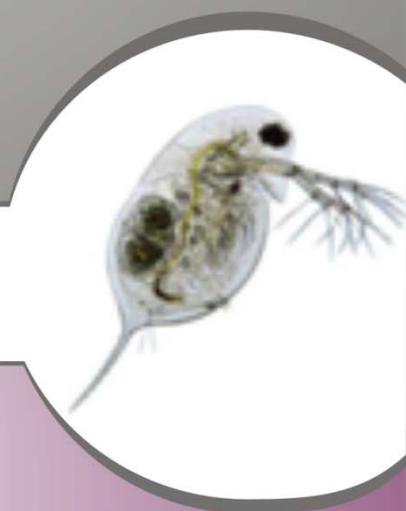




UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIAS AMBIENTAIS

THAINÁ DOMINGUES NOGUEIRA

EFEITOS AGUDOS DE EFLUENTES LÍQUIDOS INDUSTRIAIS



Campo Grande – MS

2010



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIAS AMBIENTAIS

THAINÁ DOMINGUES NOGUEIRA

**EFEITOS AGUDOS DE EFLUENTES LÍQUIDOS
INDUSTRIAIS**

CAMPO GRANDE – MS
2010



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIAS AMBIENTAIS

THAINÁ DOMINGUES NOGUEIRA

EFEITOS AGUDOS DE EFLUENTES LÍQUIDOS INDUSTRIAIS

Dissertação apresentada para obtenção do grau de Mestre do Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, na área de concentração em Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos.

ORIENTADOR: Prof. Dr. Carlos Nobuyoshi Ide
CO-ORIENTADOR: Prof. Dr. William Marcos Silva

Aprovada em: 21 de dezembro de 2010.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Carlos Nobuyoshi Ide
Orientador – UFMS

Prof. Dr. William Marcos da Silva
Co-orientador – UFMS

Profª. Drª. Ana Lúcia Fonseca
Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI

Prof. Dr. Kennedy Francis Roche
UFMS

Campo Grande – MS
2010

DEDICATÓRIA

Ao meu pai pelo amor, carinho, amizade!

À minha avó por ter me criando como uma filha!

À memória da minha mãe, que se foi tão cedo, mas deixou muita saudade!

“É tão estranho ,os bons morrem jovens, assim parece ser quando me lembro de você, que acabou indo embora cedo demais.”

(Renato Russo)

AGRADECIMENTOS

À Deus, por me dado a oportunidade de viver na Sua presença, fortalecendo nos momentos de angústia, de tristeza e, por ter me salvado. Obrigado meu Senhor Jesus Cristo.

Ao meu orientador Prof. Dr. Carlos Nobuyoshi Ide, pela orientação, aprendizado, amizade, por acreditar e confiar no meu trabalho, sempre auxiliando com conselhos tão valiosos.

Ao meu co-orientador Prof. Dr. William Marcos da Silva pela ajuda na implantação do laboratório de Ecotoxicologia, incentivando os trabalhos de pesquisa.

Ao Prof. Dr. Kennedy pelas dicas no laboratório, ensinamentos, sempre muito disposto a ajudar.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPQ, pela bolsa de estudo concedida.

Ao Msc. José Luiz Gonçalves, por ter aberto as portas do laboratório LAQUA, para que esse trabalho fosse realizado, além do incentivo e auxílio na implantação do Laboratório de Ecotoxicologia, sem medir esforços.

Ao acadêmico Daniel Haranaka, pela amizade, responsabilidade, idéias valiosas, sempre acreditando no Laboratório de Ecotoxicologia e realizando trabalhos.

A todos os estagiários que passaram pelo laboratório de Ecotoxicologia, em especial a Bárbara Ferreira e Izabela Grubert, pelo trabalho e amizade.

Ao Diego meu namorado, pela paciência, incentivo, amor e carinho. Por sempre estar do meu lado, deixando de fazer suas coisas para me acompanhar.

Às pessoas que sempre foram comigo até o laboratório de Ecotoxicologia nos finais de semana e feriados. Em especial meu maninho que eu amo muito, minha cunhada, minha sobrinha, meu pai, e meu namorado. Que sempre acreditaram e me incentivaram nesse trabalho.

Aos amigos e técnicos do LAQUA, Maria, Cris e Vera. Em especial o Marcelo um grande amigo, que sempre ajuda a todos e comigo nunca foi diferente, encontrando cada agulha perdida no laboratório.

Á amiga e colega de mestrado Luciene da Silva dos Santos, pelo incentivo nas horas mais difíceis desse trabalho, dizendo: ...“Calma vai ter fim”, além da ajuda na formatação.

Ao amigo Everton pelas ajudas na formatação.

Á minha quase irmã e grande amiga Natália, por me agüentar horas no telefone ou mesmo pessoalmente.

Á todos os meus familiares pelo carinho e apoio.

*“ As coisas que o olho não viu , nem o ouvido ouviu ,
Nem subiram ao coração do homem,
São as que Deus tem preparado para os que o amam
Porque qual dos homens sabe as coisas do homem, senão o espírito do homem que nele esta?
Assim também ninguém conhece as coisas de Deus senão o Espírito de Deus “*

1º Coríntios 2:9

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA.....	ii
AGRADECIMENTOS	iii
EPÍGRAFE	v
SUMÁRIO.....	vi
LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE SÍGLAS E ABREVIATURAS	ix
LISTA SÍMBOLOS.....	x
RESUMO	xi
ABSTRACT	xii
1.INTRODUÇÃO.....	13
2.OBJETIVOS.....	17
2.1.OBJETIVO GERAL.....	17
2.2.OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
3.REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
3.1.CONSIDERAÇÕES GERAIS E LEGISLAÇÕES PERTINENTES.....	18
3.2.ENSAIOS ECOTOXICOLÓGICOS	20
3.3.ABATEDOUROS DE AVÍCOLAS	25
3.4.MATADOUROS/FRIGORÍFICOS BOVINOS.....	27
3.5.CURTUMES	30
3.6.INDÚSTRIA DE REFRIGERANTES	34
4.MATERIAIS E MÉTODOS.....	37
4.1.AMOSTRAS COLETADAS	37
4.2.COLETAS, TRANSPORTE, PREPARAÇÃO E PRESERVAÇÃO DAS AMOSTRAS DESTINADAS AOS ENSAIOS ECOTOXICOLÓGICOS	37
4.3.MANUTENÇÃO DAS CULTURAS DE <i>DAPHNIA SIMILIS</i>	38
4.4.TESTES DE SENSIBILIDADE	40
4.5.CONDIÇÕES PARA ENSAIOS ECOTOXICOLÓGICOS AGUDOS.....	41
4.6.METODOLOGIAS UTILIZADAS NAS ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS EM EFLUENTES TRATADOS	43
4.7.ANÁLISES ESTATÍSTICAS	43
5.RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
5.1.ABATEDOUROS AVÍCULAS.....	46
5.2.MATADOURO FRIGORÍFICO BOVINO	50
5.3.CURTUME.....	53
5.4.INDÚSTRIA DE REFRIGERANTE.....	57
5.5.TESTES DE SENSIBILIDADE COM CLORETO DE SÓDIO (NaCl)	59
6.CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	60
7.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62

LISTA DE FIGURAS

Figura3. 1	Caminhos das perturbações físicas e químicas que causam danos aos ecossistemas.....	22
Figura3. 2	(a) Bolsa incubadora de um efípio, (b) <i>Daphnia</i> com efípio	24
Figura 3.3	Vista geral de uma fêmea <i>Daphnia similis</i>	25
Figura 3.4	Fluxograma típico de produção industrial de abatedouro avícola	27
Figura 3.5	Fluxograma típico de produção industrial de Matadouro /Frigorífico Bovino...	29
Figura 3.6	Processo de produção de couro bovino.....	33
Figura 3.7	Etapa simplificada da produção de refrigerantes.....	34
Figura 3.8	Fluxograma da produção de refrigerante.....	35
Figura 4.1	Imagem do cultivo das algas clorofíceas <i>Pseudokirchneriella subcapitata</i>	40
Figura 4.2	Incubadora utilizada nos ensaios ecotoxicológicos.....	42
Figura 5.1	DBO ₅ e DQO do efluente líquido tratado do abatedouro avícola.....	46
Figura 5.2	Óleos e Graxas do efluente líquido tratado do abatedouro avícola.....	46
Figura 5.3	Resultados ecotoxicológicos obtido no período do biomonitoramento com efluente líquido tratado do abatedouro avícola estudado: a) referentes à CE _{50:48} em % de concentração da amostra, b) referentes à CE _{50:48} em Uta.....	47
Figura 5.4	DBO ₅ e DQO do efluente líquido tratado do Matadouro/Frigorífico bovino.....	49
Figura 5.5	Óleos e Graxas do efluente líquido tratado do Matadouro/Frigorífico bovino....	50
Figura 5.6	Nitrogênio amoniacal efluente líquido tratado do Matadouro/Frigorífico bovino.....	50
Figura 5.7	Resultados ecotoxicológicos do efluente líquido tratado do Matadouro/Frigorífico bovino: a) referentes à CE _{50:48} em % de concentração da amostra, b) referentes à CE _{50:48} em Uta.....	51
Figura 5.8	Resultados ecotoxicológicos referentes a CE _{50:48} em % de concentração da amostra com efluente líquido tratado do Curtume.....	53
Figura 5.9	DQO e DBO ₅ do efluente líquido tratado do Curtume.....	54
Figura 5.10	Cromo total do efluente líquido tratado de Curtume.....	55
Figura 5.11	Nitrogênio amoniacal do efluente líquido tratado do Curtume.....	56
Figura 5.12	Cloretos do efluente líquido tratado de Curtume.....	56
Figura 5.13	DBO ₅ e DQO do efluente líquido tratado da Indústria de Refrigerante.....	57
Figura 5.14	Nitrogênio amoniacal do efluente líquido tratado da Indústria de Refrigerantes.....	58
Figura 5.15	Cloretos do efluente líquido tratado da Indústria de Refrigerantes.....	58
Figura 5.16	Carta de sensibilidade de <i>Daphnia similis</i> ao Cloreto de Sódio (NaCl).....	59

LISTA DE TABELA

Tabela 3.1	Curtumes Instalados no Estado de Mato Grosso do Sul até o ano de 2005.....	31
Tabela 4.1	Lista dos reagentes utilizados para preparo do meio M4 utilizado na água reconstituída.....	39
Tabela 4.2	Volumes utilizados para preparar 1L de meio M4.....	40
Tabela 4.3	Condições para realização de ensaios ecotoxicológicos.....	42
Tabela 4.4	Volumes das amostras utilizados nos ensaios ecotoxicológicos.....	43
Tabela 4.5	Parâmetros físico-químicos/tipologia industrial.....	44
Tabela 4.6	Parâmetros físico-químicos, unidades e técnicas analíticas.....	44
Tabela 5.1	Resultados dos ensaios ecotoxicológicos agudos realizado com o organismo <i>Daphnia similis</i> , testando efluente líquido tratado avícola.....	48
Tabela 5.2	Ensaio ecotoxicológico agudo realizado com o organismo <i>Daphnia similis</i> , testando efluente líquido tratado do matadouro/frigorífico bovino.....	52
Tabela 5.3	Valores da $CE_{50:48}$ e dos intervalos de confiança(IC – 95%) para os ensaios ecotoxicológicos agudos realizado com o organismo <i>Daphnia similis</i> , testando o efluente tratado do curtume.....	54

LISTAS DE SIGLAS E ABRVIATURAS

ABEF	Associação Brasileira dos Produtores e Exportadores de Frango
ABIEC	Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne
ABIR	Associação Brasileira das Industrias de Refrigerantes
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CECA/MS	Conselho Estadual de Controle Ambiental do Estado de Mato Grosso do Sul
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CE50:48	Concentração real da amostra que causa efeito agudo a 50% dos organismos, no tempo de exposição de 48 horas, nas condições de ensaio.
CL50	Concentração da amostra que causa efeitos letais a 50% dos organismos expostos
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DBO ₅	Demanda Bioquímica de Oxigênio, em um tempo de incubação de cinco dias
DQO	Demanda Química de Oxigênio
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
LAQUA	Laboratório de Qualidade Ambiental
pH	Potencial hidrogeniônico
Uta	Unidade de Toxicidade Aguda

LISTA DE SÍMBOLOS

°C	Graus Celsius
Cl ⁻	Cloretos
Cr	Cromo
Cr ₂ (SO ₄) ₃	Sulfato Crômico
g/l ⁻¹	Gramas por litro
HCl	Ácido Clorídrico
kg	Kilograma
m ³	Metro cúbico
mg.L ⁻¹	Miligramas por litro
mg.L ⁻¹ Cr	Miligramas por litro de cromo
mg.L ⁻¹ N	Miligramas por litro de nitrogênio
mg.L ⁻¹ Cl ⁻	Miligramas por litro de cloretos
mg.L ⁻¹ O ₂	Miligramas por litro de oxigênio
mL	Mililitros
mm	Milímetros
NaCl	Cloreto de Sódio
NaOH	Hidróxido de Sódio

RESUMO

NOGUEIRA, T. D. (2010). *Efeitos agudos de efluentes líquidos industriais*, 2010. 68p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil.

Os problemas crescentes da poluição dos recursos hídricos estão diretamente associados às expansões demográficas e industriais, responsáveis pela incorporação de uma grande variedade e quantidade de elementos químicos, contribuindo para uma das maiores fontes de agressão aos ecossistemas e comprometendo a saúde humana. Por meio de ensaios ecotoxicológicos é possível prever riscos de extinção e compreender impactos ambientais, esses ensaios vêm sendo utilizados como ferramenta no monitoramento de efluentes industriais e para atender a Resolução CONAMA 357/2005. O presente estudo buscou avaliar e mapear a toxicidade aguda de efluentes líquidos tratados provenientes de Abatedouro avícola, Matadouro/Frigorífico bovino, Curtume e Indústria de refrigerante, que estão instaladas no Estado de Mato Grosso do Sul. Foram realizados ensaios ecotoxicológicos agudo, com o organismo teste o *Daphnia similis*, e análises físico-químicas para a caracterização dos efluentes. Os resultados ecotoxicológicos demonstraram que os efluentes líquidos finais do Abatedouro avícola e do Matadouro/Frigorífico bovino apresentaram efeitos tóxicos que variaram de tóxico a moderadamente tóxico em todos os meses, porém esse efeito tóxico foi mais elevado com o aumento da carga orgânica e em períodos de seca. Mesmo quando as concentrações de DBO_5 estavam dentro dos limites máximos permissíveis (60 mg.L^{-1}) pela Deliberação CECA/MS Nº 003/1997, ainda assim as amostras causam efeitos agudo. Os efluentes líquidos finais de curtume apresentaram resultados ecotoxicológicos indicativos de um elevado efeito tóxico, pois foram consideradas mais tóxicas na menor concentração da amostra. Os resultados físico-químicos, dos efluentes de curtume, apontam para uma elevada carga de matéria orgânica, elevados teores de nitrogênio amoniacal e cloretos. As amostras dos efluentes líquidos finais da Indústria de refrigerante não apresentou efeito tóxico, e os parâmetros físico-químicos analisados estavam dentro dos limites permitidos pelas legislações vigentes. Recomenda-se que as indústrias do Abatedouro avícola, do Matadouro/Frigorífico bovino e, principalmente, do curtume realizem um tratamento adequado em seus efluentes líquidos finais, afim de que se evitem danos à biota aquática, ao serem lançados nos corpos hídricos.

Palavras-Chave: Efeito tóxico agudo, *Daphnia similis*, efluentes industriais.

ABSTRACT

NOGUEIRA, T. D. (2010). *Acute toxic effect of Industrial Wastewater, 2010. 68p. Thesis (Masters) Federal University of Mato Grosso do Sul, Brazil (in Portuguese).*

The growing problems of pollution of water resources are directly linked to demographic and industrial expansion, responsible for the incorporation of a large variety and quantity of chemicals, contributing to a major source of aggression on the ecosystems and jeopardizing human health. By means of ecotoxicological is possible to predict extinction risks and understand the environmental impacts, such tests have been used as a tool for monitoring industrial wastewater and to meet the CONAMA 357/2005. This study aimed to evaluate and to map the acute toxicity of treated wastewaters coming from Poultry Slaughterhouse, Bovine Slaughterhouse, Tannery and Soft Drinks Industry, installed at the State of Mato Grosso do Sul. Acute ecotoxicological tests were performed with the cladoceran *Daphnia similis* as test organism, as well physicochemical analysis to characterize the effluents. The ecotoxicological results showed that the wastewaters from the Poultry Slaughterhouse and the Bovine Slaughterhouse presented toxicity, which ranged from moderately toxic to toxic during all months. However, this toxicity was more elevated with the increase of the organic load and during periods of drought. Even when the DBO_5 concentrations were within the maximum permissible limit (60mg.L^{-1}) by the Deliberation CECA/MS N° 003/1997, the samples were still toxics. The tannery wastewaters presented very unsatisfying ecotoxicological results, because they were considered more toxic in the lower concentration of the sample. Its physicochemical results indicated a high organic matter load, and also high contents of ammonia nitrogen and chlorides. The Soft Drink Industry wastewaters didn't present toxicity, and the physicochemical parameters evaluated were within the limits allowed by the current legislations (CECA/MS N°003/1997, CONAMA 357/2005). It is recommended that the industries of Poultry Slaughterhouse, Bovine Slaughterhouse and especially of Tannery, place an appropriate treatment in their final effluents, in order to prevent damage to aquatic ecosystems, when released in water bodies.

Keywords: Acute toxic effect, *Daphnia similis*, industrial wastewaters.

1. INTRODUÇÃO

A disponibilidade de água com boa qualidade para consumo humano e manutenção da vida aquática vem se tornando algo cada vez mais escasso, e isso é consequência da intensa industrialização, urbanização e a expansão agroindustrial, que geram efluentes ricos em matérias orgânicas e elementos tóxicos, estes muitas vezes nocivos para saúde humana e também para os ecossistemas aquáticos causando, assim, a diminuição da biodiversidade e alterações irreversíveis nos corpos d' água.

Uma problemática atual preocupante é a quantidade na geração de efluentes líquidos, principalmente, por partes das indústrias que crescem significativamente a cada ano. Com isso, os efluentes industriais, muitas vezes, não recebem o devido tratamento antes de serem lançados em corpos hídricos, incorporando uma grande variedade e quantidade de elementos químicos, contribuindo para uma das principais formas de agressão ao meio ambiente.

A Sociedade Americana de Química verificou que há cerca de 10 milhões de substâncias químicas mencionadas na literatura científica. Estima-se que 70 mil são de uso cotidiano, sendo que de mil a duas mil novas substâncias são adicionadas a essa lista anualmente. Tendo em vista as dificuldades de estudos, apenas duas mil dessas substâncias têm seus efeitos tóxicos conhecidos, o que aumenta a dificuldade de resolução de problemas em casos de acidentes ambientais (ZAGATTO & BERTOLETTI, 2008).

Nas últimas décadas, o aumento da poluição tem levado ao aumento de pesquisas sobre os efeitos tóxicos e não-tóxicos de substâncias poluentes no meio ambiente. O número e a variedade de poluentes despejados nos ambientes aquáticos podem gerar transformações físicas, químicas e biológicas e atingir níveis tróficos mais altos na cadeia alimentar por bioacumulação de alguns elementos (GUIMARÃES *et al.*, 2005).

Muitos efluentes são extremamente complexos, do ponto de vista físico e químico, e são fontes de grande diversidade de poluentes para o ambiente aquático. Tendo em vista a complexidade causada pela interação dos agentes químicos, os efeitos biológicos desses efluentes não podem ser caracterizados simplesmente por análises tradicionais. Assim, para a caracterização adequada e controle desses efluentes, a estratégia mais eficiente é o uso integrado de análises físicas, químicas e ecotoxicológicas para a avaliação e previsão do risco ambiental (BERTOLETTI, 1990; CONSTAN *et al.*, 1993).

Quando se analisa a variedade de substâncias químicas que são lançadas no ambiente aquático por atividades industriais, percebe-se a inviabilidade de identificação e estabelecimento de padrões de emissão para todas essas substâncias, pois cada indústria tem

uma demanda de agentes químicos para o processamento e beneficiamento de sua matéria prima gerando, assim, efluentes com características bem distintas. Além disso, através desta abordagem não é possível avaliar os efeitos tóxicos que estas substâncias podem apresentar à biota e a possível existência de um efeito sinérgico entre as substâncias lançadas no meio ambiente.

Os ensaios físicos e químicos não podem medir a toxicidade, podem apenas predizê-las, pois não tem a capacidade de detectar uma possível interação entre algumas substâncias contidas na amostra, e essa interação que muitas vezes podem ser tóxicas aos organismos vivos (ZAGATTO & BERTOLETTI, 2008), por isso a escolha por um ensaio ecotoxicológico pode ser uma excelente alternativa.

A adoção de ensaios ecotoxicológicos permite fazer previsões sobre riscos de extinção, constituindo-se em uma ferramenta para compreensão da extensão dos impactos, pois os organismos vivos utilizados nos testes de toxicidade funcionam como verdadeiros “biosensores”, que respondem a presença de contaminantes.

Embora os testes de toxicidade aquática já existissem, o termo Ecotoxicologia foi proposto somente em 1969, por Truhaut, como sendo uma extensão da toxicologia, a ciência dos efeitos dos agentes tóxicos nos organismos individuais. Esse conceito foi então ampliado para “a ciência dos efeitos ecológicos dos poluentes” (HOFFMAN *et al.*, 1995).

O teste de toxicidade consiste em expor organismos aquáticos representativos do ambiente a várias concentrações de uma ou mais substâncias durante certo tempo. O teste de toxicidade aguda se baseia na ocorrência de uma resposta severa e rápida dos organismos aquáticos a um estímulo, a qual se manifesta em geral num intervalo de 0 a 48 horas, para dafnídios. Normalmente, o efeito é a letalidade. A grandeza utilizada para essa avaliação é a com a qual se verifica imobilidade ou mortalidade de concentração efetiva média em 48 horas ($CE_{50:48}$), ou seja, de 50% dos indivíduos expostos (ABNT, 2004).

Existem vários procedimentos padrão quanto aos testes de toxicidade, com espécies consideradas organismos teste. Dentre estas espécies, *Daphnia similis* e *Ceriodaphnia dubia* (Crustacea - Cladocera) são amplamente utilizadas na avaliação da toxicidade aguda e crônica, com efluentes industriais e amostras de águas superficiais (FONSECA, 1997).

Daphnia similis, também conhecida como pulga d’água, é uma espécie comum no zooplâncton de água doce de regiões tropicais. Os dafnídeos são animais ideais para o uso em testes de toxicidade agudo e crônico, pois são bastante sensíveis a poluentes e a variações físico-químicas nos ambientes, além de serem facilmente cultivados em laboratório. Por essas

e outras razões esse organismo foi padronizado pela Norma Brasileira ABNT-NBR 12713 de 2004, em testes agudos, e é um dos organismos-testes mais utilizados e com um grande número de informações ecológicas e biológicas que permitem uma boa interpretação da toxicidade testada.

Atualmente, com as características da economia do Estado de Mato Grosso do Sul as agroindústrias sobressaem-se entre as demais atividades industriais implantadas. Dentre essas, destacam-se as esmagadoras de soja, os laticínios, os matadouros/frigoríficos bovinos, abatedouros avícolas, seguidos pelas destilarias de álcool, fecularias, fabricantes de ração animal, moinhos de trigo e curtumes.

Conseqüentemente, essas indústrias geram e lançam seus efluentes líquidos, com ou sem tratamento adequado, nos corpos d'água situados no Estado de Mato Grosso do Sul, o que pode gerar danos para biodiversidade e ecossistema aquático da região onde estão sendo lançados.

Sendo assim, na realização deste trabalho foram escolhidas algumas tipologias industriais, que estão instaladas no Estado de Mato Grosso do Sul e que são importantes para no desenvolvimento econômico da região. Foram selecionadas as seguintes tipologias: Frigorífico avícola; Matadouro/Frigorífico bovino; Curtume; e Indústria de refrigerantes. Contudo, esta última é comum em praticamente todas as regiões.

Os efluentes gerados em abatedouros de aves e matadouros frigoríficos bovinos, em um contexto geral, são constituídos de grande quantidade de restos de animais fragmentos de vísceras e tecidos, sangue, gordura, o que gera altos teores de sólidos em suspensão, nitrogênio orgânico, nitrogênio amoniacal, DQO (Demanda Química de Oxigênio), DBO₅ (Demanda Bioquímica de Oxigênio), contribuindo de forma considerável para a poluição dos mananciais. Devido a esta constuição, esses efluentes são altamente fétidos, entrando em decomposição rapidamente.

A indústria do couro é caracterizada por consumir grande quantidade de água nos seus processos produtivos e por empregar produtos tóxicos sendo alguns deles o sulfato crômico, Cr₂(SO₄)₃ conhecido como sal de cromo e utilizado como agente curtente, além de gerar uma elevada carga de DQO e DBO₅, quando comparada com outras tipologias industriais, contribuindo para que seus efluentes líquidos sejam uma ferramenta potencialmente tóxica para o meio ambiente em que são lançados.

Os efluentes líquidos de indústrias de refrigerantes são ricos em açúcares, alguns corantes, além de apresentarem também partículas de carvão oriundas da xaroparia. Por isso

são ricos em matéria orgânica e carboidratos, que são facilmente biodegradáveis e têm, relativamente, baixo teor de sólidos suspensos.

Qualquer efluente seja ele industrial, ou doméstico, antes de ser lançado ao meio ambiente, tem que estar de acordo com aos parâmetros estabelecidos na Resolução CONAMA 357/2005 (Conselho Nacional do Meio Ambiente), que define os padrões de lançamentos de efluentes em corpos hídricos. O Estado do Mato Grosso do Sul possui a Deliberação CECA/MS N°003/97 (Conselho Estadual de Controle Ambiental), que estabelece limites e/ou condições de indicadores específicos e teores máximos de elementos ou substâncias potencialmente prejudiciais, exigidos para atender aos níveis de qualidade do corpo receptor.

Porém, mesmo estando de acordo com os valores estabelecidos pelas legislações federais e estaduais, alguns elementos químicos podem estar interagindo entre si e causando danos sobre o ecossistema. Esse possível sinergismo não será detectado através dos ensaios físico-químicos e microbiológicos, pois essas análises não permitem uma avaliação dos efeitos das substâncias, tanto individuais, como interagidas, sobre os seres vivos. Por isso, é de extrema importância as análises ecotoxicológicas, sendo realizadas de forma conjunta com as análises físico-químicas. Visto que no Estado de Mato Grosso do Sul não existem laboratórios de ensaios ecotoxicológicos para monitoramento de efluentes industriais. Esse trabalho pretende implantar um laboratório de bioensaios e monitorar efluentes industriais, norteados assim o grau de efeitos tóxicos dos efluentes.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Avaliar, por meio de bioensaios com *Daphnia similis*, a toxicidade aguda de efluentes líquidos tratados provindos de diferentes tipologias industriais, que podem causar danos em alguns ecossistemas aquáticos do Estado de Mato Grosso do Sul.

2.2. Objetivos Específicos

a) Realizar um mapeamento da toxicidade aguda dos efluentes líquidos industriais, com bioensaios, para avaliar qual tipologia industrial possui o maior potencial tóxico.

b) Analisar se mesmo estando nos limites de lançamento estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005 e pela Deliberação CECA/MS N°003/1997, as características físico-químicas dos efluentes analisados estão satisfatórias quanto aos ensaios ecotoxicológicos;

c) Realizar a caracterização físico-química dos efluentes das diferentes tipologias industriais e confrontar com os resultados ecotoxicológicos.

d) Realizar de um biomonitoramento, através de ensaios ecotoxicológicos com efluentes tratados industriais que são lançados nos corpos d'água, para observar um possível dano a biota local, e até mesmo a saúde humana.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo, serão abordados tópicos referentes à importância da água, os problemas gerados pelo lançamento indiscriminado de efluentes industriais, a legislação pertinente, os ensaios ecotoxicológicos como ferramenta de proteção dos recursos hídricos, a importância das atividades industriais e seus fluxogramas de processamento enfatizando os efluentes líquidos gerados e suas problemáticas.

3.1. Considerações Gerais e Legislações Pertinentes

A água é um recurso renovável indispensável para que haja vida e para sua manutenção na Terra, porém com o aumento na densidade populacional cresce a necessidade de uma maior industrialização que, conseqüentemente, gera uma grande quantidade de efluentes, tanto domésticos quanto industriais, que são lançados indiscriminadamente nos corpos d'água e muitas vezes sem o devido tratamento contribuindo, assim, para um declínio global da qualidade das águas e gerando impactos muito negativos sobre os ecossistemas aquáticos.

A quantidade de água no planeta é muito grande, porém 97,5% da água disponível na Terra é salgada, e esta em oceanos e mares, 2,493% é doce, mas se encontra em geleiras ou regiões subterrâneas de difícil acesso e somente 0,007% é doce encontrada em rios, lagos e na atmosfera, de fácil acesso. Isso demonstra que a quantidade disponível de água para consumo humano é bem pequena se comparada com a quantidade de água existente no planeta. Como foi visto os habitats de água doce ocupam uma pequena parcela da superfície do planeta, quando comparados com os ambientes marinhos e terrestres, porém é grande sua importância para o homem, por se constituírem em fonte mais conveniente e barata para as necessidades domésticas e industriais. As maiores cidades do mundo se localizam em grandes rios e lagos, que passam a servir como corpos receptores de esgotos (ODUM, 1988).

A distribuição de águas doces no Brasil é também irregular. Há regiões com abundância de recursos hídricos superficiais e subterrâneos, e população relativamente escassa, e há regiões onde há escassez relativa de recursos hídricos e grande concentração de população, como nas regiões altamente urbanizadas do Sudeste.

Portanto, a distribuição *per capita* de águas no país é desigual (TUNDISI & MATSUMURA-TUNDISI, 2008).

Mesmo nos países que apresentam uma grande disponibilidade hídrica, como é o caso do Brasil, onde, de acordo com dados apresentados pelo World Resources Institute (1997, 1998), encontraram-se aproximadamente 14% de todos os recursos hídricos mundiais de água doce, começam a surgir problemas relacionados ao uso indiscriminado dos recursos hídricos. Esse problema é detectado, principalmente, nas grandes regiões urbanas do Brasil, onde há grande demanda do consumo de água devido ao crescimento populacional e, onde os recursos hídricos superficiais apresentam restrições de uso devido à poluição, acarretada, principalmente, pelo lançamento de esgotos domésticos e efluentes industriais (MAIA NETO, 1997 *apud* PEREIRA, 2004).

Conforme Rodrigues & Pawlowsky (2007), os ecossistemas aquáticos são considerados como os maiores receptores de contaminantes, sejam por fontes pontuais ou difusas, como esgotos domésticos e industriais, águas de chuvas e lixiviados advindos de regiões agrícolas. A grande diversidade de substâncias potencialmente tóxicas contribui para a deteriorização do meio ambiente.

Contudo, os lançamentos de efluentes de origem industrial podem atuar como fator seletivo negativo para a utilização de um corpo d'água receptor, seja pelo fato de os seres aquáticos de interesse econômico não resistirem à presença dos despejos, seja porque o próprio efluente é portador de elementos nocivos à saúde humana. Os metais pesados, freqüentemente, são componentes desses resíduos industriais (BRANCO, 1986).

A proteção do meio ambiente contra agentes poluidores de origem industrial é um problema complexo para países em desenvolvimento. Existe um aumento da preocupação e conscientização das indústrias em reduzir o impacto ambiental provocado por agentes químicos específicos comuns em determinados processamentos industriais, que acabam por contaminar e poluir os ambientes aquáticos.

As estações de tratamento de esgotos não são planejadas para depurar plenamente os efluentes industriais, devido aos altos investimentos financeiros que devem ser feitos. Com o objetivo de proteger os corpos hídricos, algumas iniciativas, bem como recomendações e obrigações legais, têm sido exigidas como: A Resolução CONAMA 357/2005, que em seu artigo 34 estabelece que os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nos corpos d'água desde que obedeçam às condições e padrões previstos, resguardando algumas

exigências como a do inciso § 1º, onde o efluente não deverá causar, ou possuir potencial para causar, efeitos tóxicos aos organismos aquáticos, e a do inciso § 2º Os critérios de toxicidade previsto no inciso § 1º devem se basear em ensaios ecotoxicológicos padronizados. Já o Conselho Estadual de Controle Ambiental do Estado de Mato Grosso do Sul, através da Deliberação CECA/MS N°003/1997, prevê a melhoria da qualidade dos ambientes aquáticos com o enquadramento de corpos d'água, além de apresentar padrões de qualidade das águas e regulamentar o lançamento de efluentes em corpos d'água.

3.2. Ensaio Ecotoxicológicos

Os compostos químicos podem atuar de diferentes maneiras sobre os seres vivos, quando se encontram separados ou combinados entre si, devido aos fenômenos de antagonismo ou sinergismo. Algumas substâncias podem produzir efeitos tóxicos em níveis inferiores aos limites de detecção analítica. Por estes motivos, evidências biológicas, ecotoxicológicas, químicas, físicas e físico-químicas devem ser empregadas de forma integrada, para a obtenção de informações objetivas, que subsidiem as decisões nas ações de proteção do meio ambiente (RODRIGUES *et al.*, 2009).

A toxicidade de agentes químicos no meio hídrico é avaliada por meio de ensaios ecotoxicológicos com organismos representativos da coluna d'água ou dos sedimentos de ambientes de água doce, estuarinos ou marinho. O conhecimento da toxicidade desses agentes a diferentes organismos aquáticos possibilita, além do estabelecimento de limites permissíveis de várias substâncias químicas para a proteção da vida aquática, avaliar o impacto momentâneo que esses poluentes causam à biota dos corpos hídricos.

Desta forma, o monitoramento biológico através da utilização de análises ecotoxicológicas torna-se um importante instrumento na avaliação da toxicidade conjunta dos constituintes de um efluente aos organismos aquáticos, ou seja, avalia o efluente como um todo (BERTOLETTI *et al.*, 1992).

A ecotoxicologia aquática é definida como o estudo qualitativo e quantitativo dos efeitos adversos (toxicidade) de elementos químicos e outros materiais antropogênicos danosos à vida aquática (RAND & PETROCELLI, 1985). Os Ensaio ecotoxicológicos surgiram na década de 50, quando pesquisadores utilizaram peixes para avaliar a toxicidade de efluentes surgindo, assim, as primeiras padronizações. No

Brasil, a primeira iniciativa metodológica na área de Ecotoxicologia se deu em 1975, em um programa internacional de padronização de testes de toxicidade aguda com peixes. A CETESB participou desse programa a convite da ABNT. Apesar da padronização desses ensaios ter iniciado no Brasil em 1975, em 1971 Rocha *et al.*, já haviam desenvolvido um trabalho pioneiro nessa área, que foi descrito no relatório técnico da FESB – CETESB (KNIE & LOPES, 2004).

Os bioensaios são classificados pela Resolução CONAMA 357/05 como sendo ensaios realizados para determinar o efeito deletério de agentes físicos ou químicos a diversos organismos aquáticos. Esses ensaios são principalmente utilizados em ambientes aquáticos, devido à grande importância desses ambientes para manutenção da vida e ao mesmo tempo sua intensa deterioração. Ecotoxicologia são ensaios com matéria viva, que definem efeitos agudos e crônicos produzidos por substâncias químicas e é definida como o estudo qualitativo e quantitativo dos efeitos adversos (toxicidade) de elementos químicos e outros materiais antropogênicos danosos à vida aquática (RAND & PETROCELLI, 1985). A toxicidade aguda é definida como o efeito agudo causado por agentes tóxicos a organismos vivos, em um curto período de exposição (varia de 24, 48 ou 96 horas), por ser um método rápido e de baixo custo de execução têm sido amplamente utilizado.

Para a proteção e compreensão dos possíveis impactos, os ensaios ecotoxicológicos são indispensáveis para uma análise mais abrangente sobre as fontes de poluição, pois os efeitos causados aos organismos vivos evidenciam a presença de substâncias tóxicas. Os bioensaios são importantes para avaliar se a água está exercendo influência na reprodução ou mortalidade dos organismos aquáticos (WEINSTEIN & BIRK (1989) *apud* MELETTI, 2003) estes autores elaboraram um diagrama (Figura 3.1) que indica os caminhos das perturbações físicas e químicas que podem levar a alterações no ecossistema. Os Caminhos das perturbações físicas e químicas são mostrados na Figura 3.1, sendo os componentes inseridos na caixa maior, os que representam os efeitos das perturbações naturais severas e os vários tipos de perturbações químicas nos organismos e os caminhos pelos quais esses efeitos alcançam o nível ecossistema.

Embora Weinstein & Birk, 1989 *apud* Meletti 2003 façam referência aos ecossistemas terrestres, o diagrama pode ser considerado para outros ambientes. Segundo os autores, as cinco alterações observadas na estrutura do ecossistema normalmente têm início em perturbações no indivíduo, traduzidas pela perda de

biomassa devido à destruição física ou, se menos graves, pelo estresse fisiológico que poderá resultar em danos metabólicos ou perda de alguma função necessária ao crescimento e/ou manutenção do organismo.

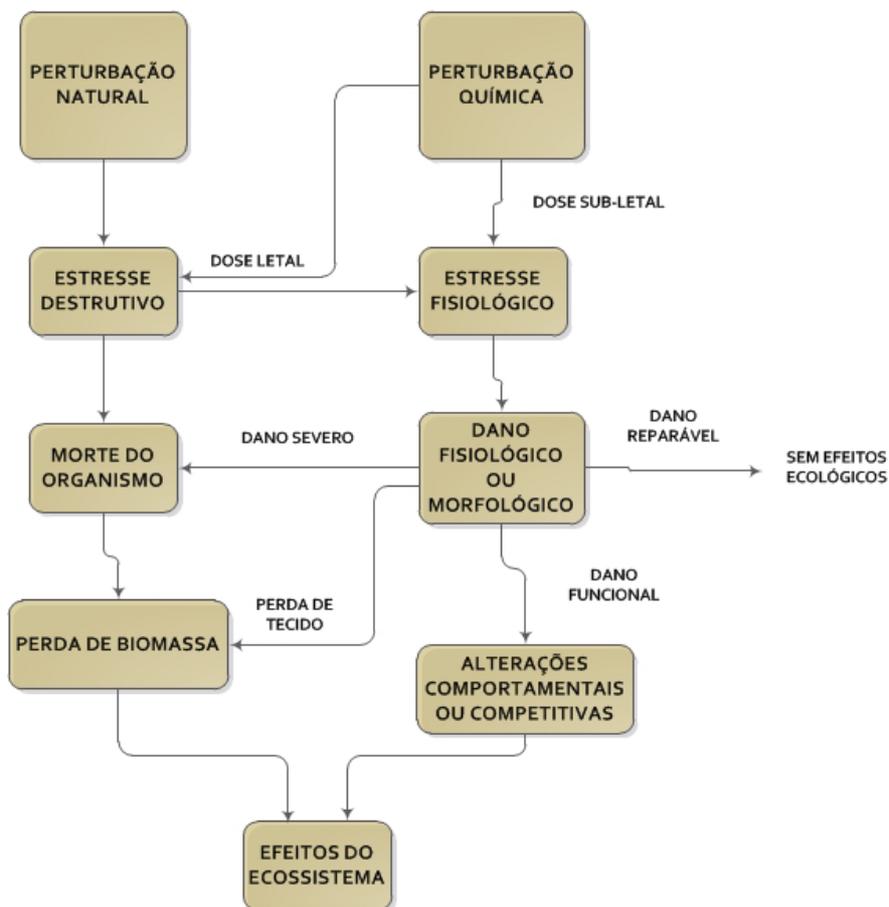


Figura 3.1: Caminhos das perturbações físicas e químicas que causam danos aos ecossistemas.
Fonte: WEINSTEIN & BIRK, 1989 *apud* MELETTI 2003.

Desta forma, o monitoramento biológico através da utilização de análises ecotoxicológicas torna-se um importante instrumento na avaliação da toxicidade conjunta dos constituintes de um efluente aos organismos aquáticos, ou seja, avalia o efluente como um todo (BERTOLETTI *et al.*, 1992), sendo também empregadas no monitoramento de efluentes industriais com o intuito de minimizar o impacto ambiental e avaliar a eficiência de estações de tratamento, bem como requisito para a obtenção e manutenção de licenças junto aos órgãos ambientais de alguns Estados (HARTAMANN, 2004).

Testes de toxicidade são ferramentas desejáveis para avaliar a qualidade das águas e a carga poluidora de efluentes, uma vez que somente as análises físico-químicas tradicionalmente realizadas, tais DQO, DBO₅, sólidos suspensos, concentrações de

metais e de outras substâncias de caráter orgânico ou inorgânico, cujos limites encontram-se estabelecidos nas legislações ambientais, não são capazes de distinguir entre as substâncias que afetam os sistemas biológicos e as que são inertes no ambiente e, por isso, não são suficientes para avaliar o potencial de risco ambiental dos contaminantes. Apesar disso, os testes de toxicidade não substituem as análises químicas tradicionais. Enquanto as análises químicas identificam e quantificam as concentrações das substâncias tóxicas, os testes de toxicidade avaliam o efeito dessas substâncias sobre sistemas biológicos.

Sendo assim, as análises químicas e os testes de toxicidade se complementam. Em se tratando de amostras de natureza química complexa, como é o caso de efluentes industriais, os quais são constituídos por uma variedade de substâncias químicas, seria analítica e economicamente inviável detectar, identificar e quantificar todas as substâncias presentes, mesmo que os padrões de emissão fossem estabelecidos para cada uma delas. Além disso, somente com a identificação e a quantificação dessas substâncias não seria possível estimar os efeitos que elas apresentam sobre a biota, uma vez que a atividade biológica de uma substância pode depender de suas interações com os outros componentes do efluente, incluindo aqueles que não são tóxicos mas que afetam as propriedades químicas ou físicas do sistema e, conseqüentemente, as condições de vida dos organismos. Assim, é impossível identificar uma única substância como responsável por um determinado efeito tóxico (COSTA *et al.*, 2008).

A seleção do tipo de teste dependerá dos objetivos, dos recursos disponíveis, das exigências dos organismos teste e as características do efluente, tais como constituintes e toxicidade. A toxicidade aguda é geralmente medida utilizando uma concentração múltipla, ou o teste definitivo que consiste de um controle e um mínimo de cinco concentrações de efluentes (USEPA, 1996). Os testes são projetados para fornecer informações de dose-resposta, expressa como a concentração percentual de efluente que é letal para 50% dos organismos utilizados no teste (CL_{50}) dentro do prazo de 24-96 h, e também pode ser expressa sob a forma de $CE_{50:48}$ que é a Concentração Efetiva Média de uma amostra que causa um efeito agudo (imobilidade, por exemplo) a 50% dos organismos dentro do prazo de 24 ou 48h, ou a maior concentração de efluentes em que a sobrevivência não é estatisticamente diferente do controle (USEPA, 2002).

O invertebrado aquático *Daphnia similis* padronizado pela ABNT (NBR 12713:2004) um dos organismos-testes mais utilizados e com um grande número de informações ecológicas e biológicas que permitem uma boa interpretação da toxicidade

testada. Este organismo pertence Filo Arthropoda Subfilo Crustácea Classe Branchiopoda Ordem Cladocera. Diferentes espécies, como *D. pulex*, *D. pulicaria*, *D. magna* e *D. similis*, vêm sendo cultivadas em laboratório e utilizadas em ensaios ecotoxicológicos (FONSECA, 1991; CETESB, 1997; CAMPAGNA, 1994; PEDROZO, 1995; FERRÃO-FILHO *et al.*, 2000; USEPA, 2020).

Como todos os artrópodes, o crescimento ocorre imediatamente após a muda (ecdise). Os dafnídeos se tornam reprodutivamente maduros na 3ª ou 4ª reprodução e produzem de 4 a 65 jovens, imediatamente antes de cada ecdise. A reprodução é partenogenética, dando origem a populações geneticamente idênticas e constituídas inteiramente por fêmeas, até que ocorra um estresse ambiental, como superpopulação, falta ou excesso de alimento ou mudanças de temperatura. Então, surgem na cultura macha e também, fêmea, com dois ovos haplóides, os quais são fecundados pelos machos, ocorrendo então uma variância genética, tendo então que ser descartado todo o lote onde surgiram machos. Esses ovos, envoltos em uma casca única, de cor escura e rígida, altamente resistente a condições desfavoráveis, são denominados de efípio (Figura 3.2) (ZAGATTO & BERTOLETTI, 2008).

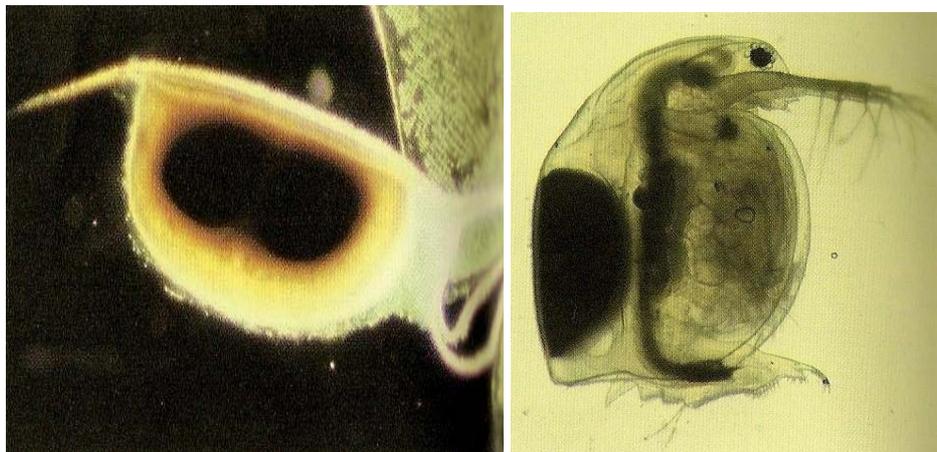


Figura 3.2: (a) Bolsa incubadora de um efípio, (b) *Daphnia* com efípio.
Fonte: KNIE & LOPES, 2004.

Daphnia similis, também conhecida como pulga d'água (Figura 3.3), é uma espécie comum no zooplâncton de água doce de regiões tropicais e é considerado um organismo alóctone, ou seja são organismos encontrados em diversos ecossistemas, apesar de não comum em águas brasileiras sua utilização neste trabalho é muito importante pois esse organismo apresenta uma metodologia de cultivo e testes padronizada e reconhecida por pesquisadores no mundo todo, por isso o resultado deste trabalho poderá ser comparado com trabalhos realizados em diferentes regiões. Os

dafinídeos são animais ideais para o uso em testes de toxicidade agudo e crônico, pois são bastante sensíveis a poluentes e a variações físico-químicas nos ambientes, além de serem facilmente cultivados em laboratório. Os cladóceros são organismos filtradores; suas pernas torácicas, compostas por cerdas, agem como peneiras, que retêm algas, bactérias e pequenas partículas de matérias orgânicas. O alimento é transferido para boca, onde é moído pelas mandíbulas e direcionado para o trato digestivo (ZAGATTO & BERTOLETTI, 2008).

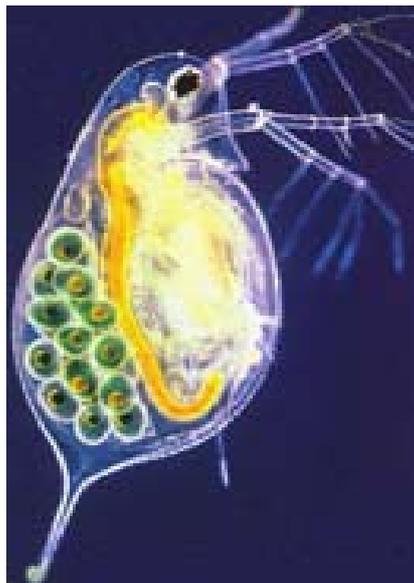


Figura 3.3: Vista geral de uma fêmea *Daphnia similis*
Fonte: Hamada, 2008.

A seguir, são apresentadas descrições sucintas dos processos de produção das diferentes tipologias industriais estudadas.

3.3. Abatedouros de Avícolas

A carne de frango é o terceiro produto nas exportações do agronegócio e sua participação no mercado internacional de carnes chega a 45% sendo que sua produção desempenha um importante papel na economia brasileira. Segundo a ABEF Associação Brasileira dos Produtores e Exportadores de Frango – o Brasil foi o maior exportador mundial de carne de frango em 2007, com exportações para mais de 150 países em todos os continentes. Em 2008 registrou um crescimento de 10,9%, em relação a 2007, sendo que o Estado de Mato Grosso do Sul exportou 124,250 toneladas.

O crescimento da produção avícola aumenta significativamente as quantidades de efluentes gerados. Devido às exigências dos consumidores por partes específicas do

frango, ao invés de carcaças inteiras ocorre um grande incremento de subprodutos a esses efluentes, que são referentes à grandes quantidade de sangue, penas, intestinos, cabeças, pés, pescoço, gordura abdominal entre outros, que representam de 50 a 60% do peso vivo dos frangos. Alguns desses subprodutos são reaproveitados na fabricação de outras matérias primas como, por exemplo, farinhas para produção de rações para animais. Esse reaproveitamento contribui na redução do volume de despejos que conseqüentemente reduz a carga orgânica desses efluentes facilitando esse tratamento.

Para o abate de aves são gerados em média de 10 a 50 litros de água por ave, atingindo uma média de 15 litros por animal abatido. Essa água é utilizada nas lavagens de pisos e das instalações e nas seguintes etapas da produção: área de recebimentos das aves; lavagens das caixas utilizadas no transporte; sala de abate; sala de sangria; escaldamento; depenagem mecanizada; evisceração; resfriamento com gelo; embalagem; congelamento e expedição. Também são gerados efluentes nas lavagens, se houver fabricação de farinha de aves (BLISKA, 1998). Portanto o abate e higienização dos equipamentos são as etapas de maior consumo de água, responsáveis pela maior parte das águas residuárias geradas. (AMORIM *et al.*, 2007)

O abate de aves pode ser dividido em etapas, conforme é apresentado na Figura 3.4 que mostra o fluxograma do processamento avícola e a geração de efluentes.

A DBO₅ nos efluentes varia de 1000 a 3700 mg.L⁻¹, em função das quantidades de água utilizadas no processo, em relação ao número e peso dos frangos abatidos. É importante a retirada do sangue antes da lavagem da sala de sangria, pois isto pode reduzir a carga orgânica da indústria (PHILIPPI, 2004).

Segundo SCHOENHALS (2006), as características físicas, químicas e biológicas desse tipo de despejo são bastante conhecidas. Estas águas residuárias contêm sangue, gordura e penas, principalmente, além de restos de tecidos de aves, conteúdo de vísceras e moela, e é por isso que muitas vezes, mesmo tratado, esse efluente apresenta altas concentrações de DBO₅, DQO, Óleos e Graxas, sólidos suspensos, nitrogênio e fósforo.

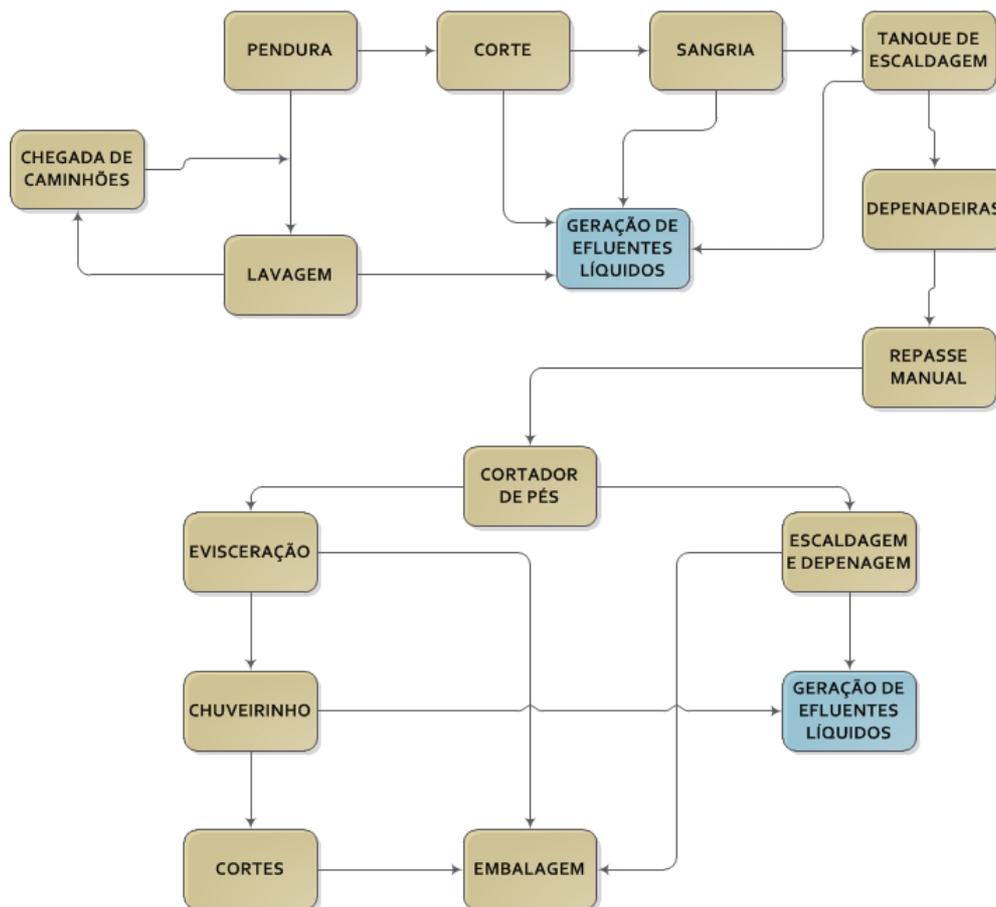


Figura 3.4- Fluxograma típico de produção industrial de abatedouro avícola.
Fonte: HÜBNER, 2001.

Além disso, o tipo de produto tem profunda influência no efluente gerado. Por exemplo, o abate de frangos maiores gera maior concentração de sangue e gordura no efluente do que o de frangos com menor massa. A fabricação do produto temperado também aumenta a salinidade do efluente (PONTES, 2009).

3.4. Matadouros/Frigoríficos Bovinos

Conforme dados da ABIEC (Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne) a indústria brasileira de carne bovina cresceu fortemente na última década, com alta de 36%, para 8,9 milhões de toneladas, em 2009. De 1975 a 2007, a produção de carne bovina aumentou 277%, e o rebanho nacional quase duplicou para cerca de 200 milhões. O Brasil é o maior exportador e o segundo maior produtor de carne bovina do mundo, atrás apenas dos EUA (ABIEC, 2007).

O rebanho bovino brasileiro, segundo dados do IBGE em 2005, é um dos maiores do mundo em torno de 198,5 milhões de cabeças. Considerando-se uma

população de cerca de 190 milhões de habitantes para este ano tem-se mais de um bovino por habitante, no Brasil. A região Centro-Oeste se destaca detendo cerca de 35% do rebanho bovino brasileiro, desses aproximadamente 24,5 milhões de cabeças de gado pertencem ao Estado de Mato Grosso do Sul que se destaca sendo o segundo maior rebanho do Brasil (IBGE, 2005).

O abate e o processamento de carne bovina, assim como de outras espécies animais, são realizados para obtenção de carne e de seus derivados, destinados ao consumo humano. Esta operação, bem como os demais processamentos industriais da carne, são regulamentados por uma série de normas sanitárias destinadas a dar segurança alimentar aos consumidores destes produtos. Assim, os estabelecimentos do setor de carne e derivados em situação regular, trabalham com inspeção e fiscalizações contínuas dos órgãos responsáveis pela vigilância sanitária (municipais, estaduais ou federais) (CETESB, 2008).

Na tipologia industrial de Matadouro/frigorífico de bovinos existem estabelecimentos divididos e que não realizam todas as atividades de abate e processamento da carne, por isso são divididos e classificados em: Abatedouro ou Matadouro bovino e Frigorífico bovino.

Sendo assim, os Abatedouros (ou Matadouros) são os que realizam o abate dos animais, produzindo carcaças (carne com ossos) e vísceras comestíveis. Algumas unidades também fazem a desossa das carcaças e produzem os chamados “cortes de açougue”, porém não industrializam a carne; enquanto que os Frigoríficos podem ser divididos em dois tipos: os que abatem os animais e separam sua carne, suas vísceras e as industrializam, gerando seus derivados e subprodutos, ou seja, fazem todo o processo dos abatedouros/matadouros e também industrializam a carne; e aqueles que não abatem os animais – compram a carne em carcaças ou cortes, bem como vísceras, dos matadouros ou de outros frigoríficos para seu processamento e geração de seus derivados e subprodutos – ou seja, somente industrializam a carne; (CETESB, 2008).

Matadouros frigoríficos bovinos são estabelecimentos dotados de instalações e equipamentos adequados para o abate, manipulação, preparo e conservação das espécies de açougue sob variadas formas, com aproveitamento completo, racional e ideal dos subprodutos não comestíveis, possuindo ainda, instalações de frio industrial. As instalações completas para o abate envolvem (figura 3.5): currais e anexos (currais de chegada e seleção curral de observação e departamento de necropsia); rampa de acesso a matança (com chuveiro e seringas); área de atordoamento (boxe de atordoamento e

área de vômito); sala de matança com subseções (sangria, esfolagem, evisceração, toaleta, seções de miúdos); sala de desossa; expedição e setor de utilidades (instalações frigoríficas, caldeira, abastecimento de água, estação de tratamento de efluentes, lavagem de caminhões); áreas anexas (processamento de subprodutos: farinha de sangue e de osso, sebo, triparia, bucharia, couro, entre outras). (BROCH, 1997).

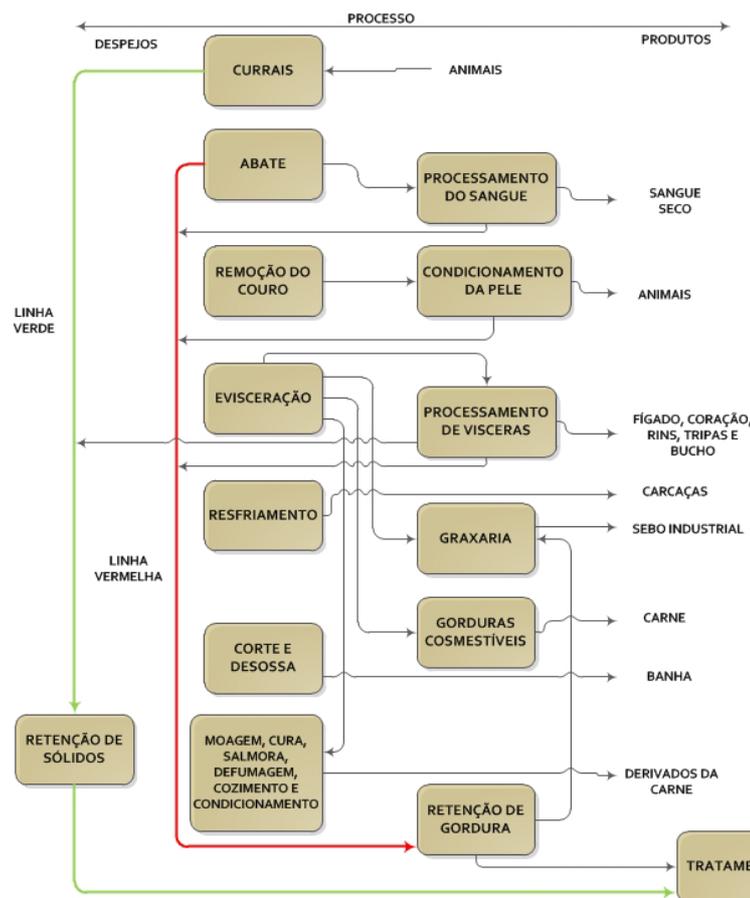


Figura 3.5 - Fluxograma típico de produção industrial de Matadouro /Frigorífico Bovino
Fonte: CETESB (1986).

A quantidade de despejos dos Matadouros /Frigoríficos Bovinos é variável, relacionada com o volume de águas consumida no estabelecimento, mas, como dado indicativo. Segundo Espinoza (1998), este tipo de indústria gera um efluente líquido por animal processado de 1,1 a 2,9 m³. Dessa forma é necessário que se tenha um sistema de tratamento de efluente bastante eficiente. Uma vez que o efluente, em sua forma natural, não pode simplesmente ser lançado em um curso de água, o Matadouro Industrial fica obrigado a providenciar o seu tratamento para não criar problemas de saúde pública e outros. Algumas vezes o efluente, depois de tratamentos preliminares, pode, sem causar apreciável dano, ser lançado na rede geral urbana (CETESB, 2008).

De acordo com VON SPERLING (1996), um tratamento eficiente para efluentes de frigorífico é o sistema de lagoas anaeróbias seguidas por lagoas facultativas, também denominadas de sistema australiano.

Em frigoríficos, assim como em vários tipos de indústria o alto consumo de água acarreta grandes volumes de efluentes sendo que de 80 a 95% da água consumida é lançada como efluente líquido (CETESB, 2008). Esses efluentes caracterizam-se principalmente por apresentar uma alta carga de material orgânico, altamente putrescíveis que entram em estado séptico rapidamente, elevado conteúdo de gordura, flutuações de pH, elevados teores de nitrogênio, fósforo e sal, teores significativos de sais diversos de cura e, eventualmente, de compostos aromáticos diversos (no caso de processos de defumação de produtos de carne); também podem ser verificadas flutuações de temperatura (uso de água quente e fria).

Desta forma, os despejos de frigoríficos possuem altos valores de DBO_5 e DQO, sólidos em suspensão, graxas e material flotável; além de fragmentos de carne, de gorduras e de vísceras normalmente podem ser encontrados nos efluentes. Portanto, juntamente com sangue, há material altamente putrescível nestes efluentes, que entram em decomposição poucas horas depois de sua geração, tanto mais quanto mais alta for a temperatura ambiente. O sangue tem a DQO mais alta de todos os efluentes líquidos gerados no processamento de carnes. Sangue líquido bruto tem uma DQO em torno de 400g/L^{-1} , uma DBO_5 de aproximadamente 200g/L^{-1} e uma concentração de nitrogênio de cerca de 30g/L^{-1} . Em média tem-se por cabeça de gado em torno de 1 a 5 kg de DBO_5 , 0,25 a 1 Kg de nitrogênio e 0,03 a 0,1 Kg de fósforo total (PACHECO, 2006).

3.5. Curtumes

A indústria de couros é um setor importante para a economia brasileira, pois além de atender ao mercado interno, é no mercado externo que o setor apresenta grande potencial. Até o ano de 2006, encontravam-se instalados no Brasil aproximadamente 450 curtumes onde cerca de 80% são de pequeno porte (SENAI, 2006).

Contudo, o setor coureiro cresce em ritmo acelerado e isso se deve ao fato de o Brasil possuir o maior rebanho bovino, sendo que o Estado de Mato Grosso do Sul por sua vez, concentra 13% do rebanho brasileiro. Porém, esse crescimento acelerado provocou um grande aumento na geração de poluentes introduzidos no meio ambiente sem o devido tratamento.

O agronegócio é a principal atividade do Estado e o curtimento de couros e pele é responsável por 10% do volume de exportação da balança comercial local. Devido a incentivos fiscais do governo estadual implementados pela Lei 1.239 de 18/12/1991, vários curtumes o Sul do país se instalaram no Estado (PAULO, 2006).

Na tabela 3.1 são mostradas informações obtidas nos processos de licenciamento e fiscalização da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos de Mato Grosso do Sul (MATO GROSSO DO SUL, 2004). Havia até março de 2004, onze curtumes em funcionamento no Estado que totalizam uma produção de 22 mil peles por dia. Os principais pólos de curtimento no estado localizam-se no município de Campo Grande e nas regiões sudoeste e sudeste do estado. Todos os curtumes estão situados na bacia hidrográfica do rio Paraná (FREITAS, 2006).

Tabela 3.1 Curtumes Instalados no Estado de Mato Grosso do Sul até o ano de 2005.

Curtume	Município	Couros/mês
Couro Azul	Campo Grande	3 000
Induspan	Campo Grande	2 500
BMZ Couros	Dourados	1 500
BMZ Couros	Campo Grande	1 000
Curtume Três Lagoas	Três Lagoas	2 000
Braspelco	Paranaíba	2 500
Curtume Independência	Nova Andradina	4 000
Bertin	Naviraí	2 500
Bertin	Rio Brillhante	1 800
Panorama	Iguatemi	1 200
Panorama	Amambaí	1 500

Fonte: Sindicato das Indústrias de Curtumes do Estado de Mato Grosso do Sul SINDICOURO/MS, 2005 *apud* Paulo 2006.

Os segmentos da indústria do couro apresentam diferentes efluentes, sendo que no aspecto ambiental, é importante ressaltar que a produção de couro até o estágio *wet-blue* produz 85% do resíduo ambiental da cadeia produtiva, enquanto a transformação de couro *wet-blue* em produto acabado produz os restantes 15% do resíduo ambiental (OLIVEIRA, 2008).

Dos onze curtumes sul-mato-grossenses, dez processam o couro até o estágio *wet-blue*; e apenas um processa o couro até o estágio final o denominado *crust*. As alterações sofridas pelos efluentes dependem do tipo de tecnologia e dos mecanismos de operação e tratamento implementado nas instalações industriais.

O processo produtivo de um curtume consiste na transformação da pele animal que foi limpa, estabilizada (curtida) e acabada em couro. O processamento se inicia com a limpeza das graxas, carcaças e pêlos aderidos às peles dos animais e continua com a aplicação de agentes químicos para que o material seja estável e durável ao reagir com as fibras de colágeno. A produção consiste em operações e processos ordenados em etapas de ribeira, onde se efetua a eliminação do pelo da pele; curtimento, onde se prepara a pele para ser curtida e transformada em couro; o acabamento onde se dá ao couro às características finais para determinados artigos, conforme mostrado no fluxograma da Figura 3.6.

Efluentes de indústria de curtimento de pele para produzir o couro são caracterizados pela alta carga de matéria orgânica e inorgânica, principalmente substâncias putrescíveis, como as proteínas, sangue e fibras musculares eliminadas da pele, e os resíduos de produtos químicos utilizados no processo, respectivamente. Os principais problemas referentes a esse tipo de efluente são: elevado pH; presença da cal; amônia; sulfetos; cromo; matéria orgânica (sangue, soro e produtos da decomposição de proteínas); elevado teor de sólidos em suspensão; coloração leitosa ou esverdeada; dureza das águas de lavagem; elevada salinidade; e altas valores de DQO e DBO₅, por isso o efluente líquido das atividades industriais de curtumes são difíceis de tratar e apresentam um potencial tóxico muito elevado. Um fato que colabora para esta toxidez é a grande quantidade de produtos químicos que são utilizados nas diversas etapas do processamento do couro.

Segundo estimativas de PACHECO (2005), o processamento de 1 tonelada de pele salgada resulta em 200 a 250 kg de couro acabado. Essa transformação, que consome cerca de 500 kg de produtos químicos, além de água e energia, gera entre 450 e 730 kg (podendo atingir 1.000 kg) de resíduos sólidos, demonstrando assim, quão baixo é o rendimento médio do processo e quão alto é o seu potencial poluidor.

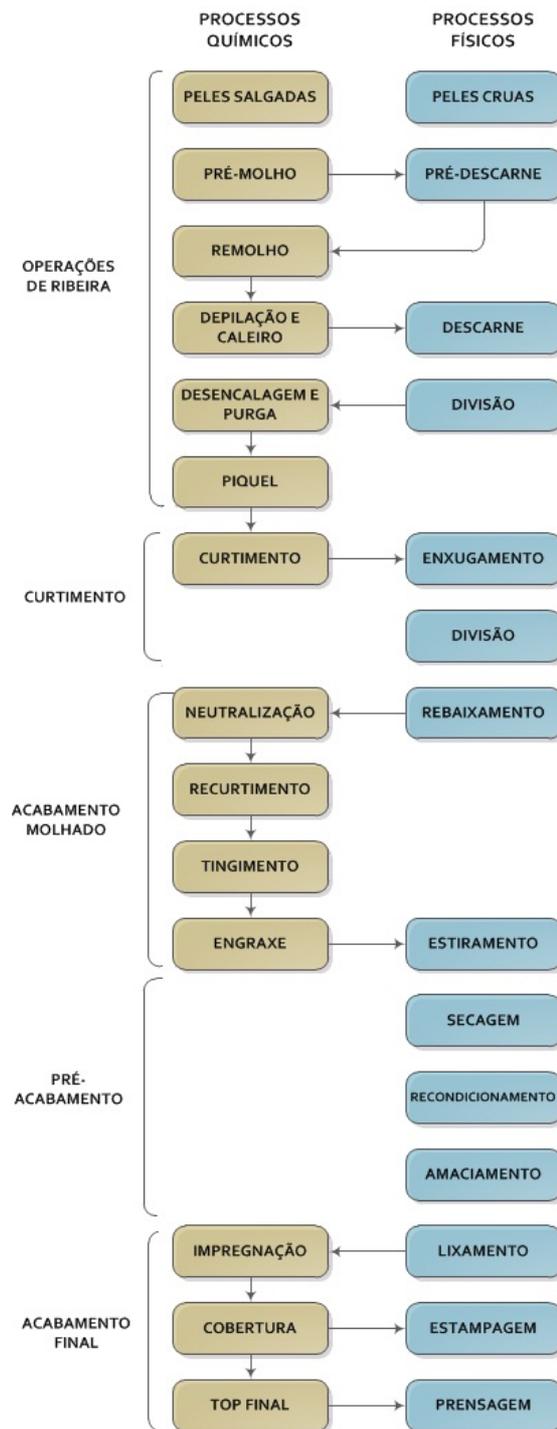


Figura 3.6 Processo de produção de couro bovino
 Fonte: Sebrae 2005 *apud* Oliveira (2008)

A tecnologia para processamento de pele em couro é conhecida e dominada mundialmente. Porém a necessidade de diminuir a poluição gerada pelos despejos líquidos, mantendo a qualidade do couro produzido, requerer o emprego de tecnologias alternativas de produção menos agressivas ao meio ambiente.

3.6. Indústrias de Refrigerantes

A produção de refrigerantes no Brasil deu-se no início do século XX, com empresas desenvolvendo e produzindo refrescos, muitas vezes utilizando-se de suco de fruta misturado com água. O desenvolvimento econômico e o crescimento populacional experimentados pelo Brasil na primeira metade do século XX proporcionaram a instalação, nos anos 40, de grandes produtores no país. O primeiro trimestre de 2010 mostrou sinais de que será o período de maior crescimento no ano para todas as categorias de bebidas (ABIR, 2010).

Em relação aos refrigerantes, o Brasil é o terceiro maior produtor mundial de refrigerantes (ABIR, 2010). Por isso, é muito importante o tratamento adequado destes resíduos, principalmente, dos efluentes líquidos que possuem elevada carga orgânica biodegradável, que quando lançados sem tratamento nos corpos d'água podem causar o consumo excessivo de oxigênio dissolvido na água.

Segundo dados da ABIR- Associação Brasileira das Indústrias de Refrigerantes, a produção deste tipo de bebida no Brasil em 2004 foi de 1.200 milhões de litros, 5,22% a mais que em 2003, em visão geral esse segmento apresenta um crescimento de 4,24% ao ano e uma tendência de crescimento de 23,08% no período de 2006 a 2011 (SILILERO, 2009).

Resumidamente a produção de refrigerantes pode ser dividida em três partes, como mostra a figura 3.7. Na figura 3.8 é mostrado o fluxograma típico de uma indústria de refrigerantes.

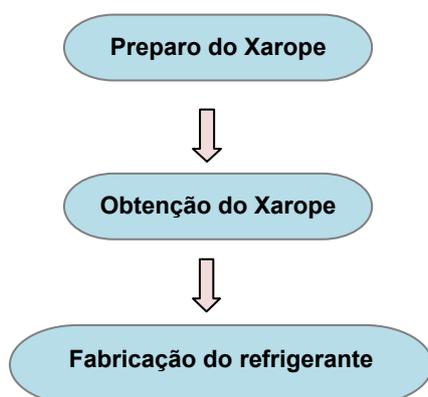


Figura 3.7: Etapa simplificada da produção de refrigerantes.

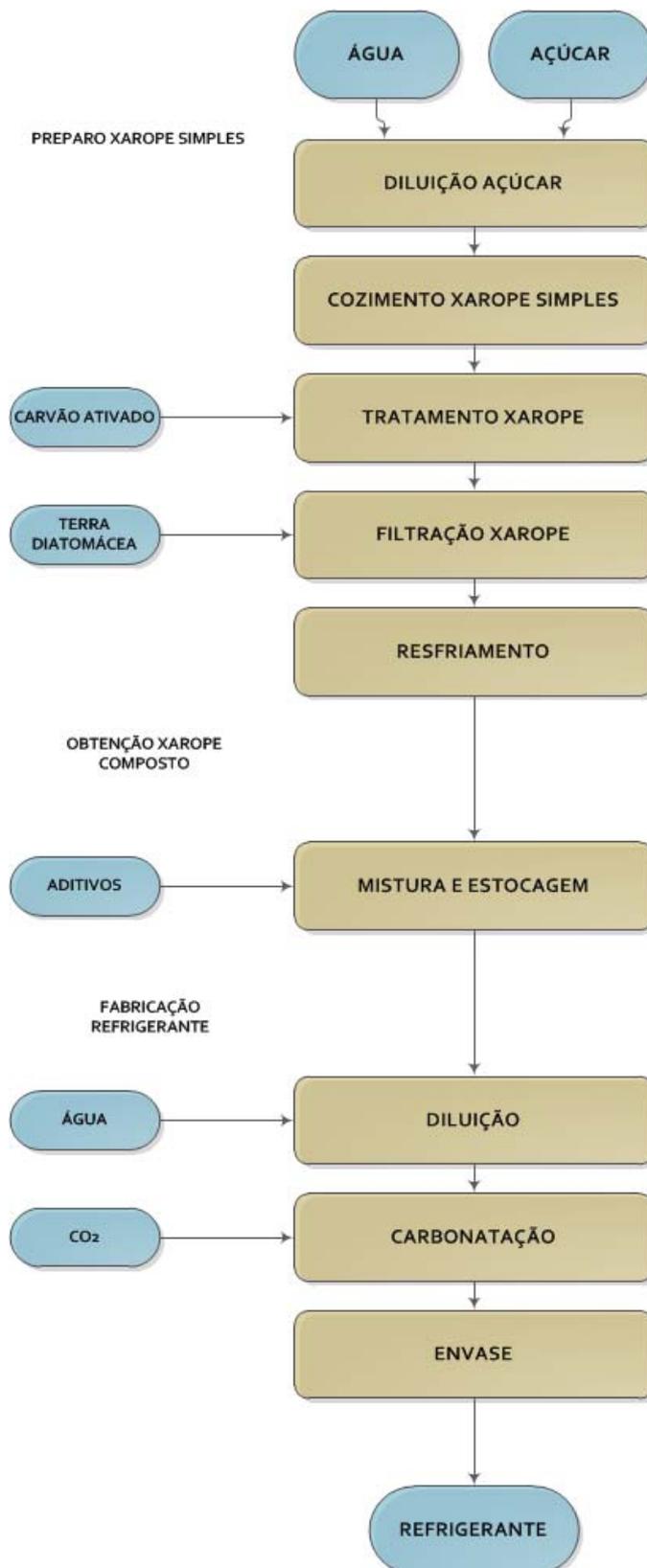


Figura 3.8 Fluxograma da produção de refrigerante
Fonte: CETESB, 2005.

As matérias primas utilizadas na produção de refrigerantes são: água; açúcar cristal; gás carbônico para carbonatação; conservantes (sorbato de potássio e benzoato

de sódio); estabilizantes; acidulantes; corantes; essências (guaraná, cola, limão, laranja, tutti-frutti). O mesmo é uma bebida gaseificada, obtida pela dissolução, em água potável, de suco ou extrato vegetal de sua origem, adicionada de açúcares. O refrigerante deverá ser obrigatoriamente saturado de dióxido de carbono, industrialmente puro (CETESB, 2005).

Segundo CRUZ (2007) e MORAES (2002), na indústria de refrigerantes os efluentes são gerados na lavagem das salas da xaroparia, linhas de enchimento de latas e garrafas, pisos, descartes de produtos retornados de mercado e esgotos sanitários. Os efluentes são ricos em açúcares, alguns corantes e outros componentes das bebidas. Apresentam, também, partículas de carvão oriundas da xaroparia e óleos minerais oriundos de vazamentos das máquinas de processo e das oficinas de manutenção.

4. MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho de importância experimental foi desenvolvido no setor de Ecotoxicologia do Laboratório de Qualidade Ambiental (LAQUA), localizado na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, em Campo Grande-MS. Neste capítulo serão apresentados as amostras coletadas e as metodologias de coleta, preparação e preservação das amostras dos efluentes industriais, metodologia de cultivo dos organismos bioindicadores; metodologia dos testes ecotoxicológicos e das análises físico-químicas realizadas.

4.1. Amostras coletadas

As amostras dos efluentes industriais tratados foram provenientes de quatro tipologias distintas (Matadouros/Frigoríficos Bovinos, Abatedouro de Aves, Curtume e Indústria de Refrigerante), todas instaladas no Estado de Mato Grosso do Sul. Foram realizadas coletas no período de março de 2009 à dezembro de 2009, totalizando dez amostras de cada efluente e quarenta amostras no total. Todas as amostragens foram realizadas através de coletas simples.

4.2. Coletas, transporte, preparação e preservação das amostras destinadas aos ensaios ecotoxicológicos

Para a coleta das amostras destinadas aos ensaios ecotoxicológicos foram utilizados frascos de polietileno com capacidade de 1 litro, limpos e livres de contaminação. Estes frascos foram completamente preenchidos com amostras, evitando assim a presença de ar. As amostras foram transportadas em caixas térmicas mantida com temperatura ambiente da amostra.

O laboratório de ecotoxicologia era preparado com antecedência para o recebimento da amostra e realização imediata do teste. Na impossibilidade da realização do teste em um período de 12 horas, a amostra era mantida em refrigeração com temperatura de 4°C, por um período máximo de 48 horas. Em alguns casos foi necessário o congelamento de algumas amostras (em temperatura abaixo de -18°C, por

um período máximo de 60 dias), pois o laboratório não tinha condições de realizar os testes no prazo máximo de 48 horas.

Antes de iniciar os testes era aferido pH das amostras e da água de cultivo, já que valores de pH fora da faixa de 5,0 a 9,0 poderiam interferir no resultado do ensaio (NBR 12.173: 2004).

4.3. Manutenções das culturas de *Daphnia similis*

A espécie *Daphnia similis* (ver página 24 Figura 3.1) é um organismo de água doce e filtrador, é considerado organismo alóctone, apesar de não ser comum em águas brasileiras foi escolhido para realização deste trabalho por apresentar uma metodologia de cultivo e testes padronizados e reconhecidos internacionalmente.

Os primeiros lotes dos dafnídeos foram cedidos pelo Laboratório de Ecotoxicologia do Departamento de Biologia Evolutiva da Universidade Federal de São Carlos (DEBE/UFSCar).

O cultivo e a alimentação foram realizados segundo condições estabelecidas pela ABNT (NBR 12.173: 2004). Somente a água de cultivo, que foi reconstituída a partir do meio M4, que é rico em nutrientes e sais e é padronizado pela norma de cultivo OECD 202 (2000) e utilizado pelos autores KNIE & LOPES, 2004 e BEATRICI, 2004 (Tabela 4.1). O meio de cultivo é misturado com uma água natural provinda de um poço artesiano localizado na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul no CCET (Centro de Ciências Exatas e Tecnologia). A proporção foi realizada da seguinte forma: 1L de meio M4 para 1,5L da água do poço, sendo que os reagentes utilizados para o preparo do meio M4 são apresentados na Tabela 4.1, e os volumes utilizados para o preparo do meio M4 são apresentados na tabela 4.2. A água reconstituída era aerada durante um período mínimo de 12 horas antes da utilização, para a solubilização total dos sais e saturação do oxigênio dissolvido. Essa água apresentava uma dureza entre 40 e 48 mg $\text{CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$, e pH entre 7,0 - 7,6, caso o pH não estivesse na faixa recomendada o mesmo era ajustado com solução de ácido clorídrico (HCl) ou hidróxido de sódio (NaOH). O cultivo era realizado em béqueres com capacidade de 2 L, mantido em incubadora com temperatura de $22^\circ\text{C} \pm 2$ e fotoperíodo de 16h luz/8h escuro. A manutenção, ou seja, a renovação das culturas era feita três vezes por semana com auxílio de uma pipeta de plástico e com diâmetro adequado evitando que os organismos fossem danificados, era

mantido, em média, 50 matrizes em um béquer contendo 1L de água de cultivo reconstituída.

Tabela 4.1: Lista dos reagentes utilizados para preparo do meio M4 utilizado na água reconstituída.

Solução	Reagente	Fórmula	Quantidade mg.L ⁻¹	Preparo
1-Solução Catiônica	Cloreto de manganês tetra-hidratado	MnCl ₂ . 4H ₂ O	7 210	* Dissolver todos os reagentes em 1000 mL de água deionizada.
	Cloreto de lítio	LiCl	6120	
	Cloreto de rubídio	RbCl	1420	
	Cloreto de estrôncio hexa-hidratado	SrCl ₂ . 6H ₂ O	3 040	
	Cloreto de cobre di-hidratado	Cu Cl ₂ . 2H ₂ O	335	
	Cloreto de zinco	ZnCl ₂	260	
	Cloreto de cobalto hexa-hidratado	CoCl ₂ . 6H ₂ O	200	
2-Solução Aniônica	Nitrato de sódio	NaNO ₃	548	Dissolver todos os reagentes em 1000 mL de água deionizada
	Ácido bórico	H ₃ BO ₃	5 719	
	Brometo de sódio	NaBr	32	
	Molibidato de sódio di-hidratado	Na ₂ MoO ₄ . 2H ₂ O	126	
	Metavanadato de amônio	NH ₄ VO ₃	1,15	
	Iodeto de potássio	KI	6,5	
3-Solução de Silicato	Selenito de sódio	NaSe ₂ .O ₃	4,38	Dissolver o reagente em 1000 mL de água deionizada
	Silicato de sódio	Na ₂ SiO ₃	21 475	
4 – Solução de Fe/EDTA	Triplex III	Na ₂ EDTA . 2H ₂ O	500	*Preparar as soluções separadamente. *Dissolver em 500 mL de água deionizada cada uma. Misturar as duas soluções e autoclavar .
	Sulfato Ferroso hepta-hidratado	FeSo4 . 7 H ₂ O	199	
5 – Solução de Fosfato	Ortofosfato di-hidrogenado de potássio	KH ₂ PO ₄	286	Dissolver todos os reagentes em 1000 mL de água deionizada
	Ortofosfato hidrogenado de dipotássio	K ₂ HPO ₄	368	
6 – Solução Vitamínica	Hidrocloreto de tiamina		750	* Dissolver todos os reagentes em 1000 mL de água deionizada. *Congelar em volume adequado para o uso, e só descongelar no momento do uso
	Cianocobalina (Vitamina B12)		10	
	D (+) Biotina		7,5	

*Pesar em vidro ou filme plástico. Não usar papel alumínio.

* O EDTA é fotodegradável.

Fonte: KNIE & LOPES, 2004.

Tabela 4.2: Volumes utilizados para preparar 1L de meio M4.

Solução	1	2	3	4	5	6
Volume (mL)	0,1	0,5	0,2	5,0	0,5	0,1*

*Descolgelar no momento do uso.

A alimentação dos organismos teste era feita diariamente, com suspensão de alga clorofícea *Pseudokirchneriella subcapitata* (anteriormente denominada *Selenastrum capricornutum*), em fase exponencial de crescimento na concentração de $5,0 \times 10^6$ células.mL⁻¹ por organismo. As algas eram cultivadas no próprio laboratório, em meio de cultivo padronizado pela ABNT (NBR 12 173:2004). Depois de inoculada no meio, a alga permanecia sob iluminação e aeração constante (Figura 4.1) até atingir a fase exponencial. Em seguida, era armazenada em geladeira, com temperatura entre 4 e 10 °C, para que houvesse decantação e, então, separação do sobrenadante, que era descartado. As células algáceas eram ressuspensas em água deionizada, uma vez que o meio de cultivo das algas é tóxico para o organismo *Daphnia similis*.



Figura 4.1: Imagem do cultivo das algas clorofíceas *Pseudokirchneriella subcapitata*.

A contagem da concentração das células algáceas foi realizada em câmara de Neubauer, sob microscópio óptico

4.4. Testes de sensibilidade

O controle de sensibilidade dos organismos através da realização periódica de ensaios com determinadas substâncias referência é um procedimento que permite maior precisão e confiabilidade nos resultados obtidos ao longo do tempo por um mesmo

laboratório. Recomenda-se que a sensibilidade das culturas seja avaliada dentro de 14 dias antes ou após a realização dos ensaios de toxicidade (Environment Canada, 1992).

Para o controle fisiológico dos lotes de dafnídeos foram realizados mensalmente testes de sensibilidade, como recomenda a norma ABNT (NBR 12 173:2004), que consiste em expor os organismos a uma determinada substância de referência, neste trabalho foi utilizado o cloreto de sódio (NaCl). Esta substância foi escolhida levando-se em conta o seu baixo potencial de risco à saúde humana e ao meio ambiente. Sabe-se que o NaCl atua na osmoregulação dos organismos testados.

Os resultados do teste de sensibilidade são expressos sob a forma de carta-controle, e devem estar compreendidos em faixas de sensibilidade com intervalos de ± 2 desvios-padrão em relação a valores médios obtidos anteriormente, e são esses valores um dos indicadores da qualidade do ensaio ecotoxicológico.

Para a realização do teste foram utilizados 10 neonatos com idade inferior a 24h colocados em recipientes de cristalizadores de vidro com capacidade de 80 ml com as concentrações: 1,8; 1,6; 1,4; 1,2; 1,0; 0,8; g.L⁻¹ de NaCl e água de diluição, todas em duplicatas. O tempo de exposição dos organismos às diferentes concentrações da substância de referência foi de 48h, mantidos em incubadora com fotoperíodo de 16h luz/8h escuro com temperatura de 22°C \pm 2. A CE_{50:48} foi calculada com intervalo de confiança de 95%, através do método estatístico Trimmed Spearman-Kärber (HAMILTON *et al.*, 1977).

4.5. Condições para ensaios ecotoxicológicos agudos

As condições para os ensaios ecotoxicológicos são padronizadas pela norma da ABNT (NBR 12 173:2004), e seguem uma metodologia igual ao do teste de sensibilidade, exceto na quantidade de diluições e nos seus valores. Um resumo com as condições para realização dos ensaios ecotoxicológicos está apresentado na tabela 4.3.

Tabela 4.3: Condições para realização de ensaios ecotoxicológicos.

Tipo de ensaio	Estático: 48h
Idade do organismo Teste	6h a 24h
Água de diluição	Água reconstituída
Volume mínimo da solução teste por organismo	5 ml (totalizando 50ml de solução teste)
Número de diluições	6, mais o controle
Número de organismo por diluição	20
Alimentação	Nenhuma
Temperatura	20°C a 24°C
Fotoperíodo	16h luz/ 8h escuro
Efeito observado	Imobilidade e/ou letalidade

Sendo assim todos os ensaios ecotoxicológicos e de sensibilidade foram realizados em câmara de germinação Tecnal TE-40I-38 (Figura 4.2).



Figura 4.2: Incubadora utilizada nos ensaios ecotoxicológicos.

As diluições utilizadas mensalmente nos ensaios ecotoxicológicos dos efluentes industriais tratados foram: 3,1%; 6,25%; 12,5%; 25%; 50%; e 100% da amostra (coleta simples) (tabela 4.4), mais o controle.

Tabela 4.4: Volumes das amostras utilizados nos ensaios ecotoxicológicos.

Solução teste %	Volume da amostra (mL)	Volume da água de diluição (mL)	Volume final (mL)
100	50	-	50
100	-	50	50
50	25	25	50
25	12,5	37,5	50
12,5	6,2	43,7	50
6,2	3,1	46,8	50
3,1	1,5	48,4	50

Todos os ensaios foram realizados em duplicatas contendo 50 mL da solução teste (amostra pura e suas respectivas diluições) que eram colocados em béqueres de 80 mL onde eram adicionados 10 organismos por réplica, mantidos em câmara incubadora com fotoperíodo e temperatura adequados, que foram listados na Tabela 4.4, por um período de 48h, que caracteriza o então ensaio ecotoxicológico agudo.

4.6. Metodologias utilizadas nas análises físico-químicas em efluentes tratados

Os ensaios físico-químicos foram realizados no Laboratório de Qualidade Ambiental da UFMS (LAQUA) conforme as técnicas e métodos padronizados no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 21^a ed. Os parâmetros físico-químicos foram escolhidos de acordo com a tipologia industrial, enfatizando suas principais características (Tabelas 4.5, 5.6).

Tabela 4.5: Parâmetros físico-químicos/tipologia industrial

Tipologia Industrial	Análise físico-química realizada
Abatedouro avícola	DBO ₅ , DQO, Óleos e Graxas e pH
Matadouro/frigorífico bovino	DBO ₅ , DQO, Óleos e Graxas, nitrogênio amoniacal e pH
Curtume	DQO, cromo total, DBO ₅ , nitrogênio amoniacal, cloreto e pH
Indústria de refrigerantes	DBO ₅ , DQO, Cloretos, Nitrogênio amoniacal, pH.

Tabela 4.6: Parâmetros físico-químicos, obtidos na caracterização do efluente tratado.

Parâmetro	Unidades	Técnica analítica
DBO _{5:20}	mg.L ⁻¹ O ₂	5210-B
DQO	mg.L ⁻¹ O ₂	5220-C
Óleos e Graxas	mg.L ⁻¹	5520-D
Nitrogênio amoniacal	mg.L ⁻¹ N	4500-NH ₃ B
Cromo total	mg.L ⁻¹ Cr	3500-Cr B
Cloreto	mg.L ⁻¹	4500-Cl ⁻ B
pH		4500-H ⁺ B

Fonte: (APHA; AWWA; WPCF, 2005).

Os resultados das análises físicas e químicas realizadas mensalmente com as amostras das diferentes tipologias industriais foram comparados com os limites de emissão estabelecidos nas legislações vigentes. Foram utilizados os limites da Resolução CONAMA 357/2005 e, também pela Deliberação CECA/MS 003/1997.

4.7. Análises Estatísticas

Os dados obtidos nos ensaios ecotoxicológicos e nas análises físico químicas foram armazenados em planilhas eletrônicas do programa Excel.

Os resultados dos ensaios ecotoxicológicos de sensibilidade e de toxicidade aguda para o organismo *Daphnia similis*, foram sumarizados e analisados utilizando-se o método estatístico Trimmed Spearman-Kärber (HAMILTON *et al.*, 1977), que calcula a CE_{50:48}, que é a Concentração Efetiva Média de uma amostra que causa um efeito agudo (imobilidade, por exemplo) a 50% dos organismos dentro do prazo de 24 ou 48h. O método estatístico utilizado tem um nível de significância de 5% (p≤0,05). Após calcular a CE_{50:48} os resultados obtidos foram convertidos a Uta (Unidade de Toxicidade Aguda), através da seguinte equação (CETESB, 1990):

$$Uta = \frac{100}{CE_{50:48}}$$

Conforme Costa *et al.* (2008), os valores numéricos de toxicidade aguda expressos como CE_{50:48} exprimem uma relação inversa à toxicidade, ou seja, menores

valores numéricos indicam maiores toxicidades. Para facilitar a comparação e fazer com que esses parâmetros expressem uma relação direta com a toxicidade, foram transformados em UTa.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Serão apresentados e discutidos os resultados obtidos no período de março à dezembro de 2009 que compreenderam análises ecotoxicológicas e físico-químicas dos diferentes efluentes industriais tratados. Além disso, todos os resultados aqui apresentados foram confrontados com as legislações vigentes sendo elas a Resolução CONAMA 357/2005 e pela Deliberação CECA/MS Nº 003/1997.

Conforme a Resolução CONAMA 357/2005 no artigo 34 §1º: O efluente para ser lançado em qualquer corpo hídrico não deverá causar ou possuir potencial para causar efeitos tóxicos aos organismos aquáticos no corpo receptor, sendo esses critérios baseados em resultados de ensaios ecotoxicológicos. Portanto as amostras analisadas com efluentes líquidos tratados não deveriam conter efeitos tóxicos.

Os resultados para a toxicidade aguda foram expressos sob a forma de $CE_{50:48}$ em % e $CE_{50:48}$ em UTA, além de seguirem a escala de toxicidade proposta por CETESB (1987), BARROS *et al.* (2007) e BULICH(1982) que classifica as amostras em: mais tóxicos ($CE_{50:48} \leq 25\%$), tóxico, ($CE_{50:48}$ entre 25-50%), moderadamente tóxico, ($CE_{50:48}$ entre 51-75%), ligeiramente tóxico, ($CE_{50:48}$ entre 76-99%) e não tóxico ($CE_{50:48} \geq 100\%$).

5.1. Abatedouros avícolas

Nesta tipologia industrial foram realizadas mensalmente, ensaios ecotoxicológicos agudos e análises físico-químicas dos parâmetros DBO_5 , DQO e Óleos e Graxas.

No que diz respeito a DBO_5 , o valor máximo permitido pela Deliberação CECA/MS 003/1997 é de $60 \text{ mg.L}^{-1} \text{O}_2$ para lançamento de efluentes líquidos tratados. Os valores de DBO_5 variaram de 48,6 à 126,0 $\text{mg.L}^{-1} \text{O}_2$ (Figura 5.1). Portanto, durante o período de monitoramento, o valor máximo permitido pela legislação estadual foi ultrapassado, visto que a legislação federal não possui um valor estipulado para o parâmetro referido.

Para DQO não há nas legislações vigentes nenhum valor máximo estipulado para o lançamento de efluentes líquidos tratados, contudo, os valores obtidos mensalmente para esse efluente variaram de 228,0 à 426,0 $\text{mg.L}^{-1} \text{O}_2$ (Figura 5.1).

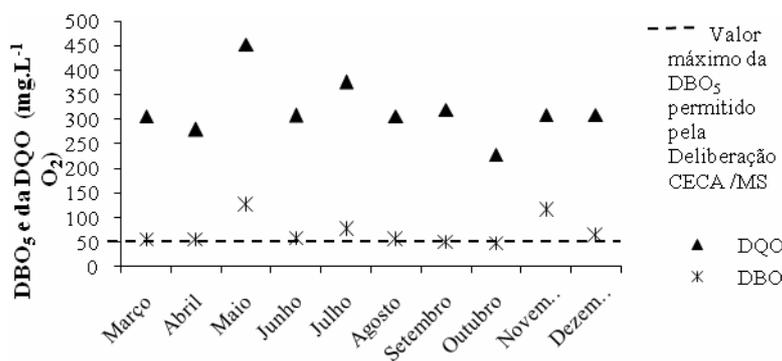


Figura 5.1: DBO₅ e DQO do efluente líquido tratado do abatedouro avícola

Os Óleos e Graxas também foram analisados mensalmente, sendo obtido o valor máximo de 49,0 mg.L⁻¹, e seu valor mínimo de 15,9 mg.L⁻¹ (Figura 5.2). Verificou-se que em nenhum mês foi ultrapassado o valor máximo permitido, tanto na Resolução CONAMA 357/2005, como na Deliberação CECA/MS 003/1997 é de 50 mg.L⁻¹.

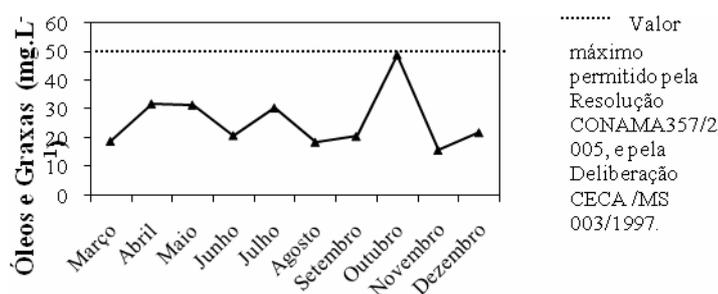


Figura 5.2: Óleos e Graxas do efluente líquido tratado do abatedouro avícola.

Os resultados dos ensaios ecotoxicológicos agudos, com o organismo *Daphnia similis*, para o efluente líquido tratado do abatedouro avícola foram calculados e classificados em graus de toxicidade utilizados pelos autores BULICH (1982), CETESB (1987) e BARROS *et al.*, (2007). As amostras mostraram-se moderadamente tóxicas nos meses de março, abril, junho, agosto, outubro e dezembro cujos valores de CE_{50:48}, em %, foram de 55,45%, 59,46%, 53,59%, 51,76%, 55,48% 55,48% respectivamente. As amostras mostraram-se tóxicas nos meses de julho, com CE_{50:48} de 40,61%, setembro, com CE_{50:48} de 50%, e novembro, com CE_{50:48} de 30,78%.

No mês de abril, foi obtida a maior CE_{50:48} (59,46%), e, portanto, a menor toxicidade do período do biomonitoramento. A DBO₅ neste mês também foi baixa (57,1 mg.L⁻¹ O₂), o valor obtido de DQO no mesmo mês foi de 280 mg.L⁻¹ O₂, o segundo valor mais baixo do período de monitoramento. Óleos e Graxas teve um

resultado de 32 mg.L^{-1} obedecendo o valor máximo estipulado pela legislação vigente, portanto baixa toxicidade pode estar relacionada com a baixa quantidade de matéria orgânica.

No mês de maio a amostra foi considerada como tóxicas com $CE_{50:48}$ de 19,6%, evidenciando a toxicidade mais elevado para este efluente, e obteve o maior valor para o parâmetro DBO_5 que foi de $126,0 \text{ mg.L}^{-1} \text{ O}_2$ e também o maior valor para o parâmetro DQO que foi de $453 \text{ mg.L}^{-1} \text{ O}_2$. O valor de Óleos e Graxas correspondente a este mês foi de $31,6 \text{ mg.L}^{-1}$ e está dentro dos limites estipulados.

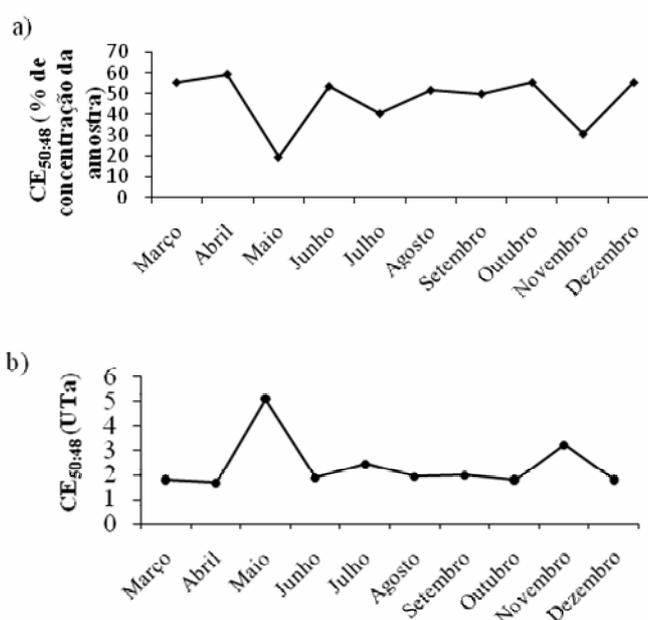


Figura 5.3: Resultados dos ensaios ecotoxicológicos obtido no período do biomonitoramento com efluente líquido tratado do abatedouro avícola estudado: a) referentes à $CE_{50:48}$ em % de concentração da amostra, b) referentes à $CE_{50:48}$ em UTa.

Na tabela 5.1 são apresentados resultados da $CE_{50:48}$, em %, e em Uta, além do intervalo de confiança de 95% e a classificação da toxicidade para a $CE_{50:48}$ em%, também foi apresentado ainda a média da $CE_{50:48}$, em%, e em Uta.

No mês de julho, a amostra do efluente do abatedouro avícola foi considerado tóxico, com $CE_{50:48}$ de 40,61%. A DBO_5 foi de $75,7 \text{ mg.L}^{-1} \text{ O}_2$, ou seja está acima do permitido. A DQO desse mês foi de $319 \text{ mg.L}^{-1} \text{ O}_2$. Os valores encontrados para DBO_5 e para DQO neste mês foi o terceiro maior valor encontrado durante o período das análises. O Óleos e Graxas do mês foi de $30,6 \text{ mg.L}^{-1}$.

No mês de novembro, quando o efluente foi considerado tóxico, o resultado obtido para DBO₅ foi de 115,0 mg.L⁻¹ O₂, quando o valor máximo permitido é de 60 mg.L⁻¹ O₂, segundo a Deliberação CECA/MS 003/1997.

Portanto foram encontradas as maiores toxicidades e conseqüentemente com os menores valores para CE_{50:48} (em %) e os maiores valores para CE_{50:48} em Uta, já que estas são inversamente proporcionais, e indicam um elevado grau de toxicidade nos meses de maio, julho e novembro, que coincidem com os maiores valores para DBO₅. O que pode ter contribuído para o aumento da toxicidade nesses meses, pode ser a elevada quantidade de compostos presentes na matéria orgânica tais como sangue, gordura, penas, restos de tecidos de aves, conteúdo de vísceras e moela, que contribui para os valores altos de DBO₅, DQO, Óleos e Graxas, além do aumento de sólidos suspensos, nitrogênio e fósforo, que não foram analisados.

Tabela 5.1: Resultados dos ensaios ecotoxicológicos agudos realizado com o organismo *Daphnia similis*, testando efluente líquido tratado avícola.

Meses	CE _{50:48} (mg.L ⁻¹)	Toxicidade	IC-95%	CE _{50:48} em Uta
Março	55,48	Moderadamente tóxico	47,85 – 64,32	1,80
Abril	59,46	Moderadamente tóxico	51,99 – 68,00	1,68
Maió	19,6	Mais tóxico	15,47 – 24,84	5,10
Junho	53,59	Moderadamente tóxico	45,03 – 63,77	1,87
Julho	40,61	Tóxico	33,26 – 49,59	2,46
Agosto	51,76	Moderadamente tóxico	44,37 – 60,39	1,93
Setembro	50,0	Tóxico	41,84 – 59,75	2,00
Outubro	55,48	Moderadamente tóxico	47,12 – 65,32	1,80
Novembro	30,78	Tóxico	25,09 – 37,76	3,25
Dezembro	55,48	Moderadamente tóxico	47,12 – 65,32	1,80

Média da CE_{50:48} em %: 47,22% ; Média da CE_{50:48} em Uta: 2,37

Além da grande quantidade de matéria orgânica, a elevada toxicidade nos meses de maio e julho pode ser decorrente do período da seca que aumenta a toxicidade, conforme foi relatado no trabalho de BARROS *et al.* (2007) e BULICH (1982) que avaliaram a toxicidade de efluentes provenientes de abatedouro avícola e suinocultura em períodos de seca e de chuva, ele observou uma maior da toxicidade do período de seca (maio a setembro) do que no período chuvoso (janeiro a março), pois os autores afirmam que a toxicidade da amostra diminui com a sua diluição conseqüências do períodos chuvosos.

No mês de novembro, a elevada carga de matéria orgânica e o elevado grau de toxicidade podem ser consequência, possivelmente, de um aumento na produção e no abate avícola visto que se aproximavam das festas de final de ano. Supõe-se que a estação de tratamento de esgoto não teria conseguido, de forma eficiente, remover a toxicidade e matéria orgânica.

5.2. Matadouro/Frigorífico bovino

Nesta tipologia industrial foram realizados, mensalmente, ensaios ecotoxicológicos agudos e análises físico-químicas dos parâmetros DBO₅, DQO e Óleos e Graxas. Bimestralmente foram feitas análises de nitrogênio amoniacal.

O valor máximo permitido, pelas legislações vigentes, para DBO₅ só foi respeitado nos meses de setembro e outubro (56,4 e 39,4 mg.L⁻¹ O₂ respectivamente). Portanto nos demais meses do período de monitoramento os valores de DBO₅ estava acima do limite máximo permitido com respectivos valores: 89,2; 69; 78,7; 72,6; 107,6; 94; 66,4 e 89,2 mg.L⁻¹ O₂ (Figura 5.4). Os valores obtidos para DQO variaram de 202 à 487,6 mg.L⁻¹ O₂ como pode ser visto na Figura 5.4.

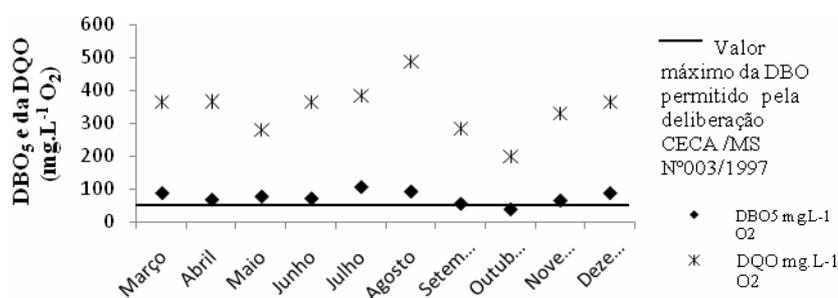


Figura 5.4: DBO₅ e DQO do efluente líquido tratado do Matadouro/Frigorífico bovino.

Os Óleos e Graxas não ultrapassaram o valor máximo permitido, pelas legislações vigentes (50 mg.L⁻¹), em nenhum mês. As concentrações de Óleos e Graxas variaram de 7,1 a 35,2 mg.L⁻¹ nos meses de novembro e maio, respectivamente (Figura 5.5).

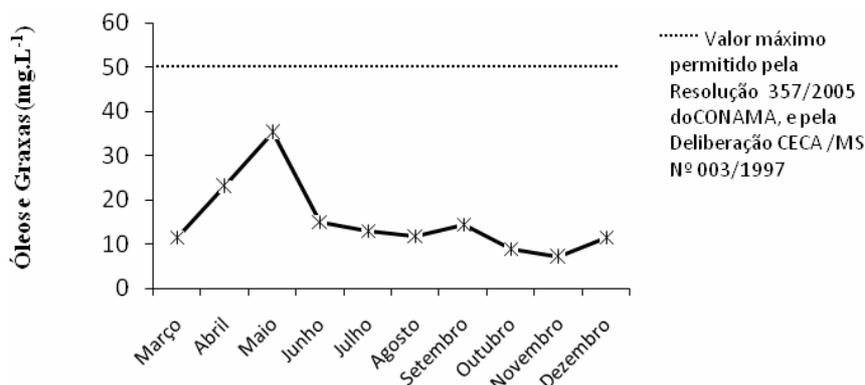


Figura 5.5: Óleos e Graxas do efluente líquido tratado do Matadouro/Frigorífico bovino.

A Resolução CONAMA 357/2005 estipula o valor máximo permitido de 20 mg.L⁻¹ N para nitrogênio amoniacal, enquanto que a Deliberação CECA/MS Nº 003/1997 estabelece o valor máximo permitido de 5 mg.L⁻¹ N sendo que este valor é que deve ser respeitado por ser mais exigente. As concentrações de nitrogênio amoniacal nos meses de maio, agosto e novembro foram de 31,0, 18,5 e 28,0 mg.L⁻¹ N (Figura 5.6). Portanto, esses valores ultrapassaram o valor máximo permitido.

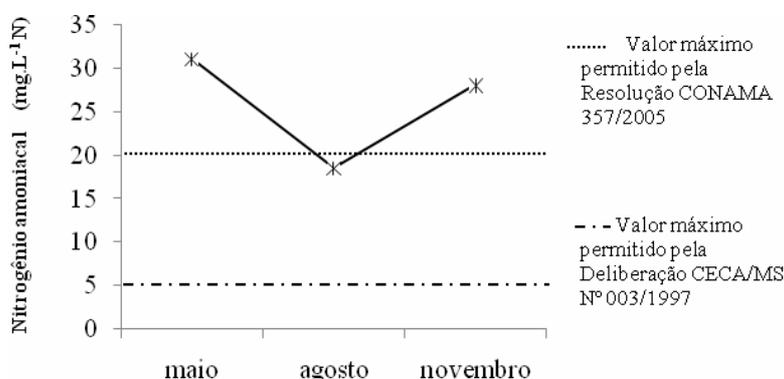


Figura 5.6: Nitrogênio amoniacal efluente líquido tratado do Matadouro/Frigorífico bovino.

Os resultados dos ensaios ecotoxicológicos agudos dos efluentes do Matadouro/Frigorífico bovino com o organismo *Daphnia similis*, são apresentados na figura 5.7, que aponta os meses de maio, julho, agosto e dezembro sendo tóxicos, com CE_{50:48} de 45,06%, 37,89%, 43,53%, 45,06% respectivamente. Nos meses de março, abril, junho, setembro e novembro, os ensaios ecotoxicológicos foram considerados moderadamente tóxicos com CE_{50:48} de 63%, 61,56%, 57,43%, 63,73%, 55,48%, respectivamente. Por fim, no mês de outubro, o bioensaio apontou a menor toxicidade e foi considerado com sendo ligeiramente tóxico, com CE_{50:48} de 93,3%.

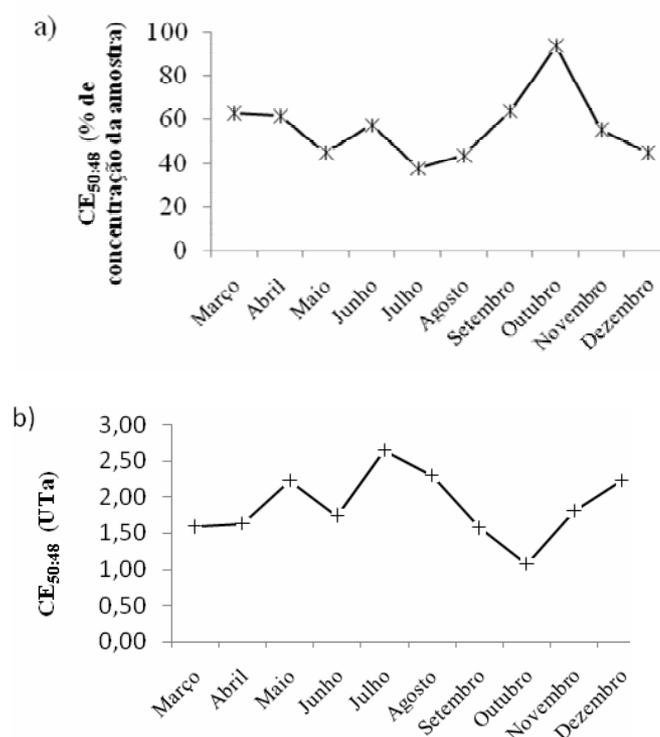


Figura 5.7: Resultados ecotoxicológicos do efluente líquido tratado do Matadouro/Frigorífico bovino: a) referentes à $CE_{50:48}$ em % de concentração da amostra, b) referentes à $CE_{50:48}$ em UTA.

Todos os valores encontrados para a $CE_{50:48}$ em % e em UTA com seus respectivos intervalos de confiança, e com a classificação de BARROS *et al.* (2007) e BULICH (1982) são apresentados na Tabela 5.2.

Conforme foi observado na Tabela 5.2 em todos os meses em que foram analisados os efluentes tratados do matadouro/frigorífico bovino apresentou indícios toxicidade, que foi maior nos meses em que a quantidade de matéria orgânica estava elevada.

No mês de maio, em que o efluente líquido tratado foi considerado tóxico houve um valor elevado para DBO_5 e o maior valor para nitrogênio amoniacal ($31 \text{ mg.L}^{-1}\text{N}$). Segundo Burton & Macpherson (1995) e Piedadras *et al.* (2006), elevados valores de amônia são tóxicos para organismos aquáticos, uma possível hipótese para toxicidade deste mês.

Nos meses de julho, agosto e dezembro, os efluentes líquidos tratados também foram considerados tóxicos, segundo a classificação utilizada, e obtiveram a menor $CE_{50:48}$ e a maior UTA, ainda nestes meses também foram encontrados os maiores resultados para os parâmetros DBO_5 e DQO, demonstrando que a variação dos

resultados ocorreram de forma similar, evidenciando uma possível correlação entre o efeito tóxico e os parâmetros físico-químicos analisados.

Tabela 5.2: Ensaios ecotoxicológicos agudos realizado com o organismo *Daphnia similis*, testando efluente líquido tratado do matadouro/frigorífico bovino.

Meses	CE _{50:48} em %da amostra em mg.L ⁻¹	Toxicidade	IC-95%	CE _{50:48} em UTa
Março	63	Moderadamente tóxico	54,35 – 73	1,59
Abril	61,56	Moderadamente tóxico	54,07 - 70,08	1,62
Maió	45,06	Tóxico	36,97 - 54,92	2,22
Junho	57,43	Moderadamente tóxico	49,19 - 67,06	1,74
Julho	37,89	Tóxico	31,38 - 45,76	2,64
Agosto	43,53	Tóxico	36,43 - 52,01	2,30
Setembro	63,73	Moderadamente tóxico	57,05 - 71,19	1,57
Outubro	93,3	Ligeiramente tóxico	70,66 - 123,20	1,07
Novembro	55,48	Moderadamente tóxico	47,12 - 65,32	1,80
Dezembro	45,06	Tóxico	37,25 - 54,52	2,22

Média da CE_{50:48} em % : 56,60; Média da CE_{50:48} em UTa : 1,88

Uma hipótese para a maior toxicidade observada nos meses de maio, julho e agosto, assim como foi observado do efluente tratado avícola, pode ser o período da seca que aumenta a toxicidade, já que períodos chuvosos diluem mais o efluente e diminuem a toxicidade, conforme foi relatado no trabalho de Barros *et al.*, (2007), que avaliaram a toxicidade de efluentes provenientes de abatedouro avícola e suinocultura em períodos de seca e de chuva, observaram uma maior da toxicidade do período de seca (maio a setembro) do que no período chuvoso (janeiro a março).

No mês de dezembro o efluente também foi considerado tóxico, com elevados valores de DBO₅ e DQO. Esse resultado foi muito semelhante ao encontrado no efluente tratado avícola, sendo o aumento no abate bovino, a hipótese mais provável, visto que se aproximavam as festas de final de ano, diminuindo assim a eficiência do sistema de tratamento dos efluentes líquido gerados.

5.3. Curtume

No efluente tratado de um curtume instalado no Estado de Mato Grosso do Sul foram realizados, mensalmente, no período de março a dezembro de 2009, ensaios ecotoxicológicos agudos e, parâmetros físico-químicos como DQO e o metal cromo total. Foram implementada análises de DBO₅ e nitrogênio amoniacal nos meses de julho

à dezembro, e análises de cloreto nos meses de março, abril, maio, agosto e dezembro. Todas as análises físico-químicas foram destinadas a complementar os ensaios ecotoxicológicos agudos.

Os resultados obtidos com os ensaios ecotoxicológicos agudos foram muito insuficiente, havendo a necessidade de mais diluições, pois com exceção do mês de março, todas as amostras dos demais meses se mostraram tóxicas na menor concentração da solução teste que era de 3,1%, não sendo possível calcular sua $CE_{50:48}$ nem o intervalo de confiança da mesma pelo método estatístico Trimmed Spearman-Kärber (USEPA, 2002a), conseqüentemente não obtivemos também o valor da U_T. Contudo conforme a classificação de Barros *et al.* (2007) e Bulich (1982) em todos os meses essas amostras com efluente tratado de curtume foram consideradas mais tóxicas pois sua toxicidade esteve sempre < 25% de concentração da amostra, (Tabela 5.3 e Figura 5.8).

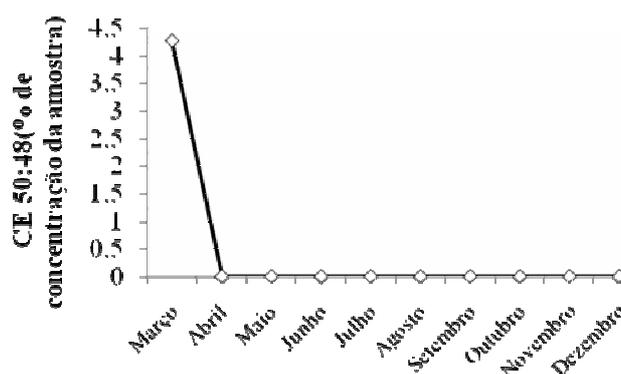


Figura 5.8: Resultados ecotoxicológicos referentes a $CE_{50:48}$ em % de concentração da amostra com efluente líquido tratado do Curtume.

Tabela 5.3. Valores da $CE_{50:48}$ e dos intervalos de confiança (IC – 95%) para os ensaios ecotoxicológicos agudos realizado com o organismo *Daphnia similis*, testando o efluente tratado do curtume.

Meses	$CE_{50:48}$ em %	($mg.L^{-1}$) Toxicidade	IC-95%
Março	4,26	Mais Tóxico	3,60 - 5,05
Abril	< 3,1	Mais Tóxico
Maio	< 3,1	Mais Tóxico
Junho	< 3,1	Mais Tóxico
Julho	< 3,1	Mais Tóxico
Agosto	< 3,1	Mais Tóxico
Setembro	< 3,1	Mais Tóxico
Outubro	< 3,1	Mais Tóxico
Novembro	< 3,1	Mais Tóxico
Dezembro	< 3,1	Mais Tóxico
<i>Média da $CE_{50:48}$: < 3,1%</i>			

No período de março a dezembro foram realizadas regularmente as análises de cromo total e DQO. A DQO que não possui nenhum limite máximo para os lançamentos efluentes líquidos tratados, variaram de 686 a 2.596 mg.L⁻¹ O₂ apresentados na Figura 5.9.

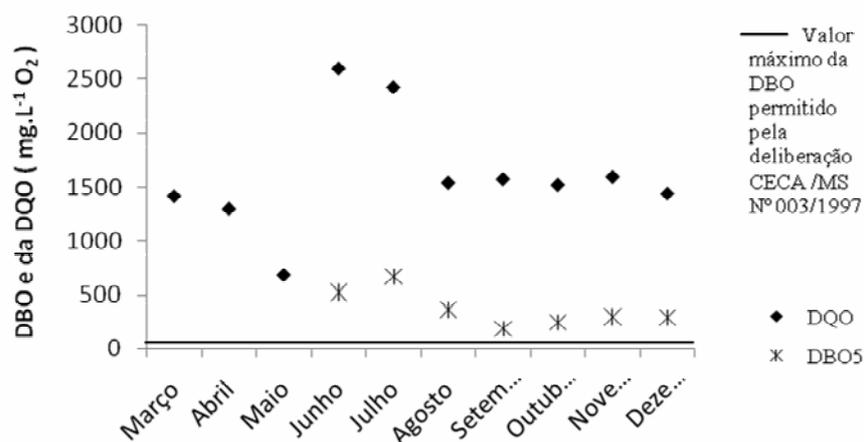


Figura 5.9. Resultados físico-químicos referente às análises de DQO e DBO₅ do efluente líquido tratado do Curtume.

A Resolução CONAMA 357/2005 estipula o valor máximo de 0,5 mg. L⁻¹ Cr para cromo total em efluente final que será lançado em corpos de água. Os resultados para este metal variaram de 0,1 a 1,2 mg. L⁻¹ Cr, nos meses de agosto e abril, respectivamente, (Figura 5.10), portanto apenas no mês de abril a legislação não foi respeitada. No trabalho realizado por Freitas (2006) que estudou três curtumes instalados no Estado de Mato Grosso do Sul, foi verificado que a concentração de cromo III que causa efeitos a 50% do organismo *Daphnia similis* em um tempo de exposição de 48 horas é de 3,24 mg.L⁻¹ Cr, mostrando que o efluente tratado do curtume estudado em nenhum mês apresentou nenhum valor próximo ao que causa toxicidade. Ainda assim, não é possível afirmar que esse elemento não contribuiu para a toxicidade deste efluente, já que no trabalho de Freitas (2006) a análise com o metal foi realizada isoladamente sendo usada neste trabalho apenas para comparação.

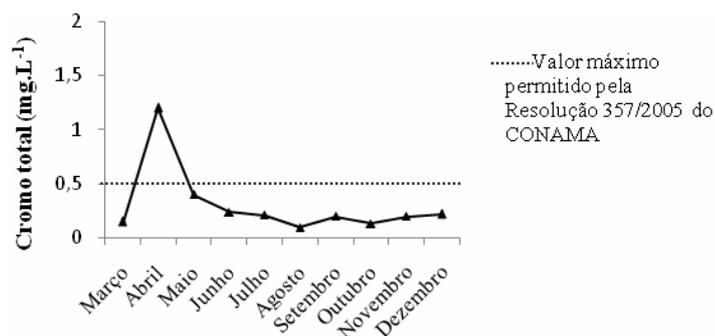


Figura 5.10. Cromo total do efluente líquido tratado de Curtume.

Nos meses de junho a dezembro, período em que foram implementadas as análises de DBO₅ e nitrogênio amoniacal, os resultados ficaram bem acima do permitido pelas legislações em vigor. Os resultados de DBO₅ variaram de 665,7 mg.L⁻¹ O₂ à 182 mg.L⁻¹ O₂ (Figura 5.9). Os valores encontrados para DBO₅ no efluente líquido tratado de curtume é muito superior aos encontrados nos outros efluentes líquidos tratados das tipologias industriais aqui estudados. Foi observado que nos efluentes líquidos tratados avícolas e bovinos, à medida que a matéria orgânica aumentava, assim também ocorria com a toxicidade podendo haver uma correlação, por isso no efluente líquido tratado do curtume, a quantidade de matéria orgânica foi muito elevada, uma possível explicação para alta toxicidade. Uma hipótese poderia ser a diminuição na quantidade do oxigênio dissolvido, em virtude da estabilização dessa matéria orgânica por microrganismos, além disso, a elevada quantidade de elementos presente na matéria orgânica do efluente de curtume tais como: amônia; sulfetos; cromo; sangue; soro e produtos da decomposição de proteínas.

Para nitrogênio amoniacal os resultados variaram de 945 mg.L⁻¹ N à 514 mg.L⁻¹ N (Figura 5.11). Burton & Macpherson (1995) observaram que efluentes industriais contêm elevados níveis de amônia, e que esta é altamente tóxica para os organismos aquáticos, sendo que a toxicidade da amônia aumenta em pH alcalino. Conforme Piedaras *et al.*, (2006) concentrações na água, próximas aos 3,0 mg.L⁻¹ de amônia são tóxicas e apresentam risco ambiental para populações uma espécie de peixe o cará *Cichlasoma facetum*. Como o valor de nitrogênio amoniacal encontrado no efluente do curtume estudado é muito superior a concentração máxima permitida pelas legislações vigentes, e verificada por diversos autores, demonstrando que pode ter sido relevante na causa da toxicidade do efluente.

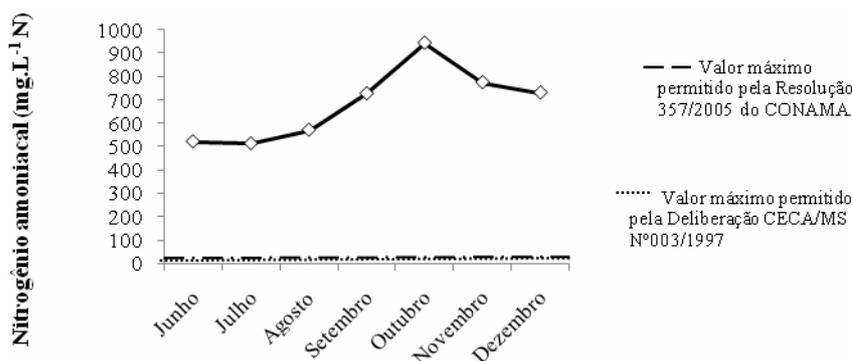


Figura 5.11. Nitrogênio amoniacal do efluente líquido tratado do Curtume.

No período de março, abril, maio, agosto e dezembro foram realizadas análises de cloreto, onde os valores variaram de 6.116 a 10.362,60 mg.L⁻¹ Cl⁻, apresentados na figura 5.12. Para o parâmetro cloreto não existe nas legislações vigentes nenhum valor máximo permitido para o lançamento do efluente líquido final, porém a Resolução 357/2005 preconiza um valor máximo permitido de 250 mg.L⁻¹ Cl⁻ para águas doces de Classe I, II e III. As análises de cloretos se faz importante, pois o ensaio de sensibilidade com organismo teste foi realizado justamente com o cloreto de sódio, demonstrando que o microcrustáceo *Daphnia similis* é sensível a quantidades elevadas de sais.

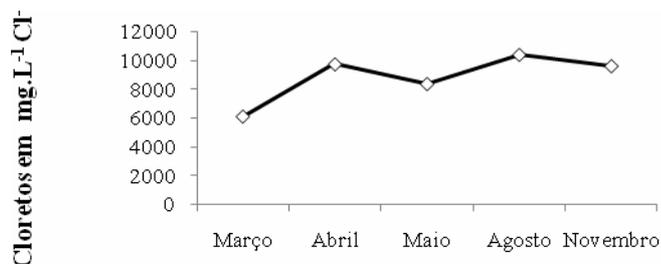


Figura 5.12. Cloretos do efluente líquido tratado de Curtume.

Contudo as águas doces têm baixos teores de sais e os cloretos em geral são os íons mais abundantes liberados na utilização das águas em processos de curtimento de couro, sendo que a presença desses sais aumentam consideravelmente a toxicidade à *Daphnia similis* e *Allium cepa* descrito no trabalho de Wieczorek *et al.*,(2003). Portanto elevados valores de cloretos, podem ter uma contribuição significativa nos efeitos tóxicos.

5.4. Indústria de Refrigerante

Nesta tipologia industrial foram realizadas mensalmente, ensaios ecotoxicológicos agudos e análises físico-químicas dos parâmetros DBO₅, DQO, Cloretos, Nitrogênio amoniacal e pH.

O valor máximo permitido ($60 \text{ mg.L}^{-1} \text{ O}_2$), estipulado pelas legislações vigentes, para DBO₅ foi respeitado em todos os meses, o maior valor foi de $22,9 \text{ mg.L}^{-1} \text{ O}_2$ no mês de outubro e o menor foi de $6,2 \text{ mg.L}^{-1} \text{ O}_2$ no mês de setembro. Para DQO, os valores variam de 47,3 a 106,3 nos meses de setembro e outubro, respectivamente, (Figura 5.13).

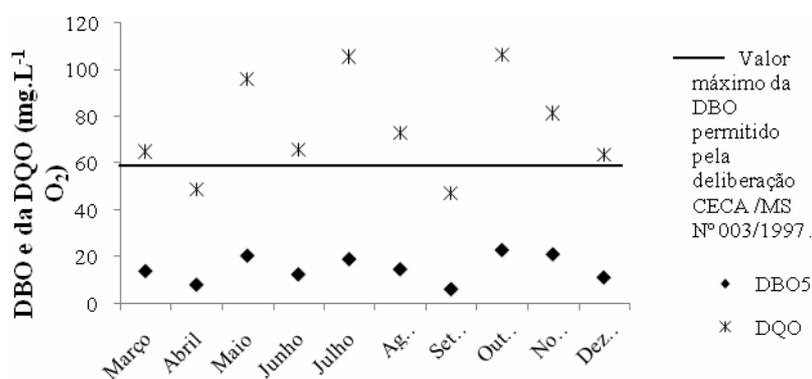


Figura 5.13: DBO₅ e DQO do efluente líquido tratado da Indústria de Refrigerante.

Os valores encontrados para nitrogênio amoniacal em nenhum mês não ultrapassou o valor máximo permitido pelas legislações vigentes ($5 \text{ mg.L}^{-1} \text{ N}$), sendo que as concentrações obtidas no efluente líquido tratado da indústria de refrigerantes variaram de 0,13 a $2,74 \text{ mg.L}^{-1} \text{ N}$, nos meses de dezembro e setembro, respectivamente (Figura 5.14).

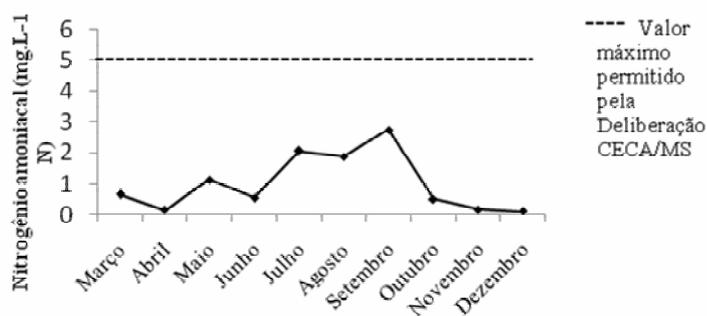


Figura 5.14: Nitrogênio amoniacal do efluente líquido tratado da Indústria de Refrigerantes.

As análises de cloretos, nos efluentes das indústrias de refrigerantes variaram de 196,1 a 101,1 mg.L⁻¹ Cl⁻ (Figura 5.15) Usa-se para corpos de água um valor máximo de cloretos pelas legislações vigentes de 250 mg.L⁻¹ Cl⁻. Portanto o valor de cloretos lançados pelas indústrias de refrigerantes não causaria nenhum dano a biota aquática, pois estava abaixo dos valores máximos permitidos nos corpos de água.

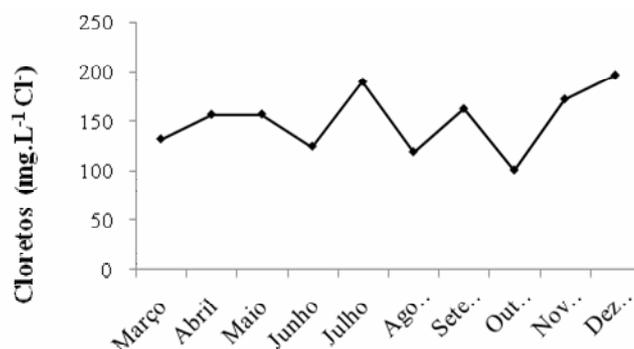


Figura 5.15: Cloretos do efluente líquido tratado da Indústria de Refrigerantes.

Os resultados dos ensaios ecotoxicológicos agudos dos efluentes líquidos tratados da Indústria de Refrigerantes, com o organismo *Daphnia similis* foram muito satisfatórios, pois na solução teste com 100% da amostra, em nenhum mês, foi observado efeito tóxico agudo. Portanto esse efluente não é tóxico ao organismo aquático *Daphnia similis*.

Uma hipótese para essa ausência de toxicidade são os baixos resultados encontrados para a DBO₅, DQO, nitrogênio amoniacal e cloretos. Em nenhum mês os parâmetros físicos químicos extrapolaram os limites máximos permissíveis pelas legislações vigentes, demonstrando que a estação de tratamento de efluentes líquidos dessa indústria, é eficiente na remoção matéria orgânica, e da toxicidade.

5.5. Testes de Sensibilidade com cloreto de sódio (NaCl)

Os valores encontrados no ensaio de sensibilidade indicaram que os organismo estavam aptos para serem utilizados nos ensaios de toxicidade aguda realizados neste trabalho, já que nas cartas-controle, os limites de aceitação de resultados estão compreendidos entre ± 2 desvios-padrão da média de resultados pretéritos, sendo esses valores um dos indicadores da qualidade do ensaio ecotoxicológico. A média dos

resultados da $CE_{50:48}$ para *Daphnia similis* com substância de referência Cloreto de Sódio (NaCl) foi de $1,38 \text{ g/L}^{-1}$ NaCl. Os valores dos testes de sensibilidade, realizados de março a dezembro de 2009, são apresentados na figura 5.16.

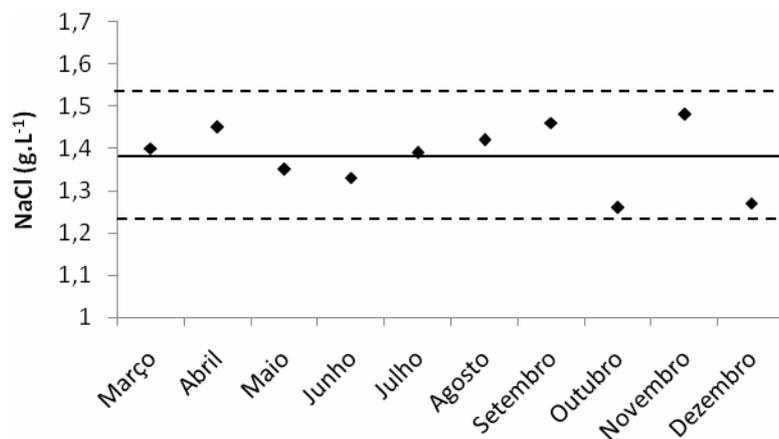


Figura 5.16: Carta de sensibilidade de *Daphnia similis* ao Cloreto de Sódio (NaCl).

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

- Conclui-se que com o resultado da maioria das variáveis físico químicas não se correlacionaram, de forma conclusiva e afirmativa, com a toxicidade dos efluentes industriais, podendo apenas induzir possíveis causas. Os resultados dos testes de toxicidade expressam o efeito produzido em função das interações das substâncias na amostra e que, portanto, a dificuldade de estimar a toxicidade com base em resultados físico químicos.
- Os efluentes líquidos tratados provindos do abatedouro avícola e do matadouro frigorífico bovino apresentaram uma variação sazonal na toxicidade similar, provavelmente devido às semelhanças nas características dos seus efluentes líquidos finais.
- Mesmo quando as amostras dos efluentes líquidos tratados avícolas e do matadouro frigorífico/bovino apresentaram para a DBO₅ e Óleos e Graxas, resultados satisfatórios quanto às legislações vigentes ainda assim foram considerados moderadamente tóxicos. Esse fato, por si, já comprova a importância da adoção dos ensaios ecotoxicológicos agudos para avaliação de efluentes líquidos industriais finais.
- Contudo, quando os resultados da DBO₅ estavam acima dos valores máximos estipulados pelas legislações vigentes, observou-se que os efluentes estudados apresentaram uma maior toxicidade em relação aos ensaios ecotoxicológicos agudos, demonstrando uma possível correlação.
- Entre todos os efluentes líquidos finais analisados neste trabalho, o de curtume foi que apresentou a maior efeito agudo, e também o que obteve os maiores valores para DQO, DBO, cloretos e nitrogênio amoniacal. Analisar e descobrir a verdadeira causa da toxicidade é difícil, principalmente quando se refere ao efluente líquido final do curtume estudado que é rico em diversos elementos químicos, visto que a toxicidade não está associada a um único elemento ou substância tóxica, mas a um conjunto de compostos que interagem entre si, apresentando efeitos sinérgicos e antagônicos.
- Apenas os efluentes líquidos finais da indústria de refrigerante apresentaram, em todos os meses do biomonitoramento, resultados satisfatórios quanto aos ensaios ecotoxicológicos. Os resultados físico-químicos dessa indústria também estavam dentro dos limites permissíveis pelas legislações vigentes. Portanto esse efluente dificilmente causaria um dano a biota aquática.

- Portanto as amostras provenientes dos efluentes líquidos finais do abatedouro avícola, matadouro frigorífico/bovino e curtume não obtiveram resultados satisfatórios quanto aos ensaios ecotoxicológicos agudos, pois apresentaram toxicidade, o que evidencia que esses efluentes não poderiam ter sido lançados no corpo receptor em nenhum dos meses em que foi analisado, necessitando, portanto ter tratamento mais avançado antes de serem lançados nos corpos hídricos.
- Recomenda-se que as indústrias do abatedouro avícola, matadouro frigorífico/bovino e curtume revejam suas estações de tratamento de efluentes líquidos finais, afim de que possam ser eficientes na remoção da toxicidade. E que realizem um biomonitoramento através de ensaios ecotoxicológicos agudos, para complementar as análises físico-químicas para certificar-se de que esses efluentes não irão causar nenhum dano aos ecossistemas aquáticos ao serem lançados nos corpos hídricos.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABEF – Associação Brasileira dos Produtores e Exportadores de Frango. Relatório Anual, 2007.

ABIEC – Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne. Relatório Anual, 2009.

ABIR - Associação Brasileira das Indústrias de Refrigerantes e de Bebidas Não Alcoólicas. Histórico do setor. Disponível em: <http://www.abir.org.br/rubrique.php3?id_rubrique=178>. Acesso em maio de 2010.

AMORIM, A. K. B.; DE NARDI, I. R.; DEL NERY, V. Water conservation and effluent minimization: case study of a Poltry slaughterhouse. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 51, p. 93 – 100, 2007.

ANGELIS, D.F. de; CORSO, C.R.; BIDOIA, E.D.; MORAES, P.B.; DOMINGOS, R.N.; ROCHA-FILHO, R.C. Eletrólise de resíduos poluidores - efluente de uma indústria liofilizadora de condimentos. **Química Nova**, São Paulo, v.21, n.1, p.20-24, 1998.

APHA; AWWA; WPCF. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21th ed.**, Washington D.C: American Public Health Association.

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

Banco Mundial. **O Banco Mundial e o setor água**. Brasília, 2000. 38p. folder.

BARROS, L. S. S., AMARAL, L. A.; LORENZON, C. S. Daphnia magna – bio-indicator of pollution from poultry and pig abattoir effluents. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.8, n.3, p. 217-228 jul/set, 2007.

BERTOLETTI, E. Toxicidade e concentração de agentes tóxicos em efluentes industriais na grande São Paulo. **Ciência e Cultura**, v.42, p. 271-27, 1990.

BERTOLETTI, E.; NIPPER, M. G.; MAGALHÃES, N. P. A precisão de testes de toxicidade com *Daphnia*. **Ambiente**, v.6 n.1, p. 55-59, 1992.

BLISKA, F. M. M., GONÇALVES, J.R. Estudo da cadeia produtiva de carne bovina no Brasil. EMBRAPA. **Cadeias produtivas e sistemas naturais**. Brasília. p.157-183, 1998.

BOSNIC, M.; BULJAN, J.; DANIELS, R. P. **Pollutants in tannery effluents**. Regional Programme for Pollution Control in the Tanning Industry in South-East Ásia. United Nations Industrial Development Organization – UNIDO, Vienna, 2000. Disponível em: <<http://www.unido.org/>>.

BRAILE, P. M.; CAVALCANTI, J. E. **Manual de tratamento de águas residuárias industriais**. CETESB, São Paulo, 1979.

BRANCO, S. M. **Hidrobiologia aplicada à engenharia sanitária**. 3. ed. São Paulo: CETESB, 1986.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA nº 357, de 17/05/2005. Brasília-DF. 2005.

BROCH, S. A. O. **Diretrizes de automonitoramento para as indústrias de Mato Grosso do Sul**. Campo Grande, 1997. 130p. Monografia (Especialização em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

BULICH, A. A. A practical and reliable method for monitoring the toxicity of aquatic samples. **Process Biochemistry**, March/April, p. 45-47, 1982. BURTON, G, A. J.; MACPHERSON, C. Sediment toxicity testing issues and methods. In: HOFFMAN, D. J.; RATTNER, B. **Handbook of ecotoxicology**: Lewis, 1995. p. 70 – 82.

CAMPAGNA, A. C. **Estudo do crescimento, desempenho reprodutivo, longevidade e aspéctos da morfologia de *Daphnia similis claus* (Crustacea: Cladocera), sob condições de laboratório**. Porto Alegre, 1994. 74p. Monografia (Graduação em Ciências Biológicas) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Abate de Bovinos**. Nota Técnica sobre Tecnologia de Controle - NT12. São Paulo, 1986.

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Métodos para avaliação da toxicidade de poluentes a organismos aquáticos**. São Paulo. v.1, 1997.

CNPC - CONSELHO NACIONAL DA PECUÁRIA DE CORTE. **Balanco da pecuária bovina de corte**. Site corporativo. Disponível em <http://www.cnpc.org.br>.

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

COSTA, C. R.; OLIVI, P.; BOTTA, C. M. R.; ESPINDOLA, E. L.G. A toxicidade em ambientes aquáticos: discussão e métodos de avaliação. **Química Nova**, v.31, n.7, p. 1820-1830, 2008.

CRUZ, J. G. B. **Utilização de reatores microbianos com células imobilizadas no tratamento de efluente de uma indústria de bebidas**. 2007. 70f. Campinas. Tese (Doutorado em Ciências de alimentos) Faculdade de Engenharia de alimentos, Universidade Estadual de Campinas.

DALLAGO, R. M.; SMANIOTTO, A.; Resíduos sólidos de curtumes como adsorventes para a remoção de corantes em meio aquoso. **Química Nova**, v.20, n. 3, p. 433-437, 2005.

DAMATO, M. *et al.* Determinação da toxicidade aguda de efluentes de refinaria de petróleo em diversas etapas de tratamento para *Daphnia similis*. In: 19º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1997, Foz do Iguaçu - PR. **Anais...Foz do Iguaçu: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental**, 1997.

ENVIRONMENT CANADA. **Guidance document on control of toxicity test precision using reference toxicants**. Report EPS 1/RM/12.85p, 1990.

EPA - United States Environmental Protection Agency. **Aquatic invertebrate toxicity test, freshwater daphnids: ecological effects test guidelines**. Washington, U.S.A., 1996.

EPA - United States Environmental Protection Agency. **Methods for measuring the acute toxicity of effluents and receiving waters to freshwater and marine organisms**. 5. ed. Washington, U.S.A., 2002.

EPA - United States Environmental Protection Agency. **Methods for measuring the acute toxicity of effluents to freshwater and marine organisms**. 5. ed. Washington, U.S.A., 2002.

EPA - United States Environmental Protection Agency. **Short-term methods for estimating the acute toxicity of effluents and receiving waters to freshwater and marine organisms**. 5. ed. Washington, U.S.A., 2002.

ESPINOZA, M. W. *et al.* Índices para o Cálculo Simplificado de Cargas Orgânicas e Inorgânicas Presentes em Efluentes Industriais. In: XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1998, Porto Alegre - RS. **Anais...Porto Alegre AIDIS/ABES**, 1998.

FERRÃO FILHO, A. S.; AZEVEDO, S. M. F.; DEMOTT, R. W. Effects of toxic and non-toxic cyanobacteria on the life history of tropical and temperate cladocerans. **Freshwater Biology**, v.45, p.1-19, 2000.

FONSCECA, A. L. **A biologia das espécies *Daphnia leavis*, *Ceriodaphnia dubia silvestris* (Crustácea, Cladocera) e *Poecilia reticulata* (Pisces, Poeciledae) e o comportamento destes em testes de toxicidade aquática com efluentes industriais**. São Carlos, 1991. 210p. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) USP.

FONSECA, A. L. **Avaliação da qualidade da água na Bacia do Rio Piracicaba Através de Testes de Toxicidade com invertebrados**. São Carlos, 1997. 217p. Tese (Doutorado em Hidráulica e Saneamento) USP.

FREITAS, T. C. M. **O cromo na indústria de curtumes de Mato Grosso do Sul, Brasil: Aspectos ecológicos**. Campo Grande, 2006. 118p. Tese (Doutorado) – Programa Multiinstitucional de Pós-Graduação em Ciências da Saúde – Rede Centro-

Oeste, convênio Universidade de Brasília, Universidade Federal de Goiás e Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

GUIMARÃES, E.S.; LACAVA, P.M.; MAGALHÃES, N.P. Avaliação da toxicidade aguda com *Daphnia similis* na água captada no Rio Paraíba do Sul e processada na estação de tratamento água do município de Jacareí – SP – Brasil. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 9, n. 2, p. 124-130, 2005.

HAMADA, N. **Ensaio de toxicidade empregados na avaliação de efeitos no sistema de tratamento de esgotos e efluentes, ETE Suzano, e seu entorno, utilizando organismos aquáticos**. São Paulo, 2008. 75p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - USP.

HAMILTON, M.A.; RUSSO, R.C.; THURSTON, R. Trimmed Spearman-Kärber method for estimating median lethal concentrations in toxicity bioassays. **Environmental Science and Technology**, v.11, p.714-718, 1977.

HARTMANN, C. C. **Avaliação de um efluente industrial através de ensaios ecotoxicológicos e análises físicas e químicas**. Porto Alegre, 2004. 101p. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

HOFFMAN, D.J. ; RATTNER, B.A. ; BURTON, G.A., Jr.; CAIRNS, J., Jr. (1995) *Handbook of Ecotoxicology*. Boca Raton, Lewis Publishers, 755 pp.

HÜBNER, R. **Análise do uso da água em um abatedouro de aves**. Florianópolis, 2001. 103p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina.

IBGE -Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível <<http://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em:

IDE, C. N. *et al.* Avaliação do desempenho de lagoas de estabilização no tratamento de efluentes de matadouro. In: 19º Congresso de Engenharia Sanitária e Ambiental, Foz do Iguaçu – PR. **Anais...**Foz do Iguaçu, Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1997.

JONSSON, C.M.; MAIA, A.H.N. Toxicidade dos herbicidas clomazone e quinclorac para o invertebrado aquático *Daphnia similis* na presença e ausência de sedimento. Pesticidas: **Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, Curitiba, v.9, p.145-153, 1999.

KNIE, J.L.W. LOPES, E. W. B. **Testes Ecotoxicológicos: métodos, técnicas e aplicações**. Florianópolis: FATMA / GTZ, 2004. 289p, 2004.

LUDVÍK, J. **Chrome balance in leather processing**. Regional Programme for Pollution Control in the Tanning Industry in South-East Ásia. United Nations Industrial Development Organization – UNIDO, Viena, 2000b. Disponível em: <<http://www.unido.org/>>. Acesso em: abril, 2010.

MARTINEZ MADRI, M. **Bioensayos de Ecotoxicidad con Daphnia magna y Tubifex tubifex para la Caracterización de Sedimentos Fluviales.** Bilbao: Tese (Doutorado em Ciências) Facultad de Ciencias, Universidad del Pais Vasco, Espanha, 1997.

MATO GROSSO DO SUL. Deliberação CECA (Conselho Estadual de Controle Ambiente) n.003, de 20 de junho de 1997. Dispõe sobre a preservação e utilização das águas das bacias hidrográficas do Estado de Mato Grosso do Sul, e dá outras providências.

MATO GROSSO DO SUL. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos de Mato Grosso do Sul (SEMA). Relatório de licença ambiental. Campo Grande: SEMA, 2004.

MELETTI, P. C. **Avaliação da degradação ambiental por meio de testes de toxicidade com sedimento e de análises histopatológicas em peixes.** São Carlos, 2003. 231p. Tese (Doutorado em Engenharia Hidráulica e Saneamento) USP.

MORAES, V. **Avaliação do desempenho de dois reatores anaeróbios horizontais de leitos fixos (RALPH), um contendo biomassa auto-imobilizada e outro contendo suporte de espuma de poliuretano, no tratamento de água residuária de indústria de refrigerante.** São Carlos, 2002. 94 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica e Saneamento) USP.

ODUM, E. P. **Ecologia.** Rio de Janeiro: Editora Guanabara, 1998. p. 368.

OESTREICH, A. M. E. **Uma avaliação da eficiência de lagoas de estabilização implantadas no Estado do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre, 1989. 237p. Dissertação (Mestrado em recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

OLIVEIRA, L. T. **Incorporação de resíduos de curtume em artefatos cerâmicos – uma alternativa para redução de passivo ambiental.** Campo Grande, 2008. 104p. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Ambientais) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

OUNO R. H., BEZERRA, J. F. M. Emprego de lagoas anaeróbias no tratamento de águas residuárias de frigoríficos: Tratamento dos despejos líquidos industriais. In: 11º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1981, Fortaleza - CE. **Anais...** Fortaleza: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1981.

PACHECO, J. W. **Curtumes.** Série P+L. São Paulo: CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2005. 76p.

PACHECO, J. W. **Guia técnico ambiental de frigoríficos - industrialização de carnes (bovina e suína).** Série P + L. São Paulo : CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2006. 85p.

PAULO, M. L. **Monitoramento informal nos curtumes do Estado de Mato Grosso do Sul**. Brasília, 2006. 66p. Dissertação (Mestrado em Ciência da Informação) – Universidade de Brasília e UNIDERP.

PEDROZO, C. S., **Biomonitoramento do efluente final líquido da Refinaria Alberto Pasqualini, Canoas, RS, através de testes de toxicidade com Daphnia similis (Crustacea: Cladocera)**. Porto Alegre, 1995. 162p. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

PEREIRA, E. B. **Tratamento enzimático para remoção de gorduras dos resíduos gerados por indústrias de produtos avícolas**. Florianópolis, 2004. 171p. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Universidade Federal de Santa Catarina.

PHILIPPI, A. J.; ROMÉRO, M. A.; BRUNA, G. C., (Ed.) **Curso de Gestão Ambiental**. 1. ed. Barueri: Manole, 2004. 1045p.

PONTES, A. F. V. **Avaliação de desempenho de reator anaeróbio-aeróbio com recirculação da fase líquida no tratamento de água residuária proveniente de abatedouro de aves**. São Carlos, 2008. 161p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica e Saneamento) – Universidade de São Paulo.

RAND, G. M & PETROCELLI, J. R. **Fundamentals of aquatic toxicology: methods and applications**. Washington: Hemisphere Publishing, 1985. 666p.

RODRIGUES, D. O.; SILVA, S. L. R.; SILVA, M. S. R. Avaliação Ecotoxicológica Preliminar das Águas das Bacias Hidrográficas dos rios Tarumã, São Raimundo e Educandos. **Acta Amazonica**, v. 39, n.4, p. 935 – 942, 2009.

RODRIGUES, N. L. V. B.; PAWLOWSKY, U. Testes de toxicidade aguda através de bioensaios no extrato solubilizado dos Resíduos classe IIA – não inertes e classe IIB – inertes. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 12, n. 1, p. 8-16, 2007.

SANTOS, M. S. dos; RIBEIRO, F. M. **Cervejas e refrigerantes - Série P + L**. São Paulo : CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2005. 58 p.

SCARASSATI, D.; CARVALHO, R.F.; DELGADO, V.L. CONEGLIAN, C.M.R.; BRITO, N.N.; TONSO, S.; DOBRINHO, G.D.; PELEGRINI, R. **Tratamento de efluentes de matadouros e frigoríficos**. In: III Fórum de Estudos Contábeis, Campinas - SP. **Anais...**Campinas, UNICAMP, 2003.

SCHOENHALS, M. **Avaliação da eficiência do processo de flotação aplicado ao tratamento primário de efluentes de abatedouro avícola**. Florianópolis, 2006. 99p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal de Santa Catarina.

SENAI. Informativo do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial - Departamento Nacional. n.93, ano 15, p. 8-11, 2006.

SIC - SERVIÇO DE INFORMAÇÃO DA CARNE. **Produção de carne**. Site corporativo. Disponível em <http://www.sic.org.br/producao.asp>

SPERLING, M. V. Análise dos padrões brasileiros de qualidade de corpos d'água de lançamento de efluentes líquidos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, vol. 3, n. 1, p.111-132, 1998.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA TUNDISI, T. **Limnologia**. São Paulo: oficina de textos, 2008. 35p.

USEPA, 2002. Methods for Measuring the Acute Toxicity of Effluents to Freshwater and Marine Organisms, Environmental Protection Agency, Cincinnati, OH >: U.S EPA/600/4-90/027F, 5th ed. October 2002.

VON SPERLING, M. Lagoas de estabilização In: **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**; v.3. 1ª edição – Belo Horizonte; Editora SEGRAC. 1996, 134 p.

WRI – World Resources Institute. **World Resources 1997-1998**. Disponível em <http://www.wri.org/wri> (199

ZAGATTO; P.A; BERTOLETTI; E. **Ecotoxicologia Aquática Princípios e Aplicações**. 2ª ed, São Carlos: Rima, 2008. 486p.