

OECOLOGIA BRASILIENSIS

Baptista, D.F., Dorvillé, L.F.M., Buss, D.F., Nessimian, J.L. & L.H.J. Soares 1998. Distribuição de comunidades de insetos aquáticos no gradiente longitudinal de uma bacia fluvial do sudeste brasileiro. pp. 191-207. In Nessimian, J.L. & A.L. Carvalho, E. (eds). *Ecologia de Insetos Aquáticos*. Series Oecologia Brasiliensis, vol. V. PPGE-UFRJ. Rio de Janeiro, Brasil.

DISTRIBUIÇÃO DE COMUNIDADES DE INSETOS AQUÁTICOS NO GRADIENTE LONGITUDINAL DE UMA BACIA FLUVIAL DO SUDESTE BRASILEIRO

BAPTISTA, D.F., DORVILLÉ, L.F.M., BUSS, D.F., NESSIMIAN, J.L. & L.H.J. SOARES

Resumo:

A distribuição e a abundância de insetos aquáticos foram examinadas no gradiente longitudinal da Bacia do Rio Macaé, um rio costeiro de Mata Atlântica no Estado do Rio de Janeiro. Foram selecionadas seções de rios de 1ª, 2ª, 4ª, 5ª e 6ª ordens. Em cada um desses trechos efetuaram-se quatro amostras de areia, folhiço de fundo (**pool**), folhiço retido em áreas de corredeira (**riffle**) e pedra (exceto 6ª ordem), por meio de amostrador do tipo "surber". Os dados foram analisados pelas metodologias multivariadas da Análise de Correspondência (ACo) e da Análise de Agrupamento (UPGMA) usando o índice de similaridade de Morisita. Ambos os procedimentos foram aplicados a uma matriz de abundância de 100 UTOs (Unidades Taxonômicas Operacionais) em 19 amostras realizadas em abril de 1995. Foi aplicado o Teste de Mantel para a verificação de fatores ecológicos explicativos dos padrões de distribuição encontrados. As ACOs quantitativa e qualitativa, assim como as Análises de Agrupamento, indicaram uma separação da fauna do rio em dois segmentos principais: trecho superior, de 1ª à 4ª ordens, e seção inferior, agrupando 5ª e 6ª ordens. Dentre os fatores analisados para entender a estruturação das comunidades, apenas as condições biofisiográficas e a distância da fonte foram significativos para a explicação do padrão longitudinal

Palavras-chave: gradiente longitudinal, insetos aquáticos, ambiente lótico, análise multivariada.

Abstract:

"Distribution of aquatic insect communities in the longitudinal gradient of a river basin in southeastern Brazil"

The distribution and abundance of aquatic insects were studied in the longitudinal gradient of the Rio Macaé basin, a coastal river of the tropical rain forest in the State of Rio de Janeiro. River sections were selected in the 1st, 2nd, 4th, 5th and 6th orders. In each of these reaches four samples were collected by means of a surber sampler in each of the following substrates: sand, pool litter, riffle litter, and stone. The data were analysed by the multivariate methodologies of Correspondence Analysis (CoA) and Cluster Analysis (UPGMA) using the similarity index of Morisita. These procedures were applied to an abundance matrix of 100 OTUs (Operational Taxonomic Unities), in 19 samples of April 1995. The Mantel test was used to check ecological factors that could explain the distribution patterns found. The quantitative and qualitative CoAs, as well as the Cluster Analysis, showed a significant faunal disruption in the river: the upper reach, from 1st to 4th orders, and the lower reach, grouping 5th and 6th orders. Among the factors analysed in order to understand the community structure, just the biophysiological conditions and the distance from the river source were significant to explain the longitudinal pattern

Key-Words: longitudinal gradient, aquatic insects, lotic environment, multivariate analysis

Introdução

A Mata Atlântica é um dos ecossistemas mais ameaçados do mundo, apresentando apenas 10,06% de áreas florestadas contínuas, originais ou não, com densidade de cobertura superior a 90%, no Estado do Rio de Janeiro (CÂMARA, 1991). Igualmente ameaçados, e em estágio avançado de degradação, se encontram seus principais recursos hídricos.

A distribuição e a abundância de insetos aquáticos nos ecossistemas lóticos devem ser estudadas em diferentes escalas. Em pequena escala são consideradas a micro-distribuição dos organismos entre os diferentes tipos de substrato, em trechos específicos do rio. Devem ser observados ainda, os padrões de distribuição no perfil longitudinal, bem como considerar uma dimensão geográfica mais ampla, a fim de serem registrados os limites de distribuição de cada espécie. A natureza das forças que regulam a distribuição das espécies, populações e comunidades em cada uma dessas escalas é genericamente conhecida, no que se refere à influência de alguns fatores bióticos e abióticos, tais como: velocidade da correnteza; natureza e grau de particulação do substrato; disponibilidade alimentar; interação competitiva; pressão de predação etc. (TOWNSEND, 1980; MERRITT & CUMMINS, 1988). No entanto, a compreensão dos processos que regulam a estrutura da comunidade em cada uma dessas dimensões espaciais ainda é alvo de intensa discussão teórica e metodológica (VANNOTE *et al.*, 1980; STANFORD & WARD, 1983; MINSHALL & PETERSEN, 1985; STAZNER & HIGLER, 1985).

A maioria dos estudos sobre distribuição longitudinal dos organismos em rios revelam que padrões particulares dificilmente são reproduzidos integralmente em outros ecossistemas (CUSHING *et al.*, 1983; MINSHALL *et al.*, 1985). Assim sendo, os processos que organizam as comunidades de insetos aquáticos já descritos e melhor constatados para rios de clima temperado, devem ser avaliados e comparados com os detectados nos rios tropicais e subtropicais.

A estrutura e funcionamento das comunidades de insetos aquáticos em rios de Mata Atlântica no sudeste brasileiro são pouco conhecidos. Assim, há uma grande dificuldade na distinção entre padrões de comunidades causados por perturbações ambientais antropogênicas daqueles gerados por processos naturais observados naturalmente. Este fato representa um obstáculo para a implantação de propostas criteriosas de avaliação, preservação e monitoramento desses ecossistemas.

Este trabalho representa a primeira investigação detalhada da composição e estrutura, quantitativa e qualitativa, da fauna de macroinvertebrados aquáticos da bacia do rio Macaé (RJ), tendo como objetivos: 1) verificar se a fauna desta bacia pode ser dividida longitudinalmente em zonas de composição similar; 2) identificar alguns dos fatores explicativos das diferenças encontradas entre as ordens.

Área de estudo

O estudo foi realizado na bacia do Rio Macaé, situado na vertente litorânea da Serra do Mar, no Estado do Rio de Janeiro. O curso d'água principal é de tamanho médio, alcançando 143 km de extensão.

Foram selecionadas cinco estações de coleta de forma a representar a continuidade do rio, desde a região ritral superior (1ª ordem) até a seção do potamal superior (6ª ordem). Além destas, também foram amostrados trechos de 2ª, 4ª e 5ª ordens. Todas as coletas foram feitas em abril de 1995, em um período total de 72 hs. Os dois primeiros pontos de coleta se situam no rio das Flores, sendo todos os demais dispostos ao longo do Rio Macaé. Ambos apresentam fisionomia muito semelhante, caracterizando-se por: floresta em bom estado de preservação em estreita associação com o rio, que se mostra sombreado na sua maior parte; altitudes em torno de 1100m; pequeno porte do rio nesses trechos, com largura inferior a 10 m, profundidade média de 15 cm e vazão próxima de $1,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (Tabela I). Na 4ª ordem, o rio se apresenta bem mais largo e heterogêneo - formando grandes áreas de depósito intercaladas com trechos de corredeiras - não mais tão intimamente associado com a mata circundante (ainda pouco alterada). Sua largura é de 15 m, profundidade média de 26 cm e vazão próxima $10 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. A altitude deste ponto ainda é semelhante à dos anteriores.

Tabela I. Parâmetros ambientais em trechos de diferentes ordens da bacia do rio Macaé, RJ.

PARÂMETROS/ORDEN DE RIO	ORDENS DO RIO				
	1ª	2ª	4ª	5ª	6ª
Dur. Total ($\text{mg CaCO}_3 \cdot \text{l}^{-1}$)	10,0	3,0	6,0	14,0	18,0
Dur. Cálcio ($\text{mg CaCO}_3 \cdot \text{l}^{-1}$)	3,0	3,0	3,0	10,0	6,0
Dur. Magnésio ($\text{mg CaCO}_3 \cdot \text{l}^{-1}$)	7,0	0,0	3,0	4,0	12,0
Concentração de Ca ($\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$)	1,2	1,2	1,2	4,0	2,4
Concentração de Mg ($\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$)	1,7	0,0	0,7	0,9	2,9
Cloretos ($\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$)	2,3	2,3	1,4	1,4	1,4
Oxigênio Dissolvido ($\text{mg O}_2 \cdot \text{l}^{-1}$)	8,0	7,9	7,6	7,8	7,9
pH	5,9	6,1	6,2	6,5	6,5
Condutividade ($\mu\text{mho} \cdot \text{cm}^{-1}$)	13,7	10,0	12,5	50,0	75,0
Alcalinidade Total ($\text{mg CaCO}_3 \cdot \text{l}^{-1}$)	2,0	1,0	3,0	9,0	11,0
Alcalinidade Bicarbonato ($\text{mg CaCO}_3 \cdot \text{l}^{-1}$)	2,0	1,0	3,0	9,0	11,0
Concentração de HCO_3^- ($\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$)	2,4	1,2	3,7	10,9	13,4
Largura do rio (m)	1,8	7,8	15,0	18,5	49,0
Profundidade média (m)	0,17	0,13	0,26	0,46	0,41
Velocidade Média ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)	3,16	2,41	2,41	1,75	2,00
Vazão ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	0,97	2,39	9,59	14,82	40,18
Temp. da água -mín. e máx (° C).	(12-14)	(12-15)	(10-19)	(12-21)	(13-27)
Temp. do ar (° C)	19	20	23	26	27
Pulso de temperatura da água (° C)	2	3	9	9	14
Distância da fonte (Km)	3	4	6	37	68
Número de coliformes fecais	10	39	100	2900	350
Altitude (m)	1150	1140	1050	655	10

Os pontos de 5ª e 6ª ordens são muito distintos dos anteriores e também entre si, por uma série de fatores. A vegetação circundante se apresenta muito degradada pela ocupação humana e com altitudes de 655m e 10m, respectivamente. Na 5ª ordem a largura ainda é semelhante à de 4ª (18,5 m), sendo bem maior em 6ª ordem (49 m). A profundidade média nos dois trechos gira em torno de 40 cm e a vazão aumenta para cerca de $15 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ em 5ª ordem, atingindo $40 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ na 6ª ordem. No último trecho não há mais pedras, sendo o fundo formado apenas por sedimento instável de silt e areia.

Cabe ainda destacar dois outros aspectos que caracterizam as diferenças entre as áreas de coleta: o pulso de temperatura da água e o conteúdo de coliformes fecais (Tabela I). O pulso de temperatura é a diferença entre as médias máxima e mínima locais em 24 horas, e mostra-se pequeno nos dois primeiros trechos. Em 4ª e 5ª ordens passa a ser de 9°C, evidenciando a maior separação entre o rio e a mata. Em 6ª ordem esse valor chega a 14 °C devido em parte à baixa altitude, mas também em virtude da baixa profundidade decorrente do assoreamento. O conteúdo de coliformes fecais atinge um pico na 5ª ordem em virtude do aporte de efluentes domésticos das populações do Distrito de Lumiar (Nova Friburgo), que ocupam áreas próximas ao rio nesta seção. Mesmo situado 31 km abaixo do trecho de 5ª ordem e sem apresentar nenhuma área de povoamento significativa nas proximidades, o último ponto ainda exhibe valores elevados de coliformes, em comparação com os trechos à montante de 5ª ordem.

Materiais e métodos

Amostragem

Em cada trecho amostrado foram feitas várias medidas de variáveis hidrológicas (largura, profundidade média, velocidade da corrente e vazão), físico-químicas e bacteriológicas (Tabela I).

Quatro amostragens foram efetuadas para cada tipo de substrato: areia, folhido de fundo (**pool**), folhido de correnteza (**riffle**) e pedra (exceto 6ª ordem). As coletas foram realizadas com amostrador do tipo surber (30 cm x 30 cm) com malha de 120 μm e fixadas em campo em solução de formaldeído a 10%, tamponada com bórax a 2%. Os exemplares foram separados no laboratório com o auxílio de microscópios estereoscópicos e preservados em álcool a 80%.

A identificação em nível específico dos insetos aquáticos do sudeste brasileiro através de seus imaturos não é possível na maior parte dos casos. Deste modo, os espécimes foram separados em unidades taxonômicas operacionais (UTO) através das chaves de MERRITT & CUMMINS (1984), DOMINGUEZ *et al.* (1992), TRIVINHO-STRIXINO & STRIXINO (1995), FROEHLICH (1984) e BENEDETTO (1974) e/ou com o auxílio de especialistas. Tal fato fez com que algumas dessas UTOs (em especial as pouco resolvidas taxonomicamente) tenham comparecido com números muito elevados

em relação às demais. Foram incluídos na listagem geral representantes da ordem Blattaria e da família Staphylinidae (Coleoptera), embora seus membros sejam semi-aquáticos.

Análise dos Dados

A matriz de abundância das diferentes UTOs para cada tipo de substrato ao longo das cinco estações do rio (100 UTOs X 19 amostras) foi submetida à metodologia multivariada da Análise de Correspondência (ACo) visando detectar padrões de semelhança ou diferença nas comunidades das diferentes ordens do rio. Os dados foram previamente transformados pelo $\log_e(X+1)$ a fim de evitar distribuições com muitas classes fracamente representadas e algumas poucas com grandes valores. Foram considerados significativos apenas os autovalores que explicaram uma proporção maior da variância em relação ao que seria esperado aleatoriamente sob o modelo do **broken-stick** (ROHLF, 1992). A matriz também foi submetida à análise de valores extremos (**outlier analysis**), utilizando o índice de similaridade de CZEKANOWSKI (VALENTIN, 1995) como algoritmo e duas unidades de desvio-padrão como limite. Qualquer amostra identificada como um valor extremo por essa técnica e que não contribua significativamente para a formação do vetor na ACo, foi retirada da matriz. Esta, em seguida, passou outra vez pelas metodologias descritas acima. Os escores de cada ordem em relação ao vetor considerado na ACo, independente do tipo de substrato, foram submetidos a uma ANOVA com repetições visando comprovar uma possível separação entre as mesmas. A indicação de quais grupos se apresentavam diferentes entre si foi feita a partir da aplicação do teste HSD de TUKEY (NORMAN & STREINER, 1994). Os dados originais foram submetidos ainda à classificação por Análise de Agrupamento (**Cluster Analysis**), tendo como método a associação não ponderada dos pares por médias aritméticas (UPGMA) e coeficiente de associação o índice de similaridade de Morisita. Este índice, de acordo com VALENTIN (1995), é considerado pela literatura como um dos melhores para estudos ecológicos. O dendrograma obtido a partir dessa análise foi testado quanto à sua consistência a partir do teste de correlação cofenética.

Outra vantagem da ACo é sua possibilidade de emprego em dados de presença-ausência de UTOs, permitindo assim a detecção de padrões baseada na composição qualitativa das ordens. Desse modo, uma matriz de presença-ausência foi gerada a partir da matriz de abundância das UTOs, sendo também submetida à ACo e Análise de Agrupamento, agora empregando o índice de similaridade de Jaccard. Os padrões obtidos foram comparados com aqueles gerados a partir dos dados quantitativos. Tanto o modelo "broken-stick" quanto a correlação cofenética, a análise de valores extremos (agora usando Jaccard como índice) e a ANOVA sobre os escores, também foram empregados.

Foi aplicado o Teste de Mantel para a comparação entre a matriz somatório geral de abundância das UTOs (100 UTOs X 5 pontos de coleta) e quatro matrizes-hipótese. Essas matrizes foram criadas com base no cálculo da diferença entre os pares de pontos para os seguintes fatores: classificação hidrológica dos rios (STRAHLER,

1957); distância da fonte; características biofisiográficas baseadas no índice de PETERSEN (1992) e pulso diário de temperatura da água (Tab. II). A mesma comparação também foi feita entre essas matrizes e a matriz somatório geral de presença e ausência.

Tabela II. Matrizes hipóteses para realização do teste de Mantel para verificação de semelhança ecológica.

1ª Ordem	2ª Ordem	4ª Ordem	5ª Ordem	6ª Ordem
Distância da Fonte (km)				
0	1	3	34	65
1	0	2	33	64
3	2	0	31	62
34	33	31	0	31
65	64	62	31	0
Características Biofisiográficas (RCE)				
0	0	10	185	274
0	0	10	185	274
10	10	0	175	264
185	185	175	0	89
274	274	264	89	0
Ordem dos Rios				
0	1	3	4	5
1	0	2	3	4
3	2	0	1	2
4	3	1	0	1
5	4	2	1	0
Pulso de Temperatura (° C)				
0	1	7	7	12
1	0	6	6	11
7	6	0	0	5
7	6	0	0	5
12	11	5	5	0

Todas as análises estatísticas foram efetuadas através do programa NTSYS 1.70 (ROHLF, F.J. 1992), exceto a análise de valores extremos e a ANOVA e HSD, para os quais foram utilizados os programas PC-ORD 2.0 e STATISTICA 4.2, respectivamente.

Resultados

Foram coletados 9359 indivíduos, distribuídos em 100 UTOs nas cinco estações amostrais: 1730 (1ª ordem), 1902 (2ª), 2686 (4ª), 2650 (5ª) e 391 na 6ª ordem (Tab. III). Observou-se um aumento gradativo no número de UTOs presentes a partir do trecho de

1ª ordem (62) até o de 4ª ordem (75) e, a partir deste, um decréscimo até o de 6ª ordem (26). Poucos grupos ocorreram em todos os trechos, estando a maioria restrita a determinadas seções e muitos a algum tipo de substrato. Dentre os Ephemeroptera, somente *Cloeodes* e *Farrodes* ocorreram em todas as ordens, não apresentando preferência nítida por qualquer substrato. *Miroculis froehlichii*, *Trichorytodes*, *Pseudocloeon* e *Leptohyphes* spp., também em diversos substratos, ocorreram nos trechos de 4ª a 6ª ordens. *Thraulodes* e *Baetis* foram encontrados de 1ª a 4ª ordens em áreas de maior correnteza, enquanto que *Ulmeritus*, *Miroculis* sp.1 e *Massartela* foram coligidos somente nos dois trechos superiores (1ª e 2ª ordens) em depósitos de folhiço. De modo oposto, *Lachlania* e *Hagenulopsis* estiveram presentes apenas em 6ª ordem, em áreas de correnteza. Da mesma forma, em Plecoptera, somente *Anacroneuria* ocorreu em todas as seções estudadas, estando todas as outras espécies (exceto *Kempnyia* sp.1) restritas aos trechos superiores (1ª a 4ª ordens). Em Trichoptera, a maioria das espécies ocorreu de 1ª a 4ª ordens, com preferências nítidas por algum substrato (*Helicopsyche* em pedra, *Baripenthus* em areia, *Leptonema* em folhiço retido em áreas de correnteza, *Notalina* e *Triplectides*, em depósitos de folhiço) e poucas alcançaram a 6ª ordem (*Phylloicus*, *Smicridea* e *Polycentropus*), sempre associadas a depósitos de folhiço. De uma maneira geral os outros grupos taxonômicos presentes apresentam os padrões descritos acima. A análise de valores extremos identificou apenas a amostra de areia de 6ª ordem como desviante. Embora este seja o substrato dominante nessa ordem, foi o que apresentou maior pobreza em número de UTOs (sete). Uma vez que sua contribuição absoluta para formação do primeiro eixo foi inexpressiva tanto para os dados quantitativos (1,45%) como qualitativos (zero), sua eliminação em nada alterou as distribuições de pontos geradas pela ACo em ambos os casos. Após a retirada dessa amostra, o método do **broken-stick** indicou apenas o primeiro autovalor como significativo, tanto para os dados de presença-ausência como para os quantitativos. Este autovalor é responsável pela explicação de 14,43% da variação encontrada na matriz quantitativa e 12,80% na qualitativa, fornecendo portanto o único padrão consistente para diferenciação das estações amostrais. Considerando-se a complexidade da matriz de abundância de UTOs, tais valores são significativos.

A ACo dos dados quantitativos indicou uma separação do rio em dois segmentos principais: grupo 1 - 1ª a 4ª ordens e grupo 2 - 5ª e 6ª ordens a partir da estrutura da fauna de insetos aquáticos (Fig. 1). Deste modo, as amostras exibiram uma diferenciação maior entre trechos superiores e inferiores do que entre tipos de substrato de uma mesma ordem. As maiores contribuições absolutas das estações do grupo 2 foram as de pedra na 5ª ordem (12,9%) e folhiço de correnteza na 6ª ordem (16,2%). Em oposição a estas, no segmento superior do rio, as amostras de folhiço de fundo contribuíram com 13,6% (1ª ordem), 9,4% (2ª ordem) e 19,8% (4ª ordem) para a formação do vetor. Em contrapartida, as amostras de areia das diversas ordens não contribuem significativamente para a formação desse padrão. A ANOVA detectou a existência de diferenças entre as ordens do rio ($p=0,000618$) e a separação entre os dois trechos foi confirmada pelo teste HSD de Tukey.

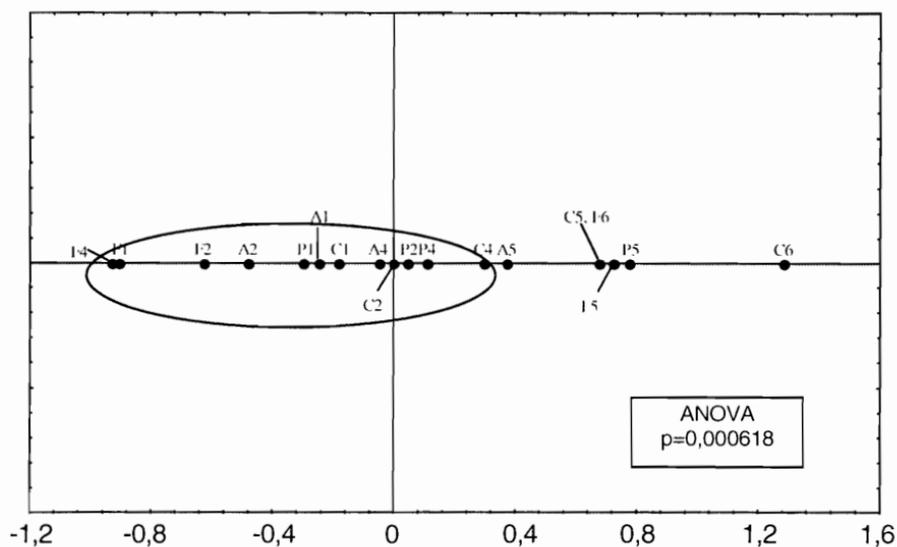


Fig.1. Análise de Correspondência (quantitativa) das amostras nos diferentes tipos de substrato, ao longo das ordens do rio. A-Arcia; F-Folhço de fundo; P-Pedra e C-Folhço de correnteza

As UTOs que mais contribuíram positivamente para a formação do eixo foram *Leptohyphes* sp.1 - 7,2% (coletor), *Leptohyphes pereirae* - 5,7% (coletor), *Hagenulopsis* - 4,5% (coletor, raspador) e *Lachlania boanovae* - 4,3% (coletor, filtrador). As maiores contribuições negativas foram de *Triplectides* - 7,7% (cortador), *Notalina* - 4,9% (coletor, filtrador, predador, raspador) e *Phylloicus* - 3,3% (cortador). Os escores das UTOs em relação ao primeiro eixo permitem a distinção de duas faunas associadas a cada um dos trechos do rio (Fig.2).

Corroborando a distinção entre essas ordens, o dendrograma da Análise de Agrupamento dividiu as amostras nos mesmos grupos gerados pela ACo (Fig.3). Nas seções de 1ª a 4ª ordens houve uma diferenciação nítida entre os substratos, havendo maior similaridade entre as faunas de cada tipo de substrato, independentemente da ordem do rio.

A aplicação das mesmas metodologias de análise aos dados de presença-ausência indicou o mesmo padrão apresentado para os dados quantitativos. As maiores contribuições absolutas das amostras do grupo 2 para a formação do eixo foram de folhço de correnteza de 6ª ordem (13,3%), pedra de 5ª ordem (10,3%) e folhço de fundo de 5ª ordem (8,3%). No grupo 1 as maiores contribuições foram de areia de 2ª ordem (15,9%) e folhços de fundo de 1ª e 2ª ordens (12,4% e 9,7%, respectivamente). Novamente a ANOVA detectou a existência de diferenças entre as ordens do rio ($p=0,000125$) e o teste HSD de Tukey confirmou a separação entre os dois grupos.

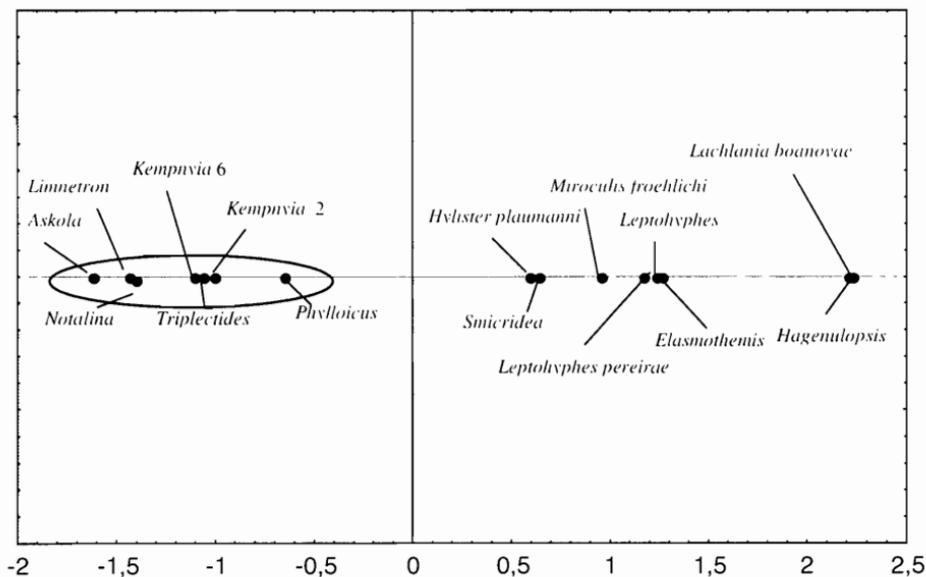


Fig. 2. Análise de Correspondência (quantitativa) das UTOs nos diferentes tipos de substrato, ao longo das ordens do rio.

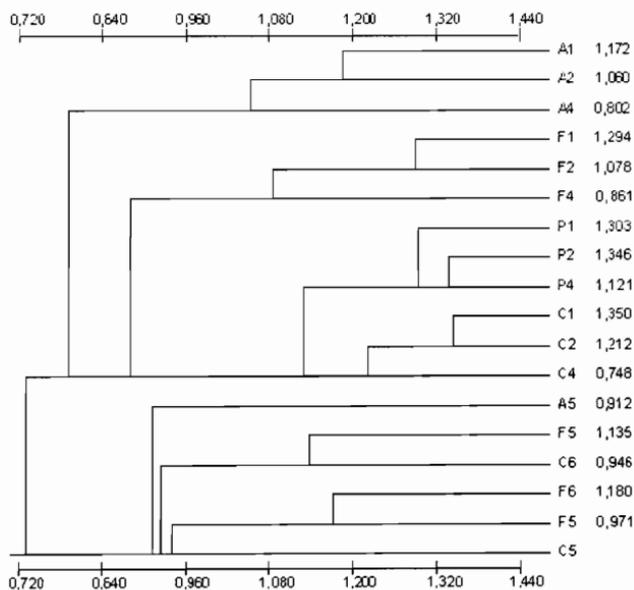


Fig. 3. Análise de Agrupamento (UPGMA) quantitativa das amostras na bacia do Rio Macaé - RJ, com base no índice de similaridade de Morisita-Horn.

As contribuições positivas das UTOs para a formação do vetor foram de *Leptohyphes* sp.1 - 7,4%, *Leptohyphes pereirae* - 5,2%, *Elasmothermis cannaerioides* - 4,9% (predador), *Hudsonema* - 3,5% (coletor, predador, filtrador) e *Leptohyphes* sp.2 - 3,3% (coletor). As contribuições negativas foram lideradas por Helotrephidae - 3,1% (predador), Hydrophilidae - 2,4% (predador, coletor), Hydropsychidae - 2,4% (coletor, predador, filtrador), *Triplectides* - 2,3%, *Baripenthus* - 2,3% (cortador), *Brechmorhoga* sp.1 - 2,1% (predador) e Gyrinidae - 2,1% (predador).

A comparação entre as matrizes gerais de abundância e presença-ausência de insetos aquáticos nas cinco ordens e as matrizes-hipóteses apresentou valores significativos apenas em dois casos: características biofisiográficas - RCE ($p=0,012$) e distância da fonte ($p=0,0170$), ambos com a matriz de presença-ausência.

Discussão

Nossa visão atual da estrutura e função dos ecossistemas de rios é baseada primariamente sobre dois modelos: 1) Conceito de Continuidade de Rios, (CCR) (VANNOTE *et al.*, 1980) e seus corolários, Conceito da Descontinuidade Serial (CDS) (WARD & STANFORD, 1983), no qual integra os efeitos de grandes represas e reservatórios sobre o CCR; e 2) Conceito de Pulso de Inundação (CP) para sistema de rios de planícies inundáveis (JUNK *et al.* 1989) e suas relações com o CCR (SEDELL *et al.* 1989).

Dos dois modelos, o CCR é o único que trata especificamente de mudanças nas comunidades de rios ao longo do gradiente longitudinal conceitualizando o sistema fluvial como uma série contínua do gradiente físico com um ajuste associado da biota aquática. Segundo esse conceito, os rios podem ser vistos como sistemas ligados longitudinalmente, nos quais os processos do ecossistema nas áreas rio abaixo são influenciados pelos processos ocorridos à montante. Desta forma, as estratégias biológicas e a dinâmica do sistema de rios requerem considerações sobre o gradiente físico formado pela bacia de drenagem, onde a entrada de energia e o uso da matéria orgânica pelas categorias funcionais de alimentação dos macroinvertebrados devem ser regulados amplamente pelos processos geomorfológicos fluviais.

A divisão das estações da bacia do Rio Macaé em dois grupos pode ser explicada pelos processos físicos distintos predominantes em cada um deles. Os três primeiros pontos se caracterizam por grande aporte de litter da floresta circundante e mecanismos físicos de retenção (troncos de árvore caídos e poções) que permitem a exploração deste recurso pela fauna de macroinvertebrados. Este trecho, correspondente ao rítron superior e médio, representa uma área com predomínio de erosão sobre deposição, com a formação de poções a cada dez a quinze vezes a largura do rio. Em 5ª ordem ocorre ainda o acúmulo de grandes quantidades de folhiço, porém esta seção corresponde a uma área de transição para uma zona de sedimentação (ILLIES, 1961 *apud* SCHÄFER, 1985). Desta forma, este folhiço se encontra em sua maioria coberto por uma camada de silt e areia, dificultando sua utilização pela fauna. Houve uma

redução de 45% no número de grupos (UTOs) ocupantes desse substrato em relação às seções superiores, com drástica redução em número de indivíduos e um aumento de 20% no número de grupos ocupantes de substrato móvel (areia), sem aumento no número de indivíduos. A maioria dos exemplares coletados (74%) ocupava substratos em áreas de correnteza (pedra e folhço). Na área amostrada de 6ª ordem a entrada de folhço no rio é pequena devido à grande redução da cobertura florestal adjacente. Além disso, devido à intensidade dos processos de sedimentação, os mecanismos de retenção de matéria orgânica são menos frequentes, caracterizando uma região potamal superior.

Em função disto, as UTOs que mais contribuíram para a formação do eixo da ACo quantitativa se distribuíram basicamente em dois agrupamentos funcionais: cortadores (trechos superiores) e coletores (demais pontos). Um padrão semelhante foi obtido na ACo qualitativa, embora um grande número de predadores com baixos limites de tolerância a condições de baixa oxigenação e altas temperaturas tenha ocorrido juntamente com cortadores em trechos superiores, sendo as contribuições das áreas mais baixas dominadas por coletores. O fato das ACo quantitativa e qualitativa terem mostrado que o rio pode ser dividido nos mesmos grupos, indica que a zonação ao longo do rio é decorrente de substituição longitudinal das espécies e não apenas de diferenças nas abundâncias das mesmas. Os resultados dos testes descritos acima dão suporte a algumas das hipóteses propostas para o Conceito de Continuidade de Rios elaborado por VANNOTE *et al.*, (1980): predomínio de cortadores em trechos superiores do rio e coletores nas seções mais baixas; maior riqueza de espécies no trecho médio (4ª ordem); pulso crescente de temperatura até o trecho médio (exceto na 6ª ordem em que o assoreamento torna o rio mais raso e em consequência aumenta o pulso de temperatura); menor importância da vegetação ripária de 1ª à 6ª ordens.

Resultados semelhantes foram encontrados por CUSHING *et al.* (1983) para a ordenação de 16 pontos de coleta ao longo do gradiente longitudinal de quatro bacias hidrográficas. Dentre as variáveis biológicas identificadas pelos autores como explicativas deste padrão, destaca-se a razão cortador-coletor. O predomínio de coletores em trechos inferiores do rio corrobora a idéia de que com o aumento do tamanho dos rios passam a predominar espécies que irão aproveitar a matéria orgânica fina em suspensão, característica de zonas de depósito.

Dentre os fatores explicativos da estruturação das comunidades ao longo dos rios, apenas as condições biofisiográficas (RCE) e distância da fonte foram significativas. O índice RCE foi desenvolvido para acessar as condições de integridade dos rios a partir da estrutura da vegetação ripária, morfologia do canal e condições biológicas. Estas características se modificam longitudinalmente, tanto por fatores naturais quanto devido à ação antropogênica. De acordo com o CCR espera-se que a estrutura das comunidades responda a essas alterações detectadas pelo RCE.

Todas as mudanças ocorridas nos diversos trechos, registradas por esse índice, processam-se em concordância com a distância da fonte, que dessa forma também explica o padrão das comunidades encontrado.

Em geral, estudos que tratam de gradientes longitudinais fazem uso do sistema de classificação de rios de STRAHLER (1957) para dimensionar as mudanças físicas sofridas nas comunidades de cabeceiras em direção à foz. No entanto, segundo STATZNER & HIGLER (1985) as ordens de rios não representam, em nenhum caso, uma descrição confiável da complexidade do ambiente físico. Isto é demonstrado no fato da matriz-hipótese das ordens de rios não explicar significativamente a variação da composição das amostras.

Agradecimentos

Aos Profs. Dr. Alcimar do Lago Carvalho (UFRJ), Néelson Ferreira Júnior (UFRJ), Elidiomar Ribeiro da Silva (UNI-Rio) e Rosálys Rodrigues Guahyba (UFRJ), pela identificação taxonômica de parte do material. A David e Izabel Miller, pelo apoio inestimável prestado durante o trabalho nas montanhas de Macaé de Cima. Este trabalho foi parcialmente subvencionado pelo CNPq, FAPERJ e FUJB.

Referências Bibliográficas

- BENEDETTO, L. 1974. Clave para la determinacion de los Plecoptera sudamericanos. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, **9**: 141-170.
- CÂMARA, I.G. 1991. *Plano de Ação para a Mata Atlântica*. Fundação SOS Mata Atlântica, Rio de Janeiro, 152p.
- CUSHING, C.E., McINTIRE, C.D., CUMMINS, K.W., MINSHALL, G.W., PETERSEN, R.C., SEDELL, J.R., & R.L. VANNOTE 1983. Relationships among chemical, physical, and biological indices along river continua based on multivariate analysis. *Archiv für Hydrobiologie*, **18**: 317-326.
- DOMINGUEZ, E., HUBBARD, M.D. & W.L. PETERS 1992. Clave para ninfas y adultos de las familias y generos de Ephemeroptera Sudamericanos. *Biología Acuática*, **16**: 5-39.
- FROELICH, C.G. 1984. Brazilian Plecoptera 4. Nymphs of perlid genera from southeastern Brazil. *Annales de Limnologie*, **20**: 43-48.
- JUNK, W.J., BAYLEY, P.B. & R.E. SPARKS 1989. The flood pulse concept in river floodplain systems. *Canadian Special Publications of Fisheries and Aquatic Sciences*, **106**: 110-127.

- MERRITT, R.W. & K.W. CUMMINS 1988. *An Introduction to the Aquatic Insects of North America* (2^a ed.), Kendall/Hunt, Dubuque, 722 p.
- MINSHALL, G.W. & R.C. PETERSEN 1985. Towards a theory of macroinvertebrate community structure in stream ecosystems. *Archiv für Hydrobiologie*, **104**: 49-76.
- MINSHALL, G.W., CUMMINS, K.W., PETERSEN, R.C., CUSHING, C.E., BRUNS, D.A., SEDELL, J.R. & R.L. VANNOTE 1985. Developments in stream ecosystem theory. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **42**: 1045-1055.
- NORMAN, G.R. & D.L. STREINER 1994. *Biostatistics - The Bare Essentials*, Mosby-Year Book, Inc., St. Louis, xii + 260p.
- PETERSEN, R.C. 1992. The RCE: A Riparian, Channel, and Environmental inventory for small streams in the agricultural landscape. *Freshwater Biology*, **27**: 295-306.
- ROHLF, F.J. 1992. *NTSYS-PC. Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System*. Exeter Software, Setauket, New York, x + 207p.
- SCHÄFER, A. 1985. *Fundamentos de Ecologia e Biogeografia das Águas Continentais*. Editora da UFRGS, Porto Alegre, 523p.
- SEDELL, J.R., RICHEY, J.E. & F.J. SWANSON 1989. The river continuum concept: a basis for the expected ecosystem behavior of very large rivers? *Canadian Special Publications on Fisheries and Aquatic Sciences*, **106**: 110-127.
- STANFORD, J.A. & J.V. WARD 1983. Insect species diversity as a function of environmental variability and disturbance in stream systems. **In**: Barnes, J.R. & G.W. Minshall (eds.) *Stream ecology application and testing of general ecological theory*. Plenum Press, New York, p.265-278.
- STATZNER, B. & B. HIGLER 1985. Questions and comments on the River Continuum Concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **42**: 1038-1044.
- STRAHLER, H.N. 1957. Quantitative analysis of watershed geomorphology. *American Geophysical Union Transactions*, **33**: 913-920.
- TOWNSEND, C.R. 1980. *The ecology of streams and rivers* (Studies on Biology n^o 122). The Camelot Press Ltd, Southampton, 68 p.
- TRIVINHO-STRIXINO, S. & G. STRIXINO 1995. *Larvas de Chironomidae do Estado de São Paulo: Guia de identificação e diagnose dos gêneros*. PPG-ERN/ UFSCAR, São Carlos, 299p.

- VALENTIN, J.L. 1995. Agrupamento e Ordenação. In: Peres-Neto, P.R., Valentin, J.L. & F. Fernandez (eds.). *Oecologia Brasiliensis II - Tópicos em Tratamento de Dados Biológicos*. Instituto de Biologia, PPGE - UFRJ, Rio de Janeiro, p. 27-55.
- VANNOTE, R.L., MINSHALL, G.W., CUMMINS, K.W., SEDELL, J.R. & C.E. CUSHING 1980. The River Continuum Concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **37**: 130-137.

Endereço:

BAPTISTA, D.F. / BUSS, D.F. / SOARES, L.H.J.

Laboratório de Comportamento, Departamento de Biologia, IOC, FIOCRUZ. Av. Brasil, 4365, Manguinhos, Rio de Janeiro, CEP 21045-900
darcilio@gene.dbbm.fiocruz.br

DORVILLÉ, L.F.M.* / NESSIMIAN, J.L.

Laboratório de Entomologia, Departamento de Zoologia, CCS, UFRJ. Ilha do Fundão, Rio de Janeiro, Caixa Postal 68044, CEP 21944-970

* Colégio de Aplicação, Universidade do Estado do Rio de Janeiro.