

# Tratamento dos resíduos de cobre, prata, chumbo, cromo e permanganato de potássio gerados em laboratório de ensino de Química da UFPE

## Waste treatment of copper, silver, lead, chromium and potassium permanganate generated in the Chemistry lab of UFPE

Waleska de Araújo Siqueira Bento<sup>1</sup>  
Ana Paula Silveira Paim<sup>2(\*)</sup>

### Resumo

Os resíduos químicos dos laboratórios de química experimental do Departamento de Química Fundamental da Universidade Federal de Pernambuco foram tratados utilizando técnicas analíticas básicas. Os resíduos de tetraaminocobre (II) foram tratados, a concentração de cobre foi reduzida de 238 para 0,32 mg L<sup>-1</sup> e solução 0,252 mol L<sup>-1</sup> de NH<sub>4</sub>OH foi recuperada por destilação. A concentração de prata, chumbo e cromo foram reduzidas para 0,10, 20,0 e 1,1 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente. A solução de KMnO<sub>4</sub> foi padronizada para posterior reuso e foi também utilizada para formar MnO<sub>2</sub>.

**Palavras-chave:** tratamento de resíduo químico; cobre; chumbo; cromo; resíduos químicos em universidades.

### Abstract

Chemical residues from the experimental chemical laboratories of the Department of Fundamentals of Chemistry at the Federal University of Pernambuco were treated by basic analytical techniques. The results were: the copper tetraamine (II) residues were treated and the copper concentration was reduced from 238 to 0.32 mg L<sup>-1</sup> and the solution 0.252 mol L<sup>-1</sup> NH<sub>4</sub>OH was recovered by distillation; also the concentration of silver, lead and chromium were reduced to 0.10, 20.0 and 1.1 mg L<sup>-1</sup>, respectively; and last the solution of KMnO<sub>4</sub> was standardized for later reuse and was also used to form MnO<sub>2</sub>.

**Key words:** chemical residues treatment; copper; lead; chromium; chemical residues in universities

- 
- 1 MSc.; Bacharel em Química; Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Química da Universidade Federal de Pernambuco, UFPE; Endereço: Avenida Jornalista Aníbal Fernandes s/n, Cidade Universitária, CEP: 50740-560, Recife, Pernambuco, Brasil; E-mail: waleskk@gmail.com
  - 2 Dra.; Bacharel e Licenciada em Química; Professora Associada do Departamento de Química Fundamental e membro permanente do Programa de Pós-graduação em Química da Universidade Federal de Pernambuco, UFPE; Endereço: Avenida Jornalista Aníbal Fernandes s/n, Cidade Universitária, CEP: 50740-560, Recife, Pernambuco, Brasil; E-mail: anaspaim@ufpe.br (\*) Autora para correspondência

Recebido para publicação em 21/11/2012 e aceito em 15/10/2014

Ambiência Guarapuava (PR) v.11 n.1 p. 237 - 246 Jan./Abr. 2015 ISSN 1808 - 0251  
DOI:10.5935/ambiencia.2015.01.14nt

## Introdução

As agências estaduais de proteção ambiental, normalmente, consideram as instituições de ensino e pesquisa e os laboratórios de análises bioquímicas e físico-químicas como pequenos geradores de resíduos. Assim, raramente são fiscalizados quanto ao descarte de seus resíduos químicos (JARDIM, 1998).

A quantidade dos resíduos químicos gerados pelas universidades nos laboratórios de ensino vem aumentando cada vez mais. Essa afirmação tem o seu lado positivo, pois se observa que com o aumento da oferta do número de cursos superiores aumentou, também, o número de pessoas que têm acesso aos mesmos. Bem como devido à conscientização dos alunos, funcionários e professores que não mais escoam os resíduos pela pia, mas os mantêm estocados em recipientes aguardando a destinação final.

Considerando que, nos últimos anos, a questão ambiental tem sido valorizada, um dos principais motivos para se tratar em resíduos químicos é o meio ambiente. Os resíduos químicos indevidamente escoados pelas pias das universidades causam corrosão da tubulação, envenenamento de plantas e animais, contaminação dos lençóis freáticos que passam perto das universidades e outros.

O tratamento adequado de resíduos químicos apresenta, como uma das vantagens, a recuperação de alguns reagentes, os quais podem ser reutilizados, diminuindo, assim, os recursos financeiros com a aquisição dessas substâncias.

A incineração é outra maneira para eliminar os resíduos passivos (resíduos armazenados em frascos, em estoque). Entretanto, são raras as empresas que possuem equipamentos adequados para

incineração e a maioria não aceita incinerar os resíduos das universidades. As empresas alegam que são resíduos de natureza distinta que contêm muitas misturas de compostos o que eleva o custo do processo. Sendo assim, a alternativa encontrada pelas instituições de ensino superior, foi realizar o tratamento dos resíduos químicos na própria instituição.

Uma universidade que trata o problema ambiental com seriedade, procurando proteger o ambiente e a sociedade em que está inserida, que implanta projetos de ensino associados à educação ambiental e que utiliza boas práticas em laboratório é, uma referência no ensino (GERBASE et al., 2006). Várias universidades brasileiras já implantaram Programa de Gerenciamento de Resíduos Químicos (PGRQ) (JARDIM, 1998; BENDASSOLLI et al., 2003; CUNHA, 2001; AMARAL et al., 2001; ALBERGUINI et al., 2003; AFONSO et al., 2003; DEMAMAN et al., 2004; IMBROISI et al., 2006).

A Carta de Niterói é um documento que foi entregue ao Ministério da Educação (MEC), em 2005, e trata de propostas para a gestão de resíduos perigosos nas Universidades (GERBASE et al., 2005). Esperava-se, na época, que fossem lançados editais específicos para Gestão Ambiental e Gerenciamento de Resíduos Perigosos, bem como, que se incluísse como critério de qualidade para fins de avaliação das Instituições a existência, ou projeto em implantação, de um programa de gestão de resíduos nas Instituições de ensino superior. Entretanto, até os dias de hoje nada disso aconteceu.

Este trabalho é o relato da experiência que tivemos ao tratar os resíduos químicos do passivo dos laboratórios de ensino de química do ciclo básico, denominado

Área II e do Departamento de Química Fundamental da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), empregando reações químicas divulgadas nos livros de Química. Estabeleceu-se como critério, tratar os compostos que apresentam maior toxidez e os que estavam em maior quantidade nos laboratórios. Foram tratados resíduos contendo cobre, prata, chumbo, cromo e permanganato de potássio.

## Materiais e Métodos

### Soluções de referência

As soluções de referência contendo prata (Ag), cobre (Cu), cromo (Cr) e chumbo (Pb) foram preparadas após diluição de solução-padrão de 1000 mg L<sup>-1</sup> de Titrisol (Merck). As concentrações variaram: 0,25 a 1,0 mg L<sup>-1</sup> de Cu e Cr; 2,5 a 10 mg L<sup>-1</sup> de Pb; e 0,05 a 1,0 mg L<sup>-1</sup> de Ag.

### Equipamento e condições de operação

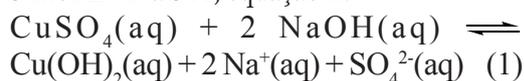
A determinação de Ag, Cu, Cr e Pb foi efetuada num espectrômetro de absorção atômica em chama multicanal (FAAS) da marca Varian, modelo 220 FS. Utilizaram-se lâmpadas de cátodo oco multielementares, fluxo de ar de 13,5 L min<sup>-1</sup> e de acetileno, 1,80 L min<sup>-1</sup> e os comprimentos de onda, em nm, foram: Ag 328,1; Cu 324,8; Pb 283,3; Cr 357,9.

### Tratamento dos resíduos contendo cobre

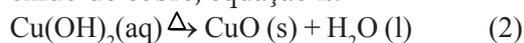
Havia dois tipos de soluções rotuladas como resíduos de cobre: **CuSO<sub>4</sub>** e **CuSO<sub>4</sub> + NH<sub>4</sub>OH**. Os resíduos estavam armazenados em recipientes de vidro âmbar de 1000 mL e

as soluções eram de cor azul. O tratamento foi diferenciado para cada tipo de resíduo.

Em 10 mL de solução do resíduo denominado **CuSO<sub>4</sub>** foi adicionado solução 3 mol L<sup>-1</sup> NaOH, equação 1:



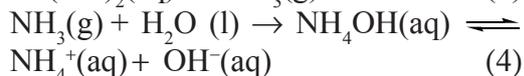
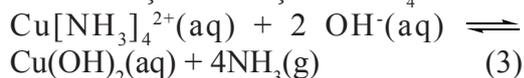
Em seguida, aqueceu-se até completa precipitação do cobre como óxido de cobre, equação 2:



O precipitado foi separado por filtração e, no líquido remanescente, foi realizada a determinação de cobre por espectrometria de absorção atômica com chama (FAAS) (MENDHAM et al., 2002; MARTÍ et al., 1985).

O resíduo **CuSO<sub>4</sub>** também foi tratado por outro método alternativo, que consiste em aquecer a solução até secar em chapa de aquecimento, produzindo-se cristais de **CuSO<sub>4</sub>**. Os cristais foram purificados por duas recristalizações. O **CuSO<sub>4</sub>** na forma sólida pode ser reutilizado nas próximas aulas.

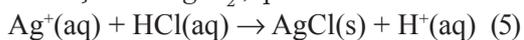
A solução do resíduo denominado “**CuSO<sub>4</sub> + NH<sub>4</sub>OH**”, que consiste no íon tetraamincobre (II), **Cu[NH<sub>3</sub>]<sub>4</sub><sup>2+</sup>**, foi aquecida em um balão de fundo redondo ligado a um condensador, semelhante um sistema de destilação. A amônia liberada foi recolhida em um balão com água para a formação de hidróxido de amônia, as reações envolvidas são mostradas nas equações 3 e 4. Através de titulação ácido-base utilizando o indicador azul de bromotimol determinou-se a concentração da solução de **NH<sub>4</sub>OH**.



Foram realizadas análises qualitativas empregando espectrometria de absorção molecular na região UV-Vis.

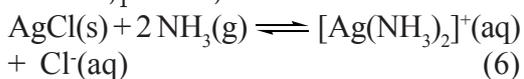
### **Tratamento dos resíduos contendo prata**

A solução do resíduo contendo Ag era incolor e estava armazenada em recipiente de 1000 mL e tinha a seguinte identificação: “resíduos de prata”. Separou-se 50 mL desta solução e adicionou-se HCl diluído (10:100) até visualizar-se a precipitação da prata como AgCl(s), equação 5. O precipitado foi separado por filtração e lavado com água destilada quente. O HCl não pode ser adicionado em excesso para não ocorrer a formação de  $\text{AgCl}_2^-$ , que é solúvel.



A prata juntamente com o chumbo ( $\text{Pb}^{2+}$ ) e o mercúrio ( $\text{Hg}_2^{2+}$ ) pertencem ao grupo 1 dos cátions, sendo assim, esses íons poderiam estar presente no resíduo e, de acordo com sua solubilidade, poderia reagir com HCl formando  $\text{Hg}_2\text{Cl}_2$  ( $K_{ps} = 1,3 \times 10^{-18}$ ) ou  $\text{PbCl}_2$  ( $K_{ps} = 1,6 \times 10^{-5}$ ). Entretanto, a baixa solubilidade do AgCl ( $K_{ps} = 1,8 \times 10^{-10}$ ) favorece a sua precipitação e somente o mercúrio poderia interferir. Portanto, após separar o precipitado, realizou-se o teste qualitativo para verificar a presença desse interferente no sólido (VOGEL, 1981).

Como não foi verificada a presença de outros cátions, adicionou-se 10 mL de água destilada e a solução foi aquecida até ebulição e depois foi filtrada à quente. Dessa forma havendo  $\text{Pb}^{2+}$  precipita-se o  $\text{PbCl}_2$ . Em seguida, adicionou-se  $\text{NH}_4\text{OH}$  diluído (10:100) e à quente para formar o complexo  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}$  na solução (equação 6), permanecendo o mercúrio, presente, no sólido.



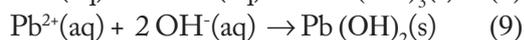
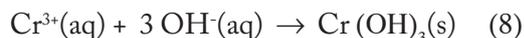
Finalmente,  $\text{HNO}_3$  diluído (10:100) foi adicionado e precipitou AgCl que pode ser reutilizado em outros experimentos das disciplinas de Química Experimental (eq.7).  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}(\text{aq}) + 2\text{HNO}_3(\text{aq}) \rightarrow \text{AgCl}(\text{s}) + 2\text{NH}_4^+(\text{aq}) + 2\text{NO}_3^-(\text{aq}) \quad (7)$

No líquido remanescente, foi determinada a concentração de prata por FAAS.

### **Tratamento dos resíduos contendo chumbo e cromo**

O chumbo e o cromo estavam no mesmo frasco de resíduo, onde a descrição do mesmo era: “resíduo contendo chumbo e cromo”. A solução era verde escuro e havia depósito de precipitado no fundo do recipiente.

O pH da solução foi ajustado em 7, adicionando-se lentilhas de NaOH. Houve a completa precipitação do chumbo e do cromo, equações 8 e 9. Filtrou-se o precipitado contendo os hidróxidos chumbo e cromo.



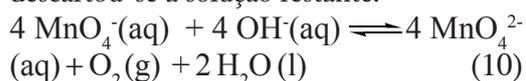
No líquido remanescente foi pesquisada a presença dos metais (MARTÍ et al., 1985; VOGEL, 1981) e a concentração dos mesmos foi determinada por FAAS.

### **Tratamento do resíduo contendo $\text{KMnO}_4$**

De acordo com os resultados obtidos na titulação permanganométrica, a concentração do  $\text{KMnO}_4$  foi de 0,061 mol  $\text{L}^{-1}$ . No experimento de Química Geral Experimental I, a solução de  $\text{KMnO}_4$  é 0,02 mol  $\text{L}^{-1}$ .

Para realizar o tratamento do resíduo, adicionaram-se 100 mL da solução de resíduo do  $\text{KMnO}_4$  em 200 mL de solução 0,2 mol

L<sup>-1</sup> de NaOH e 10 g de Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Como a cor púrpura da mistura não desapareceu, adicionou-se mais Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Após agitação por 30 minutos, diluiu-se com 200 mL de água, filtrou-se, recolheu-se o filtrado e descartou-se a solução restante.



Para caracterizar os resíduos antes e após o tratamento, utilizou-se a técnica de espectrometria de absorção molecular no UV-Vis para traçar os espectros de varredura.

## Resultados e Discussão

### Espectrometria de Absorção Atômica com Chama (FAAS)

As curvas analíticas foram traçadas para cada elemento e os coeficientes de correlação (R<sup>2</sup>) foram superiores a 0,99. Trata-se de uma técnica analítica bem estabelecida, embora não muito sensível; é robusta e de baixo custo em comparação com outras técnicas espectrométricas como a espectrometria com plasma indutivamente acoplado.

### Tratamento dos resíduos contendo cobre

A solução contendo resíduos de CuSO<sub>4</sub> foi tratada, em meio alcalino, com adição de NaOH e verificou-se a formação de precipitado de CuO.

Já os resíduos contendo o íon tetraamincobre (II), Cu[NH<sub>3</sub>]<sub>4</sub><sup>2+</sup>, foram aquecidos e uma solução 0,252 mol L<sup>-1</sup> NH<sub>4</sub>OH foi formada. Foram realizadas análises qualitativas empregando espectrometria de absorção molecular na região UV-Vis. Os espectros obtidos com as amostras de resíduos de cobre, antes e após o tratamento, eram bem distintos, conforme mostra a figura 1.

De acordo com a figura 1a, observa-se que o resíduo de cobre apresentava um sinal bastante pronunciado na região do visível, em 595 nm. Após o tratamento, figura 1b, esse sinal não é observado, indicando que o cobre foi tratado. Para confirmar essa suposição, as amostras foram analisadas no FAAS e verificou-se que foi possível reduzir a concentração de Cu de 238 mg L<sup>-1</sup> para 0,320 mg L<sup>-1</sup>. Assim, obteve-se uma redução de 99,7 % na concentração de cobre, no resíduo e o mesmo encontra-se abaixo do teor máximo (1,0 mg L<sup>-1</sup> Cu) que pode ser lançado no corpo receptor (CONAMA, 2011).

### Tratamento dos resíduos contendo prata

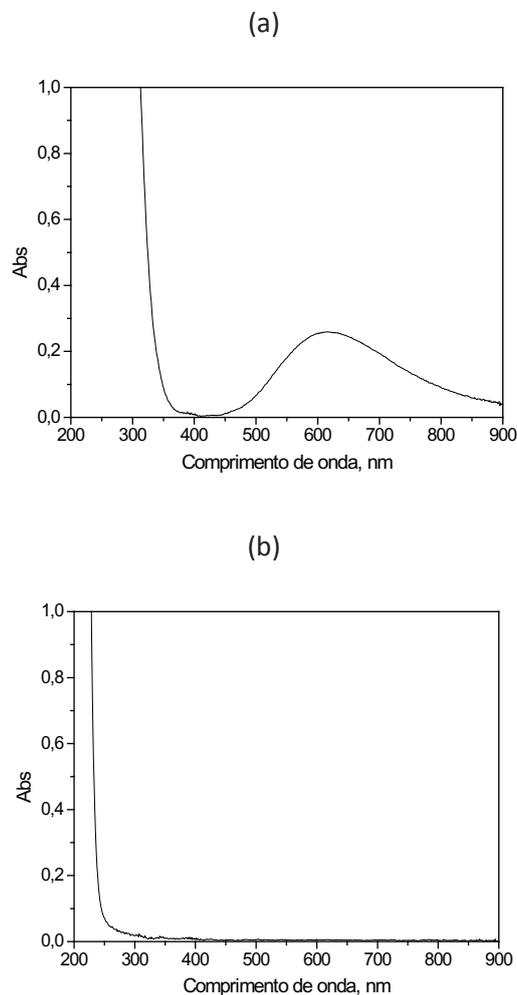
Inicialmente o resíduo foi tratado com HCl e ocorreu formação de precipitado AgCl. O resíduo foi analisado por FAAS antes (1950 mg L<sup>-1</sup>) e depois (0,10 mg L<sup>-1</sup>) de reagir com a solução de HCl, indicando que houve uma redução (de 99,99%) da concentração de prata no resíduo. Considerando que o teor máximo de prata em efluente a ser lançado em corpo receptor é de 0,1 mg L<sup>-1</sup> (CONAMA, 2011), o resíduo tratado pode ser lançado na pia.

### Tratamento dos resíduos contendo chumbo e cromo

Os espectros da região UV – Vis do resíduo contendo Pb e Cr, antes e após o tratamento, podem ser observados na figura 2.

Na figura 2a, observam-se dois sinais na região do visível com intensidade máxima em aproximadamente 445 e 575 nm, que são os comprimentos de onda característicos da presença dos metais chumbo e cromo, respectivamente. Após realizar o tratamento dos resíduos, observa-se que a magnitude

Figura 1 - Espectros obtidos na região UV-Vis dos resíduos contendo cobre



Fonte: Autores (2012).

Nota: (a) antes do tratamento e (b) após o tratamento.

dos sinais diminuí; na região de absorção do cromo, o sinal desaparece, entretanto, não são mais observados conforme mostra a figura 2b.

A concentração dos metais, determinada por FAAS, após o tratamento foi de  $20,0 \text{ mg L}^{-1}$  e  $1,1 \text{ mg L}^{-1}$  para o chumbo e cromo total, respectivamente. A concentração desses metais ainda está acima dos teores máximos de lançamento de efluentes,  $0,5 \text{ mg L}^{-1}$  Pb total e  $0,1 \text{ mg L}^{-1}$

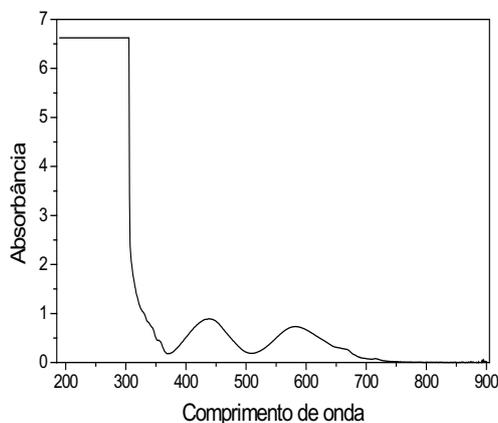
$\text{Cr}^{6+}$  e  $1,0 \text{ mg L}^{-1}$   $\text{Cr}^{3+}$  (CONAMA, 2011), portanto é necessário realizar uma diluição do efluente antes de descartá-lo na pia.

#### **Tratamento do resíduo contendo $\text{KMnO}_4$**

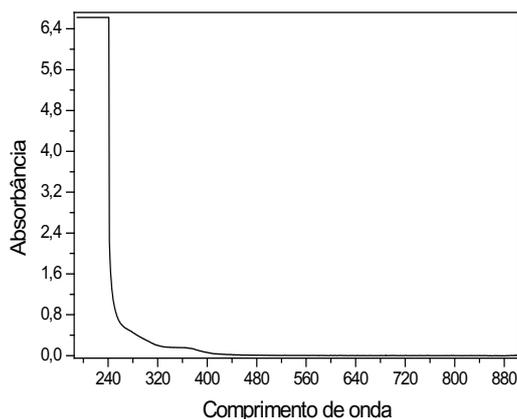
O resíduo de  $\text{KMnO}_4$  é gerado na disciplina de Química Geral Experimental I, no experimento onde se determina, através de titulação redox, a concentração

Figura 2 - Espectros obtidos na região UV-Vis dos resíduos contendo chumbo e cromo

(a)



(b)



Fonte: Autores (2012).

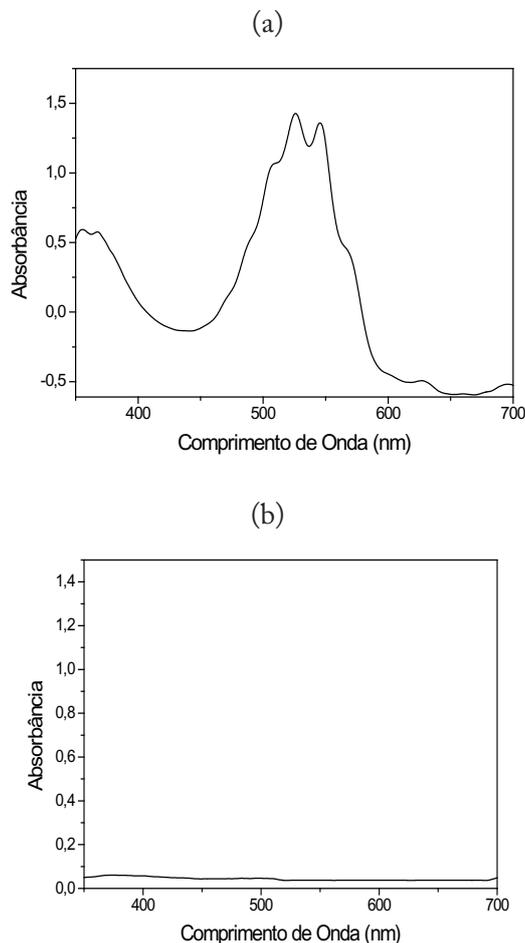
Nota: (a) antes do tratamento e (b) após o tratamento.

de  $O_2$  numa amostra comercial de  $H_2O_2$ . A solução que não é utilizada na titulação fica armazenada para posterior destinação final. No entanto, como o  $KMnO_4$  se encontra em bom estado e livre de impurezas, ele pode ser reutilizado. Para isso, basta determinar a concentração do  $KMnO_4$  por titulação permanganométrica e reutilizá-lo sem que seja necessário realizar nenhum outro tipo de tratamento.

De acordo com os resultados obtidos na titulação permanganométrica, é possível reutilizar a solução de  $KMnO_4$  para efetuar as titulações do experimento da disciplina, sem ser necessário preparar outra solução, o que eleva o consumo de reagentes e gera mais resíduo.

O tratamento do resíduo foi realizado com o objetivo de decompor o  $KMnO_4$  por redução do número de oxidação

Figura 3 - Espectros obtidos na região UV-Vis dos resíduos contendo KMnO<sub>4</sub>

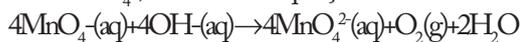


Fonte: Autores (2012).

Nota: (a) antes do tratamento e (b) após o tratamento.

do manganês, tendo-se como produto principal dessa reação, o sólido de MnO<sub>2</sub>, que pode ser reaproveitado.

O MnO<sub>2</sub> pode ser utilizado como agente de oxidação em reações orgânicas, visto que tanto o permanganato, quanto o MnO<sub>2</sub> podem ser utilizados para se obter o íon MnO<sub>4</sub><sup>-</sup>, conforme equação 10.



Os espectros de absorção molecular no UV-Vis, antes e após o tratamento, são mostrados na figura 3.

Observa-se que antes do tratamento havia sinais, na região, de 525 e 560 nm, após o tratamento, observa-se que esses sinais foram suprimidos, indicando que o resíduo foi tratado.

### Considerações Finais

De acordo com os resultados obtidos, foi possível reduzir consideravelmente as concentrações de cobre, prata, chumbo, cromo e permanganato de potássio dos resíduos dos

laboratórios de ensino. De maneira que, hoje, as soluções podem ser descartadas na pia, sem prejudicar o meio ambiente, restando apenas algumas gramas de material sólido no espaço onde eram armazenados vários recipientes de 1000 mL de resíduos.

Os tratamentos dos resíduos gerados nos laboratórios foram realizados apenas aplicando os conhecimentos de química analítica qualitativa. Objetiva-se incluir a metodologia do tratamento do cobre nas aulas práticas que utiliza esse metal. Assim, elimina-se a preocupação com o

resíduo de cobre que está sendo gerado e os alunos conscientizam-se, quando ainda estudantes para, mais tarde, esses futuros profissionais, serem responsáveis pelos resíduos que geram.

### **Agradecimentos**

Ao PIBIC/UFPE, CNPq, PRONEX/FACEPE e CAPES. À Professora Dra. Maria Fernanda Pimentel (DEQ-UFPE) e ao Dr. José Edson da Silva pelas determinações dos metais no FAAS.

### **Referências**

AFONSO, J. C.; NORONHA, L. A.; FELIPE, R. P.; FREIDINGER, N. Gerenciamento de resíduos laboratoriais: recuperação de elementos e preparo para descarte final. **Química Nova**, São Paulo, v.26, n.4, p.602-611, 2003.

ALBERGUINI, L. B.; SILVA, L. C.; REZENDE, M. O. O. Laboratório de resíduos químicos do Campus USP-São Carlos – Resultados da experiência pioneira em gestão e gerenciamento de resíduos químicos em um Campus Universitário. **Química Nova**, São Paulo, v.26, n.2, p.291-295, 2003.

AMARAL, S. T.; MACHADO, P. F. L.; PERALBA, M. C. R.; CAMARA, M. R.; SANTOS, T.; BERLEZE, A. L.; FALCÃO, H. L.; MARTINELLI, M.; GONÇALVES, R. S.; OLIVEIRA, E. R.; BRASIL, J. L.; ARAÚJO, M. A.; BORGES, A. C. A. Relato de uma experiência: recuperação e cadastramento de resíduos dos laboratórios de graduação do Instituto de Química da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. **Química Nova**, São Paulo, v.24, n.3, p.419-423, 2001.

BENDASSOLLI, J. A.; MÁXIMO, E.; TAVARES, G. A.; IGNOTO, R. F. Gerenciamento de resíduos químicos e águas servidas no laboratório de isótopos estáveis do CENA/USP. **Química Nova**, São Paulo, v.26, n.4, p.612-617, 2003.

GERBASE, A. E.; COELHO, F. S.; MACHADO, P. F. L.; FERREIRA, V. F. Gerenciamentos de resíduos químicos em instituições de ensino e pesquisa. **Química Nova**, São Paulo, v.28, n.1, p.1, 2005.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução no 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Ministério do Meio Ambiente. Brasília, DF, p.89, 16 maio 2011.

CUNHA, C. J. O Programa de gerenciamento dos resíduos laboratoriais do Departamento de Química da UFPR. **Química Nova**, São Paulo, v.24, n.3, p.424-427, 2001.

DEMAMAN, A. S.; FUNK, S.; HEPP, L. U.; ADÁRIO, A. M. S.; PERGHER, S. B. C. Programa de gerenciamento de resíduos dos laboratórios de graduação da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - Campus Erechim. **Química Nova**, São Paulo, v.27, n.4, p. 674-677, 2004.

GERBASE, A. E.; GREGÓRIO, J. R.; CALVETE, T. Gerenciamento dos resíduos da disciplina Química Inorgânica II do curso de Química da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. **Química Nova**, São Paulo, v.29, n.2, p.397-403, 2006.

IMBROISI, D.; GUARITÁ-SANTOS, A. J. M.; BARBOSA, S. S.; SHINTAKU, S. F.; MONTEIRO, H. J.; PONCE, G. A. E.; FURTADO, J. G.; TINOCO, C. J.; MELLO, D. C.; MACHADO, P. F. L. Gestão de resíduos químicos em universidades: Universidade de Brasília em foco. **Química Nova**, São Paulo, v.29, n.2, p.404-409, 2006.

JARDIM, W. F. Gestão de resíduos químicos em universidades: Universidade de Brasília em foco. **Química Nova**, São Paulo, v.21, n.5, p.671-673, 1998.

MARTÍ, F. B.; CONDE, F. L.; JIMENO, S. A.; MÉNDEZ, J. H. **Química analítica cualitativa**. 15. ed. Madri: Paraninfo, 1985.

MENDHAM, J.; DENNEY, R. C.; BARNES, J. D.; THOMAS, M. J. K. VOGEL, A. I. **Vogel: análise química quantitativa**. 6. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2002.

VOGEL, A. I. **Química analítica qualitativa**. 5. ed. Gimeno, A. (Tradutor), São Paulo: Mestre Jou, 1981.