

Avaliação da Eutrofização e sua Relação com Chironomidae no rio Atibaia e Reservatório de Salto Grande (Americana, SP – Brasil)

Carolina Buso Dornfeld, Evaldo L. G. Espíndola

CRHEA/SHS/EESC/USP

carol_buso@yahoo.com.br, elgaeta@sc.usp.br

Maurício Augusto Leite

FAPESP - UNESP/FEIS/DEC

mauricio@dec.feis.unesp.br

Recebido: 06/10/03 revisado: 09/11/04 aceito: 27/07/05

RESUMO

O presente estudo teve por objetivo determinar a composição e a distribuição espacial e temporal da fauna de Chironomidae, presente no reservatório de Salto Grande e no seu principal tributário, o rio Atibaia, em maio, agosto e novembro de 2000 e fevereiro de 2001. O sedimento foi coletado com draga de Eckman-Birge, o material foi lavado em campo com peneira com 0,21 mm de abertura de malha e fixado com formol a 4%. No laboratório as amostras foram triadas e os organismos preservados em álcool a 70%. No reservatório de Salto Grande e no rio Atibaia os resultados demonstraram uma predominância de Chironomus grupo decorus, seguido por Aedokritus sp. Em relação aos estudos anteriores, verifica-se uma redução da fauna de Chironomidae, o que pode estar relacionado ao estágio avançado de eutrofização do reservatório devido ao desencadeamento de processos associados à elevada entrada de nutrientes, redução na concentração de oxigênio dissolvido na água e ao aporte contínuo de diversas substâncias tóxicas, detectadas em estudos anteriores, provenientes de efluentes industriais, principalmente do Pólo-Petroquímico de Paulínia (SP), localizado à montante do reservatório. Além da diminuição no número de gêneros, observa-se uma alteração na composição faunística do sistema, sendo que nos estudos anteriores havia participação acentuada de espécimes da sub-família Tanypodinae e no presente estudo a sub-família mais representativa, em abundância e em número de gêneros, foi Chironominae. Conclui-se, portanto, que a composição da família Chironomidae do reservatório de Salto Grande tem sofrido modificações em função das alterações no seu estado trófico e da poluição, sendo que esses eventos têm sido detectados nesse sistema desde o início da década de 70.

Palavras – chave: Chironomidae, reservatório de Salto Grande, eutrofização

INTRODUÇÃO

Na avaliação da qualidade da água por meio de análises biológicas, usualmente são empregados métodos ecológicos que partem do levantamento das comunidades presentes no corpo d'água, cuja composição permite inferir condições ambientais prevaletentes ou métodos fisiológicos que consistem na exposição dos organismos a uma amostra de água ou sedimento, avaliando-se a intensidade do efeito produzido na sobrevivência, crescimento e reprodução dos organismos (Roberto & Abreu, 1991). A interação entre ambos os métodos de biomonitoramento, somados aos dados das variáveis abióticas do sistema, proporcionam um melhor

diagnóstico da qualidade ambiental do ecossistema em estudo, sendo que as duas informações são convergentes e se completam (Cairns & Dickson, 1971; Extence & Ferguson, 1989, Callisto *et al.*, 2001).

Vários organismos podem ser utilizados como detectores do distúrbio ambiental, os quais são denominados bioindicadores e, segundo Jeffrey (1987), estes podem ser definidos como organismos selecionados com os quais se pode amostrar, testar e responder questões sobre o ambiente. Entre eles, estão os macroinvertebrados bentônicos, que são considerados organismos indicadores, pois se tornam numericamente dominantes somente sob um conjunto específico de condições ambientais

(Mackie, 1998 *apud* Mandaville, 2000), sendo que outros organismos podem possuir grande sensibilidade a qualquer alteração ambiental e, portanto, tornam-se raros ou mesmo ausentes em sistemas com algum nível de poluição.

Os macroinvertebrados bentônicos têm sido freqüentemente usados para auxiliar na avaliação de vários impactos sobre os ambientes aquáticos (Modde & Drewes, 1990). Isso se deve a algumas características que os tornam adequados a esses estudos, obtendo-se certo sucesso em biomonitoramento (Rosenberg & Resh, 1993), tais como: abundância em todos os sistemas aquáticos; capacidade de locomoção limitada ou nula; ciclo de vida longo, possibilitando assim a explicação de padrões temporais de alterações causadas por perturbações; ampla variedade de tolerância a vários graus e tipos de poluição; além de funcionarem como integradores das condições ambientais, isto é, estão presentes antes e após eventos impactantes. Junto com essas características, Mackie (*op cit*) cita que os macroinvertebrados são organismos de maior tamanho e mais facilmente examinados utilizando um microscópio de menor poder de resolução do que a maioria das espécies pertencentes ao fitoplâncton e zooplâncton.

Dentre os macroinvertebrados bentônicos tem-se a família Chironomidae, que apresenta-se no grupo dos insetos aquáticos, sendo os membros dessa família os mais amplamente distribuídos e freqüentemente os mais abundantes no ambiente de água doce (Coffman, 1995; Cranston, 1995; Guerreschi & Melão, 1998). As larvas possuem grande capacidade adaptativa, pois colonizam todos os tipos de substratos, sedimento e vegetação aquática dos ambientes lóticos e lênticos (Cranston, 1995; Trivinho-Strixino & Strixino, 1995). Além disso, exibem uma grande diversidade ecológica, vivem sob ampla variedade de condições ambientais, com espécies tolerantes e outras muito sensíveis às baixas concentrações de oxigênio, extremos de temperatura, pH, salinidade e trofia (Cranston, 1995). Assim, representam um dos principais grupos da comunidade bentônica na maioria dos ecossistemas de água doce.

As informações disponíveis sobre os macroinvertebrados como indicadores de poluição (presença ou ausência, tolerância a fatores químicos e físicos) servem, portanto, como uma ferramenta suplementar para uma rápida avaliação das condições de qualidade da água em adição às análises bacteriológicas, químicas e físicas (Myslinski & Ginsburg, 1977), onde podem ser utilizados em estudos em sistemas altamente impactados, como o

reservatório de Salto Grande, que apresentou alterações sensíveis em sua qualidade de água ao longo de 30 anos.

O reservatório de Salto Grande e seu principal afluente (rio Atibaia) pertencem à bacia hidrográfica do rio Piracicaba. Esses sistemas formam um importante ambiente para o desenvolvimento regional das áreas urbanas, industriais e agrícolas que os circundam, servindo como receptor dos resíduos produzidos por cidades como Paulínia e Campinas, e por indústrias nelas localizadas, além de servir para o abastecimento da cidade de Sumaré.

Apesar da grande importância, esse reservatório tem estado em constante processo de degradação desde a década de 70, sendo este detectado inicialmente pelas pesquisas realizadas por Shimizu (1978 e 1981), Carvalho (1979) e Giancesella-Galvão (1981). Carvalho (*op cit.*), já descrevia o reservatório como sendo um sistema em processo de eutrofização e embora as florações algais fossem quase ausentes (uma floração em cinco anos de estudo), as concentrações de nutrientes estavam aumentando de forma progressiva, o que pode ser avaliado pelo cálculo do Índice de Estado Trófico.

Considerando as características apresentadas, o presente trabalho teve por objetivo avaliar o efeito da eutrofização ao longo de três décadas no reservatório de Salto Grande (Americana, SP) por meio da determinação do estado trófico, relacionando-o com a composição da fauna Chironomidae desse sistema, considerando-se, conjuntamente, uma avaliação temporal a partir de outras pesquisas desenvolvidas no reservatório além dos dados relativos ao presente estudo.

MATERIAIS E MÉTODOS

O reservatório de Salto Grande localiza-se no município de Americana, região centro-leste do Estado de São Paulo (Brasil), nas coordenadas geográficas 22°44' latitude Sul e 47°20' longitude Oeste. Está situado a 530 metros de altitude, sendo suas características gerais: área inundada mínima de 10,55 km² e máxima de 13,25 km²; volume máximo de aproximadamente 106 x 10⁶ m³; profundidade média de 8,00 m e máxima de 19,80m, tempo médio de retenção da água de 30 dias e vazão média do rio Atibaia de 38,10 m³.s⁻¹ (Leite *et al*, 2000). O reservatório é classificado como eutrófico (Leite, 1998; Pamplin, 1999; Lopes-Ferreira, 2000; Dornfeld, 2002) com florações de cianobactérias dos

gêneros *Microcystis* e *Anabaena*, além da contribuição de macrófitas aquáticas, principalmente dos gêneros *Eichhornia*, *Pistia* e *Brachiaria*.

As coletas do material biológico para a determinação da composição da fauna de Chironomidae foram realizadas em maio, agosto e novembro de 2000 e em fevereiro de 2001, sendo uma estação no rio Atibaia e em quatro estações no reservatório de Salto Grande (Figura 1).

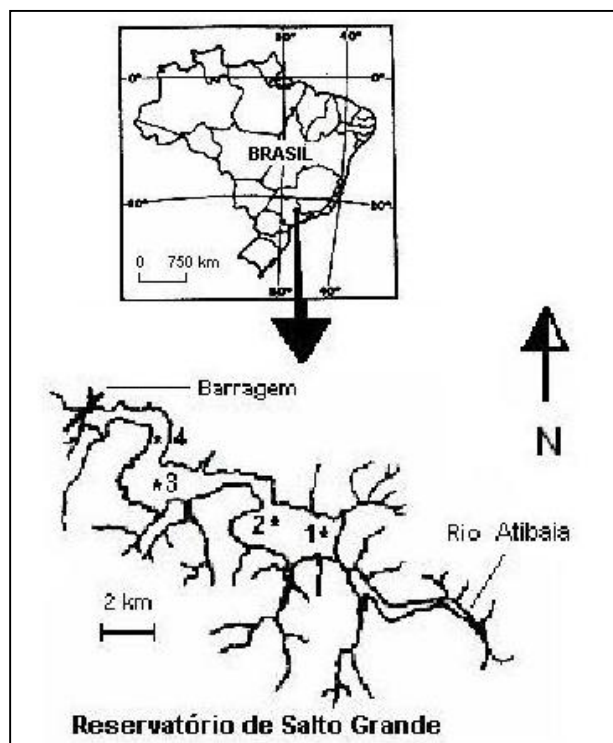


Figura 1 - Distribuição das estações de amostragem no reservatório de Salto Grande (Americana, SP).

As amostras para análise da comunidade de macroinvertebrados bentônicos foram coletadas utilizando-se uma draga de Eckman-Birge, com área de 225,0 cm², sendo retiradas três amostras de cada estação de coleta, posteriormente homogeneizadas em uma única amostra por estação. As amostras foram lavadas no campo em rede com malha de 0,21 mm, fixadas em laboratório com formol a 4%, coradas com Rosa de Bengala e triadas manualmente em bandejas plásticas brancas sobre uma fonte de luz. Os organismos encontrados foram fixados e preservados em álcool a 70% para

posterior análise e identificação sob estereomicroscópio e microscópio óptico, utilizando chaves de identificação especializadas (Merritt & Cummins, 1988; Epler, 1995; Trivinho-Strixino & Strixino, 1995).

Para a identificação mais específica das larvas, foram confeccionadas lâminas semi-permanentes com as cápsulas cefálicas e corpos desses organismos utilizando meio de Hoyer para preservação.

A análise dos resultados da fauna de macroinvertebrados bentônicos foi realizada de forma comparativa, utilizando-se dados de trabalhos realizados anteriormente nesse sistema, além do cálculo do Índice de Riqueza de Margalef (Margalef, 1989) e do Índice de Diversidade de Shannon-Wiener (Savage, 2000).

Aplicou-se, também, o Índice do Estado Trófico, segundo Salas & Martino (1988), para se obter uma avaliação temporal do processo de eutrofização pelo qual tem passado o sistema em estudo, sendo que para o cálculo do IET utilizou-se os dados de fósforo total (g.L⁻¹) referentes aos trabalhos de Shimizu (1978), Pamplin (1999) e Dornfeld (2002). Para os dados de macrofauna bentônica foram utilizados os trabalhos de Shimizu (1978) e Pamplin (*op cit.*).

RESULTADOS

Índice do Estado Trófico (IET)

A Figura 2 demonstra os valores de IET nos diferentes meses e estações de coleta do reservatório de Salto Grande e rio Atibaia, com os limites correspondentes entre os diferentes graus de trofia do sistema. Verifica-se que o rio Atibaia apresentou os maiores IET's, atingindo o grau de hipertrofia nos quatro meses amostrados. As estações 1 e 2 apresentaram IET's acima de 50 (eutrófico) em todos os meses amostrados, exceto em E2, em maio/00. Os maiores valores foram observados no período chuvoso (novembro/00 e fevereiro/01). A estação 3 apresentou IET's menores que os das estações 1 e 2, mas com os maiores valores também sendo observados no período chuvoso (59 e 73, em novembro/00 e fevereiro/01, respectivamente). A estação 4 apresentou os menores valores de IET durante o período de estudo demonstrando um

decaimento do IET ao longo do eixo longitudinal do reservatório.

Uma análise comparativa entre os valores de IET nos anos de 1974 (coleta de Shimizu, 1978), 1997 (coleta de Pamplin, 1999) e 2000 (coleta de Dornfeld, 2002), nos períodos seco e chuvoso é apresentada na Figura 3. Em 1974, por exemplo, foram observados os menores valores de IET, período no qual se verificou uma maior riqueza, com 16 gêneros de Chironomidae. Valent & Froelich (1986) observaram 10 gêneros nesse mesmo reservatório em sedimentos coletados entre março e dezembro de 1979, observando-se portando uma diminuição na riqueza do sistema. Em 1997, com o aumento do grau de trofia, verificou-se, novamente, uma redução da riqueza, sendo contabilizado somente 6 gêneros. Nos resultados obtidos em 2000, no entanto, apesar de se observar um sistema mais eutrófico, não se obteve uma diminuição da riqueza quando comparado a 1997, o que somente é mais evidente quando analisados os resultados obtidos nos dois trabalhos anteriores.

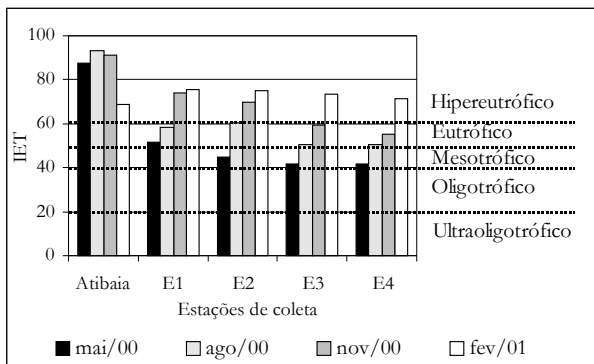


Figura 2 - Índice de Estado Trófico (Salas & Martino, 1988) nos diferentes meses e estações de coleta (2000-2001).

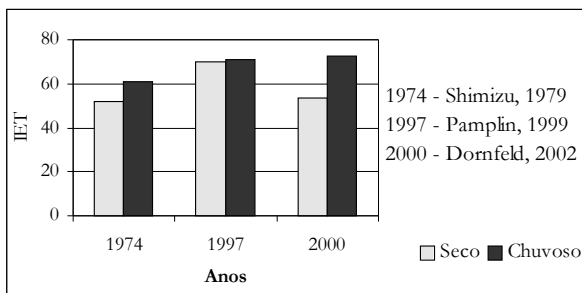


Figura 3 - Análise temporal do IET no reservatório de Salto Grande (Americana, SP) nos períodos seco e chuvoso.

Família Chironomidae (Diptera)

Em relação aos gêneros de Chironomidae, os resultados estão apresentados nas tabelas 1, 2, 3 e 4, referentes aos meses de maio/00, agosto/00, novembro/00 e fevereiro/01, respectivamente.

Registrou-se a ocorrência dos gêneros *Ablabesmyia annulata*, *Aedokritus sp*, *Chironomus sp*, *Cryptochironomus sp1*, *Goeldichironomus pictus*, *Harnishia sp2*, *Shaeteria* e *Zavreliella*, com maior contribuição de *Chironomus gr. decorus*, apresentando maior densidade em maio/00 (50) e a menor em fevereiro/01 (9). Observou-se, em valores absolutos, maior número de organismos em maio/00, em comparação com os demais meses.

Quanto a predominância em cada período e estação de amostragem, verifica-se, na tabela 1, a predominância de *C. gr. decorus* nas estações 1 (17 organismos) e 3 (23 organismos) e de *A. annulata* na estação 3 (21 organismos).

Na tabela 2, observa-se a presença de *Aedokritus sp* nas estações 3 (4 organismos) e 4 (5 organismos) e de *C. gr. decorus* no rio Atibaia (22 organismos).

Na tabela 3, observa-se a predominância de *C. gr. decorus* na estação 1 (9 organismos), *Cryptochironomus sp1* na estação 3 (4 organismos) e de *A. annulata* na estação 2 (6 organismos).

A tabela 4 demonstra que em fevereiro/01, apenas os gêneros *C. gr. decorus* (nas estações 1, 2 e 3) e *Chironomus sp* (no rio Atibaia e na estação 3) foram encontrados no reservatório, com predominância do primeiro.

Tabela 1 - Número absoluto de organismos presentes no rio Atibaia e no reservatório de Salto Grande (Americana, SP) em maio de 2000.

	Maio/00	rio	E1	E2	E3	E4	Total
Chironomidae							
Chironominae							
<i>Aedokritus sp</i>	0	0	0	0	0	19	19
<i>C. gr. decorus</i>	0	17	9	23	1		50
<i>Chironomus sp</i>	0	0	1	4	2		7
<i>G. gr. pictus</i>	0	0	2	4	0		6
Pupa	0	0	1	2	0		3
Tanytopodinae							
<i>A. annulata</i>	0	0	13	21	10		44

Em relação aos aspectos quantitativos da fauna de Chironomidae, pode-se observar nas tabelas 5 e 6 que a estação 3 é a mais rica em gêneros (8) possuindo também a maior diversidade,

principalmente em agosto/00 (1,63), sendo que a estação 4 apresenta a maior diversidade também nesse mês (1,35). Além da riqueza e diversidade a estação 3 destaca-se por possuir o maior número de organismos (79) e também a maior densidade, apresentando 3511 indivíduos/m².

Tabela 2 - Número absoluto de organismos presentes no rio Atibaia e no reservatório de Salto Grande (Americana, SP) em agosto de 2000.

Agosto/00	rio	E1	E2	E3	E4	Total
Chironomidae						
Chironominae						
<i>Aedokritus sp</i>	0	0	0	4	5	9
<i>C. gr. decorus</i>	22	1	0	1	1	25
<i>Chironomus sp</i>	3	0	0	1	0	4
<i>Cryptochironomus sp1</i>	0	0	0	0	1	1
<i>Harnishia sp 2</i>	0	0	0	1	2	3
<i>Shaeteria</i>	0	0	0	2	0	2
Tanypodinae						
<i>A. annulata</i>	0	0	0	3	1	4

Tabela 3 - Número absoluto de organismos presentes no rio Atibaia e no reservatório de Salto Grande (Americana, SP) em novembro de 2000.

Novembro/00	rio	E1	E2	E3	E4	Total
Chironomidae						
Chironominae						
<i>C. gr. decorus</i>	0	9	2	0	0	11
<i>Chironomus sp</i>	0	0	0	1	0	1
<i>Cryptochironomus sp1</i>	0	0	0	4	0	4
<i>C. gr. pictus</i>	0	0	0	1	0	1
<i>Zavreliella</i>	0	0	0	1	0	1
Tanypodinae						
<i>A. annulata</i>	0	0	6	0	0	6

Tabela 4 - Número absoluto de organismos presentes no rio Atibaia e no reservatório de Salto Grande (Americana, SP) em fevereiro de 2001.

Fevereiro/01	rio	E1	E2	E3	E4	Total
Chironomidae						
Chironominae						
<i>C. gr. decorus</i>	0	2	2	5	0	9
<i>Chironomus sp</i>	2	0	0	1	0	3

A figura 4 demonstra que a riqueza de gêneros apresenta uma relação inversa com grau de eutrofização, isto é, nos locais mais eutrofizados do

sistema, o número de organismos tende a ser menor. Isto pode ser verificado quando se compara o rio Atibaia (maior IET médio) com a estação 3 (menor IET médio). A estação 4, embora apresente o mesmo IET médio que a estação 3, possui menor número de organismos, provavelmente devido à alguma característica ambiental não considerada no presente estudo, como condições de anoxia, profundidade (média de 10,87m, segundo Dornfeld, 2002) ou o tipo de sedimento da estação.

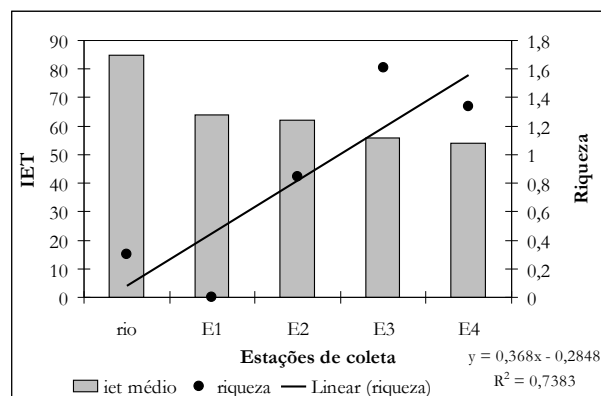


Figura 4 - Relação entre o IET médio e a riqueza de Margalef (gêneros de Chironomidae) em cada estação de coleta durante o período estudado.

Tabela 5 - Índice de Diversidade de Shannon-Wiener (SW) e Riqueza (R) para a fauna de Chironomidae durante o período estudado.

Estações	mai/00		ago/00		nov/00		fev/01	
	SW	R	SW	R	SW	R	SW	R
Rio	0	0	0,3	2	0	0	0	1
E1	0	1	0	1	0	1	0	1
E2	1,0	4	0	0	0,5	2	0	1
E3	1,1	4	1,6	6	1,1	4	0,4	2
E4	0,9	4	1,3	5	0	0	0	0

Uma análise comparativa dos gêneros de Chironomidae encontrados em 1978, 1999 e 2002 é apresentada na Tabela 7, verificando-se uma redução na diversidade: 16 gêneros em 1978 e 9 gêneros em 2002, sendo que somente *A. annulata* esteve presente em todos os períodos considerados.

Tabela 6 - Síntese dos dados quantitativos da fauna de Chironomidae durante o período estudado.

Variáveis	Rio	E1	E2	E3	E4
Riqueza ¹	2	1	4	8	6
Riqueza de Margalef	0,30	0	0,84	1,61	1,33
Diversidade de Shannon-Wiener	0,09	0	0,39	1,08	0,57
Total de organismos	27	29	36	79	42
Densidade (ind/m ²)	1200	1288	1600	3511	1866
Abundância relativa (%)	12,7	13,6	16,9	37,1	19,7

¹ simples somatória dos gêneros presentes.

Tabela 7. Comparação dos gêneros de Chironomidae encontrados em 1978, 1999 e no presente estudo.

SHIMIZU, 1978	PAMPLIN, 1999	Presente estudo
Tanypodinae	Tanypodinae	Tanypodinae
Tanypodini	Tanypodini	
<i>Pelopiini I</i> <i>Tanypus punctipennis</i>	<i>Tanypus stellatus</i>	
Pentaneurini	Pentaneurini	Pentaneurini
<i>Pentaneurini I</i> <i>Pentaneurini II</i> <i>Ablabesmyia</i>	<i>Ablabesmyia annulata</i>	<i>Ablabesmyia annulata</i>
Macropelopiini		
<i>Procladius</i> <i>Anatopynia</i>		
Chironominae	Chironominae	Chironominae
Chironomini	Chironomini	Chironomini
<i>Chironomini I</i> <i>Chironomus plumosus</i> <i>Chironomus thumi</i> <i>Cryptochironomus</i> <i>Parachironomus</i> <i>Paracladopelma</i> <i>Paralauterborniella</i> <i>Polypedillum</i>	<i>Aedokritus sp</i> <i>Chironomus gr decorus</i> <i>Goeldichironomus pictus</i> <i>Polypedillum</i>	<i>Aedokritus sp</i> <i>Chironomus gr decorus</i> <i>Chironomus sp</i> <i>Cryptochironomus sp1</i> <i>Goeldichironomus pictus</i> <i>Harnishia sp2</i> <i>Shaeteria</i> <i>Zavreliella</i>
Tanytarsini		
<i>Tanytarsus</i>		

DISCUSSÃO

Segundo Salas e Martino (2001), o explosivo crescimento demográfico na América Latina e Caribe durante os últimos anos, com o conseqüente aumento da demanda de recursos de água tem acelerado a construção de barragens artificiais para usos múltiplos e abastecimento de água potável e industrial, para irrigação e para energia hidrelétrica. Muitos desses reservatórios assim como os lagos naturais da região tem sofrido as conseqüências do processo de eutrofização o que tem interferido com os usos designados destes corpos d'água e, portanto, com os propósitos específicos para que estes foram criados

Analisando-se os resultados do Índice do Estado Trófico pode-se constatar que o reservatório de Salto Grande apresenta-se eutrófico ou hipereutrófico em todas as estações amostradas durante os períodos seco e chuvoso. Os resultados do presente estudo confirmam os dados observados por Pamplin (1999), no qual o sistema mostrou-se mais eutrófico no período chuvoso devido a maior carga de nutrientes recebida por fontes pontuais e difusas. Além da diferença temporal (meses de coleta) existe uma diferença espacial no grau de trofia do reservatório no sentido rio Atibaia à barragem (eixo longitudinal), que provavelmente ocorre devido à deposição de nutrientes e outros elementos na entrada do reservatório e também pela retenção desses elementos na área alagada, localizada antes da estação 1 (Lopes-Ferreira, 2000). A diferença temporal no estado trófico fica ainda mais evidente quando comparado ao estudo de Shimizu (1978)), que embora tenha classificado o sistema como eutrófico, apresentou valores de IET menores que os demonstrados em 1997 e 2000.

De acordo com Driscoll (1993), as manifestações de hipertrofia são as altas concentrações de biomassa fitoplanctônica e baixa transparência da água, extensos períodos de anoxia no hipolímnio e diminuição do oxigênio dissolvido durante o período de chuvas. Essas características são comuns no reservatório de Salto Grande, como demonstrado em diversos estudos (Pamplin, 1999; Dornfeld, 2002; Leite, 2002), podendo inviabilizar a manutenção e desenvolvimento de algumas comunidades, especialmente as bentônicas, que necessitam do suprimento externo de oxigênio. Além disso, segundo Espíndola *et al.* (2004) outros estudos realizados nesse reservatório registraram elevados valores de nutrientes, elevada biomassa de macrófitas aquáticas, florescimentos frequentes de

algas, aporte e efeito de substâncias tóxicas nas comunidades biológicas, entre outros fatores importantes para a avaliação limnológica do sistema.

Entre as diferentes comunidades presentes nos ecossistemas aquáticos, a análise da comunidade bentônica tem sido usada para avaliar as condições dos ecossistemas de águas superficiais, sendo que os principais enfoques são a estimativa do estado trófico e o grau de eutrofização cultural (Lang & Lang-Dobler, 1980; Dougherty & Morgan, 1991). Neste sentido, a elevada diversidade ecológica das espécies de Chironomidae (Diptera) tem sido explorada de diferentes formas para a avaliação das mudanças ambientais, sendo que a avaliação da qualidade da água tem sempre relacionado o uso de espécies indicadoras dessa família. Porém, essa ferramenta deve ser empregada com cautela, evitando-se usos inadequados e os erros de interpretação, principalmente devido às dificuldades de amostragem (devido à distribuição agregada dessa comunidade), à falta do conhecimento das exigências ambientais e tolerâncias de cada espécie indicadora (Coffman, 1995), bem como a escassa literatura e dificuldades de identificação em nível de espécies nas regiões tropicais.

A fauna de Chironomidae tem sido utilizada como indicadora de poluição química de origem industrial ou agrícola, de radioatividade ou de acidificação, mas o principal uso tem sido no monitoramento das condições tróficas dos corpos d'água (Aagaard, 1986). Os principais fatores que determinam a composição da fauna de Chironomidae no sedimento de lagos são a interação entre a qualidade e quantidade de alimento e as condições da concentração de oxigênio dissolvido (Lindegaard, 1995).

Comparando-se o presente trabalho com aqueles realizados anteriormente, verifica-se que ocorrem diferenças na composição da fauna de Chironomidae, sendo que a diferença mais acentuada é em relação ao trabalho realizado por Shimizu (1978), no qual foram identificados 16 gêneros de Chironomidae, sendo que em 1999 foram identificados apenas 6 gêneros. Destes, somente *A. annulata* esteve presente entre 1978 e 2002. No presente estudo verificou-se um maior número de gêneros (9) do que naquele realizado por Pamplin (1999), o que deve ter ocorrido devido à dificuldade de amostragem dessa fauna, que apresenta distribuição agregada. Valenti & Froehlich, em 1986, verificaram que o número de gêneros de Chironomidae nesse reservatório já havia sido reduzido para 10, porém esses autores não

mencionam os gêneros identificados, somente o número de tipos larvais.

Outra constatação da perda de diversidade está no fato de que a maioria dos representantes da Sub-família Tanypodinae desapareceram, restando somente *A. annulata*. Este fato talvez tenha ocorrido devido à forma de alimentação desses organismos, que são em geral predadores carnívoros. Entretanto, a sub-família Chironominae continua sendo bem representada, sendo que seus integrantes são, em geral, detritívoros, representando um grupo funcional mais amplo. Segundo Callisto *et al.* (2001), os gêneros *Chironomus* e *Polypedilum* distribuem-se com elevadas densidades em sedimentos orgânicos, onde se observa a eliminação de vários outros gêneros de Chironomidae. Observou-se, portanto, que possivelmente devido ao intenso processo de eutrofização, houve alteração na composição de gêneros e espécies ao longo do tempo, isto é, ocorreu a substituição de espécies menos tolerantes por espécies com maior tolerância às atuais condições da água do reservatório.

Apesar do fato de lagos eutróficos possuírem caracteristicamente uma grande concentração de fósforo total, o que promove o crescimento de microorganismos e macrófitas, oferecendo alimento e abrigo para as larvas de quironomídeos (Brooks *et al.*, 2001), o estágio avançado da eutrofização do reservatório em estudo fez com que a fauna de Chironomidae fosse reduzida, quando comparada ao estudo de Shimizu (1978). Este fato pode estar relacionado ao desencadeamento de outros processos associados ao grande aporte de nutrientes como, por exemplo, a redução na concentração de oxigênio dissolvido (decorrente da decomposição da matéria orgânica), que é letal para a maioria dos organismos bentônicos, ou ainda, devido ao aporte e a deposição contínua de diversos metais no sistema, observado por Leite (2002).

A eutrofização do reservatório de Salto Grande é um problema que pode ser controlado à medida que forem diminuídas as fontes de fósforo que chegam ao sistema, especialmente do esgoto doméstico que é lançado em seu principal afluente, o rio Atibaia. Para tanto, um plano de recuperação da Sub-Bacia do rio Atibaia, visando o tratamento dos esgotos domésticos das cidades inseridas nesta área, seria de fundamental importância para a diminuição do processo de eutrofização que atinge este sistema a mais de três décadas.

CONCLUSÕES

A análise do Índice do Estado Trófico indicou características de sistemas eutróficos ou hipereutróficos dependendo do período e da localização espacial das estações amostradas.

Em relação à composição da fauna de Chironomidae, observou-se que esta tem passado por mudanças, que podem estar relacionadas às alterações no estado trófico do reservatório de Salto Grande (Americana, SP). Além disso, a poluição inorgânica e orgânica pode ter contribuído para diminuição no número de indivíduos e no número de espécies presentes ou mesmo na eliminação total de organismos em algumas estações com características de degradação ambiental mais acentuada.

Observou-se que houve predominância de organismos da Sub-Família Chironominae, principalmente do gênero *Chironomus gr. decorus*, que possivelmente está relacionada ao grupo funcional a que pertencem, isto é, detritívoros.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à equipe técnica dos Laboratórios do Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada (CRHEA), Luci A. Queiros, Amândio M. Nogueira e Marcelo M. Nogueira. À FAPESP (processo nº 99/12547-5 e 99/08532-2), à João Carlos Pinto e à Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL) pelo apoio logístico.

REFERÊNCIAS

- AAGAARD, K. *The chironomid fauna of North Norwegian lakes, with a discussion on methods of community classification*. Holartic Ecology, 9: 1-12, 1986.
- BROOKS, S.J.; BENNION, H.; BIRKS, J.B. *Tracing lake trophic history with a chironomid-total phosphorus inference model*. Freshwater Biology, v.46. p.513-533, 2001.
- CAIRNS, JR, J., DICKSON, K.L. *A simple method for the biological assessment of the effects of waste discharges on aquatic bottom-dwelling organism*. J. WPCF, p. 755-772, 1971.
- CALLISTO, M.; MORETTI, M.; GOULART, M. *Macroinvertebrados bentônicos como ferramenta para avaliar a saúde de riachos*, RBRH, v. 6 (1), p. 71-82, 2001.
- CARLSON, R.E. *A trophic state index for lakes*. Limnol. and Oceanogr. v.22 (2).p. 261-269, 1977.
- CARVALHO, M.A.J. *A represa de Americana, São Paulo: aspectos físico-químicos e a variação das populações de Copepoda Cyclopoida de vida livre*. São Paulo. 80p. + anexos. Tese (doutorado). Instituto Biológico, Universidade de São Paulo, 1979.
- COFFMAN, W.P. *Conclusions - Ecological diversity of the Chironomidae*, p.436-447. In: ARMITAGE, P.D., CRANSTON, P.S., PINDER, L.C.V., *The CHIRONOMIDAE: biology and ecology of non-biting midges*. Chapman & Hall, 572p, 1995.
- CRANSTON, P.S. *Introduction*. In: ARMITAGE, P.D., CRANSTON, P.S., PINDER, L.C.V., *The CHIRONOMIDAE: biology and ecology of non-biting midges*. Chapman & Hall, p.1-7, 1995.
- DORNFELD, C.B. *Utilização de análises limnológicas, bioensaios de toxicidade e macroinvertebrados bentônicos para o diagnóstico ambiental do reservatório de Salto Grande (Americana, SP)*. São Carlos. 196p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, 2002.
- DOUGHERTY, J.E.; MORGAN, M.D. *Benthic community response (primarily Chironomidae) to nutrient enrichment and alkalization in shallow, soft water humic lakes*. Hydrobiologia, v.215. p. 73-82, 1991.
- DRISCOLL, C.T.; EFFLER, S.W; AUER, M.T.; DOERR, S.M.; PENN, M.R.. *Supply of phosphorus to the column of a productive hardwater lake: controlling mechanisms and management considerations*. Hydrobiologia. v.253. p. 61-72, 1993.
- EPLER, J.H. *Identification manual for the larval Chironomidae (Diptera) of Florida*. Florida: DER, 302p. (Final Report, SP251), 1995.
- ESPÍNDOLA, E.L.G.; ROCHA, O.; RIETZLER, A.C. *Caracterização limnológica do reservatório de Salto Grande (Americana, SP): uma análise espacial e temporal*, In: ESPÍNDOLA, E.L.G.; LEITE, M.A.; DORNFELD, C.B. (orgs) *Reservatório de Salto Grande (Americana, SP): caracterização, impactos e propostas de manejo*. São Carlos, Rima Editora, p. 37-54, 2004.
- EXTENCE, C.A.; FERGUNSON, A.J.D. *Aquatic invertebrate surveys as a water quality*

- management tool in the Anglian water region. Research & Management, v.4. p. 139-146, 1989.
- GIANESELLA-GALVÃO, S.M.F. *Produção primária e suas relações com alguns fatores físico-químicos em reservatórios do Estado de São Paulo*. São Paulo. 171p + anexos. Tese (Doutorado) – Instituto de Biociências – Universidade de São Paulo, 1981.
- GUERESCHI, R.M. & MELÃO, M.G.G. *Monitoramento Biológico da Bacia Hidrográfica do Rio do Monjolinho pelo uso de Macroinvertebrados Bentônicos*. VIII Seminário Regional de Ecologia, São Carlos. Anais. São Paulo. vol. III, p.1199-1216, PPG-ERN, UFSCar, 1998.
- JEFREY, D.W. *Biomonitoring of freshwaters, estuaries and shallow seas: a commentary on requirements for environmental quality control*. In: YASUNO, M.; WHITTON, B.A., eds. Biological Monitoring of Environmental Pollution. Tokyo, (Proceeding of the fourth IUBS.) Tokai University Press, p.75-90, 1987.
- LANG, C.; LANG-DOBLER, B. *Structure of Tubificid and Lumbriculid worm communities and three indices of trophy based upon these communities, as descriptors of eutrophication level of lake Geneva (Switzerland)*. In: BRINKHURS, R.O. & COOK, D.G., eds. Aquatic Oligochaete Biology. Plenum Press, New York. p. 457-470, 1980.
- LEITE, M.A. *Variação espacial e temporal da taxa de sedimentação no reservatório de Salto Grande (Americana - SP) e sua influência sobre características limnológicas do sistema*. São Carlos. 170p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, 1998.
- LEITE, M.A. *Análise do aporte, da taxa de sedimentação e da concentração de metais na água, plâncton e sedimento do reservatório de Salto Grande, Americana - SP*. São Carlos, 197p. Tese (Doutorado) Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2002.
- LEITE, M.A.; ESPINDOLA, E.L.G.; CALIJURI, M.C. *Tripton sedimentation rates in the Salto Grande reservoir (Americana, SP, Brazil): a methodological evaluation*. Acta Limnol. Bras., v.12. p.63-68. Dez, 2000.
- LINDEGAARD, C. *Classification of water-bodies and pollution*, p.385-404. 447. In: ARMITAGE, P.D., CRANSTON, P.S., PINDER, L.C.V. The CHIRONOMIDAE: biology and ecology of non-biting midges. Chapman & Hall, 572p, 1995.
- LOPES-FERREIRA, C.M. *Estudo de uma área alagada do rio Atibaia visando a elaboração de proposta de manejo para melhoria da qualidade da água no reservatório de Salto Grande (Americana, SP)*. São Carlos. 145p. Tese (doutorado). – Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, 2000.
- MANDAVILLE, S.M. *Bioassessment of Freshwaters using Benthic Macroinvertebrates - a Primer*. http://www.chebucto.ns.ca/Sciense/SWCS/SWC_S.html, 2000.
- MARGALEF, R. *Ecologia*. Barcelona: Omega, 1977p., 1989.
- MERRITT, R., CUMMINS, K. *An introduction to the aquatic insects os North America*. 2.ed. Kendall hunt Publishing, 360p, 1988.
- MODDE, T., DREWES, H.G. *Comparison of biotic index values for invertebrate collections from natural and artificial substrates*. Freshwater Biology. n. 23, p. 171-180, 1990.
- MYSLINSKI, E.; GINSBURG, W. *Macroinvertebrates as indicator of pollution*. Journal AWWA-Water Technology/Quality. p. 538-544, 1977.
- PAMPLIN, P.A.Z. *Avaliação da qualidade ambiental da represa de Americana (SP-BRASIL) com ênfase no estudo da comunidade de macroinvertebrados bentônicos e parâmetros ecotoxicológicos*. São Carlos. 88p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, 1999.
- ROBERTO, S., ABREU, R.M. *Utilidade dos indicadores de qualidade das águas*. Ambiente. v.5, n.1, 1991.
- ROSENBERG, D.M., RESH, V.H. *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*. New York: Chapman & Hall, 488p, 1993.
- SALAS, H.J.; MARTINO, P. *Desarrollo de metodologias simplificadas para la evaluación de eutroficación em lagos cálidos tropicales*. Memoria del IV Encuentro del Proyecto Regional. OPS-CEPIS, 1988
- SALAS, H.J.; MARTINO, P. *Metodologias simplificadas para la evaluación da eutroficación en lagos cálidos tropicales*, Programa Regional CEPIS-HPE-OPS 1981-1990, versión actualizada, 2001.
- SAVAGE, A.A. *Community structure during a 27-year study of the macroinvertebrate fauna of a*

- chemically unstable lake. *Hydrobiologia* 421: p. 115-127, 2000.
- SHIMIZU, G.Y. *Represa de Americana: aspectos do bentos litoral*. Dissertação (Mestrado). Instituto de Biociências – Universidade de São Paulo. 148p, 1978.
- SHIMIZU, G.Y. *Represa de Americana: um estudo de distribuição batimétrica da fauna bentônica*. São Paulo. 117p. Tese (Doutorado). Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, 1981.
- TOLEDO, A.P. de Jr; TALARICO, M.; CHINEZ, S.J.; AGUDO, E.G. *A aplicação de modelos simplificados para a avaliação do processo da eutrofização em lagos e reservatórios tropicais*. Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Balneário Camboriú, Santa Catarina, 1983.
- TRIVINHO-STRIXINO, S., STRIXINO, G. *Larvas de Chironomidae (Diptera) do Estado de São Paulo: guia de identificação e diagnose dos gêneros*. São Carlos, PPG-ERN/UFSCar, 229p, 1995.
- VALENTI, W.C.; FROELICH, O. *Estudo da diversidade da taxocenose de Chironomidae de dez reservatórios do Estado de São Paulo*. *Ciência e Cultura*, 38 (4), 1986.

effluents, mainly from the Paulínia (SP) Petrochemical Complex located upstream from the reservoir. Besides the reduction in the number of genera, a change in the fauna composition in the system is observed. In the previous studies there was a marked participation of species from the sub-family Tanypodinae and in the present study the most representative sub-family, in abundance and number of genera, was Chironominae. It is therefore concluded that the composition of family Chironomidae in the Salto Grande reservoir has undergone changes due to alterations in its trophic state and pollution, and these events have been detected in this system since the beginning of the 1970s.

Key-words: Chironomidae, Santo Grande Reservoir, Eutrophication.

Evaluation of Eutrophication and its Relationship to Chironomidae in Atibaia River and Salto Grande Reservoir (Americana, SP- Brazil)

ABSTRACT

This study aimed to determine composition and spatial and temporal distribution of the Chironomidae fauna present in the Salto Grande reservoir and in its main tributary, Atibaia river, in May, August and November 2000 and February 2001. The sediment was collected using an Eckman-Birge grab sampler, the material was washed in the field with a 0.21 mm mesh sieve and fixed with 4% formalin. In the laboratory the samples were sorted and the organisms preserved in 70% alcohol. In Salto Grande reservoir and Atibaia river the results showed a predominance of Chironomus, group decorus, followed by Aedokritus sp. As to previous studies, a reduction in Chironomidae is found, which may be related to the advanced stage of reservoir eutrophication, due to processes that are triggered associated with the large amount of nutrients entering, reduced concentration of dissolved oxygen in water and the continuous input of several toxic substances detected in previous studies, from industrial