

_ Matrizes de exposição ocupacional e biomonitorização humana

Job exposure matrices and human biomonitoring

Mariana Neto, Sónia Namorado, Helena Krippahl

mariana.neto@insa.min-saude.pt

Departamento de Epidemiologia, Instituto Nacional de Saúde Doutor Ricardo Jorge, Lisboa, Portugal

_Resumo

Em epidemiologia ocupacional é importante conhecer e caracterizar a exposição aos fatores de risco e estabelecer o nexo de causalidade com as alterações na saúde. De entre as várias formas de avaliar a exposição no local de trabalho, contam-se as matrizes de exposição ocupacional (MEO). Uma MEO consiste num sistema de classificação da exposição, para uma ou mais substâncias ou agentes, em distintas ocupações e por ramos específicos de atividade. As MEO requerem estimativas qualificadas, sistemáticas e detalhadas das potenciais exposições e podem ser construídas com informação primária ou secundária. No essencial, trata-se de reconstruir, com o rigor possível, a exposição a que os trabalhadores estiveram sujeitos durante a sua vida profissional. Embora os dados da biomonitorização humana (BMH) sejam frequentemente usados para efeitos de validação de MEO, podem igualmente ser usados para o seu desenvolvimento. Este trabalho pretende descrever a abordagem baseada em matrizes de exposição ocupacional na avaliação da exposição ocupacional e o contributo dos dados de biomonitorização humana nessa avaliação. As MEO constituem, sem dúvida, um importante instrumento a ser utilizado quer em estudos populacionais, quer em Saúde Ocupacional, potenciando vários estudos e monitorizações, com destaque para a biomonitorização humana.

_Abstract

In occupational epidemiology, it is important to know and characterize exposure to risk factors and establish the causal link with changes in health. Among the various ways of assessing exposure in the workplace are job exposure matrices (JEM). A JEM consists of an exposure classification system, for one or more substances or agents, in different occupations and by specific branches of activity. A JEM requires qualified, systematic and detailed estimates of potential exposures and can be constructed with primary or secondary information. Essentially, it is a question of reconstructing, as rigorously as possible, the exposure to which workers were subjected during their professional lives. Although human biomonitoring (HBM) data are often used for JEM validation purposes, they can also be used for the development of JEM. This work intends to describe the technical development of occupational exposure matrices, as an exposure assessment tool, and the role that human biomonitoring can play in this development. JEM are undoubtedly an important instrument to be used both in population studies and in occupational health, enhancing several studies and monitoring, especially human biomonitoring.

_Introdução

O local de trabalho envolve a exposição a diversos fatores de risco de forma continuada e por longos períodos de tempo ⁽¹⁾, consistindo habitualmente em exposições múltiplas e complexas ⁽²⁾.

Em epidemiologia ocupacional é importante conhecer e caracterizar a exposição aos fatores de risco e estabelecer o nexo de causalidade com as alterações na saúde. De entre as várias formas de avaliar a exposição no local de trabalho, contam-se as matrizes de exposição ocupacional (MEO), as quais, de acordo com Ge, *et al.* ⁽³⁾, foram incluídas em cerca de um quarto dos estudos sobre cancro.

Uma MEO consiste num sistema de classificação da exposição, para uma ou mais substâncias ou agentes, em distintas ocupações e por ramos específicos de atividade ⁽⁴⁾. As MEO requerem estimativas qualificadas, sistemáticas e detalhadas das potenciais exposições e podem ser construídas com informação primária ou secundária ⁽⁵⁾.

No essencial, trata-se de reconstruir, com o rigor possível, a exposição a que os trabalhadores estiveram sujeitos durante a sua vida profissional.

A primeira MEO foi publicada em 1941, e a primeira a abranger de forma sistemática um conjunto de substâncias foi desenvolvida e descrita por Hoar em 1984 ⁽⁶⁾.

_Objetivo

Este trabalho pretende descrever o desenvolvimento técnico das matrizes de exposição ocupacional, enquanto instrumento de avaliação da exposição, e o papel que a biomonitorização humana pode ter nesse desenvolvimento.



Matrizes de exposição ocupacional (MEO)

Basicamente, as MEO podem ter a seguinte classificação:

Base populacional – Todas as ocupações específicas que podem ocorrer numa população estão representadas, recorrendo normalmente a uma classificação padronizada (ISCO – Classificação Internacional das Profissões);

Específicas de indústria – Classificam as exposições apenas para um grupo limitado de ocupações e tarefas dentro de determinado setor e geralmente incluem definições mais detalhadas sobre o eixo da exposição, podendo ainda ser específicas de exposição ou específicas de tarefa (*task exposure matrix*).

AS MEO podem ser de natureza qualitativa, em que os fatores de risco são registados como estando presentes ou ausentes (sim/não); semi-quantitativa, em que as frequências, intensidade, etc., são estimadas por peritos ou pelos trabalhadores; e quantitativa, quando são baseadas em medições pré-existentes resultantes de medições ambientais/individuais ou de vigilância da saúde.

Tipicamente, uma MEO consiste numa tabela em que um dos eixos representa o posto de trabalho, função ou ocupação e o outro a exposição (**figura 1**).

A exposição é então classificada em categorias de exposição, por exemplo como ausente, pouco provável e muito provável ou como baixa, média e elevada.

A maior vantagem das MEO é a possibilidade de conversão da história profissional numa exposição específica de uma forma sistemática e não enviesada ⁽⁸⁾, constituindo um instrumento padronizado que permite a comparabilidade dos resultados dos estudos em que é aplicado. Uma vez desenvolvida, uma MEO é fácil de aplicar e é uma metodologia mais económica do que as avaliações por peritos ⁽⁹⁾.

As MEO são particularmente úteis quando os elementos de medição da exposição não são fidedignos ou estão ausentes e quando os custos das medições são muito onerosos. Têm sido usadas em vários tipos de estudos epidemiológicos, nomeadamente estudos de coorte e de caso-controlo.

Nas MEO específicas de indústria é importante recolher a história da empresa, nomeadamente no que respeita aos processos de fabrico e aos produtos utilizados, pois estes são elementos importantes para a reconstrução das histórias profissionais dos trabalhadores, documentando alterações e mudanças na produção e nos produtos finais.

Ribeiro, *et al.* ⁽⁵⁾ descreveram o desenvolvimento de uma MEO de exposição à sílica em quatro etapas: a) codificação da variável ocupação; b) codificação da variável setor económico; c) classificação da exposição por consenso entre os investigadores e; d) estimativa do número de trabalhadores registados para cada nível de exposição.

Figura 1: Exemplo de uma matriz de exposição ocupacional com exposições qualitativas, semi-quantitativas e quantitativas.

Exposição Trabalho	Exposição 1 Qualitativa (Sim/Não)	Exposição 2 Semi-quantitativa (score)	Exposição 3 Quantitativa
Trabalho 1	Sim	1	5 mg/m ³
Trabalho 2	Não	0	0,00001 mg/m ³
Trabalho 3	Sim	3	15 mg/m ³

Duração do trabalho: Trabalho 1: 10 anos; Trabalho 2: 25 anos; Trabalho 3: 5 anos
Exposição acumulada: Exposição 2: $1 \times 10 + 0 + 3 \times 5 = 25$; Exposição 3: $5 \times 10 + 0 + 15 \times 5 = 125$ mg/m³ ano
Duração da exposição acumulada $10 + 5 = 15$ anos

Adaptado de: Guseva Canu ⁽⁷⁾ e Seixas e Checkoway ⁽⁸⁾



Seixas e Checkoway (8) ressaltaram a importância da definição das dimensões e escalas que constituem a matriz. Estas podem variar em número de acordo com o estudo em causa e com a informação disponível, podendo esta última contribuir para definir o perfil de exposição a partir de dados de biomonitorização humana ou de exposição externa.

O passo seguinte está relacionado com a definição das escalas para cada uma das dimensões, podendo ser contínuas ou em categorias ordenadas. Os indivíduos são agrupados de acordo com um determinado fator, que se assume ser preditivo da exposição, constituindo zonas de exposição homogénea. É ainda de referir que as MEO poderão ser simples, com apenas uma dimensão, ou complexas e multidimensionais com fatores aninhados e conjugar exposições de natureza qualitativa e quantitativa.

No entanto, Guseva Canu, *et al.* (10) descreveram o processo de desenvolvimento de uma MEO de forma mais esquemática (figura 2).

As MEO atribuem a mesma estimativa de exposição a todos os trabalhadores com o mesmo título profissional (população) ou área de trabalho (indústria) – zonas de exposição homogéneas (8). Assim as MEO refletem a “exposição média” numa dada ocupação ou área de trabalho, o que constitui uma das principais limitações das MEO (11). Ou seja, a variabilidade inter-individual da exposição pode não ser integralmente respeitada. Isto pode levar à necessidade de introduzir melhoramentos, habitualmente a adição de uma nova dimensão ao sistema binário trabalho/fator de risco (tempo, sexo, região, etc.). A exposição pode igualmente variar ao longo do tempo para cada trabalhador (intra-individual) (9), pelo que as MEO são úteis em

Figura 2: ⚡ Desenvolvimento de uma matriz de exposição ocupacional (MEO).



Adaptado de: de Guseva Canu *et al.* (10)



exposições crónicas e continuadas, mas não para exposições agudas.

Embora os dados da biomonitorização humana (BMH) sejam frequentemente usados para efeitos de validação de MEO, podem igualmente ser usados para o seu desenvolvimento.

Por exemplo, Toreyin e Godderis (12) desenvolveram em 2020 uma MEO para avaliação da exposição ao crómio recorrendo a uma base de dados com o registo dos níveis de crómio na urina de uma população de trabalhadores em combinação com uma base de dados originada em peritos.

Outro exemplo é a MEO desenvolvida por Kreckmann, *et al.* (13), que teve por base os valores séricos de ácido perfluorooctanoico, metabolito do perfluorooctanoato de amónia, produto usado como surfatante na indústria dos polímeros. Com base nos valores séricos e nas histórias profissionais foram criadas três categorias de exposição relativa: baixa, média e elevada. As áreas sem exposição foram consideradas na categoria de exposição baixa e as restantes foram atribuídas de acordo com a função desempenhada pelos trabalhadores. Funções idênticas foram agrupadas na mesma categoria de exposição.

Riddel, *et al.* (14) desenvolveram uma MEO a partir de uma base de dados de monitorização dos trabalhadores da empresa *Sellafield Plutonium* referente a 485 000 resultados de análises de urina recolhidas no período 1952 a 2006 pela *Public Health England*. Foram também usadas as histórias profissionais, complementadas com elementos retirados dos processos clínicos. Este estudo tinha como objetivo a análise dos efeitos na saúde da exposição interna ao plutónio.

Garlantézec, *et al.* (7), numa amostra aleatória de 451 grávidas usaram uma MEO específica para estimar a exposição ocupacional global a solventes clorados e ésteres glicólicos através da combinação de dois códigos: Classificação Internacional das Profissões (ISCO) e Classificação das Atividades Económicas (CAE). O estudo incluiu também a determinação de metabolitos destes produtos na urina e a sua relação com a exposição ocupacional a

solventes, estimada através da autoapreciação das grávidas e da MEO (expostas/não expostas). O estudo revelou a presença de metabolitos na urina das grávidas classificadas como expostas, validando assim a MEO.

_Conclusão

As matrizes de exposição ocupacional (MEO) constituem, sem dúvida, um importante instrumento a ser utilizado quer em estudos populacionais, quer em Saúde Ocupacional, potenciando vários estudos e monitorizações, com destaque para a biomonitorização humana.

Por último, uma utilização interessante e importante das MEO, neste caso populacionais, é a sua aplicação ao sistema de compensação das doenças profissionais e na vigilância da saúde da população trabalhadora (15), apoiando a tomada de decisão, o cálculo da carga global de doenças profissionais e potenciando a intervenção dos médicos do trabalho (16).

Referências bibliográficas:

- (1) Hoar S. Job exposure matrix methodology. *J Toxicol Clin Toxicol*. 1983;21(1-2):9-26. <https://doi.org/10.3109/15563658308990408>
- (2) Ribeiro FS, Wünsch Filho V. Avaliação retrospectiva da exposição ocupacional a cancerígenos: abordagem epidemiológica e aplicação em vigilância em saúde. *Cad Saude Publica*. 2004;20(4):881-90. <https://doi.org/10.1590/s0102-311x2004000400002>
- (3) Ge CB, Friesen MC, Kromhout H, *et al.* Use and Reliability of Exposure Assessment Methods in Occupational Case-Control Studies in the General Population: Past, Present, and Future. *Ann Work Expo Health*. 2018 Nov 12;62(9):1047-1063. <https://doi.org/10.1093/annweh/wxy080>
- (4) Kauppinen TP. Assessment of exposure in occupational epidemiology. *Scand J Work Environ Health*. 1994;20 Spec No:19-29. <https://www.sjweh.fi/article/1444>
- (5) Neto Ribeiro FS, de Camargo EA, Wünsch Filho V. Delineamento e validação de matriz de exposição ocupacional à sílica. *Rev Saude Publica*. 2005 Feb;39(1):18-26. <https://doi.org/10.1590/s0034-89102005000100003>
- (6) Goldberg M, Kromhout H, Guénel P, *et al.* Job exposure matrices in industry. *Int J Epidemiol*. 1993;22(Suppl 2):S10-5. https://doi.org/10.1093/ije/22.supplement_2.s10
- (7) Garlantézec R, Multigner L, Labat L, *et al.* Urinary biomarkers of exposure to glycol ethers and chlorinated solvents during pregnancy: determinants of exposure and comparison with indirect methods of exposure assessment. *Occup Environ Med*. 2012 Jan;69(1):62-70. doi: 10.1136/oem.2010.062315. Epub 2011 Jun 24.
- (8) Seixas NS, Checkoway H. Exposure assessment in industry specific retrospective occupational epidemiology studies. *Occup Environ Med*. 1995 Oct;52(10):625-33. <https://doi.org/10.1136/oem.52.10.625>
- (9) Peters S. Although a valuable method in occupational epidemiology, job-exposure matrices are no magic fix. *Scand J Work Environ Health*. 2020 May 1;46(3):231-234. <https://doi.org/10.5271/sjweh.3894>



artigos breves_ n. 10

- (10) Guseva Canu I, Paquet F, Goldberg M, et al. Comparative assessing for radiological, chemical, and physical exposures at the French uranium conversion plant: Is uranium the only stressor? *Int J Hyg Environ Health*. 2009 Jul;212(4):398-413. Epub 2008 Oct 31. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2008.09.002>
- (11) Descatha A, Fadel M, Sembajwe G, et al. Job-exposure matrix: a useful tool for incorporating workplace exposure data into population health research and practice. *Front Epidemiol*. 2022 Apr;2:857316. <https://doi.org/10.3389/fepid.2022.857316>
- (12) Toreyin ZN, Godderis L. Occupational exposure assessment to chromium using a job-exposure matrix based approach based on biomonitoring data. *Eur Respir J*. 2020;56:3170. <https://doi.org/10.1183/13993003.congress-2020.3170>
- (13) Kreckmann KH, Sakr CJ, Leonard RC, et al. Estimation and validation of biomarker-based exposures for historical ammonium perfluorooctanoate. *J Occup Environ Hyg*. 2009 Sep;6(9):511-6. <https://doi.org/10.1080/15459620903025483>
- (14) Riddell A, Wakeford R, Liu H, et al. Building a job-exposure matrix for early plutonium workers at the Sellafield nuclear site, United Kingdom. *J Radiol Prot*. 2019 Jun;39(2):620-34. <https://doi.org/10.1088/1361-6498/ab1168>
- (15) Florentin A, Zmirou-Navier D; RNV3P members, Paris C. Contribution of job-exposure matrices for exposure assessment in occupational safety and health monitoring systems: application from the French national occupational disease surveillance and prevention network. *Int Arch Occup Environ Health*. 2017 Aug;90(6):491-500. <https://doi.org/10.1007/s00420-017-1215-1>
- (16) Fadel M, Evanoff BA, Andersen JH, et al. Not just a research method: If used with caution, can job-exposure matrices be a useful tool in the practice of occupational medicine and public health? *Scand J Work Environ Health*. 2020 Sep 1;46(5):552-53. <https://doi.org/10.5271/sjweh.3900>