

## TRATAMENTO DE RESÍDUOS DE AULAS PRÁTICAS DE QUÍMICA

Bruno de Araújo Faria<sup>1</sup>; Suzana Maria de Oliveira<sup>2</sup>; Anderson de Paula Santos<sup>3</sup>

1. Professor Mestre em Química Inorgânica; Perito Criminal Oficial da Polícia Civil do Estado de Minas Gerais (bafaria@terra.com.br)
2. Técnica em Química e Gestora Ambiental
3. Publicitário, Designer e Webdesigner

Centro de Educação Tecnológica e Profissional de Juiz de Fora – CETEPRO.  
Juiz de Fora – Minas Gerais – Brasil.

### RESUMO

Os laboratórios dos cursos profissionalizantes de Química e áreas afins devem ser considerados fontes potenciais de geração de resíduos que não podem ser descartados diretamente no ambiente através das redes de esgoto sem prévio tratamento adequado. Este artigo trata de um projeto desenvolvido com a participação de alunos desta instituição com o objetivo primaz de tratar adequadamente os resíduos gerados em aulas práticas e secundariamente aprofundar os conhecimentos dos alunos na química de substâncias e misturas inorgânicas, além da divulgação de resultados através da produção de folhetos explicativos, painéis e exposições orais, enfatizando desta maneira a interface com outras áreas do conhecimento humano.

**PALAVRAS-CHAVE:** tratamento de resíduos químicos; química ambiental; laboratório.

### WASTE TREATMENT PRACTICES LECTURE IN CHEMISTRY

#### ABSTRACT

The laboratories of institutions for professional courses in chemistry and related areas should be considered potential sources of waste generation that can not be dropped directly into the environment through the sewage system without prior treatment. This article is a project developed with the participation of students in this institution for the purpose of dealing adequately with primate waste generated in teaching practices and secondarily to deepen students knowledge on chemical substances and mixtures of inorganic, plus dissemination of results through the production of explanatory leaflets, panels and oral exhibitions, thus emphasizing the interface with other areas of human knowledge.

**KEYWORDS:** treatment chemical waste; environmental chemistry; laboratory.

#### INTRODUÇÃO

A geração de resíduos químicos em laboratórios de ensino médio e cursos profissionalizantes no Brasil é um assunto parcamente discutido, visto que o volume produzido por unidade de ensino é considerado pequeno e muitas vezes irrelevante. No entanto, existem no país centenas de laboratórios deste tipo e o montante de resíduos produzidos deve ser considerado como potencial fonte emissora destes rejeitos para o meio ambiente via rede de esgoto.

Ainda não parece existir no país uma legislação específica relativa aos resíduos gerados em laboratórios e nem o enquadramento de instituições de ensino de vários níveis como unidades poluidoras. Porém, nos últimos tempos, percebem-se movimentações nessa direção. Por exemplo, o município do Rio de Janeiro promulgou a Lei 32736 em seis de setembro de 2001, na qual se explicita que as unidades geradoras de lixo químico, infectante e radioativo são inteiramente responsáveis pelo manuseio, coleta, tratamento, transporte e disposição final desses materiais<sup>1</sup>.

Num momento em que vivemos a grande preocupação com a “Química Verde”, vários cursos técnicos em Química integram em seus currículos disciplinas com enfoque à área ambiental e, portanto, ignorar a posição destes laboratórios como potenciais fontes geradoras de poluentes torna-se um paradoxo institucional inaceitável na formação destes profissionais que atuarão diretamente nas indústrias. Avanços notórios têm sido observados, especialmente nas últimas duas décadas, em relação a assuntos ambientais, sendo uma das preocupações principais a questão da geração de resíduos sólidos, líquidos ou gasosos que, de uma maneira ou outra, têm seu destino final na atmosfera, nos solos e nos corpos d’água, lóticos e lênticos, naturais e artificiais, continentais, costeiros ou oceânicos<sup>2</sup>.

Os laboratórios de pesquisa, bem como os de ensino, geram resíduos orgânicos e inorgânicos (especialmente metais, inclusive aqueles considerados pesados) e a ausência de rotulagem adequada dificulta a definição do destino final. Além disso, a maioria dos tratamentos de resíduos convencionais possui elevados custos operacionais não recebendo por isso a atenção devida<sup>3,4</sup>.

Este trabalho torna-se relevante não só pelas questões ambientais envolvidas como também serve de oportunidade para o desenvolvimento de conhecimentos extraclasse e interdisciplinares dos alunos com ênfase na criação de novos métodos químicos de reciclagem dos resíduos com conseqüente reaproveitamento de materiais que possam ser utilizados em outras aulas práticas, além da oportunidade de conhecerem as etapas fundamentais de um projeto de pesquisa e finalmente a produção de arte gráfica para a divulgação dos trabalhos e também para a conscientização de outras instituições de ensino igualmente geradoras de resíduos, integrando conhecimento experimental em âmbito de laboratório a ferramentas computacionais de produção de painéis, panfletos, cartazes, etc.

## **OBJETIVOS**

Os principais objetivos deste projeto foram: a criação de métodos alternativos para tratamento de resíduos químicos de ferro, cromo, bário, estrôncio e cobre visando a minimização de custos dos tratamentos convencionais; fortalecer conhecimentos adquiridos em disciplinas teóricas do curso com a aplicação destes em atividades de cunho experimental; tornar as aulas práticas menos onerosas para a instituição visto a possibilidade de utilização dos rejeitos tratados como insumos de outras aulas práticas; promover a interface da Química com áreas pouco exploradas como, por exemplo, no caso deste projeto, a Publicidade através da capacitação dos alunos no uso de ferramentas gráficas básicas de produção de meios de divulgação deste projeto na própria instituição de ensino e em outras de mesma natureza que também realizem operações geradoras de resíduos químicos.

## **METODOLOGIA**

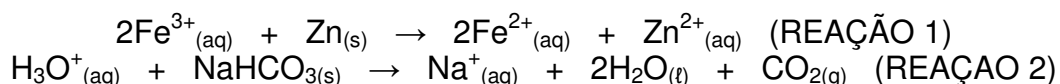
Os trabalhos envolvidos neste projeto foram conduzidos em três etapas distintas com participação ativa dos alunos selecionados com a supervisão dos

profissionais envolvidos. Passa-se então a relatar e discriminar detalhadamente os procedimentos adotados.

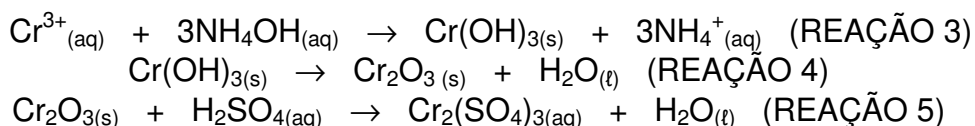
ETAPA 1: Consistiu na busca por fontes bibliográficas diversas: livros, revistas especializadas, artigos científicos e também a Internet. Todos material foi compilado pelos alunos e uma triagem inicial foi feita de modo que as fontes mais confiáveis do ponto de vista científico foram separadas e estudadas.

ETAPA 2: Após o estudo de métodos químicos de tratamento e reciclagem de resíduos, passou-se aos trabalhos de laboratório. Ressalta-se que todos os equipamentos de proteção individual e coletiva foram utilizados quais sejam: óculos, luvas, capela de exaustão, etc. Esta etapa foi subdividida em três fases, cujos procedimentos passam a ser descritos.

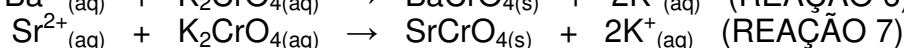
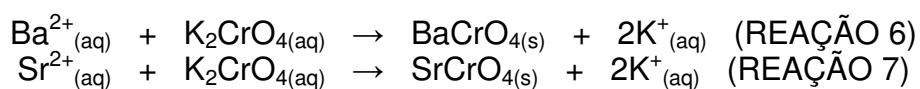
**TRATAMENTO DOS RESÍDUOS DE FERRO:** A quantidade total de resíduo produzido ao longo de um ano de coleta foi de 790 mL o que nos dá uma quantidade per capita de 11,2 mL/aluno/ano. Tal resíduo apresentava-se de cor vermelha, sem corpo de fundo, com densidade em torno de 1,00 g/mL e pH = 0,0. Por meio de reações qualitativas verificou-se que o resíduo era composto por íons  $\text{Fe}^{3+}$ . O tratamento consistiu então, na redução do ferro ao estado de oxidação II utilizando-se reação com zinco metálico sob aquecimento conforme a REAÇÃO 1. Em seguida, a solução foi diluída a um volume aproximado de três L com a adição de água destilada e posteriormente seu pH ajustado para a faixa 8-9 com bicarbonato de sódio, para então ser descartada na rede de esgoto<sup>5</sup> (REAÇÃO 2). Este descarte pode ser feito diretamente visto tratar-se de pequenas quantidades de um resíduo praticamente sem riscos para o meio ambiente<sup>6</sup>.



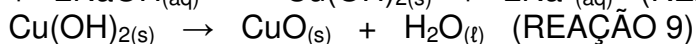
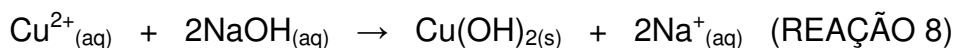
**TRATAMENTO DOS RESÍDUOS DE CROMO:** Cerca de 1000 mL de resíduo de cromo foram produzidos em um ano de coleta sendo a produção per capita de 14,2 mL/aluno/ano. O resíduo encontrava-se de cor verde, sem corpo de fundo, com densidade aproximadamente 1,052 g/mL e pH = 2,0. Por meio de reações características da Química Inorgânica Qualitativa verificou-se que este resíduo compunha-se exclusivamente de cromo em estado de oxidação III. O tratamento deste resíduo teve como objetivo a recuperação do resíduo de modo que pudesse ser utilizado em aulas práticas do laboratório. Inicialmente adicionou-se 0,055 mL de  $\text{NH}_4\text{OH}$  concentrado para cada um mL do resíduo sob aquecimento a 60 °C, com isso houve a precipitação de hidróxido de cromo III, a evaporação do excesso de amônia e a conversão química do precipitado a óxido de cromo III com o aquecimento contínuo (REAÇÕES 3 e 4). O óxido sólido obtido foi filtrado e posteriormente tratado com solução de ácido sulfúrico a 2,0 mol/L obtendo-se uma solução de sulfato de cromo III que foi evaporada para facilitar a cristalização do composto (REAÇÃO 5) que foi filtrado e seco em dessecador. A água-mãe teve o pH medido e ajustado para a faixa 7-8 para posteriormente ser descartada na pia.



TRATAMENTO DE RESÍDUOS DE BÁRIO E ESTRÔNCIO: Por tratarem-se de cátions do mesmo grupo da classificação periódica,  $\text{Ba}^{2+}$  e  $\text{Sr}^{2+}$  foram colhidos no mesmo recipiente. Foram produzidos cerca de 120 mL de resíduo líquido incolor, de densidade 1,02 g/mL e pH = 0,0, e 12,04 g de sobrenadante de cor branca, o que fornece quantidades per capita de respectivamente 1,7 mL/aluno/ano e 1,2 g/aluno/ano. O resíduo foi inicialmente filtrado e o sólido foi seco em estufa e guardado em frasco plástico hermeticamente fechado e devidamente rotulado. A parte líquida foi tratada com solução 2,0 mol/L de cromato de potássio para a precipitação dos íons  $\text{Ba}^{2+}$  (REAÇÃO 6) que foi separado da solução por filtração e após secagem foi transferido para um frasco rotulado. Como os íons  $\text{Sr}^{2+}$  se precipitam com cromato de potássio a quente, a solução resultante da segunda filtração foi aquecida à ebulição<sup>6</sup> (REAÇÃO 7). O sólido formado foi filtrado, seco e guardado em frasco rotulado. O líquido resultante teve seu pH ajustado para a faixa 7-8 e descartado na pia.



TRATAMENTO DE RESÍDUOS DE COBRE: A quantidade total de resíduo líquido de cor azul produzido ao longo de um ano de coleta foi de 300 mL e a parte sólida de cor negra foi de 2,25 g o que nos dá quantidades per capita de 4,25 mL/aluno/ano e 31,88 mg/aluno/ano, respectivamente. A parte líquida apresentava-se com densidade em torno de 1,00 g/mL e pH = 9,0. Por meio de reações qualitativas verificou-se que o resíduo líquido era composto por íons  $\text{Cu}^{2+}$ . O resíduo sólido foi separado por filtração e a parte líquida foi tratada com excesso de solução 2,07 mol/L de hidróxido de sódio sob aquecimento, de modo que o hidróxido cúprico precipitado com a adição da solução alcalina (REAÇÃO 8) fosse imediatamente convertido a óxido de cobre II de cor preta (REAÇÃO 9) que foi separado da mistura por filtração e após ser lavado e seco em estufa foi misturado ao resíduo sólido inicial e tratado com solução 2,00 mol/L de ácido sulfúrico sob aquecimento a 60 °C<sup>7</sup>. O sólido foi totalmente dissolvido originando uma solução de coloração azul que foi evaporada próximo à secura (REAÇÃO 10). O sólido foi redissolvido em quantidade mínima de água e reservado até a cristalização do sulfato cúprico, que foi filtrado, lavado com etanol e seco em dessecador. Os resíduos líquidos foram neutralizados a pH = 7-8 e descartados na pia.



ETAPA 3: Nesta etapa os alunos participantes deste projeto foram levados ao laboratório de informática e dispondo de programas como *CorelDraw*<sup>®</sup> e *Photoshop*<sup>®</sup> foram instruídos na criação de material de divulgação e conscientização dos alunos desta e outras instituições de ensino acerca da necessidade de destino e tratamento adequados dos resíduos químicos gerados em laboratórios.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todas as etapas deste projeto contaram com a participação massiva dos alunos selecionados. As fases de pesquisa bibliográfica e utilização de ferramentas

gráficas exploraram potencialidades muitas vezes não utilizadas no Ensino da Química para estudantes de cursos técnicos. Com isso, os alunos puderam aumentar sua capacidade de raciocínio e interpretação de textos, incluindo textos em línguas estrangeiras, aprimorando sobremaneira a escrita técnica e simbologia química.

Em relação à parte química do tratamento de resíduos, foram utilizados métodos estabelecidos pela literatura e também métodos criados de modo a permitir a reciclagem dos mesmos transformando-os em insumos a serem utilizados em outras aulas práticas, como por exemplo, o sulfato de cromo III, sulfato de cobre II, cromato de bário e cromato de estrôncio.

Todas as fases do tratamento químico envolveram a utilização de pequenas quantidades de reagentes no tratamento o que diminuiu o custo operacional do tratamento que pode também ser compensado evitando-se a compra dos reagentes obtidos ao fim do processo de ciclagem química. Estas etapas envolveram conhecimentos de diversas áreas da Química, citas: Inorgânica, Analítica Qualitativa, Analítica Quantitativa e Físico-Química, contextualizando conhecimentos adquiridos na teoria das salas de aula com as aplicações e consequências práticas em ambiente laboratorial. Estes conhecimentos permitiram, por exemplo, a síntese de regras de três e a utilização de extensos cálculos em duas únicas fórmulas (Figuras 1 e 2) para preparo de soluções molares em laboratório que já leva em consideração a pureza e a densidade (no caso de líquidos) dos solutos. Estas fórmulas não estão presentes em nenhum manual de preparo e utilização de soluções e foram criadas pelo professor Bruno, autor principal deste artigo o que facilita bastante o trabalho prático.

$$m = \frac{M \times MM \times V_{\text{balão}}}{10 \times \text{Pureza}}$$

**FIGURA 1:** Fórmula utilizada para cálculo da quantidade de soluto sólido a ser pesada para preparo de soluções molares. Onde:

M = molaridade desejada, MM = massa molar do soluto,  $V_{\text{balão}}$  = volume do balão volumétrico utilizado para preparo da solução.

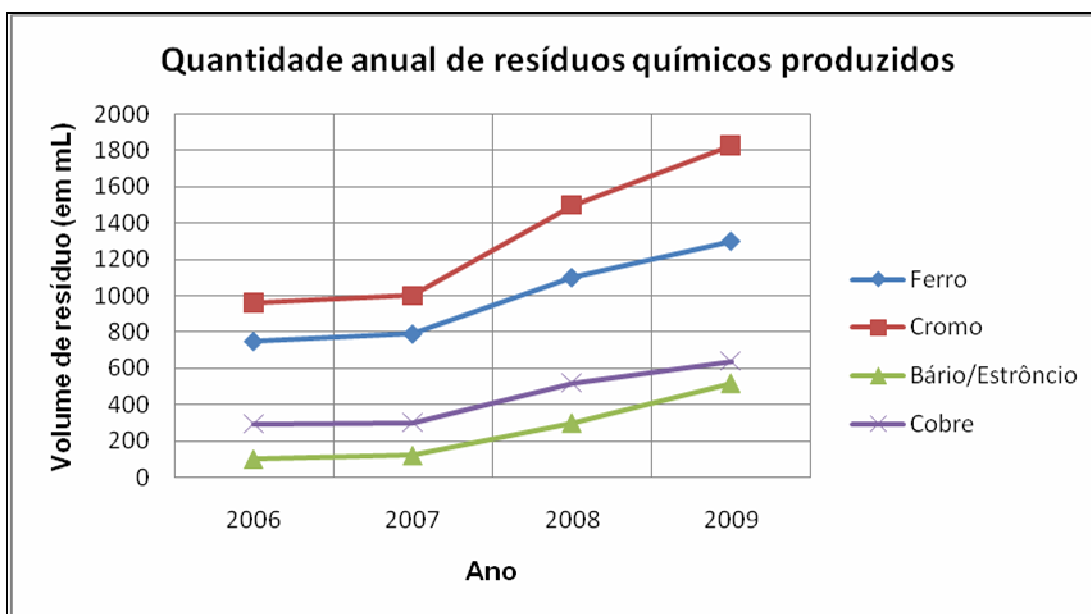
$$V = \frac{M \times MM \times V_{\text{balão}}}{10 \times \text{Pureza} \times d}$$

**FIGURA 2:** Fórmula utilizada para cálculo da quantidade de soluto líquido a ser medido para preparo de soluções molares. Onde:

d = densidade do líquido na forma concentrada.

A etapa de utilização de ferramentas gráficas trouxe aos alunos conhecimentos e potencialidades na área de desenho utilizando computador e *softwares* próprios para este fim. Além de contribuir para desenvolvimento das capacidades artísticas e criativas dos alunos, esta etapa trouxe importantes mudanças nos hábitos de outros alunos e também professores desta instituição no

que diz respeito ao destino correto dos resíduos químicos produzidos durante as aulas práticas. Foram separados recipientes limpos e devidamente rotulados para receber tais substâncias e com as instruções dadas pelos alunos em exposições orais de sala em sala aliadas aos materiais gráficos produzidos, observou-se substancial aumento no volume de resíduos coletados nos anos subsequentes (2008 e 2009), conforme pode-se observar pelo gráfico da Figura 3, o que demonstra a eficácia dos meios de divulgação propostos.



**FIGURA 3:** Gráfico mostrando a variação anual do volume de resíduos produzidos pelo laboratório de Química desta instituição. O projeto foi desenvolvido no final do ano de 2007.

## CONCLUSÃO

As instituições de ensino superior e técnico são responsáveis por cerca de 1% dos resíduos químicos gerados no Brasil<sup>8</sup>. Este percentual aparentemente pequeno torna-se preocupante dada a persistência de tais resíduos no meio ambiente causando graves prejuízos à fauna e à flora<sup>9</sup>. Com tratamento adequado, incluindo a pesquisa por alternativas de reciclagem de tais rejeitos, pode-se minimizar sobremaneira os impactos ambientais e secundariamente diminuir custos com a compra de alguns produtos químicos que podem ser obtidos a partir de processos químicos simples e de baixo custo. Além disso, a conscientização intra e interinstitucional do destino correto dos resíduos acarreta um processo de inclusão em que todos os alunos e professores de disciplinas que utilizem o laboratório passem a preocupar-se com o armazenamento, destino e tratamento dos rejeitos produzidos durante as aulas. Desta forma este projeto alcançou os objetivos pretendidos incluindo a interface promovida entre Química, Meio Ambiente e a Publicidade dos resultados positivos obtidos, além de inserir os alunos no contexto de cidadão co-autor de um ambiente mais limpo e saudável.

## AGRADECIMENTOS

A todos os alunos e professores que nos apoiaram para a concretização deste projeto.

À agência de publicidade Spray Idéias por gentilmente ceder os profissionais da área de criação.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, D. G., IAMAMOTO, Y. Relato de uma experiência pedagógica no ensino de Química: formação profissional com responsabilidade ambiental. **Quim. Nova**, 26 (4), p. 582-584, 2003.

AFONSO, J. C., SILVEIRA, J. A., OLIVEIRA, A. S., Análise sistemática de reagentes e resíduos sem identificação. **Quim. Nova**, 28 (1), p. 157-165, 2005.

ANDREWS, R.; **The Scientist**, 4, p. 24, 1990.

ARMOUR, M. A.; **J. Chem. Educ.**, 65, p. 64, 1998.

FARIAS, F. R., Práticas de Química Inorgânica, 1ª Ed., Átomo, São Paulo, 2004.

JARDIM, W. F., Gerenciamento de resíduos químicos em laboratórios de ensino e pesquisa. **Quim. Nova**, 21 (5), p. 671-673, 1998.

LIMA, I. V., PEDROSO, M. F. M., Ecotoxicologia do ferro e seus compostos. **Cadernos de Referência Ambiental**, CRA, vol. 4, Salvador, 2001.

TAVARES, G. A., BENDASSOLI, J. A., Implantação de um programa de gerenciamento de resíduos químicos e águas servidas nos laboratórios de ensino e pesquisa no CENA/USP. **Quim. Nova**, 28 (4), p. 732-738, 2005.

VOGEL, A. I., Química Analítica Qualitativa, 1ª Ed., Mestre Jou, São Paulo, 1981.