

## Gestão de Resíduos de Laboratório: Uma Abordagem para o Ensino Médio

**Alexander Fidelis da Silva, Tamires Rúbia dos Santos Soares e Júlio Carlos Afonso**

Este trabalho mostra a possibilidade, desde o Ensino Médio, de os alunos terem contato com um dos desafios ambientais da atualidade: a gestão e o tratamento dos resíduos gerados em laboratórios de química. Os tratamentos propostos se baseiam nos equilíbrios químicos básicos em solução aquosa (neutralização, precipitação, oxirredução e complexação) e facilitam a assimilação de diversos conceitos. Essa iniciativa facilita a inculcação nos alunos da necessidade de serem parte integrante de uma relação mais harmoniosa com o ambiente.

► resíduos; tratamento de resíduos; consciência ambiental ◀

Recebido em 18/12/08, aceito em 11/09/09

37

O grande avanço que a ciência e a tecnologia alcançaram nas últimas décadas é inegável. No entanto, o ambiente está se degradando a ponto de tornar o prognóstico para as futuras gerações uma incógnita em termos de qualidade de vida. Ele se tornou hoje um receptor final dos resíduos oriundos das atividades humanas. Um dos grandes desafios da atualidade é conciliar essas atividades com a preservação ambiental.

Nos anos 1990 no Brasil, ganhou força na indústria química a implementação do programa de atuação responsável, o qual estabelece procedimentos para as áreas de segurança de processos, transporte e distribuição de produtos químicos, proteção ambiental, saúde e segurança do trabalhador, diálogo com a comunidade e concepção/gerenciamento dos produtos. Grandes empresas têm investido em programas que minimizam os impactos causados por seus resíduos químicos (Alber-

guini e cols., 2003). Em termos de atividades de ensino e pesquisa, a situação é mais complexa quando se considera a grande diversidade dos resíduos produzidos, apesar da menor quantidade gerada em comparação com uma unidade industrial (Jardim, 1998).

As universidades têm um papel de suma importância, tanto pela sua função de formação de profissionais (professores e químicos), como também da tarefa de disseminar uma nova mentalidade nos meios acadêmicos e profissionais (Afonso e cols., 2003; Alberguini e cols., 2003; Amaral e cols., 2001). Observa-se nos últimos anos uma crescente preocupação com os resíduos gerados em laboratórios de ensino e pesquisa universitários, evidenciada pelo crescente número de artigos e livros publicados sobre o assunto.

Uma motivação extremamente relevante em termos educacionais é o estabelecimento de programas de gestão de resíduos. Trata-se de uma

excelente oportunidade de aprendizagem, treinamento e sensibilização para estudantes, professores e técnicos. O fator humano deve ser valorizado, na medida em que todos os usuários são parte integrante do programa e corresponsáveis pelas avaliações e pelos resultados a serem obtidos. Quanto mais cedo os alunos tiverem contato com um programa de gestão, torna-se mais fácil inculcar neles uma postura comprometida com o ambiente. Por isso, todas as esferas de ensino devem estar engajadas, comprometidas e envolvidas nessa proposta de gerir os resíduos produzidos nas aulas de química e áreas afins. Os laboratórios existentes em escolas de Ensino Médio e as práticas demonstrativas passam a ser uma valiosa ferramenta para esse trabalho por representarem o primeiro contato dos alunos com essa visão.

O gerenciamento de resíduos implica numa mudança de atitude. Por isso, é uma atividade que traz resultados em médio e longo prazos (Afonso e cols., 2005), além de requerer persistência contínua. Ela enfatiza os aspectos de responsabilidade éti-

A seção "Pesquisa no ensino de Química" inclui investigações sobre problemas no ensino de Química, com explicitação dos fundamentos teóricos e procedimentos metodológicos adotados na análise de resultados.

ca e cidadã das pessoas envolvidas, sendo um compromisso concreto na área de Educação Ambiental, uma das bases da construção do conhecimento de uma sociedade moderna (Gimenez e cols., 2006).

### Os resíduos de laboratório

Os resíduos gerados em atividades experimentais em aulas de Química apresentam muitas vezes as seguintes características (Figura 1): mau cheiro; presença de misturas de fases líquidas e sólidas; colorações decorrentes de

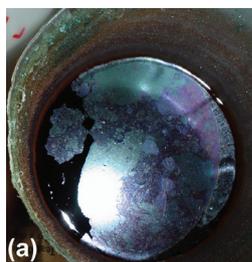


Figura 1: Os resíduos de laboratório costumam apresentar aspectos desagradáveis aos sentidos humanos.

misturas de substâncias coloridas ou de reações lentas com o ar (oxidação, por exemplo) sob a ação da luz ou mesmo entre componentes do resíduo; presença de borras, lacas e gomas de aspecto visual desagradável.

O trabalho com produtos químicos pode envolver contato com substâncias potencialmente perigosas, mesmo quando se empregam materiais de baixo custo e do cotidiano para a realização de experimentos. Essas características obrigam a que o manuseio desses produtos e de seus resíduos seja feito dentro de normas de segurança. Isso envolve o uso adequado dos equipamentos de proteção individual (jaleco, luvas, máscaras, óculos de segurança) e proteção coletiva (capelas, extintores de incêndio e lava-olhos). Não há sentido uma gestão de resíduos sem o compromisso com a segurança de todos. O tratamento do resíduo deve ser feito o mais rapidamente possível, evitando que ele se altere com o tempo, dificultando o procedimento a ser aplicado (Afonso e cols., 2003; Gimenez e cols., 2006; Machado e Mól, 2008). Melhor ainda, devem-se adotar medidas que minimizem a geração de resíduos em experimentos práticos (Machado e Mól, 2008).

Todos esses aspectos devem ser apresentados de forma clara para os

estudantes, de maneira a prepará-los para as atividades experimentais e, ao mesmo tempo, sensibilizá-los para que adotem uma postura responsável quando se trabalha com produtos químicos (inclusive aqueles que se encontram em suas residências). Uma oportunidade preciosa de inculcar essa consciência nos alunos de Ensino Médio é propor (ou demonstrar) rotas de tratamento de resíduos a partir de experimentos feitos por eles próprios (ou pelo professor), cujos resultados podem ser facilmente monitorados. Já se foi o tempo em que a prática corriqueira era o simples descarte dos resíduos dos experimentos na pia do laboratório.

### Descrição do trabalho

O critério primordial para iniciar um trabalho, como o que será apresentado, foi a coleta seletiva de resíduos na fonte, gerados a partir de experimentos de aulas práticas (Tabela 1). Doze elementos químicos foram selecionados por estarem presentes em substâncias ou materiais utilizados no cotidiano das pessoas. Os resíduos estão divididos em grupos conforme o tipo de reação empregado para tratá-los, o que também facilita a destinação final posterior.

O *modus operandi* foi implementado de 2003 a 2008 em aulas práticas ou demonstrativas de turmas de 1º

Tabela 1: Resíduos contendo íons de elementos selecionados e suas metodologias de tratamento

Grupo	Descrição	Metal (íon) de interesse	Outros íons ou substâncias presentes no resíduo	Forma de tratamento
1	Metais que precipitam por adição de NaOH e não se dissolvem em excesso de reagente (óxidos básicos)	Fe <sup>3+</sup> , Mn <sup>2+</sup> , Co <sup>2+</sup> , Ni <sup>2+</sup> , Mg <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , H <sup>+</sup> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , Na <sup>+</sup> , K <sup>+</sup> , SCN <sup>-</sup>	Adição de NaOH 6 mol L <sup>-1</sup> , gota a gota, sob agitação manual, até pH 7
2	Metais que precipitam por adição de NaOH e se dissolvem em excesso de reagente (óxidos anfóteros)	Al <sup>3+</sup> , Cr <sup>3+</sup> , Sn <sup>4+</sup> , Zn <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , H <sup>+</sup> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , Na <sup>+</sup> , K <sup>+</sup> ; aluminon e alizarina-S (Al); S <sup>2-</sup> e Fe <sup>3+</sup> (Zn)	Idem
3	Metais isoláveis por reações de oxirredução	Ag <sup>+</sup> , Cu <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , H <sup>+</sup> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , Na <sup>+</sup>	Adição de zinco metálico em pó, sob agitação manual, até cessar a precipitação do metal nobre, filtrando-o. Neutralização da solução com NaOH 6 mol L <sup>-1</sup> até pH 7. Filtração do hidróxido de zinco [Zn(OH) <sub>2</sub> ] formado
4	Metais que precipitam como sulfato ou fluoreto	Ca <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , H <sup>+</sup> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , Na <sup>+</sup>	Adição de Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ou NaF 1 mol L <sup>-1</sup> . Após filtração do precipitado, neutralização da solução com NaOH 6 mol L <sup>-1</sup> até pH 7

ano do Ensino Médio de escolas da rede privada e da Fundação de Amparo à Escola Técnica (FAETEC) situadas na cidade do Rio de Janeiro, tendo como monitores alunos do 2º e 3º anos do Ensino Médio das respectivas escolas de origem selecionados a partir de entrevistas feitas entre os candidatos. Os alunos da FAETEC foram agraciados com bolsas do programa *Jovens talentos para a ciência* da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ). Os alunos receberam treinamento no Laboratório de Reciclagem e de Resíduos do Departamento de Química Analítica do Instituto de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Os professores de Química de todas as escolas que participaram desse trabalho foram igualmente contatados, quando então se discutiu as formas mais adequadas de implantação da proposta de trabalho. As várias rotas de tratamento (Tabela 1) propostas podem ser realizadas ao longo de uma aula. Soluções-padrão dos íons dos elementos podem ser usadas para fins de comparação. O tratamento de resíduos por meio de reações que causem impacto visual (formação ou dissolução de precipitados que se distinguem do líquido original e com coloração característica) torna atrativo o experimento e favorece a assimilação dos conteúdos a serem ministrados aos alunos.

### Sumário da parte experimental

#### Material necessário

- béquer de 50 ou 100 mL;
- bastão de vidro;
- funil e suporte;
- papel de filtro (filtração rápida, média e lenta);
- banho-maria;
- tubo de ensaio;
- pinça para tubo de ensaio;
- proveta graduada de 25 mL;
- espátula;
- solução de NaOH 6 mol L<sup>-1</sup>;
- zinco em pó;
- solução de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1 mol L<sup>-1</sup>;
- solução de NaF 1 mol L<sup>-1</sup>;
- papel indicador universal de pH;
- solução de HCl 2 mol L<sup>-1</sup>;

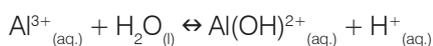
- solução de HNO<sub>3</sub> 8 mol L<sup>-1</sup>;
- soluções 0,1 mol L<sup>-1</sup> dos nitratos dos metais selecionados para este estudo;
- frascos coletores para os precipitados e os líquidos finais após os experimentos.

#### Procedimento experimental

Tomar um volume de 20 mL do resíduo (previamente homogeneizado agitando o frasco que o contém) ou de uma das soluções 0,1 mol L<sup>-1</sup> por meio da proveta graduada, transferindo-o para um béquer. Avaliar o pH inicial com papel universal. Adicionar, gota a gota, com agitação manual, o reagente segundo o grupo a que pertence o resíduo ou o metal. Quando o pH chegar a 7 (caso dos grupos 1 e 2), parar a adição. No caso dos grupos 3 e 4, após cessar a precipitação do metal nobre (grupo 3) ou dos metais alcalino-terrosos (grupo 4), adicionar, gota a gota, solução de NaOH até pH 7. A filtração é feita colocando-se um papel de filtro sobre o funil. Em seguida, passar a mistura obtida após o tratamento final dos resíduos ou das soluções dos metais. Recolher o filtrado em béquer, e medir o pH. Esse líquido, que deve ser incolor e sem sólidos em suspensão, deve ter pH próximo ao da água pura (entre 6 e 8). Ajustes eventuais foram feitos adicionando solução de NaOH ou de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 6 mol L<sup>-1</sup>, sendo monitorado pelo emprego de papel indicador universal.

#### Discussão

Todos os resíduos tinham características ácidas, o que não é de se estranhar, pois ao consultar a Tabela 1, vê-se que o íon H<sup>+</sup> predomina sobre o íon OH<sup>-</sup> em todos os casos. No caso das soluções dos metais em estudo, existem duas possibilidades: pH 7 (caso dos sais dos metais alcalino-terrosos) ou ácido (demais metais). Nesse último caso, os cátions são derivados de bases fracas, estando sujeitos à hidrólise em meio aquoso, acidificando o meio como, por exemplo:



No caso dos nitratos dos metais alcalinos, o pH 7 se deve ao fato de esses sais serem derivados de ácido e base fortes.

A Figura 2 mostra alguns dos resultados mais relevantes obtidos. O aspecto do precipitado obtido após o tratamento do resíduo pode diferir consideravelmente daquele obtido quando se aplica o mesmo processo à solução-padrão correspondente, o que reflete o fato de os resíduos serem misturas de diversos componentes, conforme se depreende da presença de outras espécies químicas identificadas a partir dos roteiros de prática que lhes deram origem (Tabela 1).

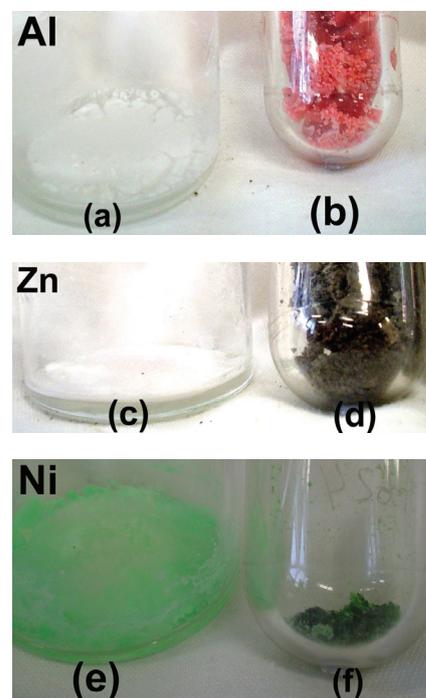


Figura 2: Exemplos de diferença entre a precipitação dos íons de um elemento químico de sua solução-padrão (a, c, e) e de seus correspondentes resíduos (b, d, f).

Por exemplo, o hidróxido de alumínio, Al(OH)<sub>3</sub>, um precipitado gelatinoso esbranquiçado (Figura 2a), obtido após adição de NaOH à solução-padrão, tem coloração diversa do precipitado obtido a partir do mesmo tratamento aplicado ao resíduo (cor vermelha, Figura 2b). Essa coloração é devida à presença de reagentes (corantes) adicionados para dar coloração vermelha em presença do Al(OH)<sub>3</sub>. O zinco, preci-

pitado a partir de sua solução-padrão como hidróxido ( $\text{Zn}(\text{OH})_2$ ), de cor branca (Figura 2c), contrasta com o precipitado obtido após o tratamento do resíduo contendo esse metal. O sólido tem coloração preta (Figura 2d) devido à presença de sulfeto de ferro ( $\text{FeS}$ ), preto, e de hidróxido de ferro(III),  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ , marrom-avermelhado. Os íons  $\text{S}^{2-}$  (sulfeto) e  $\text{Fe}^{3+}$  se acham presentes no resíduo original (Tabela 1). Por fim, o precipitado de hidróxido de níquel padrão ( $\text{Ni}(\text{OH})_2$ , Figura 2e) tem coloração verde mais clara se comparado ao resíduo contendo o mesmo elemento químico (Figura 2f), devido à presença de um pouco de hidróxido de ferro nesse caso.

A etapa de filtração exige cuidado para ser bem-sucedida. É preciso escolher um papel de filtro de porosidade compatível com o tipo de precipitado (maior porosidade – precipitado gelatinoso; menor porosidade – precipitado fino) de modo a

evitar uma filtração demorada e tediosa ou que partículas de sólido passem pelo meio filtrante, obrigando a um retrabalho e significando perda de tempo – o líquido não se enquadraria nos requisitos para descarte em corpo receptor segundo as normas ambientais vigentes (Machado e Mól, 2008). Do mesmo modo, a homogeneização é fundamental para assegurar o tratamento de todo o volume de amostra. Isso se demonstra facilmente executando o procedimento sem agitação: o efeito imediato do agente precipitante (ou redutor) se limita ao ponto de adição, acarretando num tempo de trabalho muito maior e a um gasto excessivo do agente.

### Muito além de tratar de resíduos

Os diversos tratamentos aplicados aos resíduos dependem das propriedades químicas dos íons dos elementos selecionados em solução aquosa. Isso é uma oportunidade para apresentar (ou recordar)

O ambiente está se degradando a ponto de tornar o prognóstico para as futuras gerações uma incógnita em termos de qualidade de vida, uma vez que ele se tornou hoje um receptor final dos resíduos oriundos das atividades humanas.

aos alunos conceitos de equilíbrio químico (ácido-base, oxirredução, precipitação e complexação), que são a base dos tratamentos aplicados aos resíduos (Tabela 2). Em alguns casos, mais de um equilíbrio é trabalhado simultaneamente ou em sequência.

É importante enfatizar que a segregação dos resíduos não apenas facilita o tratamento destes, mas permite outro importante exercício: o reaproveitamento deles em novos experimentos. Mesmo se os precipitados (sólidos) obtidos não correspondem a produtos “puros”, é possível utilizar muitos deles em diversos experimentos como ilustrado na Tabela 3. O requisito é verificar se os outros componentes do resíduo coprecipitados impedem ou não esse reuso. Os precipitados contendo alumínio (Figura 2b) e níquel (Figura 2f) podem ser reutilizados, mas não o de zinco (Figura 2d). Reaproveitar resíduos significa menor custo pela não necessidade de aquisição de reagentes e reduz o impacto ambiental das atividades práticas de Química.

A discussão com os professores sobre como ministrar os experimentos

Tabela 2: Conteúdo que pode ser abordado nos experimentos para cada grupo de resíduos

Grupo	Formas de trabalhar	Tópicos complementares*
1	Balancear reações de precipitação de hidróxidos metálicos (metais de transição e transição interna), com base no número de oxidação do cátion metálico: $\text{X}^{m+}_{(\text{aq.})} + m \text{OH}^{-}_{(\text{aq.})} \rightarrow \text{X}(\text{OH})_{m(\text{s})}$	A evolução do precipitado de $\text{Mn}(\text{OH})_2$ por oxidação pelo oxigênio atmosférico, $\text{Mn}(\text{OH})_{2(\text{s})} + \frac{1}{2} \text{O}_{2(\text{g})} \rightarrow \text{MnO}_{2(\text{s})}$ (ou $\text{MnO}(\text{OH})_{2(\text{s})}$ ) + $\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$ é constatado pela alteração da cor do precipitado. Notar que a precipitação dos metais desse grupo ocorre simultaneamente à neutralização da solução
2	Idem	O ajuste do pH para evitar que o hidróxido precipitado se redissolva, por exemplo: $\text{Al}(\text{OH})_{3(\text{s})} + \text{OH}^{-}_{(\text{aq.})} \rightleftharpoons [\text{Al}(\text{OH})_4]^{-}_{(\text{aq.})}$ ou $\text{Al}(\text{OH})_{3(\text{s})} + \text{OH}^{-}_{(\text{aq.})} \rightleftharpoons \text{AlO}_2^{-}_{2(\text{aq.})} + 2 \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$ Tal controle também é necessário em processos químicos e biológicos industriais, bem como em todos os processos enzimáticos no corpo humano
3	Classificação das reações químicas (as reações deste grupo são de simples troca ou de deslocação. Compará-las com as de dupla troca). Oxidação e redução. Balanceamento de reações redox $2 \text{X}^{m+}_{(\text{aq.})} + m \text{Zn}_{(\text{s})} \rightarrow 2 \text{X}_{(\text{s})} + m \text{Zn}^{2+}_{(\text{aq.})}$	Porque pode ocorrer liberação de gás hidrogênio nos experimentos (a importância de não empregar excesso demorado de redutor)? Com base na série de potenciais redox, explicar por que o zinco reduz os íons de prata e cobre, mas não os de alumínio e magnésio. Discutir outro tipo de reação redox de simples troca: o deslocamento de um halogeneto mais pesado por um halogênio mais leve, por exemplo: $2 \text{I}^{-}_{(\text{aq.})} + \text{Br}_{2(\text{aq.})} \rightarrow 2 \text{Br}^{-}_{(\text{aq.})} + \text{I}_{2(\text{aq.})}$
4	Equilíbrio de precipitação (produto de solubilidade). Ajuste de equação química pelo método de tentativas	Quem é o melhor agente precipitante do íon $\text{Ca}^{2+}$ ? (Comparar $K_{\text{ps}}$ do $\text{CaSO}_4$ e do $\text{CaF}_2$ ). Lembrar que dentes, ossos, minerais, rochas etc. existem na medida em que são formados por compostos pouco solúveis em água

\* Em todos os casos, devem-se: (a) isolar o precipitado obtido, recorrendo à separação sólido-líquido (misturas heterogêneas); (b) refletir o porquê de o efluente líquido a ser descartado deve ter pH próximo de 7 (Machado e Mól, 2008).

Tabela 3: Experimentos possíveis para reuso dos materiais isolados a partir do tratamento dos grupos de resíduos

Grupo	Exemplos	Formas de trabalhar
1	MnO <sub>2</sub> ou MnO(OH) <sub>2</sub> Hidróxidos em geral	Dissolução do precipitado em ácido clorídrico (reação redox Mn-Cl e geração de gás cloro): $\text{MnO}(\text{OH})_{2(s)} + 4 \text{HCl}_{(aq)} \rightarrow \text{MnCl}_{2(aq)} + \text{Cl}_{2(g)} + 3 \text{H}_2\text{O}_{(l)}$ Reação ácido-base, por exemplo: $\text{Fe}(\text{OH})_{3(s)} + 3 \text{HCl}_{(aq)} \rightarrow \text{FeCl}_{3(aq)} + 3 \text{H}_2\text{O}_{(l)}$
2	Zn(OH) <sub>2</sub> e Al(OH) <sub>3</sub>	Demonstração do caráter anfótero de alguns óxidos e hidróxidos, por exemplo: $\text{Al}(\text{OH})_{3(s)} + \text{NaOH}_{(aq)} \leftrightarrow \text{NaAl}(\text{OH})_{4(aq)}$ e $\text{Al}(\text{OH})_{3(s)} + 3 \text{HCl}_{(aq)} \rightarrow \text{AlCl}_{3(aq)} + 3 \text{H}_2\text{O}_{(l)}$ Observar que hidróxidos dos íons dos elementos do grupo 1 apenas se dissolvem em meio ácido
3	Cu metálico	Dissolução de metais mais nobres do que o hidrogênio na série de potenciais em ácidos oxidantes e não oxidantes: $\text{Cu}_{(s)} + \text{HCl}_{(aq)} \rightarrow \text{não reage}$ $3 \text{Cu}_{(s)} + 8 \text{HNO}_{3(aq)} \rightarrow 3 \text{Cu}(\text{NO}_3)_{2(aq)} + 2 \text{NO}_{(g)} + 4 \text{H}_2\text{O}_{(l)}$
4	CaSO <sub>4</sub> e CaF <sub>2</sub>	Efeito da temperatura (aquecimento) sobre a solubilidade dos precipitados (CaSO <sub>4</sub> dissolve-se em água quente, mas não CaF <sub>2</sub> ). Classificação das soluções conforme a concentração do soluto dissolvido.

mostrou que eles, como prática demonstrativa, devem ser conduzidos durante a exposição dos conceitos em sala. Assim, os resíduos dos grupos 1 e 2 podem ser empregados nas aulas que tratam de óxidos (classificação) e reações de precipitação. No caso dos resíduos do grupo 3 e do mangânês, eles podem ser usados no momento da apresentação dos conceitos de oxirredução, sendo ainda úteis no estudo do balanceamento de reações redox e da tabela de potenciais.

**As universidades têm um papel de suma importância, tanto pela sua função de formação de profissionais como também da tarefa de disseminar uma nova mentalidade nos meios acadêmicos e profissionais.**

Os resíduos do grupo 4 se prestam para as aulas de precipitação. Caso se disponha de aquecimento, o experimento com CaSO<sub>4</sub> (que se dissolve quando aquecido) remete à aula de classificação das soluções (saturada, supersaturada etc.). Se a escola dispuser de um laboratório, os experimentos devem ser realizados após a apresentação em aula dos conceitos pertinentes a cada um dos resíduos.

### O aluno como foco do trabalho

A participação dos alunos neste trabalho mostra dois resultados imediatos: a eliminação da ideia da Química como ciência abstrata e longe da realidade; e a melhor assimilação dos conceitos de equilíbrio químico. Ao longo do tempo, face a algumas etapas dos tratamentos

aplicados, trabalhosas e demoradas (especialmente a filtração), muitos alunos reclamavam o porquê de se fazer tais procedimentos. A partir desse fato, eles mesmos concluíram que tudo aquilo seria desnecessário ou drasticamente reduzido se houvesse menos rejeitos a serem tratados, ou melhor, se não fossem gerados.

Nesse momento, o professor assume um papel primordial para ampliação da discussão em curso: Por que tratar resíduos químicos?

O que acontece se eles forem descartados no ambiente sem cuidados? Exemplos de desastres ambientais ocorridos com produtos químicos e resíduos (rompimento da barragem de resíduos da Fábrica de Papel e Celulose de Cata-guazes, vazamento do inseticida endosulfam nas águas do rio Paraíba do Sul, contaminação da Baía de Minamata por mercúrio etc.) levam invariavelmente a discussões nas turmas (às vezes, bastante acaloradas). Essa reflexão é a porta de entrada para a consciência da necessidade de harmonia entre as atividades humanas e o ambiente, da qual todos

**Todas as esferas de ensino devem estar engajadas, comprometidas e envolvidas na proposta de gerir os resíduos produzidos nas aulas de química e áreas afins.**

fazem parte. Num outro exercício de reflexão, o professor pergunta aos alunos que produtos químicos se encontram em suas residências (produtos de limpeza, higiene pessoal, cosméticos, remédios etc.). Quais desses produtos eles sabem usar? Como eles devem ser guardados? E as embalagens descartadas? Assim como se tomam cuidados quando se manejam resíduos, a mesma postura se aplica a quaisquer produtos químicos, sob risco de contrair diversos problemas de saúde e até ocasionar a morte (Pimentel e cols., 2006). Ler as instruções de uso evita situações desagradáveis.

Os alunos-monitores desempenharam um importante papel motivador e complementar à atuação docente. A experiência prévia que tiveram impressionou e entusiasmou seus colegas e facilitou a assimilação das mensagens que podem ser transmitidas nas aulas. Eles se sentiram valorizados por participarem ativamente do aprendizado de seus colegas.

### Conclusões

Por meio de experimentos práticos com enfoque na gestão dos resíduos químicos, este trabalho enfatiza a importância da química experimental no Ensino Médio como formadora de uma mentalidade sensível aos proble-

mas ambientais da atualidade. Essa atividade é uma grande oportunidade para que os alunos assumam atitudes comprometidas com um ambiente mais saudável para o planeta, pelas quais eles são corresponsáveis.

Os alunos também têm a oportunidade de vivenciar seus conhecimentos em química mediante o emprego de conceitos de equilíbrio químico necessários ao tratamento dos resíduos. É possível também extrapolar as fronteiras da sala de aula, onde os cuidados no manejo

de produtos químicos (e de resíduos) são fundamentais para se evitar acidentes com produtos de uso doméstico e impactos ambientais. O trabalho apresentado é um exemplo em que o uso de experimentos, aliado ao embasamento teórico, facilita os processos de assimilação e de apreensão do conhecimento.

### Agradecimentos

Tamires Rúbia dos Santos Soares agradece à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro

(FAPERJ) pela concessão de bolsa do programa *Jovens talentos para a ciência*.

**Alexander Fidelis da Silva**, licenciado em Química pelo Instituto de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), é professor em diversas escolas da rede privada da cidade do Rio de Janeiro.

**Tamires Rúbia dos Santos Soares** é aluna de nível médio (3º ano) do Colégio Estadual Antônio Gonçalves (São João de Meriti – Rio de Janeiro) e participa do programa *Jovens talentos para a ciência*. **Júlio Carlos Afonso** (julio@iq.ufrj.br), graduado em Química e Engenharia Química e doutor em Engenharia Química pelo IRC/CNRS (França), é professor associado do Departamento de Química Analítica do Instituto de Química da UFRJ.

### Referências

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

AFONSO, J.C.; SILVEIRA, J.A.; OLIVEIRA, A.S. e LIMA, R.M.G. Análise sistemática de reagentes e resíduos sem identificação. *Química Nova*, v. 28, n. 1, p. 157-165, 2005.

ALBERGUINI, L.B.A.; SILVA, L.C. e 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*, 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. e BORGES, A.C. 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*, v. 24, n. 3, p. 419-423, 2001.

GIMENEZ, S.M.N.; ALFAYA, A.A.S.; ALFAYA, R.V.S.; YABE, M.J.S.; GALÃO, O.F.; BUENO, E.A.S.; PASCHOALINO, M.P.; PESCADADA, C.E.A.; HIROSSI, T. e BONFIM, P. Diagnóstico das condições de laboratórios, execução de atividades práticas e resíduos químicos produzidos nas escolas de ensino médio de Londrina – PR. *Química Nova na Escola*, n. 23, p. 32-37, 2006.

JARDIM, W.F. Gerenciamento de resíduos químicos em laboratórios de ensino e pesquisa. *Química Nova*, v. 21, n. 5, p. 671-675, 1998.

MACHADO, P.F.L. e MÓL, G.S. Resíduos e rejeitos de aulas experimentais: o que fazer? *Química Nova na Escola*, n. 29, p. 38-41, 2008.

PIMENTEL, L.C.F.; CHAVES, C.R.; FREIRE, L.A.A. e AFONSO, J.C. O inacreditável emprego de produtos químicos perigosos no passado. *Química Nova*, v. 29, n. 5, p. 1138-1149, 2006.

### Para saber mais

ABIQUIM. Associação Brasileira da Indústria Química. *Atuação responsável*. Disponível em: <<http://www.abiquim.org.br/atuacaoresponsavel>>.

ALBERGUINI, L.B.A.; SILVA, L.C. e REZENDE, M.O.O.R. *Tratamento de resíduos químicos: guia prático para a solução dos resíduos químicos em instituições de ensino superior*. São Carlos: RiMa, 2005.

FIGUERÊDO, D.V. *Manual para gestão de resíduos químicos perigosos de instituições de ensino e pesquisa*. Belo Horizonte: Conselho Regional de Química de Minas Gerais, 2006.

LEITE, Z.T.C.; ALCANTARA, S. e AFONSO, J.C. A gestão de resíduos de laboratório na visão de alunos de um curso de graduação de química e áreas afins. *Química Nova*, v. 31, n. 7, p. 1892-1897, 2008.

MARTINI JR., L.C. e GUSMÃO, A.C.F. *Gestão ambiental na indústria*. Rio de Janeiro: Destaque, 2003.

**Abstract:** *Laboratory Waste Management: An Approach for High School.* This work shows the possibility of secondary students to know one of the nowadays challenges: the management and treatment of wastes generated in chemical laboratories. The routes proposed are based on classical chemical equilibria in aqueous solutions (neutralization, precipitation, oxidation and complexation), and help learning many chemical concepts. This project helps the inculcation of a new mentality for such students, being an active part of a better relationship between man and environment.

**Keywords:** wastes; waste treatment; environment.

## Jornadas de Química

As Jornadas Internacionais de Enseñanza Universitaria de La Química – VI Jornada Internacional e IX Jornada Nacional de Ensino Universitário de Química – serão realizadas de 9 a 11 de junho de 2010 em Santa Fe (Argentina).

No evento, serão desenvolvidas conferências, plenárias, mesas-redondas e apresentações de trabalhos.

A submissão de trabalhos pode ser realizada até 01 de março de 2010.



Informações adicionais: <http://www.fccb.unl.edu.ar/ eventos/jornadasquimica>

Contato: [jornadaenquimica@fccb.unl.edu.ar](mailto:jornadaenquimica@fccb.unl.edu.ar)

Luciana Caixeta Barboza (editoria QNEsc)