

A relação entre peixes e habitat: métodos de análises

Luis Mauricio Abdon da Silva¹

¹ Pesquisador do Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá - IEPA. Núcleo de Pesquisas Aquáticas - NUPAQ. Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Tropical da Universidade Federal do Amapá. E-mail: luis.abdom@ig.com.br

RESUMO: Este trabalho realiza uma breve discussão sobre as relações existentes entre peixes e habitat, apresentando as variáveis abióticas como reguladora da distribuição das espécies de peixes, bem como os métodos estatísticos aplicados na realização destas relações.

Palavras-chave: Estatística Multivariada. Peixes. Fatores Abióticos.

ABSTRACT. This paper provides a brief discussion about the relationship between fish and habitat, with the abiotic variables such as regulating the distribution of fish species as well as the statistical methods applied in the conduct of these relations

Keywords: Multivariate Statistics. Fish. Abiotic Factors.

1 Introdução

Distribuição de espécies sempre foi uma questão central em ecologia. Nos últimos anos, um número crescente de estudos em ecologia, biogeografia, biologia da conservação tentaram construir modelos preditivos da distribuição das espécies visando uma melhor proteção e gestão dos recursos naturais e ecossistemas. Geralmente, a maioria deles usa técnicas de modelagem estática que se referem à distribuição atual de espécies a um conjunto de variáveis ambientais disponíveis (GUISAN; ZIMMERMANN, 2000; THUILLER 2003). Identificar e explicar como variáveis ambientais afetam as distribuições das espécies ainda é difícil de prever, pelo fato de que a maioria dos ecossistemas exibe uma substancial heterogeneidade espacial e temporal (THOMPSON et al., 2001).

No estudo das relações entre espécies e ambiente, usualmente consideramos dois pontos: (i) uma matriz de abundância ou ocorrência de taxa em um determinado local de coleta; (ii) uma matriz de características ambientais que inclui medidas quantitativas ou categóricas dos mesmos locais de coleta (DOLÉDEC; CHESSEL, 1994). Dois principais objetivos estão envolvidos no estudo estatístico dessa situação: (i) uma inferência da variação faunística é retirado da variação ambiental e, inversamente, uma previsão de parâmetros ambientais é feito usando a lista de taxa; (ii) é examinado uma covariação entre a ordenação de amostras efetuadas através do conjunto de dados faunísticos e uma ordenação de amostras efetuadas através do conjunto de dados ambientais.

As variações sazonais causadas principalmente por flutuações na

precipitação pluviométrica afetam a estrutura de comunidade de peixes em regiões de planície inundável (LOWE-McCONNELL, 1999). Essas variações alteram as características físicas e químicas da água, como o pH, condutividade, oxigênio dissolvido, fluxo e temperatura, o que é determinante na estruturação da ictiofauna (TEJERINA-GARRO et al., 1998).

A geomorfologia é um dos fatores mais importantes que afeta a estrutura da comunidade de peixes em ambientes lóticos (ALLAN, 1997; GORDON et al., 1995). Ela influencia essas comunidades à medida que vai gradualmente se alternando ao longo do canal do rio e, conseqüentemente, ocasionando mudanças nas características limnológicas dos ambientes, desde a região de cabeceira até a foz (VANNOTE et al., 1980).

Rodriguez e Lewis (1997) propuseram um modelo de organização das comunidades de peixes, o modelo piscivoria-transparência-morfometria (PTM), que enfatiza a interação entre a transparência do lago e as propriedades de cada espécie, nomeadamente as suas capacidades sensoriais e de forrageamento. O modelo prevê que ao longo de gradientes espacial ou temporal de declínio de transparência, a abundância de peixes diurnos que dependem da visão, deve diminuir em relação a peixes com adaptações a baixa visibilidade.

Métodos usados para estudar a relação entre peixes e ambiente podem ser agrupados dentro de: (i) simples análises indiretas e diretas de gradientes e análises multivariadas diretas de gradientes, todos com um padrão não-

simétrico entre dados ambientais e dados de espécies; (ii) análise de tabelas justapostas, análise de correlação canônica, e ordenação intertabela que examina as relações entre espécies-ambiente (DOLÉDEC; CHESSEL, 1994).

Os métodos de análises indiretas consistem em ordenar amostras ao longo de um ou vários eixos usando escores sintéticos obtidos de métodos lineares ou não-lineares (DALE, 1975 *apud* DOLÉDEC; CHESSEL, 1994). Dentre os métodos lineares, os mais usados são: análise de componentes principais, análises de correspondência e regressão múltipla. Os escores amostrais são interpretados em relação aos parâmetros ambientais (GILLIAM et al., 1993; DEKAR; MAGOULICK, 2007; ARAOYE, 2009; SILVA et al., 2007; PEGG et al., 2006).

Análises de gradientes diretos ou ordenação ambiental (AUSTIN, 1968) consiste em ordenar amostras ao longo de um simples (uma variável) ou complexo (multivariada) gradiente ambiental. Espécies são plotadas sobre eixo ambiental para estudar suas respostas ao gradiente ambiental.

Em análises de gradientes direto e indireto, o problema é encontrar o melhor escore sintético, isto é, os escores que provem uma ótima interpretação da relação espécie-ambiente. Para superar essa dificuldade foi proposta uma nova técnica, Análise de Correspondência Canônica (TER BRAAK, 1986). Esta técnica calcula uma variável ambiental derivada que é uma combinação linear das variáveis ambientais originais, desta forma minimiza o tamanho dos nichos das espécies, exemplos da aplicação desta

análise pode ser visto em Carol et al. (2006), Eros et al. (2003), Humpl e Pivnicka (2006), Mueller e Pyron (2010), Ostrand e Wilde (2002); Tejerina-Garro et al. (1998).

2 A importância das variáveis abióticas

As comunidades de peixes em igarapés são relativamente abundantes, tanto em espécies, quanto em indivíduos (MOYLE; LI, 1979), o que é bastante conveniente por gerar amostras de tamanhos adequados. Porém os métodos para quantificá-las possuem suas próprias sutilezas, e seu uso adequado requer planejamento. O sucesso dos estudos dessas relações entre peixes e seu microhabitat é função da escolha correta das técnicas e estratégias de amostragem.

O pequeno tamanho dos igarapés e dos peixes que eles comportam frequentemente torna o tratamento experimental se não fácil, pelo menos possível (MATTHEWS, 1988; GELWICK; MATTHEWS, 1993).

Provavelmente, a estrutura teórica para a maioria dos estudos do uso de habitat foi o debate sobre a importância das interações bióticas, mas precisamente a competição, como determinantes da estrutura e dinâmica das comunidades ecológicas (WIENS, 1977; DIAMOND, 1978; CONNELL, 1980, 1983). Inicialmente acreditava-se que os modelos de competição prediziam claramente padrões diferentes para o uso dos recursos pelos membros da comunidade, fazendo com que os pesquisadores se preocupassem com padrões de sobreposição interespecífica do uso do microhabitat nas diversas comunidades de peixes de

riachos (ZARET; RAND, 1971; MENDELSON, 1975; MATHEWS; HILL, 1980; BAKER; ROSS, 1981; FAUSCH; WHITE, 1981; MOYLE; VONDRACEK, 1985; GROSSMAN; FREEMAN, 1987; GROSSMAN et al., 1987a, b; GORMAN, 1988). Na maioria destes estudos foi interpretada ausência de sobreposição como resultado da coevolução direcionada pela competição entre os membros da comunidade. Por outro lado, a sobreposição interespecífica indicaria que estas comunidades estariam estruturadas principalmente por fatores abióticos (MENDELSON, 1975; GORMAN; KARR, 1978; MOYLE; VONDRACEK, 1985).

Entretanto, Connell (1980) apontou as dificuldades de ligação inequívoca entre padrões atuais e processos passados. Divergências interespecíficas no uso do habitat também podem ser o resultado de morfologias e fisiologias dissimilares, assim como de comportamentos adquiridos que evoluíram separadamente (ANGERMEIER, 1987; GROSSMAN; FREEMAN, 1987; ROSS et al., 1987).

As dificuldades logísticas, a biologia dos peixes e a fisionomia dos riachos estudados orientam tanto a escolha dos parâmetros como da sua forma de medição, como consequência, a comparação dos resultados de diferentes estudos frequentemente não é direta e, algumas vezes, impossível. Foram propostas normas e métodos padronizados (PLATTS et al., 1983; HABITAT INVENTORY COMMITTEE, 1986), porém a variedade de descrições de habitat persiste, por que não existe um protocolo único adequado a qualquer situação.

Na maioria dos casos, são conhecidos quatro variáveis físicas como as mais relevantes: profundidade, velocidade da água, composição do substrato do leito e cobertura (HEGGENES, 1988a; GREENBERG; STILES, 1993). Muitos estudos também quantificaram a distância dos peixes em relação à margem mais próxima do riacho (DUDGEON, 1987; GORMAN, 1987, 1988a; MOORE; GREGORY, 1988; HEGGENES; SALTVEIT, 1990; RINCON et al., 1992).

Outros parâmetros tais como temperatura, iluminação, pH, turbidez e oxigênio dissolvido, são conhecidas para os ecólogos como funcionalmente relevantes, porém por diversos motivos, sua influência na escolha da posição não é considerada tão importante, talvez por que a variação desses parâmetros, em geral, seja muito pequena na escala de microhabitat.

A temperatura da água possui importante papel na fisiologia dos peixes de riacho (BRETT; GLASS, 1973; BEAMISH, 1980; MATTHEWS, 1987) e sabe-se que determina a distribuição longitudinal das espécies de peixes (BURTON; ODUM, 1945; MOYLE; VONDRACEK, 1985) e que seu ciclo sazonal influi no uso do microhabitat de várias espécies (SMITH; LI, 1983; CUMJAK; POWER, 1986; HILL; GROSSMAN, 1993; RINCON; LOBONCERVIA, 1993; HEGGENES et al., 1993).

Outra variável documentada é o grau de iluminação nas posições utilizadas pelo peixe (MATTHEWS; HILL, 1980; FAUSCH; WHITE, 1981; ROSS et al., 1987; GATZ et al., 1987; LOHR; WEST, 1992; COPP, 1992). Na maioria

dos estudos esta variável foi utilizada como um índice de proteção contra predadores (FAUSCH, 1993). Nas áreas iluminadas pelo sol os predadores precisam chegar mais perto para poder detectar os peixes na sombra, enquanto estes podem localizar os predadores a uma distância maior (HELFMAN, 1981). Assim não é de surpreender que pesquisas de campo tenham documentado preferências por posições sombreadas nas diferentes espécies (MATTHEWS; HILL, 1980; FAUSCH; WHITE, 1981; ROSS et al., 1987; GATZ et al., 1987; LOBB; ORTH, 1991).

A turbidez da água é outra variável conhecida como funcionalmente relevante para os peixes. O aumento da turbidez ou de detritos suspensos diminui a distância na qual o peixe pode detectar a presa (VINYARD; O'BRIEN, 1976; BARRET et al., 1992; O'BRIEN; SHOWALTER, 1993; GREGORY; NORTHCOTE, 1993), podendo induzir a redução das taxas de alimentação e crescimento (ECCLES, 1986; McLEAY et al., 1987). Assim, a turbidez pode agir como uma forma de cobertura, reduzindo a possibilidade dos peixes serem detectados pelos predadores e aumentando a atividade forrageadora em resposta à redução do risco de predação (GREGORY, 1993; GREGORY; NORTHCOTE, 1993).

Alguns estudos caracterizam duas variáveis da química da água, pH (MATTHEWS; HILL, 1980; FELLE, 1984) e o oxigênio dissolvido (MATTHEWS; HILL, 1980). Ambos possuem uma profunda influência no desempenho de peixes de riachos e podem ser determinantes importantes da sua distribuição em escalas espaciais

amplas (MATTHEWS, 1987). Porém a variação em pequenas distâncias parece pouco comum para ambos os parâmetros (HYNES, 1970).

3 Revisão sobre métodos estatísticos para estudos de relações peixes – habitat.

A covariação entre as diferentes características do hábitat físico é amplamente difundida nos estudos de riachos, então parece ser útil descrever a variação do microhabitat (tanto do ambiente como das posições ocupadas pelos peixes) em termos de gradientes multivariados refletindo a mudança simultânea dos parâmetros correlacionados do hábitat. Isto seria particularmente adequado se, como sugerido por Shirvell e Dungey (1983), Mathur et al., (1985) e Hughes e Dill (1990), os peixes selecionarem combinações adequadas das características do microhabitat ao invés de parâmetros isolados.

O número relativamente alto de variáveis (7-9) do microhabitat geralmente utilizadas tornam impraticáveis a apresentação independente dos resultados. Isto tornou frequente a utilização de análises multivariadas nos estudos de microhabitat (MATTHEWS; HILL, 1980; BAKER; ROSS, 1981; MOYLE; SENANAYAKE, 1984; GROSSMAN; FREEMAN, 1987; FELLE; FELLE, 1987; VONDRACEK; LONGANECKER, 1993).

A técnica denominada de análise de Componentes Principais, popularmente chamada de PCA, foi introduzida por Karl Pearson em 1901 e esta fundamentada no artigo de Hotelling de 1933. Seu objetivo

principal é o de explicar a estrutura de variância e covariância de um vetor aleatório, composto de p -variáveis aleatórias, através da construção de combinações lineares das variáveis originais. Estas combinações lineares são chamadas de componentes principais e são não correlacionadas entre si. Se temos p -variáveis originais é possível obter-se p componentes principais. No entanto, em geral deseja-se obter “redução do número de variáveis a serem avaliadas e interpretação das combinações lineares construídas”, ou seja, a informação contida nas p -variáveis originais é substituída pela informação contida em K ($K < p$) componentes principais não correlacionadas.

Eros et al. (2003), examinaram padrões de composição de assembléia de peixes e o uso de macrohabitat nas quatro estações do ano em um rio de submontanha da Bacia do Danúbio (Hungria). Os autores utilizaram a análise de componentes principais para comparações entre a estrutura dos habitats dentre os macrohabitats e em seguida foi utilizada a análise de correspondência para indiretamente ordenar a comunidade de peixes de acordo com os padrões de macrohabitats. Os resultados indicaram que existe um modelo contínuo de corrente – poças baseado nos parâmetros físicos e que a comunidade de peixes esteve positivamente correlacionado com esse modelo de habitats.

Gilliam et al., (1993), estudaram a estrutura de uma comunidade de peixes em um córrego em Trinidad aplicando primeiramente a PCA para 16 variáveis ambientais em 86 pontos de lagoas e

logo em seguida a análise de fatores. Determinaram que a comunidade de peixes possui um padrão recorrente de que a riqueza aumenta ao longo de um gradiente a montante para jusante. A análise demonstrou que a densidade de espécies esteve visivelmente relacionada com as variáveis ambientais.

A relativa importância de fatores abióticos e bióticos na estrutura de comunidades de peixes varia longitudinalmente. Ostrand e Wilde (2002) avaliaram a importância da variação espacial e sazonal da abundância de peixes e descreveram o gradiente espacial relacionado às condições ambientais, utilizando primeiramente o PCA para as variáveis ambientais e em seguida a análise de correspondência canônica para verificar a associação entre as variáveis ambientais e a abundância de peixes. Baseados nas análises estatísticas observaram que existe considerável variação espacial nas condições ambientais entre os pontos de coleta. A diversidade e a composição das espécies estiveram relacionadas com a condutividade, profundidade e velocidade da correnteza.

A análise de correlação canônica foi proposta por Hotelling (1935, 1936) e tem como objetivo principal o estudo das relações lineares existentes entre dois conjuntos de variáveis. A ideia básica é resumir a informação de cada conjunto de variáveis-respostas em combinações lineares, sendo que a escolha dos coeficientes dessas combinações é feita tendo-se como critério a maximização da correlação entre os conjuntos de variáveis-respostas. As combinações lineares que

podem ser construídas são chamadas de variáveis canônicas, enquanto que a correlação entre elas é chamada de correlação canônica. Essa correlação mede basicamente o grau de associação existente entre os dois conjuntos de variáveis.

Tejerina-Garro et al. (1998) examinaram a relação entre a estrutura de uma comunidade de peixes e 11 parâmetros ambientais em lagos do Rio Araguaia no Brasil, aplicando análise de correlação canônica. Observaram que somente a transparência e a profundidade estavam significativamente correlacionadas com a estrutura da comunidade de peixes.

Muller e Pyron (2010) coletaram peixes em 28 pontos no Rio Wabash, Indiana, e testaram através da análise de correlação canônica, a variação da comunidade de peixes com relação a profundidade e a característica do substrato. A análise resultou em um gradiente longitudinal com relação a profundidade e o substrato que explicaram a grande variedade entre as comunidades de peixes.

O desenvolvimento em análises estatísticas (MERCIER; CHESSEL; DOLÉDEC, 1992; CHESSEL; MERCIER, 1993) tem o foco sobre ordenação intertabela. A solução proposta é chamada análise de co-inércia. O método trabalha sobre uma matriz de covariância (espécie X ambiente) em vez de uma matrix de correlação.

Araujo e Tejerina-Garro. (2009) aplicaram esta metodologia em um tributário do Alto Rio Paraná e verificaram que os principais fatores que estruturam a comunidade de peixes

foram pH, velocidade da água, a largura do canal e a temperatura da água.

Um estudo no Baixo Rio das Mortes na bacia do rio Araguaia, determinou entre 12 parâmetros ambientais, quais eram os que mais afetavam a estrutura de comunidade de peixes. Os resultados indicaram através da análise de co-inércia que oxigênio dissolvido, transparência da água, largura e profundidade da calha principal, cobertura da mata ripária e tipo de substrato da margem estruturam a comunidade de peixes, ambos influenciados pelo regime hidrológico regional (MELO et al., 2009).

Fialho et al. (2008) analisaram a interação de peixes com 14 variáveis físico-químicas e hidrogeomorfológicas em 31 estações de amostragens ao longo do rio Meia Ponte, bacia do Rio Paraná, Brasil central. Através da análise de co-inércia verificaram que o pH, temperatura da água, condutividade, oxigênio dissolvido e a turbidez tiveram influência sobre a estrutura da comunidade de peixes.

Outros métodos foram utilizados para relacionar fatores físicos com a comunidade de peixes, dentre eles o trabalho de Araoye (2009) que analisou a composição das espécies em relação ao regime de temperatura no Lago Asa. Como ferramenta estatística, empregou o teste *t* e coeficiente de correlação. Carol et al. (2005), amostraram comunidade de peixes em 14 reservatórios espanhóis bem como vários parâmetros de qualidade de água. Os métodos utilizados foram ordenação e modelos aditivos generalizados. O mesmo método foi aplicado por Buisson et al. (2008) em uma bacia de drenagem na França.

Uma análise de agrupamento foi realizada em dois ambientes do Baixo Rio das Mortes, Mato Grosso, para avaliar a relação entre as variáveis ambientais e a comunidade de peixes (SILVA et al., 2007). Dekar e Magoulick (2007) empregaram a regressão simples e múltipla para relacionar fatores ambientais com a comunidade de peixes em córregos da Montanha de Boston USA.

3 Considerações finais

É sabido que a maior parte dos estudos ocorreu em zonas temperadas, existe então uma séria necessidade de aumentar as pesquisas geográficas das relações entre peixes e ambiente em zonas tropicais. É necessário estudar as comunidades de peixes com diferentes composições taxonômicas e histórias evolutivas para obtenção de inferências gerais. O sucesso da pesquisa experimental parece estar ligado a uma obtenção prévia de dados de campo, que permitam a identificação das questões relevantes, necessário para a elaboração do planejamento de experiências adequadas.

Ecologistas são confrontados com várias possibilidades de análises de dados. Enquanto que os múltiplos algoritmos associados com escalas multidimensionais não são bem conhecidos, métodos de ordenação linear como a análise de co-inércia, tem uma forte coerência matemática suportada pelo modelo Euclidiano, resultando em estabilidade numérica. A análise de co-inércia deverá ser utilizada com mais frequência, pois leva em consideração análise simultânea de dois conjuntos de dados, como exemplo temos, um conjunto de

dados com fatores ambientais (pH, OD, T, substrato, cobertura, etc.) e outro conjunto de dados com fatores abióticos (abundância de espécies, densidade de organismos, diversidade, etc.)

Referências

- ALLAN, J. D. **Stream ecology: structure and function of running Waters**. London, Chapman & Hall, 1997. XII + 388p.
- ANGERMEIER, P. L. Spatiotemporal variation in habitat selection by fish in small Illinois stream, 52 - 60. IN: MATTHEWS, W. J.; HEINS, D. C. (eds.), **Community and Evolutionary Ecology of North American stream fishes**. University of Oklahoma Press, Norman. 1987.
- ARAOYE, P. A. Physical factors and their influence on fish species composition in Asa Lake, Ilorin, Nigeria. **Revista de Biologia Tropical**, 57 (1-2): 167 – 175. 2009.
- ARAUJO, N. B.; TEJERINA-GARRO, F. L. Influence of environmental variables and anthropogenic perturbations on stream fish assemblages, Upper Parana River, Central Brazil. **Neotropical Ichthyology**, 7 (1): 31 – 38. 2009.
- AUSTIN, M. P. An ordination study of a chalk grassland community. **Journal Ecology**, 56: 739 – 757. 1968.
- BAKER, J. A.; ROSS, S. T. Spatial and temporal resource utilization by southeastern cyprinids. **Copeia**, 178 – 189. 1981.
- BARRETT, J. C.; GROSSMAN, G. D.; ROSENFELD, J. Turbidity induced changes in reactive distance in rainbow trout. **Transactions of the American Fisheries Society**, 121: 437 – 443. 1992.
- BEAMISH, F. W. H. Swimming performance and oxygen consumption of the charrs, 739 – 748. IN: BALON, E. K (ed.), **Charrs, salmonid fishes of the genus *Salvelinus***. Dr. W. Junk Publishers, The Hague. 1980.
- BRETT, J. R.; GLASS, N. R. Metabolic rates and critical swimming speeds of sockeye salmon (*Onchorhynchus nerka*) in relation to size and temperature. **Journal of the Fisheries Research Board of Canada**, 30: 379 – 387. 1973.
- BUISSON, L.; BLANC, L.; GRENOUILLET, G. Modelling stream fish species distribution in a river network: the relative effects of temperature versus physical factors. **Ecology of Freshwater Fish**, 17: 244 – 257. 2008.
- BURTON, G. W.; ODUM, E. P. The distribution of stream fish in the vicinity of Mountain Lake, Virginia. **Ecology**, 26: 182 – 194. 1945.
- CAROL, J. *et al.* The effects of limnological features on fish assemblages of 14 Spanish reservoirs. **Ecology of Freshwater Fish**, 15: 66 – 77. 2006.
- CONNELL, J. H. Diversity and the coevolution of competitors, or the ghost of competition past. **Oikos**, 35: 131 – 138. 1980.
- CONNELL, J. H. On the prevalence and relative importance of interespecific competition: evidence from field experiments. **American Naturalist**, 122: 661 – 696. 1983.
- COPP, G. H. Comparative microhabitat use of cyprinid larvae and juveniles in a lotic floodplain channel.

- Environmental Biology of Fishes**, 33: 181 – 193. 1992.
- CUNJAK, R.; POWER, G. Winter habitat utilization by stream resident brook trout (*Salvelinus fontinalis*) and brown trout (*Salmo trutta*). **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, 43: 1970 – 1981. 1986.
- DALE, M. B. On objectives of ordination methods. **Vegetatio**, 30: 15 – 32. 19
- DEKAR, M. P.; MAGOULICK, D. D. Factors affecting fish assemblage structure during seasonal stream drying. **Ecology of Freshwater Fish**, 16: 335 – 342. 2007.
- DIAMOND, J. M. Niche shifts and the rediscovery of interspecific competition. **American Scientist**, 66: 322 – 331. 1978.
- DOLÉDEC, S.; CHESSEL, D. Co-inertia analysis: an alternative method for studying species-environmental relationships. **Freshwater Biology**, 31: 277 – 294. 1994.
- DUDGEON, D. Niche specificities of four fish species (Homalopteridae, Cobitidae and Gobiidae) in a Hong Kong forest stream. **Archiv für Hydrobiologie**, 108: 349 – 364. 1987.
- ECCLES, D. H. Diet of the cyprinid fish *Barbus aeneus* (Burchell) in the P.K. le Roux Dam, South Africa, with special reference to the effect of turbidity on zooplanktivory. **South African Journal of Zoology**, 21: 257 – 263. 1986.
- EROS, T.; BOTTA-DUKAT, Z.; GROSSMAN, G. D. Assemblage structure and habitat use of fishes in a Central European submontane stream: a patch-based approach. **Ecology of Freshwater Fish**, 12: 141 – 150. 2003.
- FAUSCH, K. D. Experimental analysis of microhabitat selection by juvenile steelhead (*Onchorhynchus mykiss*) and coho salmon (*O. kitsch*) in a British Columbia. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, 50: 1198 – 1207. 1993.
- FAUSCH, K. D.; WHITE, R. J. Competition between brook trout (*Salvelinus fontinalis*) and brown trout (*Salmo trutta*) for positions in a Michigan stream. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, 38: 1220 – 1227. 1981.
- FELLEY, J. D. Multivariate identification of morphological-environmental relationships within the Cyprinidae (Pisces). **Copeia**, 442 – 455. 1984.
- FIALHO, A. P.; OLIVEIRA, L. G.; TEJERINA-GARRO, F. L.; MÉRONA, B. Fish-habitat relationship in a tropical river under anthropogenic influences. **Hydrobiologia**, 598: 315 – 324. 2008.
- GATZ, A. J. Jr.; SALE, M. J.; LOAR, J. M. Habitat shifts in rainbow trout: competitive influences of brown trout. **Oecologia**, 74: 7 – 19. 1987.
- GELWICK, F. P.; MATTHEWS, W. J. Artificial stream for studies of fish ecology. 343 – 347. IN: LAMBERTI, G. A.; STEINMAN (eds.). Research in artificial stream: applications, use, and abuses. **Journal of the North American Benthological Society**, 12. 1993.
- GILLIAM, J. F.; FRASER, D. F.; ALKINS-KOO, M. Structure of a tropical stream fish community: a role for biotic interactions. **Ecology**, 74 (6): 1856 – 1870. 1993.
- GORDON, N. D.; McMAHON, T. A.; FINLAYSON, B. L. **Stream**

- hydrology: an introduction for ecologists.** Chichester, John Wiley & Sons, 1995. 562p.
- GORMAN, O. T. Habitat segregation in a assemblage of minnows in an Ozark stream. 33 – 41. IN: MATTHEWS, W. J.; HEINS, D. C. (eds.), **Community and Evolutionary Ecology of North American stream fishes.** University of Oklahoma Press, Norman. 1987.
- GORMAN, O. T. The dynamics of habitat use in a guild of Ozark minnows. **Ecological Monographs**, 58: 1 – 18. 1988.
- GORMAN, O. T.; KARR, J. R. Habitat structure and stream fish communities. **Ecology**, 59: 507 – 515. 1978.
- GREGORY, R. S. Effect of turbidity in the predator avoidance behavior of juvenile chinook salmon (*Onchorhynchus tshawytscha*). **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, 50: 241 – 246. 1993.
- GREGORY, R. S.; NORTHCOTE, T. G. Surface, planktonic, and benthic foraging by juvenile chinook salmon (*Onchorhynchus tshawytscha*) in turbid laboratory conditions. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, 50: 233 – 240. 1993.
- GREENBERG, L. E.; STILES, R. A. A descriptive and experimental study of microhabitat use by young-of-the-year benthic stream. **Ecology of Freshwater Fishes**, 2: 40 – 49. 1993.
- GROSSMAN, G. D.; FREEMAN, M. Microhabitat use in a stream fish assemblage. **Journal of Zoology (London)**, 212: 151 – 176. 1987.
- GROSSMAN, G. D.; SOSTOA, A.; FREEMAN, M.; LÓBON-SERVIÁ, J. Microhabitat selection in a Mediterranean riverine fish assemblage. I. Fishes of the lower Matarranã. **Oecologia (Berlin)**, 73: 490 – 500. 1987a.
- GROSSMAN, G. D.; SOSTOA, A.; FREEMAN, M.; LÓBON-SERVIÁ, J. Microhabitat selection in a Mediterranean riverine fish assemblage. II. Fishes of the lower Matarranã. **Oecologia (Berlin)**, 73: 501 – 512. 1987b.
- GUISAN, A.; ZIMMERMANN, N. E. Predictive habitat distribution models in ecology. **Ecological Modelling**, 135: 147–186. 2000.
- HABITAT INVENTORY COMMITTEE. **Aquatic habitat inventory. Glossary and standard methods.** Western Division American Fisheries Society. Bethesda. 1986. 134 p.
- HEGGENES, J. Physical habitat selection by brown trout (*Salmo trutta* L.) in riverine system. **Nordic Journal of Freshwater Research**, 64: 74 – 90. 1988.
- HEGGENES, J.; SALTVEIT, J. Seasonal and spatial microhabitat selection and segregation in young Atlantic salmon *Salmo salar* L., and brown trout, *Salmo trutta* L., in a Norwegian river. **Journal of Fish Biology**, 36: 707 – 720. 1990.
- HEGGENES, J.; KROG, O. M.; LINDAS, O. R.; DOKK, G.; BREMNES, T. Homeostatic behavioural responses in s changing environmental: brown trout (*Salmo trutta*) become nocturnal during winter. **Journal of Animal Ecology**, 62: 295 – 308. 1993.

- HELFMAN, G. S. The advantage to fish of hovering in shade. **Copeia**, 392 – 400. 1981.
- HILL, J.; GROSSMAN, G. D. An energetic model of microhabitat use for rainbow trout and rosyside dace. **Ecology**, 74: 685 – 698. 1993.
- HOTELLING, H. Analysis of a complex of statistical variables into principal components. **Journal of Educational Psychology**, 24: 417 – 441. 1933.
- HOTELLING, H. Relations between two sets of variables. **Biometrika**, 28: 321 – 377. 1936.
- HOTELLING, H. The most predictable criterion. **Journal of Educational Psychology**, 26: 139 – 142. 1935.
- HUGHES, N. F.; DILL, L. M. Position choice by drift-feeding salmonids model and test for arctic (*Thymallus arcticus*) in subarctic mountain streams. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, 39: 1502 – 1511. 1990.
- HUMPL, M.; PIVNICKA, K. Fish assemblages as influenced by environmental factors in streams in protected areas of the Czech Republic. **Ecology of Freshwater Fish**, 15: 96 – 103. 2006.
- HYNES, H. B. N. **The ecology of running waters**. University Press, Liverpool. 1970. 555p.
- LOBB, M. D. III; ORTH, D.J. Habitat use by an assemblage of fish in a large warmwater stream. **Transactions of the American Fisheries Society**, 120: 65 – 78. 1991.
- LOHR, S. C.; WEST, J. L. Microhabitat selection by brook and rainbow trout in a southern Appalachian stream. **Transactions of the American Fisheries Society**, 121: 729 – 736. 1992.
- LOWE-McCONNELL, R. H. **Estudos ecológicos de comunidades de peixes**. São Paulo, Editora da Universidade de São Paulo, 1999. 584p.
- McLEAY, D. J.; BIRTWELL, I. K.; HARTMAN, G. F.; ENNIS, G. L. Responses of arctic grayling (*Thymallus arcticus*) to acute and prolonged exposure to Yukon placer mining sediment. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, 44: 658 – 673. 1987.
- MATHUR, D. W. H.; PURDY Jr, E. J.; SILVER, C. A. A critique of the Instream Flow Incremental Methodology. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, 42: 825 – 831. 1985
- MATTHEWS, W. J. Physicochemical tolerance and selectivity of stream fishes as related to their geographic ranges and local distributions. 111 – 120. IN: MATTHEWS, W. J.; HEINS, D. C. (eds.), **Community and Evolutionary Ecology of North American stream fishes**. University of Oklahoma Press, Norman. 1987.
- MATTHEWS, W. J. North American prairie streams as system for ecological study. **Journal of the North American Benthological Society**, 7: 387 – 409. 1988.
- MATTHEWS, W. J.; HILL, L. G. Habitat partitioning in the fish community of a southwestern river. **Southwestern Naturalist**, 25: 51 – 66. 1980.
- MELO, T. L.; TEJERINA-GARRO, F. L.; MELO, C. E. Influence of environmental parameters on fish assemblages of a Neotropical river with

- a flood pulse regime, Central Brazil. **Neotropical Ichthyology**, 7 (1): 421 – 428. 2009.
- MENDELSON, J. Feeding relationships among species of *Notropis* (Pisces: Cyprinidae) in a Wisconsin stream. **Ecological Monographs**, 5: 199 – 230. 1975.
- MOORE, K. M. S.; GREGORY, S. V. Summer habitat utilization and ecology of cutthroat trout fry (*Onchorhynchus clarki*) in Cascade Mountains streams. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, 45: 1921 – 1930. 1988.
- MOYLE, P. B.; LI, H. W. Community ecology and predator-prey relationships in a warmwater streams. 171 – 180. IN: CLEPPER, H. (ed.). **Predator prey systems in fisheries management**. Sport Fishing Institute, Washington. 1979.
- MOYLE, P. B.; SENANAYAKE, F. R. Resource partitioning among the fishes of rainforest streams in Sri Lanka. **Journal of Zoology (London)**, 202: 195 – 223. 1984.
- MOYLE, P. B.; VONDRACEK, B. Persistence and structure of the fish assemblage of a small California stream. **Ecology**, 66: 1 -13. 1985.
- MULLER, R. JR.; PYRON, M. Fish assemblages and substrates in the Middle Wabash River, USA. **Copeia**, 1: 47 – 53. 2010.
- O'BRIEN, W. J.; SHOWALTER, J. J. Effects of current velocity and suspended debris on the drift feeding of arctic grayling. **Transactions of the American Fisheries Society**, 122: 609 – 615. 1993.
- OSTRAND, K. G.; WILDE, G. R. Seasonal and spatial variation in a prairie stream-fish assemblage. **Ecology of Freshwater Fish**, 11: 137 – 149. 2002.
- PEARSON, K. On lines and planes of closest fit to systems of points in space. **Philosophical Magazine**, Series 6, 2: 559 – 572. 1901.
- PEGG, M. A.; IRONS, K. S.; O'HARA, T. M.; McCLELLAND, M. A. Initial response of floodplain lake fish community to water-level stabilisation. **Ecology of Freshwater Fish**, 15: 40 – 47. 2006.
- PLATTS, W. S.; MAUGHAN, W. F.; MINSHALL, G. W. **Methods for evaluating stream , riparian and biotic conditions**. USDA Forest Service, General Technical Report, INT – 138. 1983. 234 p.
- RINCÓN, P. A.; LÓBON-CERVIÁ, J. Microhabitat use by stream-resident brown trout: bioenergetic consequences. **Transactions of the American Fisheries Society**, 122: 575 – 587. 1993.
- RINCÓN, P. A.; BARRANCHINA, P.; BERNAT, Y. Microhabitat use by O+ juveniles during summer in a Mediterranean river. **Archiv für Hydrobiologie**, 125: 323 – 337. 1992.
- ROSS, S. T.; BAKER, J. A.; CLARK, K. E. Microhabitat partitioning of Southeastern stream fishes: temporal and spatial predictability. 42 – 51. IN: MATTHEWS, W. J.; HEINS, D. C. (eds.), **Community and Evolutionary Ecology of North American stream fishes**. University of Oklahoma Press, Norman. 1987.
- SHIRVELL, C. S.; DUNGEY, R. G. Micro-habitats chosen by brown trout for feeding and spawning in rivers. **Transactions of the American**

- Fisheries Society**, 112: 355 – 367. 1983.
- SILVA, E. F.; MELO, C. E.; VÊNERE, P. C. Fatores que influenciam a comunidade de peixes em dois ambientes no baixo Rio da Mortes, Planície do Bananal, Mato Grosso, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, 24 (2): 482 – 492. 2007.
- SMITH, J. J.; LI, H. W. Energetic factors influencing foraging tactics of juvenile steelhead trout, *Salmo gairdneri*. 173 – 180. IN: NOAKES, D. L. G.; LINDQVIST, D. G.; HELFMAN, G. S.; WARD, J. A. (eds). **Predators and prey in fishes**. Dr. W. Junk, The Hague. 1983.
- TEJERINA-GARRO, F. L.; FORTINI, R.; RODRIGUEZ, M. A. Fish community structure in relation to environmental variation in floodplain lakes of the Araguaia river, Amazon Basin. **Environmental Biology of Fishes**, 51: 399-410. 1998.
- TER BRAAK, C. J. F. Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct analysis. **Ecology**, 67: 1167 – 1179. 1986.
- THOMPSON, A. R.; PETTY, J. T.; GROSSMAN, G. D. Multi-scale effects of resource patchiness on foraging behaviour and habitat use by longnose dace, *Rhinichthys cataractae*. **Freshwater Biology**, 46: 145–160. 2001.
- THUILLER, W. BIOMOD – optimizing predictions of species distributions and projecting potential future shifts under global change. **Global Change Biology**, 9: 1353–1362. 2003.
- VANNOTE, R. L.; MINSHALL, G. W.; CUMMINS, K. W.; SEDELL, J. R.; CUSHING, C. E. The River Continuum Concept. **Canadian Journal Fisheries Aquatic Science**, 37: 130 – 137. 1980.
- VINYARD, G. L.; O'BRIEN, W. J. Effects of light and turbidity and the reactive distance of bluegill (*Lepomis macrochirus*). **Journal of the Fisheries Research Board of Canada**, 33: 2845 – 2849. 1976.
- VONDRACEK, B.; LONGANECKER, D. R. Habitat selection by rainbow trout *Onchorhynchus mykiss* in a California stream: implications for the Instream Flow Incremental Methodology. **Ecology of Freshwater Fishes**, 2: 173 – 186. 1993.
- WIENS, J. A. On competition and variable environments. **American Scientist**, 65: 590 – 597. 1977.
- ZARET, T. M.; RAND, A. S. Competition in tropical stream fishes: support for the competitive exclusion principle. **Ecology**, 52: 336 – 342. 1971.

Artigo recebido em 17 de janeiro de 2011.

Aceito em 17 de março de 2011.