
Avaliação da toxicidade dos principais despejos industriais da região da ERQ-Suzano, através de ensaios biológicos.

ELENITA GHERARDI GOLDSTEIN (*)
PEDRO ANTONIO ZAGOTTO (*)
ROSALINA PEREIRA DE ALMEIDA ARAUJO (*)
EDUARDO BERTOLETTI (*)

APRESENTAÇÃO

O presente trabalho foi executado pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – CETESB no período de Julho a Novembro de 1981, atendendo à solicitação da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – SABESP através da Assessoria para Desenvolvimento de Programas da Diretoria de Planejamento.

A pesquisa foi desenvolvida utilizando recursos oriundos de financiamentos do Banco Nacional da Habitação e teve como coordenadores por parte da SABESP a Eng^a Vera Lucia P. de Albuquerque do Departamento de Desenvolvimento Técnico e o Eng^o Paulo Roberto Borges do Departamento de Efluentes Industriais, e pela CETESB o pesquisador da Diretoria de Tecnologia e Desenvolvimento, Limnologista Hideo Kawai.

1. INTRODUÇÃO

Através de ensaios biológicos com *Daphnia cf. similis*, foi avaliada a toxicidade aguda dos efluentes das 20 principais indústrias da região de Mogi das Cruzes e de Suzano, que deverão se beneficiar dos serviços prestados pela ERQ-Suzano.

Esta avaliação forneceu informações importantes, permitindo a identificação dos despejos líquidos tóxicos, bem como a ordenação das indústrias com base numa escala relativa de toxicidade de seus efluentes.

Embora a toxicidade dos despejos a *Daphnia cf. similis* não possa ser ainda relacionada direta e quantitativamente com tratabilidade do esgoto pelo lodo ativado, verificou-se neste trabalho uma primeira evidência de proporcionalidade entre toxicidade e eficiência do processo de tratamento.

2. JUSTIFICATIVA

A toxicidade de um efluente industrial é uma propriedade difícil de ser avaliada ou prevista através de análise química pois depende grandemente de interações entre seus componentes individuais, suas formas químicas e outros fatores. Têm sido descritas algumas técnicas que visam prever ou avaliar a toxicidade conjunta de vários sais, mas embora os resultados obtidos sejam promissores, são ainda de difícil interpretação e de confiabilidade restrita.

Tradicionalmente o controle de substâncias tóxicas não tem se constituído em objetivo importante na construção e operação de estações de tratamento de esgotos. Tem-se dado atenção quase que exclusiva à remo-

ção de DBO, sólidos e outros poluentes convencionais.

A presença de agentes tóxicos em estações de tratamento de esgotos preocupa por várias razões:

- a atividade biológica pode se deteriorar, resultando em uma redução da eficiência de tratamento;
- agentes tóxicos podem passar inalterados através dos sistemas convencionais de tratamentos podendo comprometer a vida aquática no corpo receptor;
- os poluentes tóxicos presentes em efluentes industriais podem se concentrar no lodo dificultando a fermentação anaeróbia no digestor (Relatório CETESB, julho/80) e restringindo sua disposição: se aplicado ao solo, prática das mais econômicas, seja em forma de aterro sanitário ou em forma de fertilizantes, podendo se transformar em causa de contaminação às plantas e recursos hídricos devido ao lixiviado contendo metais pesados ou substâncias orgânicas tóxicas.

Segundo Lang (1980), ex-diretor da Water Pollution Control Federation, uma análise recente sobre as principais causas de deficiência na operação e manutenção de estações

(*) Biologistas da Diretoria de Tecnologia e Desenvolvimento da CETESB.

de tratamento de esgotos revelou que esta situação se deve a um conjunto de fatores, entre os quais, a ausência de controle de despejos industriais aparece entre as seis principais causas.

A situação chega a ser tão grave que um levantamento realizado pela EPA demonstrou que menos da metade de todas as estações de tratamento ao nível secundário, de um total de 4.400 estações, conseguem atingir a eficiência esperada ou chegam a atingir os padrões estabelecidos para efluentes secundários e que 20% de todas as estações podem obter melhor funcionamento apenas com modificações na operação e manutenção, introduzidas inclusive através de cursos de treinamento onde um dos tópicos abordados é a fiscalização de efluentes industriais. Esta fiscalização, exercida pela EPA, se concentrará em futuro breve sobre os 65 compostos tóxicos prioritários que podem ser considerados incompatíveis com processos de tratamento de esgotos, com operações de disposição de lodos de esgotos ou com a vida aquática dos corpos receptores se passarem através dos processos convencionais de tratamento sem serem removidos.

Por todos estes motivos, nos Estados Unidos vem sendo desenvolvido um programa de pré-tratamento de efluentes industriais, no qual cada estação deverá relacionar as indústrias contribuintes e hierarquizá-las de acordo com o seu impacto sobre o tratamento, bem como desenvolver e definir uma estratégia de controle das fontes industriais do ponto de vista da toxicidade.

Levantamentos da composição química de efluentes industriais da Grande São Paulo efetuados pela SABESP/CETESB (19) revelaram a presença de substâncias tóxicas comumente analisadas em laboratório tais como metais pesados, fenol, cianeto, etc. não havendo dados analíticos sobre compostos orgânicos tóxicos que sem dúvida devem estar presentes nestes efluentes devido à grande diversidade da atividade industrial da região. A título de ilustração podem ser citados alguns compostos orgânicos tóxicos considerados prioritários, que são liberados por indústrias e que não são analisados rotineiramente na avaliação química de efluentes: terpenos, PCBs, hidrocarbonetos aromáticos polinucleares, nitrosaminas, nitrofenóis, ésteres do ácido ftálico, cloreto de vinila e outros. Deve-se acrescentar ainda que a caracterização química de todas as substâncias tóxicas destes despejos líquidos torna-se quase que

impraticável tanto do ponto de vista analítico como econômico.

Pela exposição anterior, verifica-se que o projeto SANEGRAN, ora em execução em São Paulo, deverá se preparar para enfrentar este problema, seja no processo de tratamento, seja na disposição do lodo, seja no controle de qualidade dos efluentes das estações. A preocupação deverá se concentrar principalmente nas estações do ABC e Suzano, onde prevê-se que os esgotos a serem tratados deverão se constituir respectivamente em cerca de 50% e 70% de origem industrial. Embora a estação de Barueri deva receber apenas 30% de esgotos de origem industrial, não se deve descartar totalmente as possíveis interferências de substâncias tóxicas no funcionamento do sistema biológico pois fontes residenciais e difusas podem eventualmente se tornar em importantes contribuintes de poluentes tóxicos.

3. OBJETIVO

Considerando toda problemática de substâncias tóxicas que tem como origem efluentes industriais (sua presença, detecção incompleta em análise de rotina, influência deletéria nos processos de tratamento de esgotos, limitações na disposição do lodo e possíveis conseqüências desastrosas nos corpos receptores de efluentes de estações de tratamento) é que se propôs, através de ensaios biológicos, a avaliação de toxicidade de efluentes industriais que terão como destino final Estações Recuperadoras de Qualidade das Águas da Região Metropolitana de São Paulo, em complementação aos resultados obtidos nas análises físico-químicas.

Nesta 1ª etapa do estudo, foi escolhida a região da ERQA/Suzano, tendo em vista a elevada proporção de efluente industrial em relação às outras regiões dos sistemas de tratamento escolhidos para o SANEGRAN.

4. MATERIAL E MÉTODO

4.1. COLETA DE AMOSTRAS

Foram coletados os efluentes das 20 principais indústrias da região de Suzano e Mogi das Cruzes, segundo os métodos descritos no relatório elaborado pela CETESB (1980) "Caracterização dos Principais Despejos Industriais, tendo em vista Tratabilidade na ERQ-Suzano". As amostras foram mantidas em gelo até a chegada no laboratório e posteriormente armazenadas a 4°C; em algumas ocasiões estas foram congeladas. Pa-

ra as indústrias com regime de trabalho de 24 horas foram compostas três amostras: uma diurna (D); uma noturna (N) e uma de 24 horas (24 h).

Os efluentes das indústrias Howa do Brasil, Aços Anhangüera, Indústria Textil Tsuzuki Ltda. e Fábrica de Papel Formosa foram coletados duas vezes para fins de confirmação dos resultados de toxicidade obtidos inicialmente.

4.2. ENSAIOS BIOLÓGICOS

A escolha do organismo a ser utilizado para a avaliação da toxicidade aguda dos efluentes industriais recaiu sobre um cladóceros pertencente ao gênero *Daphnia*. Embora não seja um organismo que concorra para a depuração de esgotos em estações de tratamento, é utilizado para esta finalidade pois trata-se de um organismo sensível a tóxicos e que apresenta uma certa homogeneidade e estabilidade genética. Estas características aliadas às técnicas de teste já padronizadas permitem boa repetibilidade e reprodutibilidade de resultados, possibilitando a comparação de resultados obtidos em diferentes áreas e épocas de estudo.

A espécie escolhida foi *Daphnia* cf. *similis* por estar adaptada à água mole e por apresentar sensibilidade igual à *D. magna* que é a espécie de água dura utilizada nos países europeus e norte-americanos.

O método utilizado nos testes foi o da "International Organization for Standardization" (ISO, 1976) que consiste em preparar várias diluições do efluente industrial com a água de manutenção dos organismos sendo que a concentração mais elevada de efluente testada foi de 900 mL por litro de solução teste. O método engloba um teste preliminar e um definitivo, sendo que o efeito tóxico é analisado através da inibição da mobilidade dos organismos e o resultado é expresso como a concentração que inibe a mobilidade de 50% dos organismos em 24 h (CE_{50} - 24 h), acompanhado do intervalo de confiança ao nível de 95%.

5. RESULTADOS

Os resultados dos testes constam na Tabela 1, juntamente com os dados de pH e condutividade dos efluentes, as concentrações médias consideradas de DBO, DQO e SST, a vazão média dos efluentes das indústrias e a vazão necessária para diluir os efluentes ao nível da CE_{50} 24 horas.

A avaliação da toxicidade dos despe-

jos líquidos permitiu ordenar as indústrias estudadas na seguinte escala decrescente de toxicidade à *Daphnia cf. similis*:

- Elgin Máquinas
- Cerâmica e Velas de Ignição NGK
- Brasil Viscose S.A.
- Tinturaria e Estamparia Suzano S.A.
- Hoechst do Brasil
- Indústria de Papel Simão
- Indústria Têxtil Tsuzuki Ltda. e Gottard Kaesemodel
- Indústria de Papel e Celulose Bandeirantes
- Companhia Suzano de Papel e Fabrica de Papel Formosa
- Spal – Indústria de Refrescos S.A.
- Valmet do Brasil
- Indústria Brasileira de Artigos Refratários – IBAR
- Howa do Brasil
- Aços Anhangüera

Os efluentes das indústrias Onibla S.A., Indústria de Papel Rio Verde, Guterman S.A. e Cia. Siderúrgica Mogi das Cruzes não apresentaram toxicidade mensurável através do método empregado.

Na Tabela 2 estão representados os níveis dos poluentes potencialmente tóxicos determinados nos efluentes através de análise química. Constam também nesta tabela a concentração estimada destes poluentes (com base na determinação analítica) que devem estar presentes no efluente industrial na diluição que causou 50% de imobilidade no teste com *Daphnia*. A fim de possibilitar a correlação dos níveis destes poluentes nos efluentes e sua toxicidade à *Daphnia cf. similis*, foram incluídas na tabela as concentrações destas substâncias que imobilizam 50% de organismos quando testados isoladamente em laboratório, em forma de sais. Foram relacionados ainda os limites máximos permissíveis destes agentes tóxicos estabelecidos pelo Decreto 15.425 – artigo 19 A – lei 997 de 23.07.80. Na mesma tabela encontram-se observações resumidas sobre os dados apresentados.

6. DISCUSSÃO

Verifica-se pelo apresentado na Tabela 1 que, através de ensaios biológicos com *Daphnia cf. similis*, os efluentes das indústrias foram identificados em tóxicos e não tóxicos. Os primeiros foram quantificados em termos de CE_{50} 24 h. Esta apresentou uma faixa ampla de variação: os despejos industriais menos tóxicos imobilizaram 50% dos organismos-teste quando diluídos a 60%, ou seja, 600 ml do efluente por

litro de solução, enquanto os despejos da indústria considerada a mais tóxica causaram o mesmo efeito com uma solução de apenas 0,43%, ou seja, 4,3 ml do efluente por litro de solução teste. Os efluentes da indústria Aços Anhangüera apresentaram toxicidade mas esta não pode ser expressa em CE_{50} 24 h, pois as concentrações mais elevadas imobilizaram não mais que 30 a 45% dos organismos-teste.

A fim de que se possa ter outro enfoque dos dados de toxicidade, foram incluídos na Tabela 1 os valores das vazões que seriam necessárias para diluir cada um dos efluentes ao nível da CE_{50} 24 h (vazão de diluição CE_{50} , L/s). Pela análise destes resultados é possível visualizar em termos relativos a carga tóxica de cada indústria.

Verificou-se que a toxicidade dos efluentes não está obrigatoriamente ligada ao nível dos agentes tóxicos analisados, cujos resultados são apresentados na Tabela 2. As análises realizadas nos efluentes das indústrias Brasil Viscose S.A., Tinturaria e Estamparia Suzano S.A. e Indústria de Papel Simão por exemplo, não justificam a toxicidade que os mesmos apresentaram nos ensaios biológicos, inferindo-se então que a mesma é decorrente da presença de outros agentes. Por outro lado, esperar-se-ia que os despejos líquidos de indústrias tais como a Guterman S.A. e a Cia. Siderúrgica Mogi das Cruzes, fossem tóxicos pelos teores de cobre na primeira e cobre e zinco na segunda. Há ainda a considerar que não se pode atribuir a toxicidade de efluentes, como os da Elgin Máquinas, Cerâmica e Velas de Ignição NGK e Hoechst do Brasil por exemplo, aos teores de alguns poucos elementos, tais como cobre para a primeira indústria, cianeto e zinco para a segunda e cobre e talvez mercúrio para a terceira, já que substâncias tóxicas, inclusive de natureza orgânica, podem estar presentes, manifestando sua ação sobre os organismos testados. Apenas para exemplificar, em recente avaliação exaustiva de 23 indústrias têxteis nos Estados Unidos, foram analisados para cada despejo líquido 77 elementos inorgânicos e 44 compostos químicos orgânicos. A composição de um destes efluentes por exemplo continha 6 compostos orgânicos e 48 inorgânicos. A toxicidade dos despejos destas indústrias foi estudada tentando-se relacioná-la com os agentes químicos. Chegou-se à conclusão, já apontada por vários outros pesquisadores, de que a toxicidade é devida a interações dos componentes do despejo sobre os organismos, não se podendo justificar a toxicidade como decorrente de uma única substân-

cia sendo, segundo os autores, impossível prever esta característica através de análises químicas, devido à complexidade do efluente.

Para prever efeitos tóxicos conjuntos, é necessário que se tenha um conhecimento completo das substâncias presentes nos efluentes bem como das reações químicas de seus constituintes. Quando os compostos tóxicos reagem, a previsão de toxicidade conjunta torna-se ainda mais difícil.

Outro aspecto a se considerar é o de que a toxicidade de um metal pode depender do ânion a que ele está associado, seja por exemplo sulfato, nitrato, ou cloreto. Compostos pertencentes ao mesmo grupo podem mostrar atividades biológicas distintas.

Embora os métodos para avaliar toxicidade dos efluentes a partir dos resultados químicos obtidos, não tenha se aplicado aos efluentes testados no presente estudo, bioensaios preliminares com misturas de alguns destes despejos indicam que os efeitos parecem ser mais que aditivos.

Estas considerações demonstram a dificuldade que se encontra para associar toxicidade a níveis de determinados elementos químicos presentes em efluentes industriais e a dificuldade de, através de análises químicas, prever a toxicidade de um determinado efluente. Os resultados de pesquisas realizadas com misturas de agentes tóxicos são controversos o que exemplifica a complexidade do problema e a necessidade de mais estudos nesta área.

Considerando todos estes aspectos é que países como Canadá, Estados Unidos, França e outros países europeus avaliam a toxicidade de produtos e despejos líquidos industriais através de ensaios biológicos com organismos adequados e métodos padronizados.

No Canadá existe um critério de estabelecimento de regulamentos e normas para efluentes industriais tanto a nível federal como estadual, sendo que estes já foram estabelecidos para oito categorias industriais.

Na França a toxicidade de despejos líquidos tem recebido outra abordagem. Determinam-se nos efluentes os sólidos em suspensão, as substâncias oxidáveis através de DBO e DQO, os sais solúveis através da condutividade e os agentes tóxicos através de bioensaios. Com base nestes dados, adota-se um sistema de taxaço sobre as indústrias de tal forma que efluentes de elevada DBO serão taxados de maneira equitativa àqueles de baixa DBO e elevada toxicidade.

TABELA 1
RESULTADOS DOS TESTES DE TOXICIDADE DOS DESPEJOS LÍQUIDOS
INDUSTRIAS EM TERMOS DE CE₅₀ 24 H E PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS ANALISADOS*

INDÚSTRIA	pH	CONDUTIVIDADE (umho/cm)	CE ₅₀ 24 h (mL/L)	pH AJUSTADO	CE ₅₀ 24 h (mL/L)	DQO** (mg/L)	DQO** (mg/L)	SST** (mg/L)	VAZÃO MÉDIA (L/s)	VAZÃO DE DILUIÇÃO CE ₅₀ (L/s)
Elgin Máquinas	7,6	433,5	4,3 (3,3 a 5,5)	-	-	10	106	116	3	694
Cerâmicas e Velas de Ignição NGK	7,9	597	61 (46 a 81)	-	-	6	38	262	16	246
Brasil Viscose S.A.										
. Amostra Diurna	2,6	4665	66 (60 a 72,3)	7,8	150(136 a 166)	84	454	349	45	637
. Amostra Noturna	2,9	-	68 (53 a 87)	7,5	175(141 a 217)	27	295	96	66	904
. Amostra 24 h	2,7	4308	95 (78 a 116)	7,8	entre 100 e 350	53	342	198	56	533
Tinturaria e Estamparia de Tecidos Suzano	9,4	1780	90 (71 a 105)	7,8	403,5	36	149	17	6	61
Hoechst do Brasil										
. Amostra Diurna	7,2	6635	64 (47 a 88)	-	-	204	857	187	38	556
. Amostra Noturna	7,6	7135	107,5(94,5 a 122)	-	-	297	1085	60	60	498
. Amostra 24 h	7,3	7200	107,5(91 a 127)	-	-	261	977	109	49	406
Indústria de Papel Simão	4,2	420	148 (117 a 188)	7,8	335(288 a 390)	24	71	35	24	138
Indústria Têxtil										
Tsuzuki	7,5	510	160 (112 a 228)	-	-	57	154	67	0,6	3
Gottard Kaesemodel	12	3400	165 (135 a 201)	7,8	não tóxico	593	1700	208	4,2	21
Ind. Papel e Celulose Bandeirantes	4,5	-	175 (138 a 222)	7,8	436	93	300	194	17	80
Cia. Suzano de Papel										
. Amostra Diurna	10,7	10400	182 (157 a 212)	7,8	270 (230 a 317)	1208	4292	124	85	382
. Amostra Noturna	9,8	10100	210 (189 a 234)	7,8	335 (279 a 402)	1028	4259	149	85	320
. Amostra 24 h	10,2	10000	175 (150 a 205)	7,8	270 (236 a 309)	1118	4275	136	85	401
Fábrica de Papel Formosa	4,8	566	195 (154 a 245)	7,5	570 (528 a 616)	10	221	132	12	49
SPAL- Ind. de Refrescos										
. Amostra Diurna	12,8	3360	86 (101 a 72)	7,5	510	510	995	129	6,1	65
. Amostra Noturna	9,4	340	240 (170 a 338)	7,5	300 (252 a 357)	209	571	56	0,4	1,3
. Amostra 24 h	12,3	1715	140 (112 a 173)	7,5	600 (500 a 720)	489	965	121	3,3	20
Valmet do Brasil	10	4,8	325(286 a 370)	7,8	385 (321 a 462)	81	464	27	0,2	0,4
Ind. Bras. Art.Refrat.										
IBAR-Amostra Diurna	7,7	407	n. apres.toxicid	-	-	24	117	62	5,2	-
. Amostra Noturna	7,5	389	680 (516 a 794)	-	-	20	130	53	5,0	2,3
. Amostra 24 h	7,7	390	n. apres.toxicid	-	-	22	123	57	5,1	-
HOWA do Brasil	8,7	1350	600	7,8	790	11	164	23	0,1	0,07
Aços Anhanguera			**							
. Amostra Diurna	7,1	74,4	a) 900 mL/L	-	-	4	18	27	161	-
. Amostra Noturna	6,6	43,6	b) 900 mL/L	-	-	2	15	15	157	-
. Amostra 24 h	6,8	58,5	c) 800 e 900mL/L	-	-	3	16	21	159	-
Cia. Siderurg.Mogi das Cruzes - COSIM										
. Amostra Diurna	7,0	88,4	n. apres.toxicid	-	-	5	85	20	231	-
. Amostra Noturna	7,0	101,5	n. apres.toxicid	-	-	5	71	19	180	-
. Amostra 24 h	7,0	93,4	n. apres.toxicid	-	-	5	79	19	206	-
Gutermann S.A.	7,5	337	n.apres. toxicid	-	-	76	424	586	1,0	-
ONIBLA S.A. Ind. de Papel	6,7	242,0	n.apres.toxicid.	-	-	32	85	2	9,3	-
Indústria de Papel Rio Verde	5,7	745,0	n.apres.toxicid.	7,8	não apres.toxicid	16	54	4	8,6	-

* Estes valores são válidos para as amostras coletadas e especificadas no item 2.3.

a) 40% de mortalidade

b) 35% de mortalidade

c) 30 e 45% de mortalidade

** Concentração média ponderada.

TABELA 2
DETERMINAÇÃO ANALÍTICA DA CONCENTRAÇÃO DE POLUENTES POTENCIALMENTE
TÓXICOS NOS EFLUENTES ESTUDADOS E CONCENTRAÇÃO ESTIMADA DESTES POLUENTES
NA DILUIÇÃO DOS EFLUENTES QUE CAUSOU A IMOBILIDADE DE 50% DE D. SMILIS.
TOXICIDADE AGUDA DESTES AGENTES À DAPHNIA EXPRESSA EM CE₅₀ 24 H
E LIMITES MÁXIMOS PERMISSÍVEIS DESTAS SUBSTÂNCIAS EM EFLUENTES
INDUSTRIAIS ESTABELECIDOS PELO DECRETO 15.425

INDÚSTRIA	DETERMINAÇÃO ANALÍTICA CONCENTRAÇÃO DE POLUENTES POTENCIALMENTE TÓXICOS NO EFLUENTE (mg/L)	CONCENTRAÇÃO ESTIMADA DE POLUENTES POTENCIALMENTE TÓXICOS NA DILUIÇÃO DA CE ₅₀ - 24 h (mg/L)	TOXICIDADE AGUDA, CE ₅₀ 24 h (mg/L), DETERMINADA EM LABORATÓRIO	LIMITE PERMISSÍVEL PELO DECRETO 15425 - ARTIGO 19 A - Lei 997 de 23.7.80 - (mg/L)	OBSERVAÇÕES	
ELGIN MÁQUINAS	Cineto - 2,0	0,008	0,248	0,2	Os teores de CH ⁻ , Cu e Cr no efluente estão acima dos especificados pelo decreto 15425 na diluição equivalente a CE ₅₀ , o teor de Cu está acima da CE ₅₀ determinada em laboratório para este elemento, na forma de sulfato.	
	Cobre - 6,3	0,027	0,015	5,0		
	Cromo - 0,395	0,002	0,084	1,5		
	Hexavalente					
	Zinco - 2,00	0,088	0,56	5,0		
	Cromo - 7,70	0,03	NC	5,0		
CERÂMICAS E VELAS DE IGNIÇÃO MCK	Cineto - 4,86	0,30	0,248	0,2	Os teores de CH ⁻ e Zn estão acima dos fixados pelo decreto, e na diluição de efluente equivalente a CE ₅₀ os níveis destes elementos superam as concentrações que imobiliza 50% dos organismos em testes isolados.	
	Ferro - 3,36	0,20	1,0 ^a	NC		
	Cromo - 1,5	0,09	NC	5,0		
	Total					
	Estanho - 44,0	-	NC	4,0		
	Zinco - 11,2	0,68	0,56	5,0		
BRASIL VISCOSER S.A.	Chumbo - 0,3	0,09	NC	5,0	Nenhum destes parâmetros justifica a toxicidade do efluente. OD nível bom. Condutividade elevada. Sulfato está acima do limite estabelecido pelo Decreto.	
	Sulfato - 3,0	0,29	NC	1,0		
	Cromo - 0,018	0,0017	0,084	1,5		
	Hexavalente					
	Zinco - 3,35	0,31	0,56	5,0		
	Fenol - 0,021	0,002	62,0	5,0		
TINTURARIA E ESTAN FÁBRICA SUZANO S.A.	Cobre - 0,11	0,009	0,015	5,0	Estes parâmetros não justificam a toxicidade da amostra.	
	Surfactantes - 10,6	0,95	6,42	NC		
	Sulfato - 0,4	0,04	NC	1,0		
	Total					
WORMIST DO BRASIL	Cobre - 0,27	0,03	0,015	5,0	O nível de Cu na diluição do efluente que imobiliza 50% dos organismos está acima da CE ₅₀ determinada em laboratório; o de Hg está próximo deste valor. Condutividade é elevada.	
	Zinco - 0,08	0,01	0,56	5,0		
	Mercurio - 0,069	0,007	0,0105	5,0		
	Cádmio - <0,005	-	0,005 ^a	5,0		
	Fenol - 3,40	0,37	62,0	5,0		
	Total					
INDÚSTRIA DE PAPEL SINGO	Ferro - 0,35	0,05	1,0 ^a	NC	Estes parâmetros não justificam a toxicidade da amostra.	
	Fenol - 0,008	0,01	62,0	5,0		
	Sulfato - 0,3	0,04	NC	1,0		
	Total					
INDÚSTRIA TÊXTIL TSUCUKI	Cobre - 0,01	0,0016	0,015	5,0	Nenhum desses parâmetros justificam a toxicidade observada	
	Surfactantes - 0,55	0,09	6,42	NC		
INDÚSTRIA DE PAPEL E CELULOSE BAMBUEIRANYES	Ferro total - 0,94	0,16	1,0 ^a	NC	Nenhum desses parâmetros justificam a toxicidade observada	
	Fenol - 0,014	0,002	62,0	5,0		
	Mercurio - 0,0002	2,0 x 10 ⁻⁷	0,0105	5,0		
	Sulfato - 0,5	0,09	NC	1,0		
COMPANHIA SUZANO DE PAPEL	Sulfato - 40,4	-	NC	1,0	Nenhum dos parâmetros medidos justificam a toxicidade observada Condutividade elevada	
	Mercurio - 0,0006	0,0001	0,0105	5,0		
	Fenol - 0,043	-	62,0	5,0		
FÁBRICA DE PAPEL FOMOSA	Mercurio - 40,0002	-	0,0105	5,0	Nenhum dos parâmetros medidos justificam a toxicidade observada	
	Fenol - 0,046	0,015	62,0	5,0		
VALMET DO BRASIL	Cádmio - 0,038	0,01	0,248	0,2	O nível de cobre na diluição efetiva do efluente está um pouco acima da CE ₅₀ determinada em laboratório.	
	Chumbo - 40,10	-	NC	5,0		
	Zinco - 0,28	0,08	0,56	5,0		
	Estanho - 44,00	-	NC	4,0		
	Cobre - 0,05	0,016	0,015	5,0		
	Fenol - 0,16	0,05	62,0	5,0		
INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ARTIGOS REFRATÁRIOS	Cromo Hexavalente - 0,018	-	0,084	1,5	As amostras diurna e de 24 h não apresentaram toxicidade. A amostra foi tóxica mas sofreu interferência dos baixos teores de OD nas diluições estudadas.	
	Cineto - 0,3	0,24	0,248	0,2		
BOMA DO BRASIL	Cromo Total - 0,3	0,24	NC	5,0	Cobre e cineto apresentaram valores elevados, na diluição CE ₅₀ do efluente. Estes são os próximos da CE ₅₀ determinada em laboratório.	
	Cobre - 0,06	0,02	0,015	5,0		
	Estanho - 44,0	-	NC	4,0		
	Total					
AÇOS AMBACOURA	Ferro Total - 5,3	4,77	1,0 ^a	NC	O nível de Cu na diluição do efluente que imobiliza 50% dos organismos está um pouco acima da CE ₅₀ determinada em laboratório. As amostras noturna e de 24 h mostraram sinais de toxicidade. Cu e Zn apresentaram Sinergismo	
	Níquel - 0,02	0,018	NC	5,0		
	Cobre - 0,02	0,018	0,015	5,0		
	Estanho - 40,8	-	NC	4,0		
	Cromo Hexavalente - 0,018	0,016	0,084	1,5		
	Fenóis - 0,025	0,022	62,0	5,0		
OVELA S.A. INDÚSTRIA DE PAPEL	Zinco - 0,04	0,036	0,56	5,0	Não apresentaram toxicidade aguda. Nenhum parâmetro analisado justificaria toxicidade	
	Mercurio - 0,0002	-	0,0105	5,0		
GUTTENBERG S.A.	Cineto - 0,007	-	0,248	0,2	Embora não tenha apresentado toxicidade, o nível de Cu foi elevado, acima da CE ₅₀ . O teor de SSV no efluente foi de 490 mg/L podendo ter complementado o Cu e Zn tornando biologicamente inativo	
	Ferro - 3,87	3,48	1,0 ^a	NC		
	Estanho - 40,80	-	NC	4,0		
	Cobre - 0,05	0,045	0,015	5,0		
	Surfactantes - 3,2	2,88	6,42	NC		

TABELA 2 – (continuação)

CIA. SIDERÚRGICA MGI DAS CRUZES	Níquel	- 0,018	0,016	NC	5,0	Embora não tenha apresentado toxicidade os níveis de Cobre e Zinco estão acima da CE ₅₀ determinada em laboratório. O nível de BSV foi baixo.
	Cobre	- 0,03	0,027	0,015	5,0	
	Estanho	- 0,0	-	NC	4,0	
	Arseniço	- 0,012	0,010	2,8 ^a	5,0	
	Ferro Total	- 27,5	24,75	1,0 ^a	NC	
	Cromo Hexavalente	- 0,016	-	0,004	1,5	
	Zinco	- 6,7	6,3	0,56	5,0	
	Chumbo Total	- 0,05	0,045	NC	5,0	
	Formal	- 0,058	0,052	62,0	5,0	

N.C. – Dados de literatura controvertidos

- Obs.: 1. Os dados da tabela são válidos para a data e os períodos de coleta especificados na mesma.
2. Os efluentes das indústrias Papel Rio Verde, Gottard Kaesemodel e Spal – Ind. de Refrescos S.A. não foram analisados quimicamente para a determinação de poluentes tóxicos.

Assim, nestes países, a avaliação de despejos líquidos através de ensaios biológicos já se tornou prática rotineira. Esta metodologia pode se aplicar também aos efluentes industriais que terão ERQ' como destino final na Região Metropolitana de São Paulo.

No que tange à correlação entre inibição da atividade dos microorganismos no processo de lodos ativados ou digestão anaeróbia do lodo de esgoto e toxicidade à *Daphnia*, pouco ou nada se sabe. Dados de literatura indicam que este microcrustáceo é mais sensível a fenol, cobre e cromo hexavalente do que certos protozoários e que por outro lado estes últimos organismos são mais sensíveis a zinco, ácido nítrico e ácido clorídrico. Protozoários parecem ser de maneira geral mais sensíveis à substâncias tóxicas do que bactérias.

No presente trabalho, ao se hierarquizar os despejos líquidos industriais de acordo com sua toxicidade a *Daphnia* cf. *similis* surgiram indicações de que se tenha parcialmente hierarquizado aqueles que poderão ser mais tóxicos para os microorganismos importantes ao tratamento biológico de esgotos. Uma primeira evidência é a de que os efluentes que apresentaram níveis mais elevados de poluentes conhecido tóxicos a tratamentos biológicos foram também os mais tóxicos a *Daphnia* cf. *similis*. Estes efluentes, notadamente os da Elgin Máquinas e Cerâmica e Velas de Ignição NGK apresentaram teores de alguns poluentes (Tabela 3) próximos ou acima daqueles detectados no esgoto bruto utilizado em experimentos de tratabilidade de esgotos e lodos de áreas altamente industrializadas (Relatório CETESB, julho/1980) os quais são apresentados na Tabela 3.

Os níveis destes e de outros poluentes no esgoto testado não afetaram o funcionamento do processo de lodos

ativados. Porém o excesso de lodo secundário resultante deste processo precisa ser misturado a lodo de origem doméstica em uma proporção mínima de 40% (em sólidos voláteis) deste último, a fim de que o processo de digestão anaeróbia não seja prejudicado.

7. CONCLUSÕES

Os resultados apresentados neste trabalho demonstram que os efluentes industriais podem ser avaliados periodicamente através de ensaios biológicos, em apenas 24 ou 48 horas, com o intuito de se verificar alterações de sua toxicidade como um todo.

Este acompanhamento poderia ser utilizado:

- a) Para adotar um sistema de cobrança de taxas ou impostos utilizando toxicidade como um dos parâmetros para avaliação da carga poluidora.

A taxa de indústrias que lançam materiais tóxicos em Estações Recuperadoras de Qualidade das Águas do SANEGRAN justifica-se pelos problemas operacionais apresentados anteriormente e pelo fato de que estas estações devem tratar os despejos líquidos industriais de tal forma que seus efluentes finais (os das estações) sejam compa-

tíveis com o estabelecimento pelos limites máximos permissíveis por lei. Naturalmente, os critérios a serem definidos por esta taxa de fogem ao escopo do presente trabalho, podendo ser objeto de estudo posterior.

- b) Quando se caracterizasse a probabilidade da ocorrência de mal funcionamento da estação, seja por atividade deficiente de lodos ativados seja por impossibilidade de se processar uma digestão adequada do lodo de esgoto, devido à presença de materiais tóxicos.

Através do "monitoramento" poder-se-á determinar os níveis de toxicidade dos efluentes e identificar as indústrias mais críticas que estariam provavelmente relacionadas com a ocorrência (baseando-se em níveis de toxicidade já conhecidos) e adotar medidas para confirmar as suspeitas, como análises químicas.

Com base nestes dados, seriam propostas medidas corretivas tais como suspensão dos lançamentos na ERQ, pré-tratamento ou diluição prévia do mesmo.

As evidências coletadas de literatura e da experiência adquirida pela CETESB são promissoras e sugerem

TABELA 3
NÍVEIS DE POLUENTES POTENCIALMENTE TÓXICOS NO ESGOTO BRUTO (REL. CETESB, JULHO/80) E NOS EFLUENTES DAS INDÚSTRIAS ELGIN MÁQUINAS E VELAS DE IGNIÇÃO NGK, DETECTADOS NESTE TRABALHO

	Metais (mg/l)				
	Cu	Cr	Ni	Cn ⁻	Zn
Esgoto bruto (Tabela 5 Rel. CETESB, julho/80)	1,85	5,04	1,88	4,55	8,88
Elgin Máquinas	6,3	7,7	4,1	2,0	2,0
NGK	-	1,5	-	4,86	11,2

que se deva dar continuidade ao presente trabalho através de estudos de tratabilidade, correlacionadas com os de toxicidade à *Daphnia*. É de grande interesse que estes se realizem com os efluentes que terão como destino final a ERQ-Suzano pois são relativamente poucos e bem estudados.

8. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

1. American Public Health Organization 1975 Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. 14^ª ed. 626 pp N.Y. APHA, AWWA, WPCF.
2. BIESINGER, K. E. and G.M. CHRISTENSEN, 1970 J. Fish, Res. Board. Can. 29: 1691: 1700.
3. BUIKEMA, A.L. Jr. et al 1976 J.T. Eva. 4 (2): 113.
4. CABRIDENC, R. 1979 Seminaire CETESB-IRCHA. Septembre.
5. CETESB 1980 – Estudos da Tratabilidade de Esgotos e Lodos de Áreas Altamente Industrializadas. Relatório Final, julho. DTD-Superintendência de Pesquisa.
6. CORNWELL, D.A. et al 1980 Water and Wastes Eng. 17 (2): 37.
7. COOPERWASSER, V.I. 1980 Water and Wastes Eng. 17 (1): 30.
8. FAO, U.N. 1980 EIFAC Technical Paper n^o 37.
9. GRUBER, D. et al 1981 JWPC 53 (4): 505.
10. HECKROTH, G.H. 1978 Water and Wastes Eng. 15 (12): 22.
11. International Organization for Standardization 1977 ISTO/TC/SC5/WG2/ BU-DAPEST 2.
12. LANG, M. 1980 Water and Wastes Eng. 17 (1): 34.
13. LeBLANC, G.A. 1980 Bull. Environ. Contam. Toxicol. 24: 684.
14. MARKING, R.L. 1977 ASTM STP 634 p. 99.
15. McLEAY, D.J. et al 1979 Water Res. 13: 249.
16. MILLER, G.R. 1980 Water and Wastes Eng. 17 (2): 16.
17. RUTHVEN, J.R. et al 1973 J. Protozool. 20 (1): 127.
18. São Paulo, Leis, Decretos, etc. 1980 Decreto 15.425 de 23 de julho de 1980.
19. SMITH, L.L. J. et al 1979 EPA-600/3-79-009.
20. SPRAGUE, J.B. 1970 Water Res. 4 (1): 3.
21. TOESS, G.W. et al 1980 Water and Wastes Eng. 17 (2): 21.
22. WALSH, G.E. 1980 Environ. Pollut. Serv. A. 21: 169.