

OCOLOGIA BRASILIENSIS

Baptista, D.F., Buss, D.F., Dorvillé, L.F.M. & J.L. Nessimian 1998. O Conceito de Continuidade de Rios é válido para rios de mata atlântica no sudeste do Brasil. pp. 209-222. In Nessimian, J.L. & A.L. Carvalho, E.(eds). *Ecologia de Insetos Aquáticos*. Series Oecologia Brasiliensis, vol. V. PPGE-UFRJ. Rio de Janeiro, Brasil.

O CONCEITO DE CONTINUIDADE DE RIOS É VÁLIDO PARA RIOS DE MATA ATLÂNTICA NO SUDESTE DO BRASIL?

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

Resumo:

A maioria dos modelos atuais que explica o funcionamento de ecossistemas fluviais se baseou em dados obtidos em rios temperados e subtropicais, especialmente do Hemisfério Norte. A adequação desses modelos às condições encontradas nos trópicos requer, portanto, a avaliação de suas previsões. No entanto, a organização estrutural e funcional das comunidades de macroinvertebrados aquáticos é pouco conhecida no Brasil. Deste modo, foi realizado um estudo em dois rios de Mata Atlântica, na bacia do Rio Macaé, no Estado do Rio de Janeiro. O trabalho foi realizado ao longo do gradiente longitudinal abrangendo trechos de rios de 1ª ordem (1.100 m) à 6ª ordem (20 m). Os insetos aquáticos amostrados foram separados em Unidades Taxonômicas Operacionais (UTOs) e classificados de acordo com o agrupamento de alimentação funcional, seguindo observações diretas e dados da literatura. Os resultados são comparados e discutidos a partir das hipóteses baseadas no Conceito de Continuidade de Rios (CCR) proposto por VANNOTE *et al.* em 1980, cujas previsões foram parcialmente corroboradas. Deste modo, a maior diversidade foi observada em trechos onde ocorre a transição de uma zona predominantemente heterotrófica para uma área autotrófica (4ª ordem). Foi também verificado que há uma tendência de aumento da matéria orgânica particulada fina e diminuição da matéria orgânica mais grossa ao longo do gradiente longitudinal. A variação do percentual da biomassa das categorias de alimentação funcional mostrou uma tendência semelhante às modificações previstas pelo CCR de acordo com o aumento do tamanho do rio.

Palavras-chave: Conceito de Continuidade de Rios, insetos aquáticos, agrupamentos de alimentação funcional, ecossistemas de rios tropicais, Brasil.

Abstract:

“Is the River Continuum Concept valid for Atlantic Forest rivers in Southeastern Brazil?”

The majority of the present models that explain the functioning of river ecosystems was based in data obtained from temperate or subtropical rivers, especially from the northern hemisphere. So, the adequacy of these models to the conditions found in the tropics demand an evaluation of their predictions. In this way, a study was performed in two Atlantic Forest rivers from the basin of Macaé River, in the State of Rio de Janeiro. The work was performed along a longitudinal gradient, including sections from the 1st (1,100 m) to the 6th (20 m) orders. The aquatic insects sampled were separated in Operational Taxonomic Units (OTUs) and classified according to trophic functional categories based on direct observations and data from the literature. The results are compared and discussed from the hypotheses presented by the River Continuum Concept (RCC), proposed by VANNOTE *et al.* in 1980, whose predictions were partially confirmed. Thus, the greatest diversity was observed in reaches where there is a transition from a predominantly heterotrophic zone to an autotrophic area (4th order). It was also observed that there is a trend in the increase of fine particulate organic matter and in the decrease of the coarse particulate organic matter along the longitudinal gradient of the river. The percentages of biomass variation in the trophic functional categories showed a pattern similar to the modifications expected by the RCC according to the increase of the river size.

Key-words: River Continuum Concept, aquatic insects, trophic functional categories, tropical river ecosystems, Brazil.

Introdução

Muitos estudos têm sido realizados com o objetivo de examinar padrões estruturais e funcionais de grupamentos bentônicos em rios de clima temperado. Tais pesquisas, em geral, são discutidas com base em modelos teóricos sobre o funcionamento dos ecossistemas de rios e, em especial, sobre o Conceito de Continuidade de Rios, CCR (VANNOTE *et al.*, 1980; WINTERBOURNE *et al.*, 1981; BARMUTA & LAKE, 1982; CULP & DAVIES, 1982; MINSHALL *et al.*, 1983; CUMMINS *et al.*, 1984; BRUSSOCK & BROWN, 1991; CORKUM, 1989; 1992).

O modelo do CCR visualiza o ecossistema fluvial como uma série integrada do gradiente físico com o ajustamento da biota associada. Os rios são vistos como sistemas ligados longitudinalmente onde o padrão de zonação dos grupamentos de espécies observados é organizado de acordo com o fluxo orgânico de energia. Isto leva as comunidades posicionadas em trechos rio abaixo a depender dos processos biológicos acontecidos à montante, capitalizando assim a ineficiência dos processos acontecidos rio acima (VANNOTE *et al.*, 1980). Deste modo, o CCR prediz que as comunidades apresentariam padrões previsíveis de organização estrutural e funcional, conforme sua posição relativa ao longo do perfil longitudinal.

Embora o CCR tenha sido desenvolvido com base em dados de ecossistemas de rios temperados e não perturbados, o conceito permite fazer conjecturas para outros ecossistemas de rios, bem como acomodações para influências causadas por distúrbios provocados por enriquecimento orgânico e/ou assoreamento, uma vez que há uma resposta previsível de mudança do contínuo ao longo do rio (STATZNER & HIGLER, 1985; MINSHALL *et al.*, 1985).

O modelo do CCR tem se mostrado válido para muitos rios da América do Norte (VANNOTE *et al.*, 1980; MINSHALL *et al.*, 1985), com exceção de rios encaixados em vales profundos, ou os que percorrem regiões áridas (STATZNER & HIGLER, 1985).

No entanto, estudos sobre padrões de distribuições espaciais e temporais para rios de clima tropical e outros do Hemisfério Sul, apontam para resultados conflitantes, afastando-se parcialmente de algumas das predições do CCR. Dentre algumas das predições que não foram corroboradas, podemos destacar, baixa dominância de cortadores em trechos de rios de pequena ordem na Nova Zelândia e Nova Guiné (WINTERBOURNE, 1981; DUDGEON, 1994; JOHNSON *et al.*, 1995).

O presente estudo tem como objetivo analisar as comunidades de insetos aquáticos bentônicos quanto à sua estrutura e função, ao longo do perfil longitudinal de um sistema fluvial costeiro de tamanho médio em trecho de Mata Atlântica no Sudeste brasileiro, de forma a comparar nossos resultados com algumas das predições do Conceito de Continuidade de Rios e estudos subseqüentes.

Enfatizaremos a análise das seguintes predições propostas pelo CCR:

a) Os percentuais de dominância dos diferentes grupamentos de alimentação funcional (GAF) variam ao longo do rio de acordo com o modelo proposto pelo CCR?

b) A maior diversidade relativa das comunidades biológicas observadas em trechos de rios de tamanho médio e associada em parte ao maior pulso de temperatura diária da água é válida para o rio tropical de Mata Atlântica em estudo?

c) A proporção entre matéria orgânica particulada fina (MOPF, < 1mm) e bruta (MOPB, > 1mm) aumenta ao longo das ordens como predito pelo CCR?

Área de estudo

A bacia de drenagem do rio Macaé oferece boas condições para a avaliação do CCR para rios tropicais de Mata Atlântica pois suas nascentes encontram-se dentro da Reserva Ecológica de Macaé de Cima, Município de Nova Friburgo (RJ), estando em excelente estado de preservação. Os trechos subsequentes não são afetados por atividades industriais intensas, sendo a maior fonte poluente proveniente do lançamento de efluentes domésticos de uma população de aproximadamente 3.000 habitantes, concentrada principalmente às margens dos rios Macaé e Boa Esperança (tributário de 4ª ordem) (Fig. 1).

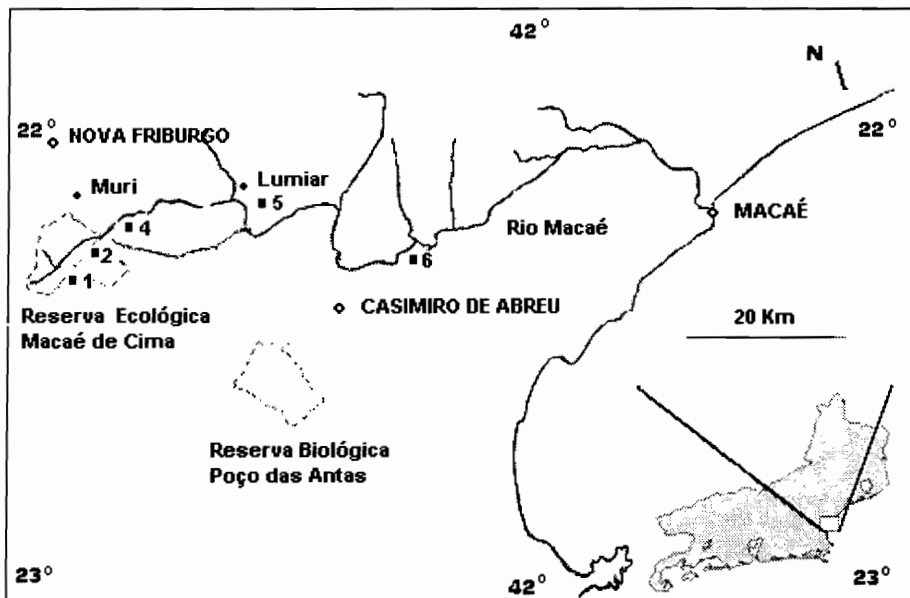


Figura 1. Localização da bacia do Rio Macaé no Estado do Rio de Janeiro. Os pontos de amostragem 1, 2, 4, 5 e 6 (nos trechos de ordens respectivas) estão assinalados.

Material e métodos

Foram escolhidas cinco estações amostrais de forma a representar a continuidade do rio, desde sua cabeceira na região do ritral superior, até a região do potamal superior. As áreas selecionadas para o estudo corresponderam a trechos de 1^a, 2^a, 4^a, 5^a e 6^a ordens, (*sensu* STRAHLER, 1957).

Um rio de primeira ordem não possui tributário. Quando dois rios de primeira ordem se juntam formam um segmento de rio de segunda ordem; quando dois segmentos de segunda ordem se juntam, formam um de terceira e assim por diante.

Nas estações de coleta foram realizadas quatro amostragens para cada tipo de substrato (areia, folhiço de fundo, folhiço de correnteza e pedra), com exceção do trecho de 6^a ordem, onde não houve coleta de pedras devido à sua ausência, totalizando 76 amostras. 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%. No presente trabalho, apresentamos os dados referentes às coletas realizadas no mês de abril de 1995.

Triagem e Identificação Taxonômica

Os exemplares foram separados no laboratório com o auxílio de microscópios estereoscópicos e preservados em álcool a 80%.

Em cada trecho de rio amostrado, o pulso diário de temperatura foi registrado durante o período amostral utilizando-se um termômetro de auto-registro de máxima e mínima.

A verificação da razão Matéria Orgânica Particulada Bruta / Matéria Orgânica Particulada Fina (MOPB/MOPF) foi feita com base nas amostras do folhiço de fundo. Após a triagem dos insetos, a matéria orgânica bentônica foi seca em estufa a 60 °C e separada por agitação em peneira de malha de 1mm. A pesagem da matéria orgânica particulada foi realizada em balança analítica digital com precisão de 0,001 g.

Para cada estação, foi estimada a riqueza da fauna através do método de rarefação (LUDWIG & REYNOLDS, 1988), em nível de UTO, uma vez que o número de amostras em 6^a ordem foi menor que nas demais.

A classificação das UTOs nos grupamentos de alimentação funcional (GAF) foi feita de acordo com MERRITT & CUMMINS (1984). Nos efemerópteros e nos gêneros de tricópteros *Phylloicus* e *Tripeptides*, o enquadramento foi realizado com base na análise do conteúdo estomacal e estudo da ultraestrutura bucal. No caso dos Tipulidae, a análise de conteúdo estomacal evidenciou a presença de coletores e cortadores nos trechos superiores (1^a a 4^a ordens) e médio (5^a ordem), enquanto na 6^a ordem foram

encontrados apenas coletores. Nas UTOs representadas por mais de uma categoria funcional, a quantificação foi realizada pela atribuição de proporcionalidade entre as GAF.

A medição da biomassa das UTOs foi realizada através da pesagem individual de cada espécime para as ordens Odonata, Hemiptera e Megaloptera na mesma balança analítica empregada para a pesagem de matéria orgânica. Para as UTOs restantes, foi tirado o peso úmido médio, tomando como base a pesagem de vários estágios de desenvolvimento.

Resultados

Um total de 100 unidades taxonômicas operacionais (UTOs) foram identificadas na bacia do rio Macaé (Tab. I).

Tabela I. Enquadramento dos insetos aquáticos encontrados nas diferentes ordens de rios na bacia do rio Macaé quanto a sua categorização alimentar funcional.

TAXA	ORDEM DE RIO					GAF
	1 ^ª	2 ^ª	4 ^ª	5 ^ª	6 ^ª	
PLECOPTERA						
<i>Anacronetia</i> sp.p.	26	53	361	69	11	Pd.
<i>Gripopteryx</i> sp.	2	4	2	0	0	Cl.
<i>Kempnyia</i> sp.1	29	3	0	2	0	Pd.
<i>Kempnyia</i> sp. 2	0	3	1	0	0	Pd.
<i>Kempnyia</i> sp. 3	2	5	6	0	0	Pd.
<i>Kempnyia</i> sp. 4	6	7	4	0	0	Pd.
<i>Kempnyia</i> sp. 5	1	1	4	0	0	Pd.
<i>Kempnyia</i> sp. 6	0	4	144	0	0	Pd.
<i>Kempnyia</i> sp. 7	0	2	0	0	0	Pd.
<i>Kempnyia</i> sp. 8	1	1	5	0	0	Pd.
<i>Kempnyia</i> sp. 9	1	2	1	0	0	Pd.
<i>Kempnyia</i> sp. 10	0	1	1	0	0	Pd.
<i>Macrogynoplax</i> sp.1	0	1	0	0	0	Pd.
<i>Tupiperla</i> sp.	12	15	20	0	0	Cl.
EPHEMEROPTERA						
<i>Askola froehlichii</i>	0	0	8	0	0	Cl.-Ra
<i>Baetis</i> spp.	1	0	1	0	1	Cl.-Ra
<i>Baetodes</i> spp.	0	1	3	4	0	Cl -Ra.
<i>Camelobaetis</i> spp.	0	1	6	11	0	Cl -Ra.
<i>Cloeodes</i> spp.	6	3	35	27	0	Cl - Ra.
<i>Farodes</i> spp.	1	4	5	3	6	Cl.Esc
<i>Hagenulopsis</i> spp.	0	0	0	0	14	Cl.
<i>Hylister plaumanni</i>	4	9	12	197	0	Cl.Fil.
<i>Lachlania boanovae</i>	0	0	0	0	12	Cl.Fil
<i>Leptohyphes pereirae</i>	0	0	1	99	5	Cl.Peg
<i>Leptohyphes</i> sp. 1	0	0	5	33	19	Cl.Peg
<i>Leptohyphes</i> sp. 2	0	0	0	4	0	Cl.Peg
<i>Massartella brieni</i>	5	0	0	0	0	Cl -Ra.
<i>Miroculis froehlichii</i>	0	0	4	3	18	Cl.Esc.
<i>Miroculis</i> sp. 1	0	17	0	0	0	Cl.Esc.
<i>Pseudocloeon</i> spp.	0	0	0	18	2	Cl.Esc -Ra.
<i>Thraulodes</i> spp.	1	2	9	0	0	Cl.Esc.

<i>Tricorythodes</i> spp.	0	0	0	3	0	Cl.
<i>Ulmeritus</i> spp.	4	0	0	0	0	Cl - Ra.
TRICHOPTERA						
<i>Marilia</i> spp.	4	8	13	0	0	Co.
<i>Helicopsyche</i> sp. 1	30	82	11	0	0	Ra.
<i>Helicopsyche</i> sp. 2	42	5	0	12	0	Ra.
<i>Barypenthus</i> sp.	1	1	0	0	0	Co.
<i>Chimarra</i> spp.	4	4	0	10	0	Cl
<i>Phylloicus</i> spp.	30	39	51	0	1	Co.
<i>Triplectides</i> spp.	29	109	512	0	0	Co.
<i>Blepharopus</i> spp.	2	41	16	0	0	Cl.
<i>Protoptila</i> spp.	0	35	2	15	0	Ra.
<i>Nectopsyche</i> spp.	5	4	5	0	0	Cl.
<i>Grumichella</i> spp.	4	0	4	10	0	Ra. - Cl.
<i>Smicridea</i> spp.	0	41	95	181	35	Cl.
<i>Hudsonema</i> spp.	0	0	0	5	0	Cl - Pd - Ra.
<i>Polycentropodidae</i> sp. 1	0	0	22	5	0	Cl -Pd
<i>Notalina</i> spp.	3	7	49	0	0	Cl.- Co- Pd - Ra.
Leptoceridae sp. 1	1	1	4	1	0	Cl.
Leptoceridae sp. 2	0	0	1	0	0	Cl.
<i>Polycentropus</i> spp.	0	0	1	0	2	Pd. Co.
<i>Leptonema</i> spp.	25	30	14	2	0	Cl.
<i>Atopsyche</i> spp.	1	3	5	1	0	Pd.
Hydropsychidae sp. 1	0	2	0	0	0	Cl.
ODONATA						
<i>Argia</i> spp.	1	1	4	0	0	Pd.
<i>Brechmorhoga</i> sp. 1	10	1	0	0	0	Pd.
<i>Brechmorhoga</i> sp. 2	0	1	0	0	0	Pd.
<i>Elasmthemis canacrioides</i>	0	0	1	8	2	Pd.
<i>Epigomphus</i> sp. 1	11	3	0	0	2	Pd.
<i>Epigomphus</i> sp. 2	0	5	2	0	0	Pd.
<i>Gomphoides</i> spp.	0	0	0	2	0	Pd.
<i>Hetaerina</i> spp.	3	1	31	0	0	Pd.
<i>Limnetron</i> spp.	5	3	2	0	0	Pd.
<i>Neocordulia</i> spp.	2	1	0	0	0	Pd.
<i>Progomphus</i> spp.	0	0	0	2	0	Pd.
HEMIPTERA						
Gerridae	0	0	0	2	0	Pd.
Potamocorinae sp. 1	0	0	1	0	0	Pd.
<i>Cryphocricine</i> spp.	3	0	1	5	0	Pd.
<i>Limnocois</i> spp.	18	4	6	9	0	Pd.
Vellidae	2	14	4	12	0	Pd.
Helotrephidae	4	27	1	0	0	Pd.
<i>Notonecta</i> spp.	1	0	0	0	0	Pd.
MEGALOPTERA						
<i>Chloronia</i> sp. 1	2	3	3	2	1	Pd.
<i>Corydalus</i> sp. 1	1	5	8	50	2	Pd.
DIPTERA						
Chironomini spp.	469	828	705	1064	36	Cl.
Tanytarsini spp.	29	108	41	79	17	Cl
Tanypodinae	35	54	21	67	21	Pd.
Orthocladinae	191	20	23	20	32	Cl.- Ra
Tipulidae	375	61	41	26	83	Cl -Co
Ceratopogonidae	92	28	5	8	1	Pd. - Cl
Tabanidae	0	0	1	0	0	Pd.
Dixidae	0	0	1	0	0	Cl.

Stratyomidae	0	0	1	1	1	Cl.
Empididae	3	2	13	4	0	Pd.- Cl
Simuliidae	4	2	51	13	0	Cl.
Canaceidae	0	0	4	0	0	Ra.
Psychodidae	1	0	1	0	0	Cl
BLATTODEA	0	10	3	0	0	Cl.
LEPIDOPTERA						
<i>Parapoynx</i> spp.	3	0	7	3	0	Co.
<i>Acentria</i> spp.	1	0	0	0	0	Co.
<i>Petrophila</i> spp.	1	0	10	3	0	Co.
COLEOPTERA						
Elmidae	154	129	190	577	39	Ra.- Cl.
Staphylinidae	0	0	3	0	0	Pd.
Dryopidae	6	10	5	2	0	Cl.- Co- -Ra
Psephenidae	21	7	20	1	0	Ra.
Limnichiidae	1	0	1	0	0	Cl.
Scirtidae	1	1	1	0	0	Cl.- Ra- Co
Hydrophilidae	0	1	0	0	0	Cl. -Pd
Gyrinidae	1	4	2	0	2	Pd.
Dytiscidae	2	2	1	0	0	Pd.

Cl. =Coletores / Cl.Fil = Coletor filtrador/ Cl.Esc.= Coletor escovador/ Pd.= Predadores/ Co.= Cortadores / Ra.= Raspadores / GAF= Grupamento de Alimentação Funcional.

Na tabela II apresentamos os percentuais de dominâncias dos grupamentos funcionais ao longo do perfil longitudinal da bacia do rio Macaé.

Os coletores foram dominantes em todas as ordens de rio estudadas, atingindo o percentual relativo máximo de biomassa em 6ª ordem (90,5%). As UTOs que mais contribuíram para a formação da biomassa de coletores em todas as ordens foram Chironomini (43,4%); *Leptonema* spp. (10,7%); *Hylister plaumanni* (7,8%); *Blepharopus* spp. (4,1 %) e Elmidae (2,9 %).

Os cortadores diminuíram sua importância relativa conforme o aumento da ordem do rio. As duas ordens de insetos que mais contribuíram para formação desta categoria funcional foram Trichoptera, representada pelos gêneros *Triplectides* (34,3 %) e *Phylloicus* (29,6 %) e Diptera, família Tipulidae (30,2 %).

Os tricópteros *Helicopsyche* sp.1 (13,9 %) e *Helicopsyche* sp.2 (6,7 %), juntamente com os Elmidae foram os raspadores dominantes. Os predadores foram representados sobretudo pelas ordens Plecoptera (*Anacronuria* e *Kempnyia*), Hemiptera e Odonata.

As flutuações diárias da temperatura da água do rio apresentaram pequena amplitude em trechos de baixa ordem, 2 °C em 1ª ordem e 3 °C em 2ª ordem e aumento do pulso nos trechos de 4ª e 5ª ordens, (9 ° C), atingindo seu valor máximo em 6ª ordem (14° C) . A riqueza por sua vez, atingiu seu valor máximo no trecho de rio de 4ª ordem (fig.2).

Tabela II. Percentuais de dominância dos grupamentos funcionais (GAF) ao longo do perfil longitudinal da bacia do Rio Macaé (RJ).

GAF	1 ^a Ordem (%)	2 ^a Ordem (%)	4 ^a Ordem (%)	5 ^a Ordem (%)	6 ^a Ordem (%)
Predadores	11,18	11,11	20,74	14,54	3,85
Coletores	54,32	66,20	40,26	77,26	90,53
Cortadores	28,50	19,13	35,51	2,53	1,35
Raspadores	6	3,65	3,48	5,67	4,25

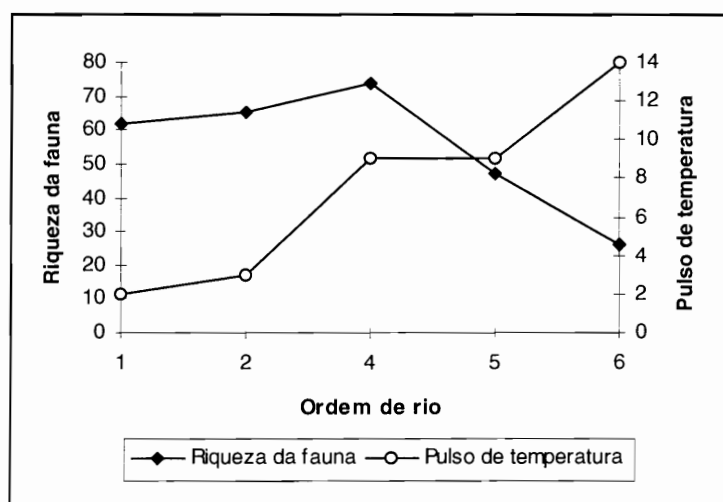


Fig. 2. Relações entre pulso de temperatura diária e riqueza de fauna entre os locais de estudo.

A quantificação do peso seco da matéria orgânica bentônica entre as ordens indicou haver uma tendência para o decréscimo da MOPB, acompanhada do aumento da MOPF com o aumento do tamanho do rio (Tab. III).

Tabela III. Razão do peso seco entre MOPB/MOPF nas cinco estações de coleta na bacia do Rio Macaé. MOB - Matéria Orgânica Bentônica; MOPB - Matéria Orgânica Particulada Bruta MOPF - Matéria Orgânica Particulada Fina.

Biomassa da MOB	1 ^a Ordem	2 ^a Ordem	4 ^a Ordem	5 ^a Ordem	6 ^a Ordem
MOPB (g)	87,9	288,6	413,6	145,2	53,8
MOPF (g)	25,0	32,2	65,8	209,3	43,8
MOPB/MOPF	3,50	8,96	6,28	0,69	1,23

Discussão

Historicamente, uma das visões do conceito central do funcionamento dos ecossistemas de rio é a das comunidades sendo estruturadas por interações bióticas de acordo com as variações do ambiente na escala espacial e temporal, formando assim, comunidades fortemente estruturadas e interdependentes. Na visão oposta, a biota dos rios é um agrupamento de espécies oportunistas, sobrevivendo e aumentando suas populações enquanto as condições são favoráveis entre os períodos de enchentes catastróficas e de seca (REICE, 1994).

A concepção mais aceita atualmente é formada pelo conceito moderador proposto no CCR por VANNOTE *et al.* (1980), que conduz a uma interpretação na qual as comunidades encontrar-se-iam entre esses dois extremos, sendo organizadas e limitadas tanto por processos determinísticos quanto por fatores estocásticos.

De acordo com VANNOTE *et al.* (1980) as comunidades lólicas podem ser grosseiramente agrupadas conforme o tipo de processo predominante utilizado por seus membros para obtenção de alimento. Assim sendo, nos rios de cabeceira predominam condições heterotróficas detritívoras, baseadas na utilização de matéria alóctone proveniente da mata vizinha. À medida que a influência da cobertura vegetal diminui, passam a predominar no rio processos autotróficos que determinam uma modificação na biota, a fim de maximizar a utilização dos novos recursos agora disponíveis. Essa transição, para rios que se encontram em florestas decíduas ou de coníferas (condições para as quais o CCR foi proposto) foi identificada como ocorrendo aproximadamente em trechos de 3ª ordem (VANNOTE *et al.*, 1980). Deste modo, os autores consideram rios de cabeceiras os trechos situados de 1ª a 3ª ordens, onde predominam processos heterotróficos. Os trechos médios (4ª a 6ª ordens) correspondem a seções sujeitas à grande influência das condições autotróficas. Nos trechos inferiores de rios maiores que a 6ª ordem, ocorre a redução do tamanho do material orgânico transportado, aumento da turbidez e redução da produtividade primária, favorecendo assim o predomínio de organismos coletores.

Nas condições encontradas na bacia do rio Macaé, a estrutura e composição da fauna de insetos aquáticos mostrou uma nítida separação de 1ª a 4ª ordens em relação às encontradas em 5ª e 6ª ordens (BAPTISTA *et al.*, 1998). Os mesmos autores verificaram que essa disruptura no padrão da fauna podia ser explicada em parte pelo predomínio de cortadores nos trechos superiores e de coletores à jusante. De acordo com as características fisiográficas encontradas no trecho de 4ª ordem, podemos observar que neste trecho do rio deve se situar a zona de transição de heterotrofia para autotrofia.

Segundo STATZNER & HIGLER (1985) as ordens de rios não expressam uma descrição confiável do ambiente físico do rio, devendo ser consideradas condições particulares de sua morfologia, tais como inclinação e litografia, bem como as características de estresse hidráulico decorrentes da geomorfologia da rede hidrológica. Deste

modo observamos que para a bacia do rio Macaé, o trecho médio de rio mais característico encontra-se entre o final do ritron médio em 4ª ordem, a uma altitude aproximada de 700 metros, até o ritron inferior já em 6ª ordem, acerca de 200 metros, onde ocorrem processos físicos característicos de uma zona de transição entre condições erosivas e de deposição, tais como diminuição da profundidade dos poções nos trechos de 5ª ordem e aparecimento de meandros no ritral inferior de 6ª ordem. A partir deste trecho verifica-se uma progressão para uma zona de deposição, com a 6ª ordem apresentando características de potamal superior.

Observando as condições descritas acima, podem ser considerados como rios de cabeceira na bacia do rio Macaé, os trechos de 1ª a 4ª ordens até uma altitude próxima dos 800 metros; trecho médio de 4ª ordem a 700 metros até 6ª ordem a 200 metros e trecho inferior de 6ª ordem de 200m até a foz.

VANNOTE *et al.* (1980) argumentam que, em rios sob condições naturais, a distribuição longitudinal da riqueza de espécies acompanha uma curva normal com o pico ocorrendo no trecho médio do rio. Segundo o CCR, este padrão é modelado, dentre outros fatores, pela curva do pulso de temperatura diária da água ao longo do gradiente. Nesse contexto, nossos resultados corroboram parcialmente as predições do CCR, tendo o valor máximo de riqueza ocorrido no trecho de 4ª ordem, local de transição entre trechos de cabeceira e trechos médios de rio, acompanhando também uma maior amplitude nas temperaturas diárias da água. Cabe ressaltar que não consideramos o pulso de 14 °C registrado em 6ª ordem, devido aos efeitos percebidos pelo assoreamento e diminuição da lâmina d'água, acarretando uma diminuição da capacidade de tamponamento das variações diárias de temperatura da água, em função da perda do efeito regulador ligado ao fenômeno de aquecimento e dissipação de calor nas grandes massas de água (MINSHALL, *et al.* 1985).

NAIR *et al.* (1989) encontraram para rios indianos uma maior riqueza de insetos aquáticos também em trecho médio de rio, porém não observaram modificações no pulso de temperatura ao longo do perfil longitudinal. Desta forma, os autores relacionam a maior diversidade neste trecho do rio a uma maior complexidade do hábitat e não ao pulso de temperatura. Nossos resultados indicaram que o pulso de temperatura manteve-se constante nos trechos de rios de 4ª e 5ª ordem, porém, registrando um decréscimo na riqueza. A diminuição da riqueza em 5ª ordem pode estar relacionada mais fortemente com os efeitos do aumento do estresse hidráulico e processos de sedimentação nas áreas de poções do que à perda de heterogeneidade do hábitat.

O CCR propõe que a biota se ajuste funcionalmente de acordo com as condições de fluxo de energia no rio, havendo uma diminuição proporcional de MOPB/MOPF em direção à foz. Deste modo, haveria maior disponibilidade de material orgânico particulado bruto nos trechos de cabeceira, refletindo-se em um maior número de cortadores do que nos trechos inferiores, onde estariam disponíveis maiores quantidades de partículas finas em suspensão, favorecendo assim a dominância pelos coletores.

Nossos resultados corroboram esta interpretação, tendo sido verificada uma tendência de diminuição da razão MOPB/MOPF conforme o aumento do tamanho do rio, seguida também de grande contribuição percentual no número de cortadores nos trechos superiores e coletores nas áreas inferiores (Tabela III e Fig. 3).

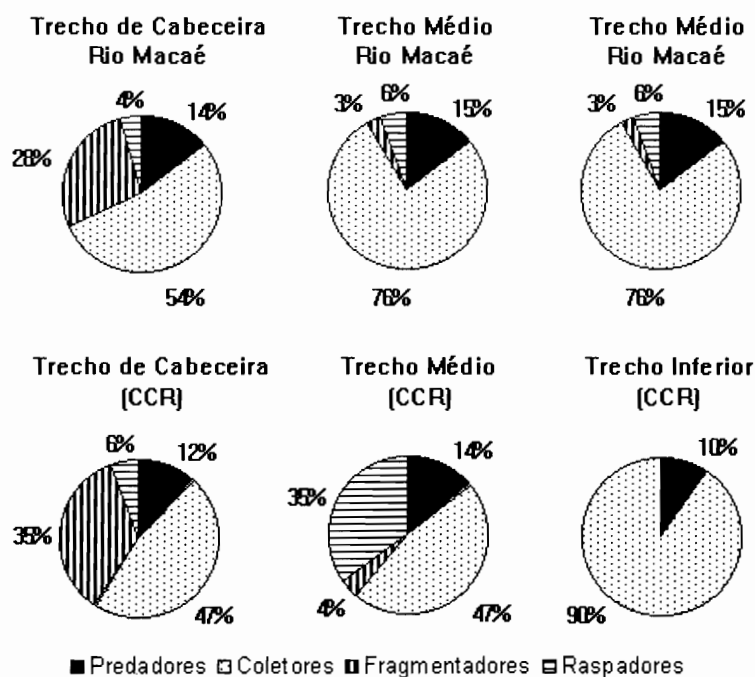


Fig.3. Comparação entre os resultados obtidos para a bacia do rio Macaé e o modelo proposto pelo CCR (VANNOTE et al., 1980) quanto à participação relativa das categorias funcionais tróficas.

Os estudos de BURTON & SIVARAMAKRISHNAN (1993) e DUDGEON (1994), conduzidos em rios tropicais na Índia e Nova Guiné respectivamente, apresentaram resultados conflitantes se comparados com os obtidos no presente trabalho. Em ambos os países asiáticos, os autores não encontraram qualquer consistência no decréscimo na abundância de cortadores em direção à foz, uma vez que eles foram pouco representados em todas as ordens de rio estudadas. DUDGEON (1994) conclui que este fato poderia ser um reflexo ou de uma história biogeográfica desfavorável à penetração de tais grupos nesta região, ou ainda estar relacionado à baixa capacidade de retenção da matéria orgânica bentônica bruta, devido a características hidrológicas e regimes de precipitação peculiares.

A classificação dos invertebrados bentônicos em agrupamentos de alimentação funcional é um atributo fundamental do CCR. Assim sendo, segundo os autores do conceito, a organização funcional das comunidades aconteceria de forma previsível ao longo do gradiente longitudinal, com os cortadores sendo co-dominantes com os coletores nos trechos de cabeceira, refletindo a importância da zona ripária. Com o aumento do tamanho do rio, haveria uma redução geral no tamanho das partículas de detritos, aumento gradual no número de coletores e diminuição nos cortadores. O domínio dos raspadores acompanharia as mudanças na produtividade primária, sendo maximizado em rios de tamanho médio. Os predadores manteriam seu percentual de dominância inalterado ao longo do gradiente.

Os percentuais de dominância dos GAF encontrados para a bacia do rio Macaé, quando comparados com os apresentados por VANNOTE *et al.* (1980) segundo a divisão do rio em trechos de cabeceira, médio e inferior, responderam de forma semelhante às predições do CCR (Fig.3). Cabe ressaltar que a inconsistência observada no percentual de raspadores esperado para o trecho médio de rio na bacia em questão, pode ser explicada pela ausência de moluscos gastrópodos (raspadores), grupo este, comum nos rios onde o CCR foi testado.

Em geral, a variação no domínio dos GAF disposta ao longo do perfil da bacia do Rio Macaé, foi semelhante às obtidas por NAIR *et al.* (1989) e conflitante com as de WINTERBOURN *et al.* (1981); KING *et al.* (1987a, 1987b, 1988), BURTON & SIVARAMAKRISHNAN (1993) e DUDGEON (1994) para alguns rios tropicais ou situados em clima subtropical e temperados do hemisfério sul.

Concluimos que o exame de algumas das predições do CCR para a bacia em questão, situada em áreas da floresta umbrófila densa de Mata Atlântica foram válidas. No entanto, devemos ter cautela quanto a generalizações, pois outros rios, mesmo no domínio da Mata Atlântica, podem exibir padrões diferenciados, tais como alta declividade nos rios da vertente da Serra da Bocaina que corre para o oceano devido à redução de seus dispositivos de retenção e regime de precipitação; e rios que percorrem a Serra da Mantiqueira que estão sob influência de uma floresta decídua, que apresentam maior definição entre as estações seca e chuvosa, contribuindo para a formação de um padrão diferenciado no período de queda da folhagem.

Agradecimentos

Aos Professores Dr. Alcimar do Lago Carvalho (Museu Nacional -UFRJ), Elidiomar Ribeiro da Silva (UNIRIO), † Rosalys Guahyba (Museu Nacional - UFRJ) e Nélson Ferreira Junior (UFRJ) pelo auxílio na identificação do material. A David e Bell Müller pela ajuda oferecida nas altas montanhas de Macaé de Cima.

Referências bibliográficas

- BAPTISTA, D.F., DORVILLÉ, L.F.M., BUSS, D.F. & J.L. NESSIMIAN 1998. Distribuição de comunidades de insetos aquáticos no gradiente longitudinal de uma bacia fluvial do Sudeste brasileiro. *In: Nessimian, J.L. & A.L. Carvalho (Eds), Ecologia de Insetos Aquáticos (Oecologia brasiliensis V)*, PPGE-UFRJ, Rio de Janeiro, p. 191-207.
- BARMUTA, L.A. & P.S. LAKE 1982. On the value of the river continuum concept. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, **16**: 227-231.
- BRUSSOCK, P.P. & A.V. BROWN 1991. Riffle-pool geomorphology disrupts longitudinal patterns of stream benthos. *Hydrobiologia*, **220**: 109-117.
- BURTON, T.M. & K.G. SIVARAMAKRISHNAN 1993. Composition of the insect community in the streams of the Silent Valley National Park in Southern India. *Tropical Ecology*, **34**(1): 1-16.
- CORKUM, L.D. 1989. Patterns of benthic invertebrate assemblages in rivers of northwestern North America. *Freshwater Biology*, **21**: 191-205.
- CORKUM, L.D. 1992. Spatial distributional patterns of macroinvertebrate along rivers within and among biomes. *Hydrobiologia*, **239**: 101-114.
- CUMMINS, K.W., MINSHALL, G.W., SEDELL, J.R., CUSHING, C.E. & R.C. PETERSEN 1984. Stream ecosystem theory. *Verhandlungen der Internationalen Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie*, **22**: 1818-1827.
- CULP, J.M. & R.W. DAVIES 1982. Analysis of longitudinal zonation and river continuum concept in the Oldman-South Saskatchewan river system. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **39**:1258-1266.
- DUDGEON, D. 1994. The influence of riparian vegetation on macroinvertebrate community structure and functional organization in six new Guinea streams. *Hydrobiologia*, **294**: 65-85.
- JOHNSON, B.L., RICHARDSON, W.B. & T.J. NAIMO 1995. Past, present, and future concepts in large river ecology. *BioScience*, **45**: 134-141.
- KING, J.M., DAY, J.A., DAVIES, B.R. & M.P. HENSHALL-HOWARD 1987a. Particulate organic matter in a mountain stream in the southwestern Cape, South Africa. *Hydrobiologia*, **154**:165-187.
- KING, J.M., HENSHALL-HOWARD, M.P., DAY, J.A. & B.R. DAVIES 1987b. Leaf pack dynamics in a southern African mountain stream. *Freshwater Biology*, **18**: 325-340.

- KING, J.M., DAY, J.A., HURLY, P.R., HENSHALL-HOWARD, M.P. & B.R. DAVIES 1988. Macroinvertebrate communities and environment in a southern African mountain stream. *Canadian Journal Fisheries Aquatic Sciences*, **45**:2168-2181.
- LUDWIG, J.A. & J.F. REYNOLDS 1988. *Statistical Ecology: a primer on methods and computing*. John Wiley & Sons INC., New York, xviii + 340 p.
- MERRITT, R.W. & K.W. CUMMINS (Eds) 1984. *An introduction to the aquatic insects of North America (2nd ed.)*. Kendall-Hunt Pub. Co., Dubuque, 722 p.
- MINSHALL, G.W., PETERSEN, R.C., CUMMINS, K.W., BOTT, T.L., DEDELL, J.R., CUSHING, C.E. & R.L. VANNOTE 1983. Interbiome comparison of stream ecosystem dynamics. *Ecological Monography*, **53**: 1-25.
- MINSHALL, G.W., CUMMINS, K.W., PETERSEN, R.C., CUSHING, C.E., BURNS, J.R., SEDELL, J.R. & R.L. VANNOTE 1985. Developments in stream ecosystem theory. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **42**: 1045-1054.
- NAIR, N.B., ARUNACHALAN, M., MADHUSOODANAN, N.K.C. & H. SURYANARAYANAN 1989. A spatial study of the Neyyar river in the light of the River-Continuum-Concept. *Tropical Ecology*, **30**(1): 101-110.
- REICE, S.R. 1994. Nonequilibrium determinants of biological community structure. *American Scientist*, **82**: 424-435.
- STATZNER, R.B. & B. HIGLER 1985. Questions and comments on the river continuum concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **42**:1038-1044.
- 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.
- WINTERBOURN, M.J., ROUNICK, J.S. & B. COWIE 1981. Are New Zealand stream ecosystems really different ? *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, **15**:321-328.

Endereço:

BAPTISTA, D.F. / BUSS, D.F.

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 Rio de Janeiro.