

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE ECOLOGIA  
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

Mônica Glowatzki Pinheiro

PADRÕES QUÍMICOS PARA A EMISSÃO DE EFLUENTES SÃO  
CONCENTRAÇÕES SEGURAS PARA A BIOTA AQUÁTICA?

Porto Alegre

2010

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE ECOLOGIA  
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

Mônica Glowatzki Pinheiro

PADRÕES QUÍMICOS PARA A EMISSÃO DE EFLUENTES SÃO  
CONCENTRAÇÕES SEGURAS PARA A BIOTA AQUÁTICA?

Monografia apresentada como  
requisito parcial para obtenção do  
título de Bacharel em Ciências  
Biológicas junto ao Instituto de  
Biociências da Universidade Federal  
do Rio Grande do Sul.

Orientadora: Profa. Dra. Maria Teresa  
Raya Rodriguez

Co-Orientador: Prof. Dr. Alexandre  
Arenzon

Porto Alegre

2010

## AGRADECIMENTOS

A conclusão deste trabalho não seria possível sem a contribuição de algumas pessoas e instituições das quais destaco:

A Secretaria de Educação Superior, do Ministério da Educação (SESu-MEC), pela concessão da bolsa do Programa de Educação Tutorial;

Aos funcionários e professores do Instituto de Biociências e Departamento de Ecologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul;

A minha orientadora e co-orientador deste trabalho, pela compreensão nesta difícil etapa da minha vida;

E aos meus pais, irmão, avós, família e amigos, por todo apoio, incentivo e companheirismo ao longo de toda minha graduação.

*Não eduque seu filho para ser rico, eduque-o para ser feliz.  
Assim ele saberá o valor das coisas e não o seu preço.*

## RESUMO

As condições e padrões de lançamento de efluentes nos corpos d'água no Brasil são estabelecidas pela Resolução CONAMA 357/2005, posteriormente complementada pela resolução 397/2008, e pelas resoluções e leis estaduais. No entanto se observa que valores de parâmetros químicos apresentados por efluentes que atendem aqueles estabelecidos por estas resoluções podem apresentar toxicidade para os organismos-teste em ensaios de toxicidade. Desta forma, o presente trabalho tem por objetivo avaliar se os limites individuais dos parâmetros químicos estabelecidos pela Resolução CONAMA 397/2008 e pela resolução CONSEMA 128/2006 podem ser considerados concentrações seguras para emissão nos corpos d'água. O trabalho está baseado na comparação entre os limites de emissão dos parâmetros químicos estabelecidos nas resoluções e dados bibliográficos disponíveis sobre a toxicidade destes parâmetros a organismos aquáticos, obtidos por meio de ensaios de toxicidade aguda e crônica. Foram utilizados para o estudo dados referentes aos metais classificados como tóxicos pelo IPMCA. Constatou-se que, para a maior parte dos químicos analisados, os valores de emissão permitidos estão acima daqueles que causam toxicidade aos organismos, sendo sugerido que haja uma nova revisão da resolução CONAMA 357/2005 a qual abranja essas substâncias.

Palavras-chave: Padrões de emissão. Efluente. Toxicidade.

## ABSTRACT

The conditions and standards of effluent's discharge into water bodies in Brazil are established by CONAMA 357/2005's resolution, later complemented by 397/2008's resolution, and the resolutions and state laws. However it is observed that chemical parameter values presented by effluents that meet those established by these resolutions can be toxic to test organisms in the toxicity tests. Thus, this work has as objective to check if the individual limits of chemical parameters established by CONAMA 397/2008's resolution and CONSEMA 128/2006's resolution can be considered safe concentrations to the emissions into water bodies. The work is based on a comparison of the emission limits of chemical parameters established by resolutions and bibliographic data available about the toxicity to aquatic organisms of these parameters, obtained by tests of acute and chronic toxicity. It was utilized to study, data about metals classified as toxic by IPMCA. It was found that for most chemicals analyzed, the emissions allowed are up to those that cause toxicity to organisms, and the suggestion is that there should be a new revision of the CONAMA 357/2005's resolution which covers those substances.

Key words: Effluents standard. Effluent. Toxicity.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	10
3. MATERIAL E MÉTODOS	12
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	13
4.1. Cádmio	13
4.2. Chumbo	13
4.3. Cobre	15
4.4. Cromo	15
4.5. Mercúrio	15
4.6. Níquel	16
4.7. Zinco	16
5. CONCLUSÃO	17
6. REFERÊNCIAS	18

## 1 INTRODUÇÃO

A ecotoxicologia é definida como a “ciência que estuda os efeitos das substâncias naturais ou sintéticas sobre os organismos vivos, populações e comunidades, animais ou vegetais, terrestres ou aquáticos, que constituem a biosfera, incluindo assim a interação das substâncias com o meio nos quais os organismos vivem num contexto integrado” (Plaa, 1982; Cairns & Niederlehner, 1995).

Historicamente, nos dois últimos séculos, surgiu um modelo de civilização que trouxe a industrialização como forma de produção e organização de uma diversidade enorme de produtos químicos potencialmente tóxicos e a geração de resíduos em quantidade significativamente prejudicial ao meio ambiente. Alguns acidentes, como o de Minamata, no Japão, em 1956, envolvendo metais pesados, nesse caso o mercúrio, levaram vários países a iniciar o monitoramento ambiental e as pesquisas para avaliação do nível de contaminação de metais e orgânicos em efluentes.

Embora os primeiros testes de toxicidade com despejos industriais tenham sido realizados entre 1863 e 1917, somente na década de 30 foram implementados alguns testes de toxicidade aguda com organismos aquáticos, com o objetivo de estabelecer a relação entre causa e efeito de substâncias químicas e despejos líquidos (Rand, 1995). Esses estudos são realizados com espécies sensíveis e representativas do ambiente aquático, tornando evidente a diferença na sensibilidade das espécies e seu significado ecológico.

Nos anos 60 a poluição se tornou um fato reconhecido internacionalmente. Foram então estabelecidos, em diversos países, critérios e padrões que permitiriam a disposição desses agentes na natureza em níveis compatíveis à manutenção da qualidade dos recursos hídricos. Tais critérios e padrões foram estabelecidos com ênfase na potabilidade e não na proteção da vida aquática. No Brasil os primeiros padrões, estabelecidos em 1976, também não levavam em conta a preservação da biota. Então, ao longo dos anos 70, alguns pesquisadores observaram que os limites estabelecidos para vários agentes tóxicos isoladamente não poderiam preservar a qualidade da água necessária a manutenção da vida aquática. A partir disso a toxicologia aquática teve seu desenvolvimento acelerado, em função do maior

conhecimento sobre a toxicidade de efluentes líquidos e das interações entre os agentes tóxicos e sua relação com os organismos aquáticos.

Tendo em vista a complexidade causada pela interação dos agentes químicos, os efeitos biológicos desses efluentes não podem ser caracterizados simplesmente por análises tradicionais. Assim, para a caracterização adequada e controle desses efluentes, a estratégia mais eficiente é o uso integrado de análises físicas, químicas e ecotoxicológicas para avaliação e previsão do risco ambiental (Bertoletti, 1990; Costan *et al.*, 1993).

Nos sistemas aquáticos naturais os organismos podem estar expostos não a um contaminante, mas sim uma mistura de diferentes substâncias que interagem entre si, podendo reagir de maneiras adversas. São vários os efeitos que resultam dessas interações: (1) sinérgicos, onde o efeito combinado de contaminantes é maior que a soma dos efeitos dos contaminantes individuais; (2) de potenciação, ocorre quando um contaminante tem efeito tóxico apenas em conjunto com outros contaminantes; (3) antagônicos, ocorre quando um contaminante interfere no outro, inibindo seu efeito tóxico e (4) aditivo, quando o efeito combinado de contaminantes é igual a soma dos efeitos dos contaminantes individuais (Zagatto & Bertoletti, 2006).

O presente trabalho tem por objetivo avaliar se os limites individuais dos parâmetros químicos estabelecidos pela Resolução CONAMA 397/2008 e pela resolução CONSEMA 128/2006 podem ser considerados concentrações seguras para emissão nos corpos d'água.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O ambiente aquático não é um compartimento de diluição infinita da poluição gerada e sim um ambiente frágil de matéria viva, exemplo dessa fragilidade é a previsão de escassez dos recursos hídricos com qualidade adequada e da diminuição das fontes de água potável (Zagatto & Bertolletti, 2006). As fontes de poluição pontuais contribuem para as modificações ambientais, reduzindo a diversidade de espécies autóctones e aumentando desordenadamente a densidade de espécies indesejáveis.

Odum, classifica o estresse antropogênico sobre os ecossistemas em duas categorias: o estresse agudo, caracterizado pelo início repentino da perturbação, um aumento abrupto da intensidade e curta duração; e o estresse crônico, que envolve uma longa duração ou uma recorrência freqüente mas não uma alta intensidade. Os ecossistemas naturais exibem grande capacidade de se recuperarem do estresse agudo, provavelmente porque estão naturalmente adaptados a eles. Mas os efeitos do estresse crônico são mais difíceis de serem avaliados, pois as respostas não são tão dramáticas. Podem passar-se anos antes que se conheçam os plenos efeitos. Uma perturbação crônica pode provocar efeitos pronunciados e prolongados, principalmente no caso de substâncias químicas industriais novas para o ambiente. Em tais casos, os organismos não possuem uma história evolutiva de adaptação.

Para a avaliação ecotoxicológica de um determinado ambiente, é fundamental ter conhecimento das fontes de emissão dos poluentes, bem como de suas transformações, difusões e destinos no ambiente e dos riscos potenciais à biota. A toxicidade pode não ser o resultado da ação de apenas uma substância isolada, mas da interação e magnitude de vários agentes presentes num determinado ambiente (Blaise, 1984). Esses valores são estabelecidos com base nos efeitos dos agentes tóxicos isolados, não sendo consideradas as interações que poderiam potencializar ou reduzir efeitos danosos de misturas desses agentes químicos aos organismos aquáticos (Bertolletti et al, 1989).

São inúmeros os trabalhos que demonstram efeitos provocados por interações sinérgicas, antagônicas, de potenciação e de adição de contaminantes orgânicos e inorgânicos sobre muitas comunidades da biota. Apesar disto, dada a complexidade das questões envolvidas, não se dispõe ainda de explicações claras

sobre os efeitos causados por tais interações. A exposição da biota a misturas de contaminantes pode levar a interações toxicológicas resultantes da exposição a dois ou mais contaminantes, acarretando, uma resposta biológica quanti e qualitativamente diferente da esperada pela ação dos contaminantes sozinhos (Rand, 1995).

A toxicidade de agentes químicos no meio hídrico é avaliada por meio de ensaios ecotoxicológicos com organismos representativos da coluna d'água ou dos sedimentos de ambientes de água doce, estuarinos ou marinho. O conhecimento da toxicidade desses agentes a diferentes organismos aquáticos possibilita, além do estabelecimento de limites permissíveis de várias substâncias químicas para a proteção da vida aquática, avaliar o impacto momentâneo que esses poluentes causam à biota dos corpos hídricos. Geralmente, nesses estudos são utilizados testes simples, como por exemplo, exposição relativamente curta para avaliação dos efeitos agudos. Conforme o objetivo do trabalho são realizados testes que avaliam efeitos de longa duração para avaliação dos efeitos crônicos (Zagatto & Bertoletti, 2006).

As propriedades inerentes dos agentes químicos, tais como transformação no ambiente, potencialidade de bioacumulação, persistência e concentração ambiental ou dose administrada, assim como os processos metabólicos dos organismos, determinam o efeito específico num determinado alvo. Os efeitos sobre os organismos podem ser quantificados por uma variedade de critérios, como: número de organismos mortos ou vivos, taxa de reprodução, comprimento e massa corpórea, número de anomalias ou incidência de tumores, alterações fisiológicas e densidade/diversidade de espécies por comunidade.

As formas de expressão dos resultados são: CE50, concentração efetiva; CL50, concentração letal, e CI50, concentração de inibição de crescimento, que representam a concentração que causa efeito adverso à 50% dos organismos testados e durante um período de tempo pré-determinado. Utiliza-se o nível de efeito de 50% porque é a resposta mais reprodutível e pode ser estimada com maior confiança (Zagatto & Bertoletti, 2006).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

A legislação vigente no Brasil além de estabelecer os padrões de qualidade de águas continentais, estuarinas e marinhas, bom como a classificação e os usos preponderantes das águas superficiais, também regulamenta o lançamento de efluentes em corpos d'água. Para realização deste trabalho foram utilizadas, em nível nacional, as resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) 357/2005, posteriormente modificada pela resolução CONAMA 397/2008 e, em nível estadual, a resolução do Conselho Estadual do Meio Ambiente (CONSEMA) 128/2006, para estado do Rio Grande do Sul.

Foram realizados levantamentos de dados publicados em artigos científicos acerca da toxicidade de substâncias químicas à organismos aquáticos, obtidos por meio de ensaios de toxicidade aguda e crônica. As substâncias químicas selecionadas para avaliação foram escolhidas segundo o Índice de Parâmetros Mínimos para Preservação da Vida Aquática (IPMCA, 2001) e fazem parte do grupo de substâncias tóxicas. São elas o cádmio, o cobre, o chumbo, o cromo, o mercúrio, o níquel e o zinco. Esse índice faz parte do IVA, Índice de Qualidade de Água para a Proteção da vida Aquática, e é utilizado para avaliação da qualidade da água para a sobrevivência da biota.

Para inclusão no estudo foram selecionados dados gerados através de ensaios realizados com a alga *Selenastrum capricornutum*, atualmente *Pseudokirchneriella subcaptata*, o microcrustáceo *Daphnia* sp. e o peixe *Pimephales promelas*, regulamentados respectivamente pelas normas ABNT NBR 12648, 12713 e 15499, a expressão dos dados está apresentada na forma de CE50, CL50 e CI50. Os ensaios com algas, microcrustáceos e peixes foram normatizados e estão mundialmente em uso e fazem parte das exigências legais dos órgãos ambientais em vários países. Para garantir a confiabilidade dos dados gerados existem programas de calibração de dados intra e interlaboratoriais.

Posteriormente foi realizado um levantamento bibliográfico sobre a classificação e as características das substâncias químicas selecionadas. Para comparação dos valores foram utilizados os dados da resolução CONSEMA 397/2008.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No ambiente aquático, devido a fatores de diluição, em geral, os organismos estão expostos a níveis subletais dos poluentes, a menos que estejam em local cujas concentrações de contaminantes possam causar efeito agudo. O efeito crônico pode causar distúrbios fisiológicos ou de comportamento a longo prazo. Alguns metais possuem função biológica, porém, mesmo estes, quando em concentrações mais elevadas, podem causar toxicidade aos organismos (Esteves, 1988).

Alguns compostos são absorvidos pelos organismos e sofrem um processo de biotransformação e as mudanças ocorridas podem produzir compostos de maior toxicidade. Outros, ao serem introduzidas no ambiente aquático, apresentam características particulares como a persistência, alta resistência à degradação biótica ou abiótica. Para que um composto se bioacumule deve ser estável, conservativo e resistente a degradação. Por serem elementares na natureza, os metais são conservativos, sendo assimilados pelos organismos tanto sob a forma de íons em solução como sob a forma de complexos organometálicos.

### 4.1 CADMIO (Cd)

É um metal altamente tóxico a algumas formas de vida, que não possui função biológica conhecida, podendo provocar danos mesmo em quantidades muito pequenas. Acumula-se em microorganismos, tecidos animais e vegetais possibilitando sua entrada na cadeia alimentar. Estudos constataram que a acumulação desse metal é diretamente proporcional a sua concentração na água.

Os limites de emissão permitidos em efluentes para este metal estão de duas a oito vezes maiores do que a toxicidade para *Daphnia magna*, de seis a 200 vezes maiores para *Pimephales promelas* e de uma a seis vezes maiores para *Pseudokirchneriella subcaptata*.

### 4.2 CHUMBO (Pb)

Sua assimilação em ecossistemas aquáticos parece ser determinada pela sua biodisponibilidade, geralmente mais baixa quando há presença de matéria orgânica ou partículas minerais. Temperatura, salinidade e pH influenciam diretamente a acumulação de chumbo a partir da água e do sedimento (Who, 1989). Compostos

orgânicos desse elemento são mais lipofílicos, sendo absorvidos e acumulados mais prontamente. Portanto, geralmente são mais tóxicos que seus compostos inorgânicos. Assim como o cádmio, não possui função biológica conhecida.

Os limites de emissão permitidos em efluentes para este metal estão dentro dos limites estabelecidos para *Daphnia magna*.

TABELA 1: Valores limítrofes de emissão de substâncias químicas em efluentes nos corpos d'água, por resolução, e faixas de toxicidade de substâncias químicas para organismos representativos do ambiente aquático. Os dados são apresentados em mg/L da substância.

Elemento	CONAMA 357/2005	CONAMA 397/2008	CONSEMA 128/2006	Toxicidade	Organismo	Referência
Cádmio	0,2	0,2	0,1	CL50; 48h 0,02 - 0,12	<i>D. magna</i>	Schuytema, 1984 Mount, 1984
				CL50; 96h 0,001 – 0,03	<i>P. promelas</i>	Playle, 1993
				CE50; 72h 0,03 – 0,13	<i>P. subcapitata</i>	Kallqvist, 2007
Chumbo <sup>1</sup>	0,5	0,5	0,2	CL50; 48h 4,4	<i>D. magna</i>	Mount, 1984
Cobre	1,0	1,0	0,5	CL50; 48h 0,02 – 0,10	<i>D. magna</i>	Lazorchak, 1987
				CL50; 96h 0,01 - 21	<i>P. promelas</i>	Playle, 1993 Brungs, 1976
				CE50; 72h 0,006 - 0,02	<i>P. subcapitata</i>	Franklin et al, 2002
Cromo	0,5	1,1 <sup>2</sup>	0,5	CL50; 48h 0,02	<i>D. magna</i>	Mount, 1984
				CL50; 96h 37 – 52	<i>P. promelas</i>	Ruesink, 1975
				CL50; 96h 0,04	<i>P. subcapitata</i>	Giloni-Lima et al, 2010
Mercúrio <sup>1</sup>	0,01	0,01	0,01	CL50; 48h 20	<i>Daphnia</i> sp.	Bringmann, 1960
Níquel <sup>1</sup>	2,0	2,0	1,0	CL50; 96h 2,92 - 17,68	<i>P. promelas</i>	Lind, 1978
				CE50; 72h 0,08 – 0,12	<i>P. subcapitata</i>	Deleebeek, 1995
Zinco <sup>1</sup>	5,0	5,0	2,0	CL50, 48h 0,07 – 3,58	<i>D. magna</i>	Mount, 1984 Fischer, 1990
				CL50, 96h 0,24 - 2,66	<i>P. promelas</i>	Norberg, 1985 Carlson, 1985

<sup>1</sup> Não foram encontrados dados referentes aos três níveis tróficos.

<sup>2</sup> O valor considerado para cromo total se refere a soma dos valores de cromo hexavalente e cromo trivalente.

#### 4.4 COBRE (Cu)

O cobre é um metal presente naturalmente nas águas em concentrações abaixo de 0,02 mg/L. É um elemento essencial, necessário aos organismos em quantidades reduzidas pois participa de processos fisiológicos. Porém, em concentrações superiores aos limites exigidos, pode desencadear respostas tóxicas, com significativo potencial para bioacumulação. Estudos indicam que o nível de acumulação do cobre é crescente em função de sua concentração na água.

Os limites de emissão permitidos em efluentes para este metal estão de quatro a dez vezes maiores do que a toxicidade para *Daphnia magna*, de cinco a 166 vezes maiores para *Pseudokirchneriella subcaptata* e dez vezes maiores para *Pimephales promelas*. Neste último caso dados de alguns estudos demonstram que o limite de emissão estaria dentro do permitido.

#### 4.5 CROMO (Cr)

O cromo trivalente é um elemento químico essencial, ainda que não se conheça com exatidão suas funções, segundo a CONAMA 397/2008 o limite de emissão deste composto em efluentes é de 1,0 mg/L. Os padrões de potabilidade são estabelecidos visando o cromo hexavalente, forma mais tóxica do elemento, seu limite de emissão fica em 0,1 mg/L, segundo a CONAMA 397/2008.

Os limites de emissão permitidos em efluentes para este metal estão 55 vezes maiores do que a toxicidade para *Daphnia magna*, dentro do limite permitido para *Pimephales promelas* e 27 vezes maiores para *Pseudokirchneriella subcaptata*. Segundo Vignati et al (2010) o cromo trivalente parece ser cerca de cinco vezes mais tóxico do que o cromo hexavalente para *P. subcapitata*.

#### 4.6 MERCURIO (Hg)

A concentração desse metal tem aumentado muito em função das atividades antrópicas. O mercúrio inorgânico, mesmo em níveis baixíssimos, normalmente encontrados nos ecossistemas aquáticos, se torna problemático quando é convertido em suas formas orgânicas, solúveis e voláteis. Quando convertido, torna-se lipossolúvel, sendo absorvido por uma variedade de organismos aquáticos. Apresenta biomagnificação, devido a persistência biológica e baixa excreção pelos organismos. Não apresenta função biológica conhecida.

Os limites de emissão permitidos em efluentes para este metal estão dentro dos limites estabelecidos para *Daphnia* sp.

#### 4.7 NÍQUEL (Ni)

Apresenta papel biológico, está presente em enzimas que oxidam o oxigênio, porém em concentrações elevadas causa efeitos tóxicos a biota.

Os limites de emissão permitidos em efluentes para este metal estão de 16 a 25 vezes maiores do que a toxicidade para *Pseudokirchneriella subcaptata* e dentro dos limites estabelecidos para *Pimephales promelas*. Segundo Pyle et al (2002) a toxicidade desse metal para *P. promelas* está relacionada ao pH, aumentando em pH ácido e diminuindo em pH alcalino.

#### 4.8 ZINCO (Zn)

Este metal ocorre naturalmente em pequenas concentrações e é essencial aos organismos, ainda que em quantidades mínimas, pois participam de processos fisiológicos. É considerado tóxico quando forma compostos como óxidos e sulfetos.

Os limites de emissão permitidos em efluentes para este metal estão de uma a 71 vezes maiores do que a toxicidade para *Daphnia magna* e de duas a 20 vezes maiores para *Pimephales promelas*.

A ação das substâncias presentes nos efluentes sobre a qualidade das águas em que são lançados varia e depende de sua natureza. O efeito dos efluentes depende inteiramente das condições que cada caso apresenta e nas quais as características hidrográficas têm um importante papel. O padrão de lançamento não é condição suficiente para a gestão da poluição nos corpos de água ou para a garantia da qualidade destes.

Durante a discussão para modificação da resolução CONAMA 357/2005, realizada em 2008, os órgãos competentes levaram em conta apenas sua preocupação com o fato de que o cromo hexavalente, forma mais tóxica do elemento, não havia sido contemplado na resolução mais antiga, não sendo discutido se os valores dos demais elementos se enquadravam nos níveis de proteção da vida aquática. Já a resolução CONSEMA 128/2006, apresenta valores mais restritivos do que a atual resolução nacional, mesmo assim os valores estão acima do esperado para toxicidade de organismos aquáticos.

## 5 CONCLUSÃO

Com base nos resultados apresentados fica claro que os valores determinados pelas resoluções para emissão de efluentes em corpos d'água, na maior parte das vezes, não são adequados aos reais valores de toxicidade que as substâncias apresentam quando em contato com os organismos, não podendo ser considerados como seguros para a proteção da vida aquática.

O levantamento foi realizado considerando apenas o grupo de substâncias classificadas como tóxicas pelo IPMCA, levando a crer que outras substâncias também devem apresentar inadequações, sendo assim sugere-se uma nova revisão de resolução, onde devem ser levados em conta os estudos referentes aos efeitos de toxicidade aguda e crônica causada a biota aquática.

## 6 REFERÊNCIAS

ABNT NBR 12713, Ecotoxicologia aquática - Toxicidade aguda - Método de ensaio com *Daphnia* sp. (Crustácea, Cladocera), Maio de 2004.

ABNT NBR 12648, Ecotoxicologia aquática - Toxicidade crônica - Método de ensaio com algas (Chlorophyceae), Outubro de 2004.

ABNT NBR 15499, Ecotoxicologia aquática – Toxicidade crônica de curta duração – Método de ensaio com peixes, Setembro de 2007.

BERTOLETTI, E. Toxicidade e concentração de agentes tóxicos em efluentes industriais na grande São Paulo. *Ciência e Cultura*, 42 (3/4): 271-277, 1990.

BERTOLETTI, E; GHERARD GOLDSTEIN, E; NIPPER, M.G. Toxicidade de efluentes industriais na Grande São Paulo. *Revista DAE*, 49 (115): 63-70, 1989.

BLAISE, C. Introduction to ecotoxicological concepts, *Proceedings of Biological Testing and Hazard Assessment*. Environmental Canada, p. 11-47, october 20-21, 1984.

BRINGMANN, G; KUHN, R. The Water-Toxicological Detection of Insecticides (Zum Wasser-Toxikologischen Nachweis von Insektiziden). *Gesund.-Ing*, 8:243-244, 1960.

BRUNGS, W.A; GECKLER, J.R; GAST, M. Acute and Chronic Toxicity of Copper to the Fathead Minnow in a Surface Water of Variable Quality Water. *Res*. 10(1):37-43, 1976.

CAIRNS, J.J; NIEDERLEHNER, B.R. Developing a field of landscape ecotoxicology - ecological applications. 6(3), p. 790-796, 1996.

CARLSON, A.R; ROUSH, T.H. Site-Specific Water Quality Studies of the Straight River, Minnesota: Complex Effluent Toxicity, Zinc Toxicity, and Biological Survey

Relationships. EPA/600/3-85/005, U.S.EPA, Duluth, MN: 60 p. (NTIS/PB85-160703), 1985.

CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente), Ministério do Meio Ambiente, Resolução No 357, de 17 de Março de 2005, 23p.

CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente), Ministério do Meio Ambiente, Resolução No 397, de 03 de Abril de 2008, 3p.

CONSEMA (Conselho Estadual do Meio Ambiente), Secretaria do Meio Ambiente do Rio Grande do Sul, Resolução No 128, de 24 de Novembro de 2006, 9p.

COSTAN, G; BERMINGHAM, N; BLAISE, G; FERARD, J.F. Potential ecotoxic effects probe (PEEP): a novel index to assess and compare the toxic potential of industrial effluents. *Environmental Toxicology and Water Quality: an International Journal*, 8: 115-140, 1993.

DELEEBEECK, N.M.E; SCHAMPHELAERE, K.A.C; JANSSEN, C.R. The effect of pH on the toxicity of Ni to the green alga *Pseudokirchneriella subcapitata*. ECBI/20/95, Add. 67, Universiteit Gent, 6p, 1995.

ESTEVEES, F.A. Fundamentos de limnologia. FINEP, 575p, 1988.

IPMCA (Índice de parâmetros mínimos para preservação da vida aquática), Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, Secretaria de Estado do Meio Ambiente, de 16 de novembro 2001.

FISHER, D.J; BURTON D.T; PAULSON, R.L. Acute Toxicity of a Complex Mixture of Synthetic Hexachloroethane (HC) Smoke Combustion Products: II. Determination of Component Toxicity *Environ.Toxicol.Chem.* 9(6):755-760, 1990.

FRANKLIN, N.M; STAUBER, J.L; APTE, S.C; LIM, R.P. Effect of initial cell density on the bioavailability and toxicity of copper in microalgal bioassays. *Environmental Toxicology and Chemistry*, Vol. 21, No. 4, pp. 742–751, 2002.

GILONI-LIMA P.C; DELELLO, D; CREMONEZ, M.L.M; LIMA, V.A; ESPÍNDOLA E.L.G. A study of the effects of chromium exposure on the growth of *Pseudokirchneriella subcapitata* (Korshikov) hindak evaluated by Central Composite Design and Response Surface Methodology. *Ecotoxicology* 19:1095–1101, 2010.

KALLQVIST, T. Effect of water hardness on the toxicity of cadmium to the alga *Pseudokirchneriella subcapitata*. Norwegian Institute for Water Research, Report SNO 5422, 59p, 2007.

LAZORCHAK, J.M. The Significance of Weight Loss of *Daphnia magna* Straus During Acute Toxicity Tests with Copper. Ph.D Thesis, University of Texas, Dallas, TX: 191 p., 1987.

MOUNT, D.I; NORBERG, T.J. A Seven-Day Life-Cycle Cladoceran Toxicity Test. *Environ.Toxicol.Chem.* 3(3):425-434, 1984.

NORBERG, T.J; MOUNT, D.I. A New Fathead Minnow (*Pimephales promelas*) Subchronic Toxicity Test. *Environ.Toxicol.Chem.* 4(5):711-718, 1985.

ODUM, E. P. Ecologia – fatores limitantes e o ambiente físico. Rio de Janeiro, Ed. Guanabara Koogan, 434p, 1988.

PLAA, G.L. Present status: toxic substances in the environment. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology*, 60: 1010-1016, 1982.

PLAYLE, R.C; DIXON, D.G; BURNISON, K. Copper and Cadmium Binding to Fish Gills: Estimates of Metal-Gill Stability Constants and Modelling of Metal Accumulation. *Canadian Journal of Fish. Aquat. Sci.* 50:2678-2687, 1993.

PYLE, G.G; SWANSON, S.M; LEHMKUHL, D.M. The influence of water hardness, pH, and suspended solids on nickel toxicity to larval fathead minnows (*Pimephales promelas*). *Water, Air, and Soil Pollution* 133: 215-226, 2002.

RAND, G.M. Fundamentals of Aquatic Toxicology - Effects, environmental fate and risk assessment. Second Edition, Taylor & Francis, Washington, DC, 1125p, 1995.

RUESINK, R.G; SMITH JR, L.L. The Relationship of the 96-Hour LC50 to the Lethal Threshold Concentration of Hexavalent Chromium, Phenol, and Sodium Pentachlorophenate for Fathead Minnows (*Pimephales promelas*). Trans. Am. Fish. Soc. 104(3):567-570, 1975.

SCHAMPHELAERE, K.A.C; HEIJERICK, D.G; JANSSEN, C.R. Comparison of the Effect of Different pH Buffering Techniques on the Toxicity of Copper and Zinc to *Daphnia Magna* and *Pseudokirchneriella Subcapitata*. Belgium Ecotoxicology, 13, 697–705, 2004

SCHUYTEMA, G.S; NELSON, P.O; MALUEG, K.W; NEBEKER, A.V; KRAWCZYK, D.F; RATCLIFF, A.K. Toxicity of Cadmium in Water and Sediment Slurries to *Daphnia magna*. Environ.Toxicol.Chem. 3(2):293-308, 1984.

VIGNATI, D.A.L; BEYE, M.L; DOMINIK, J; KLINGEMANN, A.O; FILELLA, M; BOBROWSKI, A; FERRARI, B.J.D. Chromium (VI) is more toxic than chromium (III) to freshwater algae: A paradigm to revise? Ecotoxicology and Environmental Safety 73, p 743-749, 2010.

WHO. Environmental Health Criteria – 85: Lead – Environmental Aspects, Geneva, 1989.

ZAGATTO, A; BERTOLETTI, E. Ecotoxicologia Aquática – princípios e aplicações, São Carlos, RiMa, 478p, 2006.