

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO – MESTRADO EM TECNOLOGIA
AMBIENTAL
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM
GESTÃO E TECNOLOGIA AMBIENTAL**

Adriana Düpont

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO DA
UNIVERSIDADE DE SANTA CRUZ DO SUL, RS, BRASIL**

Santa Cruz do Sul, outubro de 2010.

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

Adriana Düpont

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO DA
UNIVERSIDADE DE SANTA CRUZ DO SUL, RS, BRASIL**

Esta Dissertação foi submetida ao Programa de Pós Graduação – Mestrado em Tecnologia Ambiental, Área de Concentração em Gestão e Tecnologia Ambiental, Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Tecnologia Ambiental.

Dr^a. Rosane Maria Lanzer

**UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL – UCS
EXAMINADORA**

Dr. Ênio Leandro Machado

**UNIVERSIDADE DE SANTA CRUZ DO SUL – UNISC
EXAMINADOR**

Dr. Eduardo Aléxis Lobo Alcayaga

**UNIVERSIDADE DE SANTA CRUZ DO SUL – UNISC
ORIENTADOR**

Santa Cruz do Sul, outubro de 2010.

AGRADECIMENTOS

A presença de Deus em minha vida, que deu-me forças para superar os obstáculos e condições para realizar meus ideais. Sem a presença e o amor de Deus, seria impossível cumprir mais esta etapa.

Aos meus pais Celia e Aloysio, meus irmãos Rosane, Ana, Silvio, Gerti, Leandro, Leonice e Flávio *“in memoriam”*, pelo carinho, compreensão e apoio não só durante a elaboração deste trabalho, mas em todas as iniciativas de minha vida.

Em especial ao amigo e orientador Eduardo Aléxis Lobo Alcayaga, pelo incentivo constante em minha carreira profissional, oportunidades, ensinamentos e a sua disposição no decorrer destes anos.

Aos professores da Universidade de Santa Cruz do Sul, Ênio Leandro Machado e Adilson Ben da Costa, pelas contribuições na elaboração da presente pesquisa.

A professora Rosane Maria Lanzer da Universidade de Caxias do Sul e o professor Ênio Leandro Machado da Universidade de Santa Cruz do Sul, que gentilmente aceitaram em participar da comissão avaliadora.

A bióloga Elisângela Patrícia Bender da Bioensaios Consultoria Ambiental, pelas contribuições na elaboração da presente pesquisa.

A toda equipe do Laboratório de Ecotoxicologia: Camila Athanásio, Geani Mohr, Marília Schuch e Deivid Kern, pelos auxílios e amizades que juntos compartilhamos nesta jornada.

RESUMO

O efluente da estação de tratamento de esgoto (ETE), da Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC), RS, é constituído por águas negras e amarelas provenientes dos sanitários do campus universitário, que possui uma população flutuante de 11.500 indivíduos por semestre. O sistema de tratamento tem por característica remover nutrientes e matéria orgânica, através da utilização do reator anaeróbio de fluxo ascendente e manta de lodo (UASB) mais biofiltro aerado (BA). Neste contexto, este trabalho teve por objetivo avaliar a eficiência da ETE UNISC, através da caracterização ecotoxicológica, variáveis físicas, químicas e microbiológicas. Em relação aos ensaios de toxicidade, observou-se toxicidade aguda ao organismo-teste *Daphnia magna*, com uma CE(I)50 48h de $64,1 \pm 9,9\%$ (C.V. = 15,4%), caracterizada como medianamente tóxica, e toxicidade crônica ao organismo-teste *Ceriodaphnia dubia*, com uma CI(I)25 de $8,1 \pm 2,6\%$ (C.V. = 32,0%), caracterizada como extremamente tóxica. Desta forma, evidenciou-se que as condições operacionais dos processos UASB e BA utilizados na ETE UNISC foram ineficientes em relação à detoxificação. A maioria das variáveis físicas e químicas estava de acordo com a legislação vigente, exceto fósforo total $3,6 \pm 1,4 \text{ mg L}^{-1}$ (C.V. = 38,9%) e nitrogênio amoniacal $77,8 \pm 22,5 \text{ mg L}^{-1}$ (C.V. = 28,9%). O lançamento de altas concentrações destes dois nutrientes ao corpo receptor, o Arroio Lajeado, caracteriza um grande impacto ambiental potencial, conhecido como eutrofização. A análise biológica apresentou também altos valores de coliformes termotolerantes no efluente tratado $6,4 \times 10^5 \pm 8,6 \times 10^5 \text{ NMP } 100\text{mL}^{-1}$ (C.V. = 134,4%), caracterizando um problema de saúde pública uma vez lançado ao corpo receptor. Em resumo, verificou-se que há um risco potencial em termos de efeitos tóxicos agudos e crônicos, nutrientes e coliformes termotolerantes, uma vez que o Arroio Lajeado não apresenta capacidade de carga que permita suportar impactos desta natureza.

Palavras-chave: Efluente doméstico, *Daphnia magna* e *Ceriodaphnia dubia*.

ABSTRACT

The effluent from the sewage treatment plant (STP) of the University of Santa Cruz do Sul (UNISC), RS, consists of dark and yellow water from campus toilets, which has an average population of 11,500 students per semester. The treatment system removes nutrients and organic matter, using the upflow anaerobic sludge blanket reactor (UASB) plus aerated biofilter (AB). In this context, this study aimed the efficiency the STP UNISC, through the ecotoxicological characterization and physical, chemical and biological variables. In relation to toxicity assay, it was observed acute toxicity to the test organisms *Daphnia magna*, with an EC(I)50 48h equal to $64.1 \pm 9.9\%$ (V.C. = 15.4%), characterized as moderately toxic, and chronic toxicity to the test organisms *Ceriodaphnia dubia* with an IC(I)25 of $8.1 \pm 2.6\%$ (V.C. = 32.0%), characterized as highly toxic. Thus, it became clear that the UASB and AB operational condition processes used in the STP UNISC were inefficient in relation to detoxification. Most physical and chemical variables were in accordance with current legislation, except total phosphorus $3.6 \pm 1.4 \text{ mg L}^{-1}$ (V.C. = 38.9%), and ammoniacal nitrogen $77.8 \pm 22.5 \text{ mg L}^{-1}$ (V.C. = 28.9%). The release of high concentrations of these two nutrients into the receptor water body, the Lajeado Stream, characterizes a large potential environmental impact, known as eutrophication. The biological analysis also showed high values of thermotolerant coliforms in the treated effluent $6.4 \times 10^5 \pm 8.6 \times 10^5 \text{ MPN } 100\text{mL}^{-1}$ (V.C. = 134.4%), characterizing a public health problem once released to the receptor water body. In resume, it was verified that there is a potential risk in terms of acute and chronic toxicity effects, nutrients and thermotolerant coliforms, since the Lajeado Stream does not have the load capacity to support such impacts.

Keywords: Domestic wastewater, *Daphnia magna* and *Ceriodaphnia dubia*.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

		Pág.
Figura 1	Etapas de um Reator anaeróbio de fluxo ascendente e manta de lodo.....	25
Figura 2	Modelo de biofiltro aerado	27
Figura 3	Mapa do município de Santa Cruz do Sul, RS, Brasil, destacando a localização da Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC).....	42
Figura 4	Representação esquemática da Estação de Tratamento de Esgoto, da Universidade de Santa Cruz do Sul, destacando os seus processos.....	43
Figura 5	Coleta do efluente bruto, após o gradeamento.....	44
Figura 6	Coleta do efluente tratado, na caixa de inspeção.....	44
Figura 7	<i>Daphnia magna</i> . Aumento 40x.....	46
Figura 8	<i>Ceriodaphnia dubia</i> . Aumento 100x.....	46
Figura 9	Representação esquemática do ensaio de toxicidade aguda com o microcrustáceo <i>Daphnia magna</i>	49
Figura 10	Representação esquemática do ensaio de toxicidade crônica com o microcrustáceo <i>Ceriodaphnia dubia</i>	53
Figura 11	Mapa com parte do centro urbano da cidade de Santa Cruz do Sul, RS, destacando o canal de ligação da ETE UNISC com o Arroio Lajeado.....	58
Figura 12	Resultados obtidos para o organismo <i>Daphnia magna</i> , com a substância dicromato de potássio mg L ⁻¹	63
Figura 13	Resultados da toxicidade aguda para o efluente bruto e tratado, no mês de novembro de 2008.....	64
Figura 14	Resultados da toxicidade aguda para o efluente bruto e tratado, no mês de dezembro de 2008.....	64
		Pág.
Figura 15	Resultados da toxicidade aguda para o efluente bruto e tratado, no mês de março de 2009.....	66
Figura 16	Resultados da toxicidade aguda para o efluente bruto e tratado, no mês de abril de 2009.....	66
Figura 17	Resultados da toxicidade aguda para o efluente bruto e tratado, no	

	mês de maio de 2009.....	67
Figura 18	Resultados da toxicidade aguda para o efluente bruto e tratado, no	
	mês de junho de 2009.....	67
Figura 19	Resultados da toxicidade aguda para o efluente bruto e tratado, no	
	mês de agosto de 2009.....	69
Figura 20	Resultados da toxicidade aguda para o efluente bruto e tratado, no	
	mês de setembro de 2009.....	69
Figura 21	Resultados da toxicidade crônica para o efluente bruto e tratado, no	
	mês de março de 2009.....	72
Figura 22	Resultados da toxicidade crônica para o efluente bruto e tratado, no	
	mês de abril de 2009.....	72
Figura 23	Resultados da toxicidade crônica para o efluente bruto e tratado, no	
	mês de maio de 2009.....	74
Figura 24	Resultados da toxicidade crônica para o efluente bruto e tratado, no	
	mês de junho de 2009.....	74
Figura 25	Resultados da toxicidade crônica para o efluente bruto e tratado, no	
	mês de agosto de 2009.....	75
Figura 26	Resultados da toxicidade crônica para o efluente bruto e tratado, no	
	mês de setembro de 2009.....	75
Figura 27	Resultados de DBO ₅ para o efluente bruto e tratado da ETE UNISC....	78
Figura 28	Resultados de DQO para o efluente bruto e tratado da ETE UNISC.....	79
Figura 29	Resultados de fósforo total para o efluente bruto e tratado da ETE	
	UNISC.....	80
Figura 30	Resultados de nitrogênio amoniacal para o efluente bruto e tratado da	
	ETE UNISC.....	82
		Pág.
Figura 31	Resultados de óleos e graxas para o efluente bruto e tratado da ETE	
	UNISC.....	
Figura 32	Resultados de sólidos suspensos para o efluente bruto e tratado da	
	ETE UNISC.....	88
Figura 33	Resultados da temperatura para o efluente bruto e tratado da ETE	89
	UNISC.....	
Figura 34	Resultados do pH para o efluente bruto e tratado da ETE UNISC.....	89
Figura 35	Resultados dos coliformes termotolerantes para o efluente bruto e	
	tratado da ETE UNISC.....	92
Figura 36	Vazão da ETE UNISC e a vazão calculada (capacidade suporte) para	
	o Arroio Lajeado.....	94

LISTA DE TABELAS

	Pág.
Tabela 1 Níveis de tratamento em esgotos.....	21
Tabela 2 Escala de toxicidade relativa para ensaio de toxicidade aguda.....	50
Tabela 3 Escala de toxicidade relativa para ensaio de toxicidade crônica.....	54
Tabela 4 Parâmetros e metodologia utilizada.....	55
Tabela 5 Avaliação do impacto ambiental ao Arroio Lajeado, segundo (CETESB, 2006).....	93

LISTA DE ABREVIATURAS

ANA	Agência Nacional de Águas.
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas.
BA	Biofiltro Aerado.
CE(I)50	Concentração Efetiva Inicial Mediana – concentração da amostra no início do ensaio, que causa efeito agudo a 50% dos organismos em 48h.
CENO	Concentração de efeito não observado.
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental.
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente.
CONSEMA	Conselho Estadual do Meio Ambiente.
(CI(I) ₂₅)	Concentração Nominal da amostra que causa redução de uma determinada percentagem, neste caso 25% na reprodução dos organismos-teste em relação ao controle.
DBO ₅	Demanda Bioquímica de Oxigênio, 5 dias a 20 °C.
DIN	Deutsches Institut für Normung.
DQO	Demanda Química de Oxigênio .
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto.
ISO	International Organization for Standardization.

UASB Upflow Anaerobic Sludge Blanket (Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente e Manta de Lodo).

SUMÁRIO

	Pág.
1. INTRODUÇÃO	13
2. OBJETIVOS	17
2.1 Objetivo geral.....	17
2.2 Objetivos específicos.....	17
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
3.1 Efluentes domésticos e toxicidade.....	18
3.2 Legislação.....	22
3.3 Processos utilizados no tratamento de esgotos.....	24
3.4. Caracterização analítica.....	29
3.5 Ecotoxicologia.....	32
3.6 Monitoramento ecotoxicológico.....	34
3.7 Organismos utilizados nos ensaios ecotoxicológicos.....	36
3.8 Ensaios de toxicidade aguda e crônica.....	38
4. METODOLOGIA	41
4.1 Caracterização do local de estudo – Estação de Tratamento de Esgoto da Universidade de Santa Cruz do Sul.....	41
4.2 Coleta das amostras – pontos selecionados.....	43
4.3 Definição da análise biológica.....	45
4.4 Ensaios de toxicidade – definição dos organismos teste.....	45
4.5 Cultivo de <i>Daphnia magna</i>	45
4.6 Metodologia do teste agudo.....	48
4.7 Cálculos dos ensaios de toxicidade aguda.....	50

4.8	Implantação e cultivo de <i>Ceriodaphnia dubia</i>	51
4.9	Metodologia do teste crônico.....	52
4.10	Cálculos dos ensaios de toxicidade crônica.....	
4.11	Controle da sensibilidade dos organismos testes.....	
4.12	Definição das análises físicas e químicas.....	
4.13	Metodologia para limpeza de vidraria.....	
4.14	Coleta e preservação das amostras.....	56
4.15	Estimativa do impacto ambiental no Arroio Lajeado.....	57
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	61
5.1	Procedimentos operacionais da Estação de Tratamento de Esgoto Doméstico da Universidade de Santa Cruz do Sul.....	61
5.2	Resultados dos testes de sensibilidade para os microcrustáceos <i>Daphnia magna</i> e <i>Ceriodaphnia dubia</i>	62
5.3	Resultados para os ensaios de toxicidade aguda.....	63
5.4	Resultados para os ensaios de toxicidade crônica.....	71
5.5	Resultados dos parâmetros gerais de caracterização dos efluentes.....	77
5.6	Resultados da análise biológica – coliformes termotolerantes.....	90
5.7	Resultados obtidos para estimativa do impacto do efluente tratado pela ETE UNISC, no Arroio Lajeado.....	92
6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	96
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	98
8.	ANEXO A – Resultados dos ensaios com <i>Daphnia magna</i>	108
	ANEXO B – Resultados dos ensaios com <i>Ceriodaphnia dubia</i>	128
	ANEXO C – Resultados das análises físicas, químicas e microbiológicas	146
	ANEXO D – Licença de Operação da ETE UNISC	156

1. INTRODUÇÃO

A água, componente essencial à vida, é o recurso mais precioso que a Terra fornece a humanidade. Em muitos domínios do saber, senão em todos, cabe à água o papel de fonte de vida, apesar de ser também um veículo para transmissão de muitas doenças que causaram e ainda causam muitas epidemias. A água tem papel fundamental na produção de bens indispensáveis à vida e ao bem estar de uma população mundial que em ritmo explosivo mais que quadruplicou, ao longo desse século (LIBOS e LIMA, 2002).

Segundo estes autores, existem diversos problemas advindos da explosão demográfica, podendo citar: fome, miséria, doenças, violências, crimes e falta de saneamento básico, sendo que um dos maiores problemas tem sido a degradação do meio ambiente. Os primeiros ambientes a sofrerem as conseqüências do aumento populacional são os corpos hídricos situados próximos aos perímetros urbanos. Estes foram transformados em receptores e diluidores de cargas orgânicas oriundas das atividades humanas, contudo, a grande maioria dessas cargas poluidoras tem sido lançada sem nenhum tipo de tratamento prévio, representando riscos potenciais à saúde humana, deteriorando a qualidade de vida.

A interferência do homem quer de uma forma concentrada, como na geração de despejos domésticos ou industriais, quer de uma forma dispersa, como na aplicação de agrotóxicos no solo, contribui na introdução de compostos na água, afetando sua qualidade (SPERLING, 2005).

Algumas resoluções ambientais consideram informações de carga poluidora, ou seja, relacionam informações qualitativas e quantitativas, no entanto, pouco se discute sobre a capacidade suporte do corpo hídrico.

Em relação às legislações vigentes para o estado do Rio Grande do Sul, a resolução 128 do Conselho Estadual do Meio Ambiente – CONSEMA (RS, 2006a) estabelece sobre a fixação de padrões de emissão de efluentes líquidos para de emissão que lança seus efluentes em águas superficiais, e a resolução 129 do Conselho Estadual do Meio Ambiente – CONSEMA (RS, 2006b), dispõe sobre a definição de critérios e padrões de emissão para toxicidade de efluentes líquidos

lançados em águas superficiais. Estas resoluções ambientais tem atribuído aspectos qualitativos e quantitativos para determinação do real impacto do efluente ao corpo hídrico receptor.

A resolução 128 CONSEMA (RS, 2006a), estabelece que para uma vazão (Q) entre $100 \leq Q < 200 \text{ m}^3 \text{ dia}^{-1}$ de efluente doméstico gerado, por fonte individualizada, deverão ser observados os seguintes padrões de emissão para os parâmetros: Demanda bioquímica de oxigênio em 5 dias (DBO_5), não exceder 120 mg L^{-1} , Demanda química de oxigênio (DQO), 330 mg L^{-1} , e Sólidos suspensos 140 mg L^{-1} .

A resolução 129 CONSEMA (RS, 2006b), aplica-se quando a vazão mínima do efluente doméstico da fonte geradora individualizada for igual ou superior a $10.000 \text{ m}^3 \text{ dia}^{-1}$, tendo o prazo de 8 anos a partir da data de sua publicação (novembro de 2006), para adequar o efluente de forma tal que não apresente toxicidade aguda para organismos-teste de, pelo menos, três diferentes níveis tróficos, tornando-se mais restritiva com o passar dos anos.

Em relação às restrições, o esgoto sanitário deve atender aos padrões de lançamento conforme a resolução do Conselho Estadual do Meio Ambiente – CONSEMA 128 (RS, 2006a), para os parâmetros: temperatura, sólidos sedimentáveis, pH, materiais flutuantes, óleos e graxas mineral e vegetal, DBO_5 , DQO, sólidos suspensos, nitrogênio amoniacal, coliformes termotolerantes e ainda, deverá atender aos padrões de emissão, listados no item 10 da resolução CONSEMA 128 (RS, 2006a). O Lodo proveniente do sistema de tratamento deverá ser previamente removido, desidratado e disposto adequadamente.

Neste sentido, técnicas de tratamento de efluentes exercem papel fundamental no tratamento e gerenciamento de efluentes domésticos e industriais, com objetivo de atingir os padrões oficiais de qualidade, para o ambiente aquático, proteção da saúde pública e para reuso e recirculação da água. As técnicas de tratamento convencionais e avançadas consistem em uma combinação de processos físicos, físico-químicos e biológicos (TESSELE, 2007).

O tratamento de efluentes é usualmente classificado através dos seguintes níveis: preliminar, primário, secundário e terciário. O tratamento preliminar objetiva apenas a remoção dos sólidos grosseiros, enquanto o tratamento primário visa à remoção de sólidos sedimentáveis e parte da matéria orgânica. Em ambos predominam os mecanismos físicos de remoção de poluentes. Já no tratamento secundário, no qual predominam mecanismos biológicos, o objetivo é principalmente a remoção da matéria orgânica e eventualmente nutrientes (nitrogênio e fósforo). Neste, são utilizados processos como o Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente e Manta de Lodo (UASB) e Biofiltros Aerados (BA). O tratamento terciário objetiva a remoção de poluentes específicos (usualmente tóxicos ou compostos não biodegradáveis) ou ainda, a remoção complementar de poluentes não suficientemente removidos no tratamento secundário. Neste tratamento, incluem-se os Processos Oxidativos Avançados (POA's).

Desta forma, ciente da problemática advinda da poluição aquática, a Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC) instalou em suas dependências uma planta de tratamento de esgoto (ETE), a fim de remover nutrientes e matéria orgânica. Conforme a Licença de Operação nº 4584/2007- DL (ANEXO D), expedida pela Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler – FEPAM, o tratamento do esgoto sanitário da ETE UNISC é realizado através de tratamento preliminar, com grade mecanizada e desarenador; tratamento primário (uma unidade), por digestor anaeróbio de fluxo ascendente (UASB); tratamento secundário (uma unidade), por filtro biológico percolador (BA), seguido de decantador secundário e lodo desidratado em leitos de secagem, sendo que a vazão máxima a ser lançada é de $360 \text{ m}^3 \text{ dia}^{-1}$ e uma população máxima atendida de 18.000 pessoas (estudantes e funcionários). O Arroio Lajeado é o corpo receptor do efluente tratado, através de lançamento indireto em galerias e canais pluviais. O efluente do Campus Universitário de Santa Cruz do Sul é composto por águas negras e amarelas advindas dos sanitários, sendo a urina o principal resíduo, em função da população flutuante média da universidade ser de 11.500 indivíduos por semestre.

Neste contexto, o presente estudo teve por objetivo avaliar a eficiência da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), da Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC), RS, Brasil, através da caracterização ecotoxicológica, variáveis físicas, químicas e microbiológicas.

Em relação à avaliação biológica foram utilizados ensaios ecotoxicológicos com os microcrustáceos *Daphnia magna*, para análise da toxicidade aguda, e *Ceriodaphnia dubia* para a análise da toxicidade crônica. O uso desta estratégia visou à utilização de espécies que apresentam respostas tóxicas em tempos diferentes; aguda quando se trata de uma resposta severa e rápida dos organismos aquáticos a um estímulo, que se manifesta em um intervalo de 0 a 96 horas, e crônica, correspondendo à resposta a um estímulo que continua por longo tempo, geralmente por períodos que podem abranger parte ou todo o ciclo de vida do organismo.

Além das análises ecotoxicológicas, foram realizadas análises físicas, químicas e microbiológicas, no intuito de avaliar com maior precisão o impacto que o efluente poderia potencialmente vir a causar ao corpo hídrico receptor, à luz das legislações ambientais vigentes.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar a eficiência da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), da Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC), RS, Brasil, através da caracterização ecotoxicológica, variáveis físicas, químicas e microbiológicas.

2.2 Objetivos específicos

- Cultivar e manter o organismo-teste *Daphnia magna* para realizar ensaios ecotoxicológicos agudos;
- Implantar a rotina de ensaios de toxicidade crônica com o organismo-teste *Ceriodaphnia dubia*;
- Cultivar e manter *Ceriodaphnia dubia* para realizar ensaios ecotoxicológicos crônicos;
- Avaliar a sensibilidade dos microcrustáceos *Daphnia magna* e *Ceriodaphnia dubia*, através de substância de referência;
- Realizar testes de toxicidade aguda e crônica do efluente bruto e tratado da ETE UNISC, utilizando os organismos-teste *Daphnia magna* e *Ceriodaphnia dubia*, respectivamente;
- Medir variáveis físicas, químicas e microbiológicas, visando à caracterização do efluente bruto e tratado proveniente da ETE UNISC;
- Avaliar a eficiência da ETE da UNISC, através da caracterização ecotoxicológica, física, química e microbiológica, à luz das legislações ambientais vigentes.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Efluentes domésticos e toxicidade

A água é um bem natural por apresentar-se como elemento da natureza indispensável à vida de todos os seres seja estes aquáticos ou terrestres. Recurso natural renovável que tem sofrido constantes alterações, principalmente em função das atividades antrópicas. As águas constituem o destino final de grande parte dos resíduos, neste sentido a preservação da água deve ser realizada, preventivamente, através do disciplinamento e da regularização do seu uso (BRANCO, 2003).

A crescente contaminação dos ambientes hídricos é inegável nas últimas décadas, sendo que um dos fatores importantes para esta constatação é o despejo de efluentes industriais sem tratamento adequado, contribuindo sensivelmente com a deteriorização da qualidade da água em vários países. Estudos demonstram que apesar das tecnologias e legislações para o tratamento de efluentes disponíveis, os níveis de contaminação das águas tem se agravado principalmente em áreas mais industrializadas (BORRELY et al., 2002).

As substâncias tóxicas persistem e se acumulam no meio ambiente, de forma prolongada, o que leva ao comprometimento da saúde do ecossistema, prejudicando não somente vegetais e animais, mas também o homem, através da transferência de contaminantes na cadeia trófica, pode vir a ser afetado (TONISSI e ESPÍNDOLA, 2002).

A água de abastecimento que entra no sistema urbano, uma boa parte, após utilização, transforma-se em esgoto. De maneira geral o esgoto doméstico é composto por matérias orgânicas e inorgânicas nas formas dissolvida, coloidal e em

suspensão, que se apresentam em diferentes proporções segundo múltiplas situações (PHILIPPI JÚNIOR, 2005).

Conforme Braga et al., (2005), esgoto é o termo usado para caracterizar os despejos provenientes dos diversos usos da água, como o doméstico, industrial, agrícola, uso em estabelecimentos públicos, entre outros. Os esgotos sanitários compreendem os despejos líquidos constituídos de esgotos domésticos e industriais lançados na rede pública e águas de infiltração. A parcela mais significativa dos esgotos sanitários é oriunda das residências, edifícios públicos e comerciais onde há concentração de sanitários, lavanderias, cozinhas, etc.

Os esgotos domésticos ou sanitários constituem-se basicamente de urina, fezes e água de banho, restos de comida, sabões, detergentes e águas de lavagem, variam qualitativamente em função da composição da água de abastecimento e dos diversos usos dessa água, estando constituído por aproximadamente 99,9% de líquido e 0,1% sólido. O material sólido deteriora a qualidade da água, já o líquido funciona como meio de transporte de inúmeras substâncias orgânicas, inorgânicas e microrganismos que são eliminados pelos seres humanos diariamente, através de seus dejetos.

Segundo a Resolução 129 do CONSEMA (RS, 2006b), o efluente líquido doméstico, caracteriza-se por ser um despejo líquido resultante do uso das águas para higiene e necessidade fisiológicas humanas.

Conforme Philippi Júnior (2005) é no lançamento dos esgotos que o estresse ambiental se acentua, uma vez que quando lançado em algum corpo de água corrente o impacto sobre a vida pode ser drástico. O efeito depende de fatores como a vazão do efluente e do córrego ou rio receptor. Quanto maior a vazão do efluente e menor a do corpo receptor, maior será o impacto.

Doenças e infecções podem ser transmitidas quando não ocorre uma disposição adequada dos esgotos, ou seja, a disposição adequada é essencial para

proteção da saúde pública evitando epidemias como cólera, hepatite e verminoses. A preservação do meio ambiente também é de suma importância visto que as substâncias presentes no esgoto exercem função deletéria sobre os corpos d'água. A matéria orgânica pode ocasionar a baixa ou mesmo a falta de oxigênio dissolvido, ocasionando a morte de peixes, microorganismos aquáticos, turbidez e odores. Os detergentes provocam formação de espumas e os nutrientes em excesso provocam adubação da água, fenômeno conhecido como eutrofização, que ocasiona o crescimento acelerado de vegetais microscópicos associados a estes odor e gosto desagradáveis (BRAGA et al., 2005).

Conforme o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, a pesquisa sobre saneamento básico realizada em 2000 apontou um quadro preocupante dos municípios brasileiros. Aproximadamente 98% dos municípios dispunham de serviço de abastecimento de água e quase 100% com coleta de lixo, sendo que somente 52% deles tinham coleta de esgoto, 20% ofereciam algum tipo de tratamento, e aproximadamente 64% dos municípios dispunham os seus resíduos sólidos em lixões (IBGE, 2000).

As grandes diferenças regionais aumentam ainda mais a preocupação após verificar que pelo menos 92% dos municípios da região Norte e 82% da região Centro-Oeste não dispunham de rede coletora de esgotos, já na região Sudeste, registrou-se apenas 7% dos municípios com esta deficiência (IBGE, 2000).

Em Santa Cruz do Sul, conforme informações fornecidas pela Companhia Riograndense de Saneamento – CORSAN (inf. verbal), no ano de 2009 apenas 12 a 13% do esgoto doméstico passa por tratamento. Tem-se hoje cerca de somente 4.500 ligações que levam o esgoto a um destino de tratamento adequado.

Conforme o descrito em Sperling (2005), o tratamento dos esgotos é usualmente classificado através dos níveis: preliminar, primário, secundário e terciário (apenas eventualmente), (Tab.1).

Tabela 1. Níveis do tratamento em esgotos.

Níveis	Remoção
Preliminar	- Sólidos em suspensão grosseiros. Ex: Materiais de maiores dimensões e areia.
Primário	- Sólidos em suspensão sedimentáveis; - DBO ₅ em suspensão, associada à matéria orgânica componente dos sólidos em suspensão sedimentáveis.
Secundário	- DBO ₅ em suspensão, caso não haja tratamento primário: DBO ₅ associada à matéria orgânica em suspensão presente no esgoto bruto; - DBO ₅ em suspensão, finamente particulada, caso não haja tratamento primário: DBO ₅ associada à matéria orgânica em suspensão não sedimentável, não removida no tratamento primário; - DBO ₅ solúvel associada à matéria orgânica na forma de sólidos dissolvidos, presentes nos esgotos brutos ou no efluente com tratamento primário, pois os sólidos dissolvidos não são removidos por sedimentação.
Terciário	- Nutrientes, organismos patogênicos, compostos não biodegradáveis, metais pesados, sólidos inorgânicos dissolvidos, sólidos em suspensão remanescentes.

A toxicidade de agentes químicos no meio hídrico é avaliada por meio de ensaios ecotoxicológicos, com organismos representativos da coluna d' água. O conhecimento da toxicidade desses agentes, além do estabelecimento de limites permissíveis de várias substâncias químicas para proteção da vida aquática, avalia o impacto momentâneo que esses poluentes causam à biota aquática (ARAÚJO e ARAGÃO, 2006).

Mortandades de organismos aquáticos são frequentes em ambientes naturais que sofrem efeitos provocados por ações antrópicas. Em episódios de mortandade de peixes ou outros organismos, nem sempre é possível identificar as substâncias ou condições responsáveis pela letalidade, fato este devido principalmente a grande diversidade e complexidade dos componentes químicos existentes, além da dificuldade em selecionar a análise química a ser avaliada. Devido a esta limitação, os ensaios ecotoxicológicos, juntamente com as análises físicas e químicas devem

ser utilizados para avaliar a qualidade das águas durante estas ocorrências (BERTOLETTI e ZAGATTO, 2006).

3.2 Legislação

Com a consolidação de uma legislação de regulamentação e controle para despejos líquidos, muitas indústrias em operação são obrigadas a implantar seus próprios sistemas de tratamento na busca de soluções para a variável ambiental. A defesa ambiental tornou-se uma premissa social, sendo necessária uma política que garanta a proteção, conservação e uso sustentado dos recursos naturais, assegurando um desenvolvimento harmonioso e equilibrado (CLASS, 1994).

Os padrões nacionais são definidos por cada país, baseando-se nas características específicas do país. Dependendo de cada estrutura política do país, padrões regionais podem ser também estabelecidos, para cada estado ou outra forma de divisão política. Os padrões regionais podem ser iguais ou mais restritivos do que os correspondentes padrões nacionais (SPERLING, 2005).

Quanto ao controle ecotoxicológico de efluentes os instrumentos legais se tornaram cada vez mais explícitos nos últimos anos. Isto torna-se evidente no parágrafo 1º do artigo 34 da resolução 357 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA (Brasil, 2005), onde prescreve que o efluente não poderá causar ou possuir potencial para causar efeitos tóxicos ao corpo receptor, de acordo com os critérios de toxicidade estabelecidos pelo órgão ambiental competente.

No Rio Grande do Sul, a legislação pertinente parte do Conselho Estadual do Meio Ambiente – CONSEMA, através da resolução 129 de novembro de 2006, que dispõe sobre definições, critérios e padrões de emissão para toxicidade de efluentes líquidos lançados em águas superficiais. Verifica-se que os órgãos produtores de efluentes líquidos precisam adequar-se aos padrões de emissão. Para isso, são utilizados ensaios ecotoxicológicos e a escolha do teste de toxicidade a ser ensaiado

para cada empreendimento determina-se através da vazão do efluente líquido gerado, sendo que pode compreender a toxicidade aguda para três diferentes níveis tróficos, a toxicidade crônica para dois diferentes níveis tróficos e a genotoxicidade (RS, 2006b).

Para as atividades geradoras de efluentes líquidos domésticos, em uma cidade de 50 mil a 150 mil habitantes a resolução 129 do CONSEMA (RS, 2006b), estabelece que para uma vazão mínima de 10.000 m³ d⁻¹, haverá um prazo de até oito anos no qual o efluente não deverá apresentar toxicidade aguda para organismos testes de três diferentes níveis tróficos. Prazo de até doze anos no qual o efluente não deverá apresentar toxicidade crônica para organismos teste de pelo menos dois diferentes níveis tróficos e prazo de até quatorze anos, no qual o efluente não deverá apresentar genotoxicidade.

Atualmente, vários ensaios de toxicidade já se encontram padronizados, nacional ou internacionalmente, por associações ou organizações de normalizações como a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), Institut für Normung (DIN) e a Internacional Organization for Standarditization (ISO).

Bertoletti e Nieto (2008) descrevem que para atender os critérios e padrões de emissão para toxicidade de efluentes líquidos, a ABNT dispõem de vários métodos normatizados, para quantificação dos efeitos tóxicos do efluente como segue:

Para efluentes lançados em água doce:

- ABNT – NBR 12713 (Ensaio com *Daphnia* spp. – ecotoxicidade aguda);
- ABNT – NBR 13373 (Ensaio com *Ceriodaphnia* spp. – ecotoxicidade crônica);
- ABNT – NBR 12648 (Ensaio com algas – ecotoxicidade crônica);
- ABNT – NBR 15088 (Ensaio com peixes – ecotoxicidade aguda);
- ABNT – NBR 15499 (Ensaio com peixes – ecotoxicidade crônica).

Para efluentes lançados em água marinha ou estuarina:

- ABNT – NBR 15308 (Ensaio com misidáceos – ecotoxicidade aguda);
- ABNT – NBR 13373 (Ensaio com ouriço do mar – ecotoxicidade crônica);
- ABNT – NBR 15411 (Ensaio com *Vibrio fischeri* – ecotoxicidade aguda).

Todos os métodos seguem um mesmo princípio, onde os organismos testes são submetidos às diferentes diluições do efluente por um determinado período de tempo. Decorrido este período, registra-se a porcentagem do efeito tóxico e seguidamente calcula-se o resultado do ensaio ecotoxicológico (BERTOLETTI e NIETO, 2008).

3.3 Processos utilizados no tratamento de esgotos

As tecnologias de tratamento de esgoto são desenvolvidas tendo como principal referência o lançamento em corpos d' água. As exigências para atender aos padrões de qualidade dos corpos receptores são restritivas, em decorrência da fragilidade dos ecossistemas aquáticos. Desta forma, necessita-se de substancial redução de carga orgânica biodegradável e de sólidos em suspensão, de micronutrientes como nitrogênio e fósforo, de remoção ou inativação de diversos grupos de organismos patogênicos, além do controle das concentrações de constituintes químicos com propriedades tóxicas à saúde humana e à biota aquática. (CHERNICHARO et al., 2006).

Os reatores tipo UASB, (Fig. 1), vêm sendo utilizados amplamente no tratamento de esgotos domésticos e águas residuárias, contribuindo para a disseminação das tecnologias de tratamento anaeróbio no Brasil e outros países. O sistema anaeróbio torna-se bastante atrativo nos países de clima tropical e subtropical, face às condições ambientais (CHERNICHARO, 1997). No entanto, Gonçalves et al., (1997) mencionam que o efluente do reator UASB normalmente, não alcança os padrões de lançamento nos corpos hídricos exigidos pela legislação ambiental, desta forma, faz-se necessário a utilização de processos complementares.

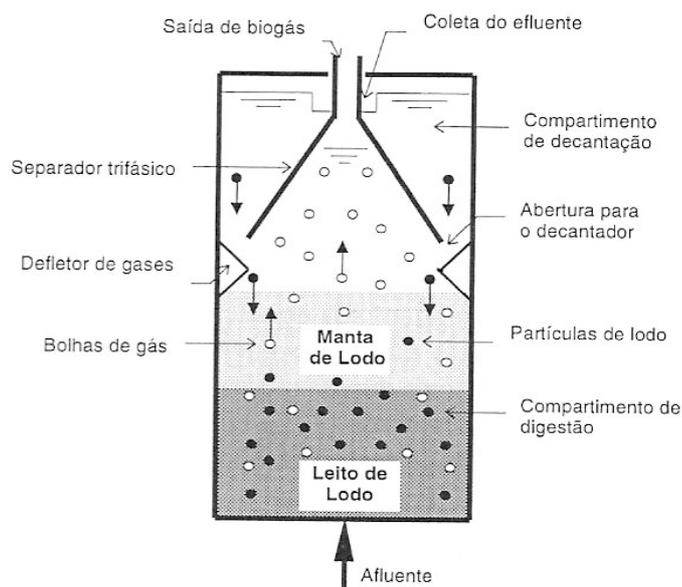


Figura 1. Etapas de um reator anaeróbico de fluxo ascendente e manta de lodo.

Os reatores UASB possuem vantagens como a capacidade de suportar altas taxas de carga orgânica, simplicidade construtiva, baixa demanda de área e baixos custos operacionais. O processo ocorre com o fluxo ascendente dos esgotos através de um leito de lodo denso e com elevada atividade. A estabilização da matéria orgânica ocorre em todas as zonas de reação, no leito e na manta de lodo (CHERNICHARO, 1997).

A mistura ocorre pelo fluxo do esgoto que é ascendente e pela produção de bolhas de gás. O esgoto entra pelo fundo e o efluente deixa o reator por meio de um decantador interno localizado na parte superior do reator. Na parte superior possui o separador trifásico (gases, sólidos e líquidos), permitindo a retenção e o retorno do lodo. Deste modo, o lodo retorna garantindo a biomassa de elevada atividade, assim as partículas mais pesadas são removidas da massa líquida e retornam ao compartimento de digestão e as partículas mais leves são perdidas com o efluente final. Mesmo com a perda de partículas leves o tempo médio de residência de sólidos no reator é suficiente para manutenção da biomassa de microorganismos

produtores de metano. Os primeiros modelos de reatores com estas características foram produzidos na Holanda (CHERNICHARO, 1997).

No reator UASB, a DBO é convertida anaerobicamente, por um consórcio de bactérias presentes no manto de lodo do reator. O fluxo do líquido é ascendente, uma vez que a parte superior do reator é dividida nas zonas de sedimentação e produção de gás. A zona de sedimentação faz com que o efluente saia clarificado. Entre os gases formados encontra-se o metano. Neste sistema dispensa-se o decantador primário, pois a produção do lodo é baixa e sai adensado e estabilizado. Os reatores UASB podem ser utilizados de forma isolada, ou seguido de algum pós-tratamento, objetivando elevar a eficiência global de remoção da matéria orgânica ou incorporar a remoção adicional de outros constituintes (CHERNICHARO et al., 2006).

O biofiltro aerado BA (Fig. 2), surge como uma promissora alternativa para o tratamento complementar de efluente de reatores UASB. Trata-se de uma modalidade de tratamento cujas principais características são a existência de um leito suporte para a adesão de microorganismos, que pode ser estruturado ou granuloso, e de um sistema de aeração por ar difuso (HIRAKAWA et al., 2002; CHERNICHARO et al., 2006).

Chernicharo (1997) descreve o biofiltro aerado constituindo-se de um tanque composto com material poroso, onde o esgoto e ar fluem de forma permanente. O meio poroso é mantido imerso pelo fluxo hidráulico em praticamente todos os processos, caracterizando-os como reatores trifásicos constituídos pelas fases:

- Sólida: composta pelo meio suporte e microorganismos que nele se desenvolvem formando um biofilme;
- Líquida: constituída pelo líquido que escoar através do meio poroso;
- Gasosa: formada pela aeração artificial e em menor escala pelos gases da atividade biológica.

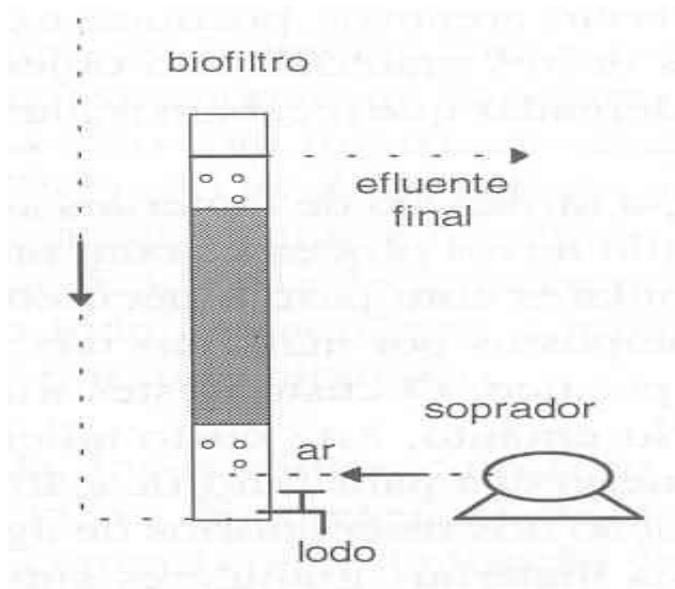


Figura 2. Modelo de biofiltro aerado.

Os biofiltros aerados com leito filtrante têm sido muito utilizados nas estações de tratamento de esgotos, sendo que uma das principais vantagens desta tecnologia é a possibilidade de gerar estações com baixo impacto ambiental, passíveis de serem cobertas e desodorizadas com relativa simplicidade. Outras vantagens são a compactidade, o aspecto modular, a rápida entrada em regime, a resistência ao choque de cargas, a ausência de clarificação secundária e a resistência às baixas temperaturas do esgoto (GONÇALVES et al., 2009).

Segundo estes autores, um biofiltro aerado constitui-se em um tanque preenchido com material permeável como pedras, ou material plástico, onde os esgotos são aplicados em gotas ou jatos. Posteriormente os esgotos percolam em direção aos drenos de fundo. Esta percolação permite o crescimento bacteriano na superfície da pedra ou do material de enchimento, na forma de uma película fixa denominada biofilme. O esgoto passa sobre o biofilme, promovendo o contato entre os microrganismos e o material orgânico. Os biofiltros aerados podem operar com fluxo ascendente ou descendente. O fornecimento de ar para aeração é realizado através de difusores de bolhas grossas, colocados na parte inferior do filtro e alimentados por sopradores.

No Brasil, a maior aplicação dos biofiltros aerados tem sido como pós-tratamento de efluentes de reatores UASB. Há uma grande economia de energia nos biofiltros, advinda da maior eficiência de remoção de DBO nos reatores UASB. O lodo em excesso removido pela lavagem dos filtros é retornado ao reator UASB, onde sofre adensamento e digestão, conjuntamente com o lodo anaeróbio. O lodo misto resultante necessita apenas de desidratação (CHERNICHARO et al., 2006).

Informações operacionais com tratamento de esgoto doméstico a nível secundário com reator UASB (46L), associado a um filtro biológico BA foram descritos por Gonçalves et al., (1997), onde foi observada uma alta eficiência no tratamento. O período amostral teve duração de 322 dias, a carga hidráulica e orgânica foi incrementada com dois reatores. O UASB, foi testado com as seguintes cargas hidráulicas: 0,4 m³/m².h (16h); 0,6 m³/m².h (10h); 0,8 m³/m².h (6h); 1,45 m³/m².h (4h). Operando o reator UASB com tempo de detenção hidráulica (TDH) 6 horas, o que correspondeu a um TDH de 11 minutos no meio granular do filtro, as eficiências médias de sólidos suspensos, demanda bioquímica de oxigênio em 5 dias e a demanda química de oxigênio foram respectivamente: 94%, 96% e 91%. O efluente final, correspondente ao efluente do filtro, apresentou as seguintes médias: sólidos suspensos totais com 10 mg L⁻¹, demanda bioquímica de oxigênio em 5 dias com 9 mg L⁻¹ e demanda química de oxigênio com 38 mg L⁻¹.

O biofiltro aerado é considerado como excelente opção para o tratamento secundário de reatores UASB, devido a sua alta capacidade de remover os compostos solúveis e a retenção de partículas em suspensão presentes no efluente. Os reatores UASB, podem substituir os decantadores primários, pois removem com alta eficiência os sólidos suspensos presentes no esgoto bruto e reduzem em torno de 70% da carga orgânica. A razoável eficiência do reator UASB na remoção do material carbonáceo, além da baixa produção de lodo e o reduzido consumo de energia no estágio secundário do BA, são vantagens da utilização dos processos UASB + BA (GONÇALVES et al., 1997).

3.4 Caracterização analítica

O fósforo ocorre em águas naturais e residuais somente na forma de fosfatos; e fosfatos organicamente ligados. Os fosfatos orgânicos ocorrem dissolvidos em partículas provenientes de detritos e corpos de organismos aquáticos. Quando a concentração de fosfatos aumenta acima de $0,3 \text{ mg L}^{-1}$ a água é suspeita de ser poluída por esgotos domésticos, efluentes industriais, detritos orgânicos e fertilizantes e detergentes. O fósforo organicamente ligado, proveniente de processos biológicos, é essencial para os seres vivos. No entanto, o fósforo em excesso proveniente de efluentes domésticos pode causar eutrofização (POHLING, 2009).

O nitrogênio total e orgânico está presente na natureza nas formas inorgânicas e orgânicas. O nitrogênio ligado organicamente no estado trinegativo é definido como nitrogênio orgânico e inclui aminas, amidas e aminoácidos, peptídeos, proteínas, ácidos nucleicos e uréia. Fezes e urina têm concentrações aproximadas (peso seco) de nitrogênio que variam de 5 a 7% e de 15 a 19%, respectivamente. As formas inorgânicas são amônio, nitrato e nitrito, além do nitrogênio gasoso e ar (JERÔNIMO, 1998). O Nitrogênio Kjeldahl é a soma do nitrogênio orgânico e nitrogênio amoniacal, ou seja é a determinação do nitrogênio no estado trivalente (APHA, 2005).

O nitrito (NO_2^-) é um composto de oxigênio e nitrogênio no estado de oxidação intermediária de nitrogênio na água. As fontes de poluição com nitrito encontram-se as decomposições de compostos orgânicos nitrogenados provenientes de esgoto doméstico, como proteínas de fezes, uréia de urina etc. O amônio gerado nesta decomposição é oxidado, pela ação de bactérias, para nitrito em seguida para nitrato (POHLING, 2009).

Conforme o mesmo autor, o nitrato (NO_3^-) é um composto de nitrogênio com oxigênio no estado de oxidação mais alto que pode ocorrer com o elemento nitrogênio. Quantidades pequenas podem ocorrer em efluentes domésticos recentes, mas em efluentes de estações de tratamento biológico nitrificantes, a ocorrência é significativa e pode alcançar até 30 mg L^{-1} . As fontes de poluição por nitrato são as decomposições de compostos orgânicos nitrogenados, provenientes de esgoto doméstico. Os compostos como nitrogênio orgânico (proteínas, ureia e amônia) são considerados fontes potenciais de nitrato. Os nitratos são também amplamente utilizados na agricultura.

A amônia (matéria nitrogenada inorgânica) pode apresentar-se tanto na forma de íon (NH_4^+), como na forma livre não ionizada (NH_3), segundo um equilíbrio dinâmico. O aumento do pH e da temperatura contribui para o aumento da fração não ionizada (NH_3) e para a redução da fração ionizada (NH_4^+), o que é muito importante, visto que a amônia livre (NH_3) é extremamente tóxica (SPERLING, 1996).

A demanda química de oxigênio (DQO) define o consumo deste para oxidar compostos orgânicos na água através da oxidação química com dicromato de potássio em meio fortemente ácido e em condições controladas (temperatura e tempo de reação). A DQO é um parâmetro indispensável na caracterização da qualidade de esgotos domésticos e efluentes industriais. O uso desta metodologia é amplamente aplicada na determinação da matéria orgânica em estações de tratamento, como também na determinação do nível da poluição orgânica em recursos hídricos naturais (APHA, 2005).

A demanda bioquímica de oxigênio em 5 dias (DBO_5) é a forma mais utilizada para medir a quantidade de matéria orgânica presente. Esta determinação mede a quantidade de oxigênio necessária para estabilizar biologicamente a matéria orgânica presente em uma amostra, após um tempo determinado para efeito de comparação em 5 dias, com temperatura padronizada a 20°C (BRAGA et al., 2005).

O corpo hídrico receptor define-se como qualquer coleção de água superficial que recebe o lançamento de efluentes líquidos, sendo que a vazão de lançamento é determinada como o volume de efluente líquido lançado na unidade de tempo (RS, 2006b).

A Vazão máxima de lançamento de efluente ($Q_{\text{máx}}\text{efl}$) equivale ao volume máximo diário de efluente, medido por metro cúbico, originário de fontes potencialmente poluidoras, lançada direta ou indiretamente em corpos receptores (RS, 2006b).

A Vazão mínima do corpo receptor (Q_{min}) equivale ao menor valor da média das vazões de sete dias consecutivos para o período de retorno de 10 anos ($Q_{7.10}$). Na inexistência de dados históricos de vazão, poderá ser adotado outro método aceito pela comunidade científica para esta determinação (RS, 2006b).

A Vazão ou descarga de esgoto, expressa a relação entre a quantidade do esgoto transportado em um período de tempo, sendo que a quantidade deverá estar relacionada com a duração do seu escoamento (CETESB, 1992).

A CER é a concentração do efluente lançada no corpo receptor. A CER-EA é a concentração do efluente no corpo receptor utilizada para determinar a concentração do efluente tratado com vistas à prevenção de efeito agudo, e a CER-EC é utilizada para prevenção de efeito crônico (CETESB, 1992).

Conforme a NBR 12713 (ABNT, 2004), o fator de toxicidade (FT) equivale a CE_{zero} e deve ser determinado através da observação direta da mobilidade dos organismos na série de soluções-teste, não sendo calculado estatisticamente, uma vez que representa o menor valor de diluição da amostra na qual não se observa imobilidade maior que 10% nos organismos expostos. O resultado deve ser expresso por número inteiro.

O padrão de emissão refere-se ao valor máximo permitido atribuído a cada parâmetro passível de controle, para lançamento de efluentes líquidos, a qualquer momento, direta ou indiretamente, em águas superficiais (RS, 2006a).

3.5 Ecotoxicologia

O termo ecotoxicologia deriva de uma associação de conhecimentos da ecologia com os da toxicologia, surgindo assim o termo “ecotoxicologia”. Esta definição foi amplamente discutida em fóruns, sendo que em 1976 foi conceituada como a ciência que estuda os efeitos das substâncias naturais ou sintéticas sobre os organismos vivos, populações e comunidades, animais e vegetais, terrestres ou aquáticos, que constituem a biosfera, incluindo a interação das substâncias com o meio ambiente na qual os organismos vivem (ZAGATTO, 2006).

Conforme o mesmo autor, a ecotoxicologia é a moderna ciência que estuda o impacto potencialmente deletério de substâncias ou compostos químicos que constituem poluentes ambientais sobre os organismos vivos.

Os autores Azevedo e Chasin (2003) citam algumas diferenças entre a toxicologia clássica da ecotoxicologia. A toxicologia clássica tem por objetivo proteger os seres humanos da ação de substâncias tóxicas, sendo as concentrações associadas ou não aos efeitos adversos. A espécie alvo é o ser humano, sendo que a quantidade da substância pode ser medida mais precisamente, assim como serem estabelecidas vias de exposição. Os métodos para avaliação são fundamentados em certezas e limites.

A ecotoxicologia é empregada para relacionar os efeitos tóxicos das substâncias químicas e dos agentes físicos sobre os organismos vivos, especialmente em populações e comunidades de um ecossistema definido, bem como os caminhos da transferência destes agentes e sua interação com o meio ambiente (AZEVEDO e CHASIN, 2003).

Segundo os mesmos autores, na ecotoxicologia objetiva-se proteger populações e comunidades de diferentes espécies da ação de substâncias tóxicas em concentrações que podem estar associadas a efeitos adversos. É difícil conhecer e testar todas as espécies envolvidas. Os organismos testes vivem em ambientes diversos, sendo que a exposição ocorre através de concentrações. Os ensaios são relativamente novos e padronizados, entretanto, frequentemente é incerto prever os impactos ambientais e de proteção aos ecossistemas.

Os primeiros ensaios de toxicidade com despejos industriais foram realizados entre 1863 e 1917, no entanto, somente na década de 1930 foram implementados alguns testes de toxicidade aguda com organismos aquáticos, objetivando o estabelecimento da relação causa/efeito de substâncias químicas e despejos líquidos (ZAGATTO, 2006).

Conforme o mesmo autor, a primeira iniciativa em termos de métodos na área da ecotoxicologia no Brasil, deu-se em 1971, onde foram expostos peixes da espécie tilápia, com efluente de uma indústria na região de São Paulo. Sendo que em 1971, já se falava da problemática da presença de agentes tóxicos para a fauna e flora, bem como interferências deletérias para a autodepuração dos corpos de água e as prevenções necessárias principalmente às águas de abastecimento. Em 1975, foram desenvolvidos e adaptados vários métodos agudos e crônicos utilizando outros grupos de organismos, sendo que, neste mesmo período houve um grande avanço no conhecimento da ecotoxicologia nas universidades brasileiras e entidades do meio ambiente.

Na Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental de São Paulo – CETESB, os estudos ecotoxicológicos iniciaram em 1977, com ênfase na determinação de efeitos tóxicos de poluentes individuais sobre os organismos aquáticos autóctones. Neste mesmo tempo foram adaptadas e testadas várias metodologias de ensaios ecotoxicológicos, compreendendo organismos tais como algas, microcrustáceos e peixes. Em meados de 1984 vários estudos foram

direcionados ao conhecimento da ecotoxicidade de emissões líquidas, em diversas regiões do Estado de São Paulo, como Cubatão, Grande São Paulo, Vale do Paraíba do Sul, Piracicaba e Paulínia (CETESB, 2008).

3.6 Monitoramento ecotoxicológico

O planejamento ambiental surge como consequência do reconhecimento da importância da questão ambiental nos últimos anos, final da década de 1980 e revigora os métodos e técnicas utilizadas no planejamento, por meio da inserção de parâmetros ambientais (PHILIPPI JÚNIOR, 2005).

Segundo Knie e Lopes (2004), medidas corretivas são necessárias para impedir a contaminação da poluição sistemática dos recursos hídricos, através da fiscalização no manejo da liberação de produtos químicos ao meio ambiente, assim como um controle eficiente da qualidade das águas e dos caminhos da sua contaminação.

A contaminação dos ecossistemas aquáticos vem sendo causada por um número crescente de poluentes, e estes interagem de acordo com suas características e com as condições do corpo receptor, estando sujeitos a modificações químicas, físicas e biológicas. A complexidade e variabilidade de compostos orgânicos e inorgânicos que atingem o corpo hídrico torna impossível o estabelecimento de valores máximos permissíveis a serem lançadas em ambientes aquáticos por meio apenas de análises físicas e químicas (COSTA e ESPÍNDOLA, 2002).

Atividades antropogênicas sejam estas industriais, agropecuárias ou esgotos domésticos, fazem com que comunidades, principalmente as aquáticas, estejam propícias a profundas alterações. Diante destes fatores, o monitoramento dos recursos hídricos faz-se necessário para a preservação da biota aquática e

melhorias na qualidade da água para consumo humano (LOBO e CALLEGARO, 2000).

Estes autores consideram a avaliação da qualidade da água em dois aspectos. No primeiro aspecto são utilizados os métodos analíticos físicos e químicos. No segundo aspecto consideram os métodos biológicos de avaliação, através da utilização de bioindicadores. Desta forma, verifica-se uma avaliação mais complexa, do que somente o uso isolado das características físicas e químicas. Estabelecem ainda, que os métodos biológicos agem complementarmente, constituindo em um resultado correto e integrado da qualidade da água.

Conforme a resolução 357 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA (Brasil, 2005), o monitoramento compreende a medição de parâmetros de qualidade, bem como a quantidade de água, podendo está ser contínua ou periódica, utilizada para acompanhamento da condição e controle da qualidade do corpo da água.

Conforme Costa e Espíndola (2002), a caracterização do sistema aquático deverá possuir a capacidade de extrapolar as análises físicas e químicas. A avaliação dos efeitos sobre componentes biológicos, através de testes de toxicidade e biomonitoramento, representa a forma mais efetiva para predizer e detectar impactos diversos, ou seja, o conjunto das análises físicas químicas e bioensaios analisam o efeito global do sistema biótico.

Segundo Zagatto e Bertoletti (2006), o biomonitoramento ecotoxicológico estuda os impactos potencialmente deletérios de substâncias ou compostos químicos, que agem como poluentes sobre os organismos vivos. Assim através da ecotoxicologia têm-se várias aplicações como, por exemplo; estabelecer critérios e padrões de qualidade da água, estabelecer limites máximos de lançamentos de efluentes líquidos em corpos hídricos; avaliar a toxicidade relativa de diferentes substâncias; avaliar a sensibilidade relativa de organismos aquáticos e subsidiar programas de monitoramento ambiental.

Neste contexto, a ecotoxicologia aquática surgiu como uma forma mais eficiente de controle e prevenção da qualidade da água, principalmente em ambientes propícios a emissões de contaminantes de difícil identificação. A utilização dos ensaios de toxicidade é uma ferramenta capaz de observar o impacto que substâncias químicas ou misturas complexas exercem sobre os organismos vivos, por meio de condições controladas (ALMEIDA et al., 2002).

Os ensaios ecotoxicológicos são imprescindíveis, pois fornecem informações em laboratório dos efeitos resultantes de efluentes complexos, através de medidas mitigadoras, possibilita-se a minimização do impacto ambiental e a garantia da vida aquática (BRENTANO e LOBO, 2004).

3.7 Organismos utilizados nos ensaios ecotoxicológicos

Lobo et al., (2006), consideram alguns critérios para a seleção dos organismos utilizados na avaliação de efeitos toxicológicos, dentre estes disponibilidade e abundância, facilidade de cultivo no laboratório e a biologia dos organismos ser conhecida. Preferencialmente utilizar espécies autóctones, considerando aquelas mais representativas para o ecossistema impactado.

Bertoletti e Domingues (2006) mencionam, em relação à sensibilidade, que a espécie utilizada deve ser bastante sensível a uma diversidade de agentes químicos; ter conhecimento prévio da biologia da espécie, como a reprodução hábitos alimentares, fisiologia e comportamento; utilizar espécies de pequeno porte e ciclo de vida não muito longo, situam-se neste contexto os cladóceros *Daphnia* e *Ceriodaphnia*; a disponibilidade dos organismos; espécies com estabilidade genética e que possibilitam a obtenção de lotes uniformes de organismos, os microcrustáceos *Daphnia* e *Ceriodaphnia*, por serem partenogénicos preenchem ambos requisitos por completo.

Todavia, segundo os mesmos autores, os organismos aquáticos estão inseridos em uma cadeia trófica ou alimentar cuja transferência de energia se dá de um organismo a outro. As algas e outros vegetais são a base da cadeia alimentar e são denominados seres autótrofos ou produtores. Os demais organismos, com exceção de alguns que realizam quimiossíntese, se beneficiam dessa produção são denominados heterótrofos: consumidores e os decompositores.

Azevedo e Chasin (2003) reportam alguns critérios na escolha do organismo teste, como a representatividade em relação a um determinado grupo importante ecologicamente, facilidade de manutenção em laboratório e populações uniformes (estabilidade genética). Os parâmetros de avaliação ecotoxicológica devem, sempre que possível, contemplar diferentes níveis tróficos, tais como:

- **Produtores (algas).** Organismos testes *Scenedesmus subspicatus* e *pseudokirchneriella subcapitata*;
- **Consumidores primários (microcrustáceos).** Organismos testes *Daphnia magna* e *daphnia similis*;
- **Consumidores secundários (peixes).** Organismos testes *Danio rerio* e *Pimephales promelas*;
- **Decompositores (bactérias).** Organismos testes *Photobacterium phosphorium* e *Vibrio fischeri*.

Em relação à idade dos organismos, são utilizados indivíduos jovens, frequentemente mais sensíveis aos produtos tóxicos que os adultos. Por este fato, os organismos requisitados para os ensaios estão nos primeiros estágios de desenvolvimento. Em um mesmo ensaio, todos os organismos devem possuir a mesma idade e devem ser provenientes de uma mesma fonte.

No laboratório de Ecotoxicologia da Central Analítica da Universidade de Santa Cruz do Sul, são desenvolvidos ensaios de toxicidade aguda com o microcrustáceo *Daphnia magna* desde 1999. Frente às condições ambientais cada dia mais perturbadoras ao ambiente hídrico, evidenciou-se a necessidade em ampliar os pesquisas com respostas mais sutis. Deste modo, através do presente trabalho

pretendeu-se ampliar as análises ecotoxicológicas com mais uma espécie, o microcrustáceo *Ceriodaphnia dubia*. Consequentemente o Laboratório, estará apto à realização de ensaios de toxicidade aguda e crônica.

3.8 Ensaios de toxicidade aguda e crônica

Os testes ecotoxicológicos compreendem os agudos e crônicos. O ensaio de toxicidade aguda avalia o efeito deletério mortalidade/imobilidade dos organismos teste. Observa-se em geral imobilidade para invertebrados e mortalidade para peixes, causado por amostra simples ou composta em um curto período de exposição, em relação ao seu ciclo de vida, geralmente de um a quatro dias (ARAÚJO e ARAGÃO, 2006).

Conforme a CETESB (1992), o efeito agudo trata-se de uma resposta severa e rápida dos organismos aquáticos a um estímulo, que se manifesta em geral num intervalo de 0 a 96 horas. Normalmente o efeito é a letalidade ou alguma outra manifestação do organismo que a antecede, como por exemplo, o estado de imobilidade de alguns microcrustáceos. Para avaliar os efeitos agudos em testes ecotoxicológicos, geralmente usa-se a concentração letal CL(I)50 ou a concentração efetiva CE(I)50, que corresponde a concentração nominal da amostra no início do ensaio, que causa efeito agudo a 50% dos organismos no tempo de exposição. Essa é a resposta considerada mais significativa para ser explorada em uma população. Geralmente efeitos agudos de agentes tóxicos são observados no ambiente em decorrência da aplicação inadequada de agrotóxicos, ou quando indústrias liberam diretamente efluente não tratado em um corpo receptor.

O microcrustáceo *Daphnia magna* é uma espécie amplamente utilizada em ensaios de toxicidade aguda. Conforme Ruppert e Barnes (1996); Norma Brasileira 12713 (ABNT, 2004), *Daphnia magna* STRAUS 1820, classifica-se taxonomicamente no Filo Arthropoda, subfilo, Crustácea, classe Branchiopoda, ordem Diplostraca, subordem Cládocera. Apresenta de 5,0 a 6,0 mm de

comprimento, atua como consumidor primário na cadeia alimentar aquática e se alimenta por filtração de material particulado em suspensão. Sua reprodução ocorre via partenogênese. É um organismo exótico com ampla distribuição no hemisfério Norte.

Todavia, segundo Araújo e Aragão (2006), nos ensaios de toxicidade crônica observa-se o efeito deletério que afeta uma ou mais funções biológicas dos organismos vivos, como sobrevivência, crescimento, reprodução comportamento, em um período de exposição que pode abranger todo o seu ciclo de vida ou fases de seu desenvolvimento. Exposições em níveis subletais do agente químico nos organismos teste pode não levar a morte, mas pode causar distúrbios fisiológicos ou comportamentais a longo prazo. Desta forma, verificam-se os efeitos mais sutis aos organismos expostos.

De modo geral, os efeitos crônicos são subletais e são observados em situações em que as concentrações do agente tóxico permitem a sobrevivência do organismo, embora afetem uma ou várias de suas funções biológicas, tais como reprodução, desenvolvimento de ovos, crescimento e maturação. Para avaliar estes efeitos utilizam-se testes de toxicidade crônica, nos quais é determinada a concentração do agente tóxico que não causa efeito observado (CENO(I)) – Concentração de Efeito Não Observado). Quando efluentes líquidos mesmo tratados são lançados de forma contínua no ambiente aquático, podem ocorrer efeitos crônicos, uma vez que os organismos são expostos a baixas concentrações de determinados poluentes durante longos períodos de tempo (CETESB, 1992).

Os ensaios crônicos são amplamente difundidos com o microcrustáceo *Ceriodaphnia dubia* RICHARD 1894, (Crustácea Cladóccera), que apresenta de 0,8 a 0,9 mm de comprimento, corpo ovalado e com 8 a 10 espinhos anais, conforme descreve a NBR 13373 (ABNT, 2005). O organismo *Ceriodaphnia dubia* encontra-se adaptado a várias condições ambientais, sendo praticamente cosmopolita, seu ciclo de vida relativamente curto, seu pequeno tamanho, fácil manuseio, proles grandes e reprodução predominantemente partenogenética, o que garante pouca variabilidade

e viabiliza sua utilização nos ensaios. Os efeitos observados nesta espécie recaem na sobrevivência e número de jovens produzidos por fêmea, ou seja, a reprodução.

4. METODOLOGIA

4.1 Caracterização do local de estudo – Estação de Tratamento de Esgoto da Universidade de Santa Cruz do Sul

A Estação de Tratamento de Esgoto da Universidade de Santa Cruz do Sul encontra-se, localizada no campus Santa Cruz, ao lado direito na entrada principal do campus universitário, município de Santa Cruz do Sul, RS, Brasil (Fig. 3). A área total do campus Santa Cruz do Sul, compreende 414.667 m², tendo uma área construída de 51.614 m².

Para o enquadramento nos parâmetros de emissão fixados pela Resolução 129 do CONSEMA (RS, 2006b), foi utilizado como cálculo o intervalo de vazões de lançamento do efluente, considerando-se a vazão máxima em 24 horas. O efluente da ETE UNISC constitui-se basicamente por águas negras e amarelas, ou seja, o efluente gerado nos sanitários dispostos no campus universitário. A presença de urina se faz muito presente, devido a sua natureza na qual é gerado. As águas negras e amarelas provenientes dos sanitários do Campus da Universidade de Santa Cruz do Sul chegam até a ETE UNISC, através de tubulações onde primeiramente, o efluente passa pelo gradeamento, passa pelo desarenador e posteriormente o efluente vai para o equalizador (Fig. 4). O efluente entra no Reator anaeróbio de fluxo ascendente e manta de lodo (UASB), onde as bactérias responsáveis pela conversão da matéria orgânica são retidas no seu interior e pelo processo de digestão anaeróbia, objetiva-se a remoção da matéria orgânica. No Biofiltro Aerado (BA), visa-se à remoção de compostos orgânicos e nitrogênio na forma solúvel presente no esgoto, posteriormente passa ainda pelo decantador e finalmente o efluente tratado é lançado em galerias e canais pluviais.

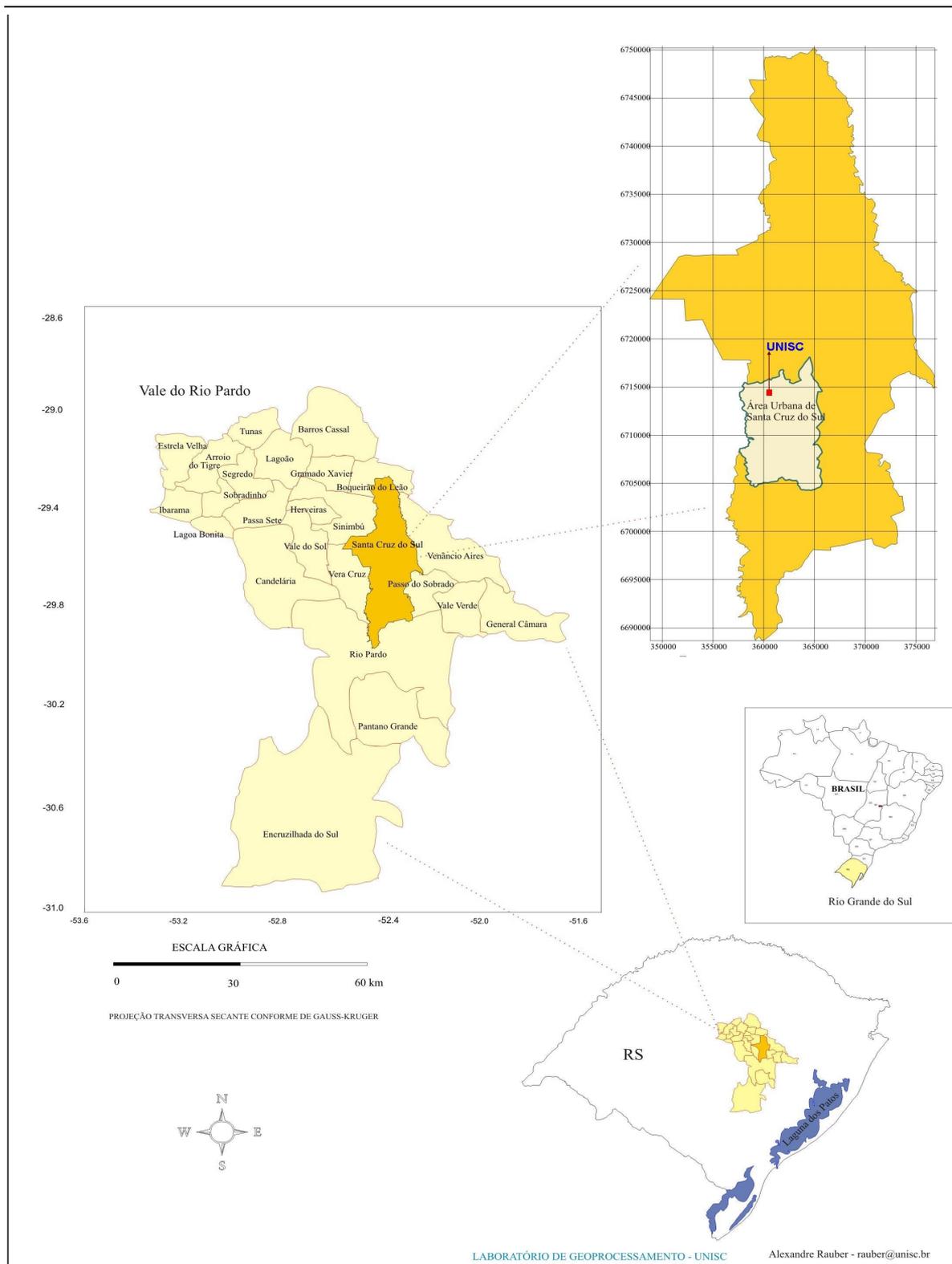


Figura 3. Mapa do município de Santa Cruz do Sul, RS, Brasil, destacando a localização da Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC).

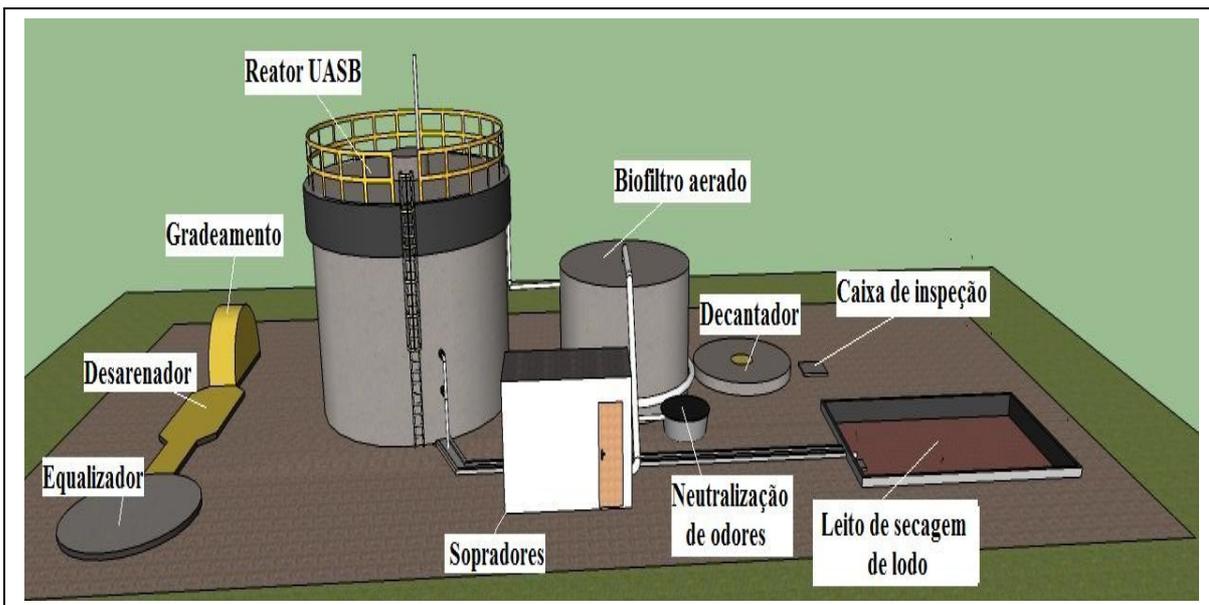


Figura 4. Representação esquemática da Estação de Tratamento de Esgoto, da Universidade de Santa Cruz do Sul, destacando os seus processos.

4.2 Coleta das amostras – pontos selecionados

As amostras foram coletadas na ETE UNISC onde o efluente bruto (Fig. 5) foi coletado após o gradeamento e o efluente tratado, na caixa de inspeção (Fig. 6). As amostras foram coletadas no período de novembro a dezembro de 2008, março a agosto de 2009, totalizando 36 amostras para os ensaios de toxicidade aguda, ou seja: 18 amostras para o efluente bruto e 18 amostras para o efluente tratado, (novembro 2008, 4 amostras; dezembro 2008, 4 amostras; março 2009, 6 amostras; abril 2009, 4 amostras; maio 2009, 6 amostras; junho 2009, 6 amostras; agosto 2009, 2 amostras e setembro 2009, 4 amostras). Para toxicidade crônica foram coletadas 28 amostras, sendo 14 para o efluente bruto e 14 para o efluente tratado, (março 2009, 6 amostras; abril 2009, 4 amostras; maio 2009, 6 amostras; junho 2009, 6 amostras; agosto 2009, 2 amostras e setembro 2009, 4 amostras). Em relação às variáveis físicas químicas e microbiológicas foram coletadas 10 amostras, sendo 5 amostras para o efluente bruto e 5 amostras para o efluente tratado (março 2009, 2 amostras; abril 2009, 2 amostras; maio 2009, 2 amostras; junho 2009, 2 amostras e agosto 2009, 2 amostras).



Figura 5. Coleta do efluente bruto, após o gradeamento.



Figura 6. Coleta do efluente tratado, na caixa de inspeção.

4.3 Definição da análise biológica

O grupo dos coliformes termotolerantes tem sido amplamente utilizado como parâmetro de avaliação ambiental. Este grupo inclui as bactérias na forma de bastonetes gram negativos, não esporogênicos, aeróbias ou anaeróbias facultativas, capazes de fermentar a lactose com produção de gás em 24 horas a $44,5\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$. As análises dos coliformes termotolerantes foram realizadas pelo Laboratório de Microbiologia da Central Analítica da UNISC, conforme a técnica descrita em SILVA et al., (2000). A execução dos ensaios fundamentou-se na técnica dos tubos múltiplos, onde os valores foram expressos em NMP 100mL^{-1} , ou seja, número mais provável por 100mL.

4.4 Ensaios de toxicidade – definição dos organismos testes

Para ensaios de toxicidade aguda, utilizou-se como bioindicador o organismo-teste *Daphnia magna* (Fig. 7) e para os ensaios de toxicidade crônica, utilizou-se como bioindicador o organismo-teste *Ceriodaphnia dubia* (Fig. 8). Os ensaios de toxicidade aguda e crônica foram realizados no Laboratório de Ecotoxicologia da Central Analítica, UNISC.

4.5 Cultivo de *Daphnia magna*

Os ensaios de toxicidade aguda foram realizados utilizando como referência a norma brasileira NBR 12713 (ABNT, 2004). A metodologia de cultivo do organismo-teste *Daphnia magna* teve por objetivo a manutenção do organismo-teste em laboratório sob manejo controlado tais como: temperatura, pH, alcalinidade, água de qualidade, alimentação, ou seja, sob condições que permitiram a avaliação da toxicidade de amostras de efluentes líquidos, águas continentais superficiais, subterrâneas e substâncias químicas solúveis ou dispersas na água.

Como meio de cultivo utilizou-se o meio M4 com pH e dureza controlados, variando entre 7,0 a 8,0 e entre 175 a 225 mg L⁻¹ de CaCO₃, respectivamente. A água de cultivo foi preparada semanalmente ou com intervalos de duas semanas, dependendo do número de lotes cultivados. Os reagentes e quantidades utilizadas para o preparo do meio encontram-se descritos na NBR 12713 (ABNT, 2004).



Figura 7. *Daphnia magna*. Aumento 40x.



Figura 8. *Ceriodaphnia dubia*. Aumento 100x.

O meio M4 foi trocado uma vez por semana, evitando-se ao máximo a diferença de temperatura, nunca sendo superior a 2 °C graus. Esta diferença de temperatura não ocorreu devido ao fato de o meio após ser preparado e aerado por no mínimo 12 horas para solubilização total dos sais, saturação do oxigênio dissolvido estabilização do pH ser colocado na incubadora sempre um dia anterior a uma nova troca.

As matrizes foram cultivadas em copo de Becker de capacidade de 2000 mL, contendo aproximadamente 1500 mL de meio M4, com 20 a 30 indivíduos adultos por copo de Becker e mantidas em incubadora com temperatura controlada 20 °C ± 2 °C e com luminosidade difusa (fotoperíodo de 16 horas luz e 8 horas sem luz).

Foram mantidos lotes de diferentes faixas etárias para a garantia e disponibilidade de filhotes para uso nos ensaios. Diariamente foi realizada a manutenção, onde eram retiradas as exsúvias e restos alimentares, Separavam-se os neonatos para posterior realização dos ensaios e quando necessário à realização de novas matrizes.

No manuseio dos organismos, utilizou-se pipeta volumétrica de 50 mL de diâmetro, tamanho este adequado aos organismos do presente estudo, com borda arredondada de forma a manter o organismo intacto durante o manuseio. As matrizes com idade superior a 60 dias eram descartadas de forma segura, via aumento da temperatura da água em recipiente adequado evitando desta forma, a introdução de espécies exóticas ao meio ambiente.

As daphnias foram alimentadas com a cultura algácea *Scenedesmus subspicatus* CHODAT 1942, a quantidade fornecida diariamente ficou em torno de 10⁶ células mL⁻¹, por organismo adulto. O alimento foi disponibilizado diariamente após realizar a manutenção dos organismos ou sempre tendo o cuidado de um intervalo máximo de dois dias.

No cultivo da cultura algácea utilizou-se o meio L.C. Oligo descrito na NBR 13373 (ABNT, 2005) cujas soluções eram preparadas e estocadas ao abrigo da luz, por no máximo três meses. Após o preparo do meio de cultura procedia-se a aeração por 1 hora e esterilização em autoclave por 15 minutos a 121 °C.

Para obtenção da cultura algácea, com células viáveis para reprodução/semeadura, manteve-se uma cultura-estoque (inóculo). Esta cultura foi mantida em temperatura de 4 °C a 10 °C, em meio líquido, por no máximo um mês. Ainda, como garantia realizou-se semeadura em meio sólido (meio L.C. Oligo mais adição de ágar), sendo esta conservada na mesma temperatura, porém estocadas em geladeira por no máximo 3 meses.

A inoculação das algas com o meio L.C. Oligo, foi realizada sempre em capela de fluxo laminar (meio asséptico), de modo a evitar possíveis fontes de contaminação. O resultado final após 5 a 7 dias era uma cultura algácea com aproximadamente 10^6 células mL⁻¹. As culturas foram mantidas de 23 °C a 27 °C, sob iluminação e aeração constantes, objetivando atingir a concentração desejada. Posteriormente ao atingir o crescimento adequado, as culturas foram centrifugadas a 2.500 rotações por minuto, durante 10 minutos, para retirada do excesso do meio de cultura. O sobrenadante foi descartado e a alga ressuspendida com água do Meio M4, meio este utilizado no cultivo das daphnias. Desta forma, evitou-se que o meio de cultivo nos copos de Becker, não se tornasse diluído, podendo acarretar em mudanças de pH, dureza, dependendo da quantidade de alimento fornecida e também a entrada de possíveis nutrientes tóxicos aos organismos-teste, visto ser meios de cultura diferentes.

4.6 Metodologia do teste agudo

A metodologia utilizada para o teste agudo com o organismo-teste *Daphnia magna* foi realizada com base na NBR 12713 (ABNT, 2004). As amostras foram testadas, baseando-se na exposição de neonatos de *Daphnia magna*, com idade de

2 a 26 horas de vida, em diluições da amostra por um período de 48 horas. Verifica-se uma representação do ensaio de toxicidade aguda (Fig. 9). Após a coleta das amostras, neste caso, o efluente bruto e tratado, provenientes da ETE UNISC foram preparadas diluições, com precisão volumétrica, em progressão geométrica de razão $1/2$. Foram realizadas no mínimo 5 concentrações para cada ensaio. As concentrações variaram em: 100% (amostra sem diluição), 50%, 25%, 12,5%, 6,25% e 3,12%. Juntamente com as diluições manteve-se um, controle negativo (sem adição da amostra).

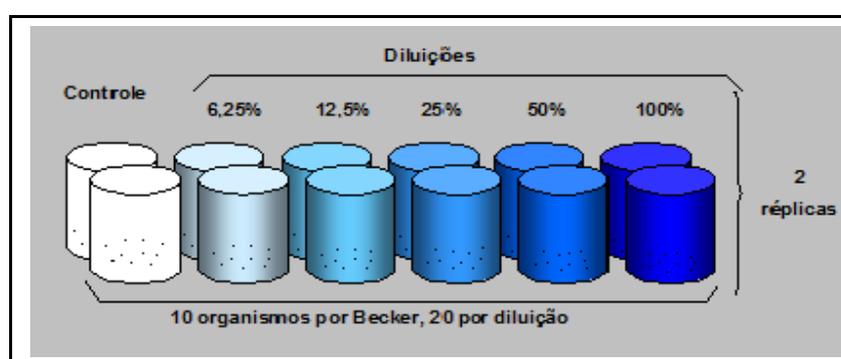


Figura 9. Representação esquemática do ensaio de toxicidade aguda com o microcrustáceo *Daphnia magna*.

No controle negativo e como diluente foi utilizado o meio ISO, também descrito na NBR 12713 (ABNT, 2004). Semanalmente, preparava-se a água de diluição que era aerada por no mínimo 12 horas para solubilização total dos sais, saturação do oxigênio dissolvido e estabilização do pH. Antes da utilização do meio, efetuava-se a leitura do pH, sendo a faixa ideal de 7,0 a 8,0.

Os ensaios foram realizados em copos de Becker de 50 mL. As concentrações foram realizadas em duplicata, sendo que cada concentração possuía 50 mL. Cada copo de Becker recebeu 25 mL, da concentração. Para cada concentração colocou-se 10 organismos, totalizando 20 organismos. Considerando as concentrações realizadas, (cinco mais o controle), utilizaram-se 120 organismos para cada teste, totalizando 240 organismos necessários para cada bateria de ensaios (efluente bruto e tratado).

Os organismos-testes foram adicionados aos copos de Becker, fazendo-se a disposição sempre da menor para a maior concentração das amostras, iniciando, sempre pelo controle. Após os frascos foram cobertos com plástico (filme PVC) e transferidos para incubadora de teste, onde permaneciam por 48 horas sem iluminação e sem adição de alimento. A temperatura da incubadora foi controlada, mantendo-se a temperatura em $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Passadas às 48 horas observou-se o número de indivíduos imóveis e mortos por concentração e a partir destes resultados, efetivou-se o cálculo em porcentagem, através do uso de programa estatístico. O resultado do ensaio foi expresso em concentração efetiva inicial mediana, ou seja, CE(I)50 48h, correspondendo a concentração da amostra no início do ensaio, que causa efeito agudo a 50% dos organismos expostos em 48 horas, nas condições do ensaio.

4.7 Cálculos dos ensaios de toxicidade aguda

Foi utilizado o método estatístico não paramétrico proposto por Hamilton et al., (1979), para determinação dos resultados de toxicidade aguda, onde estes autores estabelecem um valor (x) na faixa de $0 \leq x \leq 50$ para indicar a porcentagem de valores a serem eliminados em cada extremidade da distribuição da tolerância, antes da realização do cálculo da CL(I)50 ou CE(I)50, desta forma, os dados da concentração/efeito são ajustados (BERTOLETTI e BURATINI, 2006).

Os ensaios de toxicidade aguda foram classificados através de uma escala de toxicidade relativa (Tab. 2), conforme metodologia descrita em LOBO et al., (2006).

Tabela 2. Escala de toxicidade relativa para ensaio de toxicidade aguda.

Percentil	CE(I)50	Toxicidade
25°	< 25%	Extremamente tóxica
50°	25-50%	Altamente tóxica
75°	50-75%	Medianamente tóxica
-	>75%	Pouco tóxica

4.8 Implantação e cultivo de *Ceriodaphnia dubia*

A metodologia de cultivo do organismo teste *Ceriodaphnia dubia*, RICHARD 1894 (Crustácea, Cladóceras), foi realizada utilizando a norma brasileira 13373 (ABNT, 2005). A água de cultivo e diluição, utilizada para o cultivo e a realização dos ensaios com *Ceriodaphnia dubia* estava na faixa ideal de pH entre 7,0 a 7,6 e a dureza total entre 40 a 48 mgL⁻¹, de CaCO₃. Os reagentes utilizados encontram-se descritos na NBR 13373 (ABNT, 2005).

Semanalmente, preparou-se 10 litros de água de cultivo/diluição, quantidade está necessária para manutenção dos organismos e preparação dos testes, sendo aerada para solubilização total dos sais, saturação do oxigênio e estabilização do pH, por no mínimo 12 horas.

A reprodução das ceriodaphnias também ocorre via partenogênese, sendo todos indivíduos geneticamente iguais. As matrizes foram cultivadas em copos de Becker de 500 mL, com aproximadamente 400 mL de meio. Cada copo de Becker manteve-se em torno de 25 organismos, sendo estes tapados com vidro relógio e mantidos em incubadora com temperatura controlada de 25 °C ± 2 °C, com luminosidade difusa (fotoperíodo 16 horas de luz e 8 horas sem luz).

A troca total do meio foi realizada uma a duas vezes por semana. Diariamente foram removidos as exsúvias e restos de algas dos copos de Becker. Para o manuseio, utilizou-se micropipetas, com tamanho ideal, evitando o stress aos organismos. Os lotes com no máximo 21 dias eram descartados de forma segura.

Diariamente os organismos foram alimentados com uma suspensão algácea e solução de artemia salina (colocadas em água destilada e deionizada com aeração constante por 6 dias). A quantidade de alga utilizada por organismo ficou em torno de 2,0 x 10⁵ células mL⁻¹, sendo utilizada a microalga clorofícea *Pseudokirchneriella subcapitata*. A quantidade fornecida de artemias foi de 2 gotas por copo de Becker. Evitou-se deixar os organismos por mais de 2 dias sem o fornecimento de alimento.

Para o cultivo da microalga utilizou-se uma cultura estoque líquida mantida em geladeira, por 4 °C a 10 °C, por no máximo um mês. Manteve-se também cultura em

meio sólido para a garantia da manutenção da espécie. Para o preparo da cultura algácea utilizou-se o Meio L.C. Oligo, seguindo a metodologia já descrita anteriormente.

4.9 Metodologia do teste crônico

A realização do teste crônico com o organismo-teste *Ceriodaphnia dubia* seguiu a norma brasileira 13373 (ABNT, 2005). Em síntese, este ensaio consistiu em expor fêmeas com menos de 24 horas de idade a diferentes concentrações da amostra, por um período de 7 dias. O sistema utilizado foi o semi-estático, na qual realizou-se a substituição da amostra durante o decorrer do ensaio.

As amostras provenientes do efluente bruto e tratado foram testadas baseando-se na exposição de neonatos de *Ceriodaphnia dubia*, obtidos a partir da terceira geração, com idade de 6 a 24 horas de vida. Verifica-se uma representação esquemática de um ensaio de toxicidade crônica (Fig. 10).

Para cada ensaio realizado utilizaram-se 5 diluições mais um controle negativo (somente água de diluição). As diluições (solução teste) foram preparadas com precisão volumétrica, em progressão geométrica de razão $1/2$. Para cada tubo de ensaio foi colocado de 10 a 15 mL da diluição, sendo que para cada diluição, utilizou-se 10 réplicas, onde foi disposto 1 organismo para cada tubo de ensaio. A disposição dos organismos sempre partia do controle e posteriormente da diluição menos concentrada. Os neonatos de *Ceriodaphnia dubia*, foram expostos a solução teste, sendo transferidos através de pipeta pasteur dentro da solução, evitando desta forma a entrada de ar na carapaça e conseqüentemente sua flutuação.

Os ensaios seguiram basicamente as mesmas condições dos lotes de cultivo em relação à temperatura e luminosidade, $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ e fotoperíodo 16 horas de luz e 8 horas sem luz, respectivamente. A alimentação foi realizada a cada dois dias.

Durante a execução do ensaio crônico os organismos eram observados, verificando-se a sobrevivência e o número de filhotes gerados por fêmea.

As diluições foram trocadas 2 vezes durante a execução dos ensaios, tendo-se o cuidado de as soluções testes estarem na mesma temperatura durante a troca dos organismos para a nova diluição correspondente. No momento em que as *Ceriodaphnias* eram transferidas para um novo tubo de ensaio na concentração correspondente, foram registrados o número de filhotes produzidos por cada fêmea, bem como as mortes. A concentração antiga era descartada após a realização da transferência dos organismos.

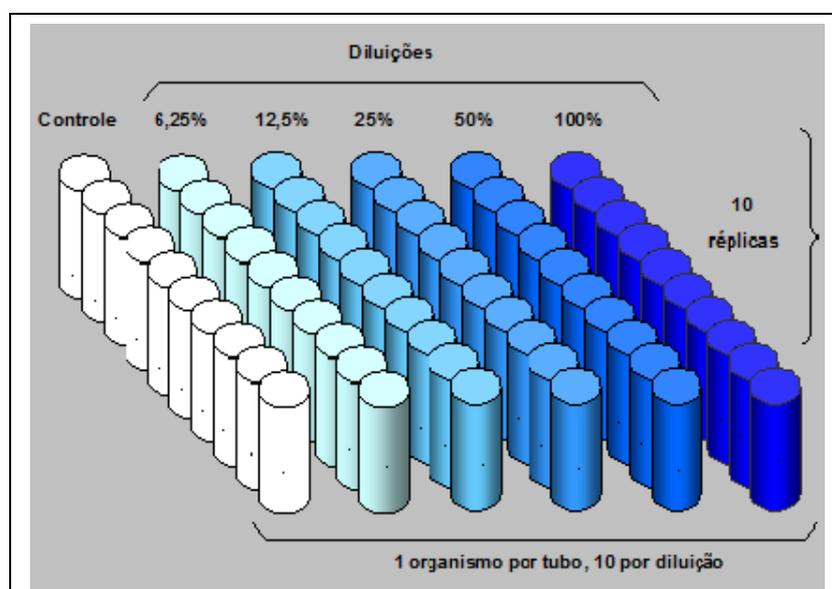


Figura 10. Representação esquemática do ensaio de toxicidade crônica com o microcrustáceo *Ceriodaphnia dubia*

4.10 Cálculos dos ensaios de toxicidade crônica

Para a realização dos cálculos estatísticos, foram considerados os critérios de reprodução e mortalidade, sendo que, para a execução dos cálculos utilizou-se o programa estatístico proposto por NORBERG KING (1993). O cálculo foi realizado em porcentagem e o resultado do ensaio foi expresso em concentração inicial de

inibição, CI(I)25, ou seja, concentração nominal da amostra que causa redução de uma determinada percentagem, neste caso 25% na reprodução dos organismos-teste em relação ao controle.

Para ensaios de toxicidade crônica utilizam-se testes de estimativa pontual, onde modelos matemáticos são utilizados no princípio concentração/resposta contínua, isto permitiu estimar a concentração que causa a porcentagem específica de redução da resposta em comparação ao grupo controle. O método de interpolação linear, segundo Norberg King (1993), é um exemplo de método estatístico desenvolvido para análise de dados de toxicidade crônica, na qual é utilizado para calcular a concentração do agente químico que causa determinada porcentagem de redução (25%, 50%) concentração de inibição – (CIp), na reprodução ou crescimento do organismo testado (BERTOLETTI e BURATINI, 2006). Os ensaios de toxicidade crônica foram classificados através de uma escala de toxicidade relativa, adaptada de LOBO et al., (2006), (Tab. 3).

Tabela 3. Escala de toxicidade relativa para ensaio de toxicidade crônica.

Percentil	CI(I)25	Toxicidade
25°	< 25%	Extremamente tóxica
50°	25-50%	Altamente tóxica
75°	50-75%	Medianamente tóxica
-	>75%	Pouco tóxica

4.11 Controle da sensibilidade dos organismos testes

As substâncias de referência são utilizadas para avaliar a saúde, ou seja, a sensibilidade dos organismos teste e para definir as condições essenciais de ensaio para cada espécie, desta forma torna-se possível comparar os resultados e verificar se apresentam boa repetibilidade e reprodutibilidade (ZAGATTO, 2006).

Conforme o mesmo autor, através das substâncias de referência é estabelecido à faixa de aceitação de resultados de sensibilidade dos organismos para uso nos testes. Por serem largamente utilizados nos ensaios de toxicidade, os

organismos-teste necessitam ter uma determinada faixa de sensibilidade constante ao longo do tempo, para que os resultados obtidos sejam válidos. As condições laboratoriais influenciam diretamente no ciclo de vida destes organismos, podendo aumentar ou diminuir sua sensibilidade. Deste modo, mensalmente, foi avaliada a sensibilidade dos organismos-teste *Daphnia magna* e *Ceriodaphnia dubia* através de ensaio com a substância de referência dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$).

4.12 Definições das análises físicas e químicas

Foram selecionados como parâmetros de avaliação ambiental as seguintes variáveis: demanda bioquímica de oxigênio em 5 dias ($mg L^{-1}$), demanda química de oxigênio ($mg L^{-1}$), fósforo total ($mg L^{-1}$), nitrogênio amoniacal ($mg L^{-1}$), óleos e graxas ($mg L^{-1}$), pH, sólidos suspensos ($mg L^{-1}$) e temperatura ($^{\circ}C$). Na (Tab. 4) observa-se um resumo dos parâmetros e metodologia utilizada.

Tabela 4. Parâmetros e metodologia utilizada.

Parâmetros	Unidade	Metodologia analítica
DBO ₅	$mg L^{-1}$	DBO em 5 dias, 20 $^{\circ}C$.
DQO	$mg L^{-1}$	Refluxo aberto com dicromato de potássio/titulação.
Fósforo total	$mg L^{-1}$	Espectrometria no UV-visível, ácido ascórbico.
Nitrogênio amoniacal	$mg L^{-1}$	Destilação com tampão de Borato a pH 9,5 e titulação do destilado com ácido sulfúrico a 0,02N.
Óleos e graxas	$mg L^{-1}$	Extração com Hexano.
pH	-	Potenciômetro, ou com eletrodo de vidro.
Sólidos suspensos	$mg L^{-1}$	Filtração em cadinho Gooch com filtro de microfibras de vidro e gravimetria.
Temperatura	($^{\circ}C$)	Termômetro digital.

As análises físicas e químicas foram realizadas pelo Laboratório de Águas da Central Analítica da UNISC, conforme metodologia descrita em American Public Health Association – (APHA, 2005).

4.13 Metodologia para limpeza da vidraria

Para a execução da limpeza da vidraria seguiu-se a metodologia descrita na NBR 12713 (ABNT, 2004). O material novo utilizado nos ensaios ou cultivos foram deixados de molho por no mínimo 2 horas em ácido nítrico a 10%, posteriormente lavados em água da torneira e enxague com 3 repetições de água destilada e deionizada.

O material utilizado nos cultivos das *Daphnias* e *Ceriodaphnias* foi lavado somente com água da torneira, esfregando-se com esponja e posteriormente enxágüe com três repetições de água destilada e deionizada.

O material utilizado para preparo e na execução dos ensaios deixava-se de molho em água da torneira por 15 minutos no mínimo, após era lavado com detergente neutro sendo os frascos esfregados com esponja ou escova específica. Posteriormente ao enxague com água da torneira a vidraria era imersa em ácido nítrico a 10% por no mínimo 2 horas. Decorrido este tempo o ácido nítrico a 10% foi retirado e o material lavado em água corrente e finalmente enxague com 3 repetições de água destilada e deionizada.

4.14 Coleta e preservação das amostras

Na coleta das amostras os frascos foram totalmente preenchidos, minimizando a presença de ar. Os ensaios foram realizados o mais breve possível do início da coleta. Quando isto não foi possível a amostra foi mantida em temperatura inferior a 10 °C sem congelamento até 48 horas. Na impossibilidade do início em 48 horas a amostra foi congelada em alíquotas. As alíquotas foram descongeladas conforme a necessidade, sempre em temperatura ambiente e com água corrente previamente ao início da bateria de testes.

4.15 Estimativa do impacto ambiental no Arroio Lajeado

Em relação à estimativa do potencial de impacto ambiental no Arroio Lajeado, corpo receptor do efluente da ETE UNISC, seguiu-se a metodologia descrita em CETESB (1992), onde foi utilizado um índice que considera situações de estiagem, ou seja, a vazão mínima com duração de 7 dias e tempo de retorno de 10 anos ($Q_{7,10}$). A $Q_{7,10}$, tem sido a vazão utilizada como referência em estudos para definição de critérios de emissão de efluentes líquidos tóxicos.

A vazão do Arroio Lajeado corresponde a $588,2 \text{ m}^3 \text{ dia}^{-1}$, determinada pelo Laboratório de Limnologia da UNISC através do Sistema de Informações Hidrológicas da Agência Nacional das Águas – ANA, no site eletrônico HidroWeb. Na (Fig. 11), observa-se a localização do Arroio Lajeado, bem como a localização do Campus da Universidade de Santa Cruz do Sul, RS.

A capacidade de suporte do Arroio Lajeado foi determinada após efetuar o cálculo da concentração do efluente no corpo receptor, denominada como CER, estabelecida pela equação 1. Onde Q_e , representa a vazão do efluente, neste caso a vazão proveniente da ETE UNISC e a $Q_{7,10}$, a vazão mínima com duração de 7 dias e tempo de retorno de 10 anos do Arroio Lajeado.

$$Q_e$$

Equação 1.
$$\text{CER} = \frac{Q_e}{Q_{7,10} + Q_e} \times 100$$

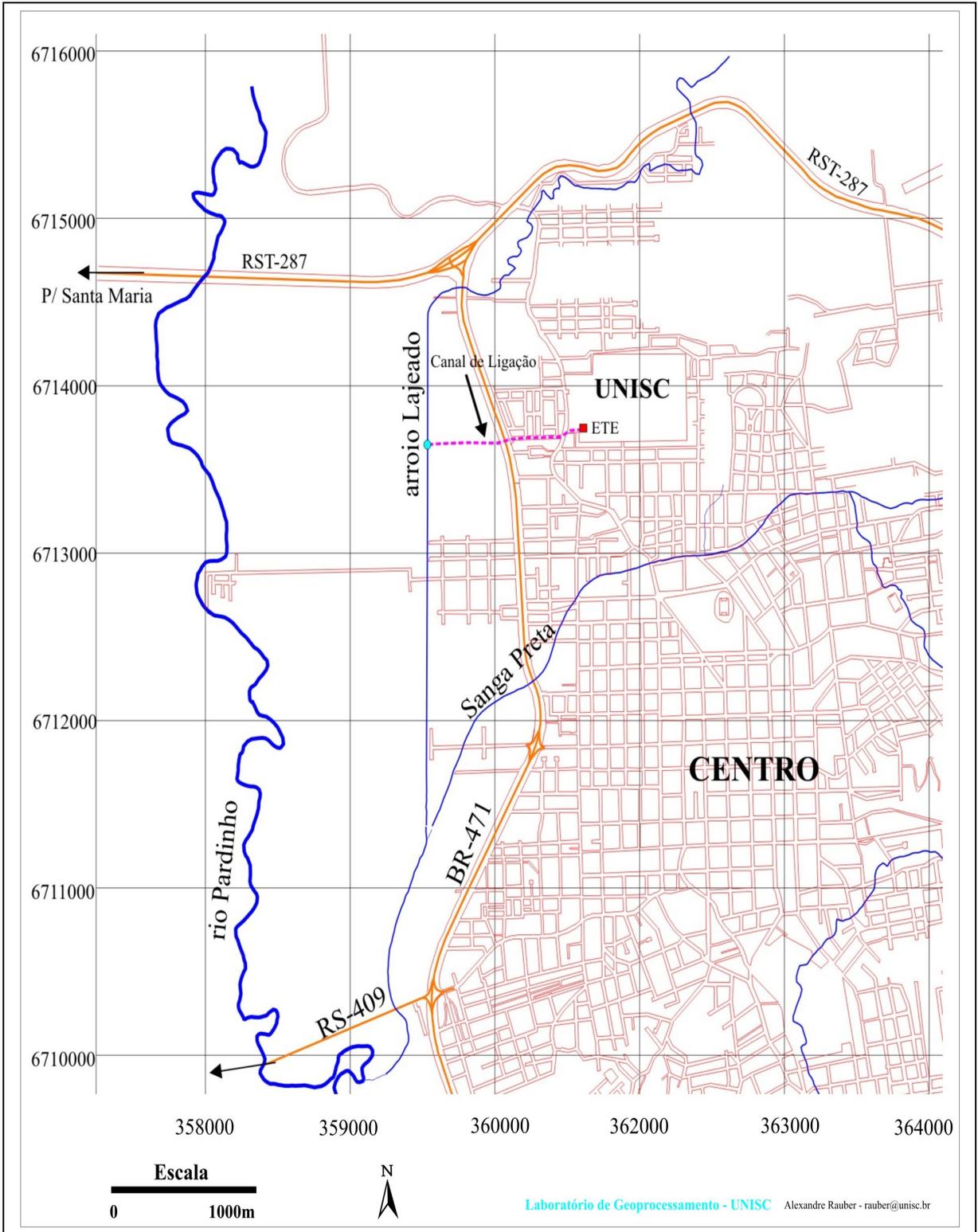


Figura 11. Mapa com parte do centro urbano da cidade de Santa Cruz do Sul, RS, destacando o canal de ligação da ETE UNISC com o Arroio Lajeado.

O impacto do efluente tratado da ETE UNISC, durante os meses de novembro e dezembro de 2008, março, abril, maio, junho, agosto e setembro de 2009, foram estimados através da avaliação da relação entre os resultados de ecotoxicidade do efluente, ou seja, através da CE(I)50 48h, e a concentração do efluente no corpo receptor (CER), considerando a metodologia descrita em CETESB (1992), na qual descreve que através dos testes de toxicidade aguda, é também possível estimar efeitos crônicos: ou seja, a relação entre a CE(I)50 48h e a CENO(I) pode-se estimar efeitos agudos e crônicos ao ambiente aquático.

Ainda, segundo a CETESB (1992), a metodologia descreve que para testes de toxicidade aguda ao nível de 1/3 da CE(I)50 48h, praticamente cessam os efeitos tóxicos, além disto considera que a relação entre a CE(I)50 48h e a CENO(I) está, tipicamente, na ordem de 1/10 para prevenir efeitos crônicos. Estes valores são considerados quando são utilizados 3 espécies no mínimo, de organismos aquáticos. Para o presente estudo foram utilizadas 2 espécies, sendo assim, a utilização de um nível reduzido de espécies, pode gerar uma razoável incerteza quando se efetua uma estimativa de impacto, visto que a sensibilidade entre diversas espécies de organismos pode variar em torno de dez vezes. Também a variabilidade da toxicidade dos efluentes, pode apresentar variações ao redor de dez vezes (CETESB, 1992).

Considerando estas variações, estimou-se a concentração do efluente tratado pela ETE UNISC, para prevenir efeito agudo (CER-EA), através da equação 2 e através da equação 3, para prevenir efeitos crônicos (CER-EC).

$$\text{Equação 2. CER} \leq \frac{\text{CE50}}{300}$$

$$\text{Equação 3. CER} \leq \frac{\text{CE50}}{1000}$$

Estimou-se ainda, a vazão ideal que o Arroio Lajeado suportaria receber, considerando a (CER-EC) com vistas a prevenção de efeitos crônicos, estabelecida pela equação 4. Onde a (CER-EC), representa o valor calculado para prevenir efeitos crônicos, a Q_e , representa a vazão ideal do efluente da ETE UNISC a ser estimada e a $Q_{7,10}$, a vazão mínima com duração de 7 dias e tempo de retorno de 10 anos do Arroio Lajeado.

$$\text{Equação 4. (CER-EC)} = \frac{Q_e}{Q_{7,10} + Q_e} \times 100$$

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Procedimentos operacionais da Estação de Tratamento de Esgoto Doméstico da Universidade de Santa Cruz do Sul

A Universidade de Santa Cruz do Sul implantou no seu campus universitário de Santa Cruz do Sul, RS, em 2006, um sistema para o tratamento das águas residuárias incorporando um modelo que objetiva remover nutrientes e matéria orgânica, utilizando o reator anaeróbio de fluxo ascendente e manta de Lodo (UASB) e biofiltro aerado (BA).

Conforme a Licença de Operação nº 4584/2007-DL, expedida pela Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler – FEPAM, o tratamento do esgoto sanitário da ETE UNISC é realizado através de tratamento preliminar, com grade mecanizada e desarenador; tratamento primário (uma unidade), por digestor anaeróbio de fluxo ascendente (UASB); tratamento secundário (uma unidade), por filtro biológico percolador (BA), seguido de decantador secundário e lodo desidratado em leitos de secagem, sendo que a vazão máxima a ser lançada é de $360 \text{ m}^3 \text{ dia}^{-1}$ e uma população máxima atendida de 18.000 pessoas (estudantes e funcionários). O Arroio Lajeado é o corpo receptor do efluente tratado, através de lançamento indireto em galerias e canais pluviais. O efluente do Campus Universitário de Santa Cruz do Sul é composto por águas negras e amarelas advindas dos sanitários, sendo a urina o principal resíduo, em função da população flutuante média da universidade ser de 11.500 indivíduos por semestre. Deste modo, a vazão da ETE encontra-se em $6 \text{ a } 8 \text{ m}^3 \text{ hora}^{-1}$ e em horário de pico na faixa de $70 \text{ a } 120 \text{ m}^3$ de águas negras e amarelas, com regime de funcionamento de 16 horas dia¹, incluindo períodos de limpeza.

5.2 Resultados dos testes de sensibilidade para os microcrustáceos *Daphnia magna* e *Ceriodaphnia dubia*

O cultivo dos microcrustáceos foi executado com sucesso durante a realização do presente estudo. Mensalmente testou-se a sensibilidade dos organismos com a substância de referência dicromato de potássio. Os resultados para *Daphnia magna* foram agregado a uma carta controle disponível no laboratório de Ecotoxicologia. A faixa de concentração inicial mediana para *Daphnia magna* ficou na faixa de CE(I)50 24h de 0,439 mg L⁻¹ a 0,922 mg L⁻¹ (Fig. 12). Os valores obtidos ficaram dentro desta faixa, fato este que assegurou os resultados dos ensaios.

Conforme o descrito em Knie e Lopes (2004), após estudo em um mesmo laboratório ao longo de 3 anos a faixa da CE(I)50 24h apresentou valores entre 0,6 mg L⁻¹ a 1,7 mg L⁻¹.

Araújo e Aragão (2006) verificaram em relação a sensibilidade de *Daphnia magna* com o dicromato de potássio uma CE(I)50 24h de 0,16 mg L⁻¹ além disso, constaram que o microcrustáceo *Daphnia* é cerca de 1.000 vezes mais sensível ao cromo que os peixes.

Em relação aos organismos *Ceriodaphnia dubia*, também foi testada a sensibilidade mensalmente, no entanto não foi elaborada uma carta controle, devido ao menor número de resultados, contudo os resultados encontrados ficaram na faixa de CE(I)50 24h de 0,444 mg L⁻¹ a 667 mg L⁻¹.

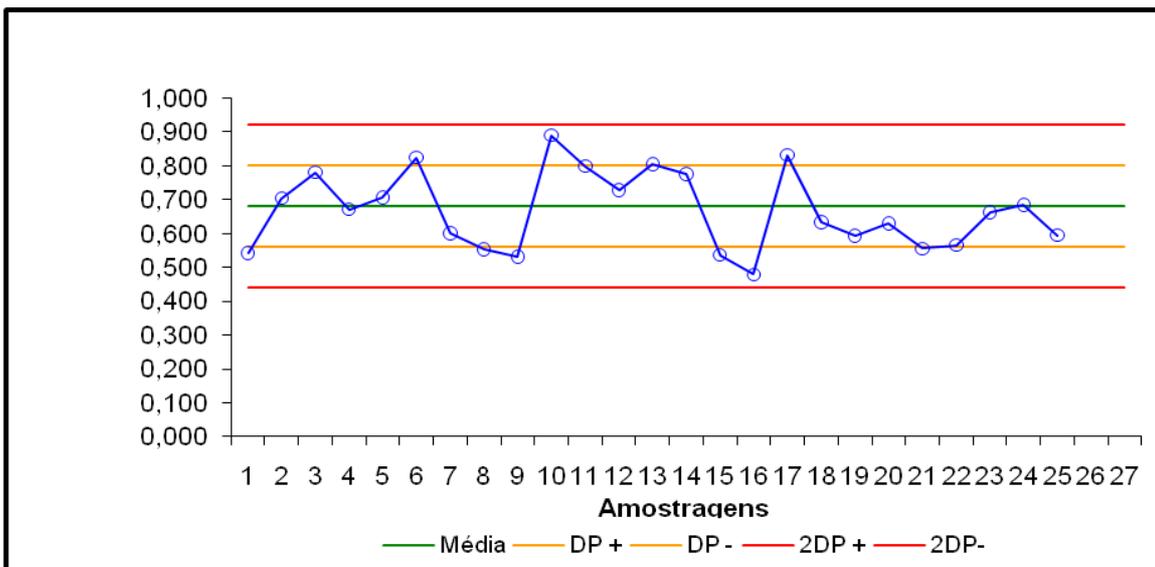


Figura 12. Resultados obtidos para o organismo *Daphnia magna*, com a substância dicromato de potássio (mg L^{-1}).

5.3 Resultados para os ensaios de toxicidade aguda

Foram coletadas um total de 36 amostras para os ensaios de toxicidade aguda com o organismo bioindicador *Daphnia magna*, sendo 18 amostras do efluente bruto e 18 amostras do efluente tratado (resultados das análises, observar ANEXO A).

No mês de novembro de 2008 (Fig. 13), foram realizados os primeiros ensaios ecotoxicológicos com o organismo *Daphnia magna*, sendo que o efluente bruto, apresentou uma CE(I)50 48h de $54 \pm 27\%$ (C.V. = 50%), caracterizando o efluente como medianamente tóxico. A CE(I)50 48h para o efluente tratado foi de $56 \pm 20\%$ (C.V. = 36%), não havendo redução significativa da toxicidade, já que o efluente tratado apresentou-se igualmente como medianamente tóxico. A porcentagem da eficiência em relação a remoção da toxicidade foi de apenas 3,7%.

No mês de dezembro 2008 (Fig. 14), verificou-se o resultado da CE(I)50 48h de $55 \pm 19\%$ (C.V. = 34%), para o efluente bruto, caracterizando-o como medianamente tóxico. O efluente tratado apresentou uma CE(I)50 48h de $70 \pm 2\%$

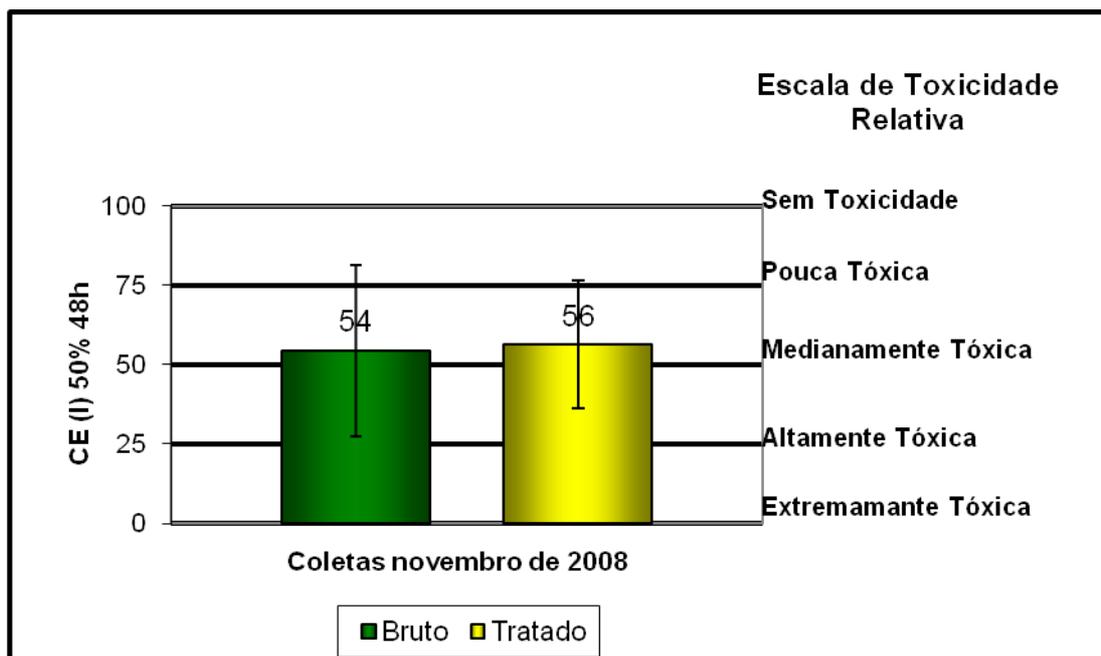


Figura 13. Resultados da toxicidade aguda para o efluente bruto e tratado, no mês de novembro de 2008.

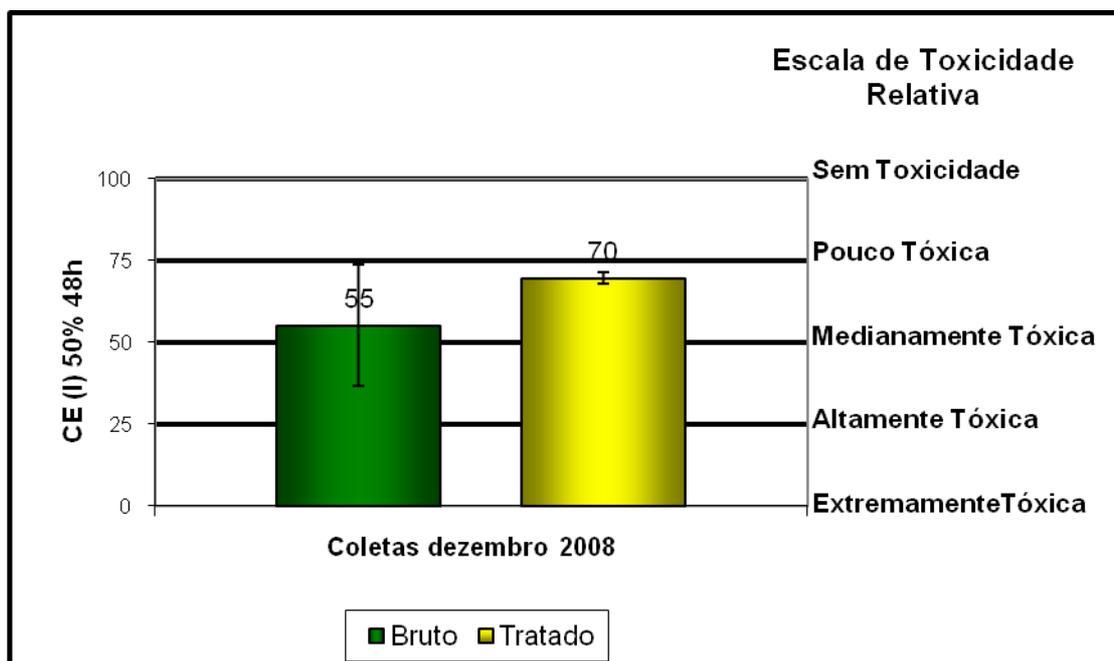


Figura 14. Resultados da toxicidade aguda para o efluente bruto e tratado, no mês de dezembro de 2008.

(C.V. = 2%), caracterizado igualmente como medianamente tóxico. Em relação a eficiência da remoção da toxicidade foi de 27,3%, observou-se uma eficiência um pouco maior no tratamento em relação aos valores do efluente bruto e tratado em novembro de 2008.

No mês de março 2009 (Fig. 15), o efluente bruto apresentou uma CE(I)50 48h de $54 \pm 18\%$ (C.V. = 33%), valor este caracterizado como medianamente tóxico. O efluente tratado apresentou uma CE(I)50 48h de $60 \pm 19\%$ (C.V. = 32%), caracterizado igualmente como medianamente tóxico, indicando da mesma forma uma pequena eficiência de remoção da toxicidade no tratamento do efluente bruto para o tratado de 11,1%.

Em abril de 2009 (Fig. 16), o efluente bruto apresentou uma CE(I)50 48h de $53 \pm 25\%$ (C.V. = 47%), correspondendo a níveis medianamente tóxico. O efluente tratado apresentou uma CE(I)50 48h de $63 \pm 11\%$ (C.V. = 17%), caracterizando-se também como medianamente tóxico. Neste mês verificou-se uma eficiência de remoção um pouco maior, 18,8% em relação ao mês de março.

Em maio de 2009 (Fig. 17) o efluente bruto apresentou uma CE(I)50 48h de $63 \pm 32\%$ (C.V. = 50%) e o efluente tratado uma CE(I)50 48h de $68 \pm 4\%$ (C.V. = 5%). Ambos os resultados encontraram-se novamente na mesma faixa de toxicidade, ou seja, medianamente tóxica. O mesmo verificou-se em relação a remoção da toxicidade, caracterizada como baixa, pois apresentou uma eficiência de apenas 7,9%.

Em junho de 2009 (Fig. 18), o efluente bruto apresentou uma CE(I)50 48h de $68 \pm 34\%$ (C.V. = 50%), já o efluente tratado apresentou uma CE(I)50 48h de $65 \pm 10\%$ (C.V. = 16%). Ambos os resultados encontraram-se mais uma vez na mesma faixa de toxicidade, ou seja, medianamente tóxica. Em relação a remoção da toxicidade os processos UASB e BA, apresentaram-se ineficientes em 4,4%. Nota-se, que o efluente tratado apresentou-se um pouco mais tóxico que o efluente bruto, sem, entretanto caracterizar diferenças na toxicidade relativa.

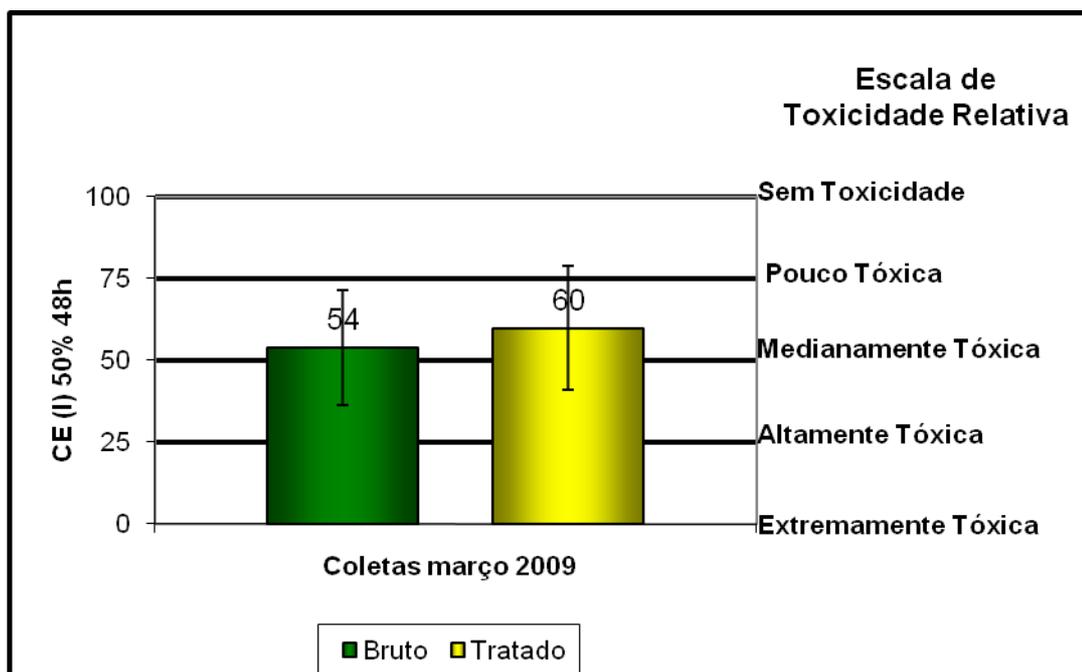


Figura15. Resultados da toxicidade aguda para o efluente bruto e tratado, no mês de março de 2009.

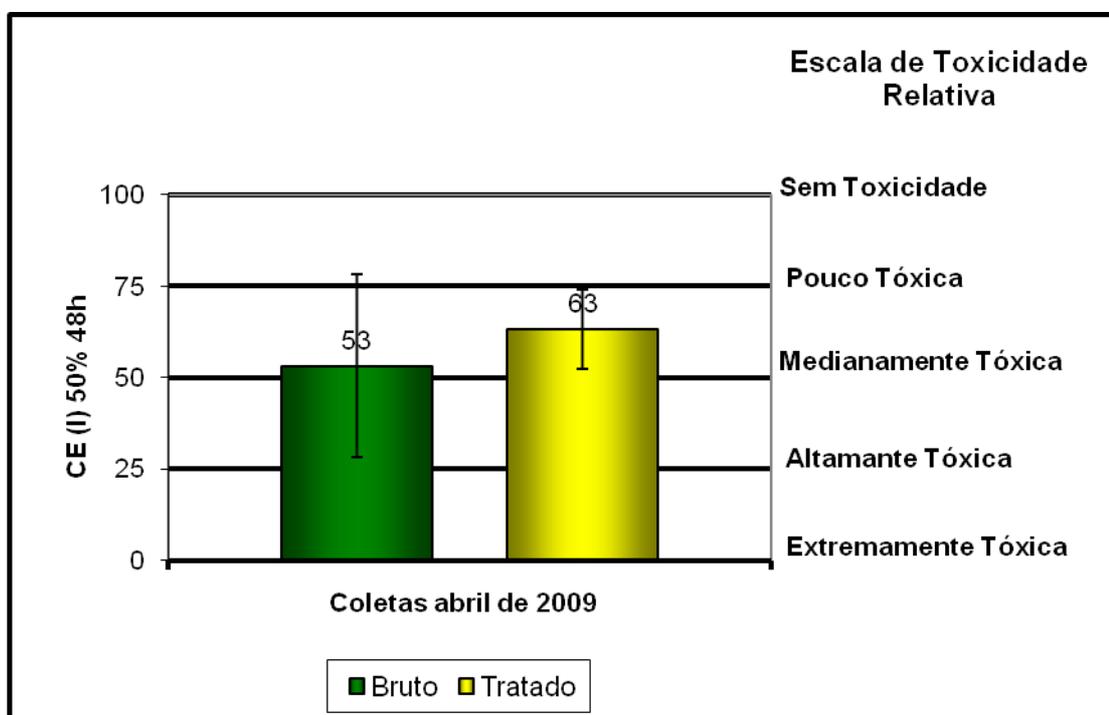


Figura 16. Resultados da toxicidade aguda para o efluente bruto e tratado, no mês de abril de 2009.

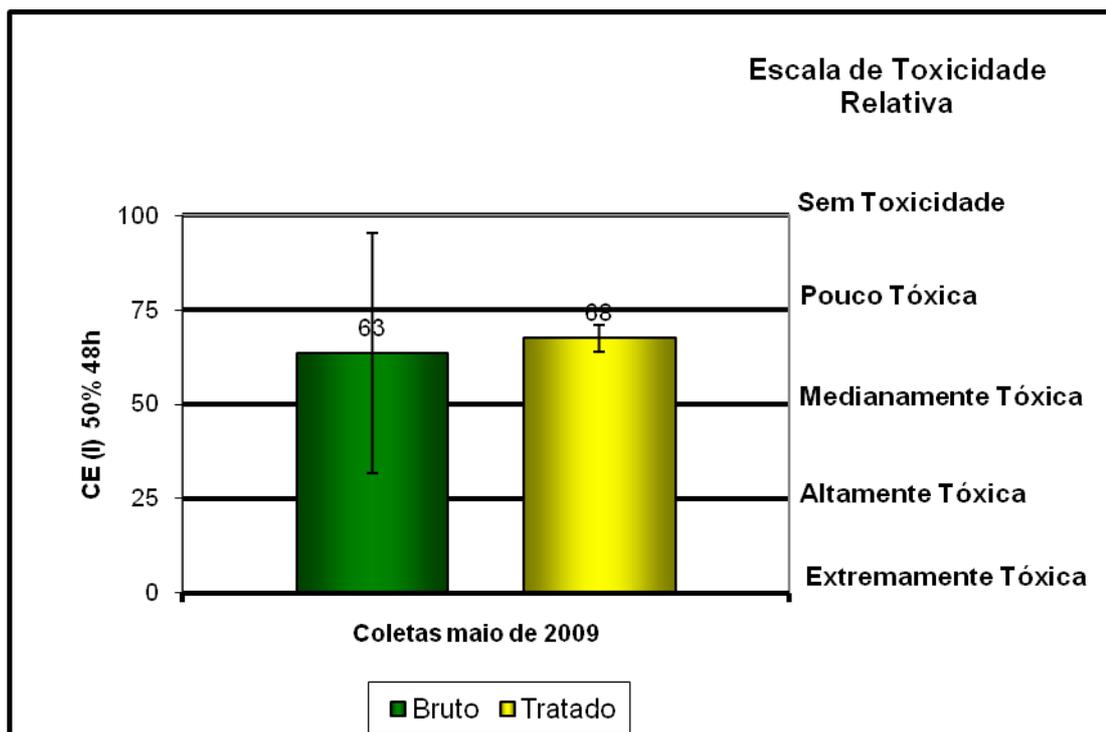


Figura 17. Resultados da toxicidade aguda para o efluente bruto e tratado, no mês de maio de 2009.

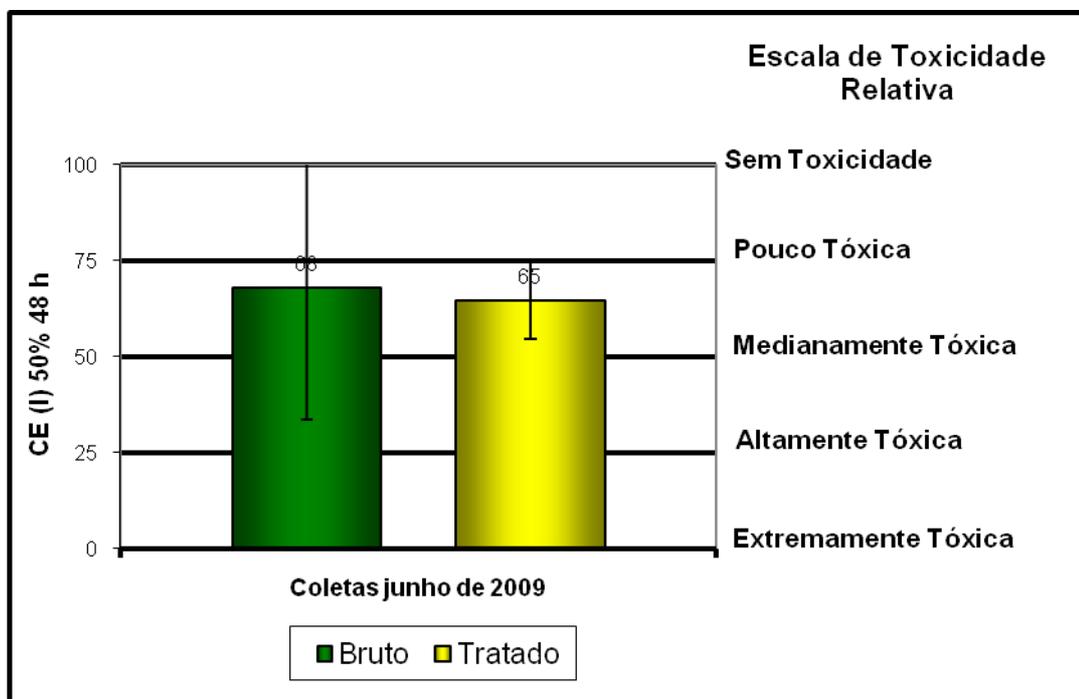


Figura 18. Resultados da toxicidade aguda para o efluente bruto e tratado, no mês de junho de 2009.

Para o mês de agosto de 2009 (Fig. 19), realizou-se somente uma amostragem para cada efluente, onde o efluente bruto apresentou uma CE(I)50 48h de 66%. O efluente tratado apresentou uma CE(I)50 48h de 68%. Novamente, em ambos dos casos verificou-se uma faixa de toxicidade semelhante, correspondendo a níveis medianamente tóxicos. Em termos de eficiência de redução da toxicidade, igualmente aos meses anteriores, os processos operacionais UASB e BA, demonstraram novamente uma baixa eficiência de apenas 3,0%.

No mês de setembro de 2009 (Fig. 20), verificou-se uma mudança mais significativa em termos de redução da toxicidade, uma vez que a eficiência foi de 181,8%. O efluente bruto apresentou-se extremamente tóxico com uma CE(I)50 48h de $22 \pm 19\%$ (C.V. = 89%), já para o efluente tratado verificou-se uma CE(I)50 48h de $62 \pm 6\%$ (C.V. = 10%), caracterizando-o como medianamente tóxico.

Considerando o período amostral total para os ensaios de toxicidade com *Daphnia magna*, setembro foi o mês na qual houve uma redução mais significativa da toxicidade (eficiência de 181,8%) passando de extremamente tóxico para medianamente tóxico evidenciando, desta forma, uma melhor eficiência em relação aos processos utilizados na ETE. Nos demais meses amostrados, os processos de detoxificação apresentaram-se pouco eficientes ou até mesmo ineficiente como o caso do mês de junho. Observa-se que não houve uma redução significativa da toxicidade, uma vez que, ambos os efluentes bruto e tratado, ficaram na categoria medianamente tóxica.

Assim, do ponto de vista da ecotoxicologia aguda, os resultados indicam a necessidade de ajustes nos processos operacionais do UASB e BA, visto as condições inadequadas de funcionamento, já que estes processos mostraram-se ineficientes em relação à detoxificação do efluente bruto da ETE UNISC.

Em uma pesquisa realizada durante o período de junho a setembro de 2007, Colletta (2008) avaliou a eficiência da detoxificação do efluente da ETE UNISC, utilizando o microcrustáceo *Daphnia magna* como organismo bioindicador.

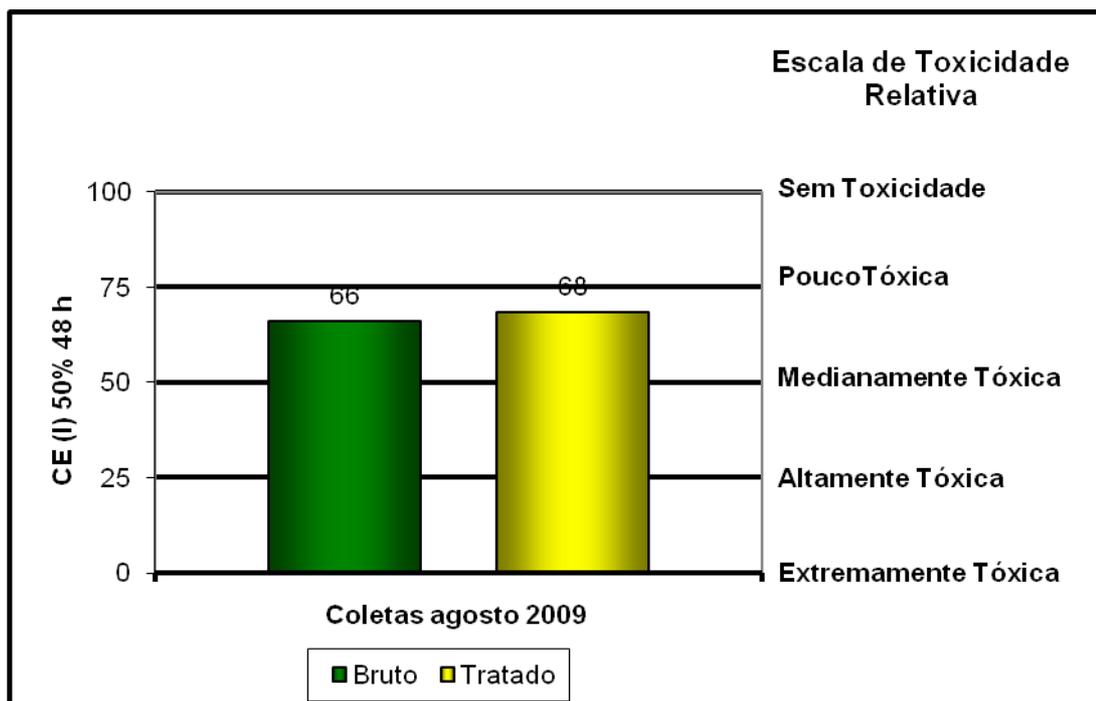


Figura 19. Resultados da toxicidade aguda para o efluente bruto e tratado, no mês de agosto de 2009.

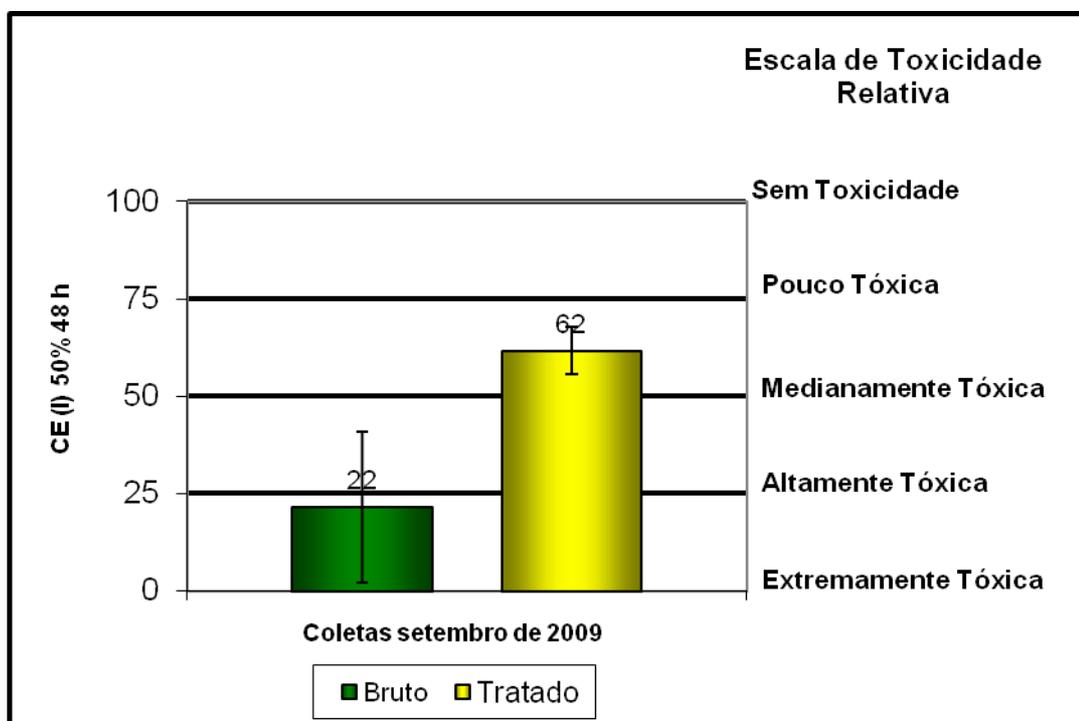


Figura 20. Resultados da toxicidade aguda para o efluente bruto e tratado, no mês de setembro de 2009.

Os resultados indicaram que o efluente bruto apresentou variações de toxicidade entre níveis medianamente tóxicos a altamente tóxicos, enquanto que o efluente tratado apresentou-se medianamente tóxico. Desta forma, os resultados obtidos em Colleta (2008), juntamente com os resultados obtidos na presente pesquisa, evidenciam que ao longo dos últimos dois anos não houve uma melhoria na eficiência dos processos de detoxificação da ETE UNISC, uma vez que continua não havendo uma redução significativa da toxicidade, ficando os efluentes na categoria medianamente tóxica.

Em relação à eficiência de redução da toxicidade na estação de tratamento de esgotos industriais e domésticos ETE do município de Suzano, SP, após 4 campanhas de investigação, observou-se para o microcrustáceo *Daphnia similis* uma redução pela ETE, na toxicidade do afluente de 47% a 78%, contudo, a estimativa do impacto mostrou que a toxicidade remanescente, nas três últimas campanhas de amostragem, apresentava potencial para causar efeitos tóxicos ao corpo receptor (BERTOLETTI e ZAGATTO, 2006).

Conforme Laitano (2010), após avaliação da eficiência de um reator experimental UASB, no tratamento de lixiviado, por meio de testes de toxicidade aguda com *Daphnia magna*, observou que o tratamento do efluente neste tipo de reator reduziu a toxicidade original das amostras em 81%. Contudo, os baixos valores de CE(I)50 encontrados nos testes demonstraram a presença de alta toxicidade para todas as amostras analisadas. Segundo o mesmo autor, nem sempre um bom desempenho do sistema de tratamento do efluente significa redução da toxicidade. Mesmo com eficiente tratamento de efluentes, substâncias xenobióticas, inibidoras, genotóxicas ou não biodegradáveis podem permanecer causando impactos sobre os ecossistemas, uma vez que os efeitos sinérgicos entre substâncias também podem ser responsáveis pelo efeito tóxico.

Nieto (2000), em seus experimentos observou que indústrias que utilizam reatores anaeróbios como tratamento primário ou secundário, conseguiram reduzir de 92,7 a 97,6% a toxicidade original dos efluentes. Zagatto et al., (1998), por sua

vez, obtiveram um nível de redução de toxicidade de 85%, para efluentes industriais, utilizando reatores do tipo UASB.

Mesmo que os autores acima citados tenham demonstrado alta eficiência na relação da toxicidade utilizando reatores UASB, a remoção da ETE UNISC apresentou-se ineficiente, verificando a necessidade imediata em rever os processos operacionais e realizar os ajustes das inadequações no UASB e BA, visando assim uma maior eficiência em termos de remoção da toxicidade.

5.4 Resultados para os ensaios de toxicidade crônica

Os ensaios com *Ceriodaphnia dubia*, iniciaram em março de 2009, tendo sido realizados 28 ensaios para toxicidade crônica, 14 ensaios para o efluente bruto e 14 para o efluente tratado (resultados das análises, observar ANEXO B).

O resultado de março de 2009 (Fig. 21), para o efluente bruto apresentou uma CI(I)25 de $12 \pm 6\%$ (C.V. = 46%), correspondendo a uma amostra extremamente tóxica. O efluente tratado apresentou uma CI(I)25 de $9 \pm 1\%$ (C.V. = 15%), sendo considerado igualmente como extremamente tóxico. Em relação a eficiência, não houve remoção da toxicidade, pois os processos operacionais UASB e BA foram ineficientes em 25,0%.

Em relação a abril de 2009 (Fig. 22), os ensaios indicaram valores praticamente iguais, sendo que o efluente bruto apresentou uma CI(I)25 de $8 \pm 2\%$ (C.V. = 22%), e o efluente tratado uma CI(I)25 de $8\% \pm 1\%$ (C.V. = 8%), estando ambos enquadrados na faixa extremamente tóxica. Neste mês não houve eficiência na remoção da toxicidade, visto o resultado do efluente tratado ser praticamente o mesmo do efluente bruto.

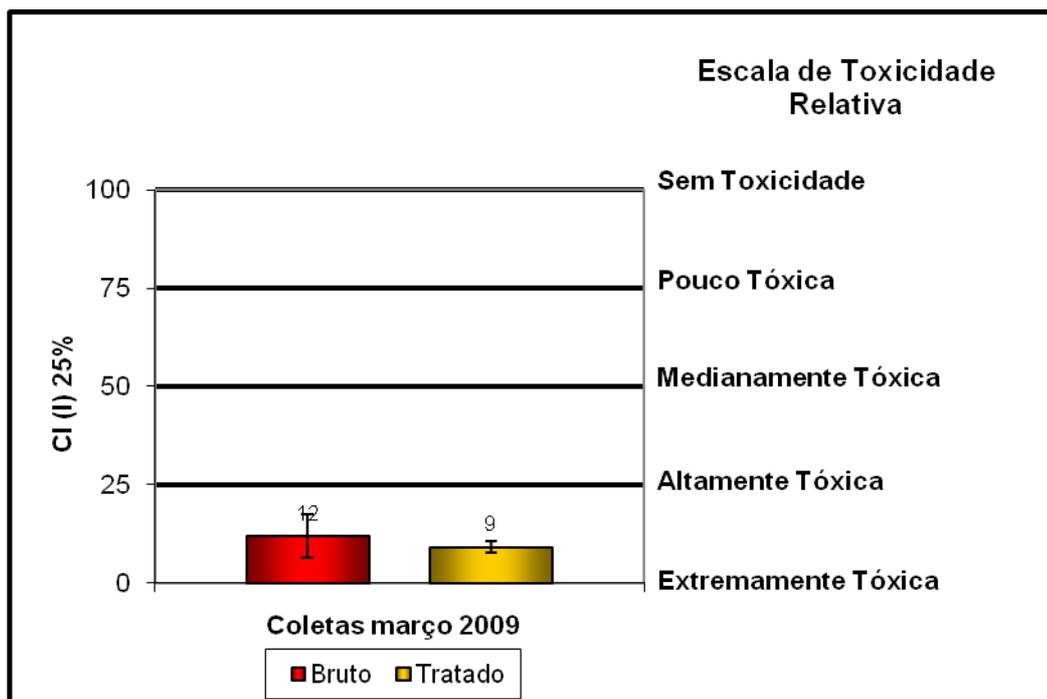


Figura 21. Resultados da toxicidade crônica para o efluente bruto e tratado, no mês de março de 2009.

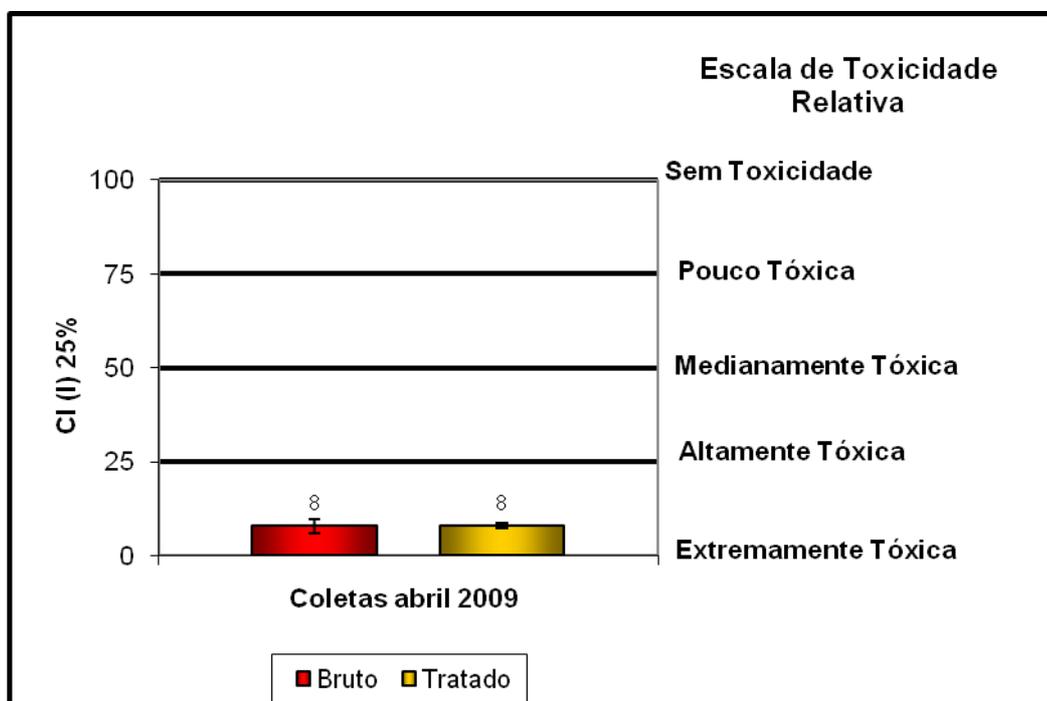


Figura 22. Resultados da toxicidade crônica para o efluente bruto e tratado, no mês de abril de 2009.

Em maio de 2009 (Fig. 23), o efluente bruto apresentou uma CI(I)25 de $10 \pm 2\%$ (C.V. = 22%), caracterizando-se uma amostra extremamente tóxica. Para o efluente tratado, a CI(I)25 de 7%, corresponde novamente a uma amostra extremamente tóxica. Verifica-se que os efluentes estão seguindo um mesmo padrão de toxicidade, demonstrando uma ineficiência na remoção da detoxificação de 30,0%, neste caso, comparando o efluente bruto com o tratado.

Em junho de 2009 (Fig. 24) o efluente bruto apresentou uma CI(I)25 de $11 \pm 3\%$ (C.V. = 32%), já o efluente tratado, uma CI(I)25 de $7 \pm 2\%$ (C.V. = 23%). Ambos efluentes encontraram-se na faixa de extremamente tóxico. Em relação a remoção da toxicidade, este foi o mês onde verificou-se uma maior ineficiência de 36,4% pelos processos UASB e BA, uma vez que, mesmo o efluente tratado apresentar-se na mesma faixa de toxicidade apresentou-se um pouco mais tóxico em relação ao efluente bruto.

Para o mês de agosto (Fig. 25), realizou-se somente uma coleta para o efluente bruto e o tratado. Verificou-se um CI(I)25 de 11%, para o efluente bruto, e 16% para o efluente tratado. Embora ambas amostras encontraram-se na mesma faixa de toxicidade, extremamente tóxica, este foi o mês onde houve um maior efeito de remoção da detoxificação, eficiência de 45,4% comparado aos resultados ineficientes da remoção dos meses de março (25,0%), maio (30,0%) e junho (36,4%).

Para a última amostragem no mês de setembro de 2009 (Fig. 26), observou-se um mesmo padrão, onde ambas as amostras apresentaram-se extremamente tóxicas ao organismo *Ceriodaphnia dubia*, verificando uma CI(I)25 de $7 \pm 2\%$ (C.V. = 34%), para o efluente bruto e uma CI(I)25 de $6 \pm 2\%$ (C.V. = 27%), para o efluente tratado. Em relação a toxicidade não houve remoção visto, os processos UASB e BA, apresentarem-se ineficientes em 14,2%.

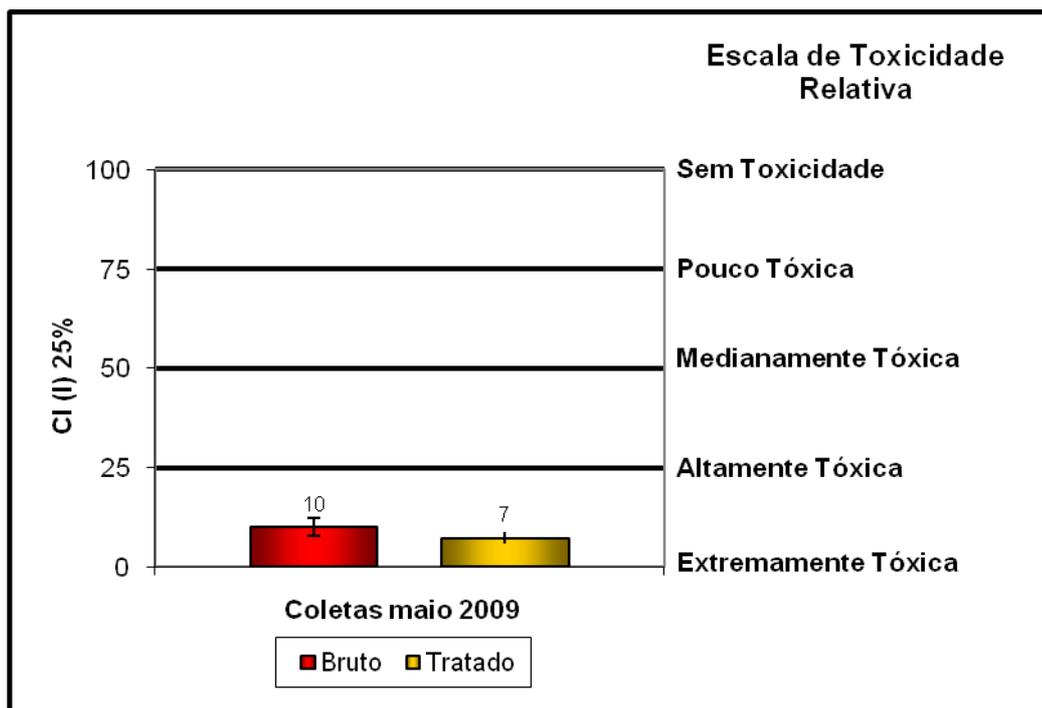


Figura 23. Resultados da toxicidade crônica para o efluente bruto e tratado, no mês de maio de 2009.

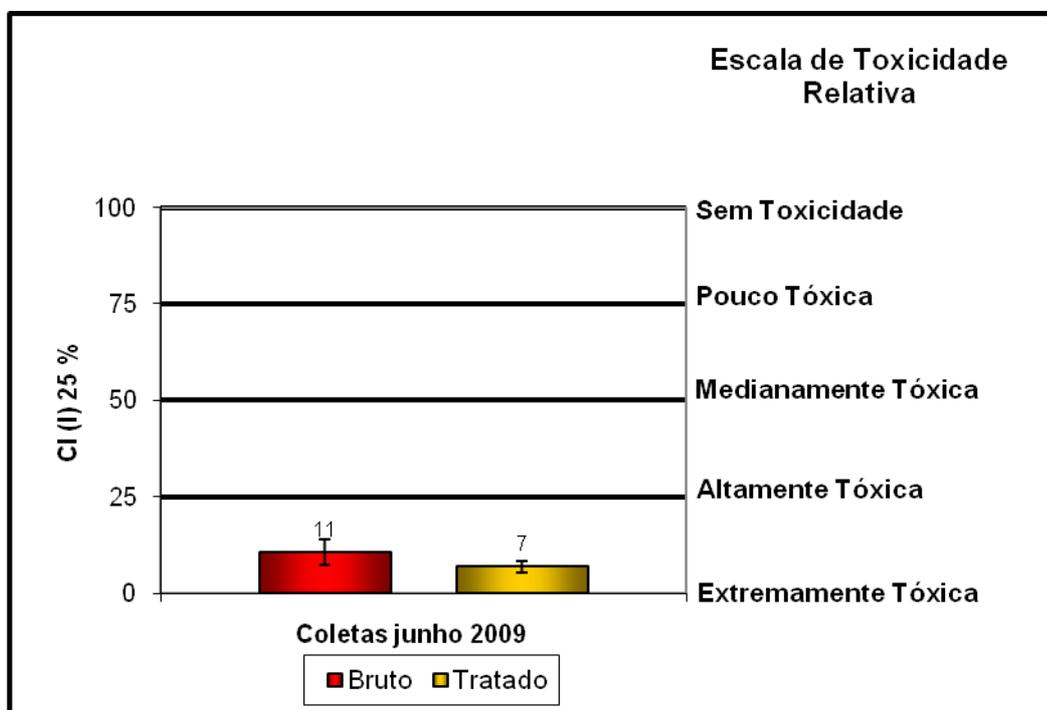


Figura 24. Resultados da toxicidade crônica para o efluente bruto e tratado, no mês de junho de 2009.

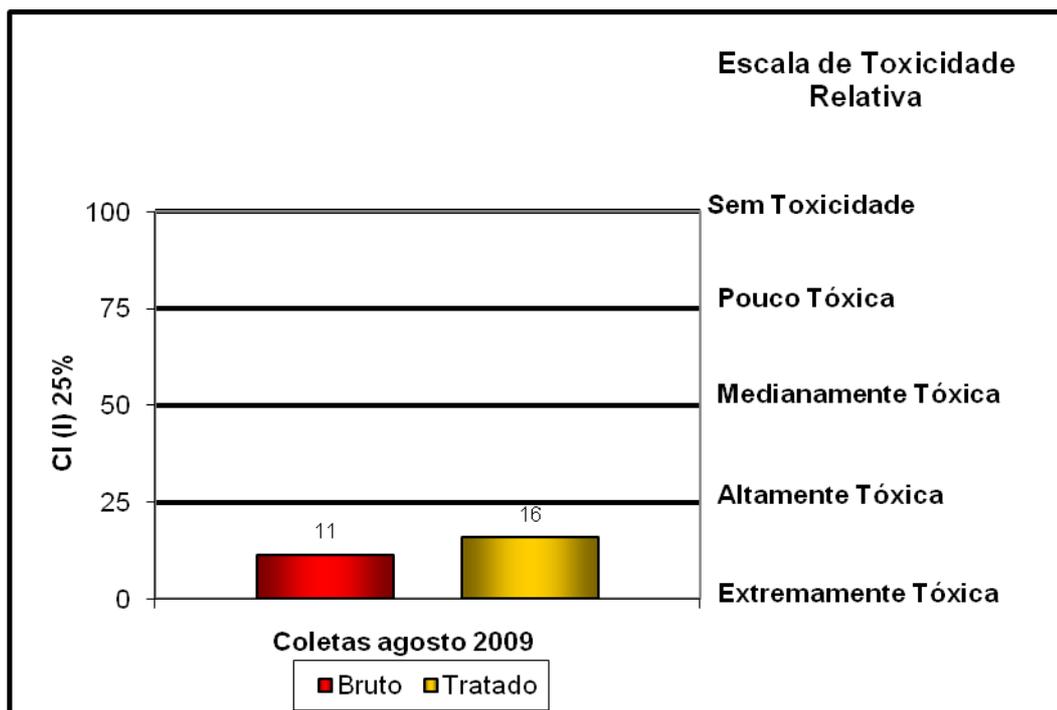


Figura 25. Resultados da toxicidade crônica para o efluente bruto e tratado, no mês de agosto de 2009.

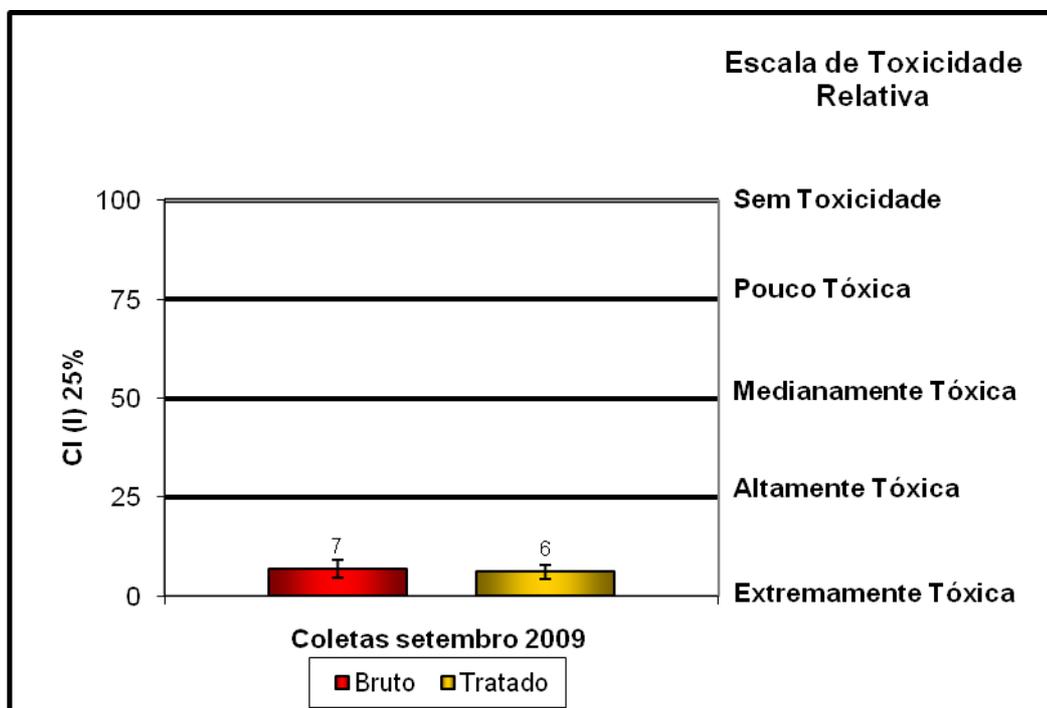


Figura 26. Resultados da toxicidade crônica para o efluente bruto e tratado, no mês de setembro de 2009.

Para todos os meses estudados os processos UASB e BA, foram ineficientes em termos de remoção da toxicidade, com exceção do mês de agosto, contudo, esta redução ainda não foi suficiente, pois foi extremamente tóxica ao organismo-teste *Ceriodaphnia dubia*. Através dos resultados obtidos para os ensaios de toxicidade crônica, verificou-se que ambos os efluentes, bruto e tratado, foram extremamente tóxicos para o microcrustáceo *Ceriodaphnia dubia*.

Desta forma, evidenciou-se que os processos operacionais UASB e BA utilizados na ETE UNISC, foram ineficientes em relação à detoxificação, pois causou toxicidade crônica ao organismo *Ceriodaphnia dubia* em todos os meses avaliados.

Todavia, em relação aos ensaios de toxicidade crônica, em estudo realizado por Colleta (2008), para o mesmo sistema de tratamento ETE UNISC, os efluentes bruto e tratado também se revelaram tóxicos ao organismo-teste *Scenedesmus subspicatus*, alga clorofícea representante do nível trófico dos produtores. Os ensaios foram conduzidos a partir de duas coletas em novembro de 2007. Na coleta de 08 de novembro a concentração de efeito não observado, (CENO) para a amostra bruta foi de 25%, enquanto que para a amostra tratada foi de 12,5%. Já na coleta de 13 de novembro ambos os efluentes bruto e tratado apresentaram uma CENO de 12,5%, caracterizando em todos os casos, amostras extremamente tóxicas.

Segundo Hamada (2008), após avaliar a estação de tratamento de Esgotos de Suzano, que recebe efluentes e esgotos domésticos de cinco municípios, também evidenciou toxicidade crônica extremamente crítica para *Ceriodaphnia dubia*, com valor de 7,1% para o efluente tratado.

Geis et al., (2000) mencionam que geralmente as algas apresentam-se mais sensíveis que invertebrados e peixes em 50% dos casos, mas podem ser menos sensíveis em 30% dos casos. Por exemplo, em ensaios de toxicidade realizados com amostras de efluentes oriundos de 18 estações de tratamento de esgotos, Baley et al., (2000), detectaram que as amostras de 15 estações de tratamento

conferiram toxicidade crônica para o microcrustáceo *Ceriodaphnia dubia*, enquanto que apenas duas causaram efeito tóxico para *Selenastrum capricornutum*.

Segundo Oliveira et al., (2008), com a utilização do microcrustáceo *Ceriodaphnia dubia* na avaliação da qualidade das águas superficiais do Rio Preto que fica a jusante da cidade de Unaí – MG, observou-se que em 67,0% dos ensaios realizados resultou em algum tipo de efeito adverso sobre o microcrustáceo.

5.5 Resultados dos parâmetros gerais de caracterização dos efluentes

Para uma avaliação geral do efluente bruto e tratado, realizou-se juntamente aos ensaios ecotoxicológicos, análises físicas e químicas durante os meses de março a agosto de 2009, totalizando 5 amostras para efluente bruto e 5 amostras para o efluente tratado (resultados das análises, observar ANEXO C).

Para avaliar a qualidade da água, utilizaram-se como critérios de avaliação as legislações vigentes, resolução 357 do CONAMA (Brasil, 2005) e 128 do CONSEMA (RS, 2006a). Estas legislações abrangem vários parâmetros como critério de avaliação, contudo, optou-se pela escolha dos parâmetros considerados essenciais para efluentes com características domésticas tais como: DBO₅, DQO, fósforo total, nitrogênio amoniacal, óleos e graxas, sólidos suspensos, temperatura e pH.

Em relação aos valores de DBO₅ (Fig. 27), verificou-se que houve uma redução significativa dos mesmos, do efluente bruto para o tratado, uma vez que todos os valores encontraram-se abaixo do valor máximo permissível pela resolução 128 do CONSEMA (RS, 2006a), igual a 120 mg L⁻¹, apresentando uma eficiência em termos de remoção da DBO₅ de 71,6% (março), 88,1% (abril), 82,1% (maio), 57,4% (junho) e 99,3% (agosto).

A DBO₅ é um parâmetro fundamental de avaliação ambiental, pois retrata, de forma indireta, o teor de matéria orgânica nos esgotos ou em corpos de água, sendo, portanto uma indicação do potencial do consumo do oxigênio dissolvido.

Segundo Chernicharo (2006), a concentração média nos esgotos domésticos para o parâmetro DBO₅ para o sistema de tratamento UASB e BA é de 20 – 50 mg L⁻¹, e uma eficiência média de remoção de 83 – 93%, já segundo Sperling (1996), a eficiência média de remoção para o parâmetro DBO₅ nos esgotos domésticos para o sistema de tratamento UASB é de 60 – 80%.

Verifica-se, portanto, que praticamente todos os valores de DBO₅ obtidos no efluente tratado pela ETE UNISC ficaram na faixa de 20 – 50 mg L⁻¹, e dentro da eficiência de remoção esperada, segundo (CHERNICHARO, 2006 e SPERLING, 1996).

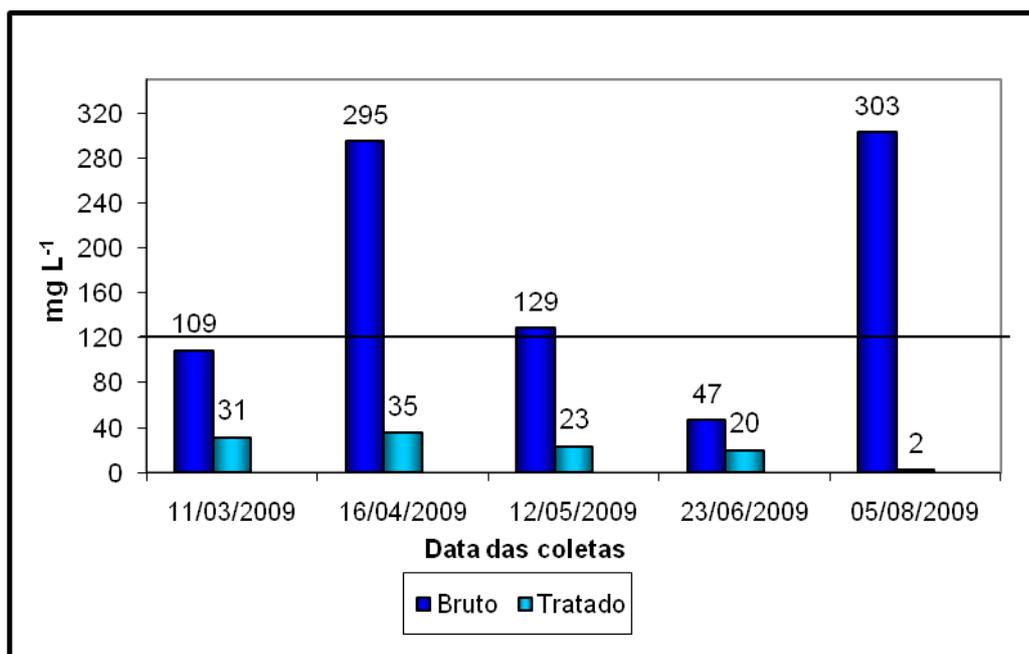


Figura 27. Resultados de DBO₅ para o efluente bruto e tratado da ETE UNISC.

Quanto aos valores de DQO (Fig. 28), verificou-se que houve uma redução significativa dos mesmos, do efluente bruto para o tratado, uma vez que todos os valores encontraram-se abaixo do valor máximo permissível pela resolução 128 do CONSEMA (RS, 2006a), igual a 330 mg L⁻¹.

Assim como a DBO_5 a DQO, também é um parâmetro essencial, já que é possível, verificar, de forma indireta, o teor de matéria orgânica nos esgotos ou em corpos de água, sendo, portanto uma indicação do potencial do consumo do oxigênio dissolvido.

O sistema UASB e BA apresentou-se eficiente para o parâmetro DQO em todos os meses estudados, ou seja: 74,5% (março), 78,8% (abril), 68,7% (maio), 56,0% (junho) e 93,9% (agosto).

Segundo Chernicharo (2006), a concentração média nos esgotos domésticos para o parâmetro DQO para o sistema de tratamento UASB e BA é de 60 – 150 $mg L^{-1}$, e uma eficiência média de remoção de 75 – 88%.

Resultados semelhantes foram obtidos pelos processos UASB e BA da ETE UNISC, uma vez que os resultados de DQO obtidos ficaram nesta faixa de 60 – 150 $mg L^{-1}$. Em relação à eficiência, a remoção da DQO teve resultados semelhantes, com exceção dos meses maio (68,7%) e junho (56,0%) conforme o descrito em Chernicharo (2006), contudo, todos os valores encontraram-se abaixo do valor máximo permitido pela legislação vigente.

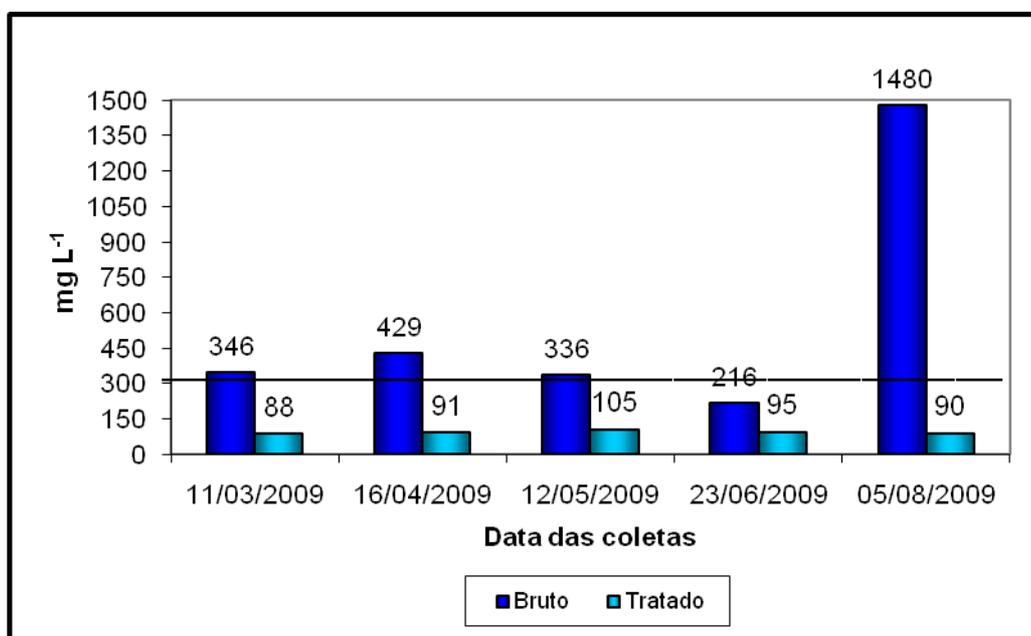


Figura 28. Resultados de DQO para o efluente bruto e tratado da ETE UNISC.

Em relação ao parâmetro fósforo total (Fig. 29), a resolução 128 CONSEMA (RS, 2006a), menciona somente valores máximos para efluentes domésticos com vazão a partir de $1000 \text{ m}^3 \text{ dia}^{-1}$, sendo que a ETE UNISC possui uma vazão de 70 a $120 \text{ m}^3 \text{ dia}^{-1}$ de águas negras e amarelas. Verificou-se, contudo, que a concentração média de fósforo total no efluente bruto ficou em $2,9 \pm 2,0 \text{ mg L}^{-1}$ (C.V. = 70%) e a concentração média de fósforo total no efluente tratado em $3,6 \pm 1,4 \text{ mg L}^{-1}$ (C.V. = 38,9%).

O valor máximo permitido pela resolução 128 CONSEMA (RS, 2006a) é de $3,0 \text{ mg L}^{-1}$, considerando uma vazão máxima estipulada de $1000 \leq Q \leq 2000 \text{ m}^3 \text{ dia}^{-1}$. Comparando com a concentração média do fósforo total no efluente tratado em $3,6 \pm 1,4 \text{ mg L}^{-1}$, verificou-se que o resultado é muito alto, destacando ainda a pouca vazão do efluente tratado ($70 \text{ a } 120 \text{ m}^3 \text{ dia}^{-1}$).

Resultados semelhantes apresentaram-se na pesquisa de Colletta (2008), na qual a concentração média de fósforo total no efluente bruto da ETE UNISC ficou em $5,2 \pm 1,4 \text{ mg L}^{-1}$ (C.V. = 26,9%) e a concentração média de fósforo total no efluente tratado em $4,8 \pm 1,6 \text{ mg L}^{-1}$ (C.V. = 33,3%).

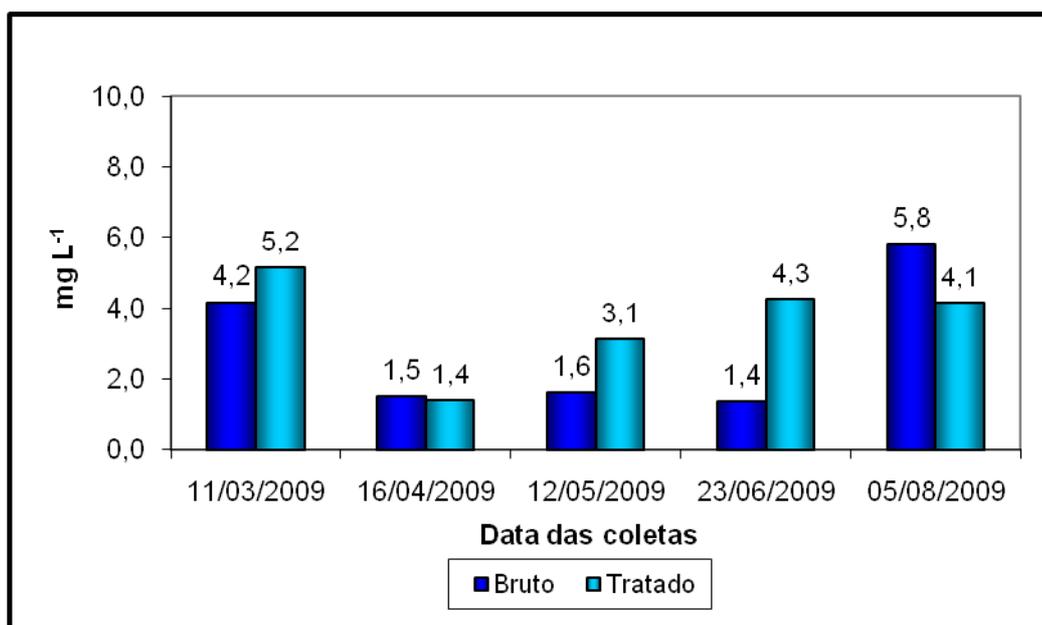


Figura 29. Resultados de fósforo total para o efluente bruto e tratado da ETE UNISC.

Para o parâmetro fósforo total o sistema UASB e BA, demonstrou-se ineficiente para os meses de março (23,8%), maio (93,7%) e junho (207,1%). Em abril apresentou uma eficiência de 6,6% e no mês de agosto a eficiência foi de 29,3%, no entanto, este percentual de remoção não foi suficiente, pois o valor de 4,1 mg L⁻¹ de fósforo total apresentou-se muito acima do valor máximo permissível pela resolução 128 CONSEMA (RS, 2006a).

Segundo Chernicharo (2006), a concentração média nos esgotos domésticos para o parâmetro fósforo total, para o sistema de tratamento UASB e BA é de > 4 mg L⁻¹, e uma eficiência média de remoção de < 35 %. Todavia, Sperling (1996) menciona uma eficiência de remoção de 10 – 20 % para fósforo total em esgotos domésticos com tratamento UASB.

Observa-se que os valores obtidos para o parâmetro fósforo total no efluente tratado pelos processos UASB e BA da ETE UNISC, encontram-se fora dos padrões legais vigentes. Em relação a baixa eficiência para remoção do fósforo total, o mesmo foi observado em Chernicharo (2006) e Sperling (1996), para o mesmo sistema de tratamento.

Em relação ao parâmetro nitrogênio amoniacal (Fig. 30), verificou-se que a concentração média no efluente bruto ficou em 50,8 ± 29,8 mg L⁻¹ (C.V. = 58,7%) e a concentração média no efluente tratado ficou em 77,8 ± 22,5 mg L⁻¹ (C.V. = 28,9%).

A resolução 128 CONSEMA (RS, 2006a), estabelece em seu artigo 22, que para qualquer vazão do efluente deve ser atendido o padrão de 20 mg L⁻¹. Desta forma, observa-se que todas as amostras do efluente tratado apresentaram valores muito acima do recomendado, inclusive amostras do efluente bruto, demonstrando não apenas a ineficiência da ETE na remoção de nitrogênio amoniacal, mas principalmente o grande aporte de nitrogênio que o sistema lança ao corpo receptor, o Arroio Lajeado, caracterizando um grande impacto ambiental.

Resultados semelhantes apresentaram-se na pesquisa de Colletta (2008), na qual a concentração média de nitrogênio amoniacal no efluente bruto da ETE UNISC ficou em $33,8 \pm 12,7 \text{ mg L}^{-1}$ (C.V. = 37,6%), e a concentração média de nitrogênio amoniacal no efluente tratado em $40,1 \pm 17,3 \text{ mg L}^{-1}$ (C.V. = 43,1%).

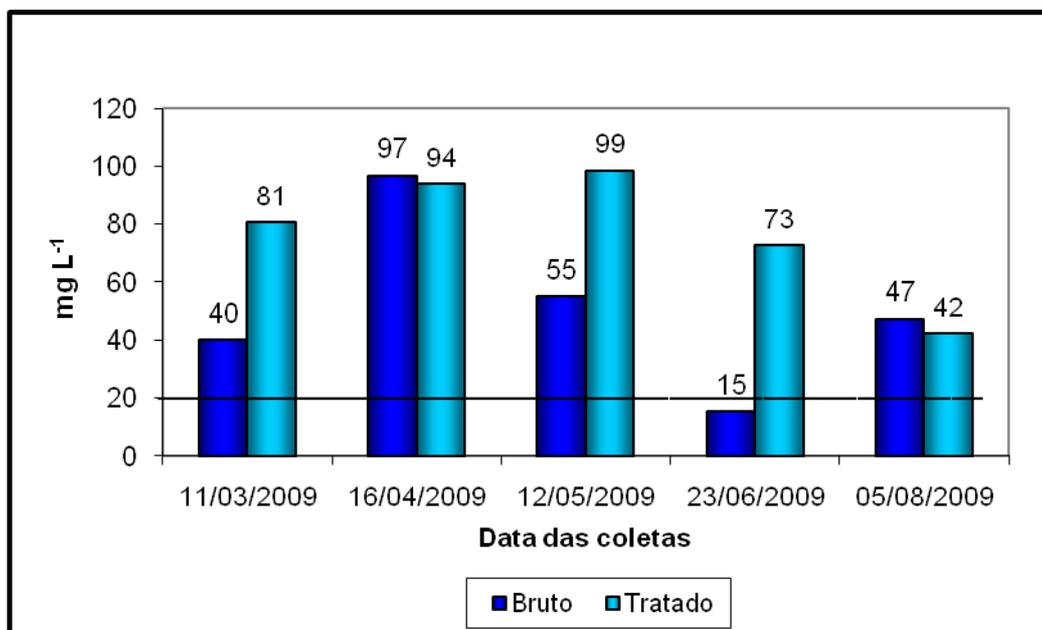


Figura 30. Resultados de nitrogênio amoniacal para o efluente bruto e tratado da ETE UNISC.

Da mesma forma que na presente pesquisa, todas as amostras do efluente tratado apresentaram valores muito acima do recomendado pela resolução 128 CONSEMA (RS, 2006a), 20 mg L^{-1} , demonstrando que o problema operacional da ETE UNISC continua, qual seja o grande aporte de nitrogênio ao Arroio Lajeado, caracterizando um grande impacto ambiental.

Para o parâmetro nitrogênio amoniacal, o sistema UASB e BA, demonstrou-se ineficiente para os meses março (102,5%), maio (80,0%) e junho (386,6%). Para os meses de abril e agosto foi evidenciada pouca eficiência, 3,0% e 10,6%, respectivamente, uma vez que, também nestes meses todas as amostras do efluente tratado apresentaram valores muito acima do recomendado pela resolução 128 CONSEMA (RS, 2006a), 20 mg L^{-1} .

Segundo Chernicharo (2006), a concentração média nos esgotos domésticos para o parâmetro nitrogênio amoniacal, para o sistema de tratamento UASB e BA é de $> 20 \text{ mg L}^{-1}$, e uma eficiência média de remoção de $< 60 \%$. Todavia, Sperling (1996), menciona uma eficiência de remoção de $10 - 25 \%$ para nitrogênio total em esgotos domésticos com tratamento UASB.

Os principais processos de tratamento do efluente da ETE UNISC ocorrem no UASB e o biofiltro aerado BA. Neste reator a biomassa ainda está com déficit de população microbiana, pois as pedras britadas não demonstram fixação de biofilme. Este fato está associado ao aumento dos valores de nitrogênio amoniacal também após o BA. O que explica este comportamento é a relação desfavorável C: N: P, o que nos resultados disponíveis permitiu observar que a relação nitrogênio e fósforo é próxima de $20 : 1$, mesmo que considerando somente o nitrogênio amoniacal nos efluentes analisados. O biofiltro aerado possui sopradores, no entanto, o inventário por acompanhamento dos processos na ETE UNISC demonstraram que o BA ocorreu praticamente de forma anaeróbia devido a problemas operacionais, pois os sopradores funcionaram de forma inadequada injetando pouca aeração. Acredita-se que a melhoria UASB e BA pode ser realizada com ajustes operacionais para os fatores de carga (considera-se a adição de glicerol que é subproduto da produção de biodiesel); ajuste do tempo de detenção hidráulica e adequação da relação C: N: P. Desta forma, as condições inadequadas de funcionamento podem ter contribuído no aumento da concentração de fósforo total e nitrogênio amoniacal.

Em 15/11/2009, foi realizada uma coleta de água para determinação do fosfato total (mg L^{-1}) e o nitrogênio amoniacal (mg L^{-1}) no Arroio Lajeado, precisamente na foz do canal onde desemboca o efluente tratado pela ETE UNISC. O resultado indicou uma concentração muito elevada de fosfato total de $1,75 \text{ mg L}^{-1}$ e também do nitrogênio amoniacal de $3,5 \text{ mg L}^{-1}$.

De forma geral, as altas concentrações de fósforo total no efluente tratado da ETE UNISC e, principalmente da concentração de nitrogênio amoniacal, demonstram não apenas a ineficiência da ETE na remoção destes compostos, mas,

fundamentalmente o grande aporte de fósforo e nitrogênio que o sistema lança ao corpo receptor, o Arroio Lajeado, condição está que caracteriza um grande impacto ambiental, conhecido como eutrofização.

Segundo Esteves (1998), a eutrofização é o aumento da concentração de nutrientes, principalmente fósforo e nitrogênio nos ecossistemas aquáticos, que tem como consequência o aumento de suas produtividades. Quando artificial, é um processo dinâmico, no qual ocorrem profundas modificações qualitativas e quantitativas nas comunidades aquáticas, nas condições físicas e químicas do meio e no nível de produção do sistema, podendo ser considerado uma forma de poluição. Dentre as fontes artificiais destes nutrientes destacam-se: fertilizantes agrícolas, dejetos animais, esgotos domésticos e industriais. É importante destacar que a eutrofização artificial é um processo que pode tornar um corpo d'água inaproveitável para o abastecimento, geração de energia e como área de lazer.

De todos os fenômenos poluidores da água, a eutrofização é um dos que apresenta características mais complexas em função de sua base essencialmente ecológica. O aumento da concentração de nutrientes no meio aquático promove a floração de algas, que formam uma espessa cortina na superfície da água, a qual impede a penetração da luz à vegetação submersa que acaba por morrer e entrar em decomposição liberando ainda mais nutrientes e consumindo mais oxigênio. As algas das camadas superiores continuam a receber luz e a produzir oxigênio, mas maior parte deste gás perde-se na atmosfera. Com a diminuição da quantidade de oxigênio dissolvido e o acúmulo de matéria orgânica animal e vegetal morta, a decomposição passa a ocorrer por ação de bactérias anaeróbicas, que degradam o material e deixam como resíduos substâncias com odor forte, como por exemplo, o ácido sulfídrico (BRANCO, 2001).

Neste contexto, trabalhos de monitoramento ambiental em sistemas hídricos regionais realizados pela Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC têm demonstrado que estes já apresentam estados bastante avançados de eutrofização, como é o caso do Rio Pardinho, corpo receptor do Arroio Lajeado, um dos principais

arrosios urbanos de Santa Cruz do Sul (LOBO e CALLEGARO, 2000; LOBO et al., 1996; 2002, 2004a,b,d; OLIVEIRA et al., 2001; HERMANY et al., 2006; SALOMONI et al., 2006). Ainda, segundo Tundisi (2006), esta condição caracteriza de forma generalizada os cursos d'água em toda a região Sul do Brasil, conforme resultados obtidos pelo projeto Brasil das Águas.

Cabe salientar, ainda, que o nitrogênio amoniacal destacou-se entre todos os parâmetros analisados pela sua elevada concentração no efluente tratado da ETE UNISC, apresentando valores muito acima do máximo permitido pela resolução 128 CONSEMA (RS, 2006a).

Segundo Hartmann (2004), para resíduos industriais a elevada concentração de nitrogênio amoniacal pode estar relacionada com diferenças na origem da matéria-prima, a eficiência operacional e tipos de derivados que o efluente possui. No caso da concentração elevada no efluente tratado da ETE UNISC, estas características são devidas ao mesmo ser composto por águas negras e amarelas advindas dos sanitários do campus Universitário, que comporta cerca de 11.500 indivíduos por semestre, sendo o principal resíduo a urina.

O nitrogênio ocorre na natureza em diversas formas: nitrogênio molecular (N_2), nitrato (NO_3^-), nitrito (NO_2^-), amônia (NH_3), íon amônio (NH_4^+), óxido nitroso (N_2O), nitrogênio orgânico (peptídeos, purinas, aminas e aminoácidos) e nitrogênio orgânico particulado (bactérias, fitoplâncton, zooplâncton e detritos), (SOUZA, 1996).

Em esgotos, as formas comuns de nitrogênio são: nitrogênio orgânico, amoniacal, e em menor quantidade, nitrato e nitrito, este último muito instável e logo oxidado a nitrato. Fezes e urina têm concentrações aproximadas (peso seco) de nitrogênio que variam de 5% a 7% e de 15 a 19%, respectivamente (JERÔNIMO, 1998). A decomposição bacteriana do material proteico e a hidrólise da uréia transformam nitrogênio orgânico em amônia. Em esgotos domésticos frescos, cerca de 60% do nitrogênio presente está na forma de nitrogênio orgânico e 40% na forma de nitrogênio amoniacal (JENKINS e HERMANOWICZ, 1991).

A amônia (NH_3) (matéria nitrogenada inorgânica) pode apresentar-se tanto na forma de íon (NH_4^+), como na forma livre não ionizada (NH_3), sua formação se dá em muitos casos pela atividade bacteriana na água. O (NH_3) é extremamente solúvel e reage formando hidróxido de amônio (NH_4OH). A contaminação da água pela amônia e os íons amônio (NH_4^+) se devem pela redução bacteriana do nitrato, decomposição de materiais orgânicos provenientes de esgotos domésticos, água de percolação de aterros sanitários, escoamento de fertilizantes, etc. A ocorrência de (NH_3) amônia livre é extremamente tóxica (POHLING, 2009).

Em pesquisas realizadas por Kallqvist e Svenson (2003), foi determinada a toxicidade da amônia para a alga unicelular *Nephroselmis pyriformis*, identificando o composto como sendo tóxico dominante em um efluente industrial. Huddleston et al., (2000) também observaram que com o decréscimo da concentração de amônia em 95% no efluente, a sobrevivência de *Pimephales promelas* e *Ceriodaphnia dubia* aumentou 50% e 25%, respectivamente.

Adamson et al., (1998) verificaram que a amônia e o nitrito estavam presentes em concentrações altas o bastante para causarem efeitos tóxicos a *Daphnia magna* em um sistema de tratamento de aquicultura. Já Emmanuel et al., (2005), detectaram níveis altos de nitrogênio amoniacal em amostras de efluente hospitalar, sendo este tóxico aos organismos aquáticos que são afetados adversamente pela amônia em níveis $\geq 1,0 \text{ mg L}^{-1}$.

Desta forma, com base nas evidências citadas na literatura acima, pode-se inferir que os altos valores obtidos de nitrogênio amoniacal nas amostras do efluente tratado pela ETE UNISC, justificam a presença de toxicidade aguda e crônica aos organismos-teste *Daphnia magna* e *Ceriodaphnia dubia*, respectivamente.

À luz destes resultados, evidencia-se que o efluente tratado pela ETE UNISC chega ao corpo receptor, no caso o Arroio Lajeado, fora dos padrões legais vigente, uma vez que, uma coleta realizada posteriormente em 15/11/2009, na foz do canal

onde desemboca o efluente tratado pela ETE UNISC, mesmo diluído demonstrou-se ainda um alto valor correspondente a 3,5 mg L⁻¹.

Em relação ao parâmetro óleos e graxas (Fig. 31), verificou-se que houve uma redução significativa deste, do efluente bruto para o tratado, uma vez que todos os valores encontraram-se abaixo do valor máximo permissível pela resolução 128 do CONSEMA (RS, 2006a), igual a 30 mg L⁻¹.

O sistema UASB e BA apresentou uma eficiência em termos de remoção de óleos e graxas de 78,2% (março), 83,7% (abril), 75,3% (maio) e 79,7% (agosto). Para o mês de junho obteve uma ineficiência de 215,3%, contudo, o valor encontrado ficou abaixo do valor máximo permissível pela legislação vigente.

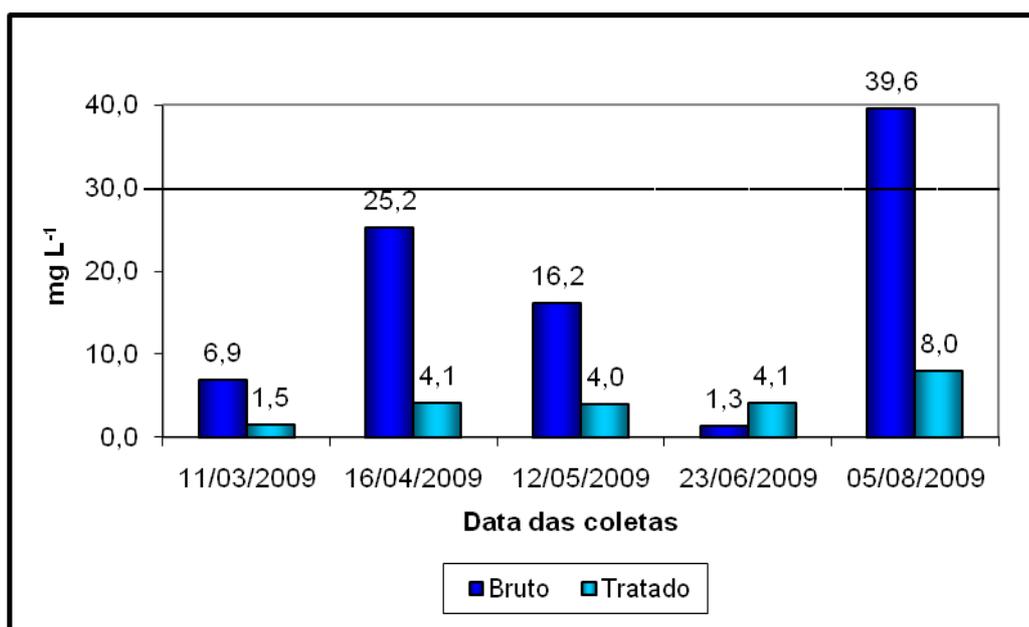


Figura 31. Resultados de óleos e graxas para o efluente bruto e tratado da ETE UNISC.

Para os sólidos suspensos (Fig. 32) verificou-se que houve uma redução significativa dos mesmos, do efluente bruto para o tratado, uma vez que todos os valores encontraram-se abaixo do valor máximo permissível pela resolução CONSEMA 128 (RS, 2006a), igual a 140 mg L⁻¹.

O sistema UASB e BA apresentou-se eficiente em termos de remoção de sólidos suspensos para todos os meses estudados, ou seja, 60,9% (março), 83,1% (abril), 88,4% (maio) 14,0% (junho) e 98,5% (agosto).

Segundo Chernicharo (2006), a concentração média nos esgotos domésticos para o parâmetro sólidos suspensos, para o sistema de tratamento UASB e BA é de 20 – 40 mg L⁻¹, e uma eficiência média de remoção de 87 – 93 %.

Em relação aos resultados obtidos, pode-se concluir que o sistema UASB e BA, apresentaram uma boa remoção de sólidos suspensos, com exceção a eficiência do mês de junho, comparado a Chernicharo (2006), contudo, os valores obtidos encontraram-se dentro dos padrões legais vigentes.

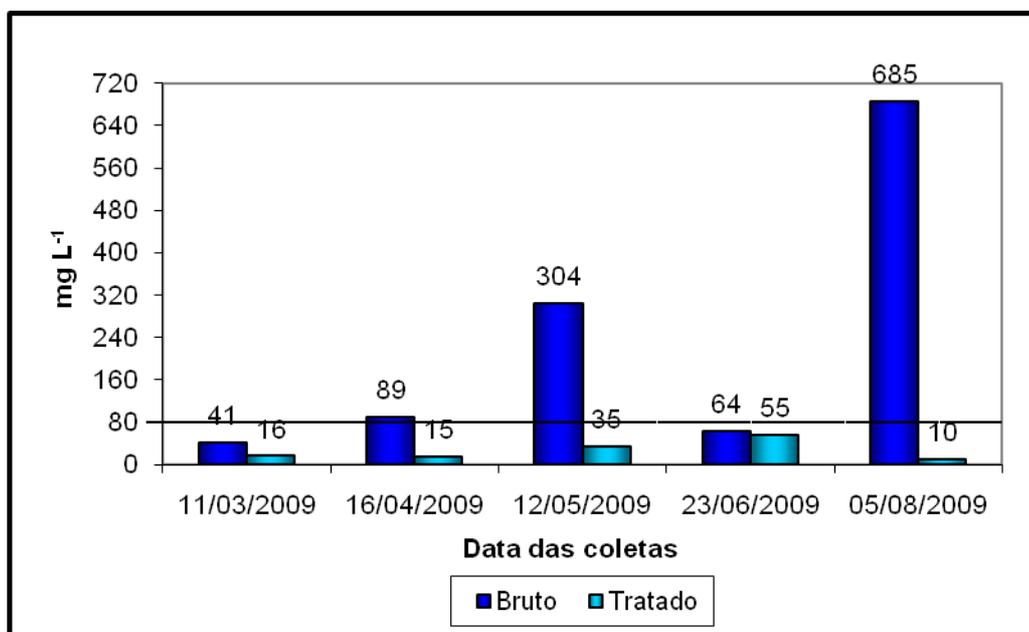


Figura 32. Resultados de sólidos suspensos para o efluente bruto e tratado da ETE UNISC.

Em relação à temperatura (Fig. 33), todos os valores obtidos tanto no efluente bruto quanto tratado encontraram-se abaixo do valor máximo permitido pela resolução CONSEMA 128 (RS, 2006a), igual a 40 °C.

Em relação ao pH (Fig. 34), o efluente bruto encontrou-se fora dos padrões permissíveis em três amostragens: junho (18/06) e setembro (10/09 e 24/09/), no

entanto, todos os valores obtidos para o efluente tratado encontraram-se na faixa ideal (6,0 – 9,0) conforme a resolução CONSEMA 128 (RS, 2006a).

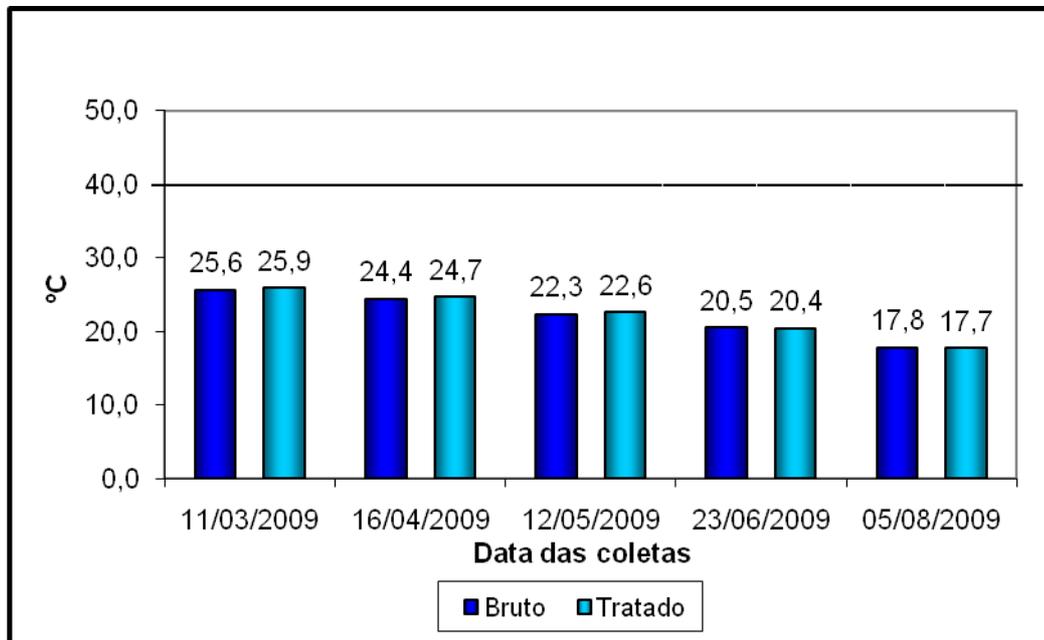


Figura 33. Resultados da temperatura para o efluente bruto e tratado da ETE UNISC.

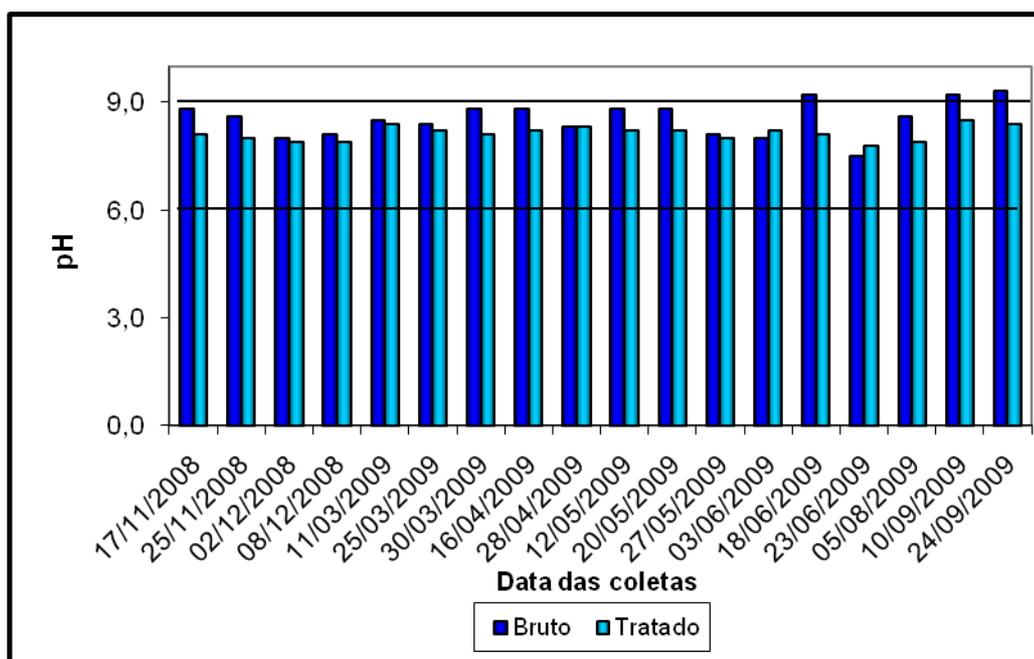


Figura 34. Resultados do pH para o efluente bruto e tratado da ETE UNISC.

5.6 Resultados da análise biológica – coliformes termotolerantes

Foram analisadas um total de 10 amostras para o parâmetro coliformes termotolerantes (Fig. 35), sendo 5 para o efluente bruto e 5 para o efluente tratado (resultados das análises, observar ANEXO C). Verificou-se que o efluente tratado apresentou índices extremamente elevados de coliformes termotolerantes, atingindo um valor médio de $6,4 \times 10^5 \pm 8,6 \times 10^5$ NMP 100mL⁻¹ (C.V. = 134%), caracterizando uma carga poluidora potencial de alto impacto ao corpo receptor, o Arroio Lajeado. A resolução CONSEMA 128 (RS, 2006a), não estabelece valores máximos permissíveis para esta variável, entretanto, interferências podem ser feitas sobre a qualidade da água do corpo receptor à luz da resolução CONAMA 357 (Brasil, 2005), que trata sobre a classificação das águas doces continentais em função dos seus usos.

O valor limite que a resolução 357 do CONAMA (Brasil, 2005) estabelece para diferenciar uma Classe de Uso “3”, de uma Classe Uso “4”, sendo esta a classe de pior qualidade, destinada apenas à navegação e harmonia paisagística, corresponde a $4,0 \times 10^3$ NMP 100mL⁻¹, ficando evidente que um efluente com uma carga de coliformes tão elevada quanto um valor médio de $6,4 \times 10^5 \pm 8,6 \times 10^5$ NMP 100mL⁻¹, que descarrega num corpo receptor, apresenta um impacto potencial significativo ao mesmo.

Segundo Chernicharo (2006), a concentração média nos esgotos domésticos para o parâmetro coliformes termotolerantes, para o sistema de tratamento UASB e BA é de $10^6 - 10^7$ NMP 100mL⁻¹, e uma eficiência média de remoção de $10^1 - 10^2$ NMP 100mL⁻¹. Todavia, Sperling (1996) menciona uma eficiência de remoção de 60 – 90% para coliformes termotolerantes para o sistema UASB. Os principais processos para remoção de patógenos no tratamento dos esgotos é o natural, através da lagoa de maturação e disposição no solo e o processo artificial, por meio da cloração, ozonização e radiação ultravioleta.

O sistema UASB e BA da ETE UNISC apresentou uma eficiência em termos de remoção de coliformes termotolerantes de 98,1% (março), 99,2% (abril), 33,3% (maio) 40,4% (junho) e 54,2% (agosto).

Embora o sistema UASB e BA da ETE UNISC apresentar-se eficiente na remoção de coliformes termotolerantes, atingido valores de $4,0 \times 10^3$ NMP 100mL⁻¹ (março), $4,3 \times 10^3$ NMP 100mL⁻¹ (abril), $>1,6 \times 10^6$ NMP 100mL⁻¹ (maio) $2,8 \times 10^4$ NMP 100mL⁻¹ (junho) e $1,6 \times 10^6$ NMP 100mL⁻¹ (agosto), contudo, evidenciou-se que está remoção não é suficiente, devido aos altos valores encontrados no efluente tratado. O mesmo foi observado por Chernicharo (2006) e Sperling (1996), quando mencionam que a maioria dos processos são insuficientes para a remoção de microorganismos causadores de doenças.

Em 15/11/2009, foi realizada uma coleta de água para determinação dos coliformes termotolerantes no Arroio Lajeado, precisamente na foz do canal onde desemboca o efluente tratado pela ETE UNISC. O resultado indicou uma concentração de coliformes termotolerantes de $1,6 \times 10^4$ NMP 100mL⁻¹, valor que permite classificar este trecho do Arroio na Classe de Uso da pior qualidade, "4". É importante salientar que algum dos usos que a comunidade ribeirinha faz, neste trecho do Arroio Lajeado tais como balneabilidade e irrigação de hortaliças consumidas cru, são completamente incompatíveis com a qualidade observada.

Desta forma, em função dos elevados índices de coliformes termotolerantes detectados no corpo receptor do efluente tratado da ETE UNISC, fica evidente a contribuição potencial significativa do mesmo, caracterizando um problema de alto impacto ambiental a saúde pública.

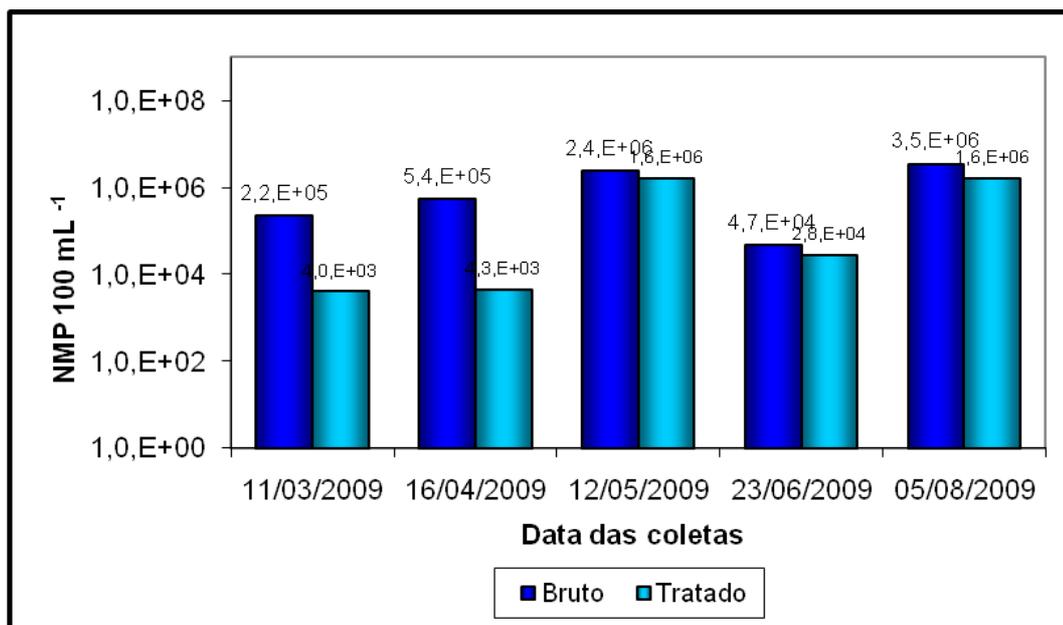


Figura 35. Resultados dos coliformes termotolerantes para o efluente bruto e tratado da ETE UNISC.

5.7 Resultados obtidos para estimativa do impacto do efluente tratado pela ETE UNISC, no Arroio Lajeado

A partir dos resultados da CE(I)50 48h, realizou-se a estimativa do impacto ambiental para o efluente tratado, em cada mês estudado, visto ser esta a informação mais importante de todo o processo de controle de agentes tóxicos de efluentes na natureza.

A avaliação do impacto foi estimada comparando-se a concentração de efeito tóxico nos testes de toxicidade com a concentração no corpo receptor. Dois fatores foram de suma importância para avaliação do impacto ambiental do efluente tratado da ETE UNISC sobre o Arroio Lajeado. O primeiro foram os aspectos qualitativos (impacto qualitativo) que foi determinado pelas características, físicas, químicas, microbiológicas e ecotoxicológicas do efluente tratado. O segundo foram os aspectos quantitativos (impacto quantitativo), determinado pela relação entre a vazão do corpo receptor, ou seja, o Arroio Lajeado, e o efluente tratado pela ETE UNISC.

Na tabela 5, observam-se as características ecotoxicológicas do efluente nos meses estudados, através da CE(I)50 48h. A vazão do Arroio Lajeado ($Q_{7,10}$) em vazão mínima com duração de 7 dias e tempo de retorno de 10 anos e a vazão máxima de lançamento do efluente tratado (Q_e) pela ETE UNISC. A capacidade de suporte do Arroio Lajeado calculada através da concentração do efluente no corpo receptor (CER), a estimativa para prevenir efeito agudo (CER-EA), a estimativa para prevenir efeito crônico (CER-EC), e ainda a vazão ideal (Q_e ideal).

Tabela 5. Avaliação do impacto ambiental ao Arroio Lajeado, segundo (CETESB, 2006).

	EC(I)50	$Q_{7,10}$	Q_e	CER	CER-EA	CER-EC	Q_e ideal
Data	48h (%)	$m^3 \text{ dia}^{-1}$	$m^3 \text{ dia}^{-1}$	(%)	(%)	(%)	$m^3 \text{ dia}^{-1}$
Nov. 08	56	588,2	120	16,94	0,186	0,056	0,329
Dez. 08	70	588,2	120	16,94	0,233	0,070	0,411
Mar. 09	60	588,2	120	16,94	0,200	0,060	0,353
Abri. 09	63	588,2	120	16,94	0,210	0,063	0,370
Mai 09	68	588,2	120	16,94	0,226	0,068	0,400
Jun. 09	65	588,2	120	16,94	0,216	0,065	0,382
Ago. 09	68	588,2	120	16,94	0,226	0,068	0,400
Set. 09	62	588,2	120	16,94	0,206	0,062	0,364

Os resultados obtidos indicaram que o efluente tratado pela ETE UNISC apresentou riscos agudos e crônicos ao ecossistema do Arroio Lajeado, para todos os meses estudados, uma vez que, os baixos resultados obtidos para fins de prevenir efeito agudo (CER-EA) e prevenir efeito crônico (CER-EC) foram menores que a concentração do efluente no corpo receptor (CER), conforme o limite estabelecido pela (CETESB, 1992).

Desta forma, evidenciou-se uma incompatibilidade entre o efluente que está sendo gerado pela ETE UNISC e a qualidade da água do Arroio Lajeado, uma vez que a baixa vazão apresentada pelo Arroio Lajeado (Fig. 38) não suporta impactos desta natureza. O efluente líquido mesmo tratado pela ETE UNISC, sendo lançado de forma contínua no corpo receptor, acarretou em efeitos agudos e crônicos nos meses estudados.

A vazão ideal calculada para o efluente tratado pela ETE UNISC, com vistas à prevenção de efeitos agudos e crônicos ao Arroio Lajeado, apresentou um valor médio de $0,4 \pm 0,03 \text{ m}^3 \text{ dia}^{-1}$ (C.V. = 7,5%), enquanto que a vazão da ETE UNISC

corresponde a $120,0 \text{ m}^3 \text{ dia}^{-1}$ (Tab. 5), isto é, observa-se uma defasagem da ordem de 97% da vazão ideal que o efluente deveria apresentar. Evidentemente o Arroio Lajeado, corpo receptor deste efluente, não apresenta capacidade de suporte de carga que permita prever efeitos agudos e crônicos à biota.

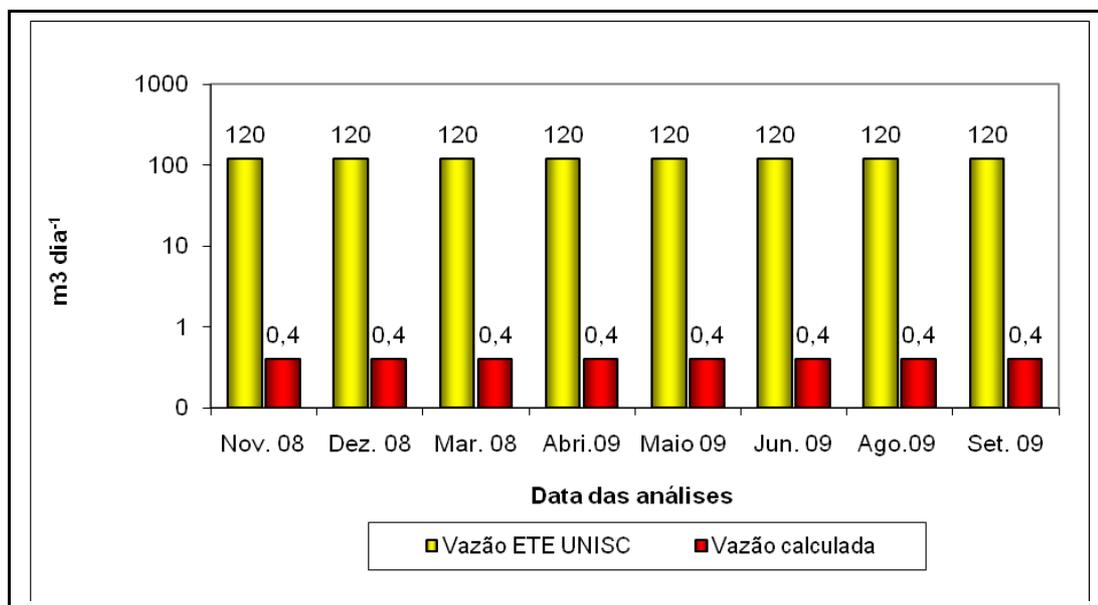


Figura 36. Vazão da ETE UNISC e a vazão calculada (capacidade suporte) para o Arroio Lajeado.

Resultados semelhantes apresentam-se em Costa e Dalberto (2009) os quais avaliaram a capacidade de suporte do Rio Pardino, RS, com uma vazão $25.747,2 \text{ m}^3 \text{ dia}^{-1}$, para os efluentes tratados a saber: estação de tratamento de esgoto doméstico (vazão $670 \text{ m}^3 \text{ dia}^{-1}$), frigorífico de suínos (vazão $360 \text{ m}^3 \text{ dia}^{-1}$), indústria de alimentos/massas e biscoitos (vazão $40 \text{ m}^3 \text{ dia}^{-1}$), indústria de curtimento de couro (vazão $432 \text{ m}^3 \text{ dia}^{-1}$), indústria têxtil (vazão $40 \text{ m}^3 \text{ dia}^{-1}$) e lavanderia hospitalar (vazão $50 \text{ m}^3 \text{ dia}^{-1}$). Verificou-se que todos os efluentes avaliados resultavam em riscos agudos e crônicos à biota do Rio Pardino, mesmo lançados separadamente no corpo receptor. A vazão ideal para cada empreendimento seria: estação de tratamento de esgoto doméstico (vazão $17 \text{ m}^3 \text{ dia}^{-1}$), frigorífico de suínos (vazão $< 25,8 \text{ m}^3 \text{ dia}^{-1}$), indústria de alimentos/massas e biscoitos (vazão $< 25,8 \text{ m}^3 \text{ dia}^{-1}$), indústria de curtimento de couro (vazão $2,3 \text{ m}^3 \text{ dia}^{-1}$), indústria têxtil (vazão $13,9 \text{ m}^3 \text{ dia}^{-1}$) e lavanderia hospitalar (vazão $0,2 \text{ m}^3 \text{ dia}^{-1}$).

Algumas resoluções ambientais consideram informações de carga poluidora, ou seja, relacionam informações qualitativas e quantitativas, no entanto pouco se discute sobre a capacidade suporte do corpo receptor. Para o estado do Rio Grande do Sul as resoluções 128 CONSEMA (RS, 2006a) e 129 CONSEMA (RS, 2006b), têm atribuído aspectos qualitativos e quantitativos para determinação do real impacto, no entanto para os empreendimentos geradores de efluentes líquidos domésticos a resolução 129 CONSEMA (RS, 2006b), é aplicada quando a vazão mínima do efluente da fonte geradora individualizada, para uma cidade de 50 mil a 150 mil habitantes (como é o caso de Santa Cruz do Sul), for igual ou superior a $10.000 \text{ m}^3 \text{ dia}^{-1}$. Desta forma, atividades geradoras de efluente doméstico com vazão abaixo de $10.000 \text{ m}^3 \text{ dia}^{-1}$, podem resultar em impactos ao meio ambiente, como no caso do efluente tratado pela ETE UNISC, não havendo uma normativa oficial que possa ser aplicada, visando o seu controle.

Através da presente pesquisa do impacto ambiental para o corpo receptor Arroio Lajeado, ressalta-se a importância em ajustar os processos operacionais da ETE UNISC o mais breve possível para dar um tratamento mais eficaz no esgoto doméstico gerado pelo campus da Universidade de Santa Cruz do Sul, com vistas à minimização e remediação dos impactos ambientais de forma mais limpa.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O cultivo, manutenção e realização dos ensaios para os organismos *Daphnia magna* e *Ceriodaphnia dubia* foram realizados com sucesso no Laboratório de Ecotoxicologia da UNISC. Os ensaios com substância de referência vêm sendo realizados mensalmente, garantindo assim a qualidade dos organismos utilizados nos ensaios, bem como a obtenção de resultados confiáveis.

Em relação aos ensaios de toxicidade aguda e crônica, observou-se efeito tóxico aos dois organismos testados, desta forma, evidenciou-se que os processos UASB e BA utilizados na ETE UNISC foram ineficientes em relação à detoxificação, pois causou toxicidade aguda ao organismo *Daphnia magna* e crônica ao organismo *Ceriodaphnia dubia*, classificadas como medianamente tóxica e extremamente tóxica, respectivamente. Esta toxicidade é devida provavelmente ao elevado nível de nitrogênio amoniacal detectado no efluente proveniente da ETE UNISC, uma vez que o efluente é composto basicamente de urina. Desinfetantes e detergentes utilizados na limpeza diária dos sanitários constituem-se em potenciais contaminantes que podem contribuir na toxicidade aos organismos testados.

Atividades geradoras de efluente doméstico com vazão abaixo de 10.000 m³ dia⁻¹, podem resultar em impactos ao meio ambiente (toxicidade a biota aquática), como no caso do efluente tratado pela ETE UNISC, não havendo uma normativa oficial que possa ser aplicada visando o seu controle, uma vez que, a resolução 129 CONSEMA (RS, 2006b), é aplicada quando a vazão mínima do efluente doméstico for igual ou superior a 10.000 m³ dia⁻¹

A maioria das análises físicas e químicas estava de acordo com as legislações vigentes 128 do CONSEMA (RS, 2006a) e resolução 357 do CONAMA (Brasil, 2005), exceto fósforo total ($3,6 \pm 1,4$ mg L⁻¹) e nitrogênio amoniacal ($77,8 \pm 22,5$ mg L⁻¹), estes altos valores encontrados, evidenciam que o efluente tratado pela ETE UNISC, chega ao corpo receptor, no caso o Arroio Lajeado, fora dos padrões k

vigentes. Este grande aporte de fósforo e nitrogênio que é lançado no sistema, caracteriza um grande impacto ambiental, conhecido como eutrofização.

Em relação a análise biológica, o efluente tratado apresentou índices extremamente elevados de coliformes termotolerantes ($6,4 \times 10^5 \pm 8,6 \times 10^5$ NMP 100mL^{-1}), caracterizando uma carga poluidora potencial de alto impacto ao corpo receptor, sendo classificado como um trecho de Classe de Uso “4”, segundo a resolução CONAMA 357 (Brasil, 2005), correspondendo à classe de uso de pior qualidade. Desta forma, os usos que a comunidade ribeirinha faz, neste trecho do Arroio Lajeado tais como balneabilidade e irrigação de hortaliças consumidas cru, são completamente incompatíveis com a qualidade observada, uma vez que fica evidente a contribuição potencial significativa do efluente da ETE UNISC, caracterizando um problema de alto impacto ambiental a saúde pública.

Integrando toda a informação, verificou-se que em relação ao impacto ambiental, há um risco potencial em termos de efeitos tóxicos agudos e crônicos, nutrientes e coliformes termotolerantes, uma vez que o Arroio Lajeado não apresenta capacidade de carga que permita suportar impactos desta natureza.

Os resultados indicam a necessidade de ajustes nos processos operacionais do UASB e BA, visto as condições inadequadas de funcionamento. A melhoria do UASB e BA pode ser realizada com ajustes operacionais para os fatores de carga (considera-se a adição de glicerol que é subproduto da produção de biodiesel); ajuste do tempo de detenção hidráulica e adequação da relação C: N: P.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMSON, M. et al. *Toxicity identification and evaluation of ammonia, nitrite and heavy metals at the Stensund Wastewater Aquaculture plant, Sweden*. Water Science and Technology, 38(3): 151-157. 1998.

ALMEIDA, C. A.; COSTA J. B.; BERNI, C. R. *Uma abordagem alternativa para análises estatística dos resultados de testes de toxicidade crônica*. In Espíndola et al. (Org). *Ecotoxicologia perspectivas para o século XXI*: São Carlos: Rima, 2002. 501-520p.

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS: <http://hidroweb.ana.gov.br/> Acesso em 24 de maio 2010.

APHA – AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 20th Washington. 2005.

ARAÚJO, R. P. A.; ARAGÃO, M. A. *Métodos de ensaios de toxicidade com organismos aquáticos*. P.118-150. In: ZAGATTO, P. A.; BERTOLETTI, E. (Org.). *Ecotoxicologia aquática – princípios e aplicações*. São Carlos: Rima, 2006. 478p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12713 – *Ecotoxicologia aquática – Toxicidade aguda – Método de ensaio com Daphnia spp. (Cladóceras, Crustácea)*. Associação Brasileira de Normas técnicas. 2ª ed. 31.05.2004. Válida a partir de 30.06.2004.

_____.NBR 13373 – *Ecotoxicologia aquática – Toxicidade crônica - Método de ensaio com Ceriodaphnia spp. (Crustácea, Cladóceras)*. Associação Brasileira de Normas técnicas. 2ª ed. 30.03.2005. Válida a partir de 29.04. 2005.

AZEVEDO, F. A.; CHASIN M. A. A. *As bases toxicológicas da ecotoxicologia*. São Carlos: Rima. Intertox, 2003. 340p.

BAYLEY, H. C.; KRASSOI, R.; ELPHICK, J. R.; MULHALL, A. M; HUNT, P.; TEDMANSON, L.; LOVELL, A. *Whole effluent toxicity of sewage treatment plants in the Hawkesbury-Neapen watershed, New South Wales, Australia to Ceriodaphnia dubia and Selenastrum capricornutum*. Environmental toxicology and Chemistry, 19(1): 72-81. 2000.

BERTOLETTI, E.; BURATINI S. V. *Ecotoxicologia*. p.222-249. In: ZAGATTO, P. A.; BERTOLETTI, E. (Org.). *Ecotoxicologia aquática – princípios e aplicações*. São Carlos: Rima, 2006. 478p.

BERTOLETTI, E.; DOMINGUES. *Ecotoxicologia*. p.222-249. In: ZAGATTO, P. A.; BERTOLETTI, E. (Org.). *Ecotoxicologia aquática – princípios e aplicações*. São Carlos: Rima, 2006. 478p.

BERTOLETTI, E. ; ZAGATTO, P. A. *Ecotoxicologia*. p.348-382. In: ZAGATTO, P. A.; BERTOLETTI, E. (Org.). *Ecotoxicologia aquática – princípios e aplicações*. São Carlos: Rima, 2006. 478p.

BERTOLETTI, E.; NIETO, R. *Controle ecotoxicológico de efluentes líquidos no Estado de São Paulo*: CETESB. São Paulo. 2008. 36p.

BORRELY, S. I.; TORNIERI, P. H.; SAMPA, M. H de O. *Avaliação da toxicidade aguda em efluentes industriais, afluentes e efluentes da estação de Tratamento de esgotos*. 395-406p.;In Espíndola et al. (Org). *Ecotoxicologia perspectivas para o século XXI*: São Carlos: Rima, 2002.

BRAGA et al. *Introdução á engenharia ambiental*. O desafio do desenvolvimento sustentável. 2ª ed: Pearson Prentice Hall. São Paulo. 2005. 318p.

BRANCO, Samuel Murgel. *Água origem e preservação*. Editora Moderna. São Paulo. 2003. 96p.

BRANCO, Samuel Murgel. *Água origem e preservação*. Editora Moderna. São Paulo. 2001.

BRASIL. MINISTERIO DO MEIO AMBIENTE. *Resolução Conselho Nacional do Meio Ambiente nº 357, de 17 de março de 2005*. Ministério do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 18 de março de 2005.

BRENTANO, D. M.; LOBO E. A. *Avaliação ectoxicologica no processo produtivo de um curtume, utilizando Daphnia magna Straus como organismo teste*. Revista Brasileira de toxicologia, São Paulo n. 2 V 17. 2004.13-18p.

CHERNICHARO, C. A. L. et al. *Tratamento de Esgotos e Produção de Efluentes Adequados a Diversas Modalidades de Reúso da Água*. p.63-110. In: FLORENCIO, L.; BASTOS, R. K. X.; AISSE, M. M. (Org.). Tratamento e utilização de esgotos sanitários. Rio de Janeiro: ABES. 2006. 427p

CHERNICHARO, Carlos Augusto de Lemos. *Pós tratamento de efluentes de reatores anaeróbicos*. PROSAB/FINEP. Rio de Janeiro. 2006. 544p.

CHERNICHARO, Carlos Augusto de Lemos. *Reatores anaeróbios. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias*. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Vol. 5. UFMG. 1997. 245p.

CLASS I. C.; MAIA, R. A. M. *Manual básico de resíduos industriais de curtume*. Porto Alegre. SENAI, RS. 1994. 664p.

COLLETTA, Vanessa Dalla. *Avaliação ecotoxicológica da eficiência da detoxificação do efluente tratado pela estação de tratamento de esgoto da universidade de Santa Cruz do Sul, RS, Brasil*. Dissertação (Programa de Pós Graduação – Mestrado em

Tecnologia Ambiental Área de Concentração em Gestão e Tecnologia Ambiental). Universidade de Santa Cruz do Sul, Santa Cruz do Sul, 2008.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. *Controle ecotoxicológico de efluentes líquidos*. Bertolleti, E.; Nieto Regis (Org.) São Paulo. Editora Rita de Cassia Guimarães. 2008.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL, (CETESB). *Métodos de avaliação da toxicidade de poluentes de organismos aquáticos*. São Paulo: CETESB, 1992. 312p.

COSTA. A. B.; DALBERTO, Daiana. *Avaliação da compatibilidade entre processos produtivos e os ecossistemas locais pela determinação da capacidade suporte dos recursos hídricos*. Congresso: XXIX Encontro Nacional de Engenharias de Produção. A engenharia de produção e o desenvolvimento Sustentável: Integrando Tecnologia e gestão. Bahia. 2009.

COSTA, J. B.; ESPINDOLA. *Avaliação ecotoxicológica da água e sedimento em tributários do reservatório da Barra Bonita (médio Tietê superior, SP.)*. In Espíndola et al. (Org). *Ecotoxicologia perspectivas para o século XXI*: São Carlos: Rima, 2002. 75-94p.

EMMANUEL, E. et al. *Ecotoxicological risk assessment of hospital wastewater: a proposed framework for raw effluents discharging into urban sewer network*. *Journal of Hazardous Materials*, 117: 1-11. 2005.

ESTEVES, Francisco de Assis. *Fundamentos de Limnologia*. 2ª ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998. 602p.

GEIS, S. W.; FLEMING, K.; KORTHLAS, E.; SEARLE, G.; REYNOLDS, L.; KARNER, D. *Modifications to the algal growth inhibition test for use as regulatory assay*. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 19(1): 36-41.2000.

GONÇALVES et al. *Pós-Tratamento de efluentes de Reatores Anaeróbios – 2001*. Programa de Saneamento Básico (PROSAB): in www.finep.gov.br/prosab/pos_tratamento.htm, acesso em 04 de dezembro de 2009.

GONÇALVES et al. *Tratamento secundário de esgoto doméstico sanitário através da associação em série de reatores UASB e biofiltros aerados submersos*. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental 19. Foz do Iguaçu. Anais. Rio de Janeiro. ABES. 1997. 450-461pág.

HAMADA, Natália. *Ensaio de toxicidade empregados na avaliação de efeitos no sistema de tratamento de esgotos e efluentes, ETE Suzano, e seu entorno, utilizando organismos aquáticos*. Dissertação de Mestrado. Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares. São Paulo. 2008.

HAMILTON, M. A.; RUSSO, R. C.; THURSTON, R. V. *Trimmed Spearman-Kärber method for calculation of EC50 and LC values in bioassays*. Burlington Research, v. 7, n. 11. 114-119p. (Software). 1979.

HARTMANN, Cíntia Cristina. *Avaliação de um efluente industrial através de ensaios ecotoxicológicos e análises físicas e químicas*. Instituto de Biociências. Dissertação de Mestrado. Porto Alegre. 2004.

HERMANY, G.; SCHWARZBOLD, A.; LOBO, E. A.; OLIVEIRA, M. A. *Ecology of the epilithic diatom community in a low-order stream system of the Guaíba hydrographical region: subsidies to the environmental monitoring of southern Brazilian aquatic systems*. Acta Limnologica Brasiliensia, 18(1): 25-40. 2006.

HIRAKAWA, C.; PIVELI, R. P.; SOBRINHO, P. A. *Biofiltro Aerado Submerso Aplicado ao Pós-tratamento de Efluente de Reator UASB – Estudo em Escala Piloto com Esgoto Sanitário*. Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 7, n. 1, p. 82-94, jan/mar 2002 e n. 2 – abr/ jun 2002.

HUDDLESTON, G. M.; GILLESPIE, W. B.; RODGERS, J. H. *Using constructed wetlands to treat biochemical oxygen demand and ammonia associated with a refinery effluent*. *Ecotoxicological and Environmental Safety*, 45(2): 188-193. 2000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE. CD. *Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2000*: Funasa, 2000. CD-ROM.

JENKINS, D.; HERMANOWICZ, S. W. *Principles of chemical phosphate removal*. In: *Phosphorus and nitrogen removal from municipal wastewater – Principles and Practice*. 2nd ed. New York: Lewis Publishers, 1991.

JERÔNIMO, V. L. *Uso de nitrato como receptor de elétrons no tratamento de esgoto sanitário em reator anóxico*. 1998. Dissertação de Mestrado (Engenharia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

KALLQVIST, T.; SVENSON, A. *Assessment of ammonia toxicity in tests with the microalga, Nephroselmis pyriformis, chlorophyta*. *Water Research*, 37(3): 477-484. 2003.

KNIE, J. L. W.; LOPES, E. W. B. *Testes Ecotoxicológicos: Métodos e Técnicas e Aplicações*. Florianópolis: Fatma, GTZ, 2004. 284p.

LAITANO K. S. et al. *Testes de toxicidade com Daphnia magna: Uma ferramenta para avaliação de um reator experimental UASB*. Universidade Federal de Santa Catarina UFSC. Labtox. In: <http://www.bvsde.paho.org/bvsAIDIS/PuertoRico29/santos.pdf> acesso em 23/04/2010.

LIBOS, M. I. P. de C.; LIMA, E. B. N. R. *Impactos das contribuições de efluentes domésticos e industriais na qualidade da água na Bacia do Rio Cuiabá – Perímetro Urbano*. Simpósio: VI Simpósio Ítalo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Vitória. ES. 2002.

LOBO, E. A.; CALLEGARO, V. L.; BENDER, P. *Utilização de algas diatomáceas epilíticas como indicadores da qualidade da água em rios e arroios da Região Hidrográfica do Guaíba, RS, Brasil*. Santa Cruz do Sul: EDUNISC. 127 p. 2002.

LOBO, E. A.; CALLEGARO, V. L. *Avaliação da qualidade de águas doces continentais base em algas diatomáceas epilíticas: Enfoque metodológico*. 277-300. In: TUCCI, C. E. M. & MARQUES, D. M. (Org.), *Avaliação e Controle da Drenagem Urbana*. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS. 558p. 2000.

LOBO, E. A.; CALLEGARO, V. L.; HERMANY, G., BES, D., WETZEL, C. E.; OLIVEIRA, M. A. *Use of epilithic diatoms as bioindicator from lotic systems in southern Brazil, with special emphasis on eutrophication*. *Acta Limnologica Brasiliensia*, v. 16(1): 25-40, 2004a.

LOBO, E. A.; CALLEGARO, V. L.; HERMANY, GOMEZ, N.; ECTOR, L. *Review of the use of microalgae in South America for monitoring rivers, with special reference to diatoms*. *Vie et Milieu, France*, v. 53, n. 2/3: 35-45, 2004b.

LOBO, E. A. et al. *Water quality study of Condor and Capivara Streams, Porto Alegre municipal, district, RS, Brazil, using epilithic diatoms biocenoses as bioindicatos*. *Oceanological and Hydrobiological Studies, Poland*, 33(2): 77-93.2004d.

LOBO, E. A.; CALLEGARO, V. L. M.; OLIVEIRA, M. A. ; SALOMONI, S. E.; SCHULER, S.; ASAI, K. *Pollution tolerant diatoms from lotic systems in the Jacuí Basin, Rio Grande do Sul, Brasil*. *Iheringia Série Botânica*, 47: 45 -72. 1996.

LOBO, E. A.; RATHKE, F. S.; BRENTANO, D. M. *Ecotoxicologia aplicada: o caso dos produtores de tabaco na bacia hidrográfica do Rio Pardinho, RS, Brasil*. p. 41-68. In: ETGES, V. E.; FERREIRA, M. A. F. *A produção do tabaco: impacto no ecossistema e na saúde humana na região de Santa Cruz do Sul/RS*. Santa Cruz do Sul: EDUNISC, 2006. 248p.

NORBERG KING, T. J. *A linear interpolation method for sublethal toxicity: the inhibition concentration (ICp) approach*. Version 2.0 (Software). US EPA. Duluth (MN).1993.

NIETO, R. *Caracterização ecotoxicológica de efluentes líquidos industriais – ferramenta para ações de controle de poluição das águas*. 17 Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental. Anais. 2000.

OLIVEIRA-FILHO E. D. et al. *Utilização do microcrustáceo Ceriodaphnia dubia na avaliação da qualidade de águas superficiais em sub-bacias do Rio Preto*. Simpósio. 12 à 17 de outubro. Brasília, DF. 2008.

OLIVEIRA, M. A.; TORGAN, L.; LOBO, E. A.; SCHWARZBOLD, A. *Association of epiphytic diatom species on artificial substrate in lotic environments in the Arroio Sampaio basin, RS, Brazil: relationships with abiotic variables*. Revista Brasileira de Biologia, 61(4): 523-540. 2001.

POHLING, Rolf. *Reações químicas na análise de água*. Fortaleza: Março. 2009. 334p.

PHILIPPI JÚNIOR, A. *Saneamento, Saúde e ambiente: fundamentos para um desenvolvimento sustentável*. Barueri. SP: Manole, 2005. 842p.

RIO GRANDE DO SUL. *Resolução Conselho Estadual do Meio Ambiente nº 128, de 24 de novembro de 2006*. Secretaria do Meio Ambiente. Conselho Estadual do Meio Ambiente. 2006a.

RIO GRANDE DO SUL. *Resolução Conselho Estadual do Meio Ambiente nº 129, de 24 de novembro de 2006*. Secretaria do Meio Ambiente. Conselho Estadual do Meio Ambiente. 2006b.

RUPPERT, E. E.; BARNES, R. D. *Zoologia dos Invertebrados*. 6ª ed. Roca, São Paulo. Brasil. 1029 p. 1996.

SALOMONI, S. E.; ROCHA, O.; CALLEGARO, V. L.; LOBO, E. A. 2006. *Epilithic diatoms as indicators of water quality in the Gravataí river, Rio Grande do Sul, Brazil*. *Hydrobiologia*, 555: 233-246.

SILVA, N.; NETO, R. C.; JUNQUEIRA, V. C. A.; SILVEIRA, N. F. A. *Manual de métodos de análise microbiológica da água*. Campinas, 99p. 2000.

SOUZA, J. T. *Pós-tratamento de efluente de reator anaeróbico de fluxo ascendente em reator aeróbico seqüencial em batelada e coluna de lodo anaeróbico para desnitrificação*. 1996. Tese de Doutorado (Engenharia) – Universidade de São Paulo. São Paulo. 1996.

SPERLING, Marcos Von. *Introdução á qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. 2ª edição. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal de Minas Gerais. 1996. 243 pg.

SPERLING, Marcos Von. *Introdução á qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. 3ª edição. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal de Minas Gerais; 2005. 452 pg.

TESSELE, F. *Tratamento Otimizado e Reúso de águas residuárias visando a sustentabilidade do meio ambiente*. IN WWW.lapes.ufrgs.br/ltn/pdf/Fabiana.pdf, acesso em 19 de julho de 2010.

TONISSI, F. B.; ESPÍNDOLA, E. L. G. *Utilização de bioensaios agudo, crônico parcial e In Situ com Danio rerio para avaliação ecotoxicológica do Reservatório de Salto Grande (Americana, SP)*. In Espíndola et al (org). *Ecotoxicologia perspectivas para o século XXI*: São Carlos: Rima, 2002. Pág 483-498.

TUNDISI, J. G. *Limnologia e gerenciamento de recursos hídricos no Brasil*. Projeto Brasil das águas. Disponível em <http://www.brasildasaguas.com.br/> 2006.

ZAGATTO, Pedro Antônio. *Ecotoxicologia*. p.1-13. In: ZAGATTO, P. A.; BERTOLETTI, E. (Org.). *Ecotoxicologia aquática – princípios e aplicações*. São Carlos: Rima, 2006. 478p.

ZAGATTO, P. A.; BERTOLETTI E. *Ecotoxicologia*. In: ZAGATTO, P. A.; BERTOLETTI, E. (Org.). *Ecotoxicologia aquática – princípios e aplicações*. São Carlos : Rima, 2006. 478p.

ZAGATTO, P. A.; BERTOLETTI E.; GHERARDI, GOLDSSTEIN, E. *Toxicidade de efluentes industriais da Bacia do Rio Piracicaba*. *Revista Ambiente*. Vol 2,1. 1998. p.39-42.

ANEXO A – Resultados dos ensaios com *Daphnia magna*

Resultados para o mês de novembro de 2008, para o microcrustáceo *Daphnia magna*.

1- ENTER THE NUMBER OF INDIVIDUALS AT EACH CONCENTRATION: 20

ENTER UNITS FOR DURATION OF EXPERIMENT

(HOURS, DAYS, ETC.): Horas

ENTER DURATION OF TEST: 48

ENTER THE NUMBER OF MORTALITIES AT EACH CONCENTRATION

1: 0

2: 0

3: 0

4: 0

5: 18

WOULD YOU LIKE A DATA GRAPH (Y/N)? n

WOULD YOU LIKE THE AUTOMATIC TRIM CALCULATION (Y/N)? y

DATE 17/11/2009 TEST NUMBER Efluente DURATION 48 Horas

CHEMICAL Efluente bruto SPECIES *Daphnia magna*

RAW DATA

CONCENTRATION(%)	6.25	12.50	25.00	50.00	100.00
------------------	------	-------	-------	-------	--------

NUMBER EXPOSED	20	20	20	20	20
----------------	----	----	----	----	----

MORTALITIES	0	0	0	0	18
-------------	---	---	---	---	----

SPEARMAN-KARBER TRIM			10.00		
----------------------	--	--	-------	--	--

SPEARMAN-KARBER ESTIMATES	eC50	73.4867325			
---------------------------	------	-------------------	--	--	--

95% CONFIDENCE LIMITS

ARE NOT RELIABLE

2- ENTER THE NUMBER OF INDIVIDUALS AT EACH CONCENTRATION: 20

ENTER UNITS FOR DURATION OF EXPERIMENT

(HOURS, DAYS, ETC.): Horas

ENTER DURATION OF TEST: 48

ENTER THE NUMBER OF MORTALITIES AT EACH CONCENTRATION

1: 0

2: 0

3: 0

4: 15

5: 20

WOULD YOU LIKE A DATA GRAPH (Y/N)? n

WOULD YOU LIKE THE AUTOMATIC TRIM CALCULATION (Y/N)? y

DATE 17/11/2009 TEST NUMBER Efluente DURATION 48 Horas

CHEMICAL Efluente tratado SPECIES Daphnia magna

RAW DATA

CONCENTRATION(%) 6.25 12.50 25.00 50.00 100.00

NUMBER EXPOSED 20 20 20 20 20

MORTALITIES 0 0 0 15 20

SPEARMAN-KARBER TRIM 0.00

SPEARMAN-KARBER ESTIMATES eC50 42.0448151

95% LOWER CONFIDENCE 36.76

95% UPPER CONFIDENCE 48.08

3- ENTER THE NUMBER OF INDIVIDUALS AT EACH CONCENTRATION: 20

ENTER UNITS FOR DURATION OF EXPERIMENT

(HOURS, DAYS, ETC.): Horas

ENTER DURATION OF TEST: 48

ENTER THE NUMBER OF MORTALITIES AT EACH CONCENTRATION

1: 0

2: 0

3: 1

4: 19

5: 20

WOULD YOU LIKE A DATA GRAPH (Y/N)? n

WOULD YOU LIKE THE AUTOMATIC TRIM CALCULATION (Y/N)? y

DATE 24/11/2008 TEST NUMBER Efluente DURATION 48 Horas

CHEMICAL Efluente bruto SPECIES Daphnia magna

RAW DATA

CONCENTRATION(%) 6.25 12.50 25.00 50.00 100.00

NUMBER EXPOSED 20 20 20 20 20

MORTALITIES 0 0 1 19 20

SPEARMAN-KARBER TRIM 0.00

SPEARMAN-KARBER ESTIMATES eC50 **35.3553352**

95% LOWER CONFIDENCE 32.13

95% UPPER CONFIDENCE 38.90

4- ENTER THE NUMBER OF INDIVIDUALS AT EACH CONCENTRATION: 20

ENTER UNITS FOR DURATION OF EXPERIMENT

(HOURS, DAYS, ETC.): Horas

ENTER DURATION OF TEST: 48

ENTER THE NUMBER OF MORTALITIES AT EACH CONCENTRATION

1: 0

2: 0

3: 0

4: 0

5: 20

WOULD YOU LIKE A DATA GRAPH (Y/N)? n

WOULD YOU LIKE THE AUTOMATIC TRIM CALCULATION (Y/N)? y

DATE 24/11/2008 TEST NUMBER Efluente DURATION 48 Horas

CHEMICAL Efluente tratado SPECIES Daphnia magna

RAW DATA

CONCENTRATION(%)	6.25	12.50	25.00	50.00	100.00
------------------	------	-------	-------	-------	--------

NUMBER EXPOSED	20	20	20	20	20
----------------	----	----	----	----	----

MORTALITIES	0	0	0	0	20
-------------	---	---	---	---	----

SPEARMAN-KARBER TRIM				0.00	
----------------------	--	--	--	------	--

SPEARMAN-KARBER ESTIMATES	eC50				70.7106705
---------------------------	------	--	--	--	-------------------

95% CONFIDENCE LIMITS

ARE NOT RELIABLE

Resultados para o mês de dezembro de 2008, para o microcrustáceo *Daphnia magna*.

1-ENTER THE NUMBER OF INDIVIDUALS AT EACH CONCENTRATION: 20

ENTER UNITS FOR DURATION OF EXPERIMENT

(HOURS, DAYS, ETC.): Horas

ENTER DURATION OF TEST: 48

ENTER THE NUMBER OF MORTALITIES AT EACH CONCENTRATION

1: 0

2: 0

3: 0

4: 1

5: 20

WOULD YOU LIKE A DATA GRAPH (Y/N)? n

WOULD YOU LIKE THE AUTOMATIC TRIM CALCULATION (Y/N)? y

DATE 01/12/2008 TEST NUMBER Efluente DURATION 48 Horas

CHEMICAL Efluente bruto SPECIES Daphnia magna

RAW DATA

CONCENTRATION(%)	6.25	12.50	25.00	50.00	100.00
------------------	------	-------	-------	-------	--------

NUMBER EXPOSED	20	20	20	20	20
----------------	----	----	----	----	----

MORTALITIES	0	0	0	1	20
-------------	---	---	---	---	----

SPEARMAN-KARBER TRIM				0.00	
----------------------	--	--	--	------	--

SPEARMAN-KARBER ESTIMATES	eC50				68.3019943
---------------------------	------	--	--	--	-------------------

95% LOWER CONFIDENCE				63.84	
----------------------	--	--	--	-------	--

2- ENTER THE NUMBER OF INDIVIDUALS AT EACH CONCENTRATION: 20

ENTER UNITS FOR DURATION OF EXPERIMENT

(HOURS, DAYS, ETC.): Horas

ENTER DURATION OF TEST: 48

ENTER THE NUMBER OF MORTALITIES AT EACH CONCENTRATION

1: 0

2: 0

3: 0

4: 0

5: 20

WOULD YOU LIKE A DATA GRAPH (Y/N)? n

WOULD YOU LIKE THE AUTOMATIC TRIM CALCULATION (Y/N)? y

DATE 01/12/2008 TEST NUMBER Efluente DURATION 48 Horas

CHEMICAL Efluente tratado SPECIES Daphnia magna

RAW DATA

CONCENTRATION(%) 6.25 12.50 25.00 50.00 100.00

NUMBER EXPOSED 20 20 20 20 20

MORTALITIES 0 0 0 0 20

SPEARMAN-KARBER TRIM 0.00

SPEARMAN-KARBER ESTIMATES eC50 **70.7106705**

95% CONFIDENCE LIMITS

ARE NOT RELIABLE

3- ENTER THE NUMBER OF INDIVIDUALS AT EACH CONCENTRATION: 20

ENTER UNITS FOR DURATION OF EXPERIMENT

(HOURS, DAYS, ETC.): Horas

ENTER DURATION OF TEST: 48

ENTER THE NUMBER OF MORTALITIES AT EACH CONCENTRATION

1: 0

2: 0

3: 0

4: 15

5: 20

WOULD YOU LIKE A DATA GRAPH (Y/N)? n

WOULD YOU LIKE THE AUTOMATIC TRIM CALCULATION (Y/N)? y

DATE 08/12/2008 TEST NUMBER Efluente DURATION 48 Horas

CHEMICAL Efluente bruto SPECIES Daphnia magna

RAW DATA

CONCENTRATION(%) 6.25 12.50 25.00 50.00 100.00

NUMBER EXPOSED	20	20	20	20	20
MORTALITIES	0	0	0	15	20
SPEARMAN-KARBER TRIM				0.00	
SPEARMAN-KARBER ESTIMATES	eC50			42.0448151	
95% LOWER CONFIDENCE				36.76	
95% UPPER CONFIDENCE				48.08	

4- ENTER THE NUMBER OF INDIVIDUALS AT EACH CONCENTRATION: 20

ENTER UNITS FOR DURATION OF EXPERIMENT

(HOURS, DAYS, ETC.): Horas

ENTER DURATION OF TEST: 48

ENTER THE NUMBER OF MORTALITIES AT EACH CONCENTRATION

1: 0

2: 0

3: 0

4: 1

5: 20

WOULD YOU LIKE A DATA GRAPH (Y/N)? n

WOULD YOU LIKE THE AUTOMATIC TRIM CALCULATION (Y/N)? y

DATE 08/12/2008 TEST NUMBER Efluente DURATION 48 Horas

CHEMICAL Efluente tratado SPECIES Daphnia magna

RAW DATA

CONCENTRATION(%)	6.25	12.50	25.00	50.00	100.00
------------------	------	-------	-------	-------	--------

NUMBER EXPOSED	20	20	20	20	20
----------------	----	----	----	----	----

MORTALITIES	0	0	0	1	20
-------------	---	---	---	---	----

SPEARMAN-KARBER TRIM				0.00	
----------------------	--	--	--	------	--

SPEARMAN-KARBER ESTIMATES	eC50			68.3019943	
---------------------------	------	--	--	-------------------	--

95% LOWER CONFIDENCE				63.84	
----------------------	--	--	--	-------	--

95% UPPER CONFIDENCE				73.08	
----------------------	--	--	--	-------	--

Resultados para o mês de março de 2009, para o microcrustáceo *Daphnia magna*.

1- ENTER THE NUMBER OF INDIVIDUALS AT EACH CONCENTRATION: 20

ENTER UNITS FOR DURATION OF EXPERIMENT

(HOURS, DAYS, ETC.): Horas

ENTER DURATION OF TEST: 48

ENTER THE NUMBER OF MORTALITIES AT EACH CONCENTRATION

1: 0

2: 0

3: 0

4: 0

5: 20

WOULD YOU LIKE A DATA GRAPH (Y/N)? n

WOULD YOU LIKE THE AUTOMATIC TRIM CALCULATION (Y/N)? y

DATE 11/03/2009 TEST NUMBER 11/03/2009 DURATION 48 Horas

CHEMICAL Efluente bruto SPECIES Daphnia magna

RAW DATA

CONCENTRATION(EMICA) 6.25 12.50 25.00 50.00 100.00

NUMBER EXPOSED 20 20 20 20 20

MORTALITIES 0 0 0 0 20

SPEARMAN-KARBER TRIM 0.00

SPEARMAN-KARBER ESTIMATES eC50 **70.7106705**

95% CONFIDENCE LIMITS

ARE NOT RELIABLE

2- ENTER THE NUMBER OF INDIVIDUALS AT EACH CONCENTRATION: 20

ENTER UNITS FOR DURATION OF EXPERIMENT

(HOURS, DAYS, ETC.): Horas

ENTER DURATION OF TEST: 48

ENTER THE NUMBER OF MORTALITIES AT EACH CONCENTRATION

1: 0

2: 0

3: 0

4: 0

5: 20

WOULD YOU LIKE A DATA GRAPH (Y/N)? n

WOULD YOU LIKE THE AUTOMATIC TRIM CALCULATION (Y/N)? y

DATE 11/03/2009 TEST NUMBER Efluente DURATION 48 Horas

CHEMICAL Efluente tratado SPECIES Daphnia magna

RAW DATA

CONCENTRATION(EMICA) 6.25 12.50 25.00 50.00 100.00

NUMBER EXPOSED 20 20 20 20 20

MORTALITIES 0 0 0 0 20

SPEARMAN-KARBER TRIM 0.00

SPEARMAN-KARBER ESTIMATES eC50 70.7106705

95% CONFIDENCE LIMITS

ARE NOT RELIABLE

3- ENTER THE NUMBER OF INDIVIDUALS AT EACH CONCENTRATION: 20

ENTER UNITS FOR DURATION OF EXPERIMENT

(HOURS, DAYS, ETC.): Horas

ENTER DURATION OF TEST: 48

ENTER THE NUMBER OF MORTALITIES AT EACH CONCENTRATION

1: 0
2: 0
3: 1
4: 6
5: 20

WOULD YOU LIKE A DATA GRAPH (Y/N)? n

WOULD YOU LIKE THE AUTOMATIC TRIM CALCULATION (Y/N)? y

DATE 24/03/2009 TEST NUMBER Efluente DURATION 48 Horas

CHEMICAL Efluente bruto SPECIES Daphnia magn

RAW DATA

CONCENTRATION(%) 6.25 12.50 25.00 50.00 100.00

NUMBER EXPOSED 20 20 20 20 20

MORTALITIES 0 0 1 6 20

SPEARMAN-KARBER TRIM 0.00

SPEARMAN-KARBER ESTIMATES eC50 **55.4784698**

95% LOWER CONFIDENCE 47.40

95% UPPER CONFIDENCE 64.93

4- ENTER THE NUMBER OF INDIVIDUALS AT EACH CONCENTRATION: 20

ENTER UNITS FOR DURATION OF EXPERIMENT

(HOURS, DAYS, ETC.): Horas

ENTER DURATION OF TEST: 48

ENTER THE NUMBER OF MORTALITIES AT EACH CONCENTRATION

1: 0
2: 0
3: 0
4: 18
5: 20

WOULD YOU LIKE A DATA GRAPH (Y/N)? n

WOULD YOU LIKE THE AUTOMATIC TRIM CALCULATION (Y/N)? y

DATE 24/03/2009 TEST NUMBER Efluente DURATION 48 Horas

CHEMICAL Efluente tratado SPECIES Daphnia magna

RAW DATA

CONCENTRATION(%) 6.25 12.50 25.00 50.00 100.00

NUMBER EXPOSED 20 20 20 20 20

MORTALITIES 0 0 0 18 20

SPEARMAN-KARBER TRIM 0.00

SPEARMAN-KARBER ESTIMATES eC50 **37.8929062**

95% LOWER CONFIDENCE 34.53

95% UPPER CONFIDENCE 41.59

5-ENTER THE NUMBER OF INDIVIDUALS AT EACH CONCENTRATION: 20

ENTER UNITS FOR DURATION OF EXPERIMENT

(HOURS, DAYS, ETC.): Horas

ENTER DURATION OF TEST: 48

ENTER THE NUMBER OF MORTALITIES AT EACH CONCENTRATION

1: 0

2: 0

3: 0

4: 20

5: 20

WOULD YOU LIKE A DATA GRAPH (Y/N)? n

WOULD YOU LIKE THE AUTOMATIC TRIM CALCULATION (Y/N)? y

DATE 30/03/2009 TEST NUMBER Efluente DURATION 48 Horas

CHEMICAL Efluente bruto SPECIES Daphnia magna

RAW DATA

CONCENTRATION(%) 6.25 12.50 25.00 50.00 100.00

NUMBER EXPOSED 20 20 20 20 20

MORTALITIES 0 0 0 20 20

SPEARMAN-KARBER TRIM 0.00

SPEARMAN-KARBER ESTIMATES eC50 **35.3553352**

95% CONFIDENCE LIMITS

ARE NOT RELIABLE

6-ENTER THE NUMBER OF INDIVIDUALS AT EACH CONCENTRATION: 20

ENTER UNITS FOR DURATION OF EXPERIMENT

(HOURS, DAYS, ETC.): Horas

ENTER DURATION OF TEST: 48

ENTER THE NUMBER OF MORTALITIES AT EACH CONCENTRATION

1: 0

2: 0

3: 0

4: 0

5: 20

WOULD YOU LIKE A DATA GRAPH (Y/N)? n

WOULD YOU LIKE THE AUTOMATIC TRIM CALCULATION (Y/N)? y

DATE 30/03/2009 TEST NUMBER Efluente DURATION 48 Horas

CHEMICAL Efluente tratado SPECIES Daphnia magna

RAW DATA

CONCENTRATION(EMICA) 6.25 12.50 25.00 50.00 100.00

NUMBER EXPOSED 20 20 20 20 20

MORTALITIES 0 0 0 0 20

SPEARMAN-KARBER TRIM 0.00
SPEARMAN-KARBER ESTIMATES eC50 **70.7106705**
95% CONFIDENCE LIMITS
ARE NOT RELIABLE

Resultados para o mês de abril de 2009, para o microcrustáceo *Daphnia magna*.

1- ENTER THE NUMBER OF INDIVIDUALS AT EACH CONCENTRATION: 20

ENTER UNITS FOR DURATION OF EXPERIMENT

(HOURS, DAYS, ETC.): Horas

ENTER DURATION OF TEST: 48

ENTER THE NUMBER OF MORTALITIES AT EACH CONCENTRATION

1: 0

2: 0

3: 0

4: 20

5: 20

WOULD YOU LIKE A DATA GRAPH (Y/N)? n

WOULD YOU LIKE THE AUTOMATIC TRIM CALCULATION (Y/N)? y

DATE 14/04/2009 TEST NUMBER Efluente DURATION 48 Horas

CHEMICAL Efluente bruto SPECIES *Daphnia magna*

RAW DATA

CONCENTRATION(%)	6.25	12.50	25.00	50.00	100.00
------------------	------	-------	-------	-------	--------

NUMBER EXPOSED	20	20	20	20	20
----------------	----	----	----	----	----

MORTALITIES	0	0	0	20	20
-------------	---	---	---	----	----

SPEARMAN-KARBER TRIM 0.00

SPEARMAN-KARBER ESTIMATES eC50 **35.3553352**

95% CONFIDENCE LIMITS

ARE NOT RELIABLE

2- ENTER THE NUMBER OF INDIVIDUALS AT EACH CONCENTRATION: 20

ENTER UNITS FOR DURATION OF EXPERIMENT

(HOURS, DAYS, ETC.): Horas

ENTER DURATION OF TEST: 48

ENTER THE NUMBER OF MORTALITIES AT EACH CONCENTRATION

1: 0

2: 0

3: 0

4: 7

5: 20

WOULD YOU LIKE A DATA GRAPH (Y/N)? n

WOULD YOU LIKE THE AUTOMATIC TRIM CALCULATION (Y/N)? y

DATE 14/04/2009 TEST NUMBER Efluente DURATION 48 Horas

CHEMICAL Efluente tratado SPECIES Daphnia magna

RAW DATA

CONCENTRATION(%)	6.25	12.50	25.00	50.00	100.00
------------------	------	-------	-------	-------	--------

NUMBER EXPOSED	20	20	20	20	20
----------------	----	----	----	----	----

MORTALITIES	0	0	0	7	20
-------------	---	---	---	---	----

SPEARMAN-KARBER TRIM	0.00
----------------------	------

SPEARMAN-KARBER ESTIMATES	eC50	55.4784698
---------------------------	------	-------------------

95% LOWER CONFIDENCE	47.85
----------------------	-------

95% UPPER CONFIDENCE	64.32
----------------------	-------

3- ENTER THE NUMBER OF INDIVIDUALS AT EACH CONCENTRATION: 20

ENTER UNITS FOR DURATION OF EXPERIMENT

(HOURS, DAYS, ETC.): Horas

ENTER DURATION OF TEST: 48

ENTER THE NUMBER OF MORTALITIES AT EACH CONCENTRATION

1: 0

2: 0

3: 0

4: 0

5: 20

WOULD YOU LIKE A DATA GRAPH (Y/N)? n

WOULD YOU LIKE THE AUTOMATIC TRIM CALCULATION (Y/N)? y

DATE 28/04/2009 TEST NUMBER Efluente DURATION 48 Horas

CHEMICAL Efluente bruto SPECIES Daphnia magna

RAW DATA

CONCENTRATION(%)	6.25	12.50	25.00	50.00	100.00
------------------	------	-------	-------	-------	--------

NUMBER EXPOSED	20	20	20	20	20
----------------	----	----	----	----	----

MORTALITIES	0	0	0	0	20
-------------	---	---	---	---	----

SPEARMAN-KARBER TRIM	0.00
----------------------	------

SPEARMAN-KARBER ESTIMATES	eC50	70.7106705
---------------------------	------	-------------------

95% CONFIDENCE LIMITS

ARE NOT RELIABLE

4- ENTER THE NUMBER OF INDIVIDUALS AT EACH CONCENTRATION: 20

ENTER UNITS FOR DURATION OF EXPERIMENT

(HOURS, DAYS, ETC.): Horas

ENTER DURATION OF TEST: 48

ENTER THE NUMBER OF MORTALITIES AT EACH CONCENTRATION

1: 0

2: 0

3: 0

4: 0

5: 20

WOULD YOU LIKE A DATA GRAPH (Y/N)? n

WOULD YOU LIKE THE AUTOMATIC TRIM CALCULATION (Y/N)? y

DATE 28/04/2009 TEST NUMBER Efluente DURATION 48 Horas

CHEMICAL Efluente tratado SPECIES Daphnia magna

RAW DATA

CONCENTRATION(%) 6.25 12.50 25.00 50.00 100.00

NUMBER EXPOSED 20 20 20 20 20

MORTALITIES 0 0 0 0 20

SPEARMAN-KARBER TRIM 0.00

SPEARMAN-KARBER ESTIMATES eC50 **70.7106705**

95% CONFIDENCE LIMITS

ARE NOT RELIABLE

Resultados para o mês de maio de 2009, para o microcrustáceo *Daphnia magna*.

1- ENTER THE NUMBER OF INDIVIDUALS AT EACH CONCENTRATION: 20

ENTER UNITS FOR DURATION OF EXPERIMENT

(HOURS, DAYS, ETC.): Horas

ENTER DURATION OF TEST: 48

ENTER THE NUMBER OF MORTALITIES AT EACH CONCENTRATION

1: 0

2: 0

3: 0

4: 11

5: 20

WOULD YOU LIKE A DATA GRAPH (Y/N)? n

WOULD YOU LIKE THE AUTOMATIC TRIM CALCULATION (Y/N)? y

DATE 12/05/2009 TEST NUMBER Efluente DURATION 48 Horas

CHEMICAL Efluente bruto SPECIES Daphnia magna

RAW DATA

CONCENTRATION(%) 6.25 12.50 25.00 50.00 100.00

NUMBER EXPOSED 20 20 20 20 20

MORTALITIES 0 0 0 11 20

SPEARMAN-KARBER TRIM 0.00

SPEARMAN-KARBER ESTIMATES eC50 48.2968063

95% LOWER CONFIDENCE 41.39

95% UPPER CONFIDENCE 56.35

2- ENTER THE NUMBER OF INDIVIDUALS AT EACH CONCENTRATION: 20

ENTER UNITS FOR DURATION OF EXPERIMENT

(HOURS, DAYS, ETC.): Horas

ENTER DURATION OF TEST: 48

ENTER THE NUMBER OF MORTALITIES AT EACH CONCENTRATION

1: 0

2: 0

3: 0

4: 1

5: 20

WOULD YOU LIKE A DATA GRAPH (Y/N)? n

WOULD YOU LIKE THE AUTOMATIC TRIM CALCULATION (Y/N)? y

DATE 12/05/2009 TEST NUMBER Efluente DURATION 48 Horas

CHEMICAL Efluente tratado SPECIES Daphnia magna

RAW DATA

CONCENTRATION(%)	6.25	12.50	25.00	50.00	100.00
------------------	------	-------	-------	-------	--------

NUMBER EXPOSED	20	20	20	20	20
----------------	----	----	----	----	----

MORTALITIES	0	0	0	1	20
-------------	---	---	---	---	----

SPEARMAN-KARBER TRIM				0.00	
----------------------	--	--	--	------	--

SPEARMAN-KARBER ESTIMATES	eC50			68.3019943	
---------------------------	------	--	--	-------------------	--

95% LOWER CONFIDENCE				63.84	
----------------------	--	--	--	-------	--

95% UPPER CONFIDENCE				73.08	
----------------------	--	--	--	-------	--

3- ENTER THE NUMBER OF INDIVIDUALS AT EACH CONCENTRATION: 20

ENTER UNITS FOR DURATION OF EXPERIMENT

(HOURS, DAYS, ETC.): Horas

ENTER DURATION OF TEST: 48

ENTER THE NUMBER OF MORTALITIES AT EACH CONCENTRATION

1: 0

2: 0

3: 0

4: 15

5: 20

WOULD YOU LIKE A DATA GRAPH (Y/N)? n

WOULD YOU LIKE THE AUTOMATIC TRIM CALCULATION (Y/N)? y

DATE 20/05/2009 TEST NUMBER Efluente DURATION 48 Horas

CHEMICAL Efluente bruto SPECIES Daphnia magna

RAW DATA

CONCENTRATION(%)	6.25	12.50	25.00	50.00	100.00
------------------	------	-------	-------	-------	--------

NUMBER EXPOSED	20	20	20	20	20
----------------	----	----	----	----	----

MORTALITIES	0	0	0	15	20
-------------	---	---	---	----	----

SPEARMAN-KARBER TRIM				0.00	
----------------------	--	--	--	------	--

SPEARMAN-KARBER ESTIMATES	eC50			42.0448151	
---------------------------	------	--	--	-------------------	--

95% LOWER CONFIDENCE				36.76	
----------------------	--	--	--	-------	--

95% UPPER CONFIDENCE 48.08

4- ENTER THE NUMBER OF INDIVIDUALS AT EACH CONCENTRATION: 20

ENTER UNITS FOR DURATION OF EXPERIMENT

(HOURS, DAYS, ETC.): Horas

ENTER DURATION OF TEST: 48

ENTER THE NUMBER OF MORTALITIES AT EACH CONCENTRATION

1: 0

2: 0

3: 0

4: 3

5: 20

WOULD YOU LIKE A DATA GRAPH (Y/N)? n

WOULD YOU LIKE THE AUTOMATIC TRIM CALCULATION (Y/N)? y

DATE 20/05/2009 TEST NUMBER Efluente DURATION 48 Horas

CHEMICAL Efluente tratado SPECIES Daphnia magna

RAW DATA

CONCENTRATION(%)	6.25	12.50	25.00	50.00	100.00
------------------	------	-------	-------	-------	--------

NUMBER EXPOSED	20	20	20	20	20
----------------	----	----	----	----	----

MORTALITIES	0	0	0	3	20
-------------	---	---	---	---	----

SPEARMAN-KARBER TRIM	0.00
----------------------	------

SPEARMAN-KARBER ESTIMATES	eC50	63.7280197
---------------------------	------	-------------------

95% LOWER CONFIDENCE	57.05
----------------------	-------

95% UPPER CONFIDENCE	71.19
----------------------	-------

5- DATE 27/05/2009 TEST NUMBER Efluente DURATION 48 Horas

CHEMICAL Efluente bruto SPECIES Daphnia magna

Sem toxicidade

6- ENTER THE NUMBER OF INDIVIDUALS AT EACH CONCENTRATION: 20

ENTER UNITS FOR DURATION OF EXPERIMENT

(HOURS, DAYS, ETC.): Horas

ENTER DURATION OF TEST: 48

ENTER THE NUMBER OF MORTALITIES AT EACH CONCENTRATION

1: 0

2: 0

3: 0

4: 0

5: 20

WOULD YOU LIKE A DATA GRAPH (Y/N)? n

WOULD YOU LIKE THE AUTOMATIC TRIM CALCULATION (Y/N)? y
 DATE 27/05/2009 TEST NUMBER Efluente DURATION 48 Horas
 CHEMICAL Efluente tratado SPECIES Daphnia magna
 RAW DATA

CONCENTRATION(%)	6.25	12.50	25.00	50.00	100.00
NUMBER EXPOSED	20	20	20	20	20
MORTALITIES	0	0	0	0	20
SPEARMAN-KARBER TRIM	0.00				
SPEARMAN-KARBER ESTIMATES	eC50	70.7106705			
95% CONFIDENCE LIMITS ARE NOT RELIABLE					

Resultados para o mês de junho de 2009, para o microcrustáceo *Daphnia magna*.

1- ENTER THE NUMBER OF INDIVIDUALS AT EACH CONCENTRATION: 20
 ENTER UNITS FOR DURATION OF EXPERIMENT
 (HOURS, DAYS, ETC.): Horas
 ENTER DURATION OF TEST: 48
 ENTER THE NUMBER OF MORTALITIES AT EACH CONCENTRATION
 1: 0
 2: 0
 3: 0
 4: 1
 5: 18

WOULD YOU LIKE A DATA GRAPH (Y/N)? n
 WOULD YOU LIKE THE AUTOMATIC TRIM CALCULATION (Y/N)? y
 DATE 03/06/2009 TEST NUMBER Efluente DURATION 48 Horas
 CHEMICAL Efluente bruto SPECIES Daphnia magna
 RAW DATA

CONCENTRATION(%)	6.25	12.50	25.00	50.00	100.00
NUMBER EXPOSED	20	20	20	20	20
MORTALITIES	0	0	0	1	18
SPEARMAN-KARBER TRIM	10.00				
SPEARMAN-KARBER ESTIMATES	eC50	72.1669998			
95% LOWER CONFIDENCE 66.69					
95% UPPER CONFIDENCE 78.09					

2-ENTER THE NUMBER OF INDIVIDUALS AT EACH CONCENTRATION: 20
 ENTER UNITS FOR DURATION OF EXPERIMENT
 (HOURS, DAYS, ETC.): Horas
 ENTER DURATION OF TEST: 48
 ENTER THE NUMBER OF MORTALITIES AT EACH CONCENTRATION

1: 0

2: 0

3: 0

4: 0

5: 18

WOULD YOU LIKE A DATA GRAPH (Y/N)? n

WOULD YOU LIKE THE AUTOMATIC TRIM CALCULATION (Y/N)? y

DATE 03/06/2009 TEST NUMBER Efluente DURATION 48 Horas

CHEMICAL Efluente tratado SPECIES Daphnia magna

RAW DATA

CONCENTRATION(%) 6.25 12.50 25.00 50.00 100.00

NUMBER EXPOSED 20 20 20 20 20

MORTALITIES 0 0 0 0 18

SPEARMAN-KARBER TRIM 10.00

SPEARMAN-KARBER ESTIMATES eC50 **73.4867325**

95% CONFIDENCE LIMITS

ARE NOT RELIABLE

3- ENTER THE NUMBER OF INDIVIDUALS AT EACH CONCENTRATION: 20

ENTER UNITS FOR DURATION OF EXPERIMENT

(HOURS, DAYS, ETC.): Horas

ENTER DURATION OF TEST: 48

ENTER THE NUMBER OF MORTALITIES AT EACH CONCENTRATION

1: 0

2: 0

3: 3

4: 20

5: 20

WOULD YOU LIKE A DATA GRAPH (Y/N)? n

WOULD YOU LIKE THE AUTOMATIC TRIM CALCULATION (Y/N)? y

DATE 18/06/2009 TEST NUMBER Efluente DURATION 48 Horas

CHEMICAL Efluente bruto SPECIES Daphnia magna

RAW DATA

CONCENTRATION(%) 6.25 12.50 25.00 50.00 100.00

NUMBER EXPOSED 20 20 20 20 20

MORTALITIES 0 0 3 20 20

SPEARMAN-KARBER TRIM 0.00

SPEARMAN-KARBER ESTIMATES eC50 **31.8640099**

95% LOWER CONFIDENCE 28.53

95% UPPER CONFIDENCE 35.59

4-ENTER THE NUMBER OF INDIVIDUALS AT EACH CONCENTRATION: 20

ENTER UNITS FOR DURATION OF EXPERIMENT

(HOURS, DAYS, ETC.): Horas

ENTER DURATION OF TEST: 48

ENTER THE NUMBER OF MORTALITIES AT EACH CONCENTRATION

1: 0

2: 0

3: 0

4: 8

5: 20

WOULD YOU LIKE A DATA GRAPH (Y/N)? n

WOULD YOU LIKE THE AUTOMATIC TRIM CALCULATION (Y/N)? y

DATE 18/06/2009 TEST NUMBER Efluente DURATION 48 Horas

CHEMICAL Efluente tratado SPECIES Daphnia magna

RAW DATA

CONCENTRATION(%)	6.25	12.50	25.00	50.00	100.00
------------------	------	-------	-------	-------	--------

NUMBER EXPOSED	20	20	20	20	20
----------------	----	----	----	----	----

MORTALITIES	0	0	0	8	20
-------------	---	---	---	---	----

SPEARMAN-KARBER TRIM	0.00
----------------------	------

SPEARMAN-KARBER ESTIMATES	eC50	53.5886612
---------------------------	------	-------------------

95% LOWER CONFIDENCE	46.04
----------------------	-------

95% UPPER CONFIDENCE	62.38
----------------------	-------

5 - DATE 23/06/2009 TEST NUMBER Efluente DURATION 48 Horas

CHEMICAL Efluente bruto SPECIES Daphnia magna

Sem toxicidade

6- ENTER THE NUMBER OF INDIVIDUALS AT EACH CONCENTRATION: 20

ENTER DURATION OF TEST: 48

ENTER THE NUMBER OF MORTALITIES AT EACH CONCENTRATION

1:0

2: 0

3: 0

4: 0

5: 17

WOULD YOU LIKE A DATA GRAPH (Y/N)? n

WOULD YOU LIKE THE AUTOMATIC TRIM CALCULATION (Y/N)? y

DATE 23/06/2009 TEST NUMBER Efluente DURATION 48 Horas

CHEMICAL Efluente tratado SPECIES Daphnia magna

RAW DATA

CONCENTRATION(%)	6.25	12.50	25.00	50.00	100.00
------------------	------	-------	-------	-------	--------

NUMBER EXPOSED	20	20	20	20	20
MORTALITIES	0	0	0	0	17
SPEARMAN-KARBER TRIM			25.00		
SPEARMAN-KARBER ESTIMATES	eC50		66.7419815		
95% LOWER CONFIDENCE			53.90		
95% UPPER CONFIDENCE			82.64		

NOTE MORTALITY PROPORTIONS WERE NOT MONOTONICALLY INCREASING
ADJUSTMENTS WERE MADE PRIOR TO SPEARMAN-KARBER ESTIMATION.

Resultados para o mês de agosto de 2009, para o microcrustáceo *Daphnia magna*.

1- ENTER THE NUMBER OF INDIVIDUALS AT EACH CONCENTRATION: 20

ENTER UNITS FOR DURATION OF EXPERIMENT

(HOURS, DAYS, ETC.): Horas

ENTER DURATION OF TEST: 48

ENTER THE NUMBER OF MORTALITIES AT EACH CONCENTRATION

1: 0

2: 0

3: 1

4: 1

5: 20

WOULD YOU LIKE A DATA GRAPH (Y/N)? n

WOULD YOU LIKE THE AUTOMATIC TRIM CALCULATION (Y/N)? y

DATE 05/08/2009 TEST NUMBER Efluente DURATION 48 Horas

CHEMICAL Efluente bruto SPECIES *Daphnia magna*

RAW DATA

CONCENTRATION(%)	6.25	12.50	25.00	50.00	100.00
------------------	------	-------	-------	-------	--------

NUMBER EXPOSED	20	20	20	20	20
----------------	----	----	----	----	----

MORTALITIES	0	0	1	1	20
-------------	---	---	---	---	----

SPEARMAN-KARBER TRIM			0.00		
----------------------	--	--	------	--	--

SPEARMAN-KARBER ESTIMATES	eC50		65.9753952		
---------------------------	------	--	-------------------	--	--

95% LOWER CONFIDENCE			59.96		
----------------------	--	--	-------	--	--

95% UPPER CONFIDENCE			72.59		
----------------------	--	--	-------	--	--

2- ENTER THE NUMBER OF INDIVIDUALS AT EACH CONCENTRATION: 20

ENTER UNITS FOR DURATION OF EXPERIMENT

(HOURS, DAYS, ETC.): Horas

ENTER DURATION OF TEST: 48

ENTER THE NUMBER OF MORTALITIES AT EACH CONCENTRATION

1: 0

2: 0

3: 0

4: 1

5: 20

WOULD YOU LIKE A DATA GRAPH (Y/N)? n

WOULD YOU LIKE THE AUTOMATIC TRIM CALCULATION (Y/N)? y

DATE 05/08/2009 TEST NUMBER Efluente DURATION 48 Horas

CHEMICAL Efluente tratado SPECIES Daphnia magna

RAW DATA

CONCENTRATION(%) 6.25 12.50 25.00 50.00 100.00

NUMBER EXPOSED 20 20 20 20 20

MORTALITIES 0 0 0 1 20

SPEARMAN-KARBER TRIM 0.00

SPEARMAN-KARBER ESTIMATES eC50 **68.3019943**

95% LOWER CONFIDENCE 63.84

95% UPPER CONFIDENCE 73.08

Resultados para o mês de setembro de 2009, para o microcrustáceo *Daphnia magna*.

1-ENTER THE NUMBER OF INDIVIDUALS AT EACH CONCENTRATION: 20

ENTER UNITS FOR DURATION OF EXPERIMENT

(HOURS, DAYS, ETC.): Horas

ENTER DURATION OF TEST: 48

ENTER THE NUMBER OF MORTALITIES AT EACH CONCENTRATION

1: 0

2: 9

3: 17

4: 17

5: 20

WOULD YOU LIKE A DATA GRAPH (Y/N)? n

WOULD YOU LIKE THE AUTOMATIC TRIM CALCULATION (Y/N)? y

DATE 10/09/2009 TEST NUMBER Efluente DURATION 48 Horas

CHEMICAL Efluente bruto SPECIES Daphnia magna

RAW DATA

CONCENTRATION(%) 3.12 6.25 12.50 25.00 50.00

NUMBER EXPOSED 20 20 20 20 20

MORTALITIES 0 9 17 17 20

SPEARMAN-KARBER TRIM 0.00

SPEARMAN-KARBER ESTIMATES eC50 **7.9631329**

95% LOWER CONFIDENCE 6.39

95% UPPER CONFIDENCE 9.92

2- ENTER THE NUMBER OF INDIVIDUALS AT EACH CONCENTRATION: 20

ENTER UNITS FOR DURATION OF EXPERIMENT

(HOURS, DAYS, ETC.): Horas

ENTER DURATION OF TEST: 48

ENTER THE NUMBER OF MORTALITIES AT EACH CONCENTRATION

1: 0

2: 0

3: 1

4: 1

5: 20

WOULD YOU LIKE A DATA GRAPH (Y/N)? n

WOULD YOU LIKE THE AUTOMATIC TRIM CALCULATION (Y/N)? y

DATE 10/09/2009 TEST NUMBER Efluente DURATION 48 Horas

CHEMICAL Efluente tratado SPECIES Daphnia magna

RAW DATA

CONCENTRATION(%)	6.25	12.50	25.00	50.00	100.00
------------------	------	-------	-------	-------	--------

NUMBER EXPOSED	20	20	20	20	20
----------------	----	----	----	----	----

MORTALITIES	0	0	1	1	20
-------------	---	---	---	---	----

SPEARMAN-KARBER TRIM	0.00
----------------------	------

SPEARMAN-KARBER ESTIMATES	eC50	65.9753952
---------------------------	------	-------------------

95% LOWER CONFIDENCE	59.96
----------------------	-------

95% UPPER CONFIDENCE	72.59
----------------------	-------

3- ENTER THE NUMBER OF INDIVIDUALS AT EACH CONCENTRATION: 20

ENTER UNITS FOR DURATION OF EXPERIMENT

(HOURS, DAYS, ETC.): Horas

ENTER DURATION OF TEST: 48

ENTER THE NUMBER OF MORTALITIES AT EACH CONCENTRATION

1: 0

2: 0

3: 0

4: 20

5: 20

WOULD YOU LIKE A DATA GRAPH (Y/N)? n

WOULD YOU LIKE THE AUTOMATIC TRIM CALCULATION (Y/N)? y

DATE 24/09/2009 TEST NUMBER Efluente DURATION 48 Horas

CHEMICAL Efluente bruto SPECIES Daphnia magna

RAW DATA

CONCENTRATION(%)	6.25	12.50	25.00	50.00	100.00
------------------	------	-------	-------	-------	--------

NUMBER EXPOSED	20	20	20	20	20
----------------	----	----	----	----	----

MORTALITIES	0	0	0	20	20
-------------	---	---	---	----	----

SPEARMAN-KARBER TRIM	0.00
----------------------	------

SPEARMAN-KARBER ESTIMATES	eC50	35.3553352
---------------------------	------	-------------------

95% CONFIDENCE LIMITS	
-----------------------	--

ARE NOT RELIABLE

4- ENTER THE NUMBER OF INDIVIDUALS AT EACH CONCENTRATION: 20

ENTER UNITS FOR DURATION OF EXPERIMENT

(HOURS, DAYS, ETC.): Horas

ENTER DURATION OF TEST: 48

ENTER THE NUMBER OF MORTALITIES AT EACH CONCENTRATION

1: 0

2: 0

3: 0

4: 6

5: 20

WOULD YOU LIKE A DATA GRAPH (Y/N)? n

WOULD YOU LIKE THE AUTOMATIC TRIM CALCULATION (Y/N)? y

DATE 24/09/2009 TEST NUMBER Efluente DURATION 48 Horas

CHEMICAL Efluente tratado SPECIES Daphnia magna

RAW DATA

CONCENTRATION(%)	6.25	12.50	25.00	50.00	100.00
------------------	------	-------	-------	-------	--------

NUMBER EXPOSED	20	20	20	20	20
----------------	----	----	----	----	----

MORTALITIES	0	0	0	6	20
-------------	---	---	---	---	----

SPEARMAN-KARBER TRIM	0.00
----------------------	------

SPEARMAN-KARBER ESTIMATES	eC50	57.4349213
---------------------------	------	-------------------

95% LOWER CONFIDENCE	49.83
----------------------	-------

95% UPPER CONFIDENCE	66.20
----------------------	-------

ANEXO B – Resultados dos ensaios com *Ceriodaphnia dubia*

Resultados para o mês de março de 2009, para o microcrustáceo *Ceriodaphnia dubia*.

1 - *** Inhibition Concentration Percentage Estimate ***

Toxicant/Effluent: Efluente Bruto

Test Start Date: 20/03/09 Test Ending Date: 27/03/09

Test Species: *Ceriodaphnia dubia*

Test Duration: 7 dias

DATA FILE: eb1103.icp

Conc. ID	Number Replicates	Concentration %	Response Means	Std. Dev.	Pooled Response Means
1	10	0.000	16.100	2.132	21.900
2	10	1.560	17.800	2.616	21.900
3	10	3.120	24.700	3.057	21.900
4	10	6.250	26.300	4.668	21.900
5	10	12.500	24.600	3.340	21.900
6	5	25.000	10.000	3.937	10.000

The Linear Interpolation Estimate: 18.2511 Entered P Value: 25

Number of Resamplings: 80 80 Resamples Generated

The Bootstrap Estimates Mean: 18.2904 Standard Deviation: 0.7608

Original Confidence Limits: Lower: 16.9337 Upper: 19.9823

Expanded Confidence Limits: Lower: 16.6702 Upper: 20.3285

Resampling time in Seconds: 0.00 Random_Seed: 92948040

CI₂₅ { 18.25 % }

2 -*** Inhibition Concentration Percentage Estimate ***

Toxicant/Effluent: Efluente tratado

Test Start Date: 20/03/09 Test Ending Date: 27/03/09

Test Species: *Ceriodaphnia dubia*

Test Duration: 7 dias

DATA FILE: t1103.icp

Conc. ID	Number Replicates	Concentration %	Response Means	Std. Dev.	Pooled Response Means
1	10	0.000	15.100	1.524	17.205
2	10	1.560	15.300	2.946	17.205
3	10	3.120	15.400	3.627	17.205
4	9	6.250	23.667	4.031	17.205
5	5	12.500	8.600	2.408	8.600
6	2	25.000	2.000	1.414	2.000

The Linear Interpolation Estimate: 9.3741 Entered P Value: 25

Number of Resamplings: 80 80 Resamples Generated
 The Bootstrap Estimates Mean: 9.3979 Standard Deviation: 0.4260
 Original Confidence Limits: Lower: 8.7976 Upper: 10.4155
 Expanded Confidence Limits: Lower: 8.6823 Upper: 10.6238
 Resampling time in Seconds: 0.00 Random_Seed: 20029900

CI₂₅ { 9.37 % }

3 -*** Inhibition Concentration Percentage Estimate ***

Toxicant/Effluent: Efluente bruto
 Test Start Date: 24/03/09 Test Ending Date: 31/03/09
 Test Species: Ceriodaphnia dubia
 Test Duration: 7 dias
 DATA FILE: b2403.icp

Conc. ID	Number Replicates	Concentration %	Response Means	Std. Dev.	Pooled Response Means
1	10	0.000	18.200	0.919	18.521
2	10	0.780	17.300	2.497	18.521
3	10	1.560	18.300	2.058	18.521
4	9	3.120	19.889	4.285	18.521
5	9	6.250	19.111	2.667	18.521
6	10	12.500	9.200	4.290	9.200

The Linear Interpolation Estimate: 9.3547 Entered P Value: 25

Number of Resamplings: 80 80 Resamples Generated
 The Bootstrap Estimates Mean: 9.4355 Standard Deviation: 0.5165
 Original Confidence Limits: Lower: 8.5859 Upper: 10.7541

Resampling time in Seconds: 0.00 Random_Seed: -331551900

IC₂₅ { 9.35 % }

4 -*** Inhibition Concentration Percentage Estimate **

Toxicant/Effluent: Efluente tratado

Test Start Date: 24/03/09 Test Ending Date: 31/03/09

Test Species: Ceriodaphnia dubia

Test Duration: 7 dias

DATA FILE: t2403.icp

Conc. ID	Number Replicates	Concentration %	Response Means	Std. Dev.	Pooled Response Means
1	10	0.000	18.100	1.197	18.200
2	10	0.780	17.200	2.440	18.200
3	10	1.560	17.200	2.044	18.200
4	10	3.120	16.500	1.900	18.200
5	10	6.250	22.000	5.375	18.200
6	7	12.500	11.429	2.699	11.429

The Linear Interpolation Estimate: 10.4496 Entered P Value: 25

Number of Resamplings: 80 80 Resamples Generated

The Bootstrap Estimates Mean: 10.3801 Standard Deviation: 0.5937

Original Confidence Limits: Lower: 9.3954 Upper: 11.6893

Resampling time in Seconds: 0.00 Random_Seed: -29383161

CI₂₅ { 10.44 % }

5- *** Inhibition Concentration Percentage Estimate ***

Toxicant/Effluent: Efluente bruto

Test Start Date: 30/03/09 Test Ending Date: 06/04/09

Test Species: Ceriodaphnia dubia

Test Duration: 7 dias

DATA FILE: eb3003.icp

Conc. ID	Number Replicates	Concentration %	Response Means	Std. Dev.	Pooled Response Means
1	10	0.000	16.200	2.440	19.000
2	10	0.780	14.800	1.476	19.000
3	10	1.560	17.200	4.849	19.000
4	10	3.120	21.900	5.259	19.000

5	9	6.250	25.556	5.833	19.000
6	2	12.500	3.000	1.414	3.000

 The Linear Interpolation Estimate: 8.1055 Entered P Value: 25

Number of Resamplings: 80 80 Resamples Generated
 The Bootstrap Estimates Mean: 8.1093 Standard Deviation: 0.0849
 Original Confidence Limits: Lower: 7.9897 Upper: 8.2596
 Expanded Confidence Limits: Lower: 7.9666 Upper: 8.2904
 Resampling time in Seconds: 0.00 Random_Seed: -370293135

CI₂₅ { 8.10% }

6-*** Inhibition Concentration Percentage Estimate ***

Toxicant/Effluent: Efluente tratado

Test Start Date: 30/03/09 Test Ending Date: 06/04/09

Test Species: Ceriodaphnia dubia

Test Duration: 7 dias

DATA FILE: et3003.icp

Conc. ID	Number Replicates	Concentration %	Response Means	Std. Dev.	Pooled Response Means
1	10	0.000	19.000	1.155	19.000
2	10	0.780	16.400	2.459	17.000
3	10	1.560	15.800	2.251	17.000
4	10	3.120	17.800	3.425	17.000
5	10	6.250	18.000	4.899	17.000
6	6	12.500	5.000	3.847	5.000

 The Linear Interpolation Estimate: 7.6823 Entered P Value: 25

Number of Resamplings: 80 80 Resamples Generated
 The Bootstrap Estimates Mean: 7.5910 Standard Deviation: 0.3897
 Original Confidence Limits: Lower: 6.7678 Upper: 8.2741
 Resampling time in Seconds: 0.00 Random_Seed: -161972292

IC₂₅ { 7.68% }

Resultados para o mês de abril de 2009, para o microcrustáceo *Ceriodaphnia dubia*.

1-*** Inhibition Concentration Percentage Estimate ***

Toxicant/Effluent: Efluente bruto

Test Start Date: 22/04/09 Test Ending Date: 29/04/09

Test Species: Ceriodaphnia dubia

Test Duration: 7 dias

DATA FILE: eb1604.icp

Conc. ID	Number Replicates	Concentration %	Response Means	Response Dev.	Std. Response	Pooled Means
1	10	0.000	15.500	1.716	19.775	
2	10	0.780	18.600	2.951	19.775	
3	10	1.560	20.100	4.458	19.775	
4	10	3.120	24.900	2.961	19.775	
5	10	6.250	19.400	6.328	19.400	
6	8	12.500	9.500	5.581	9.500	

The Linear Interpolation Estimate: 9.1343 Entered P Value: 25

Number of Resamplings: 80 80 Resamples Generated

The Bootstrap Estimates Mean: 8.8759 Standard Deviation: 0.8542

Original Confidence Limits: Lower: 7.2727 Upper: 10.2508

Resampling time in Seconds: 0.00 Random_Seed: -682442190

Cl₂₅ { 9.13 % }

2-*** Inhibition Concentration Percentage Estimate ***

Toxicant/Effluent: Efluente tratado

Test Start Date: 22/04/09 Test Ending Date: 29/04/09

Test Species: Ceriodaphnia dubia

Test Duration: 7 dias

DATA FILE: 1604.icp

Conc. ID	Number Replicates	Concentration %	Response Means	Response Dev.	Std. Response	Pooled Means
1	10	0.000	15.100	1.792	16.367	
2	10	0.780	15.700	1.567	16.367	
3	10	1.560	15.500	2.224	16.367	
4	10	3.120	15.600	2.914	16.367	
5	9	6.250	20.333	3.279	16.367	
6	6	12.500	4.167	5.193	4.167	

The Linear Interpolation Estimate: 8.3461 Entered P Value: 25

Number of Resamplings: 80 80 Resamples Generated
 The Bootstrap Estimates Mean: 8.4496 Standard Deviation: 0.5016
 Original Confidence Limits: Lower: 7.9331 Upper: 9.4174
 Resampling time in Seconds: 0.00 Random_Seed: 521867372

CI₂₅ { 8.34 % }

3-*** Inhibition Concentration Percentage Estimate ***

Toxicant/Effluent: Efluente Bruto
 Test Start Date: 28/04/09 Test Ending Date: 05/05/09
 Test Species: Ceriodaphnia dubia
 Test Duration: 7 dias
 DATA FILE: B2804.icp

Conc. ID	Number Replicates	Concentration %	Response Means	Std. Dev.	Pooled Response Means
1	10	0.000	19.700	3.683	19.771
2	10	0.780	15.500	3.100	19.771
3	10	1.560	20.100	2.685	19.771
4	9	3.120	23.000	2.121	19.771
5	9	6.250	21.000	3.905	19.771
6	4	7.000	10.000	3.559	10.000

The Linear Interpolation Estimate: 6.6294 Entered P Value: 25

Number of Resamplings: 80 80 Resamples Generated
 The Bootstrap Estimates Mean: 6.6065 Standard Deviation: 0.0656
 Original Confidence Limits: Lower: 6.4932 Upper: 6.7404
 Expanded Confidence Limits: Lower: 6.4660 Upper: 6.7626
 Resampling time in Seconds: 0.06 Random_Seed: 131073200

CI₂₅ { 6.62 % }

4-*** Inhibition Concentration Percentage Estimate ***

Toxicant/Effluent: Efluente Tratado
 Test Start Date: 28/04/09 Test Ending Date: 05/05/09
 Test Species: Ceriodaphnia dubia
 Test Duration: 7 dias
 DATA FILE: T2804.icp

Conc. ID	Number Replicates	Concentration %	Response Means	Std. Dev.	Pooled Response Means
----------	-------------------	-----------------	----------------	-----------	-----------------------

ID	Replicates	%	Means	Dev.	Response Means
1	9	0.000	16.333	1.871	17.526
2	10	0.780	18.600	4.195	17.526
3	9	1.560	14.333	2.398	16.316
4	10	3.120	18.100	5.152	16.316
5	10	6.250	15.900	3.695	15.900
6	3	12.500	1.667	0.577	1.667

The Linear Interpolation Estimate: 7.4599 Entered P Value: 25

Number of Resamplings: 80 80 Resamples Generated

The Bootstrap Estimates Mean: 7.3420 Standard Deviation: 0.3355

Original Confidence Limits: Lower: 6.7304 Upper: 7.9033

Expanded Confidence Limits: Lower: 6.5846 Upper: 7.9920

Resampling time in Seconds: 0.00 Random_Seed: -455828681

IC₂₅ { 7.45 % }

Resultados para o mês de maio de 2009, para o microcrustáceo *Ceriodaphnia dubia*.

1- *** Inhibition Concentration Percentage Estimate ***

Toxicant/Effluent: Efluente Bruto

Test Start Date: 14/05/09 Test Ending Date: 21/05/09

Test Species: *Ceriodaphnia dubia*

Test Duration: 7 dias

DATA FILE: B1205.icp

Conc. ID	Number Replicates	Concentration %	Response Means	Std. Dev.	Pooled Response Means
1	10	0.000	16.200	2.150	18.560
2	10	0.780	16.700	3.773	18.560
3	10	1.560	19.900	5.322	18.560
4	10	3.120	18.000	4.922	18.560
5	10	6.250	22.000	4.000	18.560
6	7	12.500	9.000	2.082	9.000

The Linear Interpolation Estimate: 9.2835 Entered P Value: 25

Number of Resamplings: 80 80 Resamples Generated

The Bootstrap Estimates Mean: 9.2860 Standard Deviation: 0.2527

Original Confidence Limits: Lower: 8.9035 Upper: 9.8985

Resampling time in Seconds: 0.06 Random_Seed: 16085696

CI₂₅ { 9.28 }

2- *** Inhibition Concentration Percentage Estimate ***

Toxicant/Effluent: Efluente tratado

Test Start Date: 14/05/09 Test Ending Date: 21/05/09

Test Species: Ceriodaphnia dubia

Test Duration: 7 dias

DATA FILE: T1205.icp

Conc. ID	Number Replicates	Concentration %	Response Means	Std. Dev.	Pooled Response Means
1	10	0.000	16.200	1.932	16.200
2	10	0.780	15.300	4.244	15.300
3	9	1.560	13.556	5.247	14.414
4	10	3.120	14.800	4.826	14.414
5	10	6.250	14.800	2.741	14.414
6	5	12.500	1.400	0.548	1.400

The Linear Interpolation Estimate: 7.3372 Entered P Value: 25

Number of Resamplings: 80 80 Resamples Generated

The Bootstrap Estimates Mean: 7.1259 Standard Deviation: 0.3595

Original Confidence Limits: Lower: 6.3702 Upper: 7.6852

Expanded Confidence Limits: Lower: 6.1768 Upper: 7.7548

Resampling time in Seconds: 0.00 Random_Seed: -422612604

CI₂₅ { 7.33 % }

3-*** Inhibition Concentration Percentage Estimate ***

Toxicant/Effluent: Efluente bruto

Test Start Date: 22/05/09 Test Ending Date: 29/05/09

Test Species: Ceriodaphnia dubia

Test Duration: 7 dias

DATA FILE: B2005.icp

Conc. ID	Number Replicates	Concentration %	Response Means	Std. Dev.	Pooled Response Means
1	10	0.000	21.600	3.340	30.360
2	10	0.780	32.000	4.320	30.360

3	10	1.560	33.200	4.962	30.360
4	10	3.120	32.700	4.138	30.360
5	10	6.250	32.300	4.877	30.360
6	7	12.500	6.571	4.198	6.571

The Linear Interpolation Estimate: 8.2441 Entered P Value: 25

Number of Resamplings: 80 80 Resamples Generated
The Bootstrap Estimates Mean: 8.2520 Standard Deviation: 0.1250
Original Confidence Limits: Lower: 8.0286 Upper: 8.4955
Resampling time in Seconds: 0.00 Random_Seed: 33457550

CI₂₅ { 8.24% }

4-*** Inhibition Concentration Percentage Estimate ***

Toxicant/Effluent: Efluente tratado
Test Start Date: 22/05/09 Test Ending Date: 29/05/09
Test Species: Ceriodaphnia dubia
Test Duration: 7 dias
DATA FILE: T2005.icp

Conc. ID	Number Replicates	Concentration %	Response Means	Std. Dev.	Pooled Response Means
1	10	0.000	19.500	2.677	26.154
2	10	0.780	25.200	5.203	26.154
3	9	1.560	30.333	4.796	26.154
4	10	3.120	30.000	4.472	26.154
5	9	6.250	23.556	10.806	23.556
6	6	12.500	1.833	0.753	1.833

The Linear Interpolation Estimate: 7.3837 Entered P Value: 25

Number of Resamplings: 80 80 Resamples Generated
The Bootstrap Estimates Mean: 7.2597 Standard Deviation: 0.6893
Original Confidence Limits: Lower: 5.8557 Upper: 7.9547
Resampling time in Seconds: 0.06 Random_Seed: -151555080

CI₂₅ { 7.38 % }

5-*** Inhibition Concentration Percentage Estimate ***

Toxicant/Effluent: Efluente Bruto
Test Start Date: 28/05/09 Test Ending Date: 04/06/09

Test Species: Ceriodaphnia dubia

Test Duration: 7 dias

DATA FILE: B2805.icp

Conc. ID	Number Replicates	Concentration %	Response Means	Response Dev.	Std. Response	Pooled Means
1	10	0.000	24.100	3.348	30.700	
2	10	0.780	27.400	3.340	30.700	
3	10	1.560	29.000	5.011	30.700	
4	10	3.120	34.000	1.155	30.700	
5	10	6.250	33.900	2.079	30.700	
6	10	12.500	35.800	1.229	30.700	

*** No Linear Interpolation Estimate can be calculated from the input data since none of the (possibly pooled) group response means were less than 75% of the control response mean.

CI₂₅ >12.5%

6- *** Inhibition Concentration Percentage Estimate ***

Toxicant/Effluent: Efluente tratado

Test Start Date: 28/05/09 Test Ending Date: 04/06/09

Test Species: Ceriodaphnia dubia

Test Duration: 7 dias

DATA FILE: T2805.icp

Conc. ID	Number Replicates	Concentration %	Response Means	Response Dev.	Std. Response	Pooled Means
1	10	0.000	23.800	4.826	28.282	
2	9	0.780	29.444	2.555	28.282	
3	10	1.560	28.800	5.473	28.282	
4	10	3.120	31.200	3.706	28.282	
5	8	6.250	25.250	5.148	25.250	
6	7	12.500	2.286	1.380	2.286	

The Linear Interpolation Estimate: 7.3491 Entered P Value: 25

Number of Resamplings: 80 80 Resamples Generated

The Bootstrap Estimates Mean: 7.2850 Standard Deviation: 0.4595

Original Confidence Limits: Lower: 6.2815 Upper: 7.9060

Resampling time in Seconds: 0.00 Random_Seed: -212487639

CI₂₅ { 7.34 % }

Resultados para o mês de junho de 2009, para o microcrustáceo *Ceriodaphnia dubia*.

1-*** Inhibition Concentration Percentage Estimate ***

Toxicant/Effluent: Efluente Bruto

Test Start Date: 03/06/09 Test Ending Date: 10/06/09

Test Species: *Ceriodaphnia dubia*

Test Duration: 7 dias

DATA FILE: B0306.icp

Conc. ID	Number Replicates	Concentration %	Response Means	Std. Dev.	Pooled Response Means
1	10	0.000	16.700	1.494	19.184
2	10	0.780	18.900	2.079	19.184
3	10	1.560	19.200	4.341	19.184
4	9	3.120	20.444	3.504	19.184
5	10	6.250	20.800	4.315	19.184
6	10	12.500	14.900	5.131	14.900

*** No Linear Interpolation Estimate can be calculated from the input data since none of the (possibly pooled) group response means were less than 75% of the control response mean.

IC₂₅ > { 12.5% }

2- *** Inhibition Concentration Percentage Estimate ***

Toxicant/Effluent: Efluente Tratado

Test Start Date: 03/06/09 Test Ending Date: 10/06/09

Test Species: *Ceriodaphnia dubia*

Test Duration: 7 dias

DATA FILE: T0306.icp

Conc. ID	Number Replicates	Concentration %	Response Means	Std. Dev.	Pooled Response Means
1	10	0.000	18.200	1.549	18.200
2	10	0.780	15.400	2.836	17.282
3	9	1.560	16.000	3.708	17.282
4	10	3.120	18.800	3.425	17.282
5	10	6.250	18.800	4.517	17.282

6 8 12.500 7.250 4.743 7.250

The Linear Interpolation Estimate: 8.5128 Entered P Value: 25

Number of Resamplings: 80 80 Resamples Generated
The Bootstrap Estimates Mean: 8.5204 Standard Deviation: 0.5805
Original Confidence Limits: Lower: 7.5667 Upper: 9.7543
Resampling time in Seconds: 0.00 Random_Seed: -259321370

CI₂₅ { 8.51% }

3- *** Inhibition Concentration Percentage Estimate ***

Toxicant/Effluent: Efluente Bruto

Test Start Date: 19/06/09 Test Ending Date: 26/06/09

Test Species: Ceriodaphnia dubia

Test Duration: 7 dias

DATA FILE: B1806.icp

Conc. Number Concentration Response Std. Pooled
ID Replicates % Means Dev. Response Means

1 10 0.000 22.100 4.122 23.850
2 10 0.780 25.600 6.132 23.850
3 10 1.560 22.000 5.907 22.000
4 10 3.120 19.200 5.432 19.200
5 9 6.250 19.111 5.395 19.111
6 5 12.500 2.800 0.837 2.800

The Linear Interpolation Estimate: 6.7189 Entered P Value: 25

Number of Resamplings: 80 80 Resamples Generated
The Bootstrap Estimates Mean: 5.3747 Standard Deviation: 1.8360
Original Confidence Limits: Lower: 2.2717 Upper: 7.4556
Expanded Confidence Limits: Lower: 1.3823 Upper: 7.6029
Resampling time in Seconds: 0.00 Random_Seed: 299480769

CI₂₅ { 6.71 % }

4- *** Inhibition Concentration Percentage Estimate ***

Toxicant/Effluent: Efluente Tratado

Test Start Date: 19/06/09 Test Ending Date: 26/06/09

Test Species: Ceriodaphnia dubia

Test Duration: 7 dias

DATA FILE: T1806.icp

Conc. ID	Number Replicates	Concentration %	Response Means	Response Dev.	Std. Response	Pooled Means
1	10	0.000	20.900	4.040	21.875	
2	10	0.780	19.400	4.766	21.875	
3	10	1.560	22.000	5.477	21.875	
4	10	3.120	25.200	5.633	21.875	
5	8	6.250	14.375	5.630	14.375	
6	5	12.500	2.400	0.548	2.400	

The Linear Interpolation Estimate: 5.4023 Entered P Value: 25

Number of Resamplings: 80 80 Resamples Generated

The Bootstrap Estimates Mean: 5.4731 Standard Deviation: 0.5692

Original Confidence Limits: Lower: 4.6502 Upper: 6.6333

Expanded Confidence Limits: Lower: 4.4998 Upper: 6.8795

Resampling time in Seconds: 0.00 Random_Seed: -850298076

CI₂₅ { 5.40 % }

5- *** Inhibition Concentration Percentage Estimate ***

Toxicant/Effluent: Efluente Bruto

Test Start Date: 26/06/09 Test Ending Date: 03/07/09

Test Species: Ceriodaphnia dubia

Test Duration: 7 dias

DATA FILE: B2306.icp

Conc. ID	Number Replicates	Concentration %	Response Means	Response Dev.	Std. Response	Pooled Means
1	10	0.000	18.700	1.767	18.700	
2	10	0.780	11.900	3.843	15.800	
3	10	1.560	15.100	2.132	15.800	
4	10	3.120	15.900	4.149	15.800	
5	10	6.250	18.600	4.949	15.800	
6	10	12.500	17.500	4.696	15.800	

*** No Linear Interpolation Estimate can be calculated from the input data since none of the (possibly pooled) group response means were less than 75% of the control response mean.

IC₂₅ > { 12.5% }

6- *** Inhibition Concentration Percentage Estimate ***

Toxicant/Effluent: Efluente Tratado

Test Start Date: 26/06/09 Test Ending Date: 03/07/09

Test Species: Ceriodaphnia dubia

Test Duration: 7 dias

DATA FILE: T2306.icp

Conc. ID	Number Replicates	Concentration %	Response Means	Std. Dev.	Pooled Response Means
1	10	0.000	18.000	1.491	18.000
2	10	0.780	15.000	2.160	15.550
3	10	1.560	16.100	3.985	15.550
4	10	3.120	14.400	1.647	14.400
5	10	6.250	14.100	3.035	14.100
6	8	12.500	7.750	3.327	7.750

The Linear Interpolation Estimate: 6.8406 Entered P Value: 25

Number of Resamplings: 80 80 Resamples Generated

The Bootstrap Estimates Mean: 6.5858 Standard Deviation: 1.0432

Original Confidence Limits: Lower: 3.7286 Upper: 7.9519

Resampling time in Seconds: 0.06 Random_Seed: -176431752

IC₂₅ { 6.84 % }

Resultados para o mês de agosto de 2009, para o microcrustáceo *Ceriodaphnia dubia*.

1- *** Inhibition Concentration Percentage Estimate ***

Toxicant/Effluent: Efluente bruto

Test Start Date: 07/08/09 Test Ending Date: 14/08/09

Test Species: Ceriodaphnia dubia

Test Duration: 7 dias

DATA FILE: eb0508.icp

Conc. ID	Number Replicates	Concentration %	Response Means	Std. Dev.	Pooled Response Means
1	10	0.000	14.600	3.565	21.641
2	10	1.560	21.700	9.358	21.641

3	10	3.120	25.900	5.425	21.641
4	9	6.250	24.667	7.649	21.641
5	9	12.500	15.111	4.428	15.111
6	2	25.000	1.000	0.000	1.000

The Linear Interpolation Estimate: 11.4283 Entered P Value: 25

Number of Resamplings: 80 80 Resamples Generated
The Bootstrap Estimates Mean: 11.5243 Standard Deviation: 1.1720
Original Confidence Limits: Lower: 9.5887 Upper: 13.9648
Expanded Confidence Limits: Lower: 9.2208 Upper: 14.4721
Resampling time in Seconds: 0.00 Random_Seed: -131307660
CI₂₅ { 11.42% }

2- *** Inhibition Concentration Percentage Estimate ***

Toxicant/Effluent: Efluente tratado
Test Start Date: 07/08/09 Test Ending Date: 14/07/09
Test Species: Ceriodaphnia dubia
Test Duration: 7 dias
DATA FILE: et0508.icp

Conc. ID	Number Replicates	Concentration %	Response Means	Std. Dev.	Pooled Response Means
1	10	0.000	13.800	5.029	18.980
2	9	1.560	17.444	3.844	18.980
3	10	3.120	19.700	4.855	18.980
4	10	6.250	20.400	6.433	18.980
5	10	12.500	23.400	5.232	18.980
6	4	25.000	1.250	0.500	1.250

The Linear Interpolation Estimate: 15.8453 Entered P Value: 25

Number of Resamplings: 80 80 Resamples Generated
The Bootstrap Estimates Mean: 15.8445 Standard Deviation: 0.0420
Original Confidence Limits: Lower: 15.7929 Upper: 15.9301
Expanded Confidence Limits: Lower: 15.7824 Upper: 15.9471
Resampling time in Seconds: 0.05 Random_Seed: 32950818

CI₂₅ { 15.84% }

Resultados para o mês de setembro de 2009, para o microcrustáceo *Ceriodaphnia dubia*.

1-*** Inhibition Concentration Percentage Estimate ***

Toxicant/Effluent: Bruto

Test Start Date: 11/09/09 Test Ending Date: 18/09/09

Test Species: *Ceriodaphnia dubia*

Test Duration: 7 dias

DATA FILE: EB240909.icp

Conc. ID	Number Replicates	Concentration %	Response Means	Response Dev.	Std. Response	Pooled Response Means
1	10	0.000	13.900	3.315	16.538	
2	10	0.780	17.300	4.945	16.538	
3	9	1.560	16.333	5.523	16.538	
4	10	3.120	18.600	2.271	16.538	
5	7	6.250	14.857	8.859	14.857	
6	2	12.500	7.500	0.707	7.500	

The Linear Interpolation Estimate: 8.3341 Entered P Value: 25

Number of Resamplings: 80 80 Resamples Generated

The Bootstrap Estimates Mean: 7.8636 Standard Deviation: 1.3985

Original Confidence Limits: Lower: 4.9013 Upper: 9.3608

Expanded Confidence Limits: Lower: 4.2147 Upper: 9.5661

Resampling time in Seconds: 0.05 Random_Seed: -139851776

IC₂₅ { 8.33% }

2-*** Inhibition Concentration Percentage Estimate ***

Toxicant/Effluent: Tratado

Test Start Date: 11/09/09 Test Ending Date: 18/09/09

Test Species: *Ceriodaphnia dubia*

Test Duration: 7 dias

DATA FILE: ET100909.icp

Conc. ID	Number Replicates	Concentration %	Response Means	Response Dev.	Std. Response	Pooled Response Means
1	10	0.000	16.200	3.048	16.300	
2	10	0.780	16.400	4.881	16.300	
3	10	1.560	14.300	2.111	14.300	

4	9	3.120	13.556	2.404	13.556
5	8	6.250	10.875	5.330	11.231
6	5	12.500	11.800	1.789	11.231

The Linear Interpolation Estimate: 4.9114 Entered P Value: 25

Number of Resamplings: 80 71 Resamples Generated

Those resamples not used had estimates
above the highest concentration/ %Effluent.

The Bootstrap Estimates Mean: 4.7625 Standard Deviation: 1.7886

No Confidence Limits can be produced since the number of resamples
generated is not a multiple of 40.

Resampling time in Seconds: 0.00 Random_Seed: 15774136

IC₂₅ { 4.91% }

3-*** Inhibition Concentration Percentage Estimate ***

Toxicant/Effluent: Efluente bruto

Test Start Date: 25/09/09 Test Ending Date: 02/10/09

Test Species: Ceriodaphnia dubia

Test Duration: 7 dias

DATA FILE: eb2409.icp

Conc. ID	Number Replicates	Concentration %	Response Means	Std. Dev.	Pooled Response Means
1	10	0.000	16.800	5.613	17.833
2	10	0.780	17.800	6.125	17.833
3	10	1.560	18.900	4.095	17.833
4	8	3.120	15.250	6.497	15.250
5	6	6.250	12.333	5.086	12.333
6	2	12.500	3.000	2.828	3.000

The Linear Interpolation Estimate: 5.1321 Entered P Value: 25

Number of Resamplings: 80 80 Resamples Generated

The Bootstrap Estimates Mean: 4.6405 Standard Deviation: 1.3486

Original Confidence Limits: Lower: 2.6412 Upper: 6.9189

Expanded Confidence Limits: Lower: 2.1430 Upper: 7.2763

Resampling time in Seconds: 0.00 Random_Seed: 153109068

IC₂₅ { 5.13% }

4-*** Inhibition Concentration Percentage Estimate ***

Toxicant/Effluent: Efluente tratado

Test Start Date: 25/09/09 Test Ending Date: 02/10/09

Test Species: Ceriodaphnia dubia

Test Duration: 7 dias

DATA FILE: et2409.icp

Conc. ID	Number Replicates	Concentration %	Response Means	Std. Dev.	Pooled Response Means
1	10	0.000	17.200	5.750	17.200
2	10	0.780	16.200	4.264	16.200
3	10	1.560	14.200	3.190	14.600
4	10	3.120	14.000	4.667	14.600
5	10	6.250	15.600	6.670	14.600
6	2	12.500	4.000	2.828	4.000

The Linear Interpolation Estimate: 7.2524 Entered P Value: 25

Number of Resamplings: 80 80 Resamples Generated

The Bootstrap Estimates Mean: 6.0460 Standard Deviation: 2.4150

Original Confidence Limits: Lower: 0.7486 Upper: 8.4747

Expanded Confidence Limits: Lower: -0.5521 Upper: 8.7191

Resampling time in Seconds: 0.00 Random_Seed: -106552237

IC₂₅ { 7.25% }

ANEXO C – Resultados das análises físicas, químicas e microbiológicas

CLIENTE

Adriana Düpont
Localidade Cerro Alegre Baixo, s/nº – Santa Cruz do Sul – Rio Grande do Sul
Telefone: 51 9612-1824 / Fax: -
Contato: —



AMOSTRA

Tipo: Efluente bruto
Identificação: -
Local: ETE UNISC
Ponto de coleta: Entrada da tubulação de esgoto na ETE (antes do gradeamento)
Responsável pela coleta: Central Analítica
Informações adicionais: -
Data e/ou hora da coleta: 11/03/2009 10h 30min
Data de entrada no laboratório: 11/03/2009

ANÁLISE(S)

	RESULTADO(S)		LIMITE(S)
DBOs	109	mg L ⁻¹ (O ₂)	-
DQO	346	mg L ⁻¹	-
Fósforo total	4,15	mg L ⁻¹	-
Nitrogênio amoniacal	40,0	mg L ⁻¹	-
NMP de coliformes termotolerantes	220.000	NMP/100mL	-
Óleos e graxas	6,9	mg L ⁻¹	-
pH	8,5	-	-
Sólidos suspensos	41,0	mg L ⁻¹	-
Temperatura	25,6	°C	-

LEGENDAS:
NR – não realizado
VMP – valor máximo permitido
mg L⁻¹ – miligrama por litro
NMP – número mais provável
UFC – unidades formadoras de colônias

“Os resultados apresentados no presente laudo de análise têm significação restrita e se aplicam somente à amostra ensaiada. As informações referentes à amostragem são de responsabilidade do cliente, exceto quando a coleta é realizada pela Central Analítica.”
A reprodução do documento somente poderá ser realizada integralmente, sem nenhuma alteração.

Santa Cruz do Sul (RS), 25 de março de 2009.

Paulo Roberto Theisen
Responsável Técnico - CRQ 53915-03D

Alcido Kirst
Responsável Técnico - CRQ-V 05100435

CLIENTE

Adriana Dupont
Localidade Cerro Alegre Baixo, s/nº – Santa Cruz do Sul – Rio Grande do Sul
Telefone: 51 9612-1824 / Fax: -
Contato: —



AMOSTRA

Tipo: Efluente tratado
Identificação: -
Local: ETE UNISC
Ponto de coleta: Saída para a rede de esgoto
Responsável pela coleta: Central Analítica
Informações adicionais: -
Data e/ou hora da coleta: 11/03/2009 10h 45min
Data de entrada no laboratório: 11/03/2009

ANÁLISE(S)

	RESULTADO(S)		LIMITE(S)
DBOs	31,1	mg L ⁻¹ (O ₂)	Conforme vazão
DQO	88	mg L ⁻¹	Conforme vazão
Fósforo total	5,15	mg L ⁻¹	Conforme vazão
Nitrogênio amoniacal	80,7	mg L ⁻¹	Conforme vazão
NMP de coliformes termotolerantes	4.000	NMP/100mL	Conforme vazão
Óleos e graxas	1,5	mg L ⁻¹	VMP 30 mg L ⁻¹
pH	8,4	-	6,0 - 9,0
Sólidos suspensos	16,0	mg L ⁻¹	Conforme vazão
Temperatura	25,9	°C	VMP 40°C

LEGENDAS:
NR – não realizado
VMP – valor máximo permitido
mg L⁻¹ – miligrama por litro
NMP – número mais provável
UFC – unidades formadoras de colônias

REFERÊNCIAS

Resolução N° 128/2006 do Conselho Estadual do Meio Ambiente do RS - CONSEMA, de 24 de novembro de 2006. Consultar esta Resolução sobre os limites estabelecidos para os parâmetros que dependem da vazão do efluente.

“Os resultados apresentados no presente laudo de análise têm significação restrita e se aplicam somente à amostra ensaiada. As informações referentes à amostragem são de responsabilidade do cliente, exceto quando a coleta é realizada pela Central Analítica.”
A reprodução do documento somente poderá ser realizada integralmente, sem nenhuma alteração.

Santa Cruz do Sul (RS), 25 de março de 2009.


Paulo Roberto Theisen

Responsável Técnico - CRbio 53915-03D


Alcido Kirst

Responsável Técnico - CRQ-V 05100435

CLIENTE

Adriana Düpont
Localidade Cerro Alegre Baixo, s/nº – Santa Cruz do Sul – Rio Grande do Sul
Telefone: 51 9612-1824 / Fax: -
Contato: —



AMOSTRA

Tipo: Efluente bruto
Identificação: -
Local: ETE UNISC
Ponto de coleta: Após o gradeador
Responsável pela coleta: Central Analítica
Informações adicionais: -
Data e/ou hora da coleta: 16/04/2009 16h 10min
Data de entrada no laboratório: 16/04/2009

ANÁLISE(S)

	RESULTADO(S)		LIMITE(S)
DBO ₅	295	mg L ⁻¹ (O ₂)	-
DQO	429	mg L ⁻¹	-
Fósforo total	1,50	mg L ⁻¹	-
Nitrogênio amoniacal	96,8	mg L ⁻¹	-
NMP de coliformes termotolerantes	540.000	NMP/100mL	-
Óleos e graxas	25,2	mg L ⁻¹	-
pH	8,8	-	-
Sólidos suspensos	89,0	mg L ⁻¹	-
Temperatura	24,4	°C	-

LEGENDAS:

NR – não realizado
VMP – valor máximo permitido
mg L⁻¹ – miligrama por litro

NMP – número mais provável
UFC – unidades formadoras de colônias

Os resultados apresentados no presente laudo de análise têm significação restrita e se aplicam somente à amostra ensaiada. As informações referentes à amostragem são de responsabilidade do cliente, exceto quando a coleta é realizada pela Central Analítica.
A reprodução do documento somente poderá ser realizada integralmente, sem nenhuma alteração.

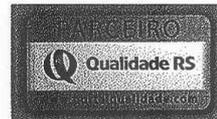
Santa Cruz do Sul (RS), 04 de maio de 2009.

Paulo Roberto Theisen
Responsável Técnico - CRbio 53915-03D

Alcido Kirst
Responsável Técnico - CRQ-V 05100435

CLIENTE

Adriana Düpont
Localidade Cerro Alegre Baixo, s/nº – Santa Cruz do Sul – Rio Grande do Sul
Telefone: 51 9612-1824 / Fax: -
Contato: —



AMOSTRA

Tipo: Efluente tratado
Identificação: -
Local: ETE UNISC
Ponto de coleta: Saída para o corpo receptor
Responsável pela coleta: Central Analítica
Informações adicionais: -
Data e/ou hora da coleta: 16/04/2009 16h 20min
Data de entrada no laboratório: 16/04/2009

ANÁLISE(S)

	RESULTADO(S)		LIMITE(S)
DBOs	35,0	mg L ⁻¹ (O ₂)	Conforme vazão
DQO	91	mg L ⁻¹	Conforme vazão
Fósforo total	1,38	mg L ⁻¹	Conforme vazão
Nitrogênio amoniacal	93,8	mg L ⁻¹	Conforme vazão
NMP de coliformes termotolerantes	4.300	NMP/100mL	Conforme vazão
Óleos e graxas	4,1	mg L ⁻¹	VMP 30 mg L ⁻¹
pH	8,2	-	6,0 - 9,0
Sólidos suspensos	15,0	mg L ⁻¹	Conforme vazão
Temperatura	24,7	°C	VMP 40°C

LEGENDAS:

NR – não realizado
VMP – valor máximo permitido
mg L⁻¹ – miligrama por litro
NMP – número mais provável
UFC – unidades formadoras de colônias

REFERÊNCIAS

Resolução N° 128/2006 do Conselho Estadual do Meio Ambiente do RS - CONSEMA, de 24 de novembro de 2006. Consultar esta Resolução sobre os limites estabelecidos para os parâmetros que dependem da vazão do efluente.

"Os resultados apresentados no presente laudo de análise têm significação restrita e se aplicam somente à amostra ensaiada. As informações referentes à amostragem são de responsabilidade do cliente, exceto quando a coleta é realizada pela Central Analítica." A reprodução do documento somente poderá ser realizada integralmente, sem nenhuma alteração.

Santa Cruz do Sul (RS), 04 de maio de 2009.

Paulo Roberto Theisen
Responsável Técnico - CRbio 53915-03D

Alcido Kirst
Responsável Técnico - CRQ-V 05100435

CLIENTE

Adriana Düpont

Localidade Cerro Alegre Baixo, s/nº – Santa Cruz do Sul – Rio Grande do Sul
Telefone: 51 9612-1824 / Fax: -
Contato: —



AMOSTRA

Tipo: Efluente bruto
Identificação: -
Local: ETE UNISC
Ponto de coleta: Após o gradeador
Responsável pela coleta: Central Analítica
Informações adicionais: -
Data e/ou hora da coleta: 12/05/2009 15h 50min
Data de entrada no laboratório: 12/05/2009

ANÁLISE(S)

	RESULTADO(S)		LIMITE(S)
DBO ₅	129	mg L ⁻¹ (O ₂)	-
DQO	336	mg L ⁻¹	-
Fósforo total	1,60	mg L ⁻¹	-
Nitrogênio amoniacal	54,9	mg L ⁻¹	-
NMP de coliformes termotolerantes	2.400.000	NMP/100mL	-
Óleos e graxas	16,2	mg L ⁻¹	-
pH	8,8	-	-
Sólidos suspensos	304,0	mg L ⁻¹	-
Temperatura	22,3	°C	-

LEGENDAS:

NR – não realizado
VMP – valor máximo permitido
mg L⁻¹ – miligrama por litro

NMP – número mais provável
UFC – unidades formadoras de colônias

“Os resultados apresentados no presente laudo de análise têm significação restrita e se aplicam somente à amostra ensaiada. As informações referentes à amostragem são de responsabilidade do cliente, exceto quando a coleta é realizada pela Central Analítica.”
A reprodução do documento somente poderá ser realizada integralmente, sem nenhuma alteração.

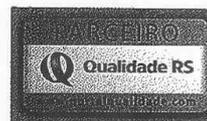
Santa Cruz do Sul (RS), 01 de junho de 2009.

Paulo Roberto Theisen
Responsável Técnico - CRbio 53915-03D

Alcido Kirst
Responsável Técnico - CRQ-V 05100435

CLIENTE

Adriana Dupont
Localidade Cerro Alegre Baixo, s/nº – Santa Cruz do Sul – Rio Grande do Sul
Telefone: 51 9612-1824 / Fax: -
Contato: —



AMOSTRA

Tipo: Efluente tratado
Identificação: -
Local: ETE UNISC
Ponto de coleta: Saída para o corpo receptor
Responsável pela coleta: Central Analítica
Informações adicionais: -
Data e/ou hora da coleta: 12/05/2009 16h 00min
Data de entrada no laboratório: 12/05/2009

ANÁLISE(S)

	RESULTADO(S)		LIMITE(S)
DBOs	23,0	mg L ⁻¹ (O ₂)	Conforme vazão
DQO	105	mg L ⁻¹	Conforme vazão
Fósforo total	3,13	mg L ⁻¹	Conforme vazão
Nitrogênio amoniacal	98,5	mg L ⁻¹	Conforme vazão
NMP de coliformes termotolerantes	> 1.600.000	NMP/100mL	Conforme vazão
Óleos e graxas	4,0	mg L ⁻¹	VMP 30 mg L ⁻¹
pH	8,2	-	6,0 - 9,0
Sólidos suspensos	35,0	mg L ⁻¹	Conforme vazão
Temperatura	22,6	°C	VMP 40°C

LEGENDAS:

NR – não realizado
VMP – valor máximo permitido
mg L⁻¹ – miligrama por litro
NMP – número mais provável
UFC – unidades formadoras de colônias

REFERÊNCIAS

Resolução N° 128/2006 do Conselho Estadual do Meio Ambiente do RS - CONSEMA, de 24 de novembro de 2006. Consultar esta Resolução sobre os limites estabelecidos para os parâmetros que dependem da vazão do efluente.

*Os resultados apresentados no presente laudo de análise têm significação restrita e se aplicam somente à amostra ensaiada. As informações referentes à amostragem são de responsabilidade do cliente, exceto quando a coleta é realizada pela Central Analítica. A reprodução do documento somente poderá ser realizada integralmente, sem nenhuma alteração.

Santa Cruz do Sul (RS), 01 de junho de 2009.


Paulo Roberto Theisen
Responsável Técnico - CRbfo 53915-03D


Alcido Kirst
Responsável Técnico - CRQ-V 05100435

CLIENTE

Adriana Düpont
Localidade Cerro Alegre Baixo, s/nº – Santa Cruz do Sul – Rio Grande do Sul
Telefone: 51 9612-1824 / Fax: -
Contato: —



AMOSTRA

Tipo: Efluente bruto
Identificação: -
Local: ETE UNISC
Ponto de coleta: Após o gradeador
Responsável pela coleta: Central Analítica
Informações adicionais: -
Data e/ou hora da coleta: 23/06/2009 09h 25min
Data de entrada no laboratório: 23/06/2009

ANÁLISE(S)

	RESULTADO(S)		LIMITE(S)
DBO ₅	47,0	mg L ⁻¹ (O ₂)	-
DQO	216	mg L ⁻¹	-
Fósforo total	1,35	mg L ⁻¹	-
Nitrogênio amoniacal	15,3	mg L ⁻¹	-
NMP de coliformes termotolerantes	47.000	NMP/100mL	-
Óleos e graxas	1,3	mg L ⁻¹	-
pH	7,5	-	-
Sólidos suspensos	64,0	mg L ⁻¹	-
Temperatura	20,5	°C	-

LEGENDAS:
NR – não realizado
VMP – valor máximo permitido
mg L⁻¹ – miligrama por litro
NMP – número mais provável
UFC – unidades formadoras de colônias

“Os resultados apresentados no presente laudo de análise têm significação restrita e se aplicam somente à amostra ensaiada. As informações referentes à amostragem são de responsabilidade do cliente, exceto quando a coleta é realizada pela Central Analítica.”
A reprodução do documento somente poderá ser realizada integralmente, sem nenhuma alteração.

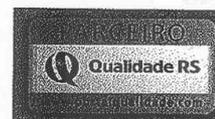
Santa Cruz do Sul (RS), 10 de julho de 2009.

Paulo Roberto Theisen
Responsável Técnico - CRbio 53915-03D

Alcido Kirst
Responsável Técnico - CRQ-V 05100435

CLIENTE

Adriana Düpont
Localidade Cerro Alegre Baixo, s/nº – Santa Cruz do Sul – Rio Grande do Sul
Telefone: 51 9612-1824 / Fax: -
Contato: —



AMOSTRA

Tipo: Efluente tratado
Identificação: -
Local: ETE UNISC
Ponto de coleta: Saída para o corpo receptor
Responsável pela coleta: Central Analítica
Informações adicionais: -
Data e/ou hora da coleta: 23/06/2009 08h 55min
Data de entrada no laboratório: 23/06/2009

ANÁLISE(S)

	RESULTADO(S)		LIMITE(S)
DBOs	20,0	mg L ⁻¹ (O ₂)	Conforme vazão
DQO	95	mg L ⁻¹	Conforme vazão
Fósforo total	4,25	mg L ⁻¹	Conforme vazão
Nitrogênio amoniacal	72,7	mg L ⁻¹	Conforme vazão
NMP de coliformes termotolerantes	28.000	NMP/100mL	Conforme vazão
Óleos e graxas	4,1	mg L ⁻¹	VMP 30 mg L ⁻¹
pH	7,8	-	6,0 - 9,0
Sólidos suspensos	55,0	mg L ⁻¹	Conforme vazão
Temperatura	20,4	°C	VMP 40°C

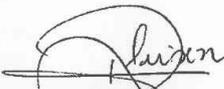
LEGENDAS:
NR – não realizado
VMP – valor máximo permitido
mg L⁻¹ – miligrama por litro
NMP – número mais provável
UFC – unidades formadoras de colônias

REFERÊNCIAS

Resolução N° 128/2006 do Conselho Estadual do Meio Ambiente do RS - CONSEMA, de 24 de novembro de 2006. Consultar esta Resolução sobre os limites estabelecidos para os parâmetros que dependem da vazão do efluente.

“Os resultados apresentados no presente laudo de análise têm significação restrita e se aplicam somente à amostra ensaiada. As informações referentes à amostragem são de responsabilidade do cliente, exceto quando a coleta é realizada pela Central Analítica.”
A reprodução do documento somente poderá ser realizada integralmente, sem nenhuma alteração.

Santa Cruz do Sul (RS), 10 de julho de 2009.


Paulo Roberto Theisen

Responsável Técnico - CRbio 53915-03D


Alcido Kirst

Responsável Técnico - CRQ-V 05100435

CLIENTE

Adriana Düpont
Localidade Cerro Alegre Baixo, s/nº – Santa Cruz do Sul – Rio Grande do Sul
Telefone: 51 9612-1824 / Fax: -
Contato: —



AMOSTRA

Tipo: Efluente bruto
Identificação: -
Local: ETE UNISC
Ponto de coleta: Após o gradeador
Responsável pela coleta: Central Analítica
Informações adicionais: -
Data e/ou hora da coleta: 05/08/2009 11h 25min
Data de entrada no laboratório: 05/08/2009

ANÁLISE(S)

	RESULTADO(S)		LIMITE(S)
DBOs	303	mg L ⁻¹ (O ₂)	-
DQO	1.480	mg L ⁻¹	-
Fósforo total	5,80	mg L ⁻¹	-
Nitrogênio amoniacal	47,3	mg L ⁻¹	-
NMP de coliformes termotolerantes	3.500.000	NMP/100mL	-
Óleos e graxas	39,6	mg L ⁻¹	-
pH	8,6	-	-
Sólidos suspensos	685,0	mg L ⁻¹	-
Temperatura	17,8	°C	-

LEGENDAS:
NR – não realizado
VMP – valor máximo permitido
mg L⁻¹ – miligrama por litro
NMP – número mais provável
UFC – unidades formadoras de colônias

“Os resultados apresentados no presente laudo de análise têm significação restrita e se aplicam somente à amostra ensaiada. As informações referentes à amostragem são de responsabilidade do cliente, exceto quando a coleta é realizada pela Central Analítica.”
A reprodução do documento somente poderá ser realizada integralmente, sem nenhuma alteração.

Santa Cruz do Sul (RS), 18 de agosto de 2009.


Paulo Roberto Theisen

Responsável Técnico - CRBIO 53915-03D


Alcido Kirst

Responsável Técnico - CRQ-V 05100435

**ANEXO D – Licença de Operação da Estação de Tratamento de Esgoto da
Universidade de Santa Cruz do Sul**

LICENÇA DE OPERAÇÃO

LO N. ° 4584/2007-DL

A Fundação Estadual de Proteção Ambiental, criada pela Lei Estadual n. ° 9.077 de 04/06/90 e com seus Estatutos aprovados através do Decreto n. ° 33.765, de 28/12/90, registrada no Ofício do Registro Oficial em 01/02/91, no uso das atribuições que lhe confere a Lei n. ° 6.938, de 31/08/81, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, regulamentada pelo Decreto n. ° 99.274, de 06/06/90 e com base nos autos do processo administrativo n. ° 5472-05.67/07-5, expede a presente LICENÇA DE OPERAÇÃO que autoriza o:

EMPREENDIMENTO: 121453 **CODRAM:** 3513,10
EMPRESA: ASSOCIAÇÃO PRÓ-ENSINO EM SANTA CRUZ DO SUL- APESC
ENDEREÇO: Av. Independência, n. ° 2293 – Bairro Universitário
MUNICÍPIO: Santa Cruz do Sul - RS

para atividade de: ETE (Estação de Tratamento de Esgoto) da Universidade de Santa Cruz do Sul.

localizado: a ETE encontra-se na área próxima a entrada do Campus e ao ginásio de esportes da UNISC;

vazão máxima: 360m³/dia.

população atendida: máximo de 18000 pessoas (estudantes e funcionários).

Com as seguintes condições e restrições:

- 1 - a área da ETE deverá permanecer cercada, devendo ser executada a implantação de cortinamento vegetal no entorno da mesma, com implantação de espécies nativas no mínimo em fileiras triplas alternadas, de modo a formar uma barreira vegetal, para minimizar possíveis incômodos à população vizinha, devendo ser encaminhado à FEPAM, **até o décimo dia do mês de janeiro de 2008**, relatório de implantação da cortina vegetal do entorno da ETE solicitada, com fotos atualizadas e ART do responsável técnico habilitado;
- 2 - O tratamento do esgoto sanitário é realizado através de Tratamento Preliminar, com grade mecanizada e desarenador. Tratamento Primário (uma unidade), por digestor anaeróbio de fluxo ascendente; Tratamento Secundário (uma unidade), por Filtro Biológico Percolador seguido de Decantador Secundário; Lodo desidratado em Leitões de Secagem;
- 3 - esta licença não autoriza o corte de vegetação nativa;
- 4 - o empreendedor deverá realizar medições e análises de seus efluentes sanitários tratados de acordo com as frequências e tipos de amostragem listados no item 5 e encaminhar a "Planilha de Acompanhamento de Efluentes Sanitários Tratados" (disponível em www.fepam.rs.gov.br, Licenciamento Ambiental/Formulários/Planilhas de Acompanhamento/DISA-SES/Planilha de Efluentes Sanitários Tratados) com os resultados à FEPAM, **semestralmente, até o décimo dia dos meses de janeiro e junho**, durante a vigência desta licença;
- 5 - O tratamento do esgoto sanitário deverá sofrer adaptações durante a vigência desta licença para atender aos padrões de lançamento da Resolução CONSEMA n° 128/2006, relacionados com a vazão prevista, conforme quadro abaixo:

PARÂMETROS	PADRÃO DE EMISSÃO A SER ATENDIDO	FREQÜÊNCIA DE MEDIÇÃO	TIPO DE AMOSTRAGEM
Temperatura	inferior a 40 °C	diária	simples
Sólidos Sedimentáveis	até 1 ml/L, em Cone Imhoff, 1 hora	diária	composta
pH	entre 6,0 e 9,0	diária	simples
Materiais flutuantes	ausentes	mensal	composta
Óleos e graxas mineral	até 10 mg/L	mensal	simples
Óleos e graxas vegetal	até 30 mg/L	mensal	simples

DBO ₅ (20 °C)	até 100 mg/L	semanal	composta
DQO	até 300 mg/L	semanal	composta
Sólidos Suspensos	até 100 mg/L	mensal	composta
Nitrogênio Amoniacal	até 20 mg/L N	mensal	composta
Coliformes Termotolerantes	até 10 ⁶ NMP/100 mL ou 90% de remoção*	semanal	simples
Vazão	-	diária	composta

* para apresentação dos resultados em percentual de remoção devem ser avaliados os efluentes bruto e tratado.

- 6 - para fins de preenchimento da "Planilha de Acompanhamento de Efluentes Sanitários" deverá ser realizada a média semanal dos resultados dos parâmetros com medição diária listados no item 5;
- 7 - o empreendedor deverá atender aos padrões de emissão listados no item 10 da Resolução CONSEMA Nº 128/2006;
- 8 - as análises solicitadas no item 4 deverão ser realizadas por laboratório cadastrado junto a FEPAM e a coleta das amostras efetuadas por técnico habilitado;
- 9 - o empreendedor deverá manter junto ao sistema de tratamento de efluentes líquidos, à disposição da fiscalização da FEPAM, relatórios da operação do mesmo, incluindo análises e medições realizadas;
- 10 - o empreendedor deverá manter um responsável técnico pela operação da Estação de Tratamento de Efluentes Líquidos (ETE) com a ART (Anotação de Responsabilidade Técnica) atualizada, bem como apresentar, **com uma periodicidade semestral, até o décimo dia dos meses de janeiro e julho**, relatório técnico assinado pelo respectivo responsável técnico, descrevendo as condições de operação da ETE, apontando problemas e soluções adotadas, bem como interpretação dos resultados do monitoramento do efluente tratado e do corpo receptor, acompanhado de levantamento fotográfico contemplando toda a área da ETE, observando-se que os relatórios técnicos a serem entregues em janeiro devem ser acompanhados da cópia da ART do responsável técnico;
- 11 - o empreendedor deverá informar à FEPAM, até o **décimo dia do mês de janeiro de 2008**, todas as substâncias que podem estar presentes nos efluentes e manter esta informação atualizada, conforme Artigo 16 da Resolução CONSEMA n° 128/2006;
- 12 - O lodo do sistema de tratamento deve ser periodicamente removido, desidratado e disposto adequadamente;
- 13 - O Arroio Lajeado é o corpo receptor dos efluentes tratados, através de lançamento indireto em galerias e canais pluviais;
- 14 - Aos efluentes líquidos provenientes da Central Analítica deverá ser dado tratamento diferenciado. Efluentes com presença de elementos químicos reconhecidamente tóxicos, tanto aos microorganismos da ETE quanto à biota aquática, como metais pesados, deverão ser separados e tratados adequadamente para posterior envio à empresa de resíduos Classe I. Bases, ácidos e outros químicos que não se enquadram no grupo anterior devem ser neutralizados antes de encaminhados a rede coletora geral que leva à ETE;
- 15 - Em caso de acidente ou incidente com risco de danos ao meio ambiente, a FEPAM deverá ser imediatamente informada através do telefone (51) 9982-7840.

Com vistas à **renovação da Licença de Operação** o empreendedor deverá apresentar:

1. Requerimento assinado, solicitando a renovação da Licença de Operação;
2. Declaração do empreendedor informando que houve cumprimento das condições e restrições acima, bem como não houve nenhuma alteração da atividade ora licenciada. Salientamos que qualquer alteração (processo, produção, área física, etc.) deverá ser previamente avaliada por esta Fundação;
3. Relatório final do Monitoramento dos Parâmetros Físico-Químico da ETE, conforme item 4 das Condições e Restrições;
4. Relatório operacional do responsável técnico, relativo à operação do sistema, referindo problemas decorrentes da mesma e soluções adotadas, incluindo interpretação dos resultados do monitoramento;
5. Cópia desta Licença;

6. Comprovante do pagamento dos custos dos Serviços de Licenciamento Ambiental, conforme Resolução nº 01/95-CONS. ADM., publicada no DOE em 01/09/95.

Havendo alteração nos atos constitutivos, cópia da mesma deverá ser apresentada, imediatamente, à FEPAM, sob pena do empreendedor acima identificado continuar com a responsabilidade sobre a atividade/empreendimento licenciado por este documento.

Este documento licenciatório perderá sua validade caso os dados fornecidos pelo empreendedor não correspondam à realidade ou algum prazo estabelecido nas condições acima seja descumprido.

Esta Licença não dispensa nem substitui quaisquer alvarás ou certidões de qualquer natureza exigidos pela legislação Federal, Estadual ou Municipal, nem exclui as demais licenças ambientais.

Esta licença deverá estar disponível no local da atividade licenciada para efeito de fiscalização.

Data de emissão: Porto Alegre, 20 de agosto de 2007.
Este documento licenciatório é válido para as condições acima até: 19 de agosto de 2011.

Este documento licenciatório foi certificado por assinatura digital, processo eletrônico baseado em sistema criptográfico assimétrico, assinado eletronicamente por chave privada, garantida a integridade de seu conteúdo e está à disposição no site www.fepam.rs.gov.br.

Identificador do Documento: 265317

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)