

Exposição profissional a substâncias químicas: diagnóstico das situações de risco

ANTÓNIO DE SOUSA UVA
MÁRIO FARIA

A abordagem das relações trabalho/saúde(doença) implica um conhecimento adequado das variáveis (factores) profissionais em jogo e das respectivas repercussões, positivas ou negativas, sobre a saúde dos trabalhadores. Tal conhecimento adquire-se mediante análise das (sempre complexas) situações reais de trabalho.

As substâncias químicas constituem o mais extenso dos grupos de factores de risco de natureza profissional. O número de substâncias químicas a que se encontram expostos os trabalhadores aumenta dia a dia, sendo actualmente conhecidas mais de 100 000.

Os autores procedem à revisão de alguns conceitos que, numa perspectiva de prevenção, são essenciais para o diagnóstico das situações profissionais de risco.

O trabalho — enquanto factor imprescindível ao desenvolvimento técnico, económico e social — tem representado um papel de transcendente importância ao longo de toda a história da humanidade.

Actualmente, e de acordo com a definição precon-

□

António de Sousa Uva é professor auxiliar da Escola Nacional de Saúde Pública, Universidade Nova de Lisboa (grupo de disciplinas de Saúde Ocupacional).

Mário Faria é professor catedrático da Escola Nacional de Saúde Pública, Universidade Nova de Lisboa (grupo de disciplinas de Saúde Ocupacional).

zada pela Organização Mundial da Saúde (OMS, 1995), a chamada «força laboral mundial» abrange cerca de 45% da população do universo ou, numa outra perspectiva, aproximadamente 58% dos indivíduos com idade superior a 10 anos. Trata-se de um avultado contingente de pessoas que dedicam uma parte apreciável da sua vida adulta ($\cong 1/3$) ao desempenho de actividades profissionais nem sempre isentas de perigo e, muitas vezes, pouco gratificantes. Por isso, a salubridade dos ambientes de trabalho constitui um elemento relevante em matéria de saúde e bem-estar das populações. E não deve ser entendida como um mero problema de gestão de riscos profissionais confinado ao(s) local(is) de trabalho. Deve, isso sim — e de modo bem menos redutor —, ser equacionada na perspectiva (globalizante e integradora) que caracteriza as acções de promoção da saúde.

A abordagem dos problemas do âmbito da saúde ocupacional é necessariamente influenciada por diversos elementos de índole contextual, entre os quais se destacam: a estrutura macroeconómica; o grau de desenvolvimento (sócio-económico e cultural); o nível (e o modelo) de industrialização; o modelo organizativo e as características dominantes dos serviços e da prestação de «cuidados» de segurança, higiene e saúde nos locais de trabalho.

A estratégia mundial «Saúde ocupacional para todos», definida pela Organização Mundial da Saúde (OMS, 1995) (Beijing, China) em 1994, inclui — a par do enunciado das correspondentes acções, de

âmbito nacional e internacional, recomendadas — os seguintes *grandes objetivos* relativos à saúde dos trabalhadores nos locais de trabalho:

- a) Consolidação, tanto a nível nacional como internacional, das políticas de saúde no local de trabalho;
- b) Incremento dos ambientes de trabalho saudáveis;
- c) Incremento das práticas de trabalho saudáveis e da promoção de saúde nos locais de trabalho;
- d) Desenvolvimento (e consolidação) dos serviços de saúde ocupacional;
- e) Intensificação do apoio a sectores relacionados com a saúde ocupacional;
- f) Incremento do conhecimento científico respeitante a riscos profissionais;
- g) Incremento da formação de recursos humanos na área da saúde ocupacional;
- h) Desenvolvimento de bases de dados e de sistemas de informação para peritos na área da saúde ocupacional;
- i) Incremento da investigação na área da saúde ocupacional;
- j) Fomento da cooperação entre saúde ocupacional e outras actividades ou serviços afins.

Cada uma destas finalidades, de carácter genérico, teria de ser operacionalizada através de programas específicos a realizar nos diversos países.

Qualquer que seja o modelo conceptual subjacente, a abordagem prática das (inter)relações trabalho/saúde (doença) implica um conhecimento adequado das variáveis (factores) profissionais em jogo e das respectivas repercussões, positivas ou negativas, sobre a saúde dos trabalhadores. Tal conhecimento adquire-se por análise das situações reais de trabalho, as quais se caracterizam, neste como em outros domínios, por uma enorme complexidade (Duraffourg, 1985).

Na realidade, é sempre elevado o número de variáveis presente em qualquer situação de trabalho. Algumas — por terem, como característica comum, a capacidade de interferirem (*condicionando-a*) com a actividade, física ou outra, dos trabalhadores — agrupam-se numa categoria designada, na acepção mais genérica do termo, por «condições de trabalho» (Faria, 1987). Este grupo de variáveis tem constituído o alvo privilegiado dos estudos sobre relações trabalho/saúde (doença) realizados no âmbito e na perspectiva de intervenção «clássica» da medicina do trabalho. Trata-se de uma abordagem baseada na teoria dos «factores (profissionais) de risco», identificados como responsáveis (reais ou potenciais) de efeitos «adversos» para a saúde, incluindo a ocorrência de situações de doença relacionadas com o trabalho.

De facto, uma componente essencial da actividade específica de medicina do trabalho consiste, por um lado, na identificação (e caracterização) dos efeitos sobre o organismo resultantes da exposição a factores de risco de natureza profissional e, por outro lado, na consequente interpretação das relações existentes entre aquelas exposições e os efeitos observados (Villatte, 1985; Faria e Uva, 1988).

O modo como os factores profissionais intervêm na história natural de uma doença — ou seja, o *papel* que desempenham na génese, na evolução ou no desfecho dessa mesma doença — permite classificar as situações nosológicas reconhecidamente «influenciáveis pelo trabalho» em três grandes categorias. Assim: (1) *doença profissional* é aquela em que factores inerentes ao trabalho constituem condição *sine qua non* para a sua génese; (2) *doença relacionada com o trabalho* (tradução literal, consagrada pelo uso, da expressão *work-related disease*) é aquela em que a influência do(s) factor(es) profissional(ais), diluída num contexto multifactorial, não tem carácter decisivo; por fim, na categoria (3) *doença agravada pelo trabalho* figuram as situações em que a influência dos factores profissionais, não dizendo respeito à génese da doença, incide apenas na sua evolução e no correspondente resultado final.

Deste modo, o trabalho — quer contendo, em si mesmo, o agente causal da doença, quer apenas interferindo na evolução de uma doença «não profissional» — constitui inevitável motivo de interesse para os investigadores e restantes profissionais de saúde ocupacional. Por outras palavras, as *interacções trabalho ↔ saúde* representam o objecto de estudo e de intervenção *próprio* da saúde ocupacional.

O número e a diversidade dos factores de risco para a saúde potencialmente existentes num ambiente de trabalho são consideráveis. Esses factores — que actuam, por vezes em associação, outras vezes de forma isolada — são habitualmente classificados, consoante a sua natureza, em factores físicos, químicos, biológicos e psicossociais.

A importância relativa destas quatro categorias de factores de risco pode, de certo modo, ser avaliada pela circunstância de, em dados publicados pela Organização Mundial da Saúde (OMS, 1995), figurarem como *agente de doença profissional*: (1) cerca de 100 000 substâncias químicas, 200 a 300 das quais são mutagénicas e cancerígenas; (2) 200 agentes biológicos; (3) algumas dezenas de agentes físicos.

As substâncias químicas constituem, assim, o mais extenso dos grupos de factores de risco de natureza profissional (Jouany, 1985), tendo os chamados *agentes «específicos»* (ou seja, *exclusivos* de certas actividades profissionais) merecido uma atenção privilegiada por parte dos investigadores.

O número de substâncias químicas a que se encontram expostos os trabalhadores aumenta dia a dia, sabendo-se na presente data que mais de 3000, entre as cerca de 100 000 substâncias utilizadas, possuem acção alergénica e/ou irritante.

De facto, nas últimas décadas tem sido observada, especialmente nos países mais industrializados, uma maior prevalência de alergopatias, atribuída tanto a aspectos relativos aos chamados «estilos de vida» como à existência de novos factores de risco ambientais e/ou ocupacionais (Charpin *et al.*, 1986).

A pele e as mucosas respiratórias são as vias preferenciais de penetração (e absorção) dos xenobióticos, podendo ainda, a nível tóxico, representar alvos privilegiados da sua acção alergénica ou irritante (*toxicidade local*).

Em saúde ocupacional, o diagnóstico e a prevenção das doenças profissionais assentam, esquematicamente, em quatro principais etapas metodológicas (Faria e Uva, 1988):

- Estudo das situações reais de trabalho;
- «Diagnóstico» das situações de risco de doença profissional;
- Selecção dos indicadores de exposição mais pertinentes;
- Definição dos decorrentes programas de prevenção.

O conhecimento das relações existentes entre a «exposição profissional» e as suas «repercussões na saúde dos trabalhadores expostos» adquire-se pelo estudo simultâneo dos *factores ambientais* e dos respectivos *efeitos*, com adequada caracterização dos seguintes parâmetros:

- Relação *exposição/efeito*, isto é, a relação entre a intensidade (ou dose) de exposição e a intensidade de determinado efeito;
- Relação *exposição/resposta*, ou seja, a relação entre a dose de exposição e a proporção (número relativo) de indivíduos (expostos) que apresentam um efeito de natureza e intensidade predeterminadas.

A estratégia de prevenção dos riscos profissionais engloba, sistematicamente, a abordagem simultânea da «exposição» ambiental e dos «efeitos» (ou «respostas») individuais por ela provocados.

Tal abordagem pressupõe, para além de uma prévia análise das situações de trabalho, uma rigorosa quantificação da exposição ambiental, com recurso a instrumentos metodológicos habitualmente utilizados pela higiene do trabalho.

A avaliação da exposição toma como ponto de partida o cálculo da «dose de exposição» (*intensi-*

dade \times *tempo de exposição*). Este parâmetro (também designado por «dose externa») não entra em linha de conta com as características individuais dos trabalhadores expostos nem tão-pouco com a «carga de trabalho» física que lhes é imposta, ao contrário do que sucede com a chamada «dose interna» ou «dose de impregnação». Não sendo possível determinar esta última — o que, de resto, sucede na maioria dos casos —, recorre-se, por aproximação, ao cálculo da «dose efectiva» (*intensidade* \times *tempo de exposição* \times *frequência respiratória*).

Com base no conhecimento das referidas «condições de exposição», procede-se em seguida à identificação e caracterização dos «efeitos para a saúde», tendo em vista a selecção dos «indicadores» mais adequados (Villatte, 1985; Faria e Uva, 1988).

Convirá encetar a abordagem deste problema pela delimitação do conceito «efeito para a saúde» e, em seguida, reflectir um pouco sobre o exacto conteúdo do atributo «adverso» que, em determinadas circunstâncias, se lhe encontra associado.

Quanto ao primeiro ponto, alguns autores — privilegiando o critério (quantitativo) da «mensurabilidade» — definem «efeito» como qualquer alteração biológica *mensurável* que ocorra num organismo, num órgão ou num tecido (OMS, 1991).

Nesta perspectiva, a noção de «efeito» é, em si mesma, uma noção neutra. E daí a segunda questão que, em última instância, se prende com a definição de critérios de «nocividade» que tornem possível a distinção entre efeitos adversos e aqueles que (ainda) o não são.

Na realidade, modernas técnicas laboratoriais permitem hoje a identificação, a nível ultra-estrutural, de um número apreciável de manifestações de localização celular que, à luz dos conhecimentos científicos disponíveis, são interpretadas como fenómenos de «adaptação» biológica, sabendo-se, contudo, ser muito tênue a fronteira que as separa de outros efeitos já considerados «adversos» para a saúde (WHO, 1979).

É neste cenário que devem ser situadas e interpretadas as importantes noções de: (1) «concentração (ou dose) crítica», isto é, a mais baixa concentração (ou dose), de uma substância química capaz de provocar um efeito *adverso* para o organismo; (2) «órgão crítico», ou seja, o primeiro órgão em que tal efeito se manifesta; (3) «efeito crítico», termo adoptado para designar esse mesmo efeito (OMS, 1979; WHO, 1991).

Outro conceito crucial implicado na definição dos valores máximos admissíveis é o de «limiar» (*threshold*), que significa a «concentração (ou dose) de determinada substância química que não deve ser excedida». É, no entanto, indispensável sublinhar que

tal conceito não é aplicável à substância química *em geral* (tendo em conta a globalidade dos seus efeitos), mas sim a *cada um desses efeitos* em particular. Isto significa que a cada substância química corresponde, não um único limiar, mas uma «família de limiares», tantos quantos os efeitos *adversos* que lhe forem reconhecidos.

Segundo a lógica prevalecente em matéria de *gestão de riscos*, os efeitos para a saúde são categorizados numa escala de intensidade («gravidade») que, relativamente aos efeitos adversos, compreende os *níveis*: (1) «efeito adverso não observado» ou NOAEL (*No Observed Adverse Effect Level*); (2) «mais baixo efeito adverso observado» ou LOAEL (*Lowest Observed Adverse Effect Level*). É a partir do conhecimento do NOAEL e/ou do LOAEL que se fixam os valores máximos admissíveis, ou *valores limite de exposição* (VLE). Estes, por vezes ainda designados como TLV (*Threshold Limit Values*), correspondem — no quadro das estratégias de prevenção mais correntemente adoptadas — à mais elevada concentração (ou dose) de uma substância química a que a quase totalidade dos indivíduos de uma população trabalhadora pode estar exposta, dia após dia, sem que daí resulte a ocorrência de determinado efeito adverso para a saúde (Instituto Português da Qualidade, 1983; INRS, 1996). Há dois tipos principais de VLE:

- A *concentração média ponderada* durante os 5 dias de trabalho de uma semana de 40 horas (VLE-MP), por vezes designada como *time-weighted average* (TLV-TWA);
- A *concentração máxima* («valor-tecto») que, mesmo instantaneamente, nunca deve ser excedida (VLE-CM), também identificada como TLV-C (*ceiling*). Incluem-se neste âmbito as concentrações médias ponderadas, por períodos de 15 minutos, que não devem ser ultrapassadas ao longo de toda a jornada de trabalho (TLV-STEEL, *short-term exposure limit*).

Os valores máximos admissíveis são expressos, nuns casos, em «massa por volume de ar» (mg/m³) e, noutros, em «volume por volume de ar», isto é, em *partes por milhão* (ppm) ou *partes por bilião* (ppb). A equivalência entre os dois modos de expressão calcula-se pela seguinte fórmula de conversão: *valor em ppm = valor em mg/m³ × 24,45/molécula-grama da substância*.

A precariedade dos conhecimentos científicos requeridos para a definição dos VLE obriga a que, com alguma frequência, se torne necessário recorrer ao denominado «factor de segurança» (*safety factor*). Trata-se de um factor de ponderação (habitualmente

um múltiplo de dez) cujo valor varia de acordo com a gravidade dos efeitos que se pretende prevenir. Por exemplo, se tais efeitos se traduzirem por um acréscimo de mortalidade ou de risco cancerígeno, o factor de segurança terá um valor mais elevado do que no caso de efeitos reversíveis ou de menor perigosidade potencial.

Mas o «peso» atribuído ao factor de segurança depende também de outros aspectos, nomeadamente a variabilidade individual de resposta à exposição e o grau de rigor inerente aos métodos e técnicas utilizados tanto na «medição» da(s) substância(s) química(s) em estudo como na avaliação do(s) correspondente(s) efeito(s) para a saúde.

Os valores (ou concentrações) máximos admissíveis são, pela sua própria natureza, meramente indicativos. Na realidade — além de reflectirem o carácter provisório do conhecimento disponível em toxicologia do trabalho —, não entram em linha de conta com as especificidades das situações reais de trabalho, designadamente no que diz respeito às exposições múltiplas e às características individuais dos trabalhadores.

A título de exemplo, assinalem-se alguns aspectos relacionados com a estratégia de prevenção dos efeitos decorrentes da exposição ao ozono (O₃).

Neste caso concreto, os principais efeitos localizam-se ao nível do aparelho respiratório e consistem, essencialmente, em «irritação» das mucosas e alterações funcionais de tipo obstrutivo (Schoettlin e Landau, 1961).

Diversos estudos têm sido realizados com vista à determinação do LOAEL respeitante ao ozono.

McDonnell *et al.* concluíram que a ocorrência de efeitos respiratórios, ligeiros e não cumulativos, se observa quando os teores de exposição a ozono atingem cerca de 0,20 ppm (McDonnell *et al.*, 1983). Tal circunstância serviu de fundamento à proposta de um TLV-STEEL para o ozono com o valor de 0,10 ppm, apresentada por aqueles autores em 1983.

O LOAEL relativo ao ozono, estabelecido a partir de dados provenientes quer da experimentação animal, quer de estudos realizados em seres humanos, situa-se entre 75 e 150 ppb (Rombout, Lioy e Goldstein, 1986). Baseada nos mesmos dados científicos, a U. S. Environmental Protection Agency (EPA) fixou para o ozono, no contexto da saúde (pública) ambiental, um «NAAQS — *National Ambient Air Quality Standard*» com o valor (média calculada num período de uma hora) de 0,12 ppm (≅ 0,24 mg/m³), aplicável à totalidade da população.

A conclusões um tanto divergentes das de McDonnell *et al.* chegaram outros autores (Koenig, 1985) que, estudando indivíduos (asmáticos e não asmáticos) expostos a concentrações de 0,12 ppm de

ozono, não detectaram a ocorrência de quaisquer efeitos.

Refira-se, no entanto, que Zelac *et al.* (1971) observaram, em animais de experiência, aberrações cromossômicas induzidas pela exposição a 0,10 ppm de ozono, valor este actualmente recomendado como «máximo admissível» (VMA).

Não há ainda resposta definitiva para a questão da existência ou não existência, na espécie humana, de efeitos adversos sobre o aparelho respiratório a níveis de exposição da ordem de 0,12 ppm, sendo em torno desse problema que actualmente prossegue o debate relativo à quantificação de um NOAEL para o O₃.

A evolução histórica dos sucessivos VLE fixados para o O₃ inicia-se, nos seus traços essenciais, com uma proposta de 10 ppm para um TLV-TWA (1948). Mittler *et al.*, em 1956, propuseram o valor de 3 ppm, com base na ocorrência de edema pulmonar, em ratos expostos a 6 ppm de ozono, situação essa que não se verificava quando a concentração de O₃ era inferior a 3 ppm (Mittler *et al.*, 1956).

Segundo a OSHA, o TLV-TWA é de 0,10 ppm (aproximadamente 0,20 mg/m³) e o TLV-STEEL é de 0,30 ppm.

Mais recentemente (1989), a American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) propôs um TLV-STEEL (15 minutos de exposição) de 0,10 ppm (ACGIH, 1992) e o National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) recomendou um valor de TWA-C (*valor-tecto*) de 0,10 ppm (NIOSH, 1990).

O exemplo do ozono e de inúmeros outros tóxicos ocupacionais, com VLEs apresentando um amplo intervalo de variação ao longo dos anos, justifica o título de um excelente artigo publicado por Roach e Rapport (1990): «But they are not thresholds: a critical analysis of the documentation of threshold limit values.» Os TLV's constituem, contudo, em cada momento, a melhor estratégia de diagnóstico das situações de risco em toxicologia ocupacional.

□ Bibliografia

ACGIH — AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS — Threshold limit values for chemical substances and physical agents and biological exposure limits. Cincinnati: ACGIH, 1992.

CHARPIN, J., *et al.* — Pollution atmosphérique d'origine industrielle et asthme bronchique. In JACQUES CHARPIN — Allergologie. Paris: Flammarion-Médecine-Sciences, 2.^e édition, 1986, 278-281.

DURAFFOURG, J. — La relation santé-travail : une question complexe. In CASSOU, B., *et al.*, ed. lit. — Les risques du travail : pour ne pas perdre sa vie a la gagner. Paris: Éditions La Découverte, 1985, 21-27.

FARIA, M. — Análise do trabalho. *Revista Portuguesa de Saúde Pública*. 14: 2 (1987) 5-16.

FARIA, M.; UVA, A. — Diagnóstico e prevenção das doenças profissionais : algumas reflexões. *Jornal da Sociedade das Ciências Médicas de Lisboa*. CLII: 9 e 10 (1988) 360-371.

INRS — Valeurs limites d'exposition professionnelle aux substances dangereuses de l'ACGIH aux États-Unis et de la Commission MAK en Allemagne. *Cahiers de Notes Documentaires*. 163 (1996) 197-227.

IPQ — INSTITUTO PORTUGUÊS DA QUALIDADE — Valores limite de exposição a substâncias nocivas existentes no ar dos locais de trabalho. Lisboa: IPQ, 1983.

JOUANY, J.-M. — Notions générales de toxicologie industrielle. In CASSOU, B., *et al.*, ed. lit. — Les risques du travail : pour ne pas perdre sa vie a la gagner. Paris: Éditions La Découverte, 1985, 292-298.

KOENIG, J. Q. — Acute effects of 0.12 ppm ozone or 0.12 ppm nitrogen dioxide on pulmonary function in healthy and asthmatic adolescents. *American Review of Respiratory Diseases*. 132 (1985) 648-651.

McDONNELL, W. F., *et al.* — Pulmonary effects of ozone exposure during exercise : dose-response characteristics. *Journal of Applied Physiology*. 54 (1983) 1345-1352.

MITTLER, S., *et al.* — Toxicity of ozone : I. Acute toxicity. *Industrial Medicine and Surgery*. 25 (1956) 301-306.

NIOSH — NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH — Pocket guide to chemical hazards. Washington D. C.: U. S. Department of Health and Human Services. Public Health Service (Centers for Disease Control), 1990.

OMS — ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD — Glosario de términos sobre seguridad de las sustancias químicas para ser usados en las publicaciones del PISSQ — Programa Internacional de Seguridad de las Sustancias Químicas. Metepec (México): OMS, 1991.

OMS — ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD — Estrategia mundial de la salud ocupacional para todos : el camino hacia la salud en el trabajo. Ginebra: OMS, 1995.

ROACH, S. A.; RAPPORT, S. M. — But they are not thresholds : a critical analysis of the documentation of threshold limit values. *American Journal of Industrial Medicine*. 17 (1990) 727-753.

ROMBOUT, P. J. A.; LIOY, P. J.; GOLDSTEIN, B. D. — Rationale for an eight-hour ozone standard. *Journal of Air Pollution Control Association*. 36: 8 (1986) 913-917.

SCHOETTLIN, C. E.; LANDAU, E. — Air pollution and asthmatic attacks in the Los Angeles area. *Public Health Reports*. 76: 6 (1961) 545-548.

VILLATTE, R. — Les normes d'exposition. In CASSOU, B., *et al.*, ed. lit. — Les risques du travail : pour ne pas perdre sa vie a la gagner. Paris: Éditions La Découverte, 1985, 377-386.

WHO — WORLD HEALTH ORGANIZATION — Agreed terms on health effects evaluation and risk and hazard assessment of environmental agents : international report of a working group. Geneva: WHO, 1979 (EHE/EHC/79.19).

ZELAC, R. E., *et al.* — Inhaled ozone as a mutagen : I. Chromosome aberrations induced in Chinese hamster lymphocytes. *Environmental Research*. 4 (1971) 262-282.

□ Summary

OCCUPATIONAL EXPOSURE TO CHEMICAL SUBSTANCES: EVALUATION AND RISK ASSESSMENT

The assessment of the relationships between work and health (disease) implies a thorough knowledge of the occupational risk factors involved and of the positive or negative effects on the worker's health. Such knowledge can be obtained through analysis of real working conditions.

Harmful substances such as chemical agents, constitute the major group of occupational risk factors. The number of hazardous chemical substances to which workers are exposed grows on a daily basis, reaching more than 100 000 in nowadays figures.

The authors review some concepts that, according to a prevention approach, are essential to the diagnosis of occupational risk factors.