

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E RECURSOS NATURAIS

**ESTUDOS ECOTOXICOLÓGICOS COM ÊNFASE NA  
AVALIAÇÃO DA TOXICIDADE DE SURFACTANTES  
ANIÔNICOS AOS CLADÓCEROS *Daphnia similis*, *Ceriodaphnia  
dubia* e *Ceriodaphnia silvestrii***

KATIUSCIA DA SILVA COELHO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde da Universidade Federal de São Carlos como parte dos requisitos para a obtenção do título de mestre em Ecologia e Recursos Naturais.

**Orientadora:** Profa. Dra. Odete Rocha

SÃO CARLOS

2008

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da  
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

C672ee

Coelho, Katiuscia da Silva.

Estudos ecotoxicológicos com ênfase na avaliação da toxicidade de surfactantes aniônicos aos cladóceros *Daphnia similis*, *Ceriodaphnia dubia* e *Ceriodaphnia silvestrii* / Katiuscia da Silva Coelho. -- São Carlos : UFSCar, 2008. 146 f.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2008.

1. Toxicidade - testes. 2. Água - poluição. 3. Zooplâncton. 4. Ecologia. I. Título.

CDD: 615.82 (20<sup>a</sup>)

Katiuscia da Silva Coelho

**ESTUDOS ECOTOXICOLÓGICOS COM ÊNFASE NA AVALIAÇÃO DA  
TOXICIDADE DE SURFACTANTES ANIÔNICOS AOS CLADÓCEROS *Daphnia  
similis*, *Ceriodaphnia dubia* e *Ceriodaphnia silvestrii***

Dissertação apresentada à Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ecologia e Recursos Naturais.

Aprovada em 25 de abril de 2008

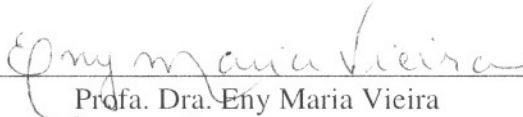
BANCA EXAMINADORA

Presidente



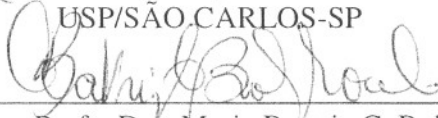
Profa. Dra. Odete Rocha  
(Orientadora)

1º Examinador



Profa. Dra. Eny Maria Vieira  
USP/SÃO CARLOS-SP

2º Examinador



Profa. Dra. Maria Beatriz C. Bohrer Morel  
IPEN/São Paulo-SP



Profa. Dra. Dalva Maria da Silva Matos  
Coordenadora  
PPGERN/UFSCar

*“Não há como fraquejar quando se  
tem um amigo com quem contar”*

Fernando Pessoa

*Este trabalho é dedicado aos meus pais Rubens e Terezinha pelo amor, carinho, atenção, apoio e incentivo. Em especial dedico à minha vovó Maria, sempre presente em toda a minha vida.*

## AGRADECIMENTOS

Especialmente à Profa. Dra. *Odete Rocha*, pela orientação, confiança, apoio e incentivo e, principalmente, por me auxiliar em mais uma etapa da minha formação acadêmica.

À CAPES pela concessão da bolsa de estudo durante o Mestrado.

Às Profa.Dra. *Ana Teresa Lombardi* e Profa.Dra. *Maria da Graça Gama Melão*, e ao Prof.Dr. *Evaldo Luiz Gaeta Espíndola*, pelas sugestões apresentadas no exame de qualificação.

Às Profa.Dra. *Eny Maria Vieira* e Profa.Dra. *Maria Beatriz Camino Bohrer-Morel*, pelas sugestões apresentadas na defesa da dissertação.

À Profa. Dra. *Mirna Helena Regali Selegim* e ao Prof. Dr. *Celso Aparecido Bertran*, pelos surfactantes aniônicos cedidos para a realização deste trabalho.

À Profa. Dra. *Bernadete Amâncio Varesche* e à técnica *Maria Ângela Tallarico Adorno*, pela realização das análises de surfactantes.

Ao Dr. *José Valdecir de Lucca* e ao *Airton Santos Soares*, pelo auxílio nas atividades de campo e de laboratório e pelos ensinamentos que contribuíram para a minha formação profissional.

Às amigas de república: *Maura, Melissa, Rosângela, Roseli e Twiggy*, pela convivência harmoniosa, respeito, palavras de apoio e incentivo e, principalmente, pela amizade que se formou a partir de então... Em especial às queridas *Letícia e Maristela* pelos anos sinceros de amizade.

Às queridas amigas do DEBE: *Ana Lúcia, Denise, Fernanda, Máisa, Patrícia, Renata e Roberta*, pelo apoio, carinho, incentivo, respeito e auxílio na realização deste trabalho. Agradeço pela amizade sincera, a qual não me deixou fraquejar diante das dificuldades.

Às amigas de Campinas: *Daniela, Samantha, Profas. Ednéia e Maria José*, pela amizade, carinho, incentivo e apoio. Também agradeço às supervisoras Maria de Jesus e Gislene da Diretoria de Ensino Campinas Oeste e à equipe do Programa Escola da Família pelo carinho e ensinamentos fundamentais para a minha formação profissional.

Aos amigos dos Departamentos de Botânica e de Hidrobiologia, pelos bate-papos e sugestões para a realização deste trabalho, em especial; *Ana Beatriz, Heliana, Inessa, Márcia, Priscilla e Suzelei*.

Aos *funcionários do DEBE/UFSCar* pelo auxílio, em especial às Edna e Malu pela atenção, disposição e momentos de descontração.

Aos companheiros do DEBE: *Amanda, André, Elisa, Emanuela, Fábio Toshio, Fernando, Laira, Magno, Mariana, Raphael, Sérgio, Vinicius e Zezé* pela ajuda e momentos de descontração.

À *Dona Tereza e Dona Romilda* pelo carinho, atenção e palavras de apoio e de incentivo.

À *direção* da Escola Estadual Tarcísio Álvares Lobo, pelo apoio na fase final deste trabalho.

Aos meus irmãos, *Rafael, Gustavo, Henrique e Júnior*, e irmã, *Aline*, pelo amor, carinho, apoio, ajuda e amizade.

Aos meus *familiares; Reynold, tios, primos*, pelo carinho, apoio, incentivo sempre presentes. Em especial às minhas tias *Célia e Vera*, que são pessoas muito especiais com quem sempre posso contar.

A todas as pessoas que direta ou indiretamente colaboraram na realização deste trabalho.

## SUMÁRIO

RESUMO.....	i
ABSTRACT .....	ii
LISTA DE TABELAS.....	iii
LISTA DAS FIGURAS.....	viii
LISTA DAS FIGURAS.....	viii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	5
2.1. Geral .....	5
2.2. Específicos.....	5
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	6
3.1. Espécies zooplancônicas estudadas.....	6
3.2. Cultivo e manutenção dos organismos-teste <i>Daphnia similis</i> , <i>Ceriodaphnia silvestrii</i> e <i>Ceriodaphnia dubia</i> .....	7
3.3. Testes para determinação da sensibilidade dos cladóceros .....	8
3.4. Testes de toxicidade aguda do dodecil benzeno sulfonato de sódio (LAS) e de dodecil sulfato de sódio (DSS) para <i>Daphnia similis</i> , <i>Ceriodaphnia dubia</i> e <i>Ceriodaphnia silvestrii</i> .....	9
3.4.1. Preparo das soluções-teste.....	9
3.4.2. Testes preliminares.....	10
3.4.3. Testes definitivos.....	10
3.4.4. Análise estatística .....	11
3.5. Avaliação da toxicidade crônica do dodecil benzeno sulfonato de sódio (LAS) e do dodecil sulfato de sódio (DSS) para <i>Ceriodaphnia dubia</i> e <i>Ceriodaphnia silvestrii</i> .....	11
3.5.1. Análise estatística .....	12
3.6. Avaliação química, física e ecotoxicológica de amostras ambientais de recursos hídricos do Estado de São Paulo.....	12
3.6.1. Caracterização dos corpos de água avaliados.....	12
3.6.1.1. Lagoa Dourada .....	12
3.6.1.2. Reservatório do Lobo (Broa).....	14
3.6.1.3. Represa do Monjolinho .....	14
3.6.1.4. Córrego e Represa do Fazzari.....	15



3.6.2. Pontos de amostragem e período de coleta.....	16
3.6.3. Variáveis limnológicas .....	17
3.6.3.1. Potencial hidrogeniônico, condutividade elétrica, concentração de oxigênio dissolvido e temperatura da água.....	17
3.6.3.2. Nutrientes dissolvidos e totais na água.....	17
3.6.3.3. Índice do Estado Trófico .....	17
3.6.4. Variáveis biológicas .....	18
3.6.4.1. Determinação da concentração de clorofila <i>a</i> .....	18
3.6.4.2. Testes de toxicidade aguda com amostras de água.....	18
3.6.4.3. Testes de toxicidade aguda com amostras de sedimento.....	18
3.7. Determinação da concentração de surfactantes aniônicos presentes em amostras de água.....	19
4. RESULTADOS .....	20
4.1. Testes de sensibilidade dos cladóceros ao cloreto de sódio e ao dicromato de potássio .....	20
4.2. Testes de toxicidade aguda do LAS aos cladóceros.....	22
4.3. Teste de toxicidade crônica do LAS aos cladóceros <i>Ceriodaphnia dubia</i> e <i>Ceriodaphnia silvestrii</i> .....	27
4.4. Testes de toxicidade aguda do DSS aos cladóceros .....	29
4.5 Teste de toxicidade crônica com DSS aos cladóceros <i>Ceriodaphnia dubia</i> e <i>Ceriodaphnia silvestrii</i> .....	34
4.6. Toxicidade de amostras ambientais – Água do reservatório Lagoa Dourada, Brotas, SP.....	36
4.6.1. Caracterização limnológica .....	36
4.6.2. Variáveis biológicas .....	38
4.6.3. Testes de toxicidade aguda com cladóceros expostos às amostras de água da Lagoa Dourada .....	38
4.6.4. Testes de toxicidade aguda com cladóceros expostos às amostras de sedimento da Lagoa Dourada .....	41
4.6.5. Determinação da concentração de LAS em amostras de água da Lagoa Dourada.....	45
4.7. Toxicidade de amostras ambientais – Água do Reservatório do Lobo (Broa), Itirapina, SP .....	45
4.7.1. Caracterização limnológica .....	45
4.7.2. Variáveis biológicas .....	48

4.7.3 Testes de toxicidade aguda com amostras de água.....	48
4.7.4. Testes de toxicidade aguda com amostras de sedimento.....	51
4.7.5 Concentrações de LAS nas amostras ambientais do Reservatório do Lobo.....	54
4.8. Toxicidade de amostras ambientais – Água da Represa do Monjolinho, São Carlos, SP.....	54
4.8.1. Caracterização limnológica .....	54
4.8.2. Variáveis biológicas .....	57
4.8.3. Testes de toxicidade aguda com amostras de água.....	57
4.8.4. Testes de toxicidade aguda com amostras de sedimento.....	60
4.8.5. Concentrações de LAS nas amostras ambientais da Represa do Monjolinho.....	63
4.9. Toxicidade de amostras ambientais – Água do Córrego e da Represa do Fazzari, São Carlos, SP .....	63
4.9.1. Caracterização limnológica .....	63
4.9.2. Variáveis biológicas .....	65
4.9.3. Testes de toxicidade aguda com amostras de água.....	65
4.9.4. Testes de toxicidade aguda com amostras de sedimento.....	68
4.9.5. Concentrações de LAS nas amostras ambientais do Córrego e da Represa do Fazzari .....	71
5. DISCUSSÃO .....	72
5.1. Testes de toxicidade aguda e crônica do dodecil benzeno sulfonato de sódio (LAS) e de dodecil sulfato de sódio (DSS) para os cladóceros .....	72
5.2. Toxicidade de amostras ambientais.....	81
5.3. Concentração de LAS nas amostras ambientais .....	84
6. CONCLUSÕES .....	86
7. RECOMENDAÇÕES.....	88
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	89
APÊNDICE A.....	103
Dados brutos relativos aos resultados dos testes preliminares de toxicidade aguda com os cladóceros <i>Daphnia similis</i> , <i>Ceriodaphnia dubia</i> e <i>Ceriodaphnia silvestrii</i> expostos ao dodecil benzeno sulfonato de sódio e ao dodecil sulfato de sódio .....	103
APÊNDICE B.....	107
Dados brutos relativos aos resultados dos testes de toxicidade aguda com os cladóceros <i>Daphnia similis</i> , <i>Ceriodaphnia dubia</i> e <i>Ceriodaphnia silvestrii</i> expostos ao dodecil benzeno sulfonato de sódio.....	107

APÊNDICE C.....	126
Dados brutos relativos aos resultados dos testes de toxicidade aguda com os cladóceros <i>Daphnia similis</i> , <i>Ceriodaphnia dubia</i> e <i>Ceriodaphnia silvestrii</i> expostos ao dodecil sulfato de sódio.....	126
APÊNDICE D.....	143
Dados brutos das análises de LAS por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência nas amostras de água coletadas nos corpos de água estudados .....	143

## RESUMO

Os principais surfactantes aniônicos disponíveis no mercado mundial são o dodecil benzeno sulfonato de sódio (LAS) e o dodecil sulfato de sódio (DSS), utilizados principalmente em produtos de limpeza doméstica e de higiene pessoal. Devido ao grande consumo mundial de LAS e de DSS há uma crescente preocupação sobre os efeitos adversos destes compostos no ambiente e aos organismos. Este trabalho teve por objetivo avaliar a toxicidade aguda e crônica do LAS e do DSS aos organismos-teste *Daphnia similis*, *Ceriodaphnia dubia* e *Ceriodaphnia silvestrii*. Foi também avaliada a toxicidade da água e dos sedimentos em quatro reservatórios e um riacho do estado de São Paulo por meio de testes de toxicidade aguda e da análise quantitativa do surfactante LAS. Os testes de toxicidade aguda indicaram uma CE(I)<sub>50;48h</sub> do LAS de 14,17 mg L<sup>-1</sup> para *D. similis*, 11,84 mg L<sup>-1</sup> para *C. dubia* e 13,51 mg L<sup>-1</sup> para *C. silvestrii*. Nos testes crônicos realizados foi observada significativa alteração viabilidade da progênie de *C. dubia* e *C. silvestrii* exposta ao LAS, com valores de CENO igual a 1,0 mg L<sup>-1</sup> para *C. dubia* e 2,5 mg L<sup>-1</sup> para *C. silvestrii*. Pode-se concluir que o valor máximo permissível de surfactantes de 0,5 mg L<sup>-1</sup>, estabelecido pela Resolução CONAMA n°. 357/2005 em águas destinadas à proteção das comunidades aquáticas, é adequado para a espécie nativa *C. silvestrii*. Nos testes de toxicidade aguda de DSS foram obtidos valores de CE(I)<sub>50;48h</sub> de 12,82; 4,37 e 5,42 mg L<sup>-1</sup>, para *D. similis*, *C. dubia* e *C. silvestrii*, respectivamente. No ensaio de toxicidade crônica obteve-se valor de CENO igual a 2,0 mg L<sup>-1</sup> para *C. silvestrii*. O surfactante LAS foi detectado nas amostras de água dos Reservatórios do Lobo (Broa), Lagoa Dourada e Represa do Monjolinho em concentração inferior a 5 mg L<sup>-1</sup>. Os testes revelaram que não há toxicidade aguda aos cladóceros da água da Lagoa Dourada e do Reservatório do Lobo, havendo, contudo, toxicidade da água da Represa do Monjolinho para *D. similis* e da água do Córrego do Fazzari para os cladóceros *D. similis* e *C. dubia*. Somente a amostra de sedimento da Represa do Monjolinho não causou toxicidade aos cladóceros.

**Palavras-chave:** surfactantes aniônicos; alquilbenzeno sulfonato linear; lauril sulfato de sódio; toxicidade, águas doces, cladóceros.

## ABSTRACT

The main anionic surfactants world widely used are the sodium dodecyl benzene sulfonate (LAS) and sodium dodecyl sulfate (DSS), which are mainly used in the manufacturing of domestic and personal hygiene products. As a consequence of the great and increasing consumption of LAS and DSS there is an increasing awareness regarding the adverse effects of these compounds to the organisms and environment. The present study aimed to evaluate the acute and chronic toxicity of the compounds LAS and DSS to the cladocerans *Daphnia similis*, *Ceriodaphnia dubia* and *Ceriodaphnia silvestrii*. It was also evaluated the toxicity of the water and sediments of four reservoirs and one stream of São Paulo State. Analyses of LAS concentrations in the water of these reservoirs were also performed by Liquid chromatography. Acute toxicity tests indicated a value of CE(I)<sub>50</sub>;48h for LAS of 14.17 mg L<sup>-1</sup> to *D. similis*, 11.84 mg L<sup>-1</sup> to *C. dubia* and 13.51 mg L<sup>-1</sup> to *C. silvestrii*. Significant changes in the viability of the cladoceran offsprings were observed for *C. dubia* and *C. silvestrii* exposed to the LAS, with values of CENO equal to 1.0 mg L<sup>-1</sup> to *C. dubia* and 2.5 mg L<sup>-1</sup> to *C. silvestrii*. It was concluded that the maximum permissible concentration of 0.5 mg L<sup>-1</sup> surfactants as established by the resolution CONAMA n°. 357/2005 (Brazilian Ministry of Environment) in order to protect aquatic communities is adequate, considering the sensitivity of the native species *C. silvestrii*. The results of the acute toxicity tests with DSS indicated a CE(I)<sub>50</sub>;48h value of 12.82; 4.37 and 5.42 mg L<sup>-1</sup>, for *D. similis*, *C. dubia* and *C. silvestrii*, respectively. A CENO value of 2.0 mg L<sup>-1</sup> was obtained in the chronic toxicity tests for *C. silvestrii*. The surfactant LAS was detected in all the water samples collected in the Lobo (Broa), Lagoa Dourada and Fazzari reservoirs, but at concentrations lower than 5 mg L<sup>-1</sup> (the method limit of detection). The toxicity tests with environmental samples revealed that there is no toxicity in the water of the Lobo and Lagoa Dourada sampled, however the water of Monjolinho Reservoir was toxic to *D. similis* and Fazzari stream was toxic to *D. similis* and *C. dubia*. Only the sediment of Monjolinho Reservoir was not toxic to cladocerans.

**Key-words:** Anionic surfactants; linear alkylbenzene sulfonate, sodium lauryl sulfate; toxicity; freshwater; cladocerans.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Valores de $CE_{50}$ e respectivos intervalos de confiança, desvio padrão, coeficiente de variação e faixa de sensibilidade de <i>Ceriodaphnia dubia</i> para a substância de referência cloreto de sódio (NaCl), para os testes de toxicidade aguda. ....	21
Tabela 2. Valores de $CE_{50}$ e respectivos intervalos de confiança, desvio padrão, coeficiente de variação e faixa de sensibilidade de <i>Ceriodaphnia silvestrii</i> para a substância de referência cloreto de sódio (NaCl), para os testes de toxicidade aguda... 21	21
Tabela 3. Valores de $CE_{50}$ e respectivos intervalos de confiança, desvio padrão, coeficiente de variação e faixa de sensibilidade de <i>Daphnia similis</i> para a substância de referência dicromato de potássio ( $K_2Cr_2O_7$ ), para os testes de toxicidade aguda. ....	22
Tabela 4. Valores de $CE(I)_{50}$ do surfactante dodecil benzeno sulfonato de sódio, e respectivos intervalos de confiança, para o cladócero <i>Daphnia similis</i> , em testes de toxicidade aguda. ....	24
Tabela 5. Valores de $CE(I)_{50}$ do surfactante dodecil benzeno sulfonato de sódio, e respectivos intervalos de confiança, para o cladócero <i>Ceriodaphnia dubia</i> , em testes de toxicidade aguda. ....	25
Tabela 6. Valores de $CE(I)_{50}$ do surfactante dodecil benzeno sulfonato de sódio, e respectivos intervalos de confiança, para o cladócero <i>Ceriodaphnia silvestrii</i> , em testes de toxicidade aguda. ....	26
Tabela 7. Significância estatística da diferença entre a sobrevivência (em %) e do número médio de neonatas vivas produzidas pelos dafinídeos <i>Ceriodaphnia dubia</i> e <i>Ceriodaphnia silvestrii</i> , durante os testes de toxicidade crônica (8 dias), com o surfactante dodecil benzeno sulfonato de sódio (LAS). ....	28
Tabela 8. Valores de $CE(I)_{50}$ do surfactante dodecil sulfato de sódio, e respectivos intervalos de confiança, para o cladócero <i>Daphnia similis</i> , em testes de toxicidade aguda .....	31
Tabela 9. Valores de $CE(I)_{50}$ do surfactante dodecil sulfato de sódio, e respectivos intervalos de confiança, para o cladócero <i>Ceriodaphnia dubia</i> , em testes de toxicidade aguda.....	32
Tabela 10. Valores de $CE(I)_{50}$ do surfactante dodecil sulfato de sódio, e respectivos intervalos de confiança, para o cladócero <i>Ceriodaphnia silvestrii</i> , em testes de toxicidade aguda. ....	33

Tabela 11. Significância estatística da percentagem e do número médio de neonatas vivas produzidas pelos dafinídeos <i>Ceriodaphnia dubia</i> e <i>Ceriodaphnia silvestrii</i> , durante os testes de toxicidade crônica (8 dias), com o surfactante dodecil sulfato de sódio (DSS).....	35
Tabela 12. Valores das variáveis físicas e químicas da água da Lagoa Dourada, em setembro de 2007.....	36
Tabela 13. Valores das concentrações dos nutrientes (total e fração dissolvida) na água da Lagoa Dourada, em setembro de 2007. ....	37
Tabela 14. Valores do Índice de Estado Trófico e classificação quanto ao Grau de Trofia baseado nas concentrações de fósforo total, fosfato inorgânico e clorofila <i>a</i> . ....	38
Tabela 15. Imobilidade (%) de <i>Daphnia similis</i> exposta por 48h a amostra de água da Lagoa Dourada, Brotas, SP. Valores iniciais e finais de pH, condutividade elétrica e dureza, observados no teste de toxicidade.....	39
Tabela 16. Imobilidade (%) de <i>Ceriodaphnia dubia</i> exposta por 48h a amostra de água da Lagoa Dourada, Brotas, SP. Valores iniciais e finais de pH, condutividade elétrica e dureza, observados no teste de toxicidade.....	39
Tabela 17. Imobilidade (%) de <i>Ceriodaphnia silvestrii</i> exposta por 48h a amostra de água da Lagoa Dourada, Brotas, SP. Valores iniciais e finais de pH, condutividade elétrica e dureza, observados no teste de toxicidade. ....	40
Tabela 18. Imobilidade (%) de <i>Daphnia similis</i> exposta por 48h ao sedimento da Lagoa Dourada, Brotas, SP. Valores iniciais e finais de pH, condutividade elétrica e dureza, observados no teste de toxicidade. ....	42
Tabela 19. Imobilidade (%) de <i>Ceriodaphnia dubia</i> exposta por 48h ao sedimento da Lagoa Dourada, Brotas, SP. Valores iniciais e finais de pH, condutividade elétrica e dureza, observados no teste de toxicidade.....	43
Tabela 20. Imobilidade (%) de <i>Ceriodaphnia silvestrii</i> exposta por 48h ao sedimento da Lagoa Dourada, Brotas, SP. Valores iniciais e finais de pH, condutividade elétrica e dureza, observados no teste de toxicidade.....	44
Tabela 21. Valores das variáveis físicas e químicas da água do Reservatório do Lobo (Broa), em setembro de 2007. ....	46
Tabela 22. Valores das concentrações dos nutrientes (total e fração dissolvida) na água do Reservatório do Lobo (Broa), em setembro de 2007.....	47
Tabela 23. Valores do Índice de Estado Trófico e classificação quanto ao Grau de Trofia, baseados nas concentrações de fósforo total, fosfato inorgânico e clorofila <i>a</i> ...	48

Tabela 24. Imobilidade (%) de <i>Daphnia similis</i> exposta por 48h a amostra de água do Reservatório do Lobo, Itirapina, SP. Valores iniciais e finais de pH, condutividade elétrica e dureza, observados no teste de toxicidade. ....	49
Tabela 25. Imobilidade (%) de <i>Ceriodaphnia dubia</i> exposta por 48h a amostra de água do Reservatório do Lobo, Itirapina, SP. Valores iniciais e finais de pH, condutividade elétrica e dureza, observados no teste de toxicidade. ....	49
Tabela 26. Imobilidade (%) de <i>Ceriodaphnia silvestrii</i> exposta por 48h a amostra de água do Reservatório do Lobo, Itirapina, SP. Valores iniciais e finais de pH, condutividade elétrica e dureza, observados no teste de toxicidade.....	50
Tabela 27. Imobilidade (%) de <i>Daphnia similis</i> exposta por 48h ao sedimento do Reservatório do Lobo, Itirapina, SP. Valores iniciais e finais de pH, condutividade elétrica e dureza, observados no teste de toxicidade. ....	52
Tabela 28. Imobilidade (%) de <i>Ceriodaphnia dubia</i> exposta por 48h ao sedimento do Reservatório do Lobo, Itirapina, SP. Valores iniciais e finais de pH, condutividade elétrica e dureza, observados no teste de toxicidade. ....	52
Tabela 29. Imobilidade (%) de <i>Ceriodaphnia silvestrii</i> exposta por 48h ao sedimento do Reservatório do Lobo, Itirapina, SP. Valores iniciais e finais de pH, condutividade elétrica e dureza, observados no teste de toxicidade. ....	53
Tabela 30. Valores das variáveis físicas e químicas da água da Represa do Monjolinho, em setembro de 2007.....	55
Tabela 31. Valores das concentrações dos nutrientes (total e fração dissolvida) na água da Represa do Monjolinho, em setembro de 2007. ....	56
Tabela 32. Valores do Índice de Estado Trófico baseado nas concentrações de fósforo total, fosfato inorgânico e clorofila <i>a</i> .....	56
Tabela 33. Imobilidade (%) de <i>Daphnia similis</i> exposta por 48h a amostra de água da Represa do Monjolinho, São Carlos, SP. Valores iniciais e finais de pH, condutividade elétrica e dureza, observados no teste de toxicidade. ....	58
Tabela 34. Imobilidade (%) de <i>Ceriodaphnia dubia</i> exposta por 48h a amostra de água da Represa do Monjolinho, São Carlos, SP. Valores iniciais e finais de pH, condutividade elétrica e dureza, observados no teste de toxicidade.....	58
Tabela 35. Imobilidade (%) de <i>Ceriodaphnia silvestrii</i> exposta por 48h a amostra de água da Represa do Monjolinho, São Carlos, SP. Valores iniciais e finais de pH, condutividade elétrica e dureza, observados no teste de toxicidade.....	59



Tabela 36. Imobilidade (%) de <i>Daphnia similis</i> exposta por 48h ao sedimento da Represa do Monjolinho, São Carlos, SP. Valores iniciais e finais de pH, condutividade elétrica e dureza, observados no teste de toxicidade. ....	61
Tabela 37. Imobilidade (%) de <i>Ceriodaphnia dubia</i> exposta por 48h ao sedimento da Represa do Monjolinho, São Carlos, SP. Valores iniciais e finais de pH, condutividade elétrica e dureza, observados no teste de toxicidade. ....	61
Tabela 38. Imobilidade (%) de <i>Ceriodaphnia silvestrii</i> exposta por 48h ao sedimento da Represa do Monjolinho, São Carlos, SP. Valores iniciais e finais de pH, condutividade elétrica e dureza, observados no teste de toxicidade. ....	62
Tabela 39. Valores das variáveis físicas e químicas da água do Córrego e da Represa do Fazzari, em setembro de 2007. ....	63
Tabela 40. Valores das concentrações dos nutrientes (total e fração dissolvida) na água do Córrego e da Represa do Fazzari, em setembro de 2007. ....	64
Tabela 41. Valores do Índice de Estado Trófico baseado nas concentrações de fósforo total, fosfato inorgânico e clorofila <i>a</i> . ....	65
Tabela 42. Imobilidade (%) de <i>Daphnia similis</i> exposta por 48h a amostra de água do Córrego e da Represa do Fazzari, São Carlos, SP. Valores iniciais e finais de pH, condutividade elétrica e dureza, observados no teste de toxicidade. ....	66
Tabela 43. Imobilidade (%) de <i>Ceriodaphnia dubia</i> exposta por 48h a amostra de água do Córrego e da Represa do Fazzari, São Carlos, SP. Valores iniciais e finais de pH, condutividade elétrica e dureza, observados no teste de toxicidade. ....	66
Tabela 44. Imobilidade (%) de <i>Ceriodaphnia silvestrii</i> exposta por 48h a amostra de água do Córrego e da Represa do Fazzari, São Carlos, SP. Valores iniciais e finais de pH, condutividade elétrica e dureza, observados no teste de toxicidade. ....	67
Tabela 45. Imobilidade (%) de <i>Daphnia similis</i> exposta por 48h ao sedimento do Córrego e da Represa do Fazzari, São Carlos, SP. Valores iniciais e finais de pH, condutividade elétrica e dureza, observados no teste de toxicidade. ....	69
Tabela 46. Imobilidade (%) de <i>Ceriodaphnia dubia</i> exposta por 48h ao sedimento do Córrego e da Represa do Fazzari, São Carlos, SP. Valores iniciais e finais de pH, condutividade elétrica e dureza, observados no teste de toxicidade. ....	69
Tabela 47. Imobilidade (%) de <i>Ceriodaphnia silvestrii</i> exposta por 48h ao sedimento do Córrego e da Represa do Fazzari, São Carlos, SP. Valores iniciais e finais de pH, condutividade elétrica e dureza, observados no teste de toxicidade. ....	70

Tabela 48. Valores de CE <sub>50</sub> /CL <sub>50</sub> de dodecil benzeno sulfonato de sódio (LAS) para diversas espécies de cladóceros, compilados da literatura, e comparados com o valor obtido no presente estudo para <i>Daphnia similis</i> , <i>Ceriodaphnia dubia</i> e <i>Ceriodaphnia silvestrii</i> . .....	73
Tabela 49. Valores de CE/CL <sub>50</sub> para diferentes organismos expostos ao surfactante aniônico dodecil benzeno sulfonato linear (LAS). .....	75
Tabela 50. Valores de CENO para diferentes organismos de água doce expostos ao surfactante aniônico dodecil benzeno sulfonato linear (LAS). .....	77
Tabela 51. Valores de CE/CL <sub>50</sub> para diferentes organismos expostos ao surfactante aniônico dodecil sulfato de sódio (DSS). .....	80
Tabela 52. Valores de CENO para diferentes organismos de água doce expostos ao surfactante aniônico dodecil sulfato de sódio (DSS). .....	81

## LISTA DAS FIGURAS

Figura 1. Estrutura molecular do dodecil benzeno sulfonato de sódio (LAS). .....	2
Figura 2. Vista geral do organismo-teste <i>Daphnia similis</i> . Aumento de 10x. (Foto: Denise T. Okumura). .....	6
Figura 3. Vista geral do organismo-teste <i>Ceriodaphnia dubia</i> . Aumento de 40x. (Foto: Denise T. Okumura). .....	7
Figura 4. Vista geral do organismo-teste <i>Ceriodaphnia silvestrii</i> . Aumento de 40x. (Foto: Denise T. Okumura). .....	7
Figura 5. Localização da Lagoa Dourada (Adaptado de Melão & Rocha, 1998). .....	13
Figura 6. Localização da Represa do Lobo (Adaptado de Rietzler et al., 2002). .....	14
Figura 7. Localização do Córrego e Represa do Fazzari, e da Represa do Monjolinho. (Adaptado de Paese, 1997). .....	16
Figura 8. Cromatograma referente aos homólogos com a cadeia linear de 10 a 13 átomos de carbono da solução-padrão de LAS à 50 mg L <sup>-1</sup> . .....	19
Figura 9. Percentagem de sobrevivência dos cladóceros <i>Daphnia similis</i> , <i>Ceriodaphnia dubia</i> e <i>Ceriodaphnia silvestrii</i> , durante testes de toxicidade aguda com dodecil benzeno sulfonato de sódio. ....	23
Figura 10. Controle da sensibilidade de <i>Daphnia similis</i> ao surfactante aniônico dodecil benzeno sulfonato de sódio (LAS). .....	24
Figura 11. Controle da sensibilidade de <i>Ceriodaphnia dubia</i> ao surfactante aniônico dodecil benzeno sulfonato de sódio (LAS). .....	25
Figura 12. Controle da sensibilidade de <i>Ceriodaphnia silvestrii</i> ao surfactante aniônico dodecil benzeno sulfonato de sódio (LAS). .....	26
Figura 13. Número de neonatas viáveis de <i>Ceriodaphnia silvestrii</i> e <i>Ceriodaphnia dubia</i> expostas a diferentes concentrações do surfactante aniônico dodecil benzeno sulfonato de sódio (LAS) durante 8 dias. ....	28
Figura 14. Percentagem de sobrevivência dos cladóceros <i>Daphnia similis</i> , <i>Ceriodaphnia dubia</i> e <i>Ceriodaphnia silvestrii</i> , em testes de toxicidade aguda com dodecil sulfato de sódio. ....	30
Figura 15. Controle da sensibilidade de <i>Daphnia similis</i> ao surfactante aniônico dodecil sulfato de sódio (DSS). .....	30

Figura 16. Controle da sensibilidade de <i>Ceriodaphnia dubia</i> ao surfactante aniônico dodecil sulfato de sódio (DSS). .....	32
Figura 17. Controle da sensibilidade de <i>Ceriodaphnia silvestrii</i> ao surfactante aniônico dodecil sulfato de sódio (DSS). .....	33
Figura 18. Número de neonatas viáveis de <i>Ceriodaphnia silvestrii</i> e <i>Ceriodaphnia dubia</i> expostas a diferentes concentrações do surfactante aniônico dodecil sulfato de sódio (DSS) durante 8 dias.....	35

## 1. INTRODUÇÃO

Os ecossistemas aquáticos constituem de uma forma ou de outra, os receptores temporários ou finais de uma grande variedade e quantidade de poluentes lançados no ar, no solo ou diretamente nos corpos de água. A introdução de substâncias inorgânicas ou orgânicas produz efeitos deletérios tais como: prejuízo aos seres vivos, riscos à saúde humana, efeitos negativos aos usos múltiplos dos ecossistemas aquáticos e alterações na qualidade da água que restringem sua utilização na agricultura, consumo humano, indústria e diversas outras atividades econômicas (Meybec & Helmer, 1992).

Os surfactantes se encontram entre os contaminantes orgânicos de maior consumo mundial (Lewis, 1986; Alvarez et al., 1999). Em 1991, por ex., a Associação Holandesa de Sabão e o Ministério do Meio Ambiente Holandês classificaram o surfactante dodecil benzeno sulfonato de sódio (LAS) como composto prioritário na lista de compostos prejudiciais encontrados em ambiente hídrico (Penteado et al., 2006). Nos últimos anos vem aumentando a preocupação com relação aos problemas ecológicos e de saúde pública causados pela crescente utilização de surfactantes.

Os surfactantes são compostos orgânicos que possuem comportamento anfifílico, isto é, possuem duas regiões, uma hidrofóbica e outra hidrofílica. A parte hidrofóbica do surfactante é composta de cadeias alquílicas ou alquilfenílicas, contendo de 10 a 18 átomos de carbono. A região hidrofílica é constituída por grupos iônicos ou não iônicos ligados à cadeia carbônica (Penteado et al., 2006). Entre as conseqüências importantes da referida estrutura anfifílica podem ser destacadas a adsorção nas interfaces e a formação de micelas. Tais propriedades constituem a base de uma gama de aplicações importantes, por exemplo, na formulação de produtos de higiene pessoal e de limpeza doméstica, na formulação de agroquímicos, fármacos, alimentos, bebidas e tintas. Também são usados para emulsionar substâncias hidrofóbicas, como o petróleo.

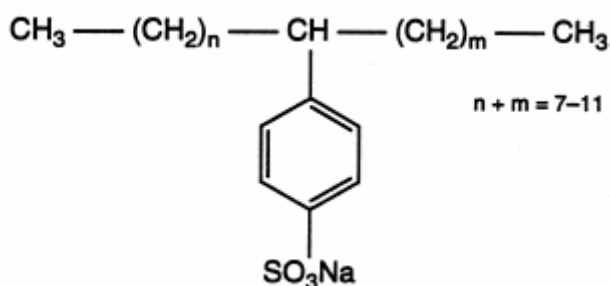
A classificação dos surfactantes é feita em função da carga elétrica da parte hidrofílica da molécula, sendo chamados de aniônicos, catiônicos, não-iônicos ou zwitteriônicos (anfóteros) (Rand, 1995).

A produção mundial de surfactantes é de 7,2 milhões de toneladas/ano (Di Corcia, 1998), sendo que, os surfactantes comerciais mais utilizados são o linear alquil benzeno sulfonato (LAS), alquil etoxi-sulfatos (AES), alquil sulfatos (AS), alquilfenol etoxilato (APE) e alquil etoxilatos (AE) (Ying, 2006). Os surfactantes aniônicos são

historicamente os primeiros e os tensoativos mais comuns, sendo muito utilizados em produtos de limpeza doméstica e de higiene pessoal, em cosméticos e agrotóxicos.

Atualmente os surfactantes aniônicos dodecil benzeno sulfonato de sódio (LAS) e o dodecil sulfato de sódio (DSS) correspondem ao grupo de tensoativos de maior consumo mundial.

O dodecil benzeno sulfonato de sódio (LAS) é um dos surfactantes aniônicos mais utilizados como ingrediente de detergentes e produtos de limpeza domésticos (Verge et al., 2001) e em processos industriais (Temminck & Klapwijk, 2004). O LAS é uma mistura de homólogos e isômeros com diferentes massas moleculares (Figura 1). Nessa mistura estão presentes homólogos que possuem número de átomos de carbono diferentes na cadeia alquílica. De acordo com a posição do grupo fenila na cadeia carbônica tem-se os diversos isômeros de um determinado homólogo (Rand, 1995). Os produtos comercialmente disponíveis são misturas complexas contendo homólogos com cadeias alquil variando entre 10 e 14 átomos de carbono.



**Figura 1.** Estrutura molecular do dodecil benzeno sulfonato de sódio (LAS).

A matéria prima alquilbenzeno linear (LAB) é transformada no tensoativo LAS pela reação de sulfonação, usando agentes sulfonantes, tais como  $\text{H}_2\text{SO}_4$  concentrado, oleum ou  $\text{SO}_3$  gasoso. O uso dos dois primeiros está diminuindo, uma vez que a sulfonação com  $\text{SO}_3$  é mais eficiente e o produto é de melhor qualidade. Devido à sulfonação incompleta, o LAS contém entre 1 a 3% de LAB, este último podendo entrar no ambiente aquático por meio da descarga de esgoto doméstico (Penteado et al., 2006).

O LAS tem sido extensivamente usado ao longo destes 30 anos com um consumo global estimado de 2,8 milhões de toneladas em 1998 (Verge et al., 2001). No Brasil, a utilização indiscriminada de surfactantes sintéticos vem crescendo nas últimas décadas, tanto em nível industrial quanto doméstico. A produção nacional em 1974 foi de cerca de 40 mil toneladas de detergentes líquidos e de 110 mil toneladas de

detergentes sólidos (Silveira et al., 1982) e, segundo a Associação Brasileira da Indústria Química e de Produtos Derivados, a produção de surfactantes sintéticos em 1998 foi de 1.095 mil toneladas. O consumo crescente de detergentes aliado aos baixos índices de tratamento de esgoto doméstico no Brasil torna necessárias investigações sobre o seu efeito tóxico para os organismos aquáticos.

O acúmulo de LAS nos recursos hídricos pode diminuir a concentração de elementos necessários para a vida aquática, como por exemplo, o oxigênio dissolvido. Pode ainda diminuir a penetração da luz e aumentar a concentração de xenobióticos (Haigh, 1996). Vários estudos têm demonstrado que a presença de LAS pode causar problemas ecológicos (Abel, 1974; Lewis, 1992), afetando a sobrevivência e a reprodução dos organismos aquáticos (van de Plassche et al., 1999; Warne & Schifko, 1999; Tanaka & Nakanishi, 2001; Versteeg & Rowlings, 2003; Liwarska - Bijukojc et al., 2005).

O dodecil sulfato de sódio (DSS) é um dos surfactantes aniônicos alquil sulfatos (AS) mais utilizados no mundo. O DSS é conhecido pelo seu uso na produção mundial de produtos de higiene pessoal, como espuma para banho, xampu, pasta de dentes, e de produtos de limpeza doméstica. É também usado na indústria farmacêutica, na produção de plásticos e tintas, e em estudos bioquímicos envolvendo eletroforese. Embora a sua ocorrência ambiental, seja proveniente de efluentes domésticos e industriais, ele também pode ser despejado diretamente no ambiente, como dispersantes de óleo e na formulação de pesticidas (Singer & Tjeerdema, 1993; Dyer et al., 1997).

A estrutura típica de DSS consiste de cadeia alquil monosulfatada variando de C12 a C18, sendo os mais utilizados, aqueles com 12 e 14 carbonos na cadeia.

O consumo mundial de DSS é de pelo menos  $2,65 \cdot 10^5$  toneladas/ano (Hewin International, Inc., 1992). Em 1999, o volume total de DSS utilizado na Europa foi estimado em 102000 toneladas/ano, sendo que destas, 65000 toneladas eram provenientes de produtos de limpeza doméstica e detergente (HERA, 2002). Segundo Romanelli et al. (2004), o DSS está listado entre os surfactantes aniônicos mais usados no Brasil.

O DSS é um surfactante considerado biodegradável, e segundo Kikuchi (1985), em águas de superfície, dependendo da temperatura, após 1-3 dias pode ser 100% degradado. No entanto, o DSS provoca efeitos físicos e bioquímicos nas células, principalmente na estrutura da membrana plasmática (Singer & Tjeerdema, 1993).

Vários estudos têm demonstrado a toxicidade do DSS aos cladóceros (Hebert, 1978; Lewis & Horning, 1991; EPA, 1993; Rossini & Ronco, 1996; Dyer et al., 1997; Matos & Fonseca, 2006; Mohammed & Agard, 2006; Martinez-Jerónimo & Muñoz-Mejía, 2007). Os cladóceros são organismos úteis para o estudo e controle da qualidade da água, e são amplamente usados em ensaios biológicos de toxicidade aquática. Porém, na maioria destes estudos foram utilizados organismos-testes que não ocorrem em nossos ecossistemas.

Apesar da importância destes compostos químicos na indústria, é necessário salientar que o crescente e inadequado uso dos mesmos tem refletido negativamente na estabilidade dos ecossistemas, com efeitos deletérios nos organismos aquáticos, sendo fundamental a compreensão da dinâmica destas substâncias no meio ambiente físico, bem como a atuação e os efeitos nos organismos.



## 2. OBJETIVOS

### 2.1. Geral

Este trabalho teve como objetivo geral investigar os efeitos tóxicos dos surfactantes aniônicos dodecil benzeno sulfonato de sódio e dodecil sulfato de sódio a organismos zooplancctônicos, visando avaliar os potenciais prejuízos decorrentes do uso indiscriminado destes compostos e a conseqüente contaminação e perda de qualidade da água.

### 2.2. Específicos

- Avaliar a toxicidade aguda dos surfactantes aniônicos dodecil benzeno sulfonato de sódio e dodecil sulfato de sódio para *Daphnia similis*, *Ceriodaphnia dubia* e *Ceriodaphnia silvestrii*;
- Avaliar a toxicidade crônica dos surfactantes aniônicos dodecil benzeno sulfonato de sódio e dodecil sulfato de sódio para *Ceriodaphnia silvestrii* e *Ceriodaphnia dubia*;
- Avaliar a toxicidade de amostras ambientais de água e sedimentos de recursos hídricos do Estado de São Paulo para *Daphnia similis*, *Ceriodaphnia dubia* e *Ceriodaphnia silvestrii*;
- Determinar a concentração do surfactante dodecil benzeno sulfonato de sódio em amostras ambientais de água de recursos hídricos do Estado de São Paulo.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1. Espécies zooplanctônicas estudadas

Os organismos-teste selecionados para esse estudo foram duas espécies de cladóceros internacionalmente padronizados: *Daphnia similis* e *Ceriodaphnia dubia*, e uma espécie de cladóceros nativo e endêmico, também padronizada como organismo teste pela ABNT, *Ceriodaphnia silvestrii*.

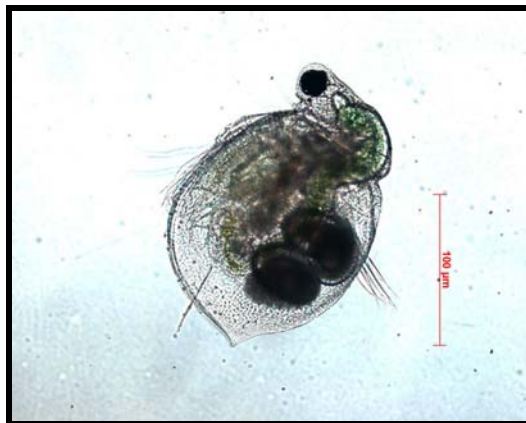
Em geral os cladóceros da família Daphnidae são os organismos-teste preferencialmente utilizados em ensaios toxicológicos devido à facilidade de cultivo, ao pequeno porte, à representatividade na comunidade zooplanctônica e por terem ciclo de vida relativamente curto (Rand, 1995).

O cladóceros *D. similis* Straus, 1820 (Figura 2) possui comprimento máximo de 3,5 mm e têm ampla distribuição no hemisfério norte (ABNT, 2004).



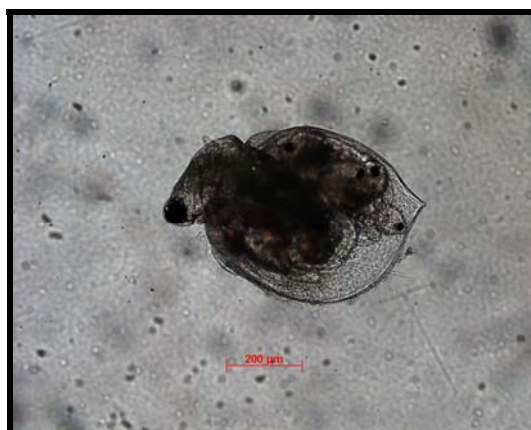
**Figura 2.** Vista geral do organismo-teste *Daphnia similis*. Aumento de 10x. (Foto: Denise T. Okumura).

A espécie *C. dubia* Richard, 1894 (Figura 3) possui tamanho variando entre 0,8 a 0,9 mm de comprimento (adultos), corpo ovalado, tendo 8 a 10 espinhos anais no pós-abdomen. Estes cladóceros são nativos da Europa e na América do Norte (ABNT, 2005).



**Figura 3.** Vista geral do organismo-teste *Ceriodaphnia dubia*. Aumento de 40x. (Foto: Denise T. Okumura).

*C. silvestrii* Daday, 1902 (Figura 4) possui 0,8 a 0,9 mm de comprimento, corpo ovalado com acentuado sinus cervical e com 9 a 12 espinhos anais. Estes organismos são encontrados no Brasil e na Argentina (ABNT, 2005).



**Figura 4.** Vista geral do organismo-teste *Ceriodaphnia silvestrii*. Aumento de 40x. (Foto: Emanuela C. Freitas).

### 3.2. Cultivo e manutenção dos organismos-teste *Daphnia similis*, *Ceriodaphnia silvestrii* e *Ceriodaphnia dubia*

Os cultivos-estoque e a sua manutenção foram realizados de acordo com as normas padronizadas (ABNT, 2004; 2005) e mantidos no Laboratório de Ecotoxicologia no Departamento de Ecologia e Biologia Evolutiva da Universidade Federal de São Carlos (São Carlos, SP).

Os cultivos das espécies *D. similis* e *C. dubia* foram mantidos em incubadoras com temperatura controlada a 22 ( $\pm 2^\circ\text{C}$ ), enquanto os de *C. silvestrii* foram mantidos a 25 ( $\pm 2^\circ\text{C}$ ), ambas com fotoperíodo controlado de 12h(claro)/12h(escuras).

Para o cultivo da *D. similis*, foi utilizada água natural misturada na proporção de 1:6 de água natural autoclavada e água destilada, e acrescida de soluções específicas (Solução 1 e 2) para atingir as seguintes características: pH 7,0 a 7,6 e dureza entre 40 e 48  $\text{mgCaCO}_3 \text{ L}^{-1}$ . Essa espécie de cladóceros foi mantida em béqueres de 2 L, com um máximo de 50 indivíduos por recipiente. A manutenção das culturas foi realizada três vezes por semana, quando eram renovados a água e o alimento. As espécies *C. dubia* e *C. silvestrii* foram cultivadas em água reconstituída preparada segundo norma da ABNT (2005), e com água com as mesmas características já descritas para o cultivo de *D. similis*. Eles foram mantidos em béqueres de 2 L, com um máximo de 120 indivíduos. A renovação da água e do alimento também foi realizada três vezes por semana.

Os cladóceros foram alimentados com suspensão algal de *Pseudokirchneriella subcapitata*, cultivada em meio CHU-12 (Müller, 1972) a uma concentração final de  $1 \times 10^5$  células por mL. Conforme Vijverberg (1989), dafnídeos podem ser cultivados com sucesso com algas celulares como alimento. *P. subcapitata* é uma das espécies recomendadas pelo autor como alimento de alto valor nutricional para estes organismos. Também foi adicionalmente fornecido um alimento composto (levedura e ração de peixe fermentada na proporção de 1:1) numa concentração de  $1 \text{ mL L}^{-1}$ , como descrito na norma ABNT (2005).

### 3.3. Testes para determinação da sensibilidade dos cladóceros

O controle de sensibilidade dos organismos, através da realização periódica de ensaios com determinadas substâncias de referência, é um procedimento que permite maior precisão e confiabilidade nos resultados obtidos ao longo do tempo por um mesmo laboratório ou entre laboratórios. Recomenda-se que a sensibilidade das culturas seja avaliada dentro de 14 dias antes ou após a realização dos ensaios de toxicidade, ou ainda, paralelamente a estes (Environment Canada, 1992). Os organismos de uma cultura estarão aptos para ser submetidos à avaliação de toxicidade se estiverem dentro de uma faixa de sensibilidade específica para uma substância de referência.

Como substância de referência, foi utilizado o cloreto de sódio ( $\text{NaCl}$ ) para *C. dubia* e *C. silvestrii*; e o dicromato de potássio ( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ) para *D. similis*, conforme recomendado por CETESB (1992). Buratini-Mendes (2002) realizou testes de

toxicidade crônica com *C. dubia* com três substâncias de referências: cloreto de sódio, fenol e dicromato de potássio. A autora identificou que o cloreto de sódio é a substância mais apropriada à avaliação da precisão do teste de toxicidade crônica com *C. dubia*.

As faixas de sensibilidade para cada espécie foram estabelecidas de acordo com Takenaka (2007). Nos testes com NaCl como substância de referência a faixa de concentração testada variou entre 0,6 a 2,2 g L<sup>-1</sup>, e naqueles com K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> variou entre 0,02 e 0,32 mg L<sup>-1</sup>.

Para as espécies *C. dubia* e *C. silvestrii*, cinco neonatas (< 24h) foram colocadas em tubos de ensaio contendo 10 mL de solução de cloreto de sódio (NaCl), em diferentes concentrações: 0 (controle); 0,6; 1,0; 1,3; 1,6 e 2,2 g L<sup>-1</sup>, em três réplicas. As concentrações foram preparadas a partir de uma solução estoque (10 g L<sup>-1</sup> de NaCl), utilizando-se água de cultivo como água de diluição.

Para *D. similis*, cinco neonatas (< 24 horas) foram colocadas em tubos de ensaio contendo 10 mL de solução de dicromato de potássio (K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>), em diferentes concentrações: 0 (controle); 0,02; 0,04; 0,08; 0,16 e 0,32 mg L<sup>-1</sup>, em três réplicas. As concentrações foram preparadas a partir de uma solução estoque (1 mg L<sup>-1</sup>), utilizando-se água de cultivo como água de diluição.

Durante o período de exposição (48 h), *D. similis* e *C. dubia* foram mantidos em incubadora a 22°C, e *C. silvestrii* a 25°C. Todos os organismos-testes foram mantidos sem iluminação e sem alimentação. Após esse período, registrou-se o número de organismos imóveis para cálculo da CE(I)<sub>50</sub>; 48h, concentração efetiva mediana que causa efeito agudo (imobilidade) a 50% dos organismos em 48h de exposição, nas condições do teste. Os organismos foram considerados adequados quando o valor da CE<sub>50</sub>; 48h estava dentro da faixa de sensibilidade estabelecida (ABNT, 2004; 2005).

### **3.4. Testes de toxicidade aguda do dodecil benzeno sulfonato de sódio (LAS) e de dodecil sulfato de sódio (DSS) para *Daphnia similis*, *Ceriodaphnia dubia* e *Ceriodaphnia silvestrii***

#### **3.4.1. Preparo das soluções-teste**

As soluções-teste foram preparadas no momento da realização dos testes, através da diluição de uma quantidade determinada dos surfactantes aniônicos em um volume definido de água de diluição, de acordo com a concentração desejada.

O composto LAS utilizado no presente estudo foi o de cadeia de 12 carbonos, Número CAS: 25155-30-0; Massa Molecular: 348,48; 99% de pureza, Marca Aldrich, dissolvido em água destilada, numa concentração de 0,1 g L<sup>-1</sup>.

O composto DSS utilizado foi o de cadeia de 12 carbonos, Massa Molecular: 288,38; 99% de pureza, Marca Sigma, dissolvido em água destilada, numa concentração de 1,0 g L<sup>-1</sup>.

### **3.4.2. Testes preliminares**

Foram realizados testes preliminares para *D. similis*, *C.dubia* e *C. silvestrii*, a fim de estabelecer os intervalos de concentrações de LAS e de DSS a serem utilizados nos testes definitivos. O intervalo foi delimitado pela menor concentração que causou imobilidade a 100% dos organismos e a concentração mais elevada na qual não se observou nenhuma imobilidade.

### **3.4.3. Testes definitivos**

Os procedimentos metodológicos foram realizados de acordo com norma padronizada (ABNT, 2004).

Os testes de toxicidade aguda consistiram na exposição de neonatas com menos de 24 horas de idade, das três espécies de cladóceros, a diferentes concentrações de LAS e DSS estabelecidas após a realização de testes preliminares. Os testes consistiram na exposição de cinco neonatas por tubo de ensaio em 10 mL da solução-teste. Os experimentos foram mantidos sob a mesma temperatura dos cultivos-estoque e sem iluminação. Esses organismos-teste não foram alimentados durante os testes de toxicidade aguda.

Para cada concentração de LAS e DSS testada, foram estabelecidas três réplicas, e um controle. Como controle, foi utilizada a água de cultivo dos cladóceros. As variáveis: pH (phmetro Quimis, modelo Q400A) e dureza (titulometria com EDTA) foram medidas no início e no final dos testes, quando possível. A imobilidade dos organismos-teste foi checada após 48h e os resultados foram expressos como porcentagem de organismos imóveis. O teste era descartado quando mais de 10% dos organismos estava imóvel no controle (CETESB, 1991; 1992; ABNT, 2005).

#### 3.4.4. Análise estatística

Os dados dos testes de sensibilidade e de toxicidade aguda do LAS e do DSS foram analisados, utilizando o programa estatístico Trimmed Spearman-Kärber para estimar a concentração efetiva mediana (CE) da substância tóxica que causa efeito a 50% da população exposta (Hamilton et al., 1977). O teste paramétrico de Tukey foi utilizado para comparar os valores de CE obtidos para os cladóceros estudados.

#### 3.5. Avaliação da toxicidade crônica do dodecil benzeno sulfonato de sódio (LAS) e do dodecil sulfato de sódio (DSS) para *Ceriodaphnia dubia* e *Ceriodaphnia silvestrii*

A partir dos resultados dos testes de toxicidade aguda foram estabelecidas as concentrações de LAS e DSS para a realização dos testes crônicos. Os testes de toxicidade crônica foram realizados segundo as normas da ABNT (ABNT, 2005), utilizando neonatas das espécies *C. dubia* e *C. silvestrii* com menos de 24 horas de idade.

Os testes foram realizados em tubos de ensaio de 20 mL, em 10 réplicas por concentração do LAS e DSS, e controle com água reconstituída, também em 10 réplicas, as quais foram mantidos sob a mesma temperatura e fotoperíodo dos cultivos-estoque. Cada réplica continha 15 mL da solução-teste e um organismo-teste.

Durante oito dias de exposição, a solução-teste foi renovada a cada 48 horas, sendo o organismo-teste transferido para uma solução nova com alimento, utilizando-se uma pipeta Pasteur de boca larga. Na renovação das soluções-teste era verificada a imobilidade e o número de jovens em cada recipiente-teste, para a avaliação da fecundidade e viabilidade da progênie. Os cladóceros foram alimentados com a alga *Pseudokirchneriella subcapitata* e alimento composto, de acordo com o procedimento já descrito para os cultivos-estoque.

Medidas de pH e dureza das soluções-teste recém-preparadas e daquelas a serem descartadas no final foram realizadas a cada troca da solução-teste, nas concentrações: maior, intermediária e menor, de acordo com norma padronizada (ABNT, 2005). Os testes foram considerados válidos quando a mortalidade de organismos adultos no controle não excedeu 20% e quando 60% ou mais das fêmeas adultas sobreviventes no controle tivessem produzido no mínimo 15 neonatas, não ultrapassando o oitavo dia (ABNT, 2005).

### **3.5.1. Análise estatística**

Os resultados relativos à imobilidade e reprodução, nos testes crônicos, foram testados para normalidade e variância de homogeneidade (Chi-quadrado e Testes Hartley) e então submetidos ao teste paramétrico de Dunnett se a distribuição fosse normal, ou ao teste não paramétrico de Kruskal-Wallis caso a distribuição não fosse normal. Por meio do teste de Dunnett, foram determinados os valores da menor concentração que causa efeito deletério na reprodução (CEO), e da maior concentração que não causa efeito deletério na reprodução (CENO). O programa de computador TOXSTAT 3.3 (Gulley et al., 1991) foi utilizado para a realização dessas análises (USEPA, 1993).

## **3.6. Avaliação química, física e ecotoxicológica de amostras ambientais de recursos hídricos do Estado de São Paulo**

### **3.6.1. Caracterização dos corpos de água avaliados**

#### **3.6.1.1. Lagoa Dourada**

A Lagoa Dourada, localizada no município de Brotas, SP é um pequeno reservatório localizado no Córrego das Perdizes (Bacia do Ribeirão do Lobo), tributário da Represa do Lobo (Figura 5). Apresenta cerca de 650m de comprimento, 230m de largura e 6,3m de profundidade máxima. A lagoa foi criada há cerca de 20 anos através de uma pequena barragem construída na porção média do córrego. No entorno da lagoa predomina o campo cerrado, embora ocorram pequenas regiões de reflorestamento de *Eucalyptus* sp. na margem direita. A represa está localizada dentro de uma área de proteção ambiental, a APA de Corumbataí. Esta possui água muito limpa e o fundo recoberto por macrófitas aquáticas (Melão, 1997). Com base nas baixas produtividades primária e taxas de assimilação fitoplanctônica e concentrações totais de nitrogênio e fósforo totais, Pômpeo (1996) classificou esse reservatório como oligotrófico.



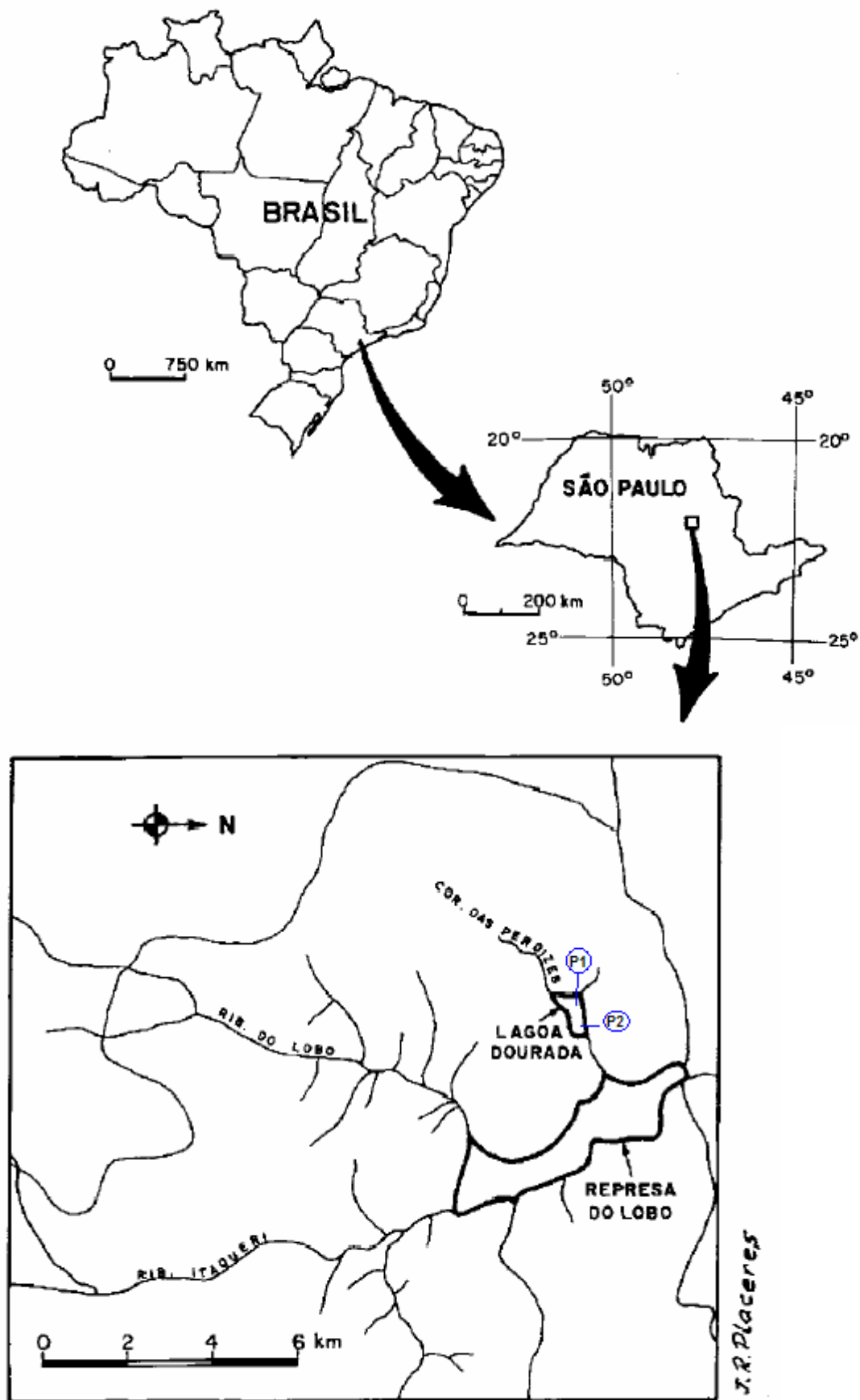
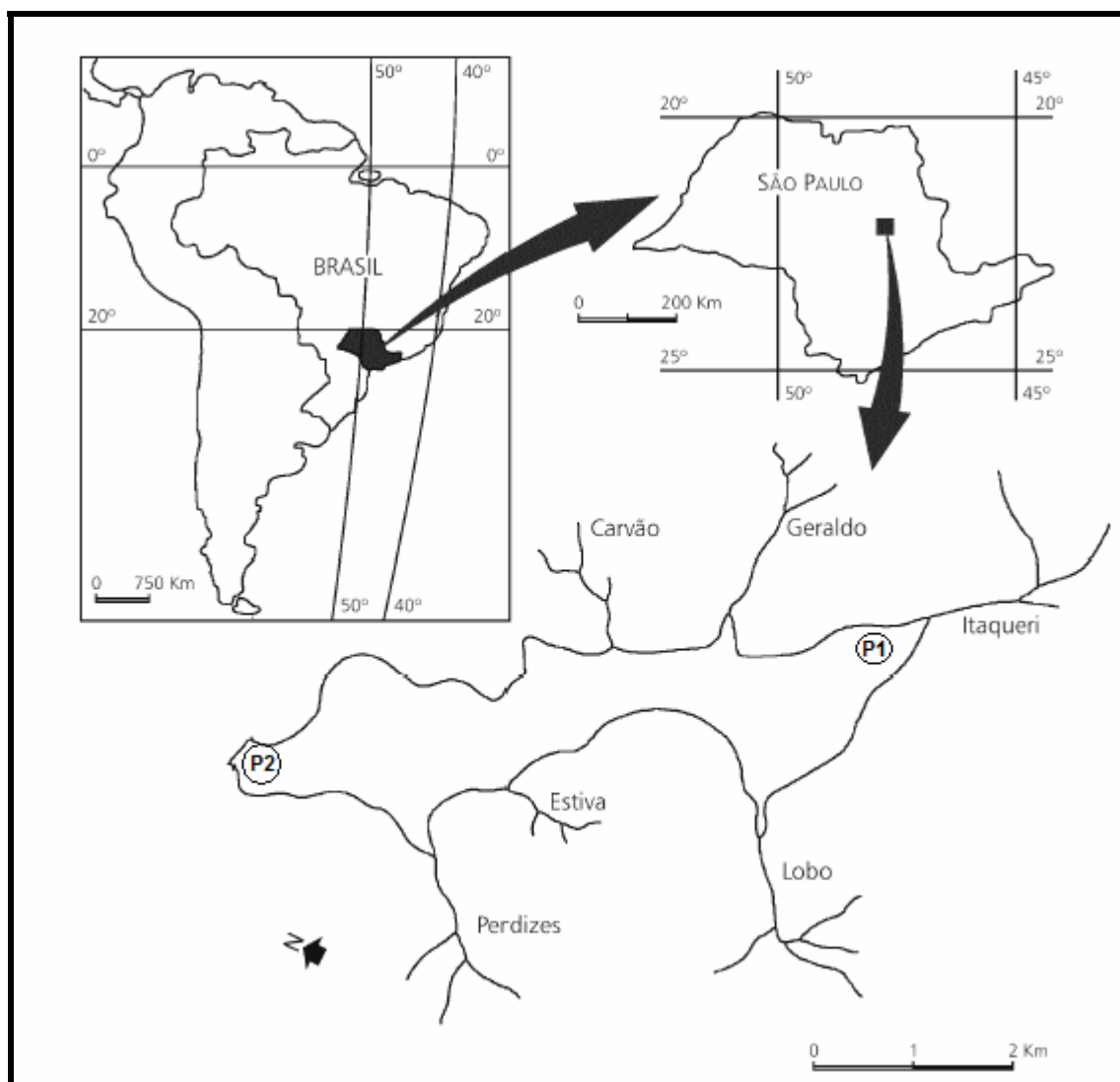


Figura 5. Localização da Lagoa Dourada (Adaptado de Melão & Rocha, 1998).

### 3.6.1.2. Reservatório do Lobo (Broa)

O reservatório do Lobo (Broa), localizado entre os municípios de Itirapina e Brotas, SP, foi construído em 1936, com o objetivo inicial de gerar energia elétrica (Argenton, 2004) (Figura 6). Atualmente é utilizado para abastecimento local de água potável, lazer, pescas esportiva e profissional, e desde 2000, as turbinas voltaram a produzir energia elétrica, após ficarem desativadas por alguns anos. Este reservatório é considerado como mesotrófico (Motheo, 2003).



**Figura 6.** Localização da Represa do Lobo (Adaptado de Rietzler et al., 2002).

### 3.6.1.3. Represa do Monjolinho

A Represa do Monjolinho, localizada no município de São Carlos, SP, consiste em um corpo de água localizado no *campus* da Universidade Federal de São Carlos, com área de 4,69 ha e profundidade média de 1,7m (Figura 8). Ela encontra-se dentro da

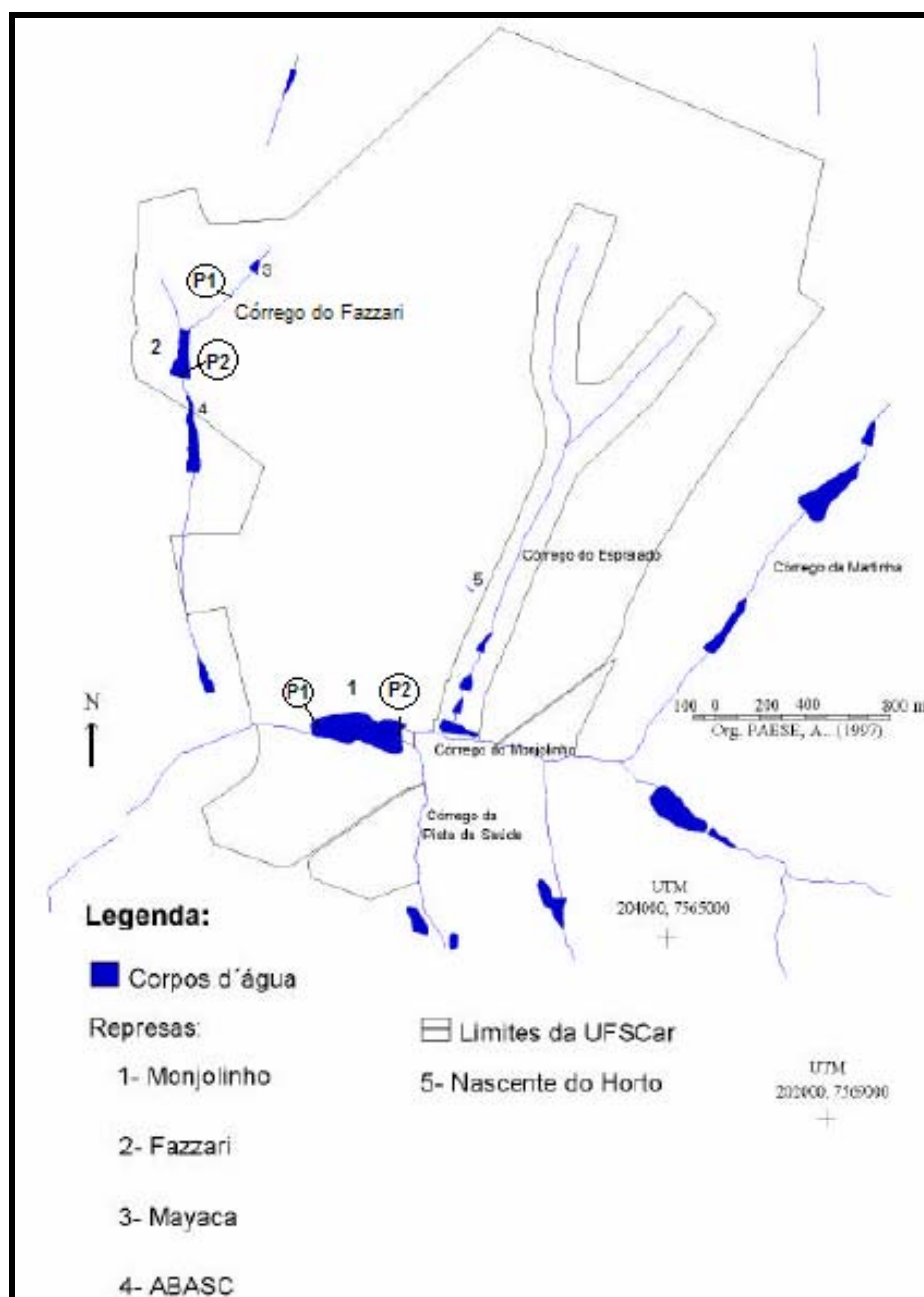
área urbanizada da Universidade e apresenta em seu entorno monocultura de *Pinus*, gramado e áreas marginais com *Brachiaria* (Correia, 2004).

A represa apresenta características eutróficas conforme estudos de Regali-Selegim (2001) e Cunha-Santino et al. (2002), na qual tem sido constatado florescimento algal em determinados períodos do ano compostas por *Synura* sp. e *Mallomonas* sp. (Regali-Selegim, 2001).

#### **3.6.1.4. Córrego e Represa do Fazzari**

O córrego do Fazzari, localizado no município de São Carlos, SP, é um curso de pequenas dimensões (profundidade máxima de 0,60m, largura máxima de 1,50m), que nasce dentro do *campus* da Universidade Federal de São Carlos. Percorre área protegida por mata ciliar, áreas com *Brachiaria* e eucaliptal com sub-bosque de cerrado. Dentro da área protegida por mata ciliar ocorrem durante a estação chuvosa numerosos desvios no curso principal que terminam formando poças temporárias, cujo sedimento fica recoberto por serrapilheira (Correia, 2004).

A represa do Fazzari está localizada a 500 metros da nascente em uma área de preservação permanente, é oriunda do represamento do Córrego Fazzari (Figura 7). A represa foi construída em 1978 com o objetivo de fornecer água para a irrigação da horta e do pomar da Universidade, localizados próximos às suas margens (Albuquerque, 1990), porém atualmente não possui tal finalidade. A represa tem uma área de 1,30ha e profundidade média de 1,5m atingindo 4,0m próximo da barragem (Trivinho-Strixino & Strixino, 1998), suas margens encontram-se protegidas por vegetação típica de cerrado (Albuquerque, 1990; Paese, 1994). A represa destaca-se pelas características oligotróficas (Lucinda, 2007).



**Figura 7.** Localização do Córrego e Represa do Fazzari, e da Represa do Monjolinho. (Adaptado de Paese, 1997).

### 3.6.2. Pontos de amostragem e período de coleta

As coletas foram realizadas no mês de setembro de 2007. Em cada recurso hídrico foram estabelecidos dois pontos de amostragem, sendo o primeiro localizado na porção superior, geralmente próximo a entrada dos rios. Já o segundo ponto estava localizado próximo à barragem, exceto na Represa do Fazzari. Neste, o ponto estava localizado na saída do córrego.

### 3.6.3. Variáveis limnológicas

#### 3.6.3.1. Potencial hidrogeniônico, condutividade elétrica, concentração de oxigênio dissolvido e temperatura da água

Foram efetuadas medidas *in situ* das variáveis temperatura da água, pH, condutividade elétrica e oxigênio dissolvido, utilizando um multisensor da marca HORIBA, modelo U-10.

#### 3.6.3.2. Nutrientes dissolvidos e totais na água

As amostras de água para as análises de nutrientes totais (nitrogênio e fósforo) e dissolvidos (nitrito, nitrato e amônio) foram coletadas utilizando-se um recipiente de plástico, coletando-se na superfície, nos diferentes pontos de amostragem. Essas amostras foram acondicionadas em frascos de polietileno e congeladas até a análise. No laboratório, partes das amostras foram filtradas em filtros de microfibras de vidro da marca GF/C Whatman, com 47 mm de diâmetro e 1,2 micra de abertura de poro, a fim de reter o material particulado. As concentrações dos principais nutrientes (nitrito, nitrato, amônio, nitrogênio orgânico total, fósforo inorgânico, fósforo dissolvido total e fósforo total) presentes na água foram determinadas espectrofotometricamente, segundo as metodologias descritas por Golterman et al. (1978) e Mackereth et al. (1978).

#### 3.6.3.3. Índice do Estado Trófico

O Índice de Estado Trófico (IET) foi calculado por meio do índice proposto por Carlson (1977), modificado por Toledo et al. (1983), levando-se em consideração as concentrações de clorofila *a*, de fósforo inorgânico total (PO<sub>4</sub>) e de fósforo total (P).

As equações que expressam as relações são:

$$\text{IET (CL)} = 10 \times \{6 - [(2,04 + \ln \text{CL}) / \ln 2]\}, \text{ para a clorofila } a;$$

$$\text{IET (PO}_4\text{)} = 10 \times \{6 - [\ln (21,67/\text{PO}_4) / \ln 2]\}, \text{ para o fósforo inorgânico};$$

$$\text{IET (P)} = 10 \times \{6 - [\ln (80,32/\text{P}) / \ln 2]\}, \text{ para fósforo total.}$$

Onde:

CL = concentração de clorofila *a* (µg L<sup>-1</sup>)

PO<sub>4</sub> = concentração de fósforo dissolvido inorgânico (µg L<sup>-1</sup>)

P = concentração de fósforo total (µg L<sup>-1</sup>)

A partir dos valores obtidos para o IET foi utilizado o seguinte critério de classificação do estado trófico: oligotrófico ( $\leq 44$ ), mesotrófico (44-54) e eutrófico ( $\geq 54$ ).

### **3.6.4. Variáveis biológicas**

#### **3.6.4.1. Determinação da concentração de clorofila *a***

Para análise da clorofila *a* ( $\mu\text{g L}^{-1}$ ), as amostras de água coletadas em cada represa e córrego foram filtradas no laboratório, utilizando-se o filtro GF/C 47mm de diâmetro e 1,2 micra de abertura de poro para retenção do material. Os filtros foram acondicionados em frascos de polietileno e congelados imediatamente. A determinação dessa variável seguiu a técnica descrita em Lorenzen (1967).

#### **3.6.4.2. Testes de toxicidade aguda com amostras de água**

Os bioensaios de toxicidade aguda foram conduzidos com as amostras de água do Reservatório do Lobo (Broa), da Lagoa Dourada, Córrego Fazzari e Represa do Monjolinho, coletadas em diferentes pontos de amostragem, sendo os organismos-teste *D. similis*, *C. dubia* e *C. silvestrii* expostos à água sem diluição (100%) segundo CETESB, 1991.

Para cada ponto de amostragem e controle foram preparadas 4 réplicas, sendo colocados 5 organismos-teste em cada copo plástico, atóxico, contendo 10mL da amostra. Como controle foi utilizada a água de cultivo dos cladóceros. A duração do teste foi de 48 horas, e medidas de pH, condutividade elétrica e dureza foram realizadas no início e no final dos bioensaios, sempre que possível. Os resultados foram expressos por meio da porcentagem de organismos imóveis, e para análise estatística foi utilizado o teste estatístico Fisher do programa de computador TOXSTAT 3.3 (Gulley et al., 1991).

#### **3.6.4.3. Testes de toxicidade aguda com amostras de sedimento**

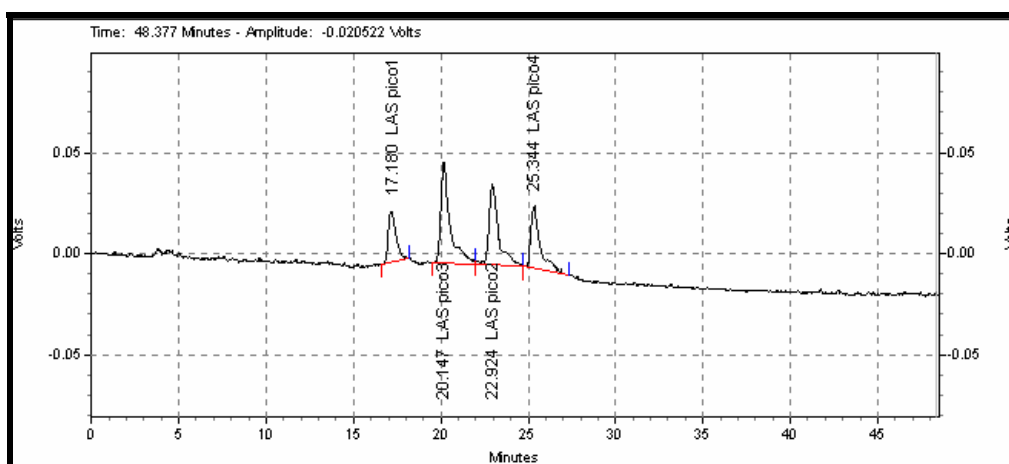
Estes testes foram conduzidos com amostras de sedimento coletadas no Reservatório do Lobo (Broa), na Lagoa Dourada, no Córrego e Represa do Fazzari e na Represa do Monjolinho, utilizando-se draga de Eckman. Os testes de toxicidade seguiram as recomendações da USEPA (1994), as quais recomendam a proporção de 1:4 de sedimentos/água de diluição. Esse material permaneceu em repouso por 24 horas,

para permitir a decantação do sedimento, e apenas o sobrenadante foi utilizado para a realização dos testes de toxicidade. Após esse período, foram colocados 10 mL do sobrenadante e 5 organismos-teste com menos de 24 horas de idade de cada espécie em copo plástico atóxico. Foram feitas quatro repetições, tanto para o controle como para cada tratamento. Como controle foi utilizada a água de cultivo dos cladóceros. Os organismos não foram alimentados durante a realização dos testes, e os copos foram mantidos em incubadora, sem iluminação e na mesma temperatura do cultivo. A duração do teste foi de 48 horas, e medidas de pH, condutividade elétrica e dureza foram realizadas no início e no final dos testes, quando possível. Os resultados foram expressos por meio da porcentagem de organismos imóveis, e para análise estatística foi utilizado o teste estatístico Fisher.

### 3.7. Determinação da concentração de surfactantes aniônicos presentes em amostras de água

As amostras de água do Reservatório do Lobo, da Lagoa Dourada, do Córrego do Fazzari e da Represa do Monjolinho foram analisadas por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE), realizado em Sistema Shimadzu, com detector de fluorescência e metanol/água como fase móvel, em coluna C-8 de 15mm x 4,6mm x  $\mu\text{m}$  (Duarte et al., 2006).

Na Figura 8, é possível observar os quatro picos referentes aos homólogos com a cadeia linear de 10 a 13 átomos de carbono da solução - padrão de LAS  $50 \text{ mg L}^{-1}$ , que estão sempre presentes no padrão utilizado.



**Figura 8.** Cromatograma referente aos homólogos com a cadeia linear de 10 a 13 átomos de carbono da solução-padrão de LAS à  $50 \text{ mg L}^{-1}$ .

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Testes de sensibilidade dos cladóceros ao cloreto de sódio e ao dicromato de potássio

Os valores de  $CE_{50}$ ; 48h dos testes de sensibilidade ao cloreto de sódio (NaCl) para os organismos-teste *Ceriodaphnia dubia* e *Ceriodaphnia silvestrii* ficaram dentro da faixa estabelecida para os mesmos, nas condições do laboratório: 1,13 – 1,93 g L<sup>-1</sup> NaCl para *C. dubia* e 0,77 - 1,63 g L<sup>-1</sup> para *C. silvestrii*, indicando que esses organismos estavam adequados para serem utilizados nos testes de toxicidade aguda e crônica realizados no presente trabalho (Tabelas 1 e 2). *C. silvestrii* foi mais sensível ao cloreto de sódio do que *C. dubia*.

Takenaka (2007) obteve uma faixa de sensibilidade de 1,06 a 1,54 g.L<sup>-1</sup> NaCl para *C. dubia* e de 0,76 a 1,46 g L<sup>-1</sup> NaCl para *C. silvestrii*. Durante um estudo realizado com *C. dubia*. Monteiro (2001) determinou que a faixa de sensibilidade desta espécie ao NaCl encontrava-se entre 0,61 e 1,87 g L<sup>-1</sup>.



**Tabela 1.** Valores de  $CE_{50}$  e respectivos intervalos de confiança, desvio padrão, coeficiente de variação e faixa de sensibilidade de *Ceriodaphnia dubia* para a substância de referência cloreto de sódio (NaCl), para os testes de toxicidade aguda.

Número de Ensaio	CE(I)50; 48h (IC) (mg L <sup>-1</sup> )
1	1,75 (1,65 - 1,86)
2	1,13 (1,01 - 1,26)
3	1,25 (1,03 - 1,52)
4	1,16 (1,02 - 1,28)
5	1,35 (1,21 - 1,50)
6	1,91 (1,74 - 2,10)
7	1,80 (1,64 - 1,98)
8	1,61 (1,46 - 1,78)
9	1,46 (1,37 - 1,54)
10	1,93 (1,82 - 2,05)
11	1,88 (1,74 - 2,03)
12	1,84 (1,61 - 2,10)
Média (mg.L <sup>-1</sup> )	1,59
Desvio Padrão	0,30
Coeficiente de Variação (%)	18,86
Faixa de sensibilidade (mg.L <sup>-1</sup> )	1,13 – 1,93

**Tabela 2.** Valores de  $CE_{50}$  e respectivos intervalos de confiança, desvio padrão, coeficiente de variação e faixa de sensibilidade de *Ceriodaphnia silvestrii* para a substância de referência cloreto de sódio (NaCl), para os testes de toxicidade aguda.

Número de Ensaio	CE(I)50; 48h (IC) (mg L <sup>-1</sup> )
1	1,18 (1,02 – 1,35)
2	1,02 (0,87 – 1,14)
3	1,63 (1,50 -1,80)
4	1,02 (0,85 – 1,16)
5	1,43 (1,32 – 1,54)
6	1,11 (0,97 – 1,27)
7	1,23 (1,08 – 1,40)
8	1,25 (1,13 – 1,39)
9	0,77 (0,59 – 1,01)
Média (mg.L <sup>-1</sup> )	1,18
Desvio Padrão	0,23
Coeficiente de Variação (%)	19,91
Faixa de sensibilidade (mg.L <sup>-1</sup> )	0,77 – 1,63

Os valores da  $CE(I)_{50;48h}$  de dicromato de potássio para *Daphnia similis* variaram de 0,06 e 0,10  $mg L^{-1}$  (Tabela 3). Monteiro (2001) obteve uma faixa de sensibilidade entre 0,07 e 0,2  $mg L^{-1}$  de  $K_2Cr_2O_7$  para *D. similis*. Portanto, os valores da faixa de sensibilidade de *D. similis* no presente estudo, em relação ao  $K_2Cr_2O_7$ , encontram-se dentro da faixa estabelecida para o mesmo.

**Tabela 3.** Valores de  $CE_{50}$  e respectivos intervalos de confiança, desvio padrão, coeficiente de variação e faixa de sensibilidade de *Daphnia similis* para a substância de referência dicromato de potássio ( $K_2Cr_2O_7$ ), para os testes de toxicidade aguda.

Número de Ensaio	$CE(I)_{50; 48h}$ (IC) ( $mg L^{-1}$ )
1	0,08 (0,06 – 0,10)
2	0,06 (0,05 – 0,08)
3	0,09 (Não calculado)
4	0,10 (0,07 – 0,13)
Média ( $mg.L^{-1}$ )	0,08
Desvio Padrão	0,015
Coeficiente de Variação (%)	12,5
Faixa de sensibilidade ( $mg.L^{-1}$ )	0,06 – 0,10

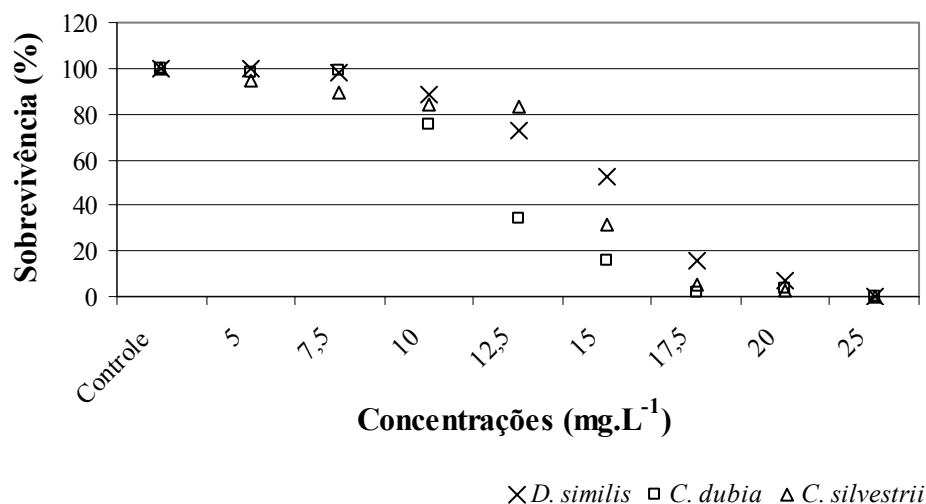
#### 4.2. Testes de toxicidade aguda do LAS aos cladóceros

Com base nos testes preliminares foi estabelecida uma faixa de concentrações entre 5 a 25  $mg L^{-1}$  para a realização dos testes definitivos. As concentrações estabelecidas para os testes definitivos foram: 5; 7,5; 10; 12,5; 15; 17,5; 20 e 25  $mg L^{-1}$ . Os resultados dos testes preliminares estão apresentados nas Tabelas 1, 2, 3 e 4 (Apêndice A) e aqueles referentes aos testes definitivos estão apresentados nas Tabelas 1 a 30 (Apêndice B).

O pH e a dureza das soluções-teste não sofreram grandes alterações no intervalo de tempo entre o início e o final dos testes. Portanto, não foram essas as variáveis que afetaram a sobrevivência dos organismos-teste. Nos testes realizados com *D. similis*, a amplitude de variação foi de 7,36 a 7,68 para o pH e de 30 a 48  $mgCaCO_3 L^{-1}$  para a dureza. Já nos testes com *C. dubia* e *C. silvestrii*, os valores iniciais e finais de pH variaram entre 7,21 e 8,59, enquanto os de dureza, entre 34 e 48  $mgCaCO_3 L^{-1}$ .

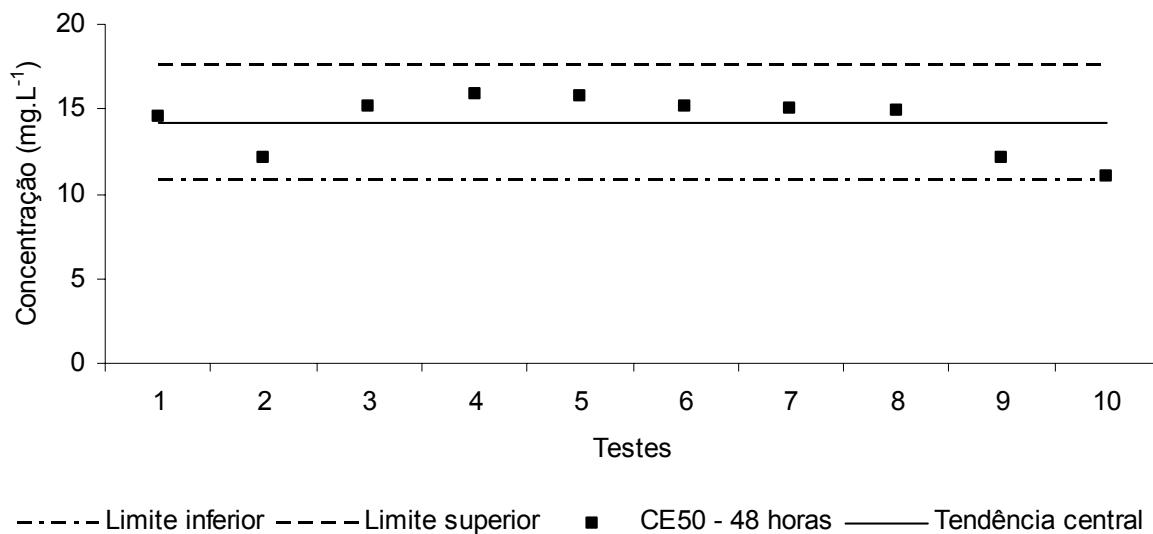
No controle não foi verificada a ocorrência de mais de 10% de organismos imóveis, sendo o mesmo, portanto, válido. *D. similis*, *C. dubia* e *C. silvestrii* tiveram

sobrevivência menor que 20% nas concentrações de 17,5 mg L<sup>-1</sup>; 20 mg L<sup>-1</sup> e 25 mg L<sup>-1</sup> de LAS. A partir da concentração de 12,5 mg L<sup>-1</sup>, observou-se sobrevivência inferior a 40% para *C. dubia*, enquanto que *C. silvestrii* apresentou menor sensibilidade registrando-se nessa concentração uma sobrevivência de 83,2% (Figura 9).



**Figura 9.** Percentagem de sobrevivência dos cladóceros *Daphnia similis*, *Ceriodaphnia dubia* e *Ceriodaphnia silvestrii*, durante testes de toxicidade aguda com dodecil benzeno sulfonato de sódio.

A faixa de sensibilidade obtida para *D. similis* exposta ao LAS foi de 11,08 a 15,88 mg L<sup>-1</sup>, enquanto o valor da CE(I)<sub>50</sub>;48h foi de 14,17(±1,72) mg L<sup>-1</sup> com coeficiente de variação de 12,14% (Fig. 10). Os valores de CE(I)<sub>50</sub> e os intervalos de confiança obtidos nos testes realizados estão apresentados na Tabela 4.



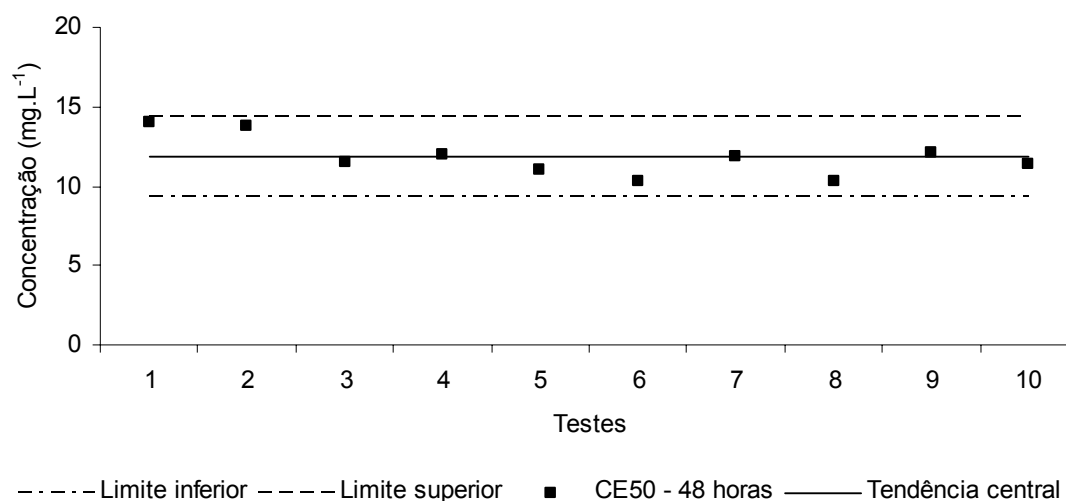
**Figura 10.** Controle da sensibilidade de *Daphnia similis* ao surfactante aniônico dodecil benzeno sulfonato de sódio (LAS).

**Tabela 4.** Valores de CE(I)<sub>50</sub> do surfactante dodecil benzeno sulfonato de sódio, e respectivos intervalos de confiança, para o cladóceros *Daphnia similis*, em testes de toxicidade aguda.

Ensaio	CE(I) <sub>50</sub> ;48 h (mg L <sup>-1</sup> )	Intervalo de Confiança (IC)
1	14,51	13,35 – 15,65
2	12,11	10,70 – 13,50
3	15,11	11,74 – 18,17
4	15,88	14,95 – 16,77
5	15,80	12,85 – 19,18
6	15,11	14,03 - 16,17
7	15,04	12,04 - 18,41
8	14,93	13,57 - 16,36
9	12,17	11,13 - 13,30
10	11,08	10,05 - 12,22

As faixas de sensibilidade estabelecidas para as espécies *C. dubia* e *C. silvestrii*, foram 10,34 a 14,06 e de 12,11 a 15,93 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente (Figs. 11 e 12). Para *C. dubia*, foi obtido um valor da CE(I)<sub>50</sub> igual a 11,84(±1,26) mg L<sup>-1</sup> e coeficiente de variação de 10,64%. O valor da CE(I)<sub>50</sub> de LAS para a espécie *C. silvestrii* (13,52±1,20

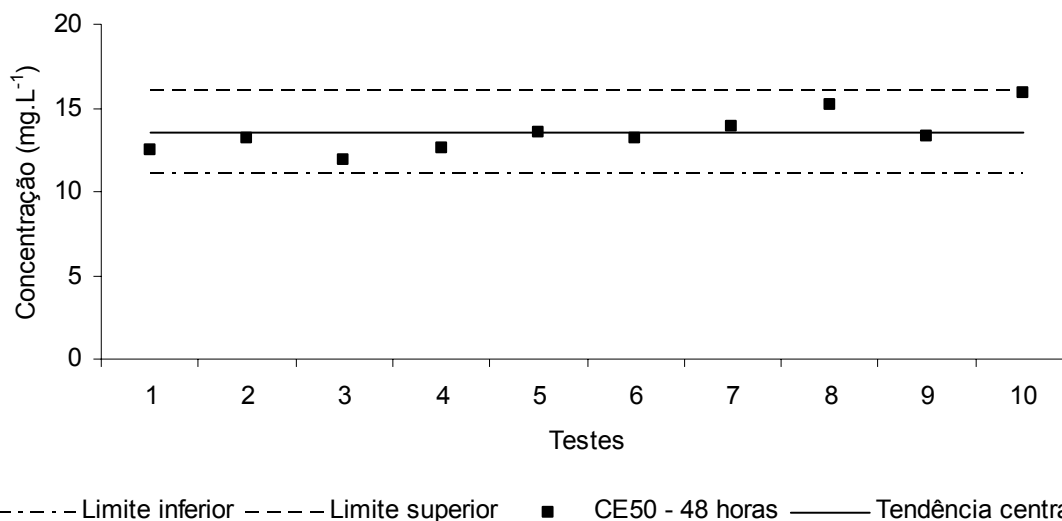
mg L<sup>-1</sup> e coeficiente de variação igual a 8,87%) foi maior do que aqueles obtidos para os demais cladóceros. Esses resultados evidenciam a toxicidade do LAS aos organismos-teste. Os valores de CE(I)<sub>50</sub> e os intervalos de confiança obtidos nos testes realizados com *C. dubia* e *C. silvestrii* estão apresentados nas Tabelas 5 e 6.



**Figura 11.** Controle da sensibilidade de *Ceriodaphnia dubia* ao surfactante aniônico dodecil benzeno sulfonato de sódio (LAS).

**Tabela 5.** Valores de CE(I)<sub>50</sub> do surfactante dodecil benzeno sulfonato de sódio, e respectivos intervalos de confiança, para o cladócero *Ceriodaphnia dubia*, em testes de toxicidade aguda.

Ensaio	CE(I) <sub>50</sub> ;48 h (mg.L <sup>-1</sup> )	Intervalo de Confiança (IC)
1	14,06	12,79 – 15,32
2	13,80	12,52 – 15,06
3	11,50	10,63 – 12,31
4	12,00	11,15 – 12,80
5	11,02	10,05 – 11,93
6	10,35	9,21 - 11,40
7	11,83	10,79 - 12,79
8	10,34	9,48 - 11,12
9	12,12	11,52 - 12,76
10	11,33	11,04 - 11,63



**Figura 12.** Controle da sensibilidade de *Ceriodaphnia silvestrii* ao surfactante aniônico dodecil benzeno sulfonato de sódio (LAS).

**Tabela 6.** Valores de CE(I)<sub>50</sub> do surfactante dodecil benzeno sulfonato de sódio, e respectivos intervalos de confiança, para o cladócero *Ceriodaphnia silvestrii*, em testes de toxicidade aguda.

Ensaio	CE(I) <sub>50</sub> ;48 h (mg L <sup>-1</sup> )	Intervalo de Confiança (IC)
1	12,52	11,37 - 13,79
2	13,27	12,33 - 14,28
3	12,11	11,05 - 13,27
4	12,61	11,68 - 13,60
5	13,51	13,16 - 13,87
6	12,89	12,16 - 13,66
7	13,89	12,39 - 15,56
8	15,16	14,03 - 16,38
9	13,30	11,17 - 15,85
10	15,93	14,51 - 17,48

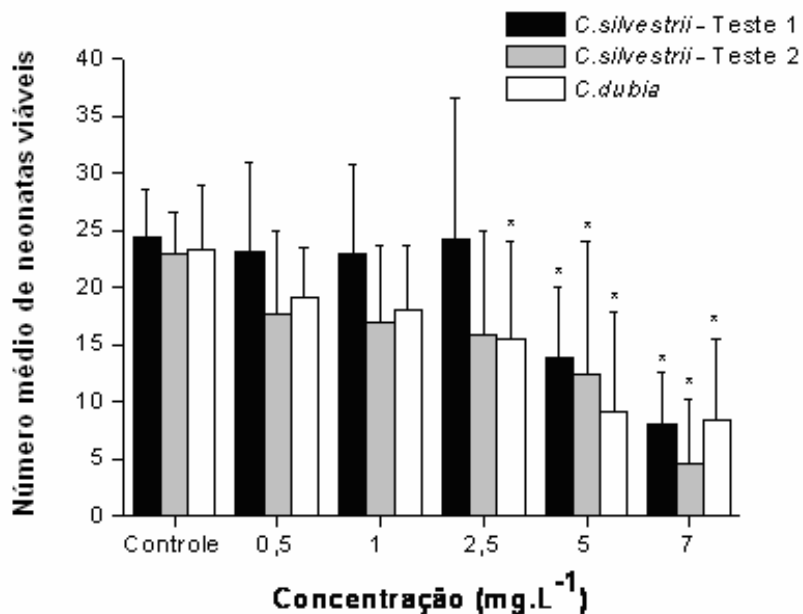
Os resultados da toxicidade aguda do LAS evidenciaram diferença significativa entre a sensibilidade das diferentes espécies de cladóceros avaliadas (Teste de Tukey,  $p=0,05$ ), sendo *C. dubia* mais sensível ao surfactante do que *D. similis*.

### 4.3. Teste de toxicidade crônica do LAS aos cladóceros *Ceriodaphnia dubia* e *Ceriodaphnia silvestrii*

A partir dos resultados dos testes de toxicidade aguda foram estabelecidas as concentrações sub-letais de LAS a serem utilizadas nos testes de toxicidade crônica com *C. dubia* e *C. silvestrii*, as quais foram: 0,5; 1,0; 2,5; 5,0 e 7,0 mg L<sup>-1</sup>. Durante os testes, não foi verificada mortalidade de fêmeas adultas no controle.

O pH e a dureza das soluções-teste não variaram amplamente entre o início e o final dos testes de toxicidade, e variaram entre 7,42 e 7,80 e 34 e 46 mgCaCO<sub>3</sub> L<sup>-1</sup> nos testes com *C. dubia*, e entre 7,20 e 7,94 e 36 e 46 mgCaCO<sub>3</sub> L<sup>-1</sup> com *C. silvestrii*.

Os resultados obtidos nos testes apresentaram distribuição normal e homogeneidade de acordo como os Testes do Chi-quadrado e de Hartley, e, portanto, a análise estatística foi realizada por meio do teste paramétrico de Dunnett. Os resultados do teste crônico com *C. dubia* evidenciaram que existe uma diferença significativa entre a viabilidade das neonatas dos cladóceros no controle e aquelas observadas para as concentrações de 2,5; 5,0 e 7,0 mg L<sup>-1</sup> (p= 0,05), comprovando a existência de efeito deletério. Ambos os valores obtidos nas análises estatísticas para os dois testes crônicos realizados com *C. silvestrii* demonstraram que existe uma diferença significativa entre a viabilidade das neonatas no controle e nas concentrações de 5,0 e 7,0 mg L<sup>-1</sup>. Na concentração 7,0 mg L<sup>-1</sup> a viabilidade das neonatas foi 3 a 5 vezes menor para *C. dubia* e *C. silvestrii* em relação ao controle, evidenciando a influência do LAS na sobrevivência das neonatas de ambas as espécies (Figura 13 e Tabela 7).



**Figura 13.** Número de neonatas viáveis de *Ceriodaphnia silvestrii* e *Ceriodaphnia dubia* expostas a diferentes concentrações do surfactante aniônico dodecil benzeno sulfonato de sódio (LAS) durante 8 dias.\* Diferença estatisticamente significativa em relação ao controle pelo teste paramétrico de Dunnett.

**Tabela 7.** Significância estatística da diferença entre a sobrevivência (em %) e do número médio de neonatas vivas produzidas pelos dafinídeos *Ceriodaphnia dubia* e *Ceriodaphnia silvestrii*, durante os testes de toxicidade crônica (8 dias), com o surfactante dodecil benzeno sulfonato de sódio (LAS).

Concentração (mg.L <sup>-1</sup> LAS)	Sobrevivência (%)			nº. médio de neonatas		
	<i>C. dubia</i>	<i>C. silvestrii</i> Teste 1	<i>C. silvestrii</i> Teste 2	<i>C. dubia</i>	<i>C. silvestrii</i> Teste 1	<i>C. silvestrii</i> Teste 2
0 (controle)	100	100	100	23,3 ± 5,71	24,4 ± 4,14	22,9 ± 3,75
0,5	100	80	100	19,1 ± 4,04	23,2 ± 7,73	17,7 ± 7,30
1,0	100	100	90	18,1 ± 5,5	23 ± 7,73	16,9 ± 6,80
2,5	90	90	90	15,5* ± 8,58	24,3 ± 12,42	15,8 ± 9,06
5,0	60	90	80	9,2* ± 8,64	13,8* ± 6,34	12,5* ± 11,65
7,0	80	90	90	8,5* ± 7,15	8* ± 4,71	4,6* ± 5,68

\* Diferença estatisticamente significativa em relação ao controle ( $p < 0,05$ ).

Foram obtidos os valores de CEO e CENO para *C. dubia*, os quais corresponderam a 2,5 e 1,0 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente. Os valores de CEO e CENO para *C. silvestrii* foram 5,0 e 2,5 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente.



A partir da concentração de 5,0 mg L<sup>-1</sup> registrou-se 40% de mortalidade de fêmeas adultas de *C. dubia*, e nas concentrações de 0,5 e 1,0 mg L<sup>-1</sup>, mortalidade de 10% de *C. silvestrii* e nas concentrações acima de 2,5 mg L<sup>-1</sup>, 20%.

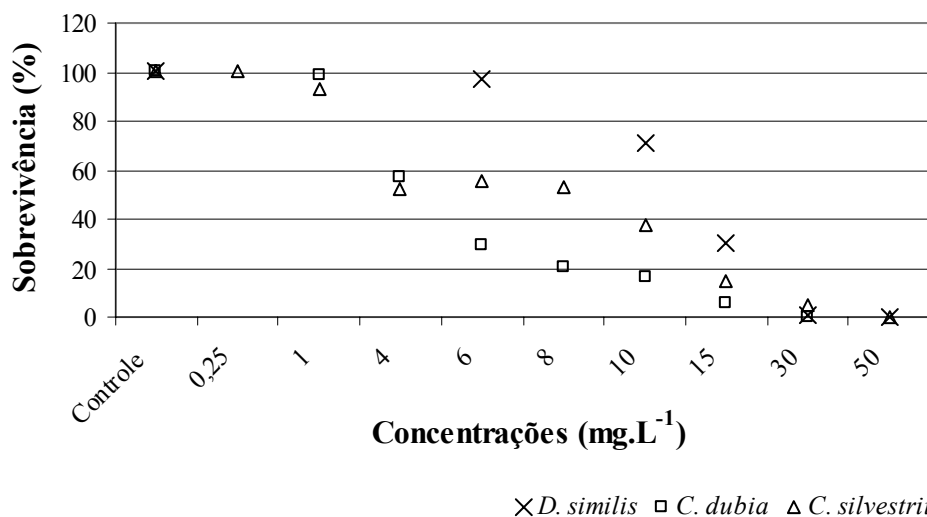
Os resultados dos testes crônicos estão apresentados nas Tabelas 31, 32 e 33 (Apêndice B).

#### 4.4. Testes de toxicidade aguda do DSS aos cladóceros

Com base nos testes preliminares estabeleceu-se uma faixa de concentração de 0,25 a 50 mg L<sup>-1</sup> para os testes definitivos. As concentrações estabelecidas para os testes definitivos com *D. similis* foram de 6; 10; 15; 30 e 50 mg L<sup>-1</sup>, de 1; 4; 6; 8; 10; 15; 30 mg L<sup>-1</sup> para *C. dubia* e de 0,25; 1; 4; 6; 8; 15; 30 e 50 mg L<sup>-1</sup> para *C. silvestrii*. Os resultados dos testes preliminares estão apresentados nas Tabelas 4 e 5 (Apêndice A) e dos testes definitivos estão apresentados nas Tabelas 1 e 30 (Apêndice C).

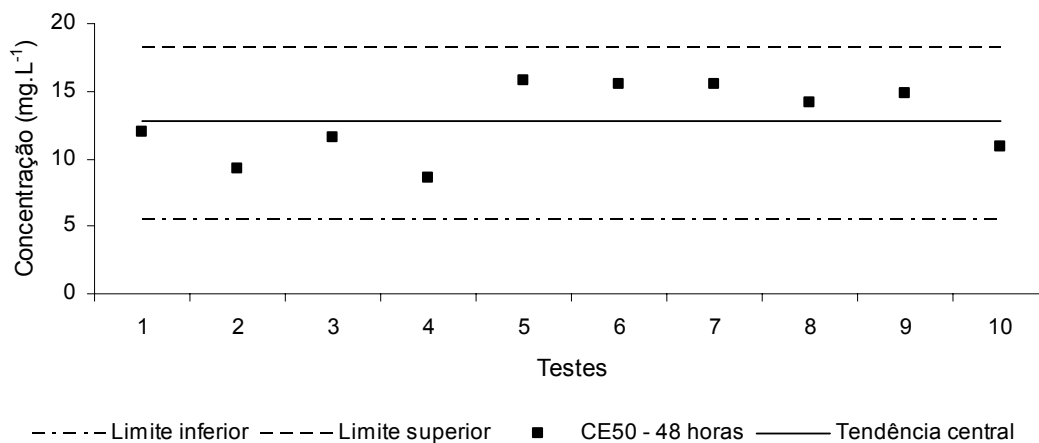
O pH e a dureza das soluções-teste não variaram marcadamente entre o início e o final dos testes, sugerindo, portanto que não foram essas as variáveis que afetaram a sobrevivência dos organismos-teste. Nos testes com *C. dubia* e *C. silvestrii*, os valores iniciais e finais de pH variaram entre 7,20 e 7,94 e os de dureza entre 36 e 46 mgCaCO<sub>3</sub> L<sup>-1</sup>. Já nos testes realizados com *D. similis*, as faixas de variação foram mais amplas, de 7,68 a 8,15 para o pH e de 36 a 52 mgCaCO<sub>3</sub> L<sup>-1</sup> para a dureza.

No controle não foi verificada a presença de mais de 10% de organismos imóveis. Na concentração de 6,0 mg L<sup>-1</sup> de DSS os cladóceros *D. similis*, *C. dubia* e *C. silvestrii* tiveram sobrevivência de 97, 29 e 55%, respectivamente. A partir da concentração de 10 mg L<sup>-1</sup>, observou-se sobrevivência de apenas 17% para *C. dubia*, enquanto para *C. silvestrii* a sobrevivência foi reduzida para 15% na concentração de 15 mg L<sup>-1</sup>. (Figura 14)



**Figura 14.** Percentagem de sobrevivência dos cladóceros *Daphnia similis*, *Ceriodaphnia dubia* e *Ceriodaphnia silvestrii*, em testes de toxicidade aguda com dodecil sulfato de sódio.

A faixa de sensibilidade de *D. similis* para o DSS foi de 9,24 a 15,83 mg L<sup>-1</sup>, enquanto o valor da CE(I)<sub>50;48h</sub> foi de 12,82(±2,73) mg L<sup>-1</sup> com coeficiente de variação de 21,29% (Fig. 15). Os valores da CE(I)<sub>50</sub> e os intervalos de confiança obtidos nos testes realizados estão apresentados na Tabela 8.

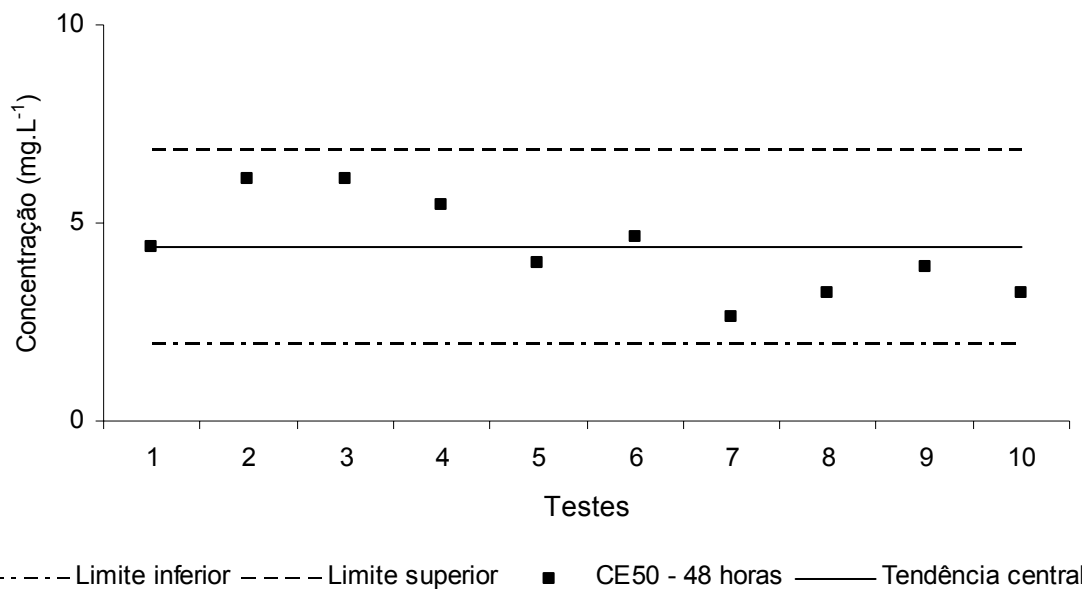


**Figura 15.** Controle da sensibilidade de *Daphnia similis* ao surfactante aniônico dodecil sulfato de sódio (DSS).

**Tabela 8.** Valores de CE(I)<sub>50</sub> do surfactante dodecil sulfato de sódio, e respectivos intervalos de confiança, para o cladóceros *Daphnia similis*, em testes de toxicidade aguda

<b>Ensaio</b>	<b>CE(I)<sub>50</sub>;48 h (mg.L<sup>-1</sup>)</b>	<b>Intervalo de Confiança (IC)</b>
1	12,02	10,50 - 13,76
2	9,24	8,01 - 10,65
3	11,53	10,01 - 13,76
4	8,58	7,36 - 10,01
5	15,54	13,13 - 18,38
6	15,83	13,74 - 18,23
7	15,54	13,13 - 18,38
8	14,14	11,62 - 17,21
9	14,89	12,32 - 18,00
10	10,84	9,76 - 12,03

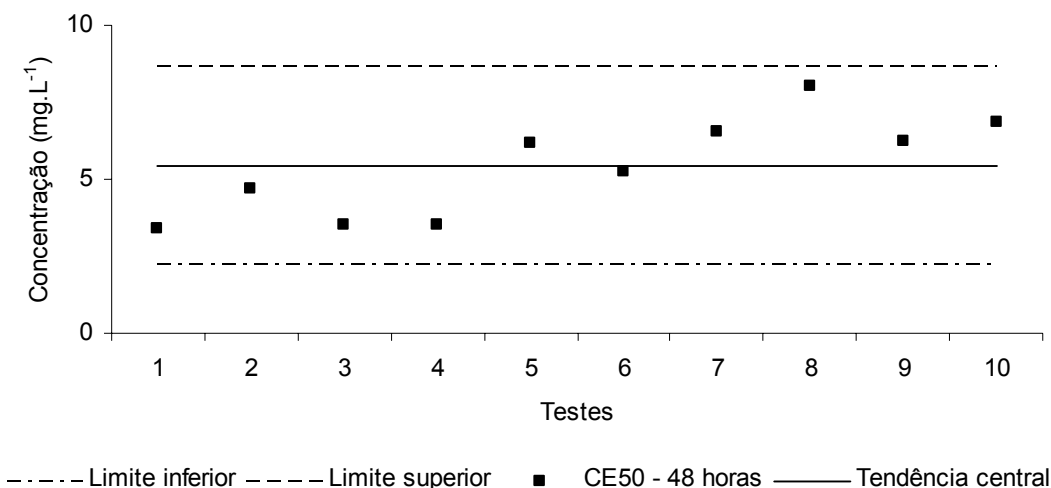
Para as espécies *C. dubia* e *C. silvestrii*, a faixa de sensibilidade ao DDS foi de 2,64 a 6,12 e de 3,49 a 8,01 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente (Figs. 16 e 17). Para *C. dubia*, foi obtido um valor da CE(I)<sub>50</sub> igual a 4,37(±1,21) mg L<sup>-1</sup> com coeficiente de variação de 27,78%. O valor da CE(I)<sub>50</sub> deste composto para *C. silvestrii* foi de 5,42(±1,60) mg L<sup>-1</sup> com coeficiente de variação igual a 29,52%. Os valores da CE<sub>50</sub> e os intervalos de confiança obtidos nos testes realizados com *C. dubia* e *C. silvestrii* estão apresentados nas Tabelas 9 e 10.



**Figura 16.** Controle da sensibilidade de *Ceriodaphnia dubia* ao surfactante aniônico dodecil sulfato de sódio (DSS).

**Tabela 9.** Valores de  $CE(I)_{50}$  do surfactante dodecil sulfato de sódio, e respectivos intervalos de confiança, para o cladócero *Ceriodaphnia dubia*, em testes de toxicidade aguda.

Ensaio	$CE(I)_{50;48\text{ h}}$ ( $\text{mg L}^{-1}$ )	Intervalo de Confiança (IC)
1	4,40	3,18 - 6,09
2	6,12	4,60 - 7,57
3	6,11	1,45 - 12,45
4	5,44	4,38 - 6,76
5	4,01	3,10 - 3,17
6	4,64	3,61 - 5,95
7	2,64	2,00 - 3,47
8	3,23	2,54 - 4,10
9	3,88	3,03 - 4,95
10	3,23	2,22 - 4,71



**Figura 17.** Controle da sensibilidade de *Ceriodaphnia silvestrii* ao surfactante aniônico dodecil sulfato de sódio (DSS).

**Tabela 10.** Valores de CE(I)<sub>50</sub> do surfactante dodecil sulfato de sódio, e respectivos intervalos de confiança, para o cladóceros *Ceriodaphnia silvestrii*, em testes de toxicidade aguda.

Ensaio	CE(I) <sub>50</sub> ;48 h (mg L <sup>-1</sup> )	Intervalo de Confiança (IC)
1	3,41	2,30 - 5,05
2	4,71	3,60 - 6,17
3	3,53	2,72 - 4,57
4	3,49	2,32 - 5,25
5	6,19	4,48 - 8,54
6	5,22	3,62 - 7,52
7	6,53	4,51 - 9,45
8	8,01	6,16 a 10,43
9	6,26	4,39 - 8,92
10	6,83	4,99 - 9,35

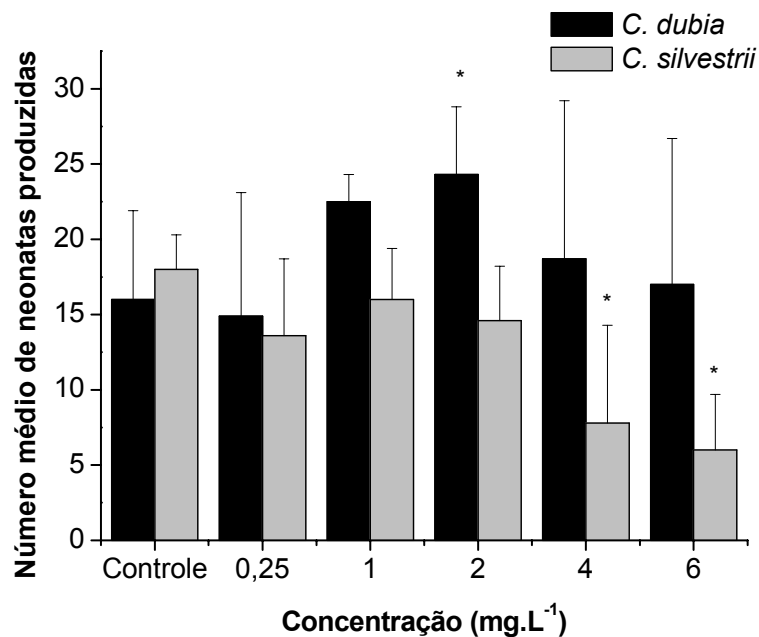
Os resultados da toxicidade aguda do DSS evidenciaram diferença significativa entre a sensibilidade das espécies de cladóceros estudadas (Teste de Tukey,  $p=0,05$ ), sendo *D. similis* mais resistente ao surfactante em relação aos demais cladóceros, *C. dubia* e *C. silvestrii*.

#### 4.5. Teste de toxicidade crônica com DSS aos cladóceros *Ceriodaphnia dubia* e *Ceriodaphnia silvestrii*

A partir dos resultados dos testes de toxicidade aguda, foram estabelecidas as concentrações sub-letais de DSS a serem utilizadas nos testes de toxicidade crônica com *C. dubia* e *C. silvestrii*, as quais foram: 0,25; 1,0; 2,0; 4,0 e 6,0 mg L<sup>-1</sup>. Durante o teste com *C. dubia*, foi verificada a mortalidade de 10% de fêmeas adultas no controle, e no teste com *C. silvestrii* não foi verificada mortalidade no controle.

O pH e a dureza das soluções-teste não variaram significativamente entre o início e o final dos testes de toxicidade, e variaram entre 7,16 e 7,84 e 36 e 46 mgCaCO<sub>3</sub> L<sup>-1</sup> nos testes realizados com *C. dubia*, e entre 7,07 e 7,81 e 36 e 46 mgCaCO<sub>3</sub> L<sup>-1</sup> naqueles realizados com *C. silvestrii*.

No teste com *C. dubia* os dados não apresentaram distribuição normal e homogeneidade de acordo como os Testes do Chi-quadrado e de Hartley, e, a análise estatística foi realizada por meio do teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis. Os resultados relativos ao teste com *C. silvestrii* tiveram distribuição normal e homogeneidade, e, portanto, a análise estatística foi realizada por meio do teste paramétrico de Dunnett. Os valores de probabilidade obtidos (p= 0,05) no teste crônico com *C. dubia*, evidenciaram que existe uma diferença significativa entre a fecundidade dos cladóceros no controle e na concentração de 2,0 mg L<sup>-1</sup>. A partir da concentração de 1,0 mg L<sup>-1</sup> foi observado um aumento na fecundidade da *C. dubia*. Os valores de probabilidade obtidos para o teste crônico com *C. silvestrii* (p= 0,05) evidenciaram que existe uma diferença significativa entre a fecundidade dos cladóceros no controle e aquelas observadas para as concentrações de 4,0 e 6,0 mg L<sup>-1</sup> DSS. Na concentração 6,0 mg L<sup>-1</sup> de DSS a produção de neonatas foi 3 vezes menor para *C. silvestrii* em relação ao controle, evidenciando a influência do DSS na reprodução desta espécie (Figura 18 e Tabela 11).



**Figura 18.** Número de neonatas viáveis de *Ceriodaphnia silvestrii* e *Ceriodaphnia dubia* expostas a diferentes concentrações do surfactante aniônico dodecil sulfato de sódio (DSS) durante 8 dias.\* Diferença estatisticamente significativa em relação ao controle pelo teste paramétrico de Dunnett e teste não paramétrico de Kruskal-Wallis.

**Tabela 11.** Significância estatística da percentagem e do número médio de neonatas vivas produzidas pelos dafinídeos *Ceriodaphnia dubia* e *Ceriodaphnia silvestrii*, durante os testes de toxicidade crônica (8 dias), com o surfactante dodecil sulfato de sódio (DSS).

Concentração (mg L <sup>-1</sup> DSS)	Sobrevivência (%)		nº. médio de neonatas	
	<i>C. dubia</i>	<i>C. silvestrii</i>	<i>C. dubia</i>	<i>C. silvestrii</i>
0 (Controle)	90	100	16 ± 5,91	18 ± 2,31
0,25	90	100	14,9 ± 8,22	13,6 ± 5,06
1,0	100	100	22,5 ± 1,78	16 ± 3,43
2,0	90	100	24,3* ± 4,47	14,6 ± 3,62
4,0	70	60	18,7 ± 10,56	7,8* ± 6,54
6,0	80	60	17 ± 9,71	6* ± 3,68

\* Diferença estatisticamente significativa em relação ao controle (p<0,05).

Os valores de CEO e CENO para *C. silvestrii*, corresponderam a 4,0 e 2,0 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente. Não foi possível calcular os valores de CEO e CENO para *C. dubia*, pois não houve redução na fecundidade para as concentrações de DSS testadas.

Nas concentrações de 4,0 e 6,0 mg L<sup>-1</sup> foi observada mortalidade de 30% e de 20% de fêmeas adultas de *C. dubia*, respectivamente. A partir da concentração de 4,0 mg L<sup>-1</sup> registrou-se 40% de mortalidade de fêmeas adultas de *C. silvestrii*.

Os resultados dos testes crônicos estão apresentados nas Tabelas 31 e 32 (Apêndice C).

#### 4.6. Toxicidade de amostras ambientais – Água do reservatório Lagoa Dourada, Brotas, SP

##### 4.6.1. Caracterização limnológica

##### Potencial hidrogeniônico, condutividade elétrica, concentração de oxigênio e temperatura da água

Na Tabela 12 podem ser observados os valores registrados para o pH, condutividade, oxigênio dissolvido e temperatura da água da Lagoa Dourada, em setembro de 2007.

Nesta lagoa os valores registrados para as variáveis físicas e químicas foram semelhantes tanto entre os pontos de amostragem, como nas diferentes camadas da coluna da água. Os valores de pH variaram entre 3,29 e 4,09, indicando uma água ácida.

Os valores da condutividade elétrica foram semelhantes nas diferentes camadas da coluna da água.

Os pontos de coleta apresentaram valores de oxigênio dissolvido entre 7,76 e 9,83 mg L<sup>-1</sup>.

O menor valor de temperatura obtido foi de 22,8°C e o maior 23,2°C.

**Tabela 12.** Valores das variáveis físicas e químicas da água da Lagoa Dourada, em setembro de 2007.

Ponto de amostragem	Profundidade	pH	Condutividade (µScm <sup>-1</sup> )	Oxigênio dissolvido (mg L <sup>-1</sup> )	Temperatura (°C)
P1	Superfície	3,44	3	9,83	23,1
P1	0,5m	3,29	3	8,68	23,2
P2	Superfície	4,09	2	8,69	23
P2	0,5m	3,86	2	9,01	22,8
P2	1,0m	3,87	2	7,76	22,8



### Concentração total e da fração dissolvida para os nutrientes na água da Lagoa Dourada

Na Tabela 13 são apresentados os valores das concentrações totais e da fração dissolvida para os nutrientes na coluna de água da Lagoa Dourada, em setembro de 2007.

Nos dois pontos de amostragem a forma mais abundante de nitrogênio foi o nitrogênio orgânico com concentração de 260,60 e 248,86  $\mu\text{g L}^{-1}$ , nos pontos 1 e 2, respectivamente. Em relação ao fósforo as concentrações de fósforo total foram de 9,55 e 8,89  $\mu\text{g L}^{-1}$  para os pontos 1 e 2, respectivamente.

**Tabela 13.** Valores das concentrações dos nutrientes (total e fração dissolvida) na água da Lagoa Dourada, em setembro de 2007.

	Ponto 1	Ponto 2
<b>Nitrito</b> ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	0,30	0,53
<b>Nitrato</b> ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	5,6	4,18
<b>Amônio</b> ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	39,97	37,64
<b>Nitrogênio orgânico total</b> ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	260,60	248,86
<b>Fosfato inorgânico</b> ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	2,11	4,45
<b>Fosfato orgânico</b> ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	2,73	1,00
<b>Fosfato dissolvido total</b> ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	4,84	5,45
<b>Fósforo total</b> ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	9,55	8,89
<b>Silicato</b> ( $\text{mg L}^{-1}$ )	2,61	2,64

### Índice do Estado Trófico

Na Tabela 14 são apresentados os valores obtidos pela aplicação do Índice de Estado Trófico. Os resultados obtidos demonstraram que de acordo com os parâmetros

medidos nos dois pontos da Lagoa Dourada, esta pode ser classificada como oligotrófica, devido ao valor do IET ter sido sempre menor que 44.

**Tabela 14.** Valores do Índice de Estado Trófico e classificação quanto ao Grau de Trofia baseado nas concentrações de fósforo total, fosfato inorgânico e clorofila *a*.

	Ponto 1		Ponto 2	
	IET	Classificação	IET	Classificação
<b>Fósforo total</b>	29,13	Oligotrófico	28,10	Oligotrófico
<b>Fosfato inorgânico</b>	26,24	Oligotrófico	37,00	Oligotrófico
<b>Clorofila <i>a</i></b>	20,60	Oligotrófico	19,47	Oligotrófico

#### 4.6.2. Variáveis biológicas

##### Concentração de clorofila *a*

A concentração de clorofila *a* foi de 1,97  $\mu\text{g L}^{-1}$  no ponto 1 e de 2,13  $\mu\text{g L}^{-1}$  no ponto 2.

#### 4.6.3. Testes de toxicidade aguda com cladóceros expostos às amostras de água da Lagoa Dourada

Nas Tabelas 15, 16 e 17 são apresentados os resultados relativos aos testes de toxicidade aguda com os cladóceros *Daphnia similis*, *Ceriodaphnia dubia* e *Ceriodaphnia silvestrii*, respectivamente, expostos à água da Lagoa Dourada, e os valores obtidos para as variáveis físicas e químicas medidas no início e no final dos testes (pH, condutividade elétrica e dureza).

Analisando-se os resultados obtidos nos bioensaios verifica-se que para os organismos-teste, a amostra de água da Lagoa Dourada não apresentou toxicidade.

**Tabela 15.** Imobilidade (%) de *Daphnia similis* exposta por 48h a amostra de água da Lagoa Dourada, Brotas, SP. Valores iniciais e finais de pH, condutividade elétrica e dureza, observados no teste de toxicidade.

Amostras	Réplicas (organismos imóveis/organismos expostos)				Total (organismos imóveis/organismos expostos)	% imobilidade	pH		Condutividade ( $\mu\text{Scm}^{-1}$ )		Dureza ( $\text{mgCaCO}_3 \text{L}^{-1}$ )	
	1°	2°	3°	4°			i	f	I	f	i	f
	Controle	0/5	0/5	0/5			0/5	0/20	0	7,57	7,68	145
L. Dourada P1	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	7,07	7,43	28,2	26,8	2	14
L. Dourada P2	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	6,96	7,46	33,5	28,3	4	14

i = inicial; f = final; - = não determinado (volume insuficiente); \*diferença estatisticamente significativa em relação ao controle pelo teste de Fisher.

**Tabela 16.** Imobilidade (%) de *Ceriodaphnia dubia* exposta por 48h a amostra de água da Lagoa Dourada, Brotas, SP. Valores iniciais e finais de pH, condutividade elétrica e dureza, observados no teste de toxicidade.

Amostras	Réplicas (organismos imóveis/organismos expostos)				Total (organismos imóveis/organismos expostos)	% imobilidade	pH		Condutividade ( $\mu\text{Scm}^{-1}$ )		Dureza ( $\text{mgCaCO}_3 \text{L}^{-1}$ )	
	1°	2°	3°	4°			i	f	i	f	i	f
	Controle	0/5	0/5	0/5			0/5	0/20	0	7,42	7,56	153
L. Dourada P1	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	7,07	7,43	28,2	26,8	2	14
L. Dourada P2	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	6,96	7,46	33,5	28,3	4	14

i = inicial; f = final; - = não determinado (volume insuficiente); \*diferença estatisticamente significativa em relação ao controle pelo teste de Fisher.

**Tabela 17.** Imobilidade (%) de *Ceriodaphnia silvestrii* exposta por 48h a amostra de água da Lagoa Dourada, Brotas, SP. Valores iniciais e finais de pH, condutividade elétrica e dureza, observados no teste de toxicidade.

Amostras	Réplicas (organismos imóveis/organismos expostos)				Total (organismos imóveis/organismos expostos)	% imobilidade	pH		Condutividade ( $\mu\text{Scm}^{-1}$ )		Dureza ( $\text{mgCaCO}_3 \text{L}^{-1}$ )	
	1°	2°	3°	4°			i	f	i	f	i	f
	Controle	0/5	0/5	0/5			0/5	0/20	0	7,42	7,56	153
L. Dourada P1	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	7,07	7,43	28,2	26,8	2	14
L. Dourada P2	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	6,96	7,46	33,5	28,3	4	14

i = inicial; f = final; - = não determinado (volume insuficiente); \*diferença estatisticamente significativa em relação ao controle pelo teste de Fisher.

#### **4.6.4. Testes de toxicidade aguda com cladóceros expostos às amostras de sedimento da Lagoa Dourada**

Nas Tabelas 18, 19 e 20 são apresentados os resultados relativos aos testes de toxicidade aguda do sedimento da Lagoa Dourada aos cladóceros *Daphnia similis*, *Ceriodaphnia dubia* e *Ceriodaphnia silvestrii*, respectivamente, e os valores obtidos para as variáveis físicas e químicas medidas no início e no final dos testes (pH, condutividade elétrica e dureza).

Nos bioensaios com sedimentos da Lagoa Dourada, verificou-se diferença significativa entre o controle e o ponto 1 amostrado para os organismos-teste, indicando a contaminação desses sedimentos. A amostra de sedimento do ponto 2 apresentou toxicidade somente para *C. dubia*.

**Tabela 18.** Imobilidade (%) de *Daphnia similis* exposta por 48h ao sedimento da Lagoa Dourada, Brotas, SP. Valores iniciais e finais de pH, condutividade elétrica e dureza, observados no teste de toxicidade.

Amostras	Réplicas (organismos imóveis/organismos expostos)				Total (organismos imóveis/organismos expostos)	% imobilidade	pH		Condutividade ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )		Dureza ( $\text{mg CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$ )	
	1°.	2°.	3°.	4°.			i	f	i	f	i	f
Controle	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	7,82	7,87	128,5	144,1	42	-
Lagoa Dourada P1	5/5	5/5	5/5	5/5	20/20	100*	5,7	5,37	85,9	88,4	12	-
Lagoa Dourada P2	0/5	0/5	0/5	1/5	1/20	5	6,5	7,47	114,4	123,1	20	-

i = inicial; f = final; - = não determinado (volume insuficiente); \*diferença estatisticamente significativa em relação ao controle pelo teste de Fisher.

**Tabela 19.** Imobilidade (%) de *Ceriodaphnia dubia* exposta por 48h ao sedimento da Lagoa Dourada, Brotas, SP. Valores iniciais e finais de pH, condutividade elétrica e dureza, observados no teste de toxicidade.

Amostras	Réplicas (organismos imóveis/organismos expostos)				Total (organismos imóveis/organismos expostos)	% imobilidade	pH		Condutividade ( $\mu\text{Scm}^{-1}$ )		Dureza ( $\text{mg CaCO}_3 \text{L}^{-1}$ )	
	1°.	2°.	3°.	4°.			i	f	i	f	i	f
Controle	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	7,36	7,68	137,3	145,9	40	42
Lagoa Dourada P1	3/5	5/5	5/5	5/5	18/20	90*	6,91	5,19	151,4	99,2	14	18
Lagoa Dourada P2	4/5	4/5	4/5	2/5	14/20	70*	6,53	7,4	106,9	138,2	22	22

i = inicial; f = final; - = não determinado (volume insuficiente); \*diferença estatisticamente significativa em relação ao controle pelo teste de Fisher.

**Tabela 20.** Imobilidade (%) de *Ceriodaphnia silvestrii* exposta por 48h ao sedimento da Lagoa Dourada, Brotas, SP. Valores iniciais e finais de pH, condutividade elétrica e dureza, observados no teste de toxicidade.

Amostras	Réplicas (organismos imóveis/organismos expostos)				Total (organismos imóveis/ organismos expostos)	% imobilidade	pH		Condutividade ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )		Dureza ( $\text{mg CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$ )	
	1°.	2°.	3°.	4°.			i	f	i	f	i	f
Controle	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	7,36	7,68	137,3	145,9	40	42
Lagoa Dourada P1	1/5	1/5	3/5	0/5	5/20	25*	6,91	5,19	151,4	99,2	14	18
Lagoa Dourada P2	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	6,53	7,4	106,9	138,2	22	22

i = inicial; f = final; - = não determinado (volume insuficiente); \*diferença estatisticamente significativa em relação ao controle pelo teste de Fisher.



#### **4.6.5. Determinação da concentração de LAS em amostras de água da Lagoa Dourada**

Os resultados das análises de LAS por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência nas amostras de água coletadas na Lagoa Dourada estão apresentados nas Figuras 01 e 02 (Apêndice D). As amostras de água da Lagoa Dourada apresentaram picos referentes ao LAS, os quais, encontram-se abaixo do limite de quantificação, que é de 5 mg L<sup>-1</sup> de LAS.

#### **4.7. Toxicidade de amostras ambientais – Água do Reservatório do Lobo (Broa), Itirapina, SP**

##### **4.7.1. Caracterização limnológica**

##### **Potencial hidrogeniônico, condutividade elétrica, concentração de oxigênio e temperatura da água**

Na Tabela 21 pode-se observar os valores de pH, condutividade, oxigênio dissolvido e temperatura da água, registrados no Reservatório do Lobo (Broa), em setembro de 2008.

Os valores de pH variaram entre 4,46 e 5,62, que indicaram uma água ácida. Já os valores de condutividade variaram entre 11 e 21  $\mu\text{S cm}^{-1}$ .

Nesta represa, no ponto 2 (próximo a barragem), foram registrados valores de oxigênio dissolvido entre 1,07 e 10,21 mg L<sup>-1</sup>. Esse ponto de coleta apresentou valor abaixo do recomendado para a proteção da vida aquática, que é de 5 mg L<sup>-1</sup>.

As temperaturas mais elevadas foram registradas na superfície, com o valor máximo de 25,5°C. O valor mínimo obtido nos pontos de coleta foi de 21°C.

**Tabela 21.** Valores das variáveis físicas e químicas da água do Reservatório do Lobo (Broa), em setembro de 2007.

Ponto de amostragem	Profundidade	pH	Condutividade ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )	Oxigênio dissolvido ( $\text{mg L}^{-1}$ )	Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )
P1	Superfície	4,90	15	11,99	25,5
P1	0,5m	4,84	21	6,64	23,2
P2	Superfície	5,62	11	10,21	24,3
P2	4m	4,77	11	9,69	22,7
P2	9,5m	4,46	16	1,07	21

### Concentração total e da fração dissolvida para os nutrientes na água do Reservatório do Lobo

Na Tabela 22 podem ser observados os valores das concentrações dos nutrientes dissolvidos e totais registrados na coluna de água do Reservatório do Lobo (Broa), em setembro de 2007.

Nos dois pontos de amostragem a forma mais abundante de nitrogênio foi o nitrogênio orgânico total com concentração de 748,52 no ponto 1 e 338,87  $\mu\text{g L}^{-1}$  no ponto 2, respectivamente. Para os compostos fosfatados, o fósforo total foi o mais abundante em ambos os pontos, com concentração de 68,92 e 18,36  $\mu\text{g L}^{-1}$ .

**Tabela 22.** Valores das concentrações dos nutrientes (total e fração dissolvida) na água do Reservatório do Lobo (Broa), em setembro de 2007.

	Ponto 1	Ponto 2
<b>Nitrito</b> ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	6,26	0,64
<b>Nitrato</b> ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	47,15	6,07
<b>Amônio</b> ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	30,64	42,30
<b>Nitrogênio orgânico total</b> ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	748,52	338,87
<b>Fosfato inorgânico</b> ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	2,11	4,75
<b>Fosfato orgânico</b> ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	10,37	8,35
<b>Fosfato dissolvido total</b> ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	12,48	13,09
<b>Fósforo total</b> ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	68,92	18,36
<b>Silicato</b> ( $\text{mg L}^{-1}$ )	3,12	3,07

### Índice do Estado Trófico

Na Tabela 23 são apresentados os valores obtidos para o Índice de Estado Trófico calculados para a represa do Lobo (Broa). Os resultados obtidos demonstraram que de acordo com os parâmetros medidos no Reservatório do Lobo, no ponto 2, este pode ser classificado como oligotrófico, devido ao valor do IET ter sido sempre menor que 44. Porém, no ponto 1, de acordo com o parâmetro avaliado o reservatório foi classificado ambos, como eutrófico (com base na concentração de clorofila a) e como oligotrófico (com base na concentração de fósforo total).

**Tabela 23.** Valores do Índice de Estado Trófico e classificação quanto ao Grau de Trofia, baseados nas concentrações de fósforo total, fosfato inorgânico e clorofila *a*.

	Ponto 1		Ponto 2	
	IET	Classificação	IET	Classificação
<b>Fósforo total</b>	57,80	Eutrófico	38,62	Oligotrófico
<b>Fosfato inorgânico</b>	26,24	Oligotrófico	38,00	Oligotrófico
<b>Clorofila <i>a</i></b>	87,86	Eutrófico	19,20	Oligotrófico

#### 4.7.2. Variáveis biológicas

##### Concentração de clorofila *a*

A concentração de clorofila *a* foi mais elevada no ponto de amostragem 1, igual a 55,85  $\mu\text{g L}^{-1}$ , enquanto que, no ponto de amostragem 2 foi de 2,17  $\mu\text{g L}^{-1}$ .

##### 4.7.3 Testes de toxicidade aguda com amostras de água

Nas Tabelas 24, 25 e 26 são apresentados os resultados relativos aos testes de toxicidade da água do Reservatório do Lobo ao cladóceros *Daphnia similis*, *Ceriodaphnia dubia* e *Ceriodaphnia silvestrii*, respectivamente, e os valores obtidos para as variáveis físicas e químicas medidas no início e no final dos testes (pH, condutividade elétrica e dureza).

Analisando-se os resultados obtidos verifica-se que para os organismos-teste, a amostra de água do Reservatório do Lobo não apresentou toxicidade.

**Tabela 24.** Imobilidade (%) de *Daphnia similis* exposta por 48h a amostra de água do Reservatório do Lobo, Itirapina, SP. Valores iniciais e finais de pH, condutividade elétrica e dureza, observados no teste de toxicidade.

Amostras	Réplicas (organismos imóveis/organismos expostos)				Total (organismos imóveis/organismos expostos)	% imobilidade	pH		Condutividade ( $\mu\text{Scm}^{-1}$ )		Dureza ( $\text{mgCaCO}_3 \text{L}^{-1}$ )	
	1°.	2°.	3°.	4°.			i	f	i	f	i	f
	Controle	0/5	0/5	0/5			0/5	0/20	0	7,57	7,68	145
Broa P1	0/5	1/5	0/5	1/5	2/20	10	7,45	7,53	284	42,7	8	16
Broa P2	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	7,36	7,52	177,1	40,2	6	14

i = inicial; f = final; - = não determinado (volume insuficiente); \*diferença estatisticamente significativa em relação ao controle pelo teste de Fisher.

**Tabela 25.** Imobilidade (%) de *Ceriodaphnia dubia* exposta por 48h a amostra de água do Reservatório do Lobo, Itirapina, SP. Valores iniciais e finais de pH, condutividade elétrica e dureza, observados no teste de toxicidade.

Amostras	Réplicas (organismos imóveis/organismos expostos)				Total (organismos imóveis/organismos expostos)	% imobilidade	pH		Condutividade ( $\mu\text{Scm}^{-1}$ )		Dureza ( $\text{mgCaCO}_3 \text{L}^{-1}$ )	
	1°.	2°.	3°.	4°.			i	f	i	f	i	f
	Controle	0/5	0/5	0/5			0/5	0/20	0	7,42	7,56	153
Broa P1	1/5	0/5	0/5	0/5	1/20	5	7,45	7,53	284	42,7	8	16
Broa P2	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	7,36	7,52	177,1	40,2	6	14

i = inicial; f = final; - = não determinado (volume insuficiente); \*diferença estatisticamente significativa em relação ao controle pelo teste de Fisher.

**Tabela 26.** Imobilidade (%) de *Ceriodaphnia silvestrii* exposta por 48h a amostra de água do Reservatório do Lobo, Itirapina, SP. Valores iniciais e finais de pH, condutividade elétrica e dureza, observados no teste de toxicidade.

Amostras	Réplicas (organismos imóveis/organismos expostos)				Total (organismos imóveis/organismos expostos)	% imobilidade	pH		Condutividade ( $\mu\text{Scm}^{-1}$ )		Dureza ( $\text{mgCaCO}_3 \text{L}^{-1}$ )	
	1°.	2°.	3°.	4°.			i	f	i	f	i	f
	Controle	0/5	0/5	0/5			0/5	0/20	0	7,42	7,56	153
Broa P1	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	7,45	7,53	284	42,7	8	16
Broa P2	0/5	1/5	0/5	0/5	1/20	5	7,36	7,52	177,1	40,2	6	14

i = inicial; f = final; - = não determinado (volume insuficiente); \*diferença estatisticamente significativa em relação ao controle pelo teste de Fisher.

#### 4.7.4. Testes de toxicidade aguda com amostras de sedimento

Nas Tabelas 27, 28 e 29 são apresentados os resultados relativos aos testes de toxicidade do sedimento do Reservatório do Lobo a *Daphnia similis*, *Ceriodaphnia dubia* e *Ceriodaphnia silvestrii*, respectivamente e os valores obtidos para as variáveis físicas e químicas medidas no início e no final dos testes (pH, condutividade elétrica e dureza).

Nos bioensaios com sedimento do Reservatório do Lobo, verificou-se diferença significativa entre o controle e o ponto 1 (próximo ao Rio Itaqueri) amostrado para *D. similis* e *C. dubia*, enquanto que o sedimento coletado no ponto 2 (próximo à barragem) foi tóxico para *C. dubia* e *C. silvestrii*.

**Tabela 27.** Imobilidade (%) de *Daphnia similis* exposta por 48h ao sedimento do Reservatório do Lobo, Itirapina, SP. Valores iniciais e finais de pH, condutividade elétrica e dureza, observados no teste de toxicidade.

Amostras	Réplicas (organismos imóveis/organismos expostos)				Total (organismos imóveis/organismos expostos)	% imobilidade	pH		Condutividade ( $\mu\text{Scm}^{-1}$ )		Dureza ( $\text{mgCaCO}_3 \text{L}^{-1}$ )	
	1°.	2°.	3°.	4°.			i	f	i	f	i	f
	Controle	0/5	0/5	0/5			0/5	0/20	0	7,82	7,87	128,5
Broa P1	2/5	0/5	3/5	0/5	5/20	25*	5,81	6,33	99,7	96,8	20	-
Broa P2	0/5	1/5	1/5	0/5	2/20	10	5,46	6,78	100	88,7	10	-

i = inicial; f = final; - = não determinado (volume insuficiente); \*diferença estatisticamente significativa em relação ao controle pelo teste de Fisher.

**Tabela 28.** Imobilidade (%) de *Ceriodaphnia dubia* exposta por 48h ao sedimento do Reservatório do Lobo, Itirapina, SP. Valores iniciais e finais de pH, condutividade elétrica e dureza, observados no teste de toxicidade.

Amostras	Réplicas (organismos imóveis/organismos expostos)				Total (organismos imóveis/organismos expostos)	% imobilidade	pH		Condutividade ( $\mu\text{Scm}^{-1}$ )		Dureza ( $\text{mgCaCO}_3 \text{L}^{-1}$ )	
	1°.	2°.	3°.	4°.			i	F	i	f	i	f
	Controle	0/5	0/5	0/5			0/5	0/20	0	7,36	7,68	137,3
Broa P1	5/5	5/5	1/5	5/5	16/20	80*	5,54	5,85	113,1	152,6	20	22
Broa P2	5/5	5/5	5/5	5/5	20/20	100*	5,19	5,23	122,8	119,4	10	14

i = inicial; f = final; - = não determinado (volume insuficiente); \*diferença estatisticamente significativa em relação ao controle pelo teste de Fisher.



**Tabela 29.** Imobilidade (%) de *Ceriodaphnia silvestrii* exposta por 48h ao sedimento do Reservatório do Lobo, Itirapina, SP. Valores iniciais e finais de pH, condutividade elétrica e dureza, observados no teste de toxicidade.

Amostras	Réplicas (organismos imóveis/organismos expostos)				Total (organismos imóveis/ organismos expostos)	% imobilidade	pH		Condutividade ( $\mu\text{Scm}^{-1}$ )		Dureza ( $\text{mgCaCO}_3 \text{L}^{-1}$ )	
	1°.	2°.	3°.	4°.			i	f	i	f	i	f
Controle	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	7,36	7,68	137,3	145,9	40	42
Broa P1	0/5	1/5	0/5	2/5	3/20	15	5,54	5,85	113,1	152,6	20	22
Broa P2	1/5	2/5	2/5	2/5	7/20	35*	5,19	5,23	122,8	119,4	10	14

i = inicial; f = final; - = não determinado (volume insuficiente); \*diferença estatisticamente significativa em relação ao controle pelo teste de Fisher.

#### **4.7.5 Concentrações de LAS nas amostras ambientais do Reservatório do Lobo**

Os resultados das análises de LAS por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência nas amostras de água coletadas no Reservatório do Lobo estão apresentados na Figura 3 (Apêndice D). A amostra de água do ponto 1, apresentou picos referentes ao LAS, os quais se encontram abaixo do limite de quantificação, que é  $5\text{mg L}^{-1}$  de LAS.

Na amostra de água do ponto 2, não foi possível avaliar a concentração de LAS por perda acidental da amostra.

#### **4.8. Toxicidade de amostras ambientais – Água da Represa do Monjolinho, São Carlos, SP**

##### **4.8.1. Caracterização limnológica**

##### **Potencial hidrogeniônico, condutividade elétrica, concentração de oxigênio e temperatura da água**

Na Tabela 30 são apresentados os valores de pH, condutividade, oxigênio dissolvido e temperatura da água registrados na Represa do Monjolinho, em setembro de 2008.

Os valores de pH variaram entre 5,48 e 6,02, indicando ser uma água levemente ácida. Já os valores de condutividade foram baixos e semelhantes entre os pontos de amostragem e as profundidades, variando de  $34$  a  $36\ \mu\text{S cm}^{-1}$ .

Nesta represa foram registrados valores de oxigênio dissolvido entre  $6,57$  e  $7,17\ \text{mg L}^{-1}$ . Os valores de temperatura foram semelhantes entre os pontos de amostragem e as profundidades.

**Tabela 30.** Valores das variáveis físicas e químicas da água da Represa do Monjolinho, em setembro de 2007.

Ponto de amostragem	Profundidade	pH	Condutividade ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )	Oxigênio dissolvido ( $\text{mg L}^{-1}$ )	Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )
P1	Superfície	5,75	34	6,71	24,1
P1	0,5m	5,63	34	6,75	24
P1	1,0m	5,57	35	6,57	23,9
P1	1,40m	5,48	36	6,65	23,8
P2	Superfície	6,02	35	6,91	24,3
P2	0,7m	5,84	36	7,17	24,3

### Concentração total e da fração dissolvida para os nutrientes na água da Represa do Monjolinho

Na Tabela 31 pode-se observar os valores das concentrações dos nutrientes dissolvidos e totais registrados na coluna de água da Represa do Monjolinho, em setembro de 2007.

Nos dois pontos de amostragem a forma mais abundante de nitrogênio foi o nitrogênio orgânico total com concentração de 205,80 no ponto 1 e 680,03  $\mu\text{g L}^{-1}$  no ponto 2, respectivamente. As concentrações de fósforo total foram 29,77 e 45,43  $\mu\text{g L}^{-1}$  nos pontos 1 e 2, respectivamente.

**Tabela 31.** Valores das concentrações dos nutrientes (total e fração dissolvida) na água da Represa do Monjolinho, em setembro de 2007.

	Ponto 1	Ponto 2
<b>Nitrito</b> ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	17,44	17,44
<b>Nitrato</b> ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	155,77	241,71
<b>Amônio</b> ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	138,69	67,18
<b>Nitrogênio orgânico total</b> ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	205,80	680,03
<b>Fosfato inorgânico</b> ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	4,16	12,08
<b>Fosfato orgânico</b> ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	13,82	5,60
<b>Fosfato dissolvido total</b> ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	17,98	17,68
<b>Fósforo total</b> ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	29,77	45,43
<b>Silicato</b> ( $\text{mg L}^{-1}$ )	5,49	6,11

### Índice do Estado Trófico

Na Tabela 32 são apresentados os valores do Índice de Estado Trófico. Os resultados obtidos demonstraram que de acordo com os parâmetros medidos na Represa do Monjolinho, no ponto 1, este pode ser classificado como oligotrófico, devido a maioria do valor do IET, ter sido menor que 44. Porém, o ponto 2, foi classificado como mesotrófico.

**Tabela 32.** Valores do Índice de Estado Trófico baseado nas concentrações de fósforo total, fosfato inorgânico e clorofila *a*.

	Ponto 1		Ponto 2	
	IET	Classificação	IET	Classificação
<b>Fósforo total</b>	45,60	Mesotrófico	51,80	Mesotrófico
<b>Fosfato inorgânico</b>	36,07	Oligotrófico	51,56	Mesotrófico
<b>Clorofila <i>a</i></b>	13,89	Oligotrófico	22,24	Oligotrófico

#### 4.8.2. Variáveis biológicas

##### Concentração de clorofila *a*

A concentração de clorofila *a* foi de 3,13  $\mu\text{g L}^{-1}$  no ponto de amostragem 1 e de 1,76  $\mu\text{g L}^{-1}$  no ponto de amostragem 2.

#### 4.8.3. Testes de toxicidade aguda com amostras de água

Nas Tabelas 33, 34 e 35, respectivamente, são apresentados os resultados relativos aos testes de toxicidade da água da Represa do Monjolinho a *Daphnia similis*, *Ceriodaphnia dubia* e *Ceriodaphnia silvestrii* e os valores obtidos para as variáveis físicas e químicas medidas no início e no final dos testes (pH, condutividade elétrica e dureza).

Nos bioensaios com amostra de água da Represa do Monjolinho, verificou-se diferença significativa entre o controle e os pontos amostrados, somente para *D. similis*.

**Tabela 33.** Imobilidade (%) de *Daphnia similis* exposta por 48h a amostra de água da Represa do Monjolinho, São Carlos, SP. Valores iniciais e finais de pH, condutividade elétrica e dureza, observados no teste de toxicidade.

Amostras	Réplicas (organismos imóveis/organismos expostos)				Total (organismos imóveis/organismos expostos)	% imobilidade	pH		Condutividade ( $\mu\text{Scm}^{-1}$ )		Dureza ( $\text{mgCaCO}_3\text{L}^{-1}$ )	
	1°.	2°.	3°.	4°.			i	f	i	f	i	f
	Controle	0/5	0/5	0/5			0/5	0/20	0	7,42	7,57	146
Monjolinho P1	4/5	3/5	3/5	3/5	13/20	65*	7,28	7,79	37,1	56,3	14	-
Monjolinho P2	1/5	4/5	3/5	5/5	13/20	65*	7,37	7,78	37,2	52,7	12	-

i = inicial; f = final; - = não determinado (volume insuficiente); \*diferença estatisticamente significativa em relação ao controle pelo teste de Fisher.

**Tabela 34.** Imobilidade (%) de *Ceriodaphnia dubia* exposta por 48h a amostra de água da Represa do Monjolinho, São Carlos, SP. Valores iniciais e finais de pH, condutividade elétrica e dureza, observados no teste de toxicidade.

Amostras	Réplicas (organismos imóveis/organismos expostos)				Total (organismos imóveis/organismos expostos)	% imobilidade	pH		Condutividade ( $\mu\text{Scm}^{-1}$ )		Dureza ( $\text{mgCaCO}_3\text{L}^{-1}$ )	
	1°.	2°.	3°.	4°.			i	f	i	f	i	f
	Controle	0/5	0/5	0/5			0/5	0/20	0	7,28	7,46	157
Monjolinho P1	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	7,28	7,88	37,1	64,2	14	-
Monjolinho P2	0/5	1/5	2/5	0/5	3/20	15	7,37	7,87	37,2	53,0	12	-

i = inicial; f = final; - = não determinado (volume insuficiente); \*diferença estatisticamente significativa em relação ao controle pelo teste de Fisher.

**Tabela 35.** Imobilidade (%) de *Ceriodaphnia silvestrii* exposta por 48h a amostra de água da Represa do Monjolinho, São Carlos, SP. Valores iniciais e finais de pH, condutividade elétrica e dureza, observados no teste de toxicidade.

Amostras	Réplicas (organismos imóveis/organismos expostos)				Total (organismos imóveis/organismos expostos)	% imobilidade	pH		Condutividade ( $\mu\text{Scm}^{-1}$ )		Dureza ( $\text{mgCaCO}_3\text{L}^{-1}$ )	
	1°.	2°.	3°.	4°.			i	f	i	f	i	f
Controle	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	7,28	7,46	157	162	44	46
Monjolinho P1	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	7,28	7,88	37,1	64,2	14	-
Monjolinho P2	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	7,37	7,87	37,2	53,0	12	-

i = inicial; f = final; - = não determinado (volume insuficiente); \*diferença estatisticamente significativa em relação ao controle pelo teste de Fisher.

#### **4.8.4. Testes de toxicidade aguda com amostras de sedimento**

Nas Tabelas 36, 37 e 38, respectivamente, são apresentados os resultados relativos aos testes de toxicidade do sedimento da Represa do Monjolinho a *Daphnia similis*, *Ceriodaphnia dubia* e *Ceriodaphnia silvestrii* e os valores obtidos para as variáveis físicas e químicas medidas no início e no final dos testes (pH, condutividade elétrica e dureza).

Analisando-se os resultados obtidos nos bioensaios com amostras dos sedimentos da Represa do Monjolinho verifica-se que para os organismos-teste o sedimento não apresentou toxicidade.



**Tabela 36.** Imobilidade (%) de *Daphnia similis* exposta por 48h ao sedimento da Represa do Monjolinho, São Carlos, SP. Valores iniciais e finais de pH, condutividade elétrica e dureza, observados no teste de toxicidade.

Amostras	Réplicas (organismos imóveis/organismos expostos)				Total (organismos imóveis/organismos expostos)	% imobilidade	pH		Condutividade ( $\mu\text{Scm}^{-1}$ )		Dureza ( $\text{mg CaCO}_3\text{L}^{-1}$ )	
	1°.	2°.	3°.	4°.			i	f	i	f	i	f
Controle	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	7,65	7,78	135,6	157,5	40	
Monjolinho P1	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	6,03	6,65	104,5	102,3	28	-
Monjolinho P2	0/5	0/5	1/5	0/5	1/20	5	6,81	7,1	114,4	111,5	32	-

i = inicial; f = final; - = não determinado (volume insuficiente); \*diferença estatisticamente significativa em relação ao controle pelo teste de Fisher.

**Tabela 37.** Imobilidade (%) de *Ceriodaphnia dubia* exposta por 48h ao sedimento da Represa do Monjolinho, São Carlos, SP. Valores iniciais e finais de pH, condutividade elétrica e dureza, observados no teste de toxicidade.

Amostras	Réplicas (organismos imóveis/organismos expostos)				Total (organismos imóveis/organismos expostos)	% imobilidade	pH		Condutividade ( $\mu\text{Scm}^{-1}$ )		Dureza ( $\text{mg CaCO}_3\text{L}^{-1}$ )	
	1°.	2°.	3°.	4°.			i	f	i	f	i	f
Controle	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	7,62	7,78	128,5	153,8	42	44
Monjolinho P1	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	6,26	6,45	181,3	164,3	30	32
Monjolinho P2	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	7,01	7,15	166,6	121,7	36	38

i = inicial; f = final; - = não determinado (volume insuficiente); \*diferença estatisticamente significativa em relação ao controle pelo teste de Fisher.

**Tabela 38.** Imobilidade (%) de *Ceriodaphnia silvestrii* exposta por 48h ao sedimento da Represa do Monjolinho, São Carlos, SP. Valores iniciais e finais de pH, condutividade elétrica e dureza, observados no teste de toxicidade.

Amostras	Réplicas (organismos imóveis/organismos expostos)				Total (organismos imóveis/ organismos expostos)	% imobilidade	pH		Condutividade ( $\mu\text{Scm}^{-1}$ )		Dureza ( $\text{mg CaCO}_3 \text{L}^{-1}$ )	
	1°.	2°.	3°.	4°.			i	F	i	f	i	f
Controle	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	7,62	7,78	128,5	153,8	42	44
Monjolinho P1	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	6,26	6,45	181,3	164,3	30	32
Monjolinho P2	1/5	0/5	0/5	1/5	2/20	10	7,01	7,15	166,6	121,7	36	38

i = inicial; f = final; - = não determinado (volume insuficiente); \*diferença estatisticamente significativa em relação ao controle pelo teste de Fisher.

#### 4.8.5. Concentrações de LAS nas amostras ambientais da Represa do Monjolinho

Os resultados das análises de LAS por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência nas amostras de água coletadas na Represa do Monjolinho estão apresentados na Figura 4 (Apêndice D). A amostra de água do ponto 1 apresentou picos referentes ao LAS, mas encontram-se abaixo do limite de quantificação, que é de 5 mg L<sup>-1</sup> de LAS.

Já na amostra de água do ponto 2 não foram detectados picos referentes ao LAS.

### 4.9. Toxicidade de amostras ambientais – Água do Córrego e da Represa do Fazzari, São Carlos, SP

#### 4.9.1. Caracterização limnológica

#### Potencial hidrogeniônico, condutividade elétrica, concentração de oxigênio e temperatura da água

Na Tabela 39 são apresentados os valores de pH, condutividade, oxigênio dissolvido e temperatura da água, registrados na Represa do Monjolinho, em setembro de 2008.

Os valores de pH variaram entre 5,03 e 6,23, que indicaram uma água levemente ácida. Já os valores de condutividade foram semelhantes entre os pontos de amostragem e as profundidades, tendo variado entre 6,0 e 9,0 μS cm<sup>-1</sup>.

No córrego foram registrados valores de oxigênio dissolvido de 3,62 e 3,49 mg L<sup>-1</sup>, o qual é um valor abaixo do recomendado para a proteção da vida aquática. Na represa foi registrado o valor máximo de 8,27 mg L<sup>-1</sup>.

As temperaturas mais elevadas foram registradas na represa, com o valor máximo de 24,3°C.

**Tabela 39.** Valores das variáveis físicas e químicas da água do Córrego e da Represa do Fazzari, em setembro de 2007.

Ponto de amostragem	Profundidade	pH	Condutividade (μS cm <sup>-1</sup> )	Oxigênio dissolvido (mg L <sup>-1</sup> )	Temperatura (°C)
Córrego	Superfície	5,76	9	3,62	19,4
Córrego	0,3m	5,33	8	3,49	19,2
Represa	Superfície	6,23	6	8,27	24,3
Represa	0,4m	5,03	6	7,06	24,1

### Concentração total e da fração dissolvida para os nutrientes na água do Córrego e Represa do Fazzari

Na Tabela 40 são apresentados os valores das concentrações registradas para os nutrientes dissolvidos e totais na coluna de água do Córrego e da Represa do Fazzari, em setembro de 2007.

Nos dois pontos de amostragem a forma mais abundante de nitrogênio foi o nitrogênio orgânico total com concentração de 636,97  $\mu\text{g L}^{-1}$  no córrego e 241,68  $\mu\text{g L}^{-1}$  na represa. As concentrações de fósforo total foram 41,19 e 16,72  $\mu\text{g L}^{-1}$  no córrego e na represa, respectivamente.

**Tabela 40.** Valores das concentrações dos nutrientes (total e fração dissolvida) na água do Córrego e da Represa do Fazzari, em setembro de 2007.

	Córrego	Represa
Nitrito ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	0,30	0,81
Nitrato ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	20,71	6,54
Amônio ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	20,54	15,87
Nitrogênio orgânico total ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	636,97	241,68
Fosfato inorgânico ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	2,70	3,87
Fosfato orgânico ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	1,54	3,42
Fosfato dissolvido total ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	4,23	7,29
Fósforo total ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	41,19	16,72
Silicato ( $\text{mg L}^{-1}$ )	2,49	2,78

### Índice do Estado Trófico

Na Tabela 41 são apresentados os valores do Índice de Estado Trófico. Os resultados obtidos demonstraram que de acordo com os parâmetros medidos na Represa

do Fazzari, este corpo de água pode ser classificado como oligotrófico, devido ao fato de que os valores obtidos para o IET serem menores que 44.

**Tabela 41.** Valores do Índice de Estado Trófico baseado nas concentrações de fósforo total, fosfato inorgânico e clorofila *a*.

	Córrego		Represa	
	IET	Classificação	IET	Classificação
<b>Fósforo total</b>	50,32	Mesotrófico	37,24	Oligotrófico
<b>Fosfato inorgânico</b>	29,82	Oligotrófico	35,03	Oligotrófico
<b>Clorofila <i>a</i></b>	23,17	Oligotrófico	28,79	Oligotrófico

#### 4.9.2. Variáveis biológicas

##### Concentração de clorofila *a*

A concentração de clorofila *a* foi de 1,65  $\mu\text{g L}^{-1}$  no córrego e de 1,12  $\mu\text{g L}^{-1}$  para a água de superfície da represa do Fazzari.

#### 4.9.3. Testes de toxicidade aguda com amostras de água

Nas Tabelas 42, 43 e 44, respectivamente, são apresentados os resultados relativos aos testes de toxicidade da água do Córrego e da Represa do Fazzari a *Daphnia similis*, *Ceriodaphnia dubia* e *Ceriodaphnia silvestrii* e os valores obtidos para as variáveis físicas e químicas medidas no início e no final dos testes (pH, condutividade elétrica e dureza).

Analisando-se os resultados obtidos verifica-se que para *D. similis* e *C. dubia*, a amostra de água do Córrego do Fazzari apresentou toxicidade. Enquanto que a amostra de água da Represa do Fazzari foi tóxica somente para *C. dubia*.

**Tabela 42.** Imobilidade (%) de *Daphnia similis* exposta por 48h a amostra de água do Córrego e da Represa do Fazzari, São Carlos, SP. Valores iniciais e finais de pH, condutividade elétrica e dureza, observados no teste de toxicidade.

Amostras	Réplicas (organismos imóveis/organismos expostos)				Total (organismos imóveis/organismos expostos)	% imobilidade	pH		Condutividade ( $\mu\text{Scm}^{-1}$ )		Dureza ( $\text{mgCaCO}_3 \text{L}^{-1}$ )	
	1°	2°	3°	4°			i	f	i	f	i	f
	Controle	0/5	0/5	0/5			0/5	0/20	0	7,42	7,57	146
Córrego	3/5	3/5	5/5	4/5	15/20	75*	6,71	7,55	8,05	26,2	6	-
Represa	0/5	2/5	4/5	2/5	8/20	40*	7,15	7,64	9,40	31,9	4	-

i = inicial; f = final; - = não determinado (volume insuficiente); \*diferença estatisticamente significativa em relação ao controle pelo teste de Fisher.

**Tabela 43.** Imobilidade (%) de *Ceriodaphnia dubia* exposta por 48h a amostra de água do Córrego e da Represa do Fazzari, São Carlos, SP. Valores iniciais e finais de pH, condutividade elétrica e dureza, observados no teste de toxicidade.

Amostras	Réplicas (organismos imóveis/organismos expostos)				Total (organismos imóveis/organismos expostos)	% imobilidade	pH		Condutividade ( $\mu\text{Scm}^{-1}$ )		Dureza ( $\text{mgCaCO}_3 \text{L}^{-1}$ )	
	1°	2°	3°	4°			i	f	i	f	i	f
	Controle	0/5	0/5	0/5			0/5	0/20	0	7,28	7,46	157
Córrego	0/5	0/5	1/5	2/5	3/20	15	6,59	7,51	8,05	24,5	6	-
Represa	2/5	1/5	1/5	2/5	6/20	30*	7,07	7,54	9,40	26,7	4	-

i = inicial; f = final; - = não determinado (volume insuficiente); \*diferença estatisticamente significativa em relação ao controle pelo teste de Fisher.

**Tabela 44.** Imobilidade (%) de *Ceriodaphnia silvestrii* exposta por 48h a amostra de água do Córrego e da Represa do Fazzari, São Carlos, SP. Valores iniciais e finais de pH, condutividade elétrica e dureza, observados no teste de toxicidade.

Amostras	Réplicas (organismos imóveis/organismos expostos)				Total (organismos imóveis/organismos expostos)	% imobilidade	pH		Condutividade ( $\mu\text{Scm}^{-1}$ )		Dureza ( $\text{mgCaCO}_3 \text{L}^{-1}$ )	
	1°.	2°.	3°.	4°.			i	f	i	f	i	f
	Controle	0/5	0/5	0/5			0/5	0/20	0	7,28	7,46	157
Córrego	0/5	0/5	0/5	2/5	0/20	0	6,59	7,51	8,05	24,5	6	-
Represa	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	7,07	7,54	9,40	26,7	4	-

i = inicial; f = final; - = não determinado (volume insuficiente); \*diferença estatisticamente significativa em relação ao controle pelo teste de Fisher.

#### **4.9.4. Testes de toxicidade aguda com amostras de sedimento**

Nas Tabelas 45, 46 e 47, respectivamente, são apresentados os resultados relativos aos testes de toxicidade do sedimento do Córrego e da Represa do Fazzari a *Daphnia similis*, *Ceriodaphnia dubia* e *Ceriodaphnia silvestrii* e os valores obtidos para as variáveis físicas e químicas medidas no início e no final dos testes (pH, condutividade elétrica e dureza). Para *C. silvestrii*, observou-se diferença significativa entre todos os pontos amostrados e controle, enquanto para os demais organismos-teste não houve diferenças significativas entre as amostras e o controle.



**Tabela 45.** Imobilidade (%) de *Daphnia similis* exposta por 48h ao sedimento do Córrego e da Represa do Fazzari, São Carlos, SP. Valores iniciais e finais de pH, condutividade elétrica e dureza, observados no teste de toxicidade.

Amostras	Réplicas (organismos imóveis/organismos expostos)				Total (organismos imóveis/organismos expostos)	% imobilidade	pH		Condutividade ( $\mu\text{Scm}^{-1}$ )		Dureza ( $\text{mgCaCO}_3 \text{L}^{-1}$ )	
	1°.	2°.	3°.	4°.			i	f	i	f	i	f
Controle	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	7,65	7,78	135,6	157,5	40	
Córrego	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	5,91	6,3	83	78	18	-
Represa	0/5	0/5	1/5	0/5	1/20	5	6,04	6,46	98,3	94,2	20	-

i = inicial; f = final; - = não determinado (volume insuficiente); \*diferença estatisticamente significativa em relação ao controle pelo teste de Fisher.

**Tabela 46.** Imobilidade (%) de *Ceriodaphnia dubia* exposta por 48h ao sedimento do Córrego e da Represa do Fazzari, São Carlos, SP. Valores iniciais e finais de pH, condutividade elétrica e dureza, observados no teste de toxicidade.

Amostras	Réplicas (organismos imóveis/organismos expostos)				Total (organismos imóveis/organismos expostos)	% imobilidade	pH		Condutividade ( $\mu\text{Scm}^{-1}$ )		Dureza ( $\text{mg CaCO}_3 \text{L}^{-1}$ )	
	1°.	2°.	3°.	4°.			i	f	i	f	i	f
Controle	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	7,62	7,78	128,5	153,8	42	44
Córrego	0/5	1/5	1/5	0/5	2/20	10	5,63	5,82	120,6	112	20	24
Represa	1/5	0/5	0/5	0/5	1/20	5	6,07	6,26	141,1	136,5	26	30

i = inicial; f = final; - = não determinado (volume insuficiente); \*diferença estatisticamente significativa em relação ao controle pelo teste de Fisher.

**Tabela 47.** Imobilidade (%) de *Ceriodaphnia silvestrii* exposta por 48h ao sedimento do Córrego e da Represa do Fazzari, São Carlos, SP. Valores iniciais e finais de pH, condutividade elétrica e dureza, observados no teste de toxicidade.

Amostras	Réplicas (organismos imóveis/organismos expostos)				Total (organismos imóveis/ organismos expostos)	% imobilidade	pH		Condutividade ( $\mu\text{Scm}^{-1}$ )		Dureza ( $\text{mg CaCO}_3\text{L}^{-1}$ )	
	1°.	2°.	3°.	4°.			i	f	i	f	i	f
Controle	0/5	0/5	0/5	0/5	0/20	0	7,62	7,78	128,5	153,8	42	44
Córrego	3/5	0/5	1/5	1/5	5/20	25*	5,63	5,82	120,6	112	20	24
Represa	5/5	3/5	2/5	1/5	11/20	55*	6,07	6,26	141,1	136,5	26	30

i = inicial; f = final; - = não determinado (volume insuficiente); \*diferença estatisticamente significativa em relação ao controle pelo teste de Fisher.

#### **4.9.5. Concentrações de LAS nas amostras ambientais do Córrego e da Represa do Fazzari**

Os resultados das análises de LAS por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência nas amostras de água coletadas no Córrego e na Represa do Fazzari estão apresentados nas Figuras 5 e 6 (Apêndice D), respectivamente. A amostra de água do Córrego apresentou picos referentes ao LAS, enquanto que na amostra de água da Represa do Fazzari estes não foram observados.

## 5. DISCUSSÃO

### 5.1. Testes de toxicidade aguda e crônica do dodecil benzeno sulfonato de sódio (LAS) e de dodecil sulfato de sódio (DSS) para os cladóceros

A variabilidade que afeta a sensibilidade dos organismos-teste e conseqüentemente os resultados dos testes de toxicidade inclui características fisiológicas das espécies (nutrição, sexo, estágio de vida), técnicas de cultivo (alimento, temperatura, fotoperíodo, meio, dureza da água) e característica do composto a ser testado (solubilidade, degradabilidade, pureza) (Cowgill, 1987; Rand, 1995).

Os resultados dos testes de toxicidade do LAS podem ser influenciados pela dureza da água e condições de cultivo dos cladóceros (Maki & Bishop, 1979; Taylor, 1985; Verge et al, 2001; Oya et al., 2007), além de características do próprio composto. Segundo Rand (1995) os dados dos testes de toxicidade do LAS para *Daphnia magna* podem variar entre 1 e 10 mg L<sup>-1</sup>; no entanto, Feijtel & van de Plassche (1995) observaram uma faixa de variação ainda maior para a mesma espécie, entre 0,26 e 55 mg L<sup>-1</sup>. As faixas de sensibilidade obtidas, para *Daphnia similis* (11,08 - 15,88 mg L<sup>-1</sup>), para *Ceriodaphnia dubia* (10,34 - 14,06 mg.L<sup>-1</sup>) e para *Ceriodaphnia silvestrii* (12,11 - 15,93 mg L<sup>-1</sup>) estão dentro das faixas registradas pelos citados autores para o cladóceros *Daphnia magna*. No presente estudo, os organismos-teste utilizados apresentaram uma menor sensibilidade ao LAS do que havia sido observado em estudos anteriores com cladóceros (Tabela 48).

**Tabela 48.** Valores de  $CE_{50}/CL_{50}$  de dodecil benzeno sulfonato de sódio (LAS) para diversas espécies de cladóceros, compilados da literatura, e comparados com o valor obtido no presente estudo para *Daphnia similis*, *Ceriodaphnia dubia* e *Ceriodaphnia silvestrii*.

LAS	Organismos	Resultados	Comentários	Autores
C <sub>12</sub>	<i>Ceriodaphnia cf. dubia</i>	CE50;48h - 7,81 mg.L <sup>-1</sup>	Temp. 23°C, Condutividade 500 S.cm <sup>-1</sup> .	Warne e Schifko, 1999
C <sub>12-13</sub>	<i>Ceriodaphnia cf. dubia</i>	CE50;48h - 3,24 mg.L <sup>-1</sup>	Temp. 23°C, Condutividade 500 S.cm <sup>-1</sup> .	Warne e Schifko, 1999
C <sub>10-13</sub>	<i>Ceriodaphnia cf. dubia</i>	CE50;48h - 5,96 mg.L <sup>-1</sup>	Temp. 23°C, Condutividade 500 S.cm <sup>-1</sup> .	Warne e Schifko, 1999
C <sub>13,3</sub>	<i>Daphnia magna</i>	CE50;48h - 2,3 mg.L <sup>-1</sup>	Dureza de 250mgCaCO <sub>3</sub> .L <sup>-1</sup>	Kimerle e Swisher, 1977
C <sub>12</sub>	<i>Daphnia magna</i>	CE50;48h - 3,5 mg.L <sup>-1</sup>	Dureza de 250mgCaCO <sub>3</sub> .L <sup>-1</sup>	Kimerle e Swisher, 1977
C <sub>12</sub> e mistura comercial	<i>Daphnia magna</i>	CE50; 48h - 1 a 10 mg.L <sup>-1</sup>		Rand, 1995
C <sub>12</sub>	<i>Daphnia galeata</i>	CE50; 48h - 4,6 mg.L <sup>-1</sup>	Temp. 20°C, pH 6,8 a 7,2 e dureza de 30mgCaCO <sub>3</sub> .L <sup>-1</sup>	Tanaka e Nakanishi, 2001
C <sub>12</sub>	<i>Daphnia magna</i>	CL50; 48h - 8,1 mg.L <sup>-1</sup>	Temp. 20°C e dureza de 200mgCaCO <sub>3</sub> .L <sup>-1</sup>	Verge et al., 2001
C <sub>12</sub>	<i>Daphnia similis</i>	CE50 (24h) - 7,84 mg.L <sup>-1</sup>	Realizado segundo ABNT, 1993	Romanelli et al., 2006
C <sub>12</sub>	<i>Daphnia similis</i>	CE50 (48h) - 14,17 mg.L <sup>-1</sup>	Temp. 22°C, pH 7,0 a 7,6, Cond. 160 S.cm <sup>-1</sup> e dureza entre 40 e 48 mgCaCO <sub>3</sub> .L <sup>-1</sup>	<b>PRESENTE ESTUDO</b>
C <sub>12</sub>	<i>Ceriodaphnia dubia</i>	CE50 (48h) - 11,84 mg.L <sup>-1</sup>	Temp. 22°C, pH 7,0 a 7,6, Cond. 160 S.cm <sup>-1</sup> e dureza entre 40 e 48 mgCaCO <sub>3</sub> .L <sup>-1</sup>	<b>PRESENTE ESTUDO</b>
C <sub>12</sub>	<i>Ceriodaphnia silvestrii</i>	CE50 (48h) - 13,51 mg.L <sup>-1</sup>	Temp. 25°C, pH 7,0 a 7,6, Cond. 160 S.cm <sup>-1</sup> e dureza entre 40 e 48 mgCaCO <sub>3</sub> .L <sup>-1</sup>	<b>PRESENTE ESTUDO</b>

Essas diferenças podem estar relacionadas à dureza da água utilizada nos testes e as condições de cultivo dos cladóceros. Lewis (1992) aponta que a toxicidade de vários surfactantes aniônicos, incluindo o LAS, pode aumentar à medida que a dureza aumenta. Oya et al. (2007) avaliaram os efeitos da dureza e da tensão superficial de testes de toxicidade com LAS para *Daphnia magna*, observando que a toxicidade do LAS aumenta com um aumento da dureza da água, numa faixa de variação entre 5 e 625 mgCaCO<sub>3</sub> L<sup>-1</sup>. Utilizando um meio com dureza de 5 mgCaCO<sub>3</sub> L<sup>-1</sup>, estes autores verificaram valor de CE<sub>50</sub> superior a 10mg L<sup>-1</sup> de LAS, e num meio com dureza de 625 mgCaCO<sub>3</sub> L<sup>-1</sup> foi observado CE<sub>50</sub> inferior a 10mg L<sup>-1</sup> de LAS.

Já em testes de toxicidade aguda com o mesmo homólogo do LAS (LAS C<sub>12</sub>) em *Ceriodaphnia cf. dubia*, Warne & Shifko (1999) obtiveram o valor médio da CE<sub>50</sub> para LAS C<sub>12</sub> de 7,81 mg L<sup>-1</sup>, aproximadamente metade do valor da CE<sub>50</sub> obtido para essa mesma espécie no presente estudo. A diferença dos resultados dos dados de toxicidade para o mesmo homólogo do LAS pode ser devido à diferenças nos cultivos dos

cladóceros e na posição do grupo fenila na cadeia carbônica. Segundo Taylor (1985), a dieta afeta a sensibilidade de espécies de *Daphnia* ao LAS, já tendo sido observadas variações de até três vezes na sensibilidade de *Daphnia magna*.

Um outro fator modificador da toxicidade do LAS refere-se às pequenas alterações que existem na estrutura das moléculas do agente tóxico ou que ocorrem no ambiente aquático e que podem resultar em alterações da toxicidade. Diferentes homólogos e isômeros do LAS estão normalmente presentes no ambiente aquático, e cada um desses componentes tem diferentes graus de toxicidade. Em geral, uma redução no tamanho da cadeia alquílica ou uma posição mais interna do grupo fenila na molécula do LAS também provoca uma diminuição da sua toxicidade (Prats et al., 1993; International Programme on Chemical Safety, 1996). Kimerle & Swisher (1977) avaliando a toxicidade aguda do LAS para *Daphnia magna*, observaram valores de  $CE_{50;48h}$  de  $2,3 \text{ mg L}^{-1}$  ao LAS C<sub>13</sub> e  $3,5 \text{ mg L}^{-1}$  ao LAS C<sub>12</sub>. Verge et al (2001) para a mesma espécie, registraram valores de  $CE_{50}$  iguais a  $13,9 \text{ mg L}^{-1}$  para LAS C<sub>10</sub> e  $1,22 \text{ mg L}^{-1}$  para LAS C<sub>14</sub>.

Considerando-se que resultados bastantes variáveis foram encontrados por diferentes autores dentro dessa faixa, os ensaios ecotoxicológicos realizados com o LAS utilizam compostos individuais ou misturas de homólogos de LAS bastante diversas, e os quais, também são realizados sob diferentes técnicas de cultivo (dureza da água, alimentação do cultivo), a variabilidade observada para a toxicidade é pelos menos em parte justificada.

Segundo van de Plassche et al. (1999), a variação da sensibilidade ao LAS intra-específica é superior à inter-específica, sendo observada em espécies de peixes, cladóceros e algas. Para o peixe *Pimephales promelas*, pode-se observar valores de  $CL_{50}$  entre  $0,40$  e  $100 \text{ mg L}^{-1}$  (*op.cit.*, 1999). Portanto, a variabilidade de dados de sensibilidade aguda ao LAS não reflete exclusivamente a diversidade de sensibilidade das espécies, pois os testes de toxicidade aguda são realizados com diferentes homólogos e isômeros de LAS, além de diferenças na manutenção e cultivo dos organismos-teste, e na metodologia utilizada para a realização do teste agudo. A Tabela 49 apresenta valores de  $CE/CL_{50}$  para diferentes organismos-teste quando expostos à substância LAS.

**Tabela 49.** Valores de CE/CL<sub>50</sub> para diferentes organismos expostos ao surfactante aniônico dodecil benzeno sulfonato linear (LAS).

Organismo-teste	CE/CL <sub>50</sub> (mg L <sup>-1</sup> de LAS)	LAS	AUTORES
<i>Daphnia similis</i> (Cladocera)	14,17	C <sub>12</sub>	PRESENTE ESTUDO
<i>Ceriodaphnia dubia</i> (Cladocera)	11,84	C <sub>12</sub>	PRESENTE ESTUDO
<i>Ceriodaphnia silvestrii</i> (Cladocera)	13,52	C <sub>12</sub>	PRESENTE ESTUDO
<i>Chironomus riparius</i> (Diptera)	6,5	C <sub>12,3</sub>	European Commission, 2000v
<i>Limnodrilus hoffmeisterse</i> (Oligochaeta)	1,8	C <sub>12,3</sub>	European Commission, 2000v
<i>Planaria</i> sp (Turbellaria)	1,8	C <sub>12</sub>	European Commission, 2000u
<i>Rhabditis</i> sp (Nematoda)	16	C <sub>11,8</sub>	Lewis & Surprenat, 1983
<i>Dero</i> sp (Oligochaeta)	1,7	C <sub>11,8</sub>	Lewis & Surprenat, 1983
<i>Dugesia</i> sp (Turbellaria)	1,8	C <sub>11,8</sub>	Lewis & Surprenat, 1983
<i>Asellus</i> sp (Isopoda)	270	C <sub>11,8</sub>	Lewis & Surprenat, 1983
<i>Gammarus</i> sp (Amphipoda)	3,3	C <sub>11,8</sub>	Lewis & Surprenat, 1983
<i>Gammarus pulex</i> (Amphipoda)	6,2	C <sub>10-14</sub>	van de Plassche et al., 1999
<i>Hyalella azteca</i> (Amphipoda)	3,1	C <sub>12</sub>	Versteeg & Rawlings, 2003
<i>Mysidopsis bahia</i> (Mysidacea)	1,7	C <sub>10-14</sub>	van de Plassche et al., 1999
<i>Oryzias latipes</i> (Pisces)	1,3	C <sub>10-14</sub>	van de Plassche et al., 1999
<i>Poecilia reticulata</i> (Pisces)	3,8	C <sub>10-14</sub>	van de Plassche et al., 1999
<i>Pimephales promelas</i> (Pisces)	3,2	C <sub>10-14</sub>	van de Plassche et al., 1999
<i>Pimephales promelas</i> (Pisces)	1,7	C <sub>12</sub>	Versteeg & Rawlings, 2003
<i>Brachydanio rerio</i> (Pisces)	7,8	C <sub>11,6</sub>	European Commission, 2000b
<i>Ictalurus punctatus</i> (Pisces)	1,7	C <sub>12</sub>	Versteeg & Rawlings, 2003
<i>Melanoides tuberculata</i> (Mollusca)	201,97	C <sub>11,8</sub>	Iannacone & Alvariño, 2002
<i>Physa venustula</i> (Mollusca)	71,41	C <sub>11,8</sub>	Iannacone & Alvariño, 2002
<i>Heleobia cumingii</i> (Mollusca)	82,93	C <sub>11,8</sub>	Iannacone & Alvariño, 2002
<i>Corbicula fluminea</i> (Mollusca)	>3,0	C <sub>12</sub>	Versteeg & Rawlings, 2003
<i>Elimia</i> sp (Mollusca)	>3,0	C <sub>12</sub>	Versteeg & Rawlings, 2003

A partir de dados de toxicidade aguda, disponíveis na literatura, Temara et al (2001) calcularam a CL<sub>50</sub> média de LAS para espécies de água doce em geral, e para espécies de crustáceos, de peixes e de algas de água doce. Para espécies de água doce

foi obtida a  $CL_{50}$  de  $4,1 \text{ mg L}^{-1}$ , para os crustáceos  $CL_{50}$  de  $9,33 \text{ mg L}^{-1}$ , para os peixes  $CL_{50}$  de  $3,63 \text{ mg L}^{-1}$  e para as algas  $CL_{50}$  de  $8,51 \text{ mg L}^{-1}$ . Muitos autores vêm estudando as maneiras pelas quais os tensoativos agem sobre os organismos aquáticos (Swedmark et al., 1971; Abel, 1974; Lewis, 1992; Barbieri et al., 2002; Jifa et al., 2005). Dentre seus efeitos, um dos mais observados é o aumento da permeabilidade da membrana celular. Segundo Lewis (1990), esse fenômeno é ocasionado pela ligação de moléculas de surfactante às proteínas constituintes das membranas celulares ou pela desnaturação das mesmas, podendo culminar com a lise das células. Esse processo pode facilitar a entrada de outras substâncias, aumentando a vulnerabilidade do organismo.

Além de causar a mortalidade ou imobilidade de organismos aquáticos, o LAS também pode afetar a reprodução dos mesmos. Segundo Lewis (1991), a toxicidade crônica de surfactantes aniônicos e não iônicos ocorre em concentrações freqüentemente acima de  $0,1 \text{ mg L}^{-1}$ . van de Plassche et al. (1999), reportaram CENO do LAS  $C_{11,6}$ , para espécies de água doce igual a  $4,0 \pm 4,3 \text{ mg L}^{-1}$ , e Temara et al. (2001), verificaram NOEC médio do LAS para comunidades de água doce de  $2,3 \text{ mg L}^{-1}$ . No presente trabalho, *C. dubia* (CENO  $1,0 \text{ mg L}^{-1}$ ) e *C. silvestrii* (CENO  $2,5 \text{ mg L}^{-1}$ ) apresentaram sensibilidade crônica equivalente à de outras espécies de água doce. A Tabela 50 apresenta valores de CENO para diferentes organismos de água doce quando expostos ao surfactante aniônico LAS.



**Tabela 50.** Valores de CENO para diferentes organismos de água doce expostos ao surfactante aniônico dodecil benzeno sulfonato linear (LAS).

Organismo	CENO (mg L <sup>-1</sup> de LAS)	LAS	AUTORES
<i>Ceriodaphnia dubia</i>	1,0	C <sub>12</sub>	PRESENTE ESTUDO
<i>Ceriodaphnia silvestrii</i>	2,5	C <sub>12</sub>	PRESENTE ESTUDO
<i>Daphnia magna</i>	1,4	C <sub>11,6</sub>	van de Plassche et al., 1999
<i>Daphnia galeata</i>	2,5	C <sub>12</sub>	Tanaka & Nakanishi, 2001
<i>Ceriodaphnia</i> sp.	3	C <sub>11,7</sub>	Kimerle, 1989
<i>Ceriodaphnia dubia</i>	2,1	C <sub>12</sub>	Romanelli, 2006
<i>Ceriodaphnia</i> sp.	3,2	C <sub>11,6</sub>	van de Plassche et al., 1999
<i>Brachionus calyciflorus</i>	1,18	C <sub>12,1</sub>	Versteeg et al., 1997
<i>Plectonema boryanum</i>	15	C <sub>11,6</sub>	van de Plassche et al., 1999
<i>Chlamydomonas reinhardi</i>	12	C <sub>11,6</sub>	van de Plassche et al., 1999
<i>Scenedesmus subspicatus</i>	7,7	C <sub>11,6</sub>	van de Plassche et al., 1999
<i>Selenastrum</i> sp.	3,8	C <sub>11,6</sub>	van de Plassche et al., 1999
<i>Chlorella kessleri</i>	3,5	C <sub>11,6</sub>	van de Plassche et al., 1999
<i>Paratanytarsus parthenogenica</i>	3,4	C <sub>11,6</sub>	van de Plassche et al., 1999
<i>Poecilia reticulata</i>	3,2	C <sub>11,6</sub>	van de Plassche et al., 1999
<i>Chironomus riparius</i>	2,8	C <sub>11,6</sub>	van de Plassche et al., 1999
<i>Chironomus riparius</i>	2,4	C <sub>11,8</sub>	Pittinger et al., 1989
<i>Brachydanio rerio</i>	2,3	C <sub>11,6</sub>	van de Plassche et al., 1999
<i>Pimephales promelas</i>	0,87	C <sub>11,6</sub>	van de Plassche et al., 1999
<i>Microcystis</i> sp.	0,8	C <sub>11,6</sub>	van de Plassche et al., 1999
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	0,34	C <sub>11,6</sub>	van de Plassche et al., 1999
<i>Tilapia mossambica</i>	0,25	C <sub>11,6</sub>	van de Plassche et al., 1999

Tanaka & Nakanishi (2001) verificaram redução de 50% na taxa de crescimento da população de *Daphnia galeata* expostas à concentração de 2,5 mg L<sup>-1</sup> de LAS C<sub>12</sub>. Taylor (1985) registrou valores CENO para o LAS C<sub>11,8</sub> em *Daphnia magna* variando entre 1,25 e 3,25 mg L<sup>-1</sup>, devido a variações na dieta do organismo-teste. Kimerle (1989) registrou valor de CENO do LAS C<sub>11,7</sub> para *Ceriodaphnia* sp. de 3 mg L<sup>-1</sup>, e van

de Plassche et al. (1999), avaliando a toxicidade crônica do LAS C<sub>11,6</sub> para *C. dubia* e *D. magna*, observaram valores de 3,2 mg L<sup>-1</sup> e 1,4 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente. Já, Romanelli (2006) observou elevada toxicidade crônica do LAS C<sub>12</sub> para *Ceriodaphnia dubia*, obtendo valor de CENO igual a 2,1 mg L<sup>-1</sup>. Uma faixa de variação ainda menor, entre 1,0 e 2,5 mg L<sup>-1</sup>, foi obtida no presente estudo, evidenciando elevada toxicidade do LAS C<sub>12</sub> aos cladóceros *C. dubia* e *C. silvestrii*.

O dodecil sulfato de sódio também pode ser utilizado em estudos bioquímicos e ecotoxicológicos, sendo utilizado como uma substância de referência. No entanto, o seu uso não é muito recomendado, tendo em vista sua capacidade de degradação em solução aquosa. Pessah et al. (1975) demonstraram que, em quatro dias, há significativa redução da concentração de DSS. Por essa razão, neste estudo o preparo da solução-estoque de DSS foi realizado no mesmo dia da solução-teste.

Os resultados da toxicidade do DSS para *D. similis*, *C. dubia* e *C. silvestrii* demonstraram haver uma boa repetibilidade na resposta dos organismos-teste à substância de referência, e os coeficientes de variação obtidos para *D. similis* (21,29%), *C. dubia* (27,78%) e *C. silvestrii* (29,52%) estão de acordo com o valor recomendado em literatura (< 40%), segundo Environment Canadá (1999).

No presente estudo, a espécie *Daphnia similis* apresentou uma menor sensibilidade ao dodecil sulfato de sódio (DSS) em relação aos cladóceros *Ceriodaphnia dubia* e *Ceriodaphnia silvestrii*, com CE(I)<sub>50;48h</sub> de 12,82 mg L<sup>-1</sup>. Esse valor é próximo ao encontrado por Matos & Fonseca (2006) para *D. similis*, CE(I)<sub>50;48h</sub> de 13,46 mg L<sup>-1</sup>. Os mesmos autores verificaram ainda valor médio de CE(I)<sub>50;48h</sub> de 14,06 mg L<sup>-1</sup> para a espécie nativa *Daphnia laevis*. Lewis & Horning (1991), avaliando a toxicidade aguda do DSS para *Daphnia pulex* e *Daphnia magna* observaram valores de CL<sub>50;48h</sub> de 12,6 mg L<sup>-1</sup> e 13,5 mg L<sup>-1</sup>. Segundo a USEPA (2002), a média das CE<sub>50;48h</sub> obtida em testes com *Daphnia magna* e *Daphnia pulex*, respectivamente, foi de 12,15 mg L<sup>-1</sup> e 11,4 mg L<sup>-1</sup>. Considerando os dados citados acima, *D. similis* apresenta sensibilidade equivalente à de outras espécies de *Daphnia*.

Villegas-Navarro et al. (1997) utilizaram o DSS para avaliar a sensibilidade da espécie *D. magna*, quando estudaram a toxicidade de um efluente industrial tratado e um efluente hospitalar não tratado, e observaram valores de CE<sub>50;48h</sub> de 11,50 (±2,25), 13,24 (±3,21) e 16,11 (±3,66) mg L<sup>-1</sup>.

Martínez-Jerónimo & Muñoz-Mejía (2007) determinaram o efeito tóxico agudo de DSS para *Ceriodaphnia dubia*, *Daphnia pulex* e *Simocephalus mixtus*. Para *C. dubia*

a faixa de sensibilidade variou entre 6,29 e 12,57 mg L<sup>-1</sup>, para *D. pulex*, variou entre 2,28 e 12,57mg L<sup>-1</sup> e para *S. mixtus*, variou entre 3,37 e 5,6 mg L<sup>-1</sup>. Dyer et al. (1997), observaram uma faixa de sensibilidade ao DSS de 4,28 a 7,20 mg L<sup>-1</sup> para *C. dubia*. As faixas de sensibilidade obtidas no presente trabalho, para *C. dubia* e *C. silvestrii*, respectivamente, foram de 1,94 a 6,80 e de 2,21 a 8,62 mg L<sup>-1</sup>, as quais podem ser consideradas equivalentes a de outros cladóceros. De modo geral, a toxicidade do DSS para invertebrados de água doce varia entre 2 e 50 mg L<sup>-1</sup> (Kikuchi, 1993).

Mohammed & Agard (2006), avaliando a toxidade aguda do DSS para as espécies de cladóceros tropicais *Diaphanosoma brachyurm*, *Ceriodaphnia rigaudii* e *Moinodaphnia macleayi*, observaram valores da CL<sub>50;48h</sub> de 6,14 ± 0,25 mg L<sup>-1</sup>, 27,71 ± 4,12 mg L<sup>-1</sup> e 20,87 ± 2,9 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente. Esses valores evidenciam uma maior sensibilidade das espécies estudadas *C. dubia* e *C. silvestrii*, quando comparada a de outras espécies de cladóceros.

A Tabela 51 apresenta valores de CE/CL<sub>50</sub> para diferentes organismos-teste quando expostos a substância DSS.

**Tabela 51.** Valores de CE/CL<sub>50</sub> para diferentes organismos expostos ao surfactante aniônico dodecil sulfato de sódio (DSS).

Organismos-teste	CE/CL <sub>50</sub> (mg L <sup>-1</sup> de DSS)	Autores
<i>Daphnia similis</i>	12,82	PRESENTE ESTUDO
<i>Ceriodaphnia dubia</i>	4,37	PRESENTE ESTUDO
<i>Ceriodaphnia silvestrii</i>	5,42	PRESENTE ESTUDO
<i>Daphnia laevis</i>	14,06	Matos & Fonseca, 2006
<i>Daphnia similis</i>	13,46	Matos & Fonseca, 2006
<i>Daphnia similis</i> *	11,48	Romanelli et al., 2004
<i>Daphnia pulex</i> *	18,4	EPA, 1993
<i>Daphnia magna</i> *	20,9	EPA, 1993
<i>Daphnia pulex</i>	12,6	Lewis & Horning, 1991
<i>Daphnia magna</i>	12,15	USEPA, 2002
<i>Daphnia pulex</i>	11,4	USEPA, 2002
<i>Daphnia pulex</i>	5,34	Martinez-Jerónimo & Muñoz-Mejía, 2007
<i>Daphnia magna</i>	13,5	Lewis & Horning, 1991
<i>Daphnia obtusa</i>	9,8	Rossini & Ronco, 1996
<i>Ceriodaphnia dubia</i>	5,55	Dyer et al., 1997
<i>Ceriodaphnia dubia</i>	8,59	Martinez-Jerónimo & Muñoz-Mejía, 2007
<i>Simocephalus mixtus</i>	4,50	Martinez-Jerónimo & Muñoz-Mejía, 2007
<i>Diaphanosoma brachyurm</i>	6,14	Mohammed & Agard, 2006
<i>Ceriodaphnia rigaudii</i>	27,71	Mohammed & Agard, 2006
<i>Moinodaphnia macleayi</i>	20,87	Mohammed & Agard, 2006
<i>Selenastrum capricornutum</i>	3,8	Shedd et al., 1999
<i>Pimephales promelas</i>	8,6	USEPA, 2002
<i>Cynopoecilus melanotaenia</i>	14,9	Regis, 2001
<i>Nothobranchius guentheri</i> *	48,0	Shedd et al., 1999

\* 24 horas

Observa-se que organismos-teste estudados são mais sensíveis do que as espécies de peixes *Cynopoecilus melanotaenia* e *Pimephales promelas*, levando-se em consideração os valores médios da CE(I)<sub>50</sub> estabelecidos para *D. similis*, *C. dubia* e *C. silvestrii* ao DSS. Entretanto, os cladóceros utilizados são mais resistentes do que a alga *Selenastrum capricornutum*.

No teste crônico com *C. dubia*, foi observado um aumento na fecundidade desta espécie a partir da concentração de  $1 \text{ mg L}^{-1}$  de DSS. Este resultado indica um possível efeito hormético do DSS na reprodução do organismo-teste. Hormesis é definido como um efeito estimulatório que ocorre quando uma substância, que em alta concentração provocaria efeitos negativos, produz efeitos positivos em baixa concentração (por exemplo, estimulação do crescimento e fecundidade). A concentração que produz efeito hormético deve ser 10 vezes inferior ao CENO (Chapman, 2001). Considerando, o valor de CENO obtido para *C. dubia* de  $0,880 \text{ mg L}^{-1}$  por Dyer et al. (1997), a concentração que produziria efeito hormético seria de  $0,088 \text{ mg L}^{-1}$ . No presente estudo foi observado efeito hormético a partir da concentração de  $1 \text{ mg L}^{-1}$ , o qual é um valor superior ao esperado.

Para *C. silvestrii*, foram obtidos os valores de CEO e CENO de  $4,0$  e  $2,0 \text{ mg L}^{-1}$ , respectivamente. Vários estudos utilizando organismos aquáticos têm demonstrado o efeito tóxico do surfactante aniônico DSS na reprodução (Dalela et al., 1981; Nyholm & Damgaard, 1990; Versteeg et al., 1997; Dyer et al., 1997). A Tabela 52 apresenta valores de CENO para diferentes organismos quando expostos ao surfactante aniônico DSS.

**Tabela 52.** Valores de CENO para diferentes organismos de água doce expostos ao surfactante aniônico dodecil sulfato de sódio (DSS).

Organismo-teste	CENO ( $\text{mg L}^{-1}$ )	Autores
<i>Ceriodaphnia silvestrii</i>	2,0	PRESENTE ESTUDO
<i>Ceriodaphnia dubia</i>	0,880	Dyer et al., 1997
<i>Saccobranhus fossilis</i>	$\geq 2,24$	Dalela et al., 1981
<i>Brachionus calyciflorus</i>	0,77	Versteeg et al., 1997
<i>Selenastrum</i> sp.	12	Nyholm & Damgaard, 1990

## 5.2. Toxicidade de amostras ambientais

A qualidade do ambiente aquático pode ser determinada por meio de medidas quantitativas, com determinações físicas e químicas (na água, no material particulado e nos organismos), por meio de medidas semi-quantitativas e qualitativas (índices bióticos, aspectos visuais, inventário de espécies), e/ou testes bioquímicos/biológicos (medidas de DBO, testes de toxicidade) (Peláez-Rodríguez et al., 2000). A avaliação

dos efeitos sobre os componentes biológicos, por meio do biomonitoramento e testes de toxicidade, representa uma forma mais efetiva para prever ou detectar impactos diversos, pois enquanto as análises químicas identificam e quantificam alguns dos poluentes presentes, os bioensaios avaliam o efeito global destes sobre os sistemas bióticos, medindo a capacidade que os compostos químicos têm de interferir nas vias bioquímicas celulares, causando-lhes efeitos adversos (Costa & Espíndola, 2000).

Em relação aos testes de toxicidade realizados com *D. similis*, *C. dubia* e *C. silvestrii*, utilizando-se as amostras ambientais de água da Lagoa Dourada, verificou-se que as amostras não apresentaram toxicidade para estas espécies, enquanto que as amostras de sedimento apresentaram toxicidade para todos os organismos-teste utilizados. Nenhuma informação foi obtida na literatura a respeito da toxicidade da água e do sedimento da Lagoa Dourada (Brotas, SP).

No presente trabalho a Lagoa Dourada foi classificada como oligotrófica, no entanto, detectamos a presença de LAS nas amostras de água, o qual pode ser proveniente de esgoto doméstico *in natura*.

As amostras ambientais de água do Reservatório do Lobo não apresentaram toxicidade para os organismos-teste. No entanto, a amostra de sedimento coletada próxima à foz do Rio Itaqueri apresentou toxicidade para *D. similis* e *C. dubia*. O Rio Itaqueri e o Ribeirão do Lobo são os principais formadores deste reservatório. Dentre os impactos ambientais observados na bacia hidrográfica do Itaqueri, destacam-se a extração de areia, substituição da vegetação ripária por pastagens, descarga de esgoto doméstico oriundo da lagoa de estabilização da cidade de Itirapina, cujos efluentes são despejados no Córrego da Água Branca, *run-off* da agricultura e áreas de reflorestamento (Tundisi et al., 2003). No presente trabalho, foi detectado de LAS nas amostras de água do Reservatório do Lobo, o qual pode ser oriundo de efluentes domésticos despejados no Rio Itaqueri.

A amostra de sedimento coletada próximo à barragem do reservatório apresentou toxicidade para *C. dubia* e *C. silvestrii*. Às margens do Reservatório do Lobo estão situados condomínios e clubes (Figueiroa, 1996), propriedades particulares, o Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada (CRHEA), pertencente à USP, além do Horto Florestal de Itirapina e uma reserva florestal pertencente ao município de Brotas. As atividades antrópicas, tais como a descarga de esgoto doméstico não tratado, desmatamento, mineração, recreação, turismo e intensa pesca esportiva, têm gerado grandes impactos (Tundisi et al., 2003).

As amostras de água da Represa do Monjolinho apresentaram toxicidade apenas para *D. similis*. Novelli (2005), avaliando a toxicidade de amostras de água e sedimento no rio Monjolinho utilizando *D. similis* e *C. dubia*, verificou toxicidade aguda das amostras de água em todos os pontos amostrados, inclusive na Represa do Monjolinho, em julho de 2003. Efeitos crônicos foram bastante evidentes no período chuvoso para *C. dubia*. Fracácio (2006), avaliando a toxicidade de amostras de água da Represa do Monjolinho, obteve toxicidade aguda em adultos de *Poecilia reticulata* e juvenis de *Danio rerio*.

Barreto (1999), avaliando a qualidade das águas ao longo do rio Monjolinho, com ênfase para a concentração de metais na biomassa das comunidades nectônica, de macrófitas, bentônica e perifítica, além dos compartimentos água e sedimento, em diferentes períodos do ano, constatou um declínio na qualidade das águas da nascente em direção a foz. Segundo a autora, os sulfetos e a demanda bioquímica de oxigênio dissolvido foram os responsáveis pelo declínio na qualidade da água, associados às elevadas concentrações de Zn, Cd, Ni e Fe nos diferentes meses de estudo. Peláez-Rodríguez (2001) detectou os agrotóxicos organoclorados Aldrin, Heptachlor e Endosulfan no rio Monjolinho.

No presente trabalho as amostras de sedimento da Represa do Monjolinho não apresentaram toxicidade para os cladóceros utilizados. Fracácio et al (2000), avaliando a toxicidade de amostras de sedimento do rio Monjolinho, também não obtiveram toxicidade aguda em adultos de *Danio rerio*, mesmo com resultados limnológicos que demonstraram o impacto deste compartimento. No entanto, Fracácio (2006), observou toxicidade de amostras de sedimento da Represa do Monjolinho (UFSCar) para *Danio rerio* e *Poecilia reticulata*.

As amostras de água do Córrego e da Represa do Fazzari apresentaram toxicidade para *D. similis*, e a amostra coletada na Represa foi tóxica para *C. dubia*. As amostras de sedimento do córrego e da represa foram tóxicas apenas para *C. silvestrii*. Nenhuma informação foi obtida na literatura a respeito da toxicidade da água e do sedimento do Córrego e da Represa do Fazzari (São Carlos, SP).

Corbi & Strixino (2006), realizando um diagnóstico ambiental de metais e organoclorados no Córrego do Fazzari, verificaram a presença dos metais cobre, zinco e ferro no sedimento deste córrego. Quanto aos organoclorados, foi registrada a presença dos inseticidas Aldrin e Dieldrin. Os organoclorados Endosulfan II, juntamente com Diclorodifeniletano (DDT) e seu análogo DDD, e o Endosulfan sulfato, principal

metabólito do Endosulfan I e II estiveram presentes no sedimento do Córrego do Fazzari.

### 5.3. Concentração de LAS nas amostras ambientais

Nas amostras de água do Córrego do Fazzari e da Represa do Monjolinho (ponto 2) não foi detectada a presença do surfactante dodecil benzeno sulfonato de sódio, enquanto que nas amostras de água do Reservatório do Lobo, da Lagoa Dourada e da Represa do Monjolinho (ponto 1) foi detectada a presença do LAS, numa concentração inferior a  $5 \text{ mg L}^{-1}$ . Esse fato evidencia a necessidade de implantar-se um sistema de controle de seu uso e disposição nestes ambientes.

No Brasil, em São Paulo, os índices de detergentes no rio Tamanduateí, em 1992, foi de  $2,3 \text{ mg L}^{-1}$  (CETESB, 1992) e no rio Tietê, na região de Pirapora, foi de  $1,6 \text{ mg L}^{-1}$  de detergente (Hatamura et al., 1993). Em 2006, no Reservatório de Rasgão (Estado de São Paulo) foram registradas concentrações de surfactantes entre  $1,58$  e  $4,2 \text{ mg L}^{-1}$  de LAS (CETESB, 2007). O monitoramento ambiental em ambientes aquáticos no país ainda é escasso, e os dados sobre a concentração de surfactantes se resumem às bacias hidrográficas localizadas no Estado de São Paulo.

A Resolução CONAMA 357/2005 (Brasil, 2005) estabelece o teor máximo de surfactantes igual ou menor a  $0,5 \text{ mg L}^{-1}$  LAS para os recursos hídricos dulcícolas pertencentes à classe I e II, ou seja, aquelas destinadas à proteção das comunidades aquáticas. Considerando os valores de CE50/CENO determinados neste estudo, pode-se concluir que o valor máximo permissível de surfactantes, estabelecido pela Resolução CONAMA n°. 357/2005, é adequado para a proteção da biota de água doce. Porém, nos relatórios de Qualidade das Águas Interiores de São Paulo de 2004 a 2007<sup>1</sup> apresentados pela CETESB, observou-se que, em média, 28% dos resultados obtidos para surfactantes não estão conformes aos padrões de qualidade para águas de classe II.

A principal forma de poluição por surfactantes ocorre por meio de efluentes urbanos e industriais não tratados e tratados, lançados diretamente nos corpos de água. No Estado de São Paulo, Brasil, as indústrias de detergentes descarregam efluentes líquidos com cerca de  $2000 \text{ mg L}^{-1}$  do LAS, e os esgotos sanitários tratados possuem de  $3$  a  $6 \text{ mg L}^{-1}$  de surfactantes (CETESB, 2004), ou seja, valores que podem comprometer

---

<sup>1</sup> CETESB (2004, 2005, 2006, 2007)



a população de *C. silvestrii* e de outros invertebrados aquáticos, segundo o presente estudo.

## 6. CONCLUSÕES

- *Daphnia similis*, *Ceriodaphnia dubia* e *Ceriodaphnia silvestrii* apresentaram sensibilidade aguda aos surfactantes aniônicos dodecil benzeno sulfonato de sódio e dodecil sulfato de sódio, em concentrações superiores à concentração máxima estabelecida pela Resolução CONAMA n° 357/2005 para águas doces das Classes 1 e 2, destinadas à proteção das comunidades aquáticas.
- *Ceriodaphnia dubia* e *Ceriodaphnia silvestrii* apresentaram sensibilidade crônica ao dodecil benzeno sulfonato de sódio, em concentrações superiores à concentração máxima estabelecida pela Resolução CONAMA n° 357/2005 para águas doces das Classes 1 e 2, destinadas à proteção das comunidades aquáticas.
- O surfactante dodecil sulfato de sódio em baixas concentrações não afetou a produção de neonatas em *Ceriodaphnia dubia*.
- O dodecil sulfato de sódio em concentrações sub-letais ocasiona toxicidade crônica a *Ceriodaphnia silvestrii* reduzindo a sua fecundidade.
- As amostras de água da Lagoa Dourada e da Represa do Lobo não apresentaram toxicidade aguda para os cladóceros *Daphnia similis*, *Ceriodaphnia dubia* e *Ceriodaphnia silvestrii*.
- As amostras de água da Represa do Monjolinho e do Córrego do Fazzari apresentaram toxicidade aguda para *Daphnia similis* e, as amostras do Córrego do Fazzari apresentaram toxicidade aguda para *Ceriodaphnia dubia*.
- As amostras de sedimento da Lagoa Dourada e da Represa do Lobo ocasionaram toxicidade aguda para os cladóceros *Daphnia similis*, *Ceriodaphnia dubia* e *Ceriodaphnia silvestrii*, enquanto que as amostras de sedimento da Represa do Monjolinho não foram tóxicas para os cladóceros.

- As amostras de sedimento do Córrego do Fazzari ocasionaram toxicidade aguda para o cladóceros *Ceriodaphnia silvestrii*.
- Nas amostras de água do Reservatório do Lobo, da Lagoa Dourada, da Represa do Monjolinho e do Córrego do Fazzari foi detectada a presença do LAS em concentrações inferiores a 5,0 mg L<sup>-1</sup>.

## 7. RECOMENDAÇÕES

- Estudos sobre a ação tóxica dos surfactantes dodecil benzeno sulfonato de sódio e dodecil sulfato de sódio sobre populações de cladóceros nativos também devem ser desenvolvidos para o estabelecimento das faixas de tolerância.
- Mais trabalhos sobre a concentração de surfactantes aniônicos em ambientes aquáticos brasileiros devem ser realizados para a implantação de um sistema de controle de seu uso e disposição nestes ambientes.
- Realização de atividades de educação que estimulem mudanças de comportamento no sentido de que seja minimizado o consumo de produtos de limpeza doméstica e de higiene pessoal que contém em sua fórmula os surfactantes dodecil benzeno sulfonato de sódio e dodecil sulfato de sódio.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abel, P.D. (1974). Toxicity of synthetic detergents to fish and aquatic invertebrates. **Journal of Fish Biology**. 6, pp. 270-298.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas NBR 12713: **Ecotoxicologia aquática – Toxicidade Aguda – Método de ensaio com *Daphnia* spp. (Cladocera, Crustacea)**. Rio de Janeiro, 21p, 2004.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas NBR 13373: **Ecotoxicologia aquática – Toxicidade crônica – Método de ensaio com *Ceriodaphnia* spp. (Crustacea, Cladocera)**. Rio de Janeiro, 15p, 2005.

Albuquerque, L.B. (1990). **Entomofauna aquática do litoral de dois reservatórios da região de São Carlos-SP**. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, 94p.

Alvarez, G.; Medina, G.; Sánchez, G. (1999). Efecto del detergente biodegradable (Alquil sulfonato de sodio) em el consumo de oxigeno y tasa de filtración del bivalvo *Semimytilus algosus*. **Revista Peruana de Biología**. 6, pp. 68-74.

Argenton, E.C. (2004). **Limnologia, balneabilidade e impactos ambientais: uma análise temporal e espacial na represa do Lobo (Broa), Itirapina/Brotas-SP**. Dissertação (Mestrado), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP.

Barbieri, E.; Oliveira, I.R.; Serralheiro, P.C.S. (2002). The use of metabolism to evaluate the toxicity of dodecil benzen sodium sulfonate (LAS-C12) on the *Mugil platanus* (mullet) according to the temperature and salinity. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**. 277, pp. 109-127.

Barreto, A.S. (1999). **Estudo da distribuição de metais em ambiente lótico, com ênfase na assimilação das comunidades biológicas e a sua quantificação no**

**sedimento e água.** Tese (Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

Brasil. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução No. 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 18 de março de 2005.

Buratini-Mendes, S.V. (2002). **Efeitos do meio de cultivo sobre a sobrevivência, reprodução e sensibilidade de *Ceriodaphnia dubia*.** Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 90p.

Carlson, R.E. (1977). A trophic state index for lakes. **Limnology and Oceanography**. 22 (2), pp. 361-369.

CETESB – Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental (1991). **Água – Teste de toxicidade aguda com *Daphnia similis* Claus, 1876 (Cladocera, Crustacea).** CETESB Norma Técnica L5018, São Paulo.

CETESB - Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental (1992). **Água – Métodos de avaliação da toxicidade de poluentes a organismos aquáticos.** V.1, São Paulo: CETESB.

CETESB - Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental (2004). **Relatório de qualidade de águas interiores do Estado de São Paulo 2003.** São Paulo. 273p.

CETESB - Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental (2005). **Relatório de qualidade de águas interiores do Estado de São Paulo 2004.** São Paulo. 307p.

CETESB - Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental (2006). **Relatório de qualidade de águas interiores do Estado de São Paulo 2005.** São Paulo. 488p.

CETESB - Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental (2007). **Relatório de qualidade de águas interiores do Estado de São Paulo 2006**. São Paulo. 327p.

Chapman, P.M. (2001). The implications of hormesis to ecotoxicology and ecological risk assessment. **Human & Experimental Toxicology**. 20, pp.499 –505.

Corbi, J.J. & Strixino, S.T. (2006). Diagnóstico ambiental de metais e organoclorados em córregos adjacentes a áreas de cultivo de cana-de-açúcar (Estado de São Paulo, Brasil). **Química Nova**. 19, 1, pp. 61-65.

Correia, A.L.C.S. (2004). **Contribuição para o conhecimento do gênero *Chironomus Meigen, 1803* na Região Neotropical**. Tese (Doutorado), Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, pp. 17-27.

Costa, J.B. & Espíndola, E.L.G. (2000). Avaliação ecotoxicológica da água e sedimento em tributários do reservatório de Barra Bonita (Médio Tietê Superior, SP). In: Espíndola, E.L.G.; Paschoal, C.M.R.B.; Rocha, O.; Bohrer, M.B.C.; Oliveira-Neto, A.L. (editores). **Ecotoxicologia – Perspectivas para o Século XXI**. 2002. Editora Rima, São Carlos.

Cowgill, U.M. (1987). Critical analysis of factors affecting the sensitivity of zooplankton and the reproducibility of toxicity test results. **Water Research**. 21, pp. 1453-1462.

Cunha-Santino, M.B.; Bianchini Jr., I; Serrano, L.E.F. (2002). Aerobic and anaerobic degradation of tannic acid on water samples from Monjolinho Reservoir (São Carlos, SP, Brazil). **Brazilian Journal of Biology**. 62, pp. 585-590.

Dalela, R.C., Tyagi, A.K., Pal, N.; Verma, S.R. (1981). Subacute stress induced by sodium lauryl sulphate (SLS) on certain haematological parameters in *Saccobranchus fossilis*. **Water, Air and Soil Pollution**. 15, pp. 3-9.

Di Corcia, A. (1998). Characterization of surfactants and their biointermediates by liquid chromatography-mass spectrometry. **Journal of Chromatography**. 794, pp. 165-185.

Duarte, I.C.S., Oliveira, L.L., Buzzini, A.P., Adorno, M.A.T., Varesche, M.B.A. (2006). Development of a Method by HPLC to Determine LAS and its Application in Anaerobic Reactors. **Journal of the Brazilian Chemical Society**. 17 (7), pp. 1360-367.

Dyer, S.D.; Lauth, J.R.; Morrall, S.W.; Herzog, R.R.; Cherry, D.S. (1997). Development of a chronic toxicity structure-activity relationship for alkyl sulfates. **Environmental Toxicology and Water Quality**. 12, pp. 295-303.

Environment Canada (1992). **Biological test methods: test of reproduction and survival using the cladoceran *Ceriodaphnia dubia***. Report EPS 1/RM/21. Environment Canada, Conservation and Protection, Ottawa, Ontario. 72p.

Environment Canada (1999). **Guidance document on application and interpretation of single-species tests in environmental toxicology**. E.P.S.I/RM/34. 203p.

EPA – Environmental Protection Agency (1993). **Methods for measuring the acute toxicity of effluents and receiving water to freshwater and marine organisms**. Cincinnati, OH.:U.S.EPA/600/4-90/027f, 3a.ed.

European Commission. 2000b. **Benzenesulfonic acid, C<sub>10-13</sub> – alkyl derives, sodium salts**. Year 2000 CD-ROM edition, citing Henkel KGaA, unpublished results. (Registry No. 5929).

European Commission. 2000u. **Benzenesulfonic acid, C<sub>10-13</sub> – alkyl derives, sodium salts**. Year 2000 CD-ROM edition, citing Procter & Gamble, 1991, 31340.

European Commission. 2000v. **Benzenesulfonic acid, C<sub>10-13</sub> – alkyl derives, sodium salts**. Year 2000 CD-ROM edition, citing Procter & Gamble, 1991, 34845.



Feijtel, T.C.J & van de Plassche, E.J. (1995). **Environmental risk characterization of 4 major surfactants used in the Netherlands**. VROM/NVZ Report no. 679101025. The Netherlands, 85p.

Figueiroa, F.E.V. (1996). **Avaliação econômica de ambientes naturais. O caso das áreas alagadas. Uma proposta para a Represa do Lobo (Broa), Itirapina, SP**. Dissertação (Mestrado), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP.

Fracácio, R.; Rodgher, S.; Espíndola, E.L.G.; Paschoal, C.M.R.B.; Lima, D.; Nascimento, A.P; Rodrigues, M.H. (2000). Abordagem ecotoxicológica. In: Espíndola, E.L.G.; Silva, J.S.V.; Marinelli, C.E.; Abdon, M.M. (eds.) **A bacia hidrográfica do Rio do Monjolinho**. Editora Rima, São Carlos, SP.

Fracácio, R. (2006). **Estudos limnológicos e ecotoxicológicos (laboratoriais e *in situ*), com ênfase na avaliação da toxicidade de metais e de pesticidas organoclorados em peixes (*Danio rerio* e *Poecilia reticulata*) – Sub-bacia do Rio Monjolinho (São Carlos, SP)**. Tese (Doutorado), Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP.

Golterman, H.L.; Clymo, R.S.; Ohstand, M.A.M. (1978). **Methods for physical and chemical analysis of freshwaters**. Oxford, Blackwell Scientific Publications, 213p.

Gulley, D.D., Boetter, A.M. e Bergman, H.L. (1991). **TOXSTAT 3.3 Computer Program**.

Haigh S.D. (1996). A review of the interaction of surfactants with organic contaminants in soil. **Science of the Total Environment**.185, pp.161-170.

Hamilton, M.A., Russo, R.C., Thurfton, R.B. (1977). Trimmed Spearman-Karber methods for estimating median lethal concentration in toxicity bioassay. **Environmental Science & Technology**. 11, pp. 714-719.

Hatamura, E.; Eysink, G.J.; Bevilacqua, J.E.; Moraes, R.P.; (1993). **Enriquecimento das espumas por substâncias químicas como agente de exportação de poluentes no Rio Tietê/Relatório Técnico. CETESB/**

Hebert, P.D.N. (1978). The population biology of *Daphnia*. **Biol. Rev.** 53, pp. 378-426.

HERA – Human & Environmental Risk Assessment on Ingredients of European Household Cleaning Products. (2002). **Alkyl Sulphates - Environmental Risk Assessment.** 43p.

Hewin International, Inc. (1992). **The technology and markets for anionic surfactants. North America, Western Europe and Japan in the Global Perspective, 1991-1995 and Scenario: 2000.** Hewin International, Inc., Amsterdam, The Netherlands.

Iannacone, J. & Alvariño, L. (2002). Efecto del detergente doméstico alquil aril sulfonato de sódio lineal (LAS) sobre la mortalidad de tres caracoles dulceacuícolas en el Perú. **Ecología Aplicada.** 1, pp. 81-87.

International Programme on Chemical Safety. (1996). Linear alkylbenzene sulfonates and related compounds, Environmental Health Criteria Monographs (EHCs) 169, WHO Library Cataloguing in Publication Data, **World Health Organization,** Geneva.

Jifa, W.; Zhiming, Y.; Xiuxian, S.; You, W.; Xihua, C. (2005). Comparative researches effects of sodium dodecylbenzene sulfonate and sodium dodecyl sulfate upon *Lateolabrax japonicus* biomarker system. **Environmental Toxicology and Pharmacology.** 20, pp. 465-470.

Kikuchi, M. (1985). Biodegradation of some surfactants in river water with relation to chemical structure and water temperature. **Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries.** 51, pp. 1859-1864.

Kikuchi, M. (1993). Biodegradation and aquatic toxicity of surfactants. **J. Jpn. Soc. Water Environment.** 16, pp. 302-307.

Kimerle, R.A. & Swisher, R.D. (1977). Reduction of aquatic toxicity of linear alkylbenzene sulfonate (LAS) by biodegradation. **Water Research**. 11, pp. 31-37.

Kimerle, R.A. (1989). Aquatic and terrestrial ecotoxicology of linear alkylbenzene sulfonate. **Tenside Surfactants Detergents**. 26, pp. 169-176.

Lewis, M.A. (1986). Comparison of the effects of surfactants on freshwater phytoplankton communities in experimental enclosure and on algal population growth in the laboratory. **Environmental Toxicology and Chemistry**. 5, pp. 319-332.

Lewis, M.A. (1991). Chronic and sublethal toxicities of surfactants to aquatic animals: A review and risk assessment. **Water Research**. 25, pp. 101-113.

Lewis, M.A. (1992). The effects of mixtures and other environmental modifying factors on the toxicities of surfactants to freshwater and marine life. **Water Research**. 26, pp. 1013-1023.

Lewis, P.A. & Horning, W.B. (1991). Differences in acute toxicity test results of three reference toxicants on *Daphnia* at two temperatures. **Environmental Toxicology and Chemistry**. 10, pp. 1351-1357.

Lewis, M.A. & Surprenant, D. (1983). Comparative acute toxicities of surfactants to aquatic invertebrates. **Ecotoxicology Environmental Safety**. 7, pp. 313-322.

Liawska-Bizukojc, E.; Miksch, K.; Malachowska-Jutysz, A.; Kalka, J. (2005). Acute toxicity and genotoxicity of five selected anionic and nonionic surfactants. **Chemosphere**. 58, PP. 1249-1253.

Lorenzen, C.J. (1967). Determination of chlorophyll and phaeopigments: spectrophotometric equations. **Limnology and Oceanograph**. 12, 343-346.

Lucinda, I. (2007). **Estudo de comunidades planctônicas (bacterioplâncton, nanoflagelados, fitoplâncton e zooplâncton) em um pequeno reservatório tropical –**

**experimentos com mesocosmos.** Tese (Doutorado). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP.

Maki, A.W. & Bishop, W.E. (1979). Acute Toxicity studies of surfactants to *Daphnia magna* and *Daphnia pulex*. **Archives Environmental Contamination Toxicology**. 8, pp. 599-612.

Marckereth, F.J.H.; Heron, J.; Tailing, J.F. (1978). **Water analysis: some revised methods for limnologists.** Kendall, Titus Wilson & Son Ltd., Freshwat. Biol. Assoc. Scientific Publication, No. 36, 120p.

Martínez-Jerónimo, F. & Muñoz-Mejía. (2007). Evaluation of the sensitivity of three cladoceran species widely distributed in Mexico to three referent toxicants. **Journal of Environmental Science and Health Part A**, 42, pp. 1417-1424.

Matos, M.F. & Fonseca, A.L. (2006). Efeito do dodecil sulfato de sódio à espécie *Daphnia laevis* (Cladocera, Daphnidae). IX Congresso Brasileiro de Ecotoxicologia: resumos de palestras, mesas-redondas, comunicações orais e painéis, **Anais**. São Pedro, SP, Brasil.

Melão, M.G.G. (1997). **A comunidade planctônica (fitoplâncton e zooplâncton) e produtividade secundária do zooplâncton de um reservatório oligotrófico.** Tese (Doutorado). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP.

Melão, M.G.G. & Rocha, O. (1998). Biomass and productivity of the freshwater sponge *Metania spinata* (Carter, 1881) (Demospongiae: Metaniidae) in a Brazilian reservoir. **Hydrobiologia**. 390, pp. 1 - 10.

Meybeck, M. & Helmer, R. (1992). An introduction to water quality. In: Chapman, D. (1992) **Water quality assessment**. Cambridge, University Press. 585p.

Mohammed, A. & Agard, J.B.R. (2006). Comparative sensitivity of three tropical cladoceran species (*Diaphanosoma brachyurum*, *Ceriodaphnia rigaudii* and

*Moinodaphnia macleayi*) to six chemicals. **Journal of Environmental Science and Health Part A**, 41, pp. 2713-2720.

Monteiro, N.J.C. (2001). **Estudos da toxicidade da cepa de *Microcystis aeruginosa* RST9501 da Lagoa dos Patos sobre Cladocera como subsídio ao monitoramento ambiental**. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 178p.

Motheo, D.F. (2005). **Estudo limnológico na represa Carlos Botelho (Itirapina/Brotas, SP): uma reavaliação comparativa do sistema Lobo-Broa**. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP. 104p.

Müller, H. (1972). Wachstum and Phosphatbedarf von *Nitzschia actinastroides* (Lemn.) v. Goor in statischer und homokontinuierlicher Kultur unter Phosphatlimitierung. **Archive of Hydrobiology Supplement**. 38, pp. 399-84.

Novelli, A. (2005). **Estudo limnológico e ecotoxicológico da água e sedimento do rio Monjolinho – São Carlos (SP), com ênfase nas substâncias de referência cádmio e cobre**. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

Nyholm, N. & Damgaard, B.M. (1990). A comparison of the algal growth inhibition toxicity test method with the short term <sup>14</sup>C-assimilation test. **Chemosphere**. 21, pp. 671-679.

Oya, M.; Orito, S.; Ishikawa, Y.; Iizuka, T. (2007). Effects of water hardness and existence of adsorbent on toxic surface tension of surfactants for aquatic species. **Journal of Oleo Science**. 56 (5), pp. 237-243.

Paese, A. (1994). **Caracterização limnológicas da Represa do Fazzari - campus da UFSCar**. Monografia (Bacharelado), Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, 59p.

Paese, A. (1997). **Caracterização e análise ambiental do campus da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos, SP.** Dissertação (Mestre). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, 83p.

Peláez,-Rodriguez, M.; Peret, A.M.; Matsumura-Tundisi, T. & Rocha, O. (2000). Análise da qualidade da água e aplicação do índice de proteção de vida aquática (IVA) em duas sub-bacias da bacia hidrográfica do Rio Jacaré-Guaçu. *In:Espíndola, et al., 2000. Ecotoxicologia: Perspectivas para o Século XXI.* São Carlos, RIMA, v.1. pp. 95-114.

Peláez-Rodriguez, M. (2001). **Avaliação da qualidade da água da bacia do Alto Jacaré-Guaçu/SP (Ribeirão do Feijão e Rio do Monjolinho) através de variáveis físicas, químicas e biológicas.** Tese (Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, SP.

Penteado, J.C.P.; El Soud, O.A.; Carvalho, L.R.F. (2006). Alquilbenzeno sulfonato linear: uma abordagem ambiental e analítica. **Química Nova.** 29, 5, pp. 1038-1046.

Pessah, E.; Well, P.G.; Scheneider, J.R. (1975). **Dodecyl sodium sulphate (DSS) as an intralaboratory reference toxicant in fish bioassays.** Environmental Protection Service, Halifax, Nova Scotia. 30p. (Trabalho apresentado no “The 1975 Toxicity Workshop” Ontário, Ministry of the Environment).

Pittinger, C.A., Woltering, D.M. and Masters, J.A. 1989. Bioavailability of sediment-sorbed and aqueous surfactants to *Chironomus riparius* (midge). **Environmental Toxicology and Chemistry.** 8, pp. 1023-1033.

Pompêo, M. L. M. (1996). Produtividade primária do fitoplâncton e tipologia da Lagoa Dourada (Brotas, SP). *In: VIII Seminário Regional de Ecologia,* 1996, São Carlos, SP. v. 8. p. 15-25.

Prats, D.; Ruiz, F.; Vasquez, B.; Zarzo, D.; Berna, J.L.; Moreno, A. (1993). LAS homolog distribution shift during waste-water treatment and composting-ecological implications. **Environmental Toxicology and Chemistry.** 12, pp. 1599-1608.

Rand, G.M (1995). **Fundamental Aquatic Toxicology: Effects, Environmental Fate, and Risk Assessment**, 2<sup>a</sup> ed, Taylor & Francis: USA, cap 31.

Regali-Seleghim, M.H.R. (2001). **Rede trófica microbiana em um sistema eutrófico raso (Reservatório do Monjolinho - São Carlos-SP) – estrutura e função**. Tese (Doutorado), Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP.

Regis, F.P. (2001). **Determinação da sensibilidade de *Cynopoecilus melanotaenia* (Regan, 1912) (Cyprinodontiformes, Rivulidae) para o sulfato de cobre, cloreto de sódio e dodecil sulfato de sódio através de testes de toxicidade**. Monografia (Bacharelado), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre-RS.

Rietzler, A.C.; Matsumura-Tundisi, T.; Tundisi, J.G. (2002). Life cycle, feeding and adaptive strategy implications on the co-occurrence of *Argyrodiaptomus furcatus* and *Notodiaptomus iheringi* in Lobo-Broa Reservoir (SP, Brazil). **Brazilian Journal Biology**. 62, pp. 93-105.

Romanelli, M.F.; Moraes, M.C.F.; Villavicencio, A.L.C.H.; Borrelly, S.I. (2004). Evaluation of toxicity reduction of sodium dodecyl sulfate submitted to electron beam radiation. **Radiation Physics and Chemistry**. 71, pp. 409-411.

Romanelli, M.F.; Silva, G.P.; Borrelly, S.I. (2006). Redução da Toxicidade do surfactante LAS tratado com o feixe de elétrons. **Journal of the Brazilian Society of Ecotoxicology**. 1, pp. 103-107.

Rossini, G.D.B. & Ronco, A.E. (1996). Acute toxicity bioassay using *Daphnia obtusa* as a test organism. **Environmental Toxicology and Water Quality: an International Journal**. 11, pp. 255-258.

Shedd, T.R.; Widder, M.W.; Toussaint, M.W.; Sunkel, M.C.; Hull, E. (1999). Evaluation of the annual killifish *Nothobranchius guentheri* as a tool for rapid acute toxicity screening. **Environmental Toxicology and Chemistry**. 18 (10), pp. 2258-2261.

Silveira, M.A.V.; Pereira, N.; Tommasi, L.R. (1982). Resultados preliminares sobre os teores de detergentes na Baía e Estuário de Santos. **Boletim do Instituto Oceanográfico de São Paulo**. 31(2), pp. 95-99.

Singer, M.M.; Tjeerdema, R.S. (1993). Fate and effects of the surfactant sodium dodecyl sulfate. **Reviews of environmental contamination and toxicology**. 133, pp. 95-149.

Swedmark, M.; Braaten, B.; Emanuelsson, E.; Granmo, A. (1971). Biological effects of surface active agents on marine animals. **Marine Biology**. 9, pp. 183-201.

Takenaka, R.A. (2007). **Avaliação da toxicidade de *Mycrocistis aeruginosa* de florações naturais de cianobactérias de reservatórios do rio Tietê**. Tese (Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 303p.

Tanaka, Y & Nakanishi, J. (2001). Effect of linear alkylbenzene sulfonate on population growth of *Daphnia galeata*: A life table evaluation. **Environmental Toxicology**. 16, pp. 344-348.

Taylor, M.J. (1985). Effect of diet on the sensitivity of *Daphnia magna* to linear alkylbenzene sulfonate. *In*: Cardwell, R.D., Purdy, R. e Bahner, R.C. **Aquatic Toxicology and Hazard Assessment**. Seventh Symposium pp 53-72. ASTM STP 854, America Society for Testing and Materials, Philadelphia.

Temara, A., Carr, G., Webb, S., Versteeg, D. and Feijtel, T. (2001). Marine risk assessment: linear alkylbenzene sulfonate (LAS) in the North Sea. **Marine Pollution Bulletin**. 42, pp. 635-642.

Temmink, H. & Klapwijk, B. (2004) Fate of linear alkylbenzene sulfonate (LAS) inactivated sludge plants. **Water Research**. 38, pp. 903-912.

Toledo, A.P.; Talarico, M.; Chinez, S.J.; Agudo, E.G. (1983). A aplicação de modelos simplificados para a avaliação do processo da eutrofização em lagos e reservatórios



tropicais. In: 12º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. **Anais**. Camboriú, SC.

Trivinho-Strixino, S. & Strixino, G. (1998). Chironomidae (Diptera) associados a troncos de árvores submersos. **Revista Brasileira Entomologia**. 42 (2-4), pp. 173-178.

Tundisi, J.G.; Matsumura-Tundisi, T.; Rodrigues, S.L. (2003). **Gerenciamento e recuperação das bacias hidrográficas dos rios Itaqueri e do Horto/Itaqueri e da UHE Carlos Botelho (Horto/Itaqueri-Broa)**. Instituto Internacional de Ecologia, 72p.

USEPA - U.S. Environmental Protection Agency (1993). USEPA 600/4-91/002 **Methods for estimating the chronic toxicity of effluents and receiving waters to freshwater organisms**. 3<sup>rd</sup>.ed.. Cincinnati, Ohio.

USEPA - U.S. Environmental Protection Agency (1994). USEPA/600/R-94/024. **Methods for measuring the toxicity and bioaccumulation of sediment associated contaminants with freshwater invertebrates**. Washington, D.C., 133p.

USEPA - U.S. Environmental Protection Agency (2002). USEPA/821/R-02/012. **Methods for measuring the acute toxicity of effluents and receiving waters to freshwater and marine organisms**. Washington, D.C. 266p.

van de Plassche, E.J.; Brujin, J.H.M.; Stephenson, R.R.; Marshall, S.J.; Feijtel, T.C.J.; Belanger, S.E. (1999). Predicted no-effect concentrations and risk characterization of four surfactants: linear alkyl benzene sulfonate alcohol ethoxylates, alcohol ethoxylated sulfates, and soap. **Environmental Toxicology and Chemistry**. 18, pp. 2653-2663.

Verge, C.; Moreno, A.; Bravo, J.; Berna, J.L. (2001). Influence of water hardness on the bioavailability and toxicity of linear alkylbenzene sulfonate (LAS). **Chemosphere**. 44, pp. 1749-1757.

Versteeg, D.J.; Stanton, D.T.; Pence, M.A.; Cowan, C. (1997). Effects of surfactants on the rotifer, *Brachionus calyciflorus*, in a chronic toxicity test and in the development of QSARs. **Environmental Toxicology and Chemistry**. 16, pp. 1051-1058.

Versteeg, D.J. & Rawlings, J.M. (2003). Bioconcentration and toxicity of dodecylbenzene sulfonate (C12LAS) to aquatic organisms exposed in experimental streams. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**. 44 (2), pp. 237-246.

Vijverberg, J. (1989). Culture techniques for studies on the growth, development and reproduction of copepods and cladocerans under laboratory and *in situ* conditions: a review. **Freshwater Biology**. 21, pp. 317-373.

Villegas- Navarro, A.; Santiago, M. R.; Pérez, F.R.; Torres, R.R.; Abularach, T.D.; Reyes, J.L. (1997). Determination of LC<sub>50</sub> from *Daphnia magna* in treated industrial waste waters and non-treated hospital effluents. **Environment International**. 23 (4), pp. 535- 540.

Warne, M.St.J. & Shifko, A.D. (1999). Toxicity of Laundry Detergent Components to a Freshwater Cladoceran and Their Contribution to Detergent Toxicity. **Ecotoxicology and Environmental Safety**. 44, pp. 196-206.

Ying, G-G. (2006). Fate, behavior and effects of surfactants and their degradation products in the environment. **Environment International**. 32, pp. 417-431.

**APÊNDICE A**

Dados brutos relativos aos resultados dos testes preliminares de toxicidade aguda com os cladóceros *Daphnia similis*, *Ceriodaphnia dubia* e *Ceriodaphnia silvestrii* expostos ao dodecil benzeno sulfonato de sódio e ao dodecil sulfato de sódio

**Tabela 1** – Resultados do teste de toxicidade aguda preliminar da *Ceriodaphnia dubia* ao surfactante aniônico LAS e valores das variáveis físicas e químicas monitorados no início e no final dos testes.

Período do teste: 10/04/07 - 12/04/07		Dodecil benzeno sulfonato de sódio							
Organismo-teste: <i>Ceriodaphnia dubia</i>		Teste: 1 (Preliminar)							
Concentração mg/L	No. de ind. Imóveis por tubo			Imóveis		pH inicial	pH final	Dureza inicial	Dureza final
	1	2	3	Total	%				
Controle	0	0	0	0	0	7,50	7,67	44	44
1,5	0	0	0	0	0	7,54	7,62	44	44
3	0	0	0	0	0	7,65	7,78	42	44
6	0	0	0	0	0	7,67	7,77	44	44
9	0	0	0	0	0	8,00	7,83	40	42
12	1	0	3	4	27	7,61	7,71	40	40
15	4	2	5	11	73	7,66	7,86	40	40
CE50(48h): 13,45 mg/L				IC:12,35 - 14,95 mg/L					

**Tabela 2** – Resultados do teste de toxicidade aguda preliminar da *Ceriodaphnia dubia* ao surfactante aniônico LAS e valores das variáveis físicas e químicas monitorados no início e no final dos testes.

Período do teste: 27/06/07 - 29/06/07		Dodecil benzeno sulfonato de sódio							
Organismo-teste: <i>Ceriodaphnia dubia</i>		Teste: 2 (Preliminar)							
Concentração mg/L	No. de ind. Imóveis por tubo			Imóveis		pH inicial	pH final	Dureza inicial	Dureza final
	1	2	3	Total	%				
Controle	0	0	0	0	0	7,75	7,62	42	42
0,5	0	0	0	0	0	7,75	7,67	42	44
1	0	0	0	0	0	7,78	7,53	44	44
5	0	0	0	0	0	7,76	7,64	40	42
10	1	0	2	3	20	7,72	7,79	38	38
15	4	5	5	14	93	7,65	7,42	36	38
20	5	5	5	15	100	7,62	7,55	32	36
CE50(48h): 11,42 mg/L				IC:9,97 - 12,84 mg/L					

**Tabela 3** – Resultados do teste de toxicidade aguda preliminar da *Ceriodaphnia silvestrii* ao surfactante aniônico LAS e valores das variáveis físicas e químicas monitorados no início e no final dos testes.

Período do teste: 27/06/07 - 29/06/07		Dodecil benzeno sulfonato de sódio							
Organismo-teste: <i>Ceriodaphnia silvestrii</i>		Teste: 1 (Preliminar)							
Concentração mg/L	No. de ind. Imóveis por tubo			Imóveis		pH inicial	pH final	Dureza inicial	Dureza final
	1	2	3	Total	%				
Controle	0	0	0	0	0	7,75	7,67	42	44
0,5	0	0	0	0	0	7,75	7,62	42	44
1	0	0	0	0	0	7,78	7,53	44	44
5	0	0	0	0	0	7,76	7,68	40	42
10	0	1	0	1	7	7,72	7,53	38	38
15	3	2	4	9	60	7,65	7,78	36	38
20	5	5	5	15	100	7,62	7,35	32	36
CE50(48h): 13,58 mg/L					IC: 11,94 - 15,12 mg/L				

**Tabela 4** – Resultados do teste de toxicidade aguda preliminar da *Ceriodaphnia dubia* ao surfactante aniônico DSS e valores das variáveis físicas e químicas monitorados no início e no final dos testes.

Período do teste: 11/09/07 - 13/09/07		Dodecil Sulfato de Sódio 99%							
Organismo-teste: <i>Ceriodaphnia dubia</i>		Teste: 1 (preliminar)							
Concentração (mg/L)	No. de ind. Imóveis por tubo			Imóveis		pH inicial	pH final	Dureza inicial	Dureza final
	1	2	3	Total	%				
Controle	0	0	0	0	0	7,57	7,74	42	44
2	0	0	0	0	0	7,80	7,69	44	44
7	3	2	3	8	53	7,69	7,58	44	44
12	5	4	5	14	93	7,78	7,65	44	46
17	5	5	5	15	100	7,76	7,62	44	44
22	5	5	5	15	100	7,75	7,51	44	46
30	5	5	5	15	100	7,75	7,53	42	46
50	5	5	5	15	100	7,78	7,47	42	44
CE50(48h): 5,85 mg/L					IC: 4,62 - 7,43 mg/L				

**Tabela 5** – Resultados do teste de toxicidade aguda preliminar da *Ceriodaphnia dubia* ao surfactante aniônico DSS e valores das variáveis físicas e químicas monitorados no início e no final dos testes.

Período do teste: 11/09/07 - 13/09/07			Dodecil Sulfato de Sódio 99%						
Organismo-teste: <i>Ceriodaphnia dubia</i>			Teste: 2 (preliminar)						
Concentração (mg/L)	No. de ind. Imóveis por tubo			Imóveis		pH inicial	pH final	Dureza inicial	Dureza final
	1	2	3	Total	%				
Controle	0	0	0	0	0	7,57	7,74	42	44
2	0	0	0	0	0	7,80	7,69	44	44
7	3	4	4	11	73	7,69	7,58	44	44
12	5	5	5	15	100	7,78	7,65	44	46
17	5	5	5	15	100	7,76	7,62	44	44
22	5	5	5	15	100	7,75	7,51	44	46
30	5	5	5	15	100	7,75	7,53	42	46
50	5	5	5	15	100	7,78	7,47	42	44
CE50(48h): 4,75 mg/L				IC: 3,87 - 5,83 mg/L					

**APÊNDICE B**

Dados brutos relativos aos resultados dos testes de toxicidade aguda com os cladóceros  
*Daphnia similis*, *Ceriodaphnia dubia* e *Ceriodaphnia silvestrii* expostos ao dodecil  
benzeno sulfonato de sódio

**Tabela 1** – Resultados do teste de toxicidade aguda da *Daphnia similis* ao surfactante aniônico LAS e valores das variáveis físicas e químicas monitorados no início e no final dos testes.

Período do teste: 31/07/07 - 02/08/07			Dodecil benzeno sulfonato de sódio						
Organismo-teste: <i>Daphnia similis</i>			Teste: 1						
Concentração mg/L	No. de ind. Imóveis por tubo			Imóveis		pH inicial	pH final	Dureza inicial	Dureza final
	1	2	3	Total	%				
Controle	0	0	0	0	0	7,36	7,45	40	42
5	0	0	0	0	0	7,72	7,68	40	40
7,5	0	0	0	0	0	7,71	7,65	38	38
10	0	0	0	0	0	7,73	7,61	38	38
12,5	1	2	2	5	33	7,75	7,72	36	38
15	2	2	4	8	53	7,78	7,57	36	36
17,5	4	5	4	13	87	7,67	7,61	36	36
20	5	3	5	13	87	7,7	7,43	34	34
25	5	5	5	15	100	7,64	7,52	34	34
CE50(48h): 14,51 mg/L				IC: 13,35 - 15,65 mg/L					

**Tabela 2** – Resultados do teste de toxicidade aguda da *Daphnia similis* ao surfactante aniônico LAS e valores das variáveis físicas e químicas monitorados no início e no final dos testes.

Período do teste: 01/08/07 - 03/08/07			Dodecil benzeno sulfonato de sódio						
Organismo-teste: <i>Daphnia similis</i>			Teste: 2						
Concentração mg/L	No. de ind. Imóveis por tubo			Imóveis		pH inicial	pH final	Dureza inicial	Dureza final
	1	2	3	Total	%				
Controle	0	0	0	0	0	7,36	7,53	40	42
5	0	0	0	0	0	7,72	7,68	40	40
7,5	0	0	0	0	0	7,71		38	
10	3	2	4	9	60	7,73	7,51	38	38
12,5	3	2	2	7	47	7,75		36	
15	3	3	3	9	60	7,78	7,62	36	36
17,5	3	5	5	13	87	7,67		36	
20	5	4	4	13	87	7,70	7,43	34	34
25	5	5	5	15	100	7,64	7,35	34	34
CE50(48h): 12,11 mg/L				IC: 10,70 - 13,50 mg/L					



**Tabela 3** – Resultados do teste de toxicidade aguda da *Daphnia similis* ao surfactante aniônico LAS e valores das variáveis físicas e químicas monitorados no início e no final dos testes.

Período do teste: 07/08/07 - 09/08/07			Dodecil benzeno sulfonato de sódio						
Organismo-teste: <i>Daphnia similis</i>			Teste: 3						
Concentração mg/L	No. de ind. Imóveis por tubo			Imóveis		pH inicial	pH final	Dureza inicial	Dureza final
	1	2	3	Total	%				
Controle	0	0	0	0	0	7,44	7,56	48	46
5	0	0	0	0	0	7,6	7,45	46	46
7,5	0	0	0	0	0	7,55		44	
10	0	0	1	1	7	7,58	7,32	44	42
12,5	0	0	0	0	0	7,55		42	
15	1	2	3	6	40	7,5	7,41	42	42
17,5	5	5	3	13	87	7,48		40	
20	5	5	5	15	100	7,50	7,36	38	36
25	5	5	5	15	100	7,51	7,25	36	36
CE50(48h): 15,11 mg/L				IC: 11,74 - 18,17 mg/L					

**Tabela 4** – Resultados do teste de toxicidade aguda da *Daphnia similis* ao surfactante aniônico LAS e valores das variáveis físicas e químicas monitorados no início e no final dos testes.

Período do teste: 07/08/07 - 09/08/07			Dodecil benzeno sulfonato de sódio						
Organismo-teste: <i>Daphnia similis</i>			Teste: 4						
Concentração mg/L	No. de ind. Imóveis por tubo			Imóveis		pH inicial	pH final	Dureza inicial	Dureza final
	1	2	3	Total	%				
Controle	0	0	0	0	0	7,44	7,56	48	46
5	0	0	0	0	0	7,60	7,45	46	46
7,5	0	0	0	0	0	7,55		44	
10	0	1	1	2	13	7,58	7,32	44	42
12,5	0	1	0	1	7	7,55		42	
15	0	2	1	3	20	7,50	7,41	42	42
17,5	2	4	5	11	73	7,48		40	
20	4	5	5	14	93	7,50	7,36	38	36
25	5	5	5	15	100	7,51	7,25	36	36
CE50(48h): 15,88 mg/L				IC: 14,95 - 16,77 mg/L					

**Tabela 5** – Resultados do teste de toxicidade aguda da *Daphnia similis* ao surfactante aniônico LAS e valores das variáveis físicas e químicas monitorados no início e no final dos testes.

Período do teste: 07/08/07 - 09/08/07			Dodecil benzeno sulfonato de sódio						
Organismo-teste: <i>Daphnia similis</i>			Teste: 5						
Concentração mg/L	No. de ind. Imóveis por tubo			Imóveis		pH inicial	pH final	Dureza inicial	Dureza final
	1	2	3	Total	%				
Controle	0	0	0	0	0	7,44	7,56	48	46
5	0	0	0	0	0	7,60	7,45	46	46
7,5	0	0	0	0	0	7,55		44	
10	0	0	0	0	0	7,58	7,32	44	42
12,5	1	0	0	1	7	7,55		42	
15	0	1	2	3	20	7,50	7,41	42	42
17,5	3	5	4	12	80	7,48		40	
20	5	5	5	15	100	7,50	7,36	38	36
25	5	5	5	15	100	7,51	7,25	36	36
CE50(48h): 15,80 mg/L				IC: 12,85 - 19,18 mg/L					

**Tabela 6** – Resultados do teste de toxicidade aguda da *Daphnia similis* ao surfactante aniônico LAS e valores das variáveis físicas e químicas monitorados no início e no final dos testes.

Período do teste: 30/08/07 - 01/09/07			Dodecil benzeno sulfonato de sódio						
Organismo-teste: <i>Daphnia similis</i>			Teste: 6						
Concentração mg/L	No. de ind. Imóveis por tubo			Imóveis		pH inicial	pH final	Dureza inicial	Dureza final
	1	2	3	Total	%				
Controle	0	0	0	0	0	7,79	7,63	44	44
5	0	0	0	0	0	7,76	7,65	44	44
7,5	0	0	0	0	0	7,72	7,57	44	42
10	0	1	0	1	7	7,68	7,61	44	42
12,5	1	0	0	1	7	7,68	7,72	42	40
15	2	2	1	5	33	7,77	7,63	42	40
17,5	5	4	5	14	93	7,72	7,54	40	38
20	5	4	5	14	93	7,75	7,68	38	36
25	5	5	5	15	100	7,76	7,46	38	36
CE50(48h): 15,11 mg/L				IC: 14,03 - 16,17 mg/L					

**Tabela 7** – Resultados do teste de toxicidade aguda da *Daphnia similis* ao surfactante aniônico LAS e valores das variáveis físicas e químicas monitorados no início e no final dos testes.

Período do teste: 30/08/07 - 01/09/07				Dodecil benzeno sulfonato de sódio					
Organismo-teste: <i>Daphnia similis</i>				Teste: 7					
Concentração mg/L	No. de ind. Imóveis por tubo			Imóveis		pH inicial	pH final	Dureza inicial	Dureza final
	1	2	3	Total	%				
Controle	0	0	0	0	0	7,79	7,63	44	44
5	0	0	0	0	0	7,76	7,65	44	44
7,5	0	0	1	1	7	7,72	7,57	44	42
10	2	0	0	2	13	7,68	7,61	44	42
12,5	1	0	0	1	7	7,68	7,72	42	40
15	1	3	1	5	33	7,77	7,63	42	40
17,5	5	3	3	11	73	7,72	7,54	40	38
20	4	5	5	14	93	7,75	7,68	38	36
25	5	5	5	15	100	7,76	7,46	38	36
CE50(48h): 15,04 mg/L				IC: 12,04 - 18,41 mg/L					

**Tabela 8** – Resultados do teste de toxicidade aguda da *Daphnia similis* ao surfactante aniônico LAS e valores das variáveis físicas e químicas monitorados no início e no final dos testes.

Período do teste: 30/08/07 - 01/09/07				Dodecil benzeno sulfonato de sódio					
Organismo-teste: <i>Daphnia similis</i>				Teste: 8					
Concentração mg/L	No. de ind. Imóveis por tubo			Imóveis		pH inicial	pH final	Dureza inicial	Dureza final
	1	2	3	Total	%				
Controle	0	0	0	0	0	7,79	7,63	44	44
5	0	0	0	0	0	7,76	7,65	44	44
7,5	0	0	0	0	0	7,72	7,57	44	42
10	0	0	0	0	0	7,68	7,61	44	42
12,5	3	2	2	7	47	7,68	7,72	42	40
15	4	3	1	8	53	7,77	7,63	42	40
17,5	2	3	5	10	67	7,72	7,54	40	38
20	4	4	3	11	73	7,75	7,68	38	36
25	5	5	5	15	100	7,76	7,46	38	36
CE50(48h): 14,93 mg/L				IC: 13,57 - 16,36 mg/L					

**Tabela 9** – Resultados do teste de toxicidade aguda da *Daphnia similis* ao surfactante aniônico LAS e valores das variáveis físicas e químicas monitorados no início e no final dos testes.

Período do teste: 11/09/07 - 13/09/07						Dodecil benzeno sulfonato de sódio			
Organismo-teste: <i>Daphnia similis</i>						Teste: 9			
Concentração mg/L	No. de ind. Imóveis por tubo			Imóveis		pH inicial	pH final	Dureza inicial	Dureza final
	1	2	3	Total	%				
Controle	0	0	0	0	0	7,41	7,53	42	42
5	0	0	0	0	0	7,86	7,78	40	40
7,5	1	0	0	1	7	7,82	7,71	36	38
10	1	1	0	2	13	7,82	7,65	36	38
12,5	3	3	2	8	53	7,81	7,73	36	36
15	3	4	4	11	73	7,81	7,61	34	36
17,5	5	5	5	15	100	7,77	7,58	34	34
20	5	5	5	15	100	7,76	7,57	34	34
25	5	5	5	15	100	7,71	7,54	30	32
CE50(48h): 12,17 mg/L				IC: 11,13 - 13,30 mg/L					

**Tabela 10** – Resultados do teste de toxicidade aguda da *Daphnia similis* ao surfactante aniônico LAS e valores das variáveis físicas e químicas monitorados no início e no final dos testes.

Período do teste: 11/09/07 - 13/09/07						Dodecil benzeno sulfonato de sódio			
Organismo-teste: <i>Daphnia similis</i>						Teste: 10			
Concentração mg/L	No. de ind. Imóveis por tubo			Imóveis		pH inicial	pH final	Dureza inicial	Dureza final
	1	2	3	Total	%				
Controle	0	0	0	0	0	7,41	7,53	42	42
5	0	0	0	0	0	7,86	7,78	40	40
7,5	1	0	0	1	7	7,82	7,71	36	38
10	2	2	1	5	33	7,82	7,65	36	38
12,5	5	1	4	10	67	7,81	7,73	36	36
15	5	3	5	13	87	7,81	7,61	34	36
17,5	4	5	5	14	93	7,77	7,58	34	34
20	5	5	5	15	100	7,76	7,57	34	34
25	5	5	5	15	100	7,71	7,54	30	32
CE50(48h): 11,08 mg/L				IC: 10,05 - 12,22 mg/L					

**Tabela 11** – Resultados do teste de toxicidade aguda da *Ceriodaphnia dubia* ao surfactante aniônico LAS e valores das variáveis físicas e químicas monitorados no início e no final dos testes.

Período do teste: 03/07/07 - 05/07/07			Dodecil benzeno sulfonato de sódio						
Organismo-teste: <i>Ceriodaphnia dubia</i>			Teste: 1						
Concentração (mg/L)	No. de ind. Imóveis por tubo			Imóveis		pH inicial	pH final	Dureza inicial	Dureza final
	1	2	3	Total	%				
Controle	0	0	0	0	0	7,66	7,55	44	44
5	0	0	0	0	0	7,75	7,50	44	42
7,5	0	0	0	0	0	7,77	7,47	44	40
10	1	0	0	1	7	7,65	7,48	40	40
12,5	1	4	2	7	47	7,76	7,73	40	38
15	2	3	2	7	47	7,71	7,50	36	38
17,5	4	5	4	13	87	8,04	7,40	36	36
20	4	4	4	12	80	7,96	7,55	36	38
25	5	5	5	15	100	7,98	7,52	36	38
CE50(48h): 14,06 mg/L				IC: 12,79 - 15,32 mg/L					

**Tabela 12** – Resultados do teste de toxicidade aguda da *Ceriodaphnia dubia* ao surfactante aniônico LAS e valores das variáveis físicas e químicas monitorados no início e no final dos testes.

Período do teste: 03/07/07 - 05/07/07			Dodecil benzeno sulfonato de sódio						
Organismo-teste: <i>Ceriodaphnia dubia</i>			Teste: 2						
Concentração (mg/L)	No. de ind. Imóveis por tubo			Imóveis		pH inicial	pH final	Dureza inicial	Dureza final
	1	2	3	Total	%				
Controle	0	0	0	0	0	7,66	7,55	44	44
5	0	0	0	0	0	7,75	7,5	44	42
7,5	0	0	0	0	0	7,77	7,47	44	40
10	0	2	1	3	20	7,65	7,48	40	40
12,5	4	1	0	5	33	7,76	7,73	40	38
15	3	3	4	10	67	7,71	7,50	36	38
17,5	5	5	4	14	93	8,04	7,40	36	36
20	4	4	5	13	87	7,96	7,55	36	38
25	5	5	5	15	100	7,98	7,52	36	38
CE50(48h): 13,80 mg/L				IC: 12,52 - 15,06 mg/L					

**Tabela 13** – Resultados do teste de toxicidade aguda da *Ceriodaphnia dubia* ao surfactante aniônico LAS e valores das variáveis físicas e químicas monitorados no início e no final dos testes.

Período do teste: 17/07/07 - 19/07/07			Dodecil benzeno sulfonato de sódio						
Organismo-teste: <i>Ceriodaphnia dubia</i>			Teste: 3						
Concentração (mg/L)	No. de ind. Imóveis por tubo			Imóveis		pH inicial	pH final	Dureza inicial	Dureza final
	1	2	3	Total	%				
Controle	0	0	0	0	0	7,32	7,15	42	42
5	0	0	0	0	0	7,73	7,65	42	42
7,5	0	0	0	0	0	7,89	7,73	42	40
10	0	5	2	7	47	7,85	7,71	40	40
12,5	5	5	3	13	87	7,99	7,82	40	40
15	5	5	4	14	93	8,23	7,87	36	36
17,5	5	5	5	15	100	8,25	7,84	38	36
20	5	5	5	15	100	8,51	7,85	36	36
25	5	5	5	15	100	8,59	7,79	36	34
CE50(48h): 11,50 mg/L				IC: 10,63 - 12,31 mg/L					

**Tabela 14** – Resultados do teste de toxicidade aguda da *Ceriodaphnia dubia* ao surfactante aniônico LAS e valores das variáveis físicas e químicas monitorados no início e no final dos testes.

Período do teste: 17/07/07 - 19/07/07			Dodecil benzeno sulfonato de sódio						
Organismo-teste: <i>Ceriodaphnia dubia</i>			Teste: 4						
Concentração (mg/L)	No. de ind. Imóveis por tubo			Imóveis		pH inicial	pH final	Dureza inicial	Dureza final
	1	2	3	Total	%				
Controle	0	0	0	0	0	7,32	7,15	42	42
5	0	0	0	0	0	7,73	7,65	42	42
7,5	0	0	0	0	0	7,89	7,73	42	40
10	0	0	1	1	7	7,85	7,71	40	40
12,5	3	5	2	10	67	7,99	7,82	40	40
15	4	5	5	14	93	8,23	7,87	36	36
17,5	5	5	5	15	100	8,25	7,84	38	36
20	5	5	5	15	100	8,51	7,85	36	36
25	5	5	5	15	100	8,59	7,79	36	34
CE50(48h): 12,00 mg/L				IC: 11,15 - 12,80 mg/L					

**Tabela 15** – Resultados do teste de toxicidade aguda da *Ceriodaphnia dubia* ao surfactante aniônico LAS e valores das variáveis físicas e químicas monitorados no início e no final dos testes.

Período do teste: 24/07/07 - 26/07/07				Dodecil benzeno sulfonato de sódio					
Organismo-teste: <i>Ceriodaphnia dubia</i>				Teste: 5					
Concentração (mg/L)	No. de ind. Imóveis por tubo			Imóveis		pH inicial	pH final	Dureza inicial	Dureza final
	1	2	3	Total	%				
Controle	0	0	0	0	0	7,63	7,67	48	48
5	0	0	0	0	0	7,55	7,65	46	46
7,5	0	0	0	0	0	7,57	7,70	44	46
10	4	3	0	7	47	7,54	7,70	44	44
12,5	2	4	2	8	53	7,51	7,65	42	42
15	5	5	5	15	100	7,52	7,64	40	42
17,5	5	5	5	15	100	7,48	7,58	40	40
20	5	5	5	15	100	7,55	7,57	40	40
25	5	5	5	15	100	7,50	7,55	38	38
CE50(48h): 11,02 mg/L				IC: 10,05 - 11,93 mg/L					

**Tabela 16** – Resultados do teste de toxicidade aguda da *Ceriodaphnia dubia* ao surfactante aniônico LAS e valores das variáveis físicas e químicas monitorados no início e no final dos testes.

Período do teste: 14/08/07 - 16/08/07				Dodecil benzeno sulfonato de sódio					
Organismo-teste: <i>Ceriodaphnia dubia</i>				Teste: 6					
Concentração (mg/L)	No. de ind. Imóveis por tubo			Imóveis		pH inicial	pH final	Dureza inicial	Dureza final
	1	2	3	Total	%				
Controle	0	0	0	0	0	7,63	7,67	48	48
5	0	0	0	0	0	7,55	7,65	46	46
7,5	2	0	0	2	13	7,57	7,70	44	46
10	2	2	3	7	47	7,54	7,70	44	44
12,5	4	4	4	12	80	7,51	7,65	42	42
15	3	5	4	12	80	7,52	7,64	40	42
17,5	5	5	5	15	100	7,48	7,58	40	40
20	5	5	5	15	100	7,55	7,57	40	40
25	5	5	5	15	100	7,50	7,55	38	38
CE50(48h): 10,35 mg/L				IC: 9,21 - 11,40 mg/L					

**Tabela 17** – Resultados do teste de toxicidade aguda da *Ceriodaphnia dubia* ao surfactante aniônico LAS e valores das variáveis físicas e químicas monitorados no início e no final dos testes.

Período do teste: 14/08/07 - 16/08/07		Dodecil benzeno sulfonato de sódio							
Organismo-teste: <i>Ceriodaphnia dubia</i>		Teste: 7							
Concentração (mg/L)	No. de ind. Imóveis por tubo			Imóveis		pH inicial	pH final	Dureza inicial	Dureza final
	1	2	3	Total	%				
Controle	0	0	0	0	0	7,43	7,34	44	42
5	0	0	0	0	0	7,40	7,26	44	42
7,5	0	0	0	0	0	7,48	7,31	42	42
10	2	1	1	4	27	7,49	7,33	42	40
12,5	1	3	5	9	60	7,52	7,47	42	40
15	4	5	3	12	80	7,60	7,38	40	38
17,5	5	5	5	15	100	7,70	7,56	38	38
20	5	5	5	15	100	7,79	7,62	38	36
25	5	5	5	15	100	7,79	7,71	38	36
CE50(48h): 11,83 mg/L				IC: 10,79 - 12,79 mg/L					

**Tabela 18** – Resultados do teste de toxicidade aguda da *Ceriodaphnia dubia* ao surfactante aniônico LAS e valores das variáveis físicas e químicas monitorados no início e no final dos testes.

Período do teste: 21/08/07 - 23/08/07		Dodecil benzeno sulfonato de sódio							
Organismo-teste: <i>Ceriodaphnia dubia</i>		Teste: 8							
Concentração (mg/L)	No. de ind. Imóveis por tubo			Imóveis		pH inicial	pH final	Dureza inicial	Dureza final
	1	2	3	Total	%				
Controle	0	0	0	0	0	7,43	7,34	44	42
5	0	0	0	0	0	7,40	7,26	44	42
7,5	0	0	0	0	0	7,48	7,31	42	42
10	2	5	0	7	47	7,49	7,33	42	40
12,5	3	5	5	13	87	7,52	7,47	42	40
15	5	5	3	15	100	7,60	7,38	40	38
17,5	5	5	5	15	100	7,70	7,56	38	38
20	5	5	5	15	100	7,79	7,62	38	36
25	5	5	5	15	100	7,79	7,71	38	36
CE50(48h): 10,34 mg/L				IC: 9,48 - 11,12 mg/L					



**Tabela 19** – Resultados do teste de toxicidade aguda da *Ceriodaphnia dubia* ao surfactante aniônico LAS e valores das variáveis físicas e químicas monitorados no início e no final dos testes.

Período do teste: 04/09/07 - 06/09/07			Dodecil benzeno sulfonato de sódio						
Organismo-teste: <i>Ceriodaphnia dubia</i>			Teste: 9						
Concentração (mg/L)	No. de ind. Imóveis por tubo			Imóveis		pH inicial	pH final	Dureza inicial	Dureza final
	1	2	3	Total	%				
Controle	0	0	0	0	0	7,75	7,78	44	44
5	0	0	0	0	0	7,70	7,66	44	44
7,5	0	0	0	0	0	7,69	7,54	42	44
10	0	0	0	0	0	7,63	7,69	42	42
12,5	2	5	2	9	60	7,64	7,58	40	40
15	5	5	3	15	100	7,59	7,35	40	40
17,5	5	5	5	15	100	7,56	7,47	40	38
20	5	5	5	15	100	7,55	7,32	38	38
25	5	5	5	15	100	7,51	7,37	36	36
CE50(48h): 12,12 mg/L				IC: 11,52 - 12,76 mg/L					

**Tabela 20** – Resultados do teste de toxicidade aguda da *Ceriodaphnia dubia* ao surfactante aniônico LAS e valores das variáveis físicas e químicas monitorados no início e no final dos testes.

Período do teste: 04/09/07 - 06/09/07			Dodecil benzeno sulfonato de sódio						
Organismo-teste: <i>Ceriodaphnia dubia</i>			Teste: 10						
Concentração (mg/L)	No. de ind. Imóveis por tubo			Imóveis		pH inicial	pH final	Dureza inicial	Dureza final
	1	2	3	Total	%				
Controle	0	0	0	0	0	7,75	7,78	44	44
5	0	0	0	0	0	7,70	7,66	44	44
7,5	0	0	0	0	0	7,69	7,54	42	44
10	0	0	0	0	0	7,63	7,69	42	42
12,5	5	4	5	14	93	7,64	7,58	40	40
15	5	5	3	15	100	7,59	7,35	40	40
17,5	5	5	5	15	100	7,56	7,47	40	38
20	5	5	5	15	100	7,55	7,32	38	38
25	5	5	5	15	100	7,51	7,37	36	36
CE50(48h): 11,33 mg/L				IC: 11,04 - 11,63 mg/L					

**Tabela 21** – Resultados do teste de toxicidade aguda da *Ceriodaphnia silvestrii* ao surfactante aniônico LAS e valores das variáveis físicas e químicas monitorados no início e no final dos testes.

Período do teste: 14/08/07 - 16/08/07			Dodecil benzeno sulfonato de sódio						
Organismo-teste: <i>Ceriodaphnia silvestrii</i>			Teste: 1						
Concentração (mg/L)	No. de ind. Imóveis por tubo			Imóveis		pH inicial	pH final	Dureza inicial	Dureza final
	1	2	3	Total	%				
Controle	0	0	0	0	0	7,63	7,67	48	48
5	0	0	0	0	0	7,55	7,65	46	46
7,5	1	0	1	2	13	7,57	7,70	44	46
10	1	0	1	2	13	7,54	7,70	44	44
12,5	0	3	1	4	27	7,51	7,65	42	42
15	4	4	3	11	73	7,52	7,64	40	42
17,5	5	5	5	15	100	7,48	7,58	40	40
20	5	5	5	15	100	7,55	7,57	40	40
25	5	5	5	15	100	7,50	7,55	38	38
EC50(48h): 12,52 mg/L				IC: 11,37 - 13,79 mg/L					

**Tabela 22** – Resultados do teste de toxicidade aguda da *Ceriodaphnia silvestrii* ao surfactante aniônico LAS e valores das variáveis físicas e químicas monitorados no início e no final dos testes.

Período do teste: 14/08/07 - 16/08/07			Dodecil benzeno sulfonato de sódio						
Organismo-teste: <i>Ceriodaphnia silvestrii</i>			Teste: 2						
Concentração (mg/L)	No. de ind. Imóveis por tubo			Imóveis		pH inicial	pH final	Dureza inicial	Dureza final
	1	2	3	Total	%				
Controle	0	0	0	0	0	7,63	7,67	48	48
5	0	0	0	0	0	7,55	7,65	46	46
7,5	0	0	0	0	0	7,57	7,70	44	46
10	0	0	3	3	20	7,54	7,70	44	44
12,5	1	1	0	2	13	7,51	7,65	42	42
15	5	2	4	11	73	7,52	7,64	40	42
17,5	5	5	5	15	100	7,48	7,58	40	40
20	5	5	5	15	100	7,55	7,57	40	40
25	5	5	5	15	100	7,50	7,55	38	38
EC50(48h): 13,27 mg/L				IC: 12,33 - 14,28 mg/L					

**Tabela 23** – Resultados do teste de toxicidade aguda da *Ceriodaphnia silvestrii* ao surfactante aniônico LAS e valores das variáveis físicas e químicas monitorados no início e no final dos testes.

Período do teste: 21/08/07 - 23/08/07						Dodecil benzeno sulfonato de sódio			
Organismo-teste: <i>Ceriodaphnia silvestrii</i>						Teste: 3			
Concentração (mg/L)	No. de ind. Imóveis por tubo			Imóveis		pH inicial	pH final	Dureza inicial	Dureza final
	1	2	3	Total	%				
Controle	0	0	0	0	0	7,43	7,34	44	42
5	0	0	0	0	0	7,40	7,26	44	42
7,5	0	1	0	1	7	7,48	7,31	42	42
10	1	2	2	5	33	7,49	7,33	42	40
12,5	0	2	1	3	20	7,52	7,47	42	40
15	4	4	5	13	87	7,60	7,38	40	38
17,5	5	5	5	15	100	7,70	7,56	38	38
20	5	5	5	15	100	7,79	7,62	38	36
25	5	5	5	15	100	7,79	7,71	38	36
EC50(48h): 12,11 mg/L					IC: 11,05 - 13,27 mg/L				

**Tabela 24** – Resultados do teste de toxicidade aguda da *Ceriodaphnia silvestrii* ao surfactante aniônico LAS e valores das variáveis físicas e químicas monitorados no início e no final dos testes.

Período do teste: 21/08/07 - 23/08/07						Dodecil benzeno sulfonato de sódio			
Organismo-teste: <i>Ceriodaphnia silvestrii</i>						Teste: 4			
Concentração (mg/L)	No. de ind. Imóveis por tubo			Imóveis		pH inicial	pH final	Dureza inicial	Dureza final
	1	2	3	Total	%				
Controle	0	0	0	0	0	7,43	7,34	44	42
5	0	0	0	0	0	7,40	7,26	44	42
7,5	0	0	0	0	0	7,48	7,31	42	42
10	0	1	2	3	20	7,49	7,33	42	40
12,5	1	1	2	4	27	7,52	7,47	42	40
15	5	3	5	13	87	7,60	7,38	40	38
17,5	5	5	5	15	100	7,70	7,56	38	38
20	5	5	5	15	100	7,79	7,62	38	36
25	5	5	5	15	100	7,79	7,71	38	36
EC50(48h): 12,61mg/L					IC: 11,68 - 13,60 mg/L				

**Tabela 25** – Resultados do teste de toxicidade aguda da *Ceriodaphnia silvestrii* ao surfactante aniônico LAS e valores das variáveis físicas e químicas monitorados no início e no final dos testes.

Período do teste: 24/08/07 - 26/08/07						Dodecil benzeno sulfonato de sódio			
Organismo-teste: <i>Ceriodaphnia silvestrii</i>						Teste: 5			
Concentração (mg/L)	No. de ind. Imóveis por tubo			Imóveis		pH inicial	pH final	Dureza inicial	Dureza final
	1	2	3	Total	%				
Controle	0	0	0	0	0	7,63	7,67	48	48
5	0	0	0	0	0	7,55	7,65	46	46
7,5	0	0	0	0	0	7,57	7,70	44	46
10	0	0	0	0	0	7,54	7,70	44	44
12,5	0	1	0	1	7	7,51	7,65	42	42
15	5	5	5	15	100	7,52	7,64	40	42
17,5	5	5	5	15	100	7,48	7,58	40	40
20	5	5	5	15	100	7,55	7,57	40	40
25	5	5	5	15	100	7,5	7,55	38	38
EC50(48h): 13,51 mg/L					IC: 13,16 - 13,87 mg/L				

**Tabela 26** – Resultados do teste de toxicidade aguda da *Ceriodaphnia silvestrii* ao surfactante aniônico LAS e valores das variáveis físicas e químicas monitorados no início e no final dos testes.

Período do teste: 24/08/07 - 26/08/07						Dodecil benzeno sulfonato de sódio			
Organismo-teste: <i>Ceriodaphnia silvestrii</i>						Teste: 6			
Concentração (mg/L)	No. de ind. Imóveis por tubo			Imóveis		pH inicial	pH final	Dureza inicial	Dureza final
	1	2	3	Total	%				
Controle	0	0	0	0	0	7,63	7,67	48	48
5	0	0	0	0	0	7,55	7,65	46	46
7,5	0	1	0	1	7	7,57	7,70	44	46
10	0	0	0	0	0	7,54	7,70	44	44
12,5	1	1	1	3	20	7,51	7,65	42	42
15	5	5	5	15	100	7,52	7,64	40	42
17,5	5	5	5	15	100	7,48	7,58	40	40
20	5	5	5	15	100	7,55	7,57	40	40
25	5	5	5	15	100	7,50	7,55	38	38
EC50(48h): 12,89 mg/L					IC: 12,16 - 13,66 mg/L				

**Tabela 27** – Resultados do teste de toxicidade aguda da *Ceriodaphnia silvestrii* ao surfactante aniônico LAS e valores das variáveis físicas e químicas monitorados no início e no final dos testes.

Período do teste: 15/01/08 - 17/01/08						Dodecil benzeno sulfonato de sódio			
Organismo-teste: <i>Ceriodaphnia silvestrii</i>						Teste: 7			
Concentração (mg/L)	No. de ind. Imóveis por tubo			Imóveis		pH inicial	pH final	Dureza inicial	Dureza final
	1	2	3	Total	%				
Controle	0	0	0	0	0	7,67	7,8	40	44
5	1	0	1	2	13	7,61	7,74	38	40
7,5	0	1	0	1	7	7,51	7,69	38	40
10	1	1	1	3	20	7,47	7,67	36	38
12,5	1	1	1	3	20	7,49	7,5	36	40
15	3	1	5	9	60	7,42	7,73	34	40
17,5	5	4	5	14	93	7,49	7,87	34	38
20	5	5	5	15	100	7,49	7,58	34	34
25	5	5	5	15	100	7,43	7,55	34	32
EC50(48h): 13,89 mg/L					IC: 12,39 - 15,56 mg/L				

**Tabela 28** – Resultados do teste de toxicidade aguda da *Ceriodaphnia silvestrii* ao surfactante aniônico LAS e valores das variáveis físicas e químicas monitorados no início e no final dos testes.

Período do teste: 15/01/08 - 17/01/08						Dodecil benzeno sulfonato de sódio			
Organismo-teste: <i>Ceriodaphnia silvestrii</i>						Teste: 8			
Concentração (mg/L)	No. de ind. Imóveis por tubo			Imóveis		pH inicial	pH final	Dureza inicial	Dureza final
	1	2	3	Total	%				
Controle	0	0	0	0	0	7,67	7,8	40	44
5	1	1	0	2	13	7,61	7,74	38	40
7,5	2	2	1	5	33	7,51	7,69	38	40
10	1	2	0	3	20	7,47	7,67	36	38
12,5	0	0	1	1	7	7,49	7,5	36	40
15	2	3	1	6	40	7,42	7,73	34	40
17,5	4	5	5	14	93	7,49	7,87	34	38
20	5	5	3	13	87	7,49	7,58	34	34
25	5	5	5	15	100	7,43	7,55	34	32
EC50(48h): 15,16 mg/L					IC: 14,03 - 16,38 mg/L				

**Tabela 29** – Resultados do teste de toxicidade aguda da *Ceriodaphnia silvestrii* ao surfactante aniônico LAS e valores das variáveis físicas e químicas monitorados no início e no final dos testes.

Período do teste: 19/01/08 - 21/01/08						Dodecil benzeno sulfonato de sódio			
Organismo-teste: <i>Ceriodaphnia silvestrii</i>						Teste: 9			
Concentração (mg/L)	No. de ind. Imóveis por tubo			Imóveis		pH inicial	pH final	Dureza inicial	Dureza final
	1	2	3	Total	%				
Controle	0	0	0	0	0	7,46	8	42	44
5	1	1	0	2	13	7,21	7,89	40	44
7,5	2	2	1	5	33	7,3	7,93	38	42
10	1	2	0	3	20	7,3	7,9	38	42
12,5	0	0	1	1	7	7,29	7,85	36	40
15	2	3	1	6	40	7,27	7,81	36	40
17,5	4	5	5	14	93	7,27	7,82	34	40
20	5	5	3	13	87	7,14	7,8	34	40
25	5	5	5	15	100	7,1	7,83	32	38
EC50(48h): 13,30 mg/L					IC: 11,17 - 15,85 mg/L				

**Tabela 30** – Resultados do teste de toxicidade aguda da *Ceriodaphnia silvestrii* ao surfactante aniônico LAS e valores das variáveis físicas e químicas monitorados no início e no final dos testes.

Período do teste: 19/01/08 - 21/01/08						Dodecil benzeno sulfonato de sódio			
Organismo-teste: <i>Ceriodaphnia silvestrii</i>						Teste: 10			
Concentração (mg/L)	No. de ind. Imóveis por tubo			Imóveis		pH inicial	pH final	Dureza inicial	Dureza final
	1	2	3	Total	%				
Controle	0	1	0	1	7	7,46	8	42	44
5	1	1	0	2	13	7,21	7,89	40	44
7,5	0	1	0	1	7	7,3	7,93	38	42
10	0	1	1	2	13	7,3	7,9	38	42
12,5	1	1	1	3	20	7,29	7,85	36	40
15	1	1	2	4	27	7,27	7,81	36	40
17,5	4	4	2	10	67	7,27	7,82	34	40
20	5	5	5	15	100	7,14	7,8	34	40
25	5	5	5	15	100	7,1	7,83	32	38
EC50(48h): 15,93mg/L					IC: 14,51 - 17,48 mg/L				

**Tabela 31** – Número de neonatas produzidas durante o teste de toxicidade crônica do surfactante aniônico LAS com *Ceriodaphnia dubia* e valores das variáveis físicas e químicas monitoradas no início e no final dos testes. M = mortalidade dos indivíduos adultos.

<b>REGISTRO DOS DADOS/TESTE DE TOXICIDADE CRÔNICA</b>															
<b>Organismo-teste: <i>Ceriodaphnia dubia</i> Dodecil benzeno sulfonato de sódio</b>															
<b>Início: 18/09/07 Fim: 28/09/07</b>															
<b>Leitura 1 (48h)</b>	<b>LAS</b>	<b>Réplicas</b>										<b>pH</b>		<b>Dureza</b>	
		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>I</b>	<b>F</b>	<b>I</b>	<b>F</b>
	<b>Controle</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7,59	7,64	42	44
	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7,70	7,71	40	38
	1,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
	2,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7,74	7,59	38	36
	5,0	0	0	M	0	0	M	0	0	0	0				
7,0	0	M	0	0	0	0	0	0	0	0	7,76	7,51	34	34	
<b>Leitura 2 (96h)</b>	<b>LAS</b>	<b>Réplicas</b>										<b>pH</b>		<b>Dureza</b>	
		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>I</b>	<b>F</b>	<b>I</b>	<b>F</b>
	<b>Controle</b>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	4	7,58	7,63	44	44
	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7,60	7,75	42	40
	1,0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0				
	2,5	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	7,62	7,56	38	38
	5,0	0	0	M	0	0	M	0	0	M	0				
7,0	0	M	0	0	M	0	0	0	0	0	7,57	7,34	34	34	
<b>Leitura 3 (144h)</b>	<b>LAS</b>	<b>Réplicas</b>										<b>pH</b>		<b>Dureza</b>	
		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>I</b>	<b>F</b>	<b>I</b>	<b>F</b>
	<b>Controle</b>	4	7	4	8	4	9	3	12	2	7	7,45	7,79	44	44
	0,5	4	4	4	3	3	4	9	11	4	3	7,44	7,65	44	44
	1,0	4	3	4	9	2	3	8	3	4	4				
	2,5	0	2	4	3	7	2	4	0	4	7	7,46	7,73	42	42
	5,0	0	0	M	1	M	M	3	4	M	4				
7,0	1	M	5	1	M	2	0	0	0	0	7,46	7,78	40	40	
<b>Leitura 4 (192h)</b>	<b>LAS</b>	<b>Réplicas</b>										<b>pH</b>		<b>Dureza</b>	
		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>I</b>	<b>F</b>	<b>I</b>	<b>F</b>
	<b>Controle</b>	8	10	10	9	6	8	8	10	5	9	7,56	7,6	42	42
	0,5	7	6	6	7	5	7	7	7	5	8	7,53	7,64	42	44
	1,0	8	0	6	7	5	8	9	7	8	7				
	2,5	0	7	8	6	9	4	9	0	5	7	7,45	7,72	38	40
	5,0	4	3	M	6	M	M	7	8	M	7				
7,0	8	M	7	3	M	5	5	0	10	4	7,42	7,63	36	38	
<b>Leitura 5 (240h)</b>	<b>LAS</b>	<b>Réplicas</b>										<b>pH</b>		<b>Dureza</b>	
		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>I</b>	<b>F</b>	<b>I</b>	<b>F</b>
	<b>Controle</b>	9	0	14	11	6	11	10	8	8	8	7,73	7,60	44	46
	0,5	8	8	6	8	6	9	9	9	7	7	7,68	7,62	44	44
	1,0	9	5	7	4	8	8	9	7	4	7				
	2,5	0	7	7	8	9	8	7	M	10	8	7,65	7,7	42	42
	5,0	8	5	M	8	M	M	10	7	M	7				
7,0	8	M	7	3	M	5	5	0	10	4	7,56	7,67	38	40	

**Tabela 32** – Número de neonatas produzidas durante o teste de toxicidade crônica do surfactante aniônico LAS com *Ceriodaphnia silvestrii* e valores das variáveis físicas e químicas monitoradas no início e no final dos testes. M = mortalidade dos indivíduos adultos.

REGISTRO DOS DADOS/TESTE DE TOXICIDADE CRÔNICA															
Organismo-teste: <i>Ceriodaphnia silvestrii</i> Dodecil benzeno sulfonato de sódio															
Início: 02/10/07 Fim: 10/10/07															
Leitura 1 (48h)	LAS	Réplicas										pH		Dureza	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	I	F	I	F
	Controle	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7,62	7,66	44	46
	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7,76	7,62	42	44
	1,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
	2,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7,72	7,63	40	44
	5,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
7,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7,79	7,67	38	42	
Leitura 2 (96h)	LAS	Réplicas										pH		Dureza	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	I	F	I	F
	Controle	4	4	5	5	4	4	4	3	4	3	7,65	7,73	44	44
	0,5	5	4	5	3	3	7	4	5	5	4	7,62	7,74	44	44
	1,0	4	4	4	4	0	3	4	4	3	4				
	2,5	4	3	4	4	2	3	10	4	0	4	7,74	7,65	42	42
	5,0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1				
7,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7,81	7,78	38	40	
Leitura 3 (144h)	LAS	Réplicas										pH		Dureza	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	I	F	I	F
	Controle	15	16	13	13	14	6	13	14	16	7	7,72	7,55	42	46
	0,5	16	16	12	16	4	8	M	13	11	13	7,74	7,54	40	44
	1,0	16	6	13	18	0	13	14	17	5	13				
	2,5	18	3	17	12	8	16	10	18	0	12	7,83	7,56	40	42
	5,0	2	10	5	3	3	1	11	7	9	6				
7,0	7	6	0	4	5	6	6	11	2	6	7,79	7,48	38	40	
Leitura 4 (192h)	LAS	Réplicas										pH		Dureza	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	I	F	I	F
	Controle	4	9	6	7	9	10	13	3	8	8	7,8	7,83	42	44
	0,5	7	8	5	7	9	13	M	8	10	11	7,74	7,78	42	44
	1,0	11	5	8	8	6	11	9	5	10	9				
	2,5	12	M	10	11	11	9	14	9	0	9	7,82	7,78	40	42
	5,0	7	12	0	6	7	6	9	10	10	12				
7,0	0	6	0	5	1	6	0	4	M	5	7,85	7,94	40	42	



**Tabela 33** – Número de neonatas produzidas durante o teste de toxicidade crônica do surfactante aniônico LAS com *Ceriodaphnia silvestrii* e valores das variáveis físicas e químicas monitoradas no início e no final dos testes. M = mortalidade dos indivíduos adultos.

REGISTRO DOS DADOS/TESTE DE TOXICIDADE CRÔNICA															
Organismo-teste: <i>Ceriodaphnia silvestrii</i> Dodecil benzeno sulfonato de sódio															
Início: 12/10/07 Fim: 20/10/07															
Leitura 1 (48h)	LAS	Réplicas										pH		Dureza	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	I	F	I	F
	Controle	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7,20	7,46	46	44
	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7,40	7,56	46	44
	1,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
	2,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7,36	7,61	46	42
	5,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
7,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7,49	7,67	40	40	
Leitura 2 (96h)	LAS	Réplicas										pH		Dureza	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	I	F	I	F
	Controle	5	2	6	6	5	6	4	9	4	6	7,35	7,48	44	42
	0,5	11	5	0	2	3	1	6	2	4	4	7,28	7,53	44	42
	1,0	5	6	2	6	6	3	M	5	0	0				
	2,5	5	6	2	6	6	3	M	5	0	0	7,15	7,41	40	40
	5,0	6	1	5	0	3	4	2	M	1	4				
7,0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	7,18	7,37	40	38	
Leitura 3 (144h)	LAS	Réplicas										pH		Dureza	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	I	F	I	F
	Controle	8	4	3	7	3	11	11	8	8	12	7,57	7,43	42	44
	0,5	8	2	3	6	4	0	3	2	2	3	7,68	7,5	42	44
	1,0	1	2	2	1	0	0	M	9	9	3				
	2,5	7	8	3	0	1	1	5	M	4	6	7,43	7,55	40	42
	5,0	0	1	0	3	9	2	16	5	M	4				
7,0	0	1	0	4	0	0	3	1	0	0	7,67	7,41	40	42	
Leitura 4 (192h)	LAS	Réplicas										pH		Dureza	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	I	F	I	F
	Controle	14	9	12	10	13	9	9	10	8	7	7,45	7,34	40	40
	0,5	12	10	7	9	11	6	15	6	15	15	7,55	7,38	40	40
	1,0	15	14	12	15	15	11	M	12	12	10				
	2,5	0	11	17	2	18	16	16	M	5	12	7,53	7,23	38	38
	5,0	0	10	0	16	12	9	18	12	M	M				
7,0	9	14	0	0	0	0	M	12	0	1	7,47	7,26	36	36	

**APÊNDICE C**

Dados brutos relativos aos resultados dos testes de toxicidade aguda com os cladóceros  
*Daphnia similis*, *Ceriodaphnia dubia* e *Ceriodaphnia silvestrii* expostos ao dodecil  
sulfato de sódio

**Tabela 1** – Resultados do teste de toxicidade aguda da *Daphnia similis* ao surfactante aniônico DSS e valores das variáveis físicas e químicas monitorados no início e no final dos testes.

Período do teste: 22/09/07 - 24/09/07						Dodecil Sulfato de Sódio			
Organismo-teste: <i>Daphnia similis</i>						Teste: 1			
Concentração (mg/L)	No. de ind. Imóveis por tubo			Imóveis		pH inicial	pH final	Dureza inicial	Dureza final
	1	2	3	Total	%				
Controle	0	0	0	0	0	8,06	7,89	40	42
6	0	0	0	0	0	7,80	7,76	42	
10	3	0	0	3	20	7,79	7,81	40	
15	4	4	5	13	87	7,83	7,74	38	
30	5	5	5	15	100	7,9	7,82	38	
50	5	5	5	15	100	7,9	7,73	38	
CE50(48h): 12,02 mg/L					IC: 10,50 - 13,76 mg/L				

**Tabela 2** – Resultados do teste de toxicidade aguda da *Daphnia similis* ao surfactante aniônico DSS e valores das variáveis físicas e químicas monitorados no início e no final dos testes.

Período do teste: 23/10/07 - 25/10/07						Dodecil Sulfato de Sódio			
Organismo-teste: <i>Daphnia similis</i>						Teste: 2			
Concentração (mg/L)	No. de ind. Imóveis por tubo			Imóveis		pH inicial	pH final	Dureza inicial	Dureza final
	1	2	3	Total	%				
Controle	0	0	0	0	0	7,76	7,82	40	42
6	1	0	0	1	7	7,86	7,78	40	42
10	3	2	4	9	60	7,83	7,74	38	40
15	5	5	4	14	93	7,89	7,81	38	38
30	5	5	5	15	100	7,93	7,76	36	36
50	5	5	5	15	100	7,9	7,83	36	36
CE50(48h): 9,24 mg/L					IC: 8,01 - 10,65 mg/L				

**Tabela 3** – Resultados do teste de toxicidade aguda da *Daphnia similis* ao surfactante aniônico DSS e valores das variáveis físicas e químicas monitorados no início e no final dos testes.

Período do teste: 23/10/07 - 25/10/07						Dodecil Sulfato de Sódio			
Organismo-teste: <i>Daphnia similis</i>						Teste: 3			
Concentração (mg/L)	No. de ind. Imóveis por tubo			Imóveis		pH inicial	pH final	Dureza inicial	Dureza final
	1	2	3	Total	%				
Controle	0	0	0	0	0	7,76	7,82	40	42
6	0	0	0	0	0	7,86	7,78	40	42
10	2	2	1	5	33	7,83	7,74	38	40
15	5	2	5	12	80	7,89	7,81	38	38
30	5	5	5	15	100	7,93	7,76	36	36
50	5	5	5	15	100	7,9	7,83	36	36
CE50(48h): 11,53 mg/L					IC: 10,01 - 13,76 mg/L				

**Tabela 4** – Resultados do teste de toxicidade aguda da *Daphnia similis* ao surfactante aniônico DSS e valores das variáveis físicas e químicas monitorados no início e no final dos testes.

Período do teste: 23/10/07 - 25/10/07						Dodecil Sulfato de Sódio			
Organismo-teste: <i>Daphnia similis</i>						Teste: 4			
Concentração (mg/L)	No. de ind. Imóveis por tubo			Imóveis		pH inicial	pH final	Dureza inicial	Dureza final
	1	2	3	Total	%				
Controle	0	0	0	0	0	7,76	7,82	40	42
6	1	1	0	2	13	7,86	7,78	40	42
10	3	4	3	10	67	7,83	7,74	38	40
15	5	5	5	15	100	7,89	7,81	38	38
30	5	5	5	15	100	7,93	7,76	36	36
50	5	5	5	15	100	7,9	7,83	36	36
CE50(48h): 8,58 mg/L					IC: 7,36 - 10,01 mg/L				

**Tabela 5** – Resultados do teste de toxicidade aguda da *Daphnia similis* ao surfactante aniônico DSS e valores das variáveis físicas e químicas monitorados no início e no final dos testes.

Período do teste: 12/01/08 - 14/01/08						Dodecil Sulfato de Sódio			
Organismo-teste: <i>Daphnia similis</i>						Teste: 5			
Concentração (mg/L)	No. de ind. Imóveis por tubo			Imóveis		pH inicial	pH final	Dureza inicial	Dureza final
	1	2	3	Total	%				
Controle	0	0	0	0	0	7,86	7,75	40	42
6	0	0	0	0	0	7,68	7,73	40	
10	1	1	1	3	20	7,73	7,81	40	
15	3	2	1	6	40	7,73	7,77	40	
30	5	5	5	15	100	7,75	7,58	40	
50	5	5	5	15	100	7,77	7,62	38	
CE50(48h): 15,54 mg/L					IC: 13,13 - 18,38 mg/L				

**Tabela 6** – Resultados do teste de toxicidade aguda da *Daphnia similis* ao surfactante aniônico DSS e valores das variáveis físicas e químicas monitorados no início e no final dos testes.

Período do teste: 19/01/08 - 21/01/08						Dodecil Sulfato de Sódio			
Organismo-teste: <i>Daphnia similis</i>						Teste: 6			
Concentração (mg/L)	No. de ind. Imóveis por tubo			Imóveis		pH inicial	pH final	Dureza inicial	Dureza final
	1	2	3	Total	%				
Controle	0	0	0	0	0	7,86	7,74	40	40
6	0	0	0	0	0	7,68	7,53	40	40
10	0	0	0	0	0	7,73	7,65	40	40
15	4	3	1	8	53	7,73	7,61	40	38
30	5	5	5	15	100	7,75	7,72	40	38
50	5	5	5	15	100	7,77	7,69	38	36
CE50(48h): 15,83 mg/L					IC: 13,74 - 18,23 mg/L				

**Tabela 7** – Resultados do teste de toxicidade aguda da *Daphnia similis* ao surfactante aniônico DSS e valores das variáveis físicas e químicas monitorados no início e no final dos testes.

Período do teste: 19/01/08 - 21/01/08						Dodecil Sulfato de Sódio			
Organismo-teste: <i>Daphnia similis</i>						Teste: 7			
Concentração (mg/L)	No. de ind. Imóveis por tubo			Imóveis		pH inicial	pH final	Dureza inicial	Dureza final
	1	2	3	Total	%				
Controle	0	0	0	0	0	7,86	7,74	40	40
6	0	0	0	0	0	7,68	7,53	40	40
10	1	1	1	3	20	7,73	7,65	40	40
15	1	1	4	6	40	7,73	7,61	40	38
30	5	5	5	15	100	7,75	7,72	40	38
50	5	5	5	15	100	7,77	7,69	38	36
CE50(48h): 15,54 mg/L					IC: 13,13 - 18,38 mg/L				

**Tabela 8** – Resultados do teste de toxicidade aguda da *Daphnia similis* ao surfactante aniônico DSS e valores das variáveis físicas e químicas monitorados no início e no final dos testes.

Período do teste: 21/01/08 - 23/01/08						Dodecil Sulfato de Sódio			
Organismo-teste: <i>Daphnia similis</i>						Teste: 8			
Concentração (mg/L)	No. de ind. Imóveis por tubo			Imóveis		pH inicial	pH final	Dureza inicial	Dureza final
	1	2	3	Total	%				
Controle	0	0	0	0	0	7,96	7,85	42	42
6	0	0	0	0	0	7,94	7,76	42	42
10	2	2	1	5	33	7,92	7,81	52	48
15	3	2	3	8	53	7,98	7,84	52	48
30	4	5	5	14	93	8,15	7,92	50	48
50	5	5	5	15	100	7,96	7,85	50	46
CE50(48h): 14,14 mg/L					IC: 11,62 - 17,21 mg/L				

**Tabela 9** – Resultados do teste de toxicidade aguda da *Daphnia similis* ao surfactante aniônico DSS e valores das variáveis físicas e químicas monitorados no início e no final dos testes.

Período do teste: 21/01/08 - 23/01/08						Dodecil Sulfato de Sódio			
Organismo-teste: <i>Daphnia similis</i>						Teste: 9			
Concentração (mg/L)	No. de ind. Imóveis por tubo			Imóveis		pH inicial	pH final	Dureza inicial	Dureza final
	1	2	3	Total	%				
Controle	0	0	0	0	0	7,96		42	
6	1	0	0	1	7	7,94		42	
10	0	0	2	2	13	7,92		52	
15	2	3	3	8	53	7,98		52	
30	5	5	5	15	100	8,15		50	
50	5	5	5	15	100	7,96		50	
CE50(48h): 14,89 mg/L					IC: 12,32 - 18,00 mg/L				

**Tabela 10** – Resultados do teste de toxicidade aguda da *Daphnia similis* ao surfactante aniônico DSS e valores das variáveis físicas e químicas monitorados no início e no final dos testes.

Período do teste: 21/01/08 - 23/01/08			Dodecil Sulfato de Sódio						
Organismo-teste: <i>Daphnia similis</i>			Teste: 10						
Concentração (mg/L)	No. de ind. Imóveis por tubo			Imóveis		pH inicial	pH final	Dureza inicial	Dureza final
	1	2	3	Total	%				
Controle	0	0	0	0	0	7,96	7,85	42	42
6	0	0	0	0	0	7,94	7,76	42	42
10	2	1	1	4	27	7,92	7,81	52	48
15	5	5	5	15	100	7,98	7,84	52	48
30	5	5	5	15	100	8,15	7,92	50	48
50	5	5	5	15	100	7,96	7,85	50	46
CE50(48h): 10,84 mg/L				IC: 9,76 - 12,03 mg/L					

**Tabela 11** – Resultados do teste de toxicidade aguda da *Ceriodaphnia dubia* ao surfactante aniônico DSS e valores das variáveis físicas e químicas monitorados no início e no final dos testes.

Período do teste: 25/09/07 - 27/09/07			Dodecil Sulfato de Sódio 99%						
Organismo-teste: <i>Ceriodaphnia dubia</i>			Teste: 1						
Concentração mg/L	No. de ind. Imóveis por tubo			Imóveis		pH inicial	pH final	Dureza inicial	Dureza final
	1	2	3	Total	%				
Controle	0	0	0	0	0	7,84	7,52	44	42
1	0	1	0	1	7	7,96	7,57	42	44
4	3	3	1	7	47	7,81	7,49	42	42
6	2	4	5	11	73	7,80	7,42	42	42
8	2	4	3	9	60	7,83	7,4	42	42
10	2	3	4	9	60	7,79	7,35	42	40
15	4	5	5	14	93	7,82	7,3	42	40
30	5	5	5	15	100	7,86	7,19	42	40
CE50(48h): 4,40 mg/L				IC: 3,18 - 6,09 mg/L					

**Tabela 12** – Resultados do teste de toxicidade aguda da *Ceriodaphnia dubia* ao surfactante aniônico DSS e valores das variáveis físicas e químicas monitorados no início e no final dos testes.

Período do teste: 02/10/07 - 04/10/07			Dodecil Sulfato de Sódio 99%						
Organismo-teste: <i>Ceriodaphnia dubia</i>			Teste: 2						
Concentração mg/L	No. de ind. Imóveis por tubo			Imóveis		pH inicial	pH final	Dureza inicial	Dureza final
	1	2	3	Total	%				
Controle	0	0	0	0	0	7,62	7,94	44	44
1	0	0	0	0	0	7,69	7,84	42	44
4	1	3	0	4	27	7,68	7,8	42	44
6	3	3	2	8	53	7,71	7,77	42	44
8	4	2	4	10	67	7,70	7,77	42	44
10	2	5	4	11	73	7,69	7,74	40	44
15	5	3	5	13	87	7,70	7,76	40	44
30	5	5	5	15	100	7,69	7,59	38	44
CE50(48h): 6,12 mg/L				IC: 4,60 - 7,57 mg/L					

**Tabela 13** – Resultados do teste de toxicidade aguda da *Ceriodaphnia dubia* ao surfactante aniônico DSS e valores das variáveis físicas e químicas monitorados no início e no final dos testes.

Período do teste: 02/10/07 - 04/10/07			Dodecil Sulfato de Sódio 99%						
Organismo-teste: <i>Ceriodaphnia dubia</i>			Teste: 3						
Concentração mg/L	No. de ind. Imóveis por tubo			Imóveis		pH inicial	pH final	Dureza inicial	Dureza final
	1	2	3	Total	%				
Controle	0	0	0	0	0	7,62	7,94	44	44
1	0	0	0	0	0	7,69	7,84	42	44
4	4	1	0	5	33	7,68	7,8	42	44
6	2	3	4	9	60	7,71	7,77	42	44
8	5	4	4	13	87	7,70	7,77	42	44
10	1	5	2	8	53	7,69	7,74	40	44
15	4	1	4	9	60	7,70	7,76	40	44
30	5	5	5	15	100	7,69	7,59	38	44
CE50(48h): 6,11 mg/L				IC: 1,45 - 12,45 mg/L					

**Tabela 14** – Resultados do teste de toxicidade aguda da *Ceriodaphnia dubia* ao surfactante aniônico DSS e valores das variáveis físicas e químicas monitorados no início e no final dos testes.

Período do teste: 05/10/07 - 07/10/07			Dodecil Sulfato de Sódio 99%						
Organismo-teste: <i>Ceriodaphnia dubia</i>			Teste: 4						
Concentração mg/L	No. de ind. Imóveis por tubo			Imóveis		pH inicial	pH final	Dureza inicial	Dureza final
	1	2	3	Total	%				
Controle	0	0	0	0	0	7,72	7,68	44	44
1	0	0	0	0	0	7,58	7,78	42	44
4	0	1	2	3	20	7,69	7,68	42	44
6	3	2	1	6	40	7,60	7,43	42	44
8	5	4	4	13	87	7,67	7,64	42	42
10	5	3	5	13	87	7,62	7,68	42	42
15	5	5	5	15	100	7,70	7,65	42	40
30	5	5	5	15	100	7,65	7,56	42	36
CE50(48h): 5,44 mg/L				IC: 4,38 - 6,76 mg/L					

**Tabela 15** – Resultados do teste de toxicidade aguda da *Ceriodaphnia dubia* ao surfactante aniônico DSS e valores das variáveis físicas e químicas monitorados no início e no final dos testes.

Período do teste: 05/10/07 - 07/10/07			Dodecil Sulfato de Sódio 99%						
Organismo-teste: <i>Ceriodaphnia dubia</i>			Teste: 5						
Concentração mg/L	No. de ind. Imóveis por tubo			Imóveis		pH inicial	pH final	Dureza inicial	Dureza final
	1	2	3	Total	%				
Controle	0	0	0	0	0	7,72	7,68	44	44
1	0	0	0	0	0	7,58	7,78	42	44
4	1	2	4	7	47	7,69	7,68	42	44
6	3	2	3	8	53	7,60	7,43	42	44
8	4	4	5	13	87	7,67	7,64	42	42
10	5	5	4	14	93	7,62	7,68	42	42
15	5	5	5	15	100	7,70	7,65	42	40
30	5	5	5	15	100	7,65	7,56	42	36
CE50(48h): 4,01 mg/L				IC: 3,10 - 3,17 mg/L					



**Tabela 16** – Resultados do teste de toxicidade aguda da *Ceriodaphnia dubia* ao surfactante aniônico DSS e valores das variáveis físicas e químicas monitorados no início e no final dos testes.

Período do teste: 09/10/07 - 11/10/07			Dodecil Sulfato de Sódio 99%						
Organismo-teste: <i>Ceriodaphnia dubia</i>			Teste: 6						
Concentração mg/L	No. de ind. Imóveis por tubo			Imóveis		pH inicial	pH final	Dureza inicial	Dureza final
	1	2	3	Total	%				
Controle	0	0	0	0	0	7,8	7,65	44	44
1	0	0	0	0	0	7,65	7,58	44	44
4	2	0	3	5	33	7,63	7,59	44	44
6	5	4	2	11	73	7,56	7,43	44	44
8	0	5	5	10	67	7,61	7,52	44	44
10	4	4	4	12	80	7,67	7,63	44	44
15	5	5	5	15	100	7,70	7,76	42	40
30	5	5	5	15	100	7,60	7,78	42	40
CE50(48h): 4,64 mg/L				IC: 3,61 - 5,95 mg/L					

**Tabela 17** – Resultados do teste de toxicidade aguda da *Ceriodaphnia dubia* ao surfactante aniônico DSS e valores das variáveis físicas e químicas monitorados no início e no final dos testes.

Período do teste: 09/10/07 - 11/10/07			Dodecil Sulfato de Sódio 99%						
Organismo-teste: <i>Ceriodaphnia dubia</i>			Teste: 7						
Concentração mg/L	No. de ind. Imóveis por tubo			Imóveis		pH inicial	pH final	Dureza inicial	Dureza final
	1	2	3	Total	%				
Controle	0	0	0	0	0	7,8	7,65	44	44
1	1	0	0	1	7	7,65	7,58	44	44
4	2	5	4	11	73	7,63	7,59	44	44
6	5	4	4	13	87	7,56	7,43	44	44
8	3	5	4	12	80	7,61	7,52	44	44
10	5	5	4	14	93	7,67	7,63	44	44
15	5	5	5	15	100	7,70	7,76	42	40
30	5	5	5	15	100	7,60	7,78	42	40
CE50(48h): 2,64 mg/L				IC: 2,00 - 3,47 mg/L					

**Tabela 18** – Resultados do teste de toxicidade aguda da *Ceriodaphnia dubia* ao surfactante aniônico DSS e valores das variáveis físicas e químicas monitorados no início e no final dos testes.

Período do teste: 12/10/07 - 14/10/07			Dodecil Sulfato de Sódio 99%						
Organismo-teste: <i>Ceriodaphnia dubia</i>			Teste: 8						
Concentração mg/L	No. de ind. Imóveis por tubo			Imóveis		pH inicial	pH final	Dureza inicial	Dureza final
	1	2	3	Total	%				
Controle	0	0	0	0	0	7,2	7,89	44	46
1	0	0	0	0	0	7,20	7,78	42	44
4	4	0	4	8	53	7,27	7,76	42	44
6	5	5	4	14	93	7,34	7,77	42	44
8	5	4	4	13	87	7,46	7,76	42	44
10	5	5	5	15	100	7,41	7,71	42	44
15	5	5	5	15	100	7,35	7,73	40	44
30	5	5	5	15	100	7,50	7,73	40	44
CE50(48h): 3,23 mg/L				IC: 2,54 - 4,10 mg/L					

**Tabela 19** – Resultados do teste de toxicidade aguda da *Ceriodaphnia dubia* ao surfactante aniônico DSS e valores das variáveis físicas e químicas monitorados no início e no final dos testes.

Período do teste: 12/10/07 - 14/10/07			Dodecil Sulfato de Sódio 99%						
Organismo-teste: <i>Ceriodaphnia dubia</i>			Teste: 9						
Concentração mg/L	No. de ind. Imóveis por tubo			Imóveis		pH inicial	pH final	Dureza inicial	Dureza final
	1	2	3	Total	%				
Controle	0	0	0	0	0	7,2	7,89	44	46
1	0	0	0	0	0	7,20	7,78	42	44
4	2	2	2	6	40	7,27	7,76	42	44
6	4	4	4	12	80	7,34	7,77	42	44
8	5	4	4	13	87	7,46	7,76	42	44
10	4	5	5	14	93	7,41	7,71	42	44
15	5	5	5	15	100	7,35	7,73	40	44
30	5	5	5	15	100	7,50	7,73	40	44
CE50(48h): 3,88 mg/L				IC: 3,03 - 4,95 mg/L					

**Tabela 20** – Resultados do teste de toxicidade aguda da *Ceriodaphnia dubia* ao surfactante aniônico DSS e valores das variáveis físicas e químicas monitorados no início e no final dos testes.

Período do teste: 12/10/07 - 14/10/07						Dodecil Sulfato de Sódio 99%			
Organismo-teste: <i>Ceriodaphnia dubia</i>						Teste: 10			
Concentração mg/L	No. de ind. Imóveis por tubo			Imóveis		pH inicial	pH final	Dureza inicial	Dureza final
	1	2	3	Total	%				
Controle	0	0	0	0	0	7,2	7,89	44	46
1	0	0	0	0	0	7,20	7,78	42	44
4	4	0	4	8	53	7,27	7,76	42	44
6	5	5	4	14	93	7,34	7,77	42	44
8	5	4	4	13	87	7,46	7,76	42	44
10	5	5	5	15	100	7,41	7,71	42	44
15	5	5	5	15	100	7,35	7,73	40	44
30	5	5	5	15	100	7,50	7,73	40	44
CE50(48h): 3,23 mg/L				IC: 2,22 - 4,71 mg/L					

**Tabela 21** – Resultados do teste de toxicidade aguda da *Ceriodaphnia silvestrii* ao surfactante aniônico DSS e valores das variáveis físicas e químicas monitorados no início e no final dos testes.

Período do teste: 18/09/07 - 20/09/07						Dodecil Sulfato de Sódio 99%			
Organismo-teste: <i>Ceriodaphnia silvestrii</i>						Teste: 1			
Concentração (mg/L)	No. de ind. Imóveis por tubo			Imóveis		pH inicial	pH final	Dureza inicial	Dureza final
	1	2	3	Total	%				
Controle	0	0	0	0	0	7,53	7,84	44	46
0,25	0	0	0	0	0	7,46	7,72	40	46
1	0	0	0	0	0	7,59	7,65	40	42
4	5	5	3	13	87	7,45	7,71	40	42
6	2	3	5	10	67	7,42	7,67	40	42
8	5	3	3	11	73	7,41	7,66	40	42
10	3	5	5	13	87	7,43	7,52	40	42
15	2	5	3	10	67	7,42	7,55	40	42
30	3	5	5	13	87	7,35	7,48	38	38
50	5	5	5	15	100	7,32	7,36	38	38
EC50(48h): 3,41mg/L				IC: 2,30 - 5,05 mg/L					

**Tabela 22** – Resultados do teste de toxicidade aguda da *Ceriodaphnia silvestrii* ao surfactante aniônico DSS e valores das variáveis físicas e químicas monitorados no início e no final dos testes.

Período do teste: 22/09/07 - 24/09/07						Dodecil Sulfato de Sódio 99%			
Organismo-teste: <i>Ceriodaphnia silvestrii</i>						Teste: 2			
Concentração (mg/L)	No. de ind. Imóveis por tubo			Imóveis		pH inicial	pH final	Dureza inicial	Dureza final
	1	2	3	Total	%				
Controle	0	0	0	0	0	7,45	7,81	44	46
0,25	0	0	0	0	0	7,45	7,8	42	44
1	0	0	0	0	0	7,44	7,82	40	42
4	2	3	2	7	47	7,49	7,7	40	42
6	3	2	1	6	40	7,45	7,71	40	42
8	3	3	4	10	67	7,42	7,67	40	42
10	5	4	5	14	93	7,41	7,66	40	42
15	5	5	5	15	100	7,43	7,52	40	42
30	3	5	5	15	100	7,43	7,43	40	42
50	5	5	5	15	100	7,41	7,53	40	40
EC50(48h): 4,71mg/L				IC: 3,60 - 6,17 mg/L					

**Tabela 23** – Resultados do teste de toxicidade aguda da *Ceriodaphnia silvestrii* ao surfactante aniônico DSS e valores das variáveis físicas e químicas monitorados no início e no final dos testes.

Período do teste: 22/09/07 - 24/09/07						Dodecil Sulfato de Sódio 99%			
Organismo-teste: <i>Ceriodaphnia silvestrii</i>						Teste: 3			
Concentração (mg/L)	No. de ind. Imóveis por tubo			Imóveis		pH inicial	pH final	Dureza inicial	Dureza final
	1	2	3	Total	%				
Controle	0	0	0	0	0	7,45	7,81	44	46
0,25	0	0	0	0	0	7,45	7,8	42	44
1	0	0	0	0	0	7,44	7,82	40	42
4	4	4	5	13	87	7,49	7,7	40	42
6	4	2	3	9	60	7,45	7,71	40	42
8	4	2	2	8	53	7,42	7,67	40	42
10	4	4	2	10	67	7,41	7,66	40	42
15	5	5	5	15	100	7,43	7,52	40	42
30	3	5	5	15	100	7,43	7,43	40	42
50	5	5	5	15	100	7,41	7,53	40	40
EC50(48h): 3,53 mg/L				IC: 2,72 - 4,57 mg/L					

**Tabela 24** – Resultados do teste de toxicidade aguda da *Ceriodaphnia silvestrii* ao surfactante aniônico DSS e valores das variáveis físicas e químicas monitorados no início e no final dos testes.

Período do teste: 02/10/07 - 04/10/07						Dodecil Sulfato de Sódio 99%			
Organismo-teste: <i>Ceriodaphnia silvestrii</i>						Teste: 4			
Concentração (mg/L)	No. de ind. Imóveis por tubo			Imóveis		pH inicial	pH final	Dureza inicial	Dureza final
	1	2	3	Total	%				
Controle	0	0	0	0	0	7,62	7,94	44	44
0,25	0	0	0	0	0	7,65	7,72	42	44
1	0	1	3	4	27	7,69	7,84	42	44
4	1	0	4	5	33	7,68	7,8	42	44
6	2	3	1	6	40	7,71	7,77	42	44
8	3	4	4	11	73	7,70	7,77	42	44
10	5	5	5	15	100	7,69	7,74	40	44
15	5	5	5	15	100	7,70	7,76	40	44
30	3	5	5	15	100	7,69	7,59	38	44
50	5	5	5	15	100	7,74	7,35	38	42
EC50(48h): 3,49 mg/L				IC: 2,32 - 5,25 mg/L					

**Tabela 25** – Resultados do teste de toxicidade aguda da *Ceriodaphnia silvestrii* ao surfactante aniônico DSS e valores das variáveis físicas e químicas monitorados no início e no final dos testes.

Período do teste: 06/10/07 - 08/10/07						Dodecil Sulfato de Sódio 99%			
Organismo-teste: <i>Ceriodaphnia silvestrii</i>						Teste: 5			
Concentração (mg/L)	No. de ind. Imóveis por tubo			Imóveis		pH inicial	pH final	Dureza inicial	Dureza final
	1	2	3	Total	%				
Controle	0	0	0	0	0	7,72	7,75	44	44
0,25	0	0	0	0	0	7,71	7,64	42	42
1	0	0	0	0	0	7,58	7,61	42	42
4	1	3	3	7	47	7,69	7,55	42	42
6	2	3	4	9	60	7,60	7,46	42	42
8	2	4	2	8	53	7,67	7,58	40	40
10	2	4	2	8	53	7,68	7,36	40	40
15	2	4	2	8	53	7,70	7,54	38	38
30	3	5	5	15	100	7,65	7,43	38	38
50	5	5	5	15	100	7,63	7,51	38	38
EC50(48h): 6,19 mg/L				IC: 4,48 - 8,54 mg/L					

**Tabela 26** – Resultados do teste de toxicidade aguda da *Ceriodaphnia silvestrii* ao surfactante aniônico DSS e valores das variáveis físicas e químicas monitorados no início e no final dos testes.

Período do teste: 06/10/07 - 08/10/07						Dodecil Sulfato de Sódio 99%			
Organismo-teste: <i>Ceriodaphnia silvestrii</i>						Teste: 6			
Concentração (mg/L)	No. de ind. Imóveis por tubo			Imóveis		pH inicial	pH final	Dureza inicial	Dureza final
	1	2	3	Total	%				
Controle	0	0	0	0	0	7,72	7,75	44	44
0,25	0	0	0	0	0	7,71	7,64	42	42
1	1	0	0	1	7	7,58	7,61	42	42
4	2	3	3	8	53	7,69	7,55	42	42
6	3	3	5	11	73	7,60	7,46	42	42
8	3	2	1	4	27	7,67	7,58	40	40
10	2	4	2	8	53	7,68	7,36	40	40
15	4	3	3	10	67	7,70	7,54	38	38
30	5	5	5	15	100	7,65	7,43	38	38
50	5	5	5	15	100	7,63	7,51	38	38
EC50(48h): 5,22 mg/L				IC: 3,62 - 7,52 mg/L					

**Tabela 27** – Resultados do teste de toxicidade aguda da *Ceriodaphnia silvestrii* ao surfactante aniônico DSS e valores das variáveis físicas e químicas monitorados no início e no final dos testes.

Período do teste: 06/10/07 - 08/10/07						Dodecil Sulfato de Sódio 99%			
Organismo-teste: <i>Ceriodaphnia silvestrii</i>						Teste: 7			
Concentração (mg/L)	No. de ind. Imóveis por tubo			Imóveis		pH inicial	pH final	Dureza inicial	Dureza final
	1	2	3	Total	%				
Controle	0	0	0	0	0	7,72	7,75	44	44
0,25	0	0	0	0	0	7,71	7,64	42	42
1	1	0	0	1	7	7,58	7,61	42	42
4	2	1	4	7	47	7,69	7,55	42	42
6	0	2	3	5	33	7,60	7,46	42	42
8	3	1	1	5	33	7,67	7,58	40	40
10	1	2	2	5	33	7,68	7,36	40	40
15	5	4	4	13	87	7,70	7,54	38	38
30	3	5	5	13	87	7,65	7,43	38	38
50	5	5	5	15	100	7,63	7,51	38	38
EC50(48h): 6,53 mg/L				IC: 4,51 - 9,45 mg/L					

**Tabela 28** – Resultados do teste de toxicidade aguda da *Ceriodaphnia silvestrii* ao surfactante aniônico DSS e valores das variáveis físicas e químicas monitorados no início e no final dos testes.

Período do teste: 06/10/07 - 08/10/07						Dodecil Sulfato de Sódio 99%			
Organismo-teste: <i>Ceriodaphnia silvestrii</i>						Teste: 8			
Concentração (mg/L)	No. de ind. Imóveis por tubo			Imóveis		pH inicial	pH final	Dureza inicial	Dureza final
	1	2	3	Total	%				
Controle	0	0	0	0	0	7,72	7,75	42	44
0,25	0	0	0	0	0	7,71	7,64	42	42
1	0	0	0	0	0	7,66	7,61	40	42
4	1	1	1	3	20	7,67	7,55	40	42
6	0	2	2	4	27	7,69	7,46	40	42
8	3	0	3	6	40	7,67	7,58	40	40
10	2	2	2	6	40	7,68	7,36	40	40
15	5	4	5	14	93	7,66	7,54	40	38
30	3	5	5	13	87	7,69	7,43	38	38
50	5	5	5	15	100	7,64	7,51	38	38
EC50(48h): 8,01 mg/L						IC: 6,16 - 10,43 mg/L			

**Tabela 29** – Resultados do teste de toxicidade aguda da *Ceriodaphnia silvestrii* ao surfactante aniônico DSS e valores das variáveis físicas e químicas monitorados no início e no final dos testes.

Período do teste: 06/10/07 - 08/10/07						Dodecil Sulfato de Sódio 99%			
Organismo-teste: <i>Ceriodaphnia silvestrii</i>						Teste: 9			
Concentração (mg/L)	No. de ind. Imóveis por tubo			Imóveis		pH inicial	pH final	Dureza inicial	Dureza final
	1	2	3	Total	%				
Controle	0	0	0	0	0	7,72	7,75	42	44
0,25	0	0	0	0	0	7,71	7,64	42	42
1	1	0	0	1	7	7,66	7,61	40	42
4	3	5	0	8	53	7,67	7,55	40	42
6	3	1	1	5	33	7,69	7,46	40	42
8	1	1	2	4	27	7,67	7,58	40	40
10	2	1	3	6	40	7,68	7,36	40	40
15	5	5	3	13	87	7,66	7,54	40	38
30	5	5	4	14	93	7,69	7,43	38	38
50	5	5	5	15	100	7,64	7,51	38	38
EC50(48h): 6,26mg/L						IC: 4,39 - 8,92 mg/L			

**Tabela 30** – Resultados do teste de toxicidade aguda da *Ceriodaphnia silvestrii* ao surfactante aniônico DSS e valores das variáveis físicas e químicas monitorados no início e no final dos testes.

Período do teste: 16/10/07 - 18/10/07			Dodecil Sulfato de Sódio 99%						
Organismo-teste: <i>Ceriodaphnia silvestrii</i>			Teste: 10						
Concentração (mg/L)	No. de ind. Imóveis por tubo			Imóveis		pH inicial	pH final	Dureza inicial	Dureza final
	1	2	3	Total	%				
Controle	0	0	0	0	0	7,72	7,68	44	44
0,25	0	0	0	0	0	7,63	7,54	44	44
1	2	1	0	3	20	7,58	7,45	44	44
4	0	1	0	1	7	7,5	7,51	44	44
6	1	1	0	2	13	7,53	7,38	44	42
8	2	0	2	4	27	7,44	7,26	44	42
10	3	3	3	9	60	7,38	7,35	42	42
15	5	5	5	15	100	7,36	7,28	42	40
30	5	5	5	15	100	7,24	7,35	42	40
50	5	5	5	15	100	7,44	7,26	40	40
EC50(48h): 6,83 mg/L				IC: 4,99 - 9,35 mg/L					



**Tabela 31** – Número de neonatas produzidas durante o teste de toxicidade crônica do surfactante aniônico DSS com *Ceriodaphnia dubia* e valores das variáveis físicas e químicas monitoradas no início e no final dos testes. M = mortalidade dos indivíduos adultos.

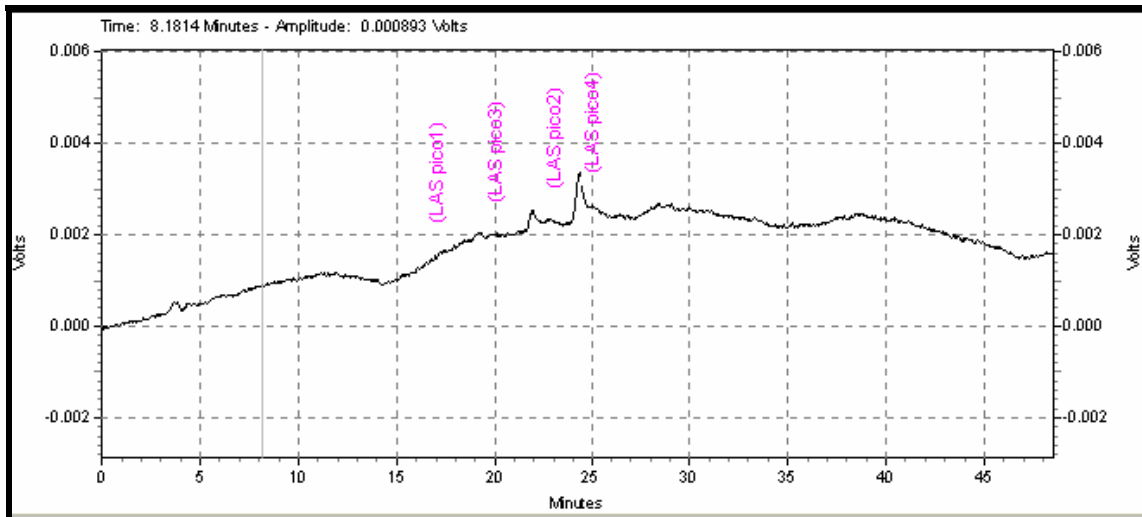
<b>REGISTRO DOS DADOS/TESTE DE TOXICIDADE CRÔNICA</b>															
<b>Organismo-teste: <i>Ceriodaphnia dubia</i> Dodecil sulfato de sódio 99%</b>															
<b>Início: 12/01/08 Fim: 22/01/08</b>															
<b>Leitura 1 (48h)</b>	<b>DSS</b>	<b>Réplicas</b>										<b>pH</b>		<b>Dureza</b>	
		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>I</b>	<b>F</b>	<b>I</b>	<b>F</b>
	<b>Controle</b>	0	0	0	0	0	0	M	0	0	0	7,63	7,81	40	38
	0,25	0	0	M	0	0	0	0	0	0	0	7,56	7,69	38	38
	1,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
	2,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7,73	7,61	38	38
	4,0	0	0	0	0	0	0	M	0	0	0				
6,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7,73	7,5	36	36	
<b>Leitura 2 (96h)</b>	<b>DSS</b>	<b>Réplicas</b>										<b>pH</b>		<b>Dureza</b>	
		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>I</b>	<b>F</b>	<b>I</b>	<b>F</b>
	<b>Controle</b>	0	2	4	0	2	0	M	0	0	0	7,76	7,58	46	46
	0,25	0	0	M	0	0	0	0	0	0	0	7,68	7,54	44	44
	1,0	0	0	0	0	0	0	3	0	3	0				
	2,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7,73	7,39	44	44
	4,0	0	0	0	0	0	0	M	0	0	0				
6,0	0	2	M	0	0	1	0	0	0	0	7,75	7,28	42	44	
<b>Leitura 3 (144h)</b>	<b>DSS</b>	<b>Réplicas</b>										<b>pH</b>		<b>Dureza</b>	
		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>I</b>	<b>F</b>	<b>I</b>	<b>F</b>
	<b>Controle</b>	2	2	6	3	3	5	M	5	5	5	7,61	7,67	42	42
	0,25	3	6	M	7	6	3	6	4	0	6	7,55	7,58	42	40
	1,0	10	10	4	5	10	6	6	5	6	5				
	2,0	8	7	5	10	3	8	6	10	7	8	7,62	7,42	42	42
	4,0	2	5	8	8	10	3	M	12	4	11				
6,0	10	1	M	3	5	M	4	10	4	5	7,63	7,18	42	42	
<b>Leitura 4 (192h)</b>	<b>DSS</b>	<b>Réplicas</b>										<b>pH</b>		<b>Dureza</b>	
		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>I</b>	<b>F</b>	<b>I</b>	<b>F</b>
	<b>Controle</b>	12	10	8	10	10	10	M	10	6	6	7,42	7,84	42	42
	0,25	9	7	M	6	7	10	12	6	0	13	7,36	7,63	42	40
	1,0	8	8	10	12	9	12	13	11	12	11				
	2,0	11	12	14	14	10	11	16	10	18	1	7,61	7,67	42	42
	4,0	M	16	8	10	8	18	M	10	8	9				
6,0	9	12	M	14	14	M	7	6	14	12	7,63	7,5	40	40	
<b>Leitura 5 (240h)</b>	<b>DSS</b>	<b>Réplicas</b>										<b>pH</b>		<b>Dureza</b>	
		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>I</b>	<b>F</b>	<b>I</b>	<b>F</b>
	<b>Controle</b>	5	4	3	3	4	4	M	0	5	5	7,52	7,48	40	42
	0,25	4	5	M	6	6	4	4	5	0	4	7,49	7,43	40	42
	1,0	7	5	5	5	6	5	0	6	0	7				
	2,0	6	4	5	1	6	9	6	6	5	6	7,7	7,22	40	40
	4,0	M	5	6	8	8	7	M	6	M	8				
6,0	7	6	M	2	3	M	3	3	5	0	7,69	7,16	40	40	

**Tabela 32** – Número de neonatas produzidas durante o teste de toxicidade crônica do surfactante aniônico DSS com *Ceriodaphnia silvestrii* e valores das variáveis físicas e químicas monitoradas no início e no final dos testes. M = mortalidade dos indivíduos adultos.

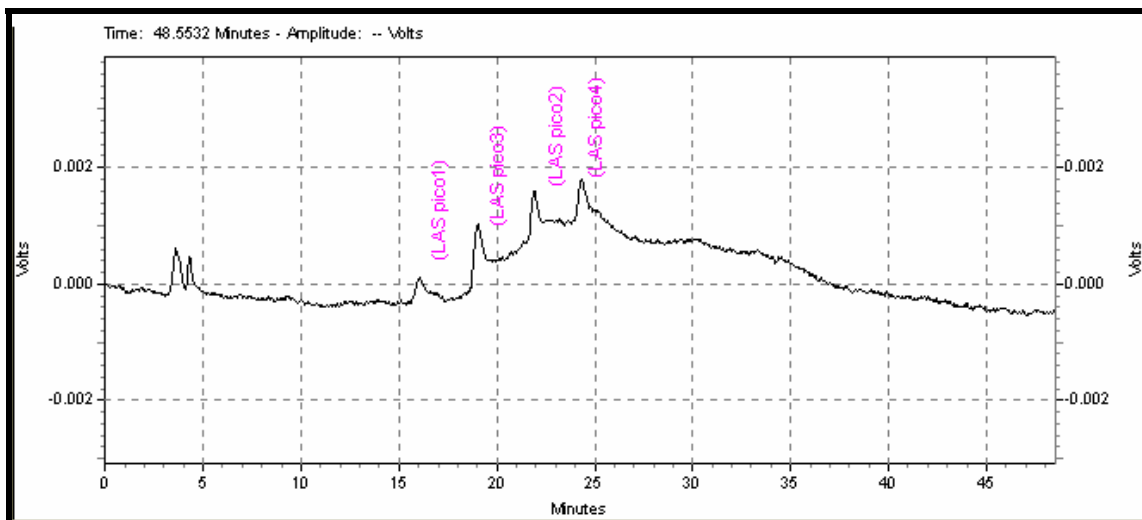
<b>REGISTRO DOS DADOS/TESTE DE TOXICIDADE CRÔNICA</b>															
<b>Organismo-teste: <i>Ceriodaphnia silvestrii</i> Dodecil sulfato de sódio 99%</b>															
<b>Início: 12/01/08 Fim: 20/01/08</b>															
<b>Leitura 1 (48h)</b>	<b>DSS</b>	<b>Réplicas</b>										<b>pH</b>		<b>Dureza</b>	
		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>I</b>	<b>F</b>	<b>I</b>	<b>F</b>
	<b>Controle</b>	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	7,63	7,73	40	38
	0,25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7,70	7,73	38	36
	1,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
	2,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7,81	7,59	38	36
	4,0	M	0	0	0	0	M	0	M	0	0				
6,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7,78	7,34	36	36	
<b>Leitura 2 (96h)</b>	<b>DSS</b>	<b>Réplicas</b>										<b>pH</b>		<b>Dureza</b>	
		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>I</b>	<b>F</b>	<b>I</b>	<b>F</b>
	<b>Controle</b>	0	4	5	0	3	0	2	2	3	3	7,76	7,61	46	46
	0,25	0	4	2	2	2	3	0	1	2	2	7,57	7,39	44	44
	1,0	5	2	3	5	3	1	2	4	3	3				
	2,0	4	2	2	3	4	2	0	4	3	0	7,7	7,37	44	44
	4,0	0	0	0	0	2	M	0	M	4	0				
6,0	2	2	2	0	0	3	0	0	0	0	7,75	7,2	42	42	
<b>Leitura 3 (144h)</b>	<b>DSS</b>	<b>Réplicas</b>										<b>pH</b>		<b>Dureza</b>	
		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>I</b>	<b>F</b>	<b>I</b>	<b>F</b>
	<b>Controle</b>	0	6	5	0	7	4	5	0	6	6	7,61	7,47	42	42
	0,25	7	4	0	5	5	6	4	4	4	4	7,64	7,52	40	42
	1,0	9	7	4	4	8	4	5	5	5	5				
	2,0	4	4	4	4	5	2	5	5	6	6	7,68	7,31	40	40
	4,0	M	4	4	2	0	M	6	M	M	4				
6,0	3	2	M	M	5	M	0	5	3	3	7,64	7,07	40	40	
<b>Leitura 4 (192h)</b>	<b>DSS</b>	<b>Réplicas</b>										<b>pH</b>		<b>Dureza</b>	
		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>I</b>	<b>F</b>	<b>I</b>	<b>F</b>
	<b>Controle</b>	4	7	5	0	6	12	10	1	12	12	7,42	7,76	42	42
	0,25	9	4	4	9	12	6	1	15	10	5	7,48	7,7	42	42
	1,0	4	5	12	4	12	6	1	15	10	5				
	2,0	9	12	8	10	9	4	10	8	4	3	7,62	7,53	42	42
	4,0	M	9	8	7	12	M	12	M	M	4				
6,0	M	7	M	M	0	M	8	3	8	4	7,65	7,45	40	40	

**APÊNDICE D**

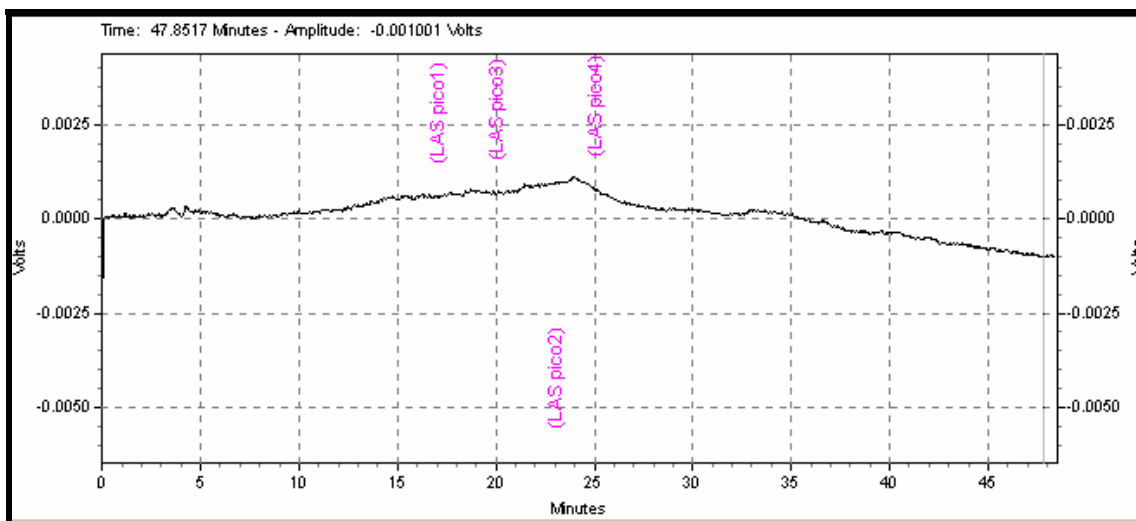
Dados brutos das análises de LAS por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência nas amostras de água coletadas nos corpos de água estudados



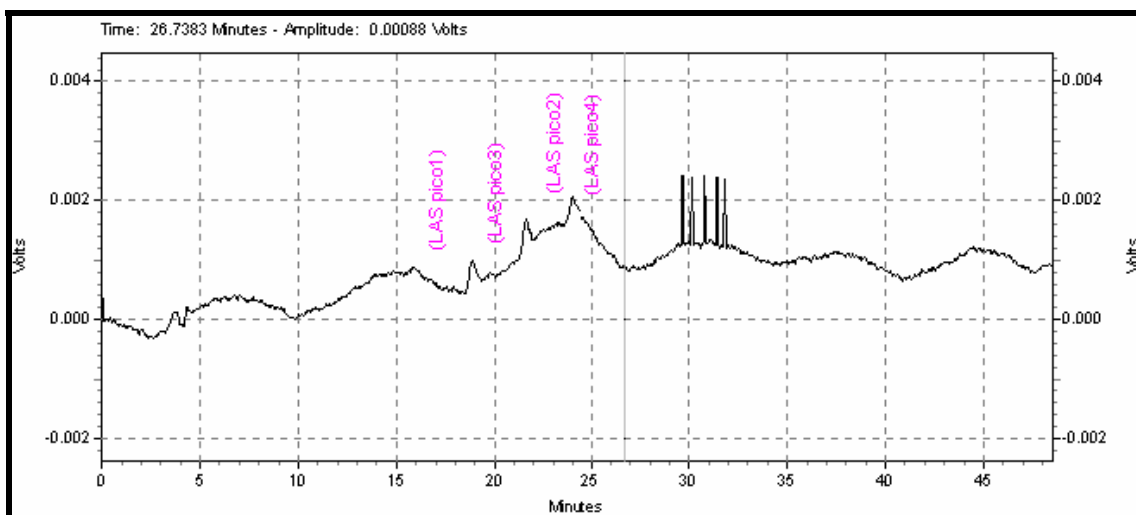
**Figura 1.** Cromatograma referente a amostra de água da Lagoa Dourada coletada no ponto de amostragem 1, em 20 de setembro de 2008.



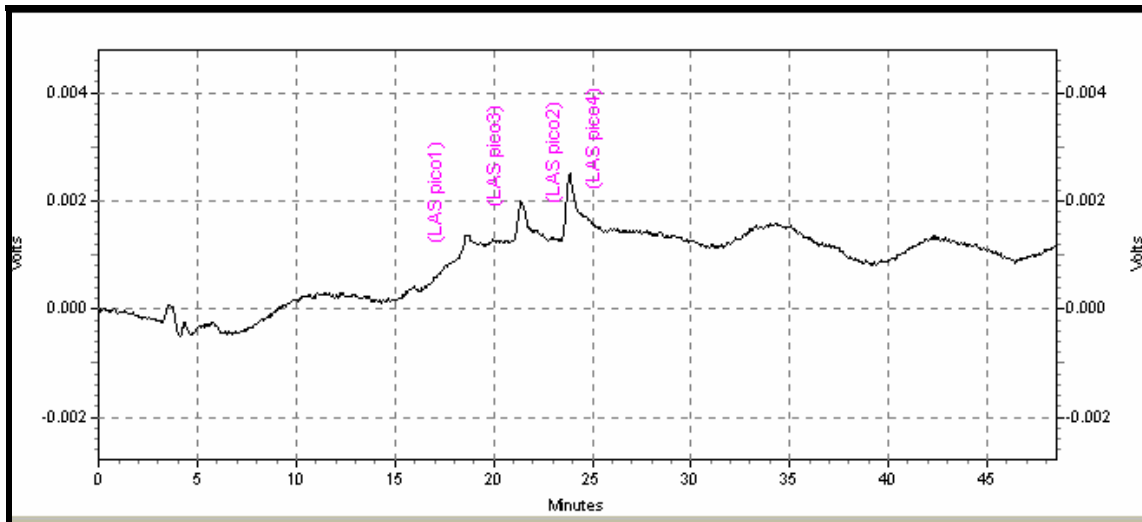
**Figura 2.** Cromatograma referente a amostra de água da Lagoa Dourada coletada no ponto de amostragem 2, em 20 de setembro de 2008.



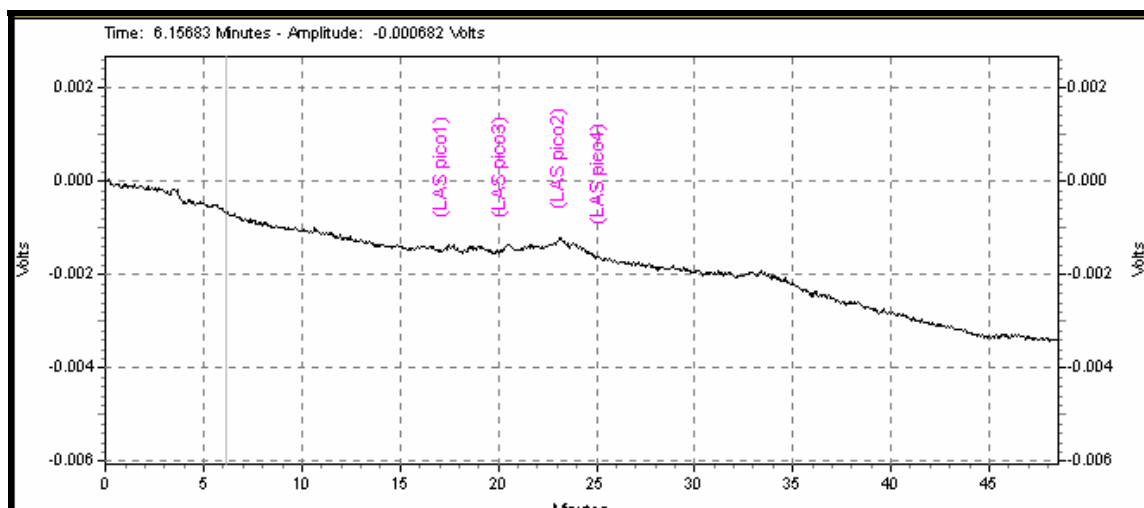
**Figura 3.** Cromatograma referente a amostra de água do Reservatório do Lobo coletada no ponto de amostragem 1, em 20 de setembro de 2008.



**Figura 4.** Cromatograma referente a amostra de água da Represa do Monjolinho coletada no ponto de amostragem 1, em 21 de setembro de 2008.



**Figura 5.** Cromatograma referente a amostra de água coletada no Córrego do Fazzari, em 21 de setembro de 2008.



**Figura 6.** Cromatograma referente a amostra de água da Represa do Fazzari coletada no ponto de amostragem 2, em 21 de setembro de 2008.