

EXPERIMENTOS QUE GERAM REJEITOS QUÍMICOS: UMA DISCUSSÃO À LUZ DOS LIVROS DIDÁTICOS

AN ANALYSIS OF TEXTBOOKS SECONDARY SCHOOL ABOUT CHEMICAL WASTES DISPOSAL IN EXPERIMENTAL ACT

Márcia Cristiane Eloi Silva Ataíde¹
Josivânia Marisa Dantas², Márcia Gorette Lima da Silva³

¹UFRN/PPGECNM/ marciaeloiataide@yahoo.com.br

²UFCG/ josivaniamd@yahoo.com.br

³UFRN/PPGECNM/ marciaglsilva@yahoo.com.br

Resumo

Na atualidade a preocupação com as questões ambientais permeia as discussões em diferentes níveis de ensino e, a escola da educação básica não deve estar ausente deste processo. Ao olhar para o ensino de química nas escolas da educação básica observamos que uma das potencialidades para esta discussão são os rejeitos, especialmente de metais pesados nas aulas experimentais. Este trabalho tem como objetivo analisar os livros didáticos de química para o ensino médio (PNLEM/2007) sobre o descarte destes rejeitos. Para a análise foi utilizado um roteiro abordando: orientações na realização dos experimentos; segurança e a abordagem sobre os rejeitos produzidos. Da análise emergiram três categorias: viabilidade de uso na sala de aula, questões de segurança e informações sobre rejeitos químicos. O resultado desta análise indica que, parte dos livros quando não orientam subentendem que o professor deve conhecer e/ou buscar tal orientação em outras fontes.

Palavras-chave: rejeitos químicos, metais pesados, livro didático; ensino de química.

Abstract

At the present time the concern with the environmental issues permeates the discussion in different teaching levels and the school of the basic education should not be absent of this process. In chemical education observed that one of the potentialities for this discussion are wastes, especially of heavy metals in the experimental classes. The aim of this work of this work is to analyze of textbooks secondary school chemistry (PNLEM/2007) about waste disposal. For the analysis a route was used approaching: orientations in the accomplishment experiments; safety and approach on the produced wastes. Of the analysis three categories emerged: use viability en the class room, subjects of safety and information on chemical wastes. Results indicate that many books when they don't guide and there is also the necessity for the orientation in others sources.

Keywords: reject chemistry, chemical waste, didactic book, chemistry education

INTRODUCAO

As questões ambientais vêm sendo sinalizadas como exemplo nos livros didáticos com diferentes objetivos e propostas. Nosso foco é que ao olhar para o ensino de química nas escolas da educação básica observamos que uma das potencialidades para esta discussão são os rejeitos químicos das aulas experimentais sejam elas realizadas com ou sem laboratórios e, apresentamos aqui um recorte da pesquisa desenvolvida no mestrado profissionalizante. Neste recorte, o objeto de estudo aborda experimentos – utilizáveis em escolas do ensino médio – que geram rejeitos químicos com metais pesados. Tal interesse destaca a importância da preocupação deste tema como parte da formação cidadã do estudante da educação básica relacionada às questões ambientais.

Com relação ao tema que se pretende discutir, é importante esclarecer o que chamamos de resíduo e rejeito, já que estes termos são muito utilizados no cotidiano. Para Amaral et al. (2001, p. 421) *resíduo* é “todo e qualquer material que pode ser reaproveitado, sem tratamento prévio, em algum outro experimento e *rejeito* seria todo e qualquer resíduo que não apresenta utilidade alguma, pelo menos até o momento, e que, portanto, precisa ser descartado” (AMARAL et al. 2001, p. 421).

A legislação brasileira com a NBR 10004/2004 de Resíduos Sólidos, define os resíduos sólidos quanto ao risco à saúde pública e ao meio ambiente em dois grupos, a saber, perigosos e não perigosos. Os não perigosos subdividem-se em inerte e não inerte. Esta norma define os resíduos sólidos como aqueles que são gerados de atividades que tornem inviável o descarte na rede pública de esgoto ou corpos de água. Assim, incluem os sub-produtos gerados em reações químicas como os metais pesados independente da quantidade, visto que estes podem trazer prejuízos aos mananciais aquíferos (lençóis freáticos) em função da tendência de serem absorvidos pelo meio ambiente concentrando-se nos organismos vivos podendo até ser letal. Se pensarmos em termos de produtos químicos gerados podemos dizer que há 2 classes de produtos químicos em que a diluição não funciona, a saber, metais pesados e seus compostos e produtos orgânicos sintéticos não-biodegradáveis.

Assim, baseado nestes autores, a perspectiva deste trabalho foca o *rejeito químico* produzido em experimentos destinados a escola do nível médio. Para tanto, consideraremos a abordagem do tema em livros didáticos de química no ensino médio.

Nesse sentido, um dos meios que tanto professores como estudantes utilizam como fonte de informações sobre experimentos são livros os didáticos e manuais diversos, sejam estes impressos ou eletrônicos. Assim, entendemos que era necessário conhecer as atividades experimentais propostas nestes manuais focando a atenção no livro didático visto que, por vezes, é utilizado pelo professor tanto como fonte de conteúdos como ferramenta de trabalho (MEDEIROS, 2005). Os professores reconhecem o livro didático como ferramenta importante na sua prática pedagógica, pois pode auxiliá-los, inclusive, na procura de outras fontes e experiências para complementar o trabalho em sala de aula. (BRASIL, 2007).

A preocupação com os livros didáticos vem refletida no Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio (PNLEM) cujo objetivo era o de democratizar o acesso a este recurso e promover a melhoria da qualidade do processo ensino-aprendizagem neste nível de ensino. Segundo Echeverria, Mello e Gauche (2008, p. 81) o PNLEM impõe ainda, “um padrão mínimo de qualidade aos livros didáticos oferecidos no mercado editorial brasileiro”.

Partindo do entendimento que o livro didático é entendido como fonte de informações e sugestões de atividades a serem realizadas pelos professores, procurou-se identificar nos livros recomendações de segurança para a realização de experimentos que geram rejeitos com metais pesados. Optou-se em analisar os livros didáticos avaliados e recomendados pelo PNLEM/2007 (BRASIL, 2007). No quadro a seguir apresentamos os livros analisados:

Ano	Autor	Apelido	Título	Volume
2003	Peruzzo, Canto	Tito e Canto	Química na abordagem do cotidiano	1
2003	Peruzzo, Canto	Tito e Canto	Química na abordagem do cotidiano	2
2003	Peruzzo, Canto	Tito e Canto	Química na abordagem do cotidiano	3
2004	Ricardo Feltre	Feltre	Química Geral	1
2004	Ricardo Feltre	Feltre	Físico-Química	2
2004	Ricardo Feltre	Feltre	Química Orgânica	3
2005	Bianchi, Albrech, Maia	Bianchi	Universo da Química	Único
2006	Santos, Mol et al	Wildson	Química & Sociedade	Único
2007	Mortimer, Machado	Mortimer	Química	Único
2007	Nóbrega, Silva, Silva	Nóbrega	Química	Único

Quadro 1: Livros didáticos de química para o ensino médio recomendados pelo PNLEM 2007

Para a análise dos livros foi elaborado um roteiro (Quadro 2) baseado em pontos considerados relevantes para nossa pesquisa, tais como: orientações para a realização dos experimentos, a segurança do professor e dos alunos durante a realização dos experimentos, o impacto ambiental proveniente dos rejeitos gerados nestas atividades, a viabilidade de execução e a proposição de materiais alternativos para a execução dos experimentos. No quadro, a seguir apresentamos os itens do roteiro e a relação com cada ponto abordado emergindo as categorias de análise:

Itens do roteiro	Categoria de análise
Apresenta orientações claras para a realização dos experimentos/demonstrações propostos?	Viabilidade de uso na sala de aula
Apresenta materiais alternativos para a execução dos experimentos?	
Apresenta lista de equipamentos e materiais necessários para a realização dos experimentos?	
O livro do aluno e/ou professor propõe atividades que trazem riscos para os alunos e professores?	Questões de segurança
Mostram recomendações de cuidados e procedimentos de segurança para preveni-los?	
Apresenta informações sobre manipulação e destinação adequada dos rejeitos químicos e possíveis impactos ambientais?	Informações sobre rejeitos químicos
Apresenta informações sobre a existência de contaminantes?	

Quadro 2: Roteiro de análise do livro didático recomendados pelo PNLEM

Utilizamos como referência para a elaboração do referido roteiro a ficha de avaliação reproduzida no catálogo do PNLEM para o Ensino Médio. Esta ficha foi enviada às escolas públicas juntamente com o catálogo para a escolha do livro didático pelos professores. O catálogo traz comentários sobre as obras didáticas recomendadas pelo programa, a estrutura das obras, uma análise crítica dos aspectos conceituais, metodológicos e éticos, e algumas sugestões para a prática pedagógica (BRASIL, 2007). Para a análise das informações registradas nos livros didáticos a partir do roteiro, utilizou-se alguns elementos da análise de conteúdo segundo Bardin (1977). Após a

leitura de cada livro foram separados os pontos mais significativos e organizados em tabelas de acordo com o nome do autor, o número da página e as categorias de análise.

A ANÁLISE DOS LIVROS

A partir dos dados tabelados, os resultados foram organizados em três categorias de análise, a saber: (a) a viabilidade de realização das atividades; (b) a segurança na realização dos experimentos; (c) os rejeitos químicos e seu tratamento.

a) Categoria: Viabilidade de realização das atividades

Com relação à viabilidade de realização das atividades, os tópicos referem-se a orientações na realização dos experimentos, os materiais alternativos e os equipamentos sugeridos. Apesar desta categoria não tratar exclusivamente dos metais pesados, entendemos a importância de conhecer sinalizações nos textos para uma substituição dos reagentes e demais materiais que geram rejeitos, por exemplo.

Assim, observou-se que os livros analisados apresentam uma relação de equipamentos e materiais necessários para a execução dos experimentos assim como também orientações para a execução destas atividades. Os quatro livros a seguir (Mortimer, Bianchi, Nóbrega, Wildson Santos) são constituídos de um volume único para as 3 séries do ensino médio, enquanto que os livros de Feltre e Peruzzo possuem 3 livros separados para cada série. Todos os livros propõem experimentos com material alternativo e de fácil acesso. Por exemplo, no livro Mortimer a atividade proposta “Vitamina C como agente redutor – interação com iodo”, na página 280, sugere o uso de solução de iodo (encontrada em farmácias), comprimido de vitamina C não efervescente e limão. No livro do professor acompanha um capítulo adicional intitulado Assessoria Pedagógica que traz em cada capítulo uma seção de recursos alternativos com orientações.

Por exemplo, no livro do professor do autor Bianchi apresenta um capítulo intitulado Manual do Professor. Um exemplo de experimento com materiais alternativos proposto é a “Corrosão do ferro”, na página 272, onde utilizam pregos de ferro, copos de vidro e óleo de cozinha. O experimento “A eletrólise da salmoura”, página 59 do Manual do Professor, é indicado pelos autores para ser realizado em caráter demonstrativo. Os autores sugerem ainda, que as disciplinas de Física e Biologia podem participar desta atividade. Da mesma forma no livro de Nóbrega apresenta também um capítulo intitulado manual do professor. Os experimentos são propostos apenas neste manual. Por exemplo, na página 39 a atividade intitulada “Natureza elétrica da matéria” sugere o uso de bastão de plástico, pedaço de náilon (uma meia-calça feminina), pedaço de linha de costura e bolinha de isopor. Já o livro Wildson possui um livro como manual separado para o professor. Nele há experimentos sugeridos em todas as unidades do livro do aluno. Um exemplo de atividade com material alternativo é o caso do experimento da página 26 que propõe o uso de clara de ovo, palito de fósforos, comprimido efervescente, entre outros para verificar a ocorrência de uma reação. Na coleção de Tito e Canto cada volume está organizado em capítulos incluindo apêndices com respostas aos exercícios, lista de siglas, bibliografia e um manual do professor como último capítulo. Nos capítulos são descritos experimentos com fotos ilustrativas para a explicação do conteúdo abordado, como é o caso da página 44 do volume 1, onde é descrita a “decomposição da água”. Algumas atividades são orientadas para que apenas o professor realize em caráter demonstrativo, como é o exemplo da página 16, volume 1 no manual do professor, em que para a atividade “teste da chama” é

recomendado o uso de HCl concentrado. Na coleção de Feltre as atividades experimentais são propostas em maior quantidade nos volumes 1 e 2, geralmente em caráter demonstrativo e recomendam o uso de materiais de fácil obtenção. A coleção para o professor acompanha um capítulo adicional intitulado de Suplemento para o Professor. Entre as atividades que utilizam materiais alternativos podemos citar a da página 64 do volume 1 que recomenda o uso de copos, palha de aço, papel alumínio, sal de cozinha, vinagre, fita adesiva e canetas de retroprojeto para a observação da ocorrência de reações químicas.

De maneira geral, os livros analisados nesta categoria apresentam orientações aos alunos e professores na realização das atividades experimentais. Além disso, fornece a relação de materiais necessários para cada experimento proposto sendo muitos destes, de caráter alternativo e de fácil obtenção.

b) Categoria: Segurança na realização dos experimentos

Com relação à categoria segurança na realização dos experimentos, os pontos abordados referem-se aos riscos na realização dos experimentos e nas recomendações para evitá-los. Assim, procuramos identificar além destes pontos, indicações de links e outras referências aos cuidados para alunos e professores.

No livro Mortimer a maioria das atividades experimentais propostas apresenta informações sobre segurança, alertas para os cuidados de manipulação de materiais. Entretanto, há algumas atividades experimentais que não trazem informações suficientes sobre os cuidados com a segurança ao preparar as soluções necessárias. Por exemplo, na página 102 os autores propõem o experimento intitulado “teste da chama” com o objetivo de identificação de cátions. Nesta proposta não apresenta informação sobre segurança, como o uso da lamparina ou a limpeza da alça para a não contaminação das soluções, sinalizando apenas na assessoria pedagógica de que este deve ser realizado pelo professor em caráter demonstrativo. Outro ponto é que neste experimento, apesar de uma quantidade ínfima, são utilizadas soluções de metais pesados. Estes autores também chamam a atenção para os cuidados com o contato com a pele ao serem manipuladas soluções ácidas e básicas, mas não comentam sobre a utilização de capela no preparo destas soluções pelos professores.

Assim, como o livro Mortimer, os demais livros analisados apresentam experimentos envolvendo a utilização de ácido forte concentrado e, nenhum deles orienta que deve ser manuseado em uma capela, exceto o volume 3 do Tito e Canto que relata que “quando um frasco de solução concentrada de HCl é aberto próximo a outro de solução concentrada de NH_3 , em poucos segundos é observada uma névoa branca sobre os vidros” (PERUZZO; CANTO, 2003c, p. 151). Nesta atividade os autores alertam que ela deve ser realizada pelo professor em uma capela com sistema de exaustão.

Observamos no livro Bianchi algumas orientações para o uso de equipamentos de segurança, como é o caso da atividade experimental que propõe a obtenção de cobre metálico submetendo uma solução aquosa de sulfato de cobre II a passagem de corrente elétrica. Dessa forma, o íon cobre é reduzido a cobre metálico. Na descrição do procedimento para realização desta atividade pelos alunos, os autores sinalizam para cuidados com a segurança tais como o uso de luvas de borracha e avental para proteger as roupas. Na primeira etapa desta atividade os autores apresentam literalmente para que “vista o avental e calce as luvas por medida de segurança” (BIANCHI, ALBRECH, MAIA, 2005, p.13). Esta atividade experimental tanto atende a categoria de Segurança

como a de Gerenciamento de rejeitos já que utiliza como reagentes soluções que contém metal pesado.

Ainda neste livro, os autores propõem outra atividade na página 162 intitulada “Fogos coloridos”. Este é o mesmo experimento sugerido no livro de Mortimer (ensaio da chama), só que alterando as soluções utilizadas. Nesta atividade, os autores não informam quais procedimentos de segurança são necessários e tampouco se é de caráter demonstrativo. Como já comentado tanto no livro de Mortimer como de Bianchi, este experimento apesar de pequenas quantidades visa a identificação de cátions de metais pesados em solução.

Outro experimento proposto pelos autores, intitulado “O equilíbrio e os sistemas fechados”, página 55 do Manual do Professor, é sugerido para ser realizado em caráter demonstrativo com a participação das disciplinas Física e Biologia. Esta atividade faz menção a *vapores perigosos* devido ao uso de ácido muriático e da solução amoniacal. No procedimento deste experimento os autores trazem os seguintes alertas: “Cuidado: os vapores do ácido são irritantes e prejudiciais à saúde!” e “Cuidado: não inale os vapores do amoníaco!” (BIANCHI, ALBRECH, MAIA, 2005, p.55). Cabe destacar que este mesmo experimento também é proposto em outros livros. Por exemplo, no livro Tito e Canto (2003), a abordagem do conteúdo químico é diferente. Nesse caso o experimento é apresentado no volume 3 ao apresentar o conteúdo de funções orgânicas utilizando-o para ilustrar a reação química entre ácidos e aminas. Já no livro de Nóbrega sugere a mistura em um tubo de ensaio de soluções aquosas de ácido clorídrico e hidróxido de amônio e que o aluno ‘cheire cuidadosamente os vapores produzidos a partir da reação química realizada’.

É importante destacar os efeitos produzidos a partir da mistura destes reagentes. Segundo Hirata e Filho (2008) os gases e vapores como no caso dos que são originados a partir do ácido clorídrico e do hidróxido de amônio, podem apresentar efeitos irritantes e/ou asfixiantes. Os efeitos irritantes são classificados como de impacto fraco, pois incluem a utilização de solventes orgânicos, ou de impacto forte no caso de ácidos, álcalis e oxidantes fortes, mesmo que em pequenas concentrações. Entre os efeitos provocados a partir do contato inclui lesão direta aos tecidos da pele, especialmente nas mucosas, o que desencadeia um processo inflamatório. Em pequenas concentrações provocam desconforto e ardor ocular, rinite, rinorréia (eliminação de líquido pelo nariz), traqueíte, e bronquite com tosse, dispnéia (dificuldade na respiração) e sensação de opressão torácica. Se o contato for a altas concentrações, pode levar a morte por edema agudo de pulmão. Por outro lado, o cloro contido no ácido clorídrico (comercialmente conhecido como ácido muriático) “é um gás extremamente irritante da pele, olhos, nariz, faringe e dos tubos aéreos. Em grandes concentrações causa edema pulmonar” (CARVALHO, 1999, p. 77). Segundo esse autor a amônia, que é utilizada na solução amoniacal, pode provocar irritação aos olhos (lesão da córnea) e queimaduras na pele úmida. Dependendo da quantidade e extensão do contato pode vir a produzir edema pulmonar.

O Manual do Professor no livro Nóbrega apresenta informações gerais sobre segurança no laboratório e no início de cada atividade experimental recomenda-se ao professor que as mesmas sejam supervisionadas. Entretanto, há algumas atividades que podem oferecer risco a saúde dos alunos como é o caso da atividade “Reações em soluções aquosas”, página 62 a 64 a qual propõe reações de precipitação e neutralização com a formação de ácidos fracos e formação de bases fracas. No experimento com a formação de ácidos fracos os autores orientam misturar em um tubo de ensaio solução de sulfeto de sódio e ácido clorídrico e, em seguida recomendam que o aluno “agite e sinta cuidadosamente o cheiro da solução aproximando do nariz os vapores com a mão”

com auxílio do professor caso não saiba a técnica adequada para cheirar uma substância no laboratório. Na formação de bases fracas os autores recomendam misturar hidróxido de sódio e cloreto de amônio em um tubo de ensaio, aquecer e cheirar cuidadosamente os vapores produzidos no tubo de ensaio aproximando do nariz com a mão. Com relação aos efeitos das substâncias utilizadas nestes experimentos podemos sinalizar que o sulfeto de sódio é um reagente tóxico e inflamável, o ácido clorídrico é corrosivo, o hidróxido de sódio é corrosivo e tóxico e o cloreto de amônio é irritante.

O livro Wildson traz na última sessão o item “Segurança no laboratório” contendo normas básicas de segurança para qualquer atividade experimental. Todas as atividades propostas remetem que consulte as normas de segurança no laboratório na última página. Além disso, no capítulo 2 do Manual do Professor traz um tópico de normas de segurança com orientações ao professor em cada atividade. Por exemplo, a atividade intitulada “Que material é mais solúvel?”, atividade sugerida para verificar a solubilidade de alguns materiais quando colocados em água ou em outros líquidos, página 42. Neste experimento os autores apresentam uma série de substâncias que são solúveis em determinados solventes, entre esses produtos estão o sulfato de cobre e uma solução a base de solvente orgânico (removedor de esmalte de unha). Esta atividade apresenta ainda o ícone de segurança que indica “evite contato direto com o material” ao lado do sulfato de cobre penta hidratado e o símbolo de material inflamável ao lado de solvente para remover esmalte. Chamamos a atenção para o cuidado que os professores devem ter ao realizar substituições e/ou adaptações nos experimentos. Por exemplo, se for utilizar no lugar do removedor o solvente acetona com pureza absoluta (P.A.) deve considerar os critérios de segurança como o uso de capela e equipamentos de proteção individual, pois se trata de um produto inflamável, apesar da solução de remover esmalte (acetona comercial) estar dentro de parâmetros que não são prejudiciais. Outro aspecto observado nesta atividade é que tanto o sulfato de cobre como o solvente orgânico podem gerar rejeitos contaminantes. Este aspecto também nos leva a considerar como relevante visto que observamos nesta análise que os solventes orgânicos são muito utilizados em atividades experimentais propostas nos diferentes livros como, por exemplo, Wildson Santos, Tito e Canto, Mortimer, Ricardo Feltre e Nóbrega. Quando estes são utilizados sem considerar as normas de segurança podem provocar fortes irritações na pele. A principal via de absorção dos solventes orgânicos é a respiratória, pois, “pela via pulmonar atingem o alvéolo, atravessam a barreira alvéolo-capilar por difusão simples e atingem o sangue, onde são transportados a todos os tecidos” (HIRATA; FILHO, 2008. p. 194). Entendemos que deve-se dar certa atenção na orientação tanto de professores como de estudantes sobre o uso e cuidados de segurança com solventes orgânicos.

Ainda com relação a categoria Segurança na realização das atividades, a coleção Tito e Canto apresenta imagens para ilustrar experimentos que não devem ser realizados pelos alunos, como é o caso da página 19 do volume 1, que apresenta um experimento sobre densidade, com seis materiais envolvidos são eles: gasolina, água, mercúrio, cortiça, pedaço de madeira, latão. Associado a esta imagem vem um box de advertência informando que o aluno não deve realizar o experimento e “O mercúrio é um metal tóxico, cujos vapores são facilmente absorvidos, e que tem efeito cumulativo no organismo” e sobre a gasolina “desprende vapores tóxicos e é inflamável, oferecendo risco de incêndio, queimaduras e explosão” (PERUZZO; CANTO, 2003a, p. 19)

Chamamos a atenção que os autores desta coleção alertam para a segurança e não realização da atividade por citar um metal pesado (mercúrio). Não somente no texto do livro que os autores sinalizam para a questão dos metais pesados, preocupação também presente no Manual do Professor que orientam a necessidade de se ter atenção a

segurança do aluno e ao descarte de rejeitos químicos produzidos nos experimentos realizados na escola. Assim como no manual do professor, no livro do aluno os autores em alguns experimentos, como no caso da observação do comportamento de soluções ácidas e básicas na presença de indicadores naturais e sintéticos apresentam recomendações como “Para evitar acidentes, os materiais marcados com asterisco (*)” (PERUZZO; CANTO, 2003a, p.166). Entre os materiais marcados com asterisco estão soluções ácidas como do ácido clorídrico, sulfúrico, nítrico e fosfórico. Sobre os materiais de laboratório e segurança, no volume 1 apresenta informações específicas para proteção durante o trabalho no laboratório. Por exemplo, o uso de óculos de segurança, luvas e avental (EPIs - Equipamentos de Proteção Individual); orientam para manter presos os cabelos longos; não trabalhar sozinho; não beber nem comer; consultar as referências adequadas antes de usar reagentes; procurar informações sobre o manuseio, descarte e os perigos ao manipular, ingerir ou inalar reagentes e soluções; não retornar aos frascos originais os reagentes que não foram utilizados; utilizar um equipamento depois de ser autorizado; evitar armazenar reagentes em lugares de difícil acesso; manipular materiais quentes com luvas de isolamento térmico; não testar diretamente o odor de um produto químico. Há também nesta coleção exercícios alertando sobre a manipulação dos materiais como, por exemplo, na página 9 do volume 2 traz uma nota sobre o líquido contido no interior das baterias informando que “o líquido das baterias de automóvel contém H_2SO_4 que é extremamente corrosivo. O contato com a pele, olhos e mucosas causa graves lesões. Sua manipulação é perigosa e só deve ser feita por profissional treinado” (PERUZZO; CANTO, 2003b, p. 9).

Na mesma direção desta coleção, mas não com o mesmo destaque, outros livros apresentam recomendações de segurança para cada atividade proposta e, em algumas adverte para a supervisão de um adulto como, por exemplo, a coleção de Feltre. Nela, o volume 1 traz o tópico “A segurança nos laboratórios de química” contendo regras básicas de segurança tais como: usar aparelhagem limpa e que não esteja quebrada, conhecer as propriedades das substâncias que serão utilizadas, não cheirar, provar ou pegar diretamente com as mãos produtos químicos, usar sempre óculos e luvas de proteção, não deixar frascos abertos, ter sempre perto um extintor de incêndio.

Antes de passarmos para a próxima categoria, é interessante sinalizar que nos livros analisados observou-se a abordagem de aspectos relacionados a segurança dos alunos ao realizar atividades experimentais, mas há ainda a ausência de informações aos professores sobre os cuidados com o preparo das soluções propostas nos experimentos.

c) Categoria: Rejeitos químicos

Com relação a última categoria foram analisados aspectos sobre os rejeitos químicos e seu tratamento, identificando experimentos que geravam contaminantes e as informações apresentadas no texto sobre seu tratamento. Assim, nossa atenção ficou direcionada apenas para experimentos que geram rejeitos químicos com metais pesados por ser o objeto desta pesquisa.

No livro Mortimer não traz no livro do aluno um tópico específico sobre o tratamento dos rejeitos gerados para cada uma das atividades experimentais propostas, mas indica na assessoria pedagógica para o professor alguns *links* sobre o descarte de rejeitos no tópico intitulado “Sobre atividades experimentais de manipulação e descarte de substâncias químicas”. Este tópico traz informações para o professor sobre locais de armazenamento das substâncias químicas e como rotular. Os autores alertam que “as atividades propostas neste livro são, em sua maioria, muito simples. Mas, muitas geram

rejeitos. É importante que você, professor(a), esteja atento(a) à questão de descarte desses rejeitos” (MORTIMER; MACHADO, 2007, p. 19-20). Ainda sobre descarte de rejeitos os autores sugerem “que sempre que possível as situações de descarte sejam abordadas claramente com os alunos. É importante que você se informe sobre as condições que podem estar ao seu alcance e que promova sempre a inclusão de boas práticas de descarte” (MORTIMER; MACHADO, 2007, p. 19-20).

Estas informações sinalizam para a importância do gerenciamento e tratamento dos rejeitos e que o professor deve possuir ferramentas e/ou conhecimentos sobre estas questões. Neste livro os autores apresentam experimentos que geram rejeitos com metais pesados como, por exemplo, na página 153 sugere que o aluno estabeleça a relação estequiométrica durante uma reação de precipitação entre os reagentes nitrato de chumbo II e iodeto de potássio para a formação de iodeto de chumbo II (precipitado amarelo). Nesta atividade não há nenhuma informação sobre o descarte adequado do iodeto de chumbo (II). Este mesmo produto (precipitado amarelo) também é apresentado em uma fotografia no livro de Feltre como exemplo de uma transformação química. Já no livro Santos a ilustração é utilizada no balanceamento de uma equação química. No livro de Nóbrega a figura é utilizada como exemplo de uma reação que ocorre em sistemas abertos a pressão constante. Apesar da reação química presente neste experimento ser utilizado com conteúdos químicos diferentes, em todos os livros citados os autores apresentam apenas fotografias do produto final (precipitado amarelo) da reação química sem a proposição para o professor de realizá-lo, apenas o livro Mortimer sugere a sua realização. Entretanto, é importante chamar a atenção que nenhum dos autores analisados alerta os perigos relacionados ao metal pesado (chumbo).

Este metal quando em contato com os seres humanos, dependendo do tempo, forma e extensão do contato podem levar a diversas manifestações clínicas oriundas da intoxicação pelo chumbo em vários órgãos e sistemas, indo desde alterações, gastrintestinais, renais, hematológicas até as neurológicas. Os sintomas para o caso clínico crônico são dores abdominais, fraqueza, irritabilidade, anemia. “Aparece uma linha azul-escura entre a gengiva e os dentes (sinal de Burton), constituída de sulfeto de chumbo – reação entre o chumbo proveniente dos capilares e do sulfeto oriundo do metabolismo dos microorganismos da boca” e alterações renais podendo ocasionar a insuficiência renal, paralisia motora (HIRATA; FILHO, 2008, p. 197).

Outro experimento que aparece com frequência em alguns livros é a reação que utiliza como reagentes o ácido sulfúrico (H_2SO_4) concentrado com o bicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$), um reagente que contém metal pesado (cromo). O emprego desta reação aparece em conteúdos químicos diferentes. Por exemplo, no livro de Mortimer (p. 173) os autores sugerem a montagem de uma pilha com estas soluções e dois eletrodos como uma atividade demonstrativa. No volume 3 do Feltre ao abordar a função álcool, o autor sugere o uso destes reagentes em solução aquosa. No livro do Tito e Canto há uma questão que mostra uma fotografia com dois copos de béquer, o primeiro contendo uma solução aquosa de bicromato de potássio e o segundo contendo também uma solução aquosa de bicromato de potássio onde é adicionado um pouco de solução aquosa de ácido clorídrico. Para esta questão os autores alertam que o experimento é apenas comentado e recomendam para que “não tentem realizá-lo por conta própria [...] “o ácido clorídrico, mesmo diluído, é corrosivo e desprende vapores irritantes, corrosivos e tóxicos. E a solução de cromato e/ou dicromato é muito oxidante” (PERUZZO; CANTO, 2003b, p. 242)

Apesar de sinalizar para os cuidados de segurança, os autores não informam sobre o descarte dos rejeitos gerados nesta atividade.

Segundo Hirata e Filho (2008), o cromo IV é cancerígeno para os brônquios, causa lesões na pele e mucosas e pode causar perfuração de septo nasal. Estes autores sinalizam ainda que, os metais pesados quando na forma iônica (sais e óxidos) manuseados industrialmente, geram grande quantidade de poeira no ambiente. Esta pode ser absorvida pelas vias respiratórias ou ainda pelo trato digestivo. A absorção por via respiratória é mais intensa de acordo com a solubilidade em água do composto iônico. Os metais pesados são absorvidos lentamente pelo organismo, mas tem efeito cumulativo aumentando a concentração do metal nos tecidos.

Como nos demais livros, os autores sinalizam em alguns experimentos ou no manual do professor sobre o descarte de rejeitos como, por exemplo, nos livros de Bianchi, no de Tito e Canto e no de Nóbrega. Nos dois primeiros chama-se a atenção para os riscos da inalação dos vapores e a preocupação com o descarte de rejeitos em alguns experimentos, especialmente quando o produto está em meio ácido ou básico, como se pode ver na citação “[...] Neutralizar o sobrenadante básico e descartá-lo na pia...[...]” (BIANCHI; ALBRECHT; DAL TAMIR, 2005, p. 56-57). Apesar deste experimento não conter metal pesado, ele sinaliza para a questão da neutralização das soluções geradas. Já no manual do livro de Nóbrega, são apresentadas orientações gerais sobre o descarte de rejeitos incentivo ao professor para recuperar alguns rejeitos.

No livro de Tito e Canto os autores ilustram alguns cuidados de armazenamento de metais alcalinos informando que estes “são muito reativos e devem ser guardados mergulhados em querosene, para evitar contato com oxigênio e água, com os quais reagem imediatamente” (PERUZZO; CANTO, 2003a, p. 236). Em outro experimento (página 62, volume 2) os autores ilustram a presença de metais em materiais do cotidiano sugerindo a observação do efeito da luz sobre o papel fotográfico preto-e-branco, mesmo sem que ele seja submetido à revelação. O papel fotográfico contém um sal de prata, que é um metal pesado, os autores recomendam que os alunos “não coloque as mãos na boca durante o experimento, e, ao final, descarte o papel fotográfico em lixo ao qual crianças não tenham acesso e lave bem as mãos”. Apesar de orientarem esse tipo de procedimento de descarte de rejeito, no manual do professor, os autores destacam os efeitos nocivos que os metais pesados podem causar quando são absorvidos pela pele e enfatiza a “necessidade do correto descarte das soluções e dos precipitados, a fim de não contaminar as águas” (PERUZZO; CANTO, 2003a, p. 36). Sugerem ainda, que os professores “entrem em contato com universidades, colégios técnicos ou indústrias da localidade, a fim de verificar como pode proceder para enviar os precipitados de metais pesados para descarte adequado”.

Outro experimento proposto que utiliza metal pesado é visto no livro de Feltre. O reagente, o sulfato de cobre CuSO_4 , é muito usado em vários experimentos, não apenas neste, mas em boa parte dos livros analisados como, por exemplo, no livro de Santos para observar a solubilidade dos sais. Particularmente no livro de Feltre um dos usos do sulfato de cobre é em uma reação de eletrólise. Neste experimento não há informações sobre o tratamento dos rejeitos gerados.

Outra forma de discutir os efeitos do descarte dos metais pesados pode ser por meio da abordagem dos impactos ambientais ou dentro do tema meio ambiente. Por este motivo optamos em incluir este aspecto na análise dos livros.

Nesse sentido, alguns autores trazem preocupação com as questões ambientais como, por exemplo, o livro de Feltre traz o texto “o perigoso descarte das pilhas e baterias” (página 320 do volume 2) contendo um breve comentário sobre a composição das pilhas e baterias e sua relação contaminante e sugere algumas soluções de descarte. E no volume 3 o autor apresenta o tópico intitulado “Os doze princípios da Química verde” (página 270 e 400) cujo tema é o lixo em que aborda os aterros sanitários,

reciclagem, produtos biodegradáveis, entre outros. No Bianchi os autores apresentam um texto sobre a reciclagem do alumínio, página 280 e outro sobre reciclagem do vidro na página 285. Podemos observar que, em alguma medida, os livros relacionam a preocupação com o meio ambiente com o descarte de materiais que contêm metais pesados. O manual do professor do livro Santos apresenta o tópico “Química Verde” sinalizando alguns cuidados com o ambiente como podemos observar no trecho: “no livro, tivemos uma preocupação ambiental, selecionando materiais que não são potencialmente tóxicos, ou seja, não agredem o ambiente de forma intensiva” e “Não desperdice. Peça que os alunos façam o uso parcimonioso do material para evitar acúmulo ou descarte maciço de produtos químicos na rede de esgoto pública” (SANTOS et al. 2006, p.17).

Os autores enfatizam que procuraram desenvolver atividades e experimentos que não gerem rejeitos. E sinalizam que “outro desafio é transformar o que se tratava como rejeito em matéria-prima. Soluções de sulfato de cobre, comumente utilizadas em demonstrações no ensino de química no nível médio, podem ser aproveitadas para obtenção de cristais do sal. Posteriormente, esses cristais podem ser dissolvidos em água, produzindo novas soluções” (SANTOS et al. 2006, p.18). Estes autores têm um enfoque de abordagem mais direcionada ao enfoque CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente). Apresentam no capítulo 2, um texto ilustrando uma indústria de reprocessamento e destinação final de rejeitos industriais, pilhas e baterias alcalinas para a produção de óxidos e sais metálicos. Paralelamente, informam sobre os materiais domésticos cujo descarte é potencialmente perigoso. No capítulo 3 abordam um tópico intitulado “Discutindo possíveis soluções para o problema do lixo” com informações gerais sobre os materiais que podem ser reciclados, inclusive os metais com sugestões para a implantação de programas de coleta seletiva em escolas.

CONCLUSÃO

Observamos por meio da análise dos livros didáticos que os autores mostram a preocupação com a viabilidade de execução dos experimentos propostos, com a segurança dos alunos e professores, embora nem sempre orientem adequadamente sobre como o professor deve proceder durante o preparo das soluções necessárias para as atividades experimentais. Com relação ao descarte dos rejeitos químicos gerados após a realização de atividades experimentais, os autores analisados não orientam como deve ser feito tal descarte, mesmo quando sinalizam sobre a preocupação com as soluções contendo metais pesados, repassando ao professor a responsabilidade de buscar tal orientação em outras fontes.

REFERÊNCIAS

AMARAL, S. T. 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. **Revista Química Nova**. v. 24, n. 3, p. 419-423, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10004: Resíduos sólidos - classificação. Rio de Janeiro, 2004.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 1977.

BRASIL. **Orientações curriculares para o ensino médio**. Brasília: MEC, 2006. Disponível: <http://www.portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/bookvolume02internet.pdf>. Acesso em 20 fev. 2007.

_____. **Catálogo do programa nacional do livro para o ensino médio**. Brasília:MEC, 2007.

BIANCHI, J. C. A.; ALBRECHT, C. H.; MAIA, D. J. **Universo da química**. 1. ed. São Paulo: FTD, 2005. 768 p. ISBN 85-322-5600-7.

CANTO, E. L.; PERUZZO, F. M. **Química na abordagem do cotidiano: química geral e inorgânica**. 3. ed. São Paulo: Moderna, 2003a. 424 p.

_____. **Química na abordagem do cotidiano: físico-química**. 3. ed. São Paulo: Moderna, 2003b. 432 p.

_____. **Química na abordagem do cotidiano: química orgânica**. 3. ed. São Paulo: Moderna, 2003c. 328 p.

CARVALHO, P. R. **Boas práticas químicas em biossegurança**. Rio de Janeiro: Interciência, 1999. 132 p. ISBN 85-7193-016-3.

ECHEVERRIA, A.; MELLO, I. C.; GAUCHE, R. O programa nacional do livro didático no contexto da educação brasileira. In: **Educação Química no Brasil**. 1. ed. Campinas: Átomo, 2008. p. 63-84.

FELTRE, R. **Química Geral**. 6. ed. São Paulo: Moderna, 2004a. 456 p.

_____. **Físico-química**. 6. ed. São Paulo: Moderna, 2004b. 513 p.

_____. **Química Orgânica**. 6. ed. São Paulo: Moderna, 2004c. 491 p.

HIRATA, M. H.; FILHO, J. M. São Paulo: Manole, 2008. 496 p.

MEDEIROS, G. C. M. **Reflexões e contribuições para o ensino de gravitação clássica no nível médio**, Natal: EdUFRN, 2005.

MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H. **Química**. 1. ed. São Paulo: Scipione, 2007. 541 p.

NÓBREGA, O. S.; SILVA, E. R.; SILVA, R. H. **Química**. 1. ed. São Paulo: Ática, 2007. 778 p.

SANTOS, W. L. P. et al. **Química e sociedade**. 1. ed. São Paulo: Nova Geração, 2006. 744 p.

_____. **Química e sociedade manual do professor**. 1. ed. São Paulo: Nova Geração, 2006. 168 p.