

## Toxicidade das águas do Rio Tietê coletadas na Grande São Paulo em peixes *Danio rerio*\*

### *Tietê River water toxicity collected near São Paulo city in Danio rerio fishes*

Felipe de Gonzaga Grosso\*\*  
Rodrigo Parra de Moura\*\*  
Willians Davi Raymundo\*\*  
Maria Martha Bernardi\*\*\*

#### Resumo

**Introdução** – O Rio Tietê é um rio brasileiro do Estado de São Paulo. É famoso nacionalmente por atravessar todo o Estado e a cidade de São Paulo. Nasce em Salesópolis, na Serra do Mar, a 1.027 metros de altitude. Apesar de estar a apenas 22 quilômetros do litoral, as escarpas da Serra do Mar obrigam-no a caminhar sentido inverso, rumo ao interior, atravessando o Estado de São Paulo de sudeste a noroeste até desaguar no lago formado pela barragem de Jupia no rio Paraná, no município de Três Lagoas, cerca de 50 quilômetros a jusante da cidade de Pereira Barreto, o Rio Tietê é extremamente poluído, pois nele são despejados esgotos e efluentes industriais. No entanto, ao longo do rio a poluição pode variar. **Materiais e Métodos** – Investigou-se a toxicidade em *Danio rerio* de 6 amostras de água do Rio Tietê, a saber: Local 1 – Córrego localizado na Av. Hirante Sanazar em Osasco, antes da empresa Adammas; Local 2 – o mesmo córrego, mas coleta depois da empresa; Local 3 – Córrego paralelo a empresa Razzo; Local 4 – foi feita a coleta na ponte da Vila dos Remédios; Local 5 – Rio Tietê coleta feita antes de Osasco, Ponte da Freguesia do Ó; Local 6 – Tietê depois de Osasco. **Resultados** – Mediu-se a mortalidade dos animais e parâmetros comportamentais dos mesmos durante a exposição por 5 minutos a estas amostras. **Conclusões** – Concluiu-se que: 1) tanto os tremores bem como a subida à superfície foram importantes para determinar a toxicidade diferencial às diferentes amostras de água; 2) não houve correlação entre óbito e toxicidade comportamental; 3) pode-se ainda apontar que a maior toxicidade ocorreu nos locais 1 e 2 levando-se em conta a mortalidade e efeitos comportamentais obtidos. 4. Estudos que levam em conta alterações em parâmetros comportamentais e fisiológicos podem ser indicadores precoces de toxicidade em animais aquáticos, permitindo prevenir acidentes neste meio.

Palavras-chave: Peixe paulistinha; Poluição de rios/análise; Poluentes da água/toxicidade; Poluentes industriais; Toxicologia

#### Abstract

**Introduction** – Tietê River is a Brazilian River of São Paulo State. It is nationally famous for crossing the state and the city of São Paulo. Tietê River born in Salesópolis, Serra do Mar, at 1,027 meters high. Although it is only 22 kilometers from the coast, the scarps of the Serra do Mar forcing it to walk in opposite direction, towards the interior, through the state of São Paulo from southeast to northwest until flow in the lake formed by the weir in the Paraná River, Jupia, in the Três Lagoas city, about 50 km downstream of Pereira Barreto city. This river is highly polluted but throughout its course the grade of pollution varies. **Materials and Methods** – The present study investigated the toxicity in *Danio rerio* fish of 6 samples of water from the Tietê River, i.e.: Place 1 – Streamlet located on Avenida Hirante Sanazar in Osasco, before the company Adammas; Place 2 – the same streamlet, but after the company; Place 3 – Stream parallel to Razzo company; Place 4 – was the gathering on Vila dos Remédios bridge; Place 5 – Tietê River collection made before Osasco city, Ponte da Freguesia do Ó; Place 6 – Tietê River after Osasco. **Results** – The mortality and behavior of animals were measured in the *Danio rerio* fish after 5 minutes of exposure to the different water samples. **Conclusions** – It was concluded that: 1) both tremor and the rise the surface were important to determine the toxicity spread to different samples of water; 2) there was no correlation between death and behavioral toxicity; 3) data indicate that the greater toxicity occurred at sites 1 and 2 taking into account the mortality and behavioral effects obtained. 4) Studies which take into account changes in behavioral and physiological parameters can be early indicators of toxicity to aquatic animals, allowing prevent accidents in this medium.

Key words: Zebrafish; River pollution/analysis; Water pollutants/toxicity; Industrial pollutants; Toxicology

\* Parte da monografia de conclusão do Curso de Ciências Biológicas na Universidade Paulista (UNIP).

\*\* Graduados em Ciências Biológicas pela UNIP.

\*\*\* Doutora em Fisiologia pela Universidade de São Paulo. Professora Titular do Curso de Medicina Veterinária da UNIP. E-mail: bernarde@usp.com



Uma organização não governamental, Núcleo União Pró-Tietê, liderada por Mário Mantovani, foi criada, canalizando a pressão popular por um rio mais limpo. A sociedade civil chegou a colher mais de um milhão de assinaturas, um dos maiores abaixo-assinados já realizados no país. Diante de tais pressões populares, em 1991, o Governador do Estado de São Paulo eleito em outubro de 1990, ordenou à Sabesp – empresa de saneamento básico do Estado, que se comprometesse a estabelecer um programa de despoluição do rio. O Estado buscou recursos junto ao Banco Interamericano de Desenvolvimento – o BID e montou um projeto de recuperação do rio. A difícil tarefa de acabar com a poluição gerada por esgotos na Região Metropolitana de São Paulo recebeu o nome de Projeto Tietê. Não é um projeto exclusivamente governamental, já que conta com intensa participação de organizações da sociedade civil. Atualmente, o Projeto Tietê é o maior projeto de recuperação ambiental do país<sup>7-8</sup>.

Passados mais de 16 anos, a despoluição do Rio Tietê ainda está muito aquém dos níveis desejados, mas já foram feitos progressos animadores. No final da década de 1990, a capacidade de tratamento de esgotos foi ampliada: a Sabesp realizou a ampliação da capacidade de tratamento da Estação de Tratamento de Esgotos de Barueri, a 20 km a jusante do Município de São Paulo e inaugurou as Estações de Tratamento de Esgoto Parque Novo Mundo, São Miguel e ABC, que ficam a montante do Município de São Paulo<sup>7-8</sup>.

No início do programa, o percentual de esgotos tratados em relação aos esgotos coletados não ultrapassava os 20% na Região Metropolitana de São Paulo. Em 2004, esse percentual estava em 63% (incluindo tratamento primário e secundário). Espera-se que até o final do programa, esse índice alcance os 90%. Atualmente, o programa está em sua terceira fase. A mancha de poluição do Rio Tietê, que na década de 90 chegou a 100 km, vem se reduzindo gradualmente no decorrer das obras do Projeto Tietê<sup>7-8</sup>.

Por outro lado, é preciso lembrar que ao longo de todo o rio, fora da Região Metropolitana, todos os municípios da bacia possuem coleta de esgotos mas nem todos tem seus esgotos devidamente tratados, o que mostra que muito ainda há para ser feito.

Além do tratamento de esgoto (com construção de ligações domiciliares, coletores-tronco, interceptadores e estações de tratamento de esgotos), o programa de despoluição do Tietê também foca no controle de efluentes das indústrias.

De acordo com o governo estadual, através da Cetesb, agência ambiental paulista, mil e duzentas indústrias, correspondente a 90% da carga poluidora industrial lançada no rio Tietê, aderiram ao projeto e deixaram de lançar resíduos e toda espécie de contaminantes no curso d'água. Desde o início do programa de despoluição em 1992, já foram gastos mais de US\$ 1,5 bilhão de dólares<sup>7-8</sup>.

Porém, segundo especialistas em saneamento ambiental e engenharia, apesar dos investimentos efetuados, a poluição difusa da região metropolitana, composta por chuva ácida, poeiras, lixo e resíduos de veículos (vazamentos de fluidos de óleos, resíduos de pastilhas de freios, entre outros) continuará indo para as galerias de águas pluviais sem tratamento, pois esta rede não está co-

nectada com a rede de esgotos: o rio, depois de todo o projeto de despoluição implantado, apresentará indicadores técnicos e ambientais muito superiores aos atuais, porém esteticamente a percepção da qualidade das águas não será tão grande por parte da população, sendo necessário um trabalho de esclarecimento à população.

O adensamento populacional aliado à ocupação desordenada faz com que o serviço de distribuição de água potável torne-se uma tarefa desafiadora para o poder público nas grandes cidades. Além disso, o problema no processo de urbanização reflete diretamente na qualidade da água dos mananciais que abastecem as cidades<sup>1,7-9</sup>.

Na Região Metropolitana de São Paulo, por exemplo, a Sabesp utiliza-se de águas superficiais em mananciais localizados principalmente na Bacia do Alto Tietê. A empresa opera oito sistemas produtores de água potável: Baixo Cotia, Alto Cotia, Guarapiranga, Cantareira, Alto Tietê, Rio Claro, Rio Grande e Ribeirão da Estiva. Alguns destes cursos de água apresentam má qualidade e estão próximos aos limites da capacidade de potabilização.

Ou seja, além do tratamento da água, torna-se fundamental o desenvolvimento de novas técnicas de captura da água bruta e um intenso programa social de conscientização ambiental da população.

Este trabalho visou estudar a toxicidade em *Danio rerio* de amostras de água retiradas de diferentes locais do Rio Tietê. Para tanto foram colhidas amostras em determinados locais e submeteu-se em laboratório peixes a estas águas. Foram medidos parâmetros de letalidade e comportamentais dos animais.

## Materiais e Métodos

### Animais

Foram utilizados peixes da espécie *Danio rerio* com 5 cm de comprimento mantidos em aquários com água apropriada em pH 6,5 e temperatura de 23-250 sob luz natural, no mês de setembro de 2007.

### Coleta de água

Foram coletados 10 litros de água dos seguintes locais: Local 1 – Córrego localizado na Av. Hirante Sanazar em Osasco, antes da empresa Adammas; Local 2 – o mesmo córrego, mas coleta depois da empresa; Local 3 – Córrego paralelo a empresa Razzo; Local 4 – foi feita a coleta na ponte da Vila dos Remédios; Local 5 – Rio Tietê coleta feita antes de Osasco, Ponte da Freguesia do Ó; Local 6 – Tietê depois de Osasco.

Os recipientes contendo a água foram trazidos ao laboratório e utilizados no prazo de uma semana.

### Delineamento experimental

Foram utilizados 5/indivíduos para cada tipo de água coletada e 5 espécimes como grupo controle os quais foram mantidos na água do aquário de manutenção. Para avaliação da toxicidade e neurotoxicidade os animais foram observados individualmente em aquários testes, divididos em quadrantes e filmados durante vinte minutos para posterior

análise. Os seguintes parâmetros foram medidos: a frequência de subidas à superfície, frequência e duração dos tremores, número de corridas bem como o número de quadrados percorridos pelos animais nos cinco primeiros minutos de observação. Anotou-se o número de animais que morreram e o tempo para o óbito em 24 horas<sup>10-11</sup>. Os resultados foram tratados estatisticamente através da ANOVA de uma via seguida pelo teste de Dunnett para comparação dos grupos. A probabilidade de  $p < 0.05$  foi considerada capaz de revelar diferenças significantes entre os grupos.

## Resultados

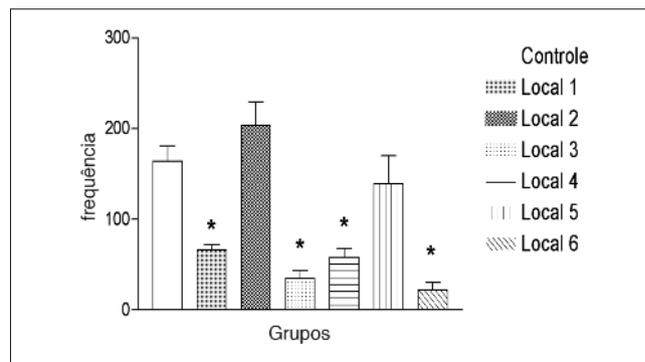
A Tabela 1 mostra os resultados obtidos da exposição de *D. rerio* aos diferentes tipos de água coletados e dos animais do grupo controle. Verificou-se que em 5 minutos de observação houve maior letalidade nos peixes expostos às águas dos locais 1 e 2 (3/5), seguidos pelos locais 3, 5 e 6 (4/5) e não houve óbitos nos animais do grupo controle e do local 4. Quanto aos parâmetros comportamentais a ANOVA indicou diferenças entre os grupos controle e experimental em todos parâmetros observados. Assim verificou-se que com relação ao grupo controle houve maior número de tremores nos animais expostos às águas dos locais 1, 4 e 5. A respeito da duração do tremor notou-se aumento nos locais 1 e 2. Com relação ao número de subidas à superfície verificou-se que esta ocorreu mais nos animais expostos às águas dos locais 1, 2, 3, 4 e 6. O número de corridas foi menor nos animais expostos às águas dos locais 3 e 6.

O Gráfico 1 mostra o número de quadrados percorridos em 5 minutos por estes peixes. Assim, nota-se que houve redução na motilidade dos animais quando expostos às águas dos locais 1, 3, 4, 5 e 6.

## Discussão

O presente trabalho mostra que todas as amostras de água coletadas promoveram toxicidade nos peixes testados. No entanto, a mortalidade variou entre as mesmas. Nota-se que as amostras do córrego localizado na Av. Hirante Sanazar em Osasco, antes da empresa Adammas e o local 2 – o mesmo córrego, mas coletada depois da em-

presa, apresentaram as maiores taxas de mortalidade indicando que a indústria provavelmente lança dejetos tóxicos importantes. Por outro lado, no local 4 – cuja coleta foi feita na ponte da Vila dos Remédios, não houve óbito dos animais nos 5 minutos iniciais de exposição. No entanto, a análise por 20 minutos mostrou que em todas as amostras o tempo para óbito variou entre 15 e 20 minutos, sendo o maior no local 4. Portanto, a qualidade e quantidade de produtos tóxicos deve variar ao longo do percurso do rio.



**Gráfico 1.** Número de quadrados percorridos por peixes *D. rerio* expostos a diferentes tipos de água. Os locais da coleta são citados na Tabela 1. ANOVA seguida pelo teste de Dunnett. \*  $P < 0,05$  em relação ao grupo controle

Com relação aos parâmetros comportamentais, os presentes resultados mostraram que as amostras de água produziram uma série de sinais e sintomas tóxicos que são diferenciais nas seis amostras de água. O tremor ocorreu após a exposição a todas as amostras de água, observando-se tanto aumento na sua frequência como na sua duração. Este parâmetro reflete alterações promovidas por agentes tóxicos no sistema nervoso central (A). Verificou-se que houve incremento significativo no parâmetro em animais expostos às amostras de água dos locais 1, 3, 4 e 5, porém a duração dos tremores só foi maior estatisticamente nas amostras dos locais 2, 4 e 5. Nota-se ainda que não houve diferenças nestes parâmetros no local 6 de coleta.

A subida à superfície é um parâmetro ligado a proces-

**Tabela 1.** Toxicidade e neurotoxicidade em peixes *D. rerio* expostos a seis tipos de água coletadas do Rio Tietê em diferentes locais

	Sobreviventes em 5 minutos	Tempo para óbito (20 min)	Número de tremores	Duração de tremores (seg)	Subidas à superfície	Corridas
Controle	5/5	–	147,4 ± 14,5	34,0 ± 14,2	1,4 ± 0,9	160,0 ± 45,0
Local 1	3/5	16,0 ± 1,7	449,0 ± 24,1*	279,0 ± 71,5*	31,4 ± 2,7*	175,2 ± 24,6
Local 2	3/5	15,8 ± 1,9	290,0 ± 67,6	220,0 ± 57,6*	75,0 ± 0,7*	204,0 ± 20,7
Local 3	4/5	10,4 ± 2,4	72,0 ± 18,4*	58,0 ± 23,7	11,0 ± 4,9	39,4 ± 14,2*
Local 4	5/5	20,0 ± 0	373,0 ± 74,5*	177,0 ± 21,9*	36,4 ± 4,2*	207,0 ± 10,8
Local 5	4/5	10,4 ± 2,5	491,0 ± 34,6*	170,0 ± 15,5*	51,0 ± 11,9*	216,6 ± 15,7
Local 6	4/5	11,0 ± 2,3	68,4 ± 23,5*	20,8 ± 9,2	11,2 ± 5,0	19,2 ± 9,1*

Local 1 – Córrego localizado na Av. Hirante Sanazar em Osasco, antes da empresa Adammas; Local 2 – o mesmo córrego, mas coleta depois da empresa; Local 3 – Córrego paralelo a empresa Razzo; Local 4 – foi feita a coleta na ponte da Vila dos Remédios; Local 5 – Rio Tietê coleta feita antes de Osasco, Ponte da Freguesia do Ó; Local 6 – Tietê depois de Osasco. ANOVA seguida pelo teste de Dunnett. \*  $P < 0,05$  em relação ao grupo controle

respiratórios dos animais. Portanto a maior subida à superfície estaria relacionado à dificuldade respiratória apresentada pelos animais após a intoxicação. Assim os presentes resultados indicam que as amostras dos locais 1, 2, 4 e 5 promoveram aumento significativo do parâmetro, provavelmente por impedir o influxo eletrolítico nas guelras ou no rim dos animais. Logo isto alteraria os mecanismos de homeostáticos do cálcio e fosfato e, portanto a efetividade das guelras em absorver oxigênio<sup>9</sup>. Além disto, é possível que tenham ocorrido mudanças significativas no metabolismo de carboidratos em tecidos de fígado, cérebro e guelras destes animais.

A corrida é um comportamento que faz parte do repertório comportamental do peixe *D. rerio*. Ela depende da ativação de áreas motoras subcorticais e também reflete alterações centrais promovidas por agentes tóxicos. Neste aspecto, somente verificou-se redução no parâmetro nas amostras dos locais 3 e 6.

Neste trabalho mediu-se também a motilidade dos animais por meio do número de quadrados percorridos pelo peixe. Nota-se que as amostras de água dos locais 1, 3, 4 e 6 reduziram a mobilidade dos animais. Por outro lado não foram observadas diferenças entre a motilidade dos peixes expostos às amostras dos locais 2 e 5. Tomando-se em conjunto estes dados e os de corridas pode-se aventar que a redução do número de corridas pode estar envolvida com a toxicidade das amostras empregadas.

Outro fato a se notar é que não houve correlação positiva entre os dados de neurotoxicidade e aqueles de sobrevivência dos animais provavelmente pelo curto período de observação.

## Conclusões

Estes dados permitem concluir que modelos comportamentais são ferramentas úteis para avaliar efeitos tóxicos precoces de poluentes no sistema aquático. Especificamente:

1. Neste trabalho tanto os tremores bem como a subida à superfície foram importantes para determinar a toxicidade diferencial às amostras de água.

2. Não houve correlação entre óbito e toxicidade comportamental.

3. Pode-se ainda apontar que a maior toxicidade ocorreu nos locais 1 e 2 levando-se em conta a mortalidade e efeitos comportamentais obtidos. Note-se que estes locais estão localizados em áreas industriais e os efluentes destas indústrias provavelmente foram responsáveis pela maior toxicidade observada. Além disto, embora a amostra do local 3 tenha sido retirada próxima a uma indústria, esta apresentou menor toxicidade que as dos locais 1 e 2.

4. É importante relevar que estudos que levam em conta alterações em parâmetros comportamentais e fisiológicos podem ser indicadores precoces de toxicidade em animais aquáticos, permitindo prevenir acidentes neste meio.

## Agradecimentos

Agradecemos ao auxílio técnico de Patrícia Oliveira Moura e Ana Paula Castro Dias.

## Referências

1. Brito AS. Manual de ensaios toxicológicos *in vivo*. São Paulo: Editora da Unicamp; 1994.
2. Bruno ES. Tradições e reminiscências da cidade de São Paulo. São Paulo: Hucitec/SMC; 1984.
3. Fausto B. Trabalho urbano e conflito social (1890-1920). Rio de Janeiro: Difel; 1977.
4. Milliet S. Roteiro do café e outros ensaios. São Paulo: Prefeitura do Município de São Paulo; 1941 (Coleção Departamento de Cultura, v. 25).
5. Morse R. De comunidade à metrópole. São Paulo: Comissão do IV Centenário da fundação de São Paulo; 1954.
6. Porto AR. História urbanística da cidade de São Paulo (1554-1988). São Paulo: Ed. Carthago & Forte; 1992.
7. Rodgher S, Espindola ELG, Rocha O, Fracácio R, Pereira RHG, Rodriguez MH. Limnological and ecotoxicological studies in the cascade of reservoirs in Tietê River (São Paulo, Brazil). *Braz J Biol.* 2005;65:697-710.
8. São Paulo (Cidade) – São Paulo: crise e mudança. 2ª ed. São Paulo: Prefeitura do Município de São Paulo /Editora Brasiliense; s.d.
9. Taunay AE. São Paulo nos primeiros anos (1554-1601). Tours: Imprensa E. Arrault & Cie; 1920.
10. Viran R, Unlu Erkoc F, Polat H, Kocak O. Investigation of acute toxicity of deltamethrin on guppies (*Poecilia reticulata*). *Ecotoxicol Environ Saf.* 2003;55(11):82-5.

Recebido em 12/12/2007  
Aceito em 3/3/2008