

## **GERENCIAMENTO DE RISCOS E A MINIMIZAÇÃO DE RESÍDUOS EM UM LABORATÓRIO DE ENSINO DE QUÍMICA**

**Amanda Gois dos Santos<sup>1</sup>**  
**Maria de Lara Palmeira de Macedo Arguelho<sup>2</sup>**  
**Renata Mann<sup>3</sup>**  
**Marlene Rios Melo<sup>4</sup>**

<sup>1,2</sup> Departamento de Química, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe - Brasil,  
larapalm@yahoo.com  
amandha.gois.santos@gmail.com

<sup>3</sup> Departamento de Agronomia, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe - Brasil,  
renatamann@hotmail.com

<sup>4</sup> Universidade Federal do Rio Grande, São Lourenço do Sul, Rio Grande do Sul - Brasil, marlenemelo@furg.br

### **Introdução**

Em qualquer ambiente de trabalho, a segurança e o bem-estar dos servidores são importantes não só para o bom desempenho das atividades, mas também para garantir que a saúde dos trabalhadores não seja afetada pela sua ocupação ou por acidentes.

Quando o local de trabalho é um laboratório de química, os riscos aumentam muito por causa da manipulação de reagentes e soluções perigosas. Tal situação requer sinalizações acerca dos cuidados necessários ao iniciar as atividades no laboratório. De acordo com a Norma Regulamentadora 26 sobre sinalização de segurança, o uso das cores é importante, pois a reação do receptor é automática diante da informação.

Na área de Química, uma das formas mais simples de utilizar as cores para o uso adequado dos reagentes é através do Diamante de Hommel ou Diamante de Risco, mostrado na Figura 1. Segundo a NFPA-704 (National Fire Protection Association), o diamante indica a intensidade de risco associada a cada substância química através das cores e ajuda de forma quantitativa e qualitativa na informação quanto aos riscos da seguinte maneira: a cor azul representa os riscos à saúde, a cor amarela reatividade, a cor vermelha inflamabilidade e a cor branca os riscos especiais. Porém, se não vier especificando qual é a substância em questão, o diamante sozinho não terá aplicabilidade prática.

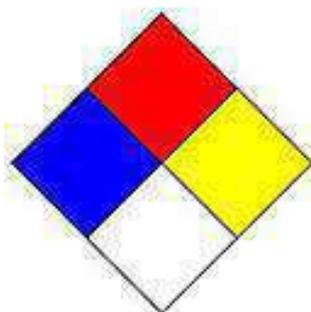


Figura 1. Diamante de Hommel. Fonte: NR 26 - Sinalização de Segurança.

Em cada losango do diamante é colocado um número que mostra a intensidade de risco associado a cada substância. De acordo com a NR 26, o preenchimento dos números é feito com base no disposto na Tabela 1.

Tabela 1. Relação entre as cores e a intensidade dos riscos para o Diagrama de Hommel

Riscos	Azul	Vermelho	Amarelo
	Riscos à saúde	Inflamabilidade	Reatividade
0	Produto não perigoso ou de risco mínimo	Produtos que não queimam	Normalmente estável
1	Produto levemente perigoso	Produtos que precisam ser aquecidos para entrar em ignição	Normalmente estável, porém pode se tornar instável quando aquecido
2	Produto moderadamente perigoso	Produtos que entram em ignição quando aquecidos moderadamente	Reação química violenta possível quando exposto a temperaturas e/ou pressões elevadas
3	Produto severamente perigoso	Produtos que entram em ignição a temperatura ambiente	Capaz de detonação ou decomposição com explosão quando exposto à fonte de energia severa
4	Produto letal	Gases inflamáveis, líquidos muito voláteis, materiais pirotécnicos	Capaz de detonação ou de composição com explosão a temperatura ambiente

Fonte: SESI (2008). Legislação Comentada: NR 26 sinalizações de segurança.

O gerenciamento de riscos é imprescindível para o uso adequado do ambiente laboratorial, auxiliando na diminuição da exposição e reduzindo as possibilidades de acidentes (ABIQUIM/DETEC, 2005). Elaborar rótulos preventivos e de risco, tanto para os reagentes quanto para os resíduos, são medidas básicas e que evidenciam a responsabilidade acerca da indicação do grau de perigo das substâncias. Segundo a NR-26, a rotulagem preventiva deve conter os seguintes elementos: identificação e composição do produto químico, pictograma(s) de perigo, palavra de advertência, frase(s) de perigo, frase(s) de precaução e informações suplementares.

No ano de 2003, a Organização das Nações Unidas (ONU) elaborou o Livro Púrpura (Purple Book), um documento que contém o GHS, do inglês The Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals e traduzido segundo a Associação Brasileira da Indústria Química (ABIQUIM/DETEC, 2005) como Sistema Harmonizado Globalmente (SHG) para a Classificação e Rotulagem de Produtos Químicos. Tal iniciativa tem como objetivo tornar seguro o manuseio e unificar mundialmente as informações acerca das substâncias químicas, protegendo a saúde humana e o meio ambiente. Segundo a ABIQUIM/DETEC (2005), o GHS não é uma regulamentação, mas sim um documento que expõe questões técnicas e divulga os perigos dos produtos químicos, além de explicar a aplicação do sistema de gerenciamento.

A adesão é voluntária, através da iniciativa de órgãos públicos e empresas privadas. A maioria dos países da Europa incorporou o GHS através do Regulamento 1272/2008 (ECHA, 2014). Já nos Estados Unidos, as principais empresas propuseram o prazo de treinamento de seus funcionários até dezembro de 2013 (OSHA, 2014). Segundo o Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, o Brasil iniciou os trabalhos a cerca desse sistema em outubro de 2009, através de uma implementação por etapas. Entretanto, o Projeto ECONORMAS do Mercosul apresentou um seminário, em 15 de março de 2013, acerca da implementação efetiva do GHS em seus países membros.

A padronização utilizando o GHS se faz relevante, pois universaliza a linguagem dos rótulos. Um problema frequente e perigoso é o fato de que um determinado produto pode ser tóxico no país em que é produzido, mas não ter a mesma classificação no país para o qual é exportado. Atendendo a harmonização, procura-se resolver o problema da incoerência na periculosidade de um mesmo reagente em diferentes países, facilitando o comércio internacional de produtos químicos. Além disso, os benefícios são tanto para a saúde humana quanto para o meio ambiente (MDIC, 2014). É nesse contexto que o GHS se torna uma ferramenta importante a ser aplicada nos laboratórios de graduação da Universidade Federal de Sergipe, pois minimiza o risco de acidentes e facilita a correta utilização de reagentes químicos.

O presente trabalho não se ocupou em detalhar o conceito do GHS, mas em utilizá-lo como um instrumento prático a ser aproveitado no laboratório de Química Analítica de Graduação da Universidade Federal de Sergipe, com a finalidade de que faça parte da rotina laboratorial.

### *Preocupação Ambiental vs Geração e Classificação de Resíduos*

A questão da geração de resíduos por grandes e pequenos centros vinculados à produção industrial e/ou à pesquisa é uma temática de interesse da comunidade científica de modo geral. Refletir sobre a questão dos resíduos produzidos na prática pedagógica surge como uma necessidade de adequação do ensino às demandas de química ambiental. Isso é evidenciado através do crescente número de trabalhos vinculados a esse tema, os quais são apresentados em congressos e encontros nacionais e internacionais. Segundo Oliveira Jr. (2012), a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2004) define que os resíduos podem ser de origem urbana, serviços de saúde, industrial, agrícola e radioativa.

De acordo com a Norma Técnica Brasileira 10.004 (NBR 10.004) os resíduos são classificados em:

- Classe I: São resíduos perigosos, os quais podem apresentar características tais como, inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade.
- Classe II: Resíduos não perigosos.
- Classe II A: São resíduos não inertes, os quais apresentam características tais como, combustibilidade, solubilidade em água e biodegradabilidade. Esses resíduos não se enquadram nem na classe I, nem na classe II B.
- Classe II B: São os resíduos inertes que segundo a NBR 10.004 são “Quaisquer resíduos que, quando amostrados de uma forma representativa, segundo a ABNT NBR 10007, e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou desionizada, à temperatura ambiente, conforme ABNT NBR 10006, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor...”.

Segundo Oliveira Jr. (2012), existem os resíduos ativos, que são aqueles originados e identificados por atividades de rotina e são de naturezas variadas. E segundo Jardim (1998), ainda há os resíduos passivos, os quais se encontram estocados e não se sabe a procedência nem a composição. Estes devem ser encaminhados para fins de caracterização e tratamento.

No intuito de diminuir a geração de resíduos uma das estratégias mais simples de serem implantadas é a minimização na produção dos resíduos. Dentre as universidades do Brasil que aderem ao exercício da minimização de resíduos, estão Universidade de São Paulo, Instituto de Química da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Universidade Federal do Paraná, Universidade de Campinas. No âmbito internacional, a Universidade de Princeton também mostra preocupação com relação ao tema em seus laboratórios (NOLASCO et al., 2006, p.118-124).

Na Universidade Federal de Sergipe, o Departamento de Química (DQI) faz parte do grupo de departamentos que compõem o núcleo servidor, oferecendo suporte para os cursos de Licenciatura e Bacharelado em Química e ofertando disciplinas obrigatórias para os cursos de Engenharia Química, Engenharia de Petróleo, Química Industrial, Farmácia, Biologia (Licenciatura e Bacharelado), Engenharia Mecânica, Engenharia de Alimentos, Física, Física Médica, Engenharia Civil, Engenharia Elétrica, Engenharia Agrônoma, Engenharia Florestal, Engenharia de Pesca e Zootecnia (UFS, 2014).

A grande quantidade de cursos e turmas ofertadas aos laboratórios do DQI provoca um aumento constante da geração de resíduos. Apesar de os laboratórios não apresentarem um gerenciamento de resíduos regular, nota-se a preocupação de professores, técnicos e alunos em armazená-los para que não sejam descartados de maneira incorreta.

### **Material e Métodos**

Foi realizado um levantamento de todo o material utilizado e produzido nas aulas de Analítica Experimental e Química Experimental II lecionadas no laboratório de Química Analítica da graduação. Além disso, verificaram-se quais reagentes estavam com a rotulagem comprometida ou inadequada.

Após a listagem dos dados, foram planejadas e desenvolvidas estratégias para promover a diminuição das quantidades dos reagentes utilizados nas aulas, resultando na minimização da quantidade de resíduos gerados. Somado a isso, produziram-se rótulos adequados contendo frases de perigo e de precaução, sendo que tais frases foram colocadas também em painéis, os quais permaneceram expostos no laboratório para consultas.

Todos os dados vinculados ao laboratório foram organizados e armazenados em planilha com a finalidade de facilitar o gerenciamento do laboratório.

## Resultados e Discussão

### Elaboração e aplicação dos Rótulos de Prevenção

Uma parte considerável dos reagentes utilizados no laboratório em questão apresenta-se com seus rótulos sem as informações mínimas exigidas por lei para o manuseio seguro, não constando frases de precaução nem de perigo, assim como as medidas de primeiros socorros em caso de acidentes, além disso, muitos não têm os pictogramas. Somado a isso, observa-se a deterioração dos rótulos antigos, que é inevitável em virtude do tempo e do ambiente laboratorial.

A Figura 2 mostra o modelo de rótulo criado para facilitar e tornar mais segura a manipulação dos produtos químicos pelos alunos, técnicos e professores. Em tal rótulo estão presentes as informações imprescindíveis de acordo com a NR 26. Além disso, há também o diamante de Hommel que mostra o grau de perigo do produto em relação à saúde, inflamabilidade, reatividade e aos riscos especiais. Todas as frases de precaução e de perigo dispostas nos rótulos estão de acordo com a classificação GHS.

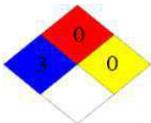
 	Universidade Federal de Sergipe
	Departamento de Química
	Reagente: Ácido Fosfórico
	Fórmula Molecular: $H_3PO_4$
	Massa Molecular: 97,995 g.mol
	Ponto de Fusão: 42,4°C
	Ponto de Ebulição: 407°C
	Hidrossolubilidade: 548g em 100g de $H_2O$ a 20°C // Densidade: 1,68 g.cm <sup>-3</sup>
	Frases de Precaução: P234; P264; P280; P301 + P330 + P331; P303 + P361 + P353; P304 + P340; P305 + P351 + P338; P310; P321; P363; P390; P405; P406; P501
	Frases de Perigo: H290; H313; H314
Palavra de Advertência: Perigo	
	

Figura 2. Rótulo criado para o reagente Ácido Fosfórico atendendo a NR 26.

As frases de precaução e de perigo estão escritas nos rótulos em forma de códigos (GHS), os quais foram dispostos de acordo com seus significados em painéis alocados dentro do laboratório para consultas. Os termos utilizados na rotulagem preventiva foram simples e de fácil compreensão, a fim de evitar confusões de interpretação, mostrando de forma objetiva o que é necessário saber sobre o produto químico manipulado. É importante ressaltar que as informações prestadas conferiram aos alunos maior independência, confiança e segurança no trabalho laboratorial, pois eles mesmos puderam checar os alertas de perigo e precaução de forma individual, de modo que, com o passar do tempo a iniciativa de ter tais informações passará a ser algo involuntário e rotineiro.

### Minimização

Uma vez que, ao longo dos anos, a universidade caminhou de forma instável com relação ao tratamento de resíduos, a melhor forma de lidar com a situação é trabalhando com prevenção e conscientização, de forma a minimizar a quantidade de resíduos gerados durante as aulas.

Os resultados de experimentos mostrados aqui têm a finalidade de comprovar que a redução nas quantidades dos reagentes usados em aulas experimentais não interfere de forma negativa na qualidade analítica dos resultados experimentais, ou seja, mesmo minimizando substancialmente as proporções dos reagentes, a visualização do ponto de viragem e as determinações feitas em amostras não são comprometidas.

Tabela 1. Comparação quantitativa da geração de resíduos perigosos referentes às aulas de Analítica ministradas no Laboratório de Química Analítica da Graduação por período letivo (semestre)

Titulação	Composição do Resíduo Líquido	Sem minimização (L)	Com minimização (L)
Neutralização	NaOH / HCl	15,0	5,8
Complexação	Tampão Amoniacal pH 10; EDTA	18,0	4,6
Precipitação	AgCl; Ag <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub> ; AgNO <sub>3</sub>	20,0	6,3
Oxirredução	Cr <sup>3+</sup> ; S <sub>4</sub> O <sub>6</sub> <sup>2-</sup> ; I <sup>-</sup> ; I <sub>2</sub> ; Mn <sup>2+</sup> ; KMnO <sub>4</sub>	31,0	12,1
Total		<b>83,0</b>	<b>28,8</b>

Com as reduções sugeridas foi possível realizar uma projeção para as 08 turmas de Analítica que se dividem em Química Experimental II e Química Analítica Experimental. Os resultados dessa projeção encontram-se também na Tabela 1, na coluna com minimização, totalizando 28,8 L. Dessa forma, pode-se fazer uma estimativa que, se todas as turmas adotassem o sistema de minimização, teria uma redução no volume de resíduos perigosos em torno de 65,3%, por período.

O gráfico da Figura 1 ilustra os dados fornecidos na Tabela 1, para uma melhor visualização da diferença de resíduos produzidos em cada prática ao longo do período. O ideal para a realidade de uma universidade é que o departamento de Química disponha de um laboratório para o tratamento dos resíduos gerados, com equipamentos e profissionais treinados para tal finalidade. Como a UFS ainda não tem esse programa, todos os resíduos gerados são armazenados em recipientes adequados e bem etiquetados, a fim de que sejam transportados para tratamento. É importante que os recipientes que contêm os rejeitos sejam estocados em um local bem ventilado e por um curto espaço de tempo, para evitar riscos de acidentes.

### Conclusões

A criação de novos rótulos para os frascos de reagentes com seus rótulos deteriorados proporciona maior segurança na manipulação dos produtos químicos, uma vez que traz as informações básicas necessárias obedecendo às legislações vigentes. Somado a isso, o incremento dos rótulos com as frases GHS de perigo e de precaução, possibilita a inserção na harmonização de rotulagem preventiva, auxiliando na prevenção de acidentes.

As propostas de diminuição nas quantidades dos reagentes utilizados em aulas práticas possibilitam a previsão de uma diminuição em 65,3% no volume de resíduos líquidos gerados por período. Além de mostrar a possibilidade de minimizar o quantitativo de resíduos gerados pelo Laboratório de Química Analítica da graduação, é possível provar que a qualidade analítica dos experimentos não é comprometida em virtude da redução nas quantidades de reagentes.

Segue como sugestão promover um programa de minimização mais eficiente, utilizando análises em microescala. Para tal, é necessário orientar os profissionais da área quanto à importância da redução de resíduos, bem como adquirir vidrarias e equipamentos adequados. Além disso, é indicada a substituição de reagentes perigosos por outros que tragam menos ou nenhum risco ao meio ambiente e à saúde humana.

### Referências

Associação Brasileira da Indústria Química. Departamento de Assuntos Técnicos. O que é GHS. Sistema Harmonizado Globalmente para a Classificação e Rotulagem de Produtos Químicos. São Paulo: ABQUIM/DETEC. p.5-68, 2005.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Estágio atual da implementação do Sistema Harmonizado Globalmente de Classificação e Rotulagem de Substâncias Químicas. Secretaria de Comércio Exterior. São Paulo: 21 a 21 de junho de 2010.

História da UFS. Disponível em: <http://divulgacoes.ufs.br/pagina/hist-ria-2518.html> Acesso em: 26 de mar. 2014.

Implementação do GHS no Brasil. Disponível em:

<http://www.mercosur.int/innovaportal/v/6469/7/innova.front/medio-ambiente>. Acesso em: 10 set. 2017.

JARDIM, W. F. Gerenciamento de Resíduos Químicos em Laboratórios de Pesquisa. Química Nova, v.21, n.5, p.671-673, 1998.

NOLASCO, F. L.; TAVARES, G. A.; BENDASSOLLI, J. A. Implantação de Programas de Gerenciamento de Resíduos Químicos Laboratoriais em universidades: análise crítica e recomendações. Eng. Sanit. Ambient., v.11, n.2, p.118-124, 2006.

Norma Brasileira, ABNT NBR 10004. Disponível em: <http://docente.ifrn.edu.br/samueloliveira/disciplinas/quimica-ambiental/apostilas-e-outros-materiais/nbr-10004-2004-classificacao-de-residuos-solidos/view>. Acesso em: 10 set. 2017.

NFPA-704. Disponível em: <<http://www.nfpa.org/codes-and-standards/document-information-pages?mode=code&code=704>> Acesso em: 10 set. 2017.

Norma Regulamentadora NR 26. Sinalização de Segurança, Ministério do Trabalho e Emprego. Disponível em: <[http://portal.mte.gov.br/data/files/8A7C816A31190C1601312A0E15B61810/nr\\_26.pdf](http://portal.mte.gov.br/data/files/8A7C816A31190C1601312A0E15B61810/nr_26.pdf)> Acesso em: 10 set. 2017.

OLIVEIRA JR., F. A. Implantação do Programa de Gerenciamento de Resíduos Químicos: Caso da Universidade Federal de Lavras. Universidade Federal de Lavras. p.21, 2012.

European Chemicals Agency. CLP legislation. Harmonised Classification and labelling (CLH). Países membros do GHS. Disponível em: <http://echa.europa.eu/web/guest/regulations/clp/legislation>. Acesso em: 05 set. 2017.

United State Department of Labor. Occupational Safety and Health Administration. <https://www.osha.gov/dsg/hazcom/>. Acesso em: 05 set. 2017.

SESI. SERVIÇO SOCIAL DA INDÚSTRIA BRASILEIRA. Legislação Comentada: NR 26 - Sinalização de Segurança. Departamento Regional da Bahia. Salvador: p.12-14, 2008.