

Segurança em Laboratórios de Ensino ou Investigação em Química I – Considerações Gerais

M. FERNANDA N. N. CARVALHO*

Neste trabalho aborda-se a segurança em laboratórios de ensino ou investigação em química sob os pontos de vista da substância perigosa e respectivo risco e do local de experimentação e do experimentador, com vista à identificação de circunstâncias de risco e selecção de meios de protecção pessoal e ambiental. Alguns dos assuntos discutidos são enquadrados na legislação vigente.

INTRODUÇÃO

A crescente preocupação no que respeita à utilização de substâncias perigosas ou potencialmente perigosas em laboratórios de ensino da química ou investigação, é sobejamente justificada, e deverá traduzir-se numa mobilização, com vista à identificação dessas substâncias e das circunstâncias de risco, com o objectivo de aumentar a segurança dos que a elas estão expostos.

Há alguns conceitos cujo conhecimento, se implementadas as medidas de prevenção e segurança adequadas, diminui substancialmente o risco, mesmo nos casos em que se lida com substâncias muito perigosas. Muitas vezes o desconhecimento, a incúria ou simplesmente algum "facilitismo", estão na base do aumento da probabilidade de que aconteça um incidente ou mesmo um acidente. No que respeita ao ambiente laboral, e podemos considerar-se um laboratório de investigação ou mesmo de ensino um ambiente laboral, há dispositivos legais e medidas concretas de segurança que deverão ser conhecidos e aplicados com vista à diminuição do risco.

É importante que em áreas, como as atrás mencionadas, geralmente independentes em relação às normas aplicáveis aos ambientes de

trabalho, se assegure a aplicação das regras de segurança. Nesse sentido são apresentados e discutidos, de forma não exaustiva, alguns conceitos gerais.

CONCEITOS

O risco

O risco e o perigo não são a mesma coisa.

As substâncias são perigosas devido a possuírem certas propriedades físico-químicas que fazem com que possam produzir efeitos adversos directamente nas pessoas ou no ambiente [1,2,3].

Certas actividades ou operações são também perigosas em si mesmas, independentemente das substâncias que envolvem [4]. Todavia, o risco é algo que reúne: circunstâncias próprias da substância, da operação, do local em que se procede à experimentação e ainda circunstâncias relativas ao utilizador.

O risco, face a uma substância perigosa, pode ser considerado como uma medida da probabilidade de essa substância, usada em determinada operação ou actividade, num certo local, por um dado operador, produzir os efeitos adversos que potencialmente lhe são atribuídos.

No que respeita às características físico-químicas das substâncias, o risco é inversamente proporcional à facilidade com que são detectadas. Assim, o risco na utilização de um gás tóxico, como o monóxido de carbono é enormemente potenciado pelo facto de este ser um gás incolor e inodoro e, portanto, ser apenas detectado pelos sintomas que provoca (dor de cabeça, sonolência, etc.).

Ao contrário do monóxido de carbono, as substâncias de cheiro desagradável, como, por exemplo, as que têm enxofre na sua constituição (à excepção do dissulfureto de carbono que é inodoro), são facil-

mente detectadas. Consequentemente, o risco na sua utilização é francamente menor, pois qualquer fuga é imediatamente detectada sem que se atinjam as quantidades que provocam efeitos adversos nos indivíduos. A proximidade de uma indústria de fabrico de pasta de papel é facilmente detectada pelo cheiro desagradável característico dos gases sulfurados lançados na atmosfera, em teores muito abaixo dos que apresentam perigosidade.

A perigosidade de uma substância pode em geral ser avaliada através do respectivo valor limite de exposição.

Certas operações são francamente mais perigosas que outras. A destilação, por exemplo, quando não tomados os cuidados necessários, pode ser considerada uma operação com risco considerável. O mesmo sucede com o aquecimento, em recipiente aberto, de soluções em que o solvente seja volátil ou o corte de tubo de vidro, com vista ao fabrico de uniões ou ainda o seu estiramento para obter secções de diâmetro mais estreito.

As condições existentes num laboratório de ensino ou investigação, no que respeita à ventilação, eliminação de resíduos e limpeza, equipamento geral de segurança e disponibilidade de equipamentos individuais de protecção, determinam em larga medida o grau de risco aí existente.

A existência de substâncias perigosas, em teores não controlados na atmosfera respirável, ou não identificadas em locais de utilização comum, representa elevado risco e podem levar à classificação do laboratório como *edifício insalubre*.

Para além dos factores objectivos de risco, há factores subjectivos relativos ao próprio indivíduo que manipula as substâncias perigosas. Esses factores não são facilmente mensuráveis nem directamente relacionáveis com a perigosidade da

substância, da operação ou do laboratório, mas podem contribuir para diminuir ou agravar o risco. Assim, pessoas com elevada sensibilidade a alergénios ou aquelas que tenham desenvolvido hipersensibilidade a substâncias específicas têm, à partida, maior risco de desenvolver sintomas resultantes da exposição a substâncias perigosas. Por outro lado, o descuido, o medo, a falta de respeito por si e pelos outros contribuem também para aumentar o risco na experimentação em química.

A SUBSTÂNCIA PERIGOSA

As substâncias são consideradas perigosas porque provocam ou podem provocar dano à saúde humana ou efeitos adversos na propriedade ou meio ambiente [5,6].















Segundo a legislação Portuguesa (Portaria nº 732-A/96 de 11 de Dezembro) as substâncias perigosas classificam-se em: explosivas, comburentes, inflamáveis, nocivas, corrosivas, tóxicas, tóxicas para a reprodução, cancerígenas, mutagénicas e perigosas para o ambiente. A definição das características de cada um dos tipos de perigosidade, bem como a atribuição do respectivo símbolo, e o estabelecimento de níveis dentro de uma mesma categoria, estão também regulamentados na referida Portaria, a qual transcreve diversas Directivas Comunitárias.

Do ponto de vista de segurança, a cada tipo de substância perigosa, associa-se uma designação, um símbolo, um código e muitas vezes uma ou várias frases que completam a informação sobre o perigo.

Na tabela 1, estão listados os símbolos e códigos associados às designações de substâncias perigosas acima referidas.

Num laboratório, de ensino da

Tabela 1 - Classificação^(a) das substâncias químicas perigosas com indicação do respectivo código e símbolo

DESIGNAÇÃO	SÍMBOLO	CÓDIGO
EXPLOSIVA		E
COMBURENTE		O
EXTREMAMENTE INFLAMÁVEL		F+
INFLAMÁVEL		F
MUITO TÓXICA		T+
TÓXICA		T
TÓXICA (para a reprodução)		T+, T ou Xn
NOCIVA		Xn
CORROSIVA		C
IRRITANTE		Xi
SENSIBILIZANTE		R42 e/ou R43
CANCERÍGENA ^(b)		Car
MUTAGÉNICA ^(b)		Mut
PERIGOSA PARA O AMBIENTE		N ou R52, R53, R54

(a) Segundo a Portaria 732-A/96 de 11 de Dezembro.

(b) Estes símbolos não estão definidos na Portaria.

química ou investigação, as substâncias químicas embaladas, adquiridas recentemente, apresentam no rótulo o respectivo símbolo de perigo. Apenas as substâncias obtidas directamente pelos alunos ou alguma substância adquirida anteriormente à actual legislação, ou ainda aquelas substâncias que tenham sido transvasadas sem o devido cuidado de reprodução do rótulo, poderão não estar identificadas quanto ao perigo que a sua manipulação pode envolver. Neste último caso, **é absolutamente necessário que se proceda a uma correcta operação de cópia ou reprodução do rótulo**, com vista à inclusão das informações quanto à perigosidade da substância ou substâncias.

No que respeita a sínteses feitas num laboratório de investigação, é por vezes difícil, senão mesmo impossível rotular devidamente, atendendo ao desconhecimento da perigosidade das substâncias sintetizadas, particularmente quando se trata de substâncias novas. Nestas circunstân-

cias, a forma de diminuir o risco é considerar que em primeira aproximação uma substância cuja perigosidade se desconhece é potencialmente perigosa e proceder em conformidade.

Embora muitas vezes se "facilite", considerando que o assunto é conhecido, é aconselhável que pelo menos a nível dos primeiros anos do ensino da química, os alunos sejam postos em contacto com a necessidade de identificar o símbolo de perigo das substâncias com as quais contactam no laboratório, a fim de aprenderem a seleccionar devidamente o equipamento de protecção a usar e estabelecer as condições de segurança adequadas ao trabalho.

Na tabela 1, para além do símbolo de perigo e da letra (código) aparece em alguns casos uma letra (R) seguida de um número; trata-se de uma frase de risco que completa a informação geral associada ao respectivo símbolo. É o caso, por exemplo, das substâncias perigosas para o ambiente em que o código é N, mas

o perigo pode ser explicitado pelas frases de risco R52 (nocivo para organismos aquáticos), R53 (pode causar efeitos negativos a longo prazo no ambiente aquático) ou R54 (tóxico para a flora).

Na Portaria nº 732-A/96 de 11 de Dezembro, estão listadas sessenta e quatro frases de risco e algumas combinações destas frases (Anexo III). Para além deste tipo de frases existem ainda sessenta e dois conselhos de segurança, referidos pela letra S seguida de um ou dois algarismos. Estão ainda listadas algumas combinações destes conselhos de segurança (Anexo IV). A título de exemplo pode referir-se o conselho S51 - usar só em lugares bem ventilados ou S30 - nunca adicionar água a este produto.

Em qualquer laboratório de ensino ou investigação, a cópia actualizada destas frases, bem como a listagem das designações e símbolos de perigo deverá estar exposta em local visível.

As frases de Risco e as Frases de Segurança obedecem a convénios mundiais e são aceites internacionalmente. A sua listagem completa, conforme a Portaria nº 732-A/96 de 11 de Dezembro, está disponível na referência [7].

A maioria das substâncias de uso industrial, comercial e também laboratorial, foi estudada do ponto de vista de perigosidade, tendo-lhe sido atribuído um determinado valor limite de exposição.

A nível nacional, a Norma Portuguesa nº 1796 do IPQ define o Valor Limite de Exposição (VLE) e lista valores para um considerável número de substâncias.

Segundo a referida Norma, VLE é a concentração de substâncias nocivas, às quais se julga que a quase totalidade dos trabalhadores pode estar exposta, dia após dia, sem efeitos prejudiciais para a saúde. Associado a este, existe outro concei-

Tabela 2 - Valores limite de exposição^(a)

Substância	Valor-limite	
	ppm	mg/m ³
Acetona	750	70
Acetonitrilo	40	
Ácido acético	10	25
Ácido fórmico	5	9
Ácido sulfúrico		1
Bromo	0,1	0,7
Cianamida		2
Chumbo		0,15
Diclorometano	50	175
Dietilamina	10	30
Dióxido de carbono	5000	9000
Hidreto de lítio	200	0,025
Metanol		260
Mercúrio	25	0,05
Monóxido de azoto	50	30
Monóxido de carbono	10	55
Naftaleno	1	50
Nitrobenzeno		5
Pentacloreto de fósforo		1
Pentóxido de fósforo		1
Piridina	5	15
Platina (metálica)		1
Prata (compostos solúveis)		0,01
Tricloroetileno	50	270

^(a) Consoante a Norma Portuguesa 1796 do IPQ. Valores calculados em relação a uma exposição diária de 8 horas.

to, talvez mais concreto, que é **Valor Limite de Exposição - Média Ponderada**, definido como a quantidade de substância expressa em concentração média diária, para um dia de trabalho de 8 horas e uma semana de 40 horas, ponderada em função do tempo de exposição, a que um trabalhador poderá estar sujeito sem que se registem efeitos adversos.

Na tabela 2, referem-se valores de VLE para algumas substâncias comuns em laboratórios de ensino e/ou investigação.

O VLE é um parâmetro de segurança que normalmente se refere à exposição por via respiratória. Há, todavia, valores para as outras vias de exposição (cutânea e oral).

O estabelecimento do valor limite de exposição para uma dada substância resulta de observações

prolongadas em locais de trabalho e ainda de ensaios laboratoriais efectuados em condições bem definidas.

Note-se que as tabelas de valores limite de exposição ficam rapidamente desactualizadas, sendo necessário rever periodicamente os respectivos valores. Substâncias, até há algum tempo, consideradas pouco perigosas poderão, em face de conhecimento acrescentado, passar a ser consideradas muito perigosas. Como exemplo, cita-se o clorofórmio que durante anos foi usado como anestésico hospitalar e que hoje pertence à lista das substâncias suspeitas de ser cancerígenas (classe A2).

Em certas condições, a quantidade de substância poderá exceder em três vezes o valor limite de exposição, por períodos de tempo não su-

periores a trinta minutos, desde que o número de exposições não seja superior a cinco e desde que o valor total diário não seja excedido. A este valor limite de exposição dá-se a designação de **Valor Limite de Exposição de Curta Duração (VLE-CD)**. Daqui resulta que desde que haja um conhecimento prévio das circunstâncias de risco e seja feita a sua correcta avaliação, o uso de substâncias perigosas, mesmo em quantidades superiores ao respectivo VLE, poderá corresponder a um risco aceitável.

Num laboratório de ensino da química, os alunos, pelo que atrás foi dito, dificilmente estarão expostos a substâncias perigosas em teores que ultrapassem os respectivos valores diários de VLE-CD. O mesmo não se aplica aos professores ou investigadores que permaneçam por períodos prolongados no laboratório. Esses terão que analisar devidamente as circunstâncias de risco e proteger-se.

O LABORATÓRIO

Tal com já foi referido, a manipulação de substâncias perigosas, mesmo que fracamente perigosas, pressupõe cuidados que têm a ver com o local de trabalho.

As características do laboratório, no que se refere à organização, ventilação e condições gerais de acesso e emergência são da máxima importância no que respeita à segurança face a substâncias perigosas [8,9,10].

Uma boa prática operativa, por parte dos utilizadores do laboratório, além de uma correcta identificação e arrumação das substâncias perigosas, são essenciais para a organização do laboratório. Dentro do laboratório as substâncias perigosas deverão ser em número restrito e em quantidades limitadas. A fim de que tal não constitua um inconveniente,

Tabela 3 - Relação entre via de exposição, tipo de protecção e fontes de exposição.

Via de exposição	Tipo de protecção	Fonte de exposição
Respiratória	Boa ventilação, câmaras exaustoras, máscara, sistemas respiratórios (com ar comprimido).	Gases, vapores, voláteis, partículas finamente divididas nocivas, tóxicas, carcinogénicas, mutagénicas ou teratogénicas.
Cutânea	Vestuário adequado (bata, avental, fato de trabalho), luvas, equipamento de protecção total.	Substâncias corrosivas, desidratantes (ácidos e bases), tóxicas.
Olhos	Óculos, viseira	Substâncias corrosivas, desidratantes, radiações luminosas (laser, ultravioleta)

ente, anexo ao laboratório deverá existir um armazém, no qual as substâncias não directamente em utilização deverão ser devidamente guardadas. As zonas do laboratório em que se proceda a operações de maior risco deverão estar separadas e sinalizadas.

A existência, e conhecimento por parte dos utilizadores, das fichas de segurança, respeitantes às substâncias em uso no laboratório, é outro dos aspectos importantes do ponto de vista organizativo.

A existência de resíduos perigosos no laboratório é também um dos aspectos que afecta o risco inerente ao mesmo, sendo desejável que se proceda à sua redução, tratamento e/ou eliminação.

Uma boa ventilação geral, associada a pontos de ventilação localizada devidamente dimensionados, pode contribuir de forma eficaz para a segurança na manipulação de substâncias perigosas.

O laboratório deverá ter uma taxa de renovação de ar adequada, para além de possuir *hottes*, isto é, câmaras exaustoras, e/ou extractores em número conveniente.

A diversidade e o número de substâncias, em geral, usadas num laboratório de investigação e mesmo de ensino, constitui um elevado factor de risco, já que na atmosfera res-

pirável, poderão coexistir substâncias com aditividade de efeitos o que poderá potenciar o risco. A diluição, por injeção de ar fresco (não contaminado), do teor de substâncias perigosas na atmosfera respirável é nestes casos de grande importância. A existência de um pé direito adequado e portas e janelas em número conveniente são requisitos essenciais para garantir uma ventilação geral natural ou mista aceitável. Em certos casos poderá mesmo associar-se a este tipo de ventilação um sistema de ventilação forçada, tanto para garantir as boas condições do ambiente de trabalho como para protecção ambiental.

O acesso ao laboratório e saída de emergência devem estar livres e desimpedidos. Devem existir meios de ataque a incêndio, tais como extintores adequados em número conveniente, cobertor e chuveiro.

É também essencial que existam meios de primeiros socorros, como por exemplo, um lava-olhos e uma caixa de primeiros socorros. A caixa de primeiros socorros deverá incluir, para além do convencional, os antídotos específicos para algumas substâncias perigosas (cianeto, por exemplo) usadas no laboratório. Esta caixa deverá ser de fácil acesso por utilizadores credenciados. Todo o equipamento de socor-

Tabela 4 - Resistência^(a) de alguns tipos de luvas a substâncias químicas.

Substância química	Borracha	Neopreno	PVC	Substância química	Borracha	Neopreno	PVC
Acetaldeído	E	E	NR	Formaldeído	B	E	E
Acetona	B	B	NR	Fosfato de amónio	E	E	E
Ácido acético glacial	E	E	NR	Hipoclorito de sódio	NR	E	M
Ácido cítrico	E	E	E	Nitrato de amónio	E	E	E
Fenol	E	E	B	Hidróxido de sódio	E	B	E
Ácido crómico	NR	NR	B	Parafinas	M	B	B
Ácido clorídrico (30%)	E	E	B	Tetracloroeto de carbono	NR	M	
Água oxigenada	M	B	NR	Tolueno	NR	M	M
Ácido nítrico	NR	NR	NR	Tetra-hidrofurano	M	M	NR
Cloreto de benzilo	M	M	M	Xileno	NR	M	M
Cloro	NR	E	E	Tricloroetileno	NR	N	NR
Éter etílico	M	B	M				

B-bom; E-excelente; F-fraca M-média; NR-não recomendada

^(a) Referências 13 e 14.

ro deverá estar sinalizado e ser de fácil acesso.

A organização, a ventilação e o equipamento de socorro são aspectos importantes no que respeita à promoção da segurança num laboratório de experimentação em química, todavia, não eliminam completamente a probabilidade de que ocorra um acidente. Por isso, é necessário que exista um plano de emergência e evacuação devidamente estabelecido e testado, que evite o pânico e permita uma intervenção local adequada até que os meios de socorro exteriores possam actuar.

PROTECÇÃO PESSOAL

A manipulação de substâncias perigosas requer, da parte do utilizador, um bom conhecimento do tipo de perigosidade que estas apresentam quanto à via ou vias de acesso ao organismo. As vias de exposição a substâncias perigosas mais comuns são: a respiratória, a cutânea ou a oral.

O tipo de protecção adequada é determinado pela via ou vias de exposição, Tabela 3.

Perante uma substância gasosa, vapor ou partículas finamente divididas é necessária uma protecção res-

piratória conveniente, que poderá ser obtida através da utilização de uma máscara adequada ou recurso a uma câmara exaustora. Em ambientes laboratoriais não é, em geral, necessária a utilização de fatos de protecção com equipamento de respiração assistida.

Em casos em que a substância possa aceder ao organismo por absorção cutânea a protecção através de luvas, devidamente seleccionadas, é essencial.

A utilização de *vestuário adequado* (bata de algodão) e *óculos* de protecção são *exigências mínimas* para a

segurança dos que trabalham em laboratórios de ensino ou investigação. Embora em Portugal só agora comece a haver um certo cuidado quanto à utilização de óculos de protecção, em Inglaterra a entrada num laboratório é expressamente vedada a quem não disponha deste tipo de equipamento de protecção.

Não basta usar luvas ou máscara para se estar protegido, é necessário proceder à sua correcta escolha [11].

A escolha de luvas pressupõe a análise de uma tabela de resistência química que permita seleccionar o material de que as luvas são feitas,

Tabela 5 - Classificação de filtros para máscaras consoante a sua utilização

Tipo	Classe	Tipo de substância
Partículas ^(a)	P1	Partículas sólidas
	P2	Partículas sólidas e/ou húmidas
	P3	Partículas sólidas e húmidas
Gases ou Vapores ^(b)	A	Gases Orgânicos / vapores
	B	Gases Inorgânicos / vapores
	E	Gases ácidos
	K	Amoníaco

^(a) Segundo a Norma EN 143. ^(b) Segundo a Norma EN 141.

atendendo ao período de utilização [12,13]. Períodos de utilização superiores àqueles para os quais as luvas estão testadas poderão tornar as luvas ineficazes, mesmo quando a utilização seja a prevista.

Na tabela 4, listam-se três dos tipos de material de luvas com indicação da sua resistência, face a algumas substâncias comuns em laboratórios de ensino ou investigação.

Em alguns dos casos, referidos na tabela 4, a indicação "Não Recomendado" mostra que nenhum dos materiais aí mencionados oferece protecção adequada, havendo por isso necessidade de proceder à selecção de outro tipo de material. É o caso de muitos dos solventes clorados para os quais luvas de borracha (latex) neopreno ou nitrilo oferecem protecção insuficiente. Como exemplo pode referir-se que apenas o viton constitui protecção adequada face ao tricloro-etileno.

De modo análogo, a escolha do filtro para uma máscara requer o conhecimento das características dos gases, vapores ou partículas para os quais se procura protecção, a fim de proceder a uma correcta selecção de entre os diferentes tipos de filtros disponíveis no mercado.

Na tabela 5, estão indicadas algumas classes de filtros bem como as respectivas utilizações. Associada à letra existe ainda uma cor, que tal como aquela, obedece a Normas. Para além da classificação apresentada na Tabela 5, os filtros destinados a gases classificam-se (Norma EN 141) ainda segundo as respectivas capacidades de retenção em: classe 1, classe 2 e classe 3, consoante tem capacidade de reter 0,1% de volume (1000 ppm), 0,5% de volume (5000 ppm) ou 1% de volume (10000 ppm), respectivamente.

Os filtros destinados à retenção de partículas são, em geral, constituídos por carvão activado, enquanto

os destinados a adsorver gases ou vapores têm na sua constituição materiais específicos consoante os casos. Por vezes, há necessidade de combinar dois tipos de filtro na mesma máscara.

É necessário ter em conta que um filtro tem um tempo de vida limitado, o qual não é igual para todos os filtros, e que a sua utilização pode ser totalmente inútil se não se atender à sua durabilidade.

Os meios de protecção pessoal devem estar disponíveis no laboratório.

Segundo a legislação Portuguesa (Decreto-Lei nº 348/93 de 1 de Outubro) a responsabilidade quanto à existência de EPI (Equipamentos de Protecção Individual) no local de trabalho cabe à entidade empregadora a qual deve promover formação quanto à correcta utilização desses equipamentos (Artigo 6º). Por sua vez os trabalhadores têm a obrigação de usar devidamente os equipamentos de protecção (Artigo 8º).

Se bem que os laboratórios de ensino e investigação sejam, muitas vezes, tidos como independentes quanto à aplicação das normas gerais a nível de actividade de trabalho, parece importante que, no que respeita a segurança as normas existentes naquele âmbito sejam aplicadas.

Assim, a protecção pessoal, se bem que seja do interesse do próprio, deverá ser da responsabilidade dos que superintendem ao laboratório, pelo que *a existência de um responsável pela segurança, que conheça e faça respeitar os procedimentos de segurança, permitirá diminuir consideravelmente o risco na manipulação de substâncias classificadas como perigosas.*

PROTECÇÃO AMBIENTAL

Embora, à primeira vista, possa parecer que a protecção ambiental nada tem a ver com a segurança nos

laboratórios de ensino ou investigação, o facto é que a qualidade do ambiente afecta todos e consequentemente é da responsabilidade de todos. É pois necessário desenvolver nos estudantes de química, e não só, conceitos relativos à *preservação das condições ambientais* (ambiente de trabalho e ambiente em geral) *como forma de protecção pessoal.*

ELIMINAÇÃO DE RESÍDUOS

Ao proceder a um ensaio laboratorial usa-se por vezes substâncias perigosas, das quais o utilizador deve saber e poder proteger-se. Contudo, finda a operação é necessário proceder à lavagem do material usado e ao eventual descarte dos reagentes não utilizados e eliminação dos resíduos. O despejo na canalização pode em alguns casos ser uma solução aceitável, mas em muitos outros casos não o é, e por isso, dever-se-á proceder à recuperação ou eliminação dos resíduos produzidos, ou, caso não haja condições para tal, encaminhá-los para quem possa fazê-lo.

Num laboratório de ensino ou investigação em química o volume de resíduos é, em geral, baixo. Além disso, nos laboratórios de ensino a nível do terceiro ciclo e secundário, a maioria dos resíduos, não sólidos, produzidos, é aquoso e tem baixos teores de substâncias perigosas. O carácter ácido ou básico desses resíduos, bem como a existência de alguns metais em solução são, nestes casos, as principais fontes de preocupação.

Em laboratórios de ensino a nível universitário ou em laboratórios de investigação, a este tipo de resíduos acrescentam-se, muitas vezes, solventes e outras substâncias orgânicas e/ou inorgânicas ou organometálicas, cuja perigosidade é variável e pode atingir valores substanciais.

Os resíduos perigosos têm as propriedades das substâncias perigosas que os constituem, e um risco acrescido pelo facto de não lhes ser conferido valor comercial intrínseco, o que significa que a sua eliminação ou tratamento podem ser considerados encargos adicionais e por isso ignorada ou contornada.

Do ponto de vista legal (Decreto-Lei nº 239/97 de 9 de Setembro), os resíduos são: quaisquer substâncias ou objectos de que o detentor se desfaz ou tem intenção de se desfazer, ..., em conformidade com o Catálogo Europeu de Resíduos aprovado por decisão da Comissão Europeia. Resíduos perigosos são: os resíduos que apresentem características de perigosidade para a saúde ou para o ambiente, ..., em conformidade com a Lista de Resíduos Perigosos, aprovada por decisão do Conselho da Comissão Europeia.

Note-se ainda, que, segundo o mesmo Decreto-Lei, a responsabilidade final dos resíduos é de quem os produz, sem prejuízo da responsabilidade de cada um dos operadores na medida da sua intervenção, no circuito de gestão desses resíduos e salvo o disposto em legislação especial (Artigo nº6).

Em termos de investigação e ensino, já se referiu que a quantidade de resíduos produzidos não é muito significativa. O mesmo já não se poderá dizer em relação às características desses mesmos resíduos. De facto, ao contrário da indústria que produz um tipo de resíduos bem determinado, a actividade de ensino e investigação em química produz uma variedade considerável de resíduos, nem sempre totalmente compatíveis. O tratamento específico e eventual eliminação desses resíduos deverá, por isso, ser tanto quanto possível local, atendendo à sua grande variedade e baixa quantidade. Os solventes serão talvez as únicas substâncias que poderão ser encaminhadas

para eliminação em empresas devidamente credenciadas para o efeito, caso a quantidade seja apreciável.

Há processos químicos, físicos e biológicos de tratamento e eliminação de resíduos perigosos [12].

Os processos químicos incluem a neutralização, a precipitação, a oxidação-redução, a permuta iónica e a incineração.

Os processos físicos consistem em concentrar, solidificar, vitrificar ou adsorver os resíduos perigosos.

Os processos biológicos envolvem a acção de microrganismos, os quais usam os resíduos como alimento, convertendo-o por processos metabólicos naturais em substâncias mais simples e menos perigosas. São processos usados correntemente para estabilizar resíduos orgânicos municipais, mas alguns resíduos perigosos podem ser tratados por este método.

Os resíduos perigosos, produzidos num laboratório de ensino ou investigação, poderão na maioria dos casos ser tratados por processos químicos de precipitação, neutralização ou acção redox ou ainda processos físicos de adsorção ou concentração. A recuperação de solventes é também, em muitos casos, possível sem recorrer a acção exterior ao próprio laboratório desde que se proceda a algum tratamento prévio seguido de destilação. O despejo de solventes ou qualquer solução orgânica na rede de esgotos é totalmente desaconselhada.

Tal como se referiu em relação à protecção pessoal, também no que respeita à protecção do ambiente de trabalho e do ambiente em geral são necessárias medidas eficientes de protecção que sejam eficazmente aplicadas, por forma a preservar a segurança dos que se encontram na vizinhança imediata do local de experimentação e em última instância o ecossistema.

* Centro de Química Estrutural, Complexo I,
Instituto Superior Técnico,
Av. Rovisco Pais 1096 Lisboa Codex

REFERÊNCIAS

1. S.E. Manahan, *Toxicological Chemistry*, 2ª ed. Lewis Publishers Inc. U.S.A., 1992.
2. J. Emsley, *The Elements*, 2ª Ed. Clarendon Press, Oxford, 1995.
3. J.J.R. Fraústo da Silva e R.J.P. Williams, *The Biological Chemistry of the Elements*, Ed. Clarendon Press, Oxford, 1991.
4. J.R. Welker e C. Springe, *Safety, Health, and Loss Prevention in Chemical Processes*, Ed. The Centre for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineers, New York, 1990.
5. W. Braker e A.L. Mossman, *Effects of Exposure to Toxic Gases- First aid and Medical Treatment*, Ed. Matheson Gas Products, New Jersey, 1970.
6. C. Baird, *Environmental Chemistry*, Ed. W.H. Freeman and Company, New York, 1995.
7. M.F.N.N. Carvalho, C.Teixeira, Artigo II desta série, Publicado neste número.
8. A. Picot e P. Grenouillet, *Safety in the Chemistry and Biochemistry Laboratory* Ed. VCH Publishers, Inc., New York, 1995.
9. M.J. Baptista, *Segurança em Laboratórios Químicos*, Ed. Universidade Nova de Lisboa, 1979.
10. E.D. Muir, *Hazards in the Chemical Laboratory*, Ed. The Royal Institute of Chemistry, London, 1977.
11. Sérgio Miguel, *Manual de Higiene e Segurança do Trabalho*, Porto Editora, Lda., 1995.
12. J.A. Nathanson, *Basic Environmental Technology*, 2ª E. Prentice-Hall, Inc., 1997.
13. *Guide to Chemical Resistant Best Gloves*, 2ª Ed. Best Manufacturing: Menlo, GA, 1997.
14. *Mapa Professional Chemical Resistance Guide*, Mapa Professional, Willard, OH, 1997.