

Inês Duarte Andrade Braga

SEGURANÇA EM LABORATÓRIOS  
DE ENGENHARIA QUÍMICA

UNIVERSIDADE DE  
COIMBRA



UNIVERSIDADE DE  
COIMBRA



Inês Duarte Andrade Braga

SEGURANÇA EM LABORATÓRIOS  
DE ENGENHARIA QUÍMICA

Dissertação de Mestrado na área de especialização de Processo, Ambiente e Energia orientada pela Senhora Professora Doutora Cristina Maria dos Santos Gaudêncio Baptista e pelo Senhor Professor Doutor Pedro Nuno Neves Lopes Simões apresentada ao Departamento de Engenharia Química da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.

Julho de 2018



UNIVERSIDADE DE  
COIMBRA

FACULDADE  
DE CIÊNCIAS  
E TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA

# SEGURANÇA EM LABORATÓRIOS DE ENGENHARIA QUÍMICA

Inês Duarte Andrade Braga

Dissertação de Mestrado na área de especialização de Processo, Ambiente e Energia orientada pela Senhora Professora Doutora Cristina Maria dos Santos Gaudêncio Baptista e pelo Senhor Professor Doutor Pedro Nuno Neves Lopes Simões e apresentada ao Departamento de Engenharia Química da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.

Julho de 2018



## **AGRADECIMENTOS**

Os meus sinceros agradecimentos a todos os que contribuíram para a elaboração da minha tese de mestrado:

À instituição Universidade de Coimbra e às pessoas que dela fazem parte, onde me formei e continuo a atualizar os meus conhecimentos e onde trabalho, há mais de dez anos.

Aos meus dois orientadores, a Professora Doutora Cristina Gaudêncio e o Professor Doutor Pedro Simões, a quem devo a concisão, clareza e objetividade da tese.

Aos meus pais e irmão, sempre tão presentes e fundamentais nas etapas importantes da minha vida.

Ao JP, o meu grande amor e inspiração.

Ao João e à Rita que me ensinam tanto, todos os dias, e por quem me esforço por chegar ao *infinito e mais além*.



## RESUMO

Nos cursos de engenharia química e afins não existe uma unidade curricular específica sobre segurança nos laboratórios. Esta temática é abordada, de forma mais ou menos aprofundada, nas aulas de laboratórios e outras, dependendo da sensibilidade de quem ensina. Contudo, as instituições de ensino superior estão cada vez mais preocupadas com as questões de segurança, saúde e ambiente nos seus laboratórios e têm reunido esforços na criação de manuais e outros recursos, que sirvam de base a práticas de ensino e investigação seguras e sem acidentes. A tese de dissertação *Segurança em Laboratórios de Engenharia Química* destina-se a estudantes, investigadores e docentes, pretendendo alertar para os principais riscos existentes nos laboratórios e mostrar a melhor forma de os prevenir, minimizar e mitigar. Está dividida em quatro áreas: uma introdução sobre a segurança nos laboratórios e sobre a responsabilidade que se espera das instituições e dos restantes intervenientes na sua melhoria contínua, e três outras áreas com conteúdos de natureza prática e informativa: uma sobre regras básicas de segurança e emergência nos laboratórios; outra acerca da gestão das substâncias químicas, e uma outra que incide sobre equipamentos e operações. Para os diferentes tipos de riscos abordados são apresentados exemplos de acidentes, alguns deles muito graves ou mortais, com o que se pretende passar mais eficazmente a mensagem dos perigos existentes e de comportamentos que os podem prevenir.

Palavras-chave: segurança, laboratório, química, saúde, ambiente.



## **ABSTRACT**

Chemical engineering curricula usually do not include any formal course on laboratory safety. This topic is commonly embodied in laboratory courses or other, mostly taught briefly, depending on the professor's awareness in safety. In spite of this, there are some academic institutions committed with safety in the laboratory, environment and health, which have produced several documents, such as chemical hygiene plans, hazardous waste programs, chemical inventory databases, laboratory safety inspection programs, laboratory assessment tools or guidelines for reporting incidents. The thesis *Chemical Engineering Laboratory Safety* aims at being used by students, graduated students, researchers and professors. It describes the essential risks in chemistry laboratories toward best practices in preventing, minimizing or mitigating them. It starts with an introduction to safety in the laboratory and discusses the important role and contribution universities may have in this field, followed by very practical and informational main themes organized in three domains: one on the basic rules of safety and emergency procedures; a second one on chemical's management; and other dedicated to laboratory equipment and operation procedures. This document also includes several examples of real accidents, some of them with casualties. Since storytelling helps remembering, it is hoped this approach will contribute to alert chemical laboratory users to the relevance of safe procedures and emergency responses.

Keywords: safety, laboratory, chemistry, health, environment.



## ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO .....	1
1.1. CULTURA DE SEGURANÇA .....	1
1.2. APRENDER COM OS ERROS .....	2
1.3. GESTÃO DE RISCOS.....	4
1.4. PLANEAMENTO DE EMERGÊNCIAS.....	6
1.5. LEGISLAÇÃO .....	6
1.6. INVESTIGAÇÃO DE INCIDENTES .....	7
1.7. MANUAL DE SEGURANÇA .....	8
2. ATIVIDADE LABORATORIAL.....	9
2.1. REGRAS BÁSICAS EM LABORATÓRIO .....	9
2.2. SINALIZAÇÃO DE SEGURANÇA.....	10
<i>Sinalização de segurança contra incêndios.....</i>	<i>10</i>
<i>Sinalização de segurança e saúde.....</i>	<i>11</i>
<i>Informações úteis.....</i>	<i>11</i>
2.3. EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO COLETIVA .....	11
<i>Hottes.....</i>	<i>12</i>
<i>Chuveiros e lava-olhos.....</i>	<i>12</i>
<i>Extintores e mantas ignífugas.....</i>	<i>12</i>
<i>Absorventes aglutinantes e baldes de areia.....</i>	<i>13</i>
<i>Estojos de primeiros socorros.....</i>	<i>13</i>
2.4. EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL .....	13
<i>Corpo e pés.....</i>	<i>14</i>
<i>Proteção das mãos .....</i>	<i>15</i>
<i>Proteção dos olhos.....</i>	<i>16</i>
<i>Proteção das vias respiratórias.....</i>	<i>17</i>
3. CLASSIFICAÇÃO DAS SUBSTÂNCIAS QUÍMICAS.....	19
3.1. PERIGOS DAS SUBSTÂNCIAS QUÍMICAS .....	19
<i>Regulamento Classification, Labelling and Packaging (CLP) .....</i>	<i>19</i>
<i>Classes de perigo.....</i>	<i>20</i>
<i>Pictogramas de perigo.....</i>	<i>20</i>
<i>Palavra-sinal.....</i>	<i>22</i>
<i>Advertências de perigo.....</i>	<i>22</i>
<i>Recomendações de prudência.....</i>	<i>22</i>
<i>Informações e elementos suplementares.....</i>	<i>23</i>
3.2. ROTULAGEM .....	23
<i>Disposição e colocação dos rótulos .....</i>	<i>23</i>
<i>Como rotular preparações feitas em laboratório.....</i>	<i>24</i>
3.3. FICHAS DE DADOS DE SEGURANÇA.....	24
<i>Fichas de dados de segurança: gestão de riscos.....</i>	<i>26</i>
4. SUBSTÂNCIAS QUÍMICAS PERIGOSAS .....	29
4.1. SUBSTÂNCIAS INFLAMÁVEIS .....	29
<i>Líquidos inflamáveis.....</i>	<i>29</i>
<i>Líquidos e sólidos pirofóricos.....</i>	<i>30</i>
<i>Substâncias que, em contacto com a água, emitem gases inflamáveis.....</i>	<i>32</i>
<i>Peróxidos orgânicos e substâncias que formam peróxidos.....</i>	<i>32</i>
4.2. SUBSTÂNCIAS COMBURENTES .....	35
4.3. GASES PRESSURIZADOS.....	36
4.4. SUBSTÂNCIAS CORROSIVAS.....	38

4.5. SUBSTÂNCIAS COM TOXICIDADE AGUDA .....	40
4.6. SUBSTÂNCIAS MUITO PERIGOSAS PARA A SAÚDE .....	40
4.7. NANOMATERIAIS.....	42
<i>Perigos para a saúde e perigos físicos</i> .....	42
<i>Monitorização e controlo da exposição aos nanomateriais</i> .....	43
4.8. REGRAS DE ARMAZENAGEM DE SUBSTÂNCIAS .....	45
<i>Inventário de substâncias químicas</i> .....	45
<i>Incompatibilidade entre Substâncias</i> .....	46
<i>Armazenagem</i> .....	46
5. EQUIPAMENTOS E OPERAÇÕES .....	49
5.1. MATERIAL DE VIDRO .....	49
<i>Lavagem e limpeza</i> .....	49
<i>Manipulação</i> .....	50
5.2. HOTTES .....	50
5.3. EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS .....	51
<i>Frigoríficos</i> .....	52
<i>Agitação e mistura</i> .....	53
5.4. LASERS .....	53
5.5. FONTES DE AQUECIMENTO .....	54
<i>Fornos, mufas, placas e mantas de aquecimento</i> .....	54
<i>Banhos térmicos</i> .....	54
5.6. CRIOGENIA.....	55
5.7. PRESSURIZAÇÃO E VÁCUO .....	56
<i>Reatores pressurizados</i> .....	56
<i>Operar sob vácuo</i> .....	56
5.8. CENTRÍFUGAS.....	57
6. EMERGÊNCIA .....	59
6.1. ACESSO AOS LABORATÓRIOS.....	59
6.2. CONTACTOS DE EMERGÊNCIA .....	59
6.3. SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA .....	60
<i>Pequenos acidentes</i> .....	60
<i>Eletrocussão, cortes, queimaduras e outros acidentes graves</i> .....	60
<i>Intoxicações com produtos químicos</i> .....	62
<i>Derrames</i> .....	63
<i>Incêndios</i> .....	64
6.4. PROCEDIMENTOS EM CASO DE ACIDENTES.....	65
7. GESTÃO DE RESÍDUOS.....	67
7.1. PRODUÇÃO DE RESÍDUOS LABORATORIAIS.....	68
7.2. ARMAZÉM DE RESÍDUOS .....	70
CONCLUSÃO .....	71
BIBLIOGRAFIA .....	73
ANEXOS .....	79
ANEXO I. GESTÃO DE RISCOS.....	81
I.1. PRINCÍPIOS GERAIS DE PREVENÇÃO DE RISCOS NOS LABORATÓRIOS.....	81
I.2. FERRAMENTAS DE GESTÃO DE RISCOS .....	82
ANEXO II. SINALIZAÇÃO E SÍMBOLOS DE SEGURANÇA.....	85
II.1. SINALIZAÇÃO DE SEGURANÇA.....	85
<i>Sinal de obstáculos e locais perigosos</i> .....	85
<i>Sinais relativos ao material de combate a incêndios</i> .....	86
<i>Sinais de aviso</i> .....	87

<i>Sinal de obrigação</i> .....	88
<i>Sinais de salvamento ou de emergência</i> .....	89
ANEXO III. COMBATE A INCÊNDIOS.....	91
ANEXO IV. SUBSTÂNCIAS QUÍMICAS .....	95
IV.1. PICTOGRAMAS DAS SUBSTÂNCIAS QUÍMICAS .....	95
IV.2. EXEMPLO DE UMA BASE DE DADOS PARA REGISTO DAS SUBSTÂNCIAS QUÍMICAS .....	95
IV.3. INCOMPATIBILIDADE ENTRE SUBSTÂNCIAS QUÍMICAS .....	96
ANEXO V. RESÍDUOS .....	99
ANEXO VI. INVESTIGAÇÃO DE INCIDENTES .....	101

## ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1. PERIGOS MAIS COMUNS NUM LABORATÓRIO. ....	4
TABELA 2. TIPOS DE EPI MAIS COMUNS, POR ZONA A PROTEGER. ....	14
TABELA 3. EXEMPLOS DAS LUVAS MAIS COMUNS UTILIZADAS EM LABORATÓRIOS. ....	16
TABELA 4. CLASSES DE PERIGO DO REGULAMENTO CLP. ....	20
TABELA 5. PICTOGRAMAS DE PERIGO DO REGULAMENTO CLP. ....	21
TABELA 6. EXEMPLOS DE FRASES H. ....	22
TABELA 7. EXEMPLOS DE FRASES P. ....	22
TABELA 8. EXEMPLOS DE FRASES EUH.....	23
TABELA 9. INFORMAÇÃO A CONSTAR DAS FICHAS DE DADOS DE SEGURANÇA. ....	25
TABELA 10. CLASSIFICAÇÃO DOS LÍQUIDOS INFLAMÁVEIS. ....	29
TABELA 11. CLASSIFICAÇÃO DAS SUBSTÂNCIAS QUÍMICAS PEROXIDÁVEIS. ....	34
TABELA 12. CLASSIFICAÇÃO DOS GASES SOB PRESSÃO POR PROPRIEDADES FÍSICAS.....	36
TABELA 13. CLASSIFICAÇÃO DOS GASES COM BASE EM PROPRIEDADES QUÍMICAS.....	36
TABELA 14. CÓDIGOS DE CORES PARA IDENTIFICAÇÃO DAS GARRAFAS DE GASES. ....	37
TABELA 15. AGENTES CMR MAIS PERIGOSOS EM AMBIENTE DE TRABALHO.....	41
TABELA 16. EFEITOS DA CORRENTE ELÉTRICA NO CORPO HUMANO. ....	51
TABELA 17. EFEITOS BIOLÓGICOS DAS RADIAÇÕES.....	53
TABELA 18. TIPOS DE QUEIMADURAS .....	61
TABELA 19. CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS DE ACORDO COM A LISTA EUROPEIA DE RESÍDUOS (LER).....	68
TABELA 20. CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS LABORATORIAIS MAIS COMUNS DE ACORDO COM A LER. ....	68
TABELA A1. RESUMO DAS CORES DE SEGURANÇA.....	85
TABELA A2. SELEÇÃO DE AGENTES EXTINTORES SEGUNDO AS CLASSES DE FOGO.....	91
TABELA A3. SUBSTÂNCIAS QUE REAGEM COM A ÁGUA (CLASSE D). ....	92
TABELA A4. CORRESPONDÊNCIA ENTRE OS PICTOGRAMAS DE PERIGO CLP E OS SÍMBOLOS ANTERIORES. ....	95
TABELA A5. TABELA DE INCOMPATIBILIDADE QUÍMICA.....	97
TABELA A6. TABELA DE INCOMPATIBILIDADE DAS SUBSTÂNCIAS POR CLASSE DE PERIGO. ....	98
TABELA A7. CARACTERÍSTICAS DE PERIGO DOS RESÍDUOS. ....	99

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. EXEMPLOS DE SINAIS DE PERIGOS DAS SUBSTÂNCIAS QUÍMICAS. ....	11
FIGURA 2. DIFERENTES TIPOS DE MÁSCARAS FILTRANTES. ....	18
FIGURA 3. RÓTULO DE UMA SUBSTÂNCIA PERIGOSA, DE ACORDO COM O REGULAMENTO CLP. ....	24
FIGURA 4. ROTULAGEM RECOMENDADA NUM FRASCO DA SUBSTÂNCIA PEROXIDÁVEL. ....	34
FIGURA 5. RISCO RELATIVO DA EXPOSIÇÃO AOS NANOMATERIAIS. ....	43
FIGURA 6. SÍMBOLO UTILIZADO PARA MARCAR EQUIPAMENTOS ANTIDEFAGRANTES. ....	52
FIGURA 7. EXEMPLO DE AVISO A COLOCAR NUM BANHO DE ÓLEO. ....	55
FIGURA 8. POSIÇÃO LATERAL DE SEGURANÇA. ....	61
FIGURA 9. BOTÃO DE ALARME. ....	65
FIGURA 10. A- JERRICÃ, B- BARRICA E C- CONTENTOR METÁLICO. ....	69
FIGURA 11. EXEMPLO DE UM RÓTULO PARA RESÍDUOS DE MERCÚRIO. ....	70
FIGURA A1. ETAPAS DO PROCESSO DE GESTÃO DE RISCOS. ....	82
FIGURA A2. EXEMPLO DO REGISTO DE UMA SUBSTÂNCIA QUÍMICA. ....	96

## GLOSSÁRIO

Ação corretiva. Ação destinada a eliminar a causa de uma não-conformidade detetada ou de outra situação indesejável (NP 4397:2008).

Ação preventiva. Ação destinada a eliminar a causa de uma potencial não-conformidade ou de outra potencial situação indesejável (NP 4397:2008).

Acidente. Incidente do qual resultou lesão, dano para a saúde ou morte (NP 4397:2008).

Agente cancerígeno. Agente capaz de provocar o cancro nos trabalhadores a ele expostos ou de aumentar a sua frequência na população exposta. Pode ser classificado em 2 categorias (de acordo com o regulamento CLP):

Categoria 1. Substâncias cancerígenas para ser humano, baseadas em evidências que assentam em dados de estudos epidemiológicos e/ou animais. Ex: benzeno, cloreto de vinilo (monómero), trióxido de crómio, sais de arsénio, sais de níquel.

- Sub-classe 1A: sabe-se que a substância é potencialmente cancerígena para o ser humano; sobretudo com base em provas obtidas com seres humanos.

- Sub-classe 1B: supõe-se que a substância é potencialmente cancerígena para o ser humano; sobretudo com base em provas obtidas com animais.

Categoria 2. Substância suspeita de ser cancerígena para o ser humano. Esta suspeita assenta essencialmente em resultados experimentais em animais. Ex: acrilamida, compostos de berílio, compostos de crómio (VI), compostos de cádmio, óxido de etileno, tricloroetileno.

Agente mutagénico. Provoca um aumento do aparecimento de mutações genéticas. Uma mutação é uma modificação permanente de um fragmento do material genético de um organismo, nomeadamente o ADN, molécula constituinte dos cromossomas e que transporta informação genética. Uma exposição a este tipo de agente pode induzir defeitos genéticos hereditários. As mutações também podem levar a um cancro, por isso algumas substâncias mutagénicas são também cancerígenas.

Agente tóxico para a reprodução. Todos os químicos que provocam efeitos adversos na função sexual e fertilidade, no desenvolvimento do feto ou afetam a lactação.

Agentes CMR. Agentes químicos cancerígenos, mutagénicos e tóxicos para a reprodução.

Auditoria. Processo sistemático, independente e documentado para obter “evidências de auditoria” e respetiva avaliação objetiva, com vista a determinar em que medida os “critérios da auditoria” são satisfeitos (ISO 9000:2005).

Avaliação do risco. Processo de gestão do(s) risco(s), resultante(s) de um perigo(s), tendo em consideração a adequação dos controlos existentes, cujo resultado é a decisão sobre se o risco é ou não aceitável (OHSAS 18001:2007).

CL<sub>50</sub> (concentração letal mediana): é a concentração de uma substância, na atmosfera, capaz de matar 50% de uma população em teste (normalmente medida em unidades de mg/l). A sua determinação é efetuada expondo cobaias a diferentes doses da substância, por inalação, durante 4 horas.

DL<sub>50</sub> (dose letal mediana). Grandeza muito utilizada para medir a toxicidade das substâncias. É a dose de uma dada substância capaz de matar 50% de uma população em teste (normalmente medida em miligramas de substância por quilograma de massa corporal dos indivíduos testados). A sua determinação é efetuada administrando diferentes doses da substância em cobaias.

Emergência. Acontecimento inesperado ou de gravidade excepcional que requer (re)ação imediata ou urgente.

FDS. Ficha de dados de segurança (*safety data sheet*), prevista no art.º 31 do Regulamento REACH.

GHS (*Globally Harmonized System*). Sistema mundial harmonizado para a classificação, rotulagem e transporte de produtos químicos, das Nações Unidas, publicado pela primeira vez em 2003. Atualmente está em vigor a 5.ª revisão, que data de 2013.

HEPA (*high-efficiency particulate air*). Filtros de ar com elevada eficiência na separação de partículas, que têm de cumprir determinadas especificações, como remover 99,97% de partículas de tamanho igual ou superior a 0,3µm.

Identificação do perigo. Processo de reconhecer a existência de um perigo e de definir as correspondentes características (NP 4397:2008).

Incidente. Acontecimento(s) relacionado(s) com o trabalho em que ocorreu ou poderia ter ocorrido lesão, dano para a saúde (independentemente da gravidade) ou morte (NP 4397:2008).

LER. Lista Europeia de Resíduos, publicada pela Decisão 2014/955/EU, da Comissão, de 18 de dezembro de 2014.

Limites de explosividade. Para cada substância existem limites de explosividade ou explosão, que são os limites de concentração para os quais a mistura formada pelo ar e a substância é inflamável ou explosiva. São definidos dois limites (expressos em % em relação ao volume do vapor no ar):

Limite inferior de explosividade: concentração abaixo da qual, a mistura ar/substância ainda não é inflamável, ou seja, é o limite de uma permanência em segurança.

Limite superior de explosividade: valor mais elevado de concentração da substância para o qual, se houver uma faísca ou qualquer outra fonte de ignição, a mistura de ar e gás vai inflamar ocorrendo uma explosão.

Metodologia RAMP. R- reconhecer os perigos (*recognize the hazards*), A- avaliar os riscos (*access the risks of the hazards*), M- minimizar os riscos (*minimize the risks of the hazards*), P- preparar para a emergência (*prepare for emergencies from uncontrolled hazards*).

Não-conformidade. Não satisfação de um requisito (ISO 9000:2005 e ISO 14001).

Nomenclatura IUPAC (*International Union of Pure and Applied Chemistry*). Autoridade reconhecida no desenvolvimento de padrões para a denominação dos compostos químicos.

Número CAS (*CAS registry number*). Da responsabilidade do *Chemical Abstracts Service*, que por sua vez é uma divisão da Sociedade Americana de Química (*American Chemical Society*), é uma das formas mais universais de identificação de substâncias químicas. Contém mais de 137 milhões de substâncias químicas orgânicas e inorgânicas. É uma forma de identificação numérica, sem significado químico, que pode ter até 10 dígitos e que está dividido em três partes, por hífen. Identifica uma única substância. (Ex: número CAS do n-hexano: 110-54-3).

Número CE. A União Europeia adotou um número de identificação das substâncias, semelhante ao número CAS, que é escrito na forma: XXX-XXX-X com um total de 7 dígitos. (Ex: EC Number do n-hexano 203-777-6), podendo pertencer a um dos seguintes inventários:

EINECS (*European Inventory of Existing Commercial Substances*): contém as substâncias químicas disponíveis comercialmente na União Europeia entre 1 de Janeiro de 1971 e 18 de Setembro de 1981.

ELINCS (*European List of Notified Chemical Substances*): utilizado a partir de 19 de setembro de 1981, sendo conhecido como Lista Europeia das Substâncias Químicas Notificadas (ELINCS).

NLP (*No-Longer Polymers*): inclui as substâncias que deixaram de ser considerados como polímeros na nova definição dada pela Diretiva 92/32/CEE, comercialmente disponíveis entre 18 de setembro de 1981 e 31 de outubro de 1993.

Número ONU. Numeração das Nações Unidas para identificação das substâncias químicas, composto por quatro algarismos, que é utilizado para identificação do transporte de mercadorias perigosas.

Perigo. Propriedade intrínseca de uma instalação, atividade, equipamento, um agente ou outro componente material do trabalho com potencial para provocar dano (Lei n.º 102/2009, de 10 de setembro).

Ponto de inflamação (*flash point*). Temperatura à qual se libertam vapores em quantidade suficiente para inflamar, na presença de uma fonte de ignição.

Pressão de vapor. Pressão exercida por um vapor quando este está em equilíbrio termodinâmico com o líquido que lhe deu origem, ou seja, a quantidade de líquido (solução) que evapora é a mesma que condensa.

Quase-acidente. Incidente em que não há lesão, dano para a saúde ou morte (*near-miss*).

Regulamento CLP (*Classification, Labelling and Packaging*). Regulamento (CE) n.º 1272/2008, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 16 de dezembro de 2008.

Regulamento REACH (*Registration, Evaluation, Authorization and Restriction of Chemicals*). Regulamento (CE) n.º 1907/2006, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 18 de dezembro, alterado e republicado pelo Regulamento (CE) n.º 453/2010, da Comissão, de 20 de maio de 2010.

Risco. Probabilidade de concretização do dano em função das condições de utilização, exposição ou interação do componente material do trabalho que apresente perigo (Lei n.º 102/2009, de 10 de setembro).

Risco aceitável. Risco que foi reduzido a um nível que pode ser tolerado pela organização tomando em atenção as suas obrigações legais e a própria política de segurança e saúde do trabalho (NP 4397:2008).

Segurança e saúde no trabalho (SST). Conjunto de intervenções que objetivam o controlo dos riscos profissionais e a promoção da segurança e saúde dos trabalhadores da organização ou outros (qualquer indivíduo que se encontre no local de trabalho). (NP 4397:2008).

Símbolo ou pictograma. Imagem que descreve uma situação ou impõe um determinado comportamento e que é utilizada numa placa ou superfície luminosa (Decreto-Lei n.º141/95 de 14 de junho).

Sinal de aviso. Sinal que adverte de um risco ou perigo (Decreto-Lei n.º141/95 de 14 de junho).

Sinal de indicação. Sinal que fornece indicações não abrangidas por sinais de proibição, aviso, obrigação e de salvamento ou de socorro (Decreto-Lei n.º141/95 de 14 de junho).

Sinal de obrigação. Sinal que impõe certo comportamento (Decreto-Lei n.º141/95 de 14 de junho).

Sinal de proibição. Sinal que proíbe um comportamento (Decreto-Lei n.º141/95 de 14 de junho).

Sinal de salvamento ou socorro. Sinal que dá indicações sobre as vias de emergência ou meios de socorro ou salvamento (Decreto-Lei n.º141/95 de 14 de junho).

Temperatura crítica ( $T_c$ ). Temperatura acima da qual um gás puro não pode ser liquefeito, independentemente do grau de compressão.



## PREFÁCIO

*Como convencer as pessoas a preocuparem-se?* É esta pergunta que James Kaufman, fundador do Laboratory Safety Institute<sup>1</sup>, faz em muitas das suas apresentações sobre segurança em laboratórios.

O que fez com que Michelle Dufault<sup>i</sup> tivesse ido trabalhar sozinha para o laboratório e não protegesse devidamente o seu cabelo ou que levou Sheri Sangji<sup>ii</sup> a não vestir a sua bata? Falhou a política de segurança da Universidade, falhou o Departamento, falhou o Centro de Investigação, falhou o Orientador e falhou a vítima.

É preciso que as Universidades encarem a promoção da segurança e saúde nos laboratórios como um investimento, adotem programas de prevenção de acidentes, tornando obrigatória a avaliação de riscos, a preparação para a emergência e a atualização de conhecimentos em segurança, e que sejam inflexíveis com o incumprimento das regras.

A resposta à primeira questão reside na formação, conhecimento e experiência. À medida que os estudantes e investigadores se apercebam das consequências das suas escolhas, estas tenderão a ser cada vez mais corretas. Não usar o equipamento de proteção coletiva ou individual deixa de ser uma opção.

As centenas de vítimas de acidentes de laboratório em todo o mundo, que não podem ser esquecidas, demonstram que as regras existem por alguma razão!

Uma política de segurança eficaz, adequada às necessidades de saúde, segurança e ambiente dos laboratórios, não pode deixar de ter um manual de segurança. É esse documento que aqui se propõe, para leitura, reflexão e discussão de todos os que trabalham em laboratórios de engenharia química e afins.

---

<sup>i</sup> Estudante da Universidade de Yale, que foi trabalhar sozinha, de madrugada e o seu cabelo ficou preso num torno mecânico, tendo morrido por asfixia (2011).

<sup>ii</sup> Investigadora da Universidade da Califórnia em Los Angeles que, não estava a usar bata e, na sequência de uma explosão, a sua camisola pegou fogo. Acabou por falecer dias depois com queimaduras de 2.º e 3.º grau em mais de 40% do corpo (2008).



*If you want to become a chemist, you will have to ruin your health.  
If you don't ruin your health studying, you won't accomplish anything these days in chemistry.*  
Liebig's advice to Kekulé [1803 – 1873]

## 1. INTRODUÇÃO

A citação em epígrafe demonstra bem a visão dos químicos do século XIX, face aos malefícios da investigação na saúde. São conhecidos os casos de cientistas famosos que foram vítimas das suas descobertas<sup>2</sup>, como Robert Bunsen, Michael Faraday, Humphrey Davy, Ascanio Sobrero, Thomas Midgley, Marie Curie e a sua filha Irène ou ainda o professor Manoel José Barjona, que cegou um olho no Laboratório *Chimico* da Universidade de Coimbra<sup>3</sup>.

No século XXI, as Universidades não podem continuar a aceitar que os acidentes sejam uma consequência natural da sua atividade. À semelhança do que acontece há várias décadas na indústria, têm de adotar uma cultura de segurança e prevenção, tanto no ensino como na investigação.

### 1.1. CULTURA DE SEGURANÇA

*A cultura de segurança de uma organização está relacionada com o valor ou importância que é dada à segurança no trabalho, quando comparada com outras prioridades. Para que esta seja forte e afirmativa tem de existir um grande compromisso no seio da organização, livre partilha de informação, ênfase na aprendizagem e progresso e prioridade na identificação e resolução de problemas, em vez de se procurarem culpados. Tem de ser dada sempre importância à segurança e não apenas quando é conveniente ou quando não compromete objetivos pessoais ou institucionais<sup>4</sup>.*

Numa Universidade, uma cultura de segurança sólida e coerente só é conseguida se garantir o envolvimento e participação de todos: Reitor e Equipa Reitoral, Administrador, Diretores das Faculdades e Departamentos, Docentes, Investigadores e Técnicos do Gabinete de Segurança, Saúde e Ambiente.

Nos laboratórios que funcionam em condições de segurança ótimas, todos os estudantes, investigadores, docentes e funcionários, que ali trabalham, têm a plena consciência de que necessitam de precauções especiais. Conhecem os riscos dos materiais e processos com que trabalham e estão preparados para se protegerem, a si e aos colegas, se ocorrer alguma emergência.

Nestes laboratórios, a segurança envolve sempre, no mínimo, as seguintes práticas:

- Laboratório organizado e bem dimensionado de forma a facilitar operações seguras, proteger os trabalhadores de atmosferas perigosas e permitir a segregação dos perigos.
- Disponibilidade e utilização de equipamentos de proteção coletiva (hottes, sistemas de ventilação, botoneiras de alarme) e individual (óculos, máscaras, luvas).

- Familiaridade e competências para utilizar os equipamentos de emergência (chuveiro e lava-olhos, extintores, etc).
- Avaliação dos riscos antes de cada trabalho: identificação dos perigos, categorização dos riscos e definição de medidas de controle.

Aí, as práticas de segurança nunca são vistas como um impedimento ou limitação da produtividade da investigação, mas como uma competência basilar de um bom investigador. A segurança nos laboratórios é essencial para garantir a saúde de todos os estudantes, investigadores, funcionários e docentes, mas também para dar um exemplo positivo à sociedade mostrando que a investigação pode ser feita de forma eficiente e segura. À semelhança de outros indicadores como a publicação de artigos, a condução da prática de investigação em segurança deve ser tida em elevada consideração.

Não existe nada mais devastador para uma Universidade e para o avanço da ciência do que um acidente grave ou mortal num dos seus laboratórios. Além da tragédia que representa para a vítima e seus familiares, causa ainda danos marcantes nos colegas de trabalho, docentes, na atividade de investigação e na reputação da Universidade, bem como danos patrimoniais.

### **1.2. APRENDER COM OS ERROS**

Os acidentes trágicos que têm ocorrido em laboratórios universitários de todo o mundo – como a morte de Sheri Sangji, num incêndio na Universidade da Califórnia<sup>5</sup>, o estrangulamento de Michele Dufault, presa num equipamento na Universidade de Yale<sup>6</sup> ou ainda as explosões nas Universidades Texas Tech<sup>7</sup>, Hawai<sup>8</sup> e Alta Alsácia<sup>9</sup>, com feridos graves e vítimas mortais – mostraram que é preciso mudar urgentemente as práticas de segurança nas instituições.

A maioria dos acidentes e fatalidades eram evitáveis se, à semelhança da indústria, os laboratórios adotassem rotinas de gestão de riscos, treinassem procedimentos de emergência e cumprissem escrupulosamente todas as instruções de segurança.

Infelizmente, a organização das universidades, com áreas de saber muito diversificadas, estruturas de decisão horizontais, e onde os grupos de investigação dentro das faculdades ou departamentos têm uma grande autonomia, dificulta o desenvolvimento de uma cultura de segurança institucional. Outras razões também têm sido apontadas para esta realidade, nomeadamente<sup>2,4</sup>:

- Menor regulamentação e fiscalização do que na indústria.
- Adoção de práticas de segurança institucionais é por vezes vista como uma intromissão na atividade de investigação.
- Falta de treino dos estudantes e investigadores em técnicas laboratoriais ou na utilização dos equipamentos e materiais, especialmente nos que oferecem mais perigos.
- Dimensionamento, estrutura e condições físicas dos laboratórios universitários nem sempre são favoráveis à segurança.

- Instruções importantes são transmitidas informalmente, não existindo a prática de documentar e registrar todos os procedimentos de segurança.
- Inexistência de registos de todos os incidentes que ocorrem nos laboratórios, incluindo os quase-incidentes, que permitam corrigir e melhorar deficiências sistêmicas.

Foi precisamente com estas preocupações que, em 2014, um grupo de peritos da indústria, academia e outras instituições dos EUA publicou uma série de recomendações para melhorar a cultura de segurança nas universidades<sup>4</sup>, que se apresentam seguidamente, adaptadas à realidade nacional.

- O Reitor, Administrador e Diretores das Faculdades e Departamentos têm de se empenhar ativamente na demonstração de que a segurança é um valor fundamental (*core value*) da instituição, e de como deve ser posta em prática.
- A segurança deve ser incentivada: poderá ser um critério para valorização do desempenho dos estudantes, investigadores, docentes e funcionários ou ainda como majoração positiva na atribuição de bolsas de investigação.
- As instituições universitárias têm orçamentos limitados: é necessário planear e priorizar os investimentos na área da segurança em laboratórios, assegurando que todos os trabalhos pedagógicos e de investigação são levados a cabo em segurança. Devem usar-se os recursos e infraestruturas existentes e investir apenas quando é estritamente necessário.
- A Universidade tem de estabelecer uma política de segurança e criar documentos e eleger instrumentos para a sua realização. Os laboratórios devem possuir um plano de segurança com indicações para a prevenção, minimização e controlo dos riscos e resposta à emergência.
- Os Diretores das Faculdades e Departamentos e dos Centros de Investigação devem fomentar a interação, colaboração e partilha de informação sobre segurança entre estudantes, investigadores, docentes e os técnicos de segurança, saúde e ambiente.
- O registo (sem carácter punitivo) de todos os incidentes deve fazer parte integrante da cultura de segurança das Universidades. Este tipo de informação deve ser discutida e partilhada, de forma a evitar que se repita. Os estudantes devem ser, desde sempre, incentivados a fazê-lo.
- Antes de cada experiência deve ser efetuada uma análise de riscos, devidamente supervisionada pelo responsável do laboratório, que será registada e arquivada na documentação do trabalho.
- O serviço de segurança, saúde e ambiente, em conjunto com as Faculdades e Departamentos deve desenvolver formações na área da segurança que possam complementar e atualizar os conhecimentos em emergência, primeiros socorros, medidas de combate a incêndios, entre outros.

### 1.3. GESTÃO DE RISCOS

As deficiências na perceção dos riscos de um laboratório favorecem a adoção de comportamentos pouco seguros<sup>10</sup>. É referido frequentemente na literatura que uma das falhas da segurança nos laboratórios universitários é na gestão de riscos (*risk assessment*), nem sempre obrigatória ou efetuada de forma rigorosa e sistemática<sup>11,12</sup>. Assim, apresenta-se um resumo das etapas<sup>13</sup> que podem ser utilizadas na execução de um sistema de gestão de riscos em laboratórios universitários. Para melhor entendimento do mesmo aconselha-se a leitura prévia dos conceitos descritos no glossário.

O processo de gestão de riscos consiste na execução dos seguintes passos:

- a) identificação de tudo o que é suscetível de causar lesões ou danos (*hazard analysis*);
- b) avaliação da categoria/grau do risco e tolerância ao mesmo (*risk assessment*);
- c) verificação ou criação de medidas de prevenção ou proteção para minimizar os riscos (*risk control*).

A identificação dos perigos – aspetos do trabalho que podem causar danos, como substâncias químicas, equipamentos ou técnicas – é um trabalho de planeamento, pesquisa e reflexão. A tabela 1, apresenta um resumo dos principais perigos existentes num laboratório químico, muitos deles mais aprofundados nos capítulos 3 e 4.

Tabela 1. Perigos mais comuns num laboratório<sup>14</sup>.

TIPO DE PERIGO	EXPLICAÇÃO OU EXEMPLOS ESPECÍFICOS
<b>QUÍMICOS</b>	
Químicos corrosivos	Ácidos fortes e bases fortes, soluções com pH < 2 ou pH > 12 e alguns solventes, como p.e. ácido fórmico (CH <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ), ácido acético glacial (CH <sub>3</sub> COOH) ou ácido trifluoroacético (C <sub>2</sub> HF <sub>3</sub> O <sub>2</sub> ), são muito agressivos para a pele.
Químicos inflamáveis	Químicos que inflamam ou explodem facilmente nas condições normais de funcionamento do laboratório (álcoois de baixo peso molecular, aldeídos, cetonas ou hidrocarbonetos).
Químicos incompatíveis na armazenagem ou manipulação	Não armazenar conjuntamente oxidantes fortes (como o ácido nítrico) com compostos redutores (como hidrocarbonetos). Cuidado com reagentes que reajam violentamente com água ou ar como os metais alcalinos ou haletos de acilo.
<b>FÍSICOS</b>	
Gases comprimidos e sistemas de alta pressão	Todos os sistemas submetidos a pressões superiores a 1 bar (>100 kPa). A fuga de gás (azoto ou dióxido de carbono) de um cilindro pode causar queimaduras graves ou morte por asfixia (por redução da concentração de oxigénio).
Sistemas a vácuo	Inclui todos os sistemas que operem abaixo de 1 bar (<100 kPa). A sua utilização requer cuidados especiais para evitar implosões.
Perigos elétricos	Todos os equipamentos elétricos e fontes de energia elétrica.
Perigos de radiação	Toda a radiação ionizante e não-ionizantes, incluindo lasers e lâmpadas ultravioleta, requer cuidados especiais.
Arrefecimento a temperaturas muito baixas	Todos os sistemas que funcionam a temperaturas < 0 °C (como o gelo seco, azoto líquido ou hélio líquido). É preciso muito cuidado com estas operações para não se quebrar o material e evitar reações violentas ou a formação de vapores inflamáveis.

Tabela 1. Perigos mais comuns num laboratório (cont.).

TIPO DE PERIGO	EXPLICAÇÃO OU EXEMPLOS ESPECÍFICOS
<b>PARA A SAÚDE</b>	
Classificação das substâncias	Identificação das classes de perigo das substâncias: mutagénico, cancerígeno, tóxico para a reprodução, tóxico para órgãos-alvo, corrosivo, etc.
Exposições de curta duração	Identificação dos compostos muito tóxicos ou alergénicos, suscetíveis de provocar impactos significativos na saúde, mesmo em situação de curta exposição.
Exposições crónicas	Identificação das substâncias, cuja exposição prolongada, pode vir a afetar órgãos específicos do corpo (como a maioria dos compostos cancerígenos).
Nanomateriais	As nanopartículas penetram facilmente no homem por via respiratória ou por contacto dérmico. Ainda existe pouca informação acerca do impacto destas substâncias na saúde humana, mas as orientações da Organização Mundial de Saúde obrigam a grande vigilância e controlo da respetiva exposição.
<b>EM REAÇÕES QUÍMICAS</b>	
<i>Scale-up</i>	O aumento de escala na síntese de alguns químicos exige muito cuidado. Alterações da cinética/termodinâmica reacional obrigam a mudanças nas condições operatórias e nas medidas de segurança, de modo a evitar derrames, possíveis explosões ou reações violentas.
Químicos muito reativos e instáveis	Existem químicos muito instáveis e reativos, que exigem cuidados especiais de manipulação e armazenagem, para evitar explosões (sódio, potássio, oxidantes fortes, peróxidos e líquidos pirofóricos).

Exemplo do perigo no *scale-up*<sup>7</sup>:

Em 2010, no Departamento de Bioquímica e Química da Universidade do Texas (Texas Tech), dois estudantes estavam a estudar as propriedades de um composto explosivo (um derivado de perclorato de hidrazina de níquel). As quantidades habitualmente sintetizadas no laboratório eram da ordem de 50-300 mg e os orientadores do estudo tinham comunicado que não deveriam ultrapassar as 100 mg. Os alunos decidiram fazer um *scale-up* para as 10 g, mas fizeram-no sem autorização superior e sem realizar qualquer análise de risco. O resultado final foi uma explosão violenta, e um dos estudantes ficou com queimaduras na cara e mãos, lesões na vista e perdeu três dedos.

O segundo passo, *risk assessment*, é talvez o mais importante, no sentido em que determina a redução dos incidentes e o bom desempenho da segurança, em geral. Consiste na determinação dos riscos para a segurança das pessoas, decorrentes dos perigos associados à execução de cada tarefa a desempenhar no laboratório:

- tendo em consideração os sistemas de controlo existentes;
- identificando a gravidade e probabilidade dos mesmos;
- classificando os riscos por ordem de importância;
- decidindo a aceitabilidade dos riscos.

Há vários métodos de *risk assessment* descritos na literatura<sup>15-17</sup>: listas de verificação adaptadas a diferentes processos, matrizes mais ou menos complexas para estimar o grau do risco, etc (cf. Anexo I). Uma vez efetuada a avaliação dos riscos é importante identificar as medidas de controlo que permitirão evitá-los ou minimizá-los, de acordo com a seguinte hierarquia:

## 1. INTRODUÇÃO

- a) eliminação: laboratório, processo ou equipamentos, projetados e dimensionados de modo a eliminar os riscos;
- b) substituição: utilizar reagentes menos tóxicos, ou menos inflamáveis<sup>14,18,19</sup>;
- c) controlos de engenharia: sistemas de ventilação, *hottes*, dispositivos de segurança (válvulas);
- d) controlos administrativos: simulacros de situações de perigo, protocolos laboratoriais, instruções e sinais de segurança, *check-lists* para trabalhos mais perigosos;
- e) equipamentos de proteção individual: máscaras, luvas, óculos.

Deve ser mantido um registo de todas as avaliações de risco efetuadas, sejam elas referentes a trabalhos laboratoriais, à utilização de uma determinada substância química, de um equipamento ou de uma operação.

### 1.4. PLANEAMENTO DE EMERGÊNCIAS

É imprescindível estar-se preparado para as emergências que podem ocorrer num laboratório de que são exemplos representativos: cortes, queimaduras, salpicos de químicos para os olhos ou pele, inalação de vapores, derrames de químicos, explosões ou incêndios<sup>14,18,20-22</sup>. É muito importante saber localizar e utilizar o equipamento de emergência adequado – extintor, chuveiro e lava-olhos, mantas ignífugas, absorventes de químicos ou estojos de primeiros-socorros – e ainda, em casos mais graves, a quem se dirigir e como atuar. Sempre que possível, é importante praticar simulacros de resposta a emergência, envolvendo os docentes, funcionários e estudantes. Estes procedimentos devem ser revistos e atualizados, sempre que necessário, principalmente após os ensaios periódicos e a ocorrência de situações de emergência.

Nos E.U.A. é seguida uma metodologia na área de segurança em laboratórios, muito semelhante à descrita nos pontos 1.3 e 1.4, designada RAMP:<sup>14,18,19</sup>

R- *Recognize the hazards.*

A- *Access the risks of the hazards.*

M- *Minimize the risks of the hazards.*

P- *Prepare for emergencies from uncontrolled hazards.*

### 1.5. LEGISLAÇÃO

Aos laboratórios de investigação e ensino universitário são aplicáveis as leis nacionais de segurança e saúde no trabalho, gestão de resíduos e classificação, rotulagem e embalagem de substâncias químicas. A lista das leis atualmente em vigor é extensa e pode ser consultada no sítio nacional da Autoridade para as Condições do Trabalho<sup>23</sup>.

Aconselha-se ainda a consulta dos sítios da Agência Europeia para a Segurança e Saúde no Trabalho<sup>24</sup>, Agência Europeia dos Produtos Químicos<sup>25</sup> e Agência Portuguesa do Ambiente<sup>26</sup>, que reúnem e partilham muitas informações e boas práticas nas áreas da segurança, saúde e ambiente.

De uma forma muito resumida, pode dizer-se que ao nível dos princípios básicos de promoção e prevenção da segurança e saúde no trabalho, é obrigação da Universidade zelar para que sejam cumpridos os princípios gerais de prevenção (cf. Anexo I), informar os colaboradores dos riscos a que estão expostos, vigiar a sua saúde e disponibilizar os meios adequados de primeiros socorros, combate a incêndios e evacuação.

Adicionalmente, para cada trabalho a desenvolver no laboratório é essencial fazer o levantamento da legislação especial aplicável. Está-se na presença de algum agente químico cancerígeno ou mutagénico, com limites de exposição regulamentados? A lei obriga à vigilância da saúde dessas pessoas? Está-se na presença de uma atmosfera explosiva? Quais as exigências relativamente aos equipamentos e instalações? Essa análise mais detalhada terá de ser efetuada caso a caso e em colaboração com o Gabinete de Segurança, Saúde e Ambiente da Universidade.

Aos colaboradores é pedido que zelem pela sua segurança e pela sua saúde, bem como das de outras pessoas com quem partilham o laboratório. Devem cumprir os procedimentos de trabalho estabelecidos e as regras de segurança dos laboratórios e comunicar as avarias e deficiências que possam originar perigos graves ou qualquer defeito nos sistemas de proteção. Em situações de emergência, devem adotar as medidas e instruções previamente estabelecidas.

## **1.6. INVESTIGAÇÃO DE INCIDENTES**

Devem ser reportados e mantidos registos de todos os incidentes, descrevendo as causas e consequências dos mesmos. Estes relatórios devem ser entregues à Direção do Departamento ou Faculdade, que conduzirá uma investigação sobre o assunto, tendo por objetivo:

- a) determinar as deficiências de segurança e outros fatores que possam ter causado ou contribuído para a ocorrência do incidente;
- b) identificar a necessidade de ações corretivas;
- c) identificar a oportunidade de aplicar medidas preventivas;
- d) comunicar o resultado da investigação.

Os incidentes são uma fonte de aprendizagem e reflexão sobre os erros associados, de partilha de experiências e de prevenção<sup>4,21,27</sup>.

## 1.7. MANUAL DE SEGURANÇA

De forma a promover uma cultura de segurança nos laboratórios universitários a Direção de cada Faculdade ou Departamento deve definir regras objetivas e transversais a todos os estudantes, investigadores e docentes. É do interesse de todos que haja uma hierarquia clara e bem definida e que os procedimentos sejam do conhecimento geral.

É importante a adoção de um Manual de Segurança, com as regras mais importantes a cumprir, os mecanismos de controlo de riscos existentes e os procedimentos de emergência<sup>28-31</sup>. Há ainda Universidades que optam por criar um manual introdutório mais simplificado, destinado aos estudantes dos primeiros anos e outro, mais desenvolvido, concebido para um nível de especialização superior<sup>19,21</sup>.

A maioria dos manuais<sup>28,29,31-34</sup> incide principalmente na segurança dos laboratórios na vertente da saúde ocupacional, aproximando-se do *Chemical Hygiene Plan*, um documento obrigatório nos laboratórios universitários americanos, desde 1990. No documento elaborado neste trabalho entendeu-se ser pertinente a inclusão de um capítulo sobre os riscos associados à utilização de equipamentos e operações, além do das substâncias químicas. Além desta opção, possui um capítulo esclarecedor sobre a nova classificação das substâncias químicas, que ainda não é muito comum ver referida nesses manuais.

Assim, este documento destina-se a estudantes de mestrado, investigadores e docentes de laboratórios de química e de engenharia química e a sua estrutura tem por base os seguintes capítulos:

1. Introdução.
2. Atividade Laboratorial.
3. Classificação das Substâncias Químicas.
4. Substâncias Químicas Perigosas.
5. Equipamentos e Operações.
6. Emergência.
7. Gestão de Resíduos.

Além do manual de segurança, existem outros elementos, que têm também um papel fundamental, na criação de uma cultura de segurança em laboratórios, nomeadamente:

- Comissão de Segurança, designada pela Direção do Departamento ou Faculdade, responsável pela execução das políticas de segurança, saúde e ambiente.
- Base de dados com o registo das substâncias químicas existentes nos laboratórios.
- Conjunto de formulários para o registo da avaliação de riscos, ocorrência de incidentes, etc.
- Auditorias regulares às condições de segurança dos laboratórios (internas e externas).
- Exercícios periódicos em técnicas de primeiros socorros e procedimentos de emergência.

## 2. ATIVIDADE LABORATORIAL

Como se disse, os laboratórios são locais com potencial de perigo. Para que todos os trabalhos pedagógicos e de investigação sejam realizados em segurança, eliminando ou minimizando os riscos, é indispensável que todos os seus utilizadores cumpram as regras básicas de utilização dos laboratórios, saibam reconhecer a sinalização de segurança existente e percebam a importância da correta utilização dos equipamentos de proteção individual e coletiva.

### 2.1. REGRAS BÁSICAS EM LABORATÓRIO

Quando se está dentro de um laboratório é fundamental prestar ATENÇÃO e cumprir as orientações dadas pelo Docente Responsável (DR) do laboratório ou do centro de investigação. Se houver alguma dúvida relativamente ao trabalho a realizar, o estudante ou investigador, deverá esclarecê-la imediatamente. Há ainda outras regras básicas a cumprir, nomeadamente:

- Qualquer condição médica - alergia, doença rara, medicação incompatível ou gravidez - que possa comprometer a saúde do estudante, investigador ou docente, deve ser comunicada, por escrito, à Direção do Departamento ou Faculdade.
- Não entrar no laboratório sem autorização.
- Prender e enrolar cabelos compridos, evitar roupas muito largas e não usar cachecóis, écharpes e jóias.
- Reduzir a exposição da pele, cobrindo-a ao máximo com vestuário e calçado fechado. Deve evitar-se o uso de saias curtas, calções, tecidos sintéticos, chinelos e calçado de pano.
- Utilizar sempre a bata de laboratório e, se necessário, óculos de proteção, luvas ou máscara adequados.
- Ler e preparar o protocolo antecipadamente, certificar-se de que se está a par de todos os potenciais perigos dos reagentes, equipamentos e técnicas utilizadas.
- Antes do início do trabalho laboratorial, assegurar-se do conhecimento da localização de todos os equipamentos de segurança (estojos de primeiros socorros, chuveiro e lava-olhos), saídas de emergência, extintores, baldes de areia e mantas ignífugas.
- Não brincar no laboratório, não correr, não usar auscultadores/auriculares e não usar o telemóvel, exceto se for em caso de emergência.
- Não comer ou beber no laboratório. Não utilizar o laboratório para guardar alimentos, nomeadamente nos frigoríficos.
- Não mastigar pastilhas elásticas, não aplicar batom de cíeiro ou outros cosméticos e não trazer o maço de tabaco para dentro do laboratório. Não esquecer que embalagens abertas de comida, tabaco ou cosméticos podem absorver os vapores de químicos.
- Não levar as mãos, lápis ou caneta aos olhos ou boca quando se está a trabalhar no laboratório.

- Não executar experiências não autorizadas. Não alterar o procedimento experimental sem permissão.
- Ler atentamente os rótulos antes de utilizar os produtos químicos.
- Não remover produtos químicos ou material do laboratório, sem autorização. Alertar o DR quando outros o fizerem.
- Avisar o DR sempre que observar a transgressão das regras de laboratórios por terceiros: isso poderá salvar vidas.
- Não inalar diretamente nem provar os químicos. Em caso de contacto acidental com químicos (via oral, respiratória ou dérmica) avisar imediatamente o DR.
- Uma vez retirada uma porção, não voltar a colocar o reagente no frasco original.
- Rotular os frascos com os produtos preparados – incluindo o nome da substância, concentração (quando se justifica), data de preparação, nome do responsável –. Nunca usar recipientes concebidos para produtos alimentares, como garrafas de óleo, água, etc.
- Separar e encaminhar os resíduos de acordo com as orientações do DR.
- No final de qualquer experiência:
  - a) arrumar todos os produtos químicos;
  - b) acondicionar os resíduos nos contentores adequados;
  - c) lavar, enxaguar e guardar o material utilizado;
  - d) desligar todo o equipamento utilizado (exceto quando há indicações em contrário);
  - e) limpar e arrumar a bancada;
  - f) lavar bem as mãos com água e sabão, mesmo quando se utilizam luvas.

## 2.2. SINALIZAÇÃO DE SEGURANÇA

A sinalização, tal como referido nas seção 1.3 é uma das várias medidas de controlo de riscos que deve ser adotada num sistema de gestão da segurança. Não se destina a eliminar ou minimizar os riscos existentes, mas serve para alertar e reforçar os comportamentos seguros e é também muito utilizada em situações de emergência.

A colocação da sinalização de segurança nos locais de trabalho está regulamentada na legislação nacional pela Portaria n.º 1456-A/95 de 11 dezembro, alterada pela Portaria n.º 178/2015, de 15 de junho. Nesta são estabelecidos os vários tipos de sinalização, o significado das cores utilizadas e a simbologia das placas de segurança. O objetivo é chamar à atenção, de forma rápida e universal, para situações suscetíveis de causar perigo. Por essa razão, existem regras relativas à simbologia (cores e formato dos sinais), dimensões e também no que diz respeito à sua colocação (cf. Anexo II).

### **Sinalização de segurança contra incêndios**

Em edifícios escolares existem plantas de emergência (afixadas em cada um dos pisos), sinalização do material de combate a incêndio e também sinalização das vias de evacuação, em conformidade com o

Plano de Segurança Contra Incêndios. Através destes sinais, que têm de estar em locais visíveis e ser fotoluminescentes, as pessoas têm ao seu dispor instruções claras de como deverão atingir um local seguro do edifício, em caso de emergência.

### Sinalização de segurança e saúde

A sinalização de obrigação, proibição ou aviso (cf. Anexo II), deverá ser instalada o mais próximo possível das zonas de risco e deve ser facilmente visível. Na figura 1 apresentam-se alguns exemplos de sinalização de perigo relativamente a substâncias químicas<sup>35</sup>.



Figura 1. Exemplos de sinais de perigos das substâncias químicas.

### Informações úteis

Sempre que haja informação relevante e que deva ser do conhecimento dos utilizadores de um laboratório (não obstante poder ser comunicada através de outros canais) pode justificar-se a sua afixação em locais estratégicos:

- a) regras de utilização de um equipamento;
- b) indicação de fora de serviço;
- c) regras da recolha e gestão de resíduos;
- d) regras da rotulagem de resíduos;
- e) contactos de emergência e outros.

É útil alterar periodicamente estes avisos (o formato ou as cores) ou simplesmente mudá-los de local, pois a longo-prazo, deixam de chamar à atenção e de surtir o efeito desejado.

## 2.3. EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO COLETIVA

Dentro de um laboratório há equipamentos e materiais de proteção coletiva que devem ser mantidos em perfeitas condições, de acordo com as normas aplicáveis, e reparados ou substituídos sempre que necessário. Os exemplos mais comuns são hottes, chuveiros e lava-olhos, extintores, mantas ignífugas, baldes de areia, absorventes aglutinantes ou estojos de primeiros-socorros.

## **Hottes**

As hottes são utilizadas sempre que se trabalha com compostos tóxicos ou voláteis, partículas ou líquidos perigosos e nanopartículas. A sua função é fazer a exaustão dos vapores, gases e fumos, servindo de barreira física entre os equipamentos experimentais, as substâncias químicas e o utilizador. Evitam ainda a difusão de gases e vapores pelo laboratório, garantindo a qualidade do ar e prevenindo potenciais incêndios ou explosões.

## **Chuveiros e lava-olhos**

O chuveiro e lava-olhos de emergência é um equipamento de segurança muito importante no laboratório. O seu funcionamento é bastante simples, mas convém conhecê-lo. Para acionar o chuveiro basta esticar o puxador. Para parar o fluxo de água, puxa-se novamente. No caso do lava-olhos, pressiona-se a alavanca para saída da água. Para parar, repete-se o movimento. É um equipamento utilizado em situações de contacto de químicos com a pele ou olhos, mas também pode servir para apagar o fogo em peças de vestuário. Nas situações em que há contacto de substâncias químicas com a pele ou olhos, deve deixar-se a água a correr, sobre a superfície, durante, pelo menos 15 minutos.

Se houver derrame sobre as roupas, estas devem ser retiradas para evitar a contaminação da pele. O mesmo se aplica se o produto tiver atingido os sapatos: devem ser retirados, incluindo as meias, e devem lavar-se bem os pés. É importante mantê-lo livre e desimpedido, para facilitar o acesso em situação de emergência.

## **Extintores e mantas ignífugas**

Para pequenos focos de incêndios, ou quando há vestuário em chamas, pode-se utilizar uma manta ignífuga. Esta é constituída por material retardador de chama que é colocado sobre o fogo, abafando-o.

Os extintores são equipamentos que devem ser utilizados logo numa primeira intervenção por qualquer indivíduo presente no edifício. Em muitos casos, se a intervenção for rápida, podem evitar-se danos gravíssimos. Nos laboratórios a maioria dos extintores é de pó químico ABC (no Anexo III é indicada a classificação dos extintores) por se adaptarem à maioria das classes de incêndio. Há no entanto algumas exceções, como por exemplo quando estão presentes metais e substâncias pirofóricas, que requerem um extintor de pó do tipo D.

Em áreas técnicas, como no caso de quadros elétricos, posto de transformação ou cabines de gases, os extintores de dióxido de carbono são mais eficazes. Neste caso, desaconselha-se a sua utilização por quem não tenha treino ou experiência. Pode haver dificuldade em controlar a direção do jato e provocar queimaduras nas mãos (devido ao frio da neve carbónica). O Anexo III, inclui uma brochura informativa da Escola Nacional de Bombeiros.

Como utilizar um extintor?<sup>36</sup>

- Agarrar no extintor na posição vertical, segurando no manípulo.
- Cortar o lacre de plástico e retirar a cavilha de segurança.
- Premir o manípulo existente na válvula do extintor (quando o comando está instalado na referida válvula) ou premir o manípulo de comando (quando este existe na pistola difusora).
- Apontar o jato à base das chamas e envolver o fogo com o agente extintor.
- Se possível, combater o fogo em várias frentes, não atuando sozinho.

Após a utilização é necessário informar a Direção do Departamento ou Faculdade dos extintores utilizados, para que sejam carregados por empresa da especialidade. O mesmo se aplica às mantas ignífugas, que terão de ser substituídas.

### **Absorventes aglutinantes e baldes de areia**

Em situações de derrame de químicos, é muito útil utilizar areia ou material absorvente aglutinante para conter a extensão do mesmo. Estes são vendidos na forma de rolo, almofada ou em granulado, podendo utilizar-se a versão universal (para líquidos de refrigeração, solventes, lubrificantes, emulsões, óleos, tintas e químicos fracos) ou a mais indicada para substâncias químicas (ácidos, bases, álcoois, compostos aromáticos, etc).

### **Estojos de primeiros socorros**

Nos laboratórios devem existir estojos de primeiros socorros para serem utilizados em pequenos acidentes, com algodão hidrófilo, gaze esterilizada, compressas, pensos, antisséptico, álcool, água oxigenada e pomada para queimaduras.

## **2.4. EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL**

De acordo com a legislação nacional<sup>9</sup>, *equipamento de proteção individual (EPI) é todo o equipamento, bem como complemento ou acessório destinado a ser utilizado pelo trabalhador para se proteger dos riscos para a sua segurança e para a sua saúde.*

Num processo de gestão de riscos, a prioridade recai muitas vezes nas medidas de proteção coletivas e organizacionais. No entanto, a adoção de equipamentos de proteção individual é igualmente importante e de utilização obrigatória, pois em caso de incidentes é a última barreira entre o agente perigoso e o indivíduo. Normalmente protegem apenas uma parte do corpo, tal como descrito na tabela 2.

---

<sup>9</sup> Decreto-Lei n.º 348/93, de 1 de outubro.

Tabela 2. Tipos de EPI mais comuns, por zona a proteger<sup>37</sup>.

Zona do corpo a proteger	Perigos	Exemplos de EPI
Cabeça	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Equipamentos, materiais ou substâncias com temperaturas extremas</li> <li>- Equipamentos ou materiais em queda</li> <li>- Objetos cortantes ou pontiagudos</li> <li>- Agentes químicos ou biológicos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Capacete de proteção</li> <li>- Boné de proteção</li> <li>- Capuz</li> <li>- Touca</li> </ul>
Olhos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Salpicos de produtos químicos e projeção de partículas metálicas</li> <li>- Poeiras, gases e vapores</li> <li>- Radiações ionizantes e não ionizantes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Óculos de proteção</li> <li>- Óculos de soldar</li> <li>- Viseira</li> </ul>
Ouvidos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ruído</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tampões auditivos</li> <li>- Protetores auriculares</li> </ul>
Vias respiratórias	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Atmosferas com ausência ou carência de oxigénio (espaços confinados)</li> <li>- Presença de poeiras, gases ou vapores</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Máscaras</li> </ul>
Mãos e antebraços	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Temperaturas extremas de equipamentos, materiais ou produtos químicos</li> <li>- Elementos cortantes, perfurantes ou abrasivos</li> <li>- Agentes químicos e biológicos</li> <li>- Correntes elétricas e cargas electroestáticas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Luvas</li> <li>- Luvas com proteção do antebraço</li> <li>- Manguito (só proteção do antebraço)</li> </ul>
Pés	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Temperaturas extremas de equipamentos, materiais ou produtos químicos</li> <li>- Elementos cortantes, perfurantes ou abrasivos</li> <li>- Agentes químicos e biológicos</li> <li>- Correntes elétricas e cargas electroestáticas</li> <li>- Manuseamento ou manipulação de objetos pesados</li> <li>- Veículos ou objetos em movimento</li> <li>- Pavimentos quentes, molhados ou escorregadios</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Botas ou sapatos de segurança</li> <li>- Socas de segurança</li> <li>- Galochas</li> </ul>
Corpo inteiro	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Temperaturas extremas de equipamentos, materiais ou produtos químicos</li> <li>- Objetos cortantes ou perfurantes</li> <li>- Agentes químicos e biológicos</li> <li>- Correntes elétricas e cargas eletrostáticas</li> <li>- Veículos ou objetos em movimento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vestuário de proteção</li> <li>- Vestuário de proteção anti-estático e ignífugo</li> <li>- Vestuário para proteção mecânica</li> <li>- Fatos químicos</li> <li>- Vestuário de alta visibilidade</li> </ul>

Os EPIs devem ser selecionados durante o processo de avaliação de riscos de cada experiência ou etapa da investigação. Quando se manipulam substâncias químicas, aconselha-se a leitura da respetiva ficha de dados de segurança (FDS) que contém recomendações acerca tipo de equipamentos a utilizar.

### Corpo e pés

A vulgar bata de laboratório insere-se na categoria de vestuário de proteção que serve para proteger o corpo. O tecido costuma ser composto por uma mistura de algodão e fibras sintéticas, podendo ter ainda

um tratamento final para lhe conferir propriedades antiestáticas. Deverá ter um comprimento até ao joelho, mangas compridas e, preferencialmente, fecho ou molas à frente para poder ser removida rapidamente em caso de contaminação. Dentro do laboratório, deverá estar fechada. Embora não seja muito resistente ao fogo, em situação de incêndio, pode dar ao indivíduo os segundos cruciais para reagir.

Há determinados trabalhos, com substâncias inflamáveis, líquidos pirofóricos ou peróxidos que, pelo elevado risco de incêndio, podem exigir a utilização de batas ou fatos-macaco em material ignífugo. Este vestuário também oferece proteção ao risco de arco elétrico, sendo utilizado pelos técnicos que intervêm nos postos de transformação.

Deve-se ter atenção ao vestuário utilizado por baixo da bata, designadamente, evitar tecidos em fibras sintéticas ou que desenvolvam eletricidade estática e peças de roupa que exponham demasiado a pele, como saias curtas ou calções.

Relativamente à proteção dos pés, normalmente não é exigido que se utilizem sapatos, botas ou galochas de segurança dentro de um laboratório. Contudo, recomenda-se algum bom senso na escolha do mesmo: o calçado deverá ser em pele ou pele sintética, confortável, antiderrapante e deverá cobrir o máximo possível do pé, sendo de evitar chinelos, sandálias ou sapatos de salto alto.

Exemplo de consequências da não utilização de EPI<sup>38</sup>:

Em 2008, na UCLA (Universidade da Califórnia, em Los Angeles), uma investigadora conduzia uma experiência com um reagente pirofórico, *t*-butil lítio ( $\text{CH}_3)_3\text{CLi}$ ), que originou uma explosão violenta e pegou fogo à sua roupa. Ela não teve a lucidez de se dirigir ao chuveiro mais próximo, tendo sido um colega que conseguiu apagar o fogo. Acabou por ficar com queimaduras de terceiro grau em 40% do seu corpo. Faleceu duas semanas e meia após o acidente. Foi conduzida uma investigação profunda sobre este caso, que provou que ela não usava bata na altura do acidente, elemento chave que poderia ter retardado o fogo e permitido reagir atempadamente.

## Proteção das mãos

As lesões nas mãos são muito frequentes, uma vez que são das partes do corpo mais expostas e vulneráveis. Como tal, é fundamental escolher as luvas com a resistência adequada às tarefas a desempenhar, de modo a prevenir a ocorrência de incidentes de trabalho relacionados com a exposição das mãos. Nos laboratórios, dada a natureza dos trabalhos desenvolvidos, devem utilizar-se luvas que protejam a pele do contacto com produtos químicos e que evitem reações alérgicas, dermatites ou envenenamentos graves, ou que previnam queimaduras, ou ainda riscos elétricos e cortes<sup>39,40</sup>.

Tal como já foi referido, quando se manipulam químicos, aconselha-se a consulta prévia da FDS que pode conter indicações do tipo de luva a utilizar e respetiva espessura. No caso das luvas de proteção térmica é importante ter em atenção o tempo de exposição, indicado pelo fornecedor. A título indicativo, na tabela 3 apresentam-se exemplos das luvas mais utilizadas em laboratórios de química.

Antes de qualquer trabalho experimental, o estudante deve inspecionar as suas luvas, verificando se as mesmas apresentam cortes, rasgões, furos ou outros defeitos suscetíveis de diminuir a sua eficácia.

Devem ser removidas antes de tocar em fechos de portas, canetas ou caderno de laboratório. A limpeza, higienização e armazenagem das luvas deverá ser efetuada de acordo com as instruções do fabricante. Se forem luvas descartáveis, deverão ser colocadas no recipiente próprio de eliminação de resíduos.

Tabela 3. Exemplos das luvas mais comuns utilizadas em laboratórios<sup>41</sup>.

Tipo de luvas	Utilizações	Contraindicações
Neopreno	Ácidos fracos e fortes, cetonas, sabões e detergentes.	Não usar com solventes halogenados ou aromáticos.
Nitrilo	Solventes alifáticos, álcool isopropílico e resinas epóxi.	Não usar com cetonas e solventes halogenados.
Viton	Solventes aromáticos e halogenados.	
PVC	Corrosivos.	Não usar com solventes halogenados ou cetonas.
Butilo	Oxidantes fortes: ácido nítrico fumante (HNO <sub>3</sub> ), flúor (F) e cloro na forma gasosa (Cl), e peróxido de hidrogénio concentrado (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ) e dimetilsulfóxido (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> SO.	
Látex	Água e materiais radioativos.	Material suscetível de causar alergias a pessoas mais sensíveis.
Vinilo	Solventes halogenados.	Não utilizar com soluções aquosas.
Kevlar	Luvas para vasta gama de temperaturas.	

Exemplo da utilização de EPI não adequado<sup>42</sup>:

Em 1996, a Dra. Karen Wetterhahn, uma professora do Departamento de Química do Dartmouth College (New Hampshire) estava a trabalhar numa experiência que envolvia a manipulação de um composto organometálico extramente tóxico: dimetilmercúrio. Ela estava protegida com luvas de látex, quando caíram duas gotículas do composto numa delas. Não dando importância ao acidente, não o reportou, nem tomou qualquer cuidado adicional. Alguns meses depois manifestava perturbações neurológicas e sintomas de envenenamento por mercúrio. Acabou por ficar num estado vegetativo e falecer 10 meses após o acidente. A comunidade escolar ficou profundamente chocada com este episódio, que foi investigado pela Universidade e organismos estatais. Foi depois provado que o dimetilmercúrio penetrava no látex em menos de 15 segundos.

## Proteção dos olhos

Os olhos são o órgão mais sensível do corpo e uma das partes mais expostas a riscos químicos dentro de um laboratório. É frequente ocorrerem lesões oculares, derivadas da projeção de partículas e líquidos ou da exposição a radiações. Por isso, sempre que se trabalham com químicos, é fundamental proteger esta zona do corpo e escolher os óculos mais adequados. Há diversos tipos de equipamentos: óculos com aros clássicos, com ou sem escudos laterais, e óculos máscara ou com viseiras. Há modelos que protegem contra riscos mecânicos (pancadas, projeções de estilhaços ou partículas, poeiras, gotículas, salpicos, etc), químicos e radiações.

Os óculos normais de prescrição médica não protegem os olhos dos perigos químicos. Nestes casos, quando necessário, deve usar-se adicionalmente os óculos de proteção.

Sempre que se trabalha com produtos químicos no laboratório, a utilização de lentes de contacto é desaconselhada, porque se houver projeção de químicos para os olhos, podem aumentar ainda mais o

seu contacto com a córnea e limitar a sua remoção. O mesmo se passa com vapores perigosos ou poeiras. Nestas situações, os estudantes e investigadores deverão falar com o DR e explorar outras opções, como por exemplo, a utilização de óculos normais, debaixo dos óculos de proteção.

É importante que os óculos sejam leves, cómodos e bem arejados, de forma a evitar embaciamento, e que estejam limpos e sem defeitos. A seleção deste tipo de equipamento não é muito fácil, devendo ser o DR a indicar o mais adequado. Devem ser guardados em estojo próprio, longe dos raios solares e agressões mecânicas. Após utilização devem ser lavados com água e sabão e limpos com um pano. Tal como para os restantes EPI devem respeitar-se as instruções do fabricante, o prazo de validade, e merecer atenção a sinais de degradação ou estragos.

Exemplo da não utilização de EPI<sup>43</sup>:

K. Barry Sharpless, Prémio Nobel da Química, em 2001, começou a sua atividade profissional como assistente, no MIT, na década de 70. No início da sua carreira, numa manhã em que já estava de saída do laboratório, após retirar a bata e os óculos, foi ver a experiência de um colega. Pediu-lhe para pegar num tubo que continha um solvente inflamável e que estava imerso num banho de azoto líquido. O aumento de temperatura provocou uma reação fortemente exotérmica que levou à explosão do tubo. Fragmentos de vidro penetraram na córnea e íris e levaram ao colapso de uma das vistas. Ficou cego desse olho e teve de permanecer várias semanas acamado, para evitar lesões no outro. Nas suas palestras, costuma deixar o seguinte aviso aos estudantes: “Não há desculpa possível para não utilizarem sempre óculos de proteção dentro do laboratório!”

## Proteção das vias respiratórias

As máscaras servem para proteger as vias respiratórias de quem trabalha na presença de atmosferas contaminadas e com potencial para causar efeitos nocivos. Há duas situações perigosas possíveis. Uma decorre da exposição prolongada a agentes químicos, que pode originar doenças profissionais como asma, mesotelioma ou pneumoconiose. A outra, resulta de intoxicações agudas por inalação de gases ou substâncias voláteis com efeitos tóxicos, como, por exemplo, monóxido de carbono, solventes orgânicos ou alguns inseticidas.

No mercado, existem dois tipos de máscaras<sup>44</sup>:

- a) Aparelhos filtrantes (as mais utilizadas em laboratórios): selecionados de acordo com o(s) contaminante(s) da atmosfera ambiente, tendo como função a purificação do ar recebido pelo trabalhador;
- b) Aparelhos isolantes: independentes da atmosfera ambiente, têm como função fornecer ar não proveniente da atmosfera envolvente.

As máscaras filtrantes são divididas em máscaras de pressão negativa e de pressão positiva, tal como indicado na figura 2. Podem ainda ter uma única peça (máscara autofiltrante) ou serem constituídas pela peça facial e por um filtro de partículas e/ou de gases e vapores.

Para garantir a eficácia das máscaras filtrantes é necessário escolher adequadamente os filtros e cumprir as recomendações do fabricante relativamente às condições de utilização, manutenção e sua substituição. Dependendo dos químicos presentes na atmosfera, poderá ser necessário recorrer a filtros de partículas, filtros de gases e vapores ou a filtros combinados.

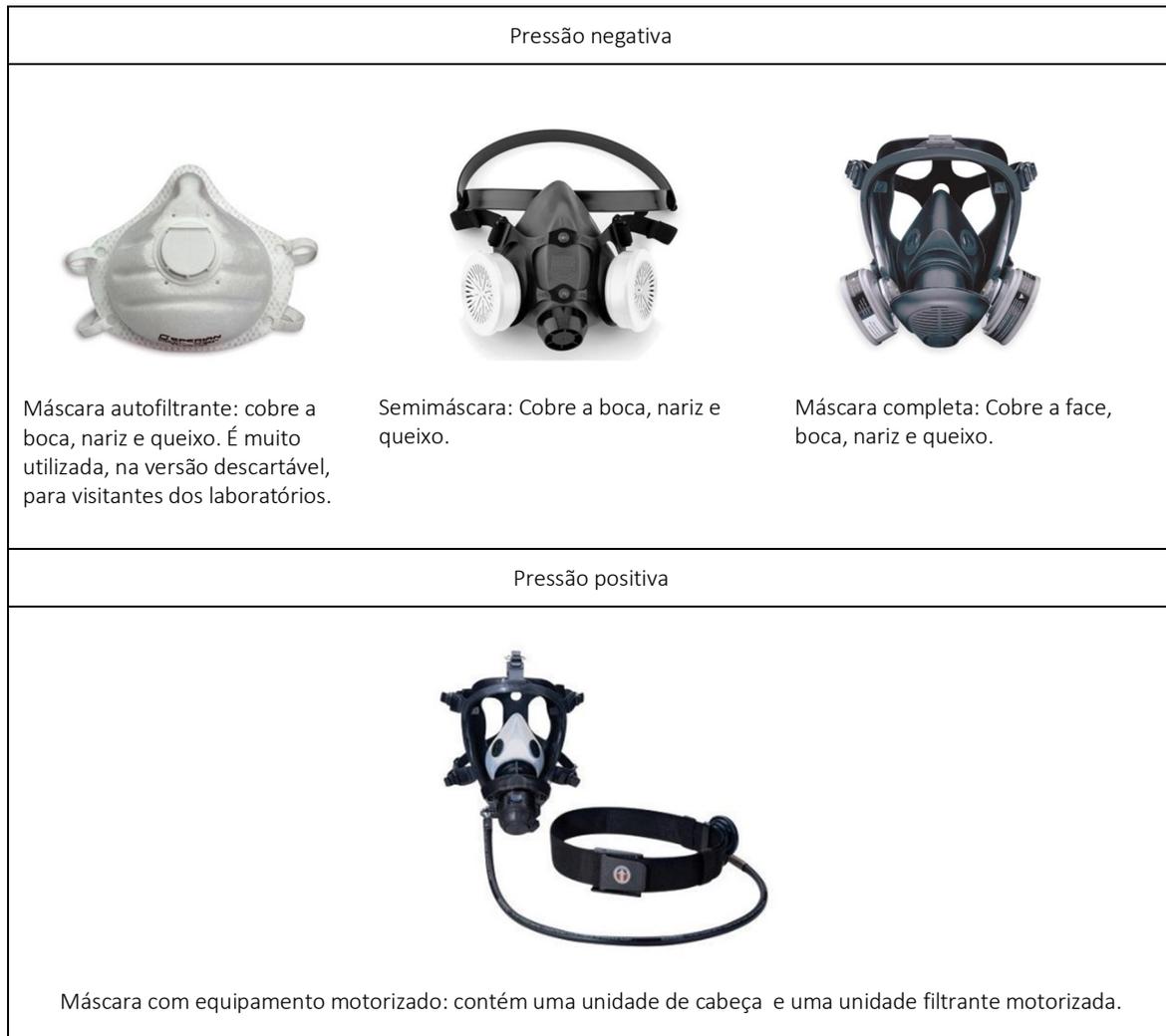


Figura 2. Diferentes tipos de máscaras filtrantes<sup>45</sup>.

Para protegerem eficazmente o seu utilizador, as máscaras devem ser adequadas ao tamanho e forma da face e as tiras devem estar bem ajustadas para que encaixem perfeitamente e não permitam fugas. No caso de homens com barba ou bigode, pode ser mais difícil ajustar a máscara. Se for realmente necessário, nestes casos pode optar-se por um máscara com pressão positiva.

Antes de cada utilização deve inspecionar-se cuidadosamente a máscara e respetivos elementos (vedantes, visores e correias) e assegurar a seleção do filtro adequado.

Após cada utilização deve limpar-se cuidadosamente a máscara, higienizar, secar e guardar em local longe de contaminantes, cumprindo as instruções do fabricante. Deve ter-se atenção à data de validade dos filtros e à sua saturação. Este pode, muitas vezes ser sentida pelo utilizador através do olfato ou, em casos mais extremos pela sensação de vertigem ou atordoamento. Nestas situações os filtros deverão ser colocados nos recipientes para resíduos.

*All substances are poisons; there is none which is not a poison.  
The right dose differentiates a poison and a remedy.*  
Paracelso [1493 – 1541]

### 3. CLASSIFICAÇÃO DAS SUBSTÂNCIAS QUÍMICAS

Quem trabalha num laboratório tem de conhecer as regras de classificação, rotulagem e armazenagem de substâncias químicas, as categorias de perigo existentes e as medidas de controlo de risco adequadas. Este conhecimento é essencial não só para interpretar e perceber o rótulo das substâncias químicas, e as fichas de dados de segurança, mas também para segregar corretamente os reagentes e os seus resíduos.

#### 3.1. PERIGOS DAS SUBSTÂNCIAS QUÍMICAS

É essencial ter presente que a larga maioria das substâncias químicas utilizadas num laboratório são perigosas. Em alguns casos, a propriedade que lhes confere perigosidade é a mesma que as torna tão úteis (ex: fósforo vermelho). Noutros casos, poderá ser a concentração a conferir-lhes esse perigo. Veja-se o exemplo da água oxigenada, solução muito diluída de peróxido de hidrogénio, utilizada habitualmente na desinfeção de feridas, mas que, em concentrações elevadas, é tóxica, muito reativa e potencialmente explosiva. Noutros casos ainda poderá ser o volume elevado da substância a exigir medidas de segurança adicionais, como por exemplo, a armazenagem de líquidos inflamáveis.

É por isso necessário conhecer a perigosidade das substâncias, as doses ou concentrações que lhe conferem toxicidade ou riscos físicos, e tomar as devidas precauções na utilização, armazenagem e eliminação das mesmas.

#### **Regulamento *Classification, Labelling and Packaging* (CLP)**

Em 2003, o Conselho Económico e Social das Nações Unidas aprovou o Sistema Mundial Harmonizado - *Globally Harmonized System* - GHS. O objetivo era assegurar a uniformidade, a nível mundial, dos diferentes sistemas de classificação, rotulagem e transporte de produtos químicos, de forma a facilitar o comércio internacional de químicos, reduzir os custos de avaliação de riscos e o número de países sem sistemas de classificação. A intenção das Nações Unidas era que o sistema, de adesão voluntária, fosse adotado o mais rapidamente possível e estivesse totalmente operacional em 2008.

Através dos Estados Membros e da Comissão Europeia, a União Europeia participou sempre nestes trabalhos e publicou em 2008, o regulamento CLP<sup>b</sup>, (sigla para *classification, labelling and packaging*), tendo em vista a introdução do novo sistema GHS na legislação comunitária, aplicável a todos os Estados-Membros.

---

<sup>b</sup> A Agência Portuguesa do Ambiente designa este regulamento por CLP, mas também é possível encontrar a designação CRE (classificação, rotulagem e embalagem) noutros organismos.

O regulamento entrou em vigor a 20 de janeiro de 2009 e foi aplicado de forma faseada a substâncias e misturas até 1 de junho de 2017, data em que todas as misturas e substâncias existentes no mercado europeu tiveram de ser classificadas, rotuladas e providas de fichas de dados de segurança, segundo esta nova legislação.

### Classes de perigo

Todas as substâncias químicas, colocadas no mercado, independentemente da sua quantidade, têm de ser classificadas e rotuladas:

- a classificação de uma substância ou mistura baseia-se na identificação e avaliação dos seus efeitos na saúde humana e no ambiente, bem como nas suas propriedades físicas;
- a rotulagem é expressão das propriedades e perigos de uma substância ou mistura.

O regulamento CLP define vinte e oito classes de perigo, divididas em quatro categorias: dezasseis perigos físicos, dez perigos para a saúde, um perigo para o ambiente e um perigo suplementar (cf. tabela 4). Os critérios de classificação podem ser consultados no Anexo I do regulamento.

Tabela 4. Classes de perigo do regulamento CLP.

Perigos Físicos			
01	Explosivos	09	Líquidos pirofóricos
02	Gases inflamáveis	10	Sólidos pirofóricos
03	Aerossóis inflamáveis	11	Substâncias e misturas suscetíveis de auto-aquecimento
04	Gases comburentes	12	Substâncias e misturas, que em contacto com a água libertam gases inflamáveis
05	Gases comprimidos	13	Líquidos comburentes
06	Líquidos inflamáveis	14	Sólidos comburentes
07	Sólidos inflamáveis	15	Peróxidos orgânicos
08	Substâncias e misturas auto-reativas	16	Corrosivo para os metais
Perigos para a Saúde			
01	Toxicidade aguda	06	Carcinogenicidade
02	Corrosão/irritação cutânea	07	Toxicidade reprodutiva
03	Lesões oculares graves / irritação ocular	08	Toxicidade para órgãos-alvo específicos – exposição única
04	Sensibilização respiratória ou cutânea	09	Toxicidade para órgãos-alvo específicos – exposição repetida
05	Mutagenicidade em células germinativas	10	Perigo de aspiração
Perigos para o Ambiente			
01	Perigoso para o ambiente aquático		
Classe de Perigo Suplementar da UE			
01	Perigoso para a camada de ozono		

As classes de perigo referidas são ainda divididas em várias categorias, de acordo com a sua gravidade, sendo a primeira, sempre a mais gravosa. Para cada uma delas estão associados pictogramas, palavras sinal, advertências de perigos (H), recomendações de prudência (P) e informações suplementares (EUH).

### Pictogramas de perigo

Uma das principais alterações trazidas por este novo regulamento é ao nível dos pictogramas de perigo, com a forma de um losango vermelho em fundo branco, (cf. tabela 5) que substituíram os anteriores

símbolos de perigo desenhados a preto num fundo laranja (no Anexo IV é feita uma comparação entre as duas simbologias).

Tabela 5. Pictogramas de perigo do regulamento CLP<sup>46</sup>.

Pictograma do CLP	Significado
<b>Perigos Físicos</b>	
Inflamável	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Líquidos e sólidos inflamáveis</li> <li>- Substâncias e misturas suscetíveis de auto-aquecimento</li> <li>- Líquidos e sólidos pirofóricos, que podem inflamar em contacto com o ar</li> <li>- Substâncias e misturas que, em contacto com a água, libertam gases inflamáveis</li> <li>- Substâncias auto-reativas ou peróxidos orgânicos que podem provocar incêndios sob ação do calor</li> </ul>
Comburente	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gases, líquidos ou sólidos comburentes, que podem provocar ou intensificar incêndios e explosões</li> </ul>
Explosivo	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Explosivos, substâncias pirotécnicas, substâncias auto-reativas e peróxidos orgânicos que podem provocar explosões sob a ação do calor</li> </ul>
Gás pressurizado	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gases comprimidos, com risco de explosão sob ação do calor</li> <li>- Gases refrigerados, podem provocar queimaduras ou lesões criogénicas</li> <li>- Gases dissolvidos</li> </ul>
<b>Perigos para a Saúde</b>	
Perigo para a saúde	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Extremamente tóxicos (nocivo)</li> <li>- Provocam sensibilização cutânea e irritação cutânea e ocular</li> <li>- Irritantes para as vias respiratórias</li> <li>- Narcóticos, provocam sonolência ou tonturas</li> <li>- Perigosos para a camada de ozono</li> </ul>
Corrosivo	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Substâncias corrosivas para os metais</li> <li>- Podem provocar queimaduras graves na pele e danos nos olhos</li> </ul>
Toxicidade aguda	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Altamente tóxicos em contacto com a pele;</li> <li>- Podem ser fatais quando inalados ou ingeridos.</li> </ul>

Tabela 5. Pictogramas de perigo do regulamento CLP (cont.).

Pictograma do CLP	Significado
<p>Perigo grave para a saúde</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Substâncias cancerígenas</li> <li>- Afetam a fertilidade e o nascituro</li> <li>- Provocam mutações</li> <li>- São sensibilizantes respiratórios, podendo provocar alergias, asma ou dificuldades respiratórias quando inalados</li> <li>- São tóxicos para órgãos específicos</li> <li>- Perigos de aspiração, podem ser fatais ou nocivos por ingestão ou penetração nas vias respiratórias</li> </ul>
Perigos para o Ambiente	
<p>Perigoso para o ambiente</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Substâncias perigosas para o meio ambiente e que provocam toxicidade aquática</li> </ul>

### Palavra-sinal

Na legislação anterior, as substâncias ou misturas perigosas tinham de conter a indicação de Perigo. Com o novo regulamento passa a existir uma palavra-sinal: PERIGO para indicar que se trata de categorias de perigo graves; ATENÇÃO, quando são perigos menos graves.

### Advertências de Perigo

As advertências de perigo, H (*hazard*), são avisos atribuídos às diferentes classes de perigo que refletem também a sua gravidade. Na legislação anterior eram conhecidos como frases indicadoras de risco R. Na tabela 6 apresenta-se um exemplo da codificação utilizada (note-se que o primeiro algarismo diz respeito à classe de perigo, o segundo à categoria e o último à intensidade ou gravidade).

Tabela 6. Exemplos de frases H.

Perigo Físico	H2XX	Gás inflamável	H221
Perigo para a saúde	H3XX	Tóxico em caso de ingestão	H301
Perigo para o ambiente	H4XX	Tóxico para organismos aquáticos, c/efeitos a longo prazo	H411

### Recomendações de prudência

As recomendações de prudência, P, descrevem medidas aconselhadas para minimizar ou prevenir efeitos adversos resultantes da utilização de uma substância ou mistura, em todo o seu ciclo de vida. Substituem as frases S da legislação anterior<sup>c</sup>. Existem cinco tipos de frases P, tal como descrito na tabela 7.

Tabela 7. Exemplos de frases P.

Conselhos de prudência geral	P1XX	Manter fora do alcance das crianças	P102
Prevenção	P2XX	Proteger da humidade	P232
Intervenção	P3XX	Retirar as roupas contaminadas	P362
Armazenamento	P4XX	Guardar em locais bem ventilados	P403
Eliminação	P5XX	Solicitar ao produtor / fornecedor informações relativas à recuperação / reciclagem	P502

<sup>c</sup> Diretivas n.º 67/548/CEE e n.º 1999/45/CE.

## Informações e elementos suplementares

Existem treze frases EUH, uma categoria nova deste regulamento, que dão informações suplementares sobre os perigos, nomeadamente acerca das características físicas, ou das propriedades que afetam a saúde e o ambiente. Adicionalmente, há ainda onze frases EUH que constituem elementos suplementares do rótulo de determinadas substâncias ou misturas (cf. tabela 8).

Tabela 8. Exemplos de frases EUH.

Características Físicas	EUH 014	Reage violentamente em contacto com a água
Saúde	EUH 070	Tóxico por contacto com os olhos
Ambiente	EUH 059	Perigoso para a camada de ozono
Determinadas substâncias	EUH 204	Contém isocianatos. Pode provocar uma reação alérgica

## 3.2. ROTULAGEM

O rótulo é a principal fonte de informação sobre os perigos inerentes ao produto químico. Para uma substância ou mistura disponível no mercado nacional, o rótulo deve ser redigido em língua portuguesa. No entanto, os fornecedores poderão ainda usar outras línguas, desde que as informações apresentadas sejam exatamente as mesmas em todas elas.

Os rótulos devem incluir nome, endereço e número de telefone do(s) fornecedor(es) da substância ou mistura, a quantidade nominal da substância ou mistura e identificadores do produto.

Os rótulos deverão conter ainda pictograma de perigo, palavra-sinal, advertências de perigo, recomendações de prudência e informações suplementares, se forem substâncias perigosas,

O termo utilizado no rótulo para identificação da substância, terá de ser igual ao da ficha de dados de segurança. Normalmente é utilizada a nomenclatura IUPAC e o número CAS, e, caso exista, outro nome químico internacional. Quando a nomenclatura IUPAC é demasiado extensa, pode utilizar-se o nome comercial. No caso de uma mistura recorre-se à sua designação ou nome comercial. Têm de ser identificadas as substâncias contidas na mistura que contribuem para os perigos mais graves para a saúde e que deram origem à classificação e à escolha das advertências de perigo correspondentes. Normalmente, basta serem indicadas, no máximo, quatro substâncias.

### Disposição e colocação dos rótulos

Os pictogramas de perigo, as palavras-sinal, as advertências de perigo e as recomendações de prudência devem ser apresentados em conjunto no rótulo. O fornecedor pode escolher a ordem de colocação das advertências de perigo, embora estas devam ser ordenadas em conjunto; o mesmo se aplica às recomendações de prudência (cf. figura 3).

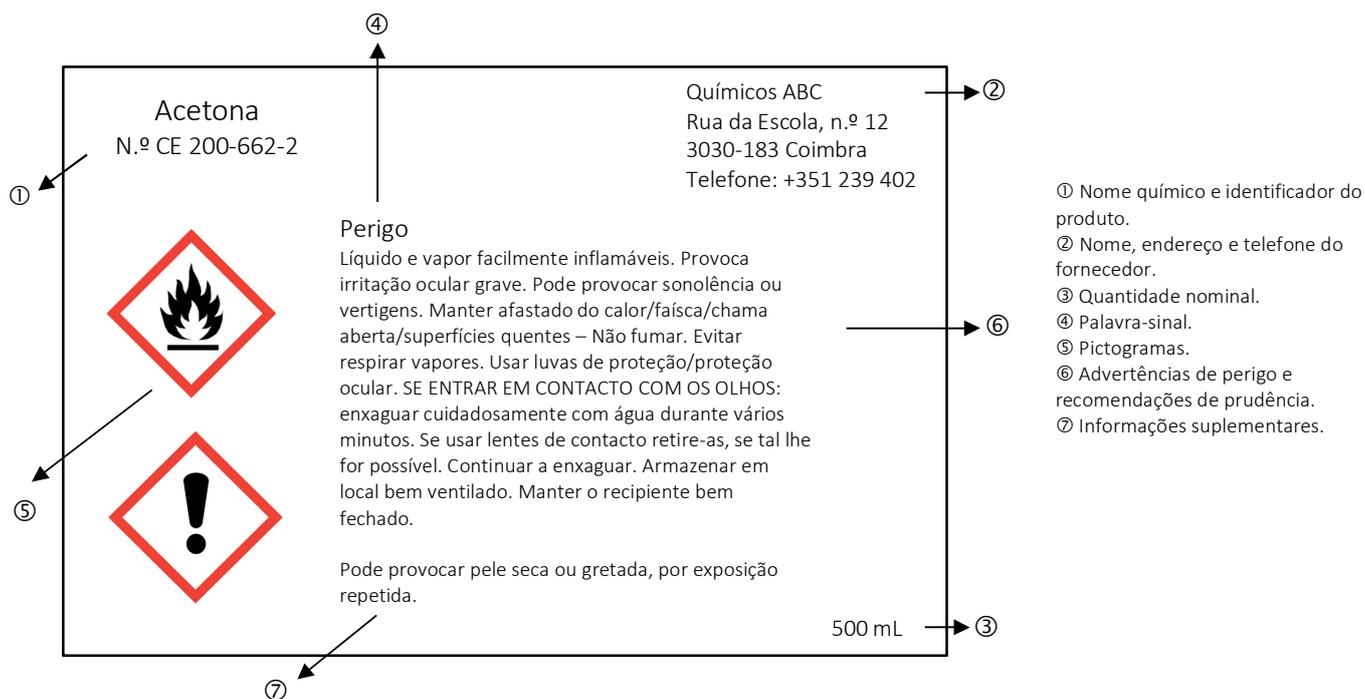


Figura 3. Rótulo de uma substância perigosa, de acordo com o regulamento CLP<sup>47</sup>.

### Como rotular preparações feitas em laboratório

Quando é necessário rotular alguma preparação durante o decorrer de uma experiência é fundamental fazê-lo de forma clara e inequívoca, cumprindo as seguintes regras:

- Indicar o nome da substância ou mistura (incluir n.º CAS ou CE);
- Indicar a data da preparação;
- Indicar o nome de quem preparou, do DR e/ou grupo de investigação;
- Para substâncias ou misturas perigosas, indicar as frases de risco, se possível.

No final das experiências, deixar um frasco mal rotulado ou por rotular constitui um perigo para todos os utilizadores dos laboratórios, pode comprometer a segurança das instalações e é um desperdício de recursos, pois terá de ser classificado como “produto químico fora da validade” e recolhido por empresa licenciada para a gestão de resíduos perigosos.

### 3.3. FICHAS DE DADOS DE SEGURANÇA

As fichas de dados de segurança (FDS) – *safety data sheet* (SDS) – das substâncias químicas ou misturas são um documento disponibilizado pelo fabricante que contém informações relativas à sua composição, exposição, armazenamento e utilização. São obrigatórias no caso de se tratar de substâncias ou misturas perigosas, persistentes, bioacumuláveis e tóxicas. Contudo, quando as substâncias ou misturas são vendidas ao público em geral não é necessário fornecer uma FDS, a não ser que esta seja solicitada pelo

distribuidor ou pelo utilizador final. Tal como os rótulos, terão de ser redigidas na língua oficial do país em que o produto químico é fornecido.

As FDS são elaboradas de acordo com os regulamentos REACH - *Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals* e CLP, apresentando uma estrutura como a apresentada na tabela 9. No caso de substâncias produzidas ou importadas em quantidades superiores a 10 t/ano é ainda necessário anexar cenários de exposição (*extended safety data sheet: e-SDS*) para descrever a forma como a exposição dos seres humanos e do ambiente a uma substância pode ser controlada, de modo a assegurar a sua utilização segura.

Tabela 9. Informação a constar das fichas de dados de segurança.

Seções Principais da FDS	Subseções
1. Identificação da substância/preparação e da sociedade/empresa	1.1. Identificador do produto 1.2. Utilizações relevantes da substância ou mistura e utilizações desaconselhadas 1.3. Identificação do fornecedor da FDS 1.4. Número de telefone de emergência
2. Identificação dos perigos	2.1. Classificação da substância ou mistura 2.2. Elementos do rótulo 2.3. Outros perigos
3. Composição/informação sobre os componentes	3.1. Substâncias 3.2. Misturas
4. Primeiros socorros	4.1. Descrição das medidas de primeiros socorros 4.2. Sintomas e efeitos mais importantes, tanto agudos como retardados 4.3. Indicações sobre cuidados médicos urgentes e tratamentos especiais necessários
5. Medidas de combate a incêndios	5.1. Meios de extinção 5.2. Perigos especiais decorrentes da substância/mistura 5.3. Recomendações para o pessoal de combate a incêndios
6. Medidas a tomar em caso de fugas acidentais	6.1. Precauções individuais, equipamento de proteção e procedimentos de emergência 6.2. Precauções a nível ambiental 6.3. Métodos e materiais de confinamento e limpeza 6.4. Remissão para outras secções
7. Manuseamento e armazenagem	7.1. Precauções para um manuseamento seguro 7.2. Condições de armazenagem segura, incluindo eventuais incompatibilidades 7.3. Utilizações finais específicas
8. Controlo da exposição/proteção individual	8.1. Parâmetros de controlo 8.2. Controlo da exposição
9. Propriedades físicas e químicas	9.1. Informações sobre propriedades físicas e químicas 9.2. Outras informações
10. Estabilidade e reatividade	10.1. Reatividade 10.2. Estabilidade química 10.3. Possibilidade de reações perigosas 10.4. Condições a evitar 10.5. Materiais incompatíveis 10.6. Produtos de decomposição perigosos
11. Informação toxicológica	11.1. Informações sobre os efeitos toxicológicos 11.2. Outras informações

Tabela 9. Informação a constar das fichas de dados de segurança (cont.).

Seções Principais da FDS	Subseções
12. Informação ecológica	12.1. Toxicidade 12.2. Persistência e degradabilidade 12.3. Potencial de bioacumulação 12.4. Mobilidade no solo 12.5. Resultados da avaliação: persistente, bioacumulável e tóxico e muito persistente e muito bioacumulável 12.6. Outros efeitos adversos
13. Considerações relativas à eliminação	13.1. Métodos de tratamento de resíduos
14. Informação relativa ao transporte	14.1. Número ONU 14.2. Designação oficial de transporte da ONU 14.3. Classes de perigo para efeitos de transporte 14.4. Grupo de embalagem 14.5. Perigos para o ambiente 14.6. Precauções especiais para o utilizador 14.7. Transporte a granel em conformidade com normas internacionais
15. Informação sobre regulamentação	15.1. Regulamentação/legislação específica para a substância ou mistura em matéria de saúde, segurança e ambiente 15.2. Avaliação da segurança química
16. Outras informações	

### Fichas de dados de segurança: gestão de riscos

A FDS deverá ser consultada antes da utilização da substância no laboratório. É uma ferramenta importante no processo de gestão de riscos, uma vez que contém informação muito útil sobre todo o ciclo de vida daquela substância química, incluindo a sua manipulação, armazenagem e eliminação enquanto resíduo, bem como de algumas propriedades físicas que auxiliam a sua utilização (ex: estado físico à temperatura ambiente, a densidade, etc):

- Numa primeira leitura, deve atender-se à seção 2, onde estão identificados os perigos, a palavra-sinal, as advertências de perigo e as recomendações de prudência.
- Seguidamente, devem analisar-se as seções 9, 10, 11 e 13 para identificação dos principais riscos.
- Na definição dos controlos para a minimização dos riscos, as seções 7, 8 e 15, fornecem informação muito útil.
- Quando a substância passa a resíduo, deve seguir-se o procedimento de eliminação de resíduos, tendo em consideração a seção 13, da FDS.
- Finalmente, é preciso estar preparado para as emergências, devendo ler-se atentamente as seções 4, 5 e 6.
- Se existirem cenários de exposição, deve analisar-se se os mesmos se referem às condições de utilização daquela substância ou mistura<sup>d</sup>. Nessa situação devem adotar-se as medidas de gestão de risco propostas. Caso não estejam disponíveis, pode contactar-se o fornecedor e solicitar essa informação.
- Se não encontrar a FDS, poderá contactar diretamente o fornecedor do reagente, ou procurá-la na página da internet do mesmo ou do fabricante. Em alternativa, poderá ser feita uma pesquisa na internet da FDS da substância em questão. É importante tomar atenção ao número CAS, à concentração e ao

<sup>d</sup> Por vezes existe a categoria de processamento: "utilização como reagente para uso laboratorial".

estado físico, para assegurar que se trata da mesma substância. Por outro lado, se se tratar de uma FDS de um país não pertencente à UE poderá haver algumas diferenças. Por exemplo, nos EUA, as FDS são muito semelhantes às europeias, à exceção da regulamentação de transporte e da exposição ocupacional. Há vários sítios na internet onde se podem consultar FDS:

O sítio da *Merck*<sup>48</sup> tem a grande vantagem de disponibilizar FDS em português.

O sítio da *Sigma Aldrich*<sup>49</sup> também disponibiliza FDS em português. A empresa passou a pertencer ao grupo Merck.

O sítio do grupo *Carl Roth*<sup>50</sup> tem FDS em várias línguas, incluindo o português.

O grupo *Fisher Scientific*<sup>51</sup> disponibiliza FDS americanas.

O grupo *Avantor (VWR)*<sup>52</sup> tem FDS europeias, em inglês.

O *software Chemical Safety*<sup>53</sup> agrega FDS de vários fabricantes de químicos.



## 4. SUBSTÂNCIAS QUÍMICAS PERIGOSAS

Das várias substâncias perigosas existentes nos laboratórios, serão aqui apresentadas as mais comuns de acordo com os perigos físicos ou para a saúde do regulamento CLP, incluindo ainda uma breve descrição das suas características e regras de gestão. Os exemplos dados não dispensam a consulta das respetivas FDS, pois a sua perigosidade, nomeadamente dos líquidos, está diretamente relacionada com a sua concentração. A título de exemplo, um composto como o ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ), um oxidante forte, só está classificado com a advertência de perigo H272: pode agravar um incêndio, comburente, para concentrações superiores a 65% em volume ( $13,21 \text{ mol/l}$ )<sup>54</sup>. Aborda-se ainda, em separado, uma categoria nova de substâncias - as nanopartículas -, pela sua crescente importância na investigação e ensino e pelos desafios que colocam ao nível da avaliação de riscos.

### 4.1. SUBSTÂNCIAS INFLAMÁVEIS



O pictograma de inflamável compreende várias categorias de compostos, sendo aqui referidas as mais utilizadas em laboratórios.

#### Líquidos inflamáveis

Na seção 9 da FDS é possível encontrar propriedades características dos líquidos inflamáveis: pressão de vapor elevada (a  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ ), que indica uma taxa de evaporação rápida e um ponto de ebulição baixo, bem como um ponto de inflamação (*flash point*) baixo.

De acordo com a definição constante do regulamento CLP, líquidos inflamáveis são líquidos com um ponto de inflamação não superior a  $60 \text{ }^\circ\text{C}$ , divididos pelas categorias de risco indicadas na tabela 10.

Tabela 10. Classificação dos líquidos inflamáveis.

Categoria de Risco	Crítérios
1. Líquido e vapor extremamente inflamáveis	Ponto de inflamação $< 23 \text{ }^\circ\text{C}$ e ponto de ebulição $\leq 35 \text{ }^\circ\text{C}$ . Exemplo: óxido de etileno, acetaldeído, éter dimetílico
2. Líquido e vapor muito inflamáveis	Ponto de inflamação $< 23 \text{ }^\circ\text{C}$ e ponto de ebulição $> 35 \text{ }^\circ\text{C}$ . Exemplo: benzeno, acetona, ciclohexano, pentano
3. Líquido e vapor inflamáveis	Ponto de inflamação $\geq 23 \text{ }^\circ\text{C}$ e ponto de ebulição $\leq 60 \text{ }^\circ\text{C}$ . Exemplo: gasóleos, óleos diesel e petróleos para aquecimento

Nos laboratórios de química e engenharia química os compostos inflamáveis mais comuns são os solventes orgânicos (líquidos inflamáveis), como a acetona ( $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$ ), hexano ( $\text{C}_6\text{H}_{14}$ ), metanol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ) ou etanol ( $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ ), que podem ser divididos em dois grandes grupos: os solventes halogenados e os solventes

não halogenados. Estes últimos, como o hexano ( $C_6H_{14}$ ), tolueno ( $C_7H_8$ ), acetona ( $C_3H_6O$ ), metanol ( $CH_3OH$ ) ou éter dietílico ( $C_4H_{10}O$ ) são muito inflamáveis. Os solventes halogenados, como o clorofórmio ( $CHCl_3$ ), o tetracloreto de carbono ( $CCl_4$ ) ou o diclorometano ( $CH_2Cl_2$ ), são menos inflamáveis, mas muito tóxicos. No entanto, convém não generalizar e consultar sempre a respetiva ficha de dados de segurança (FDS).

A utilização de líquidos inflamáveis exige precauções de forma a evitar intoxicações, incêndios ou explosões:

- Utilizar sempre os EPIs referidos nas respetivas FDS.
- Os laboratórios onde são usados devem ser frescos e bem ventilados e a sua manipulação deve ser feita dentro de uma hotte.
- Se possível, não guardar grandes volumes de líquidos inflamáveis no interior do laboratório. Devem ser armazenados em armários ventilados, refrigerados e resistentes ao fogo.
- Afastar os compostos inflamáveis de compostos oxidantes e de fontes de ignição, incluindo equipamento elétrico, chamas ou cargas eletrostáticas significativas.
- Não secar solventes halogenados, como o clorofórmio ( $CHCl_3$ ), tetracloreto de carbono ( $CCl_4$ ) e outros, com sódio (Na), potássio (K) ou outros metais, uma vez, que podem ocorrer explosões violentas.

**ATENÇÃO:** O risco de incêndio ou explosão, depende das características dos vapores dos líquidos inflamáveis e da sua concentração no ar ambiente. Para cada substância existem limites de explosividade, que são os limites de concentração entre os quais a mistura formada pelo ar e substância é inflamável ou explosiva (cf. glossário). Na indústria é frequente considerar que um determinado local é seguro, quando a concentração de gases ou vapores inflamáveis no interior desse local estiver entre 10% a 20% do limite inferior de inflamabilidade, ajustando-se os explosímetros para alertarem para esta gama de valores.

### Líquidos e sólidos pirofóricos

Os líquidos e sólidos pirofóricos são substâncias ou misturas que, mesmo em pequena quantidade, são suscetíveis de se inflamar no prazo de até cinco minutos após entrarem em contacto com o ar. No rótulo contém a advertência de perigo H250: risco de inflamação espontânea em contacto com o ar.

Alguns dos líquidos pirofóricos mais conhecidos fazem parte das seguintes famílias de químicos: alquil metálicos, derivados do alumínio (Al), zinco (Zn) e magnésio (Mg), como o trimetilalumínio ( $C_6H_{18}Al_2$ ), reagentes de Grignard (organometálicos com magnésio), carbonil metálicos, como o tetracarbonilo de níquel ( $Ni(CO)_4$ ), ou o pentacarbonilo de ferro ( $Fe(CO)_5$ ), hidretos metálicos, como hidreto de sódio (NaH) e tetrahidroaluminato de lítio ( $LiAlH_4$ ) e hidretos não metálicos, como o diborano ( $B_2H_6$ ), fosfina ( $PH_3$ ), ou hidreto de arsénio ( $AsH_3$ ).

Um dos maiores riscos associados aos líquidos pirofóricos está relacionado com o seu estado físico e com a facilidade com que podem ser projetados, derramados ou difundidos sobre as superfícies. A sua manipulação exige por isso, cuidados adicionais nos procedimentos, de forma a evitar o contacto com o ar atmosférico, e só deve ser executada por alguém com experiência ou devidamente acompanhado.

Os sólidos pirofóricos incluem os metais alcalinos, como o sódio (Na) e potássio (K), quase todos os metais, quando finamente divididos em pó, como o alumínio (Al), cobalto (Co), ferro (Fe), magnésio (Mg), zinco (Zn), platina (Pt), estanho (Sn), titânio (Ti) e ainda fósforo branco (P). A maioria dos sólidos pirofóricos são embalados em atmosferas inertes, ou são imersos em óleos minerais ou outros solventes.

O sódio metálico e o potássio metálico devem ser guardados mergulhados em óleo mineral, tolueno ou petróleo.

O fósforo branco deve ser armazenado em água. É preciso ter cuidado com a reação do fósforo com hidróxidos aquosos, a qual dá origem à fosfina (PH<sub>3</sub>), outro composto pirofórico muito tóxico.

Grande parte das substâncias pirofóricas são também explosivas, corrosivas, podem formar peróxidos orgânicos, reagem violentamente com a água e causam danos à saúde, pelo que têm de ser analisadas individualmente e de forma muito rigorosa. Genericamente, pode-se dizer que as operações que envolvem substâncias pirofóricas, devem cumprir as seguintes indicações:

- As substâncias pirofóricas devem ser adquiridas em pequenas quantidades e devem estar armazenadas em locais devidamente sinalizados, nas embalagens originais, ou, depois de abertas, com gases inertes ou óleos minerais, tolueno (C<sub>7</sub>H<sub>8</sub>) ou heptano (C<sub>7</sub>H<sub>16</sub>). Devem estar resguardadas do calor e afastadas de substâncias oxidantes e de fontes de ignição. Devem ser inspecionadas regularmente, tendo o cuidado de não as abrir diretamente, expondo-as ao oxigénio do ar.
- Nunca trabalhar sozinho, assegurando-se que existe sempre alguém na proximidade para o ver e ouvir, em caso de acidente.
- O laboratório onde decorre a experiência deve ter chuveiro e lava-olhos e um extintor compatível adequado a este tipo de substâncias (cf. Anexo III). Deve também possuir soda cáustica em pó (NaOH) para, em caso de derrame, cobrir a substância e atenuar a sua reação com o ar.
- Verificar se o material pirofórico também é incompatível com a água. Nessa situação, em caso de emergência, não se deve utilizar chuveiro e lava-olhos. Pode também ser útil ter um balde com areia, na proximidade, para uma intervenção mais imediata, em caso de incêndio.
- Usar o equipamento de proteção individual referido na FDS, e, se necessário utilizar dois pares de luvas, um primeiro com resistência química à difusão das substâncias em causa e um segundo, em material ignífugo. Avaliar bem a necessidade de utilizar uma viseira, além dos óculos, para uma melhor proteção de toda a face e pescoço.
- Dada a incompatibilidade destas substâncias com o ar é necessário recorrer a um gás inerte para auxiliar a sua manipulação: ler bem a FDS, pois há situações em que não é aconselhável utilizar azoto.
- É necessário cumprir rigorosamente o protocolo de limpeza e preparação do material de vidro, seringas e agulhas, que terá de ser muito bem seco e preenchido com um gás inerte de elevada pureza. É também importante prender devidamente todas as ligações e untar as juntas com silicone ou uma gordura à base de hidrocarbonetos, para evitar fugas.
- Aconselha-se a utilização de uma cabine de segurança (*glovebox*) com atmosfera inerte e sem humidade. Se tal não for possível, trabalhar obrigatoriamente em hottes, sempre com a janela o mais

fechada possível, para evitar que haja contacto entre o utilizador e a montagem experimental, no caso de reação violenta.

- Há dois métodos utilizados para transferir o líquido pirofórico do frasco original para o recipiente pretendido: através de uma seringa (para pequenas quantidades) e através de uma *double tipped needle*<sup>55</sup> (método da cânula).
- No método da seringa, deve usar-se uma agulha flexível e comprida o suficiente para não ser necessário inclinar o frasco. Este deve estar sempre preso, com garras, e na posição vertical. Deve evitar-se transferir quantidades superiores a 50 ml, sendo preferível dividir a operação em várias etapas.
- No final da experiência, os resíduos obtidos devem ser dissolvidos em solventes não reativos, como heptano ou tolueno, a baixa temperatura e neutralizados, com isopropanol (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>O), antes de serem colocados nos recipientes de recolha de resíduos.

#### **Substâncias que, em contacto com a água, emitem gases inflamáveis**

Há substâncias ou misturas sólidas ou líquidas que, por interação com a água, podem inflamar espontaneamente ou libertar gases em quantidades perigosas. Para estas substâncias, o CLP prevê três categorias de risco, consoante a taxa de libertação do gás inflamável. A mais grave, de risco 1, apresenta no rótulo a advertência de perigo H260: em contacto com a água liberta gases que se podem inflamar espontaneamente. As outras duas, contêm a advertência H261: em contacto com a água liberta gases inflamáveis.

Tal como já foi referido, muitas das substâncias pirofóricas, estão também incluídas nesta categoria, como é o caso do sódio metálico e potássio metálico, os hidretos metálicos, os alquil metálicos ou os reagentes de Grignard. Além destes, há que considerar ainda os clorosilanos, como o tricloro-metil-silano (CH<sub>3</sub>Cl<sub>3</sub>Si), alguns fosfetos metálicos, como o fosfeto de magnésio (Mg<sub>3</sub>P<sub>2</sub>) ou o fosfeto de alumínio (AlP) ou ainda alguns compostos clorados, como o pentacloreto de fósforo (PCl<sub>5</sub>) ou o cloreto de titânio (TiCl<sub>3</sub>).

A manipulação e armazenagem destas substâncias deve seguir os passos indicados com os compostos pirofóricos e deve-se ter ainda o cuidado de, sempre que ocorrer algum contacto dérmico, limpar ou escovar o melhor possível, sem nunca usar água.

Os compostos pirofóricos e que reagem violentamente com água, originam incêndios extremamente difíceis de combater, de propagação rápida e acompanhados pela emissão de gases tóxicos e corrosivos. Nestes casos, usar apenas extintores de pó químico D (cf. Anexo III). É por isso importante que os laboratórios que possuem este tipo de compostos, estejam sinalizados e que os bombeiros tenham conhecimento da sua existência.

#### **Peróxidos orgânicos e substâncias que formam peróxidos**

Os peróxidos orgânicos são substâncias líquidas ou sólidas que contêm o grupo bivalente –O–O–, e que podem ser consideradas derivados do peróxido de hidrogénio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), em que um ou ambos os átomos de hidrogénio dão lugar a substituintes orgânicos. Os peróxidos orgânicos são substâncias ou misturas

termicamente instáveis, que podem sofrer uma decomposição exotérmica auto-sustentada. São ainda propensos a decomposição explosiva, a arder rapidamente, a serem sensíveis ao impacto ou à fricção, ou reagir perigosamente com outras substâncias.

O CLP prevê a existência de sete tipos de peróxidos, de A a G, sendo o A o de maior risco. Todos eles, à exceção do G, contêm no rótulo, a advertência H240: explosão ou de incêndio sob a ação do calor. Os peróxidos orgânicos do tipo A e B, apresentam ainda o pictograma de perigo dos compostos explosivos.

Nos laboratórios químicos é frequente a utilização de peróxido de hidrogénio, cuja perigosidade depende muito da concentração: só é considerado comburente para concentrações superiores a 50% em volume (17,32 mol/l), e potencialmente explosivo para concentrações superiores a 70% em volume (26,15 mol/l)<sup>54</sup>.

Existem ainda compostos que podem originar peróxidos extremamente instáveis mediante o contacto com o oxigénio do ar. Mesmo quando os fabricantes adicionam inibidores de oxidação, como no caso dos éteres, existe a possibilidade de formação de peróxidos.

A formação de peróxidos pode ser detetada visualmente (quando a sua concentração já é preocupante), através de métodos de análise química, ou recorrendo a *kits* de análise quantitativa, comercializados pelas principais marcas de químicos.

Exemplo de formação de peróxidos<sup>56</sup>: Em 2006, uma estudante da Universidade de Berkeley, estava a utilizar um evaporador rotativo para remover solventes orgânicos de um precipitado de difenildiazeno. Entre os solventes estavam dois compostos pirofóricos: éter dietílico e tetrahydrofurano (THF). Durante a experiência, quando tocou no frasco, para o ajustar, este explodiu, projetando o seu conteúdo e fragmentos de vidro na sua cara e peito. Foi ajudada por colegas que a conduziram ao chuveiro mais próximo. Recuperou, mas teve de levar vários pontos na cara. Uma investigação levada a cabo pela Universidade provou que o THF utilizado na reação continha uma quantidade excessiva de peróxidos. A evaporação conduziu à sua concentração e bastou um pequeno choque no frasco para provocar a explosão.

Este acidente levou a Universidade de Berkeley a adotar procedimentos específicos para limitar a quantidade de compostos pirofóricos adquiridos, para os armazenar corretamente e inspecionar periodicamente, e para assegurar aos estudantes formação específica para os manipular em segurança.

Apresentam-se a seguir algumas medidas preventivas a adotar nos laboratórios onde existem estes compostos<sup>57,58</sup>:

- Ao adquirir o composto peroxidável, é importante identificar o seu grau de perigosidade e definir o tempo de vida seguro, calendarizando inspeções periódicas às embalagens. É frequente encontrar na literatura três categorias de substâncias deste tipo, de acordo com a probabilidade de formação de peróxidos, como indicado na tabela 11. Após a abertura do frasco, existe um período recomendável para se detetar a presença de peróxidos. É importante também respeitar o respetivo prazo de validade.

Tabela 11. Classificação das substâncias químicas peroxidáveis<sup>57</sup>.

Lista A (3 meses) Risco de peroxidação durante a armazenagem	Lista B (6 meses) Risco de peroxidação na evaporação ou quando concentrado	Lista C Risco de polimerização iniciada pela formação de peróxidos
Amida de potássio (KNH <sub>2</sub> ) Amida de sódio (NaNH <sub>2</sub> ) Cloreto de vinilideno (C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> ) <sup>a)</sup> Divinilacetileno (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> ) Éter isopropílico (C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> O) Potássio metálico (K)	Substâncias com o grupo acetal  Ciclohexeno (C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> ) Ciclopenteno (C <sub>5</sub> H <sub>8</sub> ) Isopropilbenzeno ou cumeno (C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> ) Deca-hidro naftaleno ou decalina (C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> ) Diacetileno (C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> ) 1,4-Dioxano (C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub> ) Éter dimetílico de etilenoglicol (C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> O <sub>2</sub> ) Éter etílico (C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>2</sub> O Éter vinílico C <sub>4</sub> H <sub>6</sub> O Furano (C <sub>4</sub> H <sub>4</sub> O) Monoéteres do etileno glicol Metilacetileno (C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> ) Metilciclopentano (C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> ) Metil isobutil cetona (C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O) Tetrahydrofurano (C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> O) Tetrahidronaftaleno (C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> )	Lista C1 Normalmente líquidos <sup>b)</sup> (6 meses) Acetato de vinilo (C <sub>4</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub> ) Ácido acrílico (C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub> ) Acrilonitrila (C <sub>3</sub> H <sub>3</sub> N) Cloropreno ou 2-cloro-1,3- Butadieno (C <sub>4</sub> H <sub>5</sub> Cl) Estireno (C <sub>8</sub> H <sub>8</sub> ) Vinilpiridina (C <sub>7</sub> H <sub>7</sub> N)  Lista C2 Normalmente gases <sup>c)</sup> (6 meses) Butadieno <sup>d)</sup> (C <sub>4</sub> H <sub>6</sub> ) Cloreto de vinilo (C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> Cl) Tetrafluoretileno <sup>d)</sup> (C <sub>2</sub> F <sub>4</sub> ) Vinilacetileno <sup>d)</sup> (C <sub>4</sub> H <sub>4</sub> )

- a) O monômero pode polimerizar e deve ser armazenado com um inibidor de polimerização do qual possa ser separado por destilação, antes da utilização.
- b) Embora os monômeros acrílicos comuns, como a acetoneitrilo, ácido acrílico, acrilato de etilo e metil-metacrilato possam formar peróxidos, não tem sido registado o desenvolvimento de níveis perigosos em condições de armazenagem e manipulação normais.
- c) O risco de utilização para estes compostos aumenta quando são transferidos do frasco original para outros frascos, que podem conter ar residual.
- d) Nestes compostos o risco de formação de peróxidos aumenta quando são armazenados na fase líquida. Se forem armazenados desta forma, sem inibidor, devem ser classificados na lista A.

▪ É aconselhável, no momento da aquisição, rotular o frasco da substância peroxidável com as indicações ilustradas na figura 4.

**PERIGO: Substância Peroxidável da Lista X**

Data de aquisição: ___ / ___ / ____	Data de abertura do frasco: ___ / ___ / ____
Teste: ___ / ___ / ____	Resultado: _____
Eliminar: Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	(Re)testar em: ___ / ___ / ____

Figura 4. Rotulagem recomendada num frasco da substância peroxidável.

▪ Quando se inspecionam visualmente as embalagens com peróxidos<sup>e</sup>, é preciso verificar se existe: alteração da cor da substância, formação de pequenas massas sólidas ou cristais, ou a presença de uma nuvem ou mancha. É necessário ter o cuidado de observar minuciosamente todo o frasco, incluindo o

<sup>e</sup> Os frascos são normalmente em vidro castanho escuro, pode ser necessário usar uma lanterna para visualizar melhor o conteúdo do mesmo.

fundo, paredes, gargalo, tampa e parte exterior. Quando houver evidências de contaminação com peróxidos é necessário contactar imediatamente a empresa de recolha de resíduos, informando-a da situação. O frasco não deve ser mexido, agitado ou transportado para outro local. O ideal é sinalizar a zona onde se encontra, chamando à atenção para o perigo existente. Deve ser adotado o mesmo procedimento quando o frasco atingir o fim da validade.

- Há situações em que a presença de peróxidos é tão diminuta que só poderá ser detetada através de testes. Terá de ser o DR a definir qual o procedimento a tomar nas situações em que a presença de peróxidos ainda não é visível. Caso estes venham a ser identificados, deverá proceder-se à sua eliminação. Mais uma vez, terá de ser um procedimento proposto e supervisionado pelo DR.
- O local selecionado para a armazenagem deste tipo de substâncias deve ser fresco, escuro, e afastado de qualquer fonte de ignição. Como a exposição ao ar acelera a formação de peróxidos, qualquer frasco parcialmente vazio, representa um risco acrescido. O ideal é adquirir estes compostos em pequenas quantidades, de forma a que sejam utilizados uma única vez. Quando isso não é possível, pode ser necessário adicionar algum inibidor, preencher o frasco com azoto, ou árgon (em vez de ar).
- Em todas as experiências em que se utilizem substâncias peroxidáveis, deverá ser obrigatória uma análise de riscos, sem esquecer a leitura detalhada da respetiva FDS e o cumprimento das medidas de controlo aí indicadas.
- É preciso um cuidado especial com o risco do aumento da concentração de peróxidos, durante operações de destilação e extração, uma vez que estes são mais pesados do que os vapores.

## 4.2. SUBSTÂNCIAS COMBURENTES



Os líquidos comburentes são substâncias ou misturas que, não sendo elas próprias necessariamente combustíveis, podem, ao ceder oxigénio, provocar ou favorecer a combustão de outras matérias, mesmo sem a presença de uma fonte de ignição. Em vez de comburente, o termo oxidante é muitas vezes empregue para designar este tipo de substâncias.

Consoante o grau de perigo, que varia entre 1 e 3, podem apresentar no rótulo a advertência de perigo H271: risco de incêndio ou de explosão; muito comburente ou H272: pode agravar incêndios; comburente.

Num laboratório podem existir compostos comburentes ou oxidantes muito instáveis que reajam violentamente e com grande libertação de calor, com diversas classes de compostos orgânicos, metais e inflamáveis. São exemplos desta categoria, alguns ácidos, como o ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ), sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) ou perclórico ( $\text{HClO}_4$ ), os peróxidos orgânicos, como o peróxido de hidrogénio ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) ou o peróxido de benzoílo ( $\text{C}_{14}\text{H}_{10}\text{O}_4$ ), ou ainda os bromatos, cloratos, percloratos, iodatos, nitratos e permanganatos.

Estes compostos devem ser armazenados, em separado, longe dos locais de trabalho, em zonas frescas e bem ventiladas, preferencialmente dentro de armários resistentes ao fogo. Os peróxidos, que são também fotossensíveis, devem ser armazenados ao abrigo da luz.

O ácido nítrico é conhecido por originar vários acidentes em laboratórios académicos<sup>19,59,60</sup>, ao reagir violentamente com materiais orgânicos, como álcool etílico ou acetona. Muitos destes acidentes ocorrem por rotulagem incorreta ou inexistente e pela mistura inadvertida de ácido nítrico com outros resíduos.

### 4.3. GASES PRESSURIZADOS



Em laboratórios é muito frequente a utilização de gases, quer em operações a baixas temperaturas, quer em trabalhos que requerem atmosferas inertes, ou ainda em equipamentos de análise.

Para ocuparem menos espaço, facilitando o transporte e armazenagem, os gases são comprimidos e colocados em garrafas muito resistentes, normalmente em aço ou ligas metálicas. A construção e enchimento destas garrafas obedece a normas muito exigentes, sendo pouco provável que causem um incidente dentro do laboratório desde que se cumpram as boas práticas de transporte, manipulação e armazenagem.

De acordo com a definição do CLP, gases pressurizados são gases que estão contidos num recipiente, a uma pressão igual ou superior a 200 kPa, ou que estão liquefeitos, ou ainda liquefeitos e refrigerados, podendo ser classificados de acordo com o indicado na tabela 12.

Tabela 12. Classificação dos gases sob pressão por propriedades físicas.

Grupo	Critérios
Gás comprimido	Quando embalado sob pressão, é totalmente gasoso a $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; incluindo todos os gases com uma temperatura crítica ( $T_c$ ) $\leq -50\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Exemplo: oxigénio
Gás liquefeito	Quando embalado sob pressão, é parcialmente líquido a temperaturas superiores a $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ , distinguindo-se: i) gás liquefeito a alta pressão: $-50\text{ }^{\circ}\text{C} < T_c < 65\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Ex: dióxido de carbono ii) gás liquefeito a baixa pressão: $T_c > 65\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Ex: propano
Gás liquefeito refrigerado	Quando embalado, e a uma baixa temperatura, torna-se parcialmente líquido. Ex: azoto, árgon
Gás dissolvido	Quando embalado sob pressão, está dissolvido num solvente em fase líquida. Ex: acetileno dissolvido em acetona para estabilizar e evitar que reaja com o ar

Além da classificação baseada nas suas características físicas, pode ainda ser feita uma classificação mediante as propriedades químicas dos gases. (cf. tabela 13).

Tabela 13. Classificação dos gases com base em propriedades químicas.

Tipos de Gases	Exemplos
Gases Inflamáveis	Gás natural, acetileno, hidrogénio
Gases não inflamáveis	Dióxido de enxofre
Gases oxidantes	Oxigénio, óxido nitroso, cloro
Gases inertes	Azoto e dióxido de carbono
Gases reativos	Flúor
Gases tóxicos	Cloro, amoníaco, monóxido de carbono
Gases corrosivos	Trióxido de enxofre, cloreto de hidrogénio

A codificação por cores é outra prática corrente por ser um sistema de identificação dos riscos rápido e universal. As tubagens de gases, apresentam cores consoante o tipo de gás, tal como previsto na NP 182: 1966. As garrafas de gases também possuem cores tipificadas, de forma a permitir uma identificação rápida e à distância por parte dos bombeiros. Os gases industriais obedecem à norma EN 1089-3:2011, que obriga a que as ogivas apresentem a marcação N e uma cor de acordo com o tipo de gás (cf. tabela 14). O corpo da garrafa é definida por cada fornecedor, não podendo ser branca. Em misturas de gases industriais, o corpo da garrafa tem a cor correspondente ao gás existente em maior percentagem e as ogivas são pintadas com listas nas cores dos gases componentes.

Tabela 14. Códigos de cores para identificação das garrafas de gases.

Tóxico	Inerte	Inflamável	Comburente
Acetileno	Argon	Dióxido de carbono	Hélio
Azoto	Oxigénio	Protóxido de azoto	

É o rótulo da garrafa que contém as informações mais precisas sobre o seu conteúdo, seguindo também as exigências do regulamento CLP: designação do gás, identificação por CAS ou N.º CE, símbolo de perigo, advertências de perigo e recomendações de prudência. O símbolo gravado no rótulo é o de gás pressurizado, e, para todos os tipos de gases referidos na tabela 10, à exceção do gás refrigerado, deverá constar a advertência de perigo H280: contém gás sob pressão; risco de explosão sob ação do calor. Este último possui a advertência H281: contém gás refrigerado; pode provocar queimaduras ou lesões criogénicas.

O principal perigo associado aos gases é de natureza física e está relacionado com a elevada pressão a que estão submetidos no interior das garrafas. Apesar de a probabilidade de ocorrência de fugas ser extremamente baixa, a sua gravidade é elevada ou muito elevada, podendo ter como consequência a morte por asfixia, o esmagamento, por projeção da garrafa, um incêndio ou uma explosão. O azoto criogénico, por exemplo, uma vez libertado para a atmosfera, às condições normais de pressão e temperatura, irá sofrer uma expansão de 1 para 694 (em volume).

Exemplo de morte por asfixia<sup>61</sup>: A fuga de um gás, não detetada atempadamente, num espaço confinado, com poucas ventilação e renovação do ar, pode resultar numa descida drástica da concentração de oxigénio presente no ar (21%). Abaixo de 16% começam a verificar-se dificuldades motoras e da visão e alguma confusão mental. Para concentrações inferiores a 12% já não é possível raciocinar, abaixo de 10% há perda de consciência e para valores inferiores a 6% significa morte imediata. Em 2011, um investigador da área das Ciências Médicas, no Imperial College London, foi encontrado no seu laboratório, já sem vida, após uma fuga de azoto líquido. Apesar de estar a trabalhar com bata, visor e luvas, o investigador não se apercebeu que o sistema de ventilação não estava a funcionar, tendo vindo a falecer por asfixia.

- Devem usar-se unicamente os acessórios próprios de cada garrafa e cumprir as regras de utilização, manutenção e prazo de validade.
- As garrafas de gases vazias devem ser separadas das restantes, sinalizadas e recolhidas pelo fornecedor.

- Evitar a colocação de garrafas de gases no interior dos laboratórios, ou restringir ao mínimo o seu número. Idealmente, os gases deveriam ser armazenados numa cabine de gases, fora do edifício, bem ventilada e equipada com meios de extinção.
- As garrafas devem estar presas a uma parede ou bancada.
- Quem transporta e manipula garrafas de gases, deve utilizar o EPI recomendado na respetiva FDS.
- O transporte de garrafas deve ser feito em carrinho próprio, mantendo-as bem presas, com fitas ou outros acessórios.
- O selo da válvula só deve ser retirado quando se utilizar a garrafa.
- Quando se abre uma garrafa, o utilizador deve afastar-se para fora da trajetória de ejeção do manoreductor e nunca se deve abrir completamente a válvula (meia volta é suficiente).
- Verificar se existem fugas na ligação entre a garrafa e o regulador de pressão (molhar as juntas a inspeccionar com uma solução de água e sabão)<sup>29</sup>.
- No final do trabalho deve-se fechar a válvula da garrafa, abrir as válvulas do manoreductor para aliviar a pressão e voltar a fechar todas as válvulas.
- Não utilizar óleo ou gordura nas ligações ou equipamentos para gases.
- Não devem existir fontes de ignição na proximidade das garrafas, nem vapores químicos.
- Quando não se utiliza a garrafa, ou quando esta já está vazia, deve fechar-se a válvula de segurança e o regulador do cilindro.
- Os cilindros de acetileno devem ser movidos na vertical, com a válvula para cima e após a deslocação, devem repousar durante uma hora antes de serem utilizados<sup>31</sup>.
- Os gases corrosivos não devem ser armazenados por períodos de tempo superiores a seis meses, pois corre-se o risco de provocarem danos no cilindro e na válvula por corrosão.
- O monóxido de carbono não deve ser armazenado durante mais do que um ano pois pode levar à formação de carbonilos e conseqüente degradação da garrafa<sup>31</sup>.
- É preciso um cuidado adicional ao manipular gases criogénicos, devido às baixas temperaturas e à grande expansão quando passam do estado líquido ao gasoso: utilizar os EPI adequados e assegurar que o laboratório é bem ventilado, de forma a evitar queimaduras e asfixia.
- Quando se utilizam gases inflamáveis, deve existir um sistema de deteção de gases no laboratório.

#### 4.4. SUBSTÂNCIAS CORROSIVAS



A ação corrosiva de um composto químico pode exercer-se sobre um metal, com perigo físico, ou sobre um tecido vivo, com perigo para a saúde. A primeira situação implica a advertência de perigo H290: pode ser corrosivo para os metais. A segunda, consoante a reversibilidade dos danos sobre a pele, impõe um de dois casos: H314: provoca queimaduras na pele e lesões oculares graves; ou H315: provoca irritação cutânea. É o perigo para a saúde que merece aqui especial atenção.

São corrosivos todos os ácidos fortes, como o nítrico ( $\text{HNO}_3$ ), clorídrico ( $\text{HCl}$ ) ou sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), bases fortes como hidróxido de sódio ( $\text{NaOH}$ ) e hidróxido de potássio ( $\text{KOH}$ ), alguns ácidos fracos, como o acético ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ), carbônico ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ) e fosfórico ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ), algumas bases fracas, como o hidróxido de amônio ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ), e algumas bases pouco solúveis (hidróxido de cálcio ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ )).

A exposição aguda a uma substância corrosiva pode causar a destruição irreversível de tecido vivo, em particular nos olhos, que são muito vulneráveis. Por isso, é extremamente importante utilizar óculos e luvas sempre que se manuseiam estas substâncias e preferencialmente, os laboratórios devem estar equipados com chuveiro e lava-olhos.

#### → Ácidos

Quando se dilui uma solução concentrada de ácido é muito importante lembrar que se deve adicionar lentamente o ácido à água e não o contrário. Como a reação é violenta e fortemente exotérmica, pode ser necessário arrefecer a mistura em banho de gelo. Além de serem corrosivos, há muitos ácidos que são tóxicos, formando vapores muito irritantes, como por exemplo os haletos de hidrogénio ( $\text{HF}$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{HBr}$  e  $\text{HI}$ ). O ácido fluorídrico ( $\text{HF}$ ) é um dos ácidos mais perigosos para a saúde: é muito tóxico por inalação, a ingestão causa queimaduras do trato digestivo e respiratório, e em contacto com a pele ataca os tecidos e ossos e causa queimaduras severas. Como medida de prevenção, os laboratórios com este ácido devem ter disponível gluconato de cálcio em gel, para aplicação tópica, em caso de queimadura dérmica.

#### Exemplo de exposição a ácido fluorídrico<sup>62</sup>:

Em 1994, num laboratório de Ciências da Terra na Austrália ocorreu um acidente mortal, que envolveu o derrame de uma pequena quantidade de ácido fluorídrico concentrado (100-230 mL). O investigador estava a trabalhar sozinho e usava proteção apenas nas mãos e antebraços. O ácido caiu sobre o seu colo, espalhando-se pelas coxas. No laboratório não existia nenhum chuveiro, pelo que utilizou uma mangueira, com um caudal de água muito reduzido. O resultado foi espalhar ainda mais o HF por outras partes do corpo. Também não aplicou gluconato de cálcio, na pele para bloquear a ação do ácido, que rapidamente ataca os tecidos e ossos. Acabou por ser transportado para a unidade de cuidados intensivos do hospital, já em hipotermia e hipocalcemia, onde veio a falecer 15 dias depois.

Três dos ácidos mais utilizados em laboratórios são particularmente perigosos, devido à sua elevada reatividade: ácido sulfúrico, ácido fosfórico e ácido nítrico. São também incluídos na classe dos oxidantes e a sua armazenagem requer um cuidado especial.

#### → Bases

A maioria das bases utilizadas em laboratórios são hidróxidos de metais alcalinos e soluções aquosas de amónia (hidróxido de amónio). O hidróxido de sódio e o hidróxido de potássio são bases fortes, provocando queimaduras na pele e lesões oculares graves. O hidróxido de amónio é uma base fraca que liberta vapores irritantes e tóxicos, que podem provocar lesões oculares. As bases fortes são especialmente nocivas para os olhos podendo causar cegueira. Se afetarem os olhos é muito importante

atuar imediatamente, lavando-os abundantemente com água e durante vários minutos (pelo menos 15 minutos).

#### 4.5. SUBSTÂNCIAS COM TOXICIDADE AGUDA



A toxicologia estuda as alterações das funções fisiológicas causadas pelas substâncias químicas sobre os organismos vivos. Os efeitos tóxicos de uma substância no sistema biológico de um indivíduo dependem de vários fatores, como a dose da exposição, sua duração e frequência, a via de exposição e as características pessoais do organismo afetado.

Num laboratório químico as principais vias de exposição são a ingestão, a respiração, ou contacto através da pele. A duração e frequência da exposição a compostos químicos pode ser classificada em três categorias: aguda, subaguda e crónica. A duração de uma exposição aguda é de 24 horas ou menos, a subaguda resulta de exposições repetidas e desenvolve-se em dias ou semanas, e a exposição crónica, mais longa, resulta de contactos repetidos e prolongados e ao longo de meses ou anos.

A classificação de toxicidade aguda, indicada na subsecção 2.1 da FDS, é dada a compostos cuja administração oral ou cutânea de uma única dose, ou de múltiplas doses, administradas num período de 24 horas, ou cuja exposição por via inalatória de 4 horas, podem causar efeitos muito graves para a saúde ou mortais. Existem três graus de risco, sendo os dois mais gravosos identificados com as advertências H300: mortal por ingestão, H310: mortal em contacto com a pele, e H330: mortal por inalação.

Os parâmetros referentes à toxicidade aguda podem ser consultados na subsecção 11.1 da FDS e são expressos em termos de concentração  $CL_{50}$  e  $DL_{50}$  para as diferentes vias de exposição (cf. glossário).

São exemplos destes compostos o dimetilmercúrio ( $C_2H_6Hg$ ), o cianeto de potássio (KCN), o trifluoreto de cloro ( $ClF_3$ ), tetracloreto de carbono ( $CCl_4$ ) ou o ácido fluorídrico (HF).

A utilização deste tipo de substâncias exige um cuidado especial na seleção e utilização de EPIs. Deve seguir-se sempre a respetiva FDS a as orientações do DR.

#### 4.6. SUBSTÂNCIAS MUITO PERIGOSAS PARA A SAÚDE



De entre as substâncias com perigo para a saúde, as cancerígenas, mutagénicas e tóxicas para a reprodução, apresentam um fator de risco profissional significativo, contribuindo para o desenvolvimento de doenças profissionais. No que diz respeito ao cancro, os dados estatísticos são avassaladores: é a primeira causa de morte relacionada com o trabalho na União Europeia, existindo 32 milhares de trabalhadores expostos a substâncias cancerígenas no seu local de trabalho<sup>63</sup>. Estima-se que em 2012 tenham morrido entre 57700 a 106500 trabalhadores de cancro profissional, devido à exposição a substâncias cancerígenas no local de trabalho<sup>63</sup>.

Embora exista uma prevalência destas doenças nas indústrias extrativa, do petróleo, química ou farmacêutica, a utilização de químicos perigosos é transversal a todos os setores, pelo que, mesmo nos laboratórios químicos é preciso estar atento e minimizar os riscos de exposição.

As substâncias cancerígenas, conjuntamente com as mutagénicas e tóxicas para a reprodução (agentes químicos CMR) são, de acordo com o regime jurídico da promoção da segurança e saúde do trabalho, *suscetíveis de implicar riscos para o património genético, podendo causar efeitos genéticos hereditários, efeitos não hereditários na progenitura ou atentar contra as funções e capacidades reprodutoras masculinas ou femininas.*

A identificação dos agentes CMR poderá ser feita através do rótulo ou da seção 2 da FDS: o pictograma é o de perigo grave para a saúde, e nas classes de perigos para a saúde deverá conter a indicação de carcinogenicidade, mutagenicidade em células germinativas ou toxicidade reprodutiva.

Uma vez identificados os agentes CMR, o DR de cada laboratório deverá definir mecanismos de controlo de forma a minimizar o contacto direto dos estudantes, investigadores e docentes com as substâncias em causa, nomeadamente:

- Informar todos os utilizadores do laboratório da existência de agentes CMR e divulgar as respetivas FDS.
- Em todos os procedimentos laboratoriais que utilizam agentes CMR deve ser obrigatório proceder à avaliação de riscos, aprovada pelo DR e pelo Gabinete de Segurança, Saúde e Ambiente.
- O DR deverá ajudar os estudantes e investigadores a escolher os EPI adequados e explicar a sua utilização, manutenção e inspeção.

Na tabela 15 indicam-se alguns dos agentes químicos CMR mais comuns por ordem decrescente do número de exposições profissionais.

Tabela 15. Agentes CMR mais perigosos em ambiente de trabalho<sup>63</sup>.

Cancerígenos	Mutagénicos	Tóxicos para a reprodução
Formaldeído (CH <sub>2</sub> O)	Formaldeído (CH <sub>2</sub> O)	Tolueno (C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> )
Gasóleo	Nafta pesada tratada com hidrogénio	Monóxido de carbono (CO)
	Destilado do petróleo, composto	
Nafta pesada tratada com hidrogénio	maioritariamente por hidrocarbonetos ricos em C3-C4	n-hexano (C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> )
Destilado do petróleo, composto maioritariamente por hidrocarbonetos ricos em C3-C4	Gasolina	n-metilpirrolidona (C <sub>5</sub> H <sub>9</sub> NO)
Gasolina	Nafta aromática leve	Clorofórmio (CHCl <sub>3</sub> )
Nafta aromática leve	Benzeno (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> )	Estireno (C <sub>8</sub> H <sub>8</sub> )
Benzeno (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> )	Nafta pesada hidrogenodessulfurizada	n,n-dimetilformamida (C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> NO)
Diclorometano (CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> )	Nafta leve tratada com hidrogénio	Tetracloroetileno (C <sub>2</sub> Cl <sub>4</sub> )
Nafta pesada hidrogenodessulfurizada	Fenol (C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH)	2-metoxietanol (C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub> )
2-butanona oxima (C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> NO)	Gás natural (petróleo)	1,3-difenilguanidina (C <sub>13</sub> H <sub>13</sub> N <sub>3</sub> )

No Decreto-Regulamentar n.º 6/2001, de 5 de maio, alterado pelo Decreto-Regulamentar n.º 76/2007, de 17 de julho, encontra-se a listagem de doenças profissionais e outras manifestações clínicas provocadas por exposição a agentes químicos e o respetivo tempo de exposição. Nessa lista encontra-se

o chumbo, mercúrio, arsénio, benzeno, tolueno, xileno, sílica, cloreto de vinilo, cloreto de metilo, sulfato de cobre, cimento, pesticidas, sulfato de bário ou óxido de ferro, só para referir alguns exemplos.

No Decreto-Lei n.º 24/2007, de 6 de fevereiro, e no Decreto-Lei n.º 301/2000, de 18 de novembro, alterado pelo Decreto-Lei n.º 88/2015, de 28 de maio, podem-se consultar os valores limite de exposição profissional relativamente aos agentes químicos perigosos para a saúde. No entanto, essa informação também pode constar na subsecção 8.1. da FDS, se a mesma estiver em português. Será indicado o valor limite de emissão nacional (PT VLE), que é normalmente apresentado em termos de um período de referência de 8 horas. O valor de curta duração refere-se ao valor limite acima do qual não deve haver exposição, correspondendo a um período de 15 minutos.

Atenção: em trabalhos de investigação que impliquem uma utilização de agentes CMR, mais prolongada (períodos superiores a 3 meses) deverá ser consultado o Serviço de Segurança, Saúde e Ambiente da Universidade. Mediante o tipo de exposição aos agentes CMR, o médico do trabalho, poderá definir um plano de vigilância médica, com a realização de exames específicos<sup>f</sup>.

#### 4.7. NANOMATERIAIS



De acordo com a Agência Europeia dos Químicos, “nanomateriais são substâncias químicas ou materiais cujas partículas têm um tamanho entre 1 e 100 nanómetros (nm) pelo menos numa dimensão”. A expansão da nanotecnologia tem sido muito rápida, mas a informação sobre os perigos de muitos destes novos materiais permanece escassa. Para tentar colmatar este atraso e para clarificar o enquadramento deste tipo de materiais à luz do REACH e CLP<sup>g</sup>, a União Europeia criou o grupo de trabalho *Nanomaterials Expert Group*<sup>64</sup>, e ainda o *European Union Observatory for Nanomaterials*<sup>65</sup>, onde é partilhada informação relativamente à segurança, investigação, inovação e utilização dos nanomateriais.

#### Perigos para a saúde e perigos físicos

Da mesma forma que as propriedades físico-químicas dos materiais se alteram à escala nanométrica, também os riscos inerentes ao seu fabrico, manipulação e utilização são diferentes. Estudos toxicológicos em animais demonstram que os nanomateriais, por apresentarem uma maior área de superfície por unidade de volume, são mais tóxicos do que uma massa equivalente da mesma substância, com partículas de tamanho superior<sup>27,66</sup>. As nanopartículas podem atravessar a barreira das células, ou passar diretamente através dos pulmões para a corrente sanguínea e chegar até aos vários órgãos do corpo humano, como por exemplo o cérebro<sup>66</sup>. Há também evidências de que alguns nanometais formam radicais livres com efeitos biológicos adversos, causando inflamação ou fibrose<sup>27</sup>.

<sup>f</sup> Os químicos perigosos podem ter associados indicadores biológicos, que são quantificados para avaliar se existe exposição nefasta à saúde do indivíduo. Exemplo: para avaliar o grau de exposição ao n-hexano pode-se analisar a presença de 2,5-hexanodiona na urina.

<sup>g</sup> Não existe uma categoria específica para este tipo de materiais: à medida que são sintetizados, e antes de serem colocados no mercado, são estudados, caracterizados e avaliados à luz dos critérios existentes no CLP.

Os estudos relativos à exposição por inalação demonstram que as nanopartículas se depositam principalmente na região dos brônquios e alvéolos pulmonares, com maior incidência do que partículas maiores do mesmo material, podendo causar problemas respiratórios, asma ou doença pulmonar obstrutiva crónica<sup>66</sup>. Há também evidências de que provocam doenças cardiovasculares, e estudos *in vitro* mostram que os nanotubos de carbono provocam a agregação das plaquetas e, *in vivo*, revelam aumento de trombose<sup>66</sup>.

Relativamente à exposição dérmica há menos estudos. Ainda assim, sabe-se que existem muitos óxidos metálicos, como o TiO<sub>2</sub> utilizado em protetores solares e cosméticos, que não causam sensibilização, foto-irritação ou foto-sensibilização<sup>27,66</sup>. Por outro lado, partículas ultrafinas de berílio provocam a formação de nódulos cutâneos<sup>66</sup>. Os efeitos da ingestão de nanopartículas, são ainda muito pouco conhecidos.

O risco de exposição, por inalação, contacto dérmico ou ingestão, depende do estado físico dos nanomateriais, tal como representado na figura 5.



Figura 5. Risco relativo da exposição aos nanomateriais<sup>27</sup>.

Os nanomateriais fixados numa matriz são aqueles que causam menos riscos para a saúde, desde que não ocorra nenhuma rotura mecânica (como por exemplo, cortes, pulverização ou queima). Os nanomateriais suspensos em líquidos tornam-se perigosos se forem secos até à forma de pó, ou se forem agitados, mexidos, pulverizados ou derramados, o que os torna propensos a serem inalados ou a entrar em contacto com a pele.

Além dos riscos para a saúde, os nanomateriais caracterizam-se pela sua grande facilidade de ignição e por atuarem como catalisadores de reações, podendo originar explosões bastante violentas.

### **Monitorização e controlo da exposição aos nanomateriais**

Nos laboratórios ou espaços confinados onde se utilizam nanomateriais deve avaliar-se a necessidade de monitorizar e controlar as emissões de aerossóis, não só pelos riscos para a saúde, como pelos riscos de fogo e explosão. Para isso existem diversas técnicas de análise de partículas através de uma estimativa direta ou indireta da massa, número ou área de superfície das nanopartículas<sup>66</sup>. Relativamente ao controlo a realizar nos laboratórios, há estudos que recomendam o uso de hottes equipadas com filtros HEPA (high-efficiency particulate air)<sup>27</sup> e com uma capacidade de extração menor do que as convencionais, porquanto estas tendem a gerar turbulência e expulsar as nanopartículas para o interior

do laboratório. Pode também utilizar-se uma cabine de segurança com pressão negativa e também equipada com filtros HEPA<sup>27</sup>. Contudo, não se devem utilizar câmaras de fluxo laminar horizontal porque direccionam o fluxo de ar filtrado em direcção à face do operador<sup>27</sup>. Os laboratórios também devem possuir sistemas locais de aspiração, com filtros HEPA, fixos ou portáteis, eficazes para captar os nanomateriais na fonte e proteger os trabalhadores da exposição a nanopartículas. É também conveniente sinalizar estes laboratórios, interditando a entrada de pessoas não autorizadas. O mesmo deve estar fechado, podendo recorrer-se a fechos com diferenciais de pressão, de forma a não contaminar o exterior.

A limpeza e higienização dos laboratórios com nanomateriais tem de ser muito mais cuidada, devendo remover-se regularmente as poeiras do chão, equipamentos e superfícies de trabalho, de forma a prevenir riscos de incêndio ou explosão. Se necessário podem utilizar-se aspiradores para pó com filtros de alta eficiência. Dependendo das propriedades físico-químicas dos nanomateriais, se houver um risco elevado de formação de atmosferas explosivas poderá ser necessário equipar o laboratório com equipamentos antideflagrantes<sup>66</sup>.

As regras de higiene pessoal e a utilização de equipamentos de protecção individual adequados são igualmente importantes, mas os seus requisitos dependem muito do grau de risco de exposição:

- Após cada trabalho, deve lavar-se muito bem as mãos e, dependendo da perigosidade dos nanomateriais, avaliar se é necessário também tomar banho.
- Para nanomateriais muito perigosos aconselha-se vestuário de protecção descartável de polietileno<sup>66</sup> que cubra todo o corpo e pés: fato-macaco, toca e sobre-botas. Há estudos que evidenciam que este tipo de material é mais eficaz do que os tecidos à base de algodão<sup>66,67</sup>. Se for utilizado vestuário de protecção reutilizável, deve ser prevista a lavagem regular e em separado de outros tecidos.
- Devem usar-se óculos que protejam contra salpicos, com protecção lateral ou viseira.
- Não havendo muita informação disponível sobre a exposição dérmica às nanopartículas, poderá ser difícil seleccionar corretamente a(s) luva(s) a utilizar. Na dúvida, deve utilizar-se mais do que um tipo e com manga, de forma a proteger também o antebraço.
- Sendo a inalação a via com maior risco de exposição, é obrigatório trabalhar sempre com máscaras faciais completas ou semimáscaras com filtros, e em casos mais perigosos, com uma máscara motorizada, de pressão positiva e de face inteira<sup>66</sup> (cf figura 2).

Enquanto não existir informação mais detalhada relativamente aos riscos de manipulação e utilização dos nanomateriais, deve-se agir com a máxima precaução, adotando medidas preventivas muito rigorosas, acompanhando o progresso científico dos estudos biológicos e médicos, monitorizando a exposição, avaliando a eficácia dos EPI e vigiando mais atentamente a saúde de quem opera com tais substâncias.

## 4.8. REGRAS DE ARMAZENAGEM DE SUBSTÂNCIAS

Os riscos mais comuns associados à armazenagem de substâncias químicas são incêndio, explosão, queda, fragilização da embalagem e degradação química.

De forma a minimizar estes riscos, há regras que devem ser cumpridas, como por exemplo manter um inventário atualizado e armazenar os produtos por classe e por compatibilidade. Há também recomendações a cumprir relativamente às condições físicas dos locais escolhidos para armazenar as substâncias, bem como ao seu acondicionamento em prateleiras, armários ou bacias de retenção.

### Inventário de substâncias químicas

A existência de um inventário ou uma base de dados para registo das substâncias químicas presentes nos laboratórios facilita a gestão de *stocks*, a localização dos reagentes, a avaliação de riscos, a limpeza periódica de reagentes fora de prazo e a adoção de medidas de segurança em todo o edifício. No Anexo IV é apresentada um exemplo da informação a constar de um registo deste tipo.

Cada laboratório ou grupo de investigação deverá ter o seu inventário, sendo designado um responsável para fazer esse levantamento e respetivas atualizações. Cada registo deverá conter a identificação das substâncias, os números CE e CAS, a fórmula molecular, o estado físico, a capacidade da embalagem, a data de aquisição, a data de abertura, o prazo de validade (caso exista), os pictogramas de perigo (ou sinais de perigo, se se tratar da legislação anterior), a ficha de dados de segurança e o local de armazenagem (armazém ou laboratório, ou ainda identificação do armário ou frigorífico).

Quais os passos a tomar cada vez que se adquire/regista uma substância?

- Na receção da substância química, verificar o bom estado da embalagem.
- Confirmar se foi enviada a FDS da substância ou se o fornecedor a disponibiliza on-line.
- Sem danificar o rótulo, registar o nome do DR e a data de aquisição. Em alternativa, colar uma outra etiqueta (sem tapar o rótulo) com essa informação. No caso de substâncias peroxidáveis, incluir o rótulo descrito na figura 3.
- Introduzir a informação relativa à substância na base de dados do Departamento ou Faculdade (exemplo dos campos a introduzir no Anexo IV).
- Dependendo das características da substância, ativar procedimentos de controlo:
  - a) se se tratar de um composto peroxidável, criar um alerta para inspecionar periodicamente a respetiva embalagem;
  - b) se se tratar de um composto cancerígeno, mutagénico ou tóxico para a reprodução, enviar a respetiva FDS para todos os utilizadores do laboratório;
  - c) ao registar potássio e sódio metálico, ou hidretos metálicos, informar os utilizadores do laboratório e os bombeiros, e colocar um aviso na porta do laboratório, indicando a existência de produtos que reagem violentamente com água;
  - d) para substâncias corrosivas, verificar a existência dos EPIs especificados na FDS.

#### 4. SUBSTÂNCIAS QUÍMICAS PERIGOSAS

- Guardar a substância em local apropriado, no armazém de reagentes ou no laboratório a que pertence.
- Quando a substância passar a resíduo, é necessário registar essa informação na base de dados, com indicação da data em que foi transferida para o armazém de resíduos.

Exemplo da importância de um inventário atualizado:

No armazém de reagentes do Departamento de Química de uma Universidade, encontravam-se armazenados há várias décadas vários compostos de origem desconhecida e sem qualquer registo. Um dia, numa recolha de reagentes fora de prazo, descobriu-se que dentro do armazém existiam compostos com atividade radioativa. Durante anos, os funcionários do armazém estiveram expostos a radiações sem o saberem!

### **Incompatibilidade entre Substâncias**

O armazenamento de substâncias químicas por ordem alfabética é manifestamente inapropriado visto que muitas reagem violentamente entre si (p.e. o ácido nítrico reage violentamente com álcool etílico). O mais seguro é agrupar as substâncias por classes e seguir as regras de armazenamento disponíveis na literatura. Nas tabelas A.5 e A.6 do Anexo IV, dão-se exemplos de substâncias e de classes de substâncias incompatíveis entre si.

Caso subsistam dúvidas na disposição de uma determinada substância, pode consultar-se a subsecção 7.2- *condições de armazenagem segura, incluindo eventuais incompatibilidades* da respetiva FDS.

### **Armazenagem**

Idealmente, os reagentes devem estar armazenados num ou em vários armazéns, com as características adequadas às diversas classes de substâncias, enquanto nos laboratórios deverão ser guardadas apenas as quantidades mínimas necessárias às experiências mais imediatas, especialmente no que diz respeito aos compostos inflamáveis. Nos laboratórios, as substâncias devem ser guardadas em local próprio, nomeadamente em armários ventilados. Não devem ser deixadas nas hottes, nas bancadas, ou espalhadas pelo laboratório. Devem seguir-se as seguintes regras para a sua colocação nos armários:

- As prateleiras devem ser estáveis e resistentes e o armário deve estar preso à parede.
- Não se devem misturar reagentes em utilização com resíduos (frascos vazios ou produtos químicos fora da validade).
- Deve-se inspecionar e limpar regularmente o armário e as prateleiras, de forma a evitar a deposição de poeiras e a detetar situações de contaminação dos químicos.
- Os frascos maiores devem estar armazenados a menos de 60 cm do chão.
- Os produtos corrosivos devem ser guardados abaixo do nível dos olhos e, preferencialmente, ter um segundo contentor ou bacia para conter possíveis fugas.
- Os ácidos devem ser guardados nas prateleiras baixas e afastados das bases.

Há ainda regras especiais aplicáveis a determinadas classes de compostos:

- Os compostos muito inflamáveis devem estar armazenados longe de qualquer fonte de ignição e preferencialmente em frigoríficos antideflagrantes.
- Os compostos que reagem com a água deverão ser guardados em locais frescos e secos.
- Os compostos peroxidáveis deverão estar armazenados em recipientes que não deixem entrar o ar e luz, num local fresco e seco, e devem ser inspecionados regularmente.
- Os oxidantes devem ser armazenados longe de agentes redutores, compostos inflamáveis ou combustíveis e ao abrigo do ar.
- As garrafas de gases localizadas no interior dos laboratórios não devem obstruir equipamentos de segurança ou vias de evacuação, e devem estar fixas de modo a evitar quedas. Devem ainda estar separadas de fontes de calor ou ignição e do contacto com substâncias químicas ou respetivos vapores. Entre os diferentes gases também se aplicam as regras de incompatibilidade química.



*For a successful technology, reality must take precedence over public relations, for nature cannot be fooled.*  
Richard Feynman [1918 – 1988]

## 5. EQUIPAMENTOS E OPERAÇÕES

Após se terem analisado os principais riscos associados à manipulação de compostos químicos, o objetivo deste capítulo é sensibilizar o leitor para a utilização segura dos equipamentos e execução das operações mais comuns num laboratório. É preciso estar atento aos procedimentos a temperatura ou pressão extremas, a aquecimentos, aos equipamentos elétricos e a equipamentos com os quais não se está familiarizado.

### 5.1. MATERIAL DE VIDRO

O vidro continua a ser o material mais utilizado em laboratórios químicos, pela sua estabilidade, transparência, resistência ao calor, e por não reagir com a maioria dos produtos químicos. O tipo de vidro mais utilizado em laboratórios é o borossilicato, enriquecido com óxido de boro e silicato, o que lhe confere um coeficiente de dilatação menor (1/3 do vidro normal<sup>18</sup>), permitindo que seja fabricado com paredes mais grossas e aumentando a resistência mecânica, ao calor e à corrosão. O vidro borossilicato âmbar tem ainda um tratamento com corante à base de prata, para proteção contra a radiação ultravioleta.

Não obstante as suas excelentes propriedades, os materiais de vidro danificados ou partidos podem ser a causa de acidentes em laboratórios.

#### Lavagem e limpeza

Terminado um ensaio experimental é essencial que os materiais de vidro sejam limpos, removendo todas as impurezas, gorduras e químicos, e, em casos mais exigentes, microrganismos. No caso dos recipientes utilizados como medida de volumes de líquidos, como buretas e pipetas, qualquer material contaminante que fique preso às paredes irá alterar o menisco e comprometer a sua leitura.

Os materiais de vidro devem ser enxaguados com água morna, esfregados com sabão ou detergente, e enxaguados novamente e uma última vez, com água destilada. A lavagem deve ser feita cuidadosamente, devagar e com atenção, para não deixar a peça escorregar. Deve-se usar escovas com pegos de madeira ou plástico, macias e de tamanho apropriado, não forçando o material. Ao lavar, deve-se colocar uma peça de cada vez na pia, tendo o cuidado de não bater contra as suas paredes, principalmente no caso das pipetas, buretas e provetas. Se necessário, no final da limpeza dos materiais, pode-se ainda autoclavar ou esterilizar em estufas a vapor.

A secagem pode ser feita deixando o material, como tubos e frascos suspensos através de ganchos, ou em escorredores apropriados ou ainda em cestos, a secar ao ar. Em alternativa podem ser secos na estufa, mas sem ultrapassar os 140 °C.

A armazenagem do material lavado deve ser feita em armários ou gavetas limpas, protegendo-o, sempre que possível, com algodão ou rolhas de cortiça.

## Manipulação

No manuseamento de materiais de vidro há que ter as seguintes precauções:

- Antes de se utilizarem peças em vidro deve-se ter o cuidado de inspecionar atentamente o material e sempre que se detetar corrosão, lascas ou imperfeições, colocá-lo no contentor de resíduos destinado ao vidro partido. Note-se que este tipo de vidro é diferente do vidro vulgar, conhecido por vidro de soda-cal, não devendo ser colocado no ecoponto verde, mesmo isento de contaminações, pois tem um ponto de fusão diferente, inviabilizando o processo de reciclagem a jusante. Uma vez classificado como resíduo, terá de ter um procedimento semelhante aos restantes resíduos laboratoriais.
- Ao introduzir-se um tubo de borracha ou plástico em peças de vidro estreitas, deve-se lubrificar a sua extremidade com água, glicerina ou algum óleo vegetal, rodar e inserir suavemente, sem aplicar muita força.
- O aquecimento de líquidos deve decorrer lentamente. Se se utilizar um bico de Bunsen deve-se ter o cuidado de manter uma chama alta e suave e direcioná-la para a zona inferior do nível do líquido, permitindo um aquecimento uniforme. Quando se usam placas elétricas, estas devem ter um diâmetro superior ao do recipiente a aquecer e devem evitar-se recipientes com as paredes muito grossas. Durante o aquecimento, nunca se deve espreitar pelo topo do tubo de ensaio (ou outro material de vidro) ou direcionar a sua abertura para alguém.
- Ao pegar em recipientes de vidro quentes deve-se utilizar luvas apropriadas, tenazes ou pinças, para prevenir queimaduras ou a queda dos mesmos.
- Em operações que envolvam evaporação não se deve aquecer o recipiente de vidro após o líquido ter evaporado completamente, pois pode partir.
- Em montagens que exijam a fixação do material de vidro a suportes, deve-se evitar o contacto direto metal-vidro e não se deve utilizar uma força excessiva ao apertar os grampos.
- Nunca colocar ácido fluorídrico (HF), ácido fosfórico ( $H_3PO_4$ ) ou soluções fortemente alcalinas em recipientes de vidro.

## 5.2. HOTTES

As hottes são recomendadas para limitar a exposição a substâncias inflamáveis e com perigos para a saúde, para proteger contra salpicos e projeções e, ainda, contra reações inesperadas, como explosões.

Existem vários tipos de hottes nos laboratórios, com diferentes configurações e modos de operação. É preciso perceber o seu funcionamento e receber treino para as utilizar devidamente. Existem duas regras importantes que dizem respeito às hottes e que nem sempre são cumpridas:

As hottes em utilização não devem servir de armários para armazenar substâncias químicas ou resíduos.

Após o trabalho experimental deve-se descer totalmente a janela. A simples passagem das pessoas junto da hotte pode gerar turbulência e arrastar os contaminantes para dentro da sala.

Antes de se começar a trabalhar numa hotte, é necessário confirmar se está ligada e a funcionar nas condições operatórias pretendidas. Os equipamentos e materiais que irão ser utilizados, devem ser colocados a uma distância segura de 15 cm da janela da hotte<sup>68</sup>. Os equipamentos de maior dimensão devem ser elevados, com um suporte, até uma altura de 5 cm a partir da base, de forma a garantir uma boa circulação do ar<sup>68,69</sup>.

Antes de iniciar qualquer trabalho é importante desimpedir a hotte de todas as substâncias e resíduos que aí se encontram guardados e que não irão ser utilizados. Isto evita que, num incidente, esses químicos possam agravar ainda mais a situação. Ao colocarem-se os equipamentos e outros materiais no interior da hotte deve ter-se o cuidado de não tapar as saídas de ar para que este possa circular corretamente e para prevenir zonas mortas ou estagnadas. Quem está a utilizar a hotte deve manter todo o corpo, à exceção das mãos e antebraços, no exterior. Nunca se deve espreitar ou colocar a cabeça dentro da hotte. A janela deve ser utilizada como uma barreira, devendo ser descida o máximo possível.

No final do trabalho não se deve desligar a hotte, exceto se for dada essa indicação pelo DR. Alguns laboratórios estão sob uma pressão negativa para evitar a contaminação de outros locais e ao desligar-se a hotte vai alterar-se esse equilíbrio. Se a hotte estiver avariada, a aguardar manutenção, ou fora de serviço, deve ser devidamente sinalizada, de forma a evitar que alguém a venha a utilizar.

### 5.3. EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS

Os equipamentos e instalações elétricas podem gerar incidentes com graves danos para a saúde, como queimaduras, choques elétricos e eletrocussão, ou danos materiais, que inutilizam equipamentos ou originam incêndios. Normalmente, estes incidentes ocorrem por desconhecimento ou falta de formação para lidar com os riscos elétricos, utilização de equipamentos desadequados às tarefas realizadas ou ainda devido a aparelhos e instalações em condições deficientes.

O maior perigo para a saúde resulta do contacto com a corrente elétrica, que pode ocorrer quando um indivíduo toca numa parte ativa de um circuito que está sob tensão, ou quando contacta acidentalmente com partes sob tensão, como por exemplo em equipamentos com falhas no seu isolamento. Na tabela 16 estão indicados os efeitos da corrente elétrica no corpo humano<sup>18</sup>.

Tabela 16. Efeitos da corrente elétrica no corpo humano.

Corrente (miliampere)	Efeito
1	Formigueiro leve
5	Choque leve: fácil de largar
6-30	Choque doloroso: difícil de largar
50-150	Dor extrema: impossível de largar, morte possível
1000-10000	Morte provável

Não esquecer que é competência exclusiva de eletricitistas devidamente habilitados a montagem, modificação e manutenção do bom estado de funcionamento da instalação elétrica, bem como o acesso ao posto de transformação e quadros elétricos. Por sua vez, quem trabalha no laboratório tem a responsabilidade de estar atento aos perigos elétricos e alertar sempre que detetar alguma anomalia, tendo presente as seguintes regras:

- O equipamento deve ser adequado à tarefa que desempenha, cumprindo-se as instruções de segurança do equipamento.
- Deve verificar-se sempre o estado do equipamento antes de o utilizar.
- Não utilizar cabos elétricos que apresentem defeitos (cortes ou rasgos) no isolamento, que atravessem zonas em que possam ser pisados ou entalados por algum equipamento, ou ainda onde se possa depositar água ou outros líquidos. Não usar fichas que apresentem alguma quebra ou pinos dobrados, ou equipamentos e ferramentas partidos ou rachados.
- Não proceder a “reparações provisórias” de equipamentos ou circuitos elétricos.
- Verificar se os equipamentos têm marcas de sobreaquecimento, como manchas negras, ou se cheiram a queimado. Nessas situações desligar e avisar o DR ou técnico da manutenção.
- Sempre que há disparos dos disjuntores, deve também comunicar-se essa circunstância.
- Não tocar com as mãos molhadas nos equipamentos em utilização.
- Quando se manipulam líquidos inflamáveis qualquer arco elétrico ou descarga eletrostática pode atuar como fonte de ignição e provocar um incêndio. Para prevenir este tipo de acidentes, é fundamental que os equipamentos elétricos possuam ligação à terra.

### **Frigoríficos**

Os frigoríficos são muito utilizados em laboratórios para guardar substâncias químicas que são instáveis a temperaturas mais elevadas. Quando se armazenam substâncias inflamáveis não se deve utilizar um frigorífico comum, mas um com características antideflagrantes para evitar que seja gerada alguma faísca que possa vir a despoletar um incêndio ou uma explosão. Os equipamentos com estas características têm o símbolo indicado na figura 6.

Infelizmente, pelo seu baixo custo, continuam a ser utilizados frigoríficos comuns para armazenar solventes muito voláteis. Acidentes com explosões são frequentes em laboratórios de química orgânica, e acontecem sobretudo no verão, com temperaturas mais elevadas e quando a simples faísca do termostato serve de ignição aos vapores inflamáveis. Não esquecer que substâncias como o benzeno ou hexano tem pontos de inflamação de  $-11\text{ }^{\circ}\text{C}$  e  $-22\text{ }^{\circ}\text{C}$ , respetivamente.



Figura 6. Símbolo utilizado para marcar equipamentos antideflagrantes.

Nos frigoríficos dos laboratórios é estritamente proibida a armazenagem de produtos alimentares.

### Agitação e mistura

Agitadores magnéticos ou mecânicos, misturadores/dispersores ou evaporadores rotativos são equipamentos cujos principais riscos são eléctricos, podendo a falha nos motores que conduzir à formação de faísca. Na maioria dos casos estes equipamentos possuem motores antideflagrantes. Deve-se considerar ainda que pode ocorrer desgaste mecânico com o motor e o seu mau funcionamento originar a paragens ou ao descontrolo da velocidade. Sempre que a sua dimensão o permitir, estes equipamentos devem ser utilizados em hottes.

## 5.4. LASERS

Nos laboratórios é frequente existirem lasers, como por exemplo, em equipamentos de espectroscopia, de análise granulométrica ou microscópios. O laser – sigla das palavras *light amplification by stimulated emission of radiation* – é composto por radiações de uma única frequência (monocromática) e é muito potente e direccionado, podendo ter brilho superior ao da luz emitida por uma lâmpada. O seu comprimento de onda varia desde o ultravioleta ao infravermelho distante. O corpo humano é vulnerável a determinados lasers, que podem causar danos na pele e, sobretudo, nos olhos (cf. tabela 17).

Pelos potenciais riscos para a saúde, é essencial que a presença deste tipo de equipamento esteja devidamente sinalizada na porta. Os óculos de protecção devem ser adequados ao tipo de laser utilizado e respetivo comprimento de onda e devem estar guardados no exterior do laboratório, de forma a assegurar que quem entra no laboratório está devidamente protegido. Quando se usam microscópios ou outros instrumentos óticos de ampliação, nunca se deve olhar diretamente para a radiação laser, mas usar a câmara ou o computador para visualizar a amostra. Além dos perigos para a saúde, os lasers de maior potência podem potenciar a ignição de substâncias inflamáveis e outros combustíveis. A sua elevada voltagem constitui também um perigo eléctrico.

Tabela 17. Efeitos biológicos das radiações<sup>70</sup>.

Espetro Eletromagnético		Efeito nos olhos	Efeito na Pele
Ultravioleta C	0,200 – 0,280 $\mu\text{m}$	Fotoqueratite	Eritema e cancro da pele
Ultravioleta B	0,280 – 0,315 $\mu\text{m}$	Fotoqueratite	Envelhecimento precoce e aumento de pigmentação
Ultravioleta A	0,315 – 0,400 $\mu\text{m}$	Catarata fotoquímica	Escurecimento do pigmento e queimaduras
Visível	0,400 – 0,780 $\mu\text{m}$	Dano térmico e fotoquímico na retina	Reações fotossensíveis e queimaduras
Infravermelho A	0,780 – 1,400 $\mu\text{m}$	Catarata e queimadura da retina	Queimaduras
Infravermelho B	1,400 – 3,000 $\mu\text{m}$	Catarata e queimadura da córnea	Queimaduras
Infravermelho C	3,000 - 1000 $\mu\text{m}$	Queimadura da córnea	Queimaduras

A utilização de equipamentos com laser só pode ser feita por quem tem formação e experiência. Da mesma forma, só quem tenha autorização é que poderá entrar num laboratório com o laser em funcionamento.

## 5.5. FONTES DE AQUECIMENTO

A maioria dos laboratórios recorre a equipamentos para aquecer, como muflas, placas e mantas de aquecimento, bicos de *Bunsen* ou banhos térmicos. Os principais perigos associados à utilização destes equipamentos incluem queimaduras por contacto com superfícies quentes, líquidos, vapores ou chamas e ainda perigos elétricos, que podem resultar em incêndios e explosões. Ao trabalhar-se com estes equipamentos é obrigatório o uso de bata, óculos e luvas de proteção térmica (anti-calor).

### Fornos, muflas, placas e mantas de aquecimento

Os equipamentos de aquecimento devem estar localizados a uma distância segura de substâncias sensíveis à temperatura, compostos inflamáveis e gases pressurizados.

Antes de utilizar este tipo de equipamentos deve inspecionar-se com atenção o elemento que aquece, verificando se está danificado ou em mau estado. Deve ainda assegurar-se o cumprimento dos requisitos apresentados no ponto 5.3. Deve-se evitar trabalhar com as placas elétricas mais antigas, que possuem no seu interior um termostato bimetalico, que gera uma faísca, cada vez que o interruptor é ligado ou cada vez que a temperatura é regulada.

Exemplo de um perigo elétrico<sup>71</sup>:

Em 1986, um estudante da Universidade de Darmouth estava a recristalizar uma solução com éter numa placa de aquecimento, quando o éter entrou em ignição, provocando queimaduras e lesões cerebrais permanentes no aluno. A Universidade foi condenada a pagar 350 000 dólares e o fabricante, sobre quem recaiu 70% da responsabilidade pelo acidente, pagou um montante bastante superior (não revelado), por ter falhado a sua obrigação de alertar para o perigo elétrico: não tinha qualquer indicação de que gerava faísca.

### Banhos Térmicos

Uma das técnicas de aquecimento mais utilizada em laboratório consiste na submersão do recipiente com o material que se pretende aquecer num líquido térmico, selecionado de acordo com esse material e temperatura de trabalho. Não se pode seleccionar um líquido que reaja violentamente com os compostos a aquecer no caso de ocorrer um derrame acidental dos mesmos. Ao trabalhar-se com banhos de aquecimento é obrigatório o uso de bata, óculos e luvas com proteção térmica.

Pode ser utilizada água para aquecimentos até 70 °C, com substâncias que não reajam violentamente com este líquido. Nunca se deve aquecer sódio metálico em banho-maria, por exemplo.

A temperatura inferior a 200 °C pode utilizar-se como fluido térmico uma solução saturada de parafina, e para temperaturas até 300 °C, óleos de silicone<sup>72</sup>. A temperatura do banho deve ser monitorizada de

forma a evitar que ultrapasse o ponto de inflamação do óleo seleccionado. Apesar de o óleo não ser facilmente inflamável, com o aumento da temperatura, os seus vapores começam a formar um fumo denso, por vezes tóxico, e podem inflamar na própria superfície e nas superfícies quentes metálicas<sup>30</sup>. Não se deve deixar um banho de óleo em operação, sem vigilância, exceto se o mesmo possuir algum mecanismo de controlo automático de temperatura e um aviso visível (cf. figura 7).



Figura 7. Exemplo de aviso a colocar num banho de óleo.

Quando não está em utilização, o banho de óleo deve ser coberto com uma capa metálica e guardado, devidamente identificado, longe de fontes de calor, à temperatura ambiente.

Os laboratórios que utilizam banhos de óleo deverão possuir um extintor classe F, o mais eficaz para combater este tipo de fogos (cf. Anexo III)

A areia é muito utilizada em banhos de aquecimento a temperaturas superiores a 300 °C. É um material inerte, fácil de limpar e reutilizar e com menos risco de projecção do que o óleo. Pode utilizar-se areia do rio ou do mar limpa, homogénea e sem arestas vivas, que deve ser mudada com frequência<sup>30</sup>. A temperaturas mais elevadas é preciso estar muito atento e não deixar que os líquidos a aquecer evaporem totalmente para prevenir o risco de quebrar os recipientes de vidro em que se encontram.

Para gamas de temperatura entre 200 e 425 °C também se podem usar banhos de sais fundidos, os quais permitem uma boa transferência de calor e possuem uma grande estabilidade térmica<sup>72</sup>.

Ao utilizarem-se banhos de óleo, areia ou sais, é necessário prevenir qualquer contacto accidental com água ou outros líquidos, de forma a evitar projecções perigosas.

## 5.6. CRIOGENIA

Quando é necessário arrefecer muito o sistema objecto da experiência laboratorial pode utilizar-se gelo seco, a sua combinação com um líquido orgânico, ou ainda azoto líquido.

O gelo seco sublima a  $-78\text{ °C}$  e o azoto líquido a  $-196\text{ °C}$  pelo que é necessário utilizar os EPI adequados de forma a evitar o contacto destes líquidos com a pele e olhos: bata, sapatos fechados, óculos e luvas com proteção contra o frio e preferencialmente até ao antebraço. Por outro lado, devido ao risco de asfixia, este tipo de operações deve decorrer numa hotte e num laboratório bem ventilado. O operador tem de saber reconhecer bem os sintomas iniciais de falta de oxigénio, que começam por tonturas, náuseas e confusão. Nessas circunstâncias, é preciso sair imediatamente do laboratório, ir respirar ar fresco e pedir ajuda.

## 5.7. PRESSURIZAÇÃO E VÁCUO

Num laboratório há muitas operações que têm de ser efetuadas a pressões baixas ou elevadas, como por exemplo em reatores pressurizados, colunas de destilação, bombas de vácuo ou evaporadores rotativos. É muito importante que estas sejam levadas a cabo, devagar e com uma variação gradual e controlada da pressão. Normalmente utiliza-se material de vidro, pelo seu baixo custo, inércia química e por ser fácil de manipular. Devem ser realizados procedimentos para proteção contra explosões, implosões e incêndios, e conseqüentemente contra a projecção de químicos e estilhaços de vidro.

### Reatores pressurizados

A montagem de um reator que vai ser submetido a pressões ou temperaturas elevadas deve ser muito cuidada:

- O material terá de ser suficientemente robusto para resistir, sem deformações, às tensões causadas pelas variações de pressão e temperatura, e não deverá ser corroído ou reagir com os reagentes. Estes reatores deverão estar equipados com válvulas de segurança.
- Quando se trabalha com reatores a altas pressões deve-se inspeccionar muito bem toda a montagem experimental, verificando o estado do material e todas as ligações e sistemas de controlo.
- Quando se opera pela primeira vez, sempre que há alterações ou reparações, após o vaso ser submetido a grandes tensões, ou ainda a cada dez anos, deve fazer-se um teste hidrostático<sup>72</sup>. Este ensaio deverá ser efectuado por um técnico com experiência para identificar possíveis falhas ou ruturas do sistema.

Um dos maiores acidentes industriais da história ocorreu em 1976, na cidade de Seveso, em Itália, numa fábrica do grupo suíço Hoffmann-La Roche. Foi num sábado, num dia de paragem da produção que se iniciou uma reação fortemente exotérmica num reator de triclorofenol ( $C_6H_3ClO$ ). Formaram-se gases que se expandiram e levaram a um grande aumento de pressão no interior do reator, accionando a abertura de uma das válvulas de alívio de pressão para evitar a explosão por sobrepressão. Como não havia técnicos para ligar o sistema de refrigeração, a válvula continuou a descarregar gases altamente tóxicos para a atmosfera (2,3,7,8-tetraclorodibenzo-p-dioxina). A fábrica não disponha de sistemas de alarme ou de planos de emergência de aviso à população. O acidente foi detetado 27 horas depois quando centenas de quilos de dioxina já tinham contaminado uma área muito extensa (no final, a área afetada foi estimada em 1807 hectares). Este acidente, deu origem à Diretiva Europeia de Prevenção de Acidentes Industriais Graves, também conhecida como Diretiva Seveso<sup>73</sup>.

### Operar sob vácuo

Em trabalhos sob vácuo, com bombas de vácuo ou evaporadores, o maior risco é o de implosão. Deve ser desempenhado por alguém com experiência e de acordo com as seguintes regras:

- Deve-se seleccionar e inspecionar muito bem o material utilizado, bem como todas as válvulas, ligações e pontos mais frágeis ou sujeitos a maiores tensões.
- Se se utilizar material de vidro, deve seleccionar-se o mais adequado e de paredes mais grossas. Por precaução, pode ainda proteger-se o mesmo aplicando tiras de fita adesiva. Ao fixar o material, deve-se evitar pressão excessiva nas zonas sensíveis como o gargalo do vidro.

- Os frascos de Dewar também devem ser protegidos contra o choque térmico ou mecânico, designadamente com tiras de plástico, coladas no exterior do recipiente, ou, em alternativa, com um invólucro de malha metálica com revestimento interior em feltro<sup>30</sup>.
- Os exsiccadores de vácuo devem ser protegidos contra o risco de implosão, envolvendo-os com fita adesiva ou malha metálica<sup>30</sup>.
- Deve ter-se cuidado com os acessórios, por exemplo, as rolhas de borracha ou cortiça, que devem apresentar um cone de abertura suficiente para não serem sugadas para dentro do recipiente<sup>30</sup>.
- Deve ter-se o cuidado de aumentar muito gradualmente a pressão para evitar que solventes ou gases perigosos sejam arrastados pelo vácuo.
- A abertura e fecho das torneiras e válvulas do sistema de vácuo tem de ser feita de forma lenta, de forma a evitar variações bruscas de pressão.
- Com o evaporador rotativo também se deve ter em atenção que o aumento da velocidade de rotação deverá ser gradual.
- Nos sistemas de vácuo é obrigatório o uso de óculos com protecção contra salpicos ou viseiras e deve trabalhar-se sempre numa hotte.

## 5.8. CENTRÍFUGAS

Os principais riscos consistem no contacto com partes móveis ou superfícies quentes ou com alguma falha mecânica que possa interferir com o fecho de segurança da centrífuga ou produção de faíscas. Para a sua utilização, em segurança, recomenda-se o seguinte:

- Os tubos devem ser inspeccionados para detetar se estão em bom estado, sem qualquer quebra ou falha. Devem ser devidamente rotulados e não podem ser completamente cheios.
- Preencher a centrífuga de forma contrabalançada. Normalmente, os manuais de instruções dão indicações de como fazê-lo. As centrífugas mais modernas só entram em funcionamento quando estão devidamente equilibradas.
- Fechar a tampa e ligar a centrífuga com a velocidade pretendida. Enquanto a mesma estiver a funcionar deve-se afastar do equipamento a uma distância segura.
- Abrir a centrífuga apenas quando o rotor parar completamente. A maioria das centrífugas possui um mecanismo de segurança que só permite o funcionamento com a tampa travada e bloqueia a abertura até à paragem do motor.



*Studying, simulating, practicing until responses become automatic.  
Training is something we do to reduce the odds that we'll die.*  
Chris Hadfield [1959 – ]

## 6. EMERGÊNCIA

O que fazer quando algo inesperado ou de gravidade excepcional ocorre?

É necessário reagir de forma rápida e eficaz, para proteção da saúde individual e de todos os utilizadores do edifício, por questões ambientais e para evitar danos materiais nos equipamentos e instalações. Para isso, é necessário que os docentes, funcionários e estudantes conheçam a sinalização de segurança (cf. capítulo 2), a localização dos equipamentos de segurança e algumas medidas de primeiros socorros.

### 6.1. ACESSO AOS LABORATÓRIOS

O primeiro acesso dos estudantes aos laboratórios ocorre em contexto de aulas e com a presença do docente responsável. Mais tarde, quando já tiverem alguma autonomia e puderem realizar as suas próprias experiências para fins de investigação ou outros, devem recordar uma regra muito importante da segurança: nunca trabalhar sozinho! Não se deve transgredir esta regra, sob nenhuma justificação, pois há muitos registos de incidentes que poderiam ter resultado em lesões graves ou mesmo na morte do indivíduo, se este não tivesse sido socorrido por um colega.

Os investigadores e docentes, que tenham autorização para aceder aos laboratórios fora do horário normal só o devem fazer quando tal não implicar a realização de experiências consideradas perigosas.

Exemplo da importância de trabalhar sempre acompanhado:

Uma investigadora do Departamento de Química de uma Universidade Portuguesa tinha terminado o seu trabalho e retirado a bata. Mesmo antes de sair resolveu ir novamente à bancada ver a solução de destilado de éter etílico que tinha preparado. Pegou no frasco, que continha o solvente orgânico altamente inflamável que, ao ser agitado inflamou, pegando fogo à sua camisola de lã. Ela não teve o discernimento de se dirigir ao chuveiro existente no laboratório e começou a correr alastrando mais o fogo. Foi um colega que estava a passar no corredor que se lançou sobre ela e abafou o fogo.

### 6.2. CONTACTOS DE EMERGÊNCIA

Em todos os laboratórios devem estar afixados os contactos de emergência das principais entidades que prestam auxílio (n.º nacional de socorro, bombeiros sapadores e voluntários e centro de informação antivenenos) e também os contactos dos membros do Departamento ou Faculdade, designados para esta tarefa. Estes devem ser utilizados criteriosamente sempre que for necessário reportar um incidente, pedir ajuda ou alertar para qualquer situação perigosa. Na secção 6.3. são descritos os incidentes mais comuns em laboratórios.

### 6.3. SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA

Num laboratório há dois tipos de situações de emergência: acidentes que envolvem diretamente a saúde das pessoas, como pequenos cortes, queimaduras ou intoxicações, e acidentes, como derrames de químicos e incêndios, que causam sobretudo danos materiais, mas que, se não forem controlados atempadamente, podem também vir a afetar a saúde e o ambiente. Perante todas estas situações é importante:

Deixar passar o momento de pânico inicial, respirar fundo e manter a calma.  
Caso seja possível e se possua treino para tal, mitigar a emergência.  
Pedir ajuda a quem está no local e/ou recorrer aos contactos de emergência.  
Abandonar o local e fechar a porta, caso se justifique.  
Se necessário, acionar o alarme de emergência para evacuação do edifício.

Nas situações de emergência que envolvem diretamente a saúde das pessoas, exceto se se tratarem de pequenos acidentes, tais como os descritos seguidamente, deve-se transportar imediatamente a vítima ao Centro Hospitalar mais próximo, ou, em situações muito graves, contactar o INEM ou o Centro de Informação Antivenenos (CIAV).

As medidas de primeiros socorros apresentadas neste capítulo destinam-se a assistir a vítima imediatamente após o acidente, até à chegada de atendimento especializado. É imprescindível que a vítima seja SEMPRE observada por um médico.

#### Pequenos acidentes

Em caso de cortes ou queimaduras ligeiros devem utilizar-se as caixas de primeiros-socorros, localizadas nos laboratórios que contêm material para pequenos curativos (cf. seção 2.3). Na porta do armário estão escritas instruções a seguir na limpeza, desinfeção de feridas, tratamento de cortes e queimaduras ligeiras.

Nos laboratórios onde é utilizado gelo seco ou azoto líquido, podem ocorrer queimaduras por exposição a temperaturas muito baixas. Normalmente este tipo de incidente é breve e não causa lesões graves. Pode ser facilmente resolvido aquecendo a zona do corpo afetada com água morna ou, se se tratar da mão, colocando-a numa zona do corpo mais aquecida como a axila.

#### Eletrocussão, cortes, queimaduras e outros acidentes graves

##### Choque elétrico

A eletrocussão ocorre quando a vítima perde a consciência ou entra em paragem cardiorrespiratória na sequência de um choque elétrico. Nestas circunstâncias, o primeiro passo é cortar ou desligar a fonte de

energia e assegurar que a vítima não voltará a contactar com a descarga elétrica. Para tal pode ser necessário afastá-la do local, evitando contactar diretamente com ela, usando materiais não condutores como panos grossos e secos, madeira, plástico ou borracha. Seguidamente, se a vítima estiver inconsciente e sem respirar é necessário fazer massagem cardíaca e respiração boca-a-boca, preferencialmente por alguém com formação em suporte básico de vida. Se estiver inconsciente, mas a respirar, deverá ser colocada na posição lateral de segurança (cf. figura 8), até à chegada do INEM.



Figura 8. Posição lateral de segurança<sup>74</sup>.

### Queimaduras

A maioria das queimaduras origina pequenas lesões, sem graves complicações. No entanto, algumas queimaduras em determinadas zonas do corpo, podem vir a tornar-se incapacitantes ou fatais, exigindo uma intervenção rápida e o tratamento adequado. As queimaduras estão divididas em três níveis de gravidade, de acordo com a zona atingida, extensão da pele queimada e profundidade da queimadura, tal como indicado na tabela 18.

Tabela 18. Tipos de queimaduras<sup>75</sup>.

Resultado da queimadura	Primeiro grau	Segundo grau	Terceiro grau
Primeira camada da pele afetada (epiderme)	Sim	Sim	Sim
Segunda camada da pele afetada (derme)	Não	Sim	Sim
Destruição de tecidos	Não	Não	Sim
Cor da queimadura	Pele vermelha	Pele vermelha escura ou vermelha com bolhas	Pele acastanhada, negra ou branca
Nível de dor	Dor baixa ou moderada (sensação de calor e dor)	Dor intensa	Dor intensa ou inexistente (se houver grande destruição dos tecidos)
Presença de bolhas	Não	Sim	Sim ou não

Nas queimaduras de segundo e terceiro grau, as medidas de primeiros socorros devem incidir no arrefecimento da queimadura e prevenção de infeções. De acordo com o INEM<sup>75</sup>, deve atuar-se da seguinte forma:

- Avaliar a situação e garantir as condições de segurança.
- Afastar o agente que provoca a queimadura ou em alternativa afastar a vítima do agente.

- Lavar e arrefecer abundantemente a zona da queimadura com água tépida (se não estiver na presença de um químico que reaja com água) até alívio substancial da dor.
- Cobrir as áreas queimadas com compressas humedecidas com soro fisiológico ou água.
- Controlar a temperatura corporal, pois a hipotermia pode acontecer após o arrefecimento.
- Não remover as roupas se estas estiverem coladas ao corpo da vítima.
- Não utilizar gelo, pasta de dentes, manteiga, azeite, ou outro tipo de produtos para arrefecer ou hidratar a queimadura pois poderão agravar as lesões.

#### Grandes cortes ou feridas expostas

Quando a ferida é profunda e sangra muito deve pressionar-se diretamente a zona afetada com uma compressa esterilizada ou com um pano limpo e aplicar uma ligadura, dando várias voltas até que o curativo fique firme.

Não se deve remover qualquer objeto que possa estar empalado, pois pode aumentar ainda mais o sangramento ou provocar lesões adicionais. Neste caso, proteger a área com compressas e colocar a ligadura envolvendo também o objeto.

Até à chegada do INEM, manter a vítima quente e com os pés elevados para evitar tonturas ou desmaio provocados pela perda excessiva de sangue.

#### Traumatismos

Explosões ou quedas podem originar ferimentos graves e/ou fraturas. Não se deve mover a vítima até chegar o INEM, exceto se as condições do local a colocarem em risco de vida. Pode ser necessário cortar peças de roupa para descobrir alguma ferida exposta.

### **Intoxicações com produtos químicos**

Quando há exposição humana a uma substância química, há que considerar vários fatores: as características toxicológicas do químico, a dose, a duração do contacto e a via de entrada no organismo. A toxicidade do químico depende dos fatores mencionados anteriormente, bem como das características e a suscetibilidade específica de cada indivíduo.

Nos casos de contacto direto com químicos perigosos é sempre aconselhável recorrer ao Centro de Informações Antivenenos (CIAV), que funciona em contínuo, com atendimento por pessoal médico especializado. Sempre que as vítimas são transportadas para o Centro Hospitalar, deverão levar consigo as embalagens dos compostos a que estiveram expostos<sup>h</sup>, bem como as respetivas fichas de segurança, se existirem. Imediatamente a seguir ao acidente, é aconselhável seguir as orientações seguintes<sup>76</sup>.

---

<sup>h</sup> Se tal não for seguro, anotar ou fotografar o rótulo.

Em caso de inalação de químicos nocivos à saúde:

- Manter a calma, não se precipitar, mas não perder tempo.
- Contactar o CIAV, responder às perguntas do médico (quem, o quê, quanto, quando, onde e como) e cumprir as orientações.

Em caso de ingestão de químicos:

- Não provocar o vômito.
- Beber alguns goles de água ou leite.
- Contactar o CIAV, responder às perguntas do médico e cumprir as orientações.

Em situações de contaminação da pele com químicos:

- Se for um ácido pode aplicar-se logo uma base fraca na área afetada (ex: bicarbonato de sódio).
- Retirar as roupas contaminadas.
- Colocar-se sob o chuveiro, acioná-lo e lavar abundantemente a área afetada durante 15 minutos.
- Contactar o CIAV, responder às perguntas do médico e cumprir as orientações.

Em situações de contaminação da pele, com sólidos:

- Retirar as partículas, com a ajuda de uma espátula ou pedaço de cartão.
- Certificar-se que o sólido em questão não reage violentamente com água (cf. Anexo III).
- Passar abundantemente a área afetada, por água, durante 15 minutos (usando o chuveiro).
- Se se tratar de um sólido perigoso, contactar o CIAV responder às perguntas do médico e cumprir as orientações.

Em situações de contacto de produtos químicos com os olhos é muito importante:

- Usar o lava-olhos: primeiro acionar e deixar a água escorrer alguns segundos, para saírem possíveis detritos.
- Apoiar a cara de forma a que ambos os jatos incidam nos olhos.
- Acionar novamente o lava-olhos e lavar abundantemente durante 15 minutos, mantendo as pálpebras afastadas com a ajuda das mãos.
- Não aplicar qualquer produto.
- Contactar o CIAV, responder às perguntas do médico e cumprir as orientações.

Não se deve minimizar a gravidade de salpicos nos olhos. Mesmo em pequenas quantidades, a maioria dos ácidos e bases, dependendo da sua concentração, pode provocar lesões sérias na vista ou mesmo cegueira. Quanto mais rápido for o tratamento do acidente, maiores serão as hipóteses de recuperação.

## Derrames

Sempre que ocorram derrames de líquidos ou sólidos num laboratório, os estudantes ou investigadores devem ter o cuidado de deixar as suas experiências em segurança (desligando equipamentos elétricos, fontes de calor, sistemas de vácuo ou pressão e fechando garrafas de gases inflamáveis), abandonar a área e alertar o DR, ou, na sua ausência, recorrer aos contactos da equipa de segurança do Departamento ou Faculdade. Terá de ser alguém com experiência a avaliar a gravidade da situação:

- Risco muito elevado: quando há uma grande libertação de gases tóxicos ou inflamáveis, é necessário fechar as portas do laboratório (sem as trancar), evacuar o edifício e chamar os bombeiros.
- Risco médio: quando é necessário interditar e fechar as portas do laboratório, proceder à sua limpeza e ventilação. Só se poderá voltar a aceder ao local após nova avaliação dos responsáveis pela segurança.
- Risco baixo: quando os químicos derramados são inócuos, deve isolar-se a zona afetada e proceder à respetiva limpeza. As pessoas podem continuar a trabalhar no local.

#### Limpeza do espaço:

- Quando são detritos sólidos, podem ser apanhados com uma pequena escova ou papel absorvente e ser colocados numa caixa ou saco. Deverá ser rotulado como resíduo químico, com o código LER 15 02 02 - absorventes contaminados (cf. capítulo 7). A limpeza do local poderá ser finalizada com uma esponja húmida.
- No caso de pequenas quantidades de líquidos, o responsável pela segurança do laboratório poderá utilizar areia ou serradura, que é muito útil nestes casos, pois absorve e evita que o líquido se continue a espalhar. A areia contaminada deverá ser recolhida numa barrica e rotulada também com o código LER 15 02 02.

Os resíduos referidos anteriormente deverão ser encaminhados para o sistema de gestão de resíduos do Departamento ou Faculdade.

### **Incêndios**

Normalmente, os edifícios escolares possuem um plano de segurança contra incêndios e, conseqüentemente, meios de deteção e alarme para, em caso de incêndio, emitir avisos de evacuação para os seus ocupantes e comunicar a situação de emergência aos Bombeiros Sapadores. Deverá também existir uma equipa de segurança responsável por conduzir o processo de evacuação do edifício.

O que acontece em caso de incêndio<sup>36</sup>?

O sistema de alarme e deteção de incêndio do edifício pode ser acionado manualmente, através de um botão de alarme (botoneira), ou por deteção automática, emitindo um alarme prévio (toque contínuo de 15 segundos). Esta situação terá de ser confirmada pela equipa de segurança do edifício, podendo tratar-se de um falso alarme. Após este primeiro sinal sonoro, podem ocorrer duas situações:

- a) As sirenes emitem o alarme de cancelamento da evacuação (três toques sucessivos) indicando que a ocorrência foi resolvida ou que se tratou de um falso alarme.
- b) As sirenes emitem o alarme de evacuação (toque contínuo), devendo dar-se início à evacuação do edifício. Nesta situação, as pessoas devem orientar-se pelos sinais de emergência afixados ao longo dos caminhos de evacuação, seguindo as setas de indicação de saída, até ao ponto de encontro estipulado. O retorno ao edifício só poderá ocorrer após autorização do gestor de segurança do edifício.

O que fazer quando se deteta um foco de incêndio?

Se o estudante, investigador ou docente se aperceberem de um foco de incêndio que ainda não tenha sido comunicado, há duas alternativas:

- Acionar a botoneira mais próxima e sair do edifício, através dos caminhos de evacuação. Nas plantas de emergência, a botoneira é identificada com o símbolo da figura 9.



Figura 9. Botão de alarme (exemplo e simbologia usada na planta de emergência).

- Extinguir o fogo:
  - a) Se se tratar de um pequeno foco, pode utilizar-se uma manta ignífuga, colocando-a sobre a chama.
  - b) Se souber manusear um extintor e/ou tiver recebido treino e se sentir seguro, pode utilizá-lo. Se possível, deve ser auxiliado por alguém.

#### 6.4. PROCEDIMENTOS EM CASO DE ACIDENTES

Todos os quase-acidentes e acidentes deverão ser comunicados à Direção do Departamento ou Faculdade, que fará o seu registo no formulário próprio para o efeito (cf. Anexo VI). Será também a Direção a responsável pela condução de uma investigação sobre o sucedido e a agir em conformidade, tal como referido na secção 1.6. Nos EUA, por iniciativa da *American Chemical Society* e de organizações de segurança e saúde no trabalho, as Universidades são incentivadas a partilhar as “*lessons learned*” com os incidentes que ocorreram nos seus laboratórios e a publicá-las na internet<sup>19</sup>.

Se ocorrer um incidente no âmbito de atividade pedagógica do qual resulte lesão corporal, o estudante tem direito ao pagamento das despesas médicas<sup>i</sup>. Para isso, deve informar-se junto dos Serviços Académicos da sua Universidade sobre o procedimento a tomar. Os seguros escolares cobrem também as atividades letivas no estrangeiro, autorizadas pela Universidade de origem, nomeadamente as do programa Erasmus e outros programas de intercâmbio.

Os bolsheiros de investigação também beneficiam de um seguro de acidentes pessoais nas atividades de investigação, suportado pela instituição com quem assinaram contrato e que vigorará durante todo o período de execução da bolsa. Em caso de acidente, deverão contactá-la para saberem qual o procedimento a adotar.

Se se tratar de um docente ou funcionário da Universidade, o reembolso das despesas é normalmente tratado através do Serviço de Gestão de Recursos Humanos e do Gabinete de Segurança, Saúde e Ambiente.

---

<sup>i</sup> Sempre que o acidente implique o atendimento hospitalar, não esquecer de solicitar o relatório médico.



*We are using resources as if we had two planets, not one. There can be no plan B because there is no planet B.*  
Ban Ki-moon [1944 – ]

## 7. GESTÃO DE RESÍDUOS

As regras aplicáveis à prevenção, produção e gestão de resíduos estão definidas no Decreto-Lei n.º 73/2011, de 17 de junho. De acordo com este diploma, “resíduos são quaisquer substâncias ou objetos de que o detentor se desfaz ou tem a intenção ou a obrigação de se desfazer”. Aplicando esta definição aos laboratórios, são enquadráveis na definição de resíduos, os seguintes materiais:

- Produtos que não obedecem às normas vigentes.
- Produtos fora de validade.
- Produtos derramados acidentalmente, incluindo quaisquer outros produtos e materiais, contaminados na sequência do acidente em causa.
- Produtos que se tornaram impróprios para utilização (por exemplo, ácidos, solventes ou óleos contaminados).
- Vidro de laboratório partido.
- Embalagens vazias contaminadas.
- Equipamentos de proteção individual inutilizados e respetivos acessórios (por exemplo, luvas descartáveis, filtros saturados).

A maioria dos resíduos mencionados são perigosos e não podem ser colocados no lixo comum ou no saneamento, sem tratamento prévio. As operações de valorização e eliminação de resíduos perigosos estão regulamentadas pelo diploma referido e só podem ser desempenhadas por entidades devidamente licenciadas. Para este fim, as Faculdades ou Departamentos contratam uma empresa de recolha de resíduos, que fornece embalagens, recolhe e encaminha os resíduos para um destino final adequado. Há resíduos que são submetidos a tratamentos físico-químicos, em que uma percentagem é recuperada (destilação, estabilização/solidificação, evapo-oxidação, aero-flotação), outros que são depositados em aterro, e outros ainda que são reciclados.

Para identificação dos resíduos existe, desde 1994, uma lista harmonizada a nível europeu – Lista Europeia de Resíduos (LER) –. Essa lista tem sofrido várias alterações ao longo dos anos, estando atualmente em vigor a que foi publicada em 2014. A LER está organizada em 20 capítulos, tal como indicado na tabela 18. Cada capítulo inclui ainda subcapítulos de 4 algarismos, como por exemplo 16 05, que diz respeito a gases em recipientes sob pressão e produtos químicos fora de uso. Os resíduos são identificados, dentro de cada subcapítulo, com base em 6 algarismos. Por exemplo, 16 05 07\* diz respeito a produtos químicos inorgânicos fora de uso, ou a compostos que incorporem substâncias perigosas. Os resíduos perigosos são identificados com um asterisco (\*). Os critérios para atribuição de perigo estão referidos no Anexo V.

Tabela 19. Classificação dos resíduos de acordo com a lista europeia de resíduos (LER).

Capítulo	Classe de Materiais
01	Resíduos da prospeção e exploração de minas e pedreiras, bem como de tratamentos físicos e químicos das matérias extraídas
02	Resíduos da agricultura, horticultura, aquacultura, silvicultura, caça e pesca, bem como da preparação e do processamento de produtos alimentares
03	Resíduos do processamento de madeira e do fabrico de painéis, mobiliário, pasta para papel, papel e cartão
04	Resíduos da indústria do couro e produtos de couro e da indústria têxtil
05	Resíduos da refinação de petróleo, da purificação de gás natural e do tratamento pirolítico de carvão
06	Resíduos de processos químicos inorgânicos
07	Resíduos de processos químicos orgânicos
08	Resíduos do fabrico, formulação, distribuição e utilização (FFDU) de revestimentos (tintas, vernizes e esmaltes vítreos), colas, vedantes e tintas de impressão
09	Resíduos da indústria fotográfica
10	Resíduos de processos térmicos
11	Resíduos de tratamentos químicos de superfície e de revestimentos de metais e de outros materiais; resíduos da hidrometalurgia de metais não ferrosos
12	Resíduos da moldagem e do tratamento físico e mecânico de superfície de metais e plásticos
13	Óleos usados e resíduos de combustíveis líquidos (exceto óleos alimentares, 05 e 12)
14	Resíduos de solventes, fluidos de refrigeração e gases propulsores orgânicos (exceto 07 e 08)
15	Resíduos de embalagens; absorventes, panos de limpeza, materiais filtrantes e vestuário de proteção sem outras especificações
16	Resíduos não especificados noutros capítulos da lista
17	Resíduos de construção e de demolição (incluindo solos escavados de locais contaminados)
18	Resíduos da prestação de cuidados de saúde a seres humanos ou animais e/ou de investigação relacionada (exceto resíduos de cozinha e restauração não provenientes diretamente da prestação de cuidados de saúde)
19	Resíduos de instalações de gestão de resíduos, de estações <i>ex situ</i> de tratamento de águas residuais e da preparação de água para consumo humano e de água para consumo industrial
20	Resíduos urbanos e equiparados (resíduos domésticos, do comércio, da indústria e dos serviços), incluindo as frações recolhidas seletivamente

## 7.1. PRODUÇÃO DE RESÍDUOS LABORATORIAIS

Nos laboratórios de química e engenharia química produzem-se maioritariamente os resíduos indicados na tabela 20.

Tabela 20. Classificação dos resíduos laboratoriais mais comuns, de acordo com a LER.

LER	Resíduos
06 01 06*	Ácidos.
06 02 05*	Bases.
16 05 06*	Corantes.
14 06 02*	Solventes halogenados.
14 06 03*	Solventes não halogenados.
06 04 05*	Solventes contaminados com metais pesados.
15 01 10*	Embalagens vazias contaminadas.
20 01 02	Vidro de laboratório partido.
15 02 02*	Absorventes, material filtrante, panos de limpeza e vestuário de proteção, contaminados por substâncias perigosas.
13 02 08*	Óleos contaminados com solventes.
16 03 07*	Mercúrio metálico.
16 05 06*	Soluções contaminadas com mercúrio.
16 05 06*	Produtos químicos fora de validade.
16 05 06*	Produtos químicos desconhecidos.

Os resíduos líquidos são colocados em jerricãs de 20 litros e os sólidos são acondicionados em barricas de 30 ou 60 litros (cf. figura 10). Numa primeira fase, estão localizados nos laboratórios, onde são produzidos e, quando cheios, transportados e entregues no armazém de resíduos. Aí, existem ainda contentores metálicos de 200 litros para acondicionar grandes quantidades de embalagens vazias e reagentes fora de validade.



Figura 10. A- jerricã, B- barrica e C- contentor metálico.

Tanto os jerricãs como as barricas são em polietileno de alta densidade (PEAD), com boa resistência à maioria dos agentes químicos, à corrosão, incrustação, ação eletrolítica e galvânica. Tem também grande resistência ao impacto e a variações de temperatura. A sua superfície lisa evita ainda crescimento de bactérias, algas e fungos.

É MUITO IMPORTANTE rotular devidamente os resíduos, referindo o nome da substância ou mistura, e a designações correspondente da tabela 20. Uma identificação errada ou ambígua, para não falar na sua inexistência, pode causar acidentes graves, como reações entre substâncias incompatíveis. Existem vários relatos de explosões em laboratórios quando se adiciona inadvertidamente oxidantes fortes a compostos orgânicos. Por outro lado, os resíduos por identificar, são classificados como “produtos químicos desconhecidos” e estão sujeitos à taxa máxima cobrada pela empresa de recolha.

Exemplo de rotulagem incorreta dos resíduos<sup>77</sup>:

Um investigador, na Universidade de Delaware, estava a descartar uma mistura de ácido nítrico com água para um frasco de resíduos, de vidro escuro e com uma capacidade de 250 mL. O frasco não tinha nenhuma identificação e estava na hotte, junto a um frasco de 250 mL de 1-hexeno e um frasco de 1 L de ácido nítrico (70% v/v).

Mal o conteúdo foi colocado no frasco, ocorreu uma violenta explosão, o interior da hotte começou a arder e o frasco de hexeno foi projetado para o chão, iniciando um segundo fogo. Mais tarde, foi descoberto que o frasco onde foram colocados os resíduos continha ciclohexano e sódio metálico.

Quando se desconhecer a substância química que se pretende eliminar, dever indicar-se no rótulo “resíduo desconhecido” com a data em que se considerou que já não teria qualquer utilização. Estes produtos deverão ser removidos cerca de trinta dias após a data referida anteriormente.

Existem empresas de gestão de resíduos que fornecem rótulos pré-preenchidos (cf. figura 11) ou por preencher. Uma outra recomendação importante, é ter cuidado em apertar bem as rolhas ou tampas dos

reagentes fora de validade e jerricans, para evitar cheiros, contaminação do ar ambiente e derrames, durante o transporte dos resíduos.

PERIGO	
	
CÓDIGO LER: 16 03 07*	RESÍDUO: Resíduos contendo mercúrio
PRODUTOR: Laboratório B57      RESPONSÁVEL: Pedro Cruz Data de embalagem: 16/02/2018	

Figura 11. Exemplo de um rótulo para resíduos de mercúrio.

## 7.2. ARMAZÉM DE RESÍDUOS

O local onde são armazenados os resíduos deve ser fresco, ventilado e ao abrigo da luz solar. Os diferentes tipos de resíduos deverão estar em zonas separadas, nomeadamente, os ácidos afastados das bases, os solventes halogenados separados dos não halogenados e os resíduos desconhecidos e os resíduos com mercúrio num local à parte.

Os contentores deverão estar em boas condições e ser perfeitamente estanques. Devem estar limpos, sem contaminações visíveis do exterior e com rótulos legíveis. Sempre que se detetar alguma fuga, rotura ou corrosão, deve-se recolher os resíduos, num prazo não superior a quinze dias. O mesmo se aplica a frascos com evidências de formação de peróxidos.

Os contentores deverão estar fechados: os jerricans bem rolhados, as barricas e os contentores metálicos com as tampas bem presas com as cintas metálicas. Os jerricans não devem ser totalmente cheios (deixar uma margem de 10%, para possíveis expansões de volume).

Quando se desconhecer a substância química que se pretende eliminar, dever indicar-se no rótulo “resíduo desconhecido” com a data em que se considerou que já não teria qualquer utilização. Estes produtos deverão ser removidos cerca de trinta dias após a data referida anteriormente.

O acesso ao armazém de resíduos deve ser restrito a pessoas devidamente autorizadas. Idealmente, deverá existir uma pessoa responsável pela receção dos resíduos, num determinado dia da semana, que assegura que os mesmos são entregues devidamente acondicionados e com a rotulagem adequada e os coloca no local previsto.

A empresa de gestão de resíduos recolhe, com uma periodicidade estipulada mas flexível para fazer face a situações urgentes imprevistas.

## CONCLUSÃO

As instituições de ensino superior devem eleger a segurança dos seus laboratórios como um desígnio fundamental, da mesma forma que valorizam um ensino e investigação de excelência.

A promoção da segurança, saúde e ambiente nestes locais tem de começar pelo comprometimento do seu mais elevado representante, envolvendo as chefias intermédias e finalmente os docentes e investigadores seniores na definição de uma política comum que abranja os seguintes valores:

- A segurança é responsabilidade de todos.
- A segurança é parte integrante do ensino e da investigação e é sinónimo de uma ciência responsável.
- O treino continuado nas medidas de segurança e atuação em situações de emergência são uma constante ao longo do percurso académico e profissional de todos os que trabalham nos laboratórios.
- Uma cultura de segurança contribui para prevenir e minimizar os riscos em sentido lato e evitar acidentes.

O manual de segurança é um elemento fundamental na execução de uma política de segurança, uma vez que reflete as principais orientações e práticas de segurança da instituição. É através deste documento que os estudantes, funcionários e docentes ficam a par das regras de segurança dos laboratórios, dos procedimentos de controlo de riscos, da gestão dos resíduos e de como agir em situações de emergência.

Existem ainda outros instrumentos importantes a considerar e que deverão servir como complemento ao manual, como, por exemplo, uma base de dados das substâncias químicas, registos de incidentes, formulários de avaliação de riscos, planos de trabalhos com riscos especiais ou *check-lists* para inspeções aos laboratórios.

Finalmente, em cada Faculdade ou Departamento, deverá existir uma Comissão de Segurança responsável pela organização e treino da segurança, pela avaliação de riscos e adoção de medidas preventivas, pela investigação de acidentes e pela coordenação das inspeções e auditorias internas.



## BIBLIOGRAFIA

1. Laboratory Safety Institute. Consultado em 1/06/2018: <http://www.labsafety.org>.
2. Norval G.W. "Aspects of Changing the Safety Culture in Today's Universities: 2013 Process Safety Management Award, Canadian Society for Chemical Engineering". *Canadian Journal of Chemical Engineering*, Vol. 93:1154-1159 (2015).
3. Martins, Décio R. e Fiolhais, Carlos. "As ciências exactas e naturais em Coimbra". Em *Luz e Matéria*. Museu da Ciência – Universidade de Coimbra. pp 70 – 115. (2006)".
4. National Research Council. *Safe Science: Promoting a Culture of Safety in Academic Chemical Research*. The National Academies Press. Washington, DC. (2014).
5. James H. Gibson et al. "A research university's rapid response to a fatal chemistry accident: safety changes and outcomes", *Journal of Chemical Health and Safety*, Volume 21(4): 18-26 (2014).
6. Reuters: accident at Yale's University. Consultado em 3/06/2018: <https://www.reuters.com/article/us-yale-osa/yale-disputes-osa-criticism-in-students-lab-death-idUSTRE77G3OE20110817>.
7. Mulcahy M.B. et al. "College and university sector response to the U.S. Chemical Safety Board Texas Tech incident report and UCLA laboratory fatality". *Journal of Chemical Health and Safety*, Vol. 20(2): 6-13 (2013).
8. Science News: accident of University of Hawai. Consultado em 01/05/2018: <http://www.sciencemag.org/careers/2016/10/university-hawaii-fined-safety-violations-lab-explosion>.
9. Laurent A et al. "Investigation and Analysis of an Explosion in a Research Laboratory at a French University". *Chemical Engineering Transactions*, Vol. 36: 7-12 (2014).
10. Olewski T. and Snakard M. "Challenges in applying process safety management at university laboratories". *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, Vol. 49(B): 209-214 (2017).
11. Foster B.L. "Laboratory safety program assessment in academia". *Chemical Health and Safety*, Vol. 11(5): 6-13 (2004).
12. Schröder I. et al. "Laboratory safety attitudes and practices: A comparison of academic, government, and industry researchers". *Journal of Chemical Health and Safety*, Vol. 23(1): 12-23 (2016).
13. NP 4397 (2008). *Norma Portuguesa para Sistemas de Gestão Da Segurança e Saúde No Trabalho: Requisitos*, Instituto Português da Qualidade, Lisboa.
14. ACS Committee on Chemical Safety. *Guidelines for Chemical Laboratory Safety in Academic Institutions*. American Chemical Society, USA (2016).
15. ACS, hazard assessment in research laboratories. Consultado em 01/02/2018: <https://www.acs.org/content/acs/en/about/governance/committees/chemicalsafety/hazard-assessment.html>.
16. Nunes I.L. *Occupational safety and health risk assessment methodologies*. OSHWiki (2013). Consultado em 04/03/2018: [https://oshwiki.eu/wiki/Occupational\\_safety\\_and\\_health\\_risk\\_assessment\\_methodologies](https://oshwiki.eu/wiki/Occupational_safety_and_health_risk_assessment_methodologies).
17. ACT, ferramentas OiRA de avaliação de riscos. Consultado em 3/02/2018: [http://www.act.gov.pt/\(pt-PT\)/CentroInformacao/FerramentasOiRAdeavaliacaoderiscos/Paginas/default.aspx](http://www.act.gov.pt/(pt-PT)/CentroInformacao/FerramentasOiRAdeavaliacaoderiscos/Paginas/default.aspx).

18. Hill, Robert H. and Finster, David C. *Laboratory Safety for Chemistry Students*. John Wiley and Sons, Inc. USA (2010).
19. ACS Committee on Chemical Safety. *Safety in Academic Chemistry Laboratories - Best Practices for First and Second Year University Students*. 8<sup>th</sup> ed. American Chemical Society, USA (2003).
20. Santos, Tânia. *Análise de Acidentes em Laboratórios Químicos e Similares*, Instituto Politécnico de Setúbal, 70 pp. (2016). Consultado em 03/04/2018: <https://comum.rcaap.pt/handle/10400.26/18056>.
21. ACS Committee on Chemical Safety. *Safety in Academic Chemistry Laboratories - Accident Prevention for Faculty and Administrators*. American Chemical Society, USA (2003).
22. Hill, Robert H. "The emergence of laboratory safety". *Journal of Chemical Health and Safety*, 14(3):14-19 (2007).
23. ACT: legislação. Consultado em 05/02/2018: [http://www.act.gov.pt/\(pt-PT\)/Legislacao/LegislacaoNacional/Paginas/default.aspx](http://www.act.gov.pt/(pt-PT)/Legislacao/LegislacaoNacional/Paginas/default.aspx).
24. Agência Europeia para a Segurança e Saúde no Trabalho. Consultado em 18/01/2018: <https://osha.europa.eu/pt/>.
25. ECHA: European Chemicals Agency. Consultado em 28/05/2018: <https://echa.europa.eu/pt/home>.
26. Agência Portuguesa do Ambiente. Consultado em 28/05/2018: <https://www.apambiente.pt>.
27. National Research Council. *Prudent Practices in the Laboratory: Handling and Management of Chemical Hazards*, The National Academies Press. Washington, DC (2011).
28. Domingues P e Simões M. *Guia De Segurança*. Departamento de Química da Universidade de Aveiro, 94 pp. (2001). Consultado em 04/03/2018: <https://www.ua.pt/dqua/page/5313?ref=ID0ELCA/ID0EFLCA>.
29. Núcleo de Segurança, Higiene e Saúde do Instituto Superior Técnico. *Manual de Segurança Para Laboratórios*. 37 pp. (2016). Consultado em 21/01/2018: <http://nshs.tecnico.ulisboa.pt/files/sites/10/manual-de-seguranca-para-laboratorios.pdf>.
30. Pereira, M.M. A. *Manual de Segurança Dos Laboratórios Do Departamento de Química*. Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, 40 pp.
31. Pereira Mariette M. e outros. *Guia de Segurança No Laboratório de Química*. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, 50 pp. (2006).
32. Servicio de Prevención de Riesgos Laborales. *La seguridad en los laboratorios de prácticas con riesgo químico*. Universidad de La Rioja, 25 pp. Consultado em 04/05/2018: [https://www.unirioja.es/servicios/sprl/pdf/charla\\_alumnos.pdf](https://www.unirioja.es/servicios/sprl/pdf/charla_alumnos.pdf)
33. Versolato, Júlia e outros. *Manual de Segurança Em Laboratórios Do Departamento de Química e Bioquímica*. Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. 36 pp. (2005). Consultado em 05/06/2018: [https://ciencias.ulisboa.pt/sites/default/files/fcul/institucional/higiene-seguranca/manual\\_de\\_seguranca\\_dqb.pdf](https://ciencias.ulisboa.pt/sites/default/files/fcul/institucional/higiene-seguranca/manual_de_seguranca_dqb.pdf).
34. Comissão de Segurança e Saúde no Trabalho. *Manual de Boas Práticas Em Laboratório*. Faculdade de Farmácia da Universidade de Lisboa. 34 pp. (2016). Consultado em 12/05/2018: [https://elearning03.ul.pt/pluginfile.php/46125/mod\\_resource/content/1/Manual Boas Práticas em Laboratório-FFULisboa.pdf](https://elearning03.ul.pt/pluginfile.php/46125/mod_resource/content/1/Manual%20Boas%20Práticas%20em%20Laboratório-FFULisboa.pdf).
35. Sinalux. Consultado em 27/07/2018: <http://www.sinalux.eu/pt>.
36. Pinto, Nuno. *Plano de Segurança Contra Incêndios. Polo II – Ciências e Tecnologia, Departamento de Engenharia Química*. Universidade de Coimbra. (2012).

37. ACT. *Guia Geral Para a Seleção de Equipamentos de Proteção Individual (EPI)*. 28 pp. (2016). Consultado em 12/05/2018: [http://www1.ipq.pt/PT/Normalizacao/FerramentasPME/Documents/Guia\\_EPI\\_Web.pdf](http://www1.ipq.pt/PT/Normalizacao/FerramentasPME/Documents/Guia_EPI_Web.pdf).
38. Chemical & Engineering News: Learning from UCLA. Consultado em 30/03/2018: <https://cen.acs.org/articles/87/i31/Learning-UCLA.html>.
39. ACT. *Guia de Seleção de Luvas de Proteção - Agentes Químicos*. 20 pp. (2016). Consultado em 15/05/2018: [http://www.act.gov.pt/\(pt-PT\)/crc/PublicacoesElectronicas/Instrumentosdeprevencao/Documents/Guia\\_Luvas.pdf](http://www.act.gov.pt/(pt-PT)/crc/PublicacoesElectronicas/Instrumentosdeprevencao/Documents/Guia_Luvas.pdf).
- Pinto, Abel. *Manual de Segurança - Construção, Conservação e Restauro de Edifícios*. 3.ª Ed. Edições Sílabo. Lisboa (2008).
40. Pinto, Abel. *Manual de Segurança - Construção, Conservação e Restauro de Edifícios*. 3.ª Ed. Edições Sílabo. Lisboa (2008).
41. Pereira, Maria Manuela A. "Segurança em Laboratórios de Química" em *Curso de Segurança no Departamento de Engenharia Química*, Universidade de Coimbra, 7 e 8 de Setembro (2017).
42. American Council on Science and Health- Two Drops Of Death: Dimethylmercury. Consultado em 01/03/2018: <https://www.acsh.org/news/2016/06/06/two-drops-of-death-dimethylmercury>.
43. Sharpless, K. Barry, *A cautionary tale from the past*. MIT News. (1992). Consultado em 30/03/2018: <http://news.mit.edu/1992/safety-0311>.
44. ACT. *Guia de Seleção de Aparelhos de Proteção Respiratória Filtrantes*. 24 pp. (2016). Consultado em 22/05/2018: [http://www1.ipq.pt/PT/Normalizacao/FerramentasPME/Documents/Guia\\_APR\\_Web.pdf](http://www1.ipq.pt/PT/Normalizacao/FerramentasPME/Documents/Guia_APR_Web.pdf).
45. Honeywell: industrial safety. Consultado em 25/04/2018: <https://www.honeywellsafety.com>.
46. Galacho Cristina. "Nova Classificação e Rotulagem de Produtos Químicos: Regulamento CLP". *Química*. 138:47-56. (2015).
47. Simões, José A. Martinho e outros. *Guia Do Laboratório de Química e Bioquímica*. 3ª Ed. Lidel- Edições Técnicas, Lda. Lisboa. (2017).
48. Merck: fichas de dados de segurança. Consultado em 10/02/2018: <https://www.merckmillipore.com/PT/en/documents/Z.qb.qB.tecAAAFDDJUsznLq.nav>.
49. Sigma-Aldrich: fichas de dados de segurança. Consultado em 10/02/2018: <https://www.sigmaaldrich.com/site-level/special-forms/msds-request.html>.
50. Carl Roth: área de químicos. Consultado em 5/02/2018: <https://www.carlroth.com/en/en/Chemicals>.
51. Fisher Scientific: área de químicos. Consultado em 4/02/2018: <https://www.fishersci.pt/shop/acrossSearch.do>
52. Avantor: fichas de dados de segurança. Consultado em 4/02/2018: <https://uk.vwr.com/store/search/searchMSDS.jsp?tabId=msdsSearch>.
53. Chemical Safety EHS Software. Consultado em 4/02/2018: <https://chemicalsafety.com/sds-search>.
54. Wallau, Wilhelm Martin e Santos Júnior, José Augusto. "O Sistema Globalmente Harmonizado de Classificação e Rotulagem de Produtos Químicos (GHS) - Uma Introdução para sua Aplicação em Laboratórios de Ensino e Pesquisa Académica". *Química Nova*. 36(4):689-695 (2013).

55. Sigma-Aldrich. Technical Bulletin AL-134. *Handling Air-Sensitive Reagents*. Consultado em 14/04/2018:  
[https://www.sigmaaldrich.com/content/dam/sigma-aldrich/docs/Aldrich/Bulletin/al\\_techbull\\_al134.pdf?utm\\_source=redirect&utm\\_medium=promotional&utm\\_campaign=insite\\_al\\_techbull\\_al134](https://www.sigmaaldrich.com/content/dam/sigma-aldrich/docs/Aldrich/Bulletin/al_techbull_al134.pdf?utm_source=redirect&utm_medium=promotional&utm_campaign=insite_al_techbull_al134)
56. Lesson Learned: Peroxide Explosion Injures Campus Researcher. Consultado em 22/05/2018:  
<https://ehs.berkeley.edu/lessons-learned/lesson-learned-peroxide-explosion-injures-campus-researcher>.
57. Arcuri, Arline S. A. *Substâncias Peroxidáveis*. Ministério do Trabalho e Emprego. 60 pp. (1999). Consultado em 12/04/2018: <http://www.fundacentro.gov.br/biblioteca/biblioteca-digital/publicacao/detalhe/2012/7/substancias-peroxidaveis>.
58. Stephen F. Austin State University: Peroxide-Forming Chemicals. Consultado em 04/02/2018:  
[http://www.sfasu.edu/safety/documents/Reactive\\_Materials\\_Guidance\\_Document.pdf](http://www.sfasu.edu/safety/documents/Reactive_Materials_Guidance_Document.pdf).
59. Lesson Learned: safe disposal of waste containing nitric acid. Consultado em 03/02/2018:  
<https://ehs.yale.edu/sites/default/files/files/Lessons-Learned/nitric-acid-explosions.pdf>.
60. Alaimo, Bob. "Pioneers in chemical safety". *Journal of Chemical Health & Safety*. 22(1): 51-53 (2014).
61. Mills J. *Scientist suffocated in lab*. Metro News. Consultado em 08/03/2018:  
<http://metro.co.uk/2017/12/13/imperial-college-fined-70000-scientist-suffocated-lab-7156620>.
62. Kwan J. *Fatality due to acute HF exposure*. University of Vermont. Consultado em 19/04/2018:  
[https://www.uvm.edu/cosmolab/safety\\_manuals/Fatality%20due%20to%20acute%20HF%20exposure.pdf](https://www.uvm.edu/cosmolab/safety_manuals/Fatality%20due%20to%20acute%20HF%20exposure.pdf).
63. DGS. *Guia Técnico nº 2 - Vigilância da Saúde Dos Trabalhadores Expostos a Agentes Químicos, Cancerígenos, Mutagênicos ou Tóxicos para a Reprodução*. 121 pp. (2018). Consultado em 23/06/2018: <https://www.dgs.pt/saude-ocupacional/referenciais-tecnicos-e-normativos/guias-tecnicos/guia-tecnico-n-2-1.aspx>
64. ECHA: Nanomaterials Expert Group. Consultado em 26/04/2018:  
<https://echa.europa.eu/pt/regulations/nanomaterials/nanomaterials-expert-group>.
65. European Chemicals Agency: European Union Observatory for Nanomaterials. Consultado em 26/04/2018:  
<https://euon.echa.europa.eu>.
66. Amoabediny, G.H. et al. "Guidelines for Safe Handling, Use and Disposal of Nanoparticles. In: Nanosafe 2008: International Conference on Safe Production and Use of Nanomaterials". *Journal of Physics: Conference Series* (2009).
67. Ostiguy Claude et al. *Nanoparticles, Actual Knowledge about Occupational Health and Safety Risks and Prevention Measures*. Institut de Recherche Robert-Sauvé en Santé et en Sécurité du Travail (2006). Consultado em 11/05/2018:  
<http://www.irsst.qc.ca/media/documents/PubIRSST/R-470.pdf?v=2018-07-11>
68. Princeton University: Fume Hood Proper Work Practices. Consultado em 26/04/2018:  
<https://ehs.princeton.edu/node/369>
69. OSHA: Chemical Fume Hoods. Consultado em 26/04/2018  
<https://www.osha.gov/Publications/laboratory/OSHAquickfacts-lab-safety-chemical-fume-hoods.pdf>.
70. École Polytechnique Fédérale de Lausanne: Lazer Hazards. Consultado em 05/04/2018:  
[http://sti.epfl.ch/files/content/sites/sti/files/shared/security/Newsletter/Laser\\_Safety\\_Ganiere.pdf](http://sti.epfl.ch/files/content/sites/sti/files/shared/security/Newsletter/Laser_Safety_Ganiere.pdf).
71. The Laboratory Safety Institute: Newsletter Spring/Summer 2018, vol 27.1. Consultado em 10/6/2018:  
<http://www.labsafety.org/resource>.

72. Princeton University: laboratory equipment and engineering controls. Consultado em 04/04/2018: <https://ehs.princeton.edu/laboratory-research/laboratory-safety/laboratory-equipment-and-engineering>.

73. Wikipedia: Seveso accident. Consultado em 3/06/2018: [https://en.wikipedia.org/wiki/Seveso\\_disaster](https://en.wikipedia.org/wiki/Seveso_disaster).

74. INEM: posição lateral de segurança. Consultado em 15/02/2018: <http://www.inem.pt/2017/11/08/gestos-que-salvam-posicao-lateral-de-seguranca-pls>.

75. INEM: queimaduras. Consultado em 15/02/2018: <http://www.inem.pt/2017/05/29/queimaduras>.

76. INEM: Centro de Informação Antivenenos. Consultado em 4/03/2018: <http://www.inem.pt/category/servicos/centro-de-informacao-antivenenos>.

77. University of Delaware: nitric acid incident. Consultado em 26/04/2018: <http://www1.udel.edu/ehs/research/chemical/nitric-acid.html>.



---

## **ANEXOS**

---



## **ANEXO I. GESTÃO DE RISCOS**

### **I.1. PRINCÍPIOS GERAIS DE PREVENÇÃO DE RISCOS NOS LABORATÓRIOS**

Tal como previsto na Lei n.º 102/2009, de 10 de Setembro, que regulamenta o regime jurídico da promoção da segurança e saúde no trabalho, as Universidades devem zelar, de forma continuada e permanente, pelo exercício da atividade laboratorial em condições de segurança e de saúde para o trabalhador, tendo em conta os seguintes princípios gerais de prevenção.

#### **PRINCÍPIO 1**

Identificação dos riscos previsíveis em todas as atividades dos laboratórios, na conceção ou construção de instalações, de locais e processos de trabalho, assim como na seleção de equipamentos, substâncias e produtos, com vista à eliminação dos mesmos ou, quando esta seja inviável, à redução dos seus efeitos.

#### **PRINCÍPIO 2**

Integração da avaliação dos riscos para a segurança e a saúde do trabalhador no conjunto das atividades laboratoriais, devendo adotar as medidas adequadas de proteção.

#### **PRINCÍPIO 3**

Combate aos riscos na origem, por forma a eliminar ou reduzir a exposição e aumentar os níveis de proteção.

#### **PRINCÍPIO 4**

Assegurar, nos laboratórios, que as exposições aos agentes químicos, físicos e biológicos não constituem risco para a segurança e saúde do trabalhador.

#### **PRINCÍPIO 5**

Adaptação do trabalho ao homem, especialmente no que se refere à conceção dos postos de trabalho, à escolha de equipamentos de trabalho e aos métodos de trabalho e produção, com vista a, nomeadamente, atenuar o trabalho monótono e o trabalho repetitivo.

#### **PRINCÍPIO 6**

Adaptação ao estado de evolução da técnica, bem como a novas formas de organização do trabalho.

#### **PRINCÍPIO 7**

Substituição do que é perigoso pelo que é isento de perigo ou menos perigoso (adotar por exemplo os princípios da *Green Chemistry*).

#### **PRINCÍPIO 8**

Priorização das medidas de proteção coletiva em relação às medidas de proteção individual.

#### **PRINCÍPIO 9.**

Elaboração e divulgação de instruções compreensíveis e adequadas à atividade desenvolvida pelo trabalhador.

### I.3. FERRAMENTAS DE GESTÃO DE RISCOS

Na figura A.1. está representado um diagrama para as etapas do processo de gestão de riscos. Na prática, a avaliação de risco (*risk assessment*) corresponde aos dois primeiros passos da gestão do risco: *hazard analysis* e *risk assessment*.

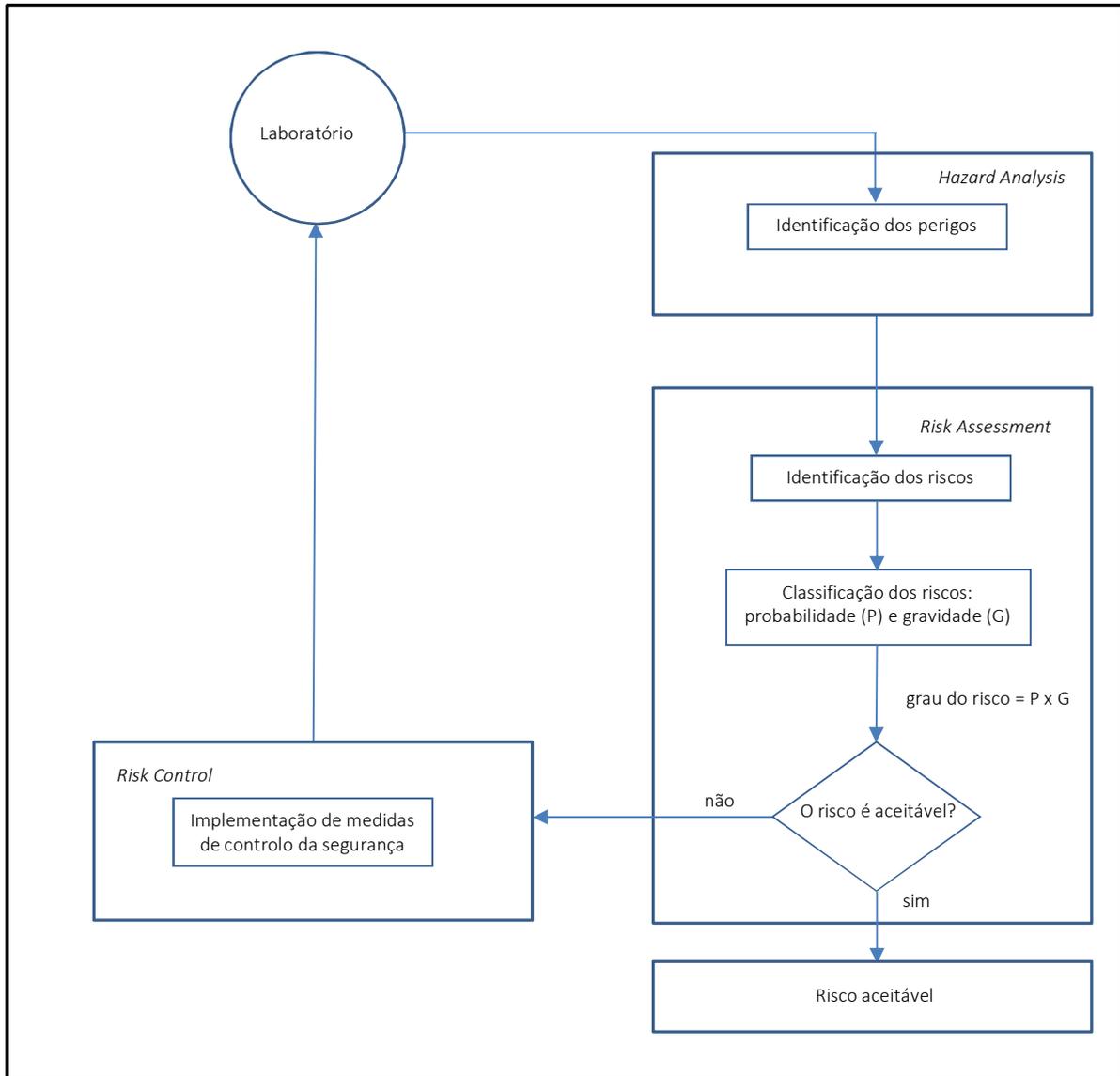


Figura A.1. Etapas do Processo de Gestão de riscos<sup>j</sup>.

Como implementar a gestão do risco associada a um determinado trabalho laboratorial?

Existem muitas ferramentas disponíveis *online* para utilização dos estudantes, investigadores e docentes concebidas para ajudar na etapa da avaliação de riscos e outras aplicáveis a todo o processo de gestão de

<sup>j</sup> Nunes I.L. *Occupational safety and health risk assessment methodologies*. OSHWiki (2013). Consultado em 04/03/2018: [https://oshwiki.eu/wiki/Occupational\\_safety\\_and\\_health\\_risk\\_assessment\\_methodologies](https://oshwiki.eu/wiki/Occupational_safety_and_health_risk_assessment_methodologies).

risco: *checklists*, matrizes para classificação e definição da tolerância ao risco ou *software* dedicado, como os que se apresentam seguidamente.

A Agência Europeia para a Segurança e Saúde no Trabalho (EU-OSHA) criou a plataforma *OiRA – Online interactive Risk Assessment*<sup>k</sup> – com parceiros nos vários países europeus (incluindo a Autoridade para as Condições do Trabalho) onde se pretende partilhar ferramentas para a análise de riscos em diversos setores de atividade, em qualquer linguagem e de forma fácil e normalizada.

Uma das ferramentas existentes (muito completa e que contempla os laboratórios) é a *eSMART.ie – Business Electronic Safety Management And Risk assessment Tool* – desenvolvida pela Autoridade da Segurança e Saúde da Irlanda<sup>l</sup>.

Também no âmbito do OIRA, o ACT desenvolveu uma ferramenta (em português) e disponível no seu sítio<sup>m</sup>, para vários setores de atividade. No caso dos laboratórios, pode-se utilizar o modelo multisectorial ajustado às suas especificidades.

A Sociedade Americana da Química (ACS) tem uma página na internet<sup>n</sup> com conteúdos de *Hazard Assessment in Research Laboratories*. Contém muita informação sobre a identificação de perigos nos laboratórios, exemplos de métodos para a realização de análises de risco, e casos práticos sob a perspetiva dos vários intervenientes nestes processos (estudante, investigador, docente responsável, diretor). Disponibiliza também um manual muito completo *Identifying and Evaluating Hazards in Research Laboratories - Guidelines developed by the Hazard Identification and Evaluation Task Force of the American Chemical Society's Committee on Chemical Safety*.

---

<sup>k</sup> EU-OSHA: online interactive risk assessment. Consultado em 02/02/2018: <https://osha.europa.eu/en/tools-and-publications/oira>.

<sup>l</sup> BeSMART: business electronic safety management and risk assessment tool. Consultado em 02/05/2018: <https://www.besmart.ie>.

<sup>m</sup> ACT, ferramentas OiRA de avaliação de riscos. Consultado em 3/02/2018:

[http://www.act.gov.pt/\(pt-PT\)/CentroInformacao/FerramentasOiRAdeavaliacaoderiscos/Paginas/default.aspx](http://www.act.gov.pt/(pt-PT)/CentroInformacao/FerramentasOiRAdeavaliacaoderiscos/Paginas/default.aspx).

<sup>n</sup> ACS, hazard assessment in research laboratories. Consultado em 01/02/2018:

<https://www.acs.org/content/acs/en/about/governance/committees/chemicalsafety/hazard-assessment.html>.

<sup>o</sup> ACS: identifying and evaluating hazards in research laboratories. Consultado em 24/04/2018:

<https://www.acs.org/content/dam/acsorg/about/governance/committees/chemicalsafety/publications/identifying-and-evaluating-hazards-in-research-laboratories.pdf>.



## ANEXO II. SINALIZAÇÃO E SÍMBOLOS DE SEGURANÇA

### II.1. SINALIZAÇÃO DE SEGURANÇA

Apresenta-se na tabela A.1 o significado e a aplicação das cores de segurança e os diferentes tipos de sinais utilizados (proibição, aviso, obrigação, salvamento ou socorro e material de combate a incêndio).

Tabela A.1. Resumo das Cores de Segurança.

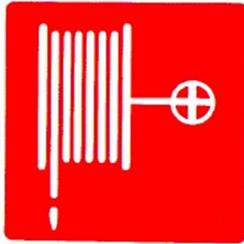
Cor	Significado ou finalidade	Indicações e precisões
Vermelho	Sinal de proibição	Atitudes perigosas
	Perigo – alarme	Stop, pausa, dispositivos de corte de emergência e evacuação
	Material e equipamento de combate a incêndio	Identificação e localização
Amarelo ou amarelo-alaranjado	Sinal de aviso	Atenção, precaução, verificação
Azul	Sinal de obrigação	Comportamento ou ação específicos – obrigação de utilizar equipamento de proteção individual
Verde	Sinal de salvamento ou socorro	Portas, saídas, vias. Material, postos, locais específicos
	Situação de segurança	Retorno à normalidade

Sinal de obstáculos e locais perigosos



Faixas vermelhas e brancas ou amarelas e negras

Sinais relativos ao material de combate a incêndios



Aguilheta de incêndio



Escada



Extintor



Telefone para luta contra incêndios



Direcção a seguir  
(sinal de indicação adicional às placas apresentadas acima)

Sinais de proibição



Proibição de fumar



Proibição de fazer lume e de fumar



Passagem proibida a peões



Proibição de apagar com água



Água não potável



Proibida a entrada a pessoas não autorizadas



Passagem proibida a veículos de movimento de cargas



Não tocar

Sinais de aviso



Substâncias inflamáveis  
ou alta temperatura



Substâncias explosivas



Substâncias tóxicas



Substâncias corrosivas



Substâncias radioactivas



Cargas suspensas



Veículos de movimentação  
de cargas



Perigo de electrocussão



Perigos vários



Raios laser



Substâncias comburentes



Radiações não ionizantes



Forte campo magnético



Tropeçamento



Queda com desnível



Risco biológico



Baixa temperatura



Substâncias nocivas ou irritantes

Sinais de obrigação



Protecção obrigatória dos olhos



Protecção obrigatória da cabeça



Protecção obrigatória dos ouvidos



Protecção obrigatória das vias respiratórias



Protecção obrigatória dos pés



Protecção obrigatória das mãos



Protecção obrigatória do corpo



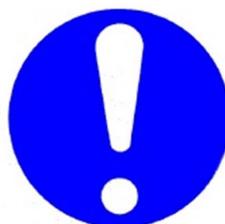
Protecção obrigatória do rosto



Protecção individual obrigatória contra quedas

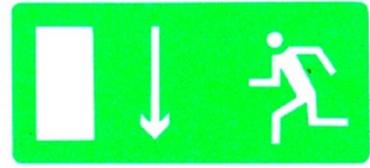
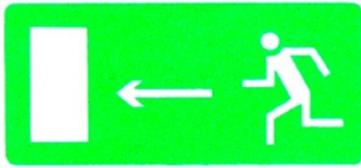


Passagem obrigatória para peões

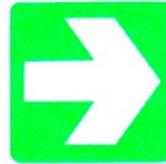
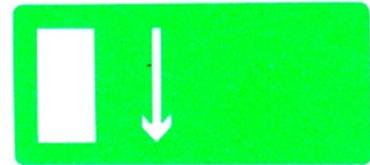


Obrigações várias (acompanhada eventualmente de uma placa adicional)

Sinais de salvamento ou de emergência



Via/saída de emergência



Direcção a seguir  
(sinal de indicação adicional às placas apresentadas em seguida)



Primeiros socorros



Maca



Duche de segurança



Lavagem dos olhos



## ANEXO III. COMBATE A INCÊNDIOS

Nas tabelas A.2 e A.3 apresentam-se as classes de fogo existentes e os respetivos meios de extinção e uma lista das substâncias que reagem com a água, pertencentes à classe de fogo D.

Tabela A.2. Seleção de agentes extintores segundo as classes de fogo, de acordo com a Norma NP 1800.

Classe de Fogo	Designação	Exemplos	Agente extintor
 <b>A</b>	Fogos de materiais sólidos de natureza orgânica (normalmente com a formação de brasas)	Madeira, papel, tecidos, carvão, forragens, etc	Água em jato pulverizada, espuma ou pó ABC
 <b>B</b>	Fogos de líquidos ou de sólidos liquidificáveis	Alcatrão, gasolina, óleos, álcoois, etc	Espuma, pó ABC, CO <sub>2</sub>
 <b>C</b>	Fogos de gases	Propano, butano, acetileno, hidrogénio, etc	Pó ABC, CO <sub>2</sub>
 <b>D</b>	Fogos de metais e substâncias pirofóricas	Alumínio, potássio, sólido, magnésio, etc	Pó D
 <b>F</b>	Fogos de óleos e gorduras	Óleos e gorduras animais e vegetais	Agente químico húmido (mistura de água e acetato de potássio)

Tabela A.3. Substâncias que reagem com água (classe D)<sup>p</sup>.

Designação	Fórmula Química	Reação com Água
Anidrido acético	C <sub>4</sub> H <sub>6</sub> O <sub>3</sub>	Reação violenta
Cloreto de acetilo	CH <sub>3</sub> COCl	Decomposição violenta em ácido clorídrico e ácido acético
Brometo de alumínio	AlBr <sub>3</sub>	Hidrólise violenta
Cloreto de alumínio	AlCl <sub>3</sub>	Decomposição violenta em gás cloreto de hidrogénio
Brometo de boro	BBr <sub>3</sub>	Reação violenta ou explosiva
t-butil-lítio	C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> Li	Entra em ignição
Carbeto de cálcio	Ca <sub>3</sub> C <sub>2</sub>	Produção de acetileno (gás explosivo)
Hidreto de cálcio	CaH <sub>2</sub>	Libertação de hidrogénio
Ácido clorossulfúrico	HSO <sub>3</sub> Cl	Reação violenta, fortemente exotérmica
Cloro-trimetil-silano	(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> SiCl	Reação violenta
Dicloro-dimetil-silano	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> SiCl <sub>2</sub>	Reação violenta
Hidreto de alumínio e lítio	LiAlH	Libertação e ignição de hidrogénio
Hidreto de lítio	LiH	Decomposição violenta
Lítio	Li	Decomposição explosiva do pó
Metil-cloro-silano	CH <sub>3</sub> SiCl <sub>3</sub>	Reação violenta com libertação de ácido clorídrico
Cloreto de oxalila	C <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Reação violenta com libertação de ácido clorídrico
Pentacloreto de fósforo	PCl <sub>5</sub>	Reação violenta
Pentóxido de fósforo	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Reação exotérmica muito violenta
Brometo de fósforo	PBr <sub>3</sub>	Reação violenta com pequenas quantidades de água quente
Cloreto de fósforo	PCl <sub>3</sub>	Reação violenta com libertação de difosfano (substância inflamável)
Cloreto de fosforila	POCl <sub>3</sub>	Reação lenta que se pode tornar violenta
Amida de potássio	KNH <sub>2</sub>	Reação violenta que pode desencadear uma explosão
Hidreto de potássio	KH	Libertação de hidrogénio
Hidróxido de potássio	KOH	Reação fortemente exotérmica
Potássio metálico	K	Formação hidróxido de potássio e hidrogénio
Azida de sódio	NaN <sub>3</sub>	Reação violenta com libertação de hidróxido de sódio e amoníaco
Hidreto de sódio	NaH	Explosão
Hidrossulfito de sódio	Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	Aquecimento e inflamação espontânea com 10% de água
Hidróxido de sódio	NaOH	Reação fortemente exotérmica
Sódio metálico	Na	Produção de hidrogénio
Peróxido de sódio	Na <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Reação violenta e explosiva
Estrôncio	Sr	Reação violenta
Ácido sulfúrico	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Reação violenta
Tetracloroeto de silano	SiCl <sub>4</sub>	Reação violenta
Cloreto de tionila	SOCl <sub>2</sub>	Reação violenta com libertação de ácido clorídrico e dióxido de enxofre
Tetracloroeto de titânio	TiCl <sub>4</sub>	Reação violenta com libertação de cloreto de hidrogénio gasoso
Triclorossilano	SiHCl <sub>3</sub>	Libertação de fumos tóxicos e corrosivos
Triisobutilalumínio	Al(C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>3</sub>	Reação violenta
Tetracloroeto de zircónio	ZrCl <sub>4</sub>	Reação violenta

Apresenta-se seguidamente uma brochura da Escola Nacional de Bombeiros, a explicar a utilização dos diferentes meios de extinção<sup>q</sup>.

<sup>p</sup> US Department of Energy: common water reactive chemicals. Consultado em 21/03/2018: <https://eta-safety.lbl.gov/sites/all/files/Water Reactive Chemicals - common list.pdf>.

<sup>q</sup> Escola Nacional de Bombeiros. Consultado em 19/03/2018: <https://www.enb.pt>.

# COMBATE A INCÊNDIOS UTILIZAR MEIOS DE EXTINÇÃO

www.enb.pt

Se necessitar  
de ajuda ligue 112

Considerados meios de primeira intervenção no combate a incêndios, o Extintor, o Carretel e a Manta Ignífuga são equipamentos que podem ser utilizados por qualquer pessoa no ataque a um incêndio na sua fase inicial. Antes de atuar, verifique se não está a colocar-se a si e a outros em risco.

## Classes de Fogo

**1** Verifique se este equipamento é o mais adequado

**2** Retire a cavilha de segurança e faça o teste

**3** Aponte para a base das chamas

**4** Extinga o incêndio por completo e proceda ao rescaldo



**1** Verifique se este equipamento é o mais adequado

**2** Abra a válvula de corte com a agulheta fechada

**3** Abra a agulheta e aponte para a base das chamas

**4** Extinga o incêndio por completo e proceda ao rescaldo



**1** Verifique se este equipamento é o mais adequado

**2** Estenda a manta na vertical protegendo-se

**3** Aproxime-se protegido e abafe as chamas

**4** Retire a manta apenas quando o combustível arrefecer



Garanta o corte de gás e/ou eletricidade, caso o equipamento seja alimentado por uma destas energias.

Extintor  
Pó Químico

Extintor  
Água  
Aditivada

Extintor  
CO<sub>2</sub>

Carretel

Manta  
Ignífuga



INSTITUIÇÕES  
E EMPRESAS

Escola Nacional de Bombeiros

### FORMAÇÃO EM:

- > Primeiros Socorros
- > Combate a Incêndio
- > Segurança Contra Incêndio em Edifícios

### ESCOLA NACIONAL DE BOMBEIROS

Centro de Serviços para Instituições e Empresas  
Rua Dr. António Macieira  
Quinta do Anjinho  
São Pedro de Penaferrim  
2710 - 689 Sintra PORTUGAL

Tel.: +351 219 239 048  
Fax: +351 219 106 250  
e-mail: [servicos@enb.pt](mailto:servicos@enb.pt)

www.enb.pt



## ANEXO IV. SUBSTÂNCIAS QUÍMICAS

### IV.1. PICTOGRAMAS DAS SUBSTÂNCIAS QUÍMICAS

Na tabela A.4 mostram-se os pictogramas do regulamento CLP e os símbolos da anterior legislação.

Tabela A.4. Correspondência entre os pictogramas de perigo do CLP e os símbolos anteriores.

Pictograma do CLP	Antigo símbolo de Perigo
	
	
	
	Categoria nova.
	
	
	 
	 
	

### IV.2. EXEMPLO DE UMA BASE DE DADOS PARA REGISTO DAS SUBSTÂNCIAS QUÍMICAS

As substâncias químicas existentes nos diferentes laboratórios e armazéns de um Departamento ou Faculdade devem estar registadas informaticamente, facilitando a gestão, prevenção e controlo dos riscos. A escolha do *software*, bem como a estrutura da base de dados, dependerá das necessidades de cada instituição. É necessário definir os fluxos das substâncias, desde a sua aquisição até ao final do ciclo de vida quando são eliminadas como resíduo, bem como os responsáveis por carregar, validar e atualizar a informação. Como exemplo, mostra-se na figura A.2. a informação que poderá constar do registo de cada substância.

Nome: Acetonitrilo	
N.º CAS: 75-05-08	
N.º CE: 200-835-2	
Fórmula Molecular: C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> N	
Pictograma:	
	
Fabricante: TermoFisher Scientific	
Estado físico: líquido	Concentração: ≤ 100%
Número de frascos:1	Capacidade: 1l
Data de aquisição: 03/05/2017	
Data de abertura: 19/07/2018	
Data de validade: 31/12/2020	
Ficha de dados de segurança: (Ficheiro em PDF)	
Identificação do laboratório: Laboratório de XXXXXXXXX	
Localização do laboratório: BXX	
Responsável: XXXXXXX	Contacto: XXXXXXX
Substância Pirofórica ou Incompatível com Água: Não	
Substância Peroxidável: Não	
Substância Perigosa para a Saúde: Não	

Figura A.2. Exemplo do registo de uma substância química.

A base de dados também poderá ser programada para gerar alertas que facilitem a gestão das substâncias perigosas: alertas gerais para todos os utilizadores ou para apenas os responsáveis de cada laboratório, para a revisão e confirmação de stocks, para a inspeção de embalagens perigosas ou para a existência de substâncias incompatíveis com água.

### IV.3. INCOMPATIBILIDADE ENTRE SUBSTÂNCIAS QUÍMICAS

Na tabela A.5 indicam-se compostos incompatíveis entre si, que têm de ser armazenados em separado.

Tabela A.5. Tabela de incompatibilidade química<sup>f</sup>.

Reagente	Substâncias Incompatíveis
Acetileno	Cloro, bromo, flúor, prata, cobre, mercúrio e seus derivados
Acetona	Misturas de ácido nítrico e de ácido sulfúrico concentrado
Ácido acético	Ácido crómico, ácido nítrico, compostos hidroxilados, etileno-glicol, ácido perclórico, peróxidos, permanganatos
Ácido crómico e trióxido de crómio	Ácido acético, cânfora, glicerol, álcool, outros líquidos inflamáveis
Ácido nítrico (concentrado)	Ácido acético, acetona, álcool, anilina, ácido crómico, cianeto de hidrogénio, sulfureto de hidrogénio, líquidos inflamáveis, gases inflamáveis, substâncias nitráveis, cobre, latão, metais pesados
Ácido oxálico	Prata, mercúrio
Ácido perclórico	Anidrido acético, bismuto e ligas de bismuto, álcoois, papel, gordura, óleos
Ácido sulfúrico	Água, cloratos, percloratos, permanganatos, carbonato de sódio
Amoníaco	Mercúrio, cloro, hipoclorito de cálcio, iodo, bromo, fluoreto de hidrogénio, sais de prata
Anilina	Ácido nítrico, peróxido de hidrogénio
Bromo	Amoníaco, acetileno, butadieno, butano, metano, propano (ou outros gases de petróleo), hidrogénio, carboneto de sódio, benzeno, metais finamente divididos
Carvão ativado	Hipoclorito de cálcio, todos os agentes oxidantes
Cianeto de hidrogénio	Ácido nítrico, bases
Cloratos	Sais de amónio, ácidos, metais finamente divididos, enxofre, substâncias orgânicas finamente divididas ou combustíveis
Cloro	Amoníaco, acetileno, butadieno, butano e outros derivados do petróleo, hidrogénio, carboneto de sódio, benzeno, metais finamente divididos
Cobre	Acetileno, peróxido de hidrogénio
Flúor	Isolar de todas as substâncias
Fluoreto de hidrogénio	Amoníaco, amónia
Fósforo (branco)	Ar, oxigénio, bases cáusticas, agentes redutores
Hidrazina (hidrato)	Peróxido de hidrogénio, ácido nítrico, quaisquer outros agentes oxidantes
Hidrocarbonetos (benzeno, butano, propano, etc)	Flúor, cloro, bromo, ácido crómico, peróxido de sódio
Hidróxido de sódio e hidróxido de potássio	Água, ácidos
Iodo	Acetileno, amoníaco, amónia, hidrogénio
Líquidos inflamáveis	Nitrato de amónio, ácido crómico, peróxido de hidrogénio, ácido nítrico, peróxido de sódio, halogéneos
Mercúrio	Acetileno, amoníaco
Metais alcalinos	Água, dióxido de carbono, tetracloreto de carbono e outros hidrocarbonetos clorados, hidrogénio
Nitrato de amónio	Água, metais finamente divididos, líquidos inflamáveis, cloratos, nitritos, enxofre, substâncias orgânicas finamente divididas ou combustíveis
Nitroparafinas	Bases inorgânicas, aminas
Óxido de cálcio	Água
Oxigénio	Óleos, gorduras, hidrogénio, sólidos inflamáveis, líquidos inflamáveis, gases inflamáveis
Percloratos (ver ácido perclórico)	Ácidos, materiais combustíveis
Permanganato de potássio	Glicerol, etileno, glicol, benzaldeído, ácido sulfúrico
Peróxido de hidrogénio	Cobre, crómio, ferro, a maior parte dos metais e seus sais, álcoois, matéria orgânica, anilina, nitrometano, líquidos inflamáveis, substâncias combustíveis
Peróxido de sódio	Todas as substâncias oxidáveis, como etanol, metanol, ácido acético glacial, anidrido acético, benzaldeído, sulfureto de carbono, glicerol, etileno glicol, acetato de etilo, acetato de metilo, furfural
Peróxido de fósforo	Água
Prata	Acetileno, ácido oxálico, ácido tártrico, ácido fulmínico, compostos de amónio
Sulfureto de hidrogénio	Ácido nítrico fumegante, ácido crómico, gases oxidantes, óxidos de metais

Na tabela A.6 também se indicam compostos incompatíveis entre si, de acordo com a classe de perigo.

<sup>f</sup> Simões, José A. Martinho e outros. *Guia do Laboratório de Química e Bioquímica*. 3ª Ed. Lidel- Edições Técnicas, Lda. Lisboa. (2017).

Tabela A.6. Tabela de incompatibilidade das substâncias por classe de perigo<sup>5</sup>.

									
	0	-	-	-	-	-	+	-	-
	-	+	-	-	-	-	+	-	-
	-	-	+	0	-	-	-	-	-
	-	-	0	+	0	-	-	-	-
	-	-	+	0	0	0	0	0	0
	-	-	-	-	0	+	+	+	+
	+	+	-	-	0	+	+	+	+
	-	-	-	-	0	+	+	+	+
	-	-	-	-	0	+	+	+	+

Incompatíveis.  
 Compatíveis sob determinadas condições.  
 Compatíveis.

<sup>5</sup> Département de Chimie de l' Université de Fribourg. (2016) *Sécurité Au Laboratoire*. Consultado em 14/04/2018: [https://www3.unifr.ch/scimed/fr/assets/public/scimed/faculty/safety\\_chem\\_course\\_fr.pdf](https://www3.unifr.ch/scimed/fr/assets/public/scimed/faculty/safety_chem_course_fr.pdf).

## ANEXO V. RESÍDUOS

As características de perigosidade que os resíduos podem apresentar estão publicadas no Regulamento n.º 1357/2014, da Comissão, de 18 de dezembro, o qual substitui o anexo III do DL 73/2011, de 17 de junho. No total estão identificadas 15 características de perigosidade, as quais correspondem a perigos físicos, perigos para a saúde humana e os seres vivos e perigos para o ambiente (cf. tabela A.7). A atribuição das características de perigosidade, como tóxico, nocivo, corrosivo, irritante, cancerígeno, tóxico para a reprodução, mutagénico e ecotóxico, é feita com base nos critérios estabelecidos no anexo I do Regulamento CLP.

Tabela A.7. Características de perigo dos resíduos.

Código	Perigosidade	Descrição
Perigos Físicos		
HP1	Explosivo	Resíduo suscetível de, por reação química, produzir gases a uma temperatura, uma pressão e uma velocidade tais que podem causar danos nas imediações. Incluem-se os resíduos de pirotecnia, os resíduos de peróxidos orgânicos explosivos e os resíduos auto-reativos explosivos
HP2	Comburente	Resíduo que pode causar ou contribuir para a combustão de outras matérias, normalmente, por cedência de oxigénio - Resíduo líquido inflamável: resíduo líquido cujo ponto de inflamação é inferior a 60 °C, ou resíduo de gasóleo, de combustível diesel ou de petróleos para aquecimento doméstico cujo ponto de inflamação é superior a 55 °C mas não superior a 75 °C - Resíduo pirofórico inflamável líquido ou sólido: resíduo líquido ou sólido que, mesmo em pequenas quantidades, pode inflamar-se no prazo de 5 minutos após entrar em contacto com o ar
HP3	Inflamável	- Resíduo sólido inflamável: resíduo sólido que entra facilmente em combustão ou que, através do atrito, pode causar ou contribuir para a combustão Resíduo gasoso inflamável: resíduo gasoso inflamável ao ar à temperatura de 20 °C e à pressão normal de 101,3 KPa - Resíduo reativo à água: resíduo que, em contacto com água, emite gases inflamáveis em quantidades perigosas - Outros resíduos inflamáveis; aerossóis inflamáveis, resíduos inflamáveis por auto-aquecimento, peróxidos orgânicos inflamáveis e resíduos autor reativos inflamáveis
Perigos para a Saúde Humana e dos Seres Vivos		
HP4	Irritante	Resíduo cuja aplicação pode causar irritação cutânea ou lesões oculares
HP5	Tóxico para Órgãos-Alvo Específicos/Tóxico por aspiração	Resíduo que pode causar toxicidade em órgãos-alvo específicos em resultado de uma exposição única ou repetida ou que causa efeitos tóxicos agudos por aspiração
HP6	Toxicidade aguda	Resíduo que pode causar efeitos tóxicos agudos na sequência de administração oral ou cutânea ou de exposição por inalação
HP7	Cancerígeno	Resíduo que induz cancro ou aumenta a sua incidência
HP8	Corrosivo	Resíduo que pode causar corrosão da pele
HP9	Infecioso	Resíduo que contém microrganismos ou as suas toxinas, em relação aos quais se sabe ou há várias razões para crer que causam doenças nos seres humanos ou noutros organismos vivos
HP10	Tóxico para a reprodução	Resíduo que apresenta efeitos adversos na função sexual e na fertilidade de homens e mulheres adultos, bem como toxicidade sobre o desenvolvimento dos descendentes
HP11	Mutagénico	Resíduo que pode causar uma mutação, ou seja, uma alteração permanente da quantidade ou da estrutura do material genético de uma célula

Tabela A.7. Características de perigo dos resíduos (cont.).

Código	Perigosidade	Descrição
HP12	Libertação de gás c/ toxicidade aguda	Resíduo que em contacto com água ou ácido, liberta gases caracterizados por toxicidade aguda (toxicidade 1, 2 ou 3)
HP13		Resíduo que contém uma ou mais substâncias que, comprovadamente, tem efeitos sensibilizantes na pele ou no aparelho respiratório
Perigos para o Ambiente		
HP14	Ecotóxico	Resíduo que representa ou pode representar um risco imediato ou diferido, para um ou vários setores do ambiente
Todos os Perigos		
HP15		Resíduo suscetível de apresentar uma ou mais das características de perigosidade acima descritas, não diretamente exibida(s) pelo resíduo original

## **ANEXO VI. INVESTIGAÇÃO DE INCIDENTES**

Sempre que ocorrer um incidente deverá ser preenchido, durante as primeiras 24 horas, um formulário de participação do incidente, que se apresenta a seguir. Mediante a gravidade do incidente, o Diretor do Departamento ou Faculdade nomeará uma equipa para investigar o incidente e propor medidas corretivas.

## PARTICIPAÇÃO DO INCIDENTE DE TRABALHO EM LABORATÓRIO

Data e hora:	Tipo de incidente: <input type="checkbox"/> Quase incidente <input type="checkbox"/> Lesão (apenas necessário primeiros socorros) <input type="checkbox"/> Lesão (com atendimento hospitalar) <input type="checkbox"/> Baixa médica <input type="checkbox"/> Danos materiais <input type="checkbox"/> Danos ambientais
Local:	
Docente responsável:	

### Identificação da Vítima

Nome:

Data de nascimento:

N.º de contribuinte:

Nacionalidade:

Funcionário

Docente

Estudante

Investigador

N.º mecanográfico / número de estudante (se aplicável):

Morada:

Contacto telefónico:

E-mail:

### Descrição da Ocorrência

### Identificação de todos os Presentes no Local do Incidente

### Atendimento Hospitalar (preencher se aplicável)

Local:

Médico:

Internamento:

Baixa médica:

Anexar Relatório Médico:

### Registo dos Danos Materiais/Ambientais (preencher se aplicável)

Data: \_\_\_\_\_

O Participante: \_\_\_\_\_