

Influência de processos locais e regionais nas assembléias de peixes em reservatórios do Estado do Paraná, Brasil

Elaine Antoniassi Luiz^{*}, Luiz Carlos Gomes, Angelo Antonio Agostinho e Cintia Karen Bulla

Departamento de Biologia/Nupélia, Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais, Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo, 5790, 87020-900, Maringá, Paraná, Brasil. *Author for correspondence. e-mail: elaine@nupelia.uem.br

RESUMO. O objetivo deste estudo foi identificar os principais processos (locais e/ou regionais) que influenciam a composição e a estrutura das assembléias de peixes em reservatórios do Estado do Paraná. Foram amostrados seis reservatórios (Capivari, Guaricana, Alagados, Fiú, Mourão e Rio dos Patos). As coletas foram trimestrais (de julho/95 a fevereiro/97 e de março/98 a fevereiro/99), com uso de redes de espera simples e tresmalhos, de diferentes malhagens, expostas por 24 horas. Todos os exemplares foram identificados, medidos, pesados e a abundância das espécies foi expressa pela captura por unidade de esforço (CPUE), dada em número (nº ind./ 1000m² de rede* 24h). Variáveis abióticas (processos locais) também foram medidas no momento de coleta. A análise de correspondência com remoção do efeito do arco (DCA) e a análise de componentes principais (PCA) foram utilizadas para sumarizar os dados de abundância e abióticos, respectivamente. Os escores dos eixos dessas análises foram utilizados para avaliar a relação entre os fatores abióticos (locais e regionais) e a estrutura das assembléias de peixes. Os processos regionais parecem ser os principais responsáveis pela composição e, conseqüentemente, pela estrutura das assembléias de peixes nos reservatórios.

Palavras-chave: processos locais e regionais, assembléias de peixes, reservatórios, Estado do Paraná, Brasil.

ABSTRACT. Influence of local and regional processes on fish Assemblager in reservoirs of Paraná State, Brazil. The aim of this study was to identify the main processes (local and/or regional) that influence in the composition and structure of fish assemblages in reservoirs located in the state of Paraná. Six reservoirs were sampled (Capivari, Guaricana, Alagados, Fiú, Mourão and Rio dos Patos). The samples were quarterly taken from July/95 to February/97 and March/98 to February/99 using gillnets and trammel nets of different mesh sizes set for 24 hours. The abundance was indexed by the catch per effort in number (No. ind./ 1000m² net* 24 hs). All fishes collected were identified, measured and weighted. Some abiotic variables (local process) were measured during the samples. The detrended correspondence analysis (DCA) and the principal components analysis (PCA) were applied to summarize abundance data and abiotic variables, respectively. The scores of the axis retained for interpretation in both analyses were used to assess the relation between abiotic variables (local and regional) and fish assemblage structure. The regional processes appeared to exert strong influence on the composition and, consequently, on the structure in the reservoirs of fish assemblage.

Key words: local and regional processes, fish assemblager, reservoirs, Paraná State, Brazil

Introdução

As assembléias de peixes de reservatórios são resultado de um processo de reestruturação das populações de peixes que originalmente ocupavam os rios (Fernando e Holčík, 1991), com alterações na composição e na abundância de espécies. O nível do impacto dos represamentos sobre a fauna íctica é

grandemente influenciado pelas características locais da biota e do próprio reservatório (Agostinho *et al.*, 1999). Esses impactos podem ser deletérios em pequenos cursos d'água, podendo ocasionar a extinção local ou regional de espécies, e, se endêmicas, a extinção total de algumas. Cada região zoogeográfica possui uma ictiofauna distinta, resultado da evolução e do isolamento por um longo

período de tempo. Além disso, a fauna de peixes de reservatórios, que raramente são descritas e avaliadas antes do barramento, ainda está sujeita a outras ações antropogênicas impactantes, em escala local e regional, como, por exemplo, pecuária extensiva, agricultura com o emprego de produtos químicos, precariedade das práticas de conservação do solo (ocasionando assoreamento), desmatamento, introduções de espécies exóticas e pesca desordenada.

Neste trabalho, foram explorados os principais fatores que influenciam a composição e a estrutura das assembleias de peixes em seis pequenos reservatórios do Estado do Paraná. Especificamente, é formulada a seguinte questão: quais os processos (locais e/ou regionais) que mais influenciam a composição e a estrutura das assembleias de peixes?

Material e métodos

Os reservatórios

Neste estudo, foram amostrados seis reservatórios hidrelétricos do Estado do Paraná, com mais de 30 anos, localizados em diferentes bacias (Figura 1). As regiões onde estão os reservatórios sofrem diferentes fontes e intensidades de impactos. Na região do reservatório de Capivari (município de Campina Grande do Sul; rio Capivari), as principais ações antropogênicas impactantes são a pecuária e o desmatamento; no de Mourão (Campo Mourão; rio Mourão), a agricultura e a cana de açúcar; no de Alagados (Ponta Grossa; rio Pitangui), a ocupação urbana desordenada; no de Fiú (Tamarana; rio Apucarantina), a agropecuária; em Guaricana (São José dos Pinhais; rio Arraial), as atividades agrossilvopastoris e o desmatamento; e no do Rio dos Patos (Prudentópolis; Rio dos Patos), a agropecuária, as atividades agrossilvopastoris e o desmatamento (Figura 1). A introdução de espécies exóticas é um problema comum a esses reservatórios.

O clima na região dos reservatórios é ligeiramente diferente. No de Mourão e Fiú, o verão é quente, com geadas pouco frequentes e estação seca pouco definida. Na região dos reservatórios de Rio dos Patos, Alagados, Capivari e Guaricana, o verão é fresco, com geadas severas e sem estação seca. Esses reservatórios estão distribuídos em diferentes regiões geográficas do Estado do Paraná. Assim, Capivari e Guaricana estão localizados no 1º. planalto; Alagados e Rio dos Patos, no 2º. planalto, Mourão e Fiú situam-se no 3º. planalto. Esses planaltos começaram a ser esculpidos após a fragmentação da superfície Sul Americana, há cerca de 40 milhões de anos (Maack, 1981).

Coletas de dados

As coletas de peixes foram realizadas de julho/95 a fevereiro/97 e de março/98 a agosto/99, em intervalos trimestrais, no corpo principal dos reservatórios, com a utilização de 14 redes de espera, sendo 11 do tipo simples (malhagens variando de 2,4 a 16,0 cm, medidos entre nós opostos) e 3 do tipo tresmalhos ("feiticeira", malhas internas de 6,0; 7,0 e 8,0 cm), expostas por 24 horas. Após as despescas, todos os exemplares capturados foram fixados em formaldeído (10%) e identificados ao menor nível taxonômico possível, os lotes de exemplares-testemunha de cada espécie estão depositados na coleção ictiológica do Nupélia (Núcleo de Pesquisa em Limnologia, Ictiologia e Aqüicultura - Universidade Estadual de Maringá). Para fins de análise, a abundância das espécies foi expressa como captura por unidade de esforço (CPUE) em número (número de indivíduos por 1000 m² de rede em 24 h). Algumas variáveis foram medidas no momento da coleta: temperatura do ar e da água (°C), oxigênio dissolvido (método de Winkler; em mg/L), pH (pHmetro, Cole-Palmer), profundidade de Secchi (disco de Secchi; em cm), condutividade elétrica (condutivímetro digital - FEMTO, em µS/cm) e nebulosidade (em %).

Análise de dados

Para estabelecer a relação da estrutura e da composição das assembleias de peixes com os fatores abióticos (aqui considerados como processos locais), os dados foram analisados utilizando técnicas multivariadas. Para sumarizar os dados da estrutura e composição da assembleia, foi utilizada a análise de correspondência com remoção do efeito do arco (DCA; Gauch Jr., 1986; Jongman *et al.*, 1995). Essa análise foi realizada com a CPUE de 50 espécies coletadas nos diferentes meses. Os cálculos foram efetuados através do programa PC-ORD (McCune e Mefford, 1997). As variáveis abióticas disponíveis foram sumarizadas utilizando a análise de componentes principais (PCA; Gauch Jr., 1986), e os eixos retidos para interpretação foram aqueles que apresentaram autovalores maiores que os obtidos pelo modelo aleatório de "broken stick" (Jackson, 1993).

Para verificar se o posicionamento dos reservatórios diferiu na ordenação (que utilizou os fatores abióticos), foi aplicada a análise de variância (Anova unifatorial) sobre os escores dos eixos retidos para interpretação, utilizando os reservatórios como fator. Os pressupostos de normalidade (teste de Shapiro-Wilk) e de homocedasticidade (teste de Levene) foram calculados e testados. O teste *a posteriori* de Tukey foi aplicado quando a Anova foi

significativa, para identificar quais os reservatórios que apresentaram médias de escores diferentes. Entretanto, para determinar quais fatores estariam influenciando a estrutura das assembléias de peixes dos pequenos reservatórios, foram feitas correlações entre os escores dos eixos da PCA e DCA retidos para interpretação. Correlações significativas indicam efeito de processos locais sobre a estrutura e a composição das assembléias.

Para explorar o efeito das diferentes posições geográficas (processos regionais) dos reservatórios, foi aplicada outra análise de variância (Anova unifatorial) sobre os escores dos eixos da DCA retidos para interpretação e a riqueza de espécies, categorizando-os de acordo com a localização (primeiro, segundo ou terceiro planaltos), usada como fator.

Resultados

Relação e ocorrência das espécies nos reservatórios

Durante o período de coletas, nos seis reservatórios estudados, foram capturados 44.047 indivíduos, pertencentes a 50 espécies de peixes de 5 ordens e 13 famílias (Tabela 1). As ordens registradas nos reservatórios foram: Characiformes (21 espécies), Siluriformes (18 espécies), Perciformes (7 espécies), Cypriniformes (3 espécies) e Gymnotiformes (1 espécie). As famílias mais comuns foram: Characidae (16 espécies), Loricariidae (10 espécies) e Cichlidae (6 espécies). Foram capturadas 9 espécies exóticas: *Ctenopharyngodon idella* (carpa-capim), *Cyprinus carpio* (carpa-comum), *Hypophthalmichthys nobilis* (carpa-cabeçuda), *Hoplias lacerdae* (trairão), *Ictalurus punctatus*

(bagre-americano), *Clarias gariepinus* (bagre-africano), *Micropterus salmoides* ("black-bass"), *Oreochromis niloticus* (tilápia-do-Nilo) e *Tilapia rendalli* (tilápia). Cabe ressaltar que, no geral, as espécies introduzidas tiveram baixa CPUE em todos os reservatórios.

Espécies dominantes e exclusivas

O reservatório de Alagados apresentou dominância de *Astyanax scabripinnis paranae* (Tabela 1) contribuindo com cerca de 86% do total capturado; e a segunda espécie, *Geophagus brasiliensis*, somente com 8%. Já no reservatório de Mourão, *Astyanax altiparanae* (53%) e *Oligosarcus paranensis* (35%) foram dominantes. *Oligosarcus paranensis* (40%) e *Astyanax altiparanae* (25%) também foram dominantes no reservatório de Fiú. No reservatório do Rio dos Patos, duas espécies predominaram: *Astyanax* sp. I (56%) e *Astyanax altiparanae* (19%). As espécies *Deuterodon* sp. A (61%) e *Geophagus brasiliensis* (22%) foram dominantes no reservatório de Capivari. Entre as espécies mais abundantes do reservatório de Guaricana, *Deuterodon* sp. B foi a dominante (61%), seguida por *Geophagus brasiliensis* (19%). Das 50 espécies estudadas, 29 tiveram ocorrência restrita. Capivari foi o reservatório que mais apresentou espécies exclusivas (9), sendo duas introduzidas; seguido do reservatório de Fiú, com 7 espécies. Em Mourão, foram capturadas quatro, sendo uma introduzida. Guaricana e Rio dos Patos tiveram 5 e 3 espécies exclusivas, respectivamente, já Alagados apresentou apenas uma espécie exclusiva (*Astyanax scabripinnis paranae*).

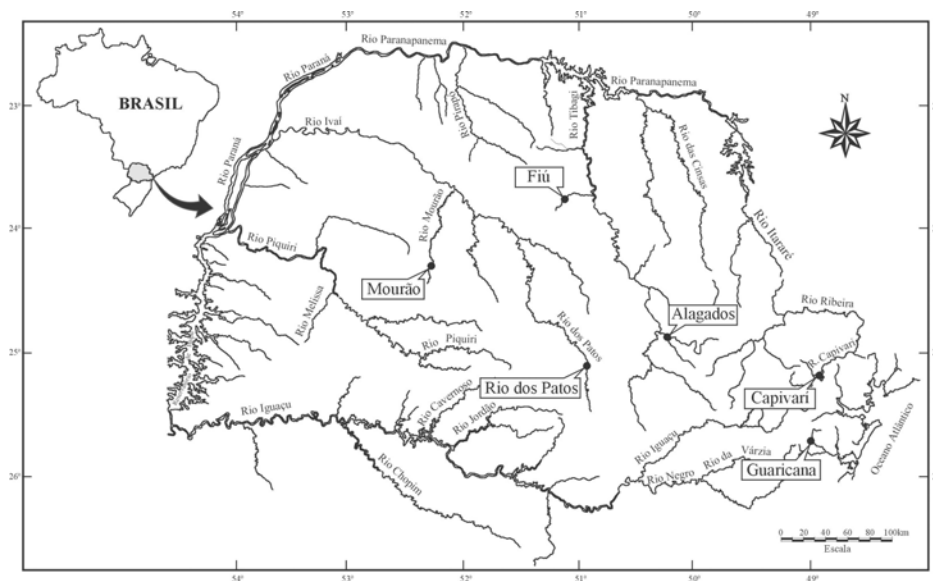


Figura 1. Mapa das bacias hidrográficas do Estado do Paraná com a localização dos reservatórios estudados

Tabela 1. Espécies registradas nos reservatórios estudados (I = espécie introduzida na bacia; + + + + muito abundante, + + + abundante, + + moderada e + rara; em negrito, espécies dominantes ou exclusivas de cada reservatório). O enquadramento taxonômico das espécies foi baseado na classificação proposta por Eschmeyer (1990) e Britski et al. (1999)

| Espécies/Ambientes | Código das espécies | Capivari | Guaricana | Alagados | Fiú | Mourão | Rio dos Patos |
|---|---------------------|----------|-----------|----------|------|--------|---------------|
| Osteichthyes | | | | | | | |
| Cypriniformes | | | | | | | |
| Cyprinidae | | | | | | | |
| I <i>Ctenopharyngodon idella</i> | 1 | | | | + | | + |
| I <i>Cyprinus carpio</i> | 2 | + | + | | ++ | + | + |
| I <i>Hypophthalmichthys nobilis</i> | 3 | + | | | | | |
| Characiformes | | | | | | | |
| Prochilodontidae | | | | | | | |
| <i>Prochilodus lineatus</i> | 4 | | | | + | + | |
| Anostomidae | | | | | | | |
| <i>Leporinus obtusidens</i> | 5 | | | | + | + | |
| <i>Leporinus sp.</i> | 6 | | | | | + | |
| Erythrinidae | | | | | | | |
| <i>Hoplias aff. malabaricus</i> | 7 | ++ | ++ | ++ | ++ | ++ | + |
| I <i>Hoplias lacerdae</i> | 8 | | | | | ++ | |
| Characidae | | | | | | | |
| <i>Astyanax altiparanae</i> | 9 | | | + | ++++ | ++++ | +++ |
| <i>Astyanax bimaculatus</i> | 10 | + | | | | | |
| <i>Astyanax eigenmanniorum</i> | 11 | | | | +++ | | |
| <i>Astyanax janeiroensis</i> | 12 | ++ | +++ | | | | |
| <i>Astyanax scabripinnis paranae</i> | 13 | | | ++++ | | | |
| <i>Astyanax scabripinnis</i> | 14 | | | | ++ | +++ | |
| <i>Astyanax sp. A</i> | 15 | | | | | + | |
| <i>Astyanax sp. D</i> | 16 | | + | | | | |
| <i>Astyanax sp. I</i> | 17 | | | | | | ++++ |
| <i>Astyanax sp. K</i> | 18 | ++ | | | | | |
| <i>Bryconamericus iheringi</i> | 19 | | | | ++ | | |
| <i>Deuterodon sp. A</i> | 20 | ++++ | | | | | |
| <i>Deuterodon sp. B</i> | 21 | | ++++ | | | | |
| <i>Deuterodon sp. C</i> | 22 | | + | | | | |
| <i>Piaractus mesopotamicus</i> | 23 | | | | + | + | |
| <i>Oligosarcus paranensis</i> | 24 | ++ | | | ++++ | ++++ | ++ |
| Siluriformes | | | | | | | |
| Ictaluridae | | | | | | | |
| I <i>Ictalurus punctatus</i> | 25 | + | + | | | | + |
| Clariidae | | | | | | | |
| I <i>Clarias gariepinus</i> | 26 | + | | | | | |
| Pimelodidae | | | | | | | |
| <i>Pimelodella cf. pappenheimi</i> | 27 | | ++ | | | | |
| <i>Rhamdia quelen</i> | 28 | ++ | ++ | + | ++ | ++ | ++ |
| Callichthyidae | | | | | | | |
| <i>Callichthys callichthys</i> | 29 | + | | | | | |
| <i>Corydoras paleatus</i> | 30 | + | | | | | |
| <i>Corydoras sp.</i> | 31 | ++ | | ++ | | | ++ |
| <i>Hoplosternum littorale</i> | 32 | | | | + | | |
| Loricariidae | | | | | | | |
| <i>Hemipsilichthys cf. cameroni</i> | 33 | | + | | | | |
| <i>Hypostomus albopunctatus</i> | 34 | | | | + | | |
| <i>Hypostomus ancistroides</i> | 35 | | | | ++ | + | |
| <i>Hypostomus cf. aspilogaster</i> | 36 | | | | | | +++ |
| <i>Hypostomus commersonii</i> | 37 | ++ | | | | + | |
| <i>Hypostomus aff. derbyi</i> | 38 | ++ | | | | | |
| <i>Hypostomus aff. myersi</i> | 39 | | | | + | | |
| <i>Hypostomus regani</i> | 40 | | | | + | | |
| <i>Rineloricaria cf. pentamaculata</i> | 41 | | | | | | + |
| <i>Rineloricaria sp.</i> | 42 | + | | | | | |
| Gymnotiformes | | | | | | | |
| Gymnotidae | | | | | | | |
| <i>Gymnotus cf. sylvius</i> | 43 | + | | + | ++ | ++ | |
| Perciformes | | | | | | | |
| Centrarchidae | | | | | | | |
| I <i>Micropterus salmoides</i> | 44 | + | + | | | + | |
| Cichlidae | | | | | | | |
| <i>Cichlasoma sp.</i> | 45 | + | | | ++ | | |
| <i>Crenicichla britskii</i> | 46 | | | | | ++ | |
| <i>Crenicichla haroldoi</i> | 47 | | | | ++ | | |
| <i>Geophagus brasiliensis</i> | 48 | +++ | +++ | ++ | | + | ++ |
| I <i>Oreochromis niloticus</i> | 49 | ++ | | | + | + | |
| I <i>Tilapia rendalli</i> | 50 | ++ | + | + | ++ | ++ | |

Estrutura das assembléias

O eixo 1 da DCA apresentou autovalor de 0,75, enquanto o eixo 2 apresentou autovalor de 0,21, sendo que esses eixos foram retidos para interpretação, como recomendado por Matthews (1998) (abaixo de 0,20, as respostas aos gradientes são lineares). Os reservatórios foram claramente separados em relação ao eixo 1 (Figura 2a) e o eixo 2 separou os reservatórios de Mourão dos demais. A distinta separação dos reservatórios parece ser decorrente da especificidade das assembléias de peixes neles encontradas (Figura 2b); assim, todos os reservatórios apresentaram espécies características (ver Tabela 1).

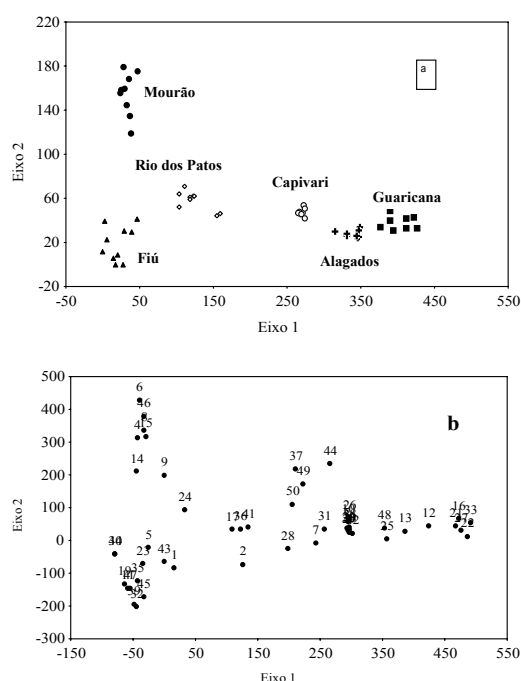


Figura 2. Ordenação resultante da Análise de Correspondência com remoção do arco (a, b), envolvendo os dados da CPUE (ind./1000 m² de rede por 24h) das comunidades de peixes dos reservatórios estudados (códigos das espécies, ver Tabela 1)

Na PCA, que sumarizou os dados abióticos (Tabela 2), somente os CP1 e CP2 apresentaram autovalores (2,60 e 1,94) maiores que aqueles do modelo de “broken stick” (2,59 e 1,59, para os CP1 e CP2, respectivamente) e, portanto, foram retidos para interpretação. O CP1 explicou 37% da variabilidade dos dados, enquanto o CP2 explicou 28%.

As principais variáveis que contribuíram para a formação do CP1 foram a temperatura do ar e da água, com correlações positivas, e o oxigênio

dissolvido, com correlação negativa. Para o CP2, as variáveis mais correlacionadas foram condutividade, pH, e profundidade de Secchi, todas negativamente (Figura 3a). Devido ao elevado número de coletas ao longo do período e à grande variabilidade temporal dos dados abióticos, torna-se difícil interpretar a ordenação (Figura 3b).

Tabela 2. Valores médios das variáveis abióticas dos reservatórios estudados

| | Reservatórios | | | | | |
|-----------------------------|---------------|-----------|----------|------|--------|---------------|
| | Capivari | Guaricana | Alagados | Fiú | Mourão | Rio dos Patos |
| Temperatura do ar (°C) | 18 | 17 | 17 | 20 | 21 | 17 |
| Temperatura da água (°C) | 20 | 17 | 19 | 20 | 22 | 18 |
| Profundidade de Secchi (cm) | 1,61 | 1,01 | 0,62 | 0,57 | 1,07 | 0,29 |
| Oxigênio dissolvido (mg/l) | 6,4 | 7,5 | 5,4 | 6,7 | 5,7 | 7,9 |
| pH | 7,6 | 7,0 | 7,0 | 7,1 | 6,9 | 7,0 |
| Condutividade (μS/cm) | 60,2 | 23,7 | 40,0 | 29,8 | 23,9 | 31,6 |
| Nebulosidade (%) | 58 | 52 | 61 | 51 | 43 | 53 |

Para o CP1, a análise de variância foi significativa ($F=3,73$; $p=0,006$), indicando diferenças entre os escores dos reservatórios. O teste de Tukey evidenciou que as diferenças foram entre o reservatório de Mourão e os reservatórios de Guaricana e do Rio dos Patos (Figura 3b). O reservatório de Mourão está localizado em uma região mais quente que a região dos reservatórios de Guaricana e Rio dos Patos (ver Tabela 2). A análise de variância também foi significativa para o CP2 ($F=18,06$; $p<0,0001$). Para esse CP, o reservatório de Capivari (média dos escores = -2,62) diferiu dos demais reservatórios (teste de Tukey; $p<0,001$) e apresentou os maiores valores de profundidade de Secchi, pH e condutividade (Tabela 2), devido à sua morfometria dendrítica e encaixada e às suas características geoquímicas, que dão a esse reservatório aspectos de um ambiente oligotrófico.

Aparentemente, existe uma influência dos fatores locais (variáveis abióticas) sobre a estruturação das assembléias, pois o eixo 1 da DCA foi significativamente correlacionado com o CP2 da análise dos dados abióticos ($r=-0,30$; $p=0,03$).

Porém as variáveis CP2, riqueza de espécies, bem como os eixos da DCA (correlacionados com as variáveis anteriormente citadas) tiveram fortes influências regionais (quando comparados os três planaltos). Assim, a posição geográfica diferiu quanto à riqueza de espécies (Anova unifatorial; $F=23,34$; $p<0,0001$), ao eixo 1 da DCA (Anova unifatorial; $F=75,62$; $p<0,0001$) e ao eixo 2 da DCA (Anova unifatorial; $F=5,54$; $p=0,007$), revelando uma forte influência de fatores regionais sobre a riqueza e a estrutura das assembléias (representada pelas diferenças nos eixos da DCA).

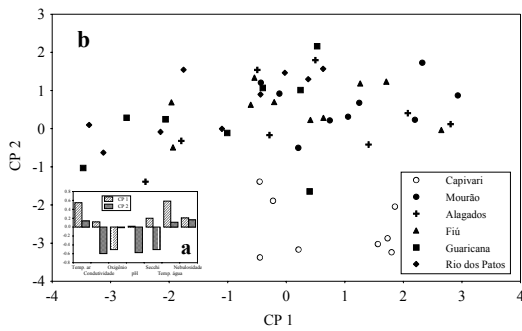


Figura 3. Ordenação resultante da Análise de Componentes Principais (eixo 1 e eixo 2), (a) que sumarizou os dados das condições climáticas e limnológicas (b) para os reservatórios estudados

Discussão

A dominância em cada reservatório foi decorrente da elevada abundância de duas espécies (mais 60% do total capturado), sendo a maioria Characiformes. Esse padrão de dominância não é comum para reservatórios maiores (Agostinho *et al.*, 1995). Characiformes também foram dominantes em outros reservatórios situados na bacia do rio Paraná (Castro e Arcifa, 1987; Cesp, 1996), no reservatório de Tucuruí no rio Tocantins (Leite, 1993) e Curuá-Una, localizado na Amazônia central (Vieira, 1982).

O número de espécies exclusivas para os reservatórios amostrados foi elevado. Assim, das 50 espécies estudadas, 29 delas tiveram ocorrência restrita. Além disso, 29 espécies (cerca de 57%) são de pequeno porte. Vários fatores podem influenciar a estrutura, a composição, a distribuição e o funcionamento das assembléias ecológicas em novos ambientes, tais como a produção primária, a organização de *habitats*, a limitação de recursos, as interações entre as espécies, o clima, a morfometria e os fatores zoogeográficos (Taylor *et al.*, 1996; Matthews, 1998), resultando em uma ictiofauna ecologicamente distinta para cada lago ou reservatório (Moyle e Cech Jr., 1988).

Os valores da riqueza desses pequenos reservatórios, quando comparados com outros reservatórios da região sul e sudeste, são desproporcionalmente menores, porém, dentro da variação (4 a 116) apresentada por Araújo-Lima *et al.* (1995), que revisaram a riqueza de espécies em diversos reservatórios do Brasil. O fato de serem antigos (mais de 30 anos de idade) e terem sido construídos em rios de pequena ordem (naturalmente com baixa riqueza), com pequenas áreas de drenagem e, muitas vezes, posicionados

superiormente na bacia, pode explicar a baixa riqueza nesses pequenos reservatórios (Lowe-McConnell, 1975; Castro e Arcifa, 1987; Agostinho *et al.*, 1999). Alguns levantamentos ictiofaunísticos realizados em reservatórios do Brasil, incluindo a bacia do rio Paraná, demonstraram uma gradativa diminuição na riqueza e na diversidade de peixes ao longo do tempo, depois da formação do reservatório (Vieira, 1982; Agostinho, 1992; Agostinho *et al.*, 1999; Benedito-Cecílio *et al.*, 1997). Isso pode ser decorrente do efeito deletério exercido pelos reservatórios sobre as comunidades de peixes fluviais (Smith *et al.*, 1993). Esse fator somado à idade dos pequenos reservatórios, aos procedimentos operacionais da barragem, à pesca desordenada e a outras ações antropogênicas podem ajudar a explicar a baixa riqueza e diversidade. É bom ressaltar que a riqueza de espécies pode estar associada com o número de amostras (esforço) e área do reservatório (Araújo-Lima *et al.*, 1995), exigindo cautela na comparação com outros reservatórios.

Os processos locais (características limnológicas e estruturais do habitat e interações intra e interespecíficas) têm sido apontados como os principais responsáveis pela estruturação das comunidades de peixes presentes nos diferentes tipos de ambientes (ou habitats) de um mesmo ecossistema ou região biogeográfica, inclusive em reservatórios (Agostinho *et al.*, 1997). Porém a determinação de qual variável é importante no processo de estruturação é dificultado devido à alta correlação entre as variáveis (Matthews *et al.*, 1992), como observado nesse estudo (as variáveis que determinaram o CP2 foram a condutividade, o pH e a profundidade de Secchi, que foram altamente correlacionadas). Esses dados sugerem que existem diferenças entre as variáveis abióticas nos reservatórios, e parece evidente que essas diferenças (apesar de discretas) são decorrentes da posição geográfica dos mesmos (Anova significante quando aplicada ao CP2). Esteves (1998) adverte que, para lagos tropicais, algumas variáveis abióticas estão mais relacionadas com as características geoquímicas e climáticas da região onde se localizam que com os seus estados tróficos. Essa hipótese parece ser verdadeira para os pequenos reservatórios do Estado do Paraná.

Extensões de terra seca constituem barreiras intransponíveis para a dispersão da ictiofauna. Outras barreiras existentes dentro do próprio ecossistema aquático, como quedas de água, podem determinar diferentes composições das assembléias de peixes dentro de um mesmo rio. Porém, de maneira geral, é esperado que áreas geograficamente

mais próximas, numa mesma região, tenham ictiofauna mais similar do que áreas mais distantes (Matthews, 1998).

Numa perspectiva da ecologia de peixes, as regiões zoogeográficas estabelecidas continuam sendo usadas como um separador de primeira ordem para número ou espécies de peixes que são esperados em uma assembléia local. Então, para se conhecer a fauna regional de peixes tem que se conhecer a bacia de drenagem. Cada lago ou sistema de rio tende a ter sua própria fauna de peixes com uma substancial participação de espécies endêmicas. Dentre os reservatórios estudados, Capivari, Guaricana e Alagados apresentaram faunas de peixes mais distintas, com maior presença de espécies ainda não descritas (ver Tabela 1 e Figura 4), sendo que os dois primeiros são pertencentes à bacia atlântica. Em geral, bacias costeiras têm diferenças substanciais na composição ictiofaunística (Moyle e Cech Jr., 1988; Matthews, 1998). Para os demais (Fiú, Mourão e Rio dos Patos), a composição ictiofaunística, de certo modo, é semelhante (os dois últimos pertencentes à sub-bacia do rio Ivaí), destacando-se as espécies introduzidas. Essa diferença na riqueza de espécies em nível regional está claramente relacionada ao grau de conectividade ou isolamento das regiões.

É evidente que os processos locais (abióticos) são importantes, como evidenciado por vários estudos (Matthews *et al.*, 1992; Agostinho *et al.*, 1997; Matthews, 1998); porém os processos regionais (diferentes bacias e presença de barreiras naturais) parecem ser os principais responsáveis pela composição e, conseqüentemente, pela estrutura das assembléias de peixes nos pequenos reservatórios estudados (Figura 4).

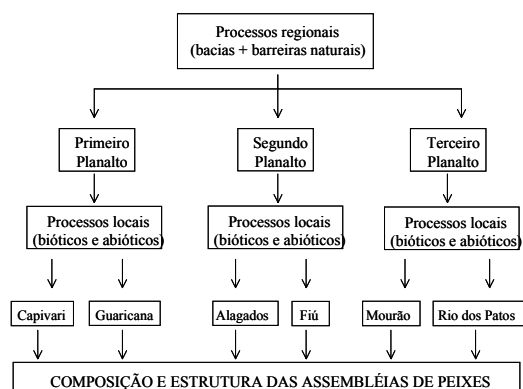


Figura 4. Modelo conceitual representando os processos que determinam a composição e a estrutura das assembléias de peixes dos pequenos reservatórios estudados (setas horizontais indicam que os processos locais podem ser os mesmos) (adaptado de Matthews, 1998)

Os resultados obtidos neste trabalho têm implicações no manejo (quer para conservação ou para a pesca) desses pequenos reservatórios. Qualquer ação deverá levar em consideração o conceito de bacia hidrográfica (Agostinho e Gomes, submetido), uma vez que a composição das assembléias de peixes parece ser resultado, primariamente, de processos regionais.

Agradecimentos

Os autores são gratos à UEM-PEA-Nupélia e à Copel pelo apoio logístico e pela infra-estrutura e à Capes pelo auxílio financeiro. À Maria Salete R. Arita pela assistência bibliográfica e a Jaime Luiz L. Pereira pela confecção do mapa.

Referências

AGOSTINHO, A.A. Manejo de recursos pesqueiros em reservatórios. In: AGOSTINHO, A.A.; BENEDITO-CECÍLIO, E. (Ed.). *Situação atual e perspectivas da ictiologia no Brasil*. Documentos do IX Encontro Brasileiro de Ictiologia. Maringá: Eduem. 1992. cap.12, p. 106-121.

AGOSTINHO, A.A. *et al.* Itaipu Reservoir (Brazil): impacts of impoundment on the fish fauna and fisheries. In: COWX, I.G. (Ed.). *Rehabilitation of freshwater fisheries*. Oxford: Fishing News Books, 1994, Cap. 16, p. 171-184.

AGOSTINHO, A.A. *et al.* The high Paraná river basin: limnological and ichthyological aspects. In: TUNDISI, J.G. *et al.* (Ed.). *Limnology in Brazil*. Rio de Janeiro-RJ, 1995. p. 59-104.

AGOSTINHO, A.A. *et al.* Ecologia de comunidades de peixes da área de influência do reservatório de Segredo. In: AGOSTINHO, A.A.; GOMES, L.C. (Ed.). *Reservatório de Segredo: bases ecológicas para o manejo*. Maringá: Eduem, 1997. cap. 6, p. 97-111.

AGOSTINHO, A.A. *et al.* Patterns of colonization in neotropical reservoirs, and prognoses on aging. In: TUNDISI, J.G.; STRASKRABA, M. (Ed.). *Theoretical Reservoir Ecology and its Applications*. São Carlos: IIE; AH Leiden, Dordrecht: Backhuys Publishers, 1999. p. 227-265.

AGOSTINHO, A.A.; GOMES, L.C. Situação atual e perspectiva para o manejo da pesca em reservatórios brasileiros no século XXI. *Fishery management in Brazilian reservoirs: perspectives for the XXI Century*. *Interciência*, Caracas, (submitted).

ARAUJO-LIMA, C.A.R.M. *et al.* Trophic aspects of fish communities in brazilian rivers and reservoirs. In: TUNDISI, J.G. *et al.* (Ed.). *Limnology in Brazil*. Rio de Janeiro: ABC/SBL. 1995. p. 105-136.

BENEDITO-CECÍLIO, E. *et al.* Colonização ictiofaunística do reservatório de Itaipu e áreas adjacentes. *Rev. Bras. Zool.*, Curitiba, v.14, n. 1, p. 1-14, 1997.

BRITSKI, H.A. *et al.* *Peixes do Pantanal: manual de identificação*. Brasília: Embrapa, 1999.

- CASTRO, R.M.C.; ARCIFA, M.S. Comunidades de peixes de reservatórios no sul do Brasil. *Rev. Bras. Biol.*, Rio de Janeiro, v. 47, n. 4, p. 493-500, 1987.
- CESP. Aspectos Limnológicos, Ictiológicos e Pesqueiros de Reservatórios da Cesp no período de 1986 a 1994. São Paulo: Cesp, 1996.
- ESCHMEYER, W.N. *Catalog of the genera of recent fishes*. San Francisco: California Academy of Sciences, 1990.
- ESTEVES, F. A. *Fundamentos de Limnologia*. 2.ed. Rio de Janeiro: Interciência/Finep, 1998.
- FERNANDO, C.H.; HOLČÍK, J. Fish in reservoirs. *Int. Rev. Ges. Hydrobiol.*, Stuttgart, v. 76, n. 2, p. 149-167, 1991.
- GAUCH Jr., H.G. *Multivariate analysis in community ecology*. Cambridge: Cambridge University Press, 1982 (reprinted 1986). 1986.
- JACKSON, D. A. Stopping rules in principal component analyses: a comparison of heuristic and statistical approaches. *Ecology*, Washington, DC. v. 74, p. 2204 - 2214. 1993.
- JONGMAN, R. H. G. *et al. Data analysis in community and landscape ecology*. Cambridge: Cambridge University Press, 1995.
- LEITE, R.A.N. *Efeitos da Usina Hidrelétrica de Tucuruí sobre a composição da ictiofauna das pescarias experimentais de malhadeiras realizadas no baixo rio Tocantins (Pará)*. 1993. Dissertação (Mestrado) - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - Fundação Universidade do Amazonas, Manaus, 1993.
- LOWE-McCONNELL, R.H. *Fish communities in tropical freshwaters, distribution, ecology and evolution*. London: Longman, 1975.
- MAACK, R. *Geografia física do Estado do Paraná*. 2 ed. Rio de Janeiro: J. Olympio; Curitiba: Secretaria da Cultura e dos esportes do Governo do Estado do Paraná, 1981.
- MATTHEWS, W.J. *Patterns in freshwater fish ecology*. New York: Chapman & Hall, 1998.
- MATTHEWS, W.J. *et al.* Similarities in fish distribution and water quality patterns in streams of Arkansas: congruence of multivariate analyses. *Copeia*, Lawrence, USA, v. 2, p. 296-303, 1992.
- McCUNE, B.; MEFFORD, M.J. *PC-ORD: Multivariate analysis of ecological data*. Version 3.0. Oregon, USA: MjM Software Design, 1997.
- MOYLE, P.B.; CECH Jr., J.J. *Fishes: an introduction to Ichthyology*. 2. ed. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1988.
- SMITH, E.P. *et al.* Impact assessment using the before-after-control-impact (BACI) model: concerns and comments. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, Ottawa, v. 50, p. 627-637, 1993.
- TAYLOR, C.M. *et al.* Temporal variation in tributary and mainstream fish assemblages in a great plains stream system. *Copeia*, Lawrence, n. 2, p. 280-289, 1996.
- VIEIRA, I. *Aspectos sinecológicos da ictiofauna de Curuá-Una, represa hidrelétrica da Amazônia Brasileira*. 1982. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 1982.

Received on October 10, 2002.

Accepted on March 07, 2003.