

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**Efeitos da predação de *Serrapinnus notomelas* (Eigenmann, 1915)
(Pisces Characiformes) e *Serrasalmus maculatus* (Kner, 1858) (Pisces
Characiformes) sobre a comunidade planctônica: uma abordagem
experimental**

Maria Cinira Chiquinatto Parenti

Orientador: Prof. Dr. Marcos Gomes Nogueira

Co-orientador: Mateus Ferrareze Feitosa

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito para a
obtenção do grau de Bacharel em
Ciências Biológicas no Instituto de
Biociências da Universidade
Estadual Paulista “Júlio de Mesquita
Filho” - Campus de Botucatu.

Botucatu – SP

2009

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO
DA INFORMAÇÃO.
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CAMPUS DE BOTUCATU - UNESP
BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: SELMA MARIA DE JESUS

Parenti, Maria Cinira Chiquinatto.

Efeitos da predação de *Serrapinnus notomelas* (Eigenmann, 1915) (Pisces Characiformes) e *Serrasalmus maculatus* (Kner, 1858) (Pisces Characiformes) sobre a comunidade planctônica: uma abordagem experimental / Maria Cinira Chiquinatto Parenti. – Botucatu : [s.n.], 2009.

Trabalho de conclusão (bacharelado – Ciências Biológicas) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Botucatu, 2009

Orientador: Marcos Gomes Nogueira

Co-orientador: Mateus Ferrareze Feitosa

1. Zooplâncton 2. Peixes - Preservação 3. Reservatórios

Palavras-chave: Cascata trófica; Clorofila; Mesocosmo; Peixes; Zooplâncton

Efeitos da predação de *Serrapinnus notomelas* (Eigenmann, 1915) (Pisces Characiformes) e *Serrasalmus maculatus* (Kner, 1858) (Pisces Characiformes) sobre a comunidade planctônica: uma abordagem experimental

Maria Cinira Chiquinatto Parenti¹, Marcos Gomes Nogueira¹ e Mateus Ferrareze Feitosa¹

¹ – Departamento de Zoologia, Instituto de Biociências – UNESP, Botucatu

parenti85@yahoo.com.br

Resumo: A importância dos predadores vertebrados na dinâmica das redes tróficas e na teoria da cascata trófica destaca o papel dos peixes, na determinação da composição e na dinâmica da comunidade planctônica. O estudo teve como objetivo verificar experimentalmente o possível impacto que as relações tróficas dos peixes *Serrapinnus notomelas* e *Serrasalmus maculatus* podem produzir sobre o fitoplâncton e o zooplâncton presentes em lagoas marginais no trecho de montante do reservatório de Rosana, SP/PR. Um experimento utilizando-se de mesocosmos, com quatro tratamentos (controle; *S. notomelas*; *S. maculatus*; *S. notomelas* e *S. maculatus*) e três repetições, foi conduzido “*in situ*” no reservatório de Rosana. Analisando a dieta dos peixes, e a variação do zooplâncton e da clorofila *a* (biomassa de fitoplâncton) durante o período do estudo, pode-se constatar como a presença desses peixes, tanto separadamente quanto juntos, afeta a dinâmica do sistema. A análise do zooplâncton, ao final dos tratamentos com peixes, mostrou que havia uma quantidade menor de indivíduos comparado ao controle, indicando que houve de fato predação. Em relação à variação de clorofila *a*, notamos que houve um aumento em todos os tratamentos, o que seria esperado se o zooplâncton estivesse diminuído (cascata trófica – efeito “top-down”). Porém, no tratamento em que *S. notomelas* estava presente, essa clorofila *a* deveria (mas não ocorreu) ter decrescido, já que foi encontrada uma grande quantidade de algas na análise do conteúdo estomacal dessa espécie. No tratamento em que as duas espécies de peixes estavam presentes pode-se inferir que, ao sofrer uma pressão de predação, *S. notomelas* prefere desenvolver uma estratégia de fuga a uma de busca por alimento. Os dados indicam que houve problemas metodológicos, como o pouco tempo para aclimatação, especialmente no tratamento com *S. notomelas*. Mesmo assim enfatizamos a importância da experimentação nos estudos de sistemas complexos.

Palavras – chave: cascata trófica, mesocosmo, zooplâncton, clorofila, peixes

Introdução

Os ecossistemas, tanto os terrestres como os aquáticos, têm sua ecologia trófica baseada na ciclagem de nutrientes e no fluxo de energia. A transferência de energia ao longo da cadeia alimentar se dá através de transformações unidirecionais (fluxo de energia) (Odum e Barrett, 2007). A energia flui através do ecossistema e de seus componentes biológicos e é utilizada apenas uma vez, enquanto minerais e nutrientes tendem a reciclar-se entre os componentes biológicos e não-biológicos (abióticos) do ecossistema (Tundisi e Matsumura-Tundisi, 2008). De acordo com os princípios da termodinâmica (segunda lei ou lei da entropia) a energia é degradada à medida que ocorrem transformações, e há perdas para os sistemas biológicos quando da passagem desta entre os vários níveis (Tundisi e Matsumura-Tundisi, 2008).

Em contraste com o fluxo de energia, a matéria apresenta um comportamento cíclico. O produtor utiliza-se de nutrientes dissolvidos, que posteriormente são incorporados ao consumidor primário, o qual servirá de alimento a um consumidor secundário. Quando há a morte de um indivíduo, os decompositores agem devolvendo a matéria ao meio e fechando o ciclo.

Para Tundisi e Matsumura-Tundisi (2008) o termo fitoplâncton descreve um grupo polifilético de organismos fotossintéticos, unicelulares ou coloniais, que têm grande importância como produtores de matéria orgânica e estão na base da rede alimentar aquática. Os principais componentes desses organismos são as clorofilas e os carotenóides, dos quais a clorofila *a* é a responsável pela transformação da energia química da fotossíntese. Logo, sua concentração pode ser utilizada para estimar a quantidade de biomassa do fitoplâncton nos ecossistemas aquáticos (Reynolds, 1989).

As inter-relações de dependência entre os diversos componentes das comunidades são fundamentais e sua dinâmica permite caracterizar as principais funções dos componentes e a estrutura do sistema. Fitoplâncton e zooplâncton são componentes, respectivamente autotróficos e heterotróficos, do plâncton e encontram-se inter-relacionados, pois a comunidade fitoplanctônica é utilizada como alimento pelo zooplâncton herbívoro (Tundisi e Matsumura-Tundisi, 2008).

A comunidade zooplanctônica das águas continentais desempenha um papel importante na cadeia alimentar, transferindo massa e energia dos produtores primários para níveis tróficos superiores (Odum, 2004). Cladóceros, copépodes, rotíferos e protozoários são os principais grupos dessa comunidade. Esses organismos são filtradores ou podem ter alimentação raptorial, a maioria alimenta-se de fitoplâncton ou bacterioplâncton, ocorrendo ainda predação de rotíferos, copépodes ciclopoídes sobre outros organismos do zooplâncton (Tundisi e Matsumura-Tundisi, 2008).

A importância dos predadores vertebrados na dinâmica das redes tróficas destaca o papel dos peixes, particularmente na composição e na dinâmica da comunidade zooplânctônica, em cuja base está o fitoplâncton fotossintetizante, teoria da cascata trófica (Carpenter *et al.*, 1985). Scheffer (1991) demonstrou o controle “top-down” (de cima para baixo) que os peixes podem provocar no ecossistema, através de um modelo simples. Peixes, ao se alimentarem de zooplâncton, faz com que esses diminuam e, conseqüentemente, o fitoplâncton tende a aumentar. No caso do controle “bottom up”, a disponibilidade de nutrientes aos produtores é o principal fator modulador da distribuição da biomassa nos níveis tróficos.

A interação dos peixes com o ecossistema aquático ocorre por meio de inter-relações alimentares e dos possíveis efeitos na composição química da água (respiração e excreção) e sedimento (remoção de outros organismos, perturbação no sedimento). Os peixes têm uma importância ecológica e econômica fundamental, pois deles depende o funcionamento e a estrutura desses ecossistemas e a sobrevivência de muitas populações humanas (Tundisi e Matsumura-Tundisi, 2008).

Os peixes pelágicos podem ser planctófagos ou piscívoros. A alimentação seletiva dos peixes pode alterar consideravelmente a estrutura da comunidade planctônica. Predadores como a piranha (gênero *Serrasalmus*) e o tucunaré (*Cichla* sp.), por exemplo, podem apresentar efeitos estruturadores na rede alimentar (Tundisi e Matsumura-Tundisi, 2008). A introdução destas pode produzir extensas alterações nos ambientes.

O estudo da dieta dos peixes permite interpretar as relações tróficas que uma determinada espécie pode desempenhar no ecossistema aquático (Hahn *et al.*, 1997). A análise da dieta é importante nos estudos de predação, competição, assim como no acesso às informações sobre a ecologia alimentar dos peixes (Costello, 1990).

Para testar o impacto da comunidade de peixes sobre o plâncton o uso de algumas ferramentas como análises comparativas entre habitats, experimentação em laboratório e no campo (mesocosmos), entre outras, nos ajuda a entender o funcionamento e a dinâmica do sistema (Carpenter e Kitchell, 1993).

Estudos com mesocosmos têm sido realizados na América do Sul, entre eles podemos citar os de Sinistro *et al.* (2006) e Sinistro *et al.* (2007). Sinistro *et al.* (2006) testaram o efeito da deficiência de iluminação sobre a comunidade planctônica e perceberam que essa diminuição da luz favoreceu a substituição de autótrofos obrigatórios por organismos mixotróficos e heterotróficos. A abundância de algas estritamente autotróficas respondeu ao gradiente de luz de melhor maneira nos microcosmos totalmente expostos ao longo das experiências. Sinistro *et al.* (2007) compararam o efeito do zooplâncton sobre o fitoplâncton e níveis inferiores (ciliados, nanoflagelados heterotróficos e picoplâncton) e observaram que num primeiro momento as frações de nanofitoplâncton (3-30µm) foram consumidas, enquanto as frações maiores aumentaram. Posteriormente essa fração maior decresceu devido a um aumento na abundância

de grandes herbívoros. Os resultados desse experimento indicaram o efeito de cascata trófica em níveis da comunidade microbiana (copépodes → microzooplâncton → nanoflagelados heterotróficos → picoplâncton).

O presente estudo teve como objetivo verificar experimentalmente “in situ” o possível impacto que as relações tróficas de peixes podem produzir sobre a comunidade planctônica (fito e zooplâncton) que ocorrem em lagoas marginais no trecho de montante do reservatório de Rosana, SP/PR (rio Paranapanema).

Procurou-se avaliar a relação entre os peixes *Serrapinnus notomelas* (Eigenmann, 1915) e juvenis de *Serrassalmus maculatus* (Kner, 1858) e os organismos do plâncton, analisando suas dietas, preferência e possível seletividade alimentar; como a presença de *S. notomelas* ou *S. maculatus* afeta a regulação do sistema onde estão inseridos; e, além disso, como *S. maculatus* atua sobre o comportamento *S. notomelas*, quando ambos interagem no mesmo ambiente, e a consequência disso nesse sistema.

A escolha das espécies de peixes ocorreu, primeiramente, devido aos comportamentos alimentares diferenciados. Em segundo lugar, porque *S. maculatus*, mesmo jovem, é um possível predador de *S. notomelas*. A espécie *S. notomelas* é de pequeno porte e apresenta uma tendência de se alimentar de algas e fragmentos vegetais (Casatti *et al.*, 2003). Os indivíduos de *S. maculatus*, na fase inicial de desenvolvimento, alimentam-se preferencialmente de macroinvertebrados aquáticos, zooplâncton e de pequenos peixes, além de fragmentos vegetais (Villares Junior *et al.*, 2008). Ambas as espécies ocorrem abundantemente no ambiente de estudo (lagoas do baixo rio Paranapanema) (Ferrareze e Nogueira, no prelo).

A hipótese inicial é que a presença de *S. maculatus* desencadearia um aumento de fitoplâncton decorrente da diminuição de seus predadores, o zooplâncton; o inverso estava previsto para *S. notomelas*, já que esses se utilizam do fitoplâncton para a alimentação. Na interação entre os dois peixes, *S. notomelas*, possivelmente sendo predado por *S. maculatus*, apresentaria um comportamento de fuga ao invés de procura por alimento e a abundância do fitoplâncton aumentaria.

Material e Métodos

Área de estudo

O experimento foi realizado no trecho de montante do reservatório de Rosana (22°36'03.90"S; 52°09'54.90"W), bacia hidrográfica do rio Paranapanema (22° - 26° S; 47° - 54°W) (Figura 1). Trata-se de uma área com características de uma lagoa marginal e que apresenta ampla conexão com o canal do rio devido à construção do reservatório.

A bacia hidrográfica do rio Paranapanema estende-se pelo Sudoeste do Estado de São Paulo e Norte do Estado do Paraná. A área drenada é de 100.800 km², sendo 47% no território paulista e 53% no Paraná. O curso principal do rio tem direção Leste – Oeste (CESP, 1987).

O reservatório de Rosana está localizado na região oeste do Estado de São Paulo e é o último de uma série de 11 reservatórios construídos no rio Paranapanema, estando sua barragem localizada a 22° 36'S e 52° 52'W. Sua área de drenagem é de 11.000 km², com superfície do espelho d'água de 276,14 km² (CESP, 1987). Trata-se de um reservatório do tipo “fio d'água” com tempo médio de residência da água entre 18 e 21,3 dias (CESP- USP, 1994; Nogueira *et al.*, 2002). Neste reservatório não ocorre estratificação térmica e a temperatura da superfície da água pode atingir valores elevados (32 °C).

A utilização de dados de transparência da água, de concentração de clorofila e de fósforo tem levado à classificação do reservatório como sendo oligotrófico, eventualmente mesotrófico na sua zona superior (Nogueira *et al.*, 2002).

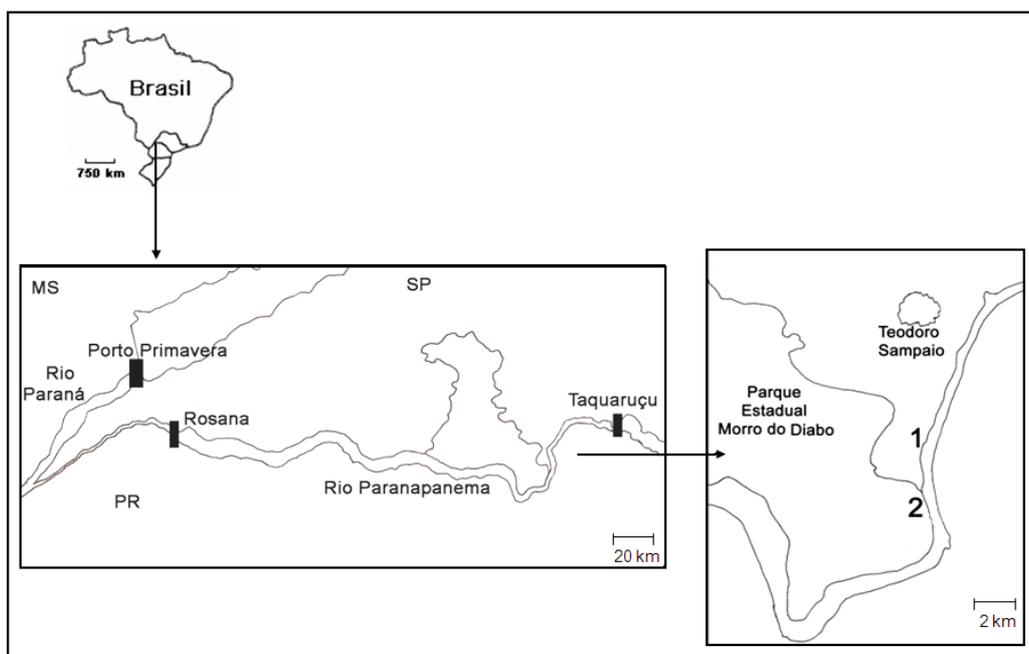


Figura 1. Reservatório de Rosana no rio Paranapanema, observa-se o local do experimento (1) e o ponto de coleta dos peixes (2).

A região onde foi conduzido o estudo está compreendida no grande grupo climático temperado quente. Esta região possui duas estações sazonais bem definidas pelo regime pluviométrico: estação chuvosa e de seca (Duke Energy, 2001).

Hoje, em ambos Estados (SP e PR), o diagnóstico da situação ambiental na região indica a quase inexistência de matas ciliares na região, restando somente poucos fragmentos florestais em alguns municípios (Rosana, Teodoro Sampaio e Euclides da Cunha) (Duke Energy, 2001).

Delineamento experimental

O experimento foi realizado entre os dias 10 e 13 de fevereiro de 2009 utilizando-se de mesocosmos. Os mesocosmos foram feitos de sacos plásticos transparentes (capacidade de 100L) dispostos em uma estrutura flutuante; cada um foi preenchido com água do ambiente de entorno, ainda, foi acrescentado pesos no fundo para que ficassem na posição vertical da coluna d'água. O uso de aros circulares de metal na boca permitiu que os mesocosmos permanecessem abertos, com sua superfície exposta ao ar. A estrutura ficou localizada próxima à margem a uma profundidade média de 2,0 m (Figura 2).

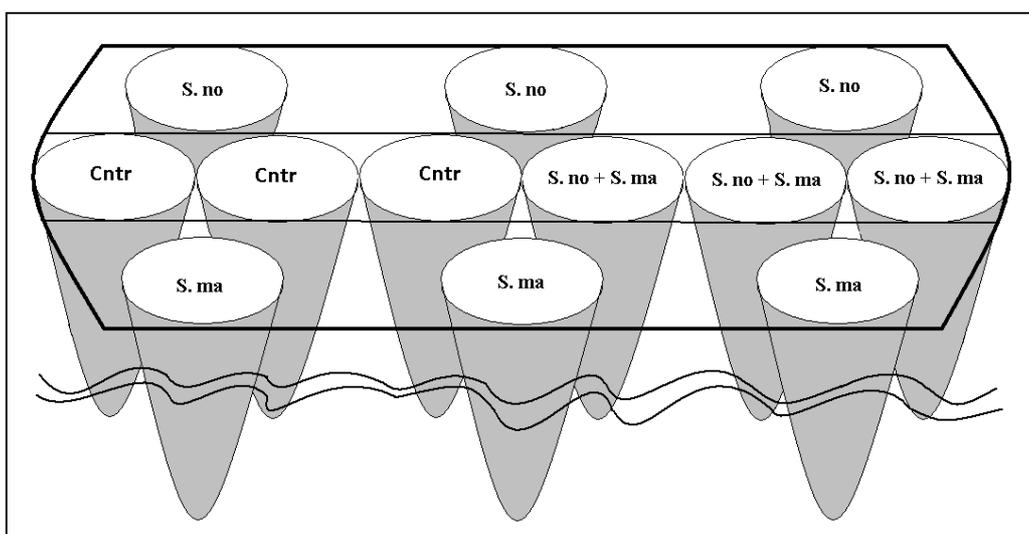


Figura 2. Esquema da disposição do experimento. Legendas: Cntr: controle; S. no: *S. notomelas*; S. ma: *S. maculatus*.

Foram realizados 4 tratamentos com tréplicas, totalizando 12 mesocosmos. Os tratamentos foram os seguintes: T1. controle – somente com as assembléias de fitoplâncton e zooplâncton; T2. assembléias de fitoplâncton, zooplâncton e *S. notomelas*; T3. assembléias de fitoplâncton, zooplâncton e juvenis de *S. maculatus* e T4. assembléias de fitoplâncton, zooplâncton, *S. notomelas* e juvenis de *S. maculatus*.

O controle (T1) foi usado para a comparação com os outros tratamentos, pois não há presença dos peixes (os quais mudam a regulação do sistema a ser testada). Nos demais tratamentos foram utilizados 1 exemplar jovem de *S. maculatus* e 2 adultos de *S. notomelas* por mesocosmo, em um total de 6 e 12 indivíduos, respectivamente.

A coleta dos peixes foi realizada numa das lagoas marginais do reservatório conhecida como lagoa do Morro (22°36'54.54"S; 52°09'49.30"W), pertencente ao Parque Estadual do Morro de Diabo, SP (Figura 1). Essa coleta se deu próxima às margens e bancos de macrófitas flutuantes, através de rede de arrasto com malha de 0,3cm entre nós. Depois de coletados, os peixes foram adicionados nos mesocosmos, seguindo a proporção relativa encontrada naturalmente no meio (Ferrareze e Nogueira, no prelo). A confirmação da identificação das espécies seguiu Reis *et al.* (2003).

O zooplâncton foi concentrado próximo ao local do experimento, através de arrastos horizontais e em cada mesocosmo foram adicionadas porções iguais (± 650 ml) desse concentrado. Para o fitoplâncton não foi feito nenhum procedimento especial, foi adicionado apenas o que estava no ambiente junto com a água dos mesocosmos e o que foi possivelmente concentrado com o zooplâncton.

Ao longo dos dias do experimento procurou-se observar também a aclimação dos peixes ao mesocosmos, registrando fenômenos como, por exemplo, a morte de espécimes (devido a não aclimação) ou ainda a ocorrência de predação de *S. maculatus* sobre *S. notomelas*.

Por fim os peixes foram fixados em formol 10% e seus conteúdos estomacais foram analisados em laboratório, segundo os métodos descritos por Bowen (1992). A composição percentual (Hynes, 1950) e a frequência de ocorrência (Bowen, 1992) foram calculadas para cada item.

Caracterização das condições ambientais

Parâmetros limnológicos

A fim de caracterizar o ambiente do entorno e assumindo uma variação similar no interior dos mesocosmos, as variáveis limnológicas foram analisadas em um ponto próximo ao experimento. Foram obtidos perfis de pH, condutividade, turbidez e temperatura da coluna d'água com uma sonda multiparâmetros da marca Horiba U-22, medida a profundidade (sonda Speedtech) e a transparência através de imersão e desaparecimento visual do disco de Secchi. Amostras de água foram coletadas nos dias 11/02, durante o período da noite (metade do experimento), e no dia 13/02 durante o período da manhã (final do experimento) em cada mesocosmo para determinação da concentração de clorofila *a* (biomassa de fitoplâncton) e material em suspensão (total, orgânico e inorgânico).

Para a determinação de clorofila *a* foi feita filtração utilizando-se bomba a vácuo blindada Tecnal e conjunto Millipore de 1000 ml para cada mesocosmo. Posteriormente foi realizada a extração da clorofila *a* através de maceração manual dos filtros (Millipore AP40) em acetona 90% fria (Talling and Driver, 1963) e sua concentração calculada segundo Golterman *et al.* (1978). Os dados de clorofila *a* foram utilizados como um indicador da biomassa de fitoplâncton (Reynolds, 1989).

Quanto ao material em suspensão utilizou-se da técnica gravimétrica (Cole, 1979). Procedeu-se a filtração de 1000 ml de água de cada mesocosmo (filtros Millipore AP40) e em laboratório foi feita a determinação do material sólido em suspensão total, após a secagem em estufa (70 °C – 24h) e das frações inorgânica e orgânica – secagem em forno mufla (450 °C – 1 h).

Zooplâncton

Para a análise do zooplâncton duas amostras (11/02 e 13/02) foram retiradas diretamente dos mesocosmos, num volume de aproximadamente 150 ml cada. No final do experimento, o volume de água restante em cada mesocosmo foi determinado, aproximadamente, e filtrado numa rede de plâncton cônica de 50 µm de abertura de malha para tentar estimar a diferença entre os tratamentos. Todas essas amostras foram acondicionadas em frascos apropriados e fixadas com solução de formol a 4%.

Em laboratório a contagem e identificação do zooplâncton ocorreram sob lupas e microscópios binoculares e segundo bibliografia especializada; para a identificação dos Cladocera foram as seguintes: Elmoor-Loureiro (1997); e Elmoor-Loureiro *et al.* (2004). E para Copepoda os seguintes: Reid (1985), Matsumura-Tundisi (1986), Rocha (1998), Paggi (2001) e Silva e Matsumura-Tundisi (2005).

Análise estatística

Por fim realizaram-se testes comparativos através do programa Sigma 11.0 para as variáveis: clorofila *a*, sólidos em suspensão e zooplâncton. Em primeiro lugar a normalidade dos dados foi testada através de um teste de Tukey e posteriormente uma ANOVA two-way foi usada para comparação das médias entre os tratamentos e entre os períodos.

Resultados

Características físicas e químicas

Os dados das características físicas e químicas podem ser observados na Tabela 1. A profundidade no ambiente variou de 2,5 m no dia 11/02 para 1,5 m no dia 13/02. Os valores de temperatura (T) e condutividade (K) não se alteraram com a profundidade da coluna d'água. Houve uma pequena alteração em relação ao pH. A profundidade de desaparecimento do disco de Secchi foi 1,6 m no primeiro dia e 1,4 m no segundo, desse modo, a penetração de luz era total nesse ponto do rio.

Tabela 1. Perfis físicos e químicos da coluna d'água.

Prof (m)		pH		K (µS.cm ⁻¹)		Turbidez (NTU)		T (°C)	
11/02	13/02	11/02	13/02	11/02	13/02	11/02	13/02	11/02	13/02
0,0	0,0	6,49	6,69	47	46	17	12	28,4	27,0
0,5	0,5	6,54	6,65	47	46	10	12	28,3	27,0
1,0	1,0	6,47	6,60	47	46	9	12	28,3	27,0
1,5	1,5	6,44	6,59	47	46	8	12	28,3	27,0
2,0	–	6,38	–	47	–	8	–	28,3	–
2,5	–	6,35	–	47	–	8	–	28,3	–

A variação nas concentrações de clorofila *a* é apresentada na Figura 3. Comparando-se os dois dias de coleta os valores em T1 permaneceram praticamente os mesmos, não apresentando diferença significativa ($f=0,643$; $p=0,468$). Todos os outros tratamentos apresentaram um aumento significativo de concentração, notadamente o T4 ($p<0,001$) foi o que teve maior aumento em relação ao período anterior, em segundo lugar aparece o T2 ($f=12,138$; $p=0,025$). No canal central do rio os valores de clorofila *a* estavam em torno de $2\mu\text{g L}^{-1}$ no período da coleta.

Os valores do material em suspensão total, exceto em T2, tiveram um aumento no fim do experimento (Figura 4). Ao observarmos a parte orgânica desse material notamos que novamente houve um aumento, com exceção de T2, o qual diminuiu (Figura 5). Apesar do aumento, essas variações não são significativas.

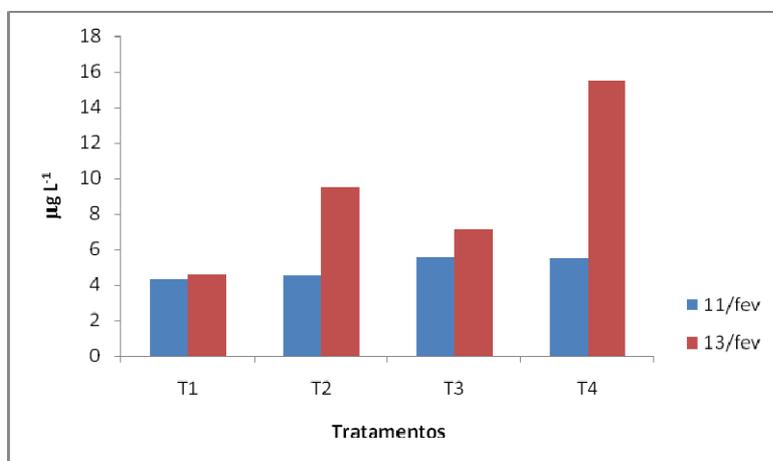


Figura 3. Variação das concentrações de clorofila *a* dos tratamentos na metade e fim do experimento.

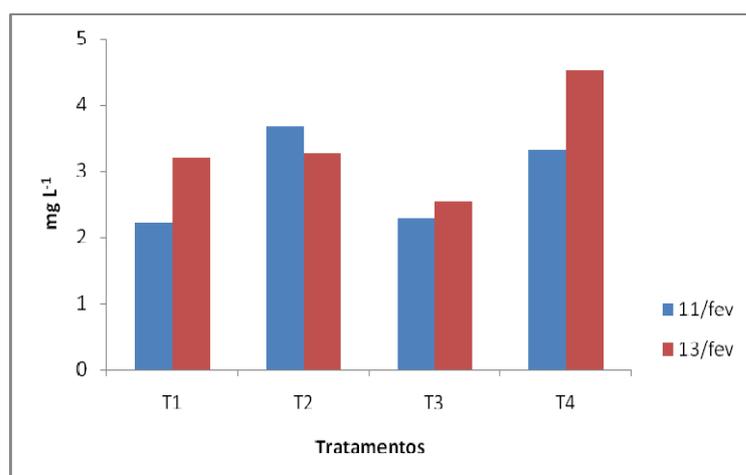


Figura 4. Variação do material em suspensão total dos tratamentos na metade e fim do experimento.

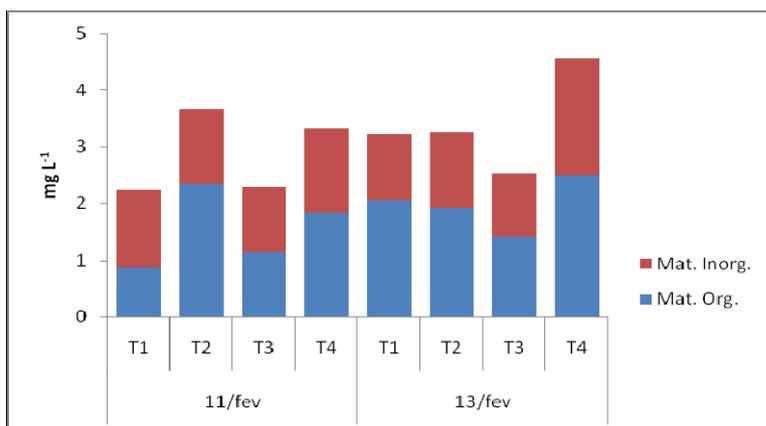


Figura 5. Diferenças entre matéria orgânica e inorgânica entre os quatro tratamentos e entre a metade e fim do experimento.

Hábito Alimentar

Logo no primeiro dia de experimento ocorreu a morte de 3 indivíduos da espécie *S. notomelas* em T4 e ao final somente 1 exemplar dessa espécie estava completamente intacto nesse tratamento; as mortes ocorreram devido à predação por *S. maculatus*. Em T2 foram observadas também algumas mortes de *S. notomelas*, logo no primeiro dia de experimentação metade dos espécimes havia morrido, essas mortes podem ser atribuídas a não aclimação ao espaço dos mesocosmos. Nenhum dos indivíduos de *S. maculatus* pareceu sofrer qualquer dano.

O preenchimento estomacal de *S. notomelas* em T2 ficou entre 100% e 66%; em T4 o volume ocupado foi um pouco menor, com 1 indivíduo chegando a 33%. *Serrassalmus maculatus* teve um preenchimento estomacal tanto em T3 quanto em T4 bem menor, metade dos indivíduos apresentou 0% de volume ocupado e nenhum deles chegou a 100%.

Quanto ao tipo de alimento ingerido, em *S. notomelas* predominaram algas, fragmento vegetal e escamas (Tabela 2). Para *S. maculatus* uma preferência bem definida não pode ser verificada, mas há uma tendência a alimentos de origem animal (Tabela 2).

Em relação ao volume que os itens ocupavam nos estômagos, em média (Tabela 2), observa-se que *S. notomelas* apresentou um maior percentual de alga filamentosa, em ambos os tratamentos (T2 e T4). *Serrassalmus maculatus*, por sua vez, tiveram seus estômagos ocupados majoritariamente por animais.

Tabela 2. Itens alimentares encontrados no conteúdo estomacal dos peixes (S. no: *S. notomelas*; S. ma: *S. maculatus*) em frequência de ocorrência (FO); porcentagem de aparecimento (FO%); volume ocupado nos estômagos (V %).

Táxons/ Tratamentos	S. no T2			S. no T4			S. ma T3			S. ma T4		
	FO	% FO	% V	FO	% FO	% V	FO	% FO	% V	FO	% FO	% V
Alga filamentosa	6	100%	66,50%	6	100%	79%	0	0%	0%	0	0%	0%
<i>Microcystis</i> sp.	0	0%	0%	1	25%	0,25%	0	0%	0%	0	0%	0%
<i>Navícula</i> sp.	0	0%	0%	1	25%	< 0,01%	0	0%	0%	0	0%	0%
<i>Oscillatoria</i> sp.	0	0%	0%	1	25%	0,12%	0	0%	0%	0	0%	0%
Fragmento vegetal	4	67%	18,67%	0	0%	0%	1	33,3%	49,5%	1	33,3%	2%
<i>Bosmina</i> sp.	3	50%	1,75%	0	0%	0%	0	0%	0%	0	0%	0%
Ceratopogonidae	0	0%	0%	1	25%	0,25%	0	0%	0%	0	0%	0%
Chironomidae	1	17%	1,75%	0	0%	0%	0	0%	0%	0	0%	0%
Cladocera	4	67%	2%	0	0%	0%	0	0%	0%	0	0%	0%
<i>Diaphanosoma</i> sp.	0	0%	0%	0	0%	0%	1	33,3%	0,5%	0	0%	0%
<i>Ephemeroporus hybridus</i>	0	0%	0%	1	25%	0,12%	0	0%	0%	0	0%	0%
Diptera	1	17%	0,83%	0	0%	0%	0	0%	0%	0	0%	0%
Escama	3	50%	2,67%	1	25%	0,25%	0	0%	0%	0	0%	0%
Fragmento animal	1	17%	0,08%	0	0%	0%	0	0%	0%	1	33,3%	98%
Nematoda	1	17%	0,83%	1	25%	0,83%	0	0%	0%	0	0%	0%
Ostracoda	0	0%	0%	0	0%	0%	2	33,3%	50%	0	0%	0%
Sedimento	1	17%	7,17%	2	50%	18,75%	0	0%	0%	0	0%	0%

Comunidade zooplancônica

Em relação ao zooplâncton encontrado nas amostras de meio e fim do experimento, os dados foram expressos em indivíduos L^{-1} . O teste estatístico não foi aplicável porque a comunidade não foi uniforme em todos os tratamentos e não houve um número válido de amostras comparáveis. No entanto, podemos perceber pela Figura 6 que apareceram mais indivíduos na coleta do dia 13/02 em relação ao dia 11/02. Porém nota-se que no tratamento 3 esse crescimento foi proporcionalmente menor.

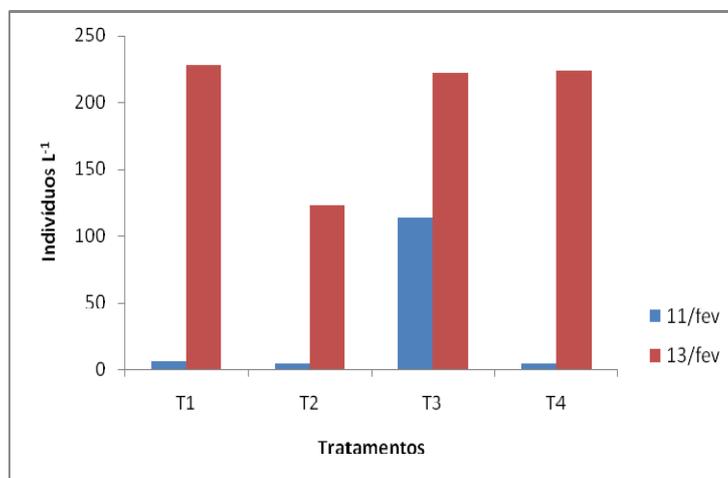


Figura 6. Variação da comunidade zooplancônica (indivíduos L^{-1}) entre os dois dias de coleta.

Na comparação entre Cladocera e Copepoda, excluindo-se os náuplios, podemos observar o desenvolvimento destes grupos pela Figura 7. Nesse caso, uma diminuição de zooplâncton pode ser verificada, com exceção do T2.

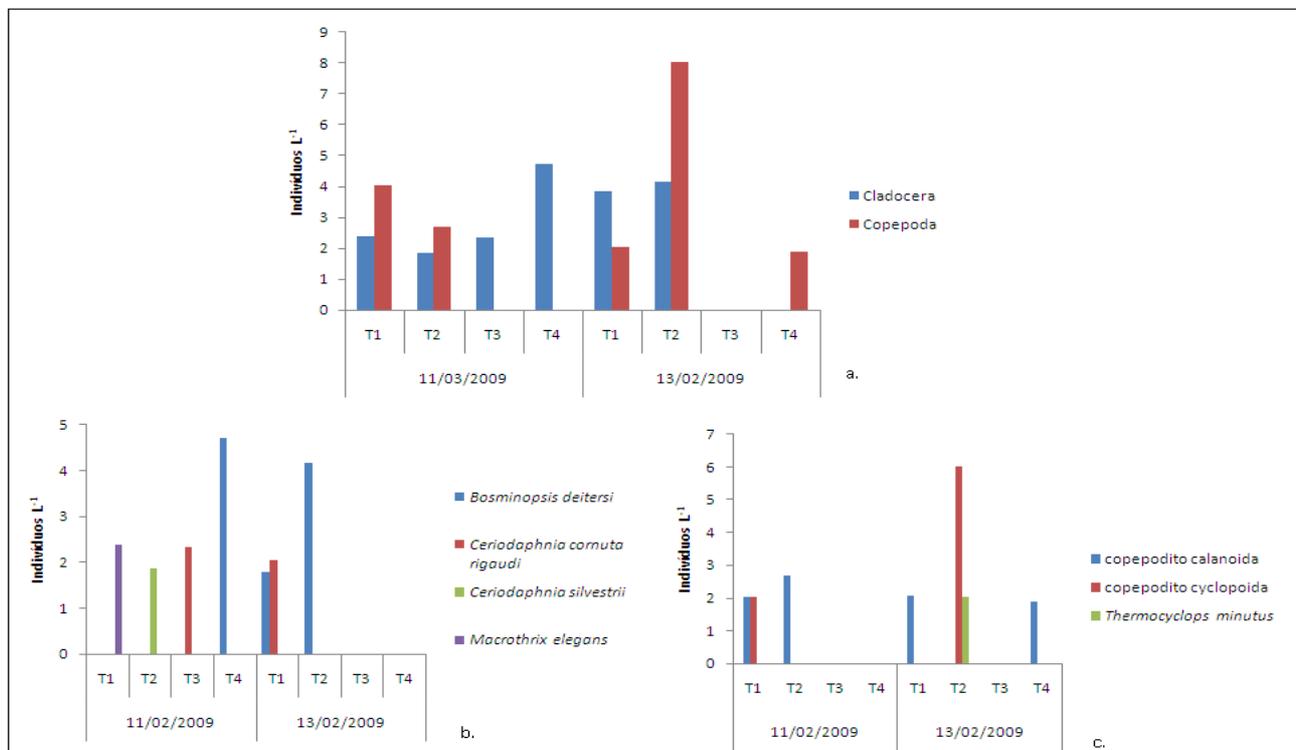


Figura 7. Variação de Cladocera e Copepoda (com exceção de náuplios): **a.** diferença entre o total dos indivíduos de Cladocera e Copepoda; **b.** variação das espécies de Cladocera encontradas; **c.** variação das espécies de Copepoda encontradas.

Resposta das comunidades

A partir da análise das amostras concentradas de zooplâncton, ao final do experimento, observa-se na Tabela 3 os táxons encontrados nos diferentes tratamentos. Considerando o tratamento 1 (controle) como o total de táxons inicialmente presente nos mesocosmos, nota-se que o número de táxons foi quase o mesmo entre os tratamentos (35 para T1, 32 para T2, 31 para T3), somente T4 que se distanciou dos outros com 25 táxons presente no final do estudo.

Tabela 3. Táxons presentes no final do experimento em cada tratamento (total).

Táxons/ Tratamentos	T1	T2	T3	T4
<i>Allonela dentifera</i>	*	0	0	0
<i>Alona davidi</i>	*	0	*	0
<i>Alona guttata</i>	*	0	0	0
<i>Alona monacantha</i>	*	0	0	0
<i>Alona poppei</i>	*	*	*	0
<i>Alona rectangula</i>	*	*	*	0
<i>Alona rustica</i>	0	0	0	*
<i>Biapertura intermedia</i>	*	0	*	0
<i>Biapertura karua</i>	*	*	0	0
<i>Biapertura verrucosa</i>	0	0	*	0
<i>Bosmina hagmani</i>	*	*	*	*
<i>Bosmina longirostris</i>	*	*	*	0
<i>Bosminopsis deitersi</i>	*	*	*	*
<i>Ceriodaphnia cornuta cornuta</i>	*	*	*	*
<i>Ceriodaphnia cornuta rigaudi</i>	*	*	*	*
<i>Ceriodaphnia jovem</i>	0	*	0	*
<i>Ceriodaphnia silvestrii</i>	0	*	*	*
<i>Chydorus eurynotus</i>	*	*	*	0
<i>Chydorus nitidulus</i>	*	*	*	*
<i>Chydorus parvireticulatus</i>	*	0	0	0
<i>Chydorus pubescens</i>	0	*	0	*
<i>Chydorus sphaericus</i>	*	*	0	*
<i>Daphnia gessneri</i>	*	*	*	*
<i>Diaphanosoma birgei</i>	*	*	*	0
<i>Diaphanosoma brevирreme</i>	*	*	*	0
<i>Diaphanosoma fluviatile</i>	0	*	0	0
<i>Diaphanosoma jovem</i>	0	0	0	*
<i>Diaphanosoma spinulosum</i>	0	*	*	*
<i>Dunhevedia odontoplax</i>	0	0	*	0
<i>Ephemeroporus hybridus</i>	*	*	*	*
<i>Ephemeroporus tridentatus</i>	*	0	0	0
<i>Leygidiopsis ornata</i>	*	0	0	0
<i>Macrothrix elegans</i>	*	*	*	*
<i>Macrothrix superaculeata</i>	0	*	*	0
<i>Moina minuta</i>	*	*	*	*
<i>Notoalona sculpta</i>	0	*	0	0
<i>Argyrodiaptomus azevedoi</i>	*	*	0	0
<i>Notodiaptomus henseni</i>	*	*	*	*
Calanoida ♀	*	*	*	*
náuplio Calanoida	*	*	*	*
copepodito Calanoida	*	*	*	*
<i>Mesocyclops longisetus curvatus</i>	*	0	0	0
<i>Microcyclops mediasetosus</i>	*	0	*	0
<i>Paracyclops chiltoni</i>	0	0	0	*
<i>Thermocyclops decipiens</i>	0	0	*	*
<i>Thermocyclops minutus</i>	*	*	*	*
náuplio Cyclopoida	*	*	*	*
copepodito Cyclopoida	*	*	*	*

* indica presença; 0 indica ausência.

O número total de indivíduos encontrados nos mesocosmos (em indivíduos m^{-3}) pode ser visto na Figura 8. Excluindo os náuplios verifica-se que realmente houve uma diminuição do zooplâncton nos tratamentos 2, 3 e 4, considerando T1 como referência da condição inicial.

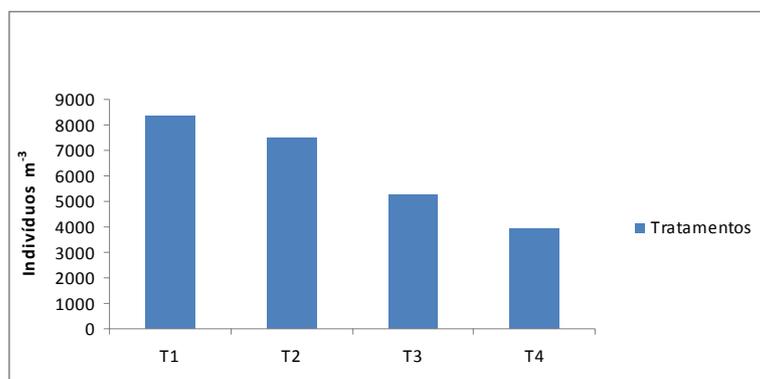


Figura 8. Quantidade de zooplâncton presente nos mesocosmos ao final do experimento, com exceção dos náuplios de Copepoda.

Com relação aos táxons mais abundantes encontrados em todos os tratamentos (exceto náuplios) destacam-se *Bosminopsis deitersi*, copepodito de Calanoida e de Cyclopoida, os quais estão indicados pelas setas na Figura 9 (seta fina e seta cheia, respectivamente). Novamente, tendo T1 como referência da condição inicial, observa-se que *B. deitersi* diminuiu ao longo dos dias, assim como copepodito de Cyclopoida, já copepodito de Calanoida aumentou no T2, nos outros tratamentos a tendência de diminuição se manteve. *Daphnia. gessneri* foi um táxon que apresentou uma variação notável nos diferentes tratamentos (Figura 10) e na presença dos peixes sua população diminuiu consideravelmente.

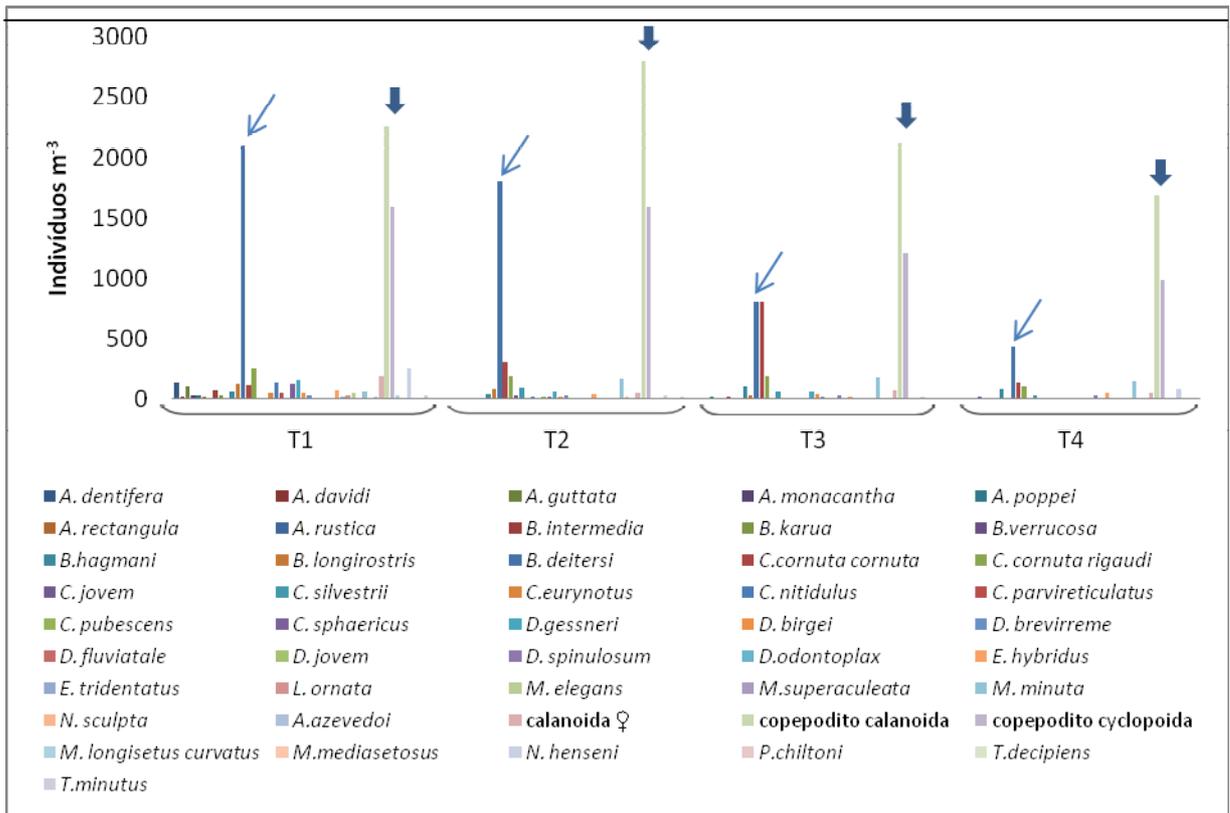


Figura 9. Cladocera e Copepoda (exceto náuplios) presentes nos diferentes tratamentos (zooplâncton concentrado).

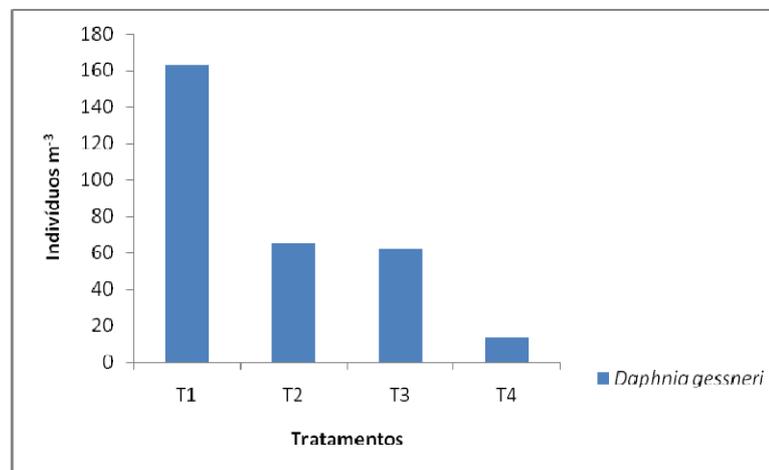


Figura 10. Variação de *D. gessneri* no final dos diferentes tratamentos.

Discussão

Comparando os dois dias de coleta percebe-se que a abundância de organismos da comunidade zooplancônica teve um aparente aumento (Figura 6). Esse fato pode ser devido a problemas metodológicos, ou mesmo a diferenças associadas ao período do dia em que se

deram as amostragens, já que uma das coletas aconteceu à noite e outra de manhã. Porém no T3 (*S. maculatus*), o aumento do zooplâncton foi proporcionalmente menor. Este fato pode indicar que a presença de *S. maculatus* exerceu uma maior pressão de predação sobre o zooplâncton. Portanto, a hipótese de que a espécie se alimenta predominantemente de organismos de origem animal, mesmo em sua fase inicial de desenvolvimento, pode estar correta.

Quando se considera o zooplâncton, mas sem contabilizar os náuplios (Figura 7), observa-se que no T3 (*S. maculatus*) houve uma diminuição do número dos indivíduos ao passar dos dias, o que também pode ser verificado em relação ao T4 (*S. maculatus* + *S. notomelas*). Tal resultado corrobora estudos prévios sobre alimentação de *S. maculatus* (Villares Junior *et al.*, 2008).

Nos tratamentos 1 (controle) e 2 (*S. notomelas*) não era esperada uma diminuição notável do zooplâncton. De fato houve um pequeno aumento do zooplâncton em T1, mas o mesmo foi bastante pronunciado em T2. De acordo com a hipótese inicial, no tratamento com *S. notomelas* o zooplâncton deveria diminuir um pouco, já que ele também faz parte de sua dieta (Casatti *et al.*, 2003). Porém o aumento expressivo do zooplâncton no T2 não era esperado. Possivelmente, esse fato pode ser atribuído a algum problema metodológico, conforme mencionado anteriormente ou a alguma resposta não identificada.

Comparando-se a concentração final do zooplâncton total, em relação ao tratamento 1 (controle), nota-se que o número de indivíduos sofreu uma redução em todos os demais tratamentos. Esse resultado pode ser explicado pela alimentação dos peixes (cascata trófica). No caso específico de *Daphnia gessneri*, por se tratar de um cladóceros grande e mais visível para os predadores, este seria um táxon procurado para a alimentação (Scheffer e Rinaldi, 2000). Sendo assim, ele apresentaria maior variação de abundância, caso a predação ao zooplâncton estivesse de fato ocorrendo. Tal padrão foi exatamente o verificado através dos resultados do presente estudo (Figura 10).

Em T4 (*S. notomelas* + *S. maculatus*), apesar dos exemplares de *S. notomelas* terem sido predados logo no início, houve uma pronunciada diminuição de zooplâncton total. Duas possíveis explicações foram formuladas. A primeira é que *S. maculatus* depois de predação *S. notomelas*, também se alimentou do zooplâncton. A segunda é que *S. notomelas* também pode ter se alimentado do zooplâncton antes de ser predado. E ainda, pode ter ocorrido o efeito somado das duas causas.

A análise de conteúdo estomacal foi realizada a fim de corroborar a variação esperada do zooplâncton e do fitoplâncton (clorofila *a*). Cassati *et al.* (2003), estudando indivíduos deste mesmo local, mostraram que *S. notomelas* apresentava preferência por alga filamentosa, o que também foi observado no presente estudo. Os mesmos autores concluíram que *S. maculatus* teve preferência por itens animais na dieta. Villares Junior *et al.* (2008) também encontraram pedaços de peixes e insetos e ainda fragmentos vegetais no conteúdo desta última espécie. No

presente estudo tal preferência não pode ser verificada através do conteúdo estomacal, já que esse estava quase que totalmente digerido. Porém, considerando a variação do zooplâncton (T3 e T4) e a predação ocorrida no tratamento com *S. notomelas* (T4), pode-se chegar s à mesma conclusão.

A variação da concentração de clorofila *a* nos tratamentos corroborou a hipótese da cascata trófica (Carpenter *et al.*, 1985), exceto em T2. Conforme foi dito, utilizou-se os valores de clorofila *a* como indicadores da biomassa do fitoplâncton, ou seja, quanto maiores os valores de clorofila *a*, maior a quantidade de fitoplâncton presente (Reynolds, 1989). No caso do tratamento 2, o qual continha apenas indivíduos de *S. notomelas*, era esperado que o fitoplâncton diminuísse. Se o fitoplâncton aumentasse, esse seria proporcionalmente menor que o dos outros tratamentos, pois estes peixes alimentaram-se basicamente de algas. Porém observou-se justamente o contrário. Uma explicação para esse fato pode ser a morte rápida da maioria dos indivíduos nesse tratamento, liberando nutrientes provenientes da sua decomposição, os quais foram incorporados favorecendo o aumento da biomassa fitoplanctônica. Essa hipótese não pode ser comprovada, pois não foram retiradas amostras para análise de nutrientes (total e dissolvido). A falta de um maior período para aclimatação pode ter sido a causa das mortes de *S. notomelas* em T2.

A matéria orgânica em suspensão é um conjunto de pequenos fragmentos, tanto animais quanto vegetais, presentes na coluna d'água (Tundisi e Matsumura-Tundisi, 2008). Embora o material em suspensão não tenha apresentado variação significativa entre os tratamentos, em T2 ($p > 0,05$) ocorreu uma diminuição do material orgânico em suspensão. Esse resultado seria esperado se estivesse ocorrendo a utilização de matéria orgânica na alimentação pelos peixes, entretanto esse dado contradiz o resultado encontrado para a clorofila *a*, que apresentou uma tendência oposta.

No tratamento somente com *S. maculatus* (T3), o qual se alimentou preferencialmente de organismos animais, era esperado um aumento do fitoplâncton. A predação de *S. maculatus* sobre o zooplâncton faz com que esse diminua, favorecendo o aumento da biomassa do fitoplâncton, ou pelo menos a mantendo estável (Scheffer, 1991). Dessa maneira, pode-se afirmar que os indivíduos de *S. maculatus* consumiram o zooplâncton desse tratamento, apesar do pouco conteúdo estomacal encontrado, visto que no momento da coleta dos peixes (final do experimento) a digestão, em grande parte, provavelmente já teria acontecido (Villares Junior *et al.*, 2008).

No tratamento com *S. maculatus* e *S. notomelas* (T4), *S. notomelas* foi presa de *S. maculatus*, e como ambos se alimentam de zooplâncton verificou-se um aumento do fitoplâncton. Em T4 esperava-se que a predação de *S. maculatus* ocorresse sobre os indivíduos de *S. notomelas* e estas, de fato, ocorreram rapidamente, possivelmente devido ao tamanho reduzido dos mesocosmos. Na análise do conteúdo estomacal o volume encontrado foi bastante

baixo, demonstrando que a digestão já havia acontecido. Os indivíduos de *S. maculatus* mostraram-se mais resistentes ao estresse a que foram acometidos, não tendo sofrido nenhum dano aparente.

O volume de preenchimento estomacal dos indivíduos de *S. notomelas* maior em T2 do que em T4 é indicativo de que esses indivíduos, ao sofrerem uma pressão de predação, preferem desenvolver uma estratégia de fuga a buscar alimento. Essa resposta comportamental foi observada por He *et al.* (1993).

Finalmente, pode-se considerar que a hipótese inicial do experimento não pode ser totalmente comprovada. Faltaram dias de aclimatação, para ter certeza que os animais sobreviveriam às condições experimentais, e mais ainda que o conteúdo estomacal encontrado fosse realmente proveniente das ingestões ocorridas somente dos itens presentes nos mesocosmos. Erros metodológicos também devem ter ocorrido, especialmente no que se refere ao tratamento 2. Apesar dos imprevistos, notamos que a abordagem experimental traz muitas vantagens para o entendimento do ecossistema a ser pesquisado, pois conseguimos identificar quais são os efeitos de determinadas variáveis separadamente e em conjunto.

Referências citadas

- Bowen, S. H., 1992. Quantitative description of the diet, pp. 325-336. In: L. A. Nielsen and D. L. Johnson (eds.), Fisheries techniques. American Fisheries Society, Bethesda, 468p.
- Carpenter, S.R., and Kitchell, J.F. 1993. The Trophic Cascade in Lakes. Cambridge University Press, Cambridge , England . 385 p.
- Carpenter, S. R., Kitchell, J. F. and Hodgson, J. R. 1985. Cascading trophic interactions and lake productivity: fish predation and herbivory can regulate lake ecosystems. *Bioscience*, 35, 634–639.
- Casatti, L., Mendes, H. F. and Ferreira, K. M. 2003. Aquatic macrophytes as feeding site for small fishes in the Rosana reservoir, Paranapanema river, southeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 63 (2): 213-222.
- CESP-USP. 1994. Alterações ecológicas provocadas pela construção da barragem da usina hidroelétrica de Rosana sobre o baixo Rio Paranapanema, SP/PR. Série divulgação e informação, 175. CESP-IBUSP. São Paulo. 153 pp.
- CESP. 1987. A usina hidroelétrica de Rosana e o Parque Estadual do Morro do Diabo: impactos, conservação e perspectivas. São Paulo. 77 pp.
- Cole, GA. Textbook of limnology. 2a ed. 1979. Saint Louis: The C.V. Mosby Company. 426 p.
- Costello, M. J. (1990). Predator feeding strategy and prey importance: a new graphical analysis. *Journal of Fish Biology* 36, 261–263.

- Duke Energy. 2001. Relatório para licenciamento ambiental-UHE Rosana. Vol. I e II: 447pp.
- Elmoor-Loureiro, L.M.A.; 1997. Manual de Identificação de Cladóceros Limnóticos do Brasil. Taguatinga: Universa, 156p.
- Elmoor-Loureiro, L.M.A.; Mendonça-Galvão, L. and Padovesi-Fonseca, C. 2004. New Cladoceran records from Lake Paranoá, Central Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 64(3A): 415-422.
- Ferrezeze, M. F.; Nogueira, M. G. 2009. The importance of floodplain lagoons for the ichthyofauna in the large tropical reservoir (submitted). *Neotropical Ichthyology* (In press).
- Golterman, H.L.; Clymo, R.S. and Ohstad, M.A. 1978. Methods for physical & chemical analysis of fresh waters. IBP N.8. 2nd. ed. Oxford, Blackweel Scientific Publications. 213p.
- Hahn, N. S.; Andrian I. F. Fugi, R. e Almeida, V. L. L. 1997. Ecologia trófica. In: Vazzoler, A.E. A. de M., Agostinho, A. & Norma, S. H. (Eds). A planície de inundação do alto Paraná: Aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos. Maringá. GT GRAF p. 209-228.
- He, X., Wright, R. and Kitchell, J. F. 1993. Fish behavioral and community responses to manipulation in Carpenter, S.R., and J.F. Kitchell *The Trophic Cascade in Lakes*. Cambridge Univ. Press, Cambridge, England. p. 69-84.
- Hynes, H. B. N., 1950. The food of fresh-water sticklebacks (*Gasterosteus aculeatus* and *Pygosteus pungitius*), with a review of methods used in studies of the food of fishes. *Journal of Animal Ecology*., 19: 36-57.
- Matsumura-Tundisi, T. 1986. Latitudinal distribution of Calanoida Copepods in freshwater aquatic systems of Brasil. *Revista Brasileira de Biologia*, 46:527-553.
- Nogueira, M. G., Jorcin, A.; Vianna, N. C. e Britto, Y. C. T. 2002. Uma avaliação dos processos de eutrofização nos reservatórios em cascata do Rio Paranapanema (SP-PR), Brasil. In: Cirelli, A. & Marquisa, G. (Ed.). *El Água en Iberoamerica, de la limnologia a la gestión en Sudamerica*, Argentina. CYTED. 91-106.
- Odum, P.E., Barrett, G.W. , 2007. *Fundamentos de Ecologia*. 5. ed. São Paulo: Thomson.
- Odum, E.P. 2004. *Fundamentos de ecologia*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 927 p.
- Paggi, J.C. 2001. Clarification of the taxonomic status of *Notodiaptomus anisitsi* (Daday, 1905) and related species, with description of a new species from Argentina (Crustacea: Copepoda: Diaptomidae). *Hydrobiologia*, 453/ 454:549-564.
- Reid, J.W. 1985. Chave de identificação para as espécies continentais sul americanas de vida livre da ordem Cyclopoida (Crustacea, Copepoda). *Boletim de Zoologia*, 9:17-143.
- Reynolds, CS. 1989. Relationships among the biological properties, distribution and regulation of production by planktonic Cyanobacteria. *Toxicity Assessment*, 4: 229-255.

- Reis, R.E.; Kullander, S.O. and Ferraris Jr., C.J. 2003. Check list of the freshwater fishes of South and Central America. EDIPUCRS, Porto Alegre. 742p.
- Rocha, C.E.F. 1998. New morphological characters useful for the taxonomy of genus *Microcyclops* (Copepoda, Cyclopoida). *Journal of Marine Systems*, 15:425-431.
- Scheffer, M. 1991. Fish and Nutrients Interplay Determines Algal Biomass - a Minimal Model. *Oikos* 62, 3: 271-82.
- Scheffer, M., and S. Rinaldi. 2000. Minimal Models of Top-Down Control of Phytoplankton. *Freshwater Biology* 45, 2: 265-83.
- Silva, W.M. and Matsumura-Tundisi, T. 2005. Taxonomy, ecology, and geographical distribution of the species of the genus *Thermocyclops* Kiefer, 1927 (Copepoda, Cyclopoida) in Sao Paulo State, Brazil, with description of a new species. *Brazilian Journal of Biology*, 65:521-531.
- Sinistro, R., Sanchez, M. L., Marinone, M. C., Izaguirre, I. 2007. Experimental study of the zooplankton impact on the trophic structure of phytoplankton and the microbial assemblages in a temperate wetland (Argentina) *Limnologia* 37:88–99.
- Sinistro, R., Izaguirre, I., Asikian, V. 2006. Experimental study on the microbial plankton community in a South American wetland (Lower Parana' River Basin) and the effect of the light deficiency due to the floating macrophytes. *Journal of Plankton Research*. v. 28 n. 8 p. 753–768.
- Talling, JF. and Driver, D. Some problems in the estimation of chlorophyll *a* in phytoplankton. *Proceedings, Conference of primary productivity measurements in marine and freshwater*. Hawaii: USAEE, 1963. p. 142-146.
- Tundisi, J.G. e Matsumura-Tundisi, T. *Limnologia*, São Paulo: Oficina de Textos, 2008, 632 p.
- Villares Junior, G. A., Gomiero, L. M. e Goitein, R. 2008. Alimentação de *Serrasalmus maculatus* (Kner, 1858) (Characiformes; Serrasalminidae) no trecho inferior bacia do rio Sorocaba, São Paulo, Brasil. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*. Maringá, v. 30, n. 3, p. 267-273.