



## Uso do Processo Oxidativo Avançado na Degradação de Mistura de Resíduos Orgânicos Coloridos Provenientes de Análises Espectrofotométricas

Paula Tereza de Souza e Silva<sup>1</sup>

Edna Santos de Barros<sup>2</sup>

Raquel Mota Carneiro Figueiredo<sup>3</sup>

Acácio Figueiredo Neto<sup>4</sup>

Daniela Siqueira Coelho<sup>5</sup>

### Introdução

O gerenciamento de resíduos químicos em laboratórios de ensino e pesquisa no Brasil começou a ser amplamente discutido nos anos 1990 (SILVA et al., 2010), sendo de vital importância para as instituições geradoras de resíduos, como, por exemplo, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa).

Dentre as várias unidades da Embrapa, a Embrapa Semiárido vem se destacando com seu laboratório de Gerenciamento de Resíduos Laboratoriais (Gerelab) (Figura 1), que tem como proposta desenvolver e padronizar metodologias

de tratamento, além de orientar e acompanhar as atividades relacionadas ao processo de identificação, acondicionamento e disposição adequada dos resíduos laboratoriais gerados na Unidade.

Como metodologia de tratamento, o Gerelab já vem realizando tratamentos convencionais com alguns dos resíduos originados dos laboratórios, como por exemplo, a neutralização de ácidos e bases, precipitação de metais pesados e a recuperação de álcool e hexano por destilação simples ou a vácuo. Como alternativa para o tratamento de resíduos orgânicos oriundos de análises espectrofotométricas, surgem os processos oxidativos avançados (POAs).



Fotos: Daniela Siqueira Coelho

Figura 1. a) Estrutura do gerelab da Embrapa Semiárido; b) resíduos gerados pelos laboratórios.

<sup>1</sup>Química, Ph.D. em Química Ambiental, pesquisadora da Embrapa Semiárido, Petrolina, PE. paula.silva@cpatsa.embrapa.br.

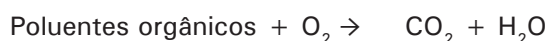
<sup>2</sup>Química, M.Sc. em Ciência Biológica, analista da Embrapa Semiárido, Petrolina, PE. edna@cpatsa.embrapa.br.

<sup>3</sup>Farmacêutica, M.Sc. em Bioquímica, analista da Embrapa Semiárido, Petrolina, PE, raquel.figueiredo@cpatsa.embrapa.br.

<sup>4</sup>Engenheiro-agrônomo, D.Sc. em Engenharia-Agrícola, professor da Univasf, Juazeiro, BA, acacio.figueiredo@univasf.edu.br.

<sup>5</sup>Engenharia-agrícola e ambiental, mestranda em Engenharia Agrícola - Univasf, Juazeiro, BA, daniela.coelho@hotmail.com.

O POA baseia-se na formação de radicais hidroxila ( $\text{OH}^\bullet$ ), altamente oxidantes e capazes de reagir com praticamente todas as classes de compostos orgânicos (BENATTI et al., 2006, CHIRON et al., 2000; HU et al., 2011). Os POAs vêm sendo empregados como uma alternativa de tratamento para os resíduos, principalmente aqueles com alta carga orgânica, como, por exemplo, os resíduos provenientes da análise de polifenóis totais, amido, pectina, fenólicos e açúcares redutores. Essa mistura de resíduos é composta de solventes e complexos orgânicos reacionais que, muitas vezes, apresentam caráter tóxico, não sendo possível seu descarte em pia. A grande vantagem é que se trata de um processo destrutivo, no qual o contaminante é degradado através de reações químicas, ou seja, o contaminante não é simplesmente transferido de fase, como na separação por carvão ativado, filtração e tratamentos físico-químicos, mas sim, degradado através de uma série de reações químicas, resumidas na equação apresentada abaixo (TEIXEIRA; JARDIM, 2004).



O POA merece destaque por causa da sua eficiência na degradação de inúmeros compostos orgânicos, custo operacional baixo e fácil execução. Entre os principais processos oxidativos utilizados, pode-se destacar a fotólise direta (UV) e a interação do sistema UV/ $\text{H}_2\text{O}_2$  (radiação UV com adição de peróxido de hidrogênio) (MICARONI, 2002; TEIXEIRA; JARDIM, 2004).

## Etapas para Degradação de Resíduos Orgânicos Coloridos Provenientes de Análises Espectrofotométricas

### Reconhecimento dos Resíduos

Inicialmente, devem ser selecionadas as bombonas que contenham os resíduos orgânicos oriundos de análises espectrofotométricas. Devem ser coletadas informações sobre o produto principal da bombona, produto secundário, data da geração, pH e cor. Como esses resíduos serão submetidos ao POA e este processo é acelerado em meio ácido, o pH deve ser corrigido para valores de 3 a 4, para aumentar a eficiência do processo de oxidação dos mesmos.

### Tratamento dos Resíduos em Pequena Escala

Caso a quantidade do resíduo a ser tratado seja reduzida ou exista a necessidade da realização de testes anteriores ao tratamento em grande escala, os resíduos podem ser submetidos a tratamentos em béquer, como mostra a Figura 2. As etapas desse tratamento são as seguintes:

Etapa 1- Adicionar 50 mL do resíduo em um béquer, aferir o pH e, se necessário, corrigi-lo para valores de 3 a 4,5 com ácido sulfúrico. Em algumas análises pode-se recuperar o ácido sulfúrico, para esse trabalho o ácido utilizado foi recuperado do rejeito da análise de açúcares solúveis totais.

Etapa 2 - Uso do POA por meio do tratamento com luz solar e adição de  $\text{H}_2\text{O}_2$  ao béquer com a amostra. Para isso, devem ser adicionados 3 mL de  $\text{H}_2\text{O}_2$  (30%, VETEC) para 50 mL do resíduo e em seguida, expor à luz solar por 48 horas, com o objetivo de obter 95% de eficiência de remoção do carbono orgânico total (COT) (Figura 2).

Caso o resíduo tenha baixa eficiência de remoção de COT, doses adicionais de  $\text{H}_2\text{O}_2$  devem ser testadas, bem como um maior tempo de exposição ao sol. Para a avaliação da eficiência desse processo, o COT foi monitorado por um analisador de carbono orgânico total.

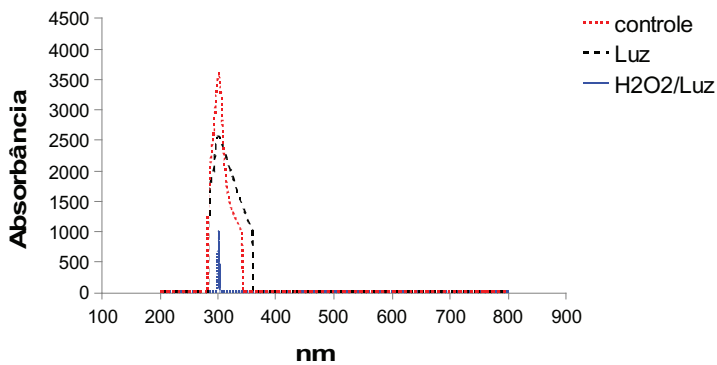


Fotos: Daniela Siqueira Coelho

Figura 2. Tratamento da mistura de resíduos orgânicos coloridos oriundos de análises espectrofotométricas: a)  $\text{H}_2\text{O}_2$  (30%); b) adição de  $\text{H}_2\text{O}_2$  e c) exposição das amostras à luz solar.

Etapa 3 - Após o tempo de 48 horas, as amostras deverão ser filtradas e armazenadas em geladeira para posterior leitura de varredura de espectro (200 nm a 800 nm) e avaliação da remoção do COT que deverá atingir um percentual de 95%.

A Figura 3 apresenta uma comparação entre os espectros obtidos pela varredura da amostra bruta sem tratamento (controle, linha em vermelho), tratamento realizado sob a ação de luz solar (fotólise) (luz, linha em preto) e de oxidação resultante da interação luz/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (luz/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, linha em azul). Observa-se que no espectro da amostra submetida ao tratamento por oxidação avançada (linha preta), ocorre a diminuição da banda de absorção quando comparado ao da amostra bruta (linha azul) e ao processo de fotólise (linha vermelha), indicando que houve a degradação dos compostos e comprovando a eficiência do processo.



**Figura 3.** Varredura do espectro realizada entre os comprimentos de onda de 200 nm e 800 nm em amostra de resíduo: bruto, sob ação de luz solar (fotólise) e submetidos à ação conjunta de peróxido de hidrogênio e luz solar.

### Tratamento de Resíduos em Grande Escala

Para o tratamento de resíduos, tanto em pequena quanto em grande escala, devem ser adotados procedimentos com eficiência comprovada. A única diferença entre ambos os processos é a quantidade do resíduo a ser tratada e, conseqüentemente, as proporções dos reagentes utilizados. Para 15 L de resíduo, devem ser adicionados 900 mL de peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) que, em seguida, devem ser expostos à luz solar por 48 horas (Figura 4).

Deve-se observar a mudança da cor de forma qualitativa, de acordo com a Figura 4, e prosseguir com as análises quantitativas de COT da mesma forma que em tratamento de resíduos em pequena escala. Deve-se observar degradação de 95%. As análises qualitativas são realizadas com o emprego de espectrofotômetro, conforme mostrado na Figura 3.



Fotos: Daniela Siqueira Coelho

**Figura 4.** Tratamento do resíduo com H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> em grande escala: a) antes; b) adicionando o H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> e c) após o processo de oxidação avançada.

### Considerações Finais

Os resíduos orgânicos oriundos de diferentes análises espectrofotométricas, como análise de polifenóis totais, amido, pectina, fenólicos e açúcares redutores dentre outros, não podem ser lançados sem nenhum tratamento no meio ambiente por causa, principalmente, da sua toxicidade e coloração, fazendo-se importante a utilização de um tratamento capaz de degradar esses compostos. O uso do POA empregando a combinação H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/Luz apresenta-se bastante eficiente, podendo ser aplicado no tratamento desse tipo de resíduo.

### Referências

BENATTI, C. L.; TAVARES, C. R. G.; GUEDES, T. A. Optimization of fenton's oxidation of chemical laboratory wastewaters using the response surface methodology. **Journal of Environmental Management**, [New York], v. 80, p. 66-74, 2006.

CHIRON, S.; FERNANDEZ-ALBA, A.; RODRIGUES, A.; GARCIA-CALVO, E. Pesticide chemical oxidation: state-of-the-art. **Water Research**, [New York], v. 34, p. 366-337, 2000.

HU, L. F.; FENG, H. J.; LONG, Y. Y.; ZHENG, Y. G.; FANG, C. R.; SHEN, D. S. Effects of liquid-to-solid ratio on semi-solid fenton process in hazardous solid waste detoxication. **Waste Management**, Houston, v. 31, p. 124-130, 2011.

MICARONI, R. C. da C. M. **Gestão de resíduos em laboratórios do Instituto de Química da UNICAMP**. 2002. 120 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Química, Campinas.

SILVA, A. F.; SOARES, T. M. R. S.; AFONSO, J. C. Gestão de resíduos de laboratório: uma abordagem para o ensino médio. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 32, p. 37-42, 2010.

TEIXEIRA, C. P. de A. B.; JARDIM, W. de F. **Processos oxidativos avançados: conceitos teóricos**. Campinas: UNICAMP, 2004. (UNICAMP. Caderno temático, v. 3). Disponível em: <<http://lqa.iqm.unicamp.br/cadernos/caderno3.pdf>>. Acesso em: 5 dez. 2011.

**Comunicado Técnico, 149**

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:  
**Embrapa Semiárido**  
**Endereço:** BR 428, km 152, Zona Rural, Cx. Postal 23, 56302-970 Petrolina-PE  
**Fone:** (87) 3866-3600  
**Fax:** (87) 3866-3815  
**E-mail:** sac@cpatsa.embrapa.br

1ª edição (2012): Formato digital

**Ministério da Agricultura,  
Pecuária e Abastecimento**

**Comitê de publicações**

**Presidente:** *Maria Auxiliadora Coêlho de Lima.*  
**Secretário-Executivo:** *Anderson Ramos de Oliveira.*  
**Membros:** *Ana Valéria Vieira de Souza, Andréa Amaral Alves, Gislene Feitosa Brito Gama, José Maria Pinto, Juliana Martins Ribeiro, Magna Soelma Beserra de Moura, Mizael Félix da Silva Neto, Patrícia Coelho de Souza Leão, Sidinei Anunciação Silva, Vanderlise Giongo, Welson Lima Simões, .*

**Expediente**

**Supervisão editorial:** *Sidinei Anunciação Silva.*  
**Revisão de texto:** *Sidinei Anunciação Silva.*  
**Tratamento das ilustrações:** *Nivaldo Torres dos Santos.*  
**Editoração eletrônica:** *Nivaldo Torres dos Santos.*