

Guia de Segurança

em Laboratórios de Química e Bioquímica

Maria Luísa Moita

Maria Teresa Pamplona

Autores: Maria Luísa Moita e Maria Teresa Pamplona

Data: setembro 2023

Editor: Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

Edição: 1^a

ISBN: 978-989-33-5216-8 (e-book PDF)

DOI: <https://doi.org/10.56526/10451/61150>

Copyright © [Maria Luísa Moita e Maria Teresa Pamplona] 2023

All rights reserved.

No part of this publication may be reproduced, distributed, or transmitted in any form or by any means, including photocopying, recording, or other electronic or mechanical methods, without the prior written permission of the authors.

Este Guia de Segurança em Laboratórios de Química e Bioquímica foi elaborado no âmbito do trabalho desenvolvido na Comissão de Segurança do Departamento de Química e Bioquímica da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa pelas autoras docentes deste departamento,

Maria Luísa C. J. Moita

Maria Teresa Pamplona

Lisboa, 20/09/2023

Índice

página

| | |
|---|-----------|
| 1. Prefácio | 1 |
| 2. Informação de Emergência/Contactos | 3 |
| 3. Identificação de Perigos e Avaliação/Minimização de Riscos | 7 |
| 4. Regras Básicas de Segurança | 9 |
| 4.1 Preparação Prévia do Trabalho Experimental | 9 |
| 4.2 Durante a Realização do Trabalho Experimental | 10 |
| 4.3 Procedimentos no Manuseamento de Substâncias e Misturas | 12 |
| 4.4 Procedimentos em Caso de Acidente | 13 |
| 4.5 Guia de Primeiros Socorros | 13 |
| 4.5.1 Tratamentos Básicos | 13 |
| 4.5.2 Posição Lateral de Segurança | 17 |
| 4.5.3 Suporte Básico de Vida | 18 |
| 5. Classificação, Rotulagem e Embalagem de Substâncias e Misturas Perigosas | 21 |
| 5.1 Introdução | 21 |
| 5.2 Classificação de Substâncias e Misturas | 21 |
| 5.3 Elementos do Rótulo | 26 |
| 5.4 Pictogramas de Perigo | 28 |
| 5.5 Advertências de Perigo (H) e Recomendações de Prudência (P) | 29 |
| 5.6 Fichas de Dados de Segurança (FDS) | 37 |
| 6. Organização, Armazenamento e Segurança em Laboratório | 45 |
| 6.1 Introdução | 45 |
| 6.2 Sinalização Geral de Segurança | 45 |
| 6.3 Equipamentos de Proteção Coletiva (EPC) e Equipamentos de Proteção Individual (EPI) | 49 |
| 6.3.1 Aparelhos de Proteção Respiratória | 50 |
| 6.3.2 Luvas | 53 |
| 6.3.3 Máscaras, Óculos e Viseiras | 55 |
| 6.4 Segregação e Armazenamento de Substâncias e Misturas Perigosas | 56 |
| 6.4.1 Introdução | 56 |
| 6.4.2 Regime de Segregação por Classes de Perigo | 57 |

| | |
|---|------------|
| 6.4.3 Regime de Segregação por Grupos de Substâncias e Misturas | 58 |
| 6.4.4 Gases sob Pressão | 61 |
| 6.4.5 Armazenamento em Laboratório – Atitudes de Prevenção | 66 |
| 7. Tratamento e Eliminação de Resíduos | 69 |
| 7.1 Introdução | 69 |
| 7.2 Classificação de Resíduos e Códigos LER | 70 |
| 7.3 Procedimentos na Recolha de Resíduos | 72 |
| 8. Prevenção e Proteção Contra Incêndio | 75 |
| 8.1 Elementos do Fogo e sua Eliminação | 75 |
| 8.2 Classes de Fogo e Mecanismos de Extinção | 76 |
| 8.3 Extintores de Incêndio – Tipologia, Manutenção e Seleção | 78 |
| 8.4 Guia de Manuseamento do Extintor de Incêndio Manual | 80 |
| 9. Exposição a Radiação Ionizante e Não Ionizante | 83 |
| 9.1 Introdução | 83 |
| 9.2 Nuclídeos Radioativos | 83 |
| 9.3 Perigos da Radiação Ionizante e Não Ionizante | 86 |
| 9.4 Minimização dos Riscos de Exposição a Radiação Ionizante | 89 |
| 9.5 Procedimentos Operacionais Básicos para Radioproteção | 90 |
| 10. Exposição a Agentes Biológicos | 93 |
| 10.1 Introdução | 93 |
| 10.2 Riscos de Utilização de Agentes Biológicos | 93 |
| 10.3 Procedimentos Operacionais Básicos para Reduzir os Riscos de Exposição | 94 |
| 11. Exposição a Nanomateriais | 95 |
| 11.1 Introdução | 95 |
| 11.2 Vias e Perigos de Exposição a Nanomateriais | 96 |
| 11.3 Adoção de Medidas Preventivas e Gestão de Riscos de Exposição | 97 |
| Glossário | 99 |
| Bibliografia/Referências | 103 |

1. Prefácio

Qualquer procedimento experimental, realizado em laboratório químico/bioquímico, envolve **riscos** para os operadores. Estes riscos devem-se não só ao manuseamento de substâncias e misturas perigosas (explosivas, inflamáveis, tóxicas, radioativas, agentes biológicos, gases comprimidos) como ao manuseamento de equipamentos. A avaliação antecipada destes riscos, a adoção de medidas de prevenção que os eliminem/minimizem, bem como uma atitude consciente na prática laboratorial, contribuem para a segurança no laboratório. A maioria das medidas de segurança passa pela avaliação das vulnerabilidades e necessidades específicas desse laboratório. No caso da utilização de alguns materiais ou operações perigosas, a instituição onde o laboratório se insere deve ter regulamentos ou documentos de orientação especificando o tipo e nível de segurança adequados. A implementação de um sistema seguro permitirá a melhoria das condições de trabalho, tendo efeitos positivos no estado de espírito, na produtividade e na melhoria da qualidade dos resultados alcançados.

"A segurança de todos começa em cada um de nós" pelo que é fundamental que cada operador **prepare antecipadamente** o trabalho experimental a realizar, conheça os **perigos** das substâncias e misturas que vai manipular (reagentes de partida, produtos intermediários, produtos finais e resíduos produzidos) bem como os potenciais perigos dos equipamentos e procedimentos a utilizar. A utilização de equipamentos de proteção individual e coletiva disponíveis nas instalações, bem como a adoção de uma atitude de **alerta**, de **cuidado** e de **concentração** durante o trabalho e a tomada de **medidas de emergência** adequadas no caso de acidente, contribuem para a minimização de riscos.

Este Guia de Segurança em Laboratórios de Química e Bioquímica tem como objetivo a consciencialização dos riscos de exposição a substâncias e misturas perigosas, bem como a informação das medidas de segurança e das boas práticas laboratoriais que devem ser adotadas por alunos, docentes, investigadores e/ou técnicos responsáveis de laboratório. Não se pretende que esta abordagem seja exaustiva, mas chama-se a atenção para recomendações essenciais as quais devem ser complementadas por um conhecimento mais aprofundado de cada trabalho experimental, devendo ser consultadas as referências bibliográficas específicas.

O capítulo 2 descreve os contactos e informações de emergência mais relevantes os quais devem ser disponibilizados pelos responsáveis de laboratório ou de projeto e colocados em local de destaque no laboratório; o capítulo 3 aborda essencialmente a identificação de perigos (físicos, para a saúde e para o ambiente) de substâncias e misturas perigosas e a avaliação/minimização de riscos; o capítulo 4 inclui regras básicas de segurança, em particular, chama a atenção para a importância da preparação prévia do trabalho experimental, apresentando também procedimentos em caso de acidente e ainda um breve guia de primeiros socorros. O capítulo 5 aborda o regulamento CRE sobre a Classificação, Rotulagem e Embalagem de substâncias e misturas perigosas de acordo com o sistema mundialmente harmonizado (*GHS*), destacando a importância da informação lida nos elementos do rótulo da embalagem (pictogramas de perigo, palavras-sinal, advertências de perigo e recomendações de prudência). Este capítulo destaca ainda a informação presente numa ficha de dados de segurança de uma substância ou mistura perigosa. O capítulo 6 chama a

atenção para a organização e o armazenamento em laboratório, evidenciando a sinalização de segurança, os equipamentos de proteção coletiva e individual e ainda duas possíveis metodologias de segregação de substâncias incompatíveis. No capítulo 7 aborda-se o tratamento e eliminação de resíduos e no capítulo 8 a prevenção e proteção contra incêndio. Nos capítulos 9 a 11 são abordados os perigos de exposição e minimização de riscos associados a radiação não ionizante e ionizante, agentes biológicos e nanomateriais. Finalmente é apresentado um glossário de siglas, uma lista de bibliografia e algumas referências recomendadas para aprofundamento de conhecimentos sobre cada tópico abordado.

Os estudantes devem ser orientados para uma leitura mais atenta dos capítulos 4 a 7 antes de efetuarem qualquer trabalho em laboratório.

2. Informação de Emergência/Contactos

Cada instituição deve disponibilizar os contactos mais importantes a utilizar em caso de acidente nos laboratórios.

PRIMEIROS CONTACTOS / FIRST AID CONTACT NUMBERS

Número Europeu de Emergência^a/European Emergency Number
 (quando se justificar ligar diretamente 112 a partir de qualquer telefone do campus Ciências, mesmo que não tenha acesso à rede exterior, bastando apenas levantar o auscultador e marcar) **112**

^a Número comum a situações de saúde, incêndios, assaltos ou roubos. As chamadas são atendidas, em primeira linha, por uma Central de Emergência da PSP que apenas canaliza para os Centros de Orientação de Doentes Urgentes (CODU) do Instituto Nacional de Emergência Médica (INEM) as chamadas que à saúde digam respeito.

Emergência em xxxxxx/ Emergency in xxxxx
 (contactos para utilização exclusiva em situações que coloquem em risco a segurança de pessoas e instalações) **Contacto**

Supervisor/responsável do laboratório / lab manager
 (contacto do supervisor/responsável do laboratório o qual deve ser informado sobre o acidente) **Contacto**

OUTROS CONTACTOS / OTHER AID CONTACTS

Linha Saúde 24 / Health Line **808 24 24 24**

Centro de Informação Antivenenos (CIAV) / Poison Center
 Ligar em caso de intoxicação **808 250 250**

Hospital
 Geral e Urgência Geral **Contacto**

Bombeiros / Firefighters **Contacto**

PRIMEIROS CONTACTOS / FIRST AID CONTACT NUMBERS

Polícia de Segurança Pública (PSP) / Police Force

Contacto

INFORMAÇÃO RELEVANTE EM CASO DE ACIDENTE / IMPORTANT FIRST AID INFORMATION

Cada instituição deverá ter um gabinete/serviço de segurança e saúde no trabalho responsável pela implementação de um plano de segurança/emergência interno que deverá contemplar também um plano de primeiros socorros e um plano de evacuação. Este gabinete/serviço deverá disponibilizar as instruções gerais de segurança (casos de emergência médica, derrame, incêndio, inundação, fuga de gás, sismo e evacuação) e promover ações de formação visando dotar a comunidade académica/técnica de conhecimentos sobre as boas práticas de segurança em laboratório e/ou gestão de resíduos.

Primeiros Socorros e Comunicação da Emergência Médica

No caso de acidentes graves/emergência mantenha a sua segurança e a dos que o rodeiam

- Contacte a equipa de **emergência da instituição de trabalho**
- Caso se justifique contacte o **Número Europeu de Emergência (112)** informando sobre:
 - ✓ Tipo de ocorrência (natureza do acidente, substâncias envolvidas, doença)
 - ✓ Local exato (edifício, piso e sala ou pontos de referência)
 - ✓ Número, sexo e idade aparente das pessoas a necessitar de socorro
 - ✓ Se a vítima está ou não consciente (respira / não respira; fala / não fala) bem como as queixas principais e as alterações que observa
 - ✓ Existência de qualquer situação (e.g. libertação de gases, perigo de incêndio) que exija outros meios para o local.

Depois de feita a triagem da situação os operadores dos Centros de Orientação de Doentes Urgentes (CODU) indicarão a melhor forma de proceder, enviando, se necessário, os meios de socorro adequados.

Desligue o telefone apenas quando o operador indicar.

No caso de acidentes que envolvam o contacto da vítima com substâncias/misturas de elevada toxicidade, contacte também o **Centro de Informação Anti-Venenos, CIAV (808 250 250)** para saber como proceder,

enquanto aguarda a chegada de equipa de emergência médica da instituição/INEM. Se a vítima for conduzida ao hospital o(s) frasco(s) contendo o(s) produto(s) envolvido(s) deve(m) ser entregue(s) à equipa do INEM.

Se tiver formação básica de primeiros socorros adote, até à chegada da equipa de emergência médica da instituição/INEM, o procedimento correto de emergência o qual envolve uma sequência de passos da “cadeia de sobrevivência”:

- i) Comunicar* - reconhecimento precoce e pedido de ajuda;
- ii) Suportar* - Suporte Básico de Vida (SBV) precoce para ganhar tempo;
- iii) Restabelecer* - desfibrilhação precoce para reiniciar o coração (caso se justifique);
- iv) Estabilizar* - cuidados após reanimação).

Controlo de Fugas e Derrames

- Em caso de emergência mantenha a sua segurança e a dos que o rodeiam
- Afaste-se do local mas não o abandone
- Isole ou identifique o local, de forma a evitar incidentes com terceiros
- Contacte a equipa de emergência indicando o local do derrame
- Aguarde, em segurança, a chegada da equipa de emergência

3. Identificação de Perigos e Avaliação/Minimização de Riscos

Qualquer procedimento experimental realizado num laboratório que envolva quer a manipulação de substâncias ou misturas perigosas (e.g. tóxicas, radioativas, inflamáveis, explosivas, agentes biológicos, gases comprimidos) quer o manuseamento de equipamentos particulares (ex. material de vidro, dispositivos elétricos e eletromagnéticos) poderá envolver vários riscos para a saúde do(s) operador(es) e para o meio ambiente. É importante salientar a diferença entre perigo e risco. Enquanto o **perigo** é a capacidade intrínseca de uma substância/mistura perigosa ou de um componente/material de trabalho poder causar danos (no operador ou meio ambiente), o **risco** é, genericamente, função da probabilidade desse mesmo dano ocorrer bem como da sua gravidade (**Risco = Probabilidade x Gravidade do perigo**) e mais concretamente no que diz respeito à exposição a substâncias/misturas perigosas pode ser definido em função das características de exposição (frequência e duração) e ainda da natureza (classe) e grau (categoria) do perigo ao qual o operador está exposto (**Risco = Exposição x Categoria do perigo**). Assim, controlando o tempo e a frequência de exposição a uma dada substância perigosa bem como diminuindo as quantidades manipuladas, é possível reduzir drasticamente o risco de exposição associado mesmo que a substância seja altamente perigosa. É imperativo que sejam escrupulosamente obedecidos, os **Valores Limite de Exposição** (VLE) legislados para determinadas substâncias perigosas, sendo desaconselhada a exposição no caso de se exceder o valor indicativo.

A adoção de uma cultura de segurança corresponde a uma atitude consciente e adequada de segurança de cada um e de todos, devendo envolver uma **avaliação cuidada dos riscos**, Figura 3.1. Esta avaliação passa primeiramente pela identificação dos perigos envolventes. Seguidamente, se os riscos não forem aceitáveis deverão ser tomadas medidas concretas no sentido de os reduzir ou mesmo eliminar, nomeadamente através da diminuição do contacto do operador com os perigos identificados (diminuição de quantidades/tempo de exposição). Posteriormente deverá fazer-se o estudo da eficiência dessas medidas na diminuição de incidentes e sempre que seja necessário e periodicamente, deve ser efetuada uma nova avaliação de riscos, fechando o ciclo e voltando ao início do processo.

Torna-se assim fundamental a **preparação antecipada e cuidada** do trabalho experimental a realizar, a qual envolve o conhecimento das **advertências de perigo e recomendações de prudência** associadas aos produtos químicos (materiais de partida, intermediários e produtos finais), bem como da forma de manipular em segurança os equipamentos nas operações/procedimentos a realizar.

As **medidas preventivas** a adotar em todas as fases do trabalho laboratorial, nomeadamente a utilização de equipamentos de proteção coletiva (EPC) e/ou equipamentos de proteção individual (EPI), deverão eliminar ou reduzir ao mínimo os riscos emergentes do trabalho. O conhecimento antecipado sobre a forma de eliminar os resíduos produzidos faz também parte destas medidas.

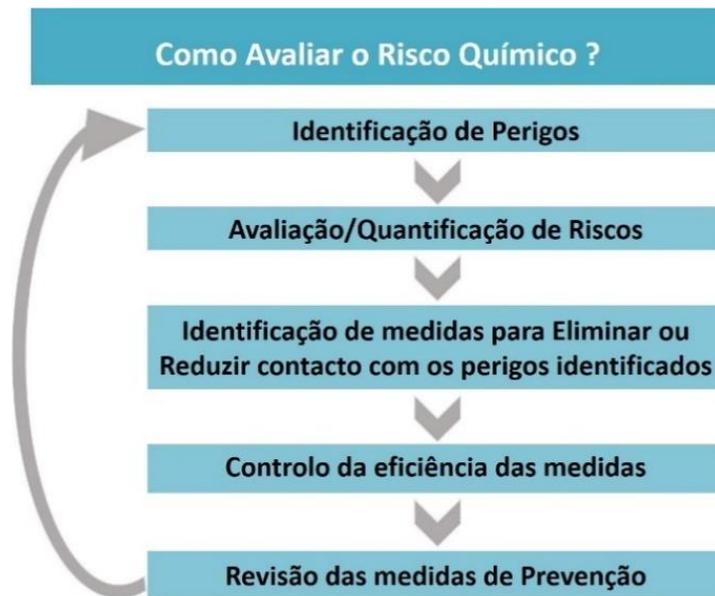


Figura 3.1 Estrutura simplificada de uma Avaliação de Risco

A segurança no laboratório deve ser entendida como um fator crucial para o bem-estar físico do(s) operador(es) e preservação do meio ambiente. Um pequeno descuido pode ser suficiente para colocar em risco a segurança de todos.

Aspetos fundamentais relacionados com a segurança:

- ➔ A segurança é um **estado de espírito** e deve ser entendida também como uma questão de civismo
- ➔ As regras de segurança estabelecem-se para minimizar os riscos de **todos**, mas dependem do **comportamento individual**
- ➔ A **prevenção** pode ser considerada como um sinónimo de segurança
- ➔ Deve haver consciencialização e intervenção de **todos** na problemática da segurança
- ➔ A banalização do risco é o grande inimigo da segurança
- ➔ A segurança é indissociável de um trabalho de **qualidade**

4. Regras Básicas de Segurança

4.1. Preparação Prévia do Trabalho Experimental

A qualidade e a segurança no trabalho desenvolvido em laboratório envolve a obrigatoriedade da sua preparação antecipada, do conhecimento de procedimentos técnicos e de medidas de boas práticas de segurança.

Antes da realização do trabalho experimental no laboratório

Deve:

- Ler com atenção o protocolo do trabalho a realizar
- Conhecer os procedimentos de segurança no manuseamento de aparelhos e equipamentos específicos ao trabalho em curso (ler sempre as instruções, se disponíveis)
- Identificar os **perigos** (físicos, para a saúde e para o meio ambiente) das substâncias e misturas com que vai trabalhar (materiais de partida, intermediários e produtos finais). Esta informação é obtida de forma detalhada na Ficha de Dados de Segurança (FDS, Cap. 5.6) ou de forma mais abreviada no rótulo da embalagem (Cap. 5.3)
- Conhecer os elementos do rótulo:
 - Pictogramas de perigo (Cap. 5.4)
 - Palavra-sinal (Perigo ou Atenção) (Cap. 5.3)
 - Advertências de perigo (frases H) (Cap. 5.5)
 - Recomendações de prudência (frases P) (Cap. 5.5)
- Conhecer as considerações relativas à eliminação de resíduos (secção 13 da FDS) e/ou recomendações de prudência P501 e P502
- Avaliar os **riscos** envolvidos no trabalho a realizar, tendo em conta as quantidades e as categorias das substâncias perigosas envolvidas. Caso se justifique, adotar medidas que levem à minimização do risco (mitigação, restrição, redução, eliminação/substituição)

4.2. Durante a Realização do Trabalho Experimental

Durante a realização do trabalho experimental no laboratório:

Deve:

- Cumprir as regras específicas de segurança adotadas no laboratório
- Conhecer a localização de saídas de emergência e caminhos de evacuação
- Conhecer a localização dos equipamentos de emergência (extintores de incêndio, lava olhos, chuveiro, manta anti chama, armário/caixa de primeiros socorros)
- Conhecer os contactos de emergência
- Guardar os seus bens pessoais (livros, mochila, casaco, mala) em local atribuído a esse fim, mantendo as bancadas e espaços de circulação desimpedidos
- Trabalhar na hote ou em local arejado sempre que possível e obrigatoriamente quando se justifique
- Usar **sempre bata e óculos de proteção** e/ou outro equipamento de proteção individual (EPI) tal como luvas específicas, máscara, viseira, caso se justifique
- Usar calçado fechado e apropriado
- Usar o cabelo apanhado
- Manter o local de trabalho limpo e arrumado
- Identificar/rotular todos os recipientes que contêm substâncias ou misturas
- Garantir uma boa estabilidade estrutural em cada montagem que efetuar: usar suportes de altura regulável na montagem de sistemas compostos por várias partes; usar grampos, garras ou pinças para segurar material de vidro evitando criar demasiada tensão que leve à quebra do mesmo (em especial se houver variações de temperatura e pressão); usar material de vidro envolvido por uma rede de proteção quando trabalhar em condições de alta ou baixa pressão
- Recolher todos os resíduos produzidos em recipientes apropriados, para posterior tratamento, cumprindo as regras de eliminação de resíduos perigosos de acordo com a informação obtida nas Fichas de Dados de Segurança (secção 13), as recomendações de prudência P501/P502 e respeitando os procedimentos adotados na instituição
- Verificar, antes de sair do laboratório, se todos os equipamentos elétricos, torneiras, válvulas e linhas de gás ficam desligados
- Tirar a bata, remover as luvas e lavar as mãos antes de sair do laboratório
- Deixar o laboratório em segurança

Durante a realização do trabalho experimental no laboratório:

Não Deve:

- Trabalhar sozinho no laboratório
- Realizar experiências não autorizadas
- Fumar, comer, beber ou guardar alimentos em qualquer espaço do laboratório
- Ingerir, inalar ou tocar com as mãos nas substâncias químicas
- Usar anéis no laboratório porque sob eles podem alojar-se solventes ou reagentes irritantes
- Usar lentes de contacto porque, quando penetram nos olhos corpos estranhos, estas são difíceis de remover
- Pipetar diretamente com a boca (usar sempre pompets ou pipetas automáticas)
- Utilizar substâncias contidas em recipientes não identificados
- Eliminar resíduos perigosos diretamente para o esgoto ou balde do lixo; devendo usar os recipientes próprios para recolha (e.g. solventes orgânicos halogenados e não halogenados, soluções de iões metálicos)
- Eliminar material de vidro partido para o lixo; usar os recipientes próprios para a sua recolha
- Circular com a bata e luvas em espaços comuns (bares, bibliotecas) para evitar contaminações

4.3. Procedimentos no Manuseamento de Substâncias e Misturas

Ao manusear uma substância/mistura

Deve:

- Evitar a abertura simultânea de vários frascos da mesma substância
- Evitar usar quantidades superiores às absolutamente necessárias; caso exceda essa quantidade, não voltar a colocar o excedente no frasco original, mas antes numa embalagem separada, devidamente rotulada
- Ter especial cuidado na abertura de frascos que contêm substâncias armazenadas a baixa temperatura; se for trabalhar à temperatura ambiente deixar que a substância atinja lentamente a temperatura de equilíbrio antes da abertura do frasco
- Fazer **sempre** a adição de qualquer substância de uma forma **cuidadosa e lenta**; observar o que acontece quando é adicionada uma pequena quantidade inicial, esperando alguns segundos antes de adicionar uma quantidade adicional; algumas reações levam algum tempo a iniciar-se!
- Fazer **sempre** a adição de soluções concentradas sobre soluções mais diluídas ou sobre água, de forma lenta, evitando reações violentas; na diluição de ácidos concentrados, **o ácido deve ser vertido sobre a água**, e não o contrário
- Controlar **sempre** as reações que necessitem de temperatura elevada (principalmente no processo de iniciação)
- Verificar o estado de limpeza das pipetas ou espátulas que introduz nos frascos de reagentes para evitar contaminações; verificar também se o material da espátula é compatível com a substância a usar
- Se o trabalho envolver o uso de substâncias altamente inflamáveis, deve assegurar-se de que nas proximidades não existem fontes de ignição (chamas, placas ou mantas de aquecimento ou fontes de eletricidade estática)
- Substâncias como o sódio (Na) ou o potássio (K) devem ser acondicionadas em contentores especiais e sempre usadas com grande cuidado
- Em relação aos resíduos, consultar o docente responsável pelo trabalho sobre os procedimentos a adotar e atuar de acordo com a política de gestão de resíduos em vigor

4.4. Procedimentos em Caso de Acidente

Em caso de acidente é importante conhecer as medidas que possibilitem a resolução imediata do problema ou, no caso de um acidente de maior gravidade, efetuar a implementação de um primeiro auxílio até à chegada de atendimento especializado (equipa de emergência ou atendimento médico).

Como medida preventiva, cada laboratório deve dispor dos seguintes equipamentos:

- **armário de primeiros-socorros** devidamente identificado
- **chuveiro**
- **lava olhos** de emergência
- **manta antifogo**
- **extintor de incêndio**

A localização de todos estes equipamentos de emergência deve ser conhecida antecipadamente.

No caso de acidentes ligeiros que podem provocar pequenas feridas/lacerações ou queimaduras na pele ou nos olhos bem como dificuldades respiratórias por inalação, deverá consultar a Ficha de Dados de Segurança (**secção 4 – Primeiros socorros**) da substância ou mistura envolvida, sobre o procedimento de primeiro auxílio a prestar.

Poderá também seguir as instruções genéricas no breve Guia de Primeiros Socorros apresentado seguidamente.

4.5. Guia de Primeiros Socorros

4.5.1. Tratamentos Básicos

A maioria dos acidentes que ocorre num laboratório inclui-se numa das seguintes categorias:

- Golpes
- Salpicos na pele e queimaduras químicas
- Salpicos nos olhos
- Inalação de gases, vapores ou poeiras
- Ingestão de sólidos ou líquidos
- Queimaduras por ação do frio, calor, chama
- Choque elétrico
- Estado de choque

Os protocolos a aplicar em cada tipo de acidente, independentemente da substância/mistura envolvidas são descritos seguidamente. É essencial que o tratamento seja ministrado com a máxima rapidez e, sempre que necessário, a vítima deve ser transportada ao hospital mais próximo, sendo fornecidos detalhes sobre a natureza do acidente, substâncias envolvidas e primeiros-socorros que tenham sido prestados.

Golpes

Se o ferimento não for muito profundo, deixar sangrar durante alguns segundos, verificar que não

ficam nenhuns estilhaços de vidro ou outros corpos estranhos no golpe e lavar com água corrente, desinfetando depois com um antisséptico, do centro para os bordos da ferida. Não colocar algodão diretamente sobre a ferida, mas usar uma compressa ou um penso para a proteger. Se o ferimento sangrar muito abundantemente, aplicar pressão imediatamente acima do corte, mas nunca durante mais de 5 minutos. Todos os ferimentos de natureza mais séria exigem atenção médica.

Salpicos na pele de agentes corrosivos

Os ácidos e as bases são geralmente corrosivos quando em contacto com a pele pelo que mesmo ligeiros salpicos podem causar **graves queimaduras químicas**.

É essencial a lavagem imediata e contínua com água corrente até que todo o agente corrosivo tenha sido removido. É ainda conveniente a remoção imediata de todo o vestuário contaminado. Se a substância em causa for insolúvel em água, a lavagem da zona afetada com água e sabão facilitará a sua remoção.

Não tentar usar antídotos químicos! Reações subsequentes podem causar um agravamento das lesões já existentes. Sempre que o agente contaminante causar uma queimadura química na pele, após a lavagem deve secar-se a zona afetada; se a queimadura for apenas superficial pode aplicar-se uma pomada própria para queimaduras. Todas as queimaduras de natureza não trivial requerem cuidados médicos.

Salpicos nos olhos de agentes corrosivos e irritantes

Se salpicos de um agente corrosivo entrarem para os olhos, remover as lentes de contacto, caso existam, e lavar abundantemente os olhos em um lava olhos durante cerca de 15 minutos. Nunca aplicar um jato de água muito forte durante a lavagem, pois pode causar lesões. Quando os olhos são atingidos por uma substância irritante, as pálpebras tendem a contrair-se, mantendo-os fechados. A pessoa que ministrar os primeiros socorros deve, com os dedos, manter as pálpebras bem afastadas durante todo o tratamento, de modo a assegurar uma lavagem eficiente. Nunca tentar remover um corpo estranho, por muito pequeno e simples que pareça. Nunca utilizar pomadas para olhos nem nenhum agente neutralizante. Todas as lesões nos olhos exigem cuidados médicos.

Inalação de gases, vapores ou poeiras

O tratamento essencial a prestar a uma vítima que tenha inalado gases, vapores ou poeiras é afastá-la imediatamente da área contaminada. A pessoa que presta assistência (ou reanimador) tem de tomar as precauções necessárias a fim de não ser também vitimada pela atmosfera potencialmente perigosa, colocando uma máscara respiratória apropriada. O vestuário do sinistrado pode ser aliviado no pescoço e no peito. Se **não** tiver havido paragem respiratória e a vítima estiver **consciente**, deve mantê-la deitada em posição confortável, aquecida e constantemente vigiada até à chegada da equipa de emergência médica.

Sempre que a vítima estiver **inconsciente**, **mas a respirar**, deve colocá-la na **Posição Lateral de Segurança** (PLS), Figura 4.1, para assegurar a desobstrução das vias respiratórias, impedir a aspiração de vômito ou de qualquer objeto estranho (e.g. prótese dentária) e permitir a drenagem de fluidos pela boca. Nunca dar de beber a uma pessoa que esteja inconsciente.

Se tiver ocorrido **paragem cardiorrespiratória**, deve efetuar imediatamente as três manobras essenciais ao **Suporte Básico de Vida**, Figura 4.2 e Figura 4.3: *i*) Permeabilização da Via Aérea; *ii*) 30 compressões torácicas seguidas de *iii*) duas insuflações, até que a respiração normal se restabeleça ou até à chegada de assistência médica. Nunca aplicar respiração “boca a boca” quando se desconheça a natureza da substância inalada ou no caso de gases muito venenosos (e.g. cianeto, gás sulfídrico), pois a pessoa que presta assistência pode também passar a vítima.

Ingestão de sólidos ou líquidos

Pipetar com a boca deve ser uma prática absolutamente proibida em qualquer laboratório.

A ingestão de substâncias venenosas (muito tóxicas) ou corrosivas é o acidente menos vulgar num laboratório, já que é muito improvável que quantidades significativas de sólidos ou líquidos sejam ingeridas deliberadamente.

Se a substância em causa for **corrosiva**, pode provocar **queimadura química** na boca. Não tentar provocar o vômito, pois tal procedimento pode vir a agravar lesões internas produzidas pela substância ingerida. O tratamento a efetuar consiste em bochechar repetidamente com água.

Se a substância **for tóxica**, mas **não corrosiva** deve evitar-se a sua absorção esvaziando o estômago, ou seja, provocando o vômito.

Quando haja ingestão de uma **substância tóxica ou corrosiva**, deve fazer-se com que o sinistrado beba muita água ou leite, em pequenos goles (para não induzir o vômito) e deve ser conduzido rapidamente ao hospital. É muito importante evitar o vômito sempre que a vítima estiver sonolenta, inconsciente ou incapaz de engolir.

Queimaduras

Para além de queimaduras provocadas por substâncias corrosivas – *queimaduras químicas* – que dão origem a lesões dérmicas e oculares, podem ocorrer também *queimaduras térmicas* provocadas por fontes de calor (chama, água quente, recipiente quente ou placa elétrica) ou por ação do frio (gelo, nitrogénio líquido), e ainda *queimaduras elétricas* e *por radiação*.

A **gravidade** de uma queimadura é função da sua **profundidade** (relativa às camadas de pele queimada e afetada pelo grau), da sua **extensão** (% da superfície corporal afetada), da sua **localização** (queimaduras localizadas em zonas como a face, os olhos, o pescoço, as vias respiratórias, o tórax, os órgãos genitais e articulações são sempre graves, independentemente do seu grau) e da **idade** da vítima (maior gravidade em crianças e idosos).

Quanto à **profundidade**, as queimaduras são categorizadas em três tipos de gravidade crescente:

- queimadura 1º grau (**menos grave**) – vermelhidão, calor, dor
- queimadura 2º grau (**gravidade moderada**) - dor intensa, bolhas
- queimadura 3º grau (**mais grave**) - pele acastanhada ou negra ou branca, sem dor

Quanto à **extensão** da queimadura, se a vítima apresentar:

- 15% da superfície corporal afetada mesmo que seja de 1º grau é sempre **grave**
- No caso de queimaduras de 2º e 3º grau com uma extensão de 25% deve ser já considerado **muito preocupante** sendo o risco de infeções muito elevado.

Os **primeiros socorros** a prestar a vítimas de queimadura têm em vista o arrefecimento da queimadura e a prevenção de infeções e dependem da sua gravidade. Assim deve:

- Afastar o agente que provoca a queimadura ou em alternativa a vítima do agente
- Se a roupa estiver a arder, envolver a vítima numa manta antifogo, toalha molhada, bata de algodão ou, na sua falta, fazê-la rolar pelo chão
- **Não remover as roupas** se estas estiverem coladas ao corpo da vítima
- Lavar abundantemente a zona da queimadura com água tépida
- Cobrir as áreas queimadas com compressas esterilizadas e humedecidas com soro fisiológico ou água, ou cobrir com película aderente
- Controlar a temperatura corporal da vítima (é frequente a hipotermia depois do arrefecimento)
- Não utilizar gelo, pasta de dentes, manteiga, azeite, ou outro tipo de produtos para arrefecer a queimadura já que estes poderão agravar as lesões; quando as queimaduras forem apenas superficiais pode aplicar-se uma pomada própria para queimaduras
- Se a queimadura tiver ocorrido num membro, este deverá ser mantido mais alto do que o coração durante o transporte para o hospital (preferencialmente, acima da cabeça)

Todas as queimaduras graves requerem assistência médica imediata! Na Tabela 4.1 referem-se os primeiros socorros a prestar no caso de a vítima apresentar queimaduras menos graves.

Tabela 4.1 Queimaduras e primeiros socorros

| Tipo de queimadura | Características da lesão | Primeiros socorros |
|--------------------|--|--|
| 1º grau | <ul style="list-style-type: none"> • Apenas na epiderme (lesão superficial) • Sem bolhas (lesão seca) • Dor intensa • Vermelhidão local | <ul style="list-style-type: none"> • Aplicar água fria para aliviar a dor • Evitar reexposição, pois a pele magoada está mais sensível do que a pele normal |
| 2º grau | <ul style="list-style-type: none"> • Na epiderme e derme superficial • Com bolhas (lesão húmida) • Dor intensa • Vermelhidão local | <ul style="list-style-type: none"> • Mergulhar a área afetada em água fria para diminuir a dor • Aplicar panos limpos e frios sobre a área afetada (compressa esterilizada) por períodos curtos, de forma a não aderir aos tecidos queimados. • Secar com cuidado • Não rebentar as bolhas • Se houver membros envolvidos, mantê-los elevados • As queimaduras do 2º grau devem receber tratamento médico e/ou hospitalar, caso se justifique |
| 3º grau | <ul style="list-style-type: none"> • Na derme, tecidos subcutâneos, músculo, osso, terminações nervosas (lesão profunda e grave) • Lesão seca, sem elasticidade, de cor branca, castanha ou preta • Sem dor | <ul style="list-style-type: none"> • Não remover a roupa queimada da zona afetada • Cobrir a zona queimada com compressa esterilizada e/ou panos limpos • Não mergulhar uma zona extensivamente queimada em água fria, pois tal pode exacerbar o choque e causar infeção. Um pano frio pode ser usado em áreas limitadas como a cara • Se mãos, pés ou pernas estiverem envolvidos, mantê-los elevados em relação ao tronco • As queimaduras do 3º grau devem receber tratamento médico e/ou hospitalar |

Choque elétrico

- Desligar a corrente/quadro elétrico antes de socorrer o acidentado
- Se tal não for possível, **afastar a vítima da fonte** usando um objeto de madeira como por exemplo o cabo de uma vassoura ou uma cadeira. Nunca usar materiais metálicos ou húmidos para o efeito

Estado de choque

- Colocar a vítima em posição horizontal, com os pés num plano ligeiramente superior, enquanto se tenta tranquilizar e diminuir a ansiedade da mesma
- Recorrer a conselho médico e levar a vítima para hospital se necessário

4.5.2. Posição Lateral de Segurança

A **Posição Lateral de Segurança (PLS)**, Figura 4.1, garante a manutenção da permeabilidade da via aérea (PVA) numa vítima inconsciente que respira normalmente. Técnica usada:

- **ajoelhe-se ao lado da vítima**, remova objetos estranhos (e.g. óculos, chaves, canetas); coloque o braço mais perto (do seu lado) em ângulo reto com o corpo, com o cotovelo dobrado e a palma da mão virada para cima; estenda as pernas da vítima;
- **segure o braço da vítima mais afastado**, cruzando o tórax e fixe o dorso da mão na face da vítima do seu lado;
- **levante a perna da vítima do lado oposto**, usando a outra mão, acima do joelho dobrando-a, deixando o pé em contacto com o chão;
- **role a vítima para o seu lado**, puxando a perna do lado oposto enquanto uma mão apoia a cabeça; estabilize a perna de forma que a anca e o joelho formem ângulos retos; incline a cabeça para trás assegurando a permeabilidade da via aérea (VA); ajuste a mão debaixo do queixo, para manter a extensão da cabeça;
- **reavalie** regularmente a respiração (na dúvida desfazer a PLS, permeabilizar a via aérea e efetuar os três passos **VOS** (Ver, Ouvir e Sentir) até 10 segundos do **SBV** (Suporte Básico de Vida) apresentado em 4.5.3;
- **na suspeita de trauma nunca** deve colocar a vítima em posição lateral.

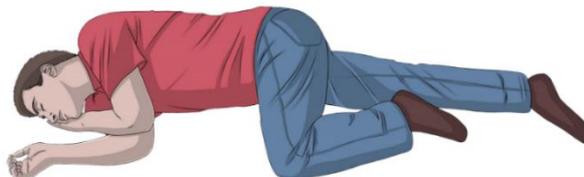


Figura 4.1 Posição Lateral de Segurança (PLS)

(Adaptado de Manual de Suporte Básico de Vida – Adulto, Instituto Nacional de Emergência Médica) e Departamento de Formação em Emergência Médica, 2017)

4.5.3. Suporte Básico de Vida

No caso da inalação de substâncias perigosas é importante, de acordo com o **Suporte Básico de Vida (SBV)**, Figura 4.2 e Figura 4.3., **avaliar as condições de segurança do reanimador, da vítima e de terceiros** (não deve haver riscos do tipo: ambiental (e.g. choque elétrico, derrocadas, explosão, tráfego); toxicológico (e.g. exposição a gás, fumo, tóxicos) ou ainda infeccioso (e.g. tuberculose, hepatite). No caso de ser absolutamente seguro para o reanimador, vítima e terceiros deve:

- **Avaliar o estado de consciência** da vítima:
 - ✓ No caso de **a vítima se encontrar reativa**, deve garantir a inexistência de perigo para a mesma; mantendo-a na posição encontrada; identificando situações causadoras da aparente alteração do seu estado; solicitando ajuda (ligar 112), se necessário; e reavaliando a situação com regularidade;
 - ✓ No caso de **a vítima não se encontrar reativa**, deve permeabilizar a **Via Aérea (VA)**, Figura 4.2 (A): se a vítima estiver inconsciente a queda da língua pode bloquear a VA, pelo que esta deve ser permeabilizada colocando a vítima em decúbito dorsal (de barriga para cima); colocando uma mão na testa e inclinando a cabeça para trás (extensão da cabeça); elevando o queixo da vítima usando os dois dedos da outra mão colocados debaixo do queixo. Estas duas últimas ações permeabilizam a VA. Esta permeabilização e o restabelecimento da ventilação são objetivos essenciais em SBV, com o propósito de evitar lesões por insuficiente oxigenação dos órgãos nobres, em particular do cérebro.
- **Avaliar a Respiração da vítima**, mantendo a VA permeável. Para isso é conveniente verificar se a vítima respira normalmente, realizando os três passos **VOS (Ver, Ouvir e Sentir)** até 10 segundos: **Ver** os movimentos torácicos; **Ouvir** os sons respiratórios saídos da boca/nariz; **Sentir** o ar expirado pela vítima na face do reanimador (pode usar um espelho ou uns óculos que ficarão embaciados). Se verificar que a vítima respira normalmente deve colocá-la em Posição Lateral de Segurança (PLS).
- **Ligar 112**. Se a vítima não responder e não apresentar respiração normal deve ativar de imediato o serviço de emergência médica, ligando 112; preparando-se para responder às questões: ONDE; O QUÊ; QUEM; COMO; É importante a presença de vários elementos no local para que um deles contacte os serviços de emergência, enquanto outro inicia as manobras de SBV; Se estiver sozinho, o desejável é que não abandone nem atrase o auxílio à vítima, podendo utilizar o sistema de alta voz de um telemóvel para interagir com os operadores especializados, enquanto executa o SBV.
- **Se a vítima não respirar normalmente** exercer:
 - ✓ **30 Compressões Torácicas** (Figura 4.2 (B))
 Posicione-se ao lado da vítima; Certifique-se que a mesma está deitada de costas, sobre uma superfície firme e plana; Afaste/remova as roupas que cobrem o tórax da vítima; Posicione-se verticalmente acima do tórax da vítima; Coloque a base de uma mão no centro do tórax (sobre a metade inferior do esterno); Coloque a outra mão sobre a primeira entrelaçando os dedos; Mantenha

os braços e cotovelos esticados, com os ombros na direção das mãos; Aplique pressão sobre o esterno, deprimindo-o 5-6 cm a cada compressão (as compressões torácicas superficiais podem não produzir um fluxo sanguíneo adequado); Aplique **30 compressões de forma ritmada a uma frequência de pelo menos 100 por minuto**, mas não mais do que 120 por minuto (ajuda se contar as compressões em voz alta); No final de cada compressão garanta a decompressão total do tórax sem remover as mãos; Nunca interrompa as compressões mais do que 10 segundos (com o coração parado, quando não se comprime o tórax, o sangue não circula).

✓ **Seguidas de 2 insuflações** (Figura 4.2 (C))

A insuflação quando eficaz provoca elevação do tórax (semelhante à respiração normal), devendo ter a duração de apenas 1 segundo; na impossibilidade de utilizar um dispositivo na via aérea (máscara de bolso ou insuflador manual), a insuflação “boca a boca” é uma maneira rápida e eficaz de fornecer oxigênio à vítima. O ar exalado pelo reanimador contém aproximadamente 17% de oxigênio e 4% de dióxido de carbono o que é suficiente para suprir as necessidades da vítima. No caso de ter que efetuar **insuflação “boca a boca”**, comprima as narinas da vítima usando o seus dedos indicador e o polegar da mão que colocou na testa; Permita que a boca se abra, mas mantenha a elevação do queixo; Inspire normalmente e coloque os seus lábios em torno da boca da vítima, certificando-se que não há fugas; Sopre a uma velocidade regular e controlada para a boca da vítima enquanto observa a elevação do tórax (deve durar cerca de 1 segundo, tal como na respiração normal); Mantendo a inclinação da cabeça e o queixo elevado, afaste-se da boca da vítima e observe o tórax a baixar quando o ar sai; Inspire novamente e volte a soprar na boca da vítima para conseguir um total de duas insuflações.

No caso de ser possível efetuar **a insuflação usando uma máscara de bolso**:

- ✓ Coloque a máscara sobre o nariz e boca da vítima (a parte mais estreita da máscara de bolso deverá ficar sobre o dorso do nariz e a parte mais larga da máscara deverá ficar sobre a boca);
 - ✓ Coloque o polegar e o indicador na parte mais estreita da máscara;
 - ✓ Coloque o polegar da outra mão na parte mais larga da máscara e use os outros dedos para elevar o queixo da vítima, criando uma selagem hermética;
 - ✓ Sopre suavemente pela válvula unidirecional durante cerca de 1 segundo (por cada insuflação), por forma a que o tórax da vítima se eleve;
 - ✓ Retire a boca da válvula da máscara após insuflar.
 - ✓ No final das duas insuflações, volte rapidamente a colocar as suas mãos na posição correta no esterno e repita mais 30 compressões torácicas.
- **Manter se possível o SBV** até à chegada de ajuda diferenciada e a vítima retomar sinais de vida (vítima desperta e reativa; movimento; abertura espontânea dos olhos; respiração normal).



Figura 4.2 Permeabilização da Via Aérea (A), Compressão torácica (B) e Insuflações boca-máscara (C)
(Adaptado de Manual de Suporte Básico de Vida – Adulto, Instituto Nacional de Emergência Médica) e Departamento de Formação em Emergência Médica, 2017)



Figura 4.3 Procedimento do Suporte Básico de Vida (SBV)

5. Classificação, Rotulagem e Embalagem de Substâncias e Misturas Perigosas

5.1. Introdução

Os perigos físicos, para a saúde humana e para o meio ambiente, associados a cada substância ou mistura perigosa, devem ser conhecidos e claramente comunicados aos seus utilizadores através do sistema de **classificação e rotulagem**. Na União Europeia (UE) esta informação é disponibilizada no Regulamento **CRE** sobre a **Classificação, Rotulagem e Embalagem** de substâncias e misturas perigosas (ou **CLP**, acrónimo do inglês *Classification, Labelling and Packaging*). Este regulamento (CE, n.º 1272/2008) está de acordo com o Sistema Mundialmente Harmonizado de Classificação e Rotulagem de Produtos Químicos (conhecido por **GHS**, acrónimo do inglês *Globally Harmonized System*) proposto pelas Nações Unidas (desde 2002 e atualizado a cada dois anos), em que se estabelece uma classificação comum e coerente com vista ao transporte, consumo, trabalho e proteção ambiental. Tem também ligações com o Regulamento Europeu relativo ao Registo, Avaliação, Autorização e Restrição de produtos químicos conhecido por **REACH** (acrónimo do inglês *Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals*). Este regulamento obriga os fornecedores dos produtos químicos a disponibilizar toda a informação sobre os potenciais perigos gerados pelas substâncias e misturas e indica formas de minimizar ou eliminar os riscos na sua utilização. A **Agência Europeia das Substâncias Químicas (ECHA, acrónimo do inglês *European Chemicals Agency*)** é a entidade que implementa o REACH centralizando a vasta base de dados gerada pelo processo de registo. Regula ainda os aspetos técnicos, científicos e administrativos, autorizando ou restringindo a colocação no mercado de substâncias e misturas perigosas que incluem **as substâncias de elevada preocupação**: *i*) cancerígenas, mutagénicas, tóxicas para a reprodução (CMR); *ii*) persistentes, bioacumuláveis, tóxicas (PBT); *iii*) muito persistentes, muito bioacumuláveis (mPmB); *iv*) ou ainda **as substâncias preocupantes** com efeitos graves irreversíveis no ser humano e no ambiente, como as substâncias que perturbam o sistema endócrino.

A partir da informação contida na base de dados REACH o regulamento CRE estabelece a classificação das substâncias e misturas, o que permite atribuir os respetivos pictogramas de perigo, bem como descrever as respetivas advertências de perigo (H) e recomendações de prudência (P). Esta informação é disponibilizada de uma forma rápida e simplificada no **rótulo** da embalagem do produto químico e de uma forma mais completa na **Ficha de Dados de Segurança (FDS ou SDS** acrónimo do inglês *Safety Data Sheet*) que obrigatoriamente acompanha cada substância ou mistura que chega ao laboratório.

5.2. Classificação de Substâncias e Misturas

Classe (natureza do perigo) e Categoria de Perigo (gravidade do perigo)

A classificação de uma substância ou mistura baseia-se nas suas **propriedades físicas** (substância explosiva, inflamável, comburente, corrosiva para metal) e na **identificação e avaliação** dos seus **efeitos na saúde humana** (toxicidade aguda, corrosão/irritação cutânea, lesões oculares, sensibilização respiratória ou cutânea, mutagenicidade, carcinogenicidade, toxicidade reprodutiva e toxicidade para órgãos-alvo específicos) e **no meio ambiente** (perigosa para o meio aquático e para a camada de ozono). Esta classificação dá origem a três **classes de perigo**, refletindo a diferente **natureza do perigo** (físico, para a saúde e para o ambiente).

Na atribuição da **classe de perigo físico** deve indicar-se o estado físico (sólido, líquido, gasoso) e as propriedades físicas da substância/mistura a avaliar (explosiva, inflamável, comburente, auto-reativa).

Na atribuição da **classe de perigo para a saúde** deve especificar-se a via de exposição de toxicidade aguda (oral, cutânea, inalatória) e distinguir a natureza dos seus efeitos (mutagenicidade, carcinogenicidade, toxicidade para a reprodução e órgãos-alvo específico, sensibilização respiratória, corrosão/irritação cutânea e lesões oculares). Pode definir-se **toxicidade aguda** como *os efeitos adversos que surgem na sequência da administração oral ou cutânea de uma única dose de uma substância ou mistura, ou de múltiplas doses administradas num período de 24 horas, ou de uma exposição por via inalatória de 4 horas.*

Cada classe de perigo é dividida ainda em **categorias de perigo**, que especificam a **gravidade do perigo** (categoria 1 (a mais gravosa) a 4/5 (as menos gravosas) e em alguns casos ainda subdivisões específicas representadas por uma letra. Por exemplo, uma substância/mistura pertencente à classe de Perigo para a Saúde pode estar alocada a uma de **cinco categorias de toxicidade aguda** tendo em conta as diferentes vias de exposição: oral, dérmica (corrosão/irritação cutânea e lesões oculares) e inalação (sensibilização respiratória a gases, vapores poeiras e névoas), de acordo com critérios numéricos de Estimativa de Toxicidade Aguda (ETA), expressos como sendo aproximadamente LD₅₀ (dose letal oral ou

Tabela 5.1 Estimativa de Toxicidade Aguda (ETA) e classificação da substância/mistura por categoria^a

| Tipo de Exposição | Categoria 1 | Categoria 2 | Categoria 3 | Categoria 4 | Categoria 5 |
|--------------------------------------|-------------|-------------|--------------|----------------|---------------|
| Oral (mg/Kg) ^b | 0<ETA≤5 | 5<ETA≤50 | 50<ETA≤300 | 300<ETA≤2000 | 2000<ETA≤5000 |
| Dérmica (mg/Kg) ^b | 0<ETA≤50 | 50<ETA≤200 | 200<ETA≤1000 | 1000<ETA≤2000 | |
| Gases (ppm/V) ^c | 0<ETA≤100 | 100<ETA≤500 | 500<ETA≤2500 | 2500<ETA≤20000 | >20000 |
| Vapores (mg/L) ^c | 0,5 | 2 | 10 | 20 | >20 |
| Poeiras e névoas (mg/L) ^d | 0,05 | 0,5 | 1,0 | 5 | >5 |

^a Classificação de acordo com valores de corte de Estimativa de Toxicidade Aguda (ETA) [ETA ≡ DL₅₀ (oral, dérmica) ou ETA ≡ CL₅₀ (inalação) obtidos em ensaios animais (usualmente, ratos e coelhos)]; ^b mg de substância/Kg massa animal; ^c partes por milhão de substância/ unidade de volume; ^d mg de substância/litro

dérmica de 50%) ou LC₅₀ (concentração letal de inalação de 50%) resultantes de dados experimentais obtidos em animais, ver Tabela 5.1.

Por vezes a classificação é feita usando dados de experiências em humanos em vez de dados em animais em consequência de diferentes efeitos e modos de ação no homem e nos animais (Exemplo 1). A

toxicidade pode ser ainda avaliada do ponto de vista da mutagenicidade, carcinogenicidade, toxicidade reprodutiva e toxicidade para órgãos–alvo específicos. No que diz respeito à **toxicidade aguda e crônica para o meio ambiente** é importante atender à persistência e degradabilidade, potencial bioacumulação e mobilidade no solo da substância ou mistura a avaliar. Ainda é relevante atender ao problema da possível **degradação da camada de ozono**.

No regulamento CRE anexo I, encontram-se os requisitos de classificação e rotulagem para substâncias e misturas perigosas conhecidas bem como procedimentos adequados à classificação de misturas desconhecidas (com base nas percentagens dos seus componentes e classificação de cada um deles).

Os elementos a colocar num rótulo devem estar de acordo com a classificação da 9+**Advertência de Perigo** e o **Pictograma**) atribuídos a um produto químico pertencente à classe “Toxicidade aguda” em função da sua categoria. Os valores de corte (ou valores limite) podem sofrer ligeiras alterações de acordo com as atualizações ao regulamento CRE.

Exemplo de atribuição dos elementos do rótulo de uma substância/mistura que foi classificada de acordo com a classe de “Toxicidade aguda” (ver Tabela 5.2)

Exemplo 1 Se a substância/mistura pertencer à “**categoria 1** de toxicidade aguda (via oral)”, o rótulo incluirá a advertência de perigo H 300 “**Mortal** por ingestão”, a palavra sinal “**Perigo**” e um pictograma com uma caveira sobre tibias cruzadas (pictograma **GHS06**)

Exemplo 2 Se a substância/mistura pertencer à “**categoria 4** de toxicidade aguda (via oral)”, o rótulo incluirá a advertência de perigo H 302 “**Nocivo** por ingestão”, a palavra sinal “**Atenção**” e, eventualmente apenas o pictograma com um ponto de exclamação (pictograma **GHS07**)

Exemplo 3 Se a substância/mistura pertencer à “**categoria 5** de toxicidade aguda (via oral)”, o rótulo poderá incluir ainda a advertência de perigo H 302 “**Nocivo** por ingestão”, a palavra sinal “**Atenção**” e, provavelmente já não será necessário incluir qualquer pictograma de perigo

Para **misturas conhecidas**, os dados disponíveis respeitantes à **mistura no seu todo** devem ser utilizados para determinar a sua classificação (classe e categoria de perigo) e esta informação encontra-se descrita no rótulo/fichas de dados de segurança. No entanto, se a classificação da mistura no seu todo for **desconhecida**, poderão ser usadas novas abordagens/novos critérios de estimativa de classificação tais como:

- aplicação do “**Princípio de Ponte**” e/ou “**Princípio de Extrapolação**” para determinar os perigos para o ambiente e para a saúde, utilizando dados de misturas semelhantes já ensaiadas
- utilização do “**Método de Aditividade**” em que se usa as informações relativas às substâncias individuais constituintes da mistura (componentes relevantes, suas % na mistura e Estimativa de Toxicidade Aguda (ETA) de cada um), ver exemplo de aplicação na Tabela 5.3.

Tabela 5.2 Elementos do rótulo atribuídos à Toxicidade Aguda de substâncias/misturas por categorias considerando as vias de exposição oral, dérmica e inalação

| Elementos do rótulo atribuídos à Toxicidade Aguda ^a de substâncias/misturas | | | | | |
|---|--|---|---|--|--|
| Classificação | Categoria 1 | Categoria 2 | Categoria 3 | Categoria 4 | Categoria 5 |
| Pictograma |  |  |  |  | Não é atribuído pictograma |
| Palavra-sinal | Perigo | Perigo | Perigo | Atenção | Atenção |
| Advertência de Perigo por via: | | | | | |
| Oral | H300: Mortal por ingestão | H300: Mortal por ingestão | H301: Tóxico por ingestão | H302: Nocivo por ingestão | Pode ser nocivo por ingestão |
| Dérmica | H310: Mortal em contacto com a pele | H310: Mortal em contacto com a pele | H311: Tóxico em contacto com a pele | H312: Nocivo em contacto com a pele | Pode ser nocivo em contacto com a pele |
| Inalação | H330: Mortal se inalado | H330: Mortal se inalado | H331: Tóxico se inalado | H332: Nocivo se inalado | Pode ser nocivo por inalação |
| Elementos do rótulo atribuídos à Corrosão/Irritação ^b da pele por substâncias/misturas | | | | | |
| Classificação | Subcategorias 1A/ 1B/ 1C e Categoria 1 | | | Categoria 2 | |
| Pictogramas |  | | |  | |
| Palavra sinal | Perigo | | | Atenção | |
| Advertências de Perigo | | | | | |
| | H314: Provoca queimaduras na pele e lesões oculares graves | | | H315: Provoca irritação cutânea | |

^a Toxicidade aguda – efeitos adversos que ocorrem na sequência da administração oral ou dérmica de uma única dose de uma substância ou mistura, ou de múltiplas doses dadas num período de 24h, ou ainda durante a exposição inalatória durante 4h.

^b Corrosão da pele - a produção de um dano irreversível na pele; Irritação da pele – a produção de um dano reversível na pele, ambas por aplicação de uma substância teste até 4h.

Exemplos de estimativas de classificação de uma substância (Exemplo 4) ou misturas (Exemplos 5 a 7) não classificadas previamente.

Exemplo 4 (substância particular): O metanol é exemplo de uma substância em que a classificação de **toxicidade aguda por via oral**, é feita de forma adequada e fiável através de **dados em humanos** sendo-lhe atribuída a categoria 3

Exemplo 5 (mistura não testada obtida por diluição) – Princípio de Ponte: Quando uma mistura C não testada resulta da diluição de uma mistura (A) conhecida num dado solvente (B) também conhecido (por exemplo água) que apresente uma categoria de perigo inferior ou igual à da mistura de partida A, é possível assumir que a mistura diluída C (A+B) apresenta a mesma categoria de perigo da mistura A que lhe deu origem. Uma mistura A é classificada de categoria 2 no que diz respeito à toxicidade aguda e diluída posteriormente no solvente B para formar a mistura C. Se o solvente B for classificado como categoria 3 (toxicidade aguda de categoria menos gravosa do que a de A) então, é de esperar que a mistura final C seja também de categoria 2 (admitindo que a mistura de toxicidade mais baixa não potencie o agravamento da toxicidade da mistura final C).

Exemplo 6 (mistura não testada obtida por diluição) – Princípio de Extrapolação: Na ausência de qualquer outra informação concreta, uma substância/mistura é considerada corrosiva para a pele e classificada de categoria 1 se apresentar um pH ≤ 2 ou um pH ≥ 11,5.

O ácido sulfúrico comercial é descrito na ficha de dados de segurança como substância perigosa de categoria 1 pois é **corrosivo para a pele e mucosas**. Consequentemente, deve ser manipulado em hote e deve usar-se EPI (óculos e luvas). Se se preparar uma solução de ácido sulfúrico de concentração 0,1 mol L⁻¹ (pH = 0,7 inferior a 2), também apresentará a mesma categoria 1 do ácido comercial. No entanto, uma solução ainda mais diluída de concentração 0,001 mol L⁻¹ (pH=2,7 superior a 2) será classificada de categoria 2 (menos gravosa). A gravidade do dano causado dependerá da concentração da substância corrosiva e obviamente da duração do contacto.

Exemplo 7 (mistura contendo componentes conhecidos e desconhecidos) - Método de Aditividade: Uma mistura hipotética é constituída pelas cinco substâncias indicadas na Tabela 5.3. É possível classificá-la sem efetuar experiências em animais ou seres humanos usando o método de cálculo da aditividade cuja expressão é descrita na tabela referida. O cálculo é feito com base na Estimativa de Toxicidade Aguda (ETA) – via oral exclusivamente dos **componentes** (designados por *i*) **relevantes** por constituintes da mistura e suas concentrações *C_i* expressas em % m/m ou % v/v. Usualmente uma substância é irrelevante se a sua % < 1% (no caso de uma mistura líquida, % m/m). No caso particular da substância 2 (92%) ser água, será considerada “irrelevante” bastando usar a expressão simplificada do método da aditividade $\frac{100}{ETA_{mist}} = \frac{4}{125} + \frac{3}{1500} + \frac{0,2}{10}$ obtendo-se o novo valor de ETAmist = 1852 mg/kg, o que classificaria a mistura na categoria 4 (efeito de diluição) menos gravosa.

Tabela 5.3 Classificação de uma **mistura líquida** constituída por 5 substâncias distintas e de diferentes %, usando o método da aditividade^b

| Mistura desconhecida | Aplicação do Método da Aditividade a uma mistura líquida contendo “três substâncias conhecidas relevantes” (1 e 3), “uma irrelevante desconhecida”(4) e outra “irrelevante conhecida” (5) e “uma desconhecida mas relevante”(2) | | |
|---|--|--|--|
| Informação disponível | Toxicidade aguda -via oral) em animais de DL ₅₀ ^c | Categoria da substância <i>i</i> (ver Tabela 5.2) | Racionalização do problema |
| Substância 1 4% | 125 mg/kg massa corporal | 3 | $\frac{100 - (\sum C_{desc. se > 10\%})}{ETA_{mist}} = \sum \frac{C_i}{ETA_i}$ $\frac{100 - 92}{ETA_{mist}} = \frac{4}{125} + \frac{3}{1500} + \frac{0,2}{10}$ <p>ETA_{mist} = 148 mg/kg</p> <p>→ Categoria 3</p> |
| Substância 2 92% | <i>Desconhecida</i> | — | |
| Substância 3 3% | 1500 mg/kg massa corporal | 4 | |
| Substância 4 0,9% | <i>Desconhecida</i> | — | |
| Substância 5 0,2% | 10 mg/kg massa corporal | 2 | |
| Classificação feita com base em: | | <i>C_i</i> – concentração da substância <i>i</i> <i>C_{desc.}</i> – concentração da substância desconhecida <i>ETA_i</i> – estimativa de toxicidade aguda de <i>i</i> <i>ETA_{mist}</i> – estimativa de toxicidade aguda da mistura | |
| <ul style="list-style-type: none"> • valores de corte (Tabela 5.1) • % das substâncias na mistura • método da aditividade | | | |

^a *Guidance on the Application of the CLP Criteria*, Version 5.0 – July 2017, DOI:10.2823/124801; ^b Este método usa a equação matemática geral, $\frac{100}{ETA_{mist}} = \sum \frac{C_i}{ETA_i}$, para todas as substâncias relevantes se a concentração total de substâncias desconhecidas forem ≤10%. No caso das substâncias desconhecidas serem >10%, então é feita a correção de ajuste usada no exemplo dado; ^c DL₅₀: Dose Letal que provoca a morte em 50% da população (DL₅₀ ≅ ETA)

5.3. Elementos do Rótulo

Os rótulos das embalagens fornecem informação rápida sobre uma substância/mistura, com vista à sua manipulação em segurança. Os rótulos estão à disposição onde e quando mais se necessita, ou seja, durante a sua utilização, sendo fulcral que o operador os saiba interpretar corretamente. Os rótulos das substâncias/misturas perigosas obedecem ao regulamento CRE sobre a classificação, rotulagem e embalagem de substâncias e misturas perigosas que adota o sistema GHS (Sistema Internacional Harmonizado de Classificação e Rotulagem de Produtos Químicos), um sistema das Nações Unidas destinado a identificar produtos químicos perigosos e a informar os utilizadores sobre os perigos inerentes.

As regras de rotulagem descrevem genericamente o conteúdo da embalagem (frasco ou pacote exterior) bem como o local de colocação, a dimensão e a posição do rótulo. Este deve ser fixado numa ou mais faces da embalagem e ser legível na horizontal quando esta é colocada na posição normal. O rótulo deve ser redigido na língua oficial do Estado-Membro em que a substância ou mistura é colocada no mercado. Os fornecedores podem produzir rótulos que abranjam todas as línguas oficiais dos países onde a substância ou mistura é fornecida, ou produzir rótulos separados para cada país, desde que se mantenha a legibilidade dos mesmos.

Os **elementos do rótulo** (Tabela 5.4), em especial os pictogramas de perigo, devem destacar-se claramente do fundo e apresentar a dimensão e o espaçamento adequados a uma leitura fácil.

Tabela 5.4 Elementos do rótulo

| Elementos do rótulo | |
|---|--|
| Perigosidade da substância/mistura | |
| • Pictograma(s) de perigo | Tabela 5.5 |
| • Palavra-sinal | PERIGO para perigos mais graves ATENÇÃO para perigos menos graves |
| • Advertências de perigo (códigos e frases H) | Tabela 5.6 e Tabela 5.7 |
| • Recomendações de prudência (códigos e frases P) | Tabela 5.6 e Tabela 5.9 |
| • Secção de informação suplementar | Advertências de perigo EUH (Tabela 5.8)/outras |
| Identificação da substância/mistura e fornecedor | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Identificadores do produto • Quantidade nominal do produto na embalagem • Nome, endereço e número de telefone do fornecedor | |

Na Figura 5.1 exemplifica-se uma embalagem de metanol de um fornecedor, rotulada de acordo com regulamento CRE. Destacam-se os quatro elementos do rótulo indicativos da perigosidade do produto: **Pictograma(s)** (GHS02, GHS06, GHS08); **Palavra-sinal** (PERIGO); e as frases de **Advertências de perigo (frases H)** e de **Recomendações de prudência (frases P)** relevantes. Na Figura 5.2 o mesmo rótulo é

apresentado com maior detalhe, sendo possível encontrar ainda informação relativa ao produto (nome, fórmula química e identificação internacional, quantidade, grau de pureza, nº de lote e data de validade, principais especificações técnicas e aplicação) bem como identificação detalhada do fornecedor.

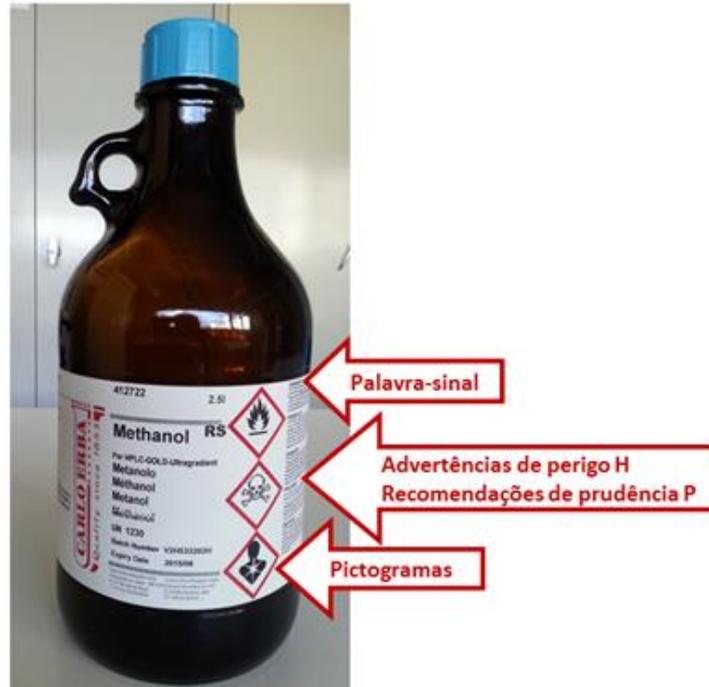
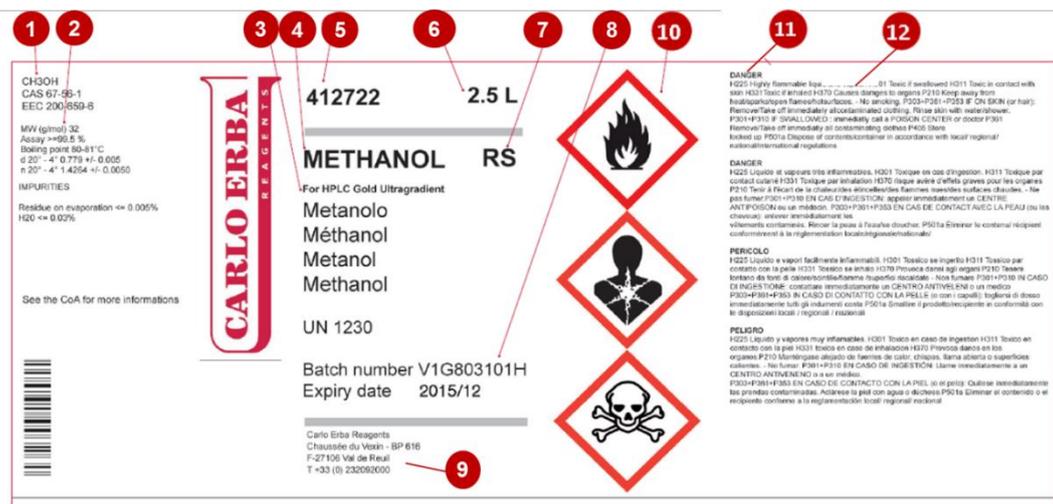


Figura 5.1 Frasco de metanol rotulado de acordo com o regulamento CRE



- 1 Fórmula química e identificação internacional (nºCAS, nºEEC);
- 2 Principais especificações técnicas;
- 3 Aplicação; 4 Nome do produto; 5 Código do produto no fornecedor; 6 Quantidade; 7 Grau de pureza;
- 8 Nº de lote e data de validade; 9 Identificação do fornecedor, morada e telefone; 10 Pictogramas de perigo;
- 11 Palavra-sinal; 12 Advertências de perigo H e recomendações de prudência P

Figura 5.2 Rótulo de um frasco de metanol de acordo com o regulamento CRE

5.4. Pictogramas de Perigo

Na Tabela 5.5 são apresentados os nove pictogramas de perigo de acordo com o regulamento CRE/sistema GHS relativos aos sinais de rotulagem de substâncias e misturas perigosas. Estes informam sobre as diferentes classes e categorias de perigo associadas à substância/mistura em questão. Têm a forma de um

Tabela 5.5 Pictogramas de perigo e Classes de perigo associadas (regulamento CRE/sistema GHS)

| | | |
|---|--|--|
|  |  |  |
| <p>GHS01 Bomba a explodir (PF)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Explosivos • Autorreativos • Peróxidos orgânicos <p>Perigo de explosão em contato com chama/faisca/electricidade estática/exposição ao calor ou se sujeito a choque/fricção. Perigo grave de projeções.</p> | <p>GHS02 Chama (PF)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Inflamáveis • Pirofóricos • Autoaquecem • Emitem gases inflamáveis • Autorreativos • Peróxidos orgânicos <p>Perigo de Inflamabilidade de gases, aerossóis, líquidos ou sólidos. Perigo de incêndio em contato com chama/faisca/electricidade estática/exposição ao calor.</p> | <p>GHS03 Chama sobre círculo (PF)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gases oxidantes • Líquidos oxidantes • Sólidos oxidantes <p>Perigo de gases, líquidos ou sólidos oxidantes/comburentes alimentarem um incêndio.</p> |
|  |  |  |
| <p>GHS04 Cilindro de gás (PF)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gases sob pressão <p>Perigo de gases comprimidos, liquefeitos ou dissolvidos explodirem sob a ação do calor.</p> | <p>GHS05 Corrosão (PF+ PS)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Corrosão/queimadura da pele • Lesão ocular • Corrosivo para metais <p>Perigo de provocar queimaduras graves na pele e lesões nos olhos.</p> | <p>GHS06 Caveira e ossos (PS)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Toxicidade aguda (fatal ou tóxica) <p>Perigo de elevada toxicidade em contacto com a pele, podendo ser fatal se inalado ou ingerido.</p> |
|  |  |  |
| <p>GHS07 Ponto de exclamação (PS)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Irritante (olhos e pele) • Sensibilizante de pele • Toxicidade aguda • Efeitos narcóticos • Irritante inalatório • Perigoso para camada ozono <p>Perigo de ser irritante ou nocivo. Provoca a sensibilização cutânea e irritação ocular. Irritante para as vias respiratórias. Narcótico, provoca sonolência ou tonturas.</p> | <p>GHS08 Silhueta (PS)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Carcinogénico • Mutagénico • Tóxico para reprodução • Sensibilizante respiratório • Toxicidade em órgãos alvo • Toxicidade por aspiração <p>Altamente perigoso para a saúde. Pode provocar efeitos graves a longo prazo (cancro/anomalias genéticas/reprodutivas) ou sensibilização respiratória (alergias/ asma / dificuldades respiratórias). Pode ser fatal por ingestão ou penetração nas vias respiratórias.</p> | <p>GHS09 Meio ambiente (PA)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Toxicidade aquática <p>Perigoso para o ambiente aquático (água, animais e plantas)</p> |

PF – Perigo físico; PS – Perigo para a saúde; PA – Perigo para o ambiente

quadrado apoiado num vértice, “forma de diamante” ou losango, com **fundo branco e contorno vermelho**, contendo no interior um símbolo referente à natureza específica do(s) perigo(s): perigo físico (PF), perigo para a saúde (PS) e perigo para o ambiente (PA). Cada pictograma é identificado com o código GHSn ($1 \leq n \leq 9$). Usualmente é atribuído apenas um pictograma a uma classe ou categoria específicas, mas algumas subdivisões de perigo necessitam de dois ou mais pictogramas.

5.5. Advertências de Perigo (H) e Recomendações de Prudência (P)

As Advertências de perigo e as Recomendações de prudência são frases informativas normalizadas codificadas de acordo com o regulamento CRE/sistema GHS, através de um código alfanumérico constituído por uma letra e três algarismos (Tabela 5.6).

Para **Advertência de perigo** usa-se a letra “H” (do inglês *Hazard statement*) e para **Recomendação de prudência** a letra “P” (do inglês *Precautionary statement*).

No caso das **Advertências de perigo**:

- i)* O primeiro dígito designa o tipo de perigo (2, perigo físico; 3, perigo para a saúde e 4, perigo para o ambiente)
- ii)* Um conjunto de dois dígitos que se lhe segue corresponde à numeração sequencial dos perigos (Ex: explosividade, 200 a 210; inflamabilidade, 220 a 230)

No caso das **Recomendações de prudência**:

- i)* O primeiro dígito designa um dos cinco tipos de recomendações (1, gerais; 2, prevenção; 3, resposta; 4, armazenamento e 5, eliminação)
- ii)* Um conjunto de dois dígitos que se lhe segue corresponde à numeração sequencial das próprias recomendações

Tabela 5.6 Códigos gerais para Advertências de perigo e Recomendações de prudência

| Códigos | Advertências de perigo | Códigos | Recomendações de prudência |
|------------------|-------------------------|-------------|----------------------------|
| H200-H299 | Perigos físicos | P100 | Geral |
| H300-H399 | Perigos para a saúde | P200 | Prevenção |
| H400-H499 | Perigos para o ambiente | P300 | Resposta |
| | | P400 | Armazenamento |
| | | P500 | Eliminação |

As Advertências de perigo (frases H, Tabela 5.7) e as Recomendações de prudência (frases P, Tabela 5.9) aparecem por vezes combinadas. Na tabela 5.8 são ainda apresentadas algumas advertências de perigo adicionais, só usadas na EU, cujo código é constituído pelas letras EUH seguidas de três algarismos que refletem genericamente a codificação anteriormente utilizada e que não tem correspondência direta nas atuais advertências de perigo do sistema GHS.

Tabela 5.7 Códigos e Advertências de perigo (frases H) (regulamento CRE/sistema GHS)

| Códigos | Advertências de perigo |
|------------------------------------|---|
| <i>Perigos Físicos</i> | |
| H 200 | Explosivo instável. |
| H 201 | Explosivo, perigo de explosão em massa. |
| H 202 | Explosivo, perigo grave de projeções. |
| H 203 | Explosivo, perigo de incêndio, sopro ou projeções. |
| H 204 | Perigo de incêndio ou projeções. |
| H 205 | Perigo de explosão em massa em caso de incêndio. |
| H 220 | Gás extremamente inflamável. |
| H 221 | Gás inflamável. |
| H 222 | Aerossol extremamente inflamável. |
| H 223 | Aerossol inflamável. |
| H 224 | Líquido e vapor extremamente inflamáveis. |
| H 225 | Líquido e vapor facilmente inflamáveis. |
| H 226 | Líquido e vapor inflamáveis. |
| H 228 | Sólido inflamável. |
| H 240 | Risco de explosão sob a ação do calor. |
| H 241 | Risco de explosão ou de incêndio sob a ação do calor. |
| H 242 | Risco de incêndio sob a ação do calor. |
| H 250 | Risco de inflamação espontânea em contacto com o ar. |
| H 251 | Suscetível de auto aquecimento: risco de inflamação. |
| H 252 | Suscetível de auto aquecimento em grandes quantidades: risco de inflamação. |
| H 260 | Em contacto com a água liberta gases que se podem inflamar espontaneamente. |
| H 261 | Em contacto com a água liberta gases inflamáveis. |
| H 270 | Pode provocar ou agravar incêndios; comburente. |
| H 271 | Risco de incêndio ou de explosão; muito comburente. |
| H 272 | Pode agravar incêndios; comburente. |
| H 280 | Contém gás sob pressão; risco de explosão sob a ação do calor. |
| H 281 | Contém gás refrigerado; pode provocar queimaduras ou lesões criogénicas. |
| H 290 | Pode ser corrosivo para os metais. |
| <i>Perigos para a saúde</i> | |
| H 300 | Mortal por ingestão. |
| H 301 | Tóxico por ingestão. |
| H 302 | Nocivo por ingestão. |
| H 304 | Pode ser mortal por ingestão e penetração nas vias respiratórias. |
| H 310 | Mortal em contacto com a pele. |
| H 311 | Tóxico em contacto com a pele. |
| H 312 | Nocivo em contacto com a pele. |
| H 314 | Provoca queimaduras na pele e lesões oculares graves. |
| H 315 | Provoca irritação cutânea. |
| H 317 | Pode provocar uma reação alérgica cutânea. |
| H 318 | Provoca lesões oculares graves. |

| Códigos | | Advertências de perigo (continuação) |
|-----------------------|--|---|
| | | <i>Perigos para a saúde (continuação)</i> |
| H 319 | | Provoca irritação ocular grave. |
| H 330 | | Mortal por inalação. |
| H 331 | | Tóxico por inalação. |
| H 332 | | Nocivo por inalação. |
| H 334 | | Quando inalado, pode provocar sintomas de alergia ou de asma ou dificuldades respiratórias. |
| H 335 | | Pode provocar irritação das vias respiratórias. |
| H 336 | | Pode provocar sonolência ou vertigens. |
| H 340 | | Pode provocar anomalias genéticas <indicar a via de exposição se existirem provas concludentes de que o perigo não decorre de nenhuma outra via de exposição>. |
| H 341 | | Suspeito de provocar anomalias genéticas <indicar a via de exposição se existirem provas concludentes de que o perigo não decorre de nenhuma outra via de exposição>. |
| H 350 | | Pode provocar cancro <indicar a via de exposição se existirem provas concludentes de que o perigo não decorre de nenhuma outra via de exposição>. |
| H 350i | | Pode provocar cancro por inalação. |
| H 351 | | Suspeito de provocar cancro <indicar a via de exposição se existirem provas concludentes de que o perigo não decorre de nenhuma outra via de exposição>. |
| H 360 | | Pode afetar a fertilidade ou o nascituro <indicar o efeito específico se este for conhecido> <indicar a via de exposição se existirem provas concludentes de que o perigo não decorre de nenhuma outra via de exposição>. |
| H 360F | | Pode afetar a fertilidade. |
| H 360D | | Pode afetar o nascituro. |
| H 360FD | | Pode afetar a fertilidade. Pode afetar o nascituro. |
| H 360Fd | | Pode afetar a fertilidade. Suspeito de afetar o nascituro. |
| H 360Df | | Pode afetar o nascituro. Suspeito de afetar a fertilidade. |
| H 361 | | Suspeito de afetar a fertilidade ou o nascituro <indicar o efeito específico se este for conhecido> <indicar a via de exposição se existirem provas concludentes de que o perigo não decorre de nenhuma outra via de exposição>. |
| H 361f | | Suspeito de afetar a fertilidade. |
| H 361d | | Suspeito de afetar o nascituro. |
| H 361fd | | Suspeito de afetar a fertilidade. Suspeito de afetar o nascituro. |
| H 362 | | Pode ser nocivo para as crianças alimentadas com leite materno. |
| H 370 | | Afeta os órgãos <ou indicar todos os órgãos afetados, se forem conhecidos> <indicar a via de exposição se existirem provas concludentes de que o perigo não decorre de nenhuma outra via de exposição>. |
| H 371 | | Pode afetar os órgãos <ou indicar todos os órgãos afetados, se forem conhecidos> <indicar a via de exposição se existirem provas concludentes de que o perigo não decorre de nenhuma outra via de exposição>. |
| H 372 | | Afeta os órgãos <ou indicar todos os órgãos afetados, se forem conhecidos> após exposição prolongada ou repetida <indicar a via de exposição se existirem provas concludentes de que o perigo não decorre de nenhuma outra via de exposição>. |
| H 373 | | Pode afetar os órgãos <ou indicar todos os órgãos afetados, se forem conhecidos> após exposição prolongada ou repetida <indicar a via de exposição se existirem provas concludentes de que o perigo não decorre de nenhuma outra via de exposição>. |
| H 300 + H 310 | | Mortal por ingestão ou contacto com a pele. |
| H 300 + H 330 | | Mortal por ingestão ou inalação. |
| H 300 + H 310 + H 330 | | Mortal por ingestão, contacto com a pele ou inalação. |
| H 301 + H 311 | | Tóxico por ingestão ou contacto com a pele. |
| H 301 + H 331 | | Tóxico por ingestão ou inalação. |

| Códigos | | Advertências de perigo (continuação) |
|--|---|--------------------------------------|
| <i>Perigos para a saúde (continuação)</i> | | |
| H 301 + H 311 + H 331 | Tóxico por ingestão, contacto com a pele ou inalação. | |
| H 302 + H 312 | Nocivo por ingestão ou contacto com a pele. | |
| H 302 + H 332 | Nocivo por ingestão ou inalação. | |
| H 302 + H 312 + H 332 | Nocivo por ingestão, contacto com a pele ou inalação. | |
| H 310 + H 330 | Mortal por contacto com a pele ou inalação | |
| H 311 + H 331 | Tóxico em contacto com a pele ou por inalação. | |
| H 312 + H 332 | Nocivo em contacto com a pele ou por inalação. | |
| <i>Perigos para o ambiente</i> | | |
| H 400 | Muito tóxico para os organismos aquáticos. | |
| H 410 | Muito tóxico para os organismos aquáticos com efeitos duradouros. | |
| H 411 | Tóxico para os organismos aquáticos com efeitos duradouros. | |
| H 412 | Nocivo para os organismos aquáticos com efeitos duradouros. | |
| H 413 | Pode provocar efeitos nocivos duradouros nos organismos aquáticos. | |
| H 420 | Prejudica a saúde pública e o ambiente ao destruir o ozono na alta atmosfera. | |

Tabela 5.8 Códigos e advertências de perigo suplementares EUH

| Códigos | | Advertências de perigo suplementares usadas na EU |
|--|--|--|
| <i>Perigos Físicos</i> | | |
| EUH 001 | | Explosivo no estado seco. |
| EUH 006 | | Perigo de explosão com ou sem contacto com o ar. |
| EUH 014 | | Reage violentamente em contacto com a água. |
| EUH 018 | | Pode formar mistura vapor-ar explosiva/inflamável durante a utilização. |
| EUH 019 | | Pode formar peróxidos explosivos. |
| EUH 044 | | Risco de explosão se aquecido em ambiente fechado. |
| <i>Perigos para a saúde</i> | | |
| EUH 029 | | Em contacto com a água liberta gases tóxicos. |
| EUH 031 | | Em contacto com ácidos liberta gases tóxicos. |
| EUH 032 | | Em contacto com ácidos liberta gases muito tóxicos. |
| EUH 066 | | Pode provocar pele seca ou gretada, por exposição repetida. |
| EUH 070 | | Tóxico por contacto com os olhos. |
| EUH 071 | | Corrosivo para as vias respiratórias. |
| <i>Perigos para o meio ambiente</i> | | |
| EUH 059 | | Perigoso para a camada de ozono |
| <i>Outras</i> | | |
| EUH 201 | | Contém chumbo. Não utilizar em superfícies que possam ser mordidas ou chupadas por crianças. |
| EUH 201A | | Atenção! Contém chumbo. |
| EUH 202 | | Cianoacrilato. Perigo. Cola à pele e aos olhos em poucos segundos. Manter fora do alcance das crianças. |
| EUH 203 | | Contém cromo (VI). Pode provocar uma reação alérgica. |
| EUH 204 | | Contém isocianatos. Pode provocar uma reação alérgica. |
| EUH 205 | | Contém componentes epoxídicos. Pode provocar uma reação alérgica. |
| EUH 206 | | Atenção! Não utilizar juntamente com outros produtos. Podem libertar-se gases perigosos (cloro). |
| EUH 207 | | Atenção! Contém cádmio. Libertam-se fumos perigosos durante a utilização. Ver as informações fornecidas pelo fabricante. Respeitar as instruções de segurança. |
| EUH 208 | | Contém <nome da substância sensibilizante em questão>. Pode provocar uma reação alérgica. |
| EUH 209 | | Pode tornar-se facilmente inflamável durante o uso. |
| EUH 209A | | Pode tornar-se inflamável durante o uso. |
| EUH 210 | | Ficha de segurança fornecida a pedido. |
| EUH 401 | | Para evitar riscos para a saúde humana e para o ambiente, respeitar as instruções de utilização |

Tabela 5.9 Códigos e recomendações de prudência (regulamento CLP/GHS)

| Códigos | | Recomendações de prudência |
|------------------|--|---|
| <i>Geral</i> | | |
| P 101 | | Se for necessário consultar um médico, mostre-lhe a embalagem ou o rótulo. |
| P 102 | | Manter fora do alcance das crianças. |
| P 103 | | Ler o rótulo antes da utilização. |
| <i>Prevenção</i> | | |
| P 201 | | Pedir instruções específicas antes da utilização. |
| P 202 | | Não manuseie o produto antes de ter lido e percebido todas as precauções de segurança. |
| P 210 | | Manter afastado do calor/faísca/chama aberta/superfícies quentes. — Não fumar. |
| P 211 | | Não pulverizar sobre chama aberta ou outra fonte de ignição. |
| P 220 | | Manter/Guardar afastado de roupa/.../matérias combustíveis. |
| P 221 | | Tomar todas as precauções para não misturar com combustíveis/... |
| P 222 | | Não deixar entrar em contacto com o ar. |
| P 223 | | Não deixar entrar em contacto com a água: risco de reação violenta e possibilidade de formação de chama súbita. |
| P 230 | | Manter húmido com... |
| P 231 | | Manusear em atmosfera de gás inerte. |
| P 231 + P 232 | | Manusear em atmosfera de gás inerte. Manter ao abrigo da humidade. |
| P 232 | | Manter ao abrigo da humidade. |
| P 233 | | Manter o recipiente bem fechado. |
| P 234 | | Conservar unicamente no recipiente de origem. |
| P 235 | | Conservar em ambiente fresco. |
| P 235 + P 410 | | Conservar em ambiente fresco. Manter ao abrigo da luz solar. |
| P 240 | | Ligação à terra/equipotencial do recipiente e do equipamento recetor. |
| P 241 | | Utilizar equipamento elétrico/de ventilação/de iluminação/.../à prova de explosão. |
| P 242 | | Utilizar apenas ferramentas anti faísca. |
| P 243 | | Evitar acumulação de cargas eletrostáticas. |
| P 244 | | Manter as válvulas de redução isentas de óleo e massa lubrificantes. |
| P 250 | | Não submeter a trituração/ /choque/.../fricção. |
| P 251 | | Recipiente sob pressão. Não furar nem queimar, mesmo após utilização. |
| P 260 | | Não respirar as poeiras/fumos/gases/névoas/vapores/ aerossóis. |
| P 261 | | Evitar respirar as poeiras/fumos/gases/névoas/vapores/ aerossóis. |
| P 262 | | Não pode entrar em contacto com os olhos, a pele ou a roupa. |
| P 263 | | Evitar o contacto durante a gravidez/o aleitamento. |
| P 264 | | Lavar ... cuidadosamente após manuseamento. |
| P 270 | | Não comer, beber ou fumar durante a utilização deste produto. |
| P 271 | | Utilizar apenas ao ar livre ou em locais bem ventilados. |
| P 272 | | A roupa de trabalho contaminada não deve sair do local de trabalho. |
| P 273 | | Evitar a libertação para o ambiente. |
| P 280 | | Usar luvas de proteção/ vestuário de proteção/proteção ocular/proteção facial. |
| P 281 | | Usar o equipamento de proteção individual exigido. |
| P 282 | | Usar luvas de proteção contra o frio/escudo facial/ proteção ocular. |
| P 283 | | Usar vestuário ignífugo/retardador de fogo/chamas. |
| P 284 | | Usar proteção respiratória. |
| P 285 | | Em caso de ventilação inadequada, usar proteção respiratória. |

| Códigos | | Recomendações de prudência (continuação) |
|------------------------------|--|--|
| <i>Resposta à emergência</i> | | |
| P 301 | | EM CASO DE INGESTÃO: |
| P 301 + P 310 | | EM CASO DE INGESTÃO: contacte imediatamente um CENTRO DE INFORMAÇÃO ANTIVENENOS ou um médico. |
| P 301 + P 312 | | EM CASO DE INGESTÃO: caso sinta indisposição, contacte um CENTRO DE INFORMAÇÃO ANTIVENENOS ou um médico. |
| P 301 + P 330 | | EM CASO DE INGESTÃO: enxaguar a boca. |
| P 331 | | NÃO provocar o vômito. |
| P 302 | | SE ENTRAR EM CONTACTO COM A PELE: |
| P 302 + P 334 | | SE ENTRAR EM CONTACTO COM A PELE: mergulhar em água fria/ aplicar compressas húmidas. |
| P 302 + P 350 | | SE ENTRAR EM CONTACTO COM A PELE: lavar suavemente com sabonete e água abundantes. |
| P 302 + P 352 | | SE ENTRAR EM CONTACTO COM A PELE: lavar com sabonete e água abundantes. |
| P 303 | | SE ENTRAR EM CONTACTO COM A PELE (ou o cabelo): |
| P 303 + P 361 | | SE ENTRAR EM CONTACTO COM A PELE (ou o cabelo): despir/retirar imediatamente toda a roupa contaminada. Enxaguar a pele com água/tomar um duche. |
| P 353 | | |
| P 304 | | EM CASO DE INALAÇÃO: |
| P 304 + P 340 | | EM CASO DE INALAÇÃO: retirar a vítima para uma zona ao ar livre e mantê-la em repouso numa posição que não dificulte a respiração. |
| P 304 + P 341 | | EM CASO DE INALAÇÃO: em caso de dificuldade respiratória, retirar a vítima para uma zona ao ar livre e mantê-la em repouso numa posição que não dificulte a respiração. |
| P 305 | | SE ENTRAR EM CONTACTO COM OS OLHOS: |
| P 305 + P 351 | | SE ENTRAR EM CONTACTO COM OS OLHOS: enxaguar cuidadosamente com água durante vários minutos. Se usar lentes de contacto, retire-as, se tal lhe for possível. Continuar a enxaguar. |
| P 338 | | |
| P 306 | | SE ENTRAR EM CONTACTO COM A ROUPA. |
| P 306 + P 360 | | SE ENTRAR EM CONTACTO COM A ROUPA: enxaguar imediatamente com muita água a roupa e a pele contaminadas antes de se despir. |
| P 307 | | EM CASO DE exposição: |
| P 307 + P 311 | | EM CASO DE exposição: contacte um CENTRO DE INFORMAÇÃO ANTIVENENOS ou um médico. |
| P 308 | | EM CASO DE exposição ou suspeita de exposição: |
| P 308 + P 313 | | EM CASO DE exposição ou suspeita de exposição: consulte um médico. |
| P 309 | | EM CASO DE exposição ou de indisposição: |
| P 309 + P 311 | | EM CASO DE exposição ou de indisposição: contacte um CENTRO DE INFORMAÇÃO ANTIVENENOS ou um médico. |
| P 310 | | Contacte imediatamente um CENTRO DE INFORMAÇÃO ANTIVENENOS ou um médico. |
| P 311 | | Contacte um CENTRO DE INFORMAÇÃO ANTIVENENOS ou um médico. |
| P 312 | | Em caso de indisposição, contacte um CENTRO DE INFORMAÇÃO ANTIVENENOS ou um médico. |
| P 313 | | Consulte um médico. |
| P 314 | | Em caso de indisposição, consulte um médico. |
| P 315 | | Consulte imediatamente um médico. |
| P 320 | | É urgente um tratamento específico (ver ... no presente rótulo). |
| P 321 | | Tratamento específico (ver ... no presente rótulo). |
| P 322 | | Medidas específicas (ver ... no presente rótulo). |
| P 330 | | Enxaguar a boca. |
| P 331 | | NÃO provocar o vômito. |

| Códigos | Recomendações de prudência (continuação) |
|--|--|
| <i>Resposta à emergência (continuação)</i> | |
| P 332 | Em caso de irritação cutânea: |
| P 332 + P 313 | Em caso de irritação cutânea: consulte um médico. |
| P 333 | Em caso de irritação ou erupção cutânea: |
| P 333 + P 313 | Em caso de irritação ou erupção cutânea: consulte um médico. |
| P 334 | Mergulhar em água fria/ aplicar compressas húmidas. |
| P 335 | Sacudir da pele as partículas soltas. |
| P 335 + P 334 | Sacudir da pele as partículas soltas. Mergulhar em água fria/aplicar compressas húmidas. |
| P 336 | Derreter as zonas congeladas com água morna. Não friccionar a zona afetada. |
| P 337 | Caso a irritação ocular persista: |
| P 337 + P 313 | Caso a irritação ocular persista: consulte um médico. |
| P 338 | Se usar lentes de contacto, retire-as, se tal lhe for possível. Continuar a enxaguar. |
| P 340 | Retirar a vítima para uma zona ao ar livre e mantê-la em repouso numa posição que não dificulte a respiração. |
| P 341 | Em caso de dificuldade respiratória, retirar a vítima para uma zona ao ar livre e mantê-la em repouso numa posição que não dificulte a respiração. |
| P 342 | Em caso de sintomas respiratórios: |
| P 342 + P 311 | Em caso de sintomas respiratórios: contacte um CENTRO DE INFORMAÇÃO ANTIVENENOS ou um médico. |
| P 350 | Lavar suavemente com sabonete e água abundantes. |
| P 351 | Enxaguar cuidadosamente com água durante vários minutos |
| P 352 | Lavar com sabonete e água abundantes. |
| P 353 | Enxaguar a pele com água/ tomar um duche. |
| P 360 | Enxaguar imediatamente com muita água a roupa e a pele contaminadas antes de se despir. |
| P 361 | Despir/retirar imediatamente toda a roupa contaminada. |
| P 362 | Retirar a roupa contaminada e lavá-la antes de a voltar a usar. |
| P 363 | Lavar a roupa contaminada antes de a voltar a usar. |
| P 370 | Em caso de incêndio: |
| P 370 + P 376 | Em caso de incêndio: deter a fuga se tal puder ser feito em segurança. |
| P 370 + P 378 | Em caso de incêndio: para a extinção utilizar ... |
| P 370 + P 380 | Em caso de incêndio: evacuar a zona. |
| P 370 + P 380 + P 375 | Em caso de incêndio: evacuar a zona. Combater o incêndio à distância, devido ao risco de explosão. |
| P 371 | Em caso de incêndio importante e grandes quantidades: |
| P 371 + P 380 | Em caso de incêndio importante e grandes quantidades: evacuar a zona. Combater o incêndio à distância, devido ao risco de explosão. |
| P 375 | à distância, devido ao risco de explosão. |
| P 372 | Risco de explosão em caso de incêndio. |
| P 373 | Se o fogo atingir os explosivos, NÃO tentar combatê-lo. |
| P 374 | Combater o incêndio tomando as precauções normais e a partir de uma distância razoável. |
| P 375 | Combater o incêndio à distância, devido ao risco de explosão. |
| P 376 | Deter a fuga se tal puder ser feito em segurança. |
| P 377 | Incêndio por fuga de gás: não apagar, a menos que se possa deter a fuga em segurança. |
| P 378 | Para a extinção utilizar ... |
| P 380 | Evacuar a zona. |
| P 381 | Eliminar todas as fontes de ignição se tal puder ser feito em segurança. |
| P 390 | Absorver o produto derramado a fim de evitar danos materiais. |
| P 391 | Recolher o produto derramado. |

| Códigos | Recomendações de prudência (continuação) |
|----------------------|--|
| Armazenamento | |
| P 401 | Armazenar ... |
| P 402 | Armazenar em local seco. |
| P 402 + P 404 | Armazenar em local seco. Armazenar em recipiente fechado. |
| P 403 | Armazenar em local bem ventilado. |
| P 403 + P 233 | Armazenar em local bem ventilado. Manter o recipiente bem fechado. |
| P 403 + P 235 | Armazenar em local bem ventilado. Conservar em ambiente fresco. |
| P 404 | Armazenar em recipiente fechado. |
| P 405 | Armazenar em local fechado à chave. |
| P 406 | Armazenar num recipiente resistente à corrosão/... com um revestimento interior resistente. |
| P 407 | Respeitar as distâncias mínimas entre pilhas/paletes. |
| P 410 | Manter ao abrigo da luz solar. |
| P 410 + P 403 | Manter ao abrigo da luz solar. Armazenar em local bem ventilado. |
| P 410 + P 412 | Manter ao abrigo da luz solar. Não expor a temperaturas superiores a 50 °C/122 °F |
| P 411 | Armazenar a uma temperatura não superior a ... °C/... °F. |
| P 411 + P 235 | Armazenar a uma temperatura não superior a ... °C/... °F. Conservar em ambiente fresco. |
| P 412 | Não expor a temperaturas superiores a 50 °C/122 °F. |
| P 413 | Armazenar quantidades a granel superiores a ... kg/ ... lbs a uma temperatura não superior a .. °C/.. °F |
| P 420 | Armazenar afastado de outros materiais. |
| P 422 | Armazenar o conteúdo em ... |
| Eliminação | |
| P 501 | Eliminar o conteúdo/recipiente em... |
| P 502 | Solicitar ao fabricante/fornecedor informações relativas à recuperação/reciclagem. |

5.6. Fichas de Dados de Segurança (FDS)

As Fichas de Dados de Segurança (FDS) ou “SDS” (acrónimo do inglês *Safety Data Sheet*) são documentos preparados pelos fabricantes ou fornecedores de substâncias e misturas perigosas que contêm informações detalhadas sobre as suas propriedades físicas e químicas, perigosidade, manuseamento em segurança nos seus usos mais correntes, armazenagem, procedimentos relacionados com a proteção da saúde humana, a segurança no local de trabalho, primeiros socorros em caso de acidente e proteção do ambiente via uma eliminação adequada dos resíduos produzidos. Esta informação permite tomar as medidas necessárias com vista à minimização dos riscos, dando indicações sobre a armazenagem, o manuseamento, a contenção de derrames e a eliminação de resíduos em condições de segurança.

A ficha FDS não é um documento com um tamanho fixo, sendo a sua dimensão proporcional ao perigo da substância/mistura e às informações disponíveis no momento, estando, por isso, em constante atualização. Esta deve ser realizada sempre que: estão disponíveis novas informações que possam afetar as medidas de gestão dos riscos ou novas informações sobre efeitos perigosos; tiver sido concedida ou recusada uma autorização; e tiver sido imposta uma restrição. Deve ser redigida na língua do país de

utilização (língua portuguesa), e o seu formato e conteúdo obedece aos regulamentos CRE e REACH. Para completar a informação veiculada por uma ficha FDS é necessário consultar os rótulos, a literatura científica e técnica e a opinião de especialistas.

A ficha FDS deve ser fornecida gratuitamente, em papel ou por meios eletrónicos, à data do primeiro fornecimento da substância ou mistura perigosa ou ainda a pedido do destinatário, no caso de uma mistura que não cumpra os critérios para classificação como perigosa mas que contenha substâncias com efeitos perigosos para a saúde humana ou para o ambiente, em determinadas concentrações.

A ficha FDS pode incluir 16 secções que se encontram resumidas na Tabela 5.10 (REGULAMENTO (UE) 2020/878 DA COMISSÃO de 18 de junho de 2020 que altera o anexo II do Regulamento (CE) n.o 1907/2006 do Parlamento Europeu e do Conselho relativo ao registo, avaliação, autorização e restrição dos produtos químicos (REACH)).

A descrição mais detalhada de cada secção da ficha FDS é a seguinte:

Secção 1: Identificação da substância/mistura e da sociedade/empresa

Identificação do produto (nº REACH, nº CE, nº CAS, nº de Índice).

Utilizações identificadas relevantes da substância ou mistura e utilizações desaconselhadas.

Identificação do fabricante do produto e do fornecedor da FDS (endereço completo e o número de telefone do fornecedor, bem como o endereço eletrónico do responsável pela FDS).

Número de telefone de emergência / Número do Centro Antiveneno.

Secção 2: identificação dos perigos

Apresenta a classificação da substância/mistura de acordo com o regulamento CRE e sistema GHS.

Classificação da substância ou mistura - Classificação de perigo por via de exposição (classe e categoria)

Elementos do rótulo: Com base na classificação, devem apresentar-se, pelo menos, os seguintes elementos do rótulo:

- pictogramas de perigo
- palavras-sinal (perigo ou atenção)
- advertências de perigo H (classe ou categoria de perigo)
- recomendações de prudência P (medidas recomendadas para minimizar ou prevenir efeitos adversos)

Secção de informação suplementar, se necessário.

Outros perigos - Outras informações de classificação (substâncias persistentes, bioacumuláveis e tóxicas - **substâncias PBT**-, muito persistentes e muito bioacumuláveis - **substâncias mPmB** -).

Secção 3: Composição/informação sobre os componentes

Esta secção descreve os componentes perigosos contidos no produto, as suas percentagens, as suas fórmulas químicas e os limites de exposição, quando aplicáveis. Caso se trate de uma substância, as informações são incluídas na secção 3.1. Se o produto químico for uma mistura, as informações são incluídas na secção 3.2.

As informações incluem o nome e/ou o nome comercial, bem como outros identificadores (e.g. nº CAS, nº REACH) das substâncias, componentes da mistura ou impurezas que:

- contribuem para a classificação geral de perigo
- estão presentes em concentrações acima de determinados níveis considerados preocupantes
- apresentem limites de exposição profissional

Relativamente às misturas, é indicada a concentração ou o intervalo de concentração em que o constituinte está presente.

Se os fornecedores optarem por enumerar a composição completa da substância ou mistura, podem incluir aqui os constituintes ou componentes não perigosos.

Secção 4: Primeiros socorros

Esta secção inclui informações sobre:

- As medidas de primeiros socorros a aplicar em caso de exposição acidental ao produto químico
- Os sintomas e os efeitos da exposição
- Informações sobre se são necessários cuidados médicos especiais ou urgentes (antídotos, acompanhamento médico) ou outras medidas (equipamento de proteção individual para os socorristas)

As medidas de primeiros socorros devem ser descritas de uma forma que possa ser compreendida e executada por uma pessoa inexperiente e devem estar em conformidade com as recomendações de prudência da secção 2.2.

Caso recorra a um médico na sequência da exposição acidental a um produto químico, convém levar consigo a ficha FDS.

É possível incluir informações específicas destinadas ao pessoal médico com um título do tipo «Notas para o médico». Essas informações podem conter terminologia clínica especial que pode não ser facilmente perceptível para pessoal não médico.

Secção 5: Medidas de combate a incêndios

Esta secção especifica os requisitos aplicáveis ao combate a incêndios desencadeados pela substância/mistura, ou que deflagrem nas suas proximidades.

Meios de extinção - Informa sobre os meios adequados e inadequados de extinção (estes últimos referidos na secção 5.1. A sua utilização pode provocar reações químicas ou físicas, resultando num perigo potencial adicional (algumas substâncias emitem gases inflamáveis ou tóxicos quando entram em contacto com a água).

Perigos especiais decorrentes da substância ou mistura - Informa sobre perigos que possam decorrer da substância/mistura, como a formação de produtos de combustão perigosos e/ou riscos de explosão de nuvens de vapor por exemplo: “ao arder pode produzir fumos tóxicos de monóxido de carbono” ou “por combustão produz óxidos de enxofre e nitrogénio”.

Recomendações específicas para pessoal de combate a incêndios, nomeadamente o seu equipamento de proteção especial.

Secção 6: Medidas a tomar em caso de fugas acidentais

Esta secção inclui recomendações sobre o que fazer em caso de fuga ou derrame acidental do produto químico, de forma a prevenir ou minimizar efeitos adversos adicionais. As recomendações incluem:

- **Métodos de confinamento** (barreiras de proteção e de cobertura), **recuperação e limpeza** (técnicas de neutralização e descontaminação, utilização de materiais adsorventes, técnicas de limpeza e aspiração, equipamento requerido para o confinamento/limpeza que inclui a utilização de ferramentas e equipamentos com proteção anti faísca, se for caso disso). Devem ser fornecidas outras informações relacionadas com a atuação em caso de derrames ou emissões, incluindo a identificação de eventuais técnicas de confinamento ou limpeza inadequadas, através de indicações do tipo “Nunca utilizar ...”.
- **Precauções individuais** a aplicar durante essas ações
- **Precauções a nível ambiental** (manter afastado dos esgotos, das águas superficiais e subterrâneas)

Esta secção pode ainda incluir referências às secções 8 e 13.

Secção 7: Manuseamento e armazenagem

Esta secção inclui informações sobre como manusear e **armazenar os produtos químicos de forma segura**, para evitar incidentes potencialmente perigosos. Essas informações estão em conformidade com as utilizações indicadas na secção 1.2, bem como com as propriedades do produto químico (referidas nomeadamente nas secções 9 e 10). Devem ser coerentes com todos os cenários de exposição referidos. As recomendações sobre práticas de manuseamento seguro incluem:

- Recomendações relativas ao confinamento e medidas a adotar com vista à prevenção de incêndios e de formação de aerossóis e poeiras
- Evitar perigos que resultam de **incompatibilidades** entre substâncias/misturas
- Reduzir a libertação da substância ou mistura para o ambiente, por exemplo, evitando os derrames ou mantendo-a afastada dos esgotos
- Implementar boas práticas de higiene no local de trabalho
- Gerir os riscos associados a atmosferas explosivas, condições corrosivas, perigos associados à inflamabilidade
- Controlar os efeitos do ambiente circundante, e.g. as condições meteorológicas, a humidade, a vibração
- Manter a integridade da substância ou mistura

Outros conselhos, incluindo os requisitos em termos de **ventilação**, a **conceção** especial de compartimentos ou recipientes de armazenagem (incluindo paredes de retenção e ventilação), os **limites de quantidade** de aplicação recomendável nas condições de armazenagem especificadas (se for pertinente), e a **compatibilidade** de embalagens. A secção 8 pode igualmente conter informações pertinentes.

Secção 8: Controlo da exposição/proteção individual

Esta secção inclui informações importantes sobre parâmetros de controlo e valores-limite de exposição (secção 8.1) e sobre as medidas de controlo da exposição (secção 8.2). Essas informações estão de acordo com as propriedades do produto químico e com as utilizações previstas (conforme referido na secção 1.2 ou nos cenários de exposição que podem estar anexados à ficha de dados de segurança).

Parâmetros de controlo/valores limite

- Os valores-limite de exposição profissional e valores-limite biológicos nacionais que correspondem aos valores-limite de exposição profissional comunitários
- Devem fornecer-se informações sobre os processos de monitorização recomendados, no mínimo para as substâncias mais relevantes
- No caso de formação de contaminantes atmosféricos, os seus valores-limite de exposição profissional bem como os valores-limite biológicos devem também ser mencionados

Controlo da exposição – possíveis cenários de exposição

- Controlos técnicos adequados
- Medidas de proteção individual
- Controlo da exposição ambiental

Secção 9: Propriedades físicas e químicas

Esta secção descreve as **propriedades físicas e químicas de base** da substância/mistura ou química que são relevantes para a classificação e para os perigos (aspecto, odor, limiar olfativo, pH, ponto de fusão/congelamento, ponto de ebulição inicial e intervalo de ebulição).

Se as propriedades físicas e químicas não estiverem disponíveis ou não forem relevantes devem ser indicados os motivos de tal circunstância.

Secção 10: Estabilidade e reatividade

Esta secção descreve a estabilidade da substância/mistura e a possibilidade de ocorrência de reações perigosas em certas condições de utilização e em caso de libertação para o ambiente.

Os perigos associados à estabilidade e à reatividade estão relacionados com as propriedades físicas e químicas referidas na secção 9. A prática habitual consiste em utilizar a secção 9 para indicar as propriedades mensuráveis determinadas a partir de procedimentos de ensaio, enquanto a secção 10 apresenta descrições (qualitativas) de possíveis consequências.

Reatividade - Deve descrever-se os perigos da substância ou da mistura em termos de reatividade.

Estabilidade química - Deve indicar-se:

- se a substância/mistura é estável ou instável em condições ambientais normais e nas condições previsíveis de temperatura e pressão durante a armazenagem e o manuseamento
- eventuais estabilizantes que sejam necessários para conservar a estabilidade química da substância/mistura
- a importância de qualquer alteração do aspeto físico da substância/mistura, em termos de segurança

Possibilidade de reações perigosas - Se for relevante, deve mencionar-se se a substância ou a mistura reage ou polimeriza, com aumento de pressão ou libertação de calor, ou dando origem a outras condições perigosas.

Condições a evitar - Deve referir-se as condições de que possam advir situações perigosas, como a temperatura, pressão, luz, choques, descargas de eletricidade estática, vibrações, estrangimentos físicos, acrescentando, se possível, uma breve descrição das medidas a tomar para a gestão dos riscos associados a esses perigos.

Materiais incompatíveis - Deve enumerar-se as substâncias ou as famílias de substâncias ou misturas.

Produtos de decomposição perigosos - Deve enumerar-se os produtos de decomposição conhecidos e razoavelmente previsíveis que possam resultar da utilização, armazenagem, derrame ou aquecimento.

Secção 11: Informação toxicológica

Esta secção destina-se, essencialmente, aos profissionais de saúde e segurança no trabalho e aos toxicologistas e inclui informações pormenorizadas sobre:

- **Vias de exposição** prováveis
- **Sintomas** causados pelas características físicas, químicas e toxicológicas da substância, da mistura e/ou dos seus subprodutos conhecidos
- **Efeitos adversos imediatos e retardados**, nomeadamente os efeitos crónicos decorrentes de exposição breve e prolongada.

Deve ainda incluir a descrição e resultados dos ensaios para a identificação/classificação de perigos para a saúde.

Esta secção pode incluir uma grande quantidade de informações, em especial quando se tratar de uma FDS relativa a uma mistura, permitindo estabelecer uma clara separação entre os dados aplicáveis a uma mistura no seu todo (se for caso disso) e os dados aplicáveis a substâncias (componentes) individuais.

Substâncias - As **classes de perigo pertinentes**, para as quais se devem fornecer informações, são: Toxicidade aguda, Corrosão/irritação cutânea, Lesões oculares graves/irritação ocular, Sensibilização respiratória ou cutânea, Mutagenicidade em células germinativas, Carcinogenicidade, Toxicidade reprodutiva, Toxicidade para órgãos-alvo específicos (STOT) - exposição única, Toxicidade para órgãos-alvo específicos (STOT) - exposição repetida, Perigo de aspiração.

Misturas - Os **efeitos pertinentes**, para os quais se devem fornecer informações, são: Toxicidade aguda, Irritação, Corrosão, Sensibilização, Toxicidade por dose repetida, Carcinogenicidade, Mutagenicidade, Efeitos tóxicos na reprodução.

Informações sobre efeitos para a saúde - Se uma mistura não tiver sido submetida a ensaios, como um todo, para determinação de um efeito para a saúde, devem ser fornecidas as informações pertinentes relativas a esse efeito para as substâncias enumeradas na secção 3, incluindo as percentagens e estimativa de toxicidade aguda (DL_{50} ou CL_{50}) de cada componente da mistura.

Informações sobre vias de exposição prováveis - Deve incluir-se informação sobre as vias de exposição prováveis e sobre os efeitos da substância ou mistura através de cada uma dessas vias de exposição, ou seja, ingestão, inalação ou exposição da pele ou olhos.

Sintomas relacionados com as características físicas, químicas e toxicológicas - Devem ser descritos os potenciais efeitos adversos para a saúde e os sintomas associados à exposição à substância ou mistura e seus componentes ou subprodutos conhecidos.

Efeitos imediatos e retardados e efeitos crónicos decorrentes de exposição breve e prolongada - Deve prestar-se informação sobre a possibilidade de ocorrência de efeitos imediatos ou retardados decorrentes de uma exposição de curto ou de longo prazo, incluindo os efeitos agudos/crónicos para a saúde.

Ausência de dados específicos - Nos casos em que não estão disponíveis dados específicos para a substância/mistura em causa, podem ser usados, se tal se revelar adequado, dados sobre substâncias ou misturas semelhantes, desde que devidamente identificadas.

Informações sobre misturas versus informações sobre substâncias - A atividade tóxica pode ser alterada e a toxicidade global da mistura pode ser diferente da das substâncias que a compõem.

A classificação de misturas, apresentando efeitos de carcinogenicidade, mutagenicidade ou efeitos tóxicos na reprodução, deve ser determinada tendo em conta as substâncias presentes na mistura.

Secção 12: Informação ecológica

Esta secção é particularmente útil na gestão de derrames e na avaliação do impacto ambiental da substância/mistura libertada e na avaliação das práticas de tratamento de resíduos, controlo da sua libertação e nas medidas a adotar em caso de libertação acidental e transporte. Esta secção inclui informações resumidas sobre:

- Os efeitos da substância/mistura no ambiente, se ocorrer a sua libertação
- Ensaios de toxicidade, persistência e degradabilidade, potencial de bioacumulação e mobilidade no solo das substâncias/misturas libertadas, com informação dos ensaios efetuados (PBT e mPmB). Ensaios de:

Toxicidade - Ensaios realizados em organismos aquáticos e/ou terrestres.

Persistência e degradabilidade - Pode incluir-se resultados de teste relevantes para a avaliação da persistência/degradabilidade

Potencial de bioacumulação - Deve incluir-se resultados de testes que sejam relevantes para a avaliação do potencial de bioacumulação com referência ao coeficiente de partição octanol-água (K_{ow}) e ao fator de bioconcentração (BCF).

Mobilidade no solo - Pode indicar-se o potencial de mobilidade no solo obtidos através de estudos de adsorção, lixiviação,

distribuição em compartimentos ambientais e tensão superficial.

Resultados da avaliação PBT e mPmB - Estes resultados devem ser incluídos no relatório de segurança química.

Secção 13: Considerações relativas à eliminação

Esta secção inclui informações sobre:

- **Gestão adequada dos resíduos** da substância/mistura
- **Métodos de tratamento dos resíduos** da substância/mistura
 - Especificar os métodos e os recipientes
 - Enumerar as propriedades físicas/químicas que possam condicionar as opções de tratamento
 - Desaconselhar a descarga através das águas residuais
- **Métodos de tratamento das embalagens** contaminadas com resíduos

A eliminação de resíduos deve ser efetuada em conformidade com a legislação local, nacional e europeia.

Secção 14: Informações relativas ao transporte

Esta secção inclui informações sobre:

- Classificação da substância/mistura para efeitos de transporte de acordo com o regulamento da ONU que regula o transporte na Europa por via rodoviária, ferroviária, marítima, fluvial ou aérea (nº ONU e respetivos pormenores)
- Outras informações que sejam relevantes como, por exemplo, códigos de restrição em túneis ou a indicação relativa a poluente marinho
- Precauções especiais para o utilizador (pode ser feita referência à secção 8 da FDS: Controlo da exposição/Proteção individual)

A guia de transporte deve conter:

Designação oficial de transporte da ONU - Deve incluir-se o **número ONU** (número de identificação da substância/mistura, composto por quatro algarismos precedidos das letras "ONU")

Classes de perigo para efeitos de transporte - Existem nove classes de perigo

Perigos para o ambiente - Deve referir-se se a substância/mistura é perigosa para o ambiente de acordo com os critérios do regulamento da ONU e/ou um poluente marinho.

Precauções especiais para o utilizador - Deve apresentar-se informação sobre as precauções especiais que o utilizador deva conhecer ou tomar em relação ao transporte ou movimentação dentro ou fora das suas instalações.

Secção 15: Informação sobre regulamentação

Esta secção deve descrever as outras informações regulamentares sobre a substância/mistura que ainda não constem da FDS. Se uma substância estiver sujeita a restrições ou a autorização, esse facto deve ser indicado nesta secção.

Regulamentação/legislação

- A FDS pode incluir **informação regulamentar nacional e/ou regional** sobre o produto químico no que diz respeito à saúde, segurança e ambiente
- A FDS pode incluir também **legislação europeia**, nomeadamente a relativa aos trabalhadores mais vulneráveis (jovens e grávidas) no que diz respeito ao contacto com produtos fitofarmacêuticos e biocidas

Avaliação da segurança química - Para substâncias/misturas perigosas produzidas/usadas em quantidades iguais ou superiores a 10 toneladas por ano, o seu registo deve conter uma avaliação da segurança química (avaliação de risco), efetuada pelo fornecedor, abrangendo diferentes **cenários de exposição**.

Secção 16: Outras informações

Esta secção da FDS inclui informações relevantes que não foram incluídas nas secções anteriores como por exemplo:

- No caso de uma mistura, indicação do método de avaliação para determinar a sua classificação de perigo
- Um índice dos cenários de exposição anexados

Tabela 5.10 Ficha de dados de segurança (FDS)

| Secção | | Subsecção |
|--------|---|--|
| 1 | Identificação da: - substância/mistura - sociedade/empresa | <ul style="list-style-type: none"> • Identificador do produto • Utilizações identificadas relevantes da substância ou mistura e utilizações desaconselhadas • Identificação do fornecedor da FDS • Números de telefone de emergência |
| 2 | Identificação dos perigos | <ul style="list-style-type: none"> • Classificação da substância/mistura • Elementos do rótulo • Outros perigos |
| 3 | Composição/informação sobre os componentes | <ul style="list-style-type: none"> • Substâncias • Misturas |
| 4 | Primeiros socorros | <ul style="list-style-type: none"> • Descrição das medidas de primeiros socorros • Sintomas/efeitos mais importantes, tanto agudos como retardados • Indicações sobre cuidados médicos urgentes e tratamentos especiais |
| 5 | Medidas de combate a incêndios | <ul style="list-style-type: none"> • Meios de extinção • Perigos especiais decorrentes da substância/mistura • Recomendações para operacionais de combate a incêndios |
| 6 | Medidas em caso de fugas acidentais | <ul style="list-style-type: none"> • Precauções individuais, EPIs/EPCs e procedimentos de emergência • Precauções a nível ambiental • Métodos e materiais de confinamento e limpeza • Remissão para outras secções |
| 7 | Manuseamento e armazenagem | <ul style="list-style-type: none"> • Precauções para um manuseamento seguro • Condições de armazenagem segura/eventuais incompatibilidades • Utilizações finais específicas |
| 8 | Controlo de exposição/proteção individual | <ul style="list-style-type: none"> • Parâmetros de controlo • Controlo de exposição |
| 9 | Propriedades físicas e químicas | <ul style="list-style-type: none"> • Informações sobre propriedades físicas e químicas de base |
| 10 | Estabilidade e reatividade | <ul style="list-style-type: none"> • Reatividade • Estabilidade química • Possibilidade de reações perigosas • Condições a evitar • Materiais incompatíveis • Produtos de decomposição perigosos |
| 11 | Informação toxicológica | <ul style="list-style-type: none"> • Informações sobre efeitos de toxicidade |
| 12 | Informação ecológica | <ul style="list-style-type: none"> • Toxicidade • Persistência e degradabilidade • Potencial de bioacumulação • Mobilidade no solo • Resultados da avaliação PBT e mPmB • Outros efeitos adversos |
| 13 | Considerações relativas à eliminação | <ul style="list-style-type: none"> • Métodos de tratamento/eliminação de resíduos |
| 14 | Informações relativas ao transporte | <ul style="list-style-type: none"> • Número ONU • Designação oficial de transporte da ONU • Classes de perigo para efeitos de transporte • Grupo de embalagem • Perigos para o ambiente • Precauções especiais para o utilizador |
| 15 | Informação sobre regulamentação | <ul style="list-style-type: none"> • Regulamentação/legislação específica para a substância/mistura em matéria de saúde, segurança e ambiente • Avaliação da segurança química |
| 16 | Outras informações | <ul style="list-style-type: none"> • Informação adicional caso se justifique |

6. Organização, Armazenamento e Segurança em Laboratório

6.1. Introdução

Um laboratório bem organizado, arrumado e limpo é a base de um laboratório de sucesso onde os operadores se sentirão motivados a trabalhar com rigor e em segurança. Ao preparar/montar um laboratório deve haver um processo estratégico de planeamento, implementação e controlo de quantidades de materiais/substâncias, de acordo com as necessidades. É importante também haver uma boa **gestão física**, ou seja, uma boa organização e conhecimento dos locais de menor risco a usar para o efeito, seguindo uma metodologia de armazenamento segura.

Será ainda importante a monitorização de *stocks* através de uma **gestão administrativa** (*sistemas de informação*) apropriada. Uma boa **gestão económica** procura ainda o equilíbrio entre a **minimização dos custos** e a **maximização de serviços/trabalhos** efetuados reportando-se a duas questões fundamentais: *i*) em que momento se deve proceder a uma nova encomenda *ii*) que quantidade deve ser encomendada. Ter sempre presente que no laboratório as quantidades de substâncias/misturas armazenadas devem ser **mínimas** e as potencialmente perigosas terão de ser armazenadas em locais e condições especiais.

O planeamento de um laboratório seguro passa pela implementação dos seguintes pontos:

- **Sinalização de segurança (sinais de aviso, proibição, obrigação e de emergência)**
- **Equipamentos de proteção coletiva (EPC) e individual (EPI)**
- **Segregação e armazenamento de substâncias/misturas**
- **Resposta/Treino de emergência**

Cada laboratório deve ter uma **resposta/treino de emergência** adequada que inclui a disponibilização de **equipamento de primeiros socorros** e pessoal treinado na prestação de primeiro auxílio. Os **equipamentos de combate a incêndios** devem ser adequados para os cenários de incêndio identificados como gases/líquidos/sólidos inflamáveis e incêndios de equipamentos elétricos. **Os planos de resposta a emergências** devem ser preparados e implementados para cenários de acidentes envolvendo toda a gama de classes de perigos químicos identificados no laboratório, ou seja, tóxicos, oxidantes, explosivos, inflamáveis, perigosos para o ambiente, produtos químicos reativos com água e corrosivos.

A segurança em laboratório passa também pela minimização do risco associado à manipulação e exposição a substâncias/misturas perigosas e envolve **medidas de prevenção** nomeadamente: **redução do tempo e grau de exposição** e das **quantidades** de substâncias utilizadas; **substituição** de substâncias perigosas por outras de menor grau de perigosidade; medidas de higienização/ termostatização durante o manuseamento, armazenamento e transporte e eliminação apropriada dos resíduos.

6.2. Sinalização Geral de Segurança

Sinais de aviso

Os sinais de aviso apresentados na Figura 6.1 advertem para situações de perigo de natureza diversa, suscetíveis de originar lesão pessoal e danos nas instalações. São representados como triângulos contornados a preto incluindo um símbolo preto em fundo amarelo. Estes sinais devem ser colocados nas portas dos laboratórios, em armários ou outra localização bem visível, sempre que se justifique. Os sinais mais relevantes advertem para a presença de:

- radiação ionizante de elevada energia (radiação α , β e γ)
- radiação não-ionizante de baixa energia (UV, visível, IV, micro-ondas e radiofrequências)
- radiação laser - radiação eletromagnética no domínio ótico (UV, vis e IV) através de um processo de amplificação baseado na emissão estimulada de fótons, especialmente perigosa devido à elevada intensidade da radiação no ponto de impacto, podendo causar lesões na retina e na pele
- forte campo magnético – a exposição a campos magnéticos superiores a 0,2 Tesla pode ter efeitos prejudiciais à saúde, afetando também dispositivos metálicos implantados no corpo, como estimuladores cardíacos
- baixas temperaturas – locais onde se trabalhe a baixas temperaturas (e.g. as câmaras frigoríficas)
- risco biológico – contacto com agentes biológicos (microorganismos capazes de originar qualquer tipo de infeção, alergia ou toxicidade no corpo humano)
- perigo de eletrocussão – contacto direto/indireto com a corrente elétrica podendo causar paragem respiratória, fibrilação ventricular, contração muscular e queimaduras

Os quatro últimos símbolos são comuns aos apresentados nos pictogramas de perigo (ver Tabela 5.5) alertando mais uma vez para as características de alguma perigosidade das substâncias existentes nesse laboratório ou armário específico (substâncias inflamáveis, explosivas, corrosivas ou tóxicas).

Sinais de proibição

Os sinais de proibição (Figura 6.2) indicam atitudes perigosas e proibidas, de acordo com o pictograma inserido no sinal. Representam-se como uma coroa circular e banda oblíqua a vermelho, com pictograma sugestivo a preto, em fundo branco.

Sinais de obrigação

Os sinais de obrigação (Figura 6.3) indicam comportamentos/ações específicas de obrigação de uso de equipamento de proteção individual (EPI), de acordo com o pictograma inserido no sinal. Representam-se na forma circular com fundo azul e pictograma a branco.

Sinais de emergência

Os sinais de emergência (Figura 6.4) são sinais de salvamento/saúde usados para chamar a atenção de forma rápida e inequívoca no caso de uma ocorrência. Apresentam-se na forma retangular ou quadrada, com um pictograma branco sobre fundo verde (a cor verde deve cobrir pelo menos 50% da superfície da placa). Estes sinais são colocados ao longo dos caminhos de evacuação e nas saídas de emergência, garantindo uma evacuação célere e segura.



Figura 6.1 Sinais de aviso



Figura 6.2 Sinais de proibição



Figura 6.3 Sinais de obrigação



Figura 6.4 Sinais de emergência

Sinais de combate a incêndio

Os sinais de combate a incêndio (Figura 6.5) apresentam-se na forma retangular com pictograma a branco sobre fundo vermelho.



Figura 6.5 Sinais de combate a incêndio

6.3. Equipamentos de Proteção Coletiva (EPC) e Equipamentos de Proteção Individual (EPI)

O **risco de exposição** a substâncias/misturas perigosas deve ser minimizado ou mesmo eliminado usando **Equipamentos de Proteção Coletiva (EPC)** e/ou **Equipamentos de Proteção Individual (EPI)**.

O **EPC** é um dispositivo ou sistema (fixo ou móvel) de abrangência coletiva destinado a preservar a integridade física e a saúde dos utilizadores. São exemplos de EPCs as *hotes*, as câmaras de fluxo laminar, os extratores (fixos e móveis) e outros sistemas de ventilação, os extintores de incêndio, as mantas ignífugas ou mantas antifogo, os chuveiros e os lava olhos.

O **EPI** é um dispositivo utilizado com vista à proteção pessoal contra perigos suscetíveis de ameaçar a saúde e a segurança no laboratório, devendo apresentar a marca de certificação «CE», de acordo com a legislação em vigor. A escolha do EPI deve ter em conta o **cenário de exposição** (condições de utilização e estimativa do tempo de exposição) e os **parâmetros de exposição**: frequência e tempo durante o qual uma substância é utilizada, a especificidade do processo e tipo de trabalho, a temperatura de exposição, bem como os **limites de exposição profissional** legislados das substâncias envolvidas.

A secção 8 da ficha FDS (controlo da exposição/proteção individual) inclui informações importantes sobre os valores-limite de exposição e as respetivas medidas de controlo e descreve os EPIs a utilizar em cada situação específica.

Os EPIs agrupam-se em três categorias de risco (categoria I - riscos menores, categoria II – riscos

intermédios e categoria III - riscos graves ou irreversíveis). A utilização do EPI deve ser feita de forma adequada (colocação, ajuste e remoção) e o equipamento deve ser mantido em boas condições.

Na Figura 6.3 são apresentados os sinais de obrigação de alguns EPIs de uso comum no laboratório químico. Na Tabela 6.1 descreve-se a utilização de alguns EPIs em função do tipo de proteção e da zona do corpo a proteger.

Os equipamentos (chuveiros de emergência, lava olhos, armários de primeiros socorros e extintores de incêndio) devem ser inspecionados e testados em intervalos adequados sendo importante a existência de um livro de registos. Equipamentos como luvas de proteção, filtros respiratórios, óculos e viseiras devem ser verificados regularmente e descartados/substituídos quando se verifique alguma degradação.

Tabela 6.1 EPIs de uso comum no laboratório químico em função da zona do corpo a proteger

| Zona a proteger | EPI | Tipo de proteção |
|--------------------|---|---|
| Corpo inteiro | Bata | Agentes químicos e biológicos Temperaturas extremas (baixas e elevadas) |
| Vias respiratórias | Aparelhos de proteção respiratória: semi-máscara ou máscara completa, com um ou dois filtros ^a | Atmosfera com ausência ou carência de oxigénio Atmosfera contaminada com partículas sólidas (fumos, poeiras, fibras), partículas líquidas (névoas, neblinas) e partículas gasosas (gases, vapores) ou ainda aerossóis ^b |
| Olhos | Óculos de proteção / Viseira ^c | Salpicos de produtos químicos e projeção de partículas Radiação ionizante e não-ionizante ^d |
| Mãos | Luvase ^e | Agentes químicos e biológicos Temperaturas extremas (baixas e elevadas) Elementos cortantes e perfurantes |
| Pés | Sapato fechado (preferencialmente de cabedal e sola antiderrapante) | Agentes químicos e biológicos |

^a Os filtros de partículas (sólidas ou líquidas) e os de gases podem ser divididos em diferentes classes e escolhidos de acordo com a sua capacidade de retenção e a concentração máxima de exposição admissível; ^b Aerossol caracteriza-se pela suspensão de partículas finíssimas (dimensão < 1 µm) sólidas ou líquidas num gás; ^c Devem ajustar-se perfeitamente à face, permitindo a utilização em simultâneo de óculos de correção; ^d Radiações Ionizantes: raios X e raios gama (radiações eletromagnéticas); raios alfa, raios beta, neutrões, prótons (radiações corpusculares); Radiações Não Ionizantes: luz visível; infravermelho; ultravioleta; micro-ondas; corrente elétrica; ^e A luva a utilizar deve ter em conta o tamanho e o material adequados à proteção contra produtos químicos, atendendo à sua resistência: à **penetração** (deslocação do produto químico por poros/costuras/furos da luva, a nível não molecular), à **permeação** (processo de absorção de químicos a nível molecular) e à **degradação** (alteração física verificada na luva após exposição a substância química).

6.3.1. Aparelhos de Proteção Respiratória

Os Aparelhos de Proteção Respiratória (APR) destinam-se a **proteger as vias respiratórias** do utilizador contra atmosferas contaminadas e com potencial para causar efeitos nocivos na saúde. Os APR podem ser de dois tipos:

- **Aparelhos filtrantes** (peça facial + filtro) – os mais vulgares têm como função a purificação do ar contaminado recebido pelo utilizador.
- **Aparelhos isolantes** (peça facial + sistema de fornecimento de ar) - independentes da atmosfera ambiente, têm a função de fornecer ar não proveniente da atmosfera envolvente.

Um APR é constituído por uma peça facial que deverá ser adequadamente escolhida em função da perigosidade dos contaminantes existentes no ar. Existem três tipos de peças faciais (Tabela 6.2): máscara autofiltrante (MA), semi-máscara (SM) e máscara completa (MC).

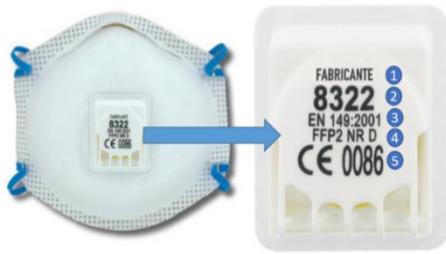
Tabela 6.2 Máscaras faciais (filtros de partículas sólidas, gases/vapores)

| EPR filtrante – Peças de ajuste facial (pressão negativa) | | |
|---|--|--|
| Máscara autofiltrante |  | Cobre boca, nariz e queixo, constituída pelo próprio material filtrante (formato plano ou moldado) |
| Semi-máscara |  | Cobre boca, nariz e queixo, constituída por uma peça facial à qual se ligam os filtros selecionados |
| Máscara completa |  | Cobre a face, boca, nariz, olhos e queixo, constituída por uma peça facial que cobre toda a cara, à qual se ligam os filtros selecionados. Adequadas a situações onde seja necessário um Fator de Proteção Nominal (FPN) > Nível de Proteção Necessário (NPN)* *NPN = concentração/VLE** do contaminante; **VLE = Valor Limite de Exposição |

Os aparelhos filtrantes são os mais vulgarmente usados nos laboratórios de química e protegem o utilizador contra contaminantes do ambiente (partículas, gases e vapores) através de um processo de filtração cuja eficiência depende das características e do nível de concentração do(s) contaminante(s) bem como da escolha da peça facial e do tipo de filtro. A **máscara autofiltrante** é classificada em 3 classes de acordo com a eficiência da filtragem pretendida (Baixa - **FFP1**, Média - **FFP2** e Alta - **FFP3**, sendo a percentagem máxima de penetração do contaminante no material filtrante de 20%, 6% e 1%, respetivamente). A classe de eficiência mais elevada (FFP3) é a mais adequada para trabalhos com substâncias/misturas perigosas, vírus e bactérias.

Os APRs podem ainda classificar-se como reutilizáveis (R) ou não reutilizáveis (NR), e devem possuir grande resistência à obstrução (teste à Dolomite). O adequado grau de proteção de um APR filtrante depende do tipo de filtro escolhido tendo em conta a perigosidade e as concentrações dos contaminantes químicos existentes na atmosfera de trabalho. Atendendo ao tipo de contaminantes existem filtros de características mecânicas designados por **filtros de partículas** (aerossóis sólidos - fibras, fumos e poeiras; aerossóis líquidos - névoas e neblinas) e filtros de características químicas designados por **filtros de gases e vapores** (orgânicos, ácidos, bases ou inertes), ou ainda uma **combinação** das duas tipologias. A Figura 6.6 exemplifica uma máscara autofiltrante e marcação do filtro correspondente. Os filtros de gases e vapores poderão conferir diferentes proteções a diferentes tipologias de contaminantes gasosos da atmosfera de trabalho, sendo necessário adequar o filtro a aplicar na peça facial ao contaminante ou contaminantes existentes na atmosfera de trabalho. Os **filtros de gases** são agrupados em 3 classes, consoante a sua capacidade de filtração ou seja a quantidade de gás/vapor que consegue reter: baixa - **classe 1** (até 1000

ppm); média - **classe 2** (até 5000 ppm) e alta – **classe 3** (até 10000 ppm). A Figura 6.7 apresenta um exemplo de filtro para gases/vapores orgânicos (castanho, tipo A). A Tabela 6.3 descreve os códigos de cores de filtros de partículas e o tipo de proteção à exposição.



Legenda:

- 1 - Nome do fabricante
- 2 - Número do modelo
- 3 - Número e ano da norma
- 4 - Tipo de filtro e características:
FFP2 – classe do APR autofiltrante (filtro partículas P2, eficiência média)
NR – não reutilizável (R se reutilizável)
D – Aprovação no teste de Dolomite (resistência superior à obstrução)
- 5 - Marcação CE e nº do organismo notificado que atestou a conformidade do APR

Figura 6.6 Exemplo de marcação de uma máscara de proteção respiratória autofiltrante

(Adaptado de “Guia de seleção de aparelhos de proteção respiratória filtrantes”, Editor Autoridade para as Condições do Trabalho (ACT) Autores ACT/APSEI/ IPQ, 2016, ISBN 978-989-8076-97-7)



Legenda:

- 1 - Tipo de filtro e características:
A1 (castanho) – filtro tipo A (para gases e vapores orgânicos com ponto de ebulição superior a 65°) com eficiência de proteção P1 (filtro de baixa capacidade)
- 2 - Marcação CE e nº do organismo notificado que atestou a conformidade do APR

Figura 6.7 Exemplo de filtro para gases e vapores orgânicos A1 (Tipo A com classe de eficiência P1)

Tabela 6.3 Tabela de código de cores dos filtros de partículas

| Código de cor | Tipo | Proteção à exposição | Classes de eficiência/capacidade |
|-------------------|-------|---|---|
| Branco | P | Partículas | P1 – Filtros de baixa eficiência P2 – Filtros de média eficiência P3 – Filtros de alta eficiência |
| Castanho escuro | A | Gases e vapores orgânicos (com ponto de ebulição > 65°) | P1 – Filtros de baixa capacidade P2 – Filtros de média capacidade P3 – Filtros de alta capacidade |
| Cinzento | B | Gases e vapores inorgânicos (incluindo monóxido de carbono) | P1 – Filtros de baixa capacidade P2 – Filtros de média capacidade P3 – Filtros de alta capacidade |
| Amarelo | E | Dióxido de enxofre e outros gases e vapores ácidos | P1 – Filtros de baixa capacidade P2 – Filtros de média capacidade P3 – Filtros de alta capacidade |
| Verde | K | Amoníaco e derivados orgânicos do amoníaco | P1 – Filtros de baixa capacidade P2 – Filtros de média capacidade P3 – Filtros de alta capacidade |
| Castanho claro | AX | Gases e vapores orgânicos (com ponto de ebulição < 65°, apenas para utilização única, para um único contaminante) | Sem número de classe |
| Violeta / Branco | SX | Filtros contra substâncias específicas (marcado com o nome do produto químico) | Sem número de classe |
| Vermelho / Branco | Hg-P3 | Mercúrio (incorpora o filtro P3 sendo o tempo máximo de utilização limitado a 50h) | Sem número de classe |
| Azul / Branco | NO-P3 | Óxido de nitrogénio (incorpora o filtro P3 apenas para utilização única) | Sem número de classe |

6.3.2. Luvas

Os requisitos na seleção adequada de luvas são definidos na secção 8 da ficha FDS. O tipo de luvas a usar deve ser especificado com base no perigo da substância/mistura a manusear e no seu potencial contacto atendendo à quantidade e duração da exposição por via dérmica. Existem luvas de diferentes materiais e espessuras que se avaliam em função dos seus tempos de rutura.

A seleção de luvas de proteção para uso no laboratório de química exige particular atenção pois a escolha inadequada pode levar a um maior risco para a saúde do que a ausência da sua utilização. As luvas destinam-se a proteger as mãos contra perigos relacionados com agentes químicos, biológicos e radioativos, ações mecânicas, contacto com corrente elétrica, superfícies quentes ou frias ou ainda qualquer combinação destas. A seleção da luva é condicionada pela identificação prévia de todos os perigos e pela avaliação de risco no local de trabalho. A resistência à penetração, permeação e degradação permite classificar o tipo de luva. Uma luva “resistente a agentes químicos” obedece a dois requisitos:

- resistência à penetração (nível ≥ 2 , Limite de Qualidade Aceitável (AQL) $< 1,5\%$)
- resistência à permeação (classe ≥ 2 , Período de permeação ≥ 30 minutos)

A classificação da luva é função também do número de substâncias (de uma lista de 18 de referência) que passou o teste de resistência à penetração e permeação:

Luva **Tipo A** (≥ 6 substâncias); Luva **Tipo B** (3 a 5 substâncias); Luva **Tipo C** (1 ou 2 substâncias)

A cada substância de referência é atribuída uma **letra de código**, representativa da classe de substância química (Tabela 6.4) que se coloca junto ao pictograma. Uma luva de “proteção contra agentes

Tabela 6.4 Luvas – Tipo, Pictogramas de proteção contra perigo químico, Letras de código das 18 substâncias de referência e respetiva Classe

| Tipo de luva | Tipo A | Tipo B | Tipo C |
|-------------------------|----------------------------------|--------|-----------------------------------|
| Pictogramas | | | |
| Nº substâncias testadas | ≥ 6 | 3 a 5 | 1 ou 2 |
| Letra de código | Substância de referência testada | | Classe |
| A | Metanol | | Álcool primário |
| B | Acetona | | Cetona |
| C | Acetonitrilo | | Derivado de nitrilo |
| D | Diclorometano | | Hidrocarboneto clorado |
| E | Bissulfureto de carbono | | Composto orgânico com enxofre |
| F | Tolueno | | Hidrocarboneto aromático |
| G | Dietilamina | | Amina |
| H | Tetrahidrofurano | | Éter heterocíclico |
| I | Acetato de etilo | | Éster |
| J | n-Heptano | | Hidrocarboneto saturado |
| K | Hidróxido de sódio a 40% | | Base inorgânica |
| L | Ácido sulfúrico a 96% | | Ácido mineral inorgânico |
| M | Ácido nítrico 65% | | Ácido mineral inorgânico oxidante |
| N | Ácido acético 99% | | Ácido orgânico |
| O | Amoníaco 25% | | Base orgânica |
| P | Peróxido de hidrogénio 30% | | Peróxido |
| S | Ácido sulfúrico 40% | | Ácido mineral inorgânico |
| T | Formaldeído 37% | | Aldeído |

químicos” deve ter a classificação mínima de Tipo B; uma luva de “proteção máxima contra agentes biológicos (micro-organismos: bactérias, vírus e fungos)” requer um nível 3 de proteção quanto à penetração (AQL) < 0,65.

A Figura 6.8 exemplifica a marcação CE de um rótulo de uma luva de proteção com indicação dos pictogramas associados.



Legenda:

| | | |
|---|--|--|
| <p>1 - Nome do fabricante e/ou marca comercial</p> <p>2 - Tamanho</p> <p>3 - Marcação CE</p> <p>4 - Proteção contra perigos mecânicos</p> <p>Resistência à abrasão: 4 Resistência ao corte: 1 Resistência a rasgões: 2 Resistência à perfuração: 1</p>  <p>4121</p> | <p>5 - Proteção contra perigos químicos, nível ≥ 2 (AQL $\leq 1,5\%$): teste a:</p> <ul style="list-style-type: none"> J – n-Heptano (hidrocarboneto saturado) K – Hidróxido de sódio a 40% (base inorgânica) L – Ácido sulfúrico a 96% (ácido mineral inorgânico)  <p>JKL</p> <p>6 – Proteção contra microorganismos</p> <p>AQL 1,5%: nível 2 AQL 0,65%: nível 3</p>  <p>7 - Instruções de utilização</p>  | |
| <p>8 - Outros pictogramas possíveis</p> | | |
| <p>Fraca proteção química nível < 2 (AQL > 1,5%):</p> | <p>Proteção contra perigos térmicos:</p> | <p>Proteção contra:</p> |
| <p>Só para soluções aquosas diluídas</p>  | <p>Frio</p>  <p>Calor</p>  | <p>Radiação ionizante</p>  <p>Contaminação radioativa</p>  |

Figura 6.8 Exemplo de marcação de luva de proteção (Adaptado de “Guia de seleção de luvas de proteção – riscos químicos”, Editor Autoridade para as Condições do Trabalho (ACT) Autores ACT/APSEI/ IPQ, 2016, ISBN 978-989-99676-0-1

Na Tabela 6.5 apresentam-se os materiais mais vulgarmente utilizados no fabrico de luvas de laboratório químico com indicação das condições de utilização mais adequadas (uso apropriado/recomendado ou a evitar) determinadas com base em testes de resistência (penetração e permeação química).

A adequação da luva deve ter em conta não só o agente químico a manipular, mas também o

tempo de exposição. A luva deve ser substituída sempre que seja visível a sua degradação o periodicamente mesmo que não se observe qualquer alteração física.

Tabela 6.5 Composição das luvas e condições de utilização (resistência à penetração e permeação química)

| Composição e condições de utilização das luvas mais comuns em laboratório químico | |
|---|---|
| Borracha natural /Latex | Excelente maleabilidade/elasticidade, resistente a rasgos e temperatura. Frac proteção à maioria dos químicos. Proteção média para soluções aquosas diluídas de ácidos, bases, sais e cetonas. Não recomendado: óleos, gorduras, hidrocarbonetos, ácidos e bases fortes. |
| Borracha de nitrilo | Boa resistência à abrasão e perfuração. Boa resistência à maioria dos químicos incluindo solventes clorados, ácidos, bases e álcoois . Resistente a derivados do petróleo, gorduras e óleos . Não recomendado: substâncias fortemente oxidantes, solventes aromáticos, cetonas e acetatos. |
| Neopreno | Boa maleabilidade/elasticidade, resistente a rasgos. Resistente à luz do sol e ao ozono. Excelente resistência a ácidos orgânicos e bases orgânicas fortes, álcoois e solventes alifáticos . Não recomendado: solventes inorgânicos oxidantes e solventes halogenados. |
| Borracha de vinilo (PVC) | Boa resistência a substâncias diluídas em água (ácidos e bases, agentes oxidantes tais como ácidos: nítrico, crômico, clorídrico, fosfórico), e ácidos e bases fracos . Não recomendado: solventes orgânicos (e.g. cetonas e aromáticos halogenados). |
| Borracha de butilo | Boa resistência à abrasão, flexível e boa sensibilidade mesmo a baixas temperaturas. Resistente ao ozono. Elevada resistência à permeação de vapores de água, gases e substâncias tóxicas. Boa resistência à maioria das substâncias químicas incluindo peróxidos, ácidos altamente corrosivos (nítrico fumegante, sulfúrico, fluorídrico), bases fortes, álcoois, aldeídos, cetonas e ésteres . Não recomendado: hidrocarbonetos alifáticos e aromáticos e solventes halogenados. |
| Viton | Boa resistência à abrasão e perfuração. Excelente resistência química a solventes clorados, solventes aromáticos e alifáticos . Boa resistência a PCBs . Não recomendado: cetonas. |

6.3.3. Máscaras, Óculos e Viseiras

Os olhos podem sofrer vários tipos de lesões (perda momentânea ou completa da visão) resultantes de uma diversidade de **perigos** sendo os mais relevantes no laboratório químico:

- químicos - salpicos de produtos químicos como ácidos/bases, solventes
- biológicos - sangue infetado, bactérias, vírus
- mecânicos - poeiras, partículas sólidas, choque
- térmicos - exposição a baixas ou altas temperaturas
- radiações - ultravioleta (UV) e visível, (Vis), infravermelha (IV), laser.

Muitos acidentes são evitados pela utilização de uma proteção ocular ou facial apropriada. Os óculos de proteção podem ser encontrados em diversos modelos sendo importante o equilíbrio entre a proteção

necessária (resistência ao perigo) e o conforto (bom ajuste e leveza) na sua utilização. A compatibilidade com outros EPIs deverá também ser considerada. Os óculos devem apresentar a certificação de aprovação «CE» e vir acompanhados do número do lote e do nome do fabricante.

O policarbonato é atualmente muito usado como matéria-prima no fabrico de óculos, por ser um material leve e resistente. Os equipamentos de proteção ocular mais vulgares encontram-se representados na Tabela 6.6.

Tabela 6.6 Equipamentos de proteção ocular

| EPI para proteção ocular | Tipos |
|--|--|
| <p>Óculos com hastes: proteção contra impactos com pouca energia (resistência mecânica a um impacto de 45 m/s) e contra radiações nocivas.</p> |  |
| <p>Óculos panorâmicos: proteção contra impactos com energia média (resistência mecânica a um impacto de 120 m/s), perigos químicos, biológicos, mecânicos, térmicos e contra radiações nocivas. A armação deve ajustar-se perfeitamente ao rosto.</p> |  |
| <p>Visseiras: proteção dos olhos e face contra impactos com média/elevada energia por corpos sólidos, assim como projeções (líquidos, metais em fusão). Indicados também contra perigos elétricos e de radiação.</p> |  |

6.4. Segregação e Armazenamento de Substâncias e Misturas Perigosas

6.4.1. Introdução

O armazenamento em segurança de substâncias/misturas perigosas é complexo e depende de vários fatores. A natureza das operações químicas e a especificidade da investigação no laboratório determinam os produtos químicos em uso e os fluxos de resíduos resultantes. Os laboratórios de investigação são muito diversificados e bastante diferentes dos laboratórios de produção. Outro fator importante é o nível de especialização dos operadores que devem ser competentes, bem informados e bem treinados.

O foco desta secção está no armazenamento de produtos químicos incompatíveis e na sua separação/segregação adequada. Certos produtos químicos, se misturados ou se acidentalmente entrarem em contacto uns com os outros, podem produzir reações muito violentas. A mistura ou o contacto não controlado geralmente ocorre em circunstâncias tais como: derramamentos, vazamento de recipientes ou recipientes mal fechados. As substâncias/misturas químicas que reagem e libertam calor, ou/e que se encontram sob pressão, ou/e que são potencialmente explosivas ou/e cujas reações sejam violentas quando misturadas são, evidentemente, incompatíveis. Para evitar a mistura descontrolada, é crucial **separar** ou **segregar** os materiais incompatíveis.

Como segregar materiais incompatíveis de forma adequada?

As medidas mais utilizadas são: distanciamento, partição (separação em pequenas quantidades), gabinetes/dispositivos/barreiras de contenção (salas, armários e contentores adequados). A separação física de sólidos e líquidos depende das quantidades armazenadas e do tipo de armazenamento usado. Quando existe espaço suficiente é preferível a utilização de barreiras físicas ou armários separados para grupos incompatíveis. Em espaços limitados são aceitáveis dispositivos de contenção.

As orientações sobre a melhor forma de segregar e armazenar substâncias perigosas em laboratório de química incluem substâncias muito tóxicas, tóxicas, oxidantes, explosivas, inflamáveis (incluindo altamente e extremamente inflamáveis), perigosas para o ambiente, muito reativas com a água (dando origem a reações violentas, e libertação de gases tóxicos) e ainda corrosivas. A ficha FDS de cada substância/mistura perigosa deve ser avaliada de forma a rever adequadamente as suas propriedades/características e os perigos que lhe estão associados. A ficha FDS deve estar prontamente disponível para cada substância/mistura armazenada, devendo ser cuidadosamente lida para aconselhamento sobre armazenamento, medidas de libertação acidental e incompatibilidades. As condições de **armazenamento seguro** encontram-se na **secção 7** e os detalhes sobre **materiais e circunstâncias de incompatibilidade a evitar**, na **secção 10**.

Existem várias orientações e políticas de segregação. Seguidamente serão abordados os regimes de segregação por classes de perigo (CRE e ADR) e por grupos de substâncias/misturas.

6.4.2. Regime de Segregação por Classes de Perigo

Ao armazenar reagentes em laboratório deve ter-se em conta a compatibilidade/incompatibilidade dos mesmos. Os produtos químicos incompatíveis podem ser adequadamente segregados/separados de acordo com a **classe de perigo** a que pertencem (de acordo com a CRE e/ou ADR) e consequentemente armazenados em conjunto ou afastados de outros produtos químicos perigosos. É importante garantir que todas as propriedades perigosas associadas aos produtos químicos sejam identificadas. Esta informação está contida na secção 2 "identificação de perigos" da ficha FDS. As substâncias incompatíveis devem ser segregadas (armazenadas em locais separados e apropriados para o efeito) pois existe a possibilidade de poderem reagir violentamente, dando origem a explosões, incêndios, ou formando produtos tóxicos e/ou inflamáveis. Apenas os reagentes compatíveis podem ser armazenados na proximidade uns dos outros.

Na Tabela 6.7 apresenta-se de forma simplificada as classes de substâncias genericamente **compatíveis (SIM)** e **incompatíveis (NÃO)** entre si, com base exclusivamente nos pictogramas de perigo (CRE).

Tabela 6.7 Compatibilidade de substâncias/misturas perigosas por classe de perigo (CRE)

| Pictogramas de Perigo |  inflamável |  comburente |  tóxico |  nocivo, irritante |  corrosivo |  explosivos auto-reativos peróxidos orgânicos |
|--|--|--|--|---|---|--|
|  inflamável | SIM | NÃO | NÃO | Condicionado Ler FDS/"SDS" | NÃO | NÃO |
|  comburente | NÃO | SIM | NÃO | Condicionado Ler FDS/"SDS" | NÃO | NÃO |
|  tóxico | NÃO | NÃO | SIM | SIM | NÃO | NÃO |
|  nocivo, irritante | Condicionado Ler FDS/"SDS" | Condicionado Ler FDS/"SDS" | SIM | SIM | Condicionado Ler FDS/"SDS" | NÃO |
|  corrosivo | NÃO | NÃO | NÃO | Condicionado Ler FDS/"SDS" | SIM mas segregar ácidos de bases | NÃO |
|  explosivos auto-reativos peróxidos orgânicos | NÃO | NÃO | NÃO | NÃO | NÃO | Condicionado Ler FDS/"SDS" |

Cada substância/mistura pode apresentar mais do que um tipo de perigo devendo ser tomada a decisão adequada quanto ao local do seu armazenamento. Este deve ser determinado tendo em conta a propriedade mais perigosa, através de uma avaliação das possíveis consequências em caso de acidente. Por exemplo, se um produto químico é simultaneamente “inflamável e corrosivo” é apropriado que seja armazenado com outros produtos inflamáveis. Se um produto químico é simultaneamente “inflamável e muito tóxico” devem considerados outros fatores (as propriedades físicas e as quantidades a armazenar). No caso da “emissão de gases muito tóxicos ou vapores” é conveniente que a substância/mistura seja isolada, apesar de poder ser armazenada na área de químicos inflamáveis. Os gases sob pressão devem ser armazenados separadamente (ver subcapítulo 6.4.4).

6.4.3. Regime de Segregação por Grupos de Substâncias e Misturas

Alguns grupos de substâncias químicas poderão ser usados para categorizar o armazenamento. Na Figura 6.9 representa-se uma possibilidade de **segregação por grupos**. Nesta, o grupo de compostos orgânicos é separado do grupo dos compostos inorgânicos. Seguidamente cada um destes grupos é ainda segregado com base nas classes de compostos incompatíveis (inflamáveis, corrosivos, tóxicos e reativos/muito

reativos). Os produtos corrosivos devem ser separados nas categorias ácidos e bases e os reativos (explosivos, libertam gases explosivos em contacto com a água e oxidantes) devem ser analisados mais detalhadamente, uma vez que têm um maior potencial para reações violentas.

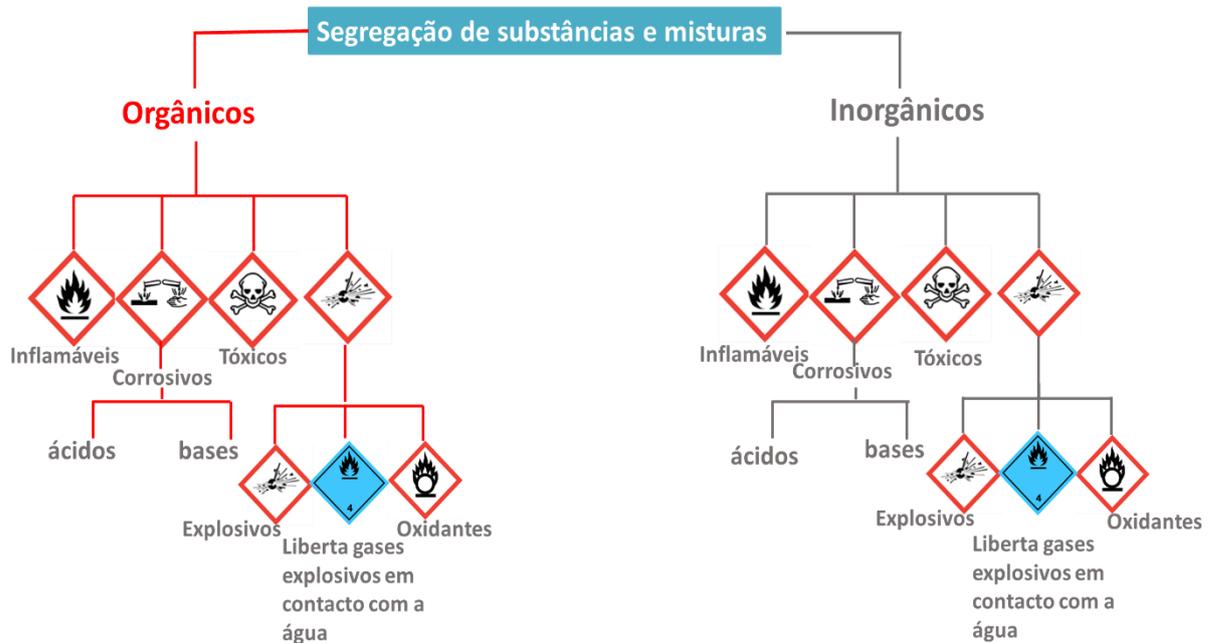


Figura 6.9 Fluxograma de segregação por grupos de substâncias/misturas

Ácidos

Os ácidos devem ser armazenados com base na compatibilidade (e.g. inorgânicos separados dos orgânicos). Os ácidos concentrados devem ser armazenados em prateleiras inferiores, em tabuleiros resistentes a produtos químicos ou em gabinetes/armários específicos para substâncias corrosivas. Esta medida conterà derrames ou vazamentos. Quando o ácido está a ser utilizado no laboratório deve ser guardado temporariamente no compartimento por baixo da hote. Os ácidos devem ser separados de outras substâncias incompatíveis: bases, metais ativos (e.g. sódio, magnésio, potássio) e substâncias que quando combinadas possam gerar gases tóxicos (e.g. cianeto de sódio e sulfeto de ferro).

Bases

As bases devem ser armazenadas afastadas dos ácidos. As bases concentradas devem ser armazenadas em prateleiras inferiores, em tabuleiros resistentes a produtos químicos ou gabinetes/armários específicos para substâncias corrosivas. Esta medida conterà temporariamente derrames ou vazamentos.

Líquidos Inflamáveis

Os líquidos inflamáveis devem ser armazenados a baixas temperaturas em recipientes fechados e colocados em armários apropriados contra incêndios (Figura 6.10). Estes devem satisfazer os requisitos da norma europeia vigente:

- a minimização do risco de incêndio e a proteção do conteúdo do armário em caso de incêndio para um período mínimo conhecido (testado) de tempo (classe de resistência ao fogo)

- a minimização da libertação de vapores no ambiente de trabalho
- a contenção de possíveis derrames no interior do armário

As quantidades de produtos químicos inflamáveis devem ser minimizadas. Materiais inflamáveis nunca devem ser armazenados em frigoríficos domésticos, mas sim em refrigeradores próprios para material inflamável (à prova de explosão) ou especialmente projetados para o efeito.



Figura 6.10 Armários para armazenamento de químicos inflamáveis (norma EN 14470-1)

Substâncias que podem dar origem a peróxidos

Substâncias de elevada instabilidade com possibilidade de gerarem peróxidos devem ser armazenadas em recipientes herméticos, em local escuro, fresco e seco. Os frascos que as contêm devem ser rotulados com as datas de receção, abertura e expiração. Estas substâncias devem ser adequadamente eliminadas antes do prazo esperado para formação de peróxido (tipicamente 6-12 meses após a abertura).

Substâncias que reagem violentamente com a água

Estas substâncias muito reativas devem ser armazenadas em local fresco e seco e consequentemente sempre guardadas longe de banhos de água. Os extintores de incêndio de classe D (ver subcapítulo 8.3), para substâncias muito reativas em contacto com a água, devem estar disponíveis na proximidade.

Substâncias oxidantes

As substâncias oxidantes devem ser armazenadas atendendo a questões de (in)compatibilidade e sempre segregadas de substâncias inflamáveis, combustíveis ou redutoras.

Substâncias tóxicas

As substâncias tóxicas devem ser armazenadas de acordo com a sua natureza e categoria (dentro de cada classe). O contacto da rede de controle de veneno deve estar acessível.

Apesar destes critérios de segregação (classes de perigo ou grupos de substâncias perigosas) existem substâncias que se enquadram simultaneamente em dois ou mais grupos. Nestas circunstâncias o aconselhamento especializado é sempre a melhor opção.

6.4.4. Gases sob Pressão

Um **gás** é uma substância que *i*) a 50 °C apresenta uma pressão de vapor superior a 300 kPa ou *ii*) é completamente gasoso a 20 °C à pressão de 101,3 kPa.

Um **gás sob pressão** é um gás contido numa garrafa/contentor a uma pressão superior a 200 kPa, a 20 °C, ou que está liquefeito ou liquefeito e refrigerado. Esta classificação inclui quatro grupos (gases comprimidos, gases liquefeitos, gases dissolvidos e gases liquefeitos refrigerados) obedecendo a critérios de acordo com o seu estado físico (Tabela 6.8).

São exemplos de **gases comprimidos** o nitrogénio, o oxigénio, o hidrogénio, o árgon e o hélio; de **gases liquefeitos** o propano, o dióxido de carbono, o amoníaco e o óxido nitroso; de **gases liquefeitos refrigerados/ criogénicos** o oxigénio (LOX), o nitrogénio (LIN), o árgon (LAR), o hélio (LHe), o hidrogénio (LH₂) e o gás natural (GNL).

Tabela 6.8 Critérios de classificação de gases sob pressão

|  | Grupo Frases H | Gases sob pressão Critérios de classificação |
|---|---|---|
| | Gás comprimido H 280 ^a | É totalmente gasoso a -50 °C. Inclui gases com temperatura crítica ^c ≤ -50 °C |
| | Gás liquefeito H 280 ^a | É parcialmente líquido a temperaturas > -50 °C, distinguindo-se: <i>i</i>) gás liquefeito a alta pressão (temperatura crítica entre -50 °C e +65 °C) <i>ii</i>) gás liquefeito a baixa pressão (temperatura crítica > +65 °C) |
| | Gás liquefeito refrigerado H281 ^b | Torna-se parcialmente líquido devido à sua baixa temperatura |
| | Gás dissolvido H 280 ^a | Está dissolvido num solvente em fase líquida |

^a Contém gás sob pressão; perigo de explosão sob a ação do calor; ^b Contém gás refrigerado; pode provocar queimaduras ou lesões criogénicas

^c Temperatura crítica é a temperatura acima da qual um gás puro não pode ser liquefeito, independentemente do grau de compressão

Manuseamento de gases sob pressão

Os gases comprimidos são transportados, armazenados e utilizados sob pressão e o equipamento técnico usado no seu manuseamento constitui o “sistema de gás”. Este sistema em condições de funcionamento normais encontra-se protegido contra a rutura através de um redutor de pressão e uma válvula de segurança acoplados. Se o sistema for operado de forma incorreta, existe algum risco de rebentamento da garrafa de gás com projeção de fragmentos. A operação de qualquer sistema de gás comprimido requer informação, experiência e cuidados específicos e o seu manuseamento é regulado por regras nacionais e europeias que devem ser escrupulosamente cumpridas.

Todos os gases sob pressão são potencialmente perigosos, apresentando perigo de explosão, no caso de gás inflamável, bem como outros perigos adicionais dependentes da sua reatividade e/ou toxicidade. No manuseamento de gases sob pressão é importante conhecer as suas propriedades potencialmente perigosas (inflamabilidade, toxicidade, atividade química, efeitos corrosivos e incompatibilidade com outras

substâncias) descritas nas fichas FDS.

A **cor da ogiva da garrafa** de gás (parte superior) proporciona uma rápida indicação sobre o conteúdo da mesma (Figura 6.11). O tipo de perigo é identificado pela cor: tóxico/corrosivo (amarelo), inerte (verde claro), inflamável (vermelho) e comburente/oxidante (azul claro). A ogiva poderá apresentar mais do que uma cor caso o gás combine perigos de diferentes naturezas (e.g. vermelho/amarelo para gases simultaneamente inflamáveis e tóxicos). Alguns gases apresentam identificação de cor própria como por exemplo o argon Ar (verde escuro), o hélio He (castanho), o dióxido de carbono CO₂ (cinzento), o nitrogénio N₂ (preto) e o oxigénio O₂ (branco) que se encontram frequentemente no laboratório químico. A **cor do corpo da garrafa** (parte inferior) é de livre aplicação pelo fabricante e não se relaciona com o perigo do gás. A cor das garrafas de gases medicinais obedece a uma regulamentação própria.

O **rótulo** da garrafa de gás (Figura 6.12) permite a identificação precisa do gás e fornece indicações sobre as suas propriedades e os seus perigos.

Armazenamento das garrafas

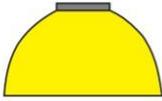
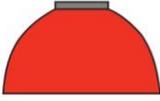
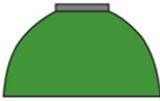
As garrafas contendo gases sob pressão não devem ser depositadas ao ar livre, a menos que estejam protegidas contra as variações excessivas de temperatura, raios solares diretos ou humidade persistente. Por outro lado, quando as garrafas são depositadas no interior dos edifícios, o espaço reservado ao seu armazenamento deve ser isolado por divisórias resistentes ao fogo e ao calor. Além disso, as garrafas de gases sob pressão não devem ser armazenadas nas proximidades de substâncias muito inflamáveis. O oxigénio e os gases combustíveis como o acetileno devem ser completamente segregados, se possível em salas separadas. As garrafas cheias e as vazias devem ser armazenadas separadamente e fixadas à parede/bancada com uma corrente de forma a prevenir que embatam umas nas outras com violência. Em laboratório, ao utilizar uma garrafa pequena (de bancada), esta deverá ser bem equilibrada e segura, com auxílio de um suporte universal pesado. Estes procedimentos permitem evitar a queda violenta das garrafas e prevenir danos físicos nas válvulas de segurança o que seria extremamente perigoso.

No caso de se tratar de um gás combustível (hidrogénio) ou comburente (oxigénio) acresce o perigo de explosão e incêndio. No caso de um acidente com um gás corrosivo ou tóxico, a situação é de difícil controlo e apenas se for seguro, o operador deve abrir as janelas e abandonar o local.

Transporte das garrafas

As garrafas devem ser transportadas em segurança e sem esforço físico para o operador, recorrendo a um carro de transporte apropriado, e tomando as precauções necessárias no que diz respeito ao equilíbrio e fixação apropriada da garrafa. Recomenda-se que este procedimento seja feito por duas pessoas – enquanto uma segura o carro a segunda roda lentamente a garrafa para a base do mesmo, fixando a garrafa com correias próprias para o efeito. A partir deste momento, uma só pessoa consegue deslocar o carro com a garrafa para o local pretendido. De notar que nunca se deve deixar a garrafa no carro de transporte, mas sim proceder imediatamente à sua fixação no local apropriado.

Ao trabalhar com gases comprimidos deve ainda usar-se EPIs apropriados tais como óculos/viseiras e luvas de proteção.

| Código geral de cores por tipo de perigo | | | | |
|--|---|---|--|---|
| Tipo de Gás | Tóxico | Inflamável | Comburente/ Oxidante | Inerte |
| |  |  |  |  |
| Cor | Amarelo | Vermelho | Azul claro | Verde claro |

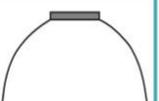
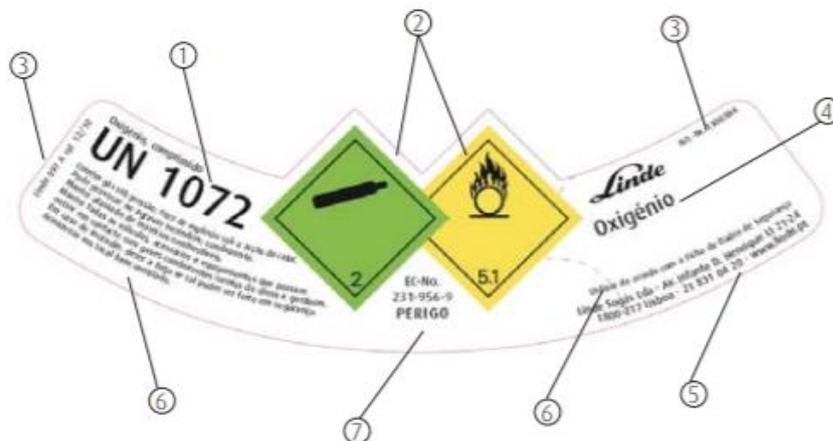
| Código de cores para gases com identificação própria | | | | | |
|--|---|---|---|--|---|
| Gás | Argon | Hélio | Dióxido de carbono | Nitrogénio | Oxigénio |
| |  |  |  |  |  |
| Cor | Verde escuro | Castanho | Cinza | Preto | Branco |

Figura 6.11 Cor da ogiva da garrafa para gás sob pressão:
Código geral por tipo de perigo e código para gases com identificação própria



- ① N^oUN; ② Pictogramas de perigo (ADR); ③ Códigos internos; ④ Designação do gás; ⑤ Dados do fornecedor; ⑥ Indicações de perigo e recomendações de segurança; ⑦ N^o EC

Figura 6.12 Rótulo de um gás sob pressão (oxigénio)

Ao usar uma garrafa de gás sob pressão:

- ➔ Ter em atenção ao código de cores da ogiva da garrafa para identificar o tipo de perigo (tóxico/corrosivo, inflamável, comburente/oxidante ou inerte)
- ➔ Consultar o rótulo da garrafa e a ficha FDS

- Nunca utilizar uma garrafa de gás se duvidar do seu conteúdo ou da sua condição (danificada, queimada ou com sinais de impactos mecânicos)
- Nunca expor uma garrafa a temperaturas superiores a 50 °C
- Manter as garrafas devidamente fixas
- Utilizar sempre a garrafa na posição vertical
- Utilizar sempre um carro apropriado no transporte da garrafa
- Nunca levantar a garrafa pelo capacete, proteção da válvula ou válvula
- Desenroscar o capacete (caso exista) manualmente e com cuidado de forma a evitar a abertura accidental da válvula. Não remover a proteção permanente da válvula, caso exista.
- Abrir a válvula da garrafa manualmente, sem recurso a ferramentas, de forma suave
- Evitar a breve abertura da válvula para verificação da pressão da garrafa no caso de garrafas com válvulas de abertura rápida (e.g. garrafas de dióxido de carbono, ou nitrogénio para sistemas de extinção de incêndios). Esta ação é perigosa podendo a garrafa mover-se de forma descontrolada devido à força repulsiva exercida pela saída do gás
- Usar reguladores de pressão de gás adequados
- Verificar se não existem fugas na conexão entre a garrafa e o regulador de pressão. Para isso aplicar, com um pincel, uma solução de água e sabão nas juntas a inspecionar. Os cilindros de hidrogénio requerem especial atenção, pois este gás difunde-se rapidamente por qualquer ponto de fuga formando com o ar misturas explosivas violentas
- Regular a pressão desejada usando o regulador de pressão e abrindo a válvula de saída
- Fechar a válvula de segurança da garrafa durante as pausas operacionais
- No final da utilização, fechar a válvula da garrafa, abrir as válvulas do regulador de pressão para aliviar a mesma e voltar a fechar todas as válvulas
- As garrafas a devolver ao fornecedor devem estar rotuladas

Manuseamento de Gases Liquefeitos Refrigerados/Criogénicos

Os gases liquefeitos refrigerados ou criogénicos são caracterizados por se encontrarem a temperaturas extremamente baixas, em estado de ebulição e por terem uma **elevada capacidade de expansão em volume** quando passam do estado líquido ao estado gasoso. Na Tabela 6.8 apresenta-se um conjunto de propriedades de gases criogénicos, não tóxicos, usados regularmente em laboratório.

A **transferência destes gases criogénicos deve ser efetuada em local bem ventilado** que permita renovar o volume de gás que se produz evitando a alteração da percentagem de O₂ no ar pois, abaixo de 15% (v/v), pode ocorrer danos por asfixia. No caso do gás a transferir ser o próprio O₂ é preciso ter em atenção que o enriquecimento do oxigénio no ar de 21% para 23% (v/v) aumenta consideravelmente o risco de incêndio. Concentrações de CO₂ acima de 20% (v/v) são mortais em questão de segundos. A exposição a uma atmosfera arrefecida por gases criogénicos, pode conduzir a um subarrefecimento do corpo e a inalação destes gases pode resultar no congelamento do trato respiratório, incluindo os pulmões. Além disso, formam-se névoas devido à condensação da humidade do ar, o que pode diminuir a visibilidade, numa

emergência. De notar que todos estes gases, à temperatura de ebulição, são mais densos que o ar, podendo acumular-se em locais situados a um nível inferior (e.g. cave). O manuseamento de gases inertes (e.g. nitrogénio, árgon, hélio e dióxido de carbono) não envolve riscos de incêndio. O risco de incêndio ou de explosão pode existir em caso de fuga de gases inflamáveis liquefeitos (e.g. hidrogénio líquido e metano) pois ao evaporarem formam com o ar uma mistura inflamável. É imprescindível uma eficaz ventilação natural ou artificial. O oxigénio não é inflamável, mas alimenta a combustão. Materiais não inflamáveis ou pouco inflamáveis no ar, podem ser inflamáveis em atmosfera enriquecida com oxigénio.

Na transferência de gases criogénicos para outros recipientes ocorrem facilmente **salpicos** que podem causar **congelação grave** originando **queimadura pelo frio**. Estes perigos acontecem igualmente na imersão de objetos nestes líquidos. Nestas situações, a utilização de EPIs (viseira, óculos e luvas isolantes apropriadas) é obrigatória.

O vestuário deve ser largo, evitando-se algibeiras abertas, dobras nas calças ou mangas arregaçadas. Deve utilizar-se calçado de segurança em bom estado com solas não desgastadas. Caso os gases ou líquidos criogénicos sejam inflamáveis deve utilizar-se sapatos com solas anti estáticas.

Os gases árgon, dióxido de carbono, hélio, metano LNG (Gás Natural Liquefeito), nitrogénio e oxigénio ao serem libertados para a atmosfera, em pequenas quantidades, não causam danos ambientais permanentes. Quando derramados acidentalmente, não contaminam o solo, dado que se evaporam rapidamente, não chegando a penetrá-lo. No entanto, em locais fechados, um litro de gás liquefeito ao ser vaporizado aumenta entre 600 a 900 vezes o seu volume, pelo que poderá causar a morte por asfixia.

Os materiais utilizados em contacto com gases criogénicos devem apresentar ductilidade elevada de forma a minimizar a sua quebra (e.g. aço inoxidável, cobre, bronze, alumínio, latão, dacron, teflon e nylon). Os materiais tendem a contrair-se quando expostos a baixas temperaturas e a magnitude da contração depende do material e da variação de temperatura. Os equipamentos e sistemas devem estar limpos e secos antes de receberem gases liquefeitos criogénicos.

Apresentam-se seguidamente algumas indicações de segurança ao manusear **nitrogénio líquido**, que não dispensam a consulta atenta da ficha FDS:

- ➔ É incolor, inodoro, não tóxico, não inflamável e maioritariamente inerte (pode combinar-se com metais mais reativos como lítio e magnésio formando nitritos)
- ➔ Pode provocar queimaduras graves pelo frio; num recipiente aberto à pressão atmosférica (101,3 kPa), nestas condições encontra-se à temperatura de **-196 °C**
- ➔ Aumenta cerca de **700** vezes de volume ao passar do estado líquido ao estado gasoso, à temperatura ambiente, pelo que, em ambientes fechados, pode provocar asfixia por substituição do oxigénio do ar
- ➔ Utilizar EPIs - luvas adequadas  e fáceis de remover, óculos ou viseira, roupas secas cobrindo todo o corpo, sapatos fechados
- ➔ Não utilizar anéis ou outro tipo de ornamentos que permitam um contacto mais duradouro da pele com o fluido criogénico
- ➔ Deve ser armazenado em recipientes/contentores adequados (resistentes a baixa temperatura e baixa pressão) tais como aço inoxidável, cobre, bronze, alumínio, latão, dacron, teflon e nylon; Materiais como madeira, plástico e borracha **não são** adequados

- ➔ Os equipamentos e sistemas devem estar limpos e livres de materiais contaminantes
- ➔ No laboratório, colocar o contentor/garrafa de nitrogénio líquido em local devidamente resguardado
- ➔ Deslocar o contentor/garrafa de nitrogénio líquido em carro de transporte apropriado
- ➔ **Nunca viajar com uma garrafa de nitrogénio líquido num elevador.** O carro de transporte contendo a garrafa/contentor deve ser colocado no elevador vazio, devendo ser acionado o botão do elevador para o andar pretendido, onde deve estar alguém para o recolher
- ➔ **ATENÇÃO:** se o nitrogénio líquido apresentar uma cor azulada é possível que esteja contaminado com oxigénio devendo ser imediatamente substituído; a mistura nitrogénio/oxigénio é perigosa e potencialmente explosiva

| Nitrogénio líquido | | Perigo / Obrigação | |
|---|-------------------------------------|---|---|
|  | Perigo Nitrogénio líquido |  | Queimadura |
|  | Ventilação adequada |  | Líquido criogénico |
|  | Não trabalhar sozinho |  | Asfixia |
| | |  | Usar luvas e óculos |
| | | | O contentor deve viajar sozinho no elevador |

Figura 6.13 Sinalização, transporte e manipulação de nitrogénio liquefeito refrigerado

6.4.5. Armazenamento em Laboratório

O armazenamento em laboratório de substâncias/misturas perigosas deve ter por base uma atitude preventiva:

- **As quantidades** devem ser **mantidas no mínimo** e aquelas a granel (mais de 5 L) devem ser armazenadas em áreas específicas externas apropriadas (armazém químico).
- Quando há **transferência** de recipientes grandes (e.g. 200 L) para recipientes de tamanho inferior, o utilizador deve garantir que as informações de perigo relevantes são transpostas para o novo recipiente através da colocação de novos rótulos.

- A inspeção visual da substância/mistura e do seu recipiente/frasco/contentor/rótulo deve ser efetuada regularmente evitando danos que contribuam para possíveis contaminações e derrames.
- As substâncias/misturas perigosas não devem ser armazenadas nas bancadas de trabalho, no chão ou nos sistemas de exaustão (hotes). Um **derrame acidental** numa bancada é de difícil contenção. Um derrame acidental na bancada da hote aumenta o risco de inflamabilidade pela proximidade de fontes de calor em uso (e.g. bico de *Bunsen*, placa de aquecimento). O armazenamento de recipientes na hote deve ser evitado pois diminui o seu desempenho de extração.
- Qualquer substância/mistura perigosa depois de utilizada deve ser devolvida, logo que possível, à área de armazenamento específica e segura.
- As **garrafas de gás** devem estar localizadas em áreas externas bem ventiladas com uma fonte de tubulação fixa para o laboratório. As garrafas devem ser devidamente fixadas a uma estrutura sólida, como uma parede ou bancada de trabalho, usando um sistema de correntes ou cintos apropriados. Deve ser implementado um sistema de deteção de gás na manipulação de gases tóxicos, corrosivos ou inflamáveis. No caso de gases inertes (nitrogénio ou hélio) deve ser feita uma avaliação de risco de asfixia, devido ao deslocamento do ar pelo gás inerte na área de trabalho. A avaliação de riscos deve também ter em conta a possibilidade de explosão associada a gases pressurizados em garrafas.

Plano de Armazenamento de Substâncias/Misturas Perigosas:

- O operador deve estar informado sobre os perigos associados a todos os materiais perigosos (consulta das fichas FDS)
- As substâncias/misturas devem ser armazenadas/conservadas de acordo com a classe de perigo (perigos físicos, perigos para a saúde e perigos para o meio ambiente) e atendendo às suas compatibilidades
- Segregar sólidos de líquidos e segregar substâncias/misturas incompatíveis
- As substâncias/misturas devem ser armazenadas longe da luz solar direta e do calor localizado
- As substâncias/misturas perigosas devem ser armazenadas abaixo da altura do ombro do operador laboratorial de estatura mais baixa
- As prateleiras devem ser pintadas ou cobertas com tinta ou revestimento químico-resistente
- As prateleiras devem ser suficientemente seguras e fortes para suportar os recipientes e não devem estar sobrecarregadas
- Todos os recipientes contendo substâncias/misturas devem ser etiquetados corretamente, com data de receção e data de abertura

7. Tratamento e Eliminação de Resíduos

7.1. Introdução

No decurso do trabalho em laboratório são gerados resíduos (“...substâncias ou objetos de que o detentor se desfaz ou tem intenção ou obrigação de se desfazer...”). A sua produção deve ser **minimizada/reduzida** através de um trabalho bem planeado, adotando medidas compatíveis com uma química sustentável regida pelos princípios da química verde, com preocupações ambientais (poluição da água, do ar, do solo, contaminação da fauna e da flora) tendo em atenção a redução de riscos para a saúde humana e para o ambiente. Em laboratório não é permitida a eliminação intencional, para os esgotos ou meio ambiente, de resíduos químicos/biológicos ou de substâncias perigosas. O produtor do resíduo deve seguir corretamente as regras de eliminação de resíduos e de acondicionamento implementadas no laboratório/instituição. Este procedimento passa pela **classificação, armazenamento** (em jerricans ou contentores próprios) e **entrega** dos resíduos devidamente identificados e acondicionados para posterior tratamento e/ou eliminação por empresa licenciada para o efeito, de acordo com a legislação em vigor. Deve analisar-se sempre possíveis métodos de **valorização, reciclagem** ou **reutilização** dos resíduos antes de considerar a possibilidade do seu **tratamento/eliminação**. Todos os resíduos perigosos (RP) e não perigosos (RNP) devem ser armazenados temporariamente e posteriormente eliminados seguindo um **plano de gestão de resíduos** (Figura 7.1) que tem por base as normas da instituição e a legislação nacional/europeia vigente.

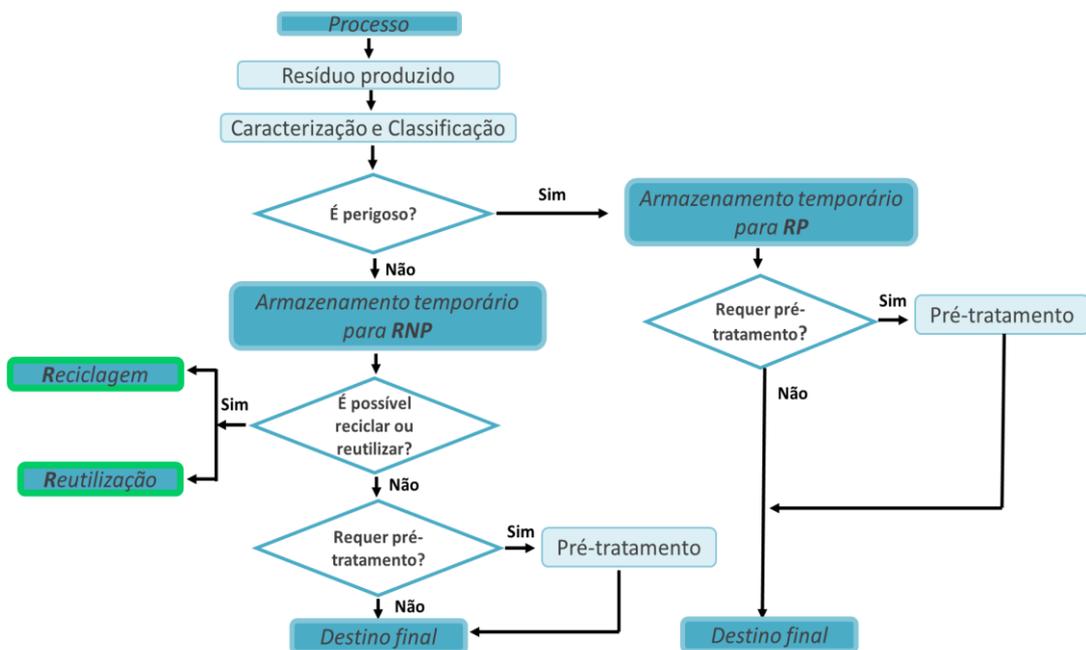


Figura 7.1 Fluxograma de gestão de resíduos

7.2. Classificação de Resíduos e Códigos LER

A classificação dos resíduos produzidos deve ser feita pelo seu produtor. É fundamental que os resíduos sejam devidamente separados e classificados na origem, para que o seu destino final seja o mais adequado. Neste contexto, a classificação de resíduos como perigosos (RP) ou não perigosos (RNP) é crucial para a correta gestão de resíduos. Um **resíduo** é considerado **perigoso** (RP) sempre que apresente pelo menos uma característica de perigosidade (para a saúde ou para o ambiente) identificada na Lista Europeia de Resíduos (LER). No caso de existirem dúvidas sobre o caráter de perigosidade de um resíduo, é possível usar critérios de classificação baseados na legislação sobre classificação, rotulagem e embalagem de substâncias e misturas perigosas (regulamento CRE). Pode ainda aplicar-se a classificação de RP prevista pelo Acordo Europeu Relativo ao Transporte Internacional de Mercadorias Perigosas por Estrada (acordo ADR).

O regime geral de gestão de resíduos (RGGR) envolve um processo de classificação de resíduos, estabelecido na União Europeia, e desenvolve-se em duas etapas fundamentais (Figura 7.2):

1. **Classificação de acordo com a Lista Europeia de Resíduos (LER)** (Decisão 2014/955/UE, da Comissão) - aplicação da LER de forma a enquadrar os resíduos na entrada que melhor os caracteriza: entrada absoluta ou entrada espelho
2. **Avaliação da perigosidade dos resíduos**

No caso de um determinado resíduo se enquadrar numa entrada absoluta deverá ser classificado com o código LER correspondente a essa entrada não sendo necessário prosseguir para a avaliação da perigosidade. Se o resíduo não tiver entrada na lista LER, é considerado uma entrada espelho (haverá pelo menos dois códigos LER possíveis para o classificar, um código de resíduo perigoso e um código de resíduo não perigoso) pelo que é necessário proceder à avaliação da sua perigosidade em 3 novas etapas (Figura 7.2):

- a) **Caracterização do resíduo:** nesta etapa é necessário reunir toda a informação disponível sobre o resíduo de forma a identificar as substâncias perigosas presentes e as suas concentrações; o resíduo será classificado como RP se não for possível efetuar-se uma classificação absoluta
- b) **Determinação das características de perigosidade:** sempre que é detetada a presença de substâncias perigosas num determinado resíduo, deve avaliar-se se o mesmo apresenta alguma das características de perigosidade enunciadas nos Regulamentos (UE) n.º 1357/2014 e (UE) n.º 2017/997, alinhadas com o Regulamento (CE) n.º 1272/2008 (Regulamento CLP para substâncias/misturas
- c) **Determinação da presença de poluentes orgânicos persistentes (POPs)**

É possível conhecer a classificação dos resíduos RP e RNP através da utilização da lista LER, uma lista harmonizada de resíduos que tem em consideração a origem e composição dos mesmos.

Os resíduos são identificados através de um código de seis dígitos (código LER). No caso de se tratar de um resíduo perigoso, o código LER contém adicionalmente um asterisco (*).

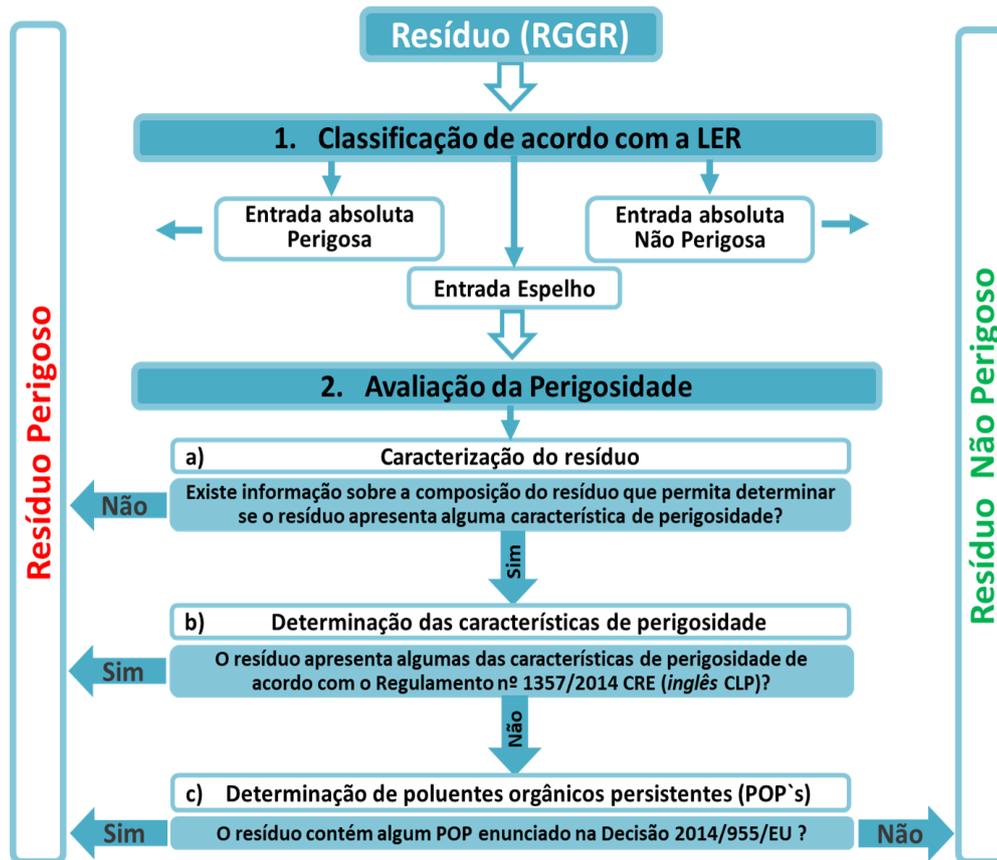


Figura 7.2 Regime geral de gestão de resíduos (RGGR)

São exemplos de resíduos absolutamente não perigosos a ureia (07 06 99) e a alumina (10 03 05). São exemplos de resíduos absolutamente perigosos os indicados na Tabela 7.1. Em situações em que o componente maioritário de um resíduo seja não perigoso, mas que contenha vestígios, por exemplo, de um ou mais poluentes orgânicos persistentes, o resíduo será classificado como perigoso.

A lista LER é constituída por 20 capítulos, numerados de 01 a 20, os quais agrupam resíduos que dizem respeito à área específica de atividade geradora dos mesmos (indicados nos dois primeiros dígitos do código LER). Os dois dígitos do meio correspondem ao subcapítulo e os últimos dois ao subsubcapítulo. São necessárias as seguintes **etapas para identificar um resíduo na lista LER**:

- **Etapa 1** - procurar nos capítulos 01 a 12 ou 17 a 20, a fonte geradora do resíduo, e ainda nos subcapítulos e subsubcapítulos os restantes 4 dígitos adequados
- **Etapa 2** - se não existir nenhum código apropriado nos capítulos anteriores, procurar identificar os resíduos nos capítulos 13, 14 ou 15
- **Etapa 3** - se nenhum destes códigos de resíduos se aplicar, procurar identificar os resíduos no capítulo 16
- **Etapa 4** - se o resíduo também não se enquadrar no capítulo 16, atribuir o código 99 (resíduos sem outras especificações)

Tabela 7.1 Exemplos de Códigos LER de resíduos perigos comuns em laboratório

| Código LER | Designação do resíduo | Exemplos |
|------------|---|---|
| 07 06 04* | Solventes orgânicos não halogenados | álcoois, cetonas, hidrocarbonetos, acetonitrilo, dimetilsulfóxido, éter de petróleo, formaldeído, fenol, mercaptoetanol |
| 07 06 03* | Solventes orgânicos halogenados | clorofórmio, diclorometano |
| 07 06 04* | Corantes | violeta de cristal, azul-de-metileno, fucsina, verde de malaquite |
| 06 01 06* | Ácidos ou soluções ácidas | ácido sulfúrico, ácido clorídrico e outros ácidos |
| 06 02 05* | Bases ou soluções básicas | lixívia, soluções de hidróxidos |
| 06 03 13* | Soluções contendo metais | compostos metálicos |
| 18 01 03* | Resíduos líquidos de risco biológico | fluidos orgânicos (sangue, plasma, urina), culturas de microrganismos |
| 09 01 04* | Fixador | banhos de fixação de películas fotográficas |
| 09 01 01* | Revelador | banhos de revelação de películas fotográficas |
| 06 04 04* | Compostos com mercúrio | |
| 20 01 19* | Pesticidas | |
| 16 05 06* | Outros produtos químicos de laboratório perigosos | frascos de reagentes obsoletos, com rótulo legível, que não se enquadrem em nenhuma das categorias anteriores |
| 16 05 06* | Compostos não identificados | |

7.3. Procedimentos na Recolha de Resíduos

➔ No laboratório os resíduos (sólidos, líquidos e em solução) devem ser armazenados, para posterior eliminação, em contentores disponíveis e de acordo com as seguintes classes e especificidade desse laboratório:

- Solventes halogenados
- Solventes não halogenados
- Ácidos ou soluções ácidas
- Produtos químicos de laboratório perigosos
- Resíduos líquidos de risco biológico
- Revelador
- Soluções contendo metais
- Contentor do Grupo IV (Risco Químico)
- Corantes
- Fixador
- Pesticidas
- Bases ou soluções básicas
- Compostos com mercúrio
- Compostos não identificados

- Contentor do Grupo III (Risco Biológico)
- ➔ Os contentores/recipientes de recolha devem estar devidamente rotulados
 - ➔ Nenhum resíduo químico deve ser deitado para a canalização (sólido, líquido ou em solução), com exceção de pequenas quantidades de ácidos e bases em solução aquosa muito diluída em água corrente (e.g. HCl, H₂SO₄, NaOH, KOH)
 - ➔ Sempre que se justifique, pode ser feita a prévia neutralização de ácidos ou bases
 - ➔ No laboratório devem existir recipientes identificados para recolha de solventes orgânicos halogenados, solventes orgânicos não halogenados, soluções de metais e soluções de corantes; cada uma destas categorias envolve um tratamento/preço diferentes
 - ➔ Os resíduos líquidos recolhidos periodicamente são transferidos para reservatórios de maiores dimensões, existentes num armazém exterior de onde serão transportados pela empresa contratada para os eliminar; a transferência do resíduo do laboratório para o armazém exterior deve ser acompanhada por uma requisição/registo de saída onde se indica a quantidade (volume/massa), a natureza/classificação da substância/mistura entregue e sempre que possível, o respetivo código LER; este registo deve ainda conter a identificação do produtor do resíduo

8. Prevenção e Proteção Contra Incêndio

8.1. Elementos do Fogo e sua Eliminação

Uma **combustão** é uma reação química exotérmica, que ocorre entre um material combustível e um material comburente e na qual se podem formar diversos produtos de combustão (gases, fumos, aerossóis e produtos não voláteis) com libertação de calor e/ou emissão de radiação luminosa. Nas combustões lentas não existe libertação de radiação luminosa e as temperaturas em causa nunca atingem mais de 500 °C. Nas combustões vivas, há libertação de radiação luminosa e as temperaturas ultrapassam facilmente os 500 °C. Para haver combustão têm de estar necessariamente presentes e, em simultâneo, os seguintes **4 elementos do Fogo** (Figura 8.1):

- **o combustível** no estado sólido (e.g. madeira, papel), no estado líquido (e.g. gasolina, acetona), no estado gasoso (e.g. butano, propano) e ainda metais combustíveis (e.g. sódio, potássio)
- **o comburente** (normalmente o ar com 21% de oxigénio em volume)
- **a energia de ativação** ou fonte de ignição - responsável pelo desencadear da reação (e.g. calor, eletricidade estática, chispas)
- **a reação em cadeia** - ocorre em vários passos reacionais entre **os radicais livres** emitidos pelo combustível e o oxigénio, com libertação de calor



Figura 8.1 Tetraedro do fogo

O **fogo** é o resultado de uma combustão e as técnicas de extinção baseiam-se na eliminação de um ou mais destes fatores das seguintes formas:

- afastando o combustível
- suprimindo ou limitando o oxigénio (areia, espuma, abafamento, CO₂)
- limitando a temperatura (água ou jato)
- inibindo a reação em cadeia

Um **Incêndio** pode ser definido como um foco de fogo não circunscrito que surge num determinado local.

O processo de aquecimento do combustível passa por três fases atendendo à temperatura envolvida:

- **Temperatura de inflamação ou ponto de fulgor** - menor temperatura na qual um combustível liberta vapor em quantidade suficiente para formar uma mistura inflamável por uma fonte externa de calor (agente ígneo); o ponto de fulgor não é suficiente para que a combustão seja mantida
- **Temperatura de combustão** - temperatura mínima necessária para que um combustível liberte vapores ou gases combustíveis que, combinados com oxigénio do ar e em contacto com uma chama ou centelha externa (agente ígneo), se inflame e se mantenha em combustão, mesmo sem o agente ígneo, até que se acabe o combustível
- **Temperatura de ignição ou de fogo** – temperatura (muito acima das temperaturas de inflamação e de combustão) à qual os vapores desprendidos entram em combustão espontânea (independentemente de qualquer chama direta)

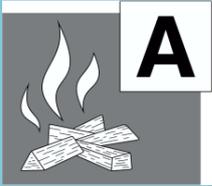
8.2. Classes de Fogo e Mecanismos de Extinção

O fogo é classificado em função dos materiais combustíveis envolvidos na combustão, de acordo com a norma europeia EN 2 (Tabela 8.1). A extinção de um incêndio pode ser efetuada com recurso a vários tipos de agentes extintores adequados a cada classe de fogo. Os vários mecanismos de extinção envolvidos usados por si só ou em conjunto, caso se justifique, são:

- **eliminação ou carência** - redução ou eliminação do combustível já envolvido na combustão ou que possa vir a ser consumido por esta, através da sua retirada ou dispersão
- **arrefecimento** - a extinção é efetuada através da diminuição da temperatura, quer do combustível já envolvido na combustão quer dos combustíveis que possam vir a ser consumidos. Desta forma, é possível diminuir a libertação de gases ou vapores inflamáveis. A água é normalmente usada para provocar o arrefecimento dada a sua grande capacidade para absorver o calor produzido sendo esta capacidade determinada pela quantidade e forma de aplicação (jato ou pulverização).
- **abafamento** - a extinção do incêndio é possível pela redução do comburente, através de uma ação exterior, que pode ser ou não mecânica. É possível provocar o abafamento usando materiais diversos como areia, terra, vapor de água, espumas, pós, gases especiais ou usar uma manta ignífuga ou anti chama. O incêndio de materiais que têm oxigénio na sua composição e queimam sem necessidade do oxigénio do ar, como os peróxidos orgânicos e o fósforo branco, não podem ser extintos por abafamento.
- **inibição ou extinção química** – consiste na interrupção da reação em cadeia. O combustível, sob a ação do calor, gera gases ou vapores que ao combinarem-se com o comburente, formam uma mistura inflamável. Ao lançar um agente extintor químico específico sobre o fogo, as suas moléculas dissociam-se (pela ação do calor) e combinam-se com a mistura inflamável (gás ou vapor mais comburente), formando outra mistura não-inflamável.

Tal como o mecanismo de carência, o mecanismo de inibição também não é, regra geral, utilizado por si só. Os agentes extintores são aplicados sobre o incêndio através de equipamentos ou sistemas de extinção manuais ou automáticos.

Tabela 8.1 Classes de fogo: caracterização, agente extintor adequado e mecanismo de extinção

| Classes de fogo | Caracterização | Agente Extintor mais comum/Mecanismo de extinção |
|---|--|---|
|  | <p>Fogo em materiais sólidos que deixam resíduos</p> <p>Combustíveis: madeira, papel, tecido, borracha</p> | <p>Água - com poder de penetração e de arrefecimento</p> <p>Mecanismos de extinção: arrefecimento, abafamento, eliminação/carência</p> |
|  | <p>Fogo em líquidos inflamáveis que resultam da combustão de líquidos ou de sólidos liquidificáveis</p> <p>Combustíveis: solventes orgânicos em geral (álcoois, acetona, éteres), gasolinas, vernizes, ceras, óleos, plásticos</p> | <p>Pós químicos e agentes espumantes misturados com água, e que ao serem aplicados, formam uma camada isolante que impede a presença do oxigénio</p> <p>Mecanismos de extinção: inibição e abafamento</p> |
|  | <p>Fogo em Gases que resultam da combustão de gases</p> <p>Combustíveis: hidrogénio, butano, propano, acetileno</p> | <p>Pós químicos e gases inertes tais como CO₂ e N₂</p> <p>Mecanismos de extinção: abafamento, arrefecimento</p> |
|  | <p>Fogo em metais que resultam da combustão de diferentes metais</p> <p>Combustíveis: sódio (Na), zinco (Zn), magnésio (Mg), potássio (K), bário (Ba), cálcio (Ca), alumínio (Al), zircónio (Zr) e titânio (Ti)</p> | <p>Pós químicos especiais à base de grafite, cloreto de sódio e/ou carbonato de sódio; Nunca usar água!</p> <p>Mecanismos de extinção: abafamento</p> |
|  | <p>Fogo que envolve produtos para cozinhar</p> <p>Combustíveis: óleos alimentares, gorduras vegetais, gorduras animais</p> | <p>Agente químico húmido (solução de água e acetato de potássio) que transforma óleos/gorduras alimentares num sabão; utilizado em extintores de incêndio para hotes de cozinha</p> <p>Mecanismos de extinção: abafamento</p> |

8.3. Extintores de Incêndio – Tipologia, Manutenção e Seleção

Os extintores são equipamentos de proteção ativa contra fogos de pequenas dimensões, usados para combater incêndios em fase inicial, evitando que um foco de incêndio se propague e se transforme num incêndio de difícil extinção. É importante saber **como** e **quando** utilizar um determinado extintor de incêndio o qual normalmente tem uma carga limitada e, por isso, pode esgotar-se rapidamente.

Existem vários tipos de extintores:

- **Extintores de água** - a água atua principalmente por arrefecimento uma vez que possui uma grande capacidade de absorver calor, bem como por asfixia. A água evapora-se a altas temperaturas expandindo o seu volume em cerca de 1,7 vezes, provocando o deslocamento de oxigénio e gases de combustão. Os extintores de água não podem ser utilizados em incêndios de classe C porque a água conduz eletricidade, nem em incêndios de classe D pois os metais reagem violentamente com a água.  **Extintores adequados para incêndios de classe A.**
- **Extintores de espuma** - Atuam por arrefecimento e abafamento, uma vez que a espuma cria uma camada contínua de material aquoso que se expande no ar, arrefecendo-o, e impedindo a formação de vapores. Tem também a finalidade de impedir a entrada de oxigénio.   **Extintores adequados para incêndios de classe A e B.**
- **Extintores de dióxido de carbono (CO₂)** - Devido à alta pressão do gás no interior do extintor, quando disparado expande de forma abrupta, provocando a diminuição acentuada da temperatura para valores negativos ($\cong -79\text{ }^{\circ}\text{C}$), pelo que é conhecido por "Neve Carbónica". Este agente extintor permite a asfixia do oxigénio. No caso de combustíveis líquidos a aplicação deste agente extintor deve ser feita cuidadosamente de forma a não espalhar o combustível líquido a outras zonas. O extintor deve apontar sempre para a base do fogo.   **Extintores adequados para incêndios que envolvem equipamentos elétricos e eletrónicos** (sem classe de fogo definida), no combate **a fogos classe B** (e.g. óleo, gasolina, álcool, tinta, ceras, vernizes) provocados pela combustão de líquidos inflamáveis e no combate **a fogos classe C** (e.g. gás natural, butano, propano, acetileno, etileno) provocados pela combustão de gases inflamáveis.
- **Extintores de pó químico** – usam-se com o objetivo principal de interromper quimicamente a reação em cadeia, atuando também por asfixia devido aos compostos de fosfato que fundem a certas temperaturas de combustão, e que aderem à superfície do sólido combustível criando uma barreira entre este e o oxigénio.    **Extintores adequados para incêndios de classe A, B e C.**
- **Extintores com base em pó (específicos para classe de fogo D)** - constituídos genericamente por grafite, cloreto de sódio e/ou carbonato de sódio. Não há nenhum agente extintor universal para metais combustíveis. Cada pó químico seco é eficaz em certos metais e ligas específicas. Geralmente atua por abafamento dando origem a uma crosta de proteção entre o metal e o oxigénio do ar. Alguns pós também absorvem o calor, agindo igualmente por arrefecimento.  **Extintores adequados para incêndios de classe D.**

- **Extintores de água pulverizada** – a água no interior do extintor é destilada e o difusor de descarga permite projetá-la na forma de gotas finas (névoa), o que torna estes extintores adequados para incêndios de classe C, por a água não conduzir eletricidade nestas condições.  **Extintores adequados para incêndios de classe A e C.**
- **Extintores para incêndios de Classe F (acetato de potássio)** - usados em incêndios que ocorrem em óleos e gorduras de origem alimentar. O acetato de potássio é descarregado como uma névoa fina. Em contacto com a superfície do óleo ou gordura reage produzindo uma espuma que veda a superfície separando-o do ar. Este nevoeiro também tem um efeito de arrefecimento do óleo/gordura.  **Extintores adequados para incêndios de classe F.**
- **Extintores de HFC's ou de Halons** - Os extintores de hidrofluorcarbonetos só devem ser usados em casos muito excepcionais já que destroem a camada de ozono. São compostos orgânicos de carbono, hidrogénio e flúor, cujas moléculas não contêm mais do que seis átomos de carbono. Podem ser utilizados em extintores de incêndio ou em sistemas fixos. Atuam interrompendo quimicamente a reação em cadeia e não deixam nenhum vestígio ou resíduo, não sendo condutores de eletricidade.  **Extintores adequados para incêndios classe A, B e C.**

Outros exemplos de extintores mistos:

- **Extintores ABC:** são extintores de **pó químico** (dihidrogénio fosfato de amónio) utilizados no combate a **fogos classe A** (combustão de materiais sólidos, geralmente de natureza orgânica, em que a combustão se faz normalmente pela formação de brasas), **fogos de classe B** (combustão de líquidos ou de sólidos liquidificáveis e facilmente inflamáveis), e **fogos de classe C** (combustão de gases inflamáveis).
- **Extintores ABF:** são extintores de água aditivada, eficazes no combate aos fogos **classes A e B** (equivalente aos **extintores ABC** de Pó Químico) e **classe F** (Óleos Alimentares). O extintor ABF destaca-se em relação aos extintores ABC de pó químico, pois a sua descarga não é nociva para o ambiente e não retira a visibilidade em espaços confinados, permitindo uma evacuação mais rápida.

Como e quando se deve fazer a manutenção do extintor de incêndio?

A inspeção dos extintores deve ser feita periodicamente por técnicos de empresa certificada pela Associação Portuguesa de Segurança (APSEI). A recarga do extintor de água deve ser feita anualmente, a do extintor de pó químico de 5 em 5 anos e a do extintor de CO₂ de 10 em 10 anos.

Como seleccionar e manusear um extintor de incêndio?

A seleção dos extintores de incêndio deve ser feita tendo por base a avaliação prévia das substâncias/misturas perigosas que existem no local do fogo e que poderão ser inflamáveis ou tóxicas e dos equipamentos envolvidos. Esta avaliação de riscos deve ter em consideração o tipo e quantidade de material combustível existentes no local. São ainda importantes **o tempo de descarga** e **o alcance do equipamento de**

extinção de incêndio, bem como a experiência de manuseamento dos potenciais utilizadores. Devem ser ainda avaliadas as condições ambientais (como a direção do vento) no caso de o fogo ocorrer num espaço exterior.

Os extintores de incêndio mais usuais são os portáteis, no entanto também se podem usar extintores móveis em áreas onde exista um elevado risco de incêndio ou em situações em que haja necessidade de uma elevada capacidade de extinção.

Na tabela 8.2 apresenta-se, de forma simplificada, os critérios de seleção de um agente extintor de acordo com as classes de fogos.

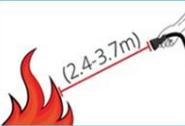
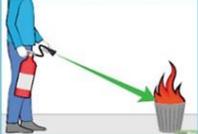
Tabela 8.2 Compatibilidade de agentes extintores em função das classes de fogos

| Classes de Fogos | Agentes extintores | | | | | | | |
|--|--------------------|--------|----------------|--|------------|-----|-----|-----------------|
| | À base de água | | | | Pó químico | | | CO ₂ |
| | Água | Espuma | Água aditivada | Agente químico húmido (específico para classe F) | ABC | BC | D | |
|  A | SIM | SIM | SIM | NÃO | SIM | NÃO | NÃO | NÃO |
|  B | NÃO | SIM | SIM | NÃO | SIM | SIM | NÃO | SIM |
|  C | NÃO | NÃO | NÃO | NÃO | SIM | SIM | NÃO | SIM |
|  D | NÃO | NÃO | NÃO | NÃO | NÃO | NÃO | SIM | NÃO |
|  F | NÃO | NÃO | NÃO | SIM | NÃO | NÃO | NÃO | NÃO |

8.4. Guia de Manuseamento do Extintor de Incêndio Manual

Na Tabela 8.3 descreve-se a metodologia de manuseamento de um extintor manual de incêndio, equipamento de uso generalizado não só nos laboratórios de química e bioquímica como nos corredores de acesso aos mesmos.

Tabela 8.3 Manuseamento de um extintor de incêndio

| Como utilizar um extintor corretamente? | |
|---|---|
| 1 |  <p>Ler o rótulo do extintor e verificar se é o adequado</p> |
| 2 |  <p>Retirar o extintor do suporte mantendo-o na posição vertical</p> |
| 3 |  <p>Retirar a cavinha de segurança (esta serve para evitar o acionamento acidental do extintor)</p> |
| 4 |  <p>Testar o equipamento acionando levemente o gatilho da válvula a uma distância segura da chama</p> |
| 5 |  <p>Orientar a mangueira para a base da chama</p> |
| 6 |  <p>Acionar totalmente o gatilho da válvula Mantendo o jato orientado para a base da chama, efetuar movimentos de varredura</p> |
| 7 |  <p>Observar/avaliar o risco de incêndio a uma distância segura e repetir todo o procedimento se as chamas voltarem a acender</p> |
| 8 |  <p>Não recolocar o extintor vazio no suporte original. Substituir/recarregar o extintor vazio logo que possível pois alguém pode precisar de o usar numa nova emergência.</p> |

9. Exposição a Radiação Ionizante e Não Ionizante

9.1. Introdução

Radiação ionizante consiste na transferência de energia, sob a forma de partículas (corpúsculos) ou ondas eletromagnéticas, com frequência igual ou superior a 3×10^{15} hertz (Hz), capaz de produzir iões direta ou indiretamente. Quanto mais elevada for a frequência de uma onda eletromagnética e a energia de uma partícula atômica, maior será a sua capacidade de interação com o material biológico e, conseqüentemente, maior será o risco de provocar danos para a saúde. No entanto, o poder de penetração da radiação é também um fator a considerar.

Os raios X e os raios gama (γ), bem como a emissão de partículas alfa (α) e beta (β) são exemplos de radiação ionizante, enquanto as radiofrequências, as micro-ondas, a radiação infra-vermelho, a radiação ultra-violeta e a radiação visível são exemplos de radiação não ionizante (Figura 9.1).

A radiação não-ionizante poderá também ser prejudicial para a saúde consoante a área corporal e o tempo de exposição a órgãos específicos (e.g. pele, olhos).

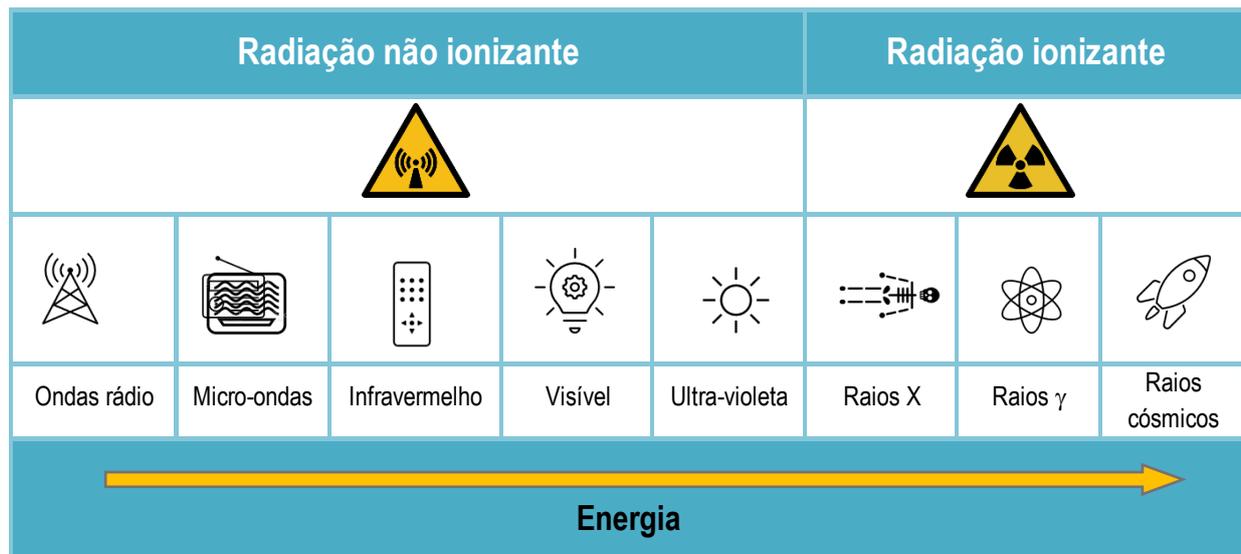


Figura 9.1 Zonas de radiação no espectro eletromagnético

9.2. Nuclídeos Radioativos

Um **nuclídeo** é uma espécie atômica caracterizada através do número de prótons, neutrões e do seu estado energético, com um tempo de vida suficientemente longo de forma a poder ser observado. **Isótopos** são nuclídeos que compartilham o mesmo número de prótons. Um isótopo confere a pertinência a um elemento químico enquanto o seu nuclídeo descreve a natureza ou a composição física do núcleo. Os **nuclídeos instáveis** são radioativos e designam-se por **radionuclídeos** possuindo excesso de energia que tende a libertar-se sob a forma de **partículas**

altamente energéticas ou de **ondas** (radiação eletromagnética), Figura 9.2. O decaimento radioativo natural (obedece a uma cinética de 1ª ordem) origina outro nuclídeo de maior estabilidade e, possivelmente, já não radioativo.

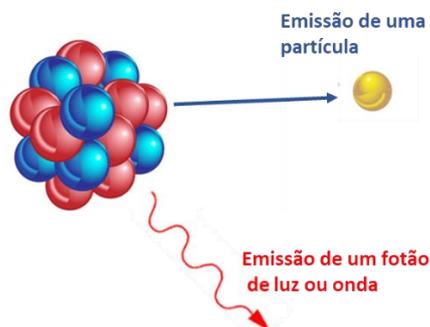


Figura 9.2 Emissão de uma partícula e/ou de radiação eletromagnética de um nuclídeo instável

Um nuclídeo pode ser representado como A_ZX em que X representa o símbolo do elemento, Z o número de prótons e A o número de massa [número de prótons (Z) + número de nêutrons (N)]. Em sobre índice à direita de X é ainda possível indicar-se a carga do ião ($n \pm$) ou o estado do núcleo (* para excitado ou “m” para metaestável).

Todos os núcleos atômicos com exceção do (${}^1_1\text{H}$) contêm dois tipos de partículas fundamentais, os prótons e os nêutrons. Todos os elementos com número atômico superior a 83 são radioativos. Por exemplo, o isótopo do polônio-210 (${}^{210}_{84}\text{Po}$) (A=210 e Z=84) desintegra-se de forma espontânea, dando origem a chumbo-206 (${}^{206}_{82}\text{Pb}$) (A=206 e Z=82) com a emissão de **uma partícula α** (constituída por dois prótons e dois nêutrons, ou seja ${}^4_2\text{He}$), Tabela 9.1_Esquema 1.

A estabilidade de um nuclídeo é determinada pela diferença entre a repulsão próton-próton e as atrações de curto alcance (próton-próton, nêutron-próton e nêutron-nêutron) que também ocorrem. Se o efeito repulsivo for maior do que o atrativo, o núcleo sofrerá desintegração. A razão nº nêutrons/nº de prótons (N/Z) é o fator determinante da estabilidade de um núcleo. Se a razão $N/Z > 1$, os nêutrons podem ser convertidos a prótons emitindo **partículas β** (e.g. a desintegração de um núcleo radioativo de ${}^{14}_6\text{C}$ a ${}^{14}_7\text{N}$, Tabela 9.1_Esquema 2). Se a razão $N/Z < 1$, os prótons podem ser convertidos a nêutrons emitindo **positrões** (e.g. a desintegração de um núcleo radioativo de ${}^{10}_6\text{C}$ a ${}^{10}_5\text{B}$, Tabela 9.1_Esquema 3). Existe ainda a possibilidade de o núcleo instável **captar um elétron** (geralmente um elétron 1s, Tabela 9.1_Esquema 5). A desintegração de núcleos radioativos com emissão de fótons de luz de elevada energia, designada por **radiação γ** , Tabela 9.1_Esquema 4, também é possível, não havendo neste caso perda de partículas nem decomposição do núcleo (mantem-se o número atômico e o número de massa). Para átomos de elementos com números atômicos baixos, a razão N/Z é aproximadamente igual à unidade definindo uma faixa de estabilidade de referência. Na Figura 9.3 representa-se a relação entre o número de nêutrons e o número de prótons e a faixa de estabilidade de nuclídeos (área sombreada a amarelo). A maioria dos núcleos radioativos fica fora da faixa de estabilidade.

Tabela 9.1 Ilustrações exemplificativas da transformação de núcleos instáveis em outros mais estáveis

(Adaptado de: "Chemistry: A Molecular Approach", N.J. Tro, Pearson Eds, 2008)

| Esquema | Transformação do núcleo | | |
|---------------------------|---|---------|---|
| Processo de desintegração | | Emissão | |
| 1 | <p>Partícula α = ${}^4_2\text{He}$</p> | | Partícula α |
| 2 | <p>Partícula β (elétrão) é emitida pelo núcleo</p> <p>O neutrão transforma-se em um próton</p> <p>Neutrão</p> <p>${}^{14}_6\text{C}$ → ${}^{14}_7\text{N}$</p> <p>${}^0_{-1}\text{e}$</p> | | Partícula β (elétrão) |
| 3 | <p>Positrão é emitido pelo núcleo</p> <p>Próton torna-se um neutrão</p> <p>Próton</p> <p>${}^{10}_6\text{C}$ Núcleo → ${}^{10}_5\text{B}$ Núcleo</p> <p>${}^0_{+1}\text{e}$</p> | | Positrão (anti-partícula do elétron) |
| 4 | <p>Núcleo excitado → Núcleo estável + Fóton de luz</p> <p>${}^0_0\gamma$</p> | | Fóton |
| Processo de captura | | | |
| 5 | <p>Protão</p> <p>Captura de um elétron</p> <p>+ ${}^0_{-1}\text{e}$</p> <p>Protão torna-se um neutrão</p> | | Captura de um elétron por um próton |

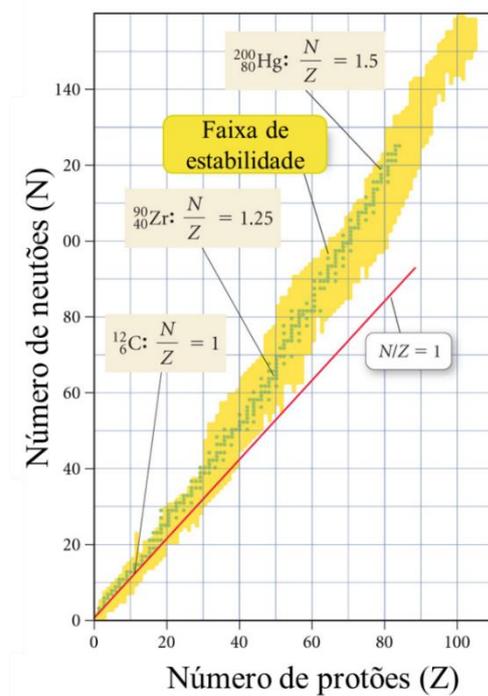


Figura 9.3 Faixa de estabilidade de nuclídeos usada como referência
(Adaptado de: "Chemistry: A Molecular Approach", N.J. Tro, Pearson Eds, 2008)

9.3. Perigos da Radiação Ionizante

A radiação ionizante, pela sua elevada energia, é capaz de penetrar através de alguns materiais, ionizar os átomos, quebrar ligações químicas e causar danos nos tecidos biológicos. Os efeitos da radiação no corpo humano são complexos e dependem do tipo de radiação, da sua intensidade, da energia envolvida e do tempo de exposição. Todas as **atividades** de investigação científica, medicina, indústria e minas que impliquem a **exposição a radiação ionizante** são consideradas de **risco elevado** para o património genético dado que podem causar efeitos genéticos hereditários ou prejudicar a função reprodutora masculina/feminina. Cabe à entidade empregadora e, consequentemente, ao respetivo Serviço de Saúde e Segurança do Trabalho/Serviço de Saúde Ocupacional, assegurar a proteção eficaz dos operadores expostos a estes fatores de risco, garantindo a sua saúde, segurança e bem-estar.

Princípios Gerais de Proteção Radiológica

De acordo com a Agência Portuguesa do Ambiente (APA), quando se é exposto a radiação ionizante em trabalhos de investigação científica e atos médicos, é importante seguir os seguintes **princípios gerais da proteção radiológica**:

- **Justificação** - não adotar nenhuma prática de exposição a radiação ionizante a não ser que o benefício resultante, para os indivíduos expostos ou para a sociedade, seja maior que o dano causado
- **Otimização** - garantir que a exposição dos indivíduos seja tão baixa quanto possível - este princípio é também designado por ALARA (**A**s **L**ow **A**s **R**easonably **A**chievable)

- **Limitação da dose** - a exposição a determinada radiação ionizante deve ser sempre mantida abaixo do nível limite legislado

Os equipamentos que emitem radiação ionizante (e.g. equipamentos de diagnóstico ou tratamento de saúde – radiologia convencional e radiologia de intervenção, radioterapia ou braquiterapia; equipamentos de radiografia industrial) são considerados fontes de radiação envolvendo substâncias radioativas (fontes radioativas). Estas fontes radioativas podem ser “seladas” ou “não-seladas”. As fontes “seladas” têm características que impedem a dispersão do material radioativo, por oposição às fontes “não-seladas” que podem ser dispersas quando utilizadas. São exemplo de fontes “não-seladas” os radiofármacos líquidos utilizados em medicina nuclear, na sua maioria injetados em pacientes. São exemplo de “fontes seladas” as sementes usadas em braquiterapia uma vez que os núclídeos se encontram encapsulados.

Os perigos de exposição à radiação ionizante referem-se aos danos biológicos das células devido à ação física e/ou química dessa radiação nos átomos que as formam. A ionização e excitação dos átomos podem levar à rutura de ligações moleculares na cadeia de ADN (efeito direto) e à formação de radicais livres que sendo instáveis reagirão com as células, tecidos e órgãos (efeito indireto) causando danos.

A radiação ionizante ao interagir com a matéria, pode:

- atravessá-la sem causar danos
- danificar as células de forma reversível, se estas puderem ser reparadas pelo organismo
- destruir as células de forma irreversível, comprometendo o adequado funcionamento do tecido/órgão irradiado (efeitos determinísticos)
- desencadear modificações no material genético das células irradiadas provocando mutações celulares (efeitos estocásticos)

Na Tabela 9.2 referem-se os **efeitos determinísticos** e **efeitos estocásticos** resultantes da radiação ionizante na saúde humana. Os primeiros são observáveis apenas quando a dose absorvida pelo tecido/órgão é superior a um determinado limite e com um grau de severidade/gravidade que lhe é proporcional. Os segundos não dependem da dose sendo os riscos da radiação ionizante sempre muito elevados.

Tabela 9.2 Efeitos da radiação ionizante na saúde humana

| Efeito | Definição | Gravidade | Patologias |
|-----------------------|--|---|--|
| Determinístico | Provoca danos ou a morte das células lesando o tecido ou órgão irradiado | Depende da dose absorvida pelo órgão/tecido | <ul style="list-style-type: none"> • Lesões cutâneas • Lesões nos olhos (cataratas) • Anemias • Fibrose pulmonar |
| Estocástico | Envolve a modificação não-letal das células originando mutações no ADN do núcleo da célula | Não depende da dose absorvida pelo órgão/tecido | <ul style="list-style-type: none"> • Cancro • Efeitos hereditários |

Ionização e Poder de Penetração da Radiação Ionizante

As partículas ionizantes apresentam diferentes capacidades de ionização e de penetração (Tabela 9.3 e Figura 9.4):

- **Partículas α** - alcance da radiação no ar muito curto (≈ 2 a 5 cm), estando envolvidas grandes quantidades de energia
- **Partículas β** - mais penetrantes e menos energéticas do que as partículas α , com alcance no ar de ≈ 3 m, podendo ser barradas por camadas finas de plástico, vidro, chumbo ou alumínio de cerca de 5 mm ou por uma placa de madeira de espessura superior a $2,5$ cm
- **Raios X e γ** - emitidos por um período longo, percorrem milhares de metros no ar e atravessam chapas de aço até 15 cm de espessura sendo barrados por placas espessas de betão ou de chumbo.

Tabela 9.3 Poder de ionização e de penetração de diferentes tipos de radiação ionizante (maior número de símbolos ☠ corresponde a maior perigo de exposição)

| Perigos da radiação ionizante | | | |
|-------------------------------|---|----------------------------------|-----------------------|
| | Partículas α (2 prótons+2 neutrões) | Partículas β (eletrões) | Radiação X e γ |
| Poder de ionização | ☠☠☠ | ☠☠☐ | ☠☐☐ |
| Poder de penetração | ☠☐☐ | ☠☠☐ | ☠☠☠ |

Em suma, as partículas α e β (com massa) são mais facilmente barradas do que a radiação X e γ . Estas últimas são menos energéticas do que as partículas α e β , mas têm maior capacidade de penetração com maior risco de causar danos a nível biológico.

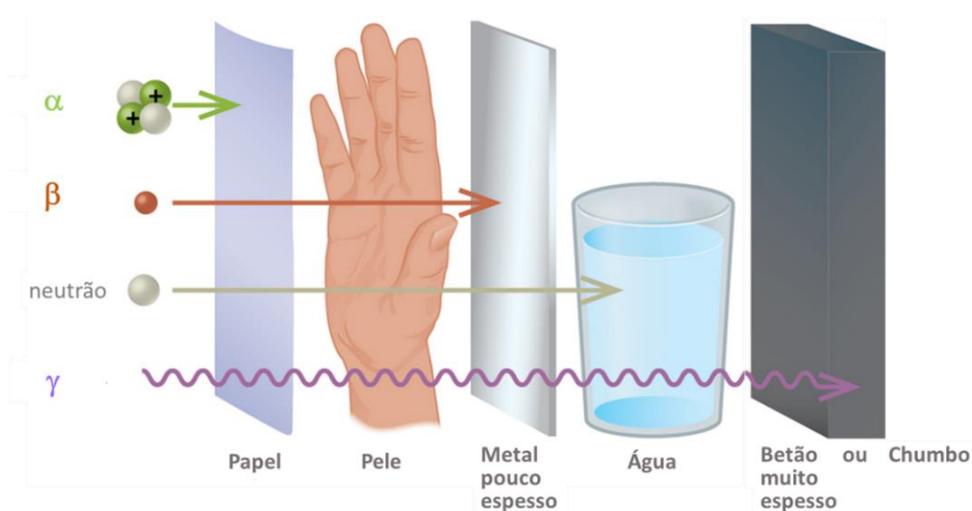


Figura 9.4 Ilustração do poder de penetração da radiação ionizante

(Adaptado de: "Chemistry 2e", Openstax, Rice University, Huston, Texas, 2019, ISBN 978-1-947172-09-8)

9.4. Minimização dos Riscos de Exposição a Radiação Ionizante

As recomendações da Organização Mundial de Saúde estabelecem as doses limite de exposição. Estes limites não são fronteiras absolutas entre o que é **seguro** e o que é **perigoso**, mas sim uma forma de garantir que as doses de exposição sejam **aceitáveis**, não causando efeitos negativos para a saúde.

Apesar do risco de exposição a nuclídeos instáveis ser sempre elevado, a sua minimização passa por:

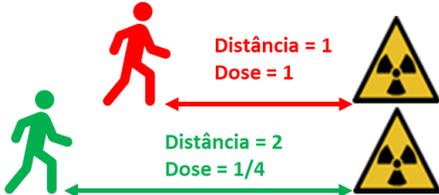
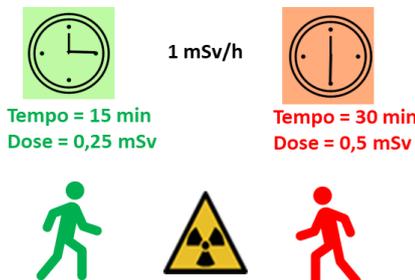
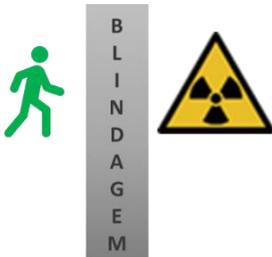
- Seguir **os princípios gerais da proteção radiológica** (Justificação, Otimização e Limitação das doses de exposição), Tabela 9.4
- Ter **instruções de trabalho** escritas, adaptadas ao risco radiológico associado às fontes e às práticas desenvolvidas
- Ter **zonas** de trabalho **controladas** e vigiadas e, nas zonas de livre acesso, usar **sinalização indicativa** do tipo de área, natureza das fontes de radiação presentes, e dos riscos que lhes são inerentes
- **Controlar a quantidade de radiação ionizante** nas áreas de trabalho e nos operadores expostos usando **dosímetros** que monitorizam a exposição **a radiação externa** - avaliação/estimativa da dose de radiação externa recebida pelo trabalhador exposto a radiação ionizante e **a radiação interna** - avaliação/estimativa da dose devido à incorporação de radionuclídeos através de **métodos diretos** (medição de corpo inteiro, e/ou monitorização da tiroide) e **métodos indiretos** (métodos analíticos/biológicos para a determinação de radionuclídeos na urina, fezes e/ou saliva). A frequência desta monitorização deve ser feita de acordo com a classificação do risco de exposição: mensal (exposição de categoria A, de maior gravidade) e trimestral (exposição de categoria B, de menor gravidade)
- Conhecer os resultados do controlo dosimétrico e fazer nova **avaliação de riscos** (averiguar todas as doses efetivas (corpo inteiro) superiores a 2 mSv, ou doses equivalentes (cristalino ou extremidades) superiores a 10 mSv durante o período de monitorização).

Nota: O sievert (Sv) é a unidade SI usada para quantificar o impacto da radiação ionizante sobre os seres humanos e representa o efeito biológico equivalente ao depósito de um joule de energia de raios gama em um quilograma de tecido humano.

- Aplicar os principais parâmetros que permitem garantir a proteção coletiva do operador exposto à radiação ionizante: **distância à fonte**, **minimização do tempo de exposição** e utilização de **blindagem** (Tabela 9.4)
- Usar, de forma complementar à proteção coletiva, equipamento de proteção individual (e.g. aventais, conjuntos de saia/colete de proteção, luvas plumbíneas, óculos plumbíneos, colar protetor da tiroide) ou oferecer barreiras à contaminação (e.g. fato de proteção, proteção respiratória)

Tabela 9.4 Princípios gerais de proteção coletiva à exposição radiológica

*Principais parâmetros de proteção radiológica (Adaptado de: Vigilância da saúde dos trabalhadores exposto radiação ionizante – Guia Técnico nº 1 / Programa Nacional de Saúde Ocupacional, 2016)

| Princípios gerais de proteção radiológica* | |
|---|---|
| <p>1. Distância à fonte</p>  <p>Distância = 1 Dose = 1</p> <p>Distância = 2 Dose = 1/4</p> | <p>Dose diminui proporcionalmente ao quadrado da distância. Ao duplicar a distância do operador à fonte de radiação ionizante a dose recebida por este passa a ser apenas $\frac{1}{4}$</p> |
| <p>2. Tempo de exposição</p>  <p>1 mSv/h</p> <p>Tempo = 15 min Dose = 0,25 mSv</p> <p>Tempo = 30 min Dose = 0,5 mSv</p> | <p>Dose absorvida é diretamente proporcional ao tempo de exposição</p> |
| <p>3. Blindagem</p>  | <p>Radiação ionizante é atenuada através da colocação de uma barreira entre o operador e a fonte de exposição. A barreira pode ser constituída por um metal de elevado número atômico, como o chumbo, e a capacidade de blindagem aumenta exponencialmente com a sua espessura.</p> |

9.5 Procedimentos Operacionais Básicos para Radioproteção

Preparação do trabalho com material radioativo:

- O operador deve ser qualificado e deve seguir escrupulosamente as indicações de segurança
- As zonas de trabalho devem ser controladas
- Ter sempre em mente os três parâmetros básicos de radioproteção: tempo, distância e blindagem
- No trabalho com fontes abertas, ter sempre a companhia de outra pessoa igualmente qualificada
- Não permitir que pessoas não treinadas manipulem material radioativo
- Usar blindagem próximo da fonte
- Fazer medições dos níveis de radiação no local, antes, durante e após a realização dos trabalhos

- Usar um dosímetro de corpo inteiro, devendo ser colocado ao nível do peito ou, adicionalmente um dosímetro de extremidade (de anel ou pulso) e um dosímetro para monitorização da dose no cristalino
- Usar um armário apropriado (ou frigorífico) com fechadura, com blindagem adequada, devidamente rotulado, para armazenar as fontes radioativas
- Executar todos os procedimentos de segurança recomendados para a prática específica

Durante o trabalho com material radioativo:

- Usar sempre EPI descartáveis (e.g. bata, luvas de proteção); retirar as luvas ou utilizar um pedaço de papel ou plástico, antes de mexer em objetos não contaminados (torneiras, gavetas, puxadores das portas, interruptores, óculos, telefone)
- Sempre que possível usar material descartável (tubos e pontas de pipetas automáticas). Especialmente o material de vidro deve ser marcado e não ser usado noutras áreas; as pipetas e varetas nunca devem ser colocadas diretamente sobre as bancadas, mas em tabuleiros não porosos forrados com papel de filtro; após a sua utilização deve passar-se por água corrente, a fim de evitar a fixação da contaminação; a lavagem de material contaminado não deve ser feita juntamente com a de material não contaminado
- É aconselhável cobrir as bancadas (e eventualmente o chão) com plástico adesivo, para evitar a sua contaminação e facilitar a sua remoção; no caso de contaminação da bancada ou do chão, a zona deve ser delimitada, descontaminada logo que possível e controlada com um monitor de radiação
- No caso de contaminação acidental, lavar as mãos abundantemente com água morna e sabão e controlar com o detetor de radioatividade
- As manipulações devem ser efetuadas sobre um tabuleiro coberto de papel absorvente (*Benchcoat*), de forma a minimizar as consequências de eventuais derrames ou quebras de material

Após o trabalho com material radioativo:

- O material de laboratório deve ser passado por água corrente logo após a sua utilização e mantido dentro de água até à sua lavagem; o material de vidro pode ser descontaminado com soluções de ácido crómico, ácido nítrico, citrato de amónio e de EDTA (ácido etilenodiamina tetra-acético); um detergente aconselhável é o *RBS* a 3%; as peças de metal também podem ser limpas com este detergente
- Colocar o material descartável em contentor próprio
- Limpar bem a bancada de trabalho com água e sabão, descartar as luvas de proteção previamente lavadas e lavar bem as mãos e unhas com água e sabão e submetê-las a um medidor de contaminação
- A descontaminação do vestuário faz-se por simples lavagem numa máquina de lavar, separada da roupa não contaminada; no caso de radioisótopos de período curto, o armazenamento da roupa pode ser suficiente para reduzir a contaminação a níveis aceitáveis
- Os resíduos radioativos devem ser colocados em recipientes/embalagens específicos devidamente selados e identificados; a sua posterior eliminação deve ser feita por empresa licenciada

10. Exposição a Agentes Biológicos

10.1. Introdução

Os agentes biológicos são microrganismos (qualquer entidade microbiológica, celular ou não celular, dotada de capacidade de reprodução ou de transferência do material genético) incluindo os geneticamente modificados, as culturas de células e os endoparasitas humanos suscetíveis de provocar infeções, alergias ou toxicidade. As vias de exposição a agentes biológicos infecciosos mais prováveis num laboratório são:

- pele, olhos ou membranas mucosas
- inoculação parental via agulha de seringa ou material cortante contaminado, por mordedelas de animais infetados ou ainda por vetores artrópodes
- ingestão de uma suspensão líquida contaminada ou colocação da mão contaminada na boca
- inalação de aerossóis com agentes infecciosos

A tomada de consciência das potenciais vias de transmissão de doença permite um melhor controlo das medidas de proteção a adotar. Por exemplo, na manipulação de animais, há que ter cuidados particulares pois estes podem transmitir agentes zoonóticos e outros agentes infecciosos em estudo *via* saliva, urina ou fezes. Os indivíduos que manipulam células ou tecidos animais encontram-se sob risco de exposição a agentes infecciosos latentes. As linhas celulares humanas ou animais, não caracterizadas ou obtidas de fontes secundárias, podem introduzir um agente infeccioso perigoso no laboratório. O sinal indicativo de perigo biológico encontra-se na Figura 10.1.



Figura 10.1 Sinal indicativo de perigo biológico

10.2. Riscos de Utilização de Agentes Biológicos

Em todas as atividades suscetíveis de apresentar risco de exposição a agentes biológicos, deve ser tido em conta **a natureza** (existem agentes mais perigosos do que outros), **o grau** (aumenta com as concentrações de agente, o local de exposição e a quantidade de exposição) e **o tempo de exposição** dos operadores expostos. Relativamente aos trabalhos que impliquem a exposição **a várias categorias de agentes biológicos**, os riscos deverão ser avaliados com base no perigo que representam todos os agentes perigosos presentes. Essa avaliação deve ser regularmente renovada sempre que se verifique qualquer alteração das condições de exposição. Os agentes biológicos são classificados em quatro **grupos de risco**, conforme o nível de risco infeccioso tal como se apresenta na Tabela 10.1.

Tabela 10.1 Classificação dos agentes biológicos em grupos de risco

| Grupo | Risco infeccioso | Probabilidade de propagação | Meios de profilaxia |
|-------|---|-----------------------------|--|
| 1 | Baixa probabilidade de causar doença - risco muito baixo | Muito baixa | Desnecessários |
| 2 | Alguma probabilidade de causar doença - risco baixo | Baixa | Existem e são eficazes |
| 3 | Elevada probabilidade de causar doença grave - risco médio | Média | Existem e são genericamente eficazes |
| 4 | Muito elevada probabilidade de causar doença grave - risco muito elevado | Elevada | Não existem ou não são totalmente eficazes |

10.3. Procedimentos Operacionais Básicos para Reduzir os Riscos de Exposição

Estabelecer procedimentos de trabalho adequados e utilizar medidas de segurança coletivas (EPC) apropriadas para evitar ou minimizar a libertação de agentes biológicos para o exterior do local de trabalho:

- ➔ Adotar medidas seguras para a receção, manipulação e transporte de agentes biológicos
- ➔ Utilizar meios seguros para a recolha, armazenamento e eliminação de resíduos, incluindo recipientes seguros e rotulados e previamente tratados
- ➔ Sinalizar adequadamente os locais (e.g. perigo biológico)
- ➔ Usar vestuário de proteção adequado
- ➔ Ter acesso rápido a colírios e antissépticos
- ➔ Armazenar, manter e limpar corretamente os equipamentos de proteção individual (EPI)
- ➔ Destruir, se necessário, o vestuário de proteção e os EPI contaminados (recomenda-se o uso de EPIs descartáveis)
- ➔ Conhecer os procedimentos de eliminação de resíduos perigosos de agentes biológicos. Alguns resíduos poderão ser sujeitos a um método de tratamento físico ou químico, como autoclavagem, micro-ondas, desinfecção química incineração. Depois de tratados pelos referidos métodos, estes resíduos podem ser eliminados como resíduos perigosos não biológicos.

11. Exposição a Nanomateriais

11.1. Introdução

Por nanomaterial entende-se “um material natural, incidental ou fabricado, que contém partículas num estado desagregado ou na forma de um agregado ou de um aglomerado, e em cuja distribuição número-tamanho 50 % ou mais das partículas têm uma ou mais dimensões externas na gama de tamanhos compreendidos entre 1 nm e 100 nm. Em casos específicos e sempre que tal se justifique devido a preocupações ambientais e ligadas à saúde, segurança e competitividade, o limiar da distribuição número-tamanho de 50 % pode ser substituído por um limiar compreendido entre 1 e 50 %”.

Não só devido às suas dimensões diminutas, mas também a outras características físico-químicas (e.g. forma e área de superfície) os nanomateriais podem classificar-se em **nanopartículas**, **nanofibras** e **nanopratos**, (Figura 11.1) tendo em conta as dimensões externas das partículas que os constituem. Os nanomateriais apresentam assim diferentes propriedades e oferecem novas oportunidades nas áreas da engenharia, tecnologia da informação e da comunicação, medicina e farmácia. Contudo, também são responsáveis por potenciais novos riscos para a saúde humana e para o ambiente.

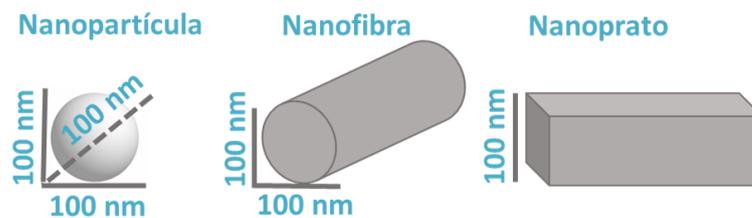


Figura 11.1 Classificação dos nanomateriais atendendo às suas dimensões externas (Nanopartícula < 100 nm nas três dimensões; Nanofibra < 100 nm nas duas dimensões e Nanoprato < 100 nm a uma dimensão)

Os nanomateriais estão naturalmente presentes nas emissões vulcânicas, ou podem ser produtos derivados da atividade humana como, por exemplo, gases de escape dos motores diesel ou fumo de tabaco. Mas aqueles que suscitam maior interesse são os nanomateriais fabricados ou sintetizados, nomeadamente: o nano dióxido de titânio - absorve a radiação UV e é usado em cosméticos, tintas, revestimentos de vidros de janelas, e ainda em muitas outras aplicações (Figura 11.2); o grafeno - camada monoatômica de carbono com excelente condutividade e com um enorme potencial em diversos setores industriais, nomeadamente a eletrónica; os nanotubos de carbono - possuem propriedades relevantes para o setor da eletrónica; a nanoprata - utilizada em medicina, produtos cosméticos e alimentares, e como antisséptico numa diversidade de aplicações, tais como tintas e revestimentos, vestuário, calçado e produtos de uso doméstico; os pontos quânticos - semicondutores que se revestem de especial interesse em imagiologia e diagnóstico médico e produtos eletrónicos. Ainda se utilizam nanomateriais como veículos para a administração de medicamentos em órgãos-alvo. O desenvolvimento rápido e contínuo de novas gerações de nanomateriais deve ser acompanhado de uma avaliação de risco ajustada e adequada tendo presente a segurança de quem os sintetiza e manipula.



Figura 11.2 Utilização de nanopartículas de TiO₂ em várias áreas científicas e tecnológicas

11.2. Vias e Perigos de Exposição a Nanomateriais

A exposição a nanomateriais durante a sua manipulação, tratamento ou processamento, pode ocorrer em contexto académico ou profissional (trabalhos em laboratório, cuidados de saúde, trabalhos de manutenção e/ou construção), existindo perigo de inalação nos casos em que se trate de partículas suspensas no ar, perigo de contacto com a pele na sua manipulação, perigo de ingestão no caso destes nanomateriais existirem nos alimentos ou bebidas, ou ainda por injeção (Figura 11.3). A exposição a nanomateriais fabricados pode ocorrer durante qualquer fase do seu ciclo de vida: produção de nanomateriais ou de produtos nanotecnológicos, utilização de produtos nanotecnológicos, reciclagem, processamento e eliminação dos mesmos. Em suma, a exposição a nanomateriais particulados pode ocorrer através de três vias:

- **inalação** (exposição mais significativa)
- **penetração na pele** (a exposição cutânea é considerada um perigo negligenciável)
- **ingestão** (exposição menos significativa exceto no caso de uma má higienização)
- **injeção** (exposição significativa em atos médicos)

Os efeitos adversos para a saúde resultantes dos diferentes tipos de exposição estão relacionados com: a natureza do nanomaterial particulado; a sua distribuição (tamanho e formato) num dado material; o estado da sua superfície (área e tratamento); o estado de agregação/aglomeração; a dose de exposição e a sua reatividade. Os efeitos para a saúde dependem, por isso, da natureza/classificação dos perigos, estrutura e forma física dos nanomateriais. Por exemplo, partículas encapsuladas numa matriz ou fortemente aderidas a um substrato terão um potencial de exposição mais baixo do que as mesmas partículas aerossolizadas "livres".

Os efeitos dos nanomateriais que suscitam maior preocupação ocorrem nos pulmões e incluem, entre outros, inflamação e lesões nos tecidos, aparecimento de fibroses e tumores. O sistema cardiovascular bem como



Figura 11.3 Vias de exposição a nanomateriais

outros órgãos e tecidos (fígado, rins, coração, cérebro, ossos e tecidos moles) também podem ser afetados. Os nanomateriais particulados podem apresentar perigos para a saúde de acordo com a sua toxicidade (Classificação CRE) e perigos mais específicos a longo prazo (substância **cancerígena e/ou mutagénica**).

Devido às suas muito pequenas dimensões e à elevada área superficial, as nuvens de poeira de algumas substâncias orgânicas, inorgânicas e metálicas, em especial os nanopós de metais, podem apresentar elevada explosividade, inflamabilidade e potencial catalítico. As poeiras microscópicas tendem a explodir com maior violência e a respetiva sensibilidade de ignição tende a aumentar quanto mais fina for a granulometria das partículas. A temperatura de autoinflamação diminui em função da menor granulometria das partículas. Quando se opera com grandes superfícies deste tipo de materiais e em ambientes de potencial reatividade há que ter em conta também estes **perigos físicos** e não apenas os perigos para a saúde.

O *Comité Científico dos Riscos para a Saúde Emergentes e Recentemente Identificados* (SCENIHR) apurou que alguns nanomateriais fabricados implicavam riscos concretos para a saúde. No entanto, nem todos os nanomateriais têm necessariamente um efeito tóxico, sendo necessária **uma abordagem caso a caso** à medida que a investigação prossegue.

11.3. Adoção de Medidas Preventivas e Gestão de Riscos de Exposição

O conhecimento atual sobre a perigosidade dos nanomateriais particulados é incompleto e as fichas de dados de segurança atuais não contêm ainda todas as informações de segurança exigidas. Portanto, é essencial que se aplique sempre **o princípio da precaução** no sentido de manter a exposição a um nível em que é previsível que o risco esteja sob controlo.

As instituições são obrigadas a disponibilizar um ambiente de trabalho seguro e saudável, incluindo a proteção dos operadores aos perigos de exposição a nanomateriais. A legislação europeia em matéria de segurança e saúde no trabalho prevê uma hierarquia de medidas para prevenir ou reduzir a exposição dos trabalhadores a substâncias perigosas. Esta ordem é conhecida por «**princípio STOP**» em que se adotam medidas preventivas e hierarquizadas, estabelecendo-se a seguinte ordem de prioridade:

- S** Substituição (abrange também a eliminação total de uma substância perigosa)
- T** Medidas Técnicas
- O** Medidas Organizacionais
- P** Proteção individual

Substituição - Mesmo que não seja possível eliminar ou substituir um determinado nanomaterial, pode ser possível manuseá-lo de modo a minimizar a sua exposição (e.g. em forma líquida, em pasta ou ligada a um sólido) reduzindo significativamente o risco de exposição por inalação. Todavia, deve ser evitada a pulverização de nanomateriais em meio líquido, uma vez que os aerossóis formados podem ser inalados.

Medidas Técnicas - Os nanomateriais em suspensão podem ser comparados aos aerossóis e ser controlados com medidas semelhantes às utilizadas no controlo de aerossóis. Contudo, devido à massa minúscula das nanopartículas e à sua energia cinética muito baixa, estas comportam-se como um gás e não como uma poeira. O **encapsulamento**, **ventilação** e **confinamento** de espaço de trabalho permite reduzir o risco de exposição. Poderá ainda ser usado um **sistema de filtração** de partículas no ar usando filtros de retenção de alto rendimento e de penetração ultrabaixa (filtros HEPA, do inglês *High Efficiency Particulate Arrestance*).

A redução do risco de explosão causada por nanopartículas é conseguida utilizando barreiras de segurança específicas:

- **barreira de prevenção** - redução da probabilidade de ocorrência de acidentes mediante o reforço de medidas de manutenção que impeçam: emissões fugitivas, a criação accidental de uma atmosfera explosiva, a acumulação de eletricidade estática e de fontes de ignição accidentais
- **barreira de mitigação** - redução de fatores de risco relacionados com os processos através da redução da temperatura e pressão; redução dos parâmetros de gravidade de explosão de nanopós, através de substituição ou diluição
- **barreira de proteção** - aumento do nível de proteção para os operadores em risco

Medidas Organizacionais - Os operadores devem ser informados sobre os riscos, as medidas preventivas, as regras a adotar, os perigos associados aos nanomateriais e a importância do princípio de precaução. A redução do número de operadores no local de trabalho e do número de horas de exposição deve ser implementado. As zonas de acesso ao local de exposição devem limitadas e devidamente sinalizadas.

Proteção individual - Deve ser utilizado equipamento de proteção individual (vestuário de trabalho em conjunto com luvas e óculos) como complemento às medidas de proteção coletiva.

Aconselha-se a consulta da revisão da Comissão Europeia sobre os tipos e utilização de nanomateriais, incluindo os aspetos de segurança e a mais recente bibliografia elaborada pela EU-OSHA sobre a exposição a nanopartículas no local de trabalho ("*Workplace exposure to nanoparticles*").

Glossário

Símbolos e Siglas

ADR – acordo europeu relativo ao transporte internacional de mercadorias perigosas por estrada

APA – agência portuguesa do ambiente

APR – aparelho de proteção respiratória

APSEI – associação portuguesa de segurança

AQL – limite de qualidade aceitável

CE – comunidade europeia

CMR – substâncias/misturas classificadas como cancerígenas, mutagénicas e/ou tóxicas para a reprodução

CRE ou regulamento CRE – regulamento (CE) nº 1272/2008 do parlamento europeu e do conselho, relativo à classificação, rotulagem e embalagem de substâncias e misturas

ECHA – agência europeia dos produtos químicos, criada no âmbito do regulamento REACH

EDTA – ácido etilendiamina tetra-acético

EPC – equipamento de proteção coletiva

EPI – equipamento de proteção individual

ELINCS – lista europeia das substâncias químicas notificadas (do inglês *european list of notified chemical substances*)

ETA – estimativa de toxicidade aguda ($\cong LD_{50}$ ou $\cong CD_{50}$)

FDS ou “SDS” – ficha de dados de segurança, do inglês *security data sheets*

FFP1, FFP2, FFP3 – classificação de máscaras autofiltrantes de acordo com a eficiência pretendida, P1, P2, P3, respetivamente

FPN – fator de proteção nominal

GHS – sistema harmonizado de classificação e rotulagem de produtos químicos, desenvolvido no âmbito da organização das nações unidas

IUPAC – união internacional de química pura e aplicada (do inglês *international union of pure and applied chemistry*)

IMDG – código marítimo internacional para cargas perigosas

LC_{50} – concentração de uma substância ou mistura no ar ou na água, em estudos ambientais, capaz de matar 50% da população de animais testados, usualmente ratos e ratazanas (do inglês *lethal concentration*)

LD_{50} – quantidade de substância ou mistura, administrada de uma só vez, que causa a morte de 50% da população de animais testados, usualmente ratos e ratazanas (do inglês *lethal dose*)

LER – lista europeia de resíduos

MA – máscara autofiltrante

MC – máscara completa

mPmB – substâncias ou misturas de muito elevada preocupação (muito persistentes, muito bioacumuláveis)

NPN – nível de proteção necessário

NR – não reutilizável

Número CAS ou nº CAS – número com registo único no banco de dados do *chemical abstract service registry*, específico para cada substância pura ou mistura internacionalmente aceite

Número REACH – número atribuído após registo da substância na base de dados da agência europeia de produtos químicos ECHA - *european chemicals agency* (do inglês *registration, evaluation, authorisation and restriction of chemicals*)

Número CE ou “EC” – número oficial da substância na comunidade europeia. Pode ser obtido numa de três listas: *european inventory of existing commercial chemical substance* (EINECS), *european list of notified substances* (ELINCS), ou *no-longer-polymers* (NLP), referidas em publicações oficiais da união europeia. É constituído por sete dígitos do tipo XXX-XXX-X (começa em 200-001-8 se pertence à lista EINECS; em 400-010-9 se pertence à lista ELINCS; em 500-001-0 se pertence à lista NLP)

Número de Índice – sequência de dígitos na forma ABC-RST-VW-Y, onde ABC corresponde ao número atómico do elemento mais característico ou ao grupo funcional mais característico da molécula; RST é o nº sequencial da substância na série ABC; VW refere-se à forma na qual a substância foi produzida ou colocada no mercado e Y é um nº de verificação

Número UN ou ONU – número de série determinado pela organização das nações unidas para identificação de uma substância/mistura perigosa em transporte. É constituído por quatro dígitos e aparece na zona inferior do painel de segurança (cor laranja) usado no transporte. Na parte superior do painel aparece o número de identificação de risco correspondente à classe de perigo da substância/mistura (existem nove classes de perigo)

OMI – organização marítima internacional

PBT – substâncias ou misturas de elevada preocupação (persistentes, bioacumuláveis e tóxicas)

PCBs – bifenilos policlorados (do inglês *polychlorinated biphenyl*)

PLS – posição lateral de segurança

PVA – permeabilização da via aérea

R – reutilizável

REACH/ Regulamento REACH – regulamento (CE) nº 1907/2006 relativo ao registo, avaliação, autorização e restrição de substâncias químicas

RBS – detergente para limpeza de material de vidro de laboratório

RID – regulamento relativo ao transporte internacional ferroviário de mercadorias perigosas

RP – resíduos perigosos

SBV – suporte básico de vida

SCENIHR – comité científico dos riscos para a saúde emergentes e recentemente identificados

SM – semi-máscara

STOT – toxicidade para órgãos-alvo específicos

VA – via aérea

VLE – valor limite de exposição a um determinado agente químico - limite da concentração média ponderada em função do tempo de exposição ao agente químico presente na atmosfera, em relação a um período de referência específico, ou seja, o valor limite acima do qual não deve existir exposição (Decreto-Lei n.º 1/2021, de 6 de janeiro, transpõe a Diretiva (EU) 2019/1831, que estabelece uma quinta lista de valores-limite de exposição profissional indicativos para os agentes químicos.

<https://data.dre.pt/eli/dec-lei/1/2021/01/06/p/dre>

VOS – ver, ouvir e sentir

Bibliografia/Referências

1. Prefácio

- Em síntese. Plano estratégico da ECHA 2019-2023, Agência Europeia de Produtos Químicos, 2019, ISBN: 978-92-9481-206-3 - DOI: 10.2823/166601
- Os serviços ECHA num relance, Agência Europeia de Produtos Químicos, 2014, ISBN: 978-92-9244-703-8 - DOI: 10.2823/43233

2. Informação de Emergência/Contactos

- Instituto Nacional de Emergência Médica (INEM) (<http://www.inem.pt>)
- Manuais de formação do INEM (<https://www.inem.pt/2017/05/29/manuais-da-formacao/>)

3. Identificação de Perigos e Avaliação/Minimização de Riscos

- Avaliação de riscos: funções e responsabilidades, Agência Europeia para a Segurança e a Saúde no Trabalho, Facts 80PT, ISSN 1681-2166, TE-AE-08-081-PT-C, 2008
- Guia geral para o controlo da exposição a agentes químicos / Teresa Almeida [*et al.*]; Lisboa: ACT, 2016, ISBN 978-989-8076-99-1 (web PDF)
- Guia da Indústria Responsável 2ª Edição, Teresa Araújo e Paula Lança, IAPMEI - Agência para a Competitividade e Inovação, IP Direção de Proximidade Regional, 2020
- A avaliação de substâncias, Factsheet ECHA-11-FS-03-PT, (https://echa.europa.eu/documents/10162/13628/fs_substance_evaluation_pt.pdf)
- Prevenção e gestão de riscos (Químicos/Proteção radiológica), Agência Portuguesa do Ambiente (<https://apambiente.pt/prevencao-e-gestao-de-riscos>; <https://apambiente.pt/prevencao-e-gestao-de-riscos/quimicos>; <https://apambiente.pt/prevencao-e-gestao-de-riscos/protecao-radiologica>)

4. Regras Básicas de Segurança no Laboratório

- Healthy Workplaces Manage Dangerous Substances, Campaign Guide, EU-OSHA – European Agency for Safety and Health at Work, 2018, Print ISBN 978-92-9496-412-0, DOI:10.2802/02788
- Manual de Suporte Básico de Vida – Adulto, INEM – Instituto Nacional de Emergência Médica DFEM – Departamento de Formação em Emergência Médica, 2ª Edição, 2017
- Manual de Situações de Emergência e Primeiros Socorros, IMTT (Instituto de Mobilidade e dos Transportes Terrestres, I.P., Universitas CRL, 2010
- Manual de Primeiros Socorros Situações de Urgência nas Escolas, Jardins de Infância e Campos de Férias, 3ª Edição, Isabel Reis, Editorial do Ministério da Educação, 2010, ISBN: 978-972-742-330-9

5. Classificação, Rotulagem e Embalagem de Substâncias e Misturas Perigosas

CRE (CLP):

- Compreender o Regulamento CRE, European Chemicals Agency (<https://echa.europa.eu/pt/regulations/clp/understanding-clp>)
- Guia de orientações introdutórias sobre o Regulamento CRE, Versão 3.0, Agência Europeia dos Produtos Químicos, 2019, ISBN: 978-92-9481-018-2, DOI: 10.2823/63993
- Guidance on labelling and packaging in accordance with Regulation (EC) No 1272/2008 Version 4.2, European Chemicals Agency, 2021, ISBN: 978-92-9481-834-8, DOI: 10.2823/697587
- Guidance on Application of the CLP Criteria, Guidance to regulation (EC) n° 1272/2008 on classification, labelling and packaging (CLP) of substances and mixtures, Version 5.0, European Chemicals Agency, 2017, ISBN: 978-92-9020-050-5, DOI 10.2823/124801
- REGULAMENTO (CE) No 1272/2008 do Parlamento Europeu e do Conselho de 16 de Dezembro de 2008 relativo à classificação, rotulagem e embalagem de substâncias e misturas, que altera e revoga as Directivas 67/548/CEE e

1999/45/CE, e altera o Regulamento (CE) n.º 1907/2006

(<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008R1272&from=PT>)

- REGULAMENTO (UE) 2020/878 da Comissão de 18 de junho de 2020 que altera o anexo II do Regulamento (CE) no 1907/2006 do Parlamento Europeu e do Conselho relativo ao registo, avaliação, autorização e restrição dos produtos químicos (REACH)

(<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:02008R1272-20211001&qid=1638275350937&from=en>)

GHS:

- Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals, Ninth Rev. Edition, United Nations, NY and Geneva, 2021, (ST/SG/AC.10/30/Rev.9) eISBN-978-92-1-005213-9

REACH:

- Compreender o Regulamento REACH, European Chemicals Agency

(<https://echa.europa.eu/pt/regulations/reach/understanding-reach>)

FDS:

- Guia sobre fichas de dados de segurança e cenários de exposição, ECHA-18-G-07-PT, Agência Europeia dos Produtos Químicos, 2018, ISBN: 978-92-9020-571-5, DOI: 10.2823/259592

Transporte de matérias perigosas (nº ONU e códigos de Classes de Perigo):

- Manual de Intervenção em Emergências com Matérias Perigosas - Químicas, Biológicas e Radiológicas, Autoridade Nacional de Protecção Civil/Direcção Nacional de Planeamento de Emergência, 2011, ISBN 978-989-8343-08-6
- Guiding principles for the development of the model regulations on the transport of dangerous goods Sixth version, 2020, UN Recommendations on the Transport of Dangerous Goods (<https://unece.org/guiding-principles>)
(<https://www.apsei.org.pt/areas-de-atuacao/transporte-de-mercadorias-perigosas/classificacao-de-residuos-perigosos-no-ambito-do-acordo-europeu-relativo-ao-transporte-internacional-de-mercadorias-perigosas-por-estrada-adr/>)

6. Organização, Armazenamento e Segurança em Laboratório

EPIs:

- Guias de Apoio à Seleção de Equipamentos de Protecção Individual (EPI), Associação Portuguesa de Segurança (<https://www.apsei.org.pt/areas-de-atuacao/seguranca-no-trabalho/guias-epi/>)
- Guia Geral para a Seleção de Equipamentos de Protecção Individual (EPI), ACT/APSEI/IPQ, 2016 (web PDF: ISBN 978-989-8076-98-4)
- Guia de Seleção de Luvas de Protecção Riscos Químicos, ACT/APSEI/IPQ, 2016 (web PDF: ISBN 978-989-99676-0-1)
(http://www.chemsafetypro.com/Topics/GHS/GHS_SDS_section_8_how_to_select_gloves_for_chemicals.html)
(<https://ehs.berkeley.edu/workplace-safety/glove-selection-guide>)
(<https://www.uvex-safety.com/en/knowledge/safety-standards/safety-gloves/>)
- Guia de seleção de aparelhos de protecção respiratória filtrantes, ACT/APSEI/ IPQ, 2016, (web PDF: ISBN 978-989-8076-97-7)

Gases:

- Conselhos de Segurança da Linde (https://www.linde-gas.pt/pt/news_and_media/download/safety_advice/index.html)
- Identificação de cores de garrafas de gás, Norma NP-EN1089-3, Linde Portugal, Lda, (https://www.linde-gas.pt/pt/images/Colores%20Botellas%20Portugu%C3%A9s.rev.5.2016_tcm310-175627.pdf)
- Physical hazards (flammable gases, oxidising gases, gases under pressure) in Guidance on the Application of the CLP Criteria Version 5.0, PART 2 – July 2017
(https://www.echa.europa.eu/documents/10162/13562/clp_en.pdf/58b5dc6d-ac2a-4910-9702-e9e1f5051cc5)
- Gases under pressure
(https://www.schc.org/assets/docs/ghs_info_sheets/gases%20under%20pressure%20reced%20from%20schc%2011-30-15%20cm.pdf)

7. Tratamento e Eliminação de Resíduos Químicos

- Guia de Classificação de resíduos, APA, 2020
(https://apambiente.pt/sites/default/files/2021-06/Guia%20de%20Classifica%C3%A7%C3%A3o_vers%C3%A3o%202.0_2020107.pdf)

8. Prevenção e Protecção Contra Incêndio

Agentes extintores para combate de incêndio. Classes de fogo.

(<https://www.apsei.org.pt/proteger/edicoes/proteger-28/>)

(<https://www.apsei.org.pt/areas-de-atuacao/cidadao/selecao-de-extintores-de-incendio/>)

(<https://pt.wikihow.com/Utilizar-um-Extintor-de-Inc%C3%AAndio>)

(<http://www.instalfogo.pt/index.php/produtos/extintores>)

9. Exposição a Radiação Não Ionizante e Ionizante

- Vigilância da saúde dos trabalhadores expostos a radiação ionizante – Guia Técnico n.º 1 / Programa Nacional de Saúde Ocupacional: 2.º Ciclo – DGS 2013/2017
- Decreto-Lei n.º 108/2018 de 3 de dezembro que estabelece o regime jurídico da proteção radiológica, transpondo a Diretiva 2013/59/Euratom (<https://dre.pt/dre/legislacao-consolidada/decreto-lei/2018-117202808>)
- Nuclear Chemistry (Chapter 21) in Chemistry 2e Flowers P., Theopold, K., Langley, R., Robinson, W., OpenStax, Rice University, 2019, ISBN-13: 978-1-947172-61-6

10. Exposição a Agentes Biológicos

- Proteção dos trabalhadores contra a exposição a agentes biológicos
(<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/HTML/?uri=LEGISSUM:em0039&from=PT>)
- Agentes Biológicos, Autoridade para as Condições do Trabalho,
([https://www.act.gov.pt/\(pt-PT\)/Legislacao/Agentes%20biologicos/Paginas/default.aspx](https://www.act.gov.pt/(pt-PT)/Legislacao/Agentes%20biologicos/Paginas/default.aspx))
- Biological agents and prevention of work-related diseases: a review, European Risk Observatory Report, European Agency for Safety and Health at Work, 2020, ISBN: 978-92-9479-361-4, DOI:10.2802/403960
- 2020 Biological Agents, Code of Practice Code of Practice for the Safety, Health and Welfare at Work (Biological Agents) Regulations 2013 and 2020, Health and Safety Authority, ISBN: 978-1-84496-278-5

11. Exposição a Nanomateriais

- Workplace exposure to nanoparticles, Joanna Kosk-Bienko, Editor, European Agency for Safety and Health at Work (EU-OSHA), Spain, European Risk Observatory, Literature Review, 2015
(https://www.researchgate.net/publication/276275434_Workplace_exposure_to_nanoparticles)
- Ficha informativa: Nanomateriais manufacturados no local de trabalho
(<https://osha.europa.eu/pt/publications/info-sheet-manufactured-nanomaterials-workplace/view>)
- RECOMENDAÇÃO DA COMISSÃO de 18 de Outubro de 2011 sobre a definição de nanomaterial (Texto relevante para efeitos do EEE)
(<https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/17af73d9-da70-4a46-a421-c62e3d1df6ce/language-pt/format-PDFA1A>)
- Engineered nanomaterials and human health: Part 1. Preparation, functionalization and characterization (IUPAC Technical Report), Gubala, V., *et al.*, Pure Appl. Chem. 2018; 90(8): 1283–1324
(<https://doi.org/10.1515/pac-2017-0101>)
- Engineered nanomaterials and human health: Part 2. Engineered nanomaterials and human health: Preparation, functionalization and characterization (IUPAC Technical Report), Gubala, V., *et al.*, Pure Appl. Chem. 2018; 90(8): 1325–1356, (<https://doi.org/10.1515/pac-2017-0102>)