

Epidemiologia Básica

2ª edição

Epidemiologia Básica

2ª edição

R. Bonita
R. Beaglehole
T. Kjellström



Epidemiologia ambiental e ocupacional

Mensagens-chave

- O ambiente de vida e trabalho influencia fortemente a ocorrência de doenças e de agravos à saúde.
- A exposição a agentes ambientais pode ser quantificada como uma “dose” que é usada para estabelecer relações dose-efeito e dose-resposta.
- As avaliações de impacto em saúde são usadas para prever o provável impacto à saúde das principais intervenções do homem sobre a natureza.
- A epidemiologia do agravo à saúde tem sido usada para identificar quais ações preventivas são mais prováveis de serem efetivas.

Ambiente e saúde

O ambiente humano é constituído por vários elementos básicos: o ar respirado, a água bebida, o alimento consumido, o clima ao redor dos corpos e o espaço disponível para movimentos. Além disso, existimos em um ambiente social e cultural, que é de grande importância para nossa saúde física e mental.

A maioria das doenças é causada ou influenciada por fatores ambientais. O entendimento da maneira pela qual um agente do meio ambiente interfere na saúde é importante para o delineamento de programas de prevenção. A epidemiologia ambiental fornece as bases científicas para o estudo e a interpretação das relações entre o ambiente e a saúde nas populações. A epidemiologia ocupacional lida especificamente com os fatores ambientais no local de trabalho. As lesões físicas dependem fortemente de fatores presentes no ambiente de trabalho ou de moradia, mas também são fortemente influenciadas por fatores comportamentais. Normalmente a palavra “acidente” é aplicada aos eventos que precederam um agravo à saúde, mas isso pode ser errôneo uma vez que a palavra acidente implica ocorrência de um evento ao acaso ao invés de ser resultante de uma combinação de fatores causais que poderiam ser prevenidos. Neste capítulo, a palavra “ambiente” será utilizada em um sentido amplo, indicando todos os fatores externos ao corpo que podem causar doença ou agravo à saúde. Os diferentes fatores ambientais que influenciam a saúde são listados na Tabela 9.1.¹

A saúde ocupacional e ambiental inclui um grande número de fatores causais específicos e proximais, de acordo com os conceitos descritos para a relação hierárquica entre os fatores causais (Capítulo 5). Os fatores de risco mais distais podem ser analisados usando-se a estrutura do modelo hierárquico DPSEEA, como na Figura 5.5, para transporte e saúde. A relação hierárquica dos fatores causais na saúde ambiental e ocupacional é apresentada no Quadro 9.1.

Impacto da exposição a fatores ambientais

Estimativas da carga global de doenças têm mostrado a contribuição das exposições ambientais para a saúde. Entre 25% e 35% da carga global de doenças pode ser devido

Tabela 9.1. Fatores ambientais que podem afetar a saúde

Fator	Exemplos
Psicológico	Estresse, desemprego, mudança de turno de trabalho, relações humanas
Biológico	Bactérias, vírus, parasitas
Físico	Clima, ruído, radiação e ergonomia
Acidental	Situações perigosas, velocidade, uso de drogas e bebidas alcoólicas
Químico	Tabaco, produtos químicos, poeira, irritantes de pele, aditivos alimentares

à exposição a fatores ambientais.^{2,3} Os principais problemas de saúde estão relacionados ao consumo de água não tratada e à falta de saneamento, poluição do ar doméstico devido à queima de biomassa na cozinha ou no aquecimento do domicílio, e à poluição atmosférica oriunda dos motores dos veículos ou da geração de eletricidade nas cidades.³

Grande impacto em países de baixa renda

A carga de doenças ambientais é maior nos países com baixa renda do que naqueles com alta renda, apesar de certas doenças não transmis-

síveis, tais como as cardiovasculares e câncer, terem maior carga *per capita* em países de alta renda. As crianças apresentam a maior carga de mortalidade, com mais de 4 milhões de óbitos anuais causados por fatores ambientais, a quase totalidade deles nos países em desenvolvimento. A taxa de mortalidade infantil por causas ambientais é 12 vezes maior nos países de baixa renda do que nos de alta renda, indicando o ganho que poderia ser alcançado se fosse estimulado que os ambientes se tornassem saudáveis.³

Multicausalidade

Nos estudos epidemiológicos sobre fatores ambientais, as exposições são frequentemente analisadas de forma isolada. Entretanto, é importante ter em mente que existem inúmeros mecanismos através dos quais as exposições ambientais podem influenciar o

efeito de outras exposições. Multicausalidade e uma clara hierarquia das causas (Capítulo 5) são, com frequência, evidentes; isto pode explicar diferenças entre os resultados de estudos epidemiológicos conduzidos em diferentes locais. A forma como uma exposição ambiental afeta um indivíduo pode também depender da exposição a outros fatores de risco e características individuais, tais como:

- Idade e sexo
- Fatores genéticos
- Presença de doença
- Nutrição
- Personalidade
- Condicionamento físico.

A epidemiologia ocupacional, geralmente, está preocupada com a população adulta, jovem ou de meia-idade, e, em geral, predominantemente masculina. Além disso, na epidemiologia ocupacional a maioria das pessoas expostas está relativamente saudável, pelo menos quando começam a trabalhar.

Quadro 9.1. Ordem hierárquica dos fatores causais em saúde ocupacional e ambiental

Fatores responsáveis pela atual tendência em saúde-ambiente

- Dinâmica populacional
- Urbanização
- Pobreza e equidade
- Ciência e tecnologia
- Padrões de consumo e de produção
- Desenvolvimento econômico

Principais atividades humanas que afetam a qualidade do ambiente

- Lixo doméstico
- Água potável
- Uso da terra e desenvolvimento da agricultura
- Industrialização
- Energia

Qualidade pobre do ambiente: exposições e risco

- Poluição atmosférica
- Alimentação
- Solo
- Moradia
- Local de trabalho
- Ambiente global

Ao contrário, estudos epidemiológicos sobre exposições ambientais normalmente incluem crianças, pessoas idosas e doentes. Pessoas expostas na população geral são provavelmente mais sensíveis a tais fatores do que trabalhadores na indústria. Isso é de grande importância quando os resultados de estudos da epidemiologia ocupacional são usados para estabelecer padrões de segurança para agentes ambientais

específicos. Por exemplo, o efeito do chumbo ocorre em menor nível de exposição em crianças do que em adultos. (Tabela 9.2) O nível de chumbo no sangue é uma maneira aceitável de medir a exposição, e os níveis apresentados para os dois diferentes desfechos em saúde são aqueles que mais provavelmente protegeriam a maioria da população. O nível no qual começam a ocorrer mudanças na função neurocomportamental em crianças pode ser até menor do que 100 µg/l como mencionado na Tabela 9.2.⁴

Tabela 9.2. Níveis mínimos de chumbo no sangue (µg/l) a partir dos quais têm sido relatado efeitos sobre a saúde de crianças e adultos^{5,6}

Efeito	Crianças	Adultos
Diminuição nos níveis de hemoglobina	400	500
Mudança na função neuro-comportamental	100	400

Avaliação de medidas preventivas

A principal ênfase da epidemiologia ambiental e ocupacional tem sido na realização de estudos sobre as causas das doenças. Medidas preventivas específicas para reduzir exposições e o impacto de serviços de saúde ocupacional também devem ser avaliadas. A exposição a fatores de risco ambientais é frequentemente o resultado de atividades industriais ou agrícolas que trazem benefícios econômicos para a comunidade, e o custo de eliminar tais exposições pode ser considerável. Entretanto, a poluição ambiental é por si só muito cara podendo causar danos à agricultura ou às propriedades industriais, como também à saúde das pessoas. Análises epidemiológicas, avaliações de impacto sobre a saúde e análises de custo-benefício ajudam as autoridades de saúde pública a encontrar um balanço aceitável entre riscos à saúde e custos econômicos da prevenção.

O valor da prevenção

Análises econômicas e epidemiológicas demonstram o potencial valor da prevenção.⁷ Para três surtos de "doenças da poluição" que ocorreram nos 1960 no Japão, estimou-se que a prevenção sairia mais barata do que a cura de cada uma das doenças.⁸ Os custos incluem a compensação das vítimas e a reparação dos danos ambientais, comparado com o custo estimado do controle da poluição para a prevenção das doenças. A razão custo-benefício foi 100 para a poluição por mercúrio e a consequente doença de Minamata (Tabela 9.3).

Desafios para o futuro

Nas próximas décadas, a epidemiologia ambiental irá enfrentar novos desafios, com as mudanças no ambiente global. São necessários estudos que avaliem o impacto na saúde das mudanças climáticas, da redução na camada de ozônio, da radiação ultravioleta, da chuva ácida e aspectos da dinâmica populacional.⁹ Alguns dos diferentes efeitos potenciais das mudanças climáticas na saúde ainda não foram documentados em estudos epidemiológicos. Entretanto, como as evidências de pequenas mudanças climáticas estão se acumulando ao redor do mundo, estudos epidemiológicos estão contribuindo com novos conhecimentos para esse campo.¹⁰

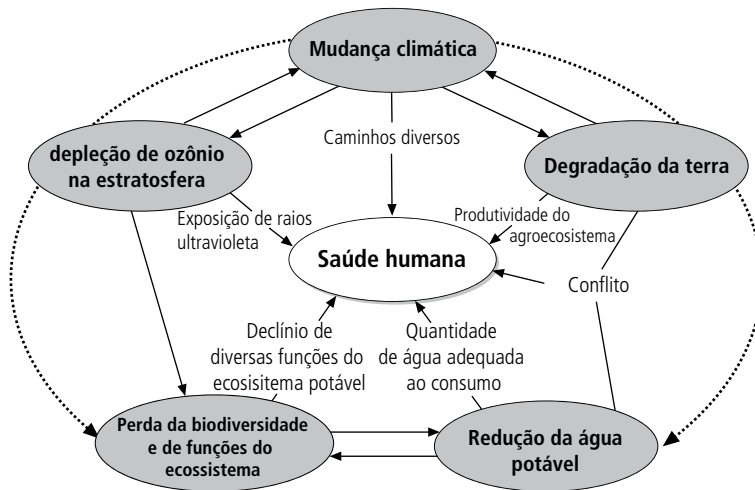
Tabela 9.2. Custos para a prevenção de danos pela poluição em três surtos de doenças, Japão⁸
(em milhões de ienes ¥, equivalente a 1989)

Doença da poluição	Principal poluente	Custo para controlar a poluição	Custo dos danos da poluição			Total
			Dano à saúde	Dano aos seres humanos	Reparação ambiental	
Asma de Yokkaichi	SO ₂ , poluição atmosférica	14.800	21.000 (1.300) ^a	-	-	21.000
Doença de Minamata	Mercúrio, poluição da água	125	7.670	4.270	690	12.630
Doença Itai-Itai	Cádmio, poluição da água e do solo	600	740	880	890	2.510

^a Baseado nos pagamentos atuais de compensação para uma parte da população. O valor maior é o que teria sido gasto para compensar todos os que foram afetados.

A Figura 9.1 mostra que os efeitos potenciais sobre a saúde são variados e que inúmeras abordagens epidemiológicas são necessárias para demonstrar as consequências das mudanças climáticas. O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas

Figura 9.1. Como as mudanças climáticas afetam a saúde¹⁰



cas – um consórcio de cientistas coordenado pela Organização Meteorológica Mundial – publica regularmente avaliações do progresso das mudanças climáticas e seus efeitos. As contribuições da epidemiologia para as futuras pesquisas e avaliações estão listadas no quadro 9.2. Os epidemiologistas precisam documentar a associação entre clima e saúde para que sejam obtidas evidências mais precisas e convincentes, e fazer pesquisas usando diferentes cenários. Será necessário levar em consideração dinâmicas e projeções baseadas em diferentes modelos climáticos, relacionando saúde com clima em uma ampla gama de ambientes socioeconômicos. É necessário implementar sistemas de alerta específicos para as cidades e programas de controle de vetores. Padrões de subnutrição e obesidade – incluindo distribuição de alimentos e equidade – também devem ser estudados em maiores detalhes.

Exposição e dose

Conceitos gerais

Os estudos epidemiológicos sobre o efeito de fatores ambientais, frequentemente, lidam com fatores específicos que podem ser medidos quantitativamente. Os conceitos de exposição e dose são particularmente importantes na epidemiologia ambiental e ocupacional.

A exposição possui duas dimensões: nível e duração. Para fatores ambientais que causam efeitos agudos, mais ou menos imediatamente após o início da exposição, o nível atual da exposição irá determinar se o efeito vai ocorrer ou não (por exemplo, a “London smog epidemic” de mortes por doenças pulmonares e cardíacas, como mostra a Figura 9.2, é um dos primeiros grandes surtos de doença ambiental a ser documentado em detalhes).

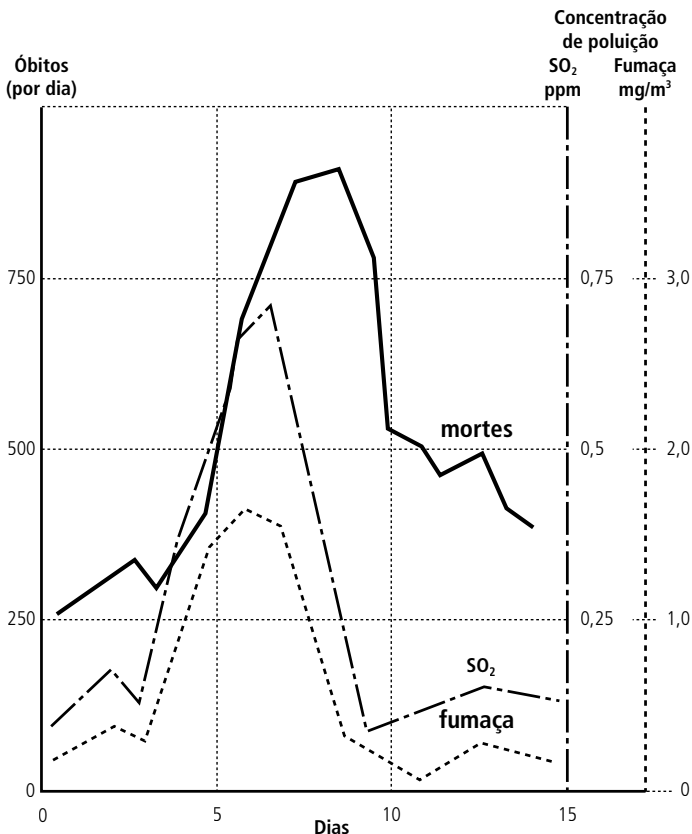
Entretanto, muitos fatores ambientais produzem efeitos apenas após um longo período de exposição. Isso acontece com produtos químicos que se acumulam no organismo (por exemplo, cádmio) e outros agentes que tenham efeito cumulativo (por

Quadro 9.2. Pesquisas epidemiológicas sobre os efeitos das mudanças climáticas na saúde

Os riscos emergentes em larga escala para a saúde das populações são:

- Mudança climática global
- Degradação das terras agricultáveis
- Depleção dos estoques pesqueiros

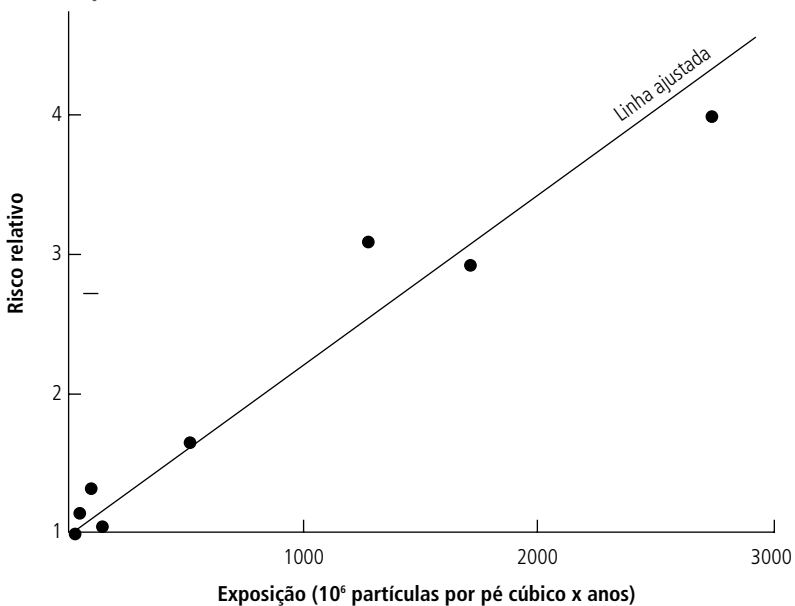
Figura 9.2. A “London smog epidemic”, 12 dezembro 1952



exemplo, radiação ou ruído). Para esses agentes, o nível de exposição no passado e a duração da exposição são mais importantes do que os níveis atuais. A exposição total (ou dose externa) precisa ser estimada. Esta é frequentemente obtida de forma aproximada a partir do produto da duração pelo nível de exposição.

Em estudos epidemiológicos, vários tipos de estimativas de exposição e dose têm sido utilizados para quantificar a relação entre o fator ambiental e o nível de saúde da população. Por exemplo, na Figura 1.1 a exposição é expressa apenas em termos de nível de exposição (número de cigarros fumados por dia). A Tabela 5.2 mostra o efeito combinado da duração e do nível de exposição sobre a perda auditiva induzida pelo ruído. A dose externa também pode ser expressa como uma medida combinada, como por exemplo, maços/anos de cigarros fumados e fibras/ano (ou partículas/ano) para o nível de exposição ao asbesto no local de trabalho (Figura 9.3). Às vezes uma medida, como, por exemplo, o fluxo de trânsito por hora em um determinado local ou o consumo de petróleo por ano, é usada como indicadora da exposição à poluição do ar. Essas variáveis podem, também, ser consideradas como indicadores de “pressão” na hierarquia causal (Capítulo 5). Outros exemplos seriam o uso de pesticidas em uma área ou o número de crianças morando em residências que foram pintadas com tintas contendo chumbo.¹³

Figura 9.3. Relação entre exposição ao asbesto (partículas/ano) e risco relativo de câncer de pulmão¹⁴



Monitoração biológica

Se o fator ambiental em estudo é um agente químico, o nível de exposição e a dose podem ser estimados às vezes através da medida da sua concentração em fluidos orgânicos ou nos tecidos. Essa abordagem é chamada de monitoração biológica. Geralmente se utiliza a urina e o sangue para essa monitoração, mas para certos agentes químicos outros tecidos e fluidos podem ser de particular interesse: o cabelo é muito útil para o estudo da exposição ao metilmercúrio, através do consumo de pescados; a unha tem sido usada para estudar a exposição ao arsênico; a análise de fezes pode dar uma estimativa da

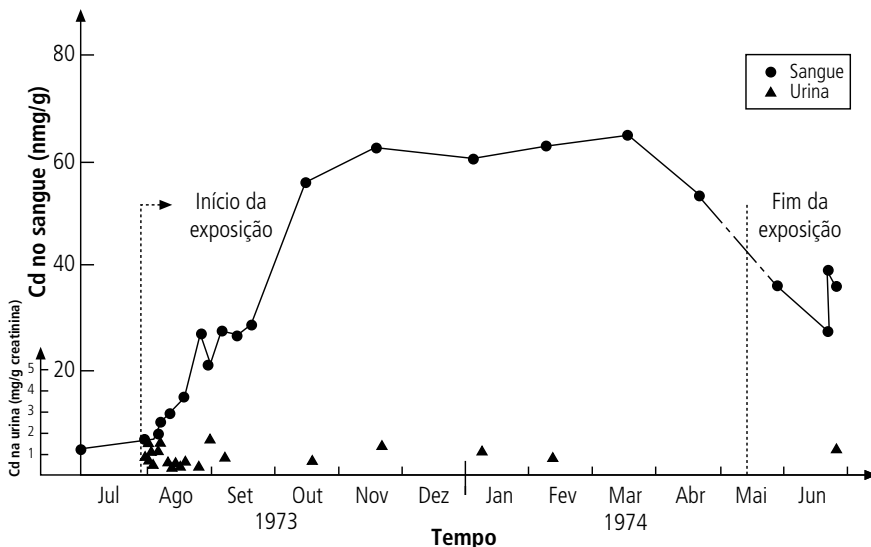
exposição recente a metais através da alimentação (particularmente chumbo e cádmio); o leite materno é um bom material para estudar a exposição a inseticidas organoclorados e outros hidrocarbonetos clorados, tais como, difenil policlorado e dioxinas; e biópsias de tecido adiposo, ossos, pulmão, fígado e rim podem ser usadas no estudo de pacientes com suspeita de envenenamento.

Interpretação dos dados biológicos

A interpretação dos dados da monitoração biológica requer um detalhado conhecimento da cinética e do metabolismo dos agentes químicos, incluindo dados sobre absorção, transporte, acumulação e excreção. Devido à rápida excreção de certos produtos químicos, apenas as exposições mais recentes podem ser medidas. Às vezes, um tecido ou fluido dá uma boa indicação de exposição recente, enquanto em outras ocasiões reflete a dose total. Uma vez que os agentes químicos têm que ser absorvidos para alcançar um indicador biológico, a dose medida é também conhecida como dose absorvida ou dose interna que, ao contrário da dose externa, é estimada a partir de medidas no ambiente.

Como um exemplo, a Figura 9.4 mostra um aumento rápido do cádmio no sangue nos primeiros meses após o início da exposição, enquanto nenhuma mudança é observada na urina.¹⁵ Ainda, após uma exposição de longa duração, o cádmio urinário é um bom indicador da dose acumulada. Uma das questões de estudo deste capítulo propõe que o leitor pense em outros exemplos específicos.

Figura 9.4. Níveis séricos e urinários de cádmio durante o primeiro ano de exposição ocupacional



Medidas individuais versus medidas em grupo

Variação no tempo

As medidas individuais de exposição variam com o tempo. A frequência das medidas e o método usado para estimar a exposição ou a dose em um estudo epidemiológico requerem consideração cuidadosa. A estimativa usada deve ser válida (Capítulo 3)

e as medidas precisam ter um controle de qualidade que confirme a acurácia das medidas.

Varição na exposição

Há, também, variação na dose ou exposição entre os indivíduos. Devido a diferentes hábitos de trabalho ou a diferenças na distribuição local do poluente, mesmo pessoas trabalhando lado a lado em uma fábrica possuem diferentes níveis de exposição. Por exemplo, uma máquina pode liberar fumaça, enquanto outra não. Se a exposição ou dose for medida através da monitoração biológica, uma fonte adicional de variação é a diferença nas taxas individuais de absorção e excreção do agente químico. Até mesmo pessoas com doses externas iguais podem apresentar doses internas diferentes.

Distribuição

Um modo de apresentar a variação individual é através de curvas de distribuição (Capítulo 4). A distribuição das doses individuais dos agentes químicos é frequentemente assimétrica e geralmente se assemelha mais com a distribuição log-normal do que com a distribuição normal. Idealmente, a forma da distribuição deveria ser testada em todos os estudos epidemiológicos que obtivessem medidas quantitativas das doses. Se a distribuição for log-normal, a comparação entre os grupos deveria utilizar a média e o desvio padrão geométrico.

Outra alternativa é utilizar os percentis ou quartis (Capítulo 4). Por exemplo, ao avaliar a dose de chumbo em um grupo de crianças, a média pode ser menos interessante do que o percentual de crianças acima de um certo limite. Se um nível de 100 $\mu\text{g/l}$ de chumbo no sangue é considerado o limite para os efeitos do chumbo no cérebro, então a média no grupo (por exemplo 70 $\mu\text{g/l}$) não fornece nenhuma indicação sobre o número de crianças que poderiam estar afetadas. É mais informativo saber que 25% das crianças apresentavam níveis de chumbo no sangue acima de 100 $\mu\text{g/l}$.

Medida de efeito

As mesmas considerações sobre a apresentação de médias e percentis são importantes para a medida de efeito. Há um interesse cada vez maior nos efeitos dos agentes químicos no ambiente sobre o desenvolvimento intelectual e comportamental das crianças. Em alguns estudos tem sido medido o Quociente de Inteligência (QI). As diferenças nas médias do QI entre os grupos geralmente são pequenas e o subgrupo de interesse especial seria o das crianças com um QI muito baixo. Entretanto, uma pequena queda na média do QI de 107 para 102, como no clássico estudo de Needleman e colaboradores¹⁶ (Tabela 9.4), pode produzir um grande aumento na proporção de crianças com um QI abaixo de 70 (de 0,6% para 2%), o ponto de corte para retardo mental em crianças.

Dose populacional

Em estudos epidemiológicos sobre câncer causado por fatores ambientais ou ocupacionais, às vezes, é usada outra forma de apresentar o nível de exposição. É a dose populacional, calculada a partir da soma das doses individuais. Para a radiação, espera-se que uma dose populacional de 50 sievert (Sv) provoque um caso fatal de câncer. Se a dose populacional refere-se a 100 pessoas, cada uma com uma dose de 0,5 Sv, ou 10 mil pessoas com uma dose de 5 mSv, cada uma, o resultado será um caso fatal de câncer. Esse cálculo baseia-se na hipótese de que não há um limiar individual abaixo

do qual o risco de câncer equivale a zero e de que o risco de câncer aumenta linearmente com a dose. Entretanto, a variação da dose dentro do grupo pode ser grande e os indivíduos com as maiores doses terão, obviamente, maior risco individual de câncer em decorrência dessa exposição.

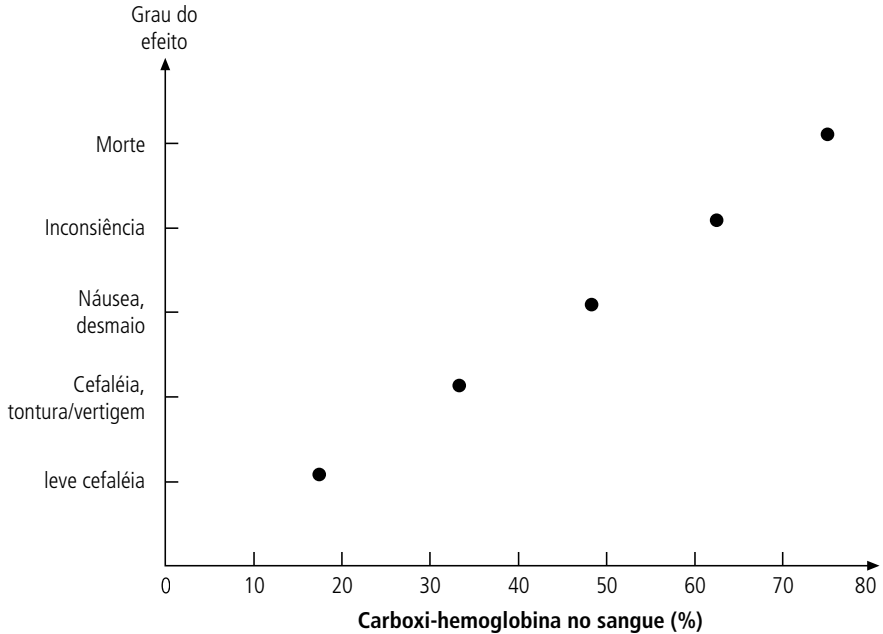
Tabela 9.4. Resultados na escala completa e nos subtestes na Escala de Inteligência de Wechsler (revisada) (WISC-R) para indivíduos com níveis baixos e elevados de mercúrio nos dentes¹⁶

WISC-R	Chumbo baixo (<10 mg/kg) (média)	Chumbo elevado (>20 mg/kg) (média)	Valor de p (unicaudal)
QI: escala completa	106,6	102,1	0,03
QI verbal	103,9	99,3	0,03
Informação	10,5	9,4	0,04
Vocabulário	11,0	10,0	0,05
Contagem	10,6	9,3	0,02
Aritmética	10,4	10,1	0,49
Compreensão	11,0	10,2	0,08
Semelhanças	10,8	10,3	0,36
QI Desempenho	108,7	104,9	0,08
Completa um desenho	12,2	11,3	0,03
Arruma um desenho	11,3	10,8	0,38
Desenha bloco	11,0	10,3	0,15
Monta objeto	10,9	10,6	0,54
Símbolo	11,0	10,9	0,90
Quebra-cabeça	10,6	10,1	0,37

Relação dose-efeito

Para muitos fatores ambientais, o efeito varia desde uma pequena alteração fisiológica ou bioquímica até a doença grave ou morte, como explicado no Capítulo 2. Comumente, quanto maior a dose, mais grave ou intenso será o efeito. Essa relação entre dose e intensidade de efeito é chamada de relação dose-efeito (Figura 9.5), e pode ser estabelecida para um grupo ou para um indivíduo (dose média a partir da qual cada efeito ocorre). Para uma baixa dose de monóxido de carbono (CO) (medida pela carboxi-hemoglobina no sangue) uma leve dor de cabeça seria o único efeito, mas à medida que a dose aumenta, os efeitos do CO se tornam mais severos como mostra a Figura 9.5. Nem todos os indivíduos reagem da mesma maneira a uma dada exposição ambiental. Portanto, a relação dose-efeito para um indivíduo pode ser diferente daquela observada para o grupo.

A relação dose-efeito proporciona valiosas informações para o planejamento de estudos epidemiológicos. Alguns efeitos podem ser mais fáceis de medir que outros, e alguns podem ser de particular interesse para a saúde pública. A avaliação da mudança no sangue ou na urina, de marcadores biológicos, pode ser usada para avaliar alguns efeitos precoces como também exposições. Para o cádmio, por exemplo, o nível de proteínas de baixo peso molecular na urina é um bom marcador biológico dos efeitos precoces no rim.¹⁵ A relação dose-efeito ajuda o pesquisador a definir o tamanho apropriado do estudo.

Figura 9.5. Relação dose-efeito

No estabelecimento de padrões de segurança, a relação dose-efeito também fornece informações úteis sobre os efeitos que devem ser prevenidos e sobre aqueles que podem ser usados para rastreamento. Se um padrão de segurança é estabelecido em um nível no qual os efeitos menos severos são prevenidos, é provável que os efeitos mais graves também sejam prevenidos, visto que ocorrem em doses maiores.

Relação dose-resposta

Em epidemiologia, a resposta é definida como a proporção de indivíduos expostos que desenvolvem um efeito específico. Teoricamente, a relação dose-resposta deveria ter uma forma de S ou uma distribuição cumulativa normal. Muitos exemplos de relação dose-resposta com esse formato têm sido observados nos estudos de epidemiologia ambiental e ocupacional. Em baixas doses quase ninguém sofre o efeito, em um nível elevado quase todos acabam sendo acometidos. Isso reflete a variabilidade na sensibilidade individual ao fator estudado.

A relação dose-resposta pode, em alguns casos, ser semelhante a uma linha reta, particularmente quando apenas uma pequena amplitude de baixa resposta está envolvida. Essa abordagem tem sido usada, por exemplo, para avaliar a associação entre risco de câncer e dose de asbesto (Figura 9.3) ou de tabagismo (Figura 1.1). A relação dose-resposta pode ser modificada por fatores como idade. Isso tem sido observado, por exemplo, na perda auditiva causada pelo ruído,¹⁷ um dos efeitos mais comuns sobre a saúde no local de trabalho, onde pode ser demonstrada uma forte relação dose-resposta. (Tabela 5.2). A relação dose-resposta pode ser produzida por qualquer fator ambiental cuja exposição possa ser quantificada. Exemplos serão dados nas próximas seções.

Risco

Avaliação de risco

A avaliação de risco é um termo com inúmeras definições, mas a interpretação intuitiva é que se trata de uma forma de avaliar o risco para a saúde a partir de uma política, ação ou intervenção definida. A OMS tem produzido inúmeras recomendações e métodos para serem usados na avaliação de risco, principalmente em relação à segurança de produtos químicos.

Avaliação do impacto na saúde

A avaliação do impacto na saúde pode ser considerada como uma avaliação de risco centrada em uma população ou exposição específica, enquanto a avaliação de risco tem uma aplicação mais ampla, respondendo questões tais como: “Que tipo de risco à saúde pode causar um determinado agente químico em certas situações de exposição?”. Atualmente, a avaliação de impacto na saúde é amplamente recomendada como um método para avaliar o valor potencial de diferentes ações e políticas preventivas.¹⁸

Manejo de risco

O termo manejo de risco se aplica ao planejamento e implementação de ações para reduzir ou eliminar riscos para a saúde.

Avaliação do impacto ambiental

Nos últimos anos, tem sido dada maior atenção para a avaliação do impacto ambiental (análise preditiva) e auditoria ambiental (análise da situação existente) de projetos de desenvolvimento agrícola e industrial. Esses procedimentos têm se tornado uma exigência legal em muitos países. O componente de saúde dessas avaliações é chamado de avaliação do impacto ambiental na saúde e é uma importante aplicação da análise epidemiológica na saúde ambiental. Tal avaliação é também usada para prever os problemas de saúde que poderão advir do uso de novos agentes químicos ou tecnologias. Existem várias etapas em uma avaliação global de risco ambiental: (1) Identificar riscos ambientais para a saúde que a tecnologia ou projeto em estudo poderá originar; (2) Esses riscos são químicos?; (3) Se sim, que agentes químicos estão envolvidos?; (4) Existem riscos biológicos? (ver Tabela 9.1).

- Analisar o tipo de efeito sobre a saúde que cada agente poderá ocasionar (avaliação de risco). A informação poderá ser obtida em revisões sistemáticas da literatura científica para cada agente (de uma maneira similar às da revisão Cochrane de tratamentos para doenças específicas, como apontado no Capítulo 3), ou em avaliações internacionais de risco, tais como, Séries de Critérios de Saúde Ambiental ou Documento Síntese da Avaliação Internacional de Agentes Químicos publicados pela OMS, ou as séries de monografias publicadas pela Agência Internacional de Pesquisa sobre o Câncer (IARC) e, se necessário, complementando com estudos com pessoas expostas aos agentes em questão.
- Medir ou estimar o nível atual de exposição das pessoas potencialmente afetadas, incluindo a população geral e os trabalhadores. A avaliação da exposição humana deve levar em conta a monitoração ambiental, biológica, e informações relevantes sobre a história da exposição e tendências temporais.

As informações sobre a exposição em subgrupos são combinadas com relações dose-efeito e dose-resposta para cada agente, com o objetivo de calcular o provável risco à saúde da população.

Quadro 9.3. Exemplo: Avaliação de impacto à saúde

A avaliação do impacto da poluição do ar decorrente do trânsito, na Europa, é um exemplo de uma avaliação de impacto à saúde que teve grande impacto sobre políticas de saúde ambiental.¹⁹ Os pesquisadores, baseados em dados de monitoração da qualidade do ar, de estimativas do número de pessoas expostas e relações de dose-resposta de estudos epidemiológicos, calcularam o número provável de mortes decorrentes desse tipo de poluição do ar (Tabela 9.5). Foi alarmante saber que o número de mortes devido à poluição era muito maior que o número de mortes por acidentes de trânsito. Esse estudo serviu de base para inúmeras políticas de controle de tráfego relacionadas à poluição do ar na Europa.

Uma análise similar foi realizada na Nova Zelândia²⁰ com uma menor razão de mortes decorrentes da poluição em relação a mortes por acidentes de trânsito (Tabela 9.5). Essa menor razão era esperada, uma vez que os níveis de poluição do ar, naquele país, são em geral menores do que os da Europa, e os acidentes de trânsito são mais comuns.

Tabela 9.5. Mortalidade devido à poluição do ar (para adultos ≥30 anos) e mortes por acidentes de trânsito (1996)

País	População (milhões)	Mortes por acidentes de trânsito (A)	Mortes pela poluição atmosférica decorrente do trânsito (B)	Razão B/A
França	58,3	8.919	17.629	2,0
Áustria	8,1	963	2.411	2,5
Suíça	7,1	597	1.762	3,0
Nova Zelândia	3,7	502	399	0,8

Estudos epidemiológicos podem também ser usados para medir diretamente o risco à saúde. O risco poderia ser apresentado como potencial aumento no risco relativo de certos efeitos sobre a saúde ou de aumento calculado no número de casos de certas doenças ou sintomas. O uso de estimativas da carga da doença é de recente desenvolvimento nas avaliações de impacto em saúde. A OMS desenvolveu algumas ferramentas para serem usadas nessas análises, que se encontram na série de documentos Carga Ambiental das Doenças.²¹ Os três passos na avaliação de manejo de risco são:

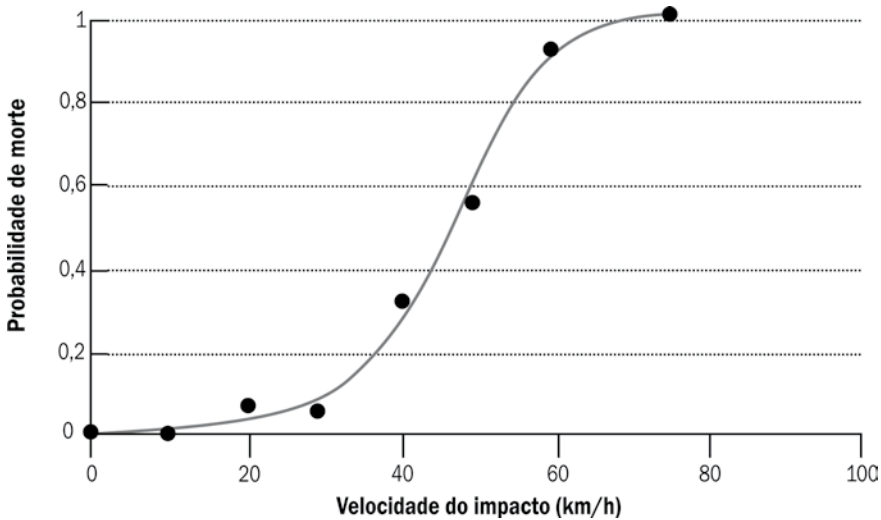
- Primeiro, a estimativa do risco à saúde deve ser avaliada em relação a um “risco aceitável” predeterminado ou em relação a outros riscos à saúde na mesma comunidade. Limites máximos de exposição, objetivos em saúde pública ou outras normas de proteção à saúde são frequentemente usados nesse processo. A questão fundamental é: há necessidade de desenvolver alguma ação preventiva visto que o risco estimado para a saúde é muito alto?
- Se é necessária uma ação preventiva, o próximo passo no manejo do risco é a redução da exposição. Isso pode envolver mudanças nos processos de eliminação de certos agentes, instalação de equipamentos para controle da poluição ou mudanças em projetos que sejam considerados perigosos.
- Finalmente, o manejo do risco também envolve a monitoração da exposição e dos riscos à saúde após a implementação das medidas de controle. É importante assegurar que o nível pretendido de proteção tenha sido alcançado e que qualquer medida adicional de proteção seja tomada sem atraso. Nessa fase do manejo do risco, a avaliação do nível de exposição no homem e os inquéritos epidemiológicos desempenham um papel importante.

Epidemiologia dos acidentes

Um tipo especial de análise epidemiológica que desempenha papel importante na saúde ambiental e ocupacional é a epidemiologia dos acidentes e violências. As lesões causadas pelos acidentes de trânsito estão aumentando em muitos países, sendo a principal causa de óbito e incapacidade entre jovens e crianças, com grande impacto em saúde pública.

As relações de dose-resposta também podem ser obtidas para os acidentes, quando a exposição ambiental é quantificada. Um exemplo é o risco de óbito em pedestres atropelados (Figura 9.6).

Figura 9.6. Risco de óbito entre pedestres de acordo com a velocidade do veículo²²



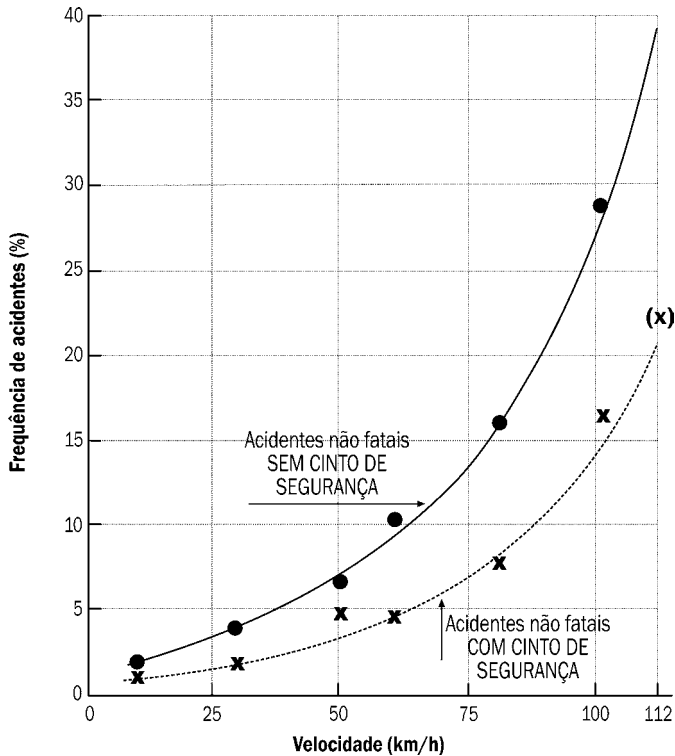
Lesões por acidentes de trânsito

Um clássico exemplo da epidemiologia dos acidentes em virtude de colisões com automóveis é a relação dose-resposta entre velocidade do veículo (dose) e a frequência das lesões (resposta) em motoristas com e sem cinto de segurança (Figura 9.7). Essa informação tem sido muito útil para a tomada de decisões a respeito de duas diferentes abordagens preventivas: redução da velocidade e uso do cinto de segurança.

Acidentes no local de trabalho

As lesões por acidentes estão entre os importantes problemas de saúde causados por fatores existentes no local de trabalho. Os fatores ambientais associados a esses acidentes geralmente são mais difíceis de serem identificados e quantificados do que aqueles que causam, por exemplo, envenenamento químico. Entretanto, aperfeiçoamentos tecnológicos e administrativos que ocorreram ao longo dos anos têm resultado em grandes reduções nas taxas de lesões ocupacionais na maioria dos países ricos (veja o banco de dados LABORSTA da Organização Internacional do Trabalho em Genebra).

Figura 9.7. Relação entre velocidade, uso do cinto de segurança e frequência das lesões em motoristas envolvidos em colisões²³



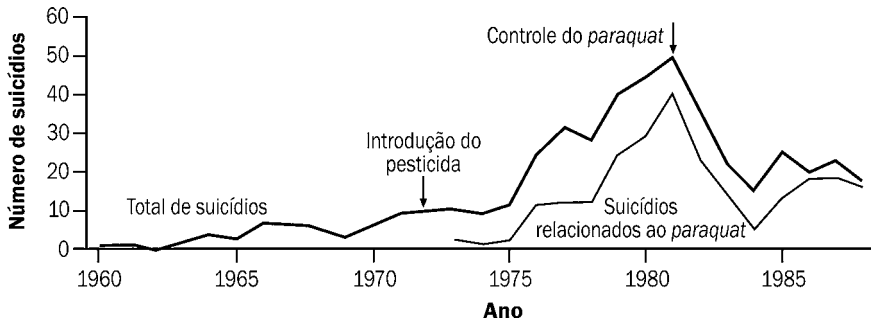
Violência

A violência é outro problema de saúde pública que tem sido identificado pelos estudos epidemiológicos realizados nas últimas décadas.²⁴ Em alguns países de renda alta, os homicídios são a principal causa de óbito entre jovens do sexo masculino, e a situação é ainda pior em alguns países de renda baixa e média. Por exemplo, o banco de dados da OMS sobre mortalidade mostra que no Brasil os homicídios são responsáveis por 40% dos óbitos em indivíduos do sexo masculino com idade entre 15 e 24 anos. As armas de fogo são frequentemente usadas para cometer homicídios, e em muitos países isso tem aumentado.

Suicídios

O suicídio é outra importante causa de óbito. Os fatores ambientais associados à intenção suicida são basicamente sociais ou econômicos,²⁴ mas a realização do suicídio depende também do acesso a métodos suicidas, que podem ser considerados como fatores ambientais. A Figura 9.8 mostra o dramático aumento no suicídio na Samoa Ocidental, após a introdução do pesticida *paraquat*, que é extremamente tóxico. O pesticida se tornou facilmente disponível nas comunidades, pois era usado nas plantações de banana. A incidência de suicídio diminuiu após a implantação de medidas de controle desse pesticida. Esse é um exemplo de como a simples contagem de casos incidentes pode claramente mostrar o efeito de intervenções preventivas.

Figura 9.8. Número de suicídios na Samoa Ocidental em relação ao uso do pesticida paraquat²⁴



Características especiais da epidemiologia ambiental e ocupacional

Na saúde ambiental e ocupacional, a epidemiologia é usada para estabelecer:

- Etiologia
- História natural
- Nível de saúde da população
- O valor das intervenções e serviços de saúde.

Uma característica especial da epidemiologia ambiental é a base geográfica. A poluição da água, do ar e do solo está geralmente relacionada com áreas geográficas definidas. O mapeamento dos níveis ambientais ou exposições podem ser, portanto, ferramentas úteis em estudos epidemiológicos.

Os estudos em epidemiologia ambiental necessitam frequentemente de aproximações e modelagens para a quantificação das exposições, uma vez que medidas individuais das exposições são muito difíceis de serem obtidas. Análises com modelagens da qualidade do ar combinadas com o Sistema de Informação Geográfica (GIS) têm sido úteis em vários estudos sobre os efeitos na saúde da poluição do ar. Um exemplo de avaliação de exposição é o número de dias em que as concentrações de dióxido de nitrogênio excederam os diferentes pontos de corte, e o número de pessoas expostas em diferentes localidades de uma cidade a partir de dados censitários.

Estabelecendo padrões de segurança

Relações de dose-efeito e dose-resposta são importantes na epidemiologia ocupacional e ambiental, pois fornecem informação essencial para o estabelecimento de padrões de segurança. A relação dose-efeito pode ser usada para decidir qual efeito é mais importante prevenir. Uma vez que uma decisão seja tomada, no que diz respeito ao nível aceitável de resposta, a relação dose-resposta fornece a dose máxima que seria aceitável. Usando essa abordagem, a OMS tem desenvolvido uma série de normas para a qualidade da água,^{25 26} do ar,²⁷ e limites máximos de exposição ocupacional.²⁸ Em resposta ao acidente nuclear na usina de Chernobyl foram também desenvolvidas normas para a contaminação de alimentos pela radiação. Para muitos fatores am-

bientais, os dados disponíveis são insuficientes para permitir o estabelecimento de padrões com alguma precisão, e a experiência prática ou de outras pessoas torna-se a base dos padrões de segurança. Estudos epidemiológicos mais aprofundados são necessários para fornecer informações adicionais sobre as relações dose-resposta

Medindo a exposição no passado

Uma característica especial da maioria dos estudos etiológicos em epidemiologia ocupacional é o uso de registros das empresas e dos sindicatos para identificar indivíduos que foram expostos no passado a certo tipo de agente ou de trabalho (Capítulo 3). Com a ajuda desses registros, podem ser realizados estudos de coorte retrospectiva. Muitas associações entre exposições ocupacionais e danos à saúde foram identificadas dessa maneira.

Efeito do trabalhador sadio em estudos ocupacionais

Os estudos em epidemiologia ocupacional incluem frequentemente apenas homens saudáveis. Assim o grupo de trabalhadores expostos apresenta menor taxa de mortalidade geral em relação ao mesmo grupo etário na população geral. Essa mortalidade menor é chamada de efeito do trabalhador sadio,³⁰ o qual deve ser levada em consideração sempre que a taxa de mortalidade em um grupo de trabalhadores for comparada com a da população geral. Frequentemente, a taxa de mortalidade entre trabalhadores sadios é de 70% a 90% daquela observada na população geral. A diferença ocorre devido à presença de pessoas doentes e incapacitadas na população não trabalhadora, que geralmente apresentam maiores taxas de mortalidade.

Desafio continuado para os epidemiologistas

Este capítulo apontou a contribuição significativa de vários agentes ambientais e ocupacionais para a carga global de doenças. Estudos epidemiológicos nessa área têm contribuído com informações essenciais para as políticas de saúde e as estratégias de prevenção adotadas atualmente em países de renda alta. Atualmente, os epidemiologistas enfrentam o desafio de produzir evidências sobre a necessidade de estratégias similares nos países de rendas baixa e média.

As prioridades em políticas de saúde muitas vezes são dirigidas pela “mentalidade de contar corpos”, ou seja, os óbitos causados por certos agentes têm de ser identificados antes que qualquer ação seja tomada. Isto porque muitos agentes ambientais e ocupacionais estão relacionados à atividade econômica, onde a preocupação com o custo é alta, a adoção de ações preventivas nessa área é frequentemente controversa. A epidemiologia pode fornecer as bases para a adoção de políticas ambientais e em saúde que sejam baseadas em evidências.

Existe controvérsia em temas ambientais, tais como, mudanças climáticas – onde as evidências são limitadas –, mas é necessário que ações sejam tomadas agora para prevenir futuros danos à saúde. Existem muitas oportunidades para importantes e interessantes pesquisas em saúde ocupacional e ambiental, e o espaço está aberto para abordagens originais e criativas.

Questões para estudo

- 9.1 (a) Na Tabela 9.1, quais grupos etários são mais suscetíveis aos efeitos do chumbo?
(b) Qual efeito é o mais sensível indicador de exposição ao chumbo?
- 9.2 (a) Qual é o resultado do aumento da dose externa na Figura 9.3?
(b) Por que a dose de asbesto é frequentemente calculada como partícula/ano ou fibra/ano?
- 9.3 Escolha uma substância tóxica ao ambiente e faça uma busca na internet para meios de monitoração biológica potenciais que indiquem exposições recentes e cumulativas no longo prazo.
- 9.4 Você é uma autoridade de saúde pública em uma cidade de porte médio com um grande número de indústrias. Os trabalhadores nessas indústrias recebem cuidados médicos através de um sistema de seguro saúde padronizado, o que significa que os que estão na ativa e os aposentados recebem cuidados médicos no mesmo hospital. Um médico do hospital alerta para o elevado número de casos de câncer de pulmão entre os trabalhadores. Como você desenhará um estudo inicial para investigar a associação potencial entre exposição ocupacional e câncer de pulmão?
- 9.5 Como uma análise epidemiológica da epidemia de mortes por doenças cardíacas e pulmonares em 1952 (Figura 9.2) poderia determinar que a epidemia foi de fato decorrente do *smog*?
- 9.6 O que é o efeito do trabalhador sadio e como este introduz vieses em estudos de epidemiologia ocupacional?
- 9.7 Sugira questões de pesquisa nas quais o Sistema de Informação Geográfica (GIS) pode ser uma ferramenta útil para a avaliação da exposição em epidemiologia ambiental.
- 9.8 Descreva situações de risco para acidentes em sua vida diária, para as quais foram desenvolvidos métodos preventivos com base em estudos epidemiológicos.

Referências

1. *Health and environment in sustainable development*. Document WHO/EHG/ 97.8. Geneva, World Health Organization, 1997.
2. Smith KR, Corvalan CF, Kjellstrom T. How much ill health is attributable to environmental factors? *Epidemiology* 1999;10:573-84.
3. Pruess-Ustun A, Corvalan C. *Preventing disease through healthy environments. Towards an estimate of the environmental burden of disease*. Geneva, World Health Organization, 2006.
4. Canfield RL, Henderson CR, Cory-Slechta DA, Cox C, Jusko TA, Lanphear BP. Intellectual impairment in children with blood lead concentrations below 100 ug/l. *N Engl J Med* 2003;348:1517-26.
5. Meyer PA, Pivetz T, Dignam TA, Homa DM, Schoonover J, Brody D. Surveillance for elevated blood lead levels among children in the United States, 1997-2000. *MMWR Surveill Summ* 2003;52:1-21.
6. *Inorganic lead*. (Environmental Health Criteria, No. 165). Geneva, World Health Organization, 1995.
7. Kjellström T, Lodh M, McMichael T, et al. Air and water pollution; burden and

- strategies for control. In: Jamison DT, Breamn JG, Measham AR, Alieyne G, Claeson M, Evans DB, et al. eds. *Disease control priorities in developing countries*. New York, Oxford University Press, 2006;817-832.
8. Study Group for Global Environment and Economics, Office of Planning and Research, *Pollution in Japan—Our Tragic Experience*. Tokyo, Japan Environment Agency, 1991.
 9. McMichael AJ. *Human frontiers, environments and disease: past patterns, uncertain futures*. Cambridge, Cambridge University Press, 2001.
 10. McMichael AJ, Campbell-Lendrum DH, Corvalan CF, Ebi KL, Githeko AK, Scheraga JD, et al. *Climate change and human health, risks and responses*. Geneva, World Health Organization, 2003.
 11. Sunyer J, Grimault T. Global climate change, widening health inequalities and epidemics. *Int J Epidemiol* 2006;35:213-6.
 12. United Kingdom Ministry of Health. *Mortality and morbidity during the London fog of December 1952*. London, Her Majesty's Stationery Office, 1954.
 13. Children's health and the environment in North America. Geneva, World Health Organization.
 14. McDonald JC, et al. Chrysotile Fibre Concentration and Lung Cancer Mortality: A Preliminary Report. In: Wagner, JC ed. *Biological Effects Of Mineral fibres*. Vol. 2. (IARC Scientific Publications, No. 30), Lyons, International Agency for Research on Cancer, 1980;811-817.
 15. *Cadmium: environmental aspects*. (Environmental health criteria No, 134). Geneva, World Health Organization. 1992.
 16. Needleman HL, Gunnoe C, Leviton A, Reed R, Peresie H, Maher C, Barrett P. Deficits in psychologic and classroom performance of children with elevated dentine lead levels. *N Engl J Med* 1979;300:689-95;
 17. *Noise*. (Environmental Health Criteria, No. 12). Geneva, World Health Organization, 1980.
 18. Dora C, Racioppi F. Including health in transport policy agendas: the role of health impact assessment analyses and procedures in the European experience. *Bull World Health Organ* 2003;81:399-403,
 19. Kunzli N, Kaiser R, Medina S, Studnicka M, Chanel O, Filliger P, et al. Public-health impact of outdoor and traffic-related air pollution: a European assessment. *Lancet* 2000;356:795-801.
 20. Fisher G, Rolfe KA, Kjellstrom T, Woodward A, Hales S, Sturman AP, et al. Health effects due to motor vehicle pollution in New Zealand: Report to the Ministry of Transport. 2002:1-72.
 21. *Introduction and methods - Assessing the environmental burden of disease at national and local levels*. Geneva, World Health Organization, 2003 http://www.who.int/quantifying_ehimpacts/publications/en/.
 22. Peden M, Sarfiled R, Sleet D, Mohan D, Hyder AA, Jarawan E, eds. *World report on road traffic injury prevention*. Geneva, World Health Organization, 2004.
 23. Bohlin NI. A statistical analysis of 28 000 accident cases with emphasis on occupant restraint value. *SAE transactions* 1967;76:2981-994.
 24. Krug EG, Dahlber LL, Mercy JA, Zwi AB, Lozano R, eds. *World report on violence and health*. Geneva. World Health Organization, 2002.
 25. Scoggins A, Kjellstrom T, Fisher G, Connor J, Gimson N. Spatial analysis of annual air pollution exposure and mortality. *Sci Total Environ* 2004;321:71-85,

26. *Guidelines for drinking-water quality*. Vol. 1, Recommendations. Geneva, World Health Organization, 2004.
27. *Air quality guidelines for Europe*. (Regional Publications, European Series, No. 23) Copenhagen, World Health Organization Regional Office for Europe, 1987.
28. Recommended health-based limits in occupational exposure to heavy metals: report of a WHO Study Group. *WHO Tech Rep Series* 1980:647.
29. *Derived intervention levels for radionuclides in food. Guidelines for application after widespread radioactive contamination*. Geneva, World Health Organization, 1988.
30. McMichael AJ. Standardized mortality ratios and the “healthy worker effect”: scratching beneath the surface, *J Occup Med* 1976;18:165-8.