



## ***Lactuca sativa* BIOINDICADORA NA EFICIÊNCIA DO PROCESSO FENTON EM AMOSTRAS CONTENDO BENZENO**

### **RESUMO**

Os resíduos químicos são produzidos desde o início do desenvolvimento tecnológico. Muitos deles são tóxicos, destacando-se o benzeno. Dessa forma, torna-se fundamental tratar os resíduos de benzeno produzidos pelos Laboratórios de Ensino das Universidades. Para o tratamento das amostras, utilizou-se o Processo Oxidativo Avançado Fenton. A eficiência da redução da toxicidade foi feita através de ensaios de toxicidade perante a *Lactuca sativa*. Os ensaios revelaram que algumas amostras tornaram-se mais tóxicas do que antes do tratamento. Concluiu-se que, para a degradação dos compostos aromáticos é preciso usar outros métodos juntos ao Fenton aumentando a eficiência do processo.

**Palavras-chave:** Benzeno. Fenton. Toxicidade.

### **1. INTRODUÇÃO**

Desde o início das pesquisas científicas realizadas pela humanidade foram produzidos resíduos, destacando-se os de elevada toxicidade. Mediante este fato vê-se então, a necessidade de procedimentos adequados para o tratamento destes resíduos. Entre várias alternativas existentes para tratamento de resíduos existe um comumente utilizado, o Processo Oxidativo Avançado - POA, sendo o mesmo escolhido neste trabalho para o tratamento dos resíduos de benzeno e derivados produzidos nos Laboratórios de Ensino da Universidade.

Os POA baseiam-se no uso de oxidantes químicos fortes como cloro ( $\text{Cl}_2$ ), ozônio ( $\text{O}_3$ ), permanganato de potássio ( $\text{KMnO}_4$ ), mistura de ozônio/peróxido de hidrogênio ( $\text{O}_3/\text{H}_2\text{O}_2$ ), o  $\text{FeO}_4^{2-}$  e outros reagentes (HOEHNE; KIST; MACHADO, 2005), podendo estar associados a radiação ultravioleta (UV) ou ondas de ultra-som. Os POA oferecem grandes vantagens em relação a processos convencionais, pois, a eficiência no processo de oxidação é grande principalmente na degradação de compostos orgânicos complexos, transformando-os em moléculas mais simples que são mais facilmente biodegradáveis. (HOEHNE; KIST; MACHADO, 2005).

O POA adotado nesta pesquisa trata-se do processo Fenton, que é um processo onde o peróxido de hidrogênio ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) juntamente com o sulfato de ferro II ( $\text{FeSO}_4$ ) realiza degradação dos compostos tóxicos gerando radicais hidroxilas ( $\text{HO}^\bullet$ ). A reação do  $\text{H}_2\text{O}_2$  com o ferro III é referida como uma reação tipo Fenton (Equações 01 e 02).



Os radicais hidroxila formados podem então oxidar compostos orgânicos (RH) pela abstração de prótons produzindo radicais orgânicos ( $\text{R}^\bullet$ ), os quais são altamente reativos e podem também ser oxidados.

Como bioindicadores de contaminação e da eficiência de tratamento de resíduos existem vários organismos vivos que possam ser utilizados, sendo que foi utilizado na pesquisa a *Lactuca sativa*, popularmente conhecida como alface. A germinação e o desenvolvimento das raízes da alface são sensíveis a compostos tóxicos e o método empregado na pesquisa analisa justamente esta sensibilidade, considerando a germinação e o desenvolvimento desta planta comparado com a germinação e desenvolvimento da mesma planta sem o efeito dos agentes tóxicos. (MONTEIRO, 2007). Este tipo de ensaio é empregado na avaliação da toxicidade em águas superficiais, águas potáveis, lixiviados de solo, sedimentos e outras amostras. (MONTEIRO, 2007).

A relevância desta pesquisa está no acúmulo de resíduos estocados de aulas práticas e por não ocorrer um tratamento adequado que possa ser dado na própria Universidade (HOEHNE; KIST;

MACHADO, 2005), reduzindo gastos e riscos de contaminação ambiental, bem como, a maioria dos resíduos são oriundos de aulas práticas que continuarão a serem desenvolvidas. Justifica-se, também, que se estes resíduos de benzeno e ou derivados fossem descartados de maneira incorreta ao meio ambiente poderiam acabar sendo ingeridos por humanos e animais por meio de alimentos ou água, os quais podem oferecer uma quantidade diária média estimada de  $250 \mu\text{g L}^{-1}$ . Sendo que, de acordo com o Ministério da Saúde Portaria 518 (2004), a água potável deve ter um valor máximo de  $5 \mu\text{g L}^{-1}$  de benzeno.

## 2. METODOLOGIA

Na primeira etapa da pesquisa foi necessário realizar um levantamento, identificação e separação dos resíduos orgânicos produzidos nos Laboratórios de Ensino da Universidade, sendo a maioria compostos derivados do benzeno. Após a caracterização das amostras foi aplicado o processo Fenton (conforme metodologia apresentada por TAVARES et al., 2006; e por TIBURTIUS et al., 2005).

A eficiência do método Fenton foi testada através dos parâmetros de alteração de toxicidade aguda com o organismo vivo *L. sativa*, onde a metodologia empregada seguiu os seguintes passos:

- diluições das amostras com água mineral na proporção de 100, 10, 1, 0,1 e 0,01% (v/v);
- em placas de Petri foi colocado papel Germitest (duas circunferências que cobriam o fundo uma em cima da outra), sendo uma placa para cada diluição;
- adicionou-se 4 mL da amostra diluída, observando-se a não formação de bolhas no papel;
- após espalhou-se 20 sementes pela placa;
- vedou-se as placas com filme PVC e com papel escuro do lado externo;
- então, colocou-se para incubar por 120h há temperatura de  $22 \text{ }^\circ\text{C}$ ;
- após o período de incubação, analisou-se o comprimento das raízes de cada plântula através do auxílio de um paquímetro.

## 3. RESULTADOS DO TRABALHO

Através do levantamento realizado com o apoio do registro dos resíduos produzidos nos laboratórios constatou-se que os resíduos produzidos em um ano foram: benzeno e derivados, peróxido de hidrogênio, formol, anidrido acético e tolueno, observou-se que o resíduo mais tóxico para a fauna e a flora seria o benzeno e seus derivados, como também foi o terceiro resíduo mais produzido.

Após a determinação do resíduo a ser tratado aplicou-se o processo Fenton. Observou-se a remoção de odor e de cor das amostras devido a ação coagulante e oxidante dos reagentes. Este fato foi evidenciado através da coloração nas amostras 03, 04 e 05 e nas demais amostras através da formação de precipitado no fundo do reator.

Quanto a determinação da toxicidade o parâmetro utilizado foi a aplicação no organismo *L. sativa*, sendo que os resultados obtidos estão expressos na Tabela 01 em ANEXO.

Todas as amostras 100% (v/v) (exceto amostra 04 antes da aplicação do Fenton) apresentaram 100% de sementes de alface sem germinação, tanto antes como depois do processo Fenton, indicando que estes resíduos são tóxicos para esta planta.

As diluições de 10% (v/v) para as amostras 02, 03, 06 e 07 em todas as adições de  $\text{H}_2\text{O}_2$  foram tóxicas impossibilitando a germinação das sementes. Indicando que houve um aumento da toxicidade dos compostos após a tentativa de tratamento. As amostras 06 e 07 também apresentaram toxicidade nas diluições 1% para as adições de  $\text{H}_2\text{O}_2$  (para a amostra 07 somente para a adição de  $200 \mu\text{L}$ ).

Comparando a amostra 01 antes e depois da aplicação do processo Fenton observa-se que o comprimento das raízes foi menor e o número de sementes germinadas foi maior após o tratamento, indicando que o resíduo causa inibição no desenvolvimento da planta. A adição de  $50 \mu\text{L}$  foi a que

apresentou os resultados mais positivos com a germinação e a adição de 200 µL foi a que apresentou a maior interferência no desenvolvimento das raízes.

A amostra 02 apresentou menor porcentagem de germinação e comprimento das raízes após o tratamento, principalmente na adição de 200 µL de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Para amostra 03 os resultados quanto a germinação indicam que houve uma redução na adição de 50 µL, mas nas outras ocorreu um aumento indicando que concentrações maiores de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> não influenciam. O tamanho das raízes aumentou na adição de 50 µL e reduziu nas outras adições.

Comparando a amostra 04 antes e depois do tratamento apresentou-se germinação na composição de 100% após tratamento sendo inibido. A adição de 200 µL mostrou um estímulo a germinação das sementes, logo depois inibindo o desenvolvimento das raízes, assim como as demais adições.

A amostra 05 revelou redução na germinação das sementes, principalmente a adição de 50 µL. O comprimento das raízes diminuiu em todas as adições demonstrando que o tratamento acabou deixando os resíduos mais tóxicos. Para a amostra 06 os resultados mostram que após a tentativa de tratamento os compostos foram mais tóxicos, incluindo na diluição de 1%. E na amostra 07 ocorreu uma redução na quantidade de sementes germinadas e no comprimento das raízes, principalmente na adição de 200 µL que também inibiu a germinação na diluição de 1% que para as outras não houve interferência.

#### 4. CONCLUSÃO

Os resultados perante os ensaios de toxicidade aguda indicaram que para a amostra 03 observa-se que a faixa de adição de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 30% (v/v) de 100 a 200 µL foi a ideal devido a geração de compostos menos tóxicos. Já amostra 04 apresentou resultados positivos, na faixa de adição entre 50 e 100 µL. Os resultados para as amostras 02, 05, 06 e 07 apresentaram redução dos níveis de toxicidade após a aplicação do processo Fenton. As demais amostras não apresentaram modificações expressivas.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

HOEHNE, L.; KIST, L. T.; MACHADO, Ê. L. Utilização do método fenton para tratamento de efluente pouco biodegradável contendo agentes patogênicos. **Revista Tecno-Lógica**, Santa Cruz do Sul, v. 9, n. 2, p. 19-29, jul./dez. 2005.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Portaria 518/2004**. Disponível em: <<http://dtr2001.saude.gov.br/sas/PORTARIAS/Port2004/GM/GM-518.htm>>. Acesso em: 15 dez. 2009.

MONTEIRO, R. T. R. **Apostila de química ambiental**. São Paulo: USP, 2007.

TAVARES, G. A. et al. Alternativas para o tratamento de resíduos líquidos contendo fenol e avaliação da toxicidade dos efluentes empregando bulbos de cebola. **Revista Analytica**, São Paulo, n. 22, p. 66 – 73, abr./mai. 2006.

TIBURTIUS, E. R. L. et al. Degradação de BTXs via processos oxidativos avançados. **Revista Química Nova**, São Paulo, v. 28, n. 1, p. 61-64, jan./fev. 2005.

**ANEXO A - TABELA 01 – VARIAÇÃO DAS GERMINAÇÕES E COMPRIMENTOS DAS RAÍZES DA ALFACE**

Amostras e Diluições			1	1	1	1	1 50 uL	1 50 uL	1 50 uL	1 50 uL	1 100 uL	1 100 uL	1 100 uL	1 100 uL	1 200 uL	1 200 uL	1 200 uL	1 200 uL		
	Controle Positivo (Benzeno)	Controle negativo (Água Mineral)	10%	1%	0,10%	0,01%	10%	1%	0,10%	0,01%	10%	1%	0,10%	0,01%	10%	1%	0,10%	0,01%		
Comprimento total (cm)	0	64,5																		
Nº germinadas	0	20	3,9	46	76,4	71,9	9,6	31,1	33,9	37	12	22,9	36,2	29,4	8,9	24,4	31,6	36,8		
Comprimento médio (cm)	0	3,225	0,65	2,56	3,82	3,78	0,8	1,55	1,99	2,06	1,09	1,64	2,01	1,73	0,81	1,88	1,76	1,94		
Amostras e Diluições	2	2	2	2	2 50 uL	2 50 uL	2 50 uL	2 100 uL	2 100 uL	2 100 uL	2 200 uL	2 200 uL	2 200 uL	3	3	3	3 50 uL	3 50 uL	3 50 uL	
	10%	1%	0,10%	0,01%	1%	0,10%	0,01%	1%	0,10%	0,01%	1%	0,10%	0,01%	1%	0,10%	0,01%	1%	0,10%	0,01%	
Comprimento total (cm)	10,3	15,7	34,1	40,8	20,1	31,7	22,7	13,2	24,6	28,3	7,7	27,9	30	12,1	27,4	56,6	21	24	35,2	
Nº germinadas	17	20	19	19	18	19	19	18	18	19	14	18	19	19	19	19	17	14	18	
Comprimento médio (cm)	0,61	0,79	1,79	2,15	1,12	1,67	1,19	0,73	1,37	1,49	0,55	1,55	1,58	0,64	1,44	2,98	1,24	1,71	1,96	
Amostras e Diluições	3 100 uL	3 100 uL	3 100 uL	3 200 uL	3 200 uL	3 200 uL	4	4	4	4	4	4	4 50 uL	4 50 uL	4 50 uL	4 50 uL	4 100 uL	4 100 uL	4 100 uL	4 100 uL
	1%	0,10%	0,01%	1%	0,10%	0,01%	100%	10%	1%	0,10%	0,01%	10%	1%	0,10%	0,01%	10%	1%	0,10%	0,01%	
Comprimento total (cm)	16,2	28	32,52	34	21,4	37,7	5,9	27,2	36,4	49,5	51,6	13,9	28,9	40,5	37	23,2	30,7	23,3	35,3	
Nº germinadas	16	20	20	20	16	19	13	19	19	19	17	13	15	19	20	18	19	19	20	
Comprimento médio (cm)	1,01	1,4	1,63	1,7	1,34	1,98	0,45	1,43	1,92	2,61	3,04	1,07	1,93	2,13	1,85	1,29	1,62	1,23	1,77	

Amostras e Diluições	Controle Positivo (Benzeno)	Controle negativo (Água Mineral)	4 200	4 200	4 200	4 200	5	5	5	5	5 50	5 50	5 50	5 50	5 100	5 100	5 100	5 100	5 200
			uL	uL	uL	uL					uL	uL	uL	uL	uL	uL	uL	uL	uL
			10%	1%	0,10%	0,01%	10%	1%	0,10%	0,01%	10%	1%	0,10%	0,01%	10%	1%	0,10%	0,01%	10%
Comprimento total (cm)	0	64,5	22,1	23,4	25,1	34,4	30,8	42,1	36,7	45,1	6,5	31,7	25,8	29,7	12,4	30,4	28,2	21,6	15,3
Nº germinadas	0	20	20	19	20	20	20	20	20	19	5	16	17	19	20	20	18	17	14
Comprimento médio (cm)	0	3,225	1,11	1,24	1,26	1,72	1,54	2,11	1,84	2,37	1,3	1,98	1,52	1,56	0,62	1,52	1,57	1,27	1,09

Amostras e Diluições	5 200	5 200	5 200	6	6	6	6 50	6 50	6 100	6 100	6 200	6 200	7	7	7	7 50	7 50	7 50	7 100
	uL	uL	uL				uL	uL	uL	uL	uL	uL				uL	uL	uL	uL
	1%	0,10%	0,01%	1%	0,10%	0,01%	0,10%	0,01%	0,10%	0,01%	0,10%	0,01%	1%	0,10%	0,01%	1%	0,10%	0,01%	1%
Comprimento total (cm)	24,5	19	23,6	26,1	45,2	61,5	15,9	9,7	10,6	15,1	8,8	13,2	46,7	67	63,9	9,2	9	12,9	4,7
Nº germinadas	18	12	14	19	20	19	14	10	14	18	12	16	20	20	20	9	11	16	7
Comprimento médio (cm)	1,36	1,58	1,69	1,37	2,26	3,24	1,14	0,97	0,76	0,84	0,73	0,83	2,34	3,35	3,20	1,02	0,82	0,81	0,68

Amostras e Diluições	7 100	7 100	7 200	7 200
	uL	uL	uL	uL
	0,10%	0,01%	0,10%	0,01%
Comprimento total (cm)				
Nº germinadas	7,1 8	8,8 11	6,1 7	7 8
Comprimento médio (cm)	0,89	0,8	0,88	0,88