

Alternativas Ecoeficientes no Gerenciamento de Resíduos Sólidos em Laboratórios de Ensino de Química em Universidades Brasileiras

Olga Regina Gauza (UTFPR-Campus Curitiba. Mestranda do Programa de Pós Graduação de Ciência e Tecnologia Ambiental) olgauza@yahoo.com.br

Fátima de Jesus Bassetti (UTFPR-Campus Curitiba) bassetti@utfpr.edu.br

Valma Martins Barbosa (UTFPR-Campus Curitiba) valmam7@gmail.com

Resumo

Este trabalho teve como objetivo buscar ações ecoeficientes no gerenciamento de resíduos sólidos produzidos nos laboratórios didáticos de química de universidades brasileiras, com foco na redução do consumo dos recursos e na redução do impacto na natureza. A metodologia consistiu em um levantamento bibliográfico na base de dados do portal periódicos e do banco de teses e dissertações da Capes, nas bases nacionais do *Scielo* e no google acadêmico. Foram discutidas estratégias de não geração, redução, segregação, reutilização e destinação final adequada. Pode ser observado nos trabalhos, que já têm várias ações no quesito remoção de metais pesados em resíduos, bem como redução de volume nos experimentos de aulas práticas e, também várias universidades propondo o um programa de gerenciamento de resíduos sólidos em várias instituições de ensino superior. Por meio da ecoeficiência, é possível atribuir as universidades uma nova consciência, a qual preconiza a preocupação com as questões ambientais e também é uma forma inteligente de redução de custos.

Palavras-chave: Resíduos Químicos, Universidades, Ecoeficiência

Eco-efficient Alternatives in Solid Waste Management in Chemistry Teaching Laboratories at Brazilian Universities

Abstract

This work aimed to find eco-efficient actions in solid waste management produced in the didactic laboratories of Brazilian universities, with a focus on reducing the consumption of resources and reducing the impact on nature. The methodology consisted of a bibliographic survey in the periodical portal database and the bank of theses and dissertations of Capes, at Scielo national databases and at google academic. Strategies of non-generation, reduction, segregation, reuse and proper final destination were discussed. It can be observed in other works, actions related to removal of heavy metals in residues, as well as volume reduction in the experiments of practical classes and also several universities proposing a solid waste management program in several institutions of higher education. Through eco-efficiency, universities can be given a new conscience, which concern for environmental issues and smart ways of cost reduction.

Keywords: Chemical Waste, Universities, Eco-efficiency

1. Introdução

A geração e o armazenamento de resíduos químicos, em universidades brasileiras, não estão sendo mais colocados em segundo plano; pois ultimamente cresce a conscientização da necessidade de tratamentos eficazes ou de um destino adequado para esses resíduos produzidos pelas instituições acadêmicas e demais setores produtivos da sociedade (KREMER et al., 2014).

A questão é o meio ambiente, e o que tem ganhado considerável importância é o conhecimento de tecnologias amigáveis, e ações estratégicas, para prevenir e minimizar os danos ambientais causados pelos processos químicos nos laboratórios de química das Instituições de Ensino Superior (IES), que são responsáveis pela geração de uma grande variedade de resíduos, provenientes das atividades de ensino e pesquisa.

Segundo Gerbase et al. (2005), esses resíduos possuem uma composição bastante variada por apresentarem baixo volume e grande diversidade em sua composição, o que dificulta o estabelecimento de um procedimento padrão para tratamento químico ou disposição final destes. O descarte de resíduos gerados em laboratórios deve ser realizado com base nas normas de tratamento e de posterior eliminação (PICCOT, 2010). Para tal, é necessário desenvolver um programa que envolva o levantamento e o diagnóstico dos pontos de emissão de resíduos, tipos, volumes e concentrações dos produtos descartados, das formas corretas de tratamento e eliminação dos resíduos (CONASQ, 2012).

Em consequência dos fatos, o aumento das pesquisas e também das publicações sobre o tema “Gerenciamento de Resíduos”, evidencia a importância da criação de um sistema de segregação, acondicionamento, tratamento e destinação de resíduos nas instituições de pesquisa (SILVA et al., 2010).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei nº12.305, de 02 de agosto de 2010, como um marco regulatório para a problemática dos resíduos sólidos, contempla novas alternativas para a destinação adequada dos insumos, considerando o bem estar social e, ao mesmo tempo, a sustentabilidade sob os pontos de vista ambiental, social e econômico (BRASIL, 2010). Dentre os 11 princípios estabelecidos no artigo 6º, da Lei supracitada, que são norteadores dos planos de gestão e gerenciamento de resíduos a serem construídos de forma integrada e participativa pelos governos estaduais e municipais, respectivamente, o inciso V, é o da *ecoeficiência*, definida como: “A compatibilização entre o fornecimento, a preços competitivos, de bens e serviços qualificados que satisfaçam as necessidades humanas e tragam qualidade de vida e a redução do impacto ambiental e do consumo de recursos naturais a um nível, no mínimo, equivalente à capacidade de sustentação estimada do planeta” (BRASIL, 2010).

A busca da ecoeficiência envolve a racionalização do uso dos recursos naturais, bem como a minimização da geração e do descarte de resíduos, efluentes e emissões atmosféricas, que na concepção de Almeida (2007).

De acordo com o World Business Council for Sustainable Development (WBCSD, 2000) são sete elementos fundamentais para melhorar a ecoeficiência de um sistema produtivo, que podem ser enumerados da seguinte forma: redução da intensidade material; redução da intensidade energética; redução da dispersão de substâncias tóxicas; aumento da reciclabilidade; otimização do uso de materiais renováveis; prolongamento do ciclo de vida do produto; e aumento da intensidade do serviço. Estes elementos podem ser vistos como correlacionados em três objetivos ampliados (WBCSD, 2000, p.15), como:

- Redução do consumo de recursos naturais, como energia, materiais, água e solo. Engloba a reciclagem e a durabilidade do produto, fechando o ciclo dos materiais. Com a redução de custos, aumento de produtividade e eficiência.
- Redução dos impactos naturais, com a minimização de emissões gasosas, descargas líquidas, eliminação de desperdícios e dispersão de substâncias tóxicas, fomentando a utilização sustentável dos recursos renováveis.
- Aumentar o valor do produto ou serviço, que significa beneficiar os clientes criando serviços adicionais como, manutenção, serviços de melhoria e troca.

O conceito de Ecoeficiência consagrou-se na prática por “reduzir custos com o aumento de produtividade e eficiência”, “criar mais valor com menos impacto ambiental” ou “produzir mais com menos”, apresentada como a contribuição do setor privado para o desenvolvimento sustentável (WBCSD, 2000a; 2000b).

2. Metodologia

A metodologia consistiu em um levantamento bibliográfico e documental fundamentada na base de dados do Portal Periódicos e do banco de teses e dissertações da Capes, nas bases nacionais do *Scielo* e no google acadêmico. As palavras-chave utilizadas na pesquisa foram: *Resíduos Químicos; Universidades; Ecoeficiência*. Foram selecionados a partir de leitura prévia dos resumos que tivessem como foco: a recuperação, minimização, mudanças de reagentes e tratamentos de resíduos químicos.

3. Resultados e discussão

No Quadro 1 são apresentadas estratégias de ações para redução, minimização e não geração de resíduos químicos perigosos, prezando assim medidas *ecoeficientes*. Serão apresentadas as discussões com os seguintes focos: a ***recuperação, minimização, mudanças de reagentes e tratamentos de resíduos químicos***.

Quadro 1 - Práticas no Gerenciamento de Resíduos Químicos em Universidades Brasileiras.

AUTOR	AÇÕES
MISTURA et al. (2010)	• Uso de menores quantidades de reagentes, trabalhando na microescala; • Centralização dos pedidos dos reagentes no coordenador do laboratório e compra do estritamente necessário; • Seleção de fornecedores que apoiem programas de gestão recebendo os resíduos para disposição ou trocando os vencidos; • Na limpeza das vidrarias foi substituída a solução sulfocrômica por outros produtos disponíveis no mercado, como detergentes líquidos específicos; • Boas práticas no estoque dos reagentes; • Foram confeccionados cartazes com informação do procedimento geral da segregação dos resíduos.
GOMES et al. (2013)	• Redução dos seus resíduos tratando, recuperando e reutilizando alguns em aulas práticas nos laboratórios de ensino; • Recuperação dos íons prata, mercúrio, cobre e arsênio: prata (Ag^+), mercúrio(Hg^{2+}), cobre(Cu^{2+}) e arsênio(As^{3+}) em resíduos de aulas práticas; • Implantação do programa de gerenciamento dos resíduos gerados em laboratórios; • Realização do inventário de passivos nos diversos pontos resíduos perigosos do Centro de Ciências, com formulários específicos; • Os resíduos contendo ácidos e ou bases foram neutralizados.
SANTOS; BENIGNO (2010)	• Resíduos contendo chumbo (Pb^{2+}) foram empregados métodos de recuperação utilizando Hidróxido de Sódio e tratamento com Eletrolítico.

SILVA et al. (2016)	• Algumas práticas experimentais a fim de demonstrar formação de precipitados, como a do iodeto de chumbo, podem substituídas por outras que não formem metais pesados, por exemplo, formação de carbonato de cálcio.
TEIXEIRA; RIBEIRO (2015)	• Substituições de destiladores tradicionais, que desperdiçam grandes volumes de águas, por deionizadores automáticos; • Substituição de reagentes por outros, como a utilização de cloreto de sódio em lugar de hidróxido de sódio, que é uma substância menos perigosa; • Minimização da escala de experimentos durante as aulas experimentais da Disciplina de Química, substituindo balões volumétricos de 250 mL pelos de 100 mL.
ALBERGUINI et al. (2003)	• Centralização em um único laboratório o tratamento de resíduos químicos, otimizando o trabalho, tornando mais econômico e funcional o gerenciamento dos resíduos. Após o tratamento, o que era resíduo químico transformou-se em produto químico recuperado, ficando disponível para reutilização.
SCHNEIDER et al. (2012)	• No Programa de gerenciamento ambiental desenvolvido pela Universidade de Caxias do Sul foi feito um levantamento do passivo dos laboratórios, assim como a relação dos resíduos gerados. Para o acondicionamento correto, foram levados em conta os reagentes utilizados nas práticas laboratoriais; • Os resíduos de laboratório devidamente identificados são armazenados na Central de Triagem e Armazenamento para posteriormente serem encaminhados para tratamento e/ou destinação final adequada; • Os resíduos são segregados de acordo com as recomendações da norma NBR 12.235, evitando assim, a promoção de reações secundárias e formação de novos produtos.

SILVA et al. (2013)	• Desenvolvimento de uma metodologia eficaz para o tratamento e recuperação dos resíduos de cobre de resíduos. Posteriormente, o cobre foi recuperado na forma de CuSO_4, para o reaproveitamento em outras aulas práticas.
SOARES et al. (2013)	• Tratamento d com redução do cromo VI para cromo III do $\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ em meio ácido, O precipitado de hidróxido de cromo III foi reservado para reutilização.
MOURA; SILVA (2006)	• Recuperação da prata a partir de resíduos por de óxi-redução

No levantamento das informações sobressaiu a **recuperação de substâncias** a partir de resíduos produzidos em laboratórios, em destaque para alguns trabalhos, que tiveram como objetivos retirar semimetais e metais tóxicos de resíduos, dentre eles: remoção de prata (Ag^+), mercúrio (Hg^{2+}), arsênio (As^{3+}), chumbo (Pb^{2+}) e cobre (Cu^{2+}), (SANTOS; BENIGNO, 2010; GOMES et.al., 2013; SILVA et al., 2016). Quando se recupera, no caso, metais e semimetais de resíduos, corrobora com a ecoeficiência, tendo em vista que estes não precisam ser retirados da natureza, que são de fontes não renováveis e nem precisam serem colocados em aterros industriais gerando passivos ambientais, com isso reduz os impactos ambientais. Também deve ser considerados, que quando recuperados, geram menores custos, pois não necessitam serem comprados, novamente.

Quanto a **minimização** de substâncias, os autores Teixeira; Ribeiro (2015) fazem menção nas aulas práticas de química sobre a mudança de balões volumétricos de 250 mL para 100 mL, e com isso tem uma diminuição na quantidade de reagentes. Também foram adotados procedimentos alternativos para diminuição de consumo de reagentes na realização de atividades experimentais usando alternativas de microescala (MISTURA et al., 2010). Foram feitas substituições de destiladores tradicionais, que desperdiçam grandes volumes de águas, por deionizadores automáticos; volumes reduzidos de soluções também foram utilizados em práticas (TEIXEIRA; RIBEIRO, 2015). Estas atitudes vão de encontro com a redução dos recursos naturais, assim como, dos custos, tendo em vista um menor consumo.

Assim, como nas **mudanças de reagentes** foram constatadas pelos autores Teixeira; Ribeiro (2015), o uso do reagente NaCl no lugar de NaOH por este ser corrosivo e perigoso para o meio ambiente. Em Silva et al. (2016), mudança dos reagentes das reações de precipitação, resultando como resíduos isentos de metal pesados. Tais atitudes corroboram com princípios da ecoeficiência, onde preconiza a redução da dispersão de resíduos perigosos no meio ambiente.

Foram propostos bancos de resíduos, identificados, que são gerados em aulas práticas e servem como reagentes para outras (GOMES et al., 2013; ALBERGUINI et al., 2003). Com estas atitudes, se pode economizar na compra de novos reagentes e na disposição dos resíduos em aterros industriais.

Propostas de implantação de Gerenciamento de Resíduos Químicos foram feitas, as quais tinham como objetivo de levantamento do passivo dos laboratórios, assim como, a relação dos resíduos gerados e o acondicionamento correto (ALBERGUINI et al., 2003; SCHNEIDER et al.; 2012).

Devido ações de gestão ambiental, muitos resíduos químicos deixaram de contaminar o meio ambiente minimizando impactos, especialmente pela quantidade de resíduos segregados e tratados; pois é grande o risco pelo potencial de periculosidade dos resíduos químicos que afetam não apenas a saúde humana, mas também o equilíbrio dos ecossistemas (SCHNEIDER et al., 2012).

4. Conclusão

A implantação de programas de gestão de resíduos nas universidades deve ser tomada como exemplo para outras instituições, preparando estudantes e fornecendo informações e conhecimentos, auxiliando no desenvolvimento de uma sociedade sustentável em busca de um desenvolvimento da consciência ecológica. Lembrando que um bom trabalho de gestão e gerenciamento de resíduos gerados nos laboratórios de Ensino de Química em Universidades

Brasileiras é fruto da conscientização ambiental e a participação de toda a comunidade acadêmica.

Observa-se pelo quantitativo de publicações em Simpósios e Congressos, que muitos programas de gerenciamento de resíduos químicos de laboratórios vêm sendo discutidos e implementados, em diversas instituições de ensino e pesquisa brasileiras.

Através dos relatos dos autores, pode-se observar que a conscientização do destino correto dos resíduos químicos, acarreta um processo de inclusão, onde, professores e alunos passam a se preocupar mais com o gerenciamento dos resíduos obtidos durante as aulas práticas, priorizando a reutilização no próprio laboratório.

Com isso, essas ações irão reduzir os gastos com a compra de novos reagentes, a redução de emissão de agentes poluentes, e a minimização de efeitos ambientais impactantes, sendo assim ecoeficientes.

Referências

ALBERGUINI, L.B.A.; SILVA, L.C.; REZENDE, M.O.O. *Laboratório de Resíduos Químicos do Campus USP - São Carlos – Resultados da Experiência Pioneira em Gestão e Gerenciamento de Resíduos Químicos em um Campus Universitário*. Química Nova, Vol. 26, Nº 2, p. 291-295, 2003.

ALMEIDA, Fernando. *Os Desafios da Sustentabilidade: uma ruptura urgente*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 12.235: *Armazenamento de resíduos sólidos perigosos*, Rio de Janeiro, abr.1992.

BARBIERI, J. C. *Gestão ambiental empresarial*. São Paulo: Saraiva, 2004.

BRASIL. Lei nº 12305, de 02 de agosto de 2010. *Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos*; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília: Diário Oficial da União, 03 de agosto de 2010.

CONASQ. Conselho Nacional de Segurança Química. *Perfil nacional de la gestión de substancias*: resumen ejecutivo. Brazilian Chemical Management. Rio de Janeiro, 45 p. 2012.

GERBASE, A. E. COELHO, F. S. MACHADO, P. F. L. *Gerenciamento de resíduos químicos em instituições de ensino e pesquisa*. Química Nova, São Paulo, vol. 28, nº 1, p.3, 2005.

GOMES, M.G.; BORGES, S.S.S.; JÚNIOR, A.E.C.; SILVA, R.S.; OLIVEIRA, S.N. *Tratamento, Recuperação e Reaproveitamento de Resíduos Químicos Gerados em Laboratórios de Ensino da - UFC*. Pró-Reitoria de Extensão, Diretoria de Programas e Projetos (DPP/PROEX) - Revista Universo & Extensão, Vol.1, Nº 1. 2013.

KREMER, A. B.; LAURENTINO, M.S.; JUNKES, B. S. *Gestão e Tratamento de Resíduos Químicos nos Laboratórios do IFSC/Campus Florianópolis*. 4º Seminário de Pesquisa, Extensão e Inovação do IFSC - SEPEI. 2014.

MISTURA, C.M; VANIEL, A.P.H; LINCK, M.R. *Gerenciamento de Resíduos dos Laboratórios de Ensino de Química da Universidade de Passo Fundo*, RS.Revista CIATEC - UPF, Vol.2, Nº 1, p. 54-64. 2010.

MOURA, W.S.; SILVA, M.N. *Recuperação para Reutilização de Nitrato de Prata a partir dos Resíduos de Cloreto de Prata*. In: Encontro Nacional dos Estudantes de Química, 25., 2006, Campina Grande: UEPB, 2006.

MOURA, W.S.; JUNIOR, E.A.F.; SILVA, M.N.; ASCHERI, D.P.R. *Recuperação de resíduos de nitrato de prata (AgNO_3) dos laboratórios da UEG – Cinética de Reação e Pureza*. 46º Congresso Brasileiro de Química, Salvador/BA, 25 a 29 de setembro 2006.

PICCOT, A. Y.; GRENOVILLET, P. H. *Securité en laboratoire de chimie et de biochimie*. Paris: Technique Documentation Lavoisier. 45p. 2010.

SANTOS, J. C. S. ; BENIGNO, A.P.A. *Tratamento de Resíduos Químicos Laboratoriais Contendo Chumbo (Pb^{2+})*. In: V Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica (CONNEPI 2010), Maceió, 2010.

SCHNEIDER, V.E; CONTO, S.M; MANFREDINE, K.L; BRUSTOLIN, I; BOZ, G. A. *Gestão Ambiental de Resíduos Químicos na Universidade de Caxias do Sul*. 3º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente, Bento Gonçalves - RS, 25 a 27 de abril de 2012.

SCHNEIDER, J. et al. *Proposta de Gerenciamento de Resíduos Químicos do Laboratório de Ensino de Química do Departamento de Química – UFES*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE QUÍMICA, 48., 2008, Rio de Janeiro. **Anais...** 2008.

SILVA, A. F.; SOARES, T. R. S.; AFONSO, J. C. *Gestão de resíduos de laboratório: uma abordagem para o ensino médio*. *Química Nova na Escola*, São Paulo, v. 32, p. 37-42, 2010.

SILVA, T.T.L.; COSTA, E.C.S.; SANTOS, C.P.F. *Recuperação de resíduos de cobre provenientes de aulas práticas do laboratório de ensino de química analítica do centro de educação e saúde da Universidade Federal de Campina Grande*. 5º Congresso Norte-Nordeste de Química e 3º Encontro Norte-Nordeste de Química, 08 a 12 de abril de 2013, Natal (Campus UFRN). 2013.

SILVA, L.C.S.; SILVA, M, G, L.; MAZZÉ, F.M.; ATAÍDE, M.C.E.S. *Proposta de Experimento substituindo metal pesado nas aulas de química no Ensino Superior*. Revista HOLOS, Ano 32, Vol.2 - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte , 2016.

SOARES, R.S.; OLIVEIRA, A.C.C.; SANTOS, S.S.; SANTOS, W.M.; VASCONCELOS, N.S.L.S. *Gerenciamento e Tratamento de resíduos de cromo (Cr)*. 53º Congresso Brasileiro de Química. Rio de Janeiro/RJ, de 14 a 18 de Outubro de 2013.

TEIXEIRA, R.A.; RIBEIRO, A.P. *Ações para minimizar a produção de resíduos nas aulas práticas de química em laboratórios de uma Instituição de Ensino Superior*. Anais do IV do Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade (SINGEP), 08 a 10 de novembro de 2015, São Paulo – SP – Brasil. 2015.

WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT. *Measuring Eco-efficiency*. Lisboa: WBCSD, 2000.

_____, 2000a. VERFAILLIE, H.A., BIDWELL, R., *Measuring Eco-Efficiency. A Guide to Reporting Company Performance*. World Business Council for Sustainable Development.

_____, 2000b. *Eco-efficiency Creating More Value with Less Impact*. World Business Council for Sustainable Development. Agosto 2000, WBCSD.