



# LABORATÓRIOS DIDÁTICOS DE QUÍMICA: DE LIEBIG (1803-1873) AOS PROCESSOS DE QUALIDADE E BIOSSEGURANÇA NO SÉC. XX

## *CHEMISTRY DIDACTIC LABORATORIES: FROM LIEBIG (1803-1873) TO QUALITY AND BIOSAFETY PROCESSES IN THE 20TH CENTURY*

**Marco Antonio Ferreira da Costa**

costa@fiocruz.br

*Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio (EPSJV-FIOCRUZ), e Programa Stricto sensu em Ensino em Biociências e Saúde do Instituto Oswaldo Cruz (IOC-FIOCRUZ). Fundação Oswaldo Cruz, Avenida Brasil 4365, Manguinhos, Rio de Janeiro – CEP: 21040-900*

**Maria de Fátima Barrozo da Costa**

mafa@ensp.fiocruz.br

*Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca (ENSP-FIOCRUZ). Fundação Oswaldo Cruz, Avenida Brasil 4365, Manguinhos, Rio de Janeiro – CEP: 21040-900*

### RESUMO

As atividades práticas em laboratório são consideradas importantes para o ensino da química, assim como no caso de outras ciências. Mas esses ambientes, por oferecerem inúmeros riscos e perigos, exigem, por parte das instituições de ensino, uma gestão eficiente das tarefas realizadas e cuidados especiais principalmente em relação à segurança ocupacional dos alunos, docentes e profissionais que neles atuam. Com o objetivo de facilitar a compreensão dessa temática, este artigo discute, com base em uma pesquisa bibliográfica e teórica, a experimentação em laboratórios didáticos de química a partir do modelo de Liebig, no século XIX, até a chegada dos processos de qualidade e de biossegurança no século XX, perpassando, de forma sintética, pela história do ensino de química no Brasil. Pautadas nas fontes bibliográficas utilizadas e na experiência docente em processos de biossegurança e de qualidade por parte dos autores, são disponibilizadas ações básicas que poderão contribuir de forma significativa para um trabalho seguro e organizado naqueles locais.

**PALAVRAS-CHAVE:** Experimentação; Boas Práticas no Ensino Laboratorial; Segurança em Laboratórios

### ABSTRACT

Practical activities in laboratories are considered important to the teaching of chemistry, as well as to the teaching of other sciences. However, these environments, since they offer innumerable hazards and risks, require from educational institutions special care covering efficient management of tasks and the occupational safety of students, teachers and professionals who work in them. This article discusses, based on a bibliographical and theoretical research, experimentation in chemistry didactic laboratories from the Liebig model, in the 19th century, until the arrival of the quality and biosafety processes in the 20th century, and, in order to facilitate the understanding of this subject, it, synthetically, goes through the history of the teaching of chemistry in Brazil. Based on the bibliographic sources used and on

the authors' teaching experience in biosafety and quality processes, basic actions that can significantly contribute to a safe and organized work in these places are made available.

**KEYWORDS:** *Experimentation; Good Practices in Laboratory Teaching; Laboratory Safety*

## INTRODUÇÃO

A Química é a ciência que além de ter protagonizado o aparecimento dos primeiros laboratórios, incluindo os didáticos ou de ensino, também contribuiu para o desenvolvimento de aparelhos e procedimentos práticos essenciais à ciência moderna. Vários autores (PINTO et al., 2013; LÔBO, 2012; SANTANA, 2011; BENITE e BENITE, 2009, 2007; MAAR, 2006; PIRES, 2006; HOFSTEIN e LUNETTA, 2004; BLOSEER, 1983; entre outros) tem se dedicado a produção acadêmica envolvendo principalmente os laboratórios didáticos de Química, em função do seu uso estratégico nos processos de ensino-aprendizagem de ciências.

Griffin (1892, p.477 - tradução nossa) escreveu, naquela época, que "o laboratório conquistou o seu lugar na escola, e sua introdução tem sido um sucesso. Ele é destinado a revolucionar a educação. Os alunos podem agora ir a seus laboratórios aptos a ver e a fazer".

Para Dewey (1979) a experiência é fundamental para o processo de cognição, já que favorece a reflexão crítica, e conseqüentemente a aprendizagem. Entendemos que a experiência é obtida a partir de um conjunto de vivências, e no campo do ensino de ciências, nosso objeto de estudo, essa experiência pode ser obtida a partir de experimentações, que são processos controlados, pautados no método científico, e geralmente desenvolvidos em ambientes laboratoriais.

Galiuzzi e Gonçalves (2004) dizem que existe diferença entre experimentação e prática. Ambos são atos de obtenção de experiências, porém, na experimentação o aluno cria, ele desenvolve um projeto e o executa, produzindo conhecimento, enquanto na prática, os alunos seguem protocolos e sabem os resultados que serão obtidos, já que parte de um processo previamente formatado, ou seja, são meros atos demonstrativos. Segundo Pinto et al. (2013, p. 86):

As abordagens do laboratório didático são inúmeras, Andrade e Massabni (2011) apontam as atividades experimentais com características investigativas, como importantes na construção do conhecimento, na medida em que a interação com o fenômeno e com os sujeitos auxilia na promoção da reflexão de seus conceitos prévios, com o objetivo de adequar sua estrutura cognitiva para prover um sentido ao que se observa. Em contrapartida, as atividades de cunho demonstrativo são apontadas pelos autores como restritivas uma vez que dificultam o diálogo.

Hoodson (1994) aponta que atividades interativas, tais como, trabalhos em grupo, pesquisa bibliográfica, entre várias outras onde os alunos estão ativos e não passivos, também podem ser consideradas práticas. O mesmo autor ainda destaca dois pontos importantes: 1) Que o único modo eficaz de aprender a fazer Ciência é praticando a Ciência de maneira crítica e reflexiva e não aprendendo uma "receita" que pode ser aplicada em todas as situações, e 2) A preocupação com os riscos decorrentes das atividades em laboratórios, deve merecer atenção constante por parte dos docentes.

Pontone Júnior (1998), abordando a diferença entre atividade experimental e prática, aponta que as primeiras, para muitos docentes, são aquelas desenvolvidas apenas em

laboratórios, o que consideramos um equívoco, porque elas podem, muito bem, ser realizadas em sala de aula, desde que devidamente planejadas. Giani (2010, p. 24) salienta que:

A utilização de atividades experimentais pode trazer um grande avanço no Ensino de Ciências. No entanto, mal conduzida pode confundir e desanimar os alunos. A forma como a experimentação deve ser usada dependerá muito da habilidade e do conhecimento do professor para saber quais atividades deverão ser monitoradas, quais fenômenos deverão ser explorados e que conceitos serão estudados em cada experimento.

Na década de 1960 foi observada uma tendência para a utilização da experimentação no ensino da química. Isso se deveu em função da divulgação no Brasil, dos projetos americanos *CHEM STUDY* (Química uma Ciência Experimental) e o CBA (*Chemical Bond Approach*). Embora esses projetos não tenham sido adotados por um número significativo de escolas, influenciaram o discurso oficial e o ideário dos professores (SICCA, 1996, p. 120). O *CHEM STUDY* a respeito do papel atribuído ao laboratório, ressalta:

Como convém num curso moderno de Química, são apresentados princípios unificadores tomando por base o trabalho no laboratório (...) através deste trabalho de laboratório você estará pessoalmente envolvido na atividade científica e, até certo ponto, se tornará um cientista (CICCA, 1996, p. 119).

Pontes et al. (2008) também salientam que na década de 1970, esse movimento pró-experimentação se acentua, apontando para a importância de se inter-relacionar teoria e prática, tendo-se como argumento o pressuposto de que a experimentação contribui para uma melhor qualidade do ensino.

As razões apontadas para as atividades em laboratórios didáticos, é que elas facilitam a aprendizagem de conhecimentos conceituais e procedimentais, propiciam o entendimento básico da metodologia da pesquisa, o pensamento crítico e o desenvolvimento de atitudes ocupacionais e éticas (HOODSON, 2000). Krasilchik (2004) realça que nas aulas práticas os alunos têm a oportunidade de enfrentar resultados imprevistos, e com isso são instigados a uma interpretação que desafia sua imaginação e raciocínio.

Não há dúvidas de que as atividades em laboratórios didáticos são estratégias de ensino que facilitam o aprendizado das ciências, e nessa linha é interessante colocar às diferenças, em relação à experimentação no ensino de química, entre Piaget, Ausubel e Vygotsky, conforme o Quadro 1:

**Quadro 1:** Experimentação na visão de Piaget, Ausubel e Vygotsky

Foco	Piaget	Ausubel	Vygotsky
Papel da experimentação	Permitir a mudança do nível operacional concreto para o nível operacional formal.	Revelar os conhecimentos prévios dos alunos e fornecer ou formalizar novas informações que serão incorporadas ao sistema cognitivo dos alunos (subsunçores).	Interpretar os significados compartilhados e a apropriação do processo da atividade de estudo.
Professor	Apresentar experimentos desequilibradores para os estudantes,	Identificar as concepções prévias dos alunos e propor situações para a	Mediar o conhecimento científico entre o que o aluno sabe e que poderá saber com o auxílio de

	causando insatisfação com as suas ideias.	reestruturação de conceitos.	alguém (Zona de Desenvolvimento Proximal).
Aluno	Aplicar o raciocínio lógico.	Mostrar o limite entre o que o aluno sabe e o que deveria saber.	Compartilhar significados e apropriação de novos conhecimentos.

Fonte: Extraído e adaptado de Maia et al. (2013, p. 1005) e Oliveira (2010).

Lima e Takahashi (2013, p. 3501-2) afirmam que:

A experimentação desperta a atenção dos estudantes fomentando-os para uma aprendizagem que Ausubel, Novak e Hanesian classificam como aprendizagem por descoberta orientada, em que o professor orienta os alunos a descobrir o conteúdo a ser aprendido favorecendo, assim, o estabelecimento de habilidades e competências cognitivas, como: observar criticamente, elaborar e testar hipóteses, refletir e generalizar.

Os professores responsáveis pelas atividades práticas podem se utilizar de diversas estratégias no cotidiano do laboratório, tais como explicitadas no Quadro 2:

**Quadro 2:** Tipos de estratégias que podem ser usadas em laboratórios didáticos

Demonstração	Apresentar aos alunos alguns fenômenos para observações. O aluno é um mero expectador, quem realiza a prática é o professor.
Exercício	Desenvolver no aluno destrezas procedimentais, como medir, manipular, entre outras, ou seja, técnicas básicas de laboratórios.
Atividades Ilustrativas	Desenvolver no aluno a aprendizagem de conhecimentos conceituais ou reforçá-lo. O aluno segue um protocolo e utiliza os seus conhecimentos prévios para executá-lo.
Investigações	Desenvolver no aluno a aprendizagem e a construção de conhecimentos científicos, a partir dos princípios da metodologia da pesquisa, isto é: o aluno elabora um projeto básico, com uma pergunta, objetivos da pesquisa, uma justificativa, uma base conceitual para sustentar a análise dos resultados, e o caminho metodológico que usará.

Fonte: Adaptado de Caamaño e Coromina (2004).

Essas atividades de experimentação em laboratórios didáticos de química, a nosso ver, mesmo com críticas apoiadas em pressupostos psicológicos, filosóficos e sociológicos (SICCA, 1996), quando trabalhadas em consonância com o que foi discutido em sala de aula, desenvolvem nos alunos habilidades de pesquisa, como planejamento, análise de dados, e desperta nos estudantes o espírito de equipe, o que em trabalhos de pesquisa é essencial. É importante que essas atividades façam sentido para o aluno, de modo que ele saiba o seu objetivo, e que este está atrelado a um problema que está sendo estudado, e esse princípio é básico na pedagogia de Liebig.

Portanto, nosso objetivo neste artigo é analisar a evolução dos laboratórios didáticos de química, a partir de Liebig, químico e professor da Universidade de Giessen/Alemanha, no século XIX até a introdução dos processos de qualidade e da biossegurança nesses ambientes no século XX, passando, de forma sintética, pela história e ensino da Química no Brasil, com o intuito de favorecer a compreensão dos professores e gestores da educação básica e superior sobre a importância da qualidade e biossegurança, entendidas no texto, como um conjunto de atributos que agrega valores comportamentais, econômicos, de segurança ocupacional, e

principalmente de eficiência e eficácia (COSTA e COSTA, 2012; SAN MIGUEL, 2009) aos processos de ensino-aprendizagem da química, e por que não, de outras ciências, como a Física e a Biologia, que também têm nos laboratórios seus espaços de pesquisa.

Este texto não teve a intenção, na parte de Liebig e história e ensino da química, de produzir uma revisão sobre esses temas, são apenas recortes temporais extraídos de artigos científicos e de livros que tratam da história da química brasileira.

## LIEBIG E O ENSINO DA QUÍMICA EM LABORATÓRIOS

Na Química, de acordo com Maar (2006, p. 1129), Lavoisier foi o líder óbvio de seu tempo, e depois de sua morte a Química francesa encontrou seus líderes sucessivamente em Berthollet (1748-1822) e Gay-Lussac (1778-1850). No cenário químico europeu, as primeiras décadas do século XIX encontram-se sob a indiscutível autoridade de Berzelius (1778-1848), e depois de seu ocaso, da de Jean Baptiste Dumas (1800-1884) e de Justus von Liebig (1803-1873).

Quando se escreve sobre laboratórios didáticos de química, é impossível deixar de citar a Universidade de Giessen (1607) / Alemanha e de Justus von Liebig, químico alemão e professor dessa universidade, que em meados do século XIX, introduziu o laboratório como um instrumento didático para o ensino da química, o que ficou conhecido na Europa como "Laboratório de Giessen", e por onde passaram vários químicos ilustres e ganhadores do Prêmio Nobel. Em 1946 a universidade passou a ser denominada de *Justus-Liebig Universitat Giessen* (DEROSSO, 2018; MAAR, 2006; PIRES, 2006; ROSENFELD, 2003, BROCK, 2002; BROCK, 1975; BROWNE et al., 1942).

Hannaway (1986) aponta que somente a partir do final do século XVI, precisamente no ano de 1590, o termo latino *laboratorium* foi usado pelo astrônomo dinamarquês Tycho Brahe (1546-1601), com um sentido moderno de espaço de experiências.

Nos séculos XVII e XVIII já existiam laboratórios de ensino da química na Europa, mas eram voltados para a Medicina, ao preparo de fármacos. O laboratório de Liebig tinha como foco a análise química, ou seja, ele ensinava a pesquisar em Química, e essa era a grande novidade. Outro diferencial é que, "embora cada aluno de Liebig pesquisasse seu próprio assunto, todos os assuntos eram discutidos em grupo, para proveito comum [...]" (MAAR, 2006, p. 1132). Talvez seja na história da ciência a primeira menção ao trabalho de grupo em pesquisas. Maar (2006, p. 1132) também descreve o que era esse ambiente diferenciado de Liebig:

O laboratório de Giessen era local de trabalho intenso, não muito organizado e arrumado, mas um local de trabalho que as inovações da Química tornaram agradável e descontraído, como o próprio Liebig descreve nos "*Chemische Briefe*" (Cartas sobre Química) o seu laboratório, que se "converte num recinto leve, acolhedor e confortável [...]".

Derossi e Reis (2018, p. 95) sustentam que a experimentação sempre foi a principal característica da metodologia de ensino de Liebig. O experimentalismo como forma de ensino já era adotado por filósofos naturais empiristas como John Locke (1632-1704), Francis Bacon (1561-1626), Auguste Comte (1798-1857) e por outros estudiosos preocupados com o ensino, tais quais Jane Marcet (1769-1858) e Michael Faraday (1791-1867). Cruz (2016, p. 38) afirma que "o duplo apelo, teoria e prática laboratorial intensa, consistia no fim utilitário último da

filosofia pedagógica de Liebig e sintetizava-se numa característica, a “de pensar nos fenômenos”, habilidade necessária ao sucesso dos químicos.”

Crosland (2003, p. 336) enumera como características que definiam uma escola de investigação no século XIX:

A existência de um líder, o qual deve ser uma figura pública com reputação científica, um programa de pesquisa; um espaço/laboratório bem equipado; acesso a um órgão de publicação e benefícios visíveis para os aprendizes, como o emprego após o período de aprendizagem (principalmente quando esse contexto de aprendizagem é a Universidade).

Em meados do século XIX, os laboratórios eram totalmente desestruturados, e na visão de Liebig (1892) pareciam cozinhas repletas de utensílios usados para produção de fármacos. A partir de 1840, por influência da Revolução Industrial, pelo desenvolvimento da própria ciência, e principalmente por metodologias analíticas desenvolvidas por Liebig, os laboratórios, não apenas na Alemanha, mas também em outros países da Europa, passaram a alterar completamente a sua aparência e estrutura, com o uso de mais equipamentos, reagentes, novas bancadas de trabalho e melhores sistemas de ventilação, entre outros, e com isso, conseqüentemente, incorporando novos perigos e riscos ocupacionais aos alunos, professores e auxiliares.

Isso mostra que a história da Química, até os dias atuais, pode também ser escrita como uma história da reformulação permanente do seu espaço de construção do conhecimento, ou seja, o laboratório (MAAR, 2006; PIRES, 2006).

Um dos defeitos apontados ao laboratório químico de Liebig era a sua posição ao lado das salas de aulas em função dos vapores nocivos que emanavam das práticas ali realizadas. A partir de 1863 as pesquisas foram proibidas nos dias de aulas teóricas e o “problema”, embora não resolvido, foi diminuído com a instalação de um sistema de ventilação (MAAR, 2006).

Pires (2006) aponta que somente a partir das últimas décadas do séc. XIX e das primeiras do século XX, principalmente após a 1ª Grande Guerra (1914-18), o laboratório químico desenvolveu-se como um espaço especializado, requerendo cuidados dos arquitetos, no que se refere aos materiais utilizados, tipos de pisos, sistemas de ventilação, e administração geral do espaço, práticas que poucos arquitetos na época possuíam. Griffin (1892, p. 476 – tradução nossa) acentuava, naquele período, que:

Nenhum experimento que envolva qualquer risco deve ser realizado. Os gases devem ser produzidos em pequena quantidade, e no caso do cloro, por ser perigoso quando inalado, o aluno deve usar um capuz. Cada aluno deve ter uma gaveta ou armário com fechadura e chave para que ele possa manter o seu próprio aparelho. Com uma seleção adequada dos experimentos, todas as leis da química podem ser determinadas sem risco para os estudantes.

Segundo Mégrelis (2007), Liebig trabalhou intensamente para tornar a química visível para a sociedade da época, escrevendo inúmeros artigos, ministrando palestras em vários países e como editor de periódicos científicos, como o *Annalen der Chemie und Pharmacie*, em 1840. Na visão de Lozano e Miranda (2009), Liebig colocou a Universidade de Giessen, enquanto professor e pesquisador da instituição, como o maior centro de ensino da química

no mundo do século XIX. Se o Prêmio Nobel existisse antes da sua morte (a primeira premiação foi em 1901), provavelmente ele teria sido um dos agraciados.

## RECORTES HISTÓRICOS DO ENSINO DA QUÍMICA NO BRASIL A PARTIR DO SÉC. XIX AO FINAL DO SÉC. XX

No Brasil, no século XIX, não houve reflexos do modelo de Liebig no ensino da Química, mesmo tendo Dom Pedro II visitado Liebig em Munique em 1872, condecorando-o com a Ordem da Rosa (MAAR, 2006). Dom Pedro II, que governou o Brasil de 1831 a 1898, influenciado pelo advogado, professor e mineralogista José Bonifácio de Andrada e Silva, tutor de Pedro II de 1831 a 1833 e descobridor do elemento lítio, na Suécia em 1800 (único brasileiro a descobrir um elemento químico), foi um entusiasta da química (PATROCÍNIO, 2015; PORTO e KRUGER, 2013), e possuía um pequeno laboratório em sua residência, no Paço de São Cristóvão/RJ (atual Museu Nacional na Quinta da Boa Vista), que Santos (2004, p. 57) descreve como “o laboratório era uma sala separada para experiências de ciência e de Química. Nela se encontram uma bomba de ar, eletromagnetos, aparelhos elétricos e outros.”

Santos et al. (2006, p. 624) analisando o artigo “Façamos químicos”, de Freitas Machado de 1918, diz que:

Os nossos trabalhos são de pura repetição; somos os ecos longínquos da ciência de outrem. Não temos Escolas nem Laboratórios especiais para o ensino da Química, não temos programas representativos das nossas necessidades de acordo com o desenvolvimento moderno da ciência [...].

Essa citação, no início do século XX, também realça os problemas enfrentados por Liebig no século XIX, em relação aos cuidados e necessidades que se deve ter em laboratórios de Química.

Sabemos perfeitamente que selecionar fatos históricos é uma tarefa “perigosa”, e que depende, fundamentalmente, da interpretação que fazemos da história. No Quadro 3, apresentamos vários recortes, extraídos e adaptados de Almeida e Pinto (2011) e outros sobre a história do ensino da química no Brasil no século XIX ao final do século XX, e qualquer momento importante que não tenha sido aportado estará nesse contexto. Observamos, em vários recortes, a atenção dada às atividades laboratoriais.

**Quadro 3:** Alguns recortes históricos do ensino da Química no Brasil, a partir do século XIX ao final do século XX

1808 - Chegada da família real.	1811 - Aulas de química começam a ser ministradas na Academia Real Militar no Rio de Janeiro (CABRAL, 2011).
1812 - Criação do Laboratório Químico-Prático do Rio de Janeiro, com o propósito de desenvolver pesquisas químicas com finalidade comercial, e do Laboratório Químico do Museu Nacional, que se limitava a análises químicas de minerais, e das primeiras amostras de carvão nacional e de pau-brasil provenientes de diversas regiões do País (MATHIAS, 1979, p. 98).	1824 - Criação, no Rio de Janeiro, do Laboratório Químico do Museu Imperial e Nacional. Realizava análises de combustíveis naturais, e toxicológicas. João da Silveira Caldeira (1800-1854), seu diretor, escreveu, em 1825, o livro “Nova Nomenclatura Química Portuguesa e Latina e Francesa”, com críticas ao ensino de química nas escolas superiores da Corte, no Rio de Janeiro e na Escola de Medicina da Bahia (CALDEIRA, 1825)

## LABORATÓRIOS DIDÁTICOS DE QUÍMICA...

<p>1837 – Criado o colégio Pedro II, no Rio de Janeiro, que tinha como objetivo servir de modelo a outros estabelecimentos de ensino e que inovou o Ensino Secundário, incorporando, no currículo, disciplinas de ciências, em caráter não regular.</p>	<p>1874 – Fundação da Escola Politécnica do Rio de Janeiro (EPRJ), sucessora da antiga Academia Real Militar, fundada em 1811, que em 1877 introduziu os cursos de Química Orgânica, Analítica Mineral, Inorgânica e Industrial (CABRAL, 2011). A EPRJ, posteriormente foi chamada de Escola Nacional de Engenharia, alterada em seguida para Escola de Engenharia da UFRJ e, hoje, voltando a ser a Escola Politécnica, agora da UFRJ (UFRJ, 2017).</p>
<p>1875 – Lançamento da obra “Noções de Química Geral” de João Martins Teixeira, discípulo de Moraes Vale, a qual seria adotada por várias décadas. Em 1878 Moraes também lançou “Noções de Química Inorgânica”.</p>	<p>1887 – Conhecimentos de química e física passaram a ser exigidos nos exames às escolas superiores.</p>
<p>1911 – Criação do primeiro curso de química industrial, de nível técnico, no Makenzie College, em São Paulo, que, em 1915, se tornou curso de nível superior. Neste mesmo ano, foi criada a Escola Superior de Química da Escola Oswaldo Cruz, esse dado, porém, de acordo com Santos et al. (2006) não se encontra registrado, o que dificulta a sua aceitação. A Universidade Makenzie também criou, em 1922, o mais antigo curso de Engenharia Química do país.</p>	<p>1912 - Disciplinas de química passaram a ser ensinadas nas Escolas Superiores de Agricultura e Medicina Veterinária, fundadas em Pernambuco em 1912, por monges beneditinos. O ensino dessas disciplinas tinha uma base pedagógica próxima do modelo de Liebig. Essas escolas, em 1967, se transformaram na Universidade Federal Rural de Pernambuco.</p>
<p>1918 - Criação no Rio de Janeiro do Instituto de Química. Na origem desse instituto, está o Laboratório de Defesa e Fiscalização da Manteiga, cujo principal propósito era a análise da manteiga consumida no Brasil, que era importada da França. O ensino de química, previsto no regulamento para realizar-se no Instituto de Química, é considerado o primeiro ensino oficial de química (RHEINBOLDT, 1994). Matsumoto e Kuwabara (2005, p. 353) diz que nessa época “as aulas práticas e as atividades de laboratório eram marcadas pela repetição exaustiva das operações, na qual grande parte das práticas eram realizadas individualmente, inúmeras vezes, até que os resultados fossem reprodutíveis, permitindo o desenvolvimento de habilidades operacionais (fazer).”</p>	<p>1920 – Fundação do curso de Química Industrial e Agrícola em Niterói, que foi transferido para o Rio de Janeiro, onde em 1933 deu lugar à Escola Nacional de Química.</p>
<p>1922 – Criação da Sociedade Brasileira de Química. Em 1933, a grafia foi alterada de <i>chimica</i> para <i>química</i>, e a Sociedade existiu até 1951. Essa agremiação científica editou o primeiro periódico de química brasileiro, a Revista Brasileira de Química, criado em 1929, que mais tarde foi rebatizado como Revista da Sociedade Brasileira de Química (AFONSO, 2014).</p>	<p>1931 – Início, no Ensino Secundário, da disciplina de química, de forma regular, a partir da Reforma Educacional Francisco Campos. Tinha por objetivo, despertar no aluno o interesse pela ciência e as relações da química com o cotidiano. O ensino de Química deveria ser orientado pelos preceitos do método experimental (LIMA, 2013). Entretanto, os procedimentos propostos para as aulas de laboratório iam à outra direção, ou seja, o laboratório era concebido como um local em que o professor podia fazer demonstrações a fim de</p>



	ilustrar os conceitos previamente transmitidos (SICCA, 1996).
1933 - Criada, no Rio de Janeiro, a Escola Nacional de Química da Universidade do Brasil, subordinada à Diretoria Geral de Produção Mineral do Ministério da Agricultura, passando posteriormente para a Universidade do Brasil. A partir de 1952, a Escola Nacional de Química passou a ministrar o Curso de Engenharia Química, concomitantemente com o de Química Industrial. Em 1965 mudou o nome para Escola de Química, vinculada a UFRJ.	1942 – Promulgação da Reforma Capanema, que deu nova organização ao Ensino Secundário, criando o ginásio de quatro anos e os cursos clássico e científico de três anos. A partir daí a experimentação tornou-se o elemento central do ensino de Ciências, cujo objetivo era promover a formação do espírito científico de modo que o aluno passasse a ser ativo (SICCA, 1990).
1943 - Reconhecimento da profissão de químico veio com a promulgação da CLT, que estabeleceu algumas diretrizes acerca das atividades privativas dos Químicos, e da fiscalização profissional. Em 18 de junho de 1956 foi criado o Conselho Federal de Química. Esta data, 18 de junho foi instituída pelo CFQ, como o Dia Nacional do Químico (CFQ, 2017).	1959 - Outro marco importante foi a criação, no Rio de Janeiro, do Instituto de Química da Universidade do Brasil (hoje UFRJ). A pós-graduação nos moldes da que vige hoje no país nasceu em 1963 no Instituto de Química, quando foram criados os cursos de química orgânica e de bioquímica. Nesse mesmo ano houve a Reforma do Ensino Industrial, que defendia a intensificação da formação do pessoal técnico e uma educação para o desenvolvimento mais flexível, mais autônoma e mais adaptada às peculiaridades das exigências das várias regiões geoeconômicas do país (RUBEGA e PACHECO, 2000).
1961 – Promulgada a Lei Federal n. 4.024, primeira Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, que equiparou o ensino profissional, para todos os efeitos, ao ensino acadêmico, sepultando, ao menos do ponto de vista formal, a velha dualidade entre ensino para “elites condutoras do país” e ensino para “desvalidos da sorte” (RUBEGA e PACHECO, 2000)	1971 – Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB) de n. 5.692, pela qual foi criado o Ensino Médio Profissionalizante, e o ensino da química passou a ter um caráter exclusivamente técnico-científico.
1977 - Fundação, no Rio de Janeiro, da Sociedade Brasileira de Química (SBQ), durante a Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, na Pontifícia Universidade Católica de São Paulo. Sua predecessora homônima, fundada em 1922, também no Rio de Janeiro, existiu até 1951 (BECHARA e VIERTLER, 1997).	1980 – Primeiro Encontro de Debates sobre o Ensino da Química, realizado no Rio Grande do Sul.
1988 – A criação da divisão de ensino na Sociedade Brasileira de Química foi outro marco importante para o desenvolvimento da área.	1996 – Com a criação da LDB n. 9.394, o MEC lançou o Programa de Reforma do Ensino Profissionalizante, as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (DCNEM) e os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM). O ensino da química, a partir de então, passou a abordar a multidimensionalidade, o dinamismo e o caráter epistemológico dos seus conteúdos (LIMA, 2013). Essa LDB previa uma Educação Básica que permitisse: aprender a conhecer; aprender a fazer; aprender a viver juntos e aprender a ser - os quatro pilares da educação para o século XXI (MÁRCIO, 2011)

Fonte: Elaborado pelos autores a partir de Almeida e Pinto (2011), e de outros citados no quadro.

No século XIX, complementando o quadro anterior, foram propostas doze reformas para o ensino: 1841, 1855, 1857, 1862, 1870, 1877, 1878, 1881, 1890, 1892, 1894, 1898, e nas duas primeiras décadas do século XX foram propostas outras quatro reformas: 1901, 1911, 1915, 1925. Na Reforma de 1878, de Carlos Leôncio de Carvalho, "considerada uma das mais radicais do século XIX", já se falava da necessidade de recursos como "gabinetes, laboratórios e equipamentos especializados" (LORENZ, 2010, p. 39).

Atualmente, no Brasil, existem 28.300 escolas de Ensino Médio (EM), entre públicas e privadas, e dessas, 14.033 (51,3%), possuem laboratórios de Ciências. Dos 8,1 milhões de alunos matriculados no EM, em torno de 4,6 milhões (57,4%) estudam em estabelecimentos com laboratórios de Ciências (MEC/INEP, 2017).

Segundo o Conselho Federal de Química (CFQ, 2017) estão registrados 877 cursos técnicos entre as suas 72 áreas afins. Entre eles destacam-se, pela quantidade, os cursos de Técnico em Química (150), e Técnico em Meio Ambiente (171), e como detalhe, por estarem no contexto do artigo, cinco cursos de Técnico em Qualidade. Todos esses cursos são de instituições públicas e privadas como universidades, institutos federais, CEFETs, escolas técnicas, SENAC e SENAI. Estão registrados, também, no CFQ, 45 cursos de Técnico em Segurança do Trabalho. O registro profissional desses técnicos em Segurança do Trabalho, na área de Química, passou a ser, de acordo com a Resolução Normativa CFQ, N. 245 de 20 de janeiro de 2012, atribuição do CFQ.

No CFQ (CFQ, 2017), no âmbito do nível superior de Química e das suas 122 áreas afins, estão registrados 757 cursos, entre bacharelados (89), licenciaturas (94), tecnólogos (376) e engenharias (198). Pela quantidade, também se destacam os cursos de Engenharia Ambiental (49), Engenharia Química (48), Tecnólogo em Meio Ambiente (140), e pelo contexto do texto, os de Gestão da Qualidade (2) e os da área de Segurança do Trabalho (23). Todos esses cursos são de instituições públicas e privadas como universidades, institutos federais, CEFETs, escolas técnicas, SENAC e SENAI.

Entre esses 877 cursos técnicos e 757 superiores da área de química, é de se supor, e assim aponta a lógica, que todas as instituições que os oferecem possuam laboratórios didáticos. Muitas dessas instituições possuem mais de um laboratório, em função até das características da própria química, como química analítica, química geral, química orgânica, análise instrumental, entre outras. Esse universo mostra a importância que devemos ter com os processos que se desenvolvem nesses ambientes, principalmente com aqueles relacionados à qualidade e a biossegurança.

## **QUALIDADE E BIOSSEGURANÇA NOS LABORATÓRIOS DIDÁTICOS**

Como docentes de processos de qualidade e biossegurança em instituições de ensino médio, superior e pós-graduação, observamos ao longo das nossas atividades, as inadequações dos nossos laboratórios didáticos, em parte devido a situação crítica das instituições públicas de ensino relativas a falta de gestão da qualidade, a inadequada manutenção dos laboratórios, as dificuldades para compra de equipamentos de proteção individual e coletiva, e a ainda fraca capacitação técnica para atuação em ambientes laboratoriais, entre outros, e por outro lado, a ausência do envolvimento das direções dessas instituições para a implantação de ações de prevenção de acidentes e de qualidade, visando assegurar condições mínimas para um trabalho adequado e seguro.

Outra questão importante é que a biossegurança, em todas as suas vertentes, como segurança química, segurança biológica, segurança física, segurança ergonômica, entre outras, no âmbito do ensino e da pesquisa, ainda está abaixo do ideal, embora já tenham sido publicados diversos livros, artigos, dissertações e teses sobre esse tema (CARVALHO, 2013, 2008; COSTA, 2005; COSTA e COSTA, 2018, 2013, 2012, 2005; COSTA et al., 2018; HIRATA, 2017; KARIN TALLINE, 2017; KURTEN 2012; LIMA, 2017; PEREIRA et al, 2014, 2010, 2009; TEIXEIRA e VALLE, 2010). Além disso, o CNPq tem incentivado, sobremaneira, projetos de pesquisa e capacitação na área.

Entendemos que o ainda não atingimento de uma situação satisfatória em biossegurança, esteja ligado aos motivos anteriormente descritos e também a não inserção nos currículos de cursos do ensino médio e superior que possuem laboratórios didáticos, de conteúdos específicos dessa área, e, também, a uma inadequação docente para a prática dessa disciplina. Lembramos que no Brasil não temos cursos técnicos e superiores de biossegurança, e isso faz com que muitos dos professores que a ministram a conheçam apenas pelos livros e artigos, não tendo uma formação integral sobre ela.

Em um laboratório didático, não se espera encontrar um sistema de qualidade e de biossegurança, como vistos em indústrias e laboratórios de pesquisa, que estão envolvidos com variáveis complexas, tais como, concorrência, necessidade de obtenção de certificados de qualidade, como ISO 9001 (*International Standardization Organization*), certificados de qualidade em biossegurança (CQB), processos de auditoria, dentre outros, que demandam vultosos recursos financeiros e *expertises* específicas. Também não estamos falando de normas voltadas para a qualidade em educação, como a ISO/19796-1, que trata da qualidade para a aprendizagem, educação e formação (SANTANA, 2011; VIEBRANTZ e MOROSINE, 2009), e da ABNT 15419 – Sistemas de Gestão da Qualidade – Diretrizes para a aplicação da ISO 9001 em organizações educacionais (OLIVEIRA, et al., 2010). Estamos tratando sim, já que a maioria das instituições de ensino têm dificuldades para a manutenção de um processo educativo adequado, de ações básicas de gestão da qualidade, que estão pautadas no âmbito organizacional, ou seja, atributos que conferem aos laboratórios didáticos características de confiabilidade e segurança dos seus processos de trabalho, passando pelos alunos, pelos professores e demais profissionais que ali atuam. Essas instituições, provavelmente não investiriam em ações certificadoras de gestão da qualidade a partir das normas anteriormente citadas. Isto também se aplica a biossegurança.

De acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais para as Ciências Naturais (PCNCN), o planejamento das atividades experimentais, nesse caso, trabalhos em laboratórios didáticos, deve levar em conta os perigos e possíveis riscos à integridade dos alunos, professores e auxiliares de laboratórios, isto é, à biossegurança, e não apenas a sua pertinência pedagógica (BRASIL, 1998).

No Quadro 4, ressaltando que os laboratórios didáticos utilizados para aulas práticas de ciências em escolas do ensino médio e universidades devem estar aptos para atender aos critérios básicos de qualidade e biossegurança, elencamos algumas ações básicas que devem estar presentes em um laboratório didático, e que se elaboradas e mantidas adequadamente, pode garantir condições satisfatórias de uso e segurança, e atendendo, portanto aos PCNCN.

**Quadro 4:** Ações básicas de qualidade e biossegurança que devem estar presentes em um Laboratório Didático

Elaborar os POPs.	São roteiros padronizados para execução das atividades desenvolvidas no laboratório. O POP deve ser de fácil entendimento para que todos possam saber o que, como e
-------------------	---

	quando fazer. Todos os POPs devem possuir a mesma estrutura e passar por revisão periodicamente. É uma boa prática elaborá-los de forma coletiva. Um POP deve reproduzir a realidade das atividades, ou seja, exatamente como ela é realizada, e não como deveria ser realizada. Os POPs devem ser aprovados pelo responsável do laboratório.
Elaborar Mapas de Perigos e Riscos	É uma representação gráfica dos perigos e respectivos riscos dos ambientes do laboratório. O seu objetivo é informar e conscientizar os alunos, professores e auxiliares da localização dessas fontes de agravos à saúde. O ideal é que seja construído coletivamente (NASCIMENTO, 2014; COSTA e COSTA, 2012).
Disponibilizar um livro de registro de uso de equipamentos.	São livros onde professores, alunos, ou auxiliares, anotam a hora de início e fim do uso de um equipamento. O responsável do laboratório deve definir quais equipamentos devem ser monitorados.
Disponibilizar um livro de registro de uso do laboratório.	É um livro que registra quem usou o laboratório (professor) em um determinado dia e hora (início e fim).
Definir regras para uso de EPIs.	O responsável pelo laboratório deve definir as regras para uso de EPIs no laboratório, bem como os processos de higienização e guarda.
Definir regras para permanência de pessoas no laboratório.	Apenas docentes, alunos, auxiliares, e demais pessoas autorizadas pelo responsável do laboratório, são permitidos no seu interior. Deve ser expressamente vedada a permanência de alunos sem o acompanhamento de professor ou auxiliar. Deve haver um mecanismo para controle das chaves do laboratório, inclusive para casos de emergência fora do horário de trabalho.
Levantar os reagentes em uso no laboratório.	Esse inventário facilita o controle, evitando aquisições desnecessárias e estoques em excesso.
Elaborar as FISPQs dos reagentes usados no Laboratório.	São documentos que informam as características dos reagentes, os seus riscos, maneiras de descarte e ações em caso de emergência. Deve seguir a NBR 14725-4. As FISPQs podem ser encontradas em diversos sites na internet. O laboratório deve possuir uma FISPQ para cada reagente.
Definir regras para estocagem de reagentes no interior do laboratório.	A estocagem de reagentes no interior dos laboratórios deve ser a mínima possível em função dos perigos e riscos agregados. Não é recomendável a existência de almoxarifado no laboratório, exceto, quando estiver em local separado das atividades laboratoriais e com as condições adequadas de segurança e respeito às incompatibilidades químicas. O acesso a esse local deve ser restrito.
Definir regras de comportamento no interior do laboratório.	O ambiente laboratorial, se respeitado, pode se tornar um "ambiente leve, acolhedor e confortável", como dizia Liebig (MAAR, 2006, p. 1132). É importante que os usuários dos laboratórios didáticos se comportem de forma adequada, evitando brincadeiras e outros atos incompatíveis com esses locais. Antes da entrada dos alunos, pela primeira vez, no laboratório, o responsável deve realizar palestras de sensibilização.
Definir regras para descarte de reagentes e demais materiais do laboratório.	O laboratório deve ter um manual de descarte de reagentes e demais materiais, de acordo com as suas características.
Disponibilizar, no interior do laboratório, literatura pertinente à Qualidade e a Biossegurança.	Os laboratórios devem possuir livros e normas sobre qualidade e biossegurança, além de livros específicos sobre características de reagentes, como Merck Index, por exemplo. Essa literatura deve

	estar disponível para uso dos usuários, desde que em local adequado no interior do laboratório.
Sinalizar adequadamente o laboratório.	O laboratório didático deve ser adequadamente sinalizado, em relação aos produtos químicos, a eletricidade, ao uso de EPIs, as rotas de fuga, entre outros.
Instalar EPCs compatíveis com o laboratório.	O laboratório deve possuir capela de exaustão, extintores de incêndio, caixa de primeiros socorros, chuveiro e lava-olhos, kits de primeiros socorros, entre outros.
Elaborar o manual de limpeza do laboratório.	O laboratório deve possuir um manual de limpeza contendo, detalhadamente, os procedimentos para limpeza dos pisos, bancadas, estantes, vidrarias, paredes, filtros de ar condicionado, entre outros. Se, parte dessa limpeza, for realizada por profissionais externos ao laboratório, esses devem ser informados e sensibilizados para a atuação nesses ambientes. A limpeza não deve ser realizada sem a presença do responsável do laboratório ou pessoa designada para tal.
Definir regras para rotulagem de soluções preparadas no laboratório	Quando soluções forem preparadas no laboratório, os rótulos devem ser devidamente padronizados.
Disponibilizar um livro de registro de não conformidades	Todas as ocorrências, tais como, acidentes, incidentes, falta de material (reagente, vidraria, EPI, entre outros), devem ser registradas em um livro específico. Em caso de acidente, independente da gravidade, avisar as pessoas devidamente credenciadas e seguir os procedimentos da instituição, que devem estar visíveis no laboratório, e ser de conhecimento de todos. É uma boa prática, que o laboratório tenha os telefones do responsável, auxiliares, hospitais mais próximos, corpo de bombeiros, delegacia de polícia, entre outros.
Elaborar um check-list de verificação de fim de atividade.	Ao final das atividades no laboratório, verificar se há torneiras (água ou gás) abertas e fechá-las; se há equipamentos ligados às tomadas e desconectá-los; se há registros de ocorrências e proceder aos encaminhamentos devidos.
Definir as medidas gerais de segurança.	No interior do laboratório não deve ser permitido: fumar ou conduzir cigarro aceso nas dependências; usar o laboratório para comemorações; o uso de sandálias, chinelos, calçados de salto alto, shorts, bermudas, vestidos e saias (o ideal é calça jeans); a permanência no laboratório com cabelos soltos; o uso de lentes de contato (nesse caso é obrigatório o uso de óculos de proteção); o uso de telefones celulares ou outros equipamentos eletrônicos, mesmo com fone de ouvido; a manipulação e/ou consumo de alimentos, e o consumo de bebidas em geral, entre outras, definidas pelo responsável do laboratório (UFBA/IQ, 2014).
Assegurar a existência de seguro contra acidentes, para alunos, professores e auxiliares.	Todos os profissionais e alunos devem ter um seguro contra acidentes, para realizarem atividades nos laboratórios. Não deve ser permitida a entrada daqueles que não possuem tal seguro.

Fonte: Elaborado pelos autores

Notas: POP (Procedimentos Operacionais Padronizados); FISPQs (Fichas de Segurança de Produtos Químicos); EPI (Equipamentos de Proteção Individual); EPC (Equipamentos de Proteção Coletiva).

Machado e Mól (2008) dizem que o professor, quando decide pela experimentação, não pode se esquecer de observar aspectos relativos à segurança, tais como, regras de manuseio, acondicionamento, descarte, e outros, que propiciem aos alunos condições adequadas de

trabalho, no sentido de se evitar acidentes. Outro ponto que esses autores enfatizam é sobre a importância da organização e limpeza dos laboratórios didáticos, que deve ser mantida antes, durante e depois das atividades.

Souza et al. (2018, s.p.) ao entrevistar 23 profissionais envolvidos com trabalhos em aulas práticas de laboratório, sendo um Gestor de laboratórios, oito técnicos em laboratório e 14 professores, apontaram que as maiores dificuldades na gestão de risco são "fazer com que todos cumpram as normas de segurança. Pois a maioria tem consciência dos riscos, mas não aceita usar EPI's e manter postura adequada nas práticas nos laboratórios".

Lisboa (2015, p. 202) em visitas a escolas, contatos com professores e consultas a alunos concluintes do ensino médio, salienta, e dizendo que esses fatos não se restringem apenas às instituições públicas que:

Há escolas em que o espaço do laboratório foi transformado em sala de aula ou depósito; há professores que não se sentem seguros para realizar aulas práticas, muitas vezes, alegando indisciplina dos alunos; há professores com carga excessiva de trabalho, sem tempo para preparar as aulas práticas e sem que possam contar com técnicos que os auxiliem; há também professores que têm medo de que algo aconteça com algum aluno e que eles tenham que responder judicialmente a algum processo.

Andrade e Costa (2016) estudando 42 escolas da cidade de São Carlos/SP observaram algumas dificuldades para a realização de aulas práticas, tais como, excesso de alunos no laboratório, deficiências na formação docente para essas atividades, falta de manutenção adequada, e outras.

Sterling et al. (2015, p. 106) ao pesquisarem sobre fatores de risco para a ocorrência de acidentes em laboratórios de ensino e pesquisa na Universidade Federal de Minas Gerais, entrevistaram 271 indivíduos, sendo 75 na Escola de Veterinária, 93 na Faculdade de Odontologia e 61 na Faculdade de Medicina, e salientaram, entre outros pontos que:

Indivíduos que exercem suas atividades em laboratórios onde existe protocolo para a notificação de acidentes e o conhecimento do fluxo de atendimento a ser adotado no caso de acidentes têm menos risco de se acidentarem, provavelmente por esses fatores serem indicadores de atenção e preocupação com os indivíduos e as atividades por eles desempenhadas nos laboratórios.

Berezuk e Inada (2010, p. 213) em suas pesquisas sobre laboratórios de ciências em Maringá/PR apontam que, em relação à segurança desses ambientes, tanto em escolas públicas, como particulares, existe uma preocupante situação, tais como: ausência de chuveiros de emergência, deficiência de sinalização e disponibilização de extintores, em 30% das escolas pesquisadas os laboratórios não possuíam saídas de emergência, ressaltam também que:

Em relação à segurança dos laboratórios didáticos avaliados, constatou-se que grande parte dos laboratórios, tanto de escolas públicas quanto de particulares, está despreparada no aspecto da segurança, negligenciando as normas. Os resultados obtidos demonstram que quase todos os laboratórios avaliados, com exceção de uma escola particular, não possuíam chuveiros e alarmes de segurança [...].

Todos esses cenários nos apontam para as questões de qualidade e biossegurança nesses ambientes de ensino, e consideramos que às ações descritas no Quadro 4, podem contribuir, de forma efetiva, para a mitigação dessas inconformidades.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Apesar de sua evidente importância, questões relacionadas à qualidade e a biossegurança ainda são ignoradas em diversas instituições de ensino, nas suas aulas de laboratório.

Observamos que em instituições de ensino onde a qualidade e a biossegurança estão presentes de forma adequada, isso acontece mais por iniciativa dos departamentos onde os laboratórios didáticos estão alocados, do que por iniciativa institucional, ou seja, por um processo global da instituição.

Outro ponto importante é que em escolas cuja base pedagógica é fortemente pautada por ideologias políticas, a implantação de processos de qualidade geralmente é visto como algo "capitalista". Essas instituições de ensino se esquecem de que ambientes de qualidade e com qualidade, geram satisfação, harmonia administrativa, economia e principalmente, um processo formativo eficiente e eficaz, já que os seus egressos levarão para o mercado de trabalho, uma base conceitual adequada ao seu desenvolvimento profissional. Já, em relação à biossegurança não observamos tal rejeição, o que acontece talvez, seja a falta de vontade política, e logicamente, também ausência de recursos financeiros.

Portanto, consideramos que laboratórios didáticos, planejados com qualidade e biossegurança, além de contribuírem para um processo de ensino-aprendizagem adequado das Ciências, também influenciam o trabalho em grupo, um dos princípios de Liebig, e aos alunos e posteriormente egressos, habilidades e comportamentos que esses, então profissionais, levarão para o seu cotidiano de trabalho. Os professores que ministram atividades práticas e de experimentação, também devem buscar constantemente, novas formas de abordar questões da Química (e outras Ciências) nesses espaços laboratoriais, pautados no método científico, porque um problema pautado em uma atividade prática, nem sempre será resolvido. O importante nesse processo educativo é o caminho que os estudantes utilizaram para a busca da solução, e como refletiram para tal. Sem dúvida esse processo cognitivo pode favorecer a formação de um indivíduo crítico, que saiba lidar com questionamentos e dúvidas, elementos, no nosso ver, norteadores do processo de construção do conhecimento.

Nesse contexto, a disciplina de metodologia da pesquisa assume um papel primordial para as atividades experimentais em laboratórios, já que a partir dela, os alunos poderão ter condições de desenvolver satisfatoriamente esse caminho anteriormente citado, desde que o seu processo de ensino seja pautado pela lógica e pela coerência metodológica entre os seus elementos, ou seja, pela pergunta de partida, pelas hipóteses, pelos objetivos, pela justificativa, pelo referencial teórico, pelo desenho metodológico e pela forma de tratamento e análise dos dados, e não por um conjunto de etapas mecânicas, pré-definidas e fechadas, até porque a Ciência sempre deixa portas abertas.

## **Agradecimento**

Ao CNPq pelo auxílio a vários projetos na área do ensino em biossegurança.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Márcia; PINTO, Ângelo. Uma breve história da química Brasileira. **Ciência e Cultura**, v. 63, n. 1, p. 41-44, 2011.
- AFONSO, Júlio Carlos. Revista de Química Industrial: a trajetória da química no Brasil sob a ótica de sua industrialização. **Revista UFG**, ano XV, n.15, p. 62-72, 2014.
- ANDRADE, Marcelo Leandro Feitosa; MASSABNI, Vânia Galindo. O desenvolvimento de atividades práticas na escola: um desafio para os professores de ciências. **Ciência & Educação**. V. 17, n. 4, p. 835-854, 2011.
- ANDRADE, Tiago Yamazaki Izumida; COSTA, Michelle Budke. O Laboratório de Ciências e a Realidade dos Docentes das Escolas Estaduais de São Carlos/SP. **Química Nova na Escola**, v.38, n.3, p. 208-214, 2016.
- BECHARA, Etelvino; VIERTLER, Hans. Criação e consolidação da Sociedade Brasileira de Química (SBQ). **Química Nova**, v.20, n. especial, p. 63-65, 1997.
- BENITE, Anna Maria Canavarro; BENITE, Cláudio Roberto Machado. O laboratório didático no ensino de química: uma experiência no ensino público brasileiro. **Revista Iberoamericana de Educación**, v.48, n.2, p. 1681-5653, 2009.
- BENITE, Anna Maria Canavarro; BENITE, Cláudio Roberto Machado. O laboratório didático de química: uma experiência em escolas públicas da Baixada Fluminense. **30.ª RASBQ**, 2007.
- BEREZUK, Paulo Augusto; INADA, Paulo. Avaliação dos laboratórios de ciências e biologia das escolas públicas e particulares de Maringá, Estado do Paraná. **Acta Scientiarum Human and Social Sciences**, v.32, n.2, p. 207-215, 2010.
- BLOSSER, Patricia. The role of the laboratory in science teaching. **School Science and Mathematics**, v.83, p. 165-169, 1983.
- BRASIL. Secretaria da Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências Naturais**. Secretaria de Educação Fundamental. Brasília: MEC/SEF, 1998.
- BROCK, William Hodson. From Liebig to Nuffield. A bibliography of the history of science education, 1839-1974. **Studies in Science Education**, v. 2, n. 1, p. 67-99, 1975.
- BROCK, William Hodson. **Justus Von Liebig – the chemical Gatekeeper**. Cambridge University Press, 2002.
- BROWNE, Charles; BRADFIELD, Richard; VICKERY, Hubert. Liebig and after Liebig – A Century of Progress in Agricultural Chemistry. **American Association for the Advancement of Science**, n.16, 1942.
- CAAMAÑO, Aureli; COROMINA, Josep. Cómo abordar con los estudiantes los trabajos prácticos investigativos? **Revista Alambique**, v.39, p. 52-63, 2004.
- CABRAL, Dilma. **Academia Real Militar. Memória da Administração Pública Brasileira**. Arquivo Nacional, Rio de Janeiro, 2011.
- CALDEIRA, João da Silveira. **Nova nomenclatura química portuguesa, latina e francesa**. Rio de Janeiro: Typ. Imperial e Nacional, 1825.
- CAPELETTO, Armando. **Biologia e Educação ambiental: Roteiros de trabalho**. Editora Ática, 1992.



CARVALHO, Paulo Roberto de. **Boas Práticas Químicas em Biossegurança**. 2. Edição. Rio de Janeiro: Interciência, 2013.

CARVALHO, Paulo Roberto. **O olhar docente sobre a Biossegurança no ensino de ciências: um estudo em escolas da rede pública do Rio de Janeiro**. 2008. Tese de Doutorado - Programa em Ensino em Biociências e Saúde - Instituto Oswaldo Cruz/FIOCRUZ, Rio de Janeiro, 2008.

CFQ (Conselho Federal de Química). **Histórico/Cadastro por Curso**. Disponível em: <<http://www.cfq.org.br/historico.htm>>. Acesso em setembro de 2017.

COSTA, M.A.F. **Construção do Conhecimento em Saúde: o ensino de biossegurança em cursos de nível médio na Fundação Oswaldo Cruz**. 2005. Tese de Doutorado - Programa em Ensino em Biociências e Saúde - Instituto Oswaldo Cruz/FIOCRUZ, Rio de Janeiro, 2005.

COSTA, Marco Antonio Ferreira da. **Segurança Química em Biotecnologia**. São Paulo: Santos, 1996.

COSTA, Marco Antonio Ferreira da; COSTA, Maria de Fátima Barrozo da. **Biossegurança, perigos e riscos: reflexões conceituais**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento, v.10, n.8, p. 53-71, 2018.

COSTA, Marco Antonio Ferreira da; COSTA, Maria de Fátima Barrozo da. Biossegurança em Saúde no Ensino de Ciências. **Revista Práxis**, v.5, n.9, p. 11-15, 2013.

COSTA, Marco Antonio Ferreira da; COSTA, Maria de Fátima Barrozo da. **Entendendo a Biossegurança: epistemologia e competências para a área da saúde**. 3. Edição. Rio de Janeiro: Publít, 2012. Projeto do CNPq. Também no formato eletrônico em [www.amazon.com.br](http://www.amazon.com.br).

COSTA, Marco Antonio Ferreira da; COSTA, Maria de Fátima Barrozo da. **Segurança e Saúde no Trabalho**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2005.

COSTA, Marco Antonio Ferreira da; VENEU, Fernanda; COSTA, Maria de Fátima Barrozo da. Discussão de controvérsias sociocientíficas em sala de aula: o ensino da biossegurança em foco. **Revista Práxis**, v. 10, n. 19, p. 9-20 2018.

CROSLAND, Maurice. Research Schools of Chemistry from Lavoisier to Wurtz. **British Society for the History of Science**, v.36, n.3, p. 333-361, 2003.

CRUZ, Izabel Maria Neves. **Da prática de Química a Química Prática: Desenvolvimento da prática de química no ensino português (1852-1889)**. 2016. Tese de Doutorado – Instituto de Investigação e Formação Avançada – Universidade de Évora, 2016.

DEROSSI, Ingrid Nunes. **A “Escola de Formação de Químicos” de Justus von Liebig: a consolidação de uma metodologia de ensino**. 2018. Tese de Doutorado – Programa de Pós-Graduação em Química – Universidade Federal de Juiz de Fora, 2018.

DEROSSI, Ingrid Nunes; REIS, Ivoni Freitas. Justus Von Liebig (1803-1873): vida e ensino no laboratório de química. **Educación Química**, v.29, n.1, p. 89-98, 2018.

DEWEY, John. **Como pensamos: como se relaciona o pensamento reflexivo com o processo educativo: uma reexposição**. 4.ed. São Paulo: Nacional, 1979.

GALIAZZI, Maria do Carmo; GONÇALVES, Fábio Peres. A natureza pedagógica da experimentação: uma pesquisa na licenciatura em química. **Química Nova**, v.27, n.2, p. 326-331, 2004.

GIANI, Kellen. **A experimentação no Ensino de Ciências: possibilidades e limites na busca de uma Aprendizagem Significativa**. 2010. Dissertação de Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências - Universidade de Brasília, 2010.

GRIFFIN, LaRoy. The laboratory in school. **School and College**, v.1, n.8, p. 469-477, 1892. Disponível em: <[https://www.jstor.org/stable/44375470?seq=1#page\\_scan\\_tab\\_contents](https://www.jstor.org/stable/44375470?seq=1#page_scan_tab_contents)>.

HANNAWAY, Owen. Laboratory design and the aim of science: Andreas Libavius versus Tycho Brahe. **Isis**, v.77, p.585-610, 1986.

HIRATA, Mário Hiroyuik; FILHO, Jorge Mancine; HIRATA, Rosário Dominguez Crespo. **Manual de Biossegurança**. 3. Edição. São Paulo: Manole, 2017.

HODSON, Derek. **The place of practical work in Science Education**. In: SEQUEIRA, Manuel, LEITE, Laurinda; FREITAS, Mário. (Orgs.). Trabalho prático e experimental na educação em ciências. Braga: Universidade do Minho, p. 29-42, 2000.

HODSON, Derek. Hacia um enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. **Enseñanza de las Ciencias**, v.12, n. 13, p. 299-313, 1994.

HOFSTEIN, Avi; LUNETTA, Vincent. The Laboratory in Science Education: Foundations for the Twenty-First Century. **Science Education**. v.88, n.1, p. 28-54, 2004.

KARIN TALLINE, Liliane Madruga Prestes. Ensino-aprendizagem na área de biossegurança: reflexões a partir da experiência da construção de layout de laboratório. **ScientiaTec**, v.4, n.1, p. 160-172, 2017.

KRASILCHIK, Myriam. **Prática de Ensino de Biologia**. 4. ed. São Paulo: Ed. USP, 2004.

KURTEN, Tânia Mara Michels. **Práticas experimentais no ensino de química**. Secretaria de Estado da Educação do Paraná, 2012.

LIEBIG, Justus von. Justus von Liebig: An Autobiographical Sketch. **Popular Science Monthly**, v.40, p. 655-666, 1892.

LIMA, José Ossian Gadelha de. Do período colonial aos nossos dias: uma breve história do ensino de química no Brasil. **Revista Espaço Acadêmico**, v.140, p. 71-79, 2013.

LIMA, Kênio Erithon Cavalcante. A concepção de licenciandos sobre a biossegurança na atuação docente para o ensino prático de ciências e biologia. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 10, n. 1, p. 97-118, 2017.

LIMA, Sorandra Corrêa; TAKAHASHI, Eduardo Kojy. Construção de conceitos de eletricidade nos anos iniciais do Ensino Fundamental com uso de experimentação virtual. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 35, n. 2, p. 3501-3511, 2013.

LISBÔA, Julio Cezar Foschini. QNEsc e a seção experimentação no ensino de química. **Química Nova na Escola**, v. 37, n. 2, p. 198-202, 2015.

LÔBO, Sônia. Trabalho experimental no ensino de química. **Química Nova**, v.35, n.2, p. 430-434, 2012.

LORENZ, Karl. **Ciência, Educação e Livros Didáticos do Século XIX. Os compêndios das Ciências Naturais do Colégio de Pedro II**. Uberlândia: EdUFU, 2010.

LOZANO, Patricia Pacheco; MIRANDA, Royman Pérez. Justus Von Liebig: El creador de un programa de enseñanza de la química? **Tecné, Episteme y Didaxis**, Número Extraordinário, 2009.

MAAR, Juergen Heinrich. Justus Von Liebig, 1803-1873. Parte 1: vida, personalidade, pensamento. **Química Nova**, v.29, n.5, p. 1129-1137, 2006.

MACHADO, Patricia Fernandes Lootens; MÓL, Gerson de Souza. Experimentando Química com segurança. **Química Nova na Escola**, v.27, p. 57-60, 2008.

MAIA, Juliana; JUNQUEIRA, Marianna; WARTHA, Edson José; SILVA, Erivanildo Lopes. Piaget, Ausubel, Vygotsky, e a experimentação no ensino de Química. **IX Congresso Internacional sobre Investigación em Didáctica de las Ciencias**. Girona, 2013.

MÁRCIO, João. **Os quatro pilares da educação: sobre alunos, professores, escolas e textos**. São Paulo: Textonovo, 2011.

MATHIAS, Simão. **Evolução da Química no Brasil**. In: FERRY, Mário Guimarães; MOTOYAMA, Shozo. (Coord.). História das Ciências no Brasil; EPU/Edusp: São Paulo, 1979.

MATSUMOTO, Luciane Teresinha Joli; KUWABARA, Isaura Hiroko. A formação profissional do técnico em química: caracterização das origens e necessidades atuais. **Química Nova**, v.28, n.2, p. 350-359, 2005.

MEC/INEP. **Senso Escolar da Educação Básica 2016 – Notas Estatísticas**. Brasília-DF, 2017.

MÉGRELIS, Marika Blondel. Liebig or How to Popularize Chemistry. **HYLE – International Journal for Philosophy of Chemistry**, v.13, n.1, p. 43-54, 2007.

NASCIMENTO, Jacy Carvalho do. **O Processo de Elaboração do Mapa de Risco de uma Escola Pública: uma experiência pedagógica**. 2014. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal de Itajubá, 2014.

OLIVEIRA, Jane Raquel Silva de. A perspectiva sócio-histórica de Vygotsky e suas relações com a prática da experimentação no ensino de Química. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, Florianópolis, v. 3, n. 3, p. 25-45, 2010.

OLIVEIRA Leila Rabello; CORRÊA, Rosa Maria Rodrigues; PEREIRA, Wagner Andrade. **As Organizações Educacionais e a ISO 9001, conforme a Norma Brasileira ABNT NBR 15419 (Sistemas de Gestão da Qualidade)**. CRB-8 Digital, São Paulo, v. 3, n. 2, p. 3-17, 2010.

PATROCÍNIO, Sandra de Oliveira Franco. **José Bonifácio de Andrada e Silva e os estudos químico-mineralógicos: uma vida perpassada por compromissos com o ensino e a sociedade**. 2015. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal de Juiz de Fora, 2015.

PEREIRA, Maria Eveline de Castro; JURBERG, Cláudia; BORBA, Cintia de Moraes. Considerações sobre práticas didático-pedagógicas no ensino de biossegurança do Instituto Oswaldo Cruz. **Revista Ciências & Ideias**, v.5. n.2, p. 52-66, 2014.

PEREIRA, Maria Eveline de Castro; COSTA, Marco Antonio Ferreira da; BORBA, Cintia de Moraes; JURBERG, Cláudia. Construção do conhecimento em biossegurança: uma revisão da produção acadêmica nacional na área de saúde (1989-2009). **Saúde e Sociedade**, v.19, n.2, p. 395-404, 2010.

PEREIRA, Maria Eveline de Castro; COSTA, Marco Antonio Ferreira da; COSTA, Maria de Fátima Barrozo; JURBERG, Cláudia. Reflexões sobre conceitos estruturantes em biossegurança: contribuições para o ensino de ciências. **Ciências & Cognição**, v.14, n.1, p. 296-303, 2009.

PINTO, Vinicius Ferreira; VIANA, Adaísa Paes; OLIVEIRA, Antônia Elenir Amâncio. Impacto do laboratório didático na melhoria do ensino de ciências e biologia em uma escola pública de Campos dos Goitacazes. **Revista Conexão - UEPG**, v.9, n.1, p. 84-93, 2013.

PIRES, Catarina Pereira. **Laboratório Chimico da Universidade de Coimbra. Interpretação histórica de um espaço de ensino e divulgação da Ciência. 2006.** Dissertação de Mestrado - Universidade de Aveiros, Portugal, 2006.

PONTES, Alten Nascimento; SERRÃO, Caio Renan Goes; FREITAS, Cíntya Kércia Araújo de; SANTOS, Diellem Cristina Paiva dos; BATALHA, Sarah Suely Alves. O Ensino de Química no Nível Médio: Um Olhar a Respeito da Motivação. **XIV Encontro Nacional de Ensino de Química (XIV ENEQ)**. Curitiba, UFPR, 2008.

PONTONE JÚNIOR, Renato. As atividades prático-experimentais em Ciências. **Presença Pedagógica**, v. 4, n. 24, p. 71-75, 1998.

PORTO, Edmilson Antonio Bravo; KRUGER, Verno. Breve histórico do ensino de química no Brasil. **33º Encontro de Debates sobre o Ensino de Química**, UNIJUÍ, 2013.

RHEINBOLDT, Heinrich A química no Brasil. *In*: AZEVEDO, Fernando (Org.). **As ciências no Brasil**. Vol. 2, UFRJ, p. 9-89, 1994.

ROSENFELD, Louis. Justus Liebig and Animal Chemistry. **Clinical Chemistry**, v.49, n.10, p. 1696-1707, 2003.

RUBEGA, Cristina Cimarelli; PACHECO, Décio. A formação da mão de obra para a indústria química: uma retrospectiva histórica. **Ciência & Educação**, v. 6, n. 2, p. 151-166, 2000.

SAN MIGUEL, Pablo Alcalda. **Calidad**. Madrid: Paraninfo, 2009.

SANTANA, Salete de Lourdes Cardoso. **Utilização e Gestão de Laboratórios Escolares**. 2011. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde - Universidade Federal de Santa Maria, 2011.

SANTOS, Nádja Paraense. Pedro II, sábio e mecenas, e sua relação com a química. **Revista da SBHC**, v.2, n. 1, s.p., 2004.

SANTOS, Nádja Paraense; PINTO, Ângelo; ALENCASTRO, Ricardo Bicca. Fazemos químicos – a certidão de nascimento dos cursos superiores de química de nível superior no Brasil. **Química Nova**, v.29, n.3, p. 621-626, 2006.

SICCA, Natalina Aparecida Laguna. Razões históricas para uma nova concepção de laboratório no ensino médio de química. **Paidéia**, n.10-11, p. 115-129, 1996.

SICCA, Natalina Aparecida Laguna. **A experimentação no ensino de Química - 2o grau**. 1990. Dissertação de Mestrado - Faculdade de Educação - UNICAMP, 1990.

SOUZA, Renata Aparecida de; OLIVEIRA, Franciella Queiroz; OLIVEIRA, Eliana Martins. A Importância da gestão de risco em laboratórios de aula prática de instituições de ensino superior. **Revista Brasileira de Ciências da Vida**, v. 6, n. Especial, s.p., 2018.

STEHLLING, Monica Maria Campolina Teixeira; RESENDE, Leandro do Carmo; CUNHA, Lucas Maciel; PINHEIRO, Tarcísio Márcio Magalhães; HADDAD, João Paulo de Amaral; OLIVEIRA, Paulo Roberto de. Fatores de risco para a ocorrência de acidentes em laboratórios de ensino e pesquisa em uma universidade brasileira. **Revista Mineira de Enfermagem**, v. 19, n. 1, p. 101-112, 2015.

VIEBRANTZ, Rosalir; MOROSINE, Marília Costa. Qualidade e Educação Superior: A norma de qualidade para a aprendizagem, educação e formação: ISO/IEC 19796-1. **Educação** [en linea], n.32, 2009.

TEIXEIRA, Pedro; VALLE, Silvio. **Biossegurança: uma abordagem multidisciplinar**. 2. Edição. Rio de Janeiro: Fiocruz, 2010.

TENREIRO-VIEIRA, Celina; MARQUES-VIEIRA, Rui. Diseño y validación de actividades de laboratorio para promover el pensamiento crítico de los alumnos. **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**, v. 3, n. 3, p. 452-466, 2006.

UFBA/IQ. **Normas de funcionamento dos Laboratórios Didáticos da graduação – Resolução N. 07**. Salvador, 2014. UFRJ. **História da Escola Politécnica**. Disponível em: <[http://www.poli.ufrj.br/politecnica\\_historia.php](http://www.poli.ufrj.br/politecnica_historia.php)> Acesso em outubro de 2017.



Revista  
Ciências & Ideias