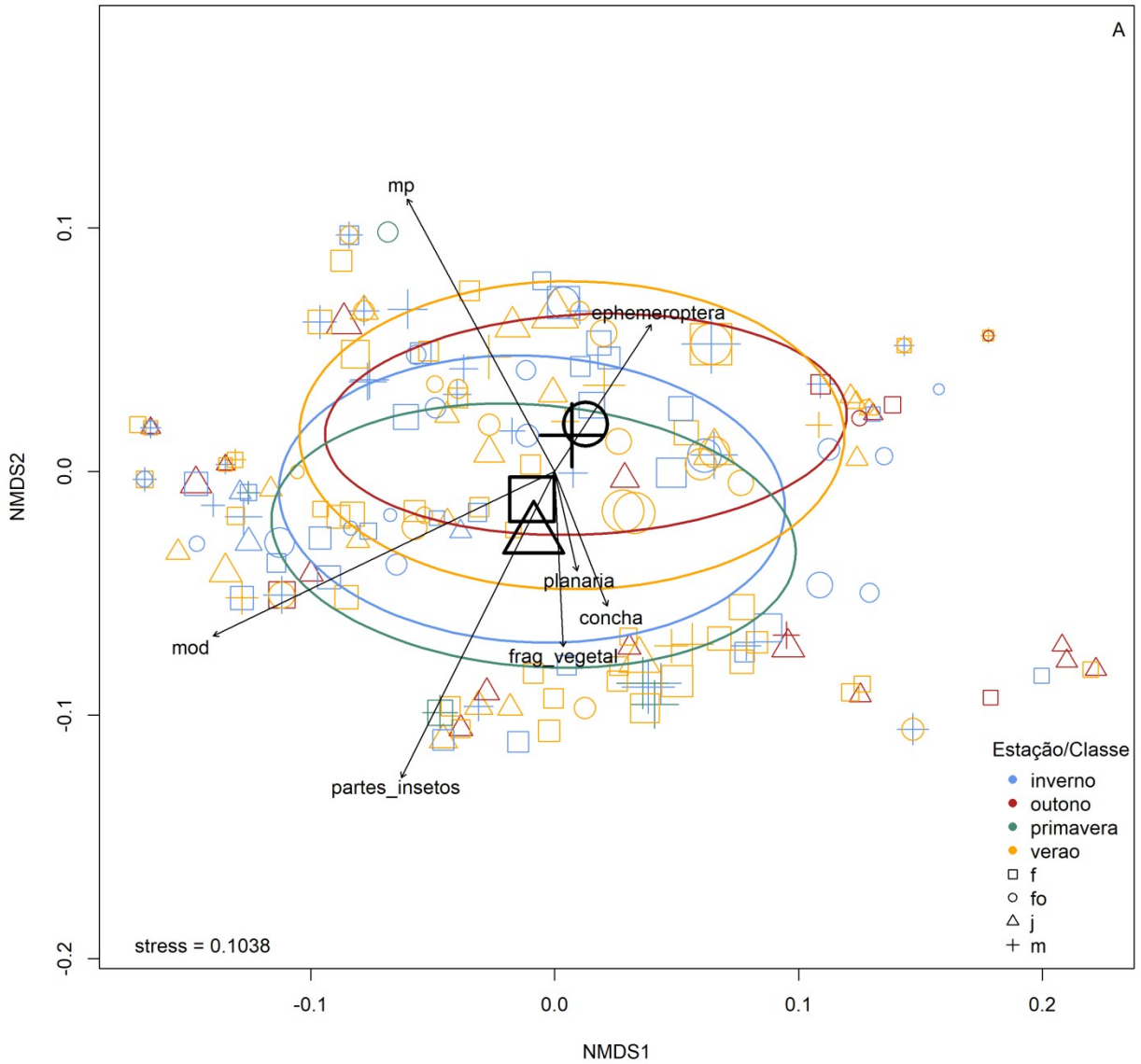


Figura 14: Escalonamento multidimensional não-métrico (nMDS) da dieta das classes demográficas e das estações.

De acordo com o índice de importância alimentar dos itens microplástico, inseto e vegetação, o microplástico foi o item de maior importância para os machos, as fêmeas não ovígeras e os juvenis. Já para as fêmeas ovígeras, a vegetação foi o item de maior importância (Tabela 1). Avaliando o índice de importância alimentar dos mesmos itens ao longo das estações do ano, vemos que o microplástico foi o item de maior importância no verão, outono e inverno, enquanto na primavera os insetos tiveram maior importância (Tabela 2).

Importância alimentar (IA) do microplástico, inseto e vegetação consumidos pelas classes demográficas

Classe	Microplástico	Insetos	Vegetação
M	0.21	0.17	0.05
F	0.32	0.13	0.03
FO	0.19	0.09	0.25
J	0.17	0.12	0.00

Tabela 1: Importância alimentar do microplástico, inseto e vegetação consumidos pelas classes demográficas

Importância alimentar (IA) do microplástico, inseto e vegetação consumidos ao longo das estações

Estação	Microplástico	Insetos	Vegetação
Primavera	0.16	0.19	0.02
Verão	0.24	0.12	0.07
Outono	0.42	0.15	0.02
Inverno	0.20	0.17	0.06

Tabela 2: Importância alimentar do microplástico, inseto e vegetação consumidos ao longo das estações.

O teste de Kruskal-Wallis mostrou que há diferença no consumo de microplásticos entre as classes demográficas ($X^2_{(2)} = 14.708$; $p < 0,05$) (Figura 15). O teste post hoc de Dunn mostrou que há diferenças significativas entre as fêmeas ovígeras e as fêmeas não ovígeras e entre as fêmeas ovígeras e os juvenis. O teste de Kruskal-Wallis também mostrou que há diferença no consumo de vegetação entre as classes demográficas ($X^2_{(2)} = 9.8231$; $p < 0,05$) (Figura 16). O teste post hoc de Dunn mostrou que há diferença entre as fêmeas ovígeras e os juvenis. Não houve diferença significativa no consumo de insetos entre as classes demográficas (Figura 17).

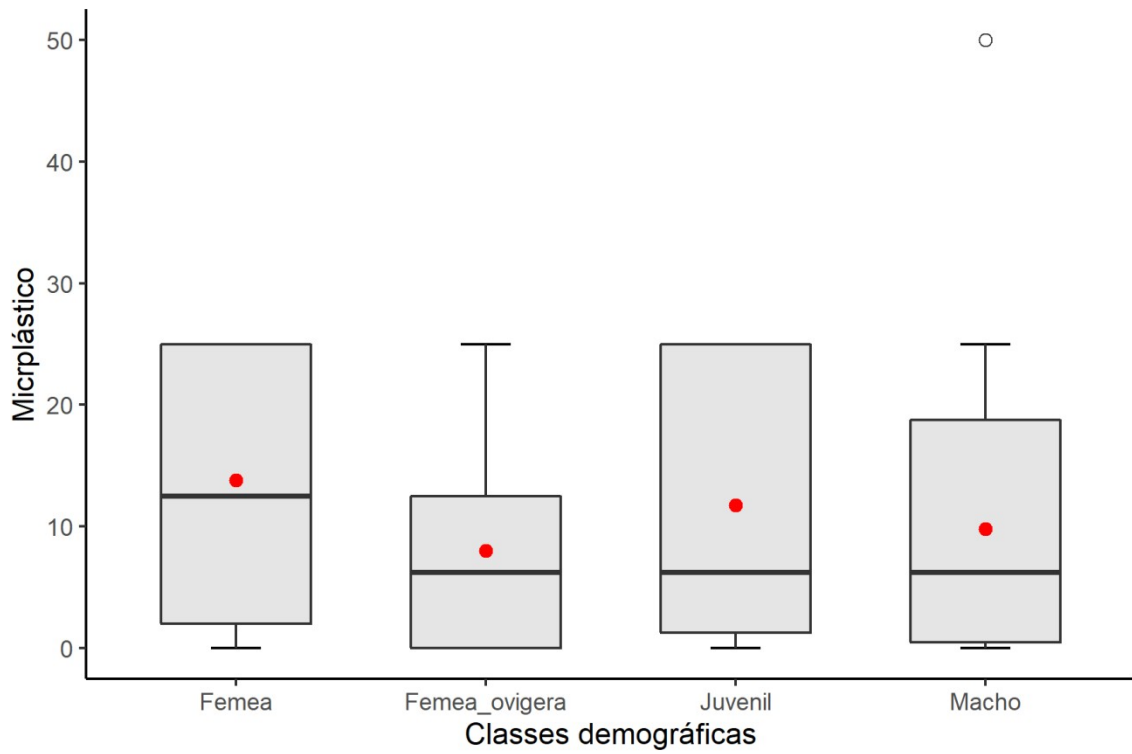


Figura 15: Consumo de microplásticos pelas classes demográficas

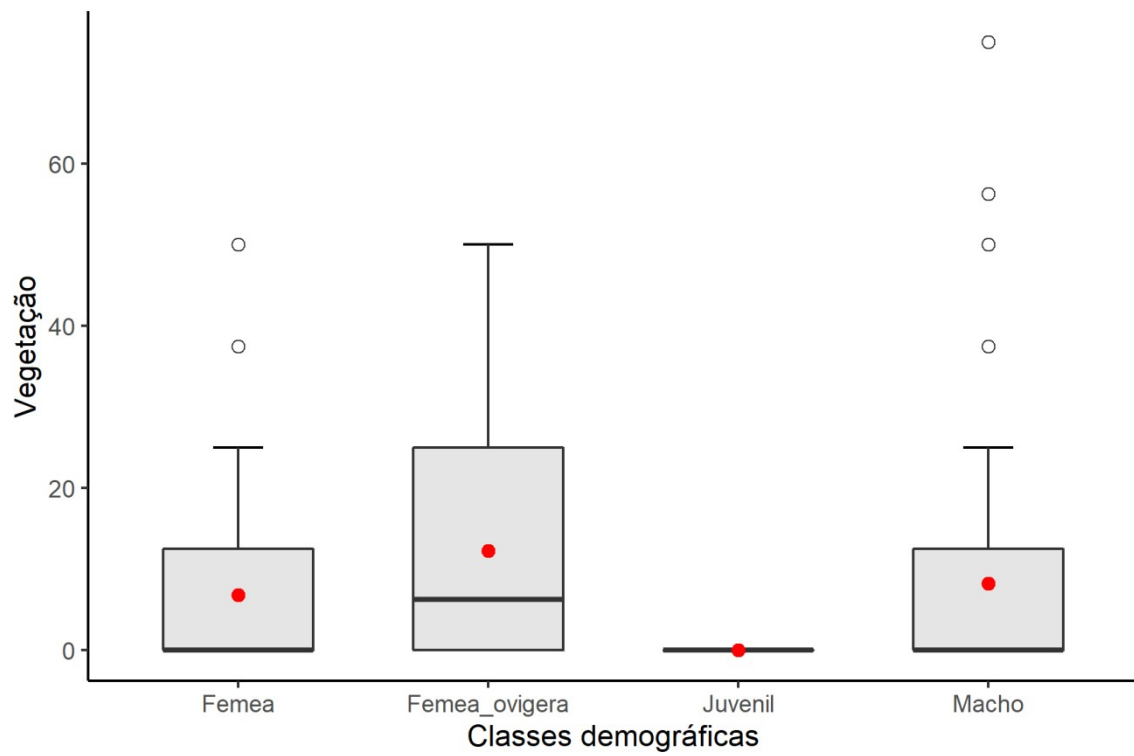


Figura 16: Consumo de vegetação pelas classes demográficas.

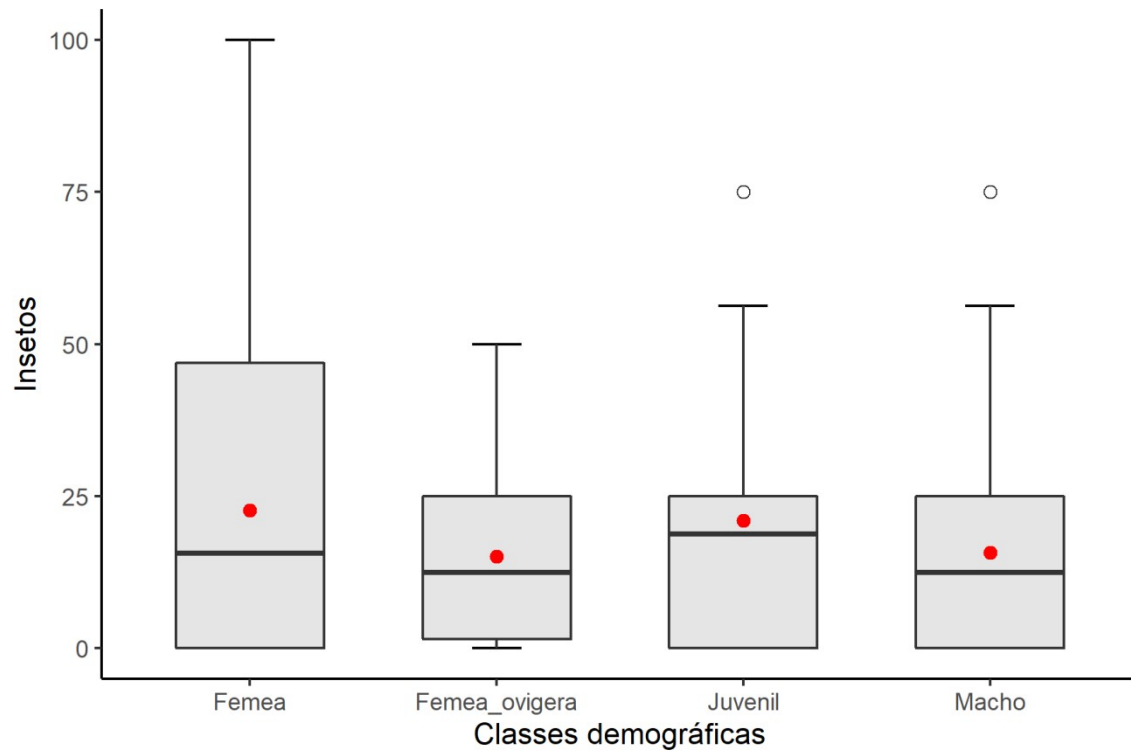


Figura 17: Consumo de insetos pelas classes demográficas

Em relação às estações, o teste de Kruskal-Wallis mostrou que houve diferença no consumo de microplástico ($X^2_{(2)} = 8.3036$; $p < 0,05$) (Figura 18). O teste post hoc de Dunn mostrou que a diferença ocorreu entre a primavera e o outono. O teste de Kruskal-Wallis também mostrou que houve diferença no consumo de insetos ao longo das estações ($X^2_{(2)} = 8.1469$; $p < 0,05$) (Figura 19). O teste post hoc de Dunn mostrou que houve diferença entre o verão e o inverno. Não houve diferença no consumo de vegetação entre as estações (Figura 20).

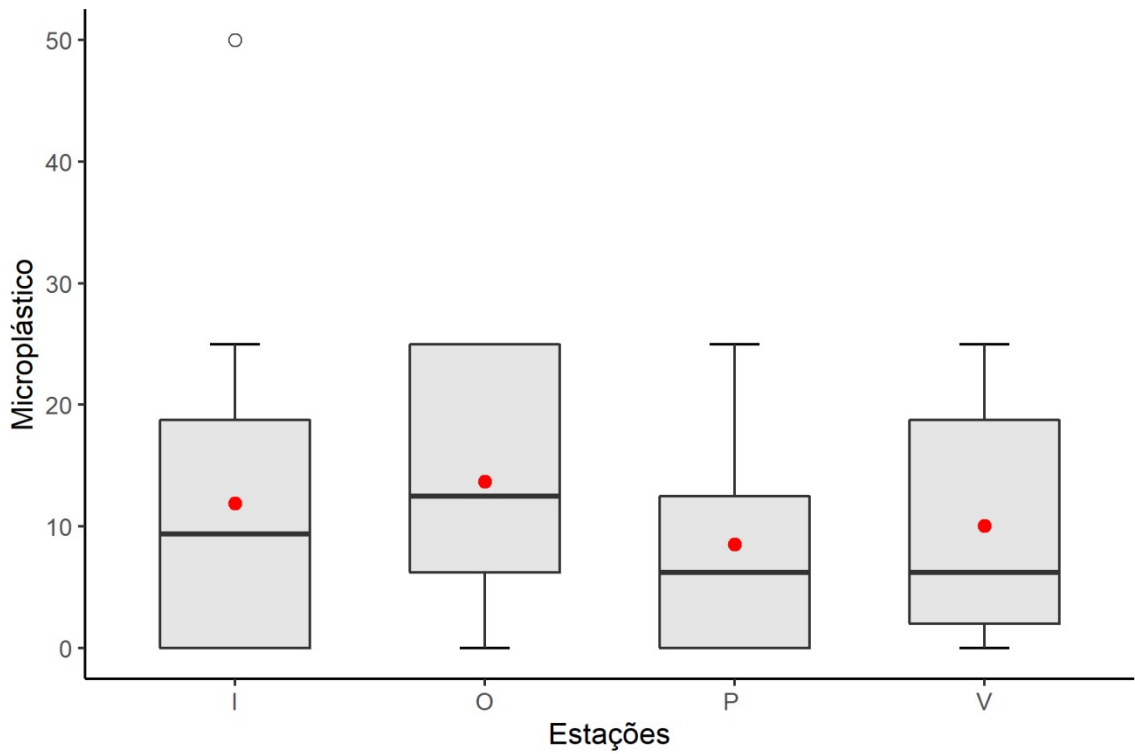


Figura 18: Consumo de microplástico ao longo das estações do ano.

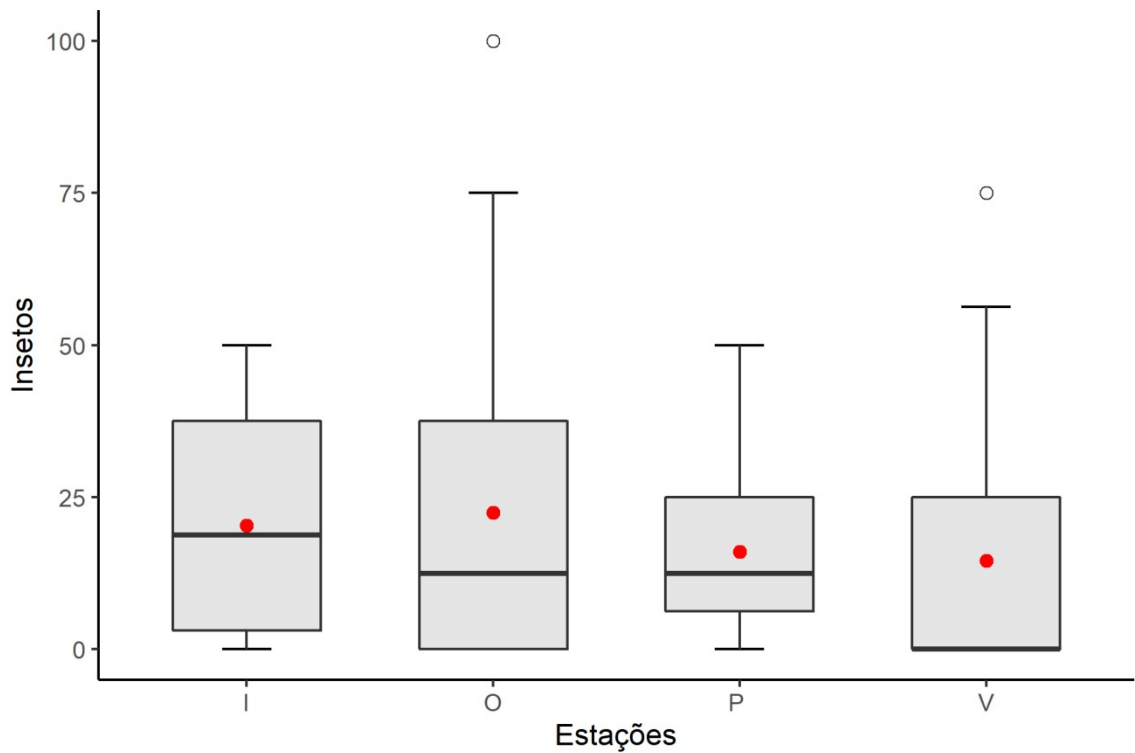


Figura 19: Consumo de insetos ao longo das estações do ano

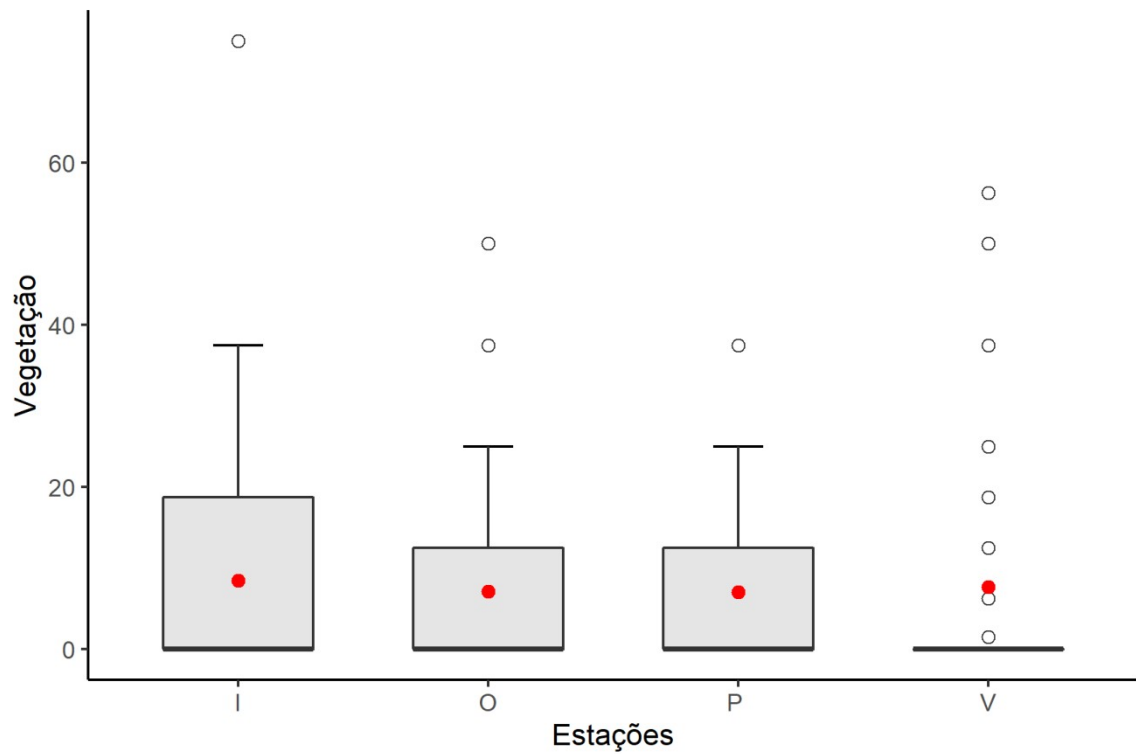
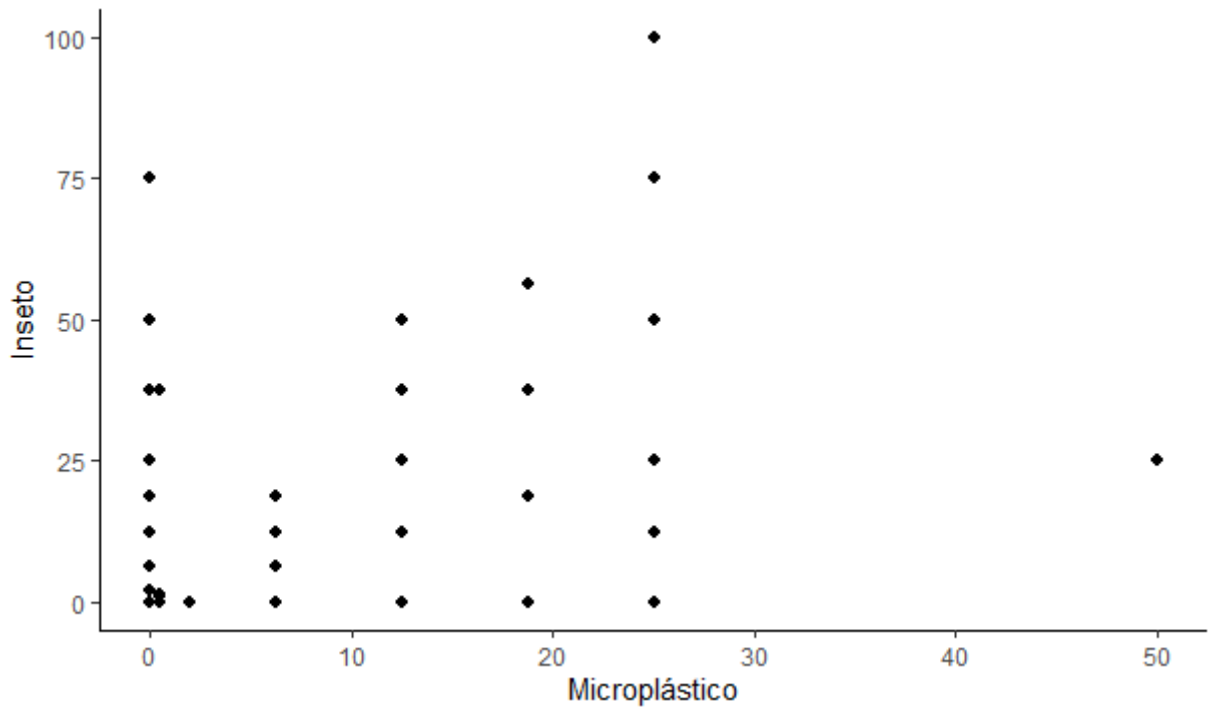


Figura 20: Consumo de vegetação ao longo das estações do ano.

A correlação de Spearman mostrou que há uma correlação entre o item microplástico e o item inseto ($\rho = 0,31$; $p < 0,0001$) (Figura 21). Não houve correlação entre o item microplástico e o item vegetação.



Porém, quando observamos os itens mais frequentes de matéria vegetal e animal, observamos diferenças no consumo entre as classes demográficas.

O hábito alimentar onívoro observado na maioria das espécies do gênero *Macrobrachium* também foi observado no presente estudo. De acordo com alguns autores, os crustáceos decápodes apresentam dieta onívora oportunista (ALBERTONI; PALMA-SILVA; ESTEVES, 2003; SETHI; RAM; VENKATESAN, 2013; LIMA et al., 2014; LAVAJOO et al., 2019; da CRUZ et al., 2021). No entanto, é comum observar diferenças na proporção de matéria vegetal e animal, para o gênero *Macrobrachium* os insetos e outros invertebrados representam componentes importantes na dieta das espécies, o que também foi observado para as fêmeas, os machos e os juvenis do presente estudo (ALBERTONI; PALMA-SILVA; ESTEVES, 2003; MELO; NAKAGAKI, 2013; da CRUZ et al., 2021).

Para as fêmeas ovígeras a matéria vegetal teve maior importância do que a animal. Geralmente detritos vegetais apresentam baixa qualidade nutricional, eles podem ser colonizados por microorganismos que aumentam a nutrição vegetal (WILINER; CARVALHO; COLLINS, 2014). Esse aumento de nutrição pode ser direto, uma vez que fungos e bactérias também podem ser fonte de nutrientes ou indireto, pela ação de decomposição desses microorganismos que tornam a matéria vegetal mais palatável para outros consumidores (WILINER; CARVALHO; COLLINS 2014; da CRUZ et al., 2021). A matéria vegetal pode ter sido mais abundante na alimentação das fêmeas ovígeras porque nesse período elas podem se tornar mais suscetíveis a predação e, portanto, elas ficam mais escondidas em seus abrigos ao longo da vegetação.

A presença de microplásticos nos estômagos pode ter ocorrido devido a expansão de atividades humanas próximas aos ambientes aquáticos que aumenta o aporte dessas partículas nos mesmos (COLLICUTT; JUANES; DUDAS, 2019). A correlação entre os microplásticos e os insetos pode ter ocorrido devido ao fato de que as espécies aquáticas também podem consumir microplásticos de forma indireta uma vez que os outros organismos que são utilizados como recursos para essas espécies podem ter microplásticos, ocasionando transferência trófica (CARDOZO et al., 2018; GARCIA et al., 2020).

Em suma, a dieta dos camarões *Macrobrachium amazonicum* na represa do Funil apresentou amplo espectro alimentar caracterizando o hábito alimentar onívoro, padrão comum observado em muitas espécies do gênero *Macrobrachium*. Porém também foi observado diferenças no consumo de matéria vegetal entre as fêmeas ovígeras e os juvenis. Esperamos que os resultados obtidos auxiliem no conhecimento da biologia bem como no desenvolvimento de programas que visem a preservação de espécie nativa.

5 REFERÊNCIAS

- ALBERTONI, E. F.; PALMA-SILVA, C.; ESTEVES, F. A. **Natural diet of three species of shrimps in a tropical coastal lagoon.** Brazilian Archives of Biology & Technology: An International Journal 46(3):395-403. 2003.
- ALVES, C. B. M.; da SILVA, L. G. M.; GODINHO, A. L. **Radiotelemetry of a female jaú, Zungaro jahu (Ihering, 1898) (Siluriformes: Pimelodidae), passed upstream of Funil Dam, rio Grande, Brazil.** Neotropical Ichthyology, 5(2):229-232. 2011.
- ANGER, K. **Neotropical *Macrobrachium* (Caridea: Palaemonidae): on the biology, origin, and radiation of freshwater-invading shrimp.** Journal of Crustacean Biology 33(2):151-183. 2013.
- BAUER, R. T. **Continuous reproduction and episodic recruitment in nine prawn species inhabiting a tropical seagrass meadow.** Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 127(2):175-187. 1989.
- BRANCO, J. O.; VERANI, J. R. **Dinâmica da alimentação natural de *Callinectes danae* Smith (Decapoda, Portunidae) na Lagoa da Conceição, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil.** Revista Brasileira de Zoologia 14(4):1003-1018. 1997.
- CARDOZO, A. L. P. et al. **Feeding ecology and ingestion of plastic fragments by *Priacanthus arenatus*: what's the fisheries contribution to the problem?** Marine Pollution Bulletin, 130, 19–27. 2018.
- COLLICUTT, B.; JUANES, F.; DUDAS, S. E. **Microplastics in juvenile Chinook salmon and their nearshore environments on the east coast of Vancouver Island.** Environmental Pollution, 244, 135–142. 2019.
- COSTA, R. C.; SIMÕES, S. M. **Avaliação dos Camarões Sergestídeos (Decapoda: Sergestidae),** Cap. 29. In: Pinheiro, M. A. A. & Boos, H. org. Livro Vermelho dos Crustáceos do Brasil: Avaliação 2010- 2014. Porto Alegre, Sociedade Brasileira de Carcinologia, p. 390-399. 2016.
- da CRUZ, B. R. F., et al. **Natural diet of *Macrobrachium brasiliense* (Crustacea, Decapoda) in a Cerrado stream.** Iheringia, Série Zoologia, 111: e2021003. 2021. doi: 10.1590/1678-4766e2021003
- GARCIA, T. D. et al. **Ingestion of Microplastic by Fish of Different Feeding Habits in Urbanized and Non-urbanized Streams in Southern Brazil.** Water, Air, & Soil Pollution, 231(8). 2020. doi:10.1007/s11270-020-04802-9
- HAEFNER JÚNIOR, P. A. **Natural diet of *Callinectes ornatus* (Brachyura: Portunidae) in Bermuda.** Journal of Crustacean Biology 10(2):236- 246. 1990.
- LAVAJOO, F. et al **Natural diet of *Macrobrachium nipponense* shrimp from three habitats in Anzali Wetland, Iran.** Caspian Journal of Environmental Sciences 17(2):101-111. 2019.

- LIMA, J. de F., et al. **Reproductive aspects of *Macrobrachium amazonicum* (Decapoda: Palaemonidae) in the State of Amapá, Amazon River mouth.** 44(2) : 245 – 254. 2014. doi: 10.1590/S0044-59672014000200010
- MANTELATTO, F. L. M.; BARBOSA, L. R. **Population structure and relative growth of freshwater prawn *Macrobrachium brasiliense* (Decapoda, Palaemonidae) from São Paulo State, Brazil.** Acta Limnologica Brasiliensia 17:245-255. 2005.
- MANTELATTO, F. L., et al. **Avaliação dos Camarões Atídeos (Decapoda: Atyidae), Cap. 5.** In: Pinheiro, M. A. A. & Boos, H. org. Livro Vermelho dos Crustáceos do Brasil: Avaliação 2010-2014. Porto Alegre, Sociedade Brasileira de Carcinologia, p. 93-102. 2016.
- MAO, Z.; GU, X.; ZENG, Q. **Food sources and trophic relationships of three decapod crustaceans: insights from gut contents and stable isotope analyses.** Aquaculture Research, 47(9), 2888–2898. 2015. doi:10.1111/are.12739
- MELO, M. S.; NAKAGAKI, J. M. **Evaluation of the feeding habits of *Macrobrachium brasiliense* (Heller, 1862) in the Curral de Arame stream (Dourados/Mato Grosso do Sul, Brazil).** Nauplius 21(1):25-33. 2013.
- ROSSI, N., et al. **Uncovering a hidden diversity: a new species of freshwater shrimp *Macrobrachium* (Decapoda: Caridea: Palaemonidae) from Neotropical region (Brazil) revealed by morphological review and mitochondrial genes analyses.** Zootaxa 4732(1):177-195. 2020.
- ROUX, A. et al. **Diet of the red shrimp *Pleoticus muelleri* (Bate, 1888) in Patagonian fishing grounds, Argentine.** Revista de Biología Marina y Oceanografía, 44(3): 775-781. 2009.
- RUDNICK D. A.; RESH V. H. **Stable isotopes, mesocosms and gut content analysis demonstrate trophic differences in two invasive decapod crustacea.** Freshwater Biology 50, 1323–1336. 2005.
- SAENGPAN, N., et al. **Morphology and molecular phylogeny of *Macrobrachium suphanense* sp. nov. (Decapoda: Palaemonidae) from Thailand.** Zootaxa 4482(1):151-163. 2018.
- SETHI, N.; RAM, N.; VENKATESAN, V. **Food and feeding habits of *Macrobrachium lar* (Decapoda, Palaemonidae) from Andaman and Nicobar Islands, India.** Indian Journal of Fisheries 60(4):131-135. 2013.
- WEAR, R. G.; HADDON, M. **Natural diet of the crab *Ovalipes catharus* (Crustacea, Portunidae) around central and northern New Zealand.** Marine Ecology Progress Series 35:39-49. 1987.

WILLIAMS, M. J. **Methods for analysis of natural diet in portunid crabs (Crustacea: Decapoda: Portunidae).** Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 52(1):103-113. 1981.

WILLINER, V.; CARVALHO, D. A.; COLLINS, P. A. **Feeding spectra and activity of the freshwater crab *Trichodactylus kensleyi* (Decapoda: Brachyura: Trichodactylidae) at La Plata basin.** Zoological Studies 53:71. 2014.