

**Rosalina Pereira de Almeida Araújo**



**Testes de toxicidade como instrumento na avaliação dos sedimentos de água doce do Estado de São Paulo**



**São Paulo  
2005**

Rosalina Pereira de Almeida Araújo

---

**Testes de toxicidade como instrumento na avaliação dos  
sedimentos de água doce do Estado de São Paulo.**

São Paulo

2005

Rosalina Pereira de Almeida Araújo

---

**Testes de toxicidade como instrumento na avaliação dos  
sedimentos de água doce do Estado de São Paulo.**

Tese apresentada ao Instituto de  
Biotecnologia da Universidade de São  
Paulo, para a obtenção do Título de  
Doutor em Ciências, na Área de Ecologia.

São Paulo  
2005

Araújo, Rosalina Pereira de Almeida

**Testes de toxicidade como instrumento na avaliação dos sedimentos de água doce do Estado de São Paulo.**

Tese (Doutorado) – Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo,  
Departamento de Ecologia.

1. Testes de toxicidade. 2. Sedimento. 3. *Hyalella azteca*

I. Universidade de São Paulo. Instituto de Biociências. Departamento de Ecologia

**Comissão Julgadora:**

---

Prof. Dr.

---

Prof. Dr.

---

Prof. Dr.

---

Prof. Dr.

---

Prof. Dra. Gisela Yuka Shimizu

Orientadora

## AGRADECIMENTOS

---

A Prof. Gisela Yuka Shimizu gostaria de agradecer mais uma vez a oportunidade, orientação e confiança na realização deste estudo, mas acima de tudo pela amizade.

Ao apoio recebido pelo Departamento de Análises Ambientais, Divisão de Análises Hidrobiológicas, Setor de Ecotoxicologia Aquática, Setor de Águas Interiores da Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental. Os meus sinceros agradecimentos pelas facilidades concedidas.

A todos os integrantes dos Setores de Ecotoxicologia Aquática e Comunidade Aquáticas e a Divisão de Análises Hidrobiológicas, gostaria de agradecer o apoio, carinho e incentivos.

Ao amigo Eduardo, pelo incentivo, apoio irrestrito, confiança e amizade.

A Mônica e Helena pela paciência em discutir, fornecer e reenviar muitos dos dados desse trabalho, mas acima de tudo pela amizade.

A Adriana, Daniel, Ivo, Liliana, Márcia, Sandra, Valéria, William pelo apoio técnico e por toda a paciência. Vocês me ajudaram a realizar esse trabalho.

A Gisela e Marta, minhas grandes incentivadoras, agradeço pelo apoio, carinho e amizade.

A Márcia, pelo apoio e dedicação na identificação da *Hyalella* e por todo o conhecimento técnico compartilhado.

Ao Prof. Mozeto, Patrícia, Fernanda, Ana Paula e Clarice, eu aprendi muito com vocês.

Ao Renato e Cláudia pela ajuda com os mapas.

Ao Aurélio, Daniel e Felipe que souberam entender as minhas ausências, agradeço de coração a torcida e o apoio para que eu pudesse realizar esse sonho.

A todos os amigos, que de uma forma direta ou indireta ajudaram na elaboração desse estudo, meus sinceros agradecimentos a todos vocês.

## RESUMO

---

A necessidade de se considerar o sedimento na análise da qualidade de corpos de água motivou a realização desse estudo, visando contribuir para o estabelecimento de protocolos de testes com o anfípoda *Hyalella*, critérios para a avaliação da toxicidade de sedimentos de água doce e um quadro da situação atual das principais bacias do Estado de São Paulo, em termos ecotoxicológicos. Desta forma, inicialmente, foi comparada a sensibilidade de duas espécies de *Hyalella*, ou seja *H. azteca* e *Hyalella* sp., adotando diferentes substâncias e sedimentos. Também comparou-se a taxa de fecundidade e sobrevivência destas duas espécies em determinadas condições de cultivo. Após a escolha da espécie teste mais adequada, *Hyalella azteca*, foram avaliadas diferentes condições de cultivo (tipo e quantidade de alimento) e de ensaio (sistema estático e semi-estático, razão de sedimento e água 1:4 e 1:2, os critérios de avaliação sobrevivência e crescimento) com amostras de sedimento, apresentando diferentes graus de contaminação. Esse estudo permitiu estabelecer uma condição de cultivo (100 organismos em recipientes com 2,5L de água natural ou reconstituída, a planta aquática Elódea como substrato e, como alimento, ração de coelho granulada mais uma solução de ração de peixe digerida, levedura e óleo de prímula). Esta condição permitiu obter um número médio de jovens/fêmea/semana de *H. azteca* de 9,2 com um desvio padrão de 2,7. Para avaliar a condição de ensaio que melhor representaria as do ambiente, os resultados dos testes de toxicidade com *Hyalella azteca* foram comparados com dados químicos e da comunidade bentônica, de amostras coletadas no mesmo local e data. Dessa forma verificou-se que a melhor condição de teste de toxicidade, com a duração de 10 dias, com *H. azteca* foi em sistema semi-estático com trocas de água a cada dois dias, adotando a razão de sedimento e água de 1:2 e avaliando a mortalidade e o crescimento. A partir desses dados, foram elaborados critérios que expressam classes de qualidade de sedimentos, ou seja: bom, quando o sedimento não apresentou toxicidade; regular, efeito sub-letal (redução do crescimento); ruim, mortalidade <50% e péssimo, mortalidade ≥50%. Esse critério foi aplicado nos estudos realizados para avaliação da qualidade dos sedimentos em 12 das 22 das Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos, para os quais foram compilados e selecionados dados ecotoxicológicos, além de químicos e da comunidade bentônica, quando disponíveis. A análise integrada desses resultados, utilizando classes de qualidade para as variáveis químicas, ecotoxicológicas e índices para a comunidade bentônica, permitiu estabelecer uma melhor avaliação da qualidade dos sedimentos. Além disso, verificou-se a importância de se integrar outros dados, como deformidade em *Chironomus* e teste de mutagenicidade, para se confirmar ou não a presença e estabelecer possíveis grupos de compostos, que poderiam estar causando impactos na comunidade de organismos que vivem no sedimento. A integração dessas diferentes linhas de evidências é que permitiu o estabelecimento do diagnóstico ou das análises a serem realizadas para se determinar o tipo de agentes estressores que possam estar presentes em um dado local em estudo. Portanto, testes de toxicidade se mostraram úteis e necessários na caracterização e em estudos para avaliar e identificar a qualidade de sedimentos, e devem ser adotados no monitoramento, junto com outras variáveis.

**Descritores:** *Hyalella*, critérios ecotoxicológicos, avaliação da qualidade, sedimento, água doce.

## ABSTRACT

---

The need to include the sediment evaluation in the quality assessment of surface waters, motivated this study, in order to contribute to the establishment of testing protocols with the amphipod *Hyalella*, to toxicity evaluation criteria. It was also motivated by a lack of a survey of the São Paulo State freshwater quality sediment watersheds situation in terms of toxicity. Initially, the sensitivity of two *Hyalella* species, *H. azteca* and *Hyalella* sp. (previously named *H. meinerti*), were compared using different substances and sediment samples. The rates of fecundity and survival of these two species were compared in standardized culture conditions. After the selection of the most suitable species, *Hyalella azteca*, different culturing conditions (food type and quantity) and assays design (semi-static and static system, water/sediment ratio 1:2 and 1:4, evaluation criteria for survival and growth) were studied using sediment with different contamination levels. The best culturing conditions were: 100 organisms/2.5 liters of natural or reconstituted water; the aquatic plant *Elodea* as substrate and rabbit granulated food plus a mixture of digested fish food, yeast and primula oil. Adopting this culturing conditions it was possible to obtain 9.2 juvenile *Hyalella azteca* for each female/week with a standard error of 2.7 for around three months. In order to evaluate the best test conditions, the toxicity tests results were compared with chemical analysis and benthic community data. These results were obtained with samples collected in the same sites and at the same time. The analyses of the results showed that the best condition for 10 days exposition time was semi-static system with water exchange every two days, 1:2 sediment/water ratio and evaluation of mortality and growth as endpoints. Based in these results, a toxicity criteria that express sediment quality classes were elaborate. The classes established were: good, when the sediment was non toxic, regular when sublethal effect were observed (growth reduction), bad, when the mortality was less than 50% and extremely bad, when mortality was equal or greater than 50%. These criteria were applied to analyze toxicity data from different sediment quality studies performed in 12 from the 22 Freshwater Watershed Management Units of São Paulo State that were compiled and selected, using ecotoxicological, chemical and benthic community data when available. Only using sediment classes for these three variables it was possible to establish the sediment quality of the survey data. Other variables (benthic deformities and mutagenicity) were considered important to confirm, or not, the presence and establish the possible chemical groups that could be causing effects on benthic organisms. Only by the integration of these different evidence lines it was possible to define the sediment quality or which analyses should to be done in order to point out the stressor types that could be present at the studied sites. The conclusion was that toxicity tests with aquatic organisms are reliable and necessary for the quality evaluation and identification of toxicity of the sediments and should be used in monitoring studies together with other tools.

**Descriptors:** *Hyalella*, ecotoxicological criteria, quality assessment, freshwater sediment.

## SUMÁRIO

---

1. Introdução .....	1
2. Objetivos .....	5
3. Referências bibliográficas .....	7

### **Parte 1.** Método de cultivo e de teste de toxicidade de sedimento para *Hyalella*

#### **Capítulo 1.** Avaliação da reprodução, sobrevivência e sensibilidade das espécies *Hyalella azteca* e *Hyalella* sp.

1.1. Introdução .....	13
1.2. Material e métodos .....	15
1.2.1. Avaliação da reprodução e sobrevivência .....	15
1.2.2. Avaliação da sensibilidade .....	16
1.2.2.1. Teste de toxicidade aguda (48h), em solução aquosa com diferentes substâncias de referência .....	16
1.2.2.2. Teste de toxicidade de sedimento, com duração de 10 dias .....	17
1.3. Resultados .....	17
1.3.1. Reprodução e sobrevivência ‘ .....	17
1.3.2. Avaliação da sensibilidade .....	23
1.3.2.1. Teste de toxicidade aguda (48h), em solução aquosa com diferentes substâncias de referência .....	23
1.3.2.2. Testes de toxicidade de sedimento, com a duração de 10 dias .....	23
1.4. Discussão .....	25
1.5. Conclusões .....	33
1.6. Recomendações .....	34
1.7. Referências bibliográficas .....	35

#### **Capítulo 2.** Avaliação dos procedimentos de cultivo de *Hyalella azteca* com relação ao tipo e quantidade de alimento

2.1. Introdução .....	44
2.2. Material e métodos .....	45
2.2.1. Razão entre machos e fêmeas .....	46



2.2.2. Tipo e quantidade de alimento e número de organismos por cultura .....	46
2.2.2.1. Experimento 1 .....	46
2.2.2.2. Experimento 2 .....	47
2.2.2.3. Experimento 3 .....	48
2.2.3. Análise dos dados .....	48
2.3. Resultados .....	49
2.3.1. Razão entre machos e fêmeas .....	49
2.3.2. Tipo e quantidade de alimento e número de organismos por cultura .....	49
2.3.2.1. Experimento 1 .....	49
2.3.2.2. Experimento 2 .....	54
2.3.2.3. Experimento 3 .....	57
2.4. Discussão .....	59
2.5. Conclusões .....	62
2.6. Recomendações .....	62
2.7. Referências bibliográficas .....	63

**Capítulo 3.** Teste de toxicidade de sedimento com *Hyalella azteca*: avaliação do método de ensaio e sua aplicação no estabelecimento da qualidade dos sedimentos de água doce

3.1. Introdução .....	65
3.2. Material e Métodos .....	66
3.2.1. Coleta .....	66
3.2.2. Organismos-teste .....	67
3.2.3. Avaliação da sensibilidade .....	67
3.2.4. Testes de toxicidade de sedimento com <i>H. azteca</i> .....	69
3.2.4.1. Avaliação do tipo de sistema (estático e semi-estático), razão sedimento e água (1:2 e 1:4) e critérios de avaliação (mortalidade e crescimento) .....	69
3.2.4.2. Cálculo estatístico: avaliação dos resultados adotando o teste “t” e o “t por bioequivalência” .....	70
3.3. Resultados .....	71
3.3.1. Avaliação da sensibilidade .....	71
3.3.2. Teste toxicidade de sedimento com <i>H. azteca</i> .....	72
3.3.2.1. Determinação da constante de proporcionalidade “r” .....	72
3.3.2.2. Comparação dos resultados adotando os testes “t” e “t por bioequivalência” .....	72
3.3.2.3. Avaliação do tipo de sistema (estático e semi-estático), razão sedimento e água (1:2 e 1:4) e critérios de avaliação (mortalidade e crescimento) .....	75
3.4. Discussão .....	76
3.4.1. Avaliação da sensibilidade .....	76
3.4.2. Teste de toxicidade de sedimento com <i>H. azteca</i> .....	77

3.4.2.1 Constante de proporcionalidade “r” .....	77
3.4.2.2. Tipo de sistema (estático e semi-estático), razão sedimento e água (1:2 e 1:4) .....	78
3.4.2.3. Validação dos resultados: análise integrada dos dados químicos, biológicos e ecotoxicológicos .....	80
3.5. Conclusões e recomendações .....	88
3.6. Referências bibliográficas .....	89

**Parte 2. Avaliação ecotoxicológica da qualidade dos sedimentos de rios e reservatórios do Estado de São Paulo**

**Capítulo 4. Procedimentos de ensaio e critérios de aceitação dos resultados dos diferentes estudos efetuados no Estado de São Paulo**

4.1. Introdução .....	96
4.2. Procedimentos de ensaios ecotoxicológicos com sedimentos de água doce .....	97
4.2.1. Tipo de matriz .....	97
4.2.2. Sistema .....	97
4.2.3. Razão entre sedimento e água .....	97
4.2.4. Organismo-teste .....	98
4.2.5. Idade dos organismos .....	99
4.2.6. Sensibilidade .....	99
4.2.7. Água de diluição .....	100
4.2.8. Sedimento controle e referência .....	100
4.2.9. Outras variáveis .....	101
4.3. Análise estatística dos resultados dos ensaios de toxicidade .....	101
4.4. Critérios de aceitação dos ensaios ecotoxicológicos .....	103
4.5. Referências bibliográficas .....	105

**Capítulo 5. Avaliação da qualidade dos sedimentos de rios e reservatórios do Estado de São Paulo, com ênfase nos dados ecotoxicológicos**

5.1. Introdução .....	111
5.2. Material e métodos .....	112
5.3. Avaliação da qualidade dos sedimentos do Estado de São Paulo .....	117
5.3.1. URGHI 2 - Paraíba do Sul .....	117
5.3.2. UGRHI 5 - Piracicaba, Capivari e Jundiá .....	119
5.3.3. UGRHI 6 - Alto Tietê .....	133

## Gracias por visitar este Libro Electrónico

Puedes leer la versión completa de este libro electrónico en diferentes formatos:

- HTML(Gratis / Disponible a todos los usuarios)
- PDF / TXT(Disponible a miembros V.I.P. Los miembros con una membresía básica pueden acceder hasta 5 libros electrónicos en formato PDF/TXT durante el mes.)
- Epub y Mobipocket (Exclusivos para miembros V.I.P.)

Para descargar este libro completo, tan solo seleccione el formato deseado, abajo:

