

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CENTRO DE ENGENHARIAS E CIÊNCIAS EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS
PESQUEIROS E ENGENHARIA DE PESCA**

ANGÉLICA DORIGON LIRA

Avaliação cienciométrica em estudos de ecologia alimentar em peixes

Toledo

2017

ANGÉLICA DORIGON LIRA

Avaliação cienciométrica em estudos de ecologia alimentar em peixes

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca – Mestrado e Doutorado, do Centro de Engenharias e Ciências Exatas, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca.

Área de concentração: Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca.

Orientador: Prof. Dr. Éder André Gubiani
Co-orientadora: Prof.^a Dra. Rosemara Fugi

Toledo

2017

Catálogo na Publicação elaborada pela Biblioteca Universitária
UNIOESTE/Campus de Toledo.

Bibliotecária: Marilene de Fátima Donadel - CRB – 9/924

L768a Lira, Angélica Dorigon
Avaliação cienciométrica em estudos de ecologia alimentar em
peixes /Angélica Dorigon Lira. -- Toledo, PR : [s. n.], 2017.
55 f. : il. (p&b.), figs.

Orientador: Prof. Dr. Éder André Gubiani

Coorientadora: Prof. Dra. Rosemara Fugi

Dissertação (Mestrado em Recursos Pesqueiros e Engenharia de
Pesca) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Campus de
Toledo. Centro de Engenharias e Ciências Exatas.

1. Engenharia de pesca - Dissertações 2. Ictiofauna 3. Peixe -
Alimentação 4. Peixe - Nutrição 5. Peixe - Ecologia 6. Hábitos
alimentares 7. Produção científica - Avaliação 8. Cienciométrica I.
Gubiani, Éder André, orient. II. Fugi, Rosemara, coorient. III. T.

CDD 20. ed. 597.013
639.3

FOLHA DE APROVAÇÃO

ANGÉLICA DORIGON LIRA

Avaliação cienciométrica em estudos de ecologia alimentar em peixes

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca – Mestrado e Doutorado, do Centro de Engenharias e Ciências Exatas, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca, pela Comissão Julgadora composta pelos membros:

COMISSÃO JULGADORA

Prof. Dr. Éder André Gubiani
Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Presidente)

Prof. Dr. Pitágoras Augusto Piana
Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Prof.^a. Dra. Andréia Isaac
Universidade Federal do Paraná

Aprovada em: 28/04/2017

Local de defesa: Auditório do Grupo de Pesquisas em Recursos Pesqueiros e Limnologia/Unioeste/Campus de Toledo

Avaliação cienciométrica em estudos de ecologia alimentar em peixes

RESUMO

Diversos procedimentos laboratoriais e métodos estatísticos foram desenvolvidos para avaliar a dieta em peixes. Desse modo, por meio de uma análise cienciométrica identificamos tendências e padrões nos trabalhos sobre ecologia trófica de peixes, desde aspectos mais gerais até aspectos relacionados ao uso de ferramentas estatísticas. A base de dados utilizada para o levantamento foi a Thomson Reuters (ISI Web of Knowledge, apps.webofknowledge.com). Na qual verificamos aumento significativamente crescente na quantidade de artigos sobre ecologia trófica de peixes com o tempo. Dentre os 1319 artigos avaliados, as características mais frequentes foram: i) publicação na revista *Journal of Fish Biology*; ii) pesquisadores brasileiros e norte-americanos como autores principais; iii) três autores por trabalho; iv) ambiente marinho; v) população, o assunto mais abordado; vi) frequência de ocorrência, o método mais utilizado para análise do conteúdo estomacal e intestinal; vii) índice de importância relativa, método mais utilizado para avaliar a importância dos itens alimentares na dieta; viii) a utilização dos testes estatísticos Kolmogorov-Smirnov e Levene para avaliar os pressupostos de normalidade e homogeneidade de variâncias, respectivamente; ix) a utilização dos testes de hipóteses univariado paramétrico de análise de variância, do teste univariado não-paramétrico de Kruskal-Wallis, do teste multivariado de análise de variância permutacional e do teste multivariado de análise de similaridades; e x) a utilização das técnicas de ordenação paramétrica análise de agrupamento e a não-paramétrica de escalonamento multidimensional não métrico.

Palavras-chave: Cienciométrica, avaliação da dieta, testes estatísticos, ictiofauna.

Scientometric approach in studies of fish feeding ecology

ABSTRACT

Several laboratory procedures and statistical methods were developed to evaluate diet in fish. Thus, through a scientometric approach, we identified patterns in articles on fish feeding ecology. The database used for the survey was Thomson Reuters (ISI Web of Knowledge, apps.webofknowledge.com). In which, we observed a significant increase in the number of articles on feeding ecology of fish over time. Among the 1319 articles evaluated, the most frequent characteristics were: i) publication in the *Journal of Fish Biology*; ii) Brazilian and American researchers as the main authors; iii) three authors per article; iv) marine environment as more studied; v) population, the most discussed subject; vi) frequency of occurrence, the most used method for analysis of stomach and intestinal contents; vii) index of relative importance, the method most used to evaluate the importance of food items in the diet; viii) the use of the Kolmogorov-Smirnov and Levene statistical tests to evaluate the assumptions of normality and homogeneity of variances, respectively; ix) the use of the univariate analysis of variance hypotheses, the Kruskal-Wallis non-parametric univariate test, the multivariate analysis of permutational variance analysis, and the multivariate analysis of similarity tests; and x) the use of parametric ordering techniques cluster analysis and non-parametric non-metric multidimensional scaling.

Keywords: Scientometry, diet assessment, statistical tests, ichthyofauna.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	6
CAPÍTULO I: SITUAÇÃO ATUAL E PERSPECTIVAS FUTURAS EM ESTUDOS SOBRE ALIMENTAÇÃO NATURAL EM PEIXES: UMA ABORDAGEM CIENCIOMÉTRICA	9
1 INTRODUÇÃO.....	14
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	15
3 RESULTADOS	16
4 DISCUSSÃO.....	24
5 REFERÊNCIAS	28
6 MATERIAL SUPLEMENTAR	30
CAPÍTULO II: ANÁLISES ESTATÍSTICAS APLICADAS EM ESTUDOS SOBRE ALIMENTAÇÃO NATURAL DE PEIXES.....	36
1 INTRODUÇÃO.....	41
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	42
3 RESULTADOS	43
4 DISCUSSÃO.....	45
5 REFERÊNCIAS	49
6 MATERIAL SUPLEMENTAR	51

INTRODUÇÃO GERAL

Uma ferramenta importante para compreender aspectos da biologia, fisiologia e comportamento dos peixes é o estudo dos seus hábitos alimentares (Gonçalves e Erzini, 1998; Vianna *et al.*, 2000; Barreto e Aranha, 2006). Por meio da análise da dieta dos peixes é possível inferir sobre interações tróficas inter e intraespecíficas, sobre áreas e ciclos de alimentação e preferências alimentares (Gümüs *et al.*, 2002; Willis *et al.*, 2016). Todas essas informações são de extrema importância para aplicação de práticas de manejo e conservação (Cotta-Ribeiro e Molina-Ureña, 2009).

Diversos métodos de análise laboratorial existem para avaliar o conteúdo estomacal e intestinal de peixes (Teixeira e Gurgel, 2002; Hahn e Delariva, 2003). No entanto, os métodos mais comuns são o de frequência de ocorrência, frequência numérica, volumétrico e gravimétrico (Zavala-Camin, 1996). Também existe a conjugação de métodos em índices (Kawakami e Vazzoler, 1980), como o índice alimentar (Kawakami e Vazzoler, 1980) e o índice de importância relativa (Pinkas *et al.*, 1971). Além de diversas metodologias laboratoriais, existem também diversos testes estatísticos univariados e multivariados que podem ser utilizados para verificar se existem diferenças na dieta de um peixe, como por exemplo, se a dieta difere entre locais, períodos, entre sexos e classes de tamanho (Ferry e Cailliet, 1996; Chipps e Garvey, 2007). Porém, diante dessa variedade de procedimentos laboratoriais e análises estatísticas surge um problema, a falta de padronização tanto no uso dos métodos de análise e índices alimentares, quanto nos delineamentos experimentais e análise de dados (Cortés, 1997).

Essa falta de padronização nos estudos sobre a alimentação natural de peixes gera uma série de dificuldades e limitações quando os pesquisadores buscam comparar seus trabalhos (Bennemann *et al.*, 2006). Para solucionar esses problemas e buscar padrões, uma nova técnica tem sido utilizada, a cienciometria, que visa quantificar dados dos trabalhos científicos com o intuito de investigar tendências e vieses na literatura científica (Ferreira *et al.*, 2014). Dessa forma, por meio de uma análise cienciométrica, buscamos abordar desde aspectos gerais sobre estudos envolvendo alimentação natural de peixes até métodos estatísticos de análise de dados.

BARRETO, A. P.; ARANHA, J. M. R. Alimentação de quatro espécies de Characiformes de um riacho da Floresta Atlântica, Guaraqueçaba, Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 23, n. 3, p. 779-788, 2006.

BENNEMANN, S. T.; CASATTI, L.; OLIVEIRA, D. C. DE. Alimentação de peixes: proposta para análise de itens registrados em conteúdos gástricos. **Biota Neotropica**, v. 6, n. 2, p. 1-8, 2006.

CORTÉS, E. A critical review of methods of studying fish feeding based on analysis of stomach contents: application to elasmobranch fishes. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 54, n. 3, p. 726-738, 1997.

COTTA-RIBEIRO, T.; MOLINA-UREÑA, H. Ontogenic changes in the feeding habits of the fishes *Agonostomus monticola* (Mugilidae) and *Brycon behreae* (Characidae), Térraba River, Costa Rica. **Revista de Biologia Tropical**, v. 57, p. 285-290, 2009. Suplemento 1.

CHIPPS, S. R.; GARVEY, J. E. Assessment of diets and feeding patterns. In: GUY, C. S.; BROWN, M. L. (Org.). **Analysis and interpretation of freshwater fisheries data**. Bethesda (Maryland): American Fisheries Society, 2007. p. 473-514.

FERREIRA, R. B.; NETO, A. C. B.; BOBOUT J. C; JESUS, F. F.; CAETANO, J. M.; TEIXEIRA, I. R. Tendências na literatura científica global sobre o biodiesel: uma análise cienciométrica. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 5, p. 547-554, 2014.

FERRY, L. A.; CAILLIET, G. M. Sample size and data analysis: Are we characterizing and comparing diet properly? In: MACKINLAY, D.; SHEARER, K. (Org.). **Feeding ecology and nutrition in fish. Proceedings of the symposium on the feeding ecology and nutrition in fish, International Congress on the Biology of fishes**. San Francisco: American Fisheries Society, 1996. p. 71-80.

GONÇALVES, J. M. S.; ERZINI, K. Feeding habits of the two-banded sea bream (*Diplodus vulgaris*) and the black sea bream (*Spondyliosoma cantharus*) (Sparidae) from the south-west coast of Portugal. **Cybium**, v. 22, n. 3, p. 245-254, 1998.

GÜMÜS, A.; YILMAZ, M.; POLAT, N. Relative importance of food items in feeding of *Chondrostoma regium* Heckel, 1843, and its relation with the time of annulus formation. **Turkish Journal of Zoology**, v. 26, n. 3, p. 271-278.

HAHN, N. S.; DELARIVA, R. L. Métodos para avaliação da alimentação natural de peixes : O que estamos usando ? **Interciencia**, v. 28, n. 2, p. 100-104, 2003.

KAWAKAMI, E.; VAZZOLER, G. 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, 1980.

PINKAS L; OLIPHANT M. S. Iverson I. L. K. Food habits of albacore, bluefin tuna, and bonito in California waters. **Fish Bulletin**, v. 152, p. 1-115, 1971.

TEIXEIRA, J. L. de A.; GURGEL, H. DE C. B. Métodos de análise do conteúdo estomacal em peixes e suas aplicações. **Arquivos da Apadec**, v. 6, n. 1, p. 20–25, 2002.

VIANNA, M.; ARFELLI, C. A.; AMORIM, A. FERREIRA DE. Feeding of *Mustelus canis* (Elasmobranchii, Triakidae) caught off South-Southeast coast of Brazil. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 26, n. 1, p. 79–84, 2000.

WILLIS, T. V; WILSON, K. A.; JOHNSON, B. J.; WILLIS, T. V. Diets and Stable Isotope Derived Food Web Structure of Fishes from the Inshore Gulf of Maine. **Estuaries and Coasts**, v. 40, n. 3, p. 889–904, 2016.

Zavala-Camin, L. A. **Introdução aos estudos sobre alimentação natural em peixes**. Maringá: Eduem, 1996. 129 p.

**CAPÍTULO I: SITUAÇÃO ATUAL E PERSPECTIVAS
FUTURAS EM ESTUDOS SOBRE ALIMENTAÇÃO
NATURAL EM PEIXES: UMA ABORDAGEM
CIENCIOMÉTRICA**

Situação atual e perspectivas futuras em estudos sobre alimentação natural em peixes: uma abordagem cienciométrica

RESUMO

Inúmeros procedimentos laboratoriais foram desenvolvidos para avaliar a alimentação natural de peixes. Desse modo, por intermédio de uma análise cienciométrica, este estudo teve por objetivo analisar trabalhos sobre alimentação natural em peixes e identificar tendências e padrões nessa área de pesquisa. A base de dados utilizada para o levantamento foi a Thomson Reuters (ISI Web of Knowledge, apps.webofknowledge.com). De acordo com nossos resultados, nós constatamos aumento significativo na quantidade de publicações sobre ecologia trófica de peixes com o tempo. Entre os 1319 artigos analisados, as características mais frequentes foram: i) publicação na revista *Journal of Fish Biology*; ii) pesquisadores brasileiros e norte-americanos como autores principais; iii) três autores por trabalho; iv) ambiente marinho como o mais estudado; v) população, o assunto mais abordado; vi) frequência de ocorrência, o método mais utilizado para análise do conteúdo estomacal e intestinal; e vii) o índice de importância relativa, método mais utilizado para avaliar a importância dos itens alimentares na dieta.

Palavras-chave: Ciencimetria, análise da dieta, ictiofauna.

Current situation and perspectives in studies on natural fish feeding: a scientometric approach

ABSTRACT

Numerous laboratory procedures have been developed to evaluate the natural feeding of fish. Thus, through a scientometric analysis, this study aimed to analyze articles on natural fish feeding and to identify trends and patterns in this area of research. The database used for the survey was Thomson Reuters (ISI Web of Knowledge, apps.webofknowledge.com). According to our results, we found a significant increase in the quantity of publications on feeding ecology of fish over time. Among the 1319 articles analyzed, the most frequent characteristics were: i) publication in the *Journal of Fish Biology*; ii) Brazilian and American researchers as the main authors; iii) three authors per article; iv) marine environment, as the most studied; v) population, the most discussed subject; vi) frequency of occurrence, the most used method for analysis of stomach and intestinal contents; and vii) the index of relative importance, the most used method to evaluate the importance of food items in the diet.

Keywords: Scientiometry, diet analysis, ichthyofauna.

Capítulo elaborado e formatado
conforme as normas da publicação
científica *Journal of Fish Biology*.
Disponível em:
[http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1111/\(ISSN\)1095-8649](http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1111/(ISSN)1095-8649)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 MATERIAL E MÉTODOS	15
3 RESULTADOS	16
4 DISCUSSÃO	24
5 REFERÊNCIAS	28
6 MATERIAL SUPLEMENTAR	30

1 INTRODUÇÃO

Um dos componentes importantes das teias alimentares em ecossistemas aquáticos são os peixes (Gümüs *et al.*, 2002). Dessa forma, investigar a sua alimentação é uma das melhores maneiras de se compreender as interações inter e intraespecíficas desse grupo (Gümüs *et al.*, 2002). Ainda de acordo com Gümüs *et al.* (2002), identificar o conteúdo estomacal ou intestinal dos peixes possibilita o conhecimento do consumo alimentar, das taxas de alimentação e assimilação, o canibalismo, a segregação de habitat, seletividade alimentar, além de variações temporais, espaciais e ontogenéticas na dieta. Além disso, estudos sobre a alimentação natural de peixes podem auxiliar na aplicação de técnicas de manejo de populações naturais, pois fornecem informações importantes do funcionamento do ecossistema e para o cultivo intensivo em cativeiro (Hahn *et al.*, 1997).

Inúmeros procedimentos laboratoriais foram desenvolvidos para avaliar a alimentação natural de peixes (Hahn & Delariva, 2003). Os métodos mais comumente utilizados são o qualitativo da frequência de ocorrência e os quantitativos da frequência numérica, volumétrica e gravimétrica, os quais foram considerados métodos clássicos por Zavala-Camin (1996). Além disso, existe também a combinação de dois ou três métodos em índices alimentares (Zavala-Camin, 1996), como o índice de importância relativa (Pinkas *et al.*, 1971) e o índice alimentar (Kawakami & Vazzoler, 1980). No entanto, ainda há várias controvérsias na literatura sobre qual é o método mais usado para se avaliar a dieta desses organismos (Hahn & Delariva, 2003). A escolha do método de análise, mais adequado, do conteúdo estomacal e intestinal de peixes é uma preocupação constante e já foi discutida por muitos autores, incluindo Hynes (1950), Berg (1979), Kawakami & Vazzoler (1980) e Zavala-Camin (1996).

Dessa forma, para facilitar a escolha do método de análise, formas de padronização da metodologia utilizada precisam ser desenvolvidas. A fim de tentar resolver essa dificuldade e buscar padrões em estudos já realizados, surgiu uma nova linha de pesquisa, a revisão sistemática da literatura científica, também conhecida como cienciométrica (Galvão & Pereira, 2014). Essa técnica foi utilizada, pela primeira vez, por Karl Pearson em 1904 em seu estudo sobre estatísticas de inoculação da febre entérica (Cordeiro *et al.*, 2007). Assim, avaliações cienciométricas tem um papel importante, pois através delas é possível quantificar a produção científica, com o intuito

de investigar o desenvolvimento, estrutura, dinâmica, tendências e relações de práticas científicas (Michán & Muñoz-Velasco, 2013).

Desse modo, por intermédio de uma análise cienciométrica, este estudo teve como objetivo analisar trabalhos sobre alimentação natural em peixes e identificar tendências e padrões nessa área de pesquisa. Especificamente as seguintes perguntas foram respondidas: i) qual a tendência temporal das publicações relacionadas a alimentação natural em peixes; ii) qual revista publicou mais trabalhos sobre alimentação natural em peixes; iii) qual país apresentou mais pesquisadores como primeiro autor de artigos sobre alimentação natural em peixes; iv) qual foi o número de autores em trabalhos sobre alimentação natural em peixes; v) qual ambiente foi mais estudado; vi) qual foi o assunto mais abordado nos trabalhos sobre alimentação natural em peixes; vii) qual foi o método mais utilizado para avaliar o conteúdo estomacal e intestinal de peixes; e viii) qual foi o método mais utilizado para avaliar a importância dos itens alimentares na dieta natural em peixes.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Em maio de 2016 foi realizado um levantamento da literatura científica sobre o tema “alimentação natural em peixes” usando a base de dados Thomson Reuters (ISI Web of Knowledge, apps.webofknowledge.com). As palavras-chave utilizadas para a busca foram: (diet composition and fish) or (diet and fish) or (analysis of stomach contents and fish) or (methods of analyzing stomach contents and fish) or (statistical analysis and studies of fish diet) or (statistical analysis and natural feeding fish) or (stable isotopes and fish) or (stable isotopes and diet). Todos os trabalhos encontrados durante a pesquisa foram examinados para averiguar se eles tratavam, realmente, de aspectos relacionados a alimentação natural em peixes. Para a listagem final foram incluídos todos os artigos publicados no período de 1981 a 2015, o que resultou na seleção de 1319 artigos. Artigos publicados antes de 1981 não foram incluídos por não estarem disponíveis na base de dados no período que o levantamento da literatura científica foi realizado. Os trabalhos encontrados foram tabulados em planilha eletrônica. Cópias de todos os artigos foram obtidas e a tabulação dos dados incluiu as seguintes informações: i) Ano: identificar a tendência temporal das publicações sobre alimentação natural em peixes; ii) Revista: identificar qual revista publicou mais artigos sobre alimentação natural em peixes; iii) País do primeiro autor: identificar qual país

apresentou mais pesquisadores como primeiro autor de artigos sobre alimentação natural em peixes; iv) Número de autores: identificar o número de autores em trabalhos sobre alimentação natural em peixes; v) Ambiente de estudo: foram consideradas quatro categorias - marinho, água doce, estuário e experimento em laboratório; vi) Assunto: para identificar padrões em estudos de alimentação em peixes foram considerados quatro tipos de assunto abordado – População (alimentação de uma única espécie), assembleia (composição da dieta de várias espécies), partição de nicho e estrutura trófica; vii) Método utilizado para avaliar o conteúdo estomacal e intestinal de peixes: indicar qual método foi mais utilizado; viii) Método utilizado para avaliar a importância dos itens alimentares na dieta: identificar qual método foi mais utilizado.

3 RESULTADOS

O número de artigos publicados sobre ecologia trófica de peixes aumentou significativamente (ajuste não linear; $r = 0,88$; $p < 0,01$) com o tempo, especialmente depois de 2000, alcançando o máximo em 2009 (130 artigos; Fig. 1).

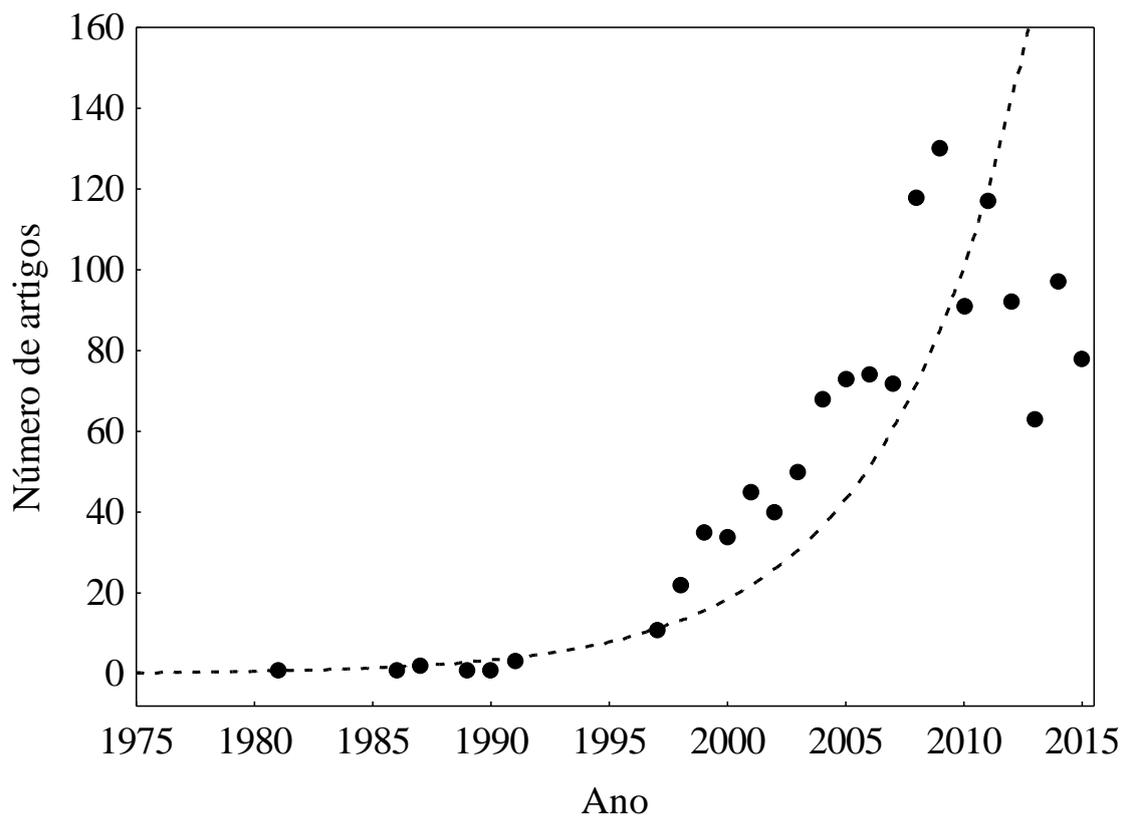


Fig. 1. Tendência temporal no número de artigos sobre ecologia trófica de peixes, tabulados por meio de análise cienciométrica na base de dados Thomson Reuters (ISI Web of Knowledge, apps.webofknowledge.com) até o ano de 2015.

Duzentas e onze revistas foram registradas com publicações sobre ecologia trófica de peixes, das quais *Journal of Fish Biology* foi a que apresentou maior número de artigos publicados (111 artigos, Fig. 2). A maioria dos artigos apresentou como primeiro autor pesquisadores do Brasil e dos Estados Unidos da América (242 e 161 artigos, respectivamente; Fig. 3). A quantidade de autores por artigo variou de um a doze, mas a maioria dos artigos apresentou três autores (399 artigos, Fig. 4).

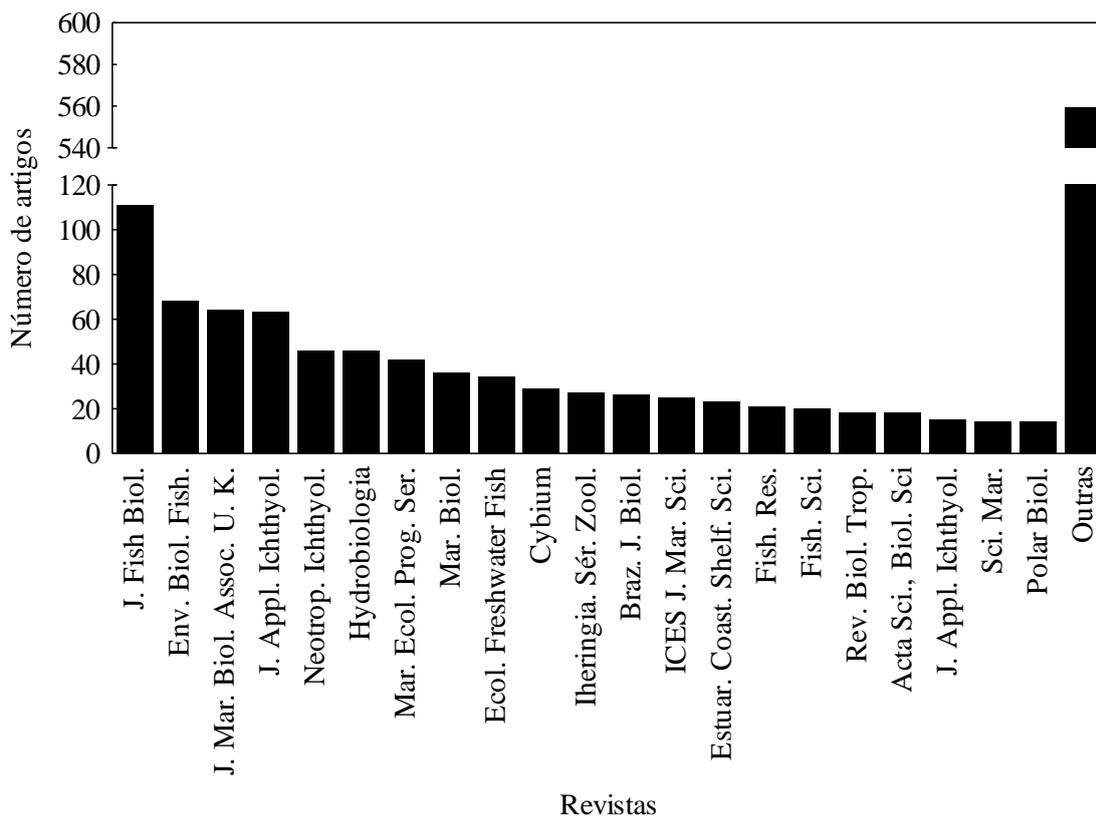


Fig. 2. Distribuição dos artigos sobre ecologia trófica de peixes em diferentes revistas, tabulados por meio de análise cienciométrica na base de dados Thomson Reuters (ISI Web of Knowledge, apps.webofknowledge.com) até o ano de 2015. J. Fish Biol.= Journal of Fish Biology ; Env. Biol. Fish.= Environmental Biology of Fishes; J. Mar. Biol. Assoc. U. K.= Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom; J. Appl. Ichthyol.= Journal of Applied Ichthyology; Neotrop. Ichthyol.= Neotropical Ichthyology; Mar. Ecol. Prog. Ser.= Marine Ecology Progress Series; Mar. Biol.= Marine Biology; Ecol. Freshwater Fish= Ecology of Freshwater Fish; Cybium= Cybium: International Journal of ichthyology; Iheringia. Sér. Zool.= Iheringia. Série Zoologia; Braz. J. Biol.= Brazilian Journal of Biology; ICES J. Mar. Sci.= ICES Journal of Marine Science; Estuar. Coast. Shelf. Sci.= Estuarine, Coastal and Shelf Science; Acta Sci., Biol. Sci.= Acta Scientiarum. Biological Sciences; Fish. Res.= Fisheries Research; Fish. Sci.= Fisheries Science ; Rev. Biol. Trop.= Revista de Biologia Tropical; Sci. Mar.= Scientia Marina ; Bull. Mar. Sci.= Bulletin of Marine Science; Polar Biol.= Polar Biology; Outras revistas que foram registradas com artigos sobre ecologia trófica de peixes= Material suplementar.

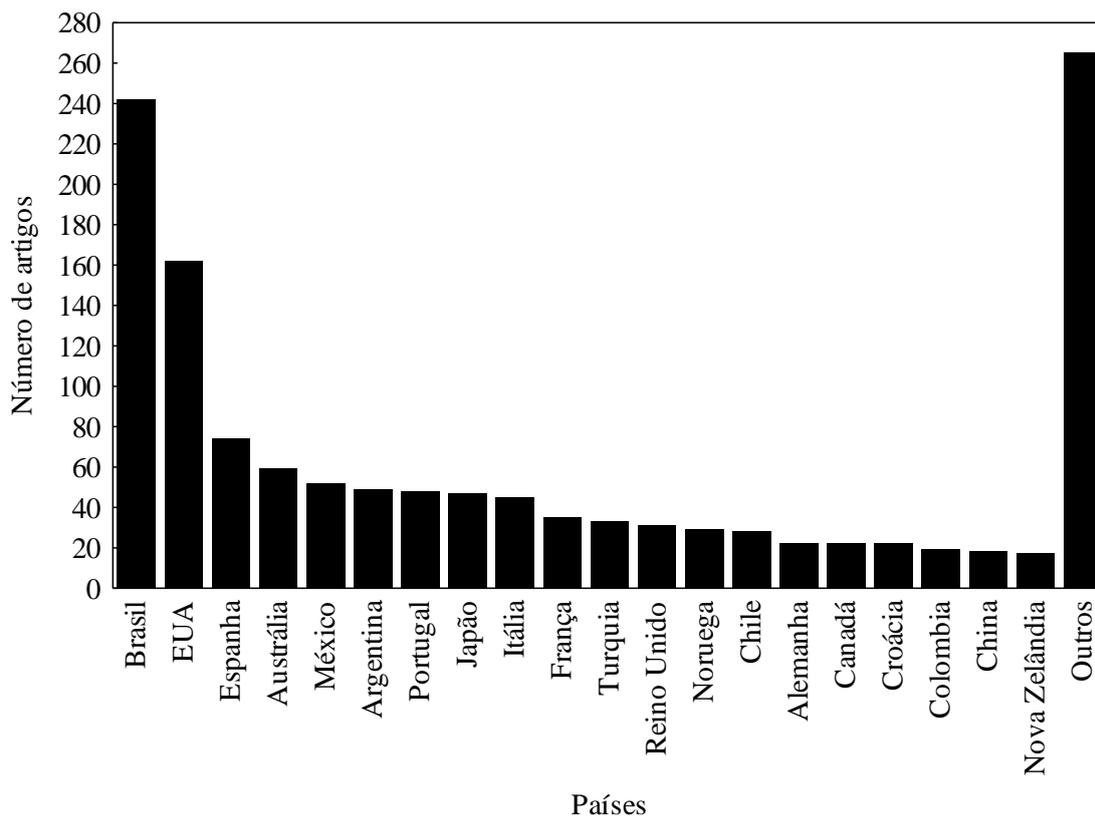


Fig. 3. País do primeiro autor nos trabalhos sobre ecologia trófica de peixes, tabulados por meio de análise cienciométrica na base de dados Thomson Reuters (ISI Web of Knowledge, apps.webofknowledge.com) até o ano de 2015. EUA= Estados Unidos da América. Outros países do primeiro autor nos trabalhos sobre ecologia trófica= Material suplementar.

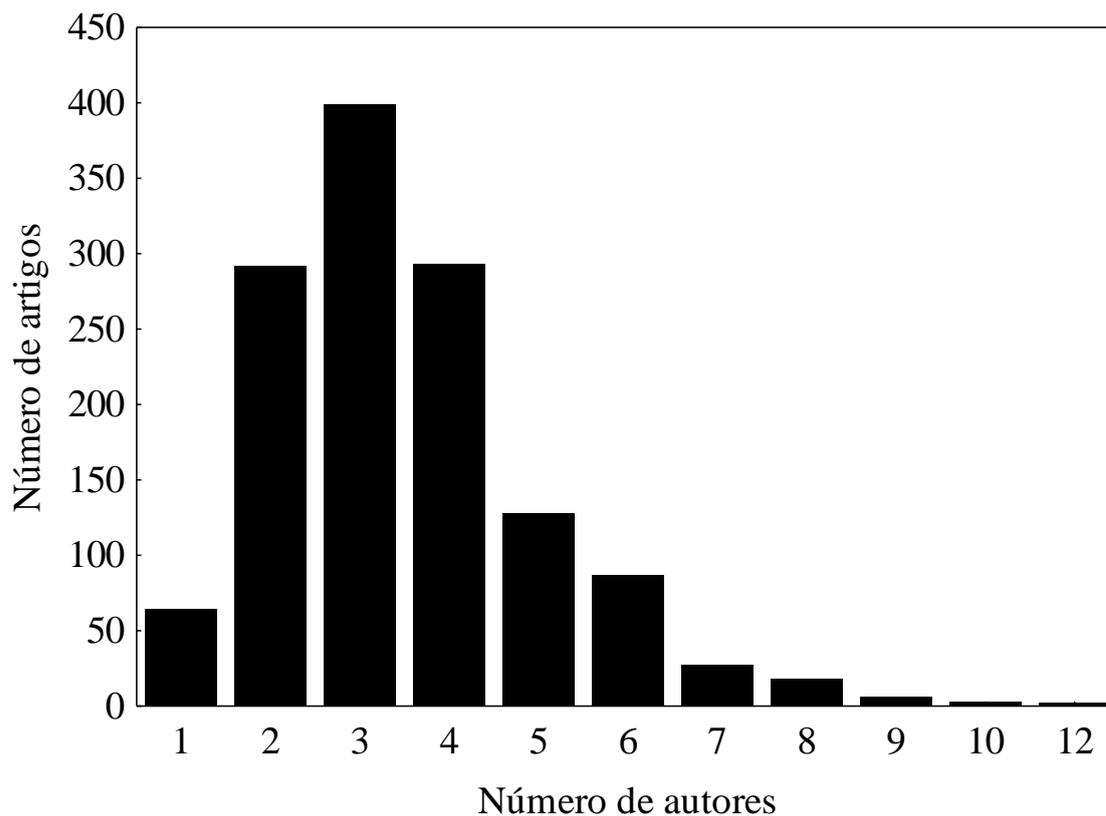


Fig. 4. Número de autores nos trabalhos sobre ecologia trófica de peixes, tabulados por meio de análise cienciométrica na base de dados Thomson Reuters (ISI Web of Knowledge, apps.webofknowledge.com) até o ano de 2015.

A maioria dos artigos foi realizada em ambiente marinho (53%; Fig. 5), incluindo diferentes localidades geográficas (mar, baía, cabo, canal, fiorde, oceano, golfo e lagoa de recife de coral). Por outro lado, 41% dos trabalhos foram feitos em ambiente de água doce (544 artigos; Fig. 5). Desses trabalhos, 40% avaliaram a dieta de peixes em rios, 26% em lagos, 13% em riachos, 12% em reservatórios e 9% em lagoas. Setenta e seis trabalhos (6%) avaliaram a dieta de peixes capturados em estuários e apenas dois trabalhos foram experimentais realizados em laboratório (0,2%; Fig. 5).

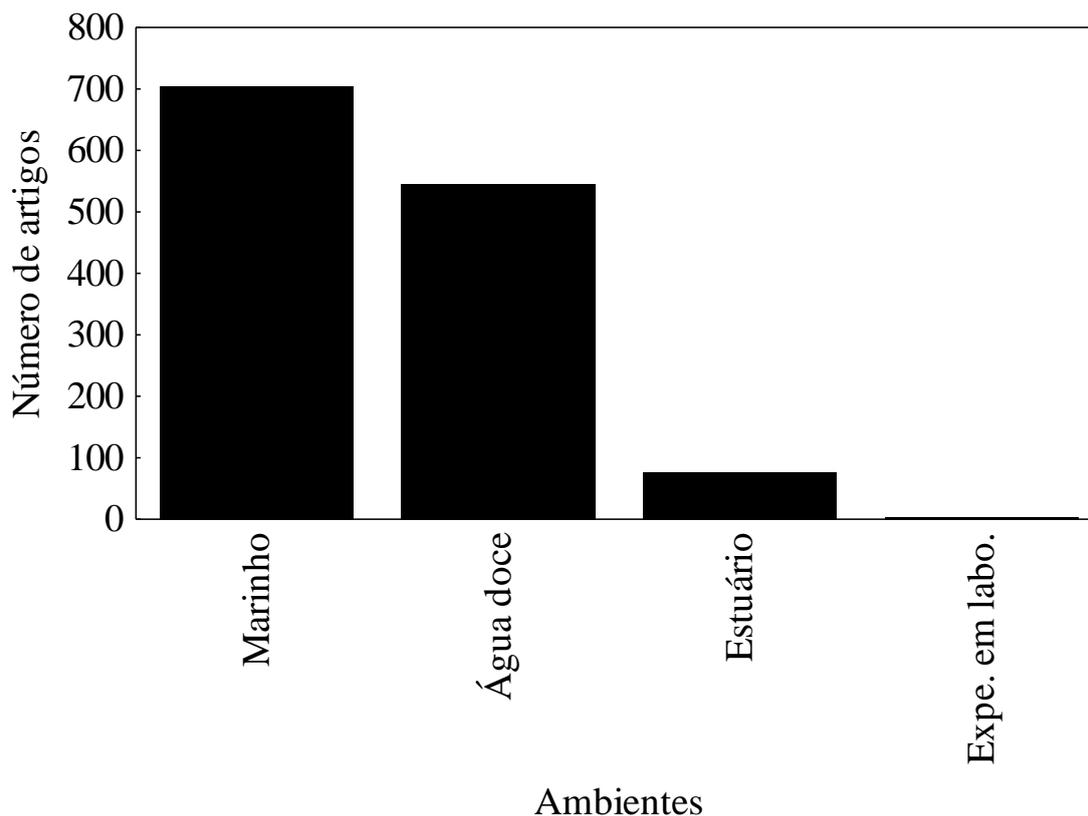


Fig. 5. Ambientes estudados nos artigos sobre ecologia trófica de peixes, tabulados por meio de análise cienciométrica na base de dados Thomson Reuters (ISI Web of Knowledge, apps.webofknowledge.com) até o ano de 2015. Expe. em labo.= Experimento em laboratório.

O assunto mais abordado nos artigos sobre ecologia trófica de peixes foi a população, ou seja, alimentação de uma única espécie (63% dos artigos; Fig. 6). Além disso, o método de análise de conteúdo estomacal e intestinal mais utilizado foi o de frequência de ocorrência (34%; Fig. 7), já o método mais utilizado para avaliar a importância dos itens alimentares na dieta de peixes foi o índice proposto por Pinkas *et al.* (1971) denominado índice de importância relativa (IRI), o qual foi registrado em 431 artigos (74%; Fig. 8), incluindo também suas modificações (Material suplementar).

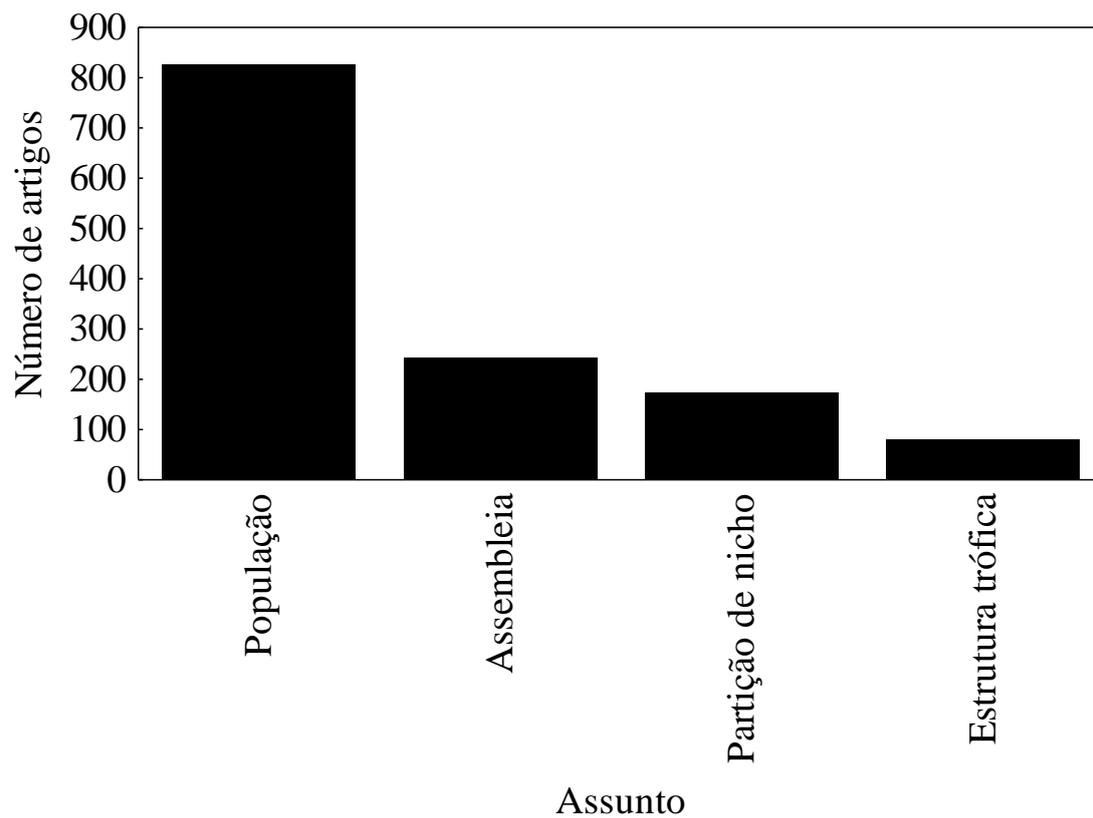
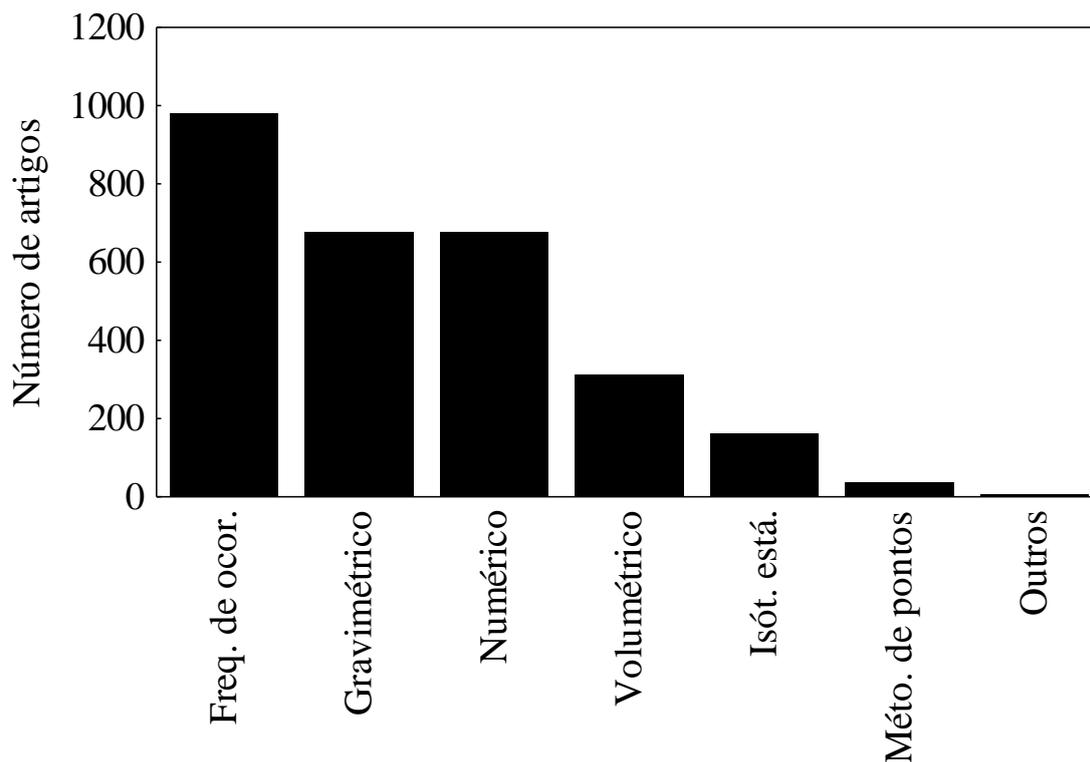


Fig. 6. Assuntos abordados nos artigos sobre ecologia trófica de peixes, tabulados por meio de análise cienciométrica na base de dados Thomson Reuters (ISI Web of Knowledge, apps.webofknowledge.com) até o ano de 2015.



Métodos de análise do conteúdo estomacal e intestinal

Fig. 7. Métodos de análise do conteúdo estomacal e intestinal utilizados nos trabalhos sobre ecologia trófica de peixes, tabulados por meio de análise cienciométrica na base de dados Thomson Reuters (ISI Web of Knowledge, apps.webofknowledge.com) até o ano de 2015. Freq. de ocor.= Frequência de ocorrência; Isót. está.= Isótopos estáveis. Outros métodos de análise do conteúdo estomacal e intestinal utilizados nos trabalhos sobre ecologia trófica de peixes= Material suplementar.

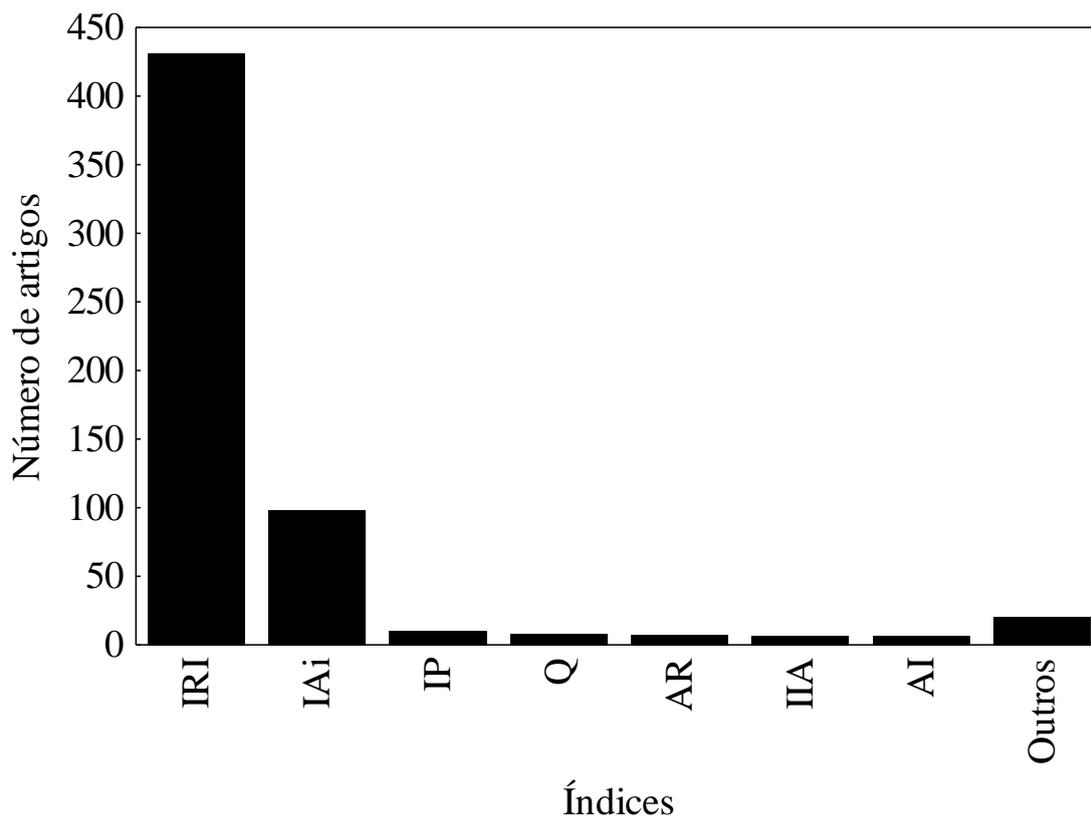


Fig. 8. Método utilizado para avaliar a importância dos itens alimentares na dieta nos trabalhos sobre ecologia trófica de peixes, tabulados por meio de análise cienciométrica na base de dados Thomson Reuters (ISI Web of Knowledge, apps.webofknowledge.com) até o ano de 2015. IRI= Índice de importância relativa; IAi = Índice alimentar; IP= Índice de preponderância; Q= Coeficiente Alimentar; AR= Abundância relativa; IIA= Índice de importância alimentar; AI= Índice de importância dos itens alimentares. Outros métodos utilizados para avaliar a importância dos itens alimentares na dieta nos trabalhos sobre ecologia trófica de peixes= Material suplementar.

4 DISCUSSÃO

O aumento no número de publicações sobre ecologia trófica de peixes pode estar relacionado às consequências do aumento das ações antrópicas sobre os ecossistemas aquáticos, como a construção de barragens, implantação de pisciculturas, desmatamento, drenagem de áreas alagadas, alteração do canal natural dos rios, poluição, remoção excessiva de biomassa, introdução de espécies, entre outras (Tundisi & Tundisi, 2008). Essas atividades promovem alterações na dieta dos peixes, que podem ser utilizados como indicadores ambientais (Zatti *et al.*, 2012; Ruaro & Gubiani, 2013). Dessa forma, estudar a alimentação dos peixes auxilia ecólogos, administradores e piscicultores no desenvolvimento de estratégias para o manejo dos ecossistemas

(Hahn & Delariva, 2003). Além disso, o progresso da tecnologia e da internet colaboraram para a ascensão da divulgação científica e atualização do conhecimento (Souza *et al.* 2010).

Grande parte dos artigos sobre alimentação natural em peixes foram publicados em revistas sobre biologia e ecologia. Porém, trabalhos sobre esse assunto também foram encontrados em revistas de aquicultura, pesca, agricultura, biotecnologia, toxicologia e revistas multidisciplinares. *Journal of Fish Biology*, revista com mais artigos sobre ecologia trófica em peixes, pode ser considerada uma revista tradicional sobre a biologia de peixes, pois publica somente artigos relacionados a esse tema (Braga *et al.*, 2012) e abrange todos os ecossistemas aquáticos (marinho, estuário e água doce). Essas características explicam porque essa revista publicou mais artigos sobre a ecologia trófica de peixes.

O registro do Brasil como o país com mais pesquisadores como primeiro autor em artigos sobre ecologia trófica de peixes esta, estreitamente, relacionado com a elevada diversidade de peixes na região Neotropical (Reis *et al.*, 2003; Toussaint *et al.*, 2016) e os problemas ambientais associados (Agostinho *et al.*, 2005; 2016). Além disso, o incremento dos programas de pós-graduação, pois existe uma relação linear entre o número de pós-graduandos com o número de publicações científicas, indicando que a ampliação dos programas de pós-graduação exerceu um papel fundamental no desenvolvimento da ciência brasileira (Meis *et al.*, 2007). Grande parte dos trabalhos apresentou três autores, mas ampla variação (1-12 autores) no número de autores por trabalho foi observada. De forma alguma, pretendemos indicar qual o número mínimo ou máximo de autores que um trabalho deve ter, mas segundo Montenegro & Alves (1997) é imprescindível entender que para uma pessoa ser incluída como co-autor em um trabalho é necessário que ela tenha um envolvimento importante na realização, deve conhecer o conteúdo e deve participar na redação, pois o co-autor é corresponsável pelo trabalho e responde por ele.

A maior parte dos estudos de alimentação natural de peixes foi realizada no ambiente marinho. Historicamente, a pesca é sustentada por estoques marinhos (Pauly *et al.*, 2002) especialmente bacalhaus, salmões, atuns e afins (FAO, 2011). Dessa forma, conhecer a dieta dessas espécies é fundamental para qualquer prática de manejo. Informação importante, destacada em nossos resultados, se refere ao baixo número de trabalhos experimentais sobre alimentação natural de peixes, indicando uma área de pesquisa, extremamente, promissora e necessária, a fim de isolar efeitos e testar

hipóteses específicas. Por outro lado, estudos observacionais foram mais comuns, os quais avaliaram aspectos comportamentais dos peixes durante a obtenção de alimento (procura, detecção, captura e ingestão) e também identificaram a preferência alimentar (Esteves & Aranha 1999).

A maioria dos trabalhos teve como objetivo principal estudar a população (alimentação de uma única espécie). Conhecer a dieta de um peixe, especialmente os comercialmente importantes, é fundamental para aplicação de práticas de manejo visando o uso sustentável das espécies (Gasalla & Soares, 2001). Estudos de alimentação natural também indicam a “saúde” do ambiente, especialmente de espécies-chave, que são importantes elos das cadeias alimentares, uma vez que suas atividades e abundâncias determinam a estabilidade da comunidade na qual estão inseridas (Paine, 1969). Além disso, estudos da dieta de uma única espécie são mais simples e fáceis do que estudar a dieta de várias espécies, especialmente porque se gasta menos tempo e se tem menos custos na avaliação da dieta de uma única espécie. Apesar da maioria dos trabalhos avaliarem somente a dieta de uma espécie, estudos que analisaram a dieta de mais de uma espécie e que abordaram aspectos como a partilha de recursos e estrutura trófica são de extrema importância e deveriam ser realizados com maior frequência. Esses estudos facilitam o entendimento das relações entre os componentes das comunidades aquáticas (Novakowski *et al.*, 2008), o que é essencial para a conservação e manejo eficaz da fauna de peixes (Luz-Agostinho *et al.*, 2006).

O método de frequência de ocorrência permite de maneira simples obter informações qualitativas sobre a dieta do predador, uma vez que ele aponta a presença ou ausência de recursos alimentares encontrados nos estômagos (Hyslop, 1980; Zavala-Camin, 1996). Dessa forma, como principal vantagem em sua utilização está a rapidez e uso mínimo de aparelhos para a sua aplicação quando comparado com outros métodos de análise (Hyslop, 1980). Por outro lado, o índice de importância relativa (IRI; Pinkas *et al.*, 1971) foi o mais utilizado para avaliar a importância dos itens alimentares na dieta. Apresentar os resultados da composição da dieta sem levar em consideração a frequência de ocorrência, o volume, o peso ou a frequência numérica dos itens alimentares pode causar erros de interpretação dos resultados. Desse modo, o IRI reúne três medidas o volume (ou o peso), a ocorrência e a frequência numérica em um único valor, resultando em uma descrição mais precisa da importância da dieta (Cortés, 1997). A combinação dos métodos de análise do conteúdo estomacal tem como objetivo equilibrar os valores de itens grandes, que estão presentes em pequeno número, com

itens pequenos, em grande número (Zavala-Camin, 1996). Por meio dos “índices alimentares”, como o IRI, é possível determinar de forma clara a importância de cada recurso alimentar na dieta, além de permitir a avaliação quantitativa das variações espacial e temporal das disponibilidades quali e quantitativas dos diferentes recursos alimentares para cada espécie estudada (Kawakami & Vazzoler, 1980).

Dessa maneira, concluímos que as publicações de trabalhos sobre alimentação natural de peixes aumentaram de forma exponencialmente significativa com o passar dos anos. *Journal of Fish Biology* foi a revista que mais publicou artigos sobre o assunto e o Brasil foi o país que apresentou mais pesquisadores como primeiro autor. A maioria dos trabalhos apresentou três autores, o ambiente marinho foi o mais estudado, a alimentação de uma única espécie foi o tema mais abordado, o método de análise de conteúdo estomacal e intestinal mais utilizado foi o de frequência de ocorrência e o método mais usado para avaliar a importância dos itens alimentares na dieta foi o índice de importância relativa.

5 REFERÊNCIAS

- Agostinho, A. A., Thomaz, S. M., Gomes, L. C. (2005). Conservação da biodiversidade em águas continentais do Brasil. *Megadiversidade* **1**, 70-78.
- Agostinho, A. A., Gomes, L. C., Santos, N. C., Ortega, J. C. G., Pelicice, F. M. (2016). Fish assemblages in Neotropical reservoirs : Colonization patterns, impacts and management. *Fisheries Research* **173**, 26-36. doi: 10.1016/j.fishres.2015.04.006
- Berg, J. (1979). Discussion of methods of investigation the foods of fishes, with reference to a preliminary study of the prey of *Gobiomorus dormitor* (Gobiidae). *Marine Biology* **50**, 263-273. doi: 10.1007/BF00394208
- Braga, R. R., Bornatowski, H., Vitule, J. R. S. (2012). Feeding ecology of fishes : an overview of worldwide publications. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* **22**, 915-929. doi: 10.1007/s11160-012-9273-7
- Cordeiro, A. M., Oliveira, G. M. de, Rentería, J. M., Guimarães, C. A. (2007). Revisão sistemática: Uma revisão narrativa. *Revista do Colégio Brasileiro de Cirurgiões* **34**, 428-431. doi: 10.1590/S0100-69912007000600012
- Cortés, E. (1997). A critical review of methods of studying fish feeding based on analysis of stomach contents: application to elasmobranch fishes. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **54**: 726-738. doi: 10.1139/f96-316
- Esteves, K. E., Aranha, J. M. R. (1999). Ecologia trófica de peixes de riachos. *Oecologia Brasiliensis* **6**, 157-182.
- FAO. (2011). Review of the state of world marine fishery resources. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper 2011/Nº: 569. Rome: FAO. Disponível em <http://www.fao.org/docrep/015/i2389e/i2389e00.htm> (acessado pela última vez em 25 de março de 2017).
- Galvão, T. F., Pereira, M. G. (2014). Revisões sistemáticas da literatura : passos para sua elaboração. *Epidemiologia e Serviços de Saúde* **23**, 183-184. doi: 10.5123/S1679-49742014000100018
- Gasalla, M. A., Soares, L. S. H. (2001). Comentários sobre os estudos tróficos de peixes marinhos no processo histórico da ciência pesqueira e modelagem ecológica. *Boletim do Instituto de Pesca* **27**, 243-259.
- Gümüs, A., Yilmaz, M., Polat, N. (2002). Relative importance of food items in feeding of *Chondrostoma regium* Heckel, 1843, and its relation with the time of annulus formation. *Turkish Journal of Zoology* **26**, 271-278.
- Hahn, N. S., Fugii, R., Almeida, V. L. L., Russo, M. R., Loureiro, V. E. (1997). Dieta e atividade alimentar de peixes do Reservatório de Segredo. In *Reservatório de Segredo: bases ecológicas para o manejo*, (Agostinho, A. A. & Gomes, L. C., eds), pp. 141-162. Maringá, PR: Eduem.
- Hahn, N. S., Delariva, R. L. (2003). Métodos para avaliação da alimentação natural de peixes : o que estamos usando ? *Interciencia* **28**, 100-104.
- Hynes, H. B. N. (1950). The food of fresh-water sticklebacks (*Gasterosteus aculeatus* and *Pygosteus pungitius*), with a review of methods used in studies of the food of fishes. *Journal of Animal Ecology* **19**, 36-58. doi: 10.2307/1570
- Hyslop, E. J. (1980). Stomach contents analysis-a review of methods and their application. *Journal of Fish Biology* **17**, 411-429. doi: 10.1111/j.1095-8649.1980.tb02775.x
- Kawakami, E., Vazzoler, G. (1980). Método gráfico e estimativa de índice alimentar aplicado no estudo de alimentação de peixes. *Boletim do Instituto Oceanográfico* **29**, 205-207. doi: 10.1590/S0373-55241980000200043

- Luz-Agostinho, K. D. G., Bini, L. M., Fugi, R., Agostinho, A. A., Julio Jr, H. F. (2006). Food spectrum and trophic structure of the ichthyofauna of Corumbá reservoir, Paraná river Basin, Brazil. *Neotropical Ichthyology* **4**, 61–68. doi: 10.1590/S1679-62252006000100005
- Meis, L. de, Arruda, A. P., Guimarães, J. (2007). The Impact of Science in Brazil. *International Union of Biochemistry and Molecular Biology life* **59**, 227-234. doi: 10.1080/15216540701258140
- Michán L, Muñoz-Velasco I. (2013). Cienciometría para ciencias médicas: definiciones, aplicaciones y perspectivas. *Investigación em Educação Médica* **2**, 100-106. doi: 10.1016/s2007-5057(13)72694-2
- Montenegro, M. R., Alves, V. A. F. (1997). Critérios de autoria e co-autoria em trabalhos científicos. *Acta Botanica Brasilica* **11**, 273-276. doi: 10.1590/S0102-33061997000200014
- Novakowski, G. C., Hahn, N. S., Fugi, R. (2008). Diet seasonality and food overlap of the fish assemblage in a pantanal pond. *Neotropical Ichthyology* **6**, 567-576. doi: 10.1590/S1679-62252008000400004
- Paine, R. T. (1969). A note on trophic complexity and community stability. *The American Naturalist* **103**, 91-93. doi: 10.1086/282586
- Pauly, D., Christensen, V., Guénette, S., Pitcher, T. J., Sumaila, U. R., Walters, C. J., Watson, R., Zeller, D. (2002). Towards sustainability in world fisheries. *Nature* **418**, 689–695. doi: 10.1038/nature01017
- Pinkas L, Oliphant M. S., Iverson I. L. K. (1971). Food habits of albacore, bluefin tuna, and bonito in California waters. *Fish Bulletin* **152**, 1-115.
- Ruaro, R., Gubiani, É. A. (2013). A scientometric assessment of 30 years of the Index of Biotic Integrity in aquatic ecosystems : Applications and main flaws. *Ecological Indicators* **29**, 105-110, 2013. doi: 10.1016/j.ecolind.2012.12.016
- Reis, R. E., Kullander, O., Ferraris Jr, C. J. (2003). *Check list of the freshwater fishes of South and Central America*. Porto Alegre, RS: EDIPUCRS.
- Souza, E. P. S. de, Cabrera, E. M. S., Braile, D. M. (2010). The article of the future. *Revista Brasileira de Cirurgia Cardiovascular* **25**, 141-148.
- Toussaint, A., Charpin, N., Brosse, S., Villéger, S. (2016). Global functional diversity of freshwater fish is concentrated in the Neotropics while functional vulnerability is widespread. *Nature* **6**, 1-9. doi: 10.1038/srep22125
- Tundisi J. G., Tundisi T. M. (2008). *Limnologia*. São Paulo, SP: Oficina de Textos.
- Zatti, S. A., Sticca, S. C., Santos-Wisniewski, M. J. dos, Pompeu, P. dos S. (2012). Alteração na alimentação de três espécies de peixes (Teleostei) relacionada ao aporte de esgoto e a retirada de mata ciliar nos córregos dos Aflitos e Ferradura, Alfenas, MG. *Revista Brasileira de Zoociências* **14**, 175-183.
- Zavala-Camin, L. A. (1996). *Introdução aos estudos sobre alimentação natural em peixes*. Maringá, PR: Eduem.

6 MATERIAL SUPLEMENTAR

Capítulo I: Situação atual e perspectivas futuras em estudos sobre alimentação natural em peixes: uma abordagem cienciométrica

Journal of Fish Biology

Fig. 2. Outras revistas que publicaram artigos sobre ecologia trófica de peixes

Acientia Marina	Antarctic Science
Acta Adriatica	Aqua, International Journal of
Acta Amazonica	Ichthyology
Acta Biológica Colombiana	Aquaculture
Acta Biológica Paranaense	Aquaculture International
Acta Ichthyologica et Piscatoria	Aquaculture Research
Acta Limnologica Brasiliensia	Aquatic Biology
Acta Oecologica	
Acta Scientiarum. Animal Science	Aquatic Consevation: Marine and
Acta Zoologica	Freshwater ecosystems
Acta Zoologica Sinica	Aquatic Ecology
Actualidades Biológicas	Aquatic Invasions
African Journal of Agricultural	Aquatic Living Resources
Research	Aquatic Sciences
African Journal of Biotechnology	Archive of Fishery and Marine
African Journal of Ecology	Research
Agriculture Conspectus Scientificus	Archives of Biological Sciences
American Fisheries Society	Arquivo Brasileiro de Medicina
American Midland Naturalist	Veterinária e Zootecnia
Anais da Acadêmia Brasileira de	Austral Ecology
Ciências	Austrálian Journal of Ecology
Animal Biodiversity and Conservation	Belgian Journal of Zoology
Animal Biology	Bioikos
Annales de Limnologie - International	Biological Invasions
Journal of Limnology	Biological Journal of the Linnean
Annales Zoologici Fennici	Society

Bioscience Journal
 Biota Neotropica
 Boletín de Investigaciones Marinas y
 Costeras
 Boletín del Centro de Investigaciones
 Biológicas
 Brazilian Archives of Biology and
 Technology
 Brazilian Journal of Oceanography
 Bulletin Français de la Pêche et de la
 Pisciculture
 Cahiers De Biologie Marine
 CalCOFI
 Caldasia
 California Cooperative Oceanic
 Fisheries Investigations Reports
 Canadian Field-Naturalist
 Canadian Journal of Fisheries and
 Aquatic Sciences
 Caribbean Journal of Science
 CCAMLR Science
 Chinese Journal of Applied Ecology
 Chinese Journal of Oceanology and
 Limnology
 Ciencia Amazônica
 Ciencias Marinas
 Comptes Rendus de l'Académie des
 sciences. Sciences de la vie
 Comptes Rendus. Biologies
 Continental Shelf Research
 Copeia
 Coral Reefs
 Deep Sea Research Part I:
 Oceanographic Research Papers
 Deep Sea Research Part II: Topical
 Studies in Oceanography
 Ecohydrology & Hydrobiology
 Ecological Applications
 Ecology
 Ecosphere
 Endangered species research
 Environmental Toxicology and
 Chemistry
 Estonian Journal of Ecology
 Estuaries
 Estuaries and Coasts
 Evolutionary Ecology
 Fish Bulletin
 Fish Physiology and Biochemistry
 Fisheries Management and Ecology
 Fisheries Oceanography
 Fishery Bulletin
 Folia Zoologica
 Freshwater Biology
 Fundamental and Applied Limnology
 Gayana
 Gulf and Caribbean Research
 Helgoland Marine Research
 Hidrobiológica
 Human Ecology
 Ichthyological Exploration of
 Freshwaters
 Ichthyological Research
 Indian Journal Fish
 Indian Journal of Fisheries
 Indian Journal of Zoology
 Inland Water Biology
 Interciencia

International Journal of Zoological Research

International Review of Hydrobiology

Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie Verhandlungen

Italian Journal of Zoology

Journal Korean Fish Society

Journal of Animal and Veterinary Advances

Journal of Biological Research

Journal of Ethology

Journal of Experimental Marine Biology and Ecology

Journal of Fish and Wildlife Management

Journal of Fisheries and Aquatic Science

Journal of Fisheries Science and Technology

Journal of Food, Agriculture & Environment

Journal of Freshwater Ecology

Journal of Great Lakes Research

Journal of Marine Systems

Journal of Northwest Atlantic Fishery Science

Journal of Ocean University of China

Journal of Oceanography

Journal of Plankton Research

Journal of Sea research

Journal of the Korean Fisheries Society

Journal of the Korean Society of Fisheries Technology

Journal of the Royal Society of Western Austrália

Journal of Tropical Ecology

Journal of Zoology

Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems

La mer

Latin American Journal of Aquatic Research

Life and Marine Sciences

Limnetica

Limnologica

Limnology

Limnology and Oceanography

Marine and Coastal Fisheries: Dynamics, Management, and Ecosystem Science

Marine and Freshwater Research

Marine Biodiversity Records

Marine Biology Research

Marine Ecology

Marine Environmental Research

Marine Science

Mediterranean Marine Science

NAFO Scientific Council Studies

Naturwissenschaften

New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research

Nippon Suisan Gakkaishi

North American Journal of Fisheries Management

North Pacific Anadromous Fish Commission Bulletin

Northeastern Naturalist

North-Western Journal of Zoology	Revue d Ecologie
Oceanologia Acta	
Oceanological and Hydrobiological Studies	Russian Journal of Ecology
Oecologia	Russian Journal of Marine Biology
Pacific Science	Science of the Total Environment
Pakistan Journal of Zoology	South African Journal of Zoology
Plos one	Southeastern Naturalist
Polar Science	The American Midland Naturalist
	The Journal of Animal & Plant Sciences
Proceedings of the annual conference / Southeastern Association of Fish and Wildlife Agencies	The Raffles Bulletin of Zoology
Proceedings of the Royal Society B	The Southwestern Naturalist
Progress in Oceanography	Transactions of the American Fisheries Society
Revista Brasileira de Zoociências	Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences
Revista Brasileira de Zoologia	Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences
Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente	Turkish Journal of Zoology
Revista Chilena de Historia Natural	Universitas Scientiarum
Revista de Biología Marina y Oceanografía	Vie et milieu
Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales	Zoociencias
Revista Mexicana de Biodiversidad	Zoologia
Revista MVZ Córdoba	Zoological Letters
Revista Nordestina de Biologia	Zoological Studies
Revista Peruana de Biología	Zoology in the Middle Eas

Fig. 3. Outros países do primeiro autor nos trabalhos sobre ecologia trófica de peixes

África do Sul	Barbados
Argélia	Bélgica
Austria	Benin

Bolívia	Kuwait
Bósnia e Herzegovina	Letônia
Bulgária	Líbano
Coréia	Malásia
Costa do Marfim	Namíbia
Costa Rica	Nigéria
Cuba	Nova Caledônia
Dinamarca	Paquistão
Egito	Peru
Emirados Árabes	Polônia
Equador	República Checa
Eslovénia	República Democrática do Congo
Estônia	República do Iémen
Etiópia	Rússia
Filipinas	São Vicente e Granadinas
Finlândia	Senegal
Grécia	Sérvia
Groenlândia	Sri Lanka
Holanda	Suécia
Hungria	Suíça
Ilhas Falkland	Tailândia
Ilhas Faroé	Taiwan
Ilhas Malvinas	Tanzânia
Ilhas Marianas do Norte	Tunísia
Índia	Uganda
Irã	Uruguai
Irlanda	Venezuela
Iugoslávia	Zimbábue

Fig. 7. Outros métodos utilizados para analisar o conteúdo estomacal e intestinal nos trabalhos sobre ecologia trófica de peixes

Ácido graxo	Porcentagem de contribuição para o teor
DNA	total de carbono
Grau de preferência alimentar	

Modificações do Índice de importância relativa	
Proposto por	Equação
Pinkas et al. (1971)	$IRI = (\%N + \%V) * \%F$
Pinkas et al. (1971)	$IRI = (\%N + \%W) * \%F$
Prince (1975)	$IRI = (N + L) * F$
Yañez-Arancibia et al. (1976)	$IRI = (\%W * \%F) / 100$
George e Hadley (1979)	$IRI = 100 * (I_{ac} / \sum I_{ac})$
Hacunda (1981)	$IRI = 100 * IRI / (\sum IRI)$
Yañez-Arancibia et al. (1985)	$IRI = (\%F * \%A) / 100$
Govoni et al. (1986)	$IRI = N * F$
Hayse (1990)	$IRI = \%F * V$
Hayse (1990)	$IRI = \%F * C$
Ojeda e Muñoz (1999)	$IRI = \%F * \%W$
Brown et al. (2012)	$IRI = \%FO \times (\%PN + \%PW) / 2$

Fig. 8. Outros métodos utilizados avaliar a importância dos itens alimentares na dieta nos trabalhos sobre ecologia trófica de peixes

Dominância	Índice de importância geométrico
Índice de importância da presa	Índice de importância numérica
Índice de alimento principal	
Índice de importância	
Índice de importância absoluta	

**CAPÍTULO II: ANÁLISES ESTATÍSTICAS APLICADAS
EM ESTUDOS SOBRE ALIMENTAÇÃO NATURAL DE
PEIXES**

Análises estatísticas aplicadas em estudos sobre alimentação natural de peixes

RESUMO

Diversos são os testes estatísticos que podem ser aplicados em estudos sobre alimentação natural de peixes. Assim por meio de uma análise cienciométrica, este estudo teve como objetivo identificar padrões relativos ao uso das ferramentas estatísticas em estudos sobre alimentação natural em peixes. A base de dados utilizada para o levantamento foi a Thomson Reuters (ISI Web of Knowledge, apps.webofknowledge.com). Nos mil trezentos e dezenove artigos examinados, as características mais comuns foram: i) a utilização dos testes estatísticos Kolmogorov-Smirnov e Levene para avaliar os pressupostos de normalidade e homogeneidade de variâncias, respectivamente; ii) a utilização dos testes de hipóteses univariado paramétrico de análise de variância, do teste univariado não-paramétrico de Kruskal-Wallis, do teste multivariado de análise de variância permutacional e do teste multivariado de análise de similaridades; e iii) a utilização das técnicas de ordenação paramétrica análise de agrupamento e a não-paramétrica de escalonamento multidimensional não métrico.

Palavras-chave: Cienciométrica, testes estatísticos, dieta, ictiofauna.

Statistical analyzes applied in studies on natural fish feeding

ABSTRACT

There are several statistical tests that can be applied in studies on natural fish feeding. Thus, through a scientometric analysis, this study aimed to identify patterns related to the use of statistical tools in studies on natural fish feeding. The database used for the survey was Thomson Reuters (ISI Web of Knowledge, apps.webofknowledge.com). In the one thousand three hundred and nineteen articles examined, the most common characteristics were: i) the use of the Kolmogorov-Smirnov and Levene statistical tests to evaluate the assumptions of normality and homogeneity of variances, respectively; ii) the use of the univariate analysis of variance hypotheses, the Kruskal-Wallis non-parametric univariate test, the multivariate analysis of permutational variance analysis, and the multivariate analysis of similarity tests; and iii) the use of parametric ordering techniques cluster analysis and non-parametric non-metric multidimensional scaling.

Keywords: Scientometry, statistical tests, diet, ichthyofauna.

Capítulo elaborado e formatado
conforme as normas da publicação
científica *Reviews in Fish Biology and
Fisheries*. Disponível em:
<https://link.springer.com/journal/11160>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	41
2 MATERIAL E MÉTODOS	42
3 RESULTADOS	43
4 DISCUSSÃO	45
5 REFERÊNCIAS	49
6 MATERIAL SUPLEMENTAR.....	51

1 INTRODUÇÃO

O que faz com que a ecologia seja considerada uma ciência rigorosa é o fato dela se fundamentar em conclusões resultantes de investigações delineadas de forma cautelosa e com delineamentos amostrais bem definidos (Carvalho 2002; Townsend et al. 2010). Além disso, está fundamentada em respostas às quais um nível de confiança estatística pode estar associado (Carvalho 2002; Townsend et al. 2010). Dessa forma, utilizar métodos estatísticos adequados para avaliar os resultados obtidos em trabalhos científicos é um instrumento essencial para validar os resultados e, também, para fazer conclusões pertinentes das respostas obtidas (Normando et al. 2010).

Inúmeros métodos estatísticos univariados e multivariados são utilizados em trabalhos científicos (Gotelli, 2011). Essas análises também são classificadas como paramétricas e não-paramétricas. Os métodos estatísticos paramétricos são baseados no princípio de que os dados analisados foram amostrados de uma distribuição específica e representam amostras aleatórias e independentes (Gotelli, 2011). Já os métodos estatísticos não-paramétricos se baseiam na análise de dados ranqueados e não assumem uma distribuição específica, porém demandam também de amostras independentes e aleatórias como as análises paramétricas (Gotelli, 2011).

Em estudos sobre alimentação natural de peixes, as análises estatísticas são comumente utilizadas para comparar a dieta de espécies distintas, ou seja, quanto a dieta é diferente e se essas diferenças são significativas. Além disso, também são utilizadas quando se deseja avaliar se fatores como locais, época, sexo ou classe de tamanho dos peixes causam mudanças na dieta de uma espécie (Ferry e Cailliet 1996). Diversos são os testes estatísticos que podem ser aplicados para obter essas respostas, porém a escolha do teste mais adequado têm gerado dúvidas entre os pesquisadores. Além disso, diferentes métodos têm sido utilizados para a solução de um mesmo problema, o que, muitas vezes, dificulta a busca de padrões mais gerais, como por exemplo, àqueles observados em metanálises.

Desse modo, na tentativa de minimizar as dúvidas sobre determinados assuntos, como por exemplo, qual análise estatística é a mais utilizada em estudos sobre a alimentação natural de peixes, se as análises são aplicadas de forma correta ou para observar padrões na dieta das espécies, uma nova ferramenta de pesquisa tem sido utilizada, a revisão sistemática da literatura, também conhecida como cienciométrica (Sampaio e Mancini 2007). Essa metodologia utiliza a literatura científica, como fonte

de informações, para sintetizar evidências relacionadas a um assunto específico (Sampaio e Mancini 2007). Dessa forma, a cienciometria faz uma análise quantitativa dos aspectos da ciência, que tem como objetivo averiguar tendências e vieses na literatura científica (Ferreira et al. 2014).

Assim, por meio de uma análise cienciométrica, este estudo teve como objetivo identificar padrões relativos ao uso das ferramentas estatísticas em estudos sobre alimentação natural em peixes. Especificamente, pretendemos responder as seguintes perguntas: i) quais testes estatísticos foram mais utilizados para verificar os pressupostos de normalidade e homogeneidade de variâncias; ii) quais testes de hipóteses paramétricos e não-paramétricos foram mais utilizados; e iii) quais técnicas de ordenação paramétricas e não-paramétricas foram mais utilizadas em estudos sobre alimentação natural em peixes.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Neste estudo, um levantamento da literatura científica sobre o tema “alimentação natural em peixes” foi realizado. Em maio de 2016 foi feito o levantamento usando a base de dados Thomson Reuters (ISI Web of Knowledge, apps.webofknowledge.com). As seguintes palavras-chave foram utilizadas para as buscas: (diet composition and fish) or (diet and fish) or (analysis of stomach contents and fish) or (methods of analyzing stomach contents and fish) or (statistical analysis and studies of fish diet) or (statistical analysis and natural feeding fish) or (stable isotopes and fish) or (stable isotopes and diet). Todos os artigos encontrados durante a busca foram avaliados para certificar-se que eles tratavam realmente de aspectos relacionados a alimentação natural em peixes. A listagem final foi constituída de todos os trabalhos publicados entre o período de 1981 a 2015. Trabalhos mais antigos não foram incluídos devido ao fato de não estarem disponíveis na base de dados durante a realização do levantamento. Os artigos encontrados foram tabulados em planilha eletrônica e cópias de todos os artigos foram obtidas. A tabulação dos dados incluiu as seguintes informações: i) Pressupostos: identificar se as análises estatísticas foram aplicadas corretamente e identificar quais foram os testes estatísticos mais utilizados para verificar os pressupostos de normalidade e homogeneidade de variâncias em estudos sobre alimentação natural em peixes (artigos que não informavam se os pressupostos foram verificados, mas que apresentavam testes estatísticos não-paramétricos foram classificados como artigos que

avaliaram os pressupostos); ii) Método estatístico: identificar qual o teste de hipóteses paramétrico e não-paramétrico foi mais utilizado e quais técnicas de ordenação paramétricas e não-paramétricas foram mais utilizadas em estudos sobre alimentação natural em peixes.

3 RESULTADOS

Dos mil trezentos e dezenove artigos analisados, 898 trabalhos utilizaram análises estatísticas. Setenta e sete por cento avaliaram os pressupostos e 23% não informaram se avaliaram os pressupostos antes de aplicar o teste de hipóteses. O teste estatístico mais utilizado para avaliar o pressuposto de normalidade foi o de Kolmogorov-Smirnov (60%; Fig. 1a). Para avaliar a homogeneidade de variâncias o teste mais utilizado foi o de Levene (59%; Fig. 1b). Além disso, 18% dos artigos (158 trabalhos) apresentaram transformação de dados para atender os pressupostos.

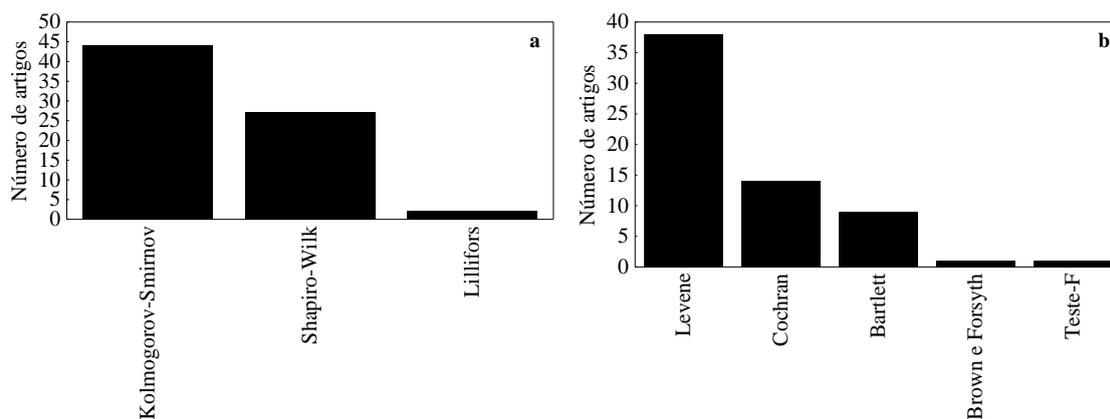


Fig. 1 Métodos estatísticos utilizados para (a) avaliar o pressuposto de normalidade e (b) avaliar o pressuposto de homogeneidade de variâncias nos artigos sobre ecologia trófica de peixes, tabulados por meio de análise cienciométrica na base de dados Thomson Reuters (ISI Web of Knowledge, apps.webofknowledge.com) até o ano de 2015

Ao todo foram registrados 74 métodos estatísticos (material suplementar), dos quais 53 foram testes de hipóteses e 21 técnicas de ordenação. Dentre os testes de hipóteses, 13 foram univariados paramétricos, 13 foram univariados não-paramétricos, 19 foram multivariado paramétrico e oito multivariado não-paramétrico. E dentre as técnicas de ordenação, 15 foram técnicas paramétricas e seis foram técnicas não-paramétricas.

Dentre os métodos estatísticos de teste de hipóteses univariados, a análise estatística paramétrica mais utilizada foi a análise de variância (ANOVA; 57%; Fig. 2a) e a não-paramétrica foi o teste de Kruskal-Wallis (31%; Fig. 2b).

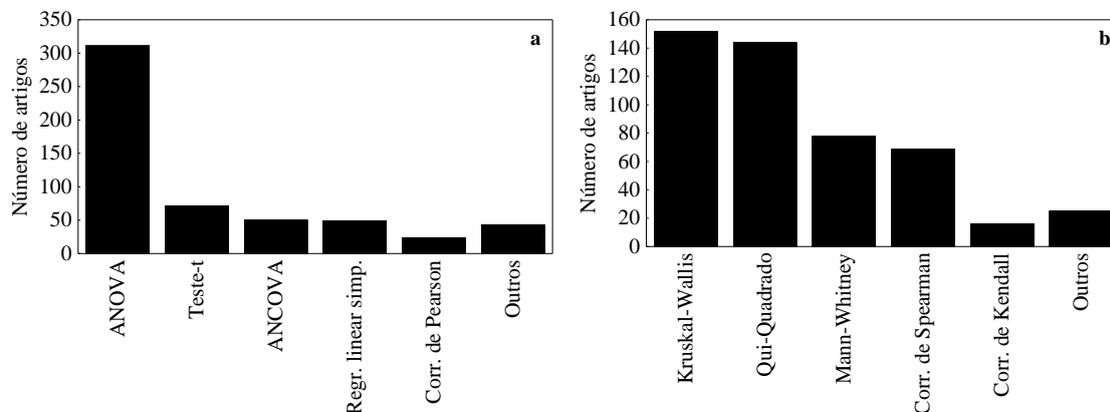


Fig. 2 Testes de hipóteses (a) univariados paramétricos e (b) univariados não-paramétricos utilizados nos artigos sobre ecologia trófica de peixes, tabulados por meio de análise cienciométrica na base de dados Thomson Reuters (ISI Web of Knowledge, apps.webofknowledge.com) até o ano de 2015. ANOVA= Análise de variância; Teste-t= Teste t de Student; ANCOVA= Análise de covariância; Regr. linear simp.= Regressão linear simples; Corr. de Pearson= Correlação de Pearson; Corr. de Spearman= Correlação de Spearman; Corr. de Kendall= Correlação de Kendall; Outros testes de hipóteses (a) univariados paramétricos e (b) univariados não-paramétricos utilizados nos artigos sobre ecologia trófica de peixes = Material suplementar

O teste de hipóteses multivariado paramétrico mais utilizado foi a análise de variância permutacional (PERMANOVA; 30%; Fig. 3a). Por outro lado, o teste de hipóteses multivariado não-paramétrico mais usado foi a Análise de similaridade (ANOSIM; 46%; Fig. 3b).

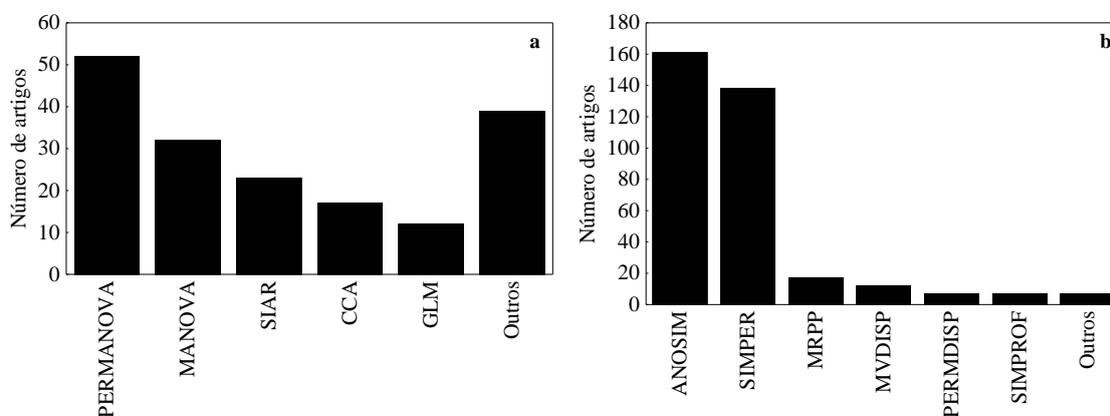


Fig. 3 Testes de hipóteses (a) multivariados paramétricos e (b) multivariados não-paramétricos utilizados nos artigos sobre ecologia trófica de peixes, tabulados por meio de análise cienciométrica na base de dados Thomson Reuters (ISI Web of Knowledge,

apps.webofknowledge.com) até o ano de 2015. PERMANOVA= Análise de variância permutacional; MANOVA= Análise de variância multivariada; SIAR= Análise de isótopos estáveis no R; CCA= Análise de correspondência canônica; GLM= Modelo linear generalizado; ANOSIM= Análise de similaridade; SIMPER= Análise percentual de similaridade; MRPP= Procedimento de permutação multi-resposta; MVDISP= Dispersão multivariada; PERMDISP= Análise de dispersões permutacionais; SIMPROF= Teste de semelhança permutacional; Outros testes de hipóteses (a) multivariados paramétricos e (b) multivariados não-paramétricos utilizados nos artigos sobre ecologia trófica de peixes= Material suplementar

A técnica de ordenação paramétrica mais utilizada foi a análise de agrupamento (CLUSTER; 49%; Fig. 4a) e a técnica de ordenação não-paramétrica mais utilizada foi o escalonamento multidimensional não métrico (NMDS; 54%; Fig. 4b).

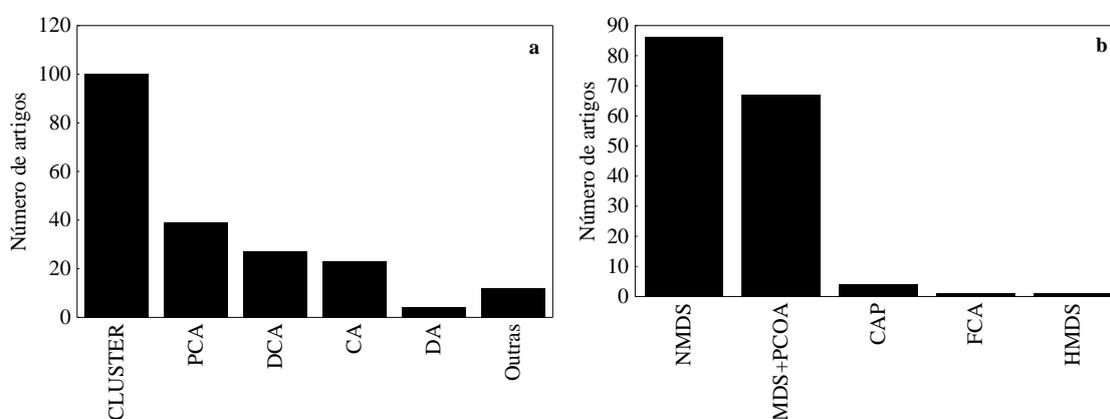


Fig. 4 Técnicas de ordenação (a) paramétricas e (b) não-paramétricas utilizadas nos artigos sobre ecologia trófica de peixes, tabulados por meio de análise cienciométrica na base de dados Thomson Reuters (ISI Web of Knowledge, apps.webofknowledge.com) até o ano de 2015. CLUSTER= Análise de agrupamento; PCA= Análise de componentes principais; DCA= Análise de correspondência destendenciada; CA= Análise de correspondência; DA= Análise discriminante; NMDS= Escalonamento multidimensional não métrico; MDS+ PCOA= Escalonamento multidimensional e Análise de coordenadas principais; CAP= Análise canônica de coordenadas principais; FCA= Análise fatorial de correspondência; HMDS= Escalonamento híbrido multidimensional; Outras técnicas de ordenação paramétricas utilizadas nos artigos sobre ecologia trófica de peixes= Material suplementar

4 DISCUSSÃO

As análises estatísticas aplicadas em estudos sobre alimentação natural em peixes têm sido, em sua maioria, aplicadas corretamente. Os testes estatísticos paramétricos carecem de diversas suposições sobre a distribuição dos dados na população estatística da qual as amostras são retiradas (Spiegel 1993). Desse modo, grande parte dos artigos analisados avaliaram os pressupostos de normalidade e

homogeneidade de variâncias. Além disso, quando os pressupostos não foram atendidos, uma técnica de transformação de dados foi utilizada e os pressupostos checados novamente nos dados transformados.

Antes de se aplicar um teste estatístico de hipóteses é fundamental e imprescindível que seus pressupostos sejam testados. Essa avaliação é necessária para pressupor que os erros são variáveis aleatórias independentes com distribuição normal de média zero e variância constante (Vieira 1999). Assim, a avaliação da normalidade foi realizada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov, que segundo Vieira (1999) é um dos testes mais conhecidos e utilizados para esse propósito. Entretanto, segundo Cirillo e Ferreira (2003) uma das principais vantagens da utilização do teste de Kolmogorov-Smirnov para avaliação da normalidade é o fato de sua aplicação ser irrestrita ao tamanho da amostra. O teste de Levene, o qual é robusto à não normalidade (Almeida et al. 2008), foi mais utilizado para verificar o pressuposto de homogeneidade de variâncias. Ainda, segundo Hair Jr et al. (2005) o teste de Levene é o mais comumente utilizado para avaliação da homocedasticidade.

A análise de variância (ANOVA) e suas variantes, método estatístico que utiliza testes de igualdades de médias para averiguar se fatores causam mudanças sistemáticas em alguma variável de interesse (Fonseca e Martins 1993), foi o teste de hipóteses univariado paramétrico mais utilizado. A Anova é uma análise simples e, extremamente, robusta (Gotelli et al. 2011), até mesmo com notável heteroscedasticidade, considerando que os tamanhos amostrais sejam iguais ou aproximadamente iguais (Callegari-Jacques 2007). Além disso, a Anova apresenta robustez razoável quando a variável estudada não apresenta uma distribuição normal, principalmente se os tamanhos amostrais de cada tratamento são grandes (Callegari-Jacques 2007). Quando compreendida, a análise de variância permite ter um conhecimento minucioso sobre a variação dos eventos naturais, o que provavelmente é bem mais robusto do que o conhecimento do método em si (Berthouex e Brown 2002).

Ao contrário dos testes paramétricos, os testes estatísticos não-paramétricos podem ser utilizados quando as distribuições populacionais não são normais, no entanto, eles ainda exigem que as variâncias sejam homogêneas (Quinn e Keough, 2002). O teste alternativo não-paramétrico à Anova mais comumente utilizado foi o teste de Kruskal-Wallis ou Anova de Kruskal-Wallis. Esse teste é de fácil aplicação, além de não exigir nenhuma condição suplementar da amostra, podendo ainda ser aplicado nos mesmos casos em que as análises paramétricas são válidas (Díaz e López 2012).

Métodos estatísticos multivariados também foram observados nos artigos sobre alimentação natural em peixes. Esses métodos são aplicados em ocasiões nas quais diversas variáveis são mensuradas simultaneamente, em cada elemento amostral (Mingoti 2005), o que acontece com frequência em estudos ecológicos. Ainda, segundo Mingoto (2005) a estatística multivariada se divide em dois grupos, o primeiro consiste em técnicas de inferência estatística e o segundo grupo, consiste de técnicas exploratórias de sintetização da estrutura de variabilidade dos dados. Além disso, assim como os métodos univariados, os testes multivariados também são divididos em paramétricos e não-paramétricos.

Entre os métodos multivariados que fazem parte do grupo de técnicas de inferência estatística está a PERMANOVA e a ANOSIM, que foram os testes de hipóteses paramétrico e não-paramétrico, respectivamente, mais registrados nos trabalhos sobre alimentação natural de peixes. A PERMANOVA tem como princípio a randomização da amostragem, sendo esta a melhor forma de assegurar que as observações serão independentes (Berthouex e Brown 2002). Além disso, a permutação é uma eficiente abordagem para se usar quando os dados não apresentam distribuição normal (Legendre e Legendre, 1998). Por outro lado, a ANOSIM, teste de hipóteses similar não-paramétrico à ANOVA/MANOVA (Clarke 1993), tem a vantagem de ser sensível à heterogeneidade na dispersão relativa dos pontos entre os grupos (Anderson e Walsh 2013), facilitando a sua aplicação e interpretação.

Entre os métodos multivariados que fazem parte do grupo das técnicas explanatórias está a análise de CLUSTER e a NMDS, técnicas de ordenação paramétrica e não-paramétrica, respectivamente, mais utilizadas nos trabalhos sobre alimentação natural em peixes. A análise de agrupamento (CLUSTER) é utilizada quando há grande quantidade de dados, os quais precisam ser reduzidos em uma descrição, relativamente, compacta (Anderberg, 1973; Hair et al., 2005). Essa técnica visa classificar uma amostra de indivíduos ou objetos em um pequeno número de grupos mutuamente excludentes, com base nas similaridades entre os indivíduos ou objetos (Anderberg 1973; Hair Jr et al. 2005). Por outro lado, a NMDS também pode ser utilizada como um procedimento para agrupamento, na qual é possível demonstrar por meio de um gráfico, “*n*” elementos num espaço de dimensão menor que a original, levando-se em consideração a distância ou similaridade que os elementos têm entre si (Mingoti et al. 2005). Em estudos envolvendo ecologia, incluindo trabalhos sobre alimentação natural em peixes é comum os pesquisadores agruparem amostras com as

mesmas características bióticas ou abióticas (Valentin 1995). Além disso, também é comum associar espécies em comunidades, conforme o objetivo do trabalho, com o intuito de fazer uma descrição mais clara e sintética da estrutura de um ecossistema, permitindo determinar a composição e a extensão de suas unidades funcionais (Valentin 1995).

Atualmente qualquer pesquisador consegue analisar seus dados com facilidade, em virtude da disponibilidade de programas e pacotes estatísticos cada vez mais sofisticados (Hair Jr et al. 2005). De acordo com nossos resultados é possível perceber que a maioria das análises estatísticas registradas nos trabalhos sobre alimentação natural em peixes foram análises multivariadas. A utilização cada vez mais frequente de análises multivariadas, segundo Hair Jr et al. (2005) é resultado do avanço tecnológico na área computacional, uma vez que é possível analisar com facilidade bancos de dados grandes e complexos utilizando computadores pessoais.

Desse modo, podemos concluir que a o teste Kolmogorov-Smirnov foi o mais utilizado para avaliar o pressuposto de normalidade e o teste Levene foi o mais utilizado para avaliar o pressuposto de homogeneidade de variâncias. Os testes de hipóteses mais utilizados nos trabalhos sobre alimentação natural em peixes foram o teste univariado paramétrico de análise de variância, o teste univariado não-paramétrico de Kruskal-Wallis, o teste multivariado paramétrico de análise de variância permutacional e o teste multivariado não-paramétrico de análise de similaridade. Além disso, concluímos também que as técnicas de ordenação mais utilizadas foram a paramétrica análise de agrupamento e a não-paramétrica de escalonamento multidimensional não métrico.

5 REFERÊNCIAS

- Anderberg MR (1973) Cluster analysis for applications, Academic Press, New York
- Berthouex PM, Brown LC (2002) *Statistic for Environmental Engineers*. Lewis Publishers, Boca Raton, Florida
- Callegari-Jacques SM (2007) *Bioestatística: princípios e aplicações*. Artmed, Porto Alegre
- Carvalho PC (2002) *Bioestatística*. EdUFF, Niterói
- Gotelli NJ, Ellison AM (2011) *Princípios de estatística em ecologia*. Artmed, Porto Alegre
- Almeida A, ELIAN S, NOBRE J (2008) Modificações e alternativas aos testes de Levene e de Brown e Forsythe para igualdade de variâncias e médias. *Revcoles* 31: 241–260
- Anderson MJ, Walsh DCI (2013) PERMANOVA , ANOSIM , and the Mantel test in the face of heterogeneous dispersions : What null hypothesis are you testing? *Ecol Monogr* 83: 557–574. doi: 10.1890/12-2010.1
- Cirillo MA, Ferreira DF (2003) Extensão do teste para normalidade univariado baseado no coeficiente de correlação quantil-quantil para o caso multivariado. *Rev Mat Estat* 21: 67–84
- Clarke KR (1993) Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Aust J Ecol* 18: 117–143. doi: 10.1111/j.1442-9993.1993.tb00438.x
- Díaz FR, López FJB (2012) *Bioestatística*. Cengage Learning, São Paulo
- Ferreira RB, Neto ACB, Bobout JC, Jesus FF, Caetano JM, Teixeira IR (2014) Tendências na literatura científica global sobre o biodiesel: uma análise cienciométrica. *Biosci J* 30: 547–554
- Ferry LA, Cailliet GM (1996) Sample size and data analysis: Are we characterizing and comparing diet properly? In: Mackinlay D, Shearer K (ed) *Feeding ecology and nutrition in fish*. Proceedings of the symposium on the feeding ecology and nutrition in fish, International Congress on the Biology of fishes. San Francisco, American Fisheries Society, pp 71-80
- Fonseca JS, Martins GA (1993) *Curso de estatística*. Atlas, São Paulo
- Hair Jr JF, Anderson RE, Tatham RL, Black WC (2005) *Análise multivariada de dados*. Tradução Adonai Schlup Sant' Anna e Anselmo Chaves Neto. Bookman, Porto Alegre
- Legendre P, Legendre L (1998) *Numerical ecology*. Amsterdam, Elsevier
- Mingoti AS (2005) *Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada*. Editora UFMG, Belo Horizonte
- Normando D, Tjäderhane L, Quintão CCA (2010) A escolha do teste estatístico – um tutorial em forma de apresentação em PowerPoint *. *Dental Press J Orthod* 15: 101–106. doi: 10.1590/S2176-94512010000100012
- Quinn G, Keough M (2002) *Experimental design and data analysis for biologists*. New York, Cambridge University Press
- Sampaio RF, Mancini MC (2007) Estudos de revisão sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica. *Rev. Bras. Fisioter* 11: 83–89. doi: 10.1590/S1413-35552007000100013
- Spiegel MR (1993) *Estatística*. Makron Books, São Paulo
- Townsend CR, Begon M, Harper JL (2010) *Fundamentos em ecologia*. Artmed, Porto Alegre
- Valentin JL (1995) Agrupamento e ordenação. *Oecol Bras* 2: 27–55

Vieira S (1999) Estatística experimental. Atlas, São Paulo

6 MATERIAL SUPLEMENTAR

Capítulo II: Análises estatísticas aplicadas em estudos sobre alimentação natural de peixes

Reviews in Fish Biology and Fisheries

Angélica Dorigon Lira, Éder André Gubiani, Rosemara Fugi

A. D. Lira

Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, PR, Brasil

e-mail: angelicadorigon@hotmail.com

É. A. Gubiani

Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Centro de Engenharias e Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca e Programa de Pós-Graduação em Conservação e Manejo de Recursos Naturais, Toledo, PR, Brasil

R. Fugi

Núcleo de Pesquisas em Limnologia, Ictiologia e Aquicultura (Nupélia) da Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR, Brasil

Métodos estatísticos utilizados nos artigos sobre ecologia trófica de peixes

Análise univariada

Teste/Técnica

Paramétrica

Análise de covariância (ANCOVA)	Hipótese
Análise de variância (ANOVA)	Hipótese
ANOVA para medidas repetidas (ANOVAR)	Hipótese
Correlação cofenética	Hipótese
Correlação de Pearson	Hipótese
Correlação linear	Hipótese
Regressão linear simples	Hipótese
Regressão não-linear	Hipótese
Teste de Student Newman-Keul (SNK) de múltipla comparação	Hipótese
Teste de Student-Newman-Keuls (SNK)	Hipótese
Teste t de Students	Hipótese
Teste Z	Hipótese

Teste-F	Hipótese
Não-paramétrica	
Correlação de Kendall	Hipótese
Correlação de Spearman	Hipótese
Modelo aditivo generalizado (GAM)	Hipótese
Qui-Quadrado (X ²)	Hipótese
Teste de Dunn	Hipótese
Teste de Friedman	Hipótese
Teste de aderência G	Hipótese
Teste de Kruskal-Wallis	Hipótese
Teste de Mann-Whitney	Hipótese
Teste de Mann-Whitney-Wilcoxon	Hipótese
Teste de Wilcoxon	Hipótese
Teste Mann-Kendall	Hipótese
Teste Q Cochran	Hipótese
Análise Multivariada	
Paramétrica	
Análise de variáveis canônicas (CVA)	Ordenação
Análise de agrupamento (Cluster)	Ordenação
Análise de componentes principais (PCA)	Ordenação
Análise de componentes principais difusa (FPCA)	Ordenação
Análise de correlação canônica (ACC)	Hipótese
Análise de correspondência (CA)	Ordenação
Análise de correspondência canônica (CCA)	Hipótese
Análise de correspondência destendenciada (DCA)	Ordenação
Análise de correspondência múltipla (MCA)	Ordenação
Análise de função discriminante (DFA)	Ordenação
Análise de isótopos estáveis no R (SIAR; Parnell et al., 2010)	Hipótese
Análise de redundância (RDA)	Hipótese
Análise de variância Multivariada (MANOVA)	Hipótese
Análise de variância permutacional (PERMANOVA)	Hipótese
Análise discriminante (DA)	Ordenação
Análise discriminante Canônica (CAD)	Ordenação
Análise discriminante de correspondência(CDA)	Ordenação

Análise discriminante linear (LDA)	Ordenação
Análise multivariada de covariância (MANCOVA)	Hipótese
Bio-Environmental step-wise analysis (BVSTEP)	Ordenação
Classificação Hierárquica de Ascendência (HAC)	Ordenação
Dispersão multivariada (Betadisper)	Hipótese
Modelos lineares baseados na distância (DistLM)	Hipótese
Método de agrupamento UPGMA	Ordenação
Modelo de Charnov adaptado por Mittelbach (1981)	Hipótese
Modelo de mistura de isótopos estáveis (MixSIR)	Hipótese
Modelo linear generalizado GLM	Hipótese
Modelo linear generalizado misto (GLMM)	Hipótese
Regressão linear múltipla	Hipótese
Regressão logística simples	Hipótese
Regressão multivariada	Hipótese
Regressão quadrática	Hipótese
Teste de Mantel	Hipótese
Valor Indicador Individual (Indval)	Hipótese
Não-paramétrica	
Análise canônica de coordenadas principais (CAP)	Ordenação
Análise de coordenadas principais (PCOA)	Ordenação
Análise de dispersões permutacionais multivariadas (PERMDISP)	Hipótese
Análise de similaridade (ANOSIM)	Hipótese
Análise de Variância Multivariada não-paramétrica (NPMANOVA)	Hipótese
Análise fatorial de correspondência (FCA)	Ordenação
Análise multivariada de covariância não paramétrica (NP-MANCOVA)	Hipótese
Análise percentual de similaridade (SIMPER)	Hipótese
Dispersão multivariada (MVDISP)	Hipótese
Escalonamento híbrido multidimensional (HMDS)	Ordenação
Escalonamento Multidimensional (MDS)	Ordenação
Escalonamento Multidimensional Não Métrico (NMDS)	Ordenação
Procedimento de permutação multi-resposta (MRPP)	Hipótese
Teste de semelhança permutacional (SIMPROF)	Hipótese

Fig. 2 Outros testes de hipóteses univariados paramétricos utilizados nos artigos sobre ecologia trófica de peixes

ANOVA para medidas repetidas (ANOVAR)	Teste de Student Newman-Keul (SNK) de múltipla comparação
Correlação cofenética	Teste de Student-Newman-Keuls (SNK)
Correlação linear	
Regressão não-linear	Teste Z
Teste de aderência G	Teste-F

Fig 2. Outros testes de hipótese univariados não-paramétricos utilizados nos artigos sobre ecologia trófica de peixes

Modelo aditivo generalizado (GAM)	Teste de Wilcoxon
Teste de Dunn	Teste Mann-Kendall
Teste de Friedman	Teste Q Cochran
Teste de Mann-Whitney-Wilcoxon	

Fig. 3 Outros testes de hipóteses multivariados paramétricos utilizados nos artigos sobre ecologia trófica de peixes

Análise de correlação canônica (ACC)	Modelo linear generalizado misto (GLMM)
Análise de redundância (RDA)	
Análise multivariada de covariância (MANCOVA)	Regressão linear múltipla
Dispersão multivariada (betadisper)	Regressão logística simples
DistLM-distance-based linear models	Regressão multivariada
Modelo de Charnov adaptado por Mittelbach (1981)	Regressão quadrática
Modelo de mistura de isótopos estáveis (MixSIR)	Teste de Mantel
	Valor Indicador Individual (Indval)

Fig. 3 Outros testes de hipóteses multivariados não-paramétricos utilizados nos artigos sobre ecologia trófica de peixes

Análise de Variância Multivariada não-paramétrica (NPMANOVA)
Análise multivariada de covariância não paramétrica (NP-MANCOVA)

Fig. 4 Outras técnicas de ordenação paramétrica utilizados nos artigos sobre ecologia trófica de peixes

Análise de componentes principais difusa (FPCA)

Análise de correspondência múltipla (MCA)

Análise de função discriminante (DFA)

Análise de variáveis canônicas (CVA)

Análise discriminante (DA)

Análise discriminante canônica (CAD)

Análise discriminante de correspondência (CDA)

Análise discriminante linear (LDA)

Bio-Environmental step-wise analysis (BVSTEP)

Classificação Hierárquica de

Ascendência (HAC)