

# EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO MÉDIO DE QUÍMICA: A NECESSÁRIA BUSCA DA CONSCIÊNCIA ÉTICO-AMBIENTAL NO USO E DESCARTE DE PRODUTOS QUÍMICOS – UM ESTUDO DE CASO

## Experiments in High School Chemical Education: the necessary search for ethical-environmental conscience in use and discarding of chemical products

Roberto Ribeiro da Silva<sup>1</sup>  
Patrícia Fernandes Lootens Machado<sup>2</sup>

**Resumo:** As concepções sobre o papel da experimentação no ensino vigentes nas décadas de 1960 a 1990 não levavam em consideração questões ambientais. De modo geral, este fato pode ser observado também nos dias atuais. Isso se consubstancia na falta de gestão de resíduos químicos produzidos em aulas experimentais e na ausência de políticas que garantam a segurança de alunos e professores, diretamente, e da comunidade escolar, indiretamente, conforme levantamento realizado em 26 escolas públicas do Distrito Federal. O fazer consciente da experimentação na formação inicial e continuada de professores requer que, além da problematização e de discussões sobre conceitos científicos, sejam incluídos aspectos ambientais, tornando a experimentação uma ação de educação ambiental.

Palavras-chave: Experimentação no ensino. Segurança em laboratório. Educação ambiental.

**Abstract:** Conceptions of the role of experiments in chemical education, which were dominant from the 1960's to 1990's, did not take into consideration environmental issues. Generally, this fact can also be observed at present in the lack of management of chemical wastes produced in experimental classes and in the lack of policies, which guarantee the security of students and teachers, and of school communities, according to research carried out in 26 public schools of Distrito Federal in Brazil. Conscientious practice of experimentation in initial and continuous formation of teachers requires that, besides the problematization and discussions of scientific concepts, environmental issues be included, so that experimenting could turn into an environmental education action.

Keywords: Laboratory teaching. Laboratory safety. Environmental education.

---

<sup>1</sup> Doutor em Química; Professor Associado, Laboratório de Pesquisas em Ensino de Química, Instituto de Química, Universidade de Brasília, Campus Universitário Darcy Ribeiro. <bobosilva@unb.br>

<sup>2</sup> Doutora em Engenharia; Professora Adjunto, Laboratório de Pesquisas em Ensino de Química, Instituto de Química, Universidade de Brasília, Campus Universitário Darcy Ribeiro. <plootens@unb.br>

## Introdução

Nos últimos 25 anos, na literatura brasileira, há uma gama de publicações que versam sobre os problemas do ensino de Química em nosso país. Em todas elas, em maior ou menor extensão, a questão da experimentação foi sempre mencionada, como mostrado a seguir.

Já na década de 1970, Giesbrecht (1979) apontava que, no Ensino Médio, a Química era ensinada de modo estanque, sem o emprego adequado da experimentação. Schnetzler (1981), ao analisar o conhecimento químico em livros didáticos brasileiros no período compreendido entre 1875 e 1978, concluiu que o Ensino Médio de Química tinha sido predominantemente teórico, veiculando conhecimentos dissociados de sua natureza experimental.

Nogueira et al. (1981) apresentaram uma descrição e análise de problemas de desempenho de professores do Ensino Médio numa região do estado de São Paulo. Nesse estudo, um detalhamento maior da questão experimental é apresentado, a saber:

o emprego de atividades no laboratório poderia permitir uma aprendizagem mais profunda, por parte do aluno. As instalações ou condições dos laboratórios são, em geral, deficientes. Além disso, os professores não sabem como incluir a atividade de laboratório no escasso tempo disponível. O trânsito dos alunos para o laboratório, especialmente quando há divisões de turmas, perturba a rotina da escola e não é bem aceito pela administração. Além disto, o professor precisará dispor de tempo extra para preparar a prática, organizar o laboratório e arrumá-lo ao final da prática. [...] Como os professores não têm tempo disponível para planejar, nem orientação pedagógica para isto, o uso de laboratório, muitas vezes, é visto como uma situação algo mágica [...], permitindo ao aluno escapar de uma aula maçante, ou tornar-se a própria prática uma atividade maçante, onde (*sic*) os alunos limitam-se a seguir instruções. Vários professores relataram dificuldades em selecionar experiências simples relacionadas aos conteúdos teóricos vistos. [...] Deste modo, acreditamos que, muitas vezes, a atividade no laboratório é idealizada como uma solução por professores que não têm condições de utilizá-la. (NOGUEIRA et al., 1981, p. 46-47)

Linguanoto (1987), ao discorrer sobre sua visão a respeito do Ensino Médio de Química, apontou que as causas principais das dificuldades observadas eram currículos inadequados, professores despreparados, condições péssimas de trabalho e formação dos alunos. No que tange especificamente ao ensino experimental, Linguanoto mencionou a falta de material de apoio ao professor (são poucas as escolas que possuem laboratório, material audiovisual etc.). Ela ressalta também que um laboratório não precisava ter equipamentos sofisticados, podendo montar aparelhagens usando materiais acessíveis e baratos, e às vezes até mesmo “sucatas”. Por exemplo, se não se possui indicadores industrializados, podem-se produzir indicadores naturais usando apenas flores, frutos, folhas e álcool.

Beltran e Ciscato (1991), ao relatarem um histórico e principais problemas do ensino de Química, apontam a ausência de atividades experimentais bem planejadas que permitam

aos alunos vivenciarem alguma situação de investigação, na qual possam aprender como se processa a construção do conhecimento químico.

Pagotto e Viana (1991) descrevem as possíveis causas que dão origem a uma falsa imagem da Química entre jovens adolescentes. Dentre os diversos fatores apontados, as autoras relatam que professores do Ensino Médio entrevistados por elas reconhecem a importância das aulas experimentais em laboratório: “no entanto, apenas 35% das escolas possuem laboratórios, mesmo assim lutando com muitas dificuldades para manter as aulas experimentais dentro do plano curricular”. Constantemente se defrontam com falta de tempo, de verbas e com número elevado de alunos por turma (que varia em média de 30 a 50).

Schnetzler e Aragão (1995), ao analisarem a importância, sentido e contribuições de pesquisas para o ensino de Química, relatam as principais críticas aos projetos de reforma curricular vigentes na década de 1960. No que tange à questão da experimentação, esses projetos apresentavam uma ênfase excessiva na aprendizagem por descoberta (o aluno constrói conceitos e princípios científicos com base na observação e coleta de dados experimentais) e a mitificação do método científico como um método poderoso que leva à descoberta das verdades científicas tomando por base observações objetivas e neutras.

Pontone Júnior (1998) afirma que as atividades experimentais nas escolas vêm sendo mal exploradas e apresenta três fatores que contribuem para isso, a saber: a) a separação entre aulas teóricas e práticas; b) a classificação equivocada da atividade experimental como prática, e atividades de sala de aula como exclusivamente atividades teóricas; e c) as atividades experimentais como sendo apenas aquelas em laboratório, com objetivos nem sempre muito claros.

Tunes et al. (1999), numa análise das concepções de professores sobre as funções das atividades experimentais, identificaram que as justificativas por eles apresentadas para o uso da atividade experimental ora focalizavam os alunos, ora focalizavam a si mesmos. As razões explicitadas pelos docentes iam desde aquelas de cunho psicológico ou estritamente pedagógico, até aquelas oriundas de visões epistemológicas da ciência diferentes e, até mesmo, opostas.

Silva e Zanon (2000), ao abordarem a experimentação no ensino dito tradicional, afirmam que, segundo os professores do Ensino Médio, ela é fundamental para melhorar o ensino. No entanto, os docentes se queixam da falta de condições materiais para tal, além de turmas grandes e carga horária reduzida. Outro aspecto importante apontado pelas autoras é que, nas aulas experimentais, segundo os professores, a prática comprova a teoria, ou seja, no laboratório, o aluno “*vê na prática aquilo que ele viu na aula teórica*”. Uma outra concepção também observada é a de que a experimentação permite que os alunos vejam com seus próprios olhos a realidade como ela é, descobrindo a teoria na prática. Essas concepções, segundo as autoras, são indícios de que o empirismo-indutivismo ainda está fortemente presente em nossas escolas. Os aspectos centrais relativos aos problemas da experimentação no ensino de Química dizem respeito à carência na formação docente: a falta de clareza sobre a função da experimentação na aprendizagem dos alunos.

Uma discussão mais aprofundada sobre tendências atuais na pesquisa e sobre o uso da experimentação pode ser encontrada em Silva e Zanon (2000). Para os autores, de um modo geral, é consenso que a aula experimental pode ser considerada uma estratégia pedagógica dinâmica, que tem a função de gerar problematizações, discussões, questionamentos e buscas de respostas e explicações para os fenômenos observados, possibilitando a evolução do aspecto fenomenológico (macroscópico) observado para o teórico (microscópico), e che-

gando, por consequência, ao representacional. No entanto, os aspectos socioambientais não foram objeto de consideração na análise da importância da experimentação no ensino, visto que essas questões passaram a ser foco de preocupação mais recentemente.

Na visão dos autores deste artigo, o conceito de atividade prática não pode limitar-se somente àqueles que são criados e reproduzidos na sala de aula ou no laboratório, mas também materializados na vivência social e que permeiam as negociações de significado do ponto de vista dos alunos. Nesta perspectiva, as questões socioambientais passam a ter um papel crucial, na medida em que propiciam a percepção individual motivadora para uma consciência coletiva, que pode resultar em mudanças de atitudes em relação ao conceito de meio ambiente.

### **A produção de materiais didáticos no Brasil voltados para o ensino experimental e a questão da segurança nos laboratórios**

Buscando a melhoria do ensino de Ciências no Brasil, diversos materiais didáticos foram desenvolvidos ao longo dos últimos cinquenta anos (BARRA e LORENZ, 1986). Desde o instante em que foi instituído, no Brasil, o ensino público secundário, em 1838, os materiais didáticos produzidos influenciaram as metodologias de ensino adotadas pelos professores, fato esse que ainda persiste nos dias de hoje. Até meados do século XX, os livros didáticos adotados no Brasil consistiam em adaptações dos manuais europeus e enfatizavam um ensino baseado na transmissão de conteúdos, dando pouca ênfase às atividades experimentais. Foi a partir de 1946 que as primeiras mudanças começaram a ocorrer no ensino de Ciências. Três foram as instituições brasileiras mais importantes que se dedicaram a realizar essas mudanças no ensino: o IBCEC (Instituto Brasileiro de Educação, Ciência e Cultura), o FUNBECC (Fundação Brasileira para o Desenvolvimento do Ensino de Ciências) e o PREMEN (Projeto Nacional para a Melhoria do Ensino de Ciências). Este movimento de mudança teve início em 1950 e durou até fins da década de 1970.

O IBCEC foi fundado em 13 de junho de 1946 e tinha como objetivo “promover a melhoria da formação científica dos alunos que ingressariam nas instituições de Ensino Superior e, assim, contribuir de forma significativa ao desenvolvimento nacional” (BARRA e LORENZ, 1986, p. 1971). Dentre os diversos materiais desenvolvidos pelo IBCEC, estavam os kits de Química produzidos a partir de 1952. Eles consistiam de caixas contendo materiais para a realização de experimentos e manuais com as instruções para a operação de tais kits. Devido a sua repercussão, rapidamente os kits foram disponibilizados para a venda ao público. Kits aperfeiçoados foram sendo desenvolvidos com o passar dos anos (Projeto Iniciação Científica) e passaram a ter como objetivo “capacitar os alunos, mesmo fora do ambiente escolar, a realizar experimentos e aprender a solucionar problemas por si próprios” (BARRA e LORENZ, 1986, p. 1972). Esperava-se que, por meio das atividades propostas nos kits, os alunos desenvolvessem uma atitude científica quando confrontados com problemas. Nos manuais que acompanhavam os kits de química não havia nenhuma recomendação sobre encaminhamento e tratamento dos resíduos gerados pelo uso dos reagentes. Nos materiais instrucionais mais recentes, podem-se observar, no máximo, alguns alertas quanto ao manuseio de certas substâncias perigosas e tóxicas.

Em 1959, foram realizados diversos encontros de debates e estudos sobre o ensino de Ciências. Nesses debates foram levantadas as necessidades para se elaborar novos textos didáticos que diminuíssem a distância entre os países ocidentais e a União Soviética. Comissões compostas por cientistas, professores e educadores desenvolveram grandes projetos envolvendo a produção de materiais inovadores, como por exemplo, o *Biological Science Curriculum Study* (BSCS), *Physical Science Curriculum Study* (PSCS), *Chemical Bond Approach* (CBA), *Chem Study* etc. Argumentava-se que, com essas mudanças no ensino (atividades que priorizavam o método científico), os alunos seriam capazes de desenvolver maiores habilidades de identificar e resolver problemas não só em sala de aula, mas em sua vida cotidiana, e também desenvolveriam a capacidade de raciocinar. Novamente, os aspectos ambientais não foram contemplados nos materiais elaborados, talvez porque este tema ainda não fosse prioridade em instituições internacionais. A introdução desses materiais, bem como daqueles desenvolvidos pelo IBECC, no Ensino Médio foi facilitada quando o MEC, em 1961, decretou a Lei de Diretrizes e Bases (LDB), que possibilitava que as escolas tivessem mais liberdade na escolha dos conteúdos a serem ministrados. No decorrer dos anos da década de 1960, o IBECC, cada vez mais, traduzia e adaptava materiais americanos, como também elaborava novos materiais para o ensino. Em 1967, foi criada a FUNBEC. Uma de suas funções seria comercializar os materiais didáticos elaborados pelo IBECC, além de realizar cursos de capacitação para professores de ciências.

Em 1970, considerando a necessidade de se renovarem os materiais até então produzidos, foi criado o PREMEM – Programa de Expansão e Melhoria do Ensino, cujos objetivos foram produzir novos materiais didáticos, criar novas equipes de professores, e aperfeiçoar o corpo docente das escolas, preparando os professores para os novos materiais. Da mesma forma, não era dispensada atenção para as questões de segurança em materiais voltados para aulas experimentais de química.

As instituições IBECC e FUNBEC e o PREMEN colaboraram muito para a melhoria do ensino de Ciências no Brasil até ao final da década de 1970. Na década de 1980, o PREMEN passou a ser não prioritário pelo MEC. Adicionalmente, estudos e avaliações realizados sobre a introdução desses materiais no ensino mostraram que os resultados ficaram muito aquém do esperado.

Em 1983, o MEC elaborou um projeto para a melhoria do ensino de Ciências e Matemática, implementado pela CAPES, o qual veio incorporar-se, em 1984, ao Programa de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico – PADCT, sob o título de Subprograma de Educação para a Ciência, SPEC. Neste subprograma, que vigorou de 1983 a 1997, as ações desenvolvidas concentraram-se em projetos de formação de recursos humanos, de forma a consolidar uma massa crítica como fator de reprodutibilidade compatível com a enorme carência nacional na área de ensino de Ciências. Dentre os resultados obtidos pelo SPEC, cabe destacar: apoio a 353 projetos isolados (educação continuada de professores, pesquisa em educação científica e matemática, produção de materiais instrucionais e formação de professores, atividades extraclasse e extracurriculares etc.), realização de 274 eventos (simpósios, eventos científicos, feiras etc.), apoio à publicação de 32 revistas e periódicos, apoio à publicação de 378 materiais educacionais, apoio/criação de 107 núcleos de Ciências em 112 municípios, apoio a 11 cursos de licenciatura plena (implantação e reestruturação), apoio a trinta cursos de especialização, apoio a 535 cursos de treinamento de professores, apoio a 66 cursos

de atualização, apoio a 131 cursos de extensão, apoio a 185 *workshops*, criação de 13 centros de assessoria a professores de Ciências e Matemática, apoio a 23 projetos de assessoria a cursos de magistério e laboratórios integrados de ensino a distância, dentre outros (GURGEL, 2001). Dentre os projetos PADCT para melhoria das condições de ensino, destaca-se um projeto da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, que teve como um dos objetivos propostos a incorporação de princípios de Química Verde nas aulas práticas dos cursos de bacharelado e licenciatura em Química. As ações implementadas diziam respeito à melhoria das condições de ensino e salientavam aspectos de segurança dos laboratórios de graduação, com ênfase na gestão dos resíduos produzidos durante as aulas (AMARAL et al., 2001).

O SPEC, em suas duas fases (1983-1989 e 1990-1995), realizou convênios com universidades e Secretarias de Educação, na perspectiva de organizar sistemas integrados para o ensino de Ciências e Matemática. Na segunda fase houve uma ênfase em redes de disseminação de suas atividades e resultados.

Apesar de todas essas ações, a análise das atividades desenvolvidas e dos diversos tipos de materiais didáticos produzidos mostra que, praticamente, não houve esforços voltados para as questões de segurança nos laboratórios de ensino. Pouco ou nada se aborda sobre boas práticas em laboratório, armazenagem de reagentes químicos e descarte dos produtos inservíveis provenientes das experiências de Química, desenvolvidas dentro das propostas e projetos que foram produzidos.

Evidências deste descaso foram relatadas recentemente em um estudo sobre o uso de kits de experimentação adquiridos pela Secretaria de Educação do Distrito Federal e distribuídos para algumas escolas (SILVA, DIAS e BARBALHO, 2004). Este estudo buscou, inicialmente, identificar o uso, armazenamento e descarte dos reagentes associados aos kits e os mecanismos de reposição dos mesmos. Os resultados mostraram que os kits foram parcialmente utilizados e posteriormente abandonados, tendo em vista que os reagentes eram em pouca quantidade, além do fato de não haver uma política institucional de reposição dos mesmos. Paralelamente a isso, observou-se também a existência, nas escolas investigadas, de um acervo de reagentes armazenados nos laboratórios. Em função desta situação, decidimos fazer um levantamento dos reagentes estocados e das condições de segurança nos referidos laboratórios, objetivo deste trabalho.

### **Produtos químicos para uso na experimentação: armazenagem e legislação**

As atividades experimentais em Química, em sua grande maioria, implicam o uso de produtos químicos. Esses produtos precisam ser armazenados nas escolas antes do uso e, após as atividades experimentais, há sempre a geração de resíduos. Tanto a armazenagem de produtos como a gestão dos resíduos químicos demandam condições que, na maioria das vezes, não são atendidas nessas instituições de ensino. A seguir, serão abordados esses dois importantes aspectos.



### **Armazenagem de produtos químicos**

Para a armazenagem de produtos químicos, faz-se necessária uma avaliação do volume, da variabilidade e do espaço reservado para tal. Deve-se dispensar atenção quanto à organização, limpeza e ventilação do ambiente a ser utilizado como almoxarifado, para contemporizar a integridade de recipientes e rótulos originais dos produtos químicos.

Recomenda-se a criação de um sistema de inventário para que seja realizado um gerenciamento ativo dos estoques dos produtos químicos. Isto auxilia na prevenção de aquisições desnecessárias, estoques em excesso, bem como auxilia no monitoramento das substâncias que se degradam com o tempo. Além disso, cuidados e conhecimentos específicos são exigidos para se considerar a incompatibilidade entre os materiais armazenados (CIENFUEGOS, 2001; CARVALHO, 1999; DEL PINO e KRÜGER, 1997). Faz-se necessário avaliar as interações entre os produtos químicos, seus comportamentos em diferentes condições – temperatura, umidade, incidência direta de luz solar – e sua toxicidade.

Cienfuegos (2001) discorre sobre a armazenagem de produtos químicos em pequenos almoxarifados criados dentro de laboratórios. Segundo esse autor, existem duas práticas observadas. Uma delas é distribuir os reagentes em armários pelo laboratório, o que reduziria a periculosidade de uma forma geral, em função da disposição espalhada. A outra seria reservar uma pequena sala para a estocagem, concentrando os riscos de exposição numa área restrita. A escolha por centralizar ou não a armazenagem deve levar em consideração as características do laboratório, objetivando alcançar melhores condições de segurança.

### **Legislação brasileira sobre resíduos químicos**

A produção, o tratamento e a disposição final dos resíduos químicos provenientes de laboratórios de ensino despertaram o interesse acadêmico na década de 1980. Entretanto, ações concretas nesta direção surgem a partir dos anos 90, quando se observa o surgimento de publicações (TAVARES e BENDASSOLLI, 2005) e a realização de eventos específicos sobre o tema (GERBASE et al., 2005).

O foco de interesse no gerenciamento de resíduos perigosos é reflexo dos acordos/tratados/protocolos firmados por vários países, dentre eles o Brasil, com o intuito de minimizar os impactos causados pelo homem ao meio ambiente. A participação do Brasil nesses eventos resulta internamente em movimentos que podem culminar em ações legislativas, mesmo que de forma muito lenta.

No tocante ao ato legislativo, destaca-se, em âmbito nacional, a preocupação com o meio ambiente por meio de várias leis e decretos federais. Dentre todos estes, vale salientar (BRASIL, 2000):

- o Artigo 225 da Constituição da República Federativa do Brasil promulgada em 1988, o qual trata sobre o meio ambiente;

- a Lei Nº 9605/1988, que dispõe sobre as sanções penais e administrativas aplicáveis às condutas lesivas ao meio ambiente, tanto para pessoa física como jurídica. Esta é conhecida como Lei dos Crimes Ambientais e representa um significativo avanço na tutela do ambiente, por inaugurar uma sistematização das sanções administrativas e por tipificar organicamente os crimes ecológicos;

- a Lei Federal N° 9795/1998, conhecida também como Política Nacional de Educação Ambiental, a qual prevê a Educação Ambiental, obrigatória para todos os níveis de ensino, mas não como disciplina à parte, e sim como um processo para construir valores sociais, conhecimentos, atitudes e competências, visando à preservação ambiental.

Apesar dessas considerações, é importante ressaltar que, embora exista uma quantidade considerável de leis que objetivam a preservação do meio ambiente, ainda não foi consolidada a Política Nacional de Resíduos (PNR). Encontra-se em trânsito na Câmara de Deputados o substitutivo aprovado pelo Senado que institui a política nacional de resíduos, seus princípios e instrumentos, e estabelece diretrizes e normas de ordem pública e interesse social para o gerenciamento de diferentes tipos de resíduos (LOPES, 2006). O material gerado nas atividades de ensino está contemplado na PNR, em seu artigo 48, que considera “resíduos perigosos os que (*sic*), em função de suas características de toxicidade, corrosividade, inflamabilidade, patogenicidade ou explosividade, apresentem significativo risco à saúde pública ou à qualidade ambiental” (LOPES, 2006, p. 16).

Apesar de este tema e de todas as implicações atreladas a ele permearem o meio acadêmico, ainda não houve incorporação concreta nas ações diárias das universidades. Isto pode ser observado na maioria das práticas experimentais, seja no ensino, pesquisa ou extensão, que não são guiadas por preceitos norteadores da Química Verde (LENARDÃO et al., 2003) e pelos princípios da Educação Ambiental. Este fato provoca um descompasso na aplicação de posturas comprometidas com a problemática dos resíduos químicos, afetando a formação dos professores de Química nos cursos de licenciatura e, também, dos futuros bacharéis.

Nas escolas de Ensino Fundamental e Médio, apesar do crescente interesse no desenvolvimento de projetos que demonstram a preocupação com o meio ambiente, observa-se uma carência de profissionais com consciência ética (postura adequada) em relação ao uso e descarte de produtos químicos. Este fato encontra-se intimamente ligado com a não compreensão do papel da experimentação no processo de ensino/aprendizagem, assim como é reflexo da falta de conhecimento aprofundado sobre o tema.

### **Equipamentos de proteção individual e coletiva**

Outra medida de segurança que merece ressalva é a utilização de Equipamentos de Proteção Individual (EPI) e Coletiva (EPC), imprescindíveis em laboratórios equipados com vidrarias e produtos químicos perigosos. EPI, como jaleco e óculos de segurança, destinam-se à proteção do indivíduo que estiver realizando ou exposto a atividades específicas, prevenindo ou atenuando lesões decorrentes de acidentes. Já EPC, como capela de exaustão, extintores de incêndio, caixa de primeiros socorros, chuveiro e lava-olhos, permitem a realização de uma experimentação sob condições mínimas de risco, resguardando a saúde dos envolvidos (DEL PINO e KRÜGER, 1997; CARVALHO, 1999; CIENFUEGOS, 2001). A diversidade de EPI e EPC será tanto maior quanto mais produtos tóxicos e perigosos forem utilizados em uma aula experimental.

A toxicidade de uma substância pode ser expressa tanto pela dose letal 50 ( $DL_{50}$ ), como mencionam Pimentel et al. (2006), como pela concentração letal 50 ( $CL_{50}$ ) (LARINI,



1997), sendo esta última definida como a concentração de uma substância química num meio que causa mortalidade em cinquenta por cento (50%) da população exposta, durante um determinado período de tempo. O que difere a  $DL_{50}$  da  $CL_{50}$  é a via de administração: a primeira é a dose administrada por via digestiva (oral) ou cutânea, enquanto a segunda é a concentração restrita à administração por via respiratória. Ainda pode-se expressar a toxicidade pela concentração letal mínima ( $CLL_c$ ), definida como a menor concentração de uma substância no ar, que causa algum efeito tóxico no homem e ainda provoca, em animais, efeitos cancerígeno ou na reprodução, quando expostos por um dado período de tempo (CETESB, 2006).

Os produtos com dose letal oral 50 ( $DL_{50}$ ) menor que  $50 \text{ mg kg}^{-1}$  podem ser considerados como de alta toxicidade. Já os produtos com  $DL_{50}$  oral entre  $50 \text{ mg kg}^{-1}$  a  $5 \text{ g kg}^{-1}$  podem ser considerados como de média toxicidade. Por fim, aqueles produtos com  $DL_{50}$  maior que  $5 \text{ g kg}^{-1}$  podem ser considerados como de baixa toxicidade. Os efeitos lesivos causados por agentes químicos variam de indivíduo para indivíduo e os riscos passam necessariamente pela natureza, concentração, duração e intensidade de exposição aos produtos (CETESB, 2006).

A implementação de medidas de segurança e proteção e a criação de serviços médicos de saúde ocupacional são conquistas históricas dos trabalhadores (PIMENTEL et al., 2006). Desta forma, é incoerente que a utilização de EPI e a implementação de medidas de proteção coletiva sejam solenemente ignoradas nos laboratórios de instituições de ensino e pesquisa. Isto ocorre mesmo quando os professores e os conselhos administrativos têm consciência das implicações jurídicas arroladas por descumprimento de tais medidas.

## Metodologia

Os dados deste trabalho foram compilados de treze monografias (AQUINO, 2005) de conclusão do curso de Licenciatura em Química da Universidade de Brasília. Os dados para cada monografia foram coletados pelos próprios alunos/autores sem auxílio de funcionários da escola ou de outros alunos. Foram trabalhos monográficos individuais realizados no período de 2003 a 2006. Os alunos identificaram as escolas a serem investigadas, tendo como critério a proximidade de sua residência ou local de trabalho e a existência de um laboratório, mesmo que este não estivesse em pleno funcionamento. Cada aluno visitou duas escolas, procurando abranger o maior número possível de regionais de ensino. Foram visitadas 26 escolas de Ensino Médio do Distrito Federal. Para todas estas instituições, foi realizada uma análise criteriosa das condições de segurança dos laboratórios.

Foram analisados aspectos importantes relativos a instalações físicas do espaço, disponibilidade, funcionamento e utilização dos equipamentos de segurança coletiva, bem como condições de armazenagem e quantidade dos produtos químicos destes laboratórios. O tempo gasto para o levantamento desses dados variou de escola para escola, visto que dependia do grau de organização do laboratório, da quantidade de reagente existente, da forma como os produtos encontravam-se armazenados (se em almoxarifado ou espalhados pelo laboratório), da disponibilidade de acesso autorizada pela Direção da escola.

## Resultados

O Distrito Federal tem atualmente setenta e seis escolas públicas de Ensino Médio, distribuídas em vinte e oito Regiões Administrativas. Os dados apresentados neste trabalho representam uma amostragem envolvendo vinte e seis destas instituições. Todas as escolas visitadas têm laboratório de Química, sendo que uma delas desativou o ambiente, passando reagentes, vidrarias e equipamentos para o laboratório de Física. Somente em onze destas escolas os laboratórios estão em funcionamento e, de uma forma geral, as condições de segurança são deficientes. A análise foi realizada mesmo para aqueles espaços não utilizados durante as aulas de Química.

Dentre as causas mais freqüentes alegadas para o não funcionamento dos laboratórios, destacam-se: a falta de professores ou técnicos responsáveis por estes ambientes, a grande rotatividade de professores nas escolas, a dificuldade de adequar aulas experimentais à carga horária de Química, e o remanejamento de professores para sala de aula. Além disso, foi ressaltado que o espaço físico reservado aos laboratórios é pequeno para o número de alunos existentes por turma (média 35 alunos), e, também, que existem problemas com as instalações hidráulica e elétrica. Pode-se observar que as argumentações são as mesmas encontradas na literatura (SILVA e ZANON, 2000), apontadas como um dos principais problemas do ensino de Química.

Dentre os problemas de segurança observados nos laboratórios aponta-se a inexistência de equipamentos básicos de proteção coletiva e individual. Foram encontrados extintores de incêndio em apenas dez laboratórios, entretanto, somente cinco destes apresentavam-se dentro do prazo de validade e quatro deles encontravam-se naqueles laboratórios em funcionamento. Em apenas um laboratório foi localizado chuveiro de emergência instalado e em nenhum deles havia lava-olhos. Parece um consenso entre os professores das escolas a necessidade de se ter capela de exaustão para manusear produtos químicos, visto que foi detectada pelo menos uma unidade em vinte destas instituições. No entanto, 12 capelas não se encontravam instaladas e algumas não tinham sistema de exaustão, o que as descaracteriza como EPC. Em apenas cinco das escolas visitadas foi encontrada caixa de primeiros socorros, sendo que uma encontrava-se vazia e as demais incompletas.

Outro fator observado diz respeito ao estado precário das instalações elétrica e hidráulica ou, mesmo, a existência de instalações de risco como, por exemplo, uma tubulação de gás passando abaixo da fiação elétrica. A inadequação do espaço físico dos laboratórios de ensino pode ser observada por fatores como: inexistência de saída de emergência; falta de organização e limpeza das salas e ventilação precária, apesar da realização de aulas experimentais utilizando produtos de elevada periculosidade e toxicidade, como mostra a Tabela 1.

De todos os problemas observados nos laboratórios escolares visitados, o que mais surpreendeu foi a quantidade e a diversidade de produtos químicos encontrados nas vinte e seis escolas. Foi contabilizado um total de duzentos e oitenta e dois tipos de reagentes distintos distribuídos pelas instituições de ensino visitadas. Desses, duzentos e dezenove itens são reagentes sólidos e juntos perfazem 852,30 kg. O volume estimado dos sessenta e três produtos líquidos é aproximadamente 715,00 L. O custo total destes produtos em valores atualizados é da ordem de R\$ 136.515,93.

**Tabela 1.** Produtos químicos e as quantidades encontradas em escolas públicas de Ensino Médio do Distrito Federal, bem como informações sobre periculosidade e toxicidade.

Produto químico	Quantidades aproximadas	Periculosidade/Toxicidade
Ácido pícrico	1,00 kg	Explosivo quando rapidamente aquecido. Forma compostos metálicos explosivos altamente inflamáveis. Tóxico por inalação, ingestão, em contato com a pele pode provocar queimaduras.
Ácido tricloroacético	1,00 kg	Irritante à pele e olhos, podendo provocar queimaduras graves. LD <sub>50</sub> = 3320 mg kg <sup>-1</sup> (oral, rato).
Benzeno	5,80 L	Pode causar câncer. Facilmente inflamável. Riscos de efeitos graves para a saúde em caso de exposição prolongada por inalação, contato com a pele e ingestão. DL <sub>50</sub> = 930 mg kg <sup>-1</sup> (oral, rato). DLLo = 50 mg kg <sup>-1</sup> (oral, humano).
Bromo	0,75 L (três ampolas de 0,25 L)	Muito tóxico por inalação, podendo provocar queimaduras, edema pulmonar, pneumonia, dispnéia grave. Causa ferida de difícil cicatrização. CL <sub>50</sub> = 47,7 mg L <sup>-1</sup> /4h (inalação, rato). DL <sub>50</sub> = 908 mg kg <sup>-1</sup> (oral, rato). DLLo = 25000 ppm (V)/5min. (inalação, humano).
Clorofórmio	10,40 L	Nocivo por ingestão. Irritante à pele. Possibilidade de efeitos cancerígenos. Efeitos graves para a saúde em caso de exposição prolongada por inalação e ingestão. CL <sub>50</sub> = 2700 mg m <sup>-3</sup> (inalação, rato). DL <sub>50</sub> = 2700 mg kg <sup>-1</sup> (oral, rato). DLLo = 14 mg kg <sup>-1</sup> (oral, humano). CLLo = 25000 ppm(V)/5 min (inalação, humano).
Compostos de Chumbo (Acetato, Cloreto e Nitrato de chumbo, óxido e bióxido de chumbo)	28,40 kg	Risco durante a gravidez, com efeitos adversos na descendência. Nocivo também por inalação e ingestão. Perigo de efeitos cumulativos. DL <sub>50</sub> PbCl <sub>2</sub> > 1947 mg kg <sup>-1</sup> (oral, rato).
Compostos de Cobalto (Acetato, Cloreto e Nitrato de cobalto).	5,70 kg	Nocivo por ingestão. Possibilidade de efeitos cancerígenos. Pode causar sensibilização por inalação e em contato com a pele. DL <sub>50</sub> (CH <sub>3</sub> COO) <sub>2</sub> Co.4H <sub>2</sub> O = 708 mg kg <sup>-1</sup> (oral, rato). DL <sub>50</sub> Co(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O = 691 mg kg <sup>-1</sup> (oral, rato). DL <sub>50</sub> CoCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O = 766 mg kg <sup>-1</sup> (oral, rato).
Compostos de Cromo (Ácido crômico*, Cromato de amônio e de potássio*, Dicromato de amônio, de potássio e de sódio*, Óxido de cromo III e Trióxido de cromo).	31,90 kg	*Podem causar câncer por inalação. Podem causar alterações genéticas hereditárias. Irritantes para olhos, vias respiratórias e pele. Tóxicos também por ingestão. DL <sub>50</sub> Na <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> = 50 mg kg <sup>-1</sup> (oral, rato). CL <sub>50</sub> Na <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> = 0,124 mg L <sup>-1</sup> /4 h (inalação, rato). DL <sub>50</sub> K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> = 25 mg kg <sup>-1</sup> (oral, rato). CL <sub>50</sub> K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> = 0,094 mg L <sup>-1</sup> /4 h (inalação, rato).
Éter etílico	13,30 L	Substância extremamente inflamável. Pode formar peróxidos explosivos. Manter distante de pontos de inflamação. Tomar precauções contra carga eletrostática. Narcótico! Causa dermatite. DLLo = 260 mg kg <sup>-1</sup> (oral, humano).

continua

**Tabela 1.** continuação

<b>Produto químico</b>	<b>Quantidades aproximadas</b>	<b>Periculosidade/Toxicidade</b>
Fenol	9,60 kg	Tóxico em contato com a pele e por ingestão. Provoca queimaduras. Perigo de cegueira*. $CL_{50} = 316 \text{ mg m}^{-3}$ (inalação, rato). $DL_{50} = 669 \text{ mg kg}^{-1}$ (cutânea, rato). $DL_{50} = 317 \text{ mg kg}^{-1}$ (oral, rato). $DLLo = 140 \text{ mg kg}^{-1}$ (oral, humano).
Formaldeído	15,50 L	Tóxico por inalação, ingestão e em contato com a pele. Pode provocar queimaduras*.
Merúrio	3,70 kg	Tóxico por inalação. Perigos de efeitos cumulativos*.
Compostos de Mercúrio (Cloreto mercúrico; Cloreto mercurioso, Iodeto de mercúrio, Nitrato de mercúrio e Óxido de mercúrio II).	8,70 g	Os compostos inorgânicos de mercúrio (I), devido à sua baixa solubilidade, são menos tóxicos por ingestão oral do que os mais solúveis de mercúrio (II). Os compostos de mercúrio atuam como toxinas celulares e protoplasmáticas. Provocam queimaduras. Riscos de efeitos graves para a saúde em caso de exposição prolongada por contato com a pele ou ingestão. Perigo de efeitos cumulativos*. $DL_{50} \text{ HgCl}_2 = 41 \text{ mg kg}^{-1}$ (cutânea, coelho). $DL_{50} \text{ Hg}_2\text{Cl}_2 = 210 \text{ mg kg}^{-1}$ (oral, rato). $DL_{50} \text{ Hgl}_2 = 75 \text{ mg kg}^{-1}$ (cutânea, rato).
Potássio metálico	1,50 kg	Reage violentamente com a água, libertando gases extremamente inflamáveis. Provoca queimaduras*.
Sódio metálico	2,80 g	Reage violentamente com a água, liberando gases extremamente inflamáveis. Provoca queimaduras*.
Tetracloroeto de carbono	17,50 L	Tóxico por inalação, em contato com a pele e inalação. Suspeito de ser causador de câncer. Riscos de efeitos graves para a saúde em caso de exposição prolongada por inalação*. $CL_{50} = 51,1 \text{ mg L}^{-1}/4 \text{ h}$ (inalação, rato). $DL_{50} = 1770 \text{ mg kg}^{-1}$ (oral, rato). $DL_{50} = 5070 \text{ mg kg}^{-1}$ (cutânea, rato). $CLLo = 1000 \text{ ppm(V)}$ (inalação, humana).
Tolueno	5,50 L	Facilmente inflamável. Nocivo por inalação*. $CL_{50} = 49 \text{ mg L}^{-1}/4 \text{ h}$ (inalação, rato). $CL_{50} = 5879 - 6281 \text{ ppm(V)}/6 \text{ h}$ (inalação, rato). $DL_{50} = 12124 \text{ mg kg}^{-1}$ (cutânea, coelho). $DL_{50} = 636 \text{ mg kg}^{-1}$ (oral, rato).
Xilol	21,90 L	A inalação pode provocar edemas nas vias respiratórias. Irritante à pele e aos olhos. Efeito potenciado pelo etanol*. $DL_{50} = 3609 \text{ mg kg}^{-1}$ (oral, rato). $CL_{50} = 6350 \text{ ppm(V)}/4 \text{ h}$ (inalação, rato).

\* (CETESB, 2006 e MERCK, 2004)

**Tabela 2.** Produtos químicos encontrados em maior quantidade nos laboratórios das 26 escolas públicas de Ensino Médio do Distrito Federal.

Produto químico	Quantidade (kg)	Produto químico	Quantidade aproximada (L)
Ácido oxálico	18,90	Acetona	50,90
Cloreto de potássio	22,90	Ácido acético	52,60
Cloreto de cálcio	24,20	Ácido clorídrico	31,20
Dicromato de potássio	22,90	Ácido nítrico	52,14
Enxofre em pó	25,90	Ácido sulfúrico	38,90
Hidróxido de bário	14,80	Álcool etílico	117,40
Hidróxido de potássio	30,40	Ciclohexano	24,30
Hidróxido de sódio	20,80	Hidróxido de amônio 28-30%	59,00
Nitrato de chumbo	17,40	Xilol	21,90
Sulfato de alumínio	19,60	Tetracloroeto de carbono	17,60

Em nenhuma das escolas visitadas observou-se a adoção do critério de compatibilidade na estocagem dos reagentes, fator este considerado importante pela literatura (CIEN-FUEGOS, 2001; CARVALHO, 1999; DEL PINO e KRÜGER, 1997) para minimizar os riscos intrínsecos dos produtos químicos. Por ocasião das visitas realizadas em treze dessas instituições, observou-se que a armazenagem dos produtos era feita dentro de armários fechados, dispostos pelos laboratórios, e que nem todas as estantes apresentavam aberturas para circulação de ar. Nas outras treze escolas havia um pequeno almoxarifado anexo ao laboratório, e, na maioria, o sistema de ventilação foi considerado insuficiente. Algumas instituições organizavam os produtos nas estantes ou nos almoxarifados, considerando as funções químicas (orgânicos – inorgânico: ácidos, bases, sais e óxidos); outras adotavam a ordem alfabética; e ainda foram detectadas aquelas que não seguiam critério algum na armazenagem.

Em todas as escolas foram encontradas grandes quantidades de produtos químicos com prazo de validade expirado, sendo que alguns ainda estavam lacrados. A validade desses produtos pode ser um fato de menor importância se considerarmos que a experimentação desenvolvida nesses laboratórios tem caráter puramente qualitativo. Entretanto, nem todos que lidam com produtos químicos têm conhecimento de tal fato e acabam considerando os reagentes vencidos como rejeito. Observou-se também a existência de recipientes com rótulos danificados ou até ilegíveis. Havia frascos cujos rótulos originais foram removidos e trocados por etiquetas, contendo apenas o nome do componente majoritário. Somado a isso, em algumas escolas, foram encontrados produtos químicos ou misturas de reagentes armazenados em embalagens não originais. Em praticamente todas as instituições não foi possível catalogar produtos por falta de identificação.

Como não foi observada em nenhuma escola a presença de um técnico em Química ou, mesmo, de um professor com dedicação exclusiva ao laboratório, deduz-se que não seria viável a identificação dos materiais sem rótulos. Salienta-se que o custo de identificação, transporte, impostos e descarte (por incineração e co-processamento ou em aterro Classe 1) dos

produtos químicos desconhecidos, considerados inservíveis para as atividades experimentais, pode ser estimado entre R\$ 7,00 a R\$ 8,00 por quilograma de material, visto que, no Distrito Federal, não existe empresa especializada para executar tal serviço.

Nas escolas em que os laboratórios não estão em funcionamento, os produtos químicos armazenados podem, aparentemente, não apresentar risco iminente por não estarem sendo manipulados, mas representam uma grave ameaça à comunidade vizinha e ao meio ambiente em caso de um incêndio.

Além do desconhecimento das normas básicas de segurança, foi constatado ser prática comum o ato mecânico de descartar os resíduos químicos, produzidos durante as aulas nos laboratórios das escolas, nas pias e/ou no lixo comum. A adoção desta prática é incompatível com a idéia de formar alunos conscientes da problemática ambiental causada pelo despejo inadequado de resíduos químicos na rede de esgoto.

Observa-se que não há um controle dos produtos armazenados, nem dos resíduos químicos produzidos. Após as aulas experimentais, os resíduos são dispostos em lixo comum ou na pia sem critérios de descarte. Essas instituições parecem não ter conhecimento dos riscos que este material impõe. A administração dessas escolas deve desconhecer também que, apesar da falta de uma legislação específica, qualquer instituição está sujeita às sanções penais e administrativas aplicáveis às condutas lesivas ao ambiente.

### **Considerações finais**

De um modo geral, observou-se a ausência de uma política de aquisição de reagentes químicos pelas instituições de ensino. A aquisição ocorre por demandas específicas de cada escola ou por aquisição automática pela Secretaria de Educação e envio dos reagentes às escolas (sem ter havido solicitação específica). Por isso, na maioria das vezes, o critério de estocagem por compatibilidade é desconsiderado, resultando no acúmulo de materiais e substâncias sem identificação (falta de rótulo), degradadas (como os formadores de peróxidos) ou que tiveram suas propriedades físico-químicas alteradas. Estas acabam transformando-se em um passivo ambiental perigoso, em razão do grande volume e das precárias condições de estocagem.

Dessa forma, a adoção de uma postura segura nas atividades experimentais de ensino faz-se necessária, sobretudo, para o bem-estar coletivo. O corpo diretivo, juntamente com os professores, não deve restringir-se a informar normas de segurança; o processo deve ter caráter formativo, para que seja incorporado à conduta diária e perpassa o ambiente escolar. Nesse contexto, é imprescindível nortear o funcionamento dos laboratórios de Química pela adoção de procedimentos que favoreçam a segurança, como: armazenagem e manuseio adequado de produtos químicos, observância das propriedades e da rotulagem correta dos materiais e substâncias. Nestes procedimentos, devem-se incluir a gestão dos resíduos perigosos e a manutenção dos equipamentos de proteção. O fazer consciente da experimentação amplia o seu papel na formação de professores, que, além da problematização, possibilita discussões e questionamentos relacionados aos conceitos científicos e às questões ambientais. Uma proposta pedagógica que inclua segurança e gestão de resíduos químicos torna a experimentação uma ação de educação ambiental, uma vez que favorece a obtenção de conhecimento, o



desenvolvimento de percepção crítica e mudança de postura dos indivíduos.

Apesar de os problemas aqui apresentados serem aparentemente reflexo de uma realidade apenas do Distrito Federal, acreditamos que tais fatos podem ser observados em outras regiões do país, conforme já apontado por Gimenez et al. (2006).

Como uma possível solução, recomenda-se que os órgãos de educação responsáveis pelo Ensino Médio do Distrito Federal ou de alguns outros municípios designem alguns profissionais, com conhecimento em normas de segurança e manuseio correto de produtos químicos, para elaborar um projeto de gerenciamento de segurança e resíduos dos laboratórios de Química. Dentro das ações previstas no projeto, deve-se contemplar:

- o redimensionamento do espaço físico dos laboratórios, adaptando-os ao número de alunos;
- o tratamento dos resíduos gerados durante as aulas, atividade que poderá ser executada por alunos, professores e/ou técnicos, incorporando princípios de responsabilidade socioambiental;
- a incorporação, na forma de reutilização, dos resíduos tratados;
- a redução da diversidade e quantidade de produtos utilizados na experimentação, reprojetoando os experimentos;
- a elaboração de parcerias com outras instituições do Distrito Federal para troca ou doação dos produtos perigosos até que eles sejam esgotados.

No caso de haver intenção em manter a compra de produtos químicos perigosos, recomenda-se concentrar a armazenagem e a confecção de soluções em um local único, preparado dentro de critérios rígidos de engenharia de segurança, e sob gerência de um profissional capacitado. Uma alternativa interessante tem sido a utilização de materiais disponíveis no comércio local (supermercados, farmácias, lojas de ferragens e casas agrícolas) e que não oferecem riscos desnecessários para os usuários do laboratório (SILVA et al., 2003).

Recomenda-se também que, na formação inicial do professor de Química, seja realizada uma abordagem de procedimentos de segurança, incluindo-se gerenciamento dos resíduos químicos, para que este docente possa planejar atividades de experimentação não deixando de lado o princípio educativo desta prática. Isto pode ser concretizado por meio de disciplinas, inseridas no currículo e pertencentes a um eixo no qual a experimentação é concebida também como um instrumento de avaliação dos aspectos sociais, ambientais, políticos e éticos do “fazer” químico.

## Referências

- AMARAL, S. T. et al. 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.
- AQUINO, A. N. **Diagnóstico das condições de segurança de laboratórios de ensino de Química em duas escolas de Ensino Médio da rede pública localizadas na Ceilândia Norte – DF**. 2005. 114p. Monografia (Graduação) – Instituto de Química, Universidade de Brasília, Brasília, 2005.
- BARRA, V. M.; LORENZ, K. M. Produção de materiais didáticos de ciências no Brasil, período: 1950 a 1980. **Ciência e Cultura**, v. 38, n. 12, p. 1970-1983, 1986.
- BELTRAN, N. O.; CISCATO, C. A. M. **Química**. São Paulo: Cortez, 1991.
- BRASIL. **Constituição (1988)**. Constituição da República Federativa do Brasil. Edição atualizada em 2000, Subsecretaria de Edições Técnicas. Brasília: Senado Federal, 2000.
- CARVALHO, P. R. **Boas práticas químicas em biossegurança**. Rio de Janeiro: Interciência, 1999.
- CETESB. **Informações Ecotoxicológicas**. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br>>. Acesso em: 10 out. 2006.
- CIENFUEGOS, F. **Segurança no laboratório**. Rio de Janeiro: Interciência, 2001.
- DEL PINO, J. C.; KRÜGER, V. **Segurança no laboratório**. Porto Alegre: SECICIRS, 1997.
- GERBASE, A. E. et al. Gerenciamento de resíduos químicos em instituições de ensino e pesquisa. **Química Nova**, v. 28, n. 1, p. 3, 2005.
- GIESBRECHT, E. O ensino de Química no Brasil: problemas e perspectivas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE QUÍMICA, 19., 1978, São Paulo. **Palestra...** São Paulo, 1978. [publicado em Anais da Associação Brasileira de Química, v. 30, n. 1-2, p. 5-9, 1979].
- GIMENEZ, S. M. N. et al. Diagnóstico das condições de laboratório, execução de atividades práticas e resíduos químicos produzidos nas escolas de Ensino Médio de Londrina – PR. **Química Nova na Escola**, n. 23, p. 32-36, 2006.
- GURGEL, C. M. A. Políticas públicas y educación para la ciencia en Brasil (1983-1997): afinal qué enseñanza de calidad? **Revista de Ciencias Sociales**, Costa Rica, n. 92-93, p. 145-155, 2001.
- LARINI, L. **Toxicologia**. 3. ed. São Paulo: Manole, 1997.
- LENARDÃO, E. J. et al. “Green Chemistry”: os 12 princípios da Química Verde e sua inserção nas atividades de ensino e pesquisa. **Química Nova**, v. 26, n. 1, p. 123-129, 2003.

- LINGUANOTO, M. O que está acontecendo com o ensino de Química no Segundo Grau. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO QUÍMICA, 9., 1987, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 1987. p. 265-276.
- LOPES, M. Senado Aprova Política Nacional de Resíduos. **Folha do Meio Ambiente**, Brasília, setembro 2006.
- MERCK. **ChemDAT, The Merck Chemical Database**. Darmstadt: Merck KGaA. CD-ROM. 2004.
- NOGUEIRA, J. C. et al. Descrição e análise de problemas de desempenho de professores de Química do Segundo Grau na região de São Carlos, São Paulo. **Química Nova**, v. 4, n. 2, p. 44-48, 1981.
- PAGOTTO, C. L. A. C.; VIANA, L. M. A falsa imagem da Química. **Ciência Hoje**, v. 13, n. 74, p. 72-73, 1991.
- PIMENTEL, L. C. F. et al. O inacreditável emprego de produtos químicos perigosos no passado. **Química Nova**, v. 29, n. 5, p. 1138-1149, 2006.
- PONTONE JÚNIOR, R. As atividades prático-experimentais em Ciências. **Presença Pedagógica**, v. 4, n. 24, p. 71-75, 1998.
- SCHNETZLER, R. P. Um estudo sobre o tratamento do conhecimento químico em livros didáticos brasileiros dirigidos para o ensino secundário de Química de 1875 a 1978. **Química Nova**, v. 4, n. 1, p. 6-15, 1981.
- SCHNETZLER, R.; ARAGÃO, R. M. R. Importância, sentido e contribuições de pesquisas para o ensino de Química. **Química Nova na Escola**, n. 1, p. 27-31, 1995.
- SILVA, L. H. A.; ZANON, L. B. A experimentação no ensino de Ciências. In: Schnetzler, R. P.; Aragão, R. M. R. (orgs.). **Ensino de Ciências: Fundamentos e Abordagens**, Piracicaba: Capes/Unimep: Piracicaba, cap. 6, p. 120-153, 2000.
- SILVA, R. R. et al. Experiências de Química com materiais disponíveis em supermercados : vivenciando a não dissociação ensinar-aprender e teoria-prática na educação em Ciências. **Participação**, v. 7, n. 12, p. 62-64, 2003.
- SILVA, R. R.; DIAS, R. G.; BARBALHO, D. S. O uso de kits de experimentação comerciais em algumas escolas do DF: uma experiência válida? In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, 12., 2004, Goiânia. **Anais...** Goiânia: SBQ, 2004. 1 CD-ROM.
- TAVARES, G. A.; BENDASSOLLI, J. A. Implantação de um programa de gerenciamento de resíduos químicos e águas servidas nos laboratórios de ensino e pesquisa no CENA/ USP. **Química Nova**, v. 28, n. 4, p. 732-738, 2005.
- TUNES, E. et al. O professor de Ciências e a atividade experimental. **Linhas Críticas**, v. 5, n. 9, p. 59-67, 1999.