



UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE

CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

VALDIR HOBOLD

**AVALIAÇÃO DE METODOLOGIAS PARA ANÁLISE TOXICOLÓGICA
UTILIZANDO ALGAS DO TIPO *Scenedesmus subspicatus* E *Daphnia
magna.***

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Ambiental como requisito parcial à obtenção do grau de Engenheiro Ambiental.

Orientador: Prof^a M. Sc. Marta Valéria Guimarães de Souza Hoffmann
Co-orientador: Prof. M. Sc Rafael Mello Lattuada

CRICIÚMA, 2007.



UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE

Curso de Engenharia Ambiental

VALDIR HOBOLD

**AVALIAÇÃO DE METODOLOGIAS PARA ANÁLISE TOXICOLÓGICA
UTILIZANDO ALGAS DO TIPO *SCENEDESMUS SUBSPICATUS* E
DAPHNIA MAGNA.**

Este trabalho de Conclusão de curso foi julgado adequado à obtenção do grau de Engenheiro Ambiental e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Ambiental da Universidade do Extremo Sul Catarinense.

Criciúma – SC, 03 de Julho de 2007.

Profª Dra. Rosimeri Venâncio Redivo
Universidade do Extremo Sul Catarinense

Profº M. Sc. Valmir Machado
Universidade do Extremo Sul Catarinense

Profº M. Sc. Marta Valéria Guimarães de Souza Hoffmann
Universidade do Extremo Sul Catarinense

Profº M. Sc. Rafael Mello Lattuada
Universidade do Extremo Sul Catarinense

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a toda minha família, onde cada um a sua maneira me incentivou a chegar até aqui.

AGRADECIMENTOS

Agradeço...

Primeiramente a Deus pelo dom da vida e por ter colocado em meus caminhos pessoas especiais.

Aos professores de minha graduação pelo conhecimento compartilhado em especial aos orientadores Prof^{ra} Marta Valéria Guimarães de Souza Hoffmann e Prof^o Rafael Mello Lattuada, obrigado pelo auxílio, paciência, dedicação, enfim por serem a base de minha pesquisa.

Aos amigos e colegas que juntos comigo chegaram ao fim dessa caminhada.

As técnicas dos laboratórios do bloco S pelos auxílios que me deram durante a pesquisa.

EPÍGRAFE

A vida é uma seqüência de dias vazios que precisamos preencher.

A fase da sabedoria é o processo de aprendizado da felicidade ensinado por todos os mestres. Mas o importante não é o mestre, e sim o discípulo. Quando o discípulo esta preparado, o mestre sempre aparece - seja como uma mulher francesa, seja na forma de pai, de um colega de trabalho, de um animal de estimação, de uma criança caminhando na relva.

Isso acontece quando se está aberto a todas as lições da vida, e é a forma de se graduar na escola da existência.

Roberto Shinyashiki

RESUMO

Devido ao consumo desenfreado por produtos químicos, têm-se aumentado também os impactos gerados para sua produção, limitando assim os recursos naturais. O presente estudo teve como objetivo avaliar metodologias utilizando-se como o bioindicador *Daphnia magna* e algas do tipo *Scenedesmus subspicatus*, realizou-se uma comparação entre ambos através de testes com efluentes de carbonífera, de arroz e sedimentos onde se realizou a colheita do cereal. As análises dos testes de toxicidade mostraram que os efluentes de carbonífera não mostraram toxicidade com *D. magna* enquanto que, com as algas *S. subspicatus* apresentou toxicidade. Com os efluentes provenientes após a colheita do arroz, mostrou uma variação entre 5 à 30% para as *D. magna* e de 30 à 70% para as algas. Com os sedimentos provenientes após a colheita do arroz, mostrou toxicidade de 10 à 100% para as *D. magna* enquanto que, nas algas apresentou toxicidade de até 70%. Testes de toxicidade com esses bioindicadores são para identificação e quantificação de níveis de contaminantes potenciais que oferecem risco a qualidade da água bem como à biota aquática e, considerando a necessidade crescente de monitoramento e avaliação dos sistemas hídricos na caracterização ecotoxicológica.

Palavra-chave: Toxicidade, *Daphnia magna* e *Scenedesmus subspicatus*.

ABSTRACT

The unrestrained consumption of chemicals and, consequently, the impacts caused by their production have been substantially reducing natural resources. The present study aimed at evaluating methodologies using *Daphnia magna* and the algae *Scenedesmus subspicatus* as bioindicators. A comparison between them was carried out through tests with carboniferous effluents, rice effluents and sediments from where the cereal harvest had been done. The toxicity tests analysis showed that carboniferous effluents do not present toxicity to *D. magna*, but they present it to *S. subspicatus*. Regarding rice effluents, the tests showed a variation from 5% to 30% to *D. magna* and from 30% to 70% to the algae. In relation to the sediments produced by rice harvest, the tests showed toxicity from 10% to 100% to *D. magna* and up to 70% to the algae. Toxicity tests, using such bioindicators, are applied to identify and quantify the levels of potential contaminants which are a high risk to water quality as well as to aquatic organisms, considering the increasing necessity of hydro system monitoring and evaluation in the ecotoxicological characterization.

Keywords : Toxicity; *Daphnia magna*; *Scenedesmus subspicatus*.

SUMÁRIO

LISTA DE SIGLAS.....	11
LISTA DE FIGURAS.....	12
LISTA DE TABELAS.....	13
LISTA DE QUADROS	14
1 INTRODUÇÃO.....	15
2 OBJETIVOS	18
2.1 OBJETIVO GERAL.....	18
2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	18
3 JUSTIFICATIVA.....	19
4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	21
4.1 Ecotoxicologia	21
4.2 Avaliação da Exposição	22
4.3 Avaliação Dose – Resposta	25
4.4 Toxicidade	26
4.4.1 Toxicidade Aguda	26
4.4.2 Toxicidade Crônica	27
4.4.3 Âmbito de Aplicações	27
4.4.4 Testes com Algas	28
4.4.5 Testes com <i>Daphnias</i>	31

4.5 A Intoxicação como Fenômeno Biológico	33
4.6 Principais Poluentes Aquáticos	34
4.7 Bacias Hidrográficas	36
4.8 Definição e Classificação dos Agrotóxicos.....	40
4.8.1 Classificação dos Agrotóxicos	41
4.8.2 Agrotóxicos e os Riscos à Saúde Humana	47
4.8.3 Pesticidas	49
4.8.4 Embalagens dos Agrotóxicos.....	51
4.9 Metais Pesados	51
4.9.1 Bioacumulação de Metais Pesados	55
4.9.2 Chumbo	56
4.9.3 Cádmio	58
4.9.4 Arsênio	59
4.9.5 Mercúrio	61
5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	63
5.1 Testes ecotoxicológicos.....	63
5.1.1 Testes com <i>Daphnia magna</i>	63
5.1.2 Testes com <i>Scenedesmus subspicatus</i>	64
5.1.3 pH	65
5.2 Materiais e Métodos	65
5.2.1 Área de Estudo	65
5.2.2 Coleta de Efluentes e Sedimentos	66
5.2.3 Análises Ecotoxicológicas	68
5.2.4 Condições do ensaio com algas	68

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	71
6.1 Testes ecotoxicológicos.....	71
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	79
REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO	83
ANEXOS.....	86
Anexo A: Relação herbicidas usados no cultivo do arroz irrigado	87
Anexo B: Materiais utilizados	98
Anexo C: Portaria FATMA nº 017/02	101

LISTA DE SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

AMREC – Associação dos Municípios da Região Carbonífera do Sul de Santa Catarina.

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente

CL – Concentração Letal

CE – Concentração Efetiva

CENO – Concentração Efetiva não observável

CEM – Concentração Efetiva Mínima

DL – Dose Letal

EPAGRI – Empresa de Pesquisas Agrárias

EPI – Equipamento de Proteção Individual

FD – Fator de Diluição

FATMA – Fundação do Meio Ambiente

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

MS – Ministério da Saúde

NBR – Norma Brasileira

VMP – Valor Máximo Permitido

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Fotografia das Algas <i>Scenedesmus subspicatus</i> (Knie; Lopes, 2004)	29
Figura 2. Curva de Crescimento da Alga <i>Scenedesmus subspicatus</i> (Reginatto,1998).....	31
Figura 3. <i>Daphnia magna</i> com ovos na bolsa incubadora (Knie; Lopes, 2004)	32
Figura 4. Principais Bacias Hidrográficas do Estado de Santa Catarina	39
Figura 5: Câmara de Neubauer para contagem de algas no microscópio (Knie; Lopes, 2004) ...	65
Figura 6. Coleta de Efluente e Sedimentos do cultivo do Arroz (Hobold, 2007)	68
Figura 7. Curva de calibração obtida com espectrofotômetro Fento 700 para solução algácea de <i>Scenedesmus subspicatus</i> medido a 750 nm (LATTUADA, 2007).....	70
Figura 8: Comparação de toxicidade entre <i>Daphnia magna</i> e <i>Scenedesmus subspicatus</i> com efluente de carbonífera.....	73
Figura 9: Comparação de toxicidade entre <i>Daphnia magna</i> e <i>Scenedesmus subspicatus</i> com efluente de arroz após colheita.....	77
Figura 10: Comparação de toxicidade entre <i>Daphnia magna</i> e <i>Scenedesmus subspicatus</i> com sedimentos após colheita do arroz.....	78

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Classificação toxicológica dos agrotóxicos segundo DL 50	45
Tabela 2: Classe toxicológica e cor da faixa no rótulo de produtos agrotóxicos.....	45
Tabela 3: Medidas-padrão de toxicidade de efluentes e substâncias tóxicas	46
Tabela 4: Resultados dos ensaios de toxicidade agudo e crônico da estação de tratamento do efluente da carbonífera utilizando <i>Daphnia magna</i> como bioindicador	71
Tabela 5: Resultados dos ensaios com algas <i>Scenedesmus subspicatus</i> com leituras de absorvância (750nm) e microscópio do efluente de carbonífera.....	72
Tabela 6: Resultados dos ensaios de toxicidade agudo e crônico do efluente onde foram realizados o cultivo do arroz utilizando <i>Daphnia magna</i> como bioindicador.....	74
Tabela 7: Resultados dos ensaios de toxicidade agudo e crônico dos sedimentos após o cultivo do arroz utilizando <i>Daphnia magna</i> como bioindicador.....	75
Tabela 8: Resultados dos ensaios com algas <i>Scenedesmus subspicatus</i> com leituras de absorvância (750m) e microscópio do efluente do cultivo do arroz.....	76
Tabela 9: Resultados dos ensaios com algas <i>Scenedesmus subspicatus</i> com leituras de absorvância (750m) e microscópio com sedimentos após o cultivo do arroz.....	77

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Limites Máximos de Toxicidade Aguda para microcrústáceos- <i>Daphnia magna</i> (Straus, 1820) e para as bactérias bioluminescentes – <i>Vibrio fischeri</i> , dos efluentes de diferentes categorias.....	24
Quadro 2: Limites para padrão de potabilidade de água considerando algumas moléculas orgânicas de uso agrícola, segundo OMS.....	46
Quadro 3: Valores gerais de persistências de alguns pesticidas no solo.....	50
Quadro 4: Principais parâmetros medidos pela carbonífera após tratamento do efluente.....	67
Quadro 5: Valores exigidos em cada fator de diluição.....	69

1 INTRODUÇÃO

O rápido crescimento das cidades brasileiras se baseia na industrialização, que tem como característica principal uma estreita relação das questões ambientais com o desenvolvimento de suas atividades.

No passado, o modo de tratamento de efluentes utilizado não se adaptava as exigências dos órgãos fiscalizadores causando assim, uma série de impactos. Os problemas eram agravados principalmente pela falta de pessoal para a fiscalização dos “afluentes” que eram lançados nos recursos hídricos sem tratamento. Atualmente, a população atua também como fiscalizadoras das empresas que poluem e muitas vezes ela própria faz a denúncia aos órgãos fiscalizadores que muitas vezes suas ações são lentas por falta de verbas. As multas são aplicadas, mas a maioria da arrecadação ou às vezes nada retorna para os órgãos para melhorias.

Os testes ecotoxicológicos são usados para analisar a qualidade dos efluentes que serão lançados nos recursos hídricos após tratamento. Furlong (1995) apud Reginatto (1998), mostra a importância dessa questão citando que na Europa, desde 1993, uma bateria de testes com espécies únicas (teste de toxicidade aguda para peixes e crustáceos (*Daphnia*), teste de

inibição do crescimento de algas e bactérias), é obrigatória para a identificação do potencial tóxico de substâncias.

Na Dinamarca, são exigidos 5 ensaios com espécies de organismos diferentes para a permissão da descarga de efluentes: o ensaio com a alga verde (*Rhaphidocellis subcapitata*), daphnia (*Daphnia magna*), peixe (*Brachydanio rerio*), macrófito (*Lemna minor*) e com a bactéria luminescente (*Vibrio fischeri*), (PEDERSEN E PETERSEN, 1996 apud REGINATTO, 1998).

A Região Sul é uma das que mais se desenvolvem no Brasil. Atividades industriais do setor cerâmico, têxtil, mineração se destacam a nível nacional e internacional, atividades de agronegócios como abatedouros, cultivo de arroz que segundo o IBGE/EPAGRI na safra 2005/2006 teve uma produção de 1.608.750 toneladas no município de Forquilha, dando um valor de R\$ 32.175.000,00 no período. Há uma produção enorme sem se dar conta da quantidade de agrotóxicos utilizados para essa produção e que simplesmente vão para o “ralo” muitas vezes sem conscientização dos produtores, também sobre os perigos no manuseio, aplicação e da quantidade que realmente deve ser utilizada.

Nas indústrias, principalmente nas mineradoras, a fiscalização está mais eficiente devido às pressões do poder público e das altas multas que poderão ser aplicadas nas empresas que não cumprirem as exigências dos órgãos ambientais.

O presente trabalho irá estudar a ecotoxicidade de efluentes industriais e de sedimentos onde foi realizado o cultivo do arroz, verificando se ocorre contaminação/bioacumulação de agrotóxicos de uma safra a outra que poderia estar produzindo efeitos tóxicos para a biota aquática.

Conforme Bergman e Pugh, (1994) apud Espindola et al. (2000), a contaminação dos ecossistemas aquáticos que, uma vez despejados no ambiente, se distribuem e interagem de acordo com suas características e com as condições do meio receptor, sendo sujeitos a

transformações químicas (hidrólises), físicas (fotólises) e biológicas (decomposição) podendo atingir níveis mais altos da cadeia trófica por meio da bioacumulação.

Espindola (2000) vai mais adiante e afirma que entre as substâncias tóxicas que chegam aos ecossistemas aquáticos, os metais pesados levados diretamente por despejo de efluentes ou transportados indiretamente pela chuva e/ou pela atmosfera, merecem especial interesse devido à ação residual (baixa biodegradabilidade) e principalmente a seu efeito cumulativo na cadeia trófica.

Na questão dos agrotóxicos, substâncias que apesar de serem cada vez mais utilizadas na agricultura, podem oferecer perigo para o homem, dependendo da toxicidade, do grau de contaminação e do tempo de exposição durante sua aplicação.

Os níveis sócio-cultural e sócio-econômico refletem no comportamento diário dos agricultores, o baixo percentual de indivíduos que lêem os rótulos das embalagens pode ser explicado pelos níveis de escolaridade encontrados na comunidade.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar metodologias adotadas no âmbito nacional (ABNT) para análise toxicológica de algas do tipo *Scenedesmus subspicatus* e *Daphnia magna*, analisando os indicadores de qualidade ambiental de efluentes na região.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Busca metodologias oficiais em referências bibliográficas;
- Implementar as análises no laboratório de toxicologia – UNESC;
- Avaliar toxicidade das amostras coletadas de efluentes da região, utilizando ensaios com microcrustáceos *Daphnia magna* e algas do tipo *Scenedesmus subspicatus* que possibilitem a identificação de substâncias tóxicas;
- Analisar os indicadores de qualidade ambiental de efluentes da região;
- Avaliar a eficiência das metodologias aplicadas.

3 JUSTIFICATIVA

Desde a Conferência ocorrida em Estocolmo em 1972 que os problemas ambientais vem se tornando mais significativos para as empresas e conseqüentemente para toda sociedade (SOUZA, 2002).

A questão ambiental vem se destacando de forma positiva em todos os ramos empresariais acentuando vínculos entre preservação ambiental, atividade empresarial e crescimento econômico, passando a ser considerado não somente marketing para as empresas, mas também oportunidades empresariais (SOUZA, 2002).

Os efluentes orgânicos, os efluentes industriais, o deflúvio superficial urbano e o deflúvio superficial agrícola são as fontes mais comuns da poluição das águas. Cada uma dessas fontes possui características próprias quanto aos poluentes que carregam, sendo que a grande diversidade de indústrias existentes e de matérias-primas utilizadas nos processos industriais faz com que haja uma variabilidade muito grande quanto aos contaminantes lançadas pelas indústrias nos corpos d'água (CETESB, 1990 -1996 apud ESPINDOLA, 2002).

Os critérios de qualidade da água limitam as concentrações de metais na água de acordo com observações de causa e efeito. Um critério para proteção da biota em relação aos níveis de metais é a estimativa de concentrações “seguras”, isto é, concentrações que permitem a sobrevivência, crescimento e reprodução mesmo considerando que essa estimativa, em geral, tem

por base as respostas de uma ou apenas algumas espécies e é efetuada em experimentos com variáveis altamente controladas e isoladas de alguns fatores físicos ou químicos que podem modificar os valores estimados.

Com o intuito de avaliar os efluentes, foram coletadas 2 tipos desses e 1 tipo de sedimento para verificar a intensidade com que contribuem para a contaminação dos recursos hídricos. Uma maneira de avaliar os efeitos dos contaminantes sobre a biota aquática é mediante a aplicação de testes de toxicidade. A utilização de microalgas é um teste de grande importância porque são produtores primários e qualquer alteração do seu meio afeta a estrutura funcional do ecossistema. Outra maneira de avaliar a toxicidade é utilizando o microcrustáceo *Daphnia magna* como indicador biológico.

O uso de organismos aquáticos na avaliação da qualidade da água está se tornando cada vez mais importantes, sendo os testes de toxicidade o método mais comum para esse controle.

Conforme Nipper et al, 1993 apud Espindola, 2002, já no início dos anos 90 se reclamava da falta de opções de organismos para serem utilizados rotineiramente no controle da qualidade da água em ambientes estuarinos e marinhos no Brasil, assim, o presente estudo faz uma avaliação ecotoxicológica com os dois bioindicadores (*Daphnia magna* e *Scenedesmus subspicatus*), contribuindo sobre o assunto.

4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

4.1 ECOTOXICOLOGIA

Perin (2005), fala do conceito de Ecotoxicologia sendo a ciência dos venenos para o meio ambiente e a Ecotoxicologia aplicada descreve os métodos utilizados para verificar se e quanto um determinado veneno pode interferir no meio ambiente e quais as soluções para evitar, aliviar ou remediar eventuais danos causados.

O veneno é definido por Perin (2005), como qualquer substância que, por intermédio de interações físico-químicas com tecidos vivos, possa causar danos e/ou morte do organismo. Contudo o efeito tóxico de qualquer substância está estreitamente relacionado a sua forma de exposição.

A ecotoxicologia revela, através de ensaios com matéria viva, efeitos agudos ou crônicos, produzidos por substâncias químicas (KNIE; LOPES, 2004).

A função principal da Ecotoxicologia nas fontes, no ambiente e na target¹ é estabelecer normas como para emissões, para proteção ambiental ou exposições biológicas que garantam que a eventual liberação de um poluente no ambiente não causará um dano, ou muito

1. Segmento de mercado para o qual se desenvolve determinado composto de marketing. público-alvo.

menos um dano observável e irreversível (PERIN, 2005).

4.2 AVALIAÇÃO DA EXPOSIÇÃO

Segundo Oga (2003), o objetivo da avaliação da exposição é a mensuração da intensidade, da frequência e da duração da exposição humana a um agente presente no meio ambiente. O conceito de exposição a uma substância química pode ser abordado sob dois aspectos: o primeiro, como o contato de uma substância química com as barreiras externas do indivíduo, representadas pela pele, pelo trato digestivo e pelo trato respiratório; o segundo, como a estimativa qualitativa e quantitativa deste contato.

A avaliação toxicológica compreende a análise dos dados toxicológicos de uma substância ou composto químico com o objetivo de classificá-lo toxicologicamente e, ao mesmo tempo, fornecer informações a respeito da forma correta de seu emprego, bem como as medidas preventivas e curativas quando do uso inadequado (LARINI, 1997).

Os dados toxicológicos são informações obtidas através da experimentação em animais de laboratório, em ensaios com microorganismos ou através do registro de casos de intoxicações ocorridas em seres humanos.

O tipo de exposição depende da quantidade (ou concentração) da substância potencialmente tóxica, da sua forma, do tipo de administração e do tempo de interação com o organismo. Mais especificamente, uma exposição excessiva produzirá um efeito adverso no organismo, enquanto uma exposição tolerável não produzirá nenhum efeito adverso (PERIN, 2005).

Conforme esclarece Perin (2005), para a mesma substância e para o mesmo tipo de exposição, o efeito pode ser outro se os organismos forem diferentes. Um efeito adverso é representado por qualquer mudança anormal, indesejável ou danosa em um organismo exposto a

uma substância potencialmente tóxica. O efeito adverso extremo corresponde à morte do organismo, enquanto efeitos adversos menos severos correspondem a uma alteração na alimentação, no peso corpóreo ou de alguns órgãos, a mudanças patológicas visíveis ou alterações enzimáticas.

A exposição pode ser estática (o meio que contém a substância tóxica é preparado no início do experimento e não sofre modificações até o final do teste), semi-estática (o meio é periodicamente renovado) ou contínua (o meio é renovado continuamente), (PERIN, 2005).

A escolha do ensaio de toxicidade mais adequado depende do propósito do estudo a ser realizado e deve considerar os seguintes fatores: sensibilidade, distribuição geográfica, abundância, importância ecológica e relevância do organismo indicador para os propósitos do estudo a ser realizado (APHA, 1992 apud REGINATTO, 1998).

Bassoi et al., (1990); Isomaa e Lilius, (1995) apud Reginatto (1998), encontraram limitações para o emprego de organismos vivos como indicadores de toxicidade como a diferença de sensibilidade apresentada pelos organismos frente aos compostos químicos ou efluentes. Sendo assim, a avaliação da toxicidade de efluentes não deve ser realizada apenas por um único ensaio de espécie única (que utiliza apenas um organismo representante de um único nível trófico).

Para uma avaliação mais adequada, recomenda-se o uso de uma bateria de ensaios, isto é, uma série de testes que utilizem organismos representantes de diferentes níveis da cadeia alimentar. Pode-se afirmar que o efeito tóxico de um efluente sobre um organismo de determinada espécie não pode ser simplesmente extrapolado para outras espécies.

Segundo a resolução 357/05 do CONAMA destaca a necessidade de realização de testes ecotoxicológicos, para complementar a avaliação dos impactos gerados.

Em Santa Catarina a Portaria da FATMA nº 017/02, estabelece os Limites Máximos de Toxicidade Aguda para efluentes de diferentes atividades, utilizando-se como bioindicador *Daphnia magna* e a bactéria *Vibrio fischeri* conforme apresentado na tabela I e Anexo C.

Quadro 1: Limites Máximos de Toxicidade Aguda para microcrustáceos- *Daphnia magna* (Straus, 1820) e para as bactérias bioluminescentes – *Vibrio fischeri*, dos efluentes de diferentes categorias, conforme abaixo:

Erro! Vínculo não válido.

Origem dos Efluentes		Limites Máximos de Toxicidade aguda para <i>Daphnia magna</i>	Limites Máximos de Toxicidade aguda para <i>Vibrio fischeri</i>
Origem dos Efluentes	Categoria da atividade	Subcategoria da atividade	
			FDd
		Siderúrgica	4
		Metalúrgica	4
		Galvanoplastia	16
		Frigoríficos	
		Abatedouros	
		Laticínios	
		Cerealistas	2
		Bebidas	
		Fecularias	
		Alimentos	
			4
			4
			16
			4
			6
			4
			2
			2
			2

FDd – Fator de Diluição para *Daphnia magna*

FDbl – Fator de Diluição para *Vibrio fischeri*

Fonte: Portaria da Fatma 017/2002.

4.3 AVALIAÇÃO DOSE-RESPOSTA

Segundo Perin (2005), os experimentos de toxicidade permitem determinar uma relação causa-efeito, mas não são, no geral, suficientemente realistas, pois os resultados obtidos são válidos somente sob as condições ambientais utilizadas em laboratório e não nos permitem estender as conclusões a outras espécies ou a outros sistemas naturais complexos existentes no meio ambiente, visto que não podem levar em consideração as interações complexas entre a biota e o meio ambiente. Em função disso, um profundo estudo bibliográfico prevê o uso de vários organismos-teste (algas, bactérias, vegetais, invertebrados e vertebrados, etc.) e evidencia como cada um destes apresenta uma sensibilidade diferente para cada substância potencialmente tóxica.

A base fundamental da relação quantitativa entre a posição a um agente e a incidência de uma resposta adversa é chamada de avaliação dose-resposta. Seu objetivo é quantificar o perigo, previamente identificado na etapa anterior de Identificação do Perigo (OGA, 2003).

A avaliação da dose-resposta para substâncias que apresentam limiar de resposta envolve o cálculo de Doses de Referência (RfD – Reference Dose), que são conhecidas como doses às quais a população pode estar exposta diariamente sem apresentar risco de aparecimento de efeitos nocivos à saúde durante toda a vida (OGA, 2003).

Azevedo (2003), ressalta que o efeito de um agente químico sobre a saúde humana depende da concentração inalada, ingerida ou absorvida que efetivamente chega ao órgão-alvo para aquela substância. A relação dose-resposta descreve a proporção das respostas individuais em relação à magnitude da dose para um período específico de exposição.

Para os contaminantes com propriedades toxicológicas é essencial conhecer os limiares para a relação dose-resposta, a fim de garantir que a exposição de indivíduos ou de uma população não exceda a dose para a qual existe possibilidade de ocorrência de efeitos adversos (AZEVEDO, 2003).

4.4. TOXICIDADE

A toxicidade de uma substância a um organismo vivo pode ser considerada como a capacidade de lhe causar dano grave ou morte. Para que este dano ocorra é indispensável a interação do agente químico com o organismo. A relação entre a intensidade do efeito, a concentração e o tempo de exposição, depende da idade e das condições de saúde do indivíduo ou organismo em risco (OGA, 2003).

Oga (2003) cita ainda que na fase da identificação do perigo investiga-se se o agente químico pesquisado apresenta capacidade de causar um efeito adverso e estabelece-se a natureza dos efeitos presentes numa população ou num ecossistema.

4.4.1 TOXICIDADE AGUDA

Toxicidade aguda é definida como os efeitos adversos que ocorrem dentro de um período curto após a administração de uma dose única ou doses múltiplas, dentro de 24 horas. A dose única é utilizada para determinar a potência da droga em casos de ingestão ou envenenamento acidental e as doses múltiplas são usadas para avaliarem se os efeitos são cumulativos (OGA, 2003).

Larini (1997), cita que a toxicidade aguda de um composto químico é expressa pela quantidade necessária, em mg/Kg de peso corpóreo, para provocar a morte de 50% de um lote de animais submetidos à experiência. É representada pela sigla DL (Dose Letal) 50%. Para alguns autores, a DL_{50} não é um parâmetro toxicológico – representa apenas um parâmetro estatístico.

No caso da toxicidade aguda pela via respiratória (contaminantes do ambiente), a mesma é avaliada através da concentração letal média (CL_{50}), que representa a concentração de uma substância química na atmosfera capaz de provocar a morte em 50% dos animais após exposição, única ou repetida, ao agente tóxico (LARINI, 1997).

4.4.2 TOXICIDADE CRÔNICA

Os estudos de toxicidade crônica são realizados para se determinar o efeito tóxico após exposição prolongada a doses cumulativas da substância em teste (OGA, 2003).

Azevedo (2003), cita que para realizar o estudo de toxicidade crônica é necessário um período correspondente a toda a vida do animal. Na determinação do efeito tóxico crônico, quando usado bioindicadores *Daphnia magna* sp., necessita de um período de 10 dias para analisar a toxicidade do efluente.

4.4.3 ÂMBITO DE APLICAÇÕES

O campo das aplicações dos testes ecotoxicológicos é muito amplo. Knie e Lopes (2004), colocam algumas aplicações:

- ? Avaliação do risco potencial de substâncias químicas ao meio ambiente;
- ? Monitoramento da qualidade das águas superficiais;
- ? Fiscalização de efluentes;
- ? Controle da eficiência de estações de tratamento de águas residuárias;
- ? Controle de efluentes antes da entrada na estação de tratamento para proteção da sua biologia;
- ? Identificação de fontes poluidoras;
- ? Determinação do potencial bioacumulativo de substâncias;
- ? Avaliação da contaminação de águas após acidentes com produtos químicos.

4.4.4 TESTE COM ALGAS

Para Reginatto (1998), os ensaios de toxicidade que usam algas ou plantas indicadoras consistem basicamente no crescimento destas em diferentes diluições dos efluentes ou substância a ser avaliada, na qual é adicionada uma solução de nutrientes de composição definida. A duração do ensaio varia conforme a espécie-indicadora e pode ser de algumas horas até sete dias, período no qual são comparados parâmetros como biomassa, concentração de clorofila, atividade fotossintética e/ou crescimento em relação ao controle.

As algas unicelulares são organismos ubíquos² nos ecossistemas aquáticos. Elas conseguem transformar a energia solar em biomassa e produzir oxigênio, que depois será utilizado por outros organismos aquáticos. Têm papel muito importante na transformação e mineralização de substâncias químicas e são um nutriente básico na cadeia alimentar (PERIN, 2005).

Scenedesmus subspicatus CHODAT (*Chlorophyta, Chlorophyceae*) é uma alga verde planctônica, representante dos produtores primários nos ecossistemas de água doce. Nesta função, as algas são base do ciclo de vida na água, servindo de alimento para outros organismos; além disso, destacam-se na manutenção do equilíbrio do ambiente aquático, pois participam dos ciclos biogeoquímicos, especialmente nos do carbono, oxigênio, nitrogênio, fósforo e silício. Na natureza, *Scenedesmus subspicatus* forma agregados de até 5 ou 6 células, ao passo que no cultivo em laboratório ela se mostra, normalmente, unicelular (KNIE; LOPES, 2004).

Segundo Knie; Lopes (2004), as algas como indicadores da poluição aquática são usadas aproximadamente há 100 anos. Em geral, as análises com algas para a avaliação da

² Unipresente

qualidade hídrica e de efluentes, bem como da periculosidade de substâncias químicas, se

baseiam na observação dos efeitos desses meios sobre o desenvolvimento da biomassa algal.

O uso da alga *Scenedesmus subspicatus* foi utilizado para avaliação de efluentes de uma indústria produtora de pectina³ localizada no norte da Alemanha como tese de doutorado de Reginatto (1998).

Na Figura 1 é apresentado algas *Scenedesmus subspicatus* usado para alimentação das *Daphnia magna* e testes de toxicidade.

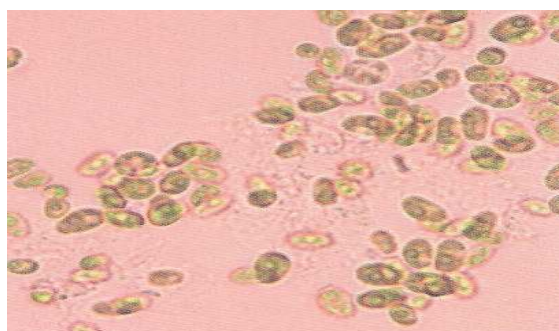


Figura 1 Algas *Scenedesmus subspicatus*
(Knie; Lopes, 2004.)

Conforme Perin (2005), os testes permitem avaliar os seguintes efeitos: a) tóxico agudo: verifica-se quando não ocorre ou quase não há o crescimento; b) de inibição: as algas na solução têm um atraso inicial no crescimento e depois voltam ao crescimento normal ou quase normal; c) estimulante: nesse caso ocorre crescimento maior do que no experimento controle.

Uma aplicação muito importante do teste com algas é a avaliação da toxicidade de sedimentos. Extraíndo-se a água intersticial⁴ e também a que fica adsorvida na estrutura

³ substância extraída de frutos e raízes vegetais, e que é um pó branco, mistura de hidratos de carbono, facilmente gelificável

⁴ Pequeno intervalo, fenda; intervalo entre as partes de um todo.

orgânica/inorgânica do sedimento, por intermédio de uma elutriação⁵ obtém-se uma solução que,

utilizada no bioensaio específico com algas, fornece uma indicação da influência global de um sedimento contaminado em relação à difusão dos poluentes tóxicos, no volume de água muito próximo ao sedimento (Perin, 2005).

Para Reginatto (1998), a importância do uso de algas como indicadores biológicos deve-se, principalmente, à posição ocupada na cadeia alimentar do ecossistema. Como principais representantes dos produtores primários tanto em ambientes aquáticos marinhos como em águas doces. Situam-se na base da cadeia alimentar e as alterações ocorridas na dinâmica da comunidade poderão afetar os níveis superiores do ecossistema.

Outras vantagens da utilização destes organismos em ensaios de toxicidade são sua grande sensibilidade às alterações ocorridas no meio ambiente e ao fato de possuírem um ciclo de vida relativamente curto, possibilitando a observação dos prováveis efeitos tóxicos em várias gerações (LEWIS, 1995; WUNDRAM et al., 1996 apud REGINATTO, 1998).

Conforme Reginatto (1998), a fase exponencial do crescimento da alga *S. subspicatus*, compreende o período entre o 1º e o 3º dia (24 e 72 horas) aproximadamente, na Figura 2 é apresentado o nível de crescimento das algas com relação ao tempo e a absorvância.

⁵ Processo por meio do qual se separa uma mistura de partículas de diferentes tamanhos em frações mais ou menos homogêneas mediante a sedimentação numa corrente de fluido.

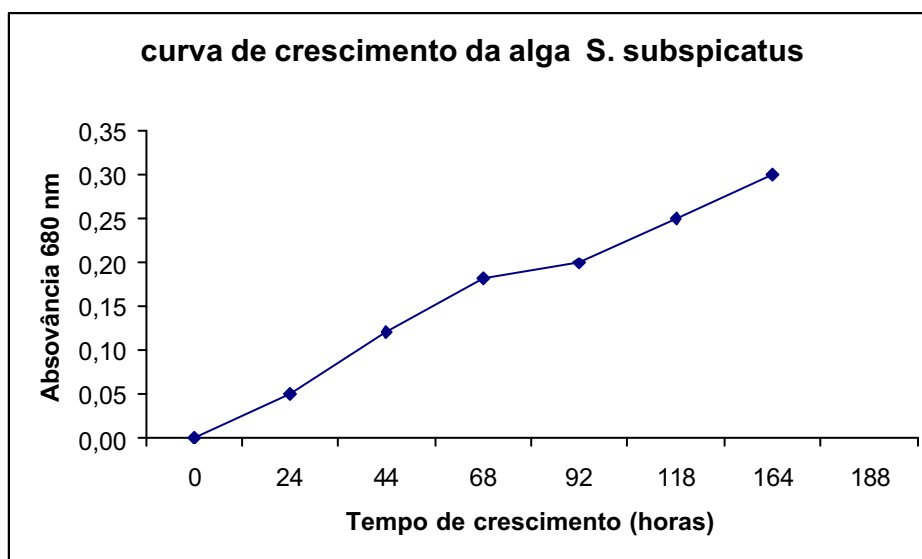


Figura 2: (REGINATO 1998)

Obs.: conforme a **Figura 2** Reginatto (1998) utilizou absorvância de 680 nm, neste trabalho será utilizado absorvância de 750 nm conforme a norma ABNT 12648/1992.

4.4.5 TESTE COM *DAPHNIAS*

Daphnia magna STRAUS, 1820 (*Cladocera*, *Crustácea*) é um microcrustáceo planctônico de água doce, com tamanho médio de 5 a 6 mm. Ele atua na cadeia alimentar aquática como consumidor primário entre os metazoários, alimentando-se por filtração de material orgânico particulado, principalmente de algas unicelulares. Em condições ambientais favoráveis reproduz-se assexuadamente por partenogênese, originando apenas fêmeas. As daphnias são vulgarmente conhecidas como pulgas d'água (KNIE; LOPES, 2004).

Conforme Knie; Lopes (2004), a escolha da *Daphnia magna* como organismo-teste fundamenta-se principalmente nos seguintes critérios:

- ? Os descendentes são geralmente geneticamente idênticos, o que assegura uma certa uniformidade de respostas;

- ? A cultura em laboratório sob condições controladas é fácil e sem grandes dispêndios;
- ? O manuseio é simples, por causa do tamanho relativamente grande da espécie, em comparação com outros microcrustáceos;
- ? A espécie reage sensivelmente à ampla gama de agentes nocivos;
- ? A espécie é adequada para testes estáticos, semi-estáticos ou de fluxo contínuo;
- ? O ciclo de vida e de reprodução é suficientemente curto, o que permite usar as daphnias também em testes crônicos;
- ? A *Daphnia magna* é internacionalmente reconhecida como organismo-teste e vem sendo utilizada há décadas em laboratórios ecotoxicológicos.

Na Figura 3 é apresentado a *Daphnia magna* com ovos na bolsa incubadora.

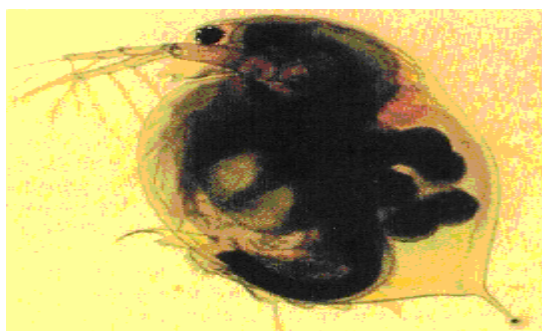


Figura 3: *Daphnia magna* com ovos na bolsa incubadora. (Knie; Lopes, 2004)

A cultura depende essencialmente da qualidade da água e do alimento. As daphnias são cultivadas em ambiente com luminosidade em torno de 1000 lux (lâmpadas fluorescentes de 22 V, tipo luz do dia) por um período de 16 horas e em temperatura que deve ficar na faixa de 18 a 22° C (condições que são obtidas através de incubadoras). Não há necessidade de aeração para o cultivo.

As daphnias são alimentadas diariamente. Nos finais de semana ou em casos excepcionais esse intervalo pode ser prolongado por até 2 a 3 dias consecutivos, fornecendo uma dose adicional de alimento no último dia anterior.

O uso de bioindicadores com a *Daphnia magna* (CE 50) é utilizado para avaliação dos tratamentos dos efluentes, Espíndola (2000) coloca como exemplo no uso na indústria têxtil já que o seu efluente tem composição variada e depende da etapa de processamento. Muitos desses compostos apresentam grande resistência à degradação biológica e química, que associada à natureza hidrófoba dos mesmos, potencializa os efeitos tóxicos via efeito de bioacumulação.

4.5 A INTOXICAÇÃO COMO FENÔMENO BIOLÓGICO

Os agentes tóxicos são substâncias químicas que rompem o equilíbrio orgânico, ou seja, substâncias que provocam alterações na normal homeostase do organismo. Assim, três são os elementos básicos da Toxicologia: a) a existência de uma substância química (agente) capaz de produzir uma determinada resposta num organismo vivo, b) a identificação do sistema (organismo) sobre o qual a substância poderá interagir e c) a necessidade de que a resposta (efeito) possa ser considerada nociva ao sistema com o qual interage (LARINI, 1997).

Conforme Azevedo (2003), a intoxicação é o conjunto de sinais e sintomas que demonstra o desequilíbrio orgânico promovido pela ação de uma substância tóxica. É um estado patológico do organismo diante da presença de dada concentração de agente tóxico, onde o organismo em foco pode ser o homem ou qualquer outro animal ou vegetal, podendo ser representado por um ecossistema inteiro.

4.6 PRINCIPAIS POLUENTES AQUÁTICOS

Conforme Braga et al (2002), os poluentes são classificados de acordo com sua natureza e com os principais impactos causados pelo seu lançamento no meio ambiente:

a) poluentes orgânicos biodegradáveis: a matéria orgânica biodegradável lançada na água será degradada pelos organismos decompositores presentes no meio aquático. Existem duas maneiras desses compostos, constituídos principalmente por proteínas, carboidratos e gorduras, serem degradados:

? se houver oxigênio dissolvido no meio, a decomposição será feita por bactérias aeróbias, que consomem o oxigênio dissolvido existente na água;

? se não houver oxigênio dissolvido no meio ocorrerá a decomposição anaeróbia, com a formação de gases como o metano e gás sulfídrico.

b) poluentes orgânicos recalcitrantes⁶ ou refratários⁷: muitos compostos orgânicos não são biodegradáveis ou sua taxa de biodegradação é muito lenta. Alguns desses compostos encontram-se no meio aquático em concentrações que não são perigosas ou tóxicas. No entanto, devido ao fenômeno da bioacumulação, sua concentração no tecido dos organismos vivos pode ser relativamente alta, caso eles não possuam mecanismos metabólicos que eliminem tais compostos após sua ingestão. Alguns exemplos de compostos orgânicos dessa natureza são:

? defensivos agrícolas: parcela considerável do total aplicado para fins agrícolas atinge os rios, lagos, aquíferos e oceanos por meio do transporte por correntes atmosféricas. Devido aos mecanismos de transporte característicos dos meios aquáticos, alguns desses defensivos têm sido detectados até na região antártica;

⁶ Que recalcitra; obstinado, teimoso.

⁷ Que resiste a certas influências químicas ou físicas

? detergentes sintéticos: tais produtos têm causado danos maiores em águas interiores do que em águas oceânicas, sendo em geral mais tóxicas para os peixes do que para o homem;

? petróleo: composto por uma mistura de várias substâncias com diferentes taxas de biodegradabilidade. O petróleo e seus derivados podem acidentalmente atingir corpos de água nas fases de extração, transporte, aproveitamento industrial e consumo.

c) metais: todos os metais podem ser solubilizados pela água, podendo gerar danos à saúde em função da quantidade ingerida, devido à sua toxicidade ou de seus potenciais carcinogênicos, mutagênicos ou teratogênicos.

Exemplos de metais tóxicos: o arsênio, bário, cádmio, cromo, chumbo e mercúrio. Um organismo aquático pode apresentar dois tipos básicos de comportamento em relação aos metais: ou é sensível à ação tóxica de um determinado metal ou não é sensível, mas o bioacumula, potencializando seu efeito nocivo ao longo da cadeia alimentar e colocando em risco organismos situados no topo dessa cadeia.

d) nutriente: o excesso de nutrientes nos corpos de água pode levar ao crescimento excessivo de alguns organismos aquáticos, acarretando prejuízo a determinados usos dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos.

e) organismos patogênicos: responsáveis pela transmissão de doenças como a leptospirose, febre tifóide, cólera, hepatite infecciosa, poliomielite, amebíase, giardíase, esquistossomose, ascaridíase.

f) sólidos em suspensão: os sólidos em suspensão aumentam a turbidez da água, isto é, diminuem sua transparência. O aumento da turbidez reduz as taxas de fotossíntese e prejudica a procura de alimento para algumas espécies, levando a desequilíbrios na cadeia alimentar.

g) calor: a temperatura da água afeta características físicas, químicas e biológicas do meio aquático como a densidade da água, a solubilidade de gases, a taxa de sedimentação do

fitoplâncton, a tensão superficial, reações químicas e o metabolismo dos organismos aquáticos.

h) radioatividade: A radioatividade existe naturalmente no meio ambiente devido à presença de substâncias radioativas e de radiação que vem do espaço exterior. Parte dessas substâncias atinge os corpos de água superficiais e subterrâneos, penetrando nas cadeias alimentares, podendo ser ou não bioacumulada. Desse modo, os organismos podem entrar em contato com materiais radioativos por meio do ar, da água, do solo ou de alimentos.

4.7 BACIAS HIDROGRÁFIAS

Conforme Passos (2006), Santa Catarina é um dos menores estados da federação e possui uma área de 95.346,181 km², e isto representa apenas 1,12% do território brasileiro. Possui duas serras, que juntas, dividem o território e a hidrografia do estado em duas vertentes:

? Vertente do litoral ou Atlântico: formada por um conjunto de bacias hidrográficas independentes que deságuam direto no oceano Atlântico. Os principais rios desta vertente são:

- Rio Itajaí Açu : possui a maior bacia hidrográfica totalmente catarinense, ou seja formada apenas por rios que nascem, correm e deságuam inteiramente em Santa Catarina.
- Rio Cubatão (do norte): principal rio da região de Joinville.
- Rio Tijucas: deságua na cidade que o nomeia e com muitas chuvas costuma provocar alguns estragos.
- Rio Cubatão (do sul): deságua no município de Palhoça, região da grande Florianópolis, uma parte da água deste rio é tratada e serve esta região.
- Rio Tubarão: desce da serra geral e corta a cidade que lhe nomeia ao meio, em enchentes costuma causar muitos estragos na região.

- Rio Araranguá: desce da serra geral e atravessa o município de mesmo nome, serve com suas águas os muitos arrozais que existem nesta região, costuma ser um rio que sobe muito e provoca muitos prejuízos com as chuvas.

- Rio Mampituba: é o rio que faz o limite estadual entre o Rio Grande do Sul e Santa Catarina.

? Vertente do Interior: Formada por um conjunto de bacias hidrográficas interligadas pelo rio Iguaçu ou a sua maioria pelo rio Uruguai. Os principais rios desta vertente são:

- Rio Uruguai: é o principal rio da vertente, pois recebe mais de 90% das águas desta região, é formado com o encontro de outros dois rios da vertente: Pelotas e Canoas. O Uruguai é o rio que faz boa parte do limite entre Santa Catarina e o Rio Grande do Sul, neste rio temos a maior fonte produtora de energia elétrica para o estado, a hidrelétrica Jorge Lacerda.

- Rio Iguaçu: é o 2º coletor da vertente, nasce em Santa Catarina e entra em terras paranaenses para desaguar na famosa Foz do Iguaçu.

- Rio Canoas: é um dos rios que formam o rio Uruguai, possui muitas quedas sendo muito aproveitado para produção de energia elétrica.

- Rio Pelotas: é juntamente com o rio Canoas o formador do rio Uruguai, é um rio com muitas quedas.

- Rio do Peixe: atravessa o meio oeste, sendo um dos principais rios desta região e da história do contestado.

- Rio Chapecó: é um rio com muitas quedas e possui muitos pontos turísticos.

- Rio Peperi-Guaçu: nasce na tríplice fronteira, entre Paraná, Santa Catarina e a Argentina, correndo no sentido norte/sul fazendo a fronteira entre SC e Argentina.

A Fundação do Meio Ambiente - FATMA, através de um Diagnóstico Ambiental do Estado de Santa Catarina, realizado por Caetano (1989), relata a situação da qualidade do meio

ambiente nas diversas bacias hidrográficas e regiões do Estado. Particularmente no que concerne aos recursos hídricos o quadro se mostra bastante crítico.

Em se tratando da Região Sul Catarinense, nela encontra-se o sistema hidrográfico mais degradado de Santa Catarina. Em 1980 esta região foi enquadrada como a 14ª Área Crítica Nacional por causa da exploração, beneficiamento e usos do carvão mineral que provocam um impacto ambiental imensurável (CAETANO op. cit., 1989).

Caetano cita ainda que são lançados 300 m³ diários de despejos ácidos que comprometem em 2/3 da extensão das bacias hidrográficas dos rios Tubarão, Urussanga e Araranguá. Estes despejos são gerados pelas mineradoras e são enriquecidos com a drenagem da água subterrânea que percola as minas, representando um equivalente populacional de 9 milhões de pessoas, enquanto a população da região é de 600 mil habitantes.

A respeito destas Bacias CAETANO (op. cit.) afirma que:

...estas bacias recebem diariamente 3.370 toneladas de sólidos totais, 127 toneladas de acidez, 320 toneladas de sulfato e 33,5 toneladas de ferro total. Com relação aos padrões de qualidade da água, as concentrações de poluentes ultrapassam assustadoramente os níveis mínimos de segurança previsto na legislação ambiental.

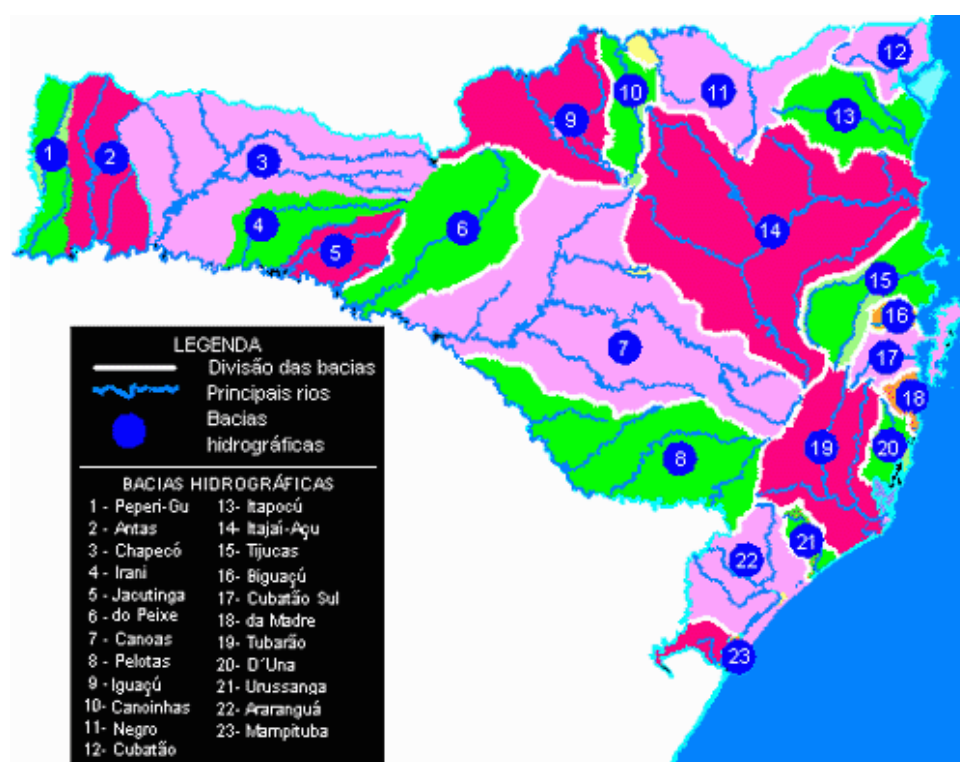
Decorrente desta situação:

...os 32 municípios da Região Sul Catarinense vêm enfrentando sérias dificuldades com o abastecimento de água. Os sistemas públicos não tem condições de tratar as águas poluídas pelos abusos cometidos pela indústria do carvão, principalmente devido à solubilização de metais pesados, que são cancerígenos e teratogênicos. Na cidade de Criciúma, denominada "Capital Brasileira do Carvão", com 110.000 habitantes, o abastecimento de água chegou ao seu limite crítico. Não há, nas imediações qualquer manancial utilizável (CAETANO, 1989).

Diante deste quadro, constata-se a dificuldade enfrentada pelos sistemas públicos de abastecimento de água para dispor de mananciais em condições adequadas para tratamento e distribuição à população. Os tratamentos têm se tornado cada vez mais onerosos, e muitas vezes

as tecnologias convencionais, usualmente adotadas não são suficientes para conferir potabilidade à água de abastecimento. Deste fato decorre o incremento à utilização de mananciais subterrâneos (poços artesianos) para o abastecimento de pequenos sistemas, alternativa esta que tem se mostrado economicamente mais viável.

Na figura 4 são apresentadas as principais Bacias Hidrográficas do Estado de Santa Catarina.



Fonte: Bacias Hidrográficas do estado de SC – Diagnóstico geral.
Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente – SDM
Secretaria de Recursos Hídricos – S.R.H./M.M.A.

Figura 4: Principais Bacias do Estado de Santa Catarina

Segundo ANA – Agência Nacional da Águas, a Bacia do Rio Araranguá pertence à bacia hidrográfica nº 84, juntamente com as Bacias do Rio Tubarão, Urussanga, Mampituba e d'Uma que drenam a região sul de Santa Catarina.

A Bacia do Rio Araranguá encontra-se localizada no sul do Estado de Santa Catarina entre os paralelos 28° 20' e 29° 30' divisa com o Rio Grande do Sul e entre os meridianos 49° 15' e 50° W de Greenwich.

Esta bacia apresenta uma grande diversidade de atividades. Nela são encontradas áreas de mineração a céu aberto e minas de subsolo, indústrias de cerâmicas de revestimento e estrutural, de vestuário, de meta-mecânica, curtumes e grandes áreas agricultáveis onde desenvolve-se principalmente a cultura do arroz irrigado, entre outras atividades.

4.8 DEFINIÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DOS AGROTÓXICOS

A definição é baseada na Lei Federal nº 7.802 de 11/07/89, regulamentada através do Decreto 98.816 no seu Artigo 2º, Inciso I, define agrotóxicos como:

Os produtos e os componentes de processos físicos, químicos ou biológicos destinados ao uso nos setores de produção, armazenamento e beneficiamento de produtos agrícolas, nas pastagens, na proteção de florestas nativas ou implantadas e de outros ecossistemas e também em ambientes urbanos, hídricos e industriais, cuja finalidade seja alterar a composição da flora e da fauna, a fim de preservá-la da ação danosa de seres vivos considerando nocivos, bem como substâncias e produtos empregados como desfolhantes, dessecantes, estimuladores e inibidores do crescimento.

Essa definição exclui fertilizantes e químicos administrados a animais para estimular crescimento ou modificar comportamento reprodutivo. O termo agrotóxico, ao invés de defensivo agrícola, passou a ser utilizado, no Brasil, para denominar os venenos agrícolas, após grande mobilização da sociedade civil organizada. Mais do que uma simples mudança de terminologia,

esse termo coloca em evidência a toxicidade desses produtos ao meio ambiente e à saúde humana. São ainda genericamente denominados praguicidas ou pesticidas (FUNASA, 2002 apud MACÊDO, 2002).

Rocha et al (2004), apresenta na Lei dos Agrotóxicos de nº 7.802 de 11/07/1989 alterada pela Lei nº 9.974 de 07/06/2000 onde regulamenta desde a pesquisa e fabricação dos agrotóxicos até sua comercialização, aplicação, controle, fiscalização e também o destino da embalagem. Impõe a obrigatoriedade do receituário agrônômico para venda de agrotóxicos ao consumidor. Também exige registro dos produtos nos Ministérios da Agricultura e da Saúde e no Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA. Qualquer entidade pode pedir o cancelamento desse registro encaminhando provas de que um produto causa graves prejuízos à saúde humana, do ambiente e dos animais. O descumprimento da lei pode resultar em multas e reclusão, inclusive para os empresários.

4.8.1 CLASSIFICAÇÃO DOS AGROTÓXICOS

Devido a grande diversidade de produtos, cerca de 300 princípios ativos em 2 mil formulações comerciais diferentes no Brasil, é importante conhecer a classificação dos agrotóxicos quanto à sua ação e ao grupo químico a que pertencem. Para melhor compreender essa classificação Funasa, (2002) apud Macêdo, (2002) classificou-os conforme o tipo sendo também útil para o diagnóstico das intoxicações e na indicação de tratamento específico.

a) Inseticidas: possuem ação de combate a insetos, larvas e formigas. Os inseticidas pertencem a quatro grupos químicos distintos:

- Organofosforados: são compostos orgânicos derivados do ácido fosfórico, do ácido tiofosfórico ou do ácido ditiofosfórico. Ex.: Folidol, Azodrin, Malation, Diazinon, Nuvacron, Tamaron,

Rhodiatox.

- Carbamatos: são derivados do ácido carbâmico. Ex.: Carbaril, Temik, Zectram, Furadan.
- Organoclorados: são compostos à base de carbono, com radicais de cloro. São derivados do clorobenzeno, do ciclo-hexano ou do ciclodieno. Foram muito utilizados na agricultura, como inseticidas, porém seu emprego tem sido progressivamente restringido ou mesmo proibido. Ex.: Aldrin, Endrin, BHC, DDT, Endossulfan, Heptacloro, Lindano, Mirex.
- Piretróides: são compostos sintéticos que apresentam estruturas semelhantes à piretrina, substância existente nas flores do *Chrysanthemum (Pyrethrum) cinerariifolium*. Alguns desses compostos são: aletrina, resmetrina, decametrina, cipermetrina e fenpropanato. Ex.: Decis, Protector, K-Otrine, SBP.

Ling et al (2005) cita que maioria dos organoclorados tem efeitos ambientais prolongados e se concentram em certas espécies. A elevada lipossolubilidade desses compostos resulta em meias-vidas prolongadas em seres humanos. O lindano (o isômero gama do hexaclorocicloexano), por exemplo, ainda é usado topicamente para o controle de carrapatos, sarna e piolho em medicações humanas e veterinárias, e também é usado como um inseticida geral para jardins.

As formulações médicas de lindano usualmente estão em uma concentração de 1%, em cremes, xampu ou loção. O lindano atravessa a barreira placentária, penetra no leite materno e no cérebro. Ele é concentrado na gordura, sendo absorvido por inalação e ingestão e metabolizado pelo fígado e removido nas fezes, urina e leite materno.

Os organofosforados e carbamatos são duas das classes mais comumente usadas de inseticidas para fins de agricultura e domésticos. Ambos os compostos são inibidores das hidrolases do éster carboxílico, incluindo a acetilcolinesterase (encontrada no sistema nervoso humano e desempenha um papel crucial no controle da neurotransmissão nas sinapses) e

pseudocolinesterase (LING et al, 2005. p. 233).

b) Fungicidas: ação de combate a fungos. Existem muitos fungicidas no mercado. Os principais grupos químicos são:

- Etileno-bis-ditiocarbamatos: Maneb, Mancozeb, Dithane, Zineb, Tiram.
- Trifenil estânico: Duter e Brestan.
- Captan: Ortocide e Merpan.
- Hexaclorobenzeno

c) Herbicidas: combatem ervas daninhas. Nas últimas duas décadas, esse grupo tem tido uma utilização crescente na agricultura. Seus principais representantes são:

- Paraquat: comercializado com o nome de Gramoxone.
- Glifosato: Round-up.
- Pentaclorofenol
- Derivados do ácido fenoxiacético: 2,4 diclorofenoxiacético (2,4 D) e 2,4,5 triclorofenoxiacético (2,4,5 T). A mistura de 2,4 D com 2,4,5 T representa o principal componente do agente laranja, utilizado como desfolhantes na Guerra do Vietnã. O nome comercial dessa mistura é Tordon.
- Dinitrofenóis: Dinoseb, DNOC

Conforme Ling et al. (2005), os herbicidas podem ser não-seletivos onde afetam todas as plantas; herbicidas seletivos que são usados contra certas ervas daninhas; herbicidas de contato que afetam as partes das plantas que são tocadas pela substância química e os herbicidas translocados que são absorvidos pela planta e atuam em locais distantes.

A maioria das exposições significativas a herbicidas estão relacionadas à ingestão intencional, embora exposições ocupacionais ocorram durante a mistura ou aplicação.

No anexo A encontra-se uma relação de herbicidas com ficha técnica utilizados no cultivo do arroz irrigado.

d) Outros grupos importantes compreendem:

- Raticidas (Dicumarínicos): utilizados no combate a roedores.
- Acaricidas: ação de combate a ácaros diversos.
- Nematicidas: ação de combate a nematóides.
- Molusquicidas: ação de combate a moluscos, basicamente contra o caramujo da esquistossomose.
- Fumigantes: ação de combate a insetos, bactérias: fosfetos metálicos (Fosfina) e brometo de metila.

Macêdo (2002) ressalta que os agrotóxicos são classificados, ainda, segundo seu poder tóxico. Esta classificação é fundamental para o conhecimento da toxicidade de um produto do ponto de vista de seus efeitos agudos. No Brasil, a classificação toxicológica está a cargo do Ministério da Saúde.

Na Tabela 1 relaciona as classes toxicológicas com a “Dose Letal 50” (DL_{50}), comparando-a com a quantidade suficiente para matar uma pessoa adulta.

Tabela 1: Classificação toxicológica dos agrotóxicos segun do DL₅₀.

GRUPOS	DL ₅₀ (mg/Kg)	Dose capaz de matar uma pessoa adulta
Extremamente tóxicos	= 5	1 pitada – algumas gotas
Altamente tóxicos	5 – 50	algumas gotas – 1 colher de chá
Medianamente tóxicos	50 – 500	1 colher de chá – 2 colheres de sopa
Pouco tóxicos	500 – 5000	2 colheres de sopa – 1 copo
Muito pouco tóxicos	= 5000	1 copo – 1 litro

Fonte: FUNASA, 2002 apud MACÊDO, 2002.

Macêdo (2002) vai mais adiante e afirma que por determinação legal, todos os produtos devem apresentar nos rótulos uma faixa colorida indicativa de sua classe toxicológica, apresentado na Tabela 2:

Tabela 2: Classe toxicológica e cor da faixa no rótulo de produto agrotóxico.

Classe	Toxi dez	Cor
Classe I	Extremamente tóxicos	Faixa vermelha
Classe II	Altamente tóxicos	Faixa amarela
Classe III	Medianamente tóxicos	Faixa azul
Classe IV	Pouco ou muito pouco tóxicos	Faixa verde

Fonte: FUNASA, 2002 apud MACÊDO, 2002.

Macêdo (2002) diz ainda que nos mananciais, os níveis de agrotóxicos são controlados pela Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA nº 357 de

2005 e nas águas tratadas, abastecimento público pela Portaria 518/2004, do Ministério da Saúde (Brasil, 2004) apresentado na Quadro 2:

Quadro 2: Limites para padrão de potabilidade de água considerando algumas moléculas orgânicas de uso agrícola, segundo OMS.

Parâmetro	Ministério Saúde (port. 357/2005) ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	OMS (Recomendação) ($\mu\text{g.L}^{-1}$)
DDT	1,0	2,0
Dieldrin	0,03	0,03
Endrin	0,2	-
? BHC (lindano)	2,0	2,0
2,4 – D	30	30
Pesticidas (individual)*	-	-
Pesticidas (total)**	-	-

* Para a Europa a OMS recomenda $0,1 \text{ mg.L}^{-1}$

Fonte: MACÊDO, 2000, 2002.

** Para a Europa a OMS e CEE recomendam $0,5 \text{ mg.L}^{-1}$

Na Tabela 3 são apresentadas as formas mais usuais de descrição de resultados dos ensaios de toxicidade usadas internacionalmente.

Tabela 3: Medidas-padrão de toxicidade de efluentes e substâncias tóxicas.

Medida	Símbolo	Definição
Concentração Letal 50	CL_{50}	Concentração que causa a morte de 50% da população de organismos.
Concentração efetiva 50	CE_{50}	Concentração que causa 50% de perda do parâmetro subletal observado.
Concentração efetiva não observável	CENO	Concentração na qual a toxicidade não é mais estatisticamente significativa
Concentração efetiva mínima	CEM	Menor concentração onde um efeito tóxico estatisticamente significativo é encontrado

Fonte: REGINATTO, 1998.

4.8.2 Agrotóxicos e os Riscos à Saúde Humana

Conforme a Organização Mundial de Saúde – OMS, por ano cerca de 3 milhões de pessoas sofrem intoxicações agudas, deste total 2,1 milhões é predominante de países desenvolvidos e devido a não utilização dos EPI's o número de mortes chega atingir 20.000 em todo o mundo, e os especialistas acreditam que estes números sejam maiores, pois muitas pessoas não documentam os problemas de saúde em postos da rede pública. (UFRRJ, 2006).

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE relatou em 2004 um documento que revela o aumento da utilização de substâncias tóxicas no Brasil , sendo o mesmo um dos maiores consumidores, que passaram de 2,3 kg/ha para 2,8 kg/ha obtendo uma elevação de 22%.

Segundo (UFRRJ, 2006) as

Estatísticas de 2.000, os acidentes com agrotóxicos no uso agrícola são mais comuns nas faixas etárias de 20 a 29 anos (1.209 registros) e de 30 a 39 anos (1.080 casos). Já nos acidentes domésticos, os mais atingidos são as crianças entre 1 e 4 anos (768 casos), seguidos de adultos de 20 a 29 anos (567 registros).

Hoje no Brasil morre de intoxicação cerca de 5.000 trabalhadores/ano, por não utilizarem os EPI's muitas vezes por não saberem dos danos que os mesmos provocam a saúde. Uma pesquisa com 1.064 agricultores de 9 municípios de Minas Gerais entre os anos de 1991 e 2000 feita pela Fundacentro revelou que:

Um trabalhador rural desprotegido (sem o uso de E.P.I.) tem a chance de se intoxicar aumentada em 72% com relação ao protegido;

Os agricultores que têm o vendedor como orientador na compra e no uso de agrotóxicos têm 73% a mais de chance de se intoxicar do que aqueles que usam o Agrônomo;

Para um agricultor que teve o último contato com agrotóxico há menos de 15 dias da realização do exame de colinesterase⁸, a chance de se intoxicar é aumentada em 43%, se comparada àqueles que tiveram o último contato há mais de 15 dias; e

A chance de intoxicação para os agricultores que citaram pelo menos um organofosforado ou carbamato como agrotóxico principal (manuseado por eles) é 115% maior se comparada àquele que não citaram nenhum produto desses grupos. (UFRRJ. 2006).

Os EPI's utilizados pelos agricultores na aplicação de agrotóxicos são as luvas que são consideradas um dos principais, pois é a primeira parte do corpo a estar em exposição no preparo da calda, em seguida os respiradores que são as máscaras com o objetivo de evitar a absorção dos vapores e partículas tóxicas através das vias inalatórias (pulmões), as máscaras podem ser descartáveis ou de reposição, a primeira possui uma vida útil curta e a segunda seu tempo de vida é mais longo. A viseira facial é outro instrumento utilizado para proteção dos olhos e do rosto contra respingos seja na preparação da calda ou na pulverização, o jaleco e calça

⁸ Enzima que catalisa a hidrólise da acetilcolina, em colina e em um ânion, inativando-a; pseudocolinesterase.

tem como objetivo proteger o tronco, membros superiores e inferiores do contato aos agrotóxicos.

O equipamento que substitui o chapéu e tem por finalidade proteger o couro cabeludo e o pescoço contra respingos é o boné árabe. As botas são utilizadas para proteção dos pés e as calças devem estar sempre por dentro da bota que impedirá a entrada do produto, a mesma deve ser preferencialmente de cano alto e impermeável (borracha ou couro impermeabilizado) proporcionando uma maior segurança, e por final o avental utilizado para impedir que respingos do produto concentrado e derramamentos do equipamento aplicador possam atingir o trabalhador. (ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE DEFESA VEGETAL, 2006).

4.8.3 PESTICIDAS

Os pesticidas considerados os mais perigosos são os inseticidas e fungicidas. Os inseticidas agrícolas, nos locais onde são aplicados, além de atuarem sobre insetos e pragas, causam a morte, também de outros animais como aves, peixes e outros insetos, o que altera o ecossistema, atingindo inclusive ao homem. Por serem produzidos com princípios ativos a base de cobre e mercúrio, os fungicidas proporcionam um grande perigo ao meio ambiente. Já os herbicidas, apesar da sua ampla utilização, tem gerado poucos problemas ambientais, mas podem contaminar os recursos hídricos (Macêdo 2002).

Sabe-se que, em média, apenas 1% dos pesticidas aplicados consegue atingir efetivamente as pragas ou insetos a que se destina, o restante vai para o solo, ar e água. Em 1991, o Brasil usou 3.186.276 toneladas de defensivos, sendo que apenas 300.000 toneladas cumprem a sua função (EMBRAPA, 1994 apud MACÊDO, 2002).

Klein (2001) apud Macêdo (2002) tem um comentário interessante a respeito do herbicida “TRIFLURALINA”, considerado uma substância de média toxicidade, podendo causar irritação nas mucosas e que foi encontrado em excesso; concentrações superiores a $0,05 \text{ mg.kg}^{-1}$, em uma marca de arroz, lote válido até 30 de junho de 2000. Na mesma avaliação, outras duas marcas de arroz, lotes válidos até 30 de agosto e 30 de outubro de 2000, respectivamente, foram encontrados o fungicida “FOLPET”, cuja utilização é proibida em arroz e é suspeito de ser carcinogênico.

O que hoje se sabe é que os pesticidas não apenas contaminam aquíferos, mas às vezes permanecem neles por um longo tempo após o desuso do produto. No quadro 2 é apresentado a persistência de alguns pesticidas no solo. A persistência de um pesticida é medida

em termos de sua meia vida, que é o tempo necessário para que 50% da massa química do produto seja decomposta no solo. Existem estudos que mostram que os pesticidas são bem mais resistentes na água subterrânea que no solo (BROWN, et al., 2000 apud MACÊDO, 2002).

Conforme Matos, (2001) apud Macêdo (2002), a tendência atual é para o desenvolvimento de pesticidas que tenham a meia vida curta, com o tempo suficiente para controle das pragas, tal como os fungicidas sistêmicos, que embora altamente tóxicos apresentam menor persistência no meio ambiente.

No Quadro 3, é apresentado o tempo de persistência dos pesticidas que podem variar de semanas a anos a permanência no solo.

Quadro 3: Valores gerais de persistências de alguns pesticidas no solo.

Pesticida	Persistência no solo
Inseticidas hidrocarbonetos clorados	Mais de 18 meses
Herbicidas uréias, triazinas e picloran	18 meses
Herbicidas ácidos benzóico e amida	12 meses
Herbicidas fenoxis, toluidinas e nitritos	6 meses
Herbicidas carbamatos e alifáticos	3 meses
Inseticidas fosfatos	3 meses
Clordane	5 anos
DDT	4 anos
BHC, Dieldrin	3 anos
Heptacloro, aldrin	2 anos
Diazinon	12 semanas
Disulfon	4 semanas
Malation, paration	1 semana
Propazina, picloron	18 meses
Simazina	12 meses
Atrazina, monuron	10 meses
CDAA, dicamba	2 meses
2,4 – D	1 mês
TCA	12 meses

Fonte: HURTING (1972) citado por NETO MACHADO (1991) apud MACÊDO (2002).

4.8.4 EMBALAGEM DOS AGROTÓXICOS

As embalagens de agrotóxicos tem provocado problemas de contaminação do solo e rios. Atualmente o país produz 115 milhões de embalagens para 250 mil toneladas de agrotóxicos, em função desse volume deve haver uma preocupação com o descarte no meio ambiente (MACÊDO, 2002).

Após a publicação da Lei 7082 de 11/07/89 e do Decreto 98.816 de 11/01/90, detectou-se um considerável aumento do número de embalagens plásticas no campo, pois foi estabelecido que as embalagens de vidro só seriam permitidas em casos onde houvesse outra alternativa técnica mais viável. Além disso, as embalagens de plásticos são preferidas, pois são normalmente mais econômicas, seguras e resistentes ao transporte, armazenamento e manuseio (BRASIL, 1989, 1990 apud MACÊDO, 2002).

Macêdo (2002) cita ainda que o Decreto 98.816/90 também ressaltava que o descarte de embalagens e de resíduos de agrotóxicos e afins deverá atender as recomendações técnicas do IBAMA, constantes nas bulas dos produtos, recomendando a incineração e enterro em fosso para lixo tóxico.

Se todo agricultor brasileiro houvesse enterrado as embalagens vazias, teria criado um problema ainda maior ao transferir para as gerações futuras o lixo escondido no solo e, muitas vezes, ocupando áreas agricultáveis.

4.9 METAIS PESADOS

Os metais pesados são aqueles que apresentam maiores riscos ambientais em razão de seu uso intenso, toxicidade e ampla distribuição. São em sua maioria transportados de um lugar para outro por via aérea, seja como gases ou como espécies adsorvidas sobre ou absorvidas em

material particulado em suspensão (COLIN, 2002).

Serão discutidos o Mercúrio (Hg), o Chumbo (Pb), Cádmio (Cd) e Arsênio (As), pois são aqueles que apresentam maiores riscos ambientais em razão de seu uso intenso, toxicidade e ampla distribuição. Até o momento, nenhum invadiu o ambiente a ponto de constituir um perigo difundido por toda parte. Contudo, foi descoberto que cada um deles ocorre em níveis tóxicos em determinados locais nos últimos tempos.

São absolutamente não-degradáveis, de maneira que podem acumular-se nos componentes do ambiente onde manifestam sua toxicidade. Os locais de fixação final dos metais pesados são os solos e sedimentos.

Como características comuns eles apresentam altas densidades em comparação a de outros materiais comuns, são em sua maioria transportados de um lugar para outro por via aérea, seja como gases ou como espécies adsorvidas sobre ou absorvidas em material particulado em suspensão.

Na toxicidade dos metais pesados, embora o vapor de mercúrio seja altamente tóxico, o Hg, Pb, Cd e As, nas suas formas de elemento livres condensados, não são particularmente tóxicos. São perigosos nas suas formas catiônicas e também quando ligados a cadeias curtas de átomos de carbono. Do ponto de vista bioquímico, o mecanismo de sua ação tóxica deriva da forte afinidade dos cátions pelo enxofre. Os grupos sulfidrila, SH que ocorrem comumente nas enzimas que controlam a velocidade das reações metabólicas de importância crítica no corpo humano, ligam-se rapidamente aos cátions de metais pesados ingeridos ou a moléculas contendo tais metais. O metal-enxofre afeta a enzima, e em consequência a saúde humana vê-se afetada de maneira desfavorável, as vezes fatal.

Um tratamento médico comum para o envenenamento agudo causado por metais pesados consiste na administração de um composto que atrai o metal de maneira ainda mais forte

do que a enzima; em seguida o conjugado metal-composto será solubilizado e excretado do organismo. Um composto usado para envenenamento por mercúrio e chumbo é a Antilrvisita Britânia (BAL); suas moléculas contêm dois grupos – SH, que capturam conjuntamente o metal.

Também pode ser usado para este fim o EDTA – Sal de Cálcio Etilenodiaminotetracético, que extrai e solubiliza a maioria dos íons metálicos. A toxicidade dos quatro metais pesados depende em grande medida da forma química do elemento, isto é, de sua especiação.

As formas podem passar através do corpo humano sem causar grandes danos (insolúveis) como podem causar doenças ou levar à morte (ex. óxido de arsênio). Para mercúrio, a forma mais tóxica é a que tem grupos alquila ligados ao metal. A toxicidade de uma dada concentração de um metal pesado presente em um curso de água natural depende do pH e da quantidade de carbono dissolvido e em suspensão.

Com relação aos metais pesados associados aos agrotóxicos e fertilizantes utilizados nas lavouras de arroz (MALAVOLTA, 1994; LOPES, 1998 apud ALEXANDRE, 2001) não se obteve um resultado expressivo para os rios da bacia. Os metais aparecem como impurezas em fertilizantes, normalmente os de origem fosfática ou entram na composição dos agroquímicos, principalmente dos fungicidas.

Lopes (1998) apud Alexandre (2001) encontrou concentrações alarmantes de cobre, zinco, níquel, chumbo e cádmio na bacia do rio Duna, localizada ao norte da lagoa Mirim e da cidade de Laguna, portanto, ao norte da área de estudo, que atribui aos venenos utilizados na agricultura. Abril é o mês em que normalmente ocorre a retirada da água das canchas para propiciar a colheita. De acordo com Lopes (1998) apud Alexandre (2001), esse período é o mais provável para se encontrar os metais pesados associados aos agroquímicos aplicados na rizicultura.

Para YIM, et al. (2006), a liberação do metal pesado no ambiente ocorre continuamente com a drenagem ácida da mina (DAM), e é um severo problema da poluição da água associado com a atividade de mineração. Elevado as concentrações de metais de traço e de pHs ácidos foram sabidas para afetar adversamente os ecossistemas aquáticos.

A exposição de materiais da pirita ou minerais do sulfato com a água e ar, ocasiona uma série de reações químicas e biológicas da oxidação, que dá forma a um efluente altamente ácido

Muitos fatores físico-químicos tais como pH, dureza, a temperatura, o oxigênio dissolvido e as taxas de fluxo, afetam as propriedades tóxicas de um composto para a espécie aquática em águas não poluídas.

Yim (2006), cita ainda que a dureza da água é um fator principal que influenciam os efeitos tóxicos de metais pesados em peixes. Geralmente, em águas não poluídas, como a dureza aumenta, ocorrem diminuições de toxicidade do metal pesado devido à competição entre o metal pesado e íons de Ca^{+2} e Mg^{+2} . Os metais pesados são geralmente uma ordem de valor mais tóxica na água mole que na água dura.

No ambiente natural, o Cálcio (Ca) e o Magnésio (Mg) estão em uma concentração muito mais elevados do que metais pesados. Conseqüentemente, competindo com os metais pesados, e obstruindo seu acesso aos organismos aquáticos, os níveis do Ca e do Mg são considerados importantes, com respeito aos efeitos tóxicos de metais pesados, na biota em sistemas aquáticos.

Yim (2006), cita que os valores de toxicidade variam de acordo com a dureza. Se os valores CL 50 obtidos nos testes de toxicidade na água dura forem aplicados testes de toxicidade da mistura na água mole, como presente em ambientes reais, haverá erro de leitura do efeito combinado dos metais pesados.

Ainda, conforme estudos realizados por Yim, et al. (2006), os efeitos combinados de metais pesados com a dureza variável, causava diferenças notáveis na mortandade. Uma diferença na dureza de uma solução do teste causaria uma toxicidade diferente, isto é, mais alta a toxicidade em água mole comparado a uma solução de água dura do teste. Inversamente, foi observado que os dados de toxicidade da mistura na água dura combinaram próxima a linha da igualdade, significando não haver nenhum efeito tóxico sinérgico das misturas do metal com as *Daphnia magna*.

4.9.1 BIOACUMULAÇÃO DE METAIS PESADOS

Algumas substâncias experimentam o fenômeno da biomagnificação: suas concentrações aumentam progressivamente ao longo de uma cadeia alimentar ecológica. O mercúrio é o único capaz de fazer isso.

Muitos organismos aquáticos podem bioconcentrar metais pesados. Por exemplo, ostras e mexilhões podem conter níveis de mercúrio e cádmio 100 mil vezes maior que os das águas nas quais vivem. As concentrações da maioria dos metais pesados encontrados na água potável são normalmente pequenas e não causam problemas diretos à saúde.

Quantidades de metais ingeridas através de nossa dieta alimentícia são normalmente muito mais importantes que as quantidades atribuíveis à água que bebemos. A extensão na qual uma substância se acumula em uma pessoa ou em qualquer outro organismo depende da taxa R pela qual é ingerida da fonte, por exemplo o suprimento alimentar, e do mecanismo pelo qual é eliminada, isto é, seu decaimento.

A velocidade de eliminação é discutida com frequência em termos do período de meia-vida, tempo requerido para que seja eliminada a metade da substância. Deve-se destacar que, quanto maior o tempo de vida de uma substância, maior é seu nível de acumulação no estado

estacionário.

4.9.2 CHUMBO

O chumbo é um metal praticamente constante no ambiente, em razão de sua ocorrência natural e do uso na indústria. O envenenamento pelo chumbo é considerado a doença de origem ambiental mais comum em todo o mundo. Estima-se que 1,7 milhões de crianças americanas, ou 8,9% da população infantil daquele país estejam intoxicados, ainda que em níveis baixos (FILHO, 2001).

A Portaria 518/04 do Ministério da Saúde e para a Resolução CONAMA 357/05 apresenta o padrão de potabilidade sendo fixado valor máximo de 0,001 mg. L⁻¹ para água do tipo 2.

Filho (2001), ressalta que os resultados da exposição maciça e da intoxicação aguda pelo chumbo são bem conhecidos e que podem ser rapidamente bem reconhecidos quando lembrado no diagnóstico diferencial. A exposição ao chumbo tem sido associada também à diminuição da estatura, baixa secreção do hormônio de crescimento e aumento dos níveis de catecolaminas⁹.

Organismos que vivem no ambiente aquático captam e acumulam o chumbo existente na água e no sedimento. Fatores como a temperatura, salinidade e pH, assim como os níveis de ácido húmico e algínico influenciam esses processos. No meio aquático, a maior quantidade de chumbo está presente no sedimento e uma fração menor, dissolvida na água (OGA, 2003, p. 411).

As principais vias de absorção são o trato gastrointestinal e o respiratório. A deficiência de ferro aumenta a absorção intestinal de chumbo e cerca de 90% das partículas

⁹ Designação genérica da dopamina, adrenalina, noradrenalina e de certos compostos análogos e metabólicos destes, encontrados nas terminações dos nervos simpáticos e em medula supra-renal.

inaladas do ar ambiente são absorvidas. Cerca de 95% do chumbo depositado no organismo encontra-se no esqueleto (FILHO, 2001).

Segundo Filho (2001), a dosagem de chumbo no sangue é o método de escolha mais utilizado na avaliação inicial de paciente com suspeita de intoxicação pelo chumbo. É realizado no sangue total através da espectrofotometria de absorção atômica. Os valores de referência clássicos preconizam níveis máximos de 10 µg/dl em crianças e inferiores a 40 µg/dl em adultos.

Filho (2001) vai mais adiante e afirma que níveis inferiores a 10 µg/dl são observados em populações que não apresentam exposição ocupacional ou ambiental ao chumbo. Níveis sanguíneos entre 25 e 60 µg/dl estão associados a manifestações de cefaléia, irritabilidade, dificuldade de concentração, hiporreatividade e outros efeitos psiquiátricos. Pode ainda ocorrer anemia e diminuição da condução nervosa motora. Níveis entre 60 e 80 µg/dl estão associados a manifestações gastrointestinais e efeitos renais subclínicos. Níveis acima de 80 µg/dl produzem intoxicação grave com sintomas gastrointestinais marcantes e nefropatia. A encefalopatia e a neuropatia geralmente ocorrem com níveis superiores a 100 µg/dl.

Para Oga (2003), quando os níveis de ingestão são relativamente baixos e resultam em plumbemias da ordem de 10 µg/dl para crianças e de 30 µg/dl para adultos, esses fatores são considerados apropriados. Quando as exposições são maiores, os aumentos dos níveis de chumbo no sangue são consideravelmente menores. Nos níveis sanguíneos de chumbo associados a encefalopatia em crianças, é cerca de 20 µg/dl menor que nos adultos, e os fetos estão sujeitos a riscos de comportamentos e cognição com plumbemias, na ordem de 10 µg/dl.

Segundo Ling et al (2005) assim que o chumbo é absorvido no corpo, circula inicialmente no sangue, com 95 % do chumbo circulante ligado às hemácias¹⁰. Ele é então

¹⁰ Célula, anucleada na espécie humana, rica em hemoglobina e que tem como função o transporte dos gases envolvidos no processo respiratório; hemácia, glóbulo vermelho do sangue.

distribuído aos tecidos moles, incluindo os rins, medula óssea, tecido nervoso e fígado. O chumbo nos tecidos moles causa a maioria dos sintomas e efeitos tóxicos. O sistema nervoso e os rins são alvos primários.

Em adultos, 95% do chumbo é armazenado nos ossos, versus 70% em crianças. No osso, desencadeia uma hipermineralização. As linhas de chumbo são áreas de parada de crescimento ósseo e a espessura das linhas ilustra a duração da exposição ao chumbo, é captado por áreas de osso que estão crescendo rapidamente, como o fêmur, tíbia e rádio (LING et al, 2005).

4.9.3 CÁDMIO

O nome cádmio provavelmente originou-se da denominação dada a uma substância peculiar, encontrada próximo ao Mar Negro e utilizada na fabricação de bronze, cuja característica principal era a cor amarela brilhante (OGA, 2003).

Segundo Oga (2003), o cádmio tornou-se um dos metais mais pesquisados, constatando-se que sua excreção é lenta com meia-vida biológica longa (décadas) nos músculos, rins, fígado e em todo o organismo humano.

Como fonte de exposição, Oga (2003), coloca a produção do aço sendo responsável por considerável emissão, sendo, entretanto a incineração de lixo a maior fonte de liberação do metal na atmosfera de vários países. Nos solos agrícolas, uma fonte direta de introdução de cádmio é a utilização de fertilizantes fosfatados. Esses níveis variam amplamente e dependem da origem das rochas de fosfato. Ocorrem também, por resíduos da fabricação do cimento, pelas cinzas produzidos pela queima de combustíveis fósseis e lixos urbanos e por sedimentos de esgotos.

O padrão de potabilidade, fixado pela Portaria 518/04 do Ministério da Saúde consiste

em 0,005 mg. L⁻¹. Já a Resolução CONAMA 357/04 restringe o valor citado pela Portaria, sendo 0,001 mg. L⁻¹ para água do tipo 2.

A captação desse metal pelas plantas é maior quanto menor o pH do solo e as chuvas ácidas representam um fator que determina aumentos nas concentrações médias de cádmio nos produtos agrícolas (OGA, 2003).

Os fumantes também estão expostos ao cádmio, absorvido do solo e da água de irrigação pelas plantas de tabaco e liberado através da fumaça do cigarro. Os frutos do mar e os órgãos comestíveis (ex. rins), tem níveis maiores que quase todos os outros alimentos. Porém, a maior parte do cádmio da dieta provém usualmente da batata, do trigo, do arroz e de outros cereais, por serem mais consumidos. O uso nos campos agrícolas de fertilizantes de fosfatos, que contém cádmio iônico, contamina a natureza. O lodo de esgoto contaminado com cádmio emitido pelas indústrias aumenta o nível desse elemento no solo.

O cádmio apresenta toxicidade aguda: a dose letal é de aproximadamente uma grama. Existem evidências de que a exposição crônica ao cádmio leva a um aumento na probabilidade de surgirem doenças renais.

4.9.4 ARSÊNIO

Os compostos do arsênio, como o óxido As₂O₃, foram venenos comuns usados por assassinos e suicidas desde os tempos dos antigos romanos até a Idade Média. Os compostos de arsênio também foram amplamente usados como pesticidas, antes da era moderna dos compostos orgânicos. Embora seu uso nestas aplicações tenha diminuído, a contaminação por arsênio ainda constitui um problema ambiental em algumas regiões do planeta (COLIN, 2002. p. 433).

Colin (2002) vai mais adiante e afirma que as fontes de arsênio para o ambiente provêm do uso continuado de seus compostos como pesticidas, de sua emissão durante a

mineração e fundição de ouro, chumbo, cobre e níquel (pois ocorre habitualmente nesses minérios), da produção de ferro e aço e da combustão de carvão, do qual é um contaminante. A lixiviação de minas abandonadas de ouro, de décadas e séculos atrás, pode ser ainda uma fonte significativa de poluição por arsênio nos sistemas aquáticos.

Os pesticidas comuns baseados em arsênio são os inseticidas arseniato de chumbo, $Pb_3(AsO_4)_2$, e o herbicida arseniato de cálcio, ambos contendo As(V) e os herbicidas arsenito de sódio, Na_3AsO_3 , e Verde de Paris, $Cu_3(AsO_3)_2$, ambos contendo As (III). O arseniato de cobre é usado como preservante da madeira. Uma certa quantidade dos derivados metilados dos ácidos arsênicos é também usada como herbicida (COLIN, 2002).

Sabe-se que o arsênio é carcinógeno para os seres humanos. A inalação de arsênio e, provavelmente, também sua ingestão, resultam em câncer de pulmão. A ingestão de arsênio causa câncer de pele e de fígado, e talvez, de bexiga e rins. Existem evidências de que o fumo do cigarro e a exposição simultânea ao arsênio presente no ambiente atuam de maneira sinérgica, causando câncer de pulmão, ou seja, o efeito dos dois fatores juntos é maior que a soma de seus efeitos individuais, se cada um atuasse independente. O risco para a saúde humana, se há algum, da concentração basal do arsênio presente no ambiente não é conhecido. Seu efeito letal quando consumido em dose aguda é devido a dano gastrointestinal, resultando em diarreia e vômitos intensos (COLIN, 2002).

Para Ling et al (2005), os sintomas da intoxicação através do arsênio surgem dentro de 30 minutos se for ingerido com alimentos. A redistribuição ocorre dentro de 24 horas, para o fígado, baço, rins e trato gastrintestinal. No sistema nervoso central os sintomas incluem delírio, convulsão, coma e morte. Causa atrofia cortical que resulta em encefalopatia. O arsênio também causa uma dilatação dos vasos sangüíneos e lesão endotelial resultando em hipotensão e acúmulo de líquidos no terceiro espaço. Provoca também o edema pulmonar, síndrome da angústia

respiratória aguda e insuficiência respiratória por fraqueza muscular ocorrem em conjunto com a toxicidade aguda por arsênio.

4.9.5 MERCÚRIO

O mercúrio elementar é usado em centenas de aplicações, muitas delas (por exemplo, interruptores elétricos) tiram proveito de sua propriedade incomum de ser um líquido que conduz bem a eletricidade. Ele é usado em bulbos de lâmpadas fluorescentes, e em lâmpadas a mercúrio utilizadas para iluminação pública. Em vista da contaminação ambiental quando as lâmpadas de mercúrio são quebradas, seu uso tem sido substituído por lâmpadas a vapor de sódio, que apresentam um risco de toxicidade menor e constituem fontes de luz mais eficientes (COLIN, 2002).

Colin (2002) ressalta que o mercúrio é o mais volátil de todos os metais, e seu vapor é altamente tóxico. O mercúrio líquido não é altamente tóxico, sendo excretada a maior parte da quantidade ingerida. Difunde-se dos pulmões para a corrente sangüínea, e depois atravessa a barreira sangue-cérebro para penetrar no cérebro; o resultado é um grave dano ao sistema nervoso central, que se manifesta por dificuldades na coordenação, na visão e no sentido do tato.

Grandes quantidades de vapor de mercúrio são lançadas ao ar, como resultado descontrolado de carvão e de óleo combustível, ambos contendo quantidades traço do elemento (que atingem vários centenas de ppm em alguns carvões), e da incineração de lixo municipal, que contém mercúrio em alguns produtos, como as baterias (COLIN, 2002).

O mercúrio forma facilmente amálgamas, que são soluções ou ligas com algum outro metal ou combinações de metais, exemplo: amálgama dental – usado para obturar cáries dentárias. É preparada pela combinação de proporções aproximadamente iguais de mercúrio líquido e uma mistura formada principalmente por prata e estanho. Quando colocado em um

dente, e sempre que uma parte da obturação esteja envolvida na mastigação da comida, vaporiza-se uma pequena quantidade de mercúrio. Novos amálgamas estão sendo desenvolvidos; de fato, obturações de porcelana são atualmente comuns, apesar de mais cara.

A exposição ao mercúrio ocorre de três tipos: elementar, orgânico e inorgânico. A inalação é a principal via de absorção. O mercúrio elementar é o único metal que é líquido na temperatura ambiente. O mercúrio derramado vaporiza-se facilmente e pode ser inalado, sendo rapidamente absorvido pelos pulmões. Uma vez na corrente sangüínea, ele se distribui a todos os tecidos e atravessa a placenta e barreira hemato-encefálica (onde os níveis persistem por mais tempo) (LING et al, 2005, p. 208).

Ling et al (2005), ressalta que a ingestão é a principal via de absorção do mercúrio orgânico usados como fungicidas e conservantes de sementes, ou o consumo de frutos-do-mar e peixes com altos níveis de mercúrio orgânico. A contaminação dérmica e ingestão são as principais vias de absorção do mercúrio inorgânico, é referido como sais de mercúrio que são rapidamente absorvidos pelo gastrointestinal. Esta forma de mercúrio pode ser corrosiva às membranas mucosas. Causa efeitos neurológicos como tremores, nervosismo, ansiedade, insônia e alterações de personalidade.

5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

5.1 TESTES ECOTOXICOLÓGICOS

Os testes ecotoxicológicos realizados neste trabalho utilizaram como bioindicadores a *Daphnia magna*, sendo seu cultivo realizado conforme a norma ABNT – NBR 12713/2002 e também da alga *Scenedesmus subspicatus* através da norma ABNT – NBR 12648/1992.

Foram utilizados como amostras, efluentes que já sofreram tratamentos químicos ou biológicos (efluentes de mineração), amostra do solo e efluentes, onde se realizou a colheita do arroz, para analisar algum nível de toxicidade devido aos agrotóxicos usados no cultivo do cereal.

5.1.1 Teste com *Daphnia magna*

Os testes com *Daphnia magna* foram realizados em triplicatas, em frascos de polietileno de 100 mL, para cada diluição (1, 2, 4, 8, 16 e 32), incluindo um controle com água de diluição. A norma NBR 12713/2002 recomenda 5 ou 20 organismos-teste para cada diluição e no controle.

Para esses testes foram expostos 20 organismos neonatos (2 a 26 horas de vida) em cada frasco de polietileno, por um período de 24 e 48 horas (teste agudo) e por um período de 10 dias (teste crônico). Os recipientes de ensaio são em seguida postos em incubadora com

temperatura que deve ser na faixa de 18 e 22°C, coberto com um filme de PVC ou com folha de papel. Por fim, foi observado o número de organismos que apresentavam imobilidade por até 15 segundos.

5.1.2 Teste com *Scenedesmus subspicatus*

Nos testes com algas do tipo *Scenedesmus subspicatus*, foi adotado a norma da ABNT – NBR 12648/1992, onde consiste na exposição de uma suspensão com densidade conhecida de algas entre 10^4 e 10^5 cel/mm³ com um meio nutriente à diversas diluições de uma amostra, por um período de 72 a 96 horas, sob condições definidas (trata-se de um teste crônico, pois abrange várias gerações dos organismos).

O efeito é determinado pela comparação da reprodução das algas nas diluições-teste, em relação a um controle onde não é adicionada amostra. Durante o tempo de exposição, as algas se multiplicam até 3 vezes por dia (dependendo da amostra). Há o ajuste do pH do meio de cultura à neutralidade.

Na contagem do número de células foi utilizada a câmara de Neubauer (figura 4). Essa câmara é dividida em 9 quadrados, os quais são novamente divididos em 12 quadrados, com área de $1/25$ mm². A altura da câmara é de 0,1 mm. Com o auxílio de um microscópio ótico foram contadas as células presentes em 16 quadrados. O tamanho das algas foi aumentado 100 vezes.

Segundo Moura (2002), se a leitura para obter o resultado for no meio da placa (25 quadrados) usa-se o n° de células $\times 4 \times 10^4 = \dots\dots\dots$ cel/mm³. Se for nos quadrados laterais (16 quadrados) é o n° de células $\times 10^4 = \dots\dots\dots$ cel/mm³.

A medida de concentração da alga pode ser realizada através da contagem de

partículas microscópicas, turvação, fluorescência ou absorbância. O resultado é a inibição do crescimento após 72 ou 96 horas.

Na Figura 5 é apresentada a câmara de Neubauer para contagem das células.



Figura 5: Câmara de Neubauer para contagem de algas no microscópio (Knie; Lopes, 2004.)

5.1.3 pH

A determinação do pH foi feito pelo método potenciométrico em um medidor de pH, previamente calibrado com solução tampão de pH 7,0 e pH 4,01. Em todas as amostras foram realizadas a leitura do pH antes dos inícios dos testes.

5.2 MATERIAL E MÉTODOS

5.2.1 Área de estudo

A área de estudo abrange indústrias com atividade em mineração e agricultura (cultivo do arroz) situados na região da AMREC – Associação dos Municípios da Região Carbonífera do Sul de Santa Catarina.

5.2.2 Coleta de efluentes e sedimentos

Foram coletadas amostras de efluentes de mineração na carbonífera da região. Neste local, coletou-se uma amostra de 5 litros do efluente após tratamento na qual a empresa o faz com adição de soda cáustica e cal para correção do pH. Após esta adição, as águas vão para a usina de beneficiamento já com o pH corrigido e em seguida são direcionadas as bacias de decantação. Após as bacias, vão para o local onde coletamos a amostra e dali caem no Rio Sangão.

O quadro 4 apresenta alguns parâmetros medidos pela empresa no final do tratamento e de valores máximos permitidos pela Legislação ambiental e Resolução do CONAMA. A coleta foi efetuada em frasco de polietileno.

Em seguida, a amostra foi transportado no mesmo dia para o Laboratório de Química e de Toxicologia Aplicada da UNESC, onde se manteve em condições adequadas sob refrigeração até o início dos ensaios.

Quadro 4: Principais parâmetros medidos pela carbonífera após tratamento do efluente.

Parâmetros	VMP ⁽¹⁾	VMP ⁽²⁾	Média (valor medido de janeiro a junho de 2007)
Ph	6,0 – 9,0	5,0 – 9,0	6,37
Acidez total, mg CaCO ₃ /L	-	-	6,70
Dureza, mg CaCO ₃ /L	-	-	1.130,17
Ferro Total, mg/L	15,00	15,00	0,25
Zinco, mg/L	1,00	5,00	< 0,01
Cobre, mg/L	0,50	1,00	< 0,01
Cádmio, mg/L	-	0,20	< 0,01
Chumbo, mg/L	-	0,50	< 0,05
Arsênio, mg/L	-	0,50	< 0,001
Mercúrio, mg/L	-	0,01	< 0,001
Alumínio, mg/L	-	-	0,49

VMP ⁽¹⁾ = Valor Máximo Permitido segundo a Legislação ambiental de Santa Catarina. Decreto nº 14.250 de 05 de Junho de 1981.

VMP ⁽²⁾ = Valor Máximo Permitido segundo a RESOLUÇÃO CONAMA Nº 357 de 17/03/2005.

As amostras dos sedimentos do cultivo do arroz foram coletados em um local onde há vazão da quadra para o corpo receptor já sem o efluente. Já o efluente foi coletado em um frasco de polietileno (2 litros) no meio da quadra de arroz, onde é realizado o cultivo do cereal, conforme a Figura 6.



Figura 6.: Coleta de efluente e sedimentos do cultivo do arroz (HOBOLD, 2007).

Em seguida, também foram transportados no mesmo dia para o Laboratório de Química e de Toxicologia Aplicada da UNESC, onde se manteve em condições adequadas sob refrigeração até o início dos ensaios.

5.2.3 Análise ecotoxicológica

Os testes de toxicidades foram conduzidos no laboratório de Ecotoxicologia da Universidade do Extremo sul Catarinense (UNESC), utilizando como bioindicadores o microcrustáceo *Daphnia magna* e a alga *Scenedesmus subspicatus*, seguindo o procedimento das normas da ABNT – NBR 12713/2002 e NBR 12648/1992, respectivamente.

5.2.4 Condições do ensaio com algas

Os ensaios foram realizados em erlenmeyers de 125 mL aos quais adicionou-se amostra em diferentes diluições, meio de cultura e uma quantidade definida de algas entre 10^4 –

10^5 cel/mm³ conforme o quadro 5.

Quadro 5: Valores exigidos em cada fator de diluição

Fator diluição	Amostra (mL)	Água de cultura (mL)	Células (10^4) (mL)	Volume final (mL)
FD 1	90	-	10	100
FD 2	50	40	10	100
FD 4	25	65	10	100
FD 8	12,5	77,5	10	100
FD 16	6,25	83,75	10	100
FD 32	3,13	86,87	10	100

A concentração inicial de algas ($10^4 - 10^5$ cel) em cada erlenmeyer foi determinada antes da realização dos testes, em seguida adicionada na amostra. Foram realizados a leitura de absorbância em 750 nm no espectrofotômetro conforme a ABNT 12648/1992 antes e após a realização dos testes.

Para leitura em absorbância, foi usado a curva de calibração, conforme Figura 7 abaixo, ficando os resultados expressos em org/mL.

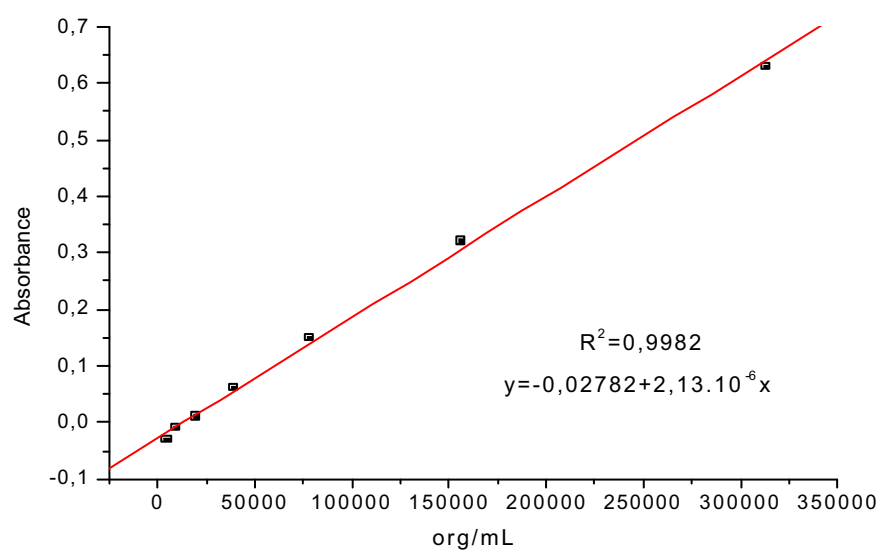


Figura 7: Curva de calibração obtida com espectrofotômetro Fento 700 para solução algácea de *Scenedesmus subspicatus* medido a 750 nm (LATTUADA, 2007).

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Testes ecotoxicológicos

A amostra da carbonífera foi submetida à análise de toxicidade aguda e crônica com o bioindicador *Daphnia magna*, e também com a alga do tipo *Scenedesmus subspicatus*. A Tabela 4 apresenta os valores encontrados nos fatores de diluições 1, 2, 4, 8, 16 e 32 e controle realizados em triplicatas com a *Daphnia magna*.

Tabela 4: Resultados dos ensaios de toxicidade agudo e crônico da estação de tratamento do efluente da Carbonífera utilizando *Daphnia magna* como bioindicador.

Fator de Diluição (FD)	Média de organismos (% de mortandade)		
	24 horas	48 horas	10 dias
Controle	0	0	0
FD1	0	0	0
FD2	0	0	0
FD4	0	0	0
FD8	0	0	0
FD16	0	0	0
FD32	0	0	0

Fonte: HOBOLD, 2007.

Antes da realização dos ensaios de toxicidade, realizou-se a leitura do pH no qual esteve em 7,25. Conforme dados apresentados na Tabela 4, não houve toxicidade em todos os

fatores de diluição nos testes agudos (24 e 48 horas) e crônico (10 dias).

Conforme a Portaria 017/02 da FATMA no § 4º (anexo C), para atividades não inseridas na tabela I, ficam estabelecidos os limites máximos de toxicidade aguda no FD para *Daphnia magna* o máximo de 12,5% de mortalidade de organismos no fator de diluição 8, sendo assim, este efluente estaria em conformidade com a portaria vigente.

Nos testes com algas do tipo *Scenedesmus subspicatus*, foi realizado em duplicata, usando uma concentração inicial de 6×10^4 cel/mm³, seguindo os fatores de diluição 1, 2, 4, 8, 16, 32 e controle, conforme Tabela 5. Realizou-se a leitura no microscópio 72 horas após o ensaio juntamente a leitura de absorbância em 750 nm (convertidos), onde foram definidos em org/mL conforme curva padrão apresentada anteriormente (Figura 6).

Tabela 5: Resultados dos ensaios com algas *Scenedesmus subspicatus* com leituras de absorbância (750m) expressos em organismos/mL e microscópio do efluente de carbonífera.

Fator de Diluição (FD)	Org/mL		Leitura micro
	antes	após	
Controle	0,10	0,22	9×10^4 cel/mm ³
FD1	0,20	0,22	2×10^4 cel/mm ³
FD2	0,16	0,23	2×10^4 cel/mm ³
FD4	0,12	0,21	3×10^4 cel/mm ³
FD8	0,05	0,11	5×10^4 cel/mm ³
FD16	0,03	0,22	3×10^4 cel/mm ³
FD32	0,04	0,13	7×10^4 cel/mm ³

Fonte: HOBOLD, 2007.

Conforme os dados da Tabela 5, os organismos/mL após 72 horas de agitação mostrou que houve aumento em todos dos fatores de diluição. Na leitura do micro, o controle houve um aumento de 3×10^4 cel/mm³, nos fatores FD1 ao FD 16 houve uma diminuição de até 4×10^4 cel/mm³, e no FD 32 houve um aumento de 1×10^4 cel/mm³ em comparação com a concentração inicial (6×10^4 cel/mm³).

Na Figura 8 é apresentada uma comparação de toxicidade entre as algas *Scenedesmus subspicatus* e as *Daphnias magna* com o efluente de carbonífera, sendo utilizado os dados das algas, a leitura do microscópio e não a de absorbância (organismos/mL).

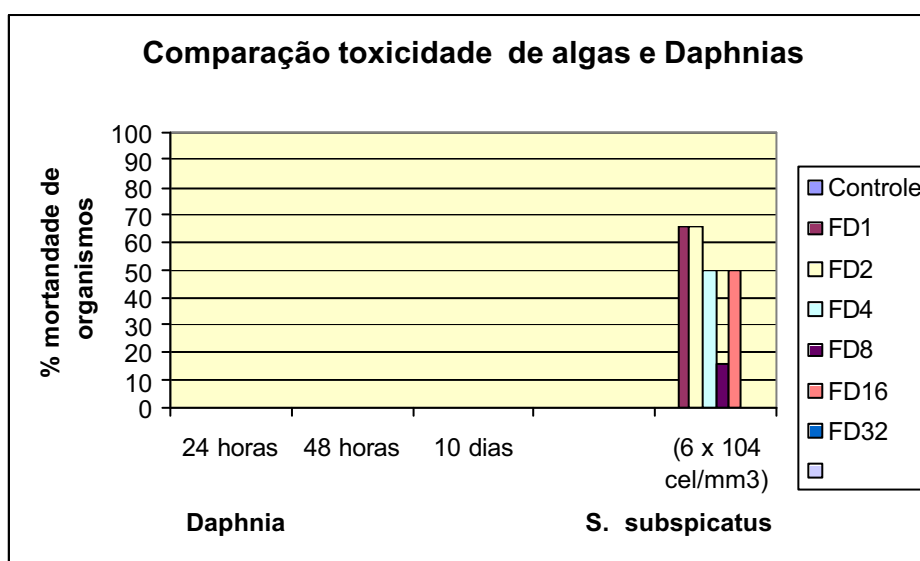


Figura 8: Comparação de toxicidade entre *Daphnia magna* e *S. subspicatus* com efluente de carbonífera.

Conforme a Figura 8, não houve toxicidade com as *Daphnias magna*, enquanto que, em comparação com as algas as mesmas apresentaram toxicidade dos fatores de diluição 1, 2, 4, 8 e 16, variando acima de 10% e abaixo de 70% de mortandade de algas.

Nas amostras do efluente e sedimentos do arroz foram submetidas à análises de toxicidade aguda e crônica com o bioindicador *Daphnia magna*, e também com a alga do tipo *Scenedesmus subspicatus*. A Tabela 6 e 7 apresentam os valores de toxicidade encontrados nas

diluições 1, 2, 4, 8, 16 e 32 realizados em triplicatas para as *Daphnia magna* e duplicata para as algas, seguido dos valores encontrados com as algas. O pH do efluente foi medido antes dos ensaios e estava em 6,74.

Tabela 6: Resultados dos ensaios de toxicidade agudo e crônico do efluente onde foram realizados o cultivo do arroz utilizando *Daphnia magna* como bioindicador.

Fator de Diluição (FD)	Média de organismos (% de mortandade)		
	24 horas	48 horas	10 dias
Controle	0	0	10
FD1	30	30	30
FD2	20	20	20
FD4	15	15	20
FD8	10	15	20
FD16	0	5	10
FD32	0	0	0

Fonte: HOBOLD, 2007.

Conforme os dados apresentados na Tabela 6, houve toxicidade nos fatores de diluição 1, 2, 4 e 8 nos testes agudos (24 e 48 horas) e crônico (10 dias).

Conforme a Portaria 017/02 da FATMA no § 4º (anexo C), para atividades não inseridas na tabela I, ficam estabelecidos os limites máximos de toxicidade aguda no FD para *Daphnia magna* o máximo de 12,5% de mortandade de organismos no fator de diluição 8, sendo assim, este efluente estaria em conformidade com a portaria vigente.

Nos ensaios com os sedimentos, foram utilizados quantidades diferentes de massa na pesagem seguindo de 3,0 g à 0,5 g acrescido à 100 mL de água de diluição, como apresentado na Tabela 7.

Tabela 7: Resultados dos ensaios de toxicidade agudo e crônico dos sedimentos após o cultivo do arroz utilizando *Daphnia magna* como bioindicador.

Massa de sedimentos	Média de organismos (% de mortandade)		
	24 horas	48 horas	10 dias
Controle	0	10	25
3,0 g	20	50	100
2,5 g	10	25	100
2,0 g	20	25	100
1,5 g	10	10	100
1,0 g	0	10	35
0,5 g	0	10	25

Fonte: HOBOLD, 2007.

Conforme a Tabela 7, houve toxicidade em todos os fatores de diluição no período de 48 horas variando de 10 a 50% de mortandade de organismos. No teste crônico (10 dias), houve um aumento da toxicidade chegando a 100% de mortandade de organismos com massa de sedimento de 1,5g; 2,0g; 2,5g e 3,0g. Com massa de 1,0g houve 35% de mortandade e 0,5g houve 25 %. Apesar da técnica sugerir que quando ocorrer a mortandade maior que 10% no controle, o resultado seja descartado, este resultado é mostrado na Tabela 7. Nota-se que para as massas de 1 e 0,5g atinge-se o nível de mortandade superior e igual ao controle.

Na Tabela 8 são apresentados os valores de organismo/mL e leitura no microscópio após 72 horas após a realização dos ensaios realizados com algas *Scenedesmus subspicatus* sendo realizado em duplicata e utilizando uma concentração inicial de 6×10^4 cel/mm³.

Tabela 8: Resultados dos ensaios com algas *Scenedesmus subspicatus* por organismos/mL e leitura no microscópio do efluente do cultivo do arroz.

Fator de Diluição (FD)	Organismos/mL		Leitura micro
	antes	após	
Controle	0,22	1,03	32×10^4 cel/mm ³
FD1	0,40	0,38	3×10^4 cel/mm ³
FD2	0,31	0,31	2×10^4 cel/mm ³
FD4	0,30	0,34	2×10^4 cel/mm ³
FD8	0,26	0,22	2×10^4 cel/mm ³
FD16	0,07	0,15	3×10^4 cel/mm ³
FD32	0,06	0,21	4×10^4 cel/mm ³

Fonte: HOBOLD, 2007.

Conforme a Tabela 8, houve um aumento após 72 horas de agitação no controle e nos fatores de diluição 4, 16 e 32. Nos fatores 1, 8 houve uma diminuição de organismos, já na diluição 2 permaneceu a mesma antes da agitação. Na contagem no microscópio, houve uma diminuição em todos os fatores de diluição (1, 2, 4, 8, 16, e 32) com exceção do controle que houve aumento de cinco vezes a concentração inicial (6×10^4 cel/mm³).

Na Figura 9 é apresentada a comparação entre algas *S. subspicatus* e *Daphnia magna* com o efluente do cultivo do arroz (após a colheita), sendo utilizado dados com leitura do microscópio para as algas.

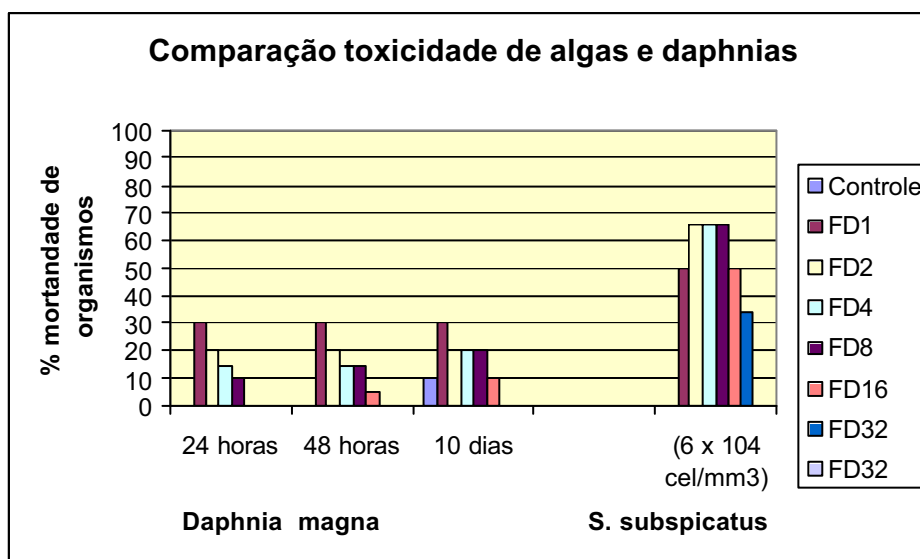


Figura 9: Comparação de toxicidade entre *D. magna* e *S. subspicatus* com o efluente do arroz.

Conforme a Figura 9, o efluente apresentou toxicidade com *Daphnias magna* (5% à 30%) e algas (acima de 30% e abaixo de 70%).

Na Tabela 9 é apresentado os valores de organismos/mL e leitura no microscópio após 72 horas de agitação. A realização dos ensaios com sedimentos realizados com algas *Scenedesmus subspicatus* foi realizado em duplicata, utilizado uma concentração inicial de 6 x 10⁴ cel/mm³.

Tabela 9: Resultados dos ensaios com algas *Scenedesmus subspicatus* por organismos/mL e leitura em microscópio com sedimentos após o cultivo do arroz.

Massa de Sedimento	Organismos/mL		Leitura micro
	antes	após	
Controle	0,17	0,27	10 x 10 ⁴ cel/mm ³
3,0 g	0,52	0,59	2 x 10 ⁴ cel/mm ³
2,5 g	0,44	0,46	2 x 10 ⁴ cel/mm ³
2,0 g	0,44	0,32	2 x 10 ⁴ cel/mm ³
1,5 g	0,18	0,26	2 x 10 ⁴ cel/mm ³
1,0 g	0,17	0,35	2 x 10 ⁴ cel/mm ³
0,5 g	0,11	0,18	3 x 10 ⁴ cel/mm ³

Fonte: HOBOLD, 2007.

Conforme os dados apresentados (Tabela 9) após 72 horas de agitação, no controle e nas massas de 3g, 2,5g, 1,5g, 1g e 0,5g houve aumento de organismos/mL enquanto que, de 2g teve uma diminuição de organismos/mL. Na leitura com o microscópio, no controle houve aumento de até 4×10^4 cel/mm³ e as massas de sedimentos tiveram redução de organismos/mL de até 4×10^4 cel/mm³.

A seguir é apresentada na Figura 10 a comparação de toxicidade entre *Daphnia magna* e as algas *Scenedesmus subspicatus* com leitura em microscópio usando como teste sedimentos onde foram realizadas as colheitas do arroz.

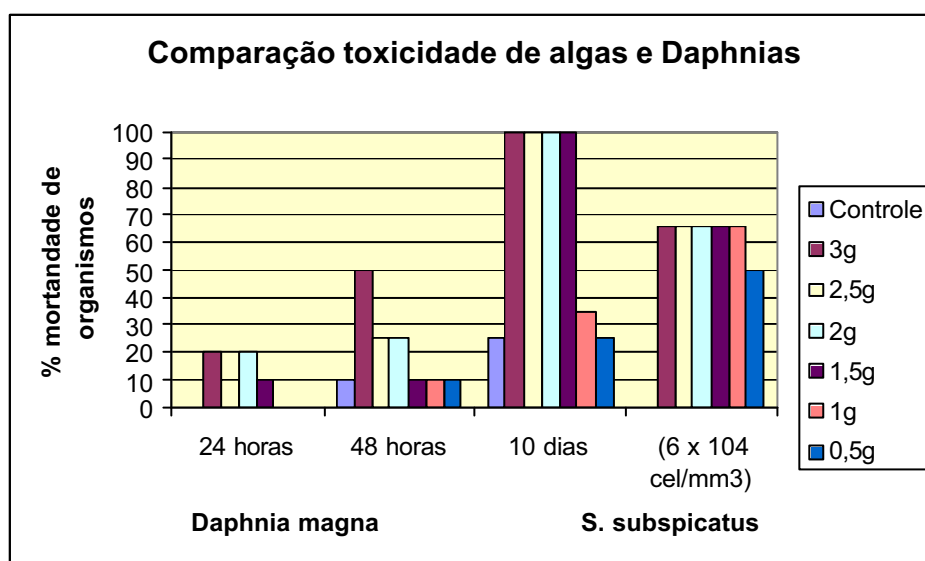


Figura 10: Comparação de toxicidade entre *D. magna* e *S.subspicatus* com sedimentos após cultivo arroz.

Conforme a Figura 10, observamos a toxicidade tanto para *D. magna* quanto para as algas *S. subspicatus* variando de 10 à 100% e de 50 à 65% respectivamente.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme já citado por Perin (2005), a função principal da ecotoxicologia nas fontes, no ambiente e na target¹¹ é estabelecer normas como para emissões, para proteção ambiental ou exposições biológicas, que garantam que a eventual liberação de um poluente no ambiente não causará um dano, ou muito menos um dano observável e irreversível.

Com esse intuito, mostrou-se que usando *Daphnia magna* ou algas do tipo *Scenedesmus subspicatus* mostram toxicidades diferentes conforme a amostra a ser analisada. Nessa comparação para se saber qual organismo reagiria melhor para os testes, utilizou-se nos testes com algas a leitura com absorbância em 750nm que foi transformado em organismos/mL e também leitura em microscópio que mostrou-se mais eficiente.

Na comparação de toxicidade com efluente de carbonífera, conforme a Figura 8, os testes com *Daphnia magna* não apresentaram toxicidade nos testes agudos e crônicos, já com os testes com algas *S. subspicatus* apresentaram:

? No controle houve um aumento de 50% (9×10^4 cel/mm³) com relação a concentração inicial (6×10^4 cel/mm³);

? No FD 32, o aumento foi de 10% (7×10^4 cel/mm³), portanto, não houve toxicidade;

? No FD 1 e FD 2 a redução de organismos foi de 66% (2×10^4 cel/mm³);

¹¹ Segmento de mercado para o qual se desenvolve determinado composto de marketing; público-alvo.

? No FD 4 e FD 16 reduziu-se 50% (3×10^4 cel/mm³);

? No FD 8 a redução foi de 10% (5×10^4 cel/mm³).

Uma causa para apresentar toxicidade com algas talvez seja do processo de tratamento do efluente onde são usados soda cáustica e cal para corrigir o pH e com isso afetando a inibição de crescimento das algas.

A dureza apresentada pela carbonífera (1.130,17) apresentou-se alto e conforme já citado por Yim (2006), a dureza da água é um fator principal que influenciam os efeitos tóxicos de metais pesados.

Nos testes com os efluentes do arroz coletados após a colheita do cereal, conforme mostrados na Figura 9, com *Daphnia magna* apresentaram os resultados nos testes agudo (24 e 48 h) e crônico (10 dias):

? FD 1 apresentou 30% de mortandade de organismos nos testes agudo e crônico;

? FD 2 apresentou 20% de mortandade de organismos nos testes agudo e crônico;

? FD 4 apresentou 15% de mortandade de organismos no teste agudo e 20% no crônico;

? FD8 apresentou 10% em 24 h 15% em 48 h e 20% no teste crônico de mortandade;

? FD 16 apresentou 5% de mortandade de organismos no período de 48 h e 10% no crônico;

? O FD 32 não apresentou toxicidade tanto no teste agudo quanto o crônico.

Os testes com as algas *S. subspicatus* apresentaram uma toxicidade maior:

? No FD 1 e FD 16 houve redução de 50% (3×10^4 cel/mm³) com relação a concentração inicial (6×10^4 cel/mm³);

? Nos FD 2, FD 4 e FD 8 reduziu-se 66% (2×10^4 cel/mm³);

? No FD 32 reduziu-se 34% (4×10^4 cel/mm³);

? O controle houve um aumento de 533% (32×10^4 cel/mm³).

A comparação de toxicidade das *D. magna* e as algas usando sedimentos com diferentes pesagens de massa, onde foi realizado a colheita do arroz, conforme Figura 10, também apresentaram uma variação de toxicidade:

- ? Com massa de 3g, apresentou 20% de mortandade de organismos (24 h) e 50% em 48 horas e 100 % no 10 dia;
- ? Com massa de 2,5g, apresentou 10% de mortandade de organismos (24 h), 25% em 48 horas e 100% no 10 dia;
- ? Na massa de 2g, também apresentou 20% (24 h), 25 % (48 h) e 100% no 10 dia;
- ? Na massa de 1,5g, apresentou 10% (24 e 48 h) e 100% de mortandade de organismos no 10 dia;
- ? Com massa de 1g, apresentou 10% (48 h) e 35% (10 dias);
- ? Com massa 0,5g, apresentou 10% (48 h) e 25% (10 dias).

Observou-se que, quanto maior a massa, maior foi a toxicidade, conforme dados apresentados na Figura 10 nos testes com algas *S. subspicatus*:

- ? Com massa de 3g, 2,5g, 2g, 1,5g e 1g mostrou uma redução de 66% (2×10^4 cel/mm³) com relação a concentração inicial (6×10^4 cel/mm³);
- ? Com massa de 0,5g houve redução de 50% (3×10^4 cel/mm³);
- ? No controle houve aumento de 66% (10×10^4 cel/mm³).

As amostras do efluente e sedimentos da rizicultura foram coletados em maio e conforme já citado anteriormente, em um estudo realizado por Lopes (1998) apud Alexandre (2001), encontrou concentrações alarmantes de cobre, zinco, níquel, chumbo e cádmio na bacia do rio Duna, localizada ao norte da lagoa Mirim e da cidade de Laguna, portanto, ao norte da área de estudo, que atribui aos venenos utilizados na agricultura. Abril é o mês em que normalmente

ocorre a retirada da água das canchas para propiciar a colheita. De acordo com Lopes (1998) apud Alexandre (2001), esse período é o mais provável para se encontrar os metais pesados associados aos agroquímicos aplicados na rizicultura. Com isso demonstra que os metais ficam acumulados por um período prolongado no solo e água.

Diante destes resultados, a melhor metodologia a ser adotada para a realização de testes, baseia-se à que amostra está sendo estudada. A amostra do efluente da carbonífera por exemplo, não mostrou toxicidade com as *Daphnias magna*, já com as algas *Scenedesmus subspicatus* mostrou toxicidade, por isso, deve-se ter uma continuidade desses estudos para se ter uma melhor avaliação.

A maioria dos agrotóxicos (moléculas apolares) como os compostos organoclorados, hexaclorobenzenos são muito mais solúveis em meios orgânicos do que em água (molécula polar). Em corpos aquáticos, como rios e lagos, os organoclorados como os clorobenzenos tem uma probabilidade muito maior de estarem ligados a superfície do material particulado orgânico em suspensão na água e nos sedimentos nas regiões mais profundas do que de estar dissolvidos na própria água.

Conforme os resultados apresentados de toxicidade, sugere-se caracterizar o sedimento onde realizou-se a coleta do arroz, para justificar melhor a avaliação da diferença nos resultados obtidos.

REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

ALEXANDRE, Nadja Zim. **Análise integrada da qualidade das águas da Bacias do Rio Araranguá (SC)**. Florianópolis: UFSC – Fapeu Editora da UFSC, 2000. 297 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, 2001.

AZEVEDO, Fausto Antônio de. et al. **As Bases da Ecotoxicologia**. São Carlos/ SP: RIMA, InterTox. 2003. 340p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12713: **Água: Ensaio de toxicidade aguda com *Daphnia sp*** (Crustácea, Cladocera). Rio de Janeiro, 1993.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12648: **Ecotoxicologia aquática – Toxicidade crônica – Método de ensaio com algas (*Chlorophyceae*)**. Rio de Janeiro, 1992. Disponível na Internet na página: <<http://www.ecologia.ufrgs.br/alex/abnt/Versoes/Projeto%20NBR%2012648%20A.doc>>. Acessado em: 07 de março de 2007.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE DEFESA VEGETAL. Disponível na Internet na página: <<http://www.andef.com.br/2003/uso04a.asp>>. Acessado em 17 de abril de 2007.

ANA – AGENCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. Disponível na Internet na página: <<http://www.ana.org.br>>. Acessado em 11 de Julho de 2007.

BACIAS HIDROGRÁFICA DO ESTADO DE SANTA CATARINA – DIAGNÓSTICO GERAL: Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente – SDM; Secretaria de Recursos Hídricos – SRH/M.M.A.. Disponível na Internet na página: <<http://200.215.29.20/index.php?sys=216>>. Acessado em 06 de Julho de 2007.

PASSOS, Rodrigo dos. **Bacias Hidrográficas**. 2006. Disponível na Internet na página: http://www.geografianova.com.br/index.php?option=com_content&task=view&id=23&Itemid=34. Acessado em 06 de Julho de 2007.

BRAGA, Benedito et al. **Introdução a engenharia ambiental**. São Paulo: Prentice Hall. 2002. 305p.

BAIRD, Colin. **Química ambiental**. 2ª ed. Porto Alegre: Brookman, 2002. 622p.

BRASIL. PORTARIA, Nº 518 de 25/03/2004. **Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade e dá outras providências**. Diário Oficial.

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 de outras providências. Brasília: Diário Oficial da República Federativa do Brasil

CARACTERIZAÇÃO DO ESTADO, RECURSOS HÍDRICOS E MEIO AMBIENTE: Secretaria de Estado de desenvolvimento Social de Santa Catarina – SDS/SC – Mapas das Bacias hidrográficas, disponível na Internet na página: <http://www.eps.ufsc.br/disserta/lacerda/cap1/cap1.htm>. Acessado em 06 de Julho de 2007.

ESPÍNDOLA, E. L. et al. **Ecotoxicologia: Perspectiva para o século XXI**. São Carlos, SP. Ed. Rima. 2000. 575 p.

FILHO, Adebald de Andrade. et al. **Toxicologia na parte clínica**. Belo Horizonte/BH: Folium. 2001. 368p.

FUNDAÇÃO DO MEIO AMBIENTE. Portaria Nº 017/02 **Estabelece os Limites Máximos de Toxicidade Aguda para efluentes de diferentes origens e dá outras providências**. Santa Catarina, 2002.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **CIDADES**, disponível no endereço: <http://www.ibge.com.br/cidadesat/default.php>, acessado no dia 03/05/2006.

KNIE, J. L. W.; LOPES, E. W. B.. **Testes ecotoxicológicos: métodos, técnicas e aplicações**.

Florianópolis: FATMA/GTZ (Agência Alemã de Cooperação Técnica), 2004. 289 p.

LARINI, Lourival. **Toxicologia**. 3ª edição. Editora Manole. SP, 1997.

LING, L. J. et al. **Segredos em toxicologia: perguntas e respostas necessárias ao dia-a-dia em rounds, no serviço de emergência, em exames orais e escritos**. Porto Alegre: Artmed, 2005. 372 p.

MACÊDO, Jorge Antônio Barros de. **Introdução a química ambiental: química & meio ambiente & sociedade**. Juiz de Fora, MG: Jorge Macedo, 2002. 487 p.

MOURA, R. A.; Wada, C. S., Purchio, A. et al. **Técnicas de Laboratório**. 3ª Edição. Atheneu, Porto Alegre. 2002.

OGA, Seizi. **Fundamentos de Toxicologia**. 2. ed. São Paulo: Atheneu Editora, 2003. 474 p.

PERIN, Guido. **Ecotoxicologia: Integrada Quantitativa**. Joinville. SC: UNIVILLE. 2005. 356 p

ROCHA, Júlio César et al. **Introdução à química ambiental**. Porto Alegre: Bookman. 2004. 154p.

REGINATTO, Valéria. **Avaliação do ensaio de toxicidade com a alga *Scenedesmus subspicatus* para o estudo de efluentes industriais**. Universidade Estadual de Campinas – Instituto de química. Tese doutorado. 1998.

SOUZA, Renato Santos de. **Evolução e condicionantes da Gestão Ambiental nas Empresas**. Porto Alegre: UFRGS. Programa de Pós-Graduação em Gestão Ambiental 22p. 2002.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO. **Agrotóxicos e riscos à saúde humana**. Disponível na Internet na página: ><http://www.ufrj.br/institutos/it/de/acidentes/vene3.htm>. Acessado em 19 de março de 2007.

YIM, Jin Hee. et al. **Efeito da dureza na toxicidade aguda de misturas do metal usando *Daphnia magna*: Predição da toxicidade da drenagem ácida da mina**. Journal of Hazardous Materials 8138 (2006) 16-21. Departamento da ciência e da engenharia ambiental, instituto de Gwangju da ciência e tecnologia: República da Coréia.

ANEXOS

ANEXO A – RELAÇÃO HERBICIDAS

Relação de alguns herbicidas usados no cultivo do arroz irrigado (Dados obtidos através do manual que acompanha o produto ao ser vendido).

? DMA 806 BR, registrado no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA sob nº 0210860 4,

composição: Dimethylammonium (2,4 – dichlorophenoxy) acetate

(2,4 – D, SAL DIMETILAMINA)806g/L (80,6% m/v)

equivalente ácido do 2,4 – D670 g/L (67,0% m/v)

Ingredientes inertes.....419 g/L (41,9% m/v)

Classe: Herbicida seletivo, de ação sistêmica do grupo do Ácido Ariloxialcanóico

Fabricante: Dow AgroSciences Industrial Ltda – EUA

Classificação toxicológica: I – extremamente tóxico

Classificação quanto ao potencial de periculosidade ambiental: III – produto perigoso ao meio ambiente.

Fitotoxicidade: o produto não é fitotóxico para as culturas indicadas dentro das doses e usos

recomendados.

Modo aplicação: dose de 0,3 (L/ha) aplicado em pós-emergência com as plantas infestantes no estágio de 3 a 5 folhas. O produto deve ser aplicado com pouca ou sem água de irrigação. Usado em plantas do tipo: Angiquinho, Pinheirinho (*Aeschynomene rudis*), Corda-de-viola, Corriola (*Ipomoea aristolochiaefolia*), Angiquinho, Pinheirinho (*Aeschynomene denticulata*).

- 1,0 litro de DMA 806 BR corresponde a 0,67 quilo em equivalente ácido.

? AURORA 400 EC, registrado no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA sob o nº 04900

Composição: Ethyl (RS) - 2 - chloro - 3- (2-chloro-5-[4-difluoro methyl)-4,5-dihydro-3-methyl-5-oxo-1H-1,2,4-triazol-1-yl]-4-fluoro phenyl) propionate

(CARFENTRAZONA-ETÍLICA)400 g/L (40% m/v)

Ingrediente inertes.....665 g/L (66,5% m/v)

Classe: Herbicida pós-emergente, seletivo condicional de ação não sistêmica do grupo Triazolona

Fabricante: FMC Corporation - EUA

Tipo de formulação: concentrado emulsionável

Classificação Toxicológica: II – altamente tóxico

Classificação do potencial de periculosidade ambiental: II – muito perigoso ao meio ambiente.

Modo aplicação: Pós-emergência – o produto pode ser aplicado em pulverização ou em benzedura, nas doses recomendadas. Dessecação (plantio direto): aplicar o produto com adição de 0,5% de óleo mineral. É usado mililitro de produto comercial (ml.p.c.), gramas de ingrediente ativo (g.i.a.).

Para plantas infestantes do tipo Pelunco, Cuminho (*Fimbristylis miliaceae*) é usado doses de 76-100 (ml.p.c./ha) – pulverizado, 300-375 (ml.p.c./ha) – benzedura ou 30-40 (g.i.a./ha) – pulverizado e 120-150 (g.i.a./ha) – benzedura.

Do tipo Junquinho (*Cyperus difformis*) é usado 100-125 (ml.p.c./ha) – pulverizado, 375 -500 (ml.p.c./ha) – benzedura ou 40-50 (g.i.a./ha) – pulverizado, 150-200 (g.i.a./ha) – benzedura.

Do tipo Sagitária (*Sagittaria montevidensis*) é usado 100-125 (ml.p.c./ha) – pulverizado, 375-500 (ml.p.c./ha) – benzedura ou 40-50 (g.i.a./ha) – pulverizado, 150-200 (g.i.a./ha) – benzedura.

Plantas do tipo Cruz-de-mata (*Ludwigia octovalvis*) é usado 100-125 (ml.p.c./ha) – pulverizado, 375-500 (ml.p.c./ha) – benzedura ou 40-50 (g.i.a./ha) – pulverizado, 150-200 (g.i.a./ha) – benzedura. Do tipo Pavia (*Heteranthera reniformis*) é usado 100-125 (ml.p.c./ha) –pulverizado, 375-500 (ml.p.c./ha) – benzedura ou 40-50 (g.i.a./ha) – pulverizado, 150-200 (g.i.a./ha) – benzedura. Este produto é altamente tóxico para algas

? DECIS 25 EC, Registro MAPA nº 00758498

Composição: (S) - a - cyano-3-phenoxybenzyl (1R,3R)-3-(2,2-dibromoviyl)-2,2-dimethylcyclopropanecarboxylate (DELTAMETRINA)25 g/L (2,5% m/v)

Ingredientes inertes886 g/L (88,6 % m/v)

Classe: Inseticida de contato e ingestão do grupo piretróide.

Fabricante: Bayer CropScience Ltda – Alemanha

Tipo de formulação: Concentrado Emulsionável.

Classificação Toxicológica: II – medianamente tóxico.

Classificação do potencial de periculosidade ambiental: I – produto altamente perigoso ao meio ambiente.

Modo aplicação: É usado para pragas como o Curuquerê-dos-capinzais (*Mocis latipes*) com doses de 200 ml/ha (produto comercial) ou 5 g/ha (ingrediente ativo). Para Lagarta-militar (*Spodoptera frugiperda*) doses de 100ml/ha (produto comercial) ou 2,5 g/ha (ingrediente ativo). O produto pode ser aplicado com pulverizadores terrestres costais manuais e motorizados, tratorizados, termonebulizadores (geradores de “fog”) e aeronaves agrícolas. Este produto é altamente

bioconcentrável em peixes, altamente tóxico para organismos do solo, algas e microcrustáceos, abelhas e outros insetos benéficos.

? BASAGRAN 600, Registro no MAPA nº 0594

Composição: 3-isopropyl-1 H-2,1,3- benzothiadiazin-4(3H)-one-2,2-dioxide
(BENTAZONA).....600 g/L (60,0% m/v)

Ingrediente inertes630 g/L (63,0 % m/v)

Classe: Inseticida seletivo de ação não sistêmica do grupo químico da benzotiadiazinona.

Tipo de formulação: concentrado solúvel.

Fabricante: BASF S.A. – Alemanha

Classificação Toxicológica: III – medianamente tóxico.

Classificação do potencial de periculosidade ambiental: III – perigoso ao meio ambiente.

Modo aplicação: é um herbicida para as culturas de soja, arroz, arroz irrigado, feijão, milho e trigo. Depois de absorvido, interfere na fotossíntese nas áreas das folhas tratadas, sendo o efeito localizado, não sistêmico. Algumas espécies de plantas têm capacidade de fixar ou de desativar o produto absorvido, e por isso resistem ao tratamento. As vezes aparecem alguns sintomas de fitotoxicidade, com amarelecimento ou mesmo necrose das folhas, mas completada a desativação do produto o desenvolvimento volta a ser normal. É aplicado uma dose de 1,2 L/ha para plantas infestantes que estejam no estágio entre 2 a 4 folhas como o Mentrúz (*Lepidium virginicum*), Trapoeraba (*Commelinab benghalensis*), Trapoeraba (*Commelina erecta*), Erva-de-touro (*Tridax procumbens*) e a Esparguta (*Stellaria media*). É aplicado uma dose 1,2 + 1,0 adjuvante oleoso (Assist®) para Erva-de-bico (*Polygonum hydropiperoides*).

A adição de um adjuvante oleoso (Assist®) na calda de Basagran 600 tende a melhorar o controle de algumas plantas infestantes, bem como reduzir a velocidade de evaporação, mas não permite redução da dose do herbicida.

? ASSIST ®, Registro no MAPA nº 01938789

Composição: Óleo mineral parafínico.....756 g/L ou 75,6% m/v

Ingredientes inertes.....97 g/L ou 9,7% m/v

Classe: Inseticida, acaricida e adjuvante, concentrado emulsionável grupo dos hidrocarbonetos

Fabricante: BASF S. A. – USA

Classificação Toxicológica: IV – pouco tóxico

Modo aplicação: Assist impede a respiração normal das pragas quando recobre seus corpos.

? DASH HC, Registro no MAPA nº 04599

Composição: Mistura de ésteres metílicos, hidrocarboneto aromático, ácido graxo insaturado e tensoativo.....933,0 g/L (93,3% m/v)

Classe: Adjuvante do grupo químico hidrocarboneto aromático, ésteres metílicos e poliol fosfatado.

Tipo formulação: concentrado emulsionável.

Fabricante: BASF S.A. – USA

Classificação Toxicológica: II – altamente tóxico.

Classificação do potencial de periculosidade ambiental: IV – pouco perigoso ao meio ambiente.

Efeitos agudos: mostrou-se irritante para os olhos de coelhos e não causou sensibilidade cutânea em cobaias. O produto mostrou-se irritante para a pele de coelhos.

Efeitos crônicos: o uso adequado do produto não apresenta potencial para produzir efeitos crônicos.

Modo aplicação: Dash HC é adjuvante para pulverização de herbicidas pós-emergentes, atua reduzindo a tensão superficial, produzindo uma cobertura mais uniforme na superfície da folha, além de aumentar a velocidade de penetração dos herbicidas através da cutícula das folhas das plantas infestantes, proporcionando melhor aderência e absorção da calda aplicada, assegurando

um controle mais eficiente e uniforme. Deve ser utilizado com os seguintes herbicidas: Aramo (0,5 % v/v dose de Dash HC), Aura (0,5% v/v de Dash HC), Poast Plus (0,25% v/v de Dash HC) e Poast (0,25% v/v).

Dash HC deve ser diluído em água e aplicado juntamente com o herbicida por pulverização sobre as plantas infestantes que se deseja controlar, de modo que haja uma boa cobertura.

? Aura ®, Registro no MAPA nº 07499

Composição: Ingrediente ativo: 2-[1-[2-(4-chlorophenoxy)propoxyimino] butyl]-3-hydroxy-5-(tetrahydro-2H-thiopyr-3-yl) – cyclohex-2enone (CLEFOXYDIM).....200 g/L (20,0% m/v)

Ingredientes inertes778 g/L (77,8% m/v)

Classe: Herbicida sistêmico concentrado emulsionável – Grupo químico Ciclohexanonas

Fabricante: BASF S.A. – Alemanha.

Classificação Toxicológica: I – extremamente tóxico

Classificação do potencial de periculosidade ambiental: III – muito perigoso ao meio ambiente

Efeitos agudos: foram conduzidos testes agudos em animais de laboratório, e o produto apresentou DL₅₀ aguda oral (ratos): 3.900 mg/kg massa corporal; DL₅₀ aguda dermal (ratos):> 4.000 mg/kg massa corporal. Aura® se mostrou irritante para a pele de coelhos, porém não irritante para olhos de coelhos. O produto não causou sensibilidade cutânea em cobaias. Não foram realizados estudos de epidemiologia com seres humanos.

Efeitos crônicos: os testes com Clefoxydim foi estudado em animais de laboratório, em diferentes concentrações de produto e foram estabelecidas doses de não efeito tóxico, por exposição crônica à substância. Efeitos sobre o processo reprodutivo e a progênie de animais de laboratório também foram avaliados em estudos específicos, onde também foi possível o estabelecimento de níveis observados de não efeito. Também foram realizados com o Clefoxydim testes de mutagênese em células de bactéria e micronúcleos, sendo que em ambos os experimentos o resultado obtido foi

negativo. A partir dos resultados analisados, nos estudos mencionados, e considerando os usos do produto na agricultura, pode-se concluir que a exposição de seres humanos na aplicação ou no consumo de alimento tratado com Clefoxydim, não apresentam riscos à saúde.

Aura ® é um herbicida seletivo de pós emergência, sistêmico, que controla gramíneas anuais e apresenta efeito supressor sobre perenes, recomendado para a cultura do arroz. É aplicado uma dose 0,850 L/ha que deverá ser em pós emergência das gramíneas, provenientes de semente, quando estiverem nos seguintes estágios: 4 folhas a 3 perfilhos para plantas daninhas como Papua ou Capim marmelada (*Brachiaria plantaginea*), Capim arroz (*Echinochloa crusgalli* var. *crusgalli*); (*Echinochloa crusgalli* var. *cruspavonis*); (*Echinochloa colonum*), com 4 folhas a 2 perfilhos plantas daninhas como Milha ou Capim colchão (*Digitaria horizontalis*); (*Digitaria sanguinalis*).

? RICER, Registro no MAPA nº 08205

Composição: 3-(2,2-difluoroethoxy)-N-(5,8-dimethoxy [1,2,4] triazolo [1,5-c] pyrimidin-2-yl) – a,a,a – trifluorotoluene - 2 – sulfonamide

Penoxsulam240g/L (24,0 % m/v)

Ingredientes inertes.....870 g/L (87,0% m/v)

Classe: herbicida seletivo, de ação sistêmica do grupo químico Sulfonanilida Triazolopirimidina.

Tipo de formulação: Suspensão Concentrada

Fabricante: Dow AgroSciences Industrial Ltda – EUA

Classificação Toxicológica: II – altamente tóxico

Classificação do potencial de periculosidade ambiental: III – produto perigoso ao meio ambiente

Efeitos agudos: em animais de laboratório, o Penoxsulam mostrou-se não irritante à pele e levemente irritante aos olhos. A DL₅₀ oral é maior que 5.000 mg/kg para ratos machos e fêmeas; a DL₅₀ dérmica para ratos é maior que 5.000 mg/kg.

Efeitos crônicos: em estudo a longo prazo, pelo período de dois anos, realizado com ratos Fischer 344, com exposições diárias a doses de Penoxsulam de até 250 mg/kg peso corporal/dia; os animais testados do grupo de dose mais alta de 250 mg/kg/dia apresentaram redução do ganho de peso corporal. Foi observada a redução de 3-4% dos parâmetros das células sanguíneas vermelhas, efeitos nos rins nos machos e feitos na bexiga para ambos os sexos. A dose sem efeitos observáveis (NOEL) para ratos foi de 5 mg/kg/dia. O Penoxsulam também foi testado em camundongos pelo período de dezoito meses a doses de até 759 mg/kg peso corporal/dia em fêmeas. Os efeitos relacionados ao tratamento foram: aumento dos pesos relativos e absolutos do fígado nos machos das doses de 100 ou 375 mg/kg/dia; hipertrofia, alteração da mancha citoplasmática dos hepatócitos nos machos das doses de 100 ou 375 mg/kg/dia e fêmeas do grupo de 750 mg/kg/dia; preenchimento da lacuna do parênquima com sangue no fígado em poucos machos da dose de 375mg/kg/dia. O NOEL estabelecido foi de 10 mg/kg/dia para camundongos. A Ingestão Diária Aceitável (IDA) do Penoxsulam é 0,05 mg/kg/dia, baseado no NOEL de 5 mg/kg/dia encontrado no estudo de toxicidade crônica e oncogenicidade em ratos de 2 anos e no fatos de segurança de 100.

Modo aplicação: Ricer controla nas doses indicadas as seguintes plantas infestantes: na pré-emergência: Junco (*Cyperus iria*) dose de 125 ml/ha ou 30 g.i.a/ha; pós-emergência inicial (2-3 folhas): Junco (*Cyperus iria*) 100-125 ml/ha ou 24-30 g.i.a/ha, Angiquinho (*Aeschynomene denticulata*) 125-150 ml/ha ou 30-36 g.i.a./ha, Capim-coloninho (*Echinochloa colona*), Capim-arroz (*Echinochloa crusgalli*) 150 – 200 ml/ha ou 36-48 g.i.a./ha.; pós-emergência (4 folhas – 1 perfilho): Junco (*Cyperus iria*) 125-150 ml/ha ou 30-36 g.i.a/ha, Angiquinho (*Aeschynomene denticulata*) 150-175 ml/ha ou 36-42 g.i.a./ha, Capim-coloninho (*Echinochloa colona*), Capim-arroz (*Echinochloa crusgalli*) 200-250 ml/ha ou 48-60 g.i.a/ha.

? Veget' oil, Registro no MAPA nº 02495

Composição: Ésteres de ácidos Graxos com Glicerol (óleo Vegetal)930 ml/L (93,0 % v/v)

Ingrediente inerte (emulsificante)70 ml/L (7,0% v/v)

Classe: Inseticida/ Espanhante adesivo

Tipo de formulação: Concentrado Emulsionável

Fabricante: OXQUIMICA Agrocência - Brasil

Classificação Toxicológica: IV – pouco tóxico

Classificação do potencial de periculosidade ambiental: IV pouco perigoso ao meio ambiente.

Efeitos agudos e crônicos para animais de laboratório: náuseas, vômitos e diarreias.

Modo aplicação: como inseticida o produto deve ser diluído em água limpa e aplicado na forma de pulverização sobre as plantas. O produto age por contato, provocando asfixia no alvo biológico. Como espalhante adesivo o produto deve ser adicionado ao agrotóxico na sua pré-mistura. Utilizar volume de calda recomendado para o agrotóxico ao qual o produto é misturado. O produto quebra a tensão superficial da água, diminuindo o tamanho das gotas, proporcionando melhor cobertura vegetal e envolve as moléculas dos defensivos, formando uma fina película sobre eles, proporciona maior aderência à superfície pulverizada e menor perda por evaporação e foto-decomposição.

? STARICE CE, Registro no MAPA nº 02799 (não está cadastrado na Secretaria da Agricultura do Paraná, não podendo ser temporariamente recomendado/receitado nesse Estado).

Composição: D⁺-ethyl-2-[4-(6-cloro-2-benzoxazoliloxi)-fenoxi] – propanoato

(FENOXAPROP-P-ETHYL).....69 g/L (6,9% m/v)

Concentração dos ingredientes inertes.....967,4 g/L (96,74%)

Herbicida seletivo, concentrado emulsionável.

Grupo químico: ácido fenoxicarboxílico

Fabricante: BAYER CropScience Ltda – Alemanha

Classificação do potencial de periculosidade ambiental: II – muito perigoso ao meio ambiente

Classificação Toxicológica: II – altamente tóxico

Efeitos agudos e crônicos: inúmeros estudos foram desenvolvidos com o Fenoxaprop-P-Ethyl, a fim de avaliar seu grau de periculosidade, podendo através destes dados serem extraídas as seguintes conclusões: o produto não apenas apresenta propriedades carcinogênicas, mutagênicas ou teratogênicas em testes com animais de laboratório. Este produto é altamente bioconcentrável em peixes e altamente tóxico para organismos aquáticos.

Modo aplicação: Starice é um herbicida pós-emergente seletivo, indicado para o controle de gramíneas anuais na cultura do arroz. Em pós-emergência precoce da cultura e das gramíneas anuais, variando de 10 a 20 dias a emergência do arroz. É aplicado 0,8 a 1,0 litros do produto comercial/ha para plantas daninhas como Capim arroz (*Echinochloa crusgalli*), Capim macho (*Ischaemum rugosum*) quando o estágio da cultura estiver com 2 folhas a 1 perfilho e para o Capim marmelada (*Brachiaria plantaginea*) quando o estágio da erva estiver entre 2 folhas a 1 perfilho. A aplicação é na forma de pulverização, a qual deve ser feita de modo que as gotas atinjam 2/3 da parte aérea das invasoras.

? GLIZ 480 SL, Registro no MAPA nº 0438898 (restrições de uso no Estado do Paraná)

Composição: Isopropylammonium N-(phosphonomethyl) glycinate

(GLIFOSATO, SAL ISOPROPILAMINA)480 g/L (48,0% m/v)

Ingredientes inertes.....692 g/L (69,2% m/v)

Classe: Herbicida não seletivo, de ação sistêmica, do grupo químico glicina substituída.

Tipo de formulação: Concentrado solúvel

Fabricante: Dow AgroSciences Industrial Ltda

Classificação Toxicológica: IV – pouco tóxico

Classificação do potencial de periculosidade ambiental: III – perigoso ao meio ambiente

Corrosivo ao ferro comum e galvanizado

Fitotoxicidade para culturas recomendadas: produto não seletivo. Observar o máximo cuidado na aplicação para não atingir as culturas econômicas.

Efeitos agudos: em animais de laboratório o produto mostrou-se não irritante à pele e aos olhos.

DL₅₀ oral é maior que 5.000 mg/kg para ratos e a DL₅₀ dérmica para ratos é maior que 5.000 mg/kg. A LC₅₀ inalatória para ratos foi maior que 5.000 mg/L para 4 horas de exposição.

Efeitos crônicos: estudos em ratos, camundongos e cães, demonstraram uma baixa toxicidade do produto quando da ingestão por tempo prolongado. O glifosato não apresentou efeitos na fertilidade ou parâmetros reprodutivos em estudos de reprodução e desenvolvimento em ratos por 2 gerações. O glifosato não foi mutagênico em estudos realizados in vitro e in vivo.

Modo aplicação: O controle do mato é feito com uma aplicação antes do plantio da cultura, se for aplicado no período inicial de floração para plantas infestantes perenes ou na fase de desenvolvimento antes da formação das flores e sementes para plantas infestantes anuais. O Gliz 480 SL não tem ação sobre sementes existentes no solo.

A seguir é apresentado uma lista das plantas controladas e doses usadas pelo Gliz 480 SL.

Plantas controladas e doses.

Nome Comum	Nome Científico	Doses	
		L p.c./ha	kg i.a./ha
Arroz-vermelho	<i>Oriza sativa</i>	3,0	1,44
Capim-arroz	<i>Echinocloa colona</i>	2,0	0,96
Capim colchão	<i>Digitaria horizontalis</i> <i>Digitaria sanguinalis</i>	1,5	0,72
Capim-favorito	<i>Rhynchelitrum repens</i>	3,0	1,44
Angiquinho	<i>Aeshynomene</i>	3,0	1,44
Beldroega	<i>Portulaca oleraceae</i>	2,0	0,96
Tiririca	<i>Cyperus rotundus</i>	5,0	2,40
Capim-braquiária	<i>Brachiária</i> <i>decumbens</i>	4,0	1,92
Guanxuma	<i>Sida rhombifolia</i>	3,0	1,44
Assa-peixe	<i>Vernonia ferruginea</i>	4,0	1,92
Picão-branco	<i>Galinsoga parviflora</i>	1,0	0,48
Picão-preto	<i>Bidens pilosa</i>	1,0	0,48
Capim-pé-de-galinha	<i>Eleusine indica</i>	2,0	0,96
Capim-marmelada	<i>Bachiaria</i> <i>plantaginea</i>	1,0	0,48

Fonte: Dow AgroSciences - bula

ANEXO B – MATERIAIS UTILIZADOS

REAGENTES

- a) Ácido bórico (H_3BO_3)
- b) Ácido Clorídico (HCl)
- c) Agar-ágar
- d) Bicarbonato de sódio (NaHCO_3)
- e) Brometo de sódio (NaBr) – P.A.
- f) Cianocabalamina (Vitamina B12)
- g) Cloreto de cálcio ($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)
- h) Cloreto de cobalto ($\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)
- i) Cloreto de cobre ($\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)
- j) Cloreto de estrôncio ($\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)
- k) Cloreto de lítio (LiCl)
- l) Cloreto de manganês ($\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$)
- m) Cloreto de potássio (KCl)
- n) Cloreto de rubídio (RbCl)

- o) Cloreto de sódio (NaCl)
- p) Cloreto de zinco (Zn Cl_2)
- q) D (+) Biotina
- r) EDTA dissódico ($\text{Na}_2\text{EDTA} \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)
- s) Fosfato de potássio bibásico (K_2HPO_4)
- t) Fosfato de potássio monobásico (KH_2PO_4)
- u) Hidrocloro de tiamina
- v) Hidróxido de sódio (NaOH)
- w) Hidróxido de potássio (KOH)
- x) Molibdato de sódio ($\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)
- y) Nitrato de sódio (NaNO_3)
- z) Nitrato de cobalto ($\text{Co}(\text{NO}_3) \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)
- aa) Sulfato de cobre ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)
- bb) Sulfato de magnésio ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)
- cc) Sulfato de zinco ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)
- dd) Sulfato ferroso ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)
- ee) Silicato de sódio (Na_2SiO_3)
- ff) Vanadato de amônia (NH_4VO_3)
- gg) $\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{N}_2\text{Na}_2\text{O}_8 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
- hh) MoO_3
- ii) Tiosulfato de Sódio
- jj) Ácido Sulfúrico
- kk) Dicromato de Potássio

EQUIPAMENTOS

- a) Balança analítica;
- b) Sistema de aeração;
- c) Autoclave;
- d) Destilador;
- e) Deionizador;
- f) Incubadora;
- g) Agitador magnético;
- h) Microscópio

VIDRARIAS

- a) Balões volumétricos de 250mL, 500mL e 1000mL;
- b) Pipetas graduadas de 5 mL e 10 mL;
- c) Pipetas volumétricas de 1mL, 5mL, 10mL e 25mL;
- d) Frascos de polietileno de 150mL;
- e) Béqueres de 250mL, 400mL, 1000mL e 3000mL;
- f) Erlenmeyer de 500mL;
- g) Peneira, 35 mm/ μ m;

ANEXO C – PORTARIA Nº 017/02 – FATMA DE 18/04/2002.

Estabelece os Limites Máximos de Toxicidade Aguda para efluentes de diferentes origens e dá outras providências.

A DIRETORIA, da Fundação do Meio Ambiente – FATMA, no uso das atribuições previstas nos arts. 18 e 20 do Estatuto, 19 e 28 do Regimento interno, tendo em viga o Inciso II do Art. 4º da Lei nº 5.793, de 15 de outubro de 1980 e Art. 121, do Decreto 14.250, de 5 de junho de 1981.

CONSIDERANDO:

I – que a Política Estadual de Meio Ambiente (Lei nº 5.793/80) estabelece normas gerais para a proteção e melhoria da qualidade ambiental e determina que as diretrizes serão formuladas em normas e planos administrativos, destinados a orientar as ações dos governos estadual e municipal (Arts. 1º e 3º);

II – o disposto no Art. 12 da Resolução CONAMA nº 020/86, relativo ao padrão de qualidade das águas, no sentido de que as substâncias presentes nos efluentes, considerando também eventuais ações sinérgicas entre as mesmas, não poderão conferir às águas características capazes de causarem efeitos letais ou alteração de comportamento, reprodução ou fisiologia de vida.

III – a necessidade de serem fixadas normas técnicas relativas à matéria.

RESOLVE:

Ad referendum do CONSEMA/SC:

Art 1º - As substâncias existentes no efluente não poderão causar ou possuir potencial causado de efeitos tóxicos capazes de provocar alterações no comportamento e fisiologia dos organismos aquáticos presentes no corpo receptor.

Parágrafo Único: - Executam-se, para os fins previstos nesta Portaria os corpos receptores marinhos e os de água salobra.

Art 2º - A toxicidade aguda do efluente será determinada em laboratório, mediante a elaboração de testes ecotoxicológicos padronizados, cujos resultados deverão ser expressos em Fator de Diluição (FD).

§ 1º - O Fator de Diluição (FD) representa a primeira de uma série de diluições de uma amostra na qual não mais se observa efeitos tóxicos agudos aos organismos-teste.

§ 2º - A TABELA I, em anexo, estabelece os Limites máximos de Toxicidade Aguda dos efluentes de diferentes origens, expressos em Fator de diluição, para microcrustáceos – *Daphnia magna* (Straus, 1820) e bactérias bioluminescentes.

§ 3º - O empreendedor comprovará, mediante a apresentação de laudo laboratorial elaborado por profissional devidamente habilitado, a toxidade do efluente mencionada no “caput” deste artigo, devendo a mesma estar de acordo com o Limite Máximo de Toxicidade estabelecido na TABELA I, em anexo.

§ 4º - Para as atividades não inseridas na TABELA I, ficam estabelecidas os Limites Máximos de Toxicidade Aguda, abaixo mencionados:

Fator de Diluição para *Daphnia magna* (FDd): 8 (12,5%);

Fator de diluição para *Vibrio fischeri* 9FD bl): 8 (12,5%).

§ 5º - Além de obedecer o disposto nos parágrafos anteriores, somente será permitido o lançamento do efluente, no corpo receptor, proveniente das atividades consideradas potencialmente causadoras de degradação ambiental inseridas na Portaria Interna 01/92 e 01/00 – FATMA, cuja porcentagem (PER) seja menor ou igual a toxidade causada pelo mesmo, expressa em percentual do Fator de Diluição (FD%) dividido por 2 (dois), conforme expresso abaixo mencionada:

$$PER = \frac{FD\%}{2}$$

$$\text{Onde: } PER = \frac{Q_{em} \times 100}{Q_{em} +}$$

$$= \frac{FD \% 100}{FD}$$

Sendo:

PER = Porcentagem do efluente no corpo receptor.

Q em = Vazão máxima projetada do eflunete

Q em = vazão crítica anual do corpo receptor, média de 7 dias consecutivos com probabilidade de retorno em 10 anos.

FD = Fator de Diluição a ser determinado, conforme estabelecido no “caput” deste artigo.

Art 3º - Cabe á gerência de análises Laboratoriais da FATMA:

? Reavaliar os Limites Máximos de Toxicidade Aguda dos efluentes mensionados nesta Portaria;

? O Determinar por ato específico os Limites Máximos de Toxidade Aguda para categorias dos efluentes não previstos na TABELA I;

? Determinar por ato específico os Limites Máximos de Toxidade para outros organismos-teste não previstos nesta Portaria.

? Definir os métodos de ensaio, bem como, os organismos utilizados nos testes de toxicidade;

? Determinar a toxicidade nos corpos receptores.

Art 4º - Esta Portaria entrará em vigor na data de sua publicação.

SUZANA MARIA CORDEIRO TREBIEN

Diretora geral

Publicada no DOSC de 23.04.2002

ANEXO

TABELA I: Estabelece os Limites Máximos de Toxidade para os microcrustáceos – *Daphnia magna* (Straus 1820) e para as bactérias bioluminescentes – *Vibrio fischeri*, dos efluentes de diferentes categorias, conforme abaixo:

Origem dos Efluentes	Limites Máximos de Toxidade para <i>Daphnia magna</i>	Limites Máximos de Toxidade para <i>Vibrio fischeri</i>
Origem dos Efluentes Categoria da atividade	Subcategoria da atividade	
	FDd	FDbl
	Siderúrgica	6
	Metalúrgica	6
Metal mecânica	Galvanoplastia	8
	Frigoríficos	
	Abatedouros	
	Laticínios	
Alimentício	Cerealistas	4
	Bebidas	
	Feculárias	
	Alimentos	
Esgotos domésticos e/ou hospitalares		4
	Efluentes de	
Resíduos Urbanos	Aterros Sanitários	16
Papel e Celulose		4
Couros, peles e produtos similares		6
	Agroquímica	
	Petroquímica	
Química	Produtos químicos não especificados ou não classificados	4
	Beneficiamento de fibras naturais e sintéticas, confecção e tinturaria	
Têxtil		2
Farmacêutica		4

FDd – Fator de Diluição para *Daphnia magna*

FDbl – Fator de Diluição para *Vibrio fischeri*

FD = 1 – amostra bruta não tóxica.