

## A IRRADIAÇÃO COMO ALTERNATIVA DE TRATAMENTO PARA RESÍDUOS DE LABORATÓRIO

Sueli Ivone Borrely, Maria Fernanda Romanelli, Giovana Pasqualini da Silva e Daniela Marques Castro

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN / CNEN - SP)  
Av. Professor Lineu Prestes 2242  
05508-000 São Paulo, SP  
[sborrely@ipen.br](mailto:sborrely@ipen.br)

### RESUMO

A irradiação de efluentes com feixe de elétrons ou fonte gama de cobalto 60 tem sido estudada como uma possibilidade para tratar os mais diversos tipos de contaminantes. Este trabalho apresenta, brevemente, os resultados de experimentos que visavam estudar a degradação de diferentes compostos que podem estar contidos nos efluentes, bem como nos resíduos gerados em laboratórios, pela aplicação do feixe de elétrons. Foram determinadas as doses de radiação a serem aplicadas para essa finalidade e apresentados os resultados da eficiência do feixe de elétrons quando aplicado para a melhoria da qualidade de efluentes gerados em laboratórios. A avaliação da eficiência do processo de irradiação para esses resíduos foi baseada na redução da toxicidade. O emprego de novas tecnologias voltadas aos resíduos de laboratório hoje é imprescindível para o processo de gestão ambiental das empresas, universidades e institutos de pesquisa.

### 1. INTRODUÇÃO

A irradiação tem sido proposta como alternativa para a degradação e detoxificação de diferentes combinações de fenóis, clorofenóis, nitrofenóis entre muitos outros compostos orgânicos que compõem a matriz de efluentes e acabam atingindo os recursos hídricos. A degradação de nitrofenóis e a redução da toxicidade dos mesmos foram estudadas por Weihuya et al [1], na China. Esses autores avaliaram a toxicidade da solução pela taxa de consumo de oxigênio em amostras tratadas com várias doses de radiação.

No Laboratório de Ensaios Biológicos Ambientais do Centro de Tecnologia das Radiações, a radiação ionizante foi aplicada em resíduos de atividades de pesquisa. Nesse laboratório são utilizadas como substância referência soluções de dicromato de potássio, de fenol, além de surfactantes aniônicos. O dicromato de potássio é a substância referência para ensaios de toxicidade avaliada com o microcrustáceo *D.similis*, enquanto o fenol é utilizado como substância referência para o teste com a bactéria marinha *V. fischeri*. Desse modo, o laboratório produz esses resíduos e busca um tratamento que permita seu lançamento com maior segurança, Borrely, 2001 [2].

O dicromato de potássio é uma substância cancerígena, bastante reativa e oxidante, podendo ser lixiviada para o lençol freático, quando em contato com o solo. ([www.jtbaker.com](http://www.jtbaker.com)) [8]. O fenol é utilizado como desinfetante, na fabricação de corantes e de resinas e como matéria-prima na fabricação de ácido salicílico, de ácido pícrico e de outros compostos [3]. A mistura dessas substâncias tóxicas resultou no resíduo de laboratório de caráter tão tóxico quanto o dicromato de potássio.

Os surfactantes estão diretamente relacionados à produção e uso de detergentes em geral. A produção mundial de detergentes supera 8 milhões de toneladas e, conseqüentemente, a presença desse resíduo nas águas naturais e efluentes tem que ser considerada, Romanelli, 2004 [4]. A toxicidade aguda desses resíduos foi avaliada e comparada após o tratamento, empregando dois sistemas biológicos, bactérias luminescentes e microcrustáceos.

## 2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Soluções de fenol, dicromato de potássio e surfactante aniônico (dodecilsulfato de sódio e dodecil p-benzenosulfonato de sódio, DSS e LAS, respectivamente), em água destilada, foram irradiadas isoladamente, enquanto um efluente classificado como resíduo de laboratório foi tratado na forma de mistura de dicromato de potássio e fenol, também diluídos em água. A confirmação da eficiência do processo foi realizada com as soluções estoque dos resíduos que se acumularam com as pesquisas realizadas nos três últimos anos no Laboratório de Ensaio Biológicos Ambientais.

**Irradiações:** as amostras de surfactante, fenol e do resíduo de laboratório foram irradiadas acondicionadas em vidro pirex, com volume controlado para limitar a espessura da amostra em 4mm, protegidas com filme de PVC transparente do tipo Rolopac. Para a irradiação, a energia dos elétrons foi fixada em 1,4 MeV, sendo variável a corrente elétrica aplicada, selecionada de acordo com a dose de radiação necessária de acordo com de amostra.

As doses de radiação aplicadas foram: 20 kGy, 50 kGy e 100 kGy, para o resíduo de laboratório com dicromato de potássio e 3,0 kGy, 6,0 kGy, 9,0 kGy e 12 kGy para as soluções de fenol e de surfactantes aniônicos.

Todas as soluções padrão e o resíduo de laboratório partiram de concentração de 100ppm de fenol, dicromato de potássio e surfactantes DSS e LAS.

A degradação dos surfactantes aniônicos foi estudada pela radiação ionizante e posterior correlação com os níveis de toxicidade, as concentrações foram determinadas pelo Método do Azul de Metileno, também conhecido como MBAS, conforme APHA, 1998[7]. Os surfactantes aniônicos reagem com o azul de metileno, originando uma solução azul. Esse complexo é extraído da amostra utilizando o clorofórmio como solvente. A intensidade da cor do extrato do clorofórmio é proporcional à concentração de surfactantes aniônicos. A medida de cor é feita em espectrofotômetro, em um comprimento de onda de 652nm (UV-Vis, modelo 1601, Shimadzu Co.).

**Eficiência do tratamento:** Foram empregados ensaios de toxicidade aguda com os organismos *Daphnia similis* e *Vibrio fischeri*, microcrustáceo e bactéria luminescente, respectivamente, segundo NBR 12713 e CETESB L5.227 [5, 6]. Uma série de diluição da amostra foi testada e o resultado foi expresso em CE-50 (concentração da amostra que induz o efeito em 50% dos organismos expostos), convertidas em unidades de toxicidade, UTs, (UT = 100/CE-50).

A avaliação da eficiência do tratamento das soluções pela irradiação foi feita pela comparação dos valores de unidades tóxicas das amostras antes e após a irradiação e dos valores de redução da toxicidade aguda em percentagem.

Os surfactantes são compostos orgânicos sintéticos que possuem a capacidade de reduzir a tensão superficial da água, facilitando seu contato com objetos a serem limpos, sendo por este motivo utilizados como princípio ativo dos detergentes. Podem ser classificados como surfactantes aniônicos, iônicos e não-iônicos, sendo a classe aniônica a mais utilizada atualmente. Os problemas ambientais causados pelo uso indiscriminado de surfactantes são:

- formação de espumas nas águas, que concentram impurezas e microrganismos;
- diminuição das trocas gasosas entre a atmosfera e a superfície da água;
- aumento do fosfato no meio aquático, favorecendo algas em excesso;
- elevada toxicidade a organismos aquáticos.

A presença de surfactantes dificulta o processo biológico de tratamento devido a sua toxicidade, comprometendo a eficiência de estações de tratamento (ETE) que utilizam o sistema biológico de degradação, tornando necessária a utilização de novas tecnologias para um pré-tratamento.

### 3. RESULTADOS

A porcentagem de redução da concentração dos surfactantes obtida variou entre 86,09 % e 98,11%, para os dois surfactantes estudados. A porcentagem de redução da toxicidade para o DSS foi de 81,87 a 90,89% e de 31,11 – 80,30% para o LAS.

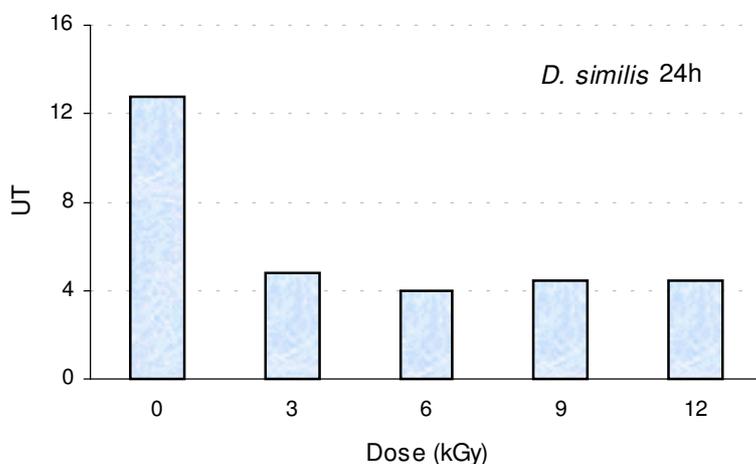


Figura 1- Redução de unidades tóxicas do surfactante LAS irradiado (ensaio com *D. similis*).

A eficiência do processo na irradiação do DSS está apresentada na Figura 2, avaliada para os dois sistemas biológicos. É importante perceber que tanto a eficiência determinada pela exposição dos microcrustáceos (dafnia) quanto para a bactéria (*V. fischeri*) ocorreu uma significativa melhora do efluente para as doses de 3kGy e 6 kGy, que começa a diminuir com doses de radiação mais elevadas.

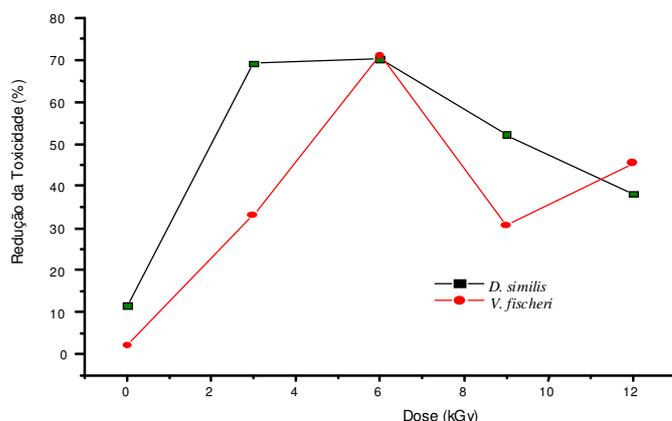


Figura 2 – Redução da toxicidade do surfactante DSS frente à radiação

Os dados de toxicidade para os resíduos de laboratório são resumidos na Tabela 1. A toxicidade da amostra não tratada apresentou um valor médio de CE(I)-50 de 0,1425% com desvio padrão de 0,043. Após o tratamento com radiação, a amostra que recebeu 50kGy teve o valor de CE(I)-50 elevado para 4,03. Considerando que esse parâmetro é um número inversamente proporcional, a elevação da CE-50 indica melhoria desse efluente com o tratamento. Ao transformar em unidade de toxicidade, 714,28 para 24,81, o tratamento representou uma eficiência de 96,52%.

Supondo uma produção de 1000 litros/mês de um efluente com essas características de carga tóxica o tratamento implicaria numa redução de carga tóxica de 714.000Uts para 24.800Uts.

Tabela 1 – Toxicidade aguda do resíduo dicromato de potássio tratado com 50kGy para *D. similis* exposição por 24 horas.

Ensaio	CE50 - 24h - I-50	IC
1	3,86	3,5 - 4,25
2	4,2	3,48 - 5,08
Amostra não irradiada		
		0,1425 ± 0,043

#### 4. CONCLUSÕES

O estudo realizado mostrou que a eficiência da irradiação com feixe de elétrons para a degradação e redução da toxicidade de diferentes grupos de contaminantes das águas. Todavia, o resíduo de laboratório que continha o dicromato de potássio exigiu dose de radiação muito superior, 50kGy, enquanto que para os surfactantes tratados a dose foi de 6,0kGy. A irradiação pode ser aplicada como técnica de pré-tratamento e ao reduzir a toxicidade o resíduo pode ser tratado por processo biológico ou ser descartado respeitando os limites previstos pela legislação federal, Resolução CONAMA 357.

#### REFERÊNCIAS

1. WEIHUA, S.; ZHENG, Z.; RAMI, A-S.; TAO, Z. DESHENG, H. **Degradation and detoxification of aqueous nitrophenol solutions by electron beam irradiation.** *Rad. Phys. and Chem.*, 65, p. 559-563, 2002.
2. BORRELY, S. I. **Redução da toxicidade aguda de efluentes industriais e domésticos tratados por irradiação com feixe de elétrons, avaliada com as espécies *V. fischeri*, *D. similis* e *P. reticulata*.** Tese (Doutorado) - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, 2001.
3. MARQUES-CASTRO, D. Relatório Técnico para CNPq. 2002.
4. ROMANELLI, M.F. **Avaliação da toxicidade aguda e crônica dos surfactantes DSS e LAS submetidos à irradiação com feixe de elétrons.** Dissertação (Mestrado) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares. 2004
5. ABNT. Água – **Ensaio de toxicidade aguda com *Daphnia similis* Claus, 1876 (Cladocera, Crustacea).** NBR 12713, 1993.
6. CETESB L5.227. São Paulo. **Bioensaio de toxicidade aguda com *Photobacterium phosphoreum*, Sistema Microtox.** 1987. (Método de Ensaio).
7. American Public Health Association. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.** 17ed. APHA, AWWA, WEF, New York, 1989.
8. [www.jtbaker.com](http://www.jtbaker.com)