

# Qualidade do ar interno em ambientes hospitalares

## **Marina Eller Quadros**

Virginia Polytechnic Institute and State University  
marinaequadros@yahoo.com

## **Henrique de Melo Lisboa**

Universidade Federal de Santa Catarina. hlisboa@ens.ufsc.br

## **Vetúria Lopes de Oliveira**

Universidade Federal de Santa Catarina. veturia@ccb.ufsc.br

## **Waldir Nagel Schirmer**

Universidade Estadual do Centro-oeste. wanasch@yahoo.com.br

## **Resumo**

Este trabalho tem o objetivo de traçar uma revisão sobre a qualidade do ar em ambientes internos, dando ênfase aos hospitalares. Em unidades de saúde, a qualidade do ar pode exercer uma influência direta e de grande significância na velocidade de recuperação dos pacientes e na ocorrência de infecções hospitalares. Embora haja inúmeros contaminantes do ar, estes podem ser facilmente distinguíveis quanto à sua natureza, sendo classificados como sendo de natureza biológica e não-biológica. Similarmente ao que já vem se observando internacionalmente, a expectativa é de que, também no Brasil, ocorra um aumento no controle da qualidade do ar de ambientes internos, com a adoção de medidas mais rigorosas específicas para fontes de diferentes naturezas e a inclusão de um programa de medida e controle/abatimento desses contaminantes.

**Palavras-chave:** Hospital. Poluição do ar. Qualidade do ar interno.

## **Abstract**

This work had the objective to review the current state of the knowledge on indoor air quality, emphasizing hospital environments. In health care units, indoor air quality (IAQ) can exert a direct, significant, influence on the patients' recovery rate and the occurrence of nosocomial infections. There are a large number of air pollutants, and these can be subdivided into two groups: biological and non-biological. An increase in IAQ control is expected in Brazil, following international trends. These trends include stricter source control measures and the development of contaminant-specific control programs.

**Keywords:** Hospital. Air pollution. Indoor air quality.

## **1 Introdução**

A qualidade de vida das pessoas é bastante influenciada pela qualidade do ar que respiram. Embora haja inúmeros contaminantes do ar, estes podem ser facilmente distinguíveis quanto à sua natureza, sendo classificados como químicos, físicos ou biológicos ou, ainda, como sendo de natureza biológica e não-biológica (QUADROS, 2008). As características do ar interno dependem diretamente da qualidade do ar no ambiente externo, mas, também, podem ser afetadas pelas atividades realizadas dentro das edificações, como o fumo e a cocção de alimentos, o aquecimento de ar e água, e até mesmo os materiais de construção e mobília (STATHOULOPOU *et al.*, 2008).

No caso específico de unidade de saúde, a qualidade do ar pode exercer uma influência direta e de grande significância na velocidade de recuperação dos pacientes e na frequência de ocorrência de infecções hospitalares. Em unidades de atendimento a portadores de câncer e doenças imunodepressoras, como a AIDS, estudos desta natureza ganham ainda maior importância, pois os usuários dessas unidades encontram-se com seus sistemas imunológicos comprometidos.

As doenças causadas pelo ar interno insalubre já estão entre as principais causas de pedidos de afastamento do trabalho, tanto nos Estados Unidos quanto na Europa. A OMS contabilizou a contribuição de uma variedade de fatores de risco a doenças e determinou que a poluição do ar interno é o 8º fator de risco mais importante, sendo responsável por 2,7% do conjunto de casos de doenças no mundo (WHO, 2008). Indivíduos de terceira idade passam até 90% do seu tempo em ambientes fechados (ZHANG, 2004; USEPA, 2005), e os poluentes contidos no ar desses ambientes podem ser tóxicos, principalmente para indivíduos suscetíveis a derrame cerebral e doenças cardíacas.

No Brasil existem normas reguladoras da qualidade do ar, em especial aquelas estabelecidas pela ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária). Uma destas é a resolução RE nº 9 de 16 de janeiro de 2003, que estabelece padrões de referência de qualidade do ar interior, em ambientes climatizados artificialmente, de uso público e coletivo (BRASIL, 2003). As unidades de saúde se enquadram no escopo desta resolução.

Neste contexto, este trabalho tem o objetivo de traçar uma revisão sobre a qualidade do ar em ambientes internos, dando ênfase aos hospitalares. Primeiramente, serão apresentados os aspectos gerais da qualidade do ar

em ambientes internos, em seguida, alguns aspectos particularmente pertinentes aos ambientes hospitalares serão discutidos, bem como a legislação na área.

## 2 Contaminantes do ar interno de natureza não-biológica e efeitos à saúde

### 2.1 Material particulado

Também conhecido pelo termo "aerodispersóide", o material particulado em suspensão no ar tem grande influência na qualidade do ar em ambientes internos e externos. Esta categoria de poluentes é constituída de uma mistura física e química de poeiras, fumaças e todo tipo de material sólido ou líquido (gotículas, aerossol, névoas, fumaça etc.) que se encontra suspenso na atmosfera devido às suas dimensões diminutas ou temperatura elevada. As principais fontes de emissão de particulado para a atmosfera são: veículos automotores, processos industriais, queima de biomassa, ressuspensão de poeira do solo, entre outros (SÃO PAULO, 2007).

A CETESB classifica os materiais particulados em três categorias (SÃO PAULO, 2007):

- Partículas Totais em Suspensão (PTS): definidas como aquelas cujo diâmetro aerodinâmico é menor do que 50  $\mu\text{m}$ . Uma parcela dessas partículas é inalável e pode causar problemas à saúde.

- Fumaça (FMC): recebe essa classificação o material particulado suspenso na atmosfera, proveniente de processos de combustão, também conhecido como fuligem.

- Partículas Inaláveis ( $\text{MP}_{10}$ ): são definidas como aquelas cujo diâmetro aerodinâmico é menor do que 10  $\mu\text{m}$ . Esta categoria ainda pode ser subdividida em outras duas: as partículas inaláveis finas, ou  $\text{MP}_{2,5}$ , que são aquelas com diâmetro aerodinâmico inferior a 2,5  $\mu\text{m}$ , e as partículas inaláveis grossas, que são aquelas cujo diâmetro está entre 2,5 e 10  $\mu\text{m}$ . As partículas inaláveis finas podem atingir os alvéolos pulmonares, já as grossas ficam retidas na parte superior do sistema respiratório.

As fontes de MP em um ambiente interno podem ser externas ou internas. As principais fontes em residenciais são o fumo e o cozimento de alimentos e, embora nos escritórios o fumo ainda seja uma fonte substancial de MP em determinados países, os equipamentos de escritório também são considerados fontes importantes (CARMO e PRADO, 1999 e KILDESO *et al*, 1999).

Os materiais particulados produzidos internamente são, em geral, menores que os externos, e contêm uma quantidade maior de compostos orgânicos devido às características da sua fonte (fogão, cigarro etc.) e à natureza das atividades realizadas dentro do edifício. Essas características fazem dos particulados internos potencialmente mais perigosos à saúde (QUADROS, 2008).

A fibra de amianto é uma categoria especial dos materiais particulados em suspensão. Asbesto e amianto são nomes comerciais de um grupo heterogêneo de minerais silicatos hidratados que ocorrem em várias formas incombustíveis e que podem se separar em filamentos (MARONI *et al.*, 1995; *apud* JONES, 1999; MENDES, 2001). São muito utilizados em materiais de construção para isolamento térmico e retardamento de fogo (lã de rocha). Até pouco tempo, o asbesto era muito utilizado como matéria prima na fabricação de materiais de fibrocimento (telhas e caixas d'água). Entretanto, a partir de 1º de junho de 1995, a Lei Federal nº9.055/95 vetou seu uso em todo o território nacional, devido aos seus efeitos nocivos à saúde humana (BRASIL, 1995). Segundo Brown (2004), são duas as principais enfermidades associadas ao asbesto disperso no ar: a asbestose e o câncer de pulmão.

### 2.2 Compostos Orgânicos Voláteis (COV)

Considera-se COV todo composto que, à exceção do metano, contém carbono e hidrogênio, os quais possivelmente podem ser substituídos por outros átomos como halogênios, oxigênio, enxofre, nitrogênio ou fósforo, excluindo-se óxidos de carbono e carbonatos. O conceito mais "utilizado", entretanto, é o da Agência Americana de Proteção Ambiental (USEPA), que definiu COV como toda substância carbonada (exceto monóxido de carbono, dióxido de carbono, ácidos carbônicos, carbonetos, carbonatos metálicos e carbonatos de amônia) que participa de reações fotoquímicas da atmosfera, embora alguns destes compostos voláteis tenham reatividade química negligenciável. Esta definição compõe uma lista considerável de compostos químicos (mais de 600), onde quase um terço destes constitui-se de substâncias tóxicas (GHOSHAL e MANJARE, 2002; LE CLOIREC, 1998; SCHIRMER, 2007; ZYSMAN e SKELLY, 2001).

Estudos confirmaram que os COV são encontrados em maior número nos ambientes internos do que no ar externo (WANG, ANG e TADE, 2007). Por este motivo, esta é a classe de compostos mais freqüente e mais estudada nos ambientes internos (TUCKER, 2004). Embora exista uma grande variedade de compostos em um dado ambiente, os mais freqüentemente encontrados são: benzeno, tolueno, etilbenzeno, xileno, formaldeído e acetaldeído. Entretanto, estes raramente estão em concentração superior aos seus limites individuais de toxicidade (WHO, 1989; WOLKOFF e NIELSEN, 2001; TUCKER, 2004). Segundo Wang, Ang e Tade (2007), a concentração média de cada COV varia de local para local, e geralmente está entre 5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  e 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  em edificações com alguns meses ou anos de uso (não recém-construídas).

Uma parcela dos COV encontrados no ambiente interno vem do ar externo, uma vez que a combustão de combustíveis fósseis por veículos automotivos é uma fonte expressiva destes compostos. Os níveis de alguns COV são maiores internamente do que externamente, pois, apesar de a entrada de COV a partir do ar externo ser

também significativa, as fontes internas são mais importantes, principalmente em edifícios novos, onde os materiais de construção apresentam taxas mais altas de emissão, que vão diminuindo com o tempo. Fatores como estação do ano, temperatura e umidade relativa alteram as concentrações de COV (BROWN *et al.*, 1994; WANG, ANG e TADE, 2007). Suas principais fontes em ambientes internos são materiais de construção, acabamento, decoração, mobiliário, pisos, combustão, processos metabólicos, produtos de limpeza etc.

O formaldeído é o COV mais encontrado em ambientes internos, chegando a ser considerado por certos autores como um dos mais importantes (CARMO e PRADO, 1999; JONES, 1999; USEPA, 1995). Este composto está presente em grande parte das colas de madeira aplicadas em MDF, compensados e aglomerados; é usado como conservante em tintas e cosméticos; faz parte da formulação em estampas de tecidos, vernizes de papel e, ainda, de materiais de isolamento térmico e acústico, como a fibra de vidro (USEPA, 1997).

Embora as concentrações de cada COV encontrado nos ambientes internos normalmente seja consideravelmente inferior a seus limites de tolerância (LT), Molhave (2004) afirma que a maioria dos COV causa algum tipo de reação, mesmo em baixa concentração. Em ambientes internos, este autor define que os usuários estão sob efeitos de baixa exposição de contaminantes e que seus efeitos são geralmente reversíveis e os sintomas não são específicos. Diversos autores ressaltam que os COV estão diretamente relacionados aos sintomas da SED - *síndrome de edifícios doentes* (WOLKOFF *et al.*, 1997; JONES, 1999; WANG, ANG e TADE, 2007; WOLKOFF e NIELSEN 2001; MOLHAVE, 2004). Muitos COV são tóxicos e considerados carcinogênicos, mutagênicos e teratogênicos (ALBERICI e JARDIM, 1997 *apud* WANG, ANG e TADE, 2007).

### 2.3 Compostos inorgânicos

#### Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>)

O dióxido de carbono é um metabólico expelido naturalmente como subproduto da respiração humana. Além disso, o CO<sub>2</sub> também é gerado em processos de combustão e em veículos automotores (GIODA, 2003). Este é um gás incolor e inodoro, cuja concentração típica em ambientes internos varia entre 700 e 2.000 ppm. O CO<sub>2</sub> é um asfíxiante, que também pode atuar como irritante no sistema respiratório. Entretanto, é necessária exposição a concentrações extremamente altas (acima de 30.000 ppm) para que ocorram danos significativos à saúde humana.

A resolução RE nº 9, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA (BRASIL, 2003), recomenda determinados padrões referenciais de qualidade do ar interior em ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo. Dentre outros parâmetros, o dióxido de carbono tem seu valor máximo de concentração definido nesta resolução em 1000 ppm e é definido como indicador de renovação de ar externo, recomendado para conforto e bem-estar.

#### Monóxido de Carbono (CO)

O CO também é um gás incolor, inodoro e com toxicidade considerável. É formado através da combustão incompleta de materiais que contenham carbono em locais com baixos níveis de oxigênio. A concentração de CO tende a ser maior em edifícios que possuam acesso para veículos, como garagens. Outra fonte de CO é a fumaça de tabaco (CARMO e PRADO, 1999; GOLD, 1992, *apud* JONES, 1999).

A agência de proteção ambiental norte-americana (USEPA, 1991a) recomenda que, para evitar exposição ao CO, deve-se manter o ambiente sempre bem ventilado, visto que, mesmo concentrações pequenas, já produzem efeitos à saúde humana. Aparelhos que utilizam combustão devem sempre estar em ótimas condições de uso (JONES, 1999).

#### Óxidos de Nitrogênio (NO<sub>x</sub>)

O monóxido de nitrogênio (NO) e o dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>) são formados em ambientes onde existem condições de alta temperatura e pressão, que podem oxidar parcialmente ou completamente moléculas de nitrogênio atmosférico (N<sub>2</sub>) ou do nitrogênio presente na composição dos combustíveis eventualmente utilizados.

A formação do NO é mais provável na queima de combustíveis em motores veiculares, enquanto que a produção de NO<sub>2</sub> está associada ao uso de equipamentos que queimam gás, querosene, madeira, bem como a fumaça de tabaco (QUADROS, 2008). O NO atinge ambientes internos através dos sistemas de captação, quando estes estão localizados no nível da rua ou quando há comunicação com garagens (CARMO e PRADO, 1999; MARONI *et al.*, 1995 *apud* JONES 1999). De acordo com Carmo e Prado (1999), o NO<sub>2</sub> é extremamente reativo com superfícies internas (como paredes) e com o mobiliário.

O NO pode interferir no transporte de oxigênio para os tecidos produzindo efeitos parecidos com os do CO; pode, ainda, provocar edema pulmonar quando em elevadas concentrações (CARMO e PRADO, 1999). O NO<sub>2</sub> é um agente oxidante que compromete a função pulmonar, podendo causar inflamações respiratórias e, em casos mais graves, enfisema pulmonar (FRAMPTON *et al.*, 1991 *apud* JONES, 1999; USEPA, 1995).

#### Óxidos de Enxofre (SO<sub>x</sub>)

O dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>) é o formado através da queima de combustíveis fósseis que contenham impurezas ou compostos à base de enxofre. É altamente solúvel em água, formando ácido sulfúrico e sulfuroso. Os efeitos do SO<sub>2</sub> não são restritos somente aos ocupantes do edifício, mas também aos equipamentos e móveis,

pois os compostos formados, quando em contato com água, são corrosivos (CARMO e PRADO 1999; BURR, 1997 *apud* JONES 1999). As concentrações internas deste composto são usualmente menores do que as externas e a razão ambiente interno/externo fica entre 0,1 e 0,6 (LEADERER *et al.* 1993 *apud* JONES, 1999). Sua inalação, em doses elevadas, causa danos ao sistema respiratório inferior e exposições crônicas podem levar a uma diminuição da função pulmonar (USEPA, 1994; CARMO e PRADO, 1999).

#### **Radônio (<sup>222</sup>Rn)**

O radônio é um gás altamente radioativo (possui meia-vida de ~ 3,5 dias) e é produzido pelo decaimento do elemento químico rádio (Ra). Este elemento ocorre naturalmente em quase todos os solos e rochas, principalmente aqueles que contêm urânio, em regiões ricas em granito ou xisto, e entra nos edifícios através de rachaduras no concreto das paredes e pisos, de tubulações posicionadas no chão, buracos e qualquer outra abertura em suas fundações. Materiais de construção também podem liberá-lo (USEPA, 1992; CARMO e PRADO, 1999).

Em ambientes externos, o radônio dificilmente ultrapassa valores que possam pôr em risco a saúde humana. No entanto, em ambientes internos, sem ventilação adequada, este pode vir a se tornar um problema, principalmente pela formação de elementos (como Polônio: Po-218 e Po-214) a partir do seu decaimento (COHEN, 1998; WANNER, 1993 *apud* JONES, 1999). Acredita-se que exposições ao radônio causem câncer de pulmão em seres humanos e, também, leucemia linfoblástica aguda (JONES, 1999; SAMET, 2004).

#### **Ozônio (O<sub>3</sub>)**

O ozônio é um composto altamente reativo, gerado facilmente quando o ar passa por um campo eletrostático. Normalmente, a fonte mais importante de ozônio é o ar externo, mas alguns equipamentos eletrônicos também o produzem, como fotocopiadoras e impressoras a laser (GIODA, 2003; UNDERHILL, 2004).

Em ambientes internos, o O<sub>3</sub> reage com hidrocarbonetos insaturados e NO<sub>x</sub> (óxidos de nitrogênio), o que acarreta em uma diminuição na sua concentração. Porém, há geração de radicais ainda mais reativos, entre eles a hidroxila (OH<sup>\*</sup>). A formação de ozônio depende de alguns fatores como: velocidade da troca de ar; concentração de reagentes; temperatura; umidade relativa e luz. O ozônio é um agente oxidante que pode causar fortes irritações nos pulmões, garganta e olhos (GIODA, 2003; WOLKOFF e NIELSEN, 2001 *apud* GIODA e AQUINO NETO, 2003).

#### **Fumaça de Cigarro (ETS - Environmental Tobacco Smoke)**

Formada por material particulado, compostos orgânicos voláteis e semi-voláteis e compostos inorgânicos, a fumaça de cigarro ainda é considerada o principal poluente de ambientes internos. A ETS é um aerossol formado pela mistura complexa de diversas substâncias distribuídas em particulados, vapores e gases, sendo responsável pela emissão de MP, nicotina, HPA (hidrocarbonetos policíclicos aromáticos), COV, CO, acroleína, NO<sub>2</sub>, entre outras (JONES, 1999; SAMET e WANG, 2004).

A ETS afeta também não fumantes que convivem com fumantes, os chamados fumantes passivos. Em alguns casos, os níveis de exposição a certos compostos são maiores em não fumantes do que em fumantes, como a N-nitrosodimetilamina, um potente cancerígeno que se encontra em concentrações de 20 a 100 vezes maiores para fumantes passivos do que para fumantes ativos [RANDO *et al.*, 1997; GUERIN *et al.*, 1992, *apud* JONES, 1999]. Os efeitos mais imediatos percebidos pela fumaça de cigarro em fumantes passivos são o odor e irritação nos olhos e vias aéreas superiores. Os principais sintomas da exposição à ETS em indivíduos adultos são: rinite, faringite, tosse, dor de cabeça, irritação dos olhos e constrição dos brônquios. Evidências mostram que a ETS tem potencial carcinogênico (JONES, 1999), apresentando, principalmente, câncer de pulmão, sendo a nicotina a responsável pela elevação desse potencial. A ETS está associada, ainda, à doença arterial coronariana, ou doença cardíaca (EATOUGH *et al.*, 1987, *apud* BRICKUS e AQUINO NETO (1999); SAMET e WANG, 2004).

### **3 Contaminantes microbiológicos do ar interno e efeitos à saúde**

Os bioaerossóis são a microbiota dispersa no ar (fungos, bactérias, algas, vírus, entre outros). Quando presentes no ar interno, esses microorganismos podem causar irritações, alergias, doenças e outros efeitos tóxicos (GRIGOREVSKI-LIMA *et al.*, 2006; LIMA DE PAULA, 2003). O indivíduo é contaminado por via aérea quando o agente microbiano é inalado e retido no trato respiratório em local propício ao seu desenvolvimento. Fatores como a imunidade do indivíduo, a dimensão das partículas, a profundidade da penetração e a dosagem mínima do agente capaz de provocar a doença são fatores ligados à infectividade (ROSA e DE MELO LISBOA, 2005).

Nunes (2005) avaliou a qualidade microbiológica do ar em ambientes internos climatizados. O ambiente hospitalar foi escolhido para a pesquisa qualitativa de microrganismos com o objetivo de isolar espécies do gênero *Aspergillus*, bem como *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* e enterobactérias.

Segundo Kenny *et al.* (1999), a exposição a microorganismos aéreos ou outros bioaerossóis pode resultar em uma sensibilização respiratória (asma ou alveolite) e em efeitos toxicológicos no pulmão, como a febre de inalação ou síndrome da poeira orgânica tóxica. Isto pode contribuir para uma debilitação progressiva da saúde.

O principal efeito da inadequada qualidade do ar em ambientes internos ou externos se dá no sistema respiratório humano. Assim, as doenças no sistema respiratório são aquelas de maior importância no estudo da qualidade do ar interno. A seguir são descritos os principais microorganismos de importância para a saúde humana no contexto da qualidade do ar em ambientes internos, bem como os seus efeitos no organismo humano (QUADROS, 2008).

### 3.1 Vírus

As infecções virais respiratórias (IVR) são as doenças mais comuns que afetam o homem, sendo uma causa de morbidade elevada, queda da qualidade de vida e de produtividade. Segundo Bertino (2003), ocorrem aproximadamente 500 milhões de episódios de IVR anualmente nos Estados Unidos, acarretando em 25 bilhões de dólares em custos diretos e indiretos. As IVR mais comuns são: gripe, resfriado, faringite, sinusite, bronquite e otite. A principal fonte de vírus no ambiente interno é o próprio ser humano. Os vírus se propagam pelas correntes de ar, ressuspensão de material particulado ou em gotículas de aerossóis dispersadas pela saliva (LIMA DE PAULA, 2003). Os principais vírus patogênicos de espalhamento através do trato respiratório, associados ao ar interno, são o Rhinovirus, Influenzavirus, Vírus Respiratório Sincicial e Adenoviridae.

### 3.2 Bactérias

São inúmeras as bactérias patogênicas veiculadas através de sistemas centrais de condicionamento de ar e de pessoas no ambiente. As bactérias dividem-se em dois grupos: as gram-negativas e as gram-positivas.

#### Bactérias Gram-negativas

*Pseudomonas* sp.: O gênero das *Pseudomonas* se refere a bacilos retos ou levemente curvos, que apresentam um ou mais flagelos e que são aeróbios. Especificamente, *P. aeruginosa* está frequentemente associada a infecções respiratórias e do trato urinário, podendo também causar infecções sistêmicas em pessoas imunocomprometidas e com extensas lesões na pele. Esta espécie apresenta uma resistência natural a agentes antimicrobianos, sendo comum em ambientes hospitalares (MADIGAN, MARTINKO e PARKER, 2004).

*Klebsiella pneumoniae*: Esta bactéria pode ocasionalmente causar pneumonia. Bactérias do gênero *Klebsiella* são frequentemente encontradas na água e no solo (MADIGAN, MARTINKO e PARKER, 2004).

*Legionella pneumophila*: As bactérias do gênero *Legionella*, bacilos gram-negativos aeróbios, causam uma espécie de pneumonia conhecida como legionelose ou “doença dos legionários”, muito comum em edifícios com SED (MANGRAM *et al.*, 1999). Indivíduos desse gênero habitam córregos e colonizam tipos de habitat como linhas de água quente, bandejas de condensação e torres de resfriamento em sistemas de ar-condicionado. A habilidade de viver e se reproduzir dentro de amebas aquáticas torna sua erradicação difícil em sistemas de água (GORBACH, BARLETT e BLACKLOW, 2003; TORTORA, FUNKE e CASE, 2005).

*Haemophilus influenzae*: Esta bactéria é um bacilo gram-negativo que provoca meningite, infecções do ouvido médio e, mais raramente, pneumonia. Este patógeno oportunista também é responsável, juntamente com *Staphylococcus pneumoniae*, pela sinusite e pela epiglotite, uma inflamação da epiglote que pode resultar em morte dentro de poucas horas (GORBACH, BARLETT e BLACKLOW, 2003; TORTORA, FUNKE e CASE, 2005).

#### Bactérias Gram-positivas com baixo conteúdo G+C

Várias espécies deste grupo (baixo conteúdo de G+C, ou seja, baixa proporção de base guanina-citosina no DNA) são de grande importância médica. A seguir são descritos três gêneros de bactérias desse filo que podem ser transmitidos por via aérea.

*Staphylococcus*: Estes microorganismos anaeróbicos facultativos crescem bem sob condições de alta pressão osmótica e baixa umidade, o que explica parcialmente seu crescimento e sobrevivência nas secreções nasais e na pele humana. Essas bactérias produzem várias toxinas que contribuem para sua patogenicidade, sendo responsáveis por infecções comuns em cortes cirúrgicos. *S. aureus* produz a toxina responsável pela síndrome do choque tóxico, uma infecção grave caracterizada por febre alta e vômitos, algumas vezes ocasionando a morte. Esta bactéria também pode causar infecções na pele, como furúnculos e acne, além de pneumonia, meningite e artrite. Sua habilidade de adquirir rapidamente resistência aos antibióticos, como penicilina, representa um perigo para pacientes em ambientes hospitalares (MADIGAN, MARTINKO e PARKER, 2004; TORTORA, FUNKE e CASE, 2005).

*Streptococcus*: Essas bactérias crescem em arranjos de diplococos ou em cadeias de vários indivíduos, apresentam cápsula e produzem uma reação Gram positiva. Os organismos do gênero *Streptococcus* são um grupo complexo, provavelmente responsáveis por um maior número e diversidade de doenças do que qualquer outro grupo de bactérias. Entre as doenças causadas por *S. pyogenes*, o principal patógeno deste gênero, estão a febre escarlatina, a faringite e a laringite. Outra espécie patogênica de importância na qualidade do ar é *S. pneumoniae*, também causadora de laringite, frequentemente em combinação com vírus, e, provavelmente, a

causa mais comum de pneumonia (pneumonia pneumocócica) (GORBACH, BARLETT e BLACKLOW, 2003; MADIGAN, MARTINKO e PARKER, 2004; BURTON e ENGELKIRK, 2005; TORTORA, FUNKE e CASE, 2005).

*Mycoplasma: Mycoplasma spp.* são bactérias aeróbias facultativas, patogênicas em sua maioria. Suas células são muito pequenas, apresentando apenas cerca de 5% do volume celular de um bacilo típico e suas colônias têm menos de 1 mm de diâmetro. *Mycoplasma pneumoniae* é o patógeno humano mais significativo entre os micoplasmas. Esta espécie é responsável por uma forma comum de pneumonia branda, ou atípica (GORBACH, BARLETT e BLACKLOW, 2003; MADIGAN, MARTINKO e PARKER, 2004; BURTON e ENGELKIRK, 2005; TORTORA, FUNKE e CASE, 2005).

#### **Bactérias Gram-positivas com alto conteúdo G+C: Actinomicetos**

Este grupo inclui as bactérias gram-positivas de alto índice G+C, entre eles, os gêneros *Streptomyces*, *Frankia*, *Actinomyces* e *Nocardia*. Muitas espécies apresentam filamentos abundantes e frequentemente ramificados e sua morfologia se assemelha à dos fungos filamentosos, apresentando, no entanto, filamentos formados por células procarióticas com diâmetro muito inferior ao dos fungos (MADIGAN, MARTINKO e PARKER, 2004; TORTORA, FUNKE e CASE, 2005).

Grigorevski-Lima *et al.* (2006) descrevem os esporos desses microorganismos como contaminantes importantes do ar interno e externo. Estes mesmos autores coletaram amostras de ar interno usando um amostrador de Andersen de 6 estágios e encontraram actinomicetos em 90% das amostras, nos últimos 3 estágios do amostrador.

*Actinomyces*: Bactérias deste gênero são anaeróbias facultativas, geralmente encontradas na boca e na garganta de seres humanos e de animais. A espécie *Actinomyces israelii* causa a actinomicose, uma doença que afeta, geralmente, cabeça, pescoço e pulmões (TORTORA, FUNKE e CASE, 2005).

*Nocardia*: As espécies do gênero *Nocardia* assemelham-se às espécies do gênero *Actinomyces*, sendo, entretanto, aeróbios obrigatórios. Bactérias deste gênero possuem filamentos de elementos cocóides ou alongados, ocasionalmente produzindo esporos aéreos (MADIGAN, MARTINKO e PARKER, 2004). Algumas espécies, como a *N. asteroides*, eventualmente causam uma infecção pulmonar de difícil tratamento (TORTORA, FUNKE e CASE, 2005).

*Mycobacterium*: A tuberculose pulmonar é uma doença infecciosa de grande importância. Estima-se que um terço da população mundial seja infectado anualmente por *Mycobacterium tuberculosis* (MTb), uma bactéria fracamente gram-positiva que faz parte do grupo dos actinomicetos (COCHI, 1991 apud GWON, SHU e YING, 2004; MADIGAN, MARTINKO e PARKER, 2004; TORTORA, FUNKE e CASE, 2005). Entretanto, o número de casos diagnosticados de tuberculose em 2004 foi de 8 milhões. Os aerossóis contendo células de MTb apresentam-se em dimensões que variam de 1 a 5 µm e podem se manter suspensos no ar por um longo período de tempo. Estudos mostraram que a tuberculose pulmonar pode ser transmitida de pessoa para pessoa pela inalação de gotículas que contêm ao menos duas células do bacilo de MTb. Os ambientes que possuem risco superior de tuberculose são aqueles que possuem pessoas sintomáticas da doença e incluem hospitais, unidades penitenciárias, abrigos para pessoas desabrigadas, centros de reabilitação e asilos (GWON, SHU e YING, 2004).

#### **Bactérias do gênero Chlamydia**

Estas bactérias pertencem ao filo de mesmo nome e são parasitas obrigatórias. Há três espécies conhecidas entre as clamídias: *C. psittaci*, que causa a psitacose através do contato por via respiratória com dejetos de aves; *C. trachomatis*, que causa o tracoma (doença oftálmica extremamente contagiosa), conjuntivite de inclusão e outras doenças nos seres humanos; e *C. pneumoniae*, causador de uma variedade de síndromes respiratórias, como bronquite, pneumonia e sinusite (MADIGAN, MARTINKO e PARKER, 2004; BURTON e ENGELKIRK, 2005).

### **3.3 Fungos**

Os fungos são os indicadores biológicos da qualidade do ar, escolhidos pela resolução RE nº 09 da ANVISA (BRASIL, 2003). Esta norma especifica o valor máximo recomendado em 750 ufc/m<sup>3</sup> (unidades formadoras de colônia por metro cúbico de ar) de fungos, para amostragem ativa. Além disso, a mesma resolução também define uma relação I/E < 1,5, onde “I” é a quantidade de fungos no ambiente interior e “E” é a quantidade de fungos no ambiente exterior. Esta resolução não especifica, entretanto, se deve ser feita a contagem de todos os fungos ou somente dos fungos filamentosos.

Quase todos os fungos filamentosos são aeróbicos, enquanto a maioria das leveduras é anaeróbica facultativa. Segundo Tortora, Funke e Case (2005), a incidência de infecções importantes causadas por fungos tem aumentado nas últimas décadas. Essas infecções têm ocorrido na forma de infecções hospitalares e em indivíduos com sistema imunológico comprometido (MADIGAN, MARTINKO e PARKER, 2004).

Burge (2004) afirma que “os fungos estão entre os poluentes do ar interno mais importantes e menos compreendidos”, sendo praticamente onipresentes nos ambientes urbanos. Falvey e Streifel (2007) monitoraram os fungos do gênero *Aspergillus* em um hospital universitário durante 10 anos, e afirmaram ser “impossível, sem a aplicação de medidas pouco práticas, manter um ambiente interno completamente desprovido de *Aspergillus*”.

spp.”. Diversas espécies deste gênero também foram isoladas e identificadas por Nunes (2005) em um hospital do Rio de Janeiro.

Qualquer infecção de origem fúngica é chamada de micose e é, geralmente, de longa duração (crônica). Esta pode ser: superficial, cutânea, subcutânea ou sistêmica (BURTON e ENGELKIRK, 2005). As micoses oportunistas são aquelas em que um patógeno geralmente inofensivo em seu habitat normal torna-se patogênico em um hospedeiro que se encontra debilitado ou traumatizado (TORTORA, FUNKE e CASE, 2005). Alguns exemplos de fungos oportunistas são citados a seguir:

*Candida albicans* é o fungo mais frequentemente isolado de amostras clínicas de seres humanos (BURTON e ENGELKIRK, 2005). Entretanto, *Pneumocystis* spp. é o gênero responsável pelas infecções mais frequentes em pacientes com AIDS (TORTORA, FUNKE e CASE, 2005). *Stachybotrys chartarum* pode causar hemorragia pulmonar fatal em lactentes, e espécies dos gêneros *Rhizopus* e *Mucor*, que geralmente afetam pacientes com diabetes melito, leucemia, ou sob tratamento com drogas imunossupressoras, podem causar zigomicose ou mucormicose, respectivamente (BROOKS *et al.*, 2004; BURTON e ENGELKIRK, 2005; TORTORA, FUNKE e CASE, 2005).

Infecções oportunistas causadas por espécies de *Cryptococcus* e *Penicillium* podem ser fatais para pacientes com AIDS (TORTORA, FUNKE e CASE, 2005). *Candida albicans* é uma levedura que apresenta obrigatoriamente uma fase filamentosa. Esta espécie é capaz de causar infecções vaginais, orais ou pulmonares e, em pacientes com AIDS, danos teciduais sistêmicos (MADIGAN, MARTINKO e PARKER, 2004; BURTON e ENGELKIRK, 2005).

Alguns exemplos de doenças fúngicas do sistema respiratório inferior podem ser citados, como (BROOKS *et al.*, 2004; BURTON e ENGELKIRK, 2005; TORTORA, FUNKE e CASE, 2005): (1) Aspergilose: Infecção pulmonar e/ou sistêmica, causada por espécies do gênero *Aspergillus*, que ocorre em indivíduos que estão debilitados devido a doenças nos pulmões ou ao câncer. (2) Coccidioidomicose ou “reumatismo do deserto”: É uma doença pulmonar causada por um fungo dimórfico, *Coccidioides immitis*, que apresenta morfologia leveduriforme nos tecidos humanos e miceliana quando cresce no solo ou em meio de cultura. (3) Histoplasmose: Esta doença lembra superficialmente a tuberculose, mas é causada por *Histoplasma capsulatum*, outro fungo dimórfico. (4) Pneumocistose ou pneumonia por *Pneumocystis*: Causada pelo *Pneumocystis jiroveci*, uma levedura presente nos pulmões de pessoas saudáveis que pode causar pneumonia em indivíduos imunocomprometidos ou crianças mal-nutridas.

### 3.4 Alergênicos biológicos e hipersensibilidade

A alergia é uma resposta exagerada do sistema imunológico a uma substância estranha ao organismo, uma hipersensibilidade imunológica a um estímulo externo específico. O termo hipersensibilidade refere-se a uma resposta antigênica mais intensa do que aquela considerada normal, e é considerada sinônimo de alergia (BROOKS *et al.*, 2004; TORTORA, FUNKE e CASE, 2005).

Há quatro tipos de reações de hipersensibilidade, dos quais o tipo I (anafilática) é considerado o principal no contexto da qualidade do ar. Esse tipo de alergia inclui condições alérgicas comuns e asma. A importância dos alergênicos está no fato de grande parte da população sofrer de alguma doença alérgica. Ácaros, pólen, pêlos e poeira de origem biológica são os principais alergênicos encontrados em ambientes internos, onde os animais domésticos e as baratas constituem as principais fontes (IEH, 1996 e KUSTER, 1996, *apud* JONES, 1999).

A asma é uma reação alérgica que afeta principalmente o sistema respiratório inferior. Por razões desconhecidas, a asma está se tornando quase uma epidemia, afetando cerca de 10% das crianças nas sociedades ocidentais, mas que tende a diminuir à medida que elas crescem. Especula-se que a falta de exposição à infecção seja uma das causas da asma em países desenvolvidos, mas o estresse mental ou emocional também pode ser um fator contribuinte.

## 4 Odores

A sensação de odor é uma resposta sensorial à presença de um composto ou uma mistura de compostos odorantes no ar. O odor ambiental no local de trabalho e convívio pode ser uma causa da irritação psicológica e distração no trabalho. Em altas concentrações, também pode causar náuseas, dores de cabeça e alergias.

Os odores são uma causa frequente de incômodo em ambientes internos. A capacidade olfativa humana é geralmente superior ao limite de detecção de instrumentos analíticos na detecção individual dos compostos, pois percebe-se alguns compostos em concentrações na ordem de algumas partes por trilhão (ppt) em volume, enquanto as técnicas analíticas mais avançadas possuem o limite de detecção na ordem de 0,1 ppb (parte por bilhão). Outro fator importante é que o nariz humano detecta os odores unicamente em uma mistura de compostos (ou buquê odorante) e a maioria dos métodos analíticos clássicos (como a cromatografia gasosa ou líquida) quantificam compostos separadamente (DUFFEE e O'BRIEN, 2004).

Os odores são formados principalmente pela presença de compostos orgânicos e inorgânicos voláteis no ar, que são captados pela mucosa olfativa do homem e reconhecidos sensorialmente pelo cérebro humano como odorantes (BELLI FILHO e DE MELO LISBOA, 1998). Em ambientes hospitalares, odores podem ser gerados diretamente de infecções nos pacientes, em muitos casos sendo independente do seu estado de higiene.

## 5 Problemas relacionados à qualidade do ar interno

### 5.1 Infecção Hospitalar (IH)

A Organização Panamericana da Saúde define a infecção hospitalar (ou nosocomial) da seguinte forma:

Infecção hospitalar é toda infecção adquirida durante a internação hospitalar e geralmente provocada pela própria flora bacteriana humana, que se desequilibra com os mecanismos de defesa anti-infecciosa em decorrência da doença, dos procedimentos invasivos (soros, cateteres e cirurgias) e do contato com a flora hospitalar (OPAS, 2000).

A infecção hospitalar é o agravo de causa infecciosa adquirido pelo paciente após sua admissão em hospital ou unidade de saúde e deve ser secundária à condição de saúde original do paciente. Pode se manifestar durante a internação ou após a alta, desde que relacionada à internação ou a procedimentos hospitalares (TORTORA, FUNKE e CASE, 2005; ANDRADE, 2006). O Centro de Controle e Prevenção de Doenças nos EUA (CDC, 2008) estima que, somente no território norte-americano, a infecção hospitalar é responsável por 1,7 milhões de infecções e 99 mil mortes por ano. Dessas infecções, estima-se que 15% sejam na forma de pneumonia.

Embora esforços sejam feitos para impedir o crescimento de micro-organismos em hospitais, esse tipo de ambiente é um importante reservatório para uma variedade de patógenos. A infecção hospitalar resulta da interação de vários fatores: (1) os micro-organismos no ambiente hospitalar, (2) o estado comprometido (ou enfraquecido) do hospedeiro, e (3) a cadeia de transmissão no hospital (TORTORA, FUNKE e CASE, 2005; CALIL, 2006).

Bactérias como *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* e *Enterococcus* spp se apresentam como as principais responsáveis por infecções hospitalares desde as décadas de 40 e 50 (TORTORA, FUNKE e CASE, 2005). O hospedeiro comprometido é aquele cuja resistência à infecção está reduzida pela doença ou terapia e duas condições importantes podem comprometê-lo: a ruptura da pele ou membranas mucosas e o sistema imunológico suprimido. Exemplos de hospedeiros susceptíveis são pacientes imunossuprimidos como recém-nascidos, pacientes em quimioterapia, ou submetidos a transplantes de órgãos (GORBACH, BARLETT e BLACKLOW, 2003; TORTORA, FUNKE e CASE, 2005; CALIL, 2006).

As principais vias de transmissão das infecções são o contato direto com a equipe hospitalar, de um paciente a outro, através de fômites (objetos como luvas, sapatos, roupas, ferramentas e utensílios) e do sistema de ventilação do hospital. Esta última é a via de principal importância neste trabalho. A contaminação pelo ar pode ocorrer através da geração de gotículas (tosse, espirro, aspiração de secreções, procedimentos como broncoscopia e mesmo pela conversação habitual) ou por transmissão aérea por partículas dispersas no ar. Calil (2006) e Gorbach, Barlett e Blacklow (2003) afirmam que a transmissão por gotículas ocorre em uma distância máxima de um metro e a transmissão aérea ocorre quando as partículas possuem menos de 5 µm de diâmetro (TORTORA, FUNKE e CASE, 2005; CALIL, 2006). Os principais tipos de infecção hospitalar são: infecção do trato urinário, infecção do sítio cirúrgico, bacteremia (infecção bacteriana na corrente sanguínea), infecção do trato respiratório superior e infecção cutânea (GORBACH, BARLETT e BLACKLOW, 2003; TORTORA, FUNKE e CASE, 2005).

### 5.2 Particularidades de UTI

Os pacientes de unidades de terapia intensiva (UTI) apresentam maior risco de adquirir infecção hospitalar devido aos seguintes fatores: severidade da doença de base, muitas vezes ocasionando deficiência da imunidade humoral, celular e/ou inespecífica; procedimentos invasivos a que são submetidos, antes e após admissão em UTI, como cateteres venosos centrais, cateterismo vesical e ventilação mecânica, com quebra das barreiras naturais de defesa; tempo de internação prolongado; uso de antibioticoterapia de amplo espectro; alta densidade populacional e alta relação paciente-enfermeiro (GORBACH, BARLETT e BLACKLOW, 2003; ABRAMCZYK e RICHMANN, 2006).

Gorbach, Barlett e Blacklow (2003) afirmam que pacientes em ventilação mecânica contínua apresentam um risco até 21 vezes maior de desenvolver pneumonia do que pacientes sem suporte para respiração, o que coloca muitos pacientes de UTI no grupo de risco de IH.

### 5.3 Particularidades do ambiente neonatal

De acordo com o CDC (2004), *apud* Calil, Rola e Richmann (2006), todas as infecções no período neonatal são consideradas IH, com exceção das transmitidas via transplacentária. Dentro deste conceito, são consideradas IH de origem materna as infecções cujas manifestações clínicas ocorram até 48 horas de vida e IH de adquiridas na unidade neonatal aquelas com manifestação após este período.

As infecções hospitalares em neonatologia são mais comuns nas UTI neonatais (UTN), podendo também ocorrer em unidades de tratamento intermediário e alojamento conjunto (CALIL, ROLA e RICHMANN, 2006). As taxas de IH em UTI pediátrica variam de 3 a 27%. Estudos demonstram que até 9% dos pacientes menores de 1 ano contraem IH, comparados a 1 a 4% dos pacientes maiores de 10 anos (MACHADO, 2006).

A maioria das infecções é de origem bacteriana. Infecções virais, apesar de apresentarem importância, são menos frequentes em pacientes pediátricos internados em enfermarias, possivelmente devido à maior restrição de visitantes e do fluxo local, à presença de equipamentos individuais e à ausência de contato criança-criança. Infecções por leveduras apresentam importância crescente, representando 14% a 24% dos agentes identificados, principalmente em infecções da corrente sanguínea (ABRAMCZYK, 2006).

#### **5.4 Infecção de sítio cirúrgico (ISC)**

A infecção de sítio cirúrgico é um caso específico de infecção hospitalar causada pela exposição do paciente no momento da cirurgia. Estas ocorrem até o 30º dia de pós-operatório ou até um ano, na presença de prótese (MACHADO, 2006). A infecção adquirida em centro cirúrgico tem sido apontada como uma das principais causas de complicações pós-operatórias, levando a um aumento médio de 60% no período de internação. A ISC é uma complicação relevante, por contribuir para o aumento da mortalidade e morbidade dos pacientes pós-cirúrgicos (OLIVEIRA e CIOSAK, 2007).

A principal causa da ISC é a contaminação bacteriológica por via aérea (MANGRAM *et al.*, 1999; RUI, GUANGBEI e JIHONG, 2008). Entretanto, Machado (2006) afirma que o ar das salas de cirurgia, antigamente muito valorizado, é considerado hoje um fator de menor importância na contaminação do campo operatório. Oliveira e Ciosak (2007) realizaram um estudo em 357 pacientes sujeitos a cirurgias do aparelho digestivo (CAD), no estado de São Paulo, e observaram 64 casos de ISC (18% dos pacientes). Estes dados corroboram a afirmação de Tortora, Funke e Case (2005), que indicam a ISC como segunda forma mais incidente de IH (cerca de 17%).

Os principais micro-organismos responsáveis pelas ISC são: *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus coagulase negativa*, enterobactérias como *Klebsiella* spp., *Escherichia coli* e *Enterobacter* spp., microorganismos não fermentadores, como *Acinetobacter* spp., *Pseudomonas* spp. Entre fungos, espécies de *Candida* são mais frequentes e infecções por *Rhizopus* sp. já foram documentadas (TABLAN *et al.*, 2003; TORTORA, FUNKE e CASE, 2005).

#### **5.5 Síndrome do edifício doente (SED)**

Síndrome do edifício doente é um termo que começou a ser usado na década de 70, com a introdução dos edifícios climatizados selados ao ar externo e com as primeiras reclamações dos seus usuários quanto à qualidade do ar interno. A síndrome do edifício doente é uma condição onde existe um conjunto inespecífico de sintomas cronologicamente relacionados à qualidade do ar em uma edificação não-industrial. Esses sintomas afetam um percentual de ocupantes do edifício durante o tempo de ocupação e tendem a diminuir ou desaparecer quando essas pessoas deixam de ocupar o local (USEPA, 1994; USEPA, 1995; BRIGHTMAN e MOSS, 2004; COHEN, 2004; MOLHAVE, 2004; PERDRIX *et al.*, 2005).

Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), a “síndrome do edifício doente” (SED) descreve uma condição médica em que os ocupantes de um determinado edifício sofrem de sintomas de doenças ou se sentem mal sem haver um motivo aparente para isto. A SED resulta numa diminuição substancial do desempenho no trabalho e nas relações interpessoais, além de uma perda considerável de produtividade (COHEN, 2004). Estes efeitos à saúde são frequentemente medidos de forma subjetiva e são difíceis de quantificar clinicamente. Perdrix *et al.* (2005) citam os seguintes sintomas como os mais facilmente ligados à SED: rinite, congestionamento nasal, garganta seca, lacrimejar, irritação ou ressecamento ocular, irritação na pele, eritema, sonolência e cefaléia. Este mesmo autor cita, ainda, que mulheres apresentam uma susceptibilidade maior à SED.

Segundo Lima de Paula (2003), as causas da SED podem ser explicadas por um conjunto de fatores, dentre eles a insuficiência do ar exterior, má distribuição do ar, controle deficiente de temperatura, projeto inadequado, modificações inadequadas após construção e manutenção inadequada do sistema de climatização. Admite-se que os principais fatores relacionados à SED sejam: aerodispersóides (poeira, fibras); bioaerossóis (fungos, bactérias, vírus); contaminantes químicos (COV, formaldeído); contaminantes gerados pelo metabolismo humano; fumaça de cigarro, entre outros (HOPPE, 1999, *apud* GIODA e AQUINO NETO, 2003; PEDRIX *et al.*, 2005).

Assim, não somente é difícil se caracterizar a SED em uma determinada edificação, mas também se identificar a sua principal causa, o que permitiria dar solução ao problema. Diversos autores citam a realização de enquetes com os usuários da edificação como uma maneira eficaz de se identificar a SED (GIODA, 2003; CARTAXO, 2007; GUPTA, KHARE e GOYAL, 2007). Nesta enquete são feitas perguntas sobre a saúde e estado mental dos usuários e pergunta-se se estes sintomas tendem a diminuir ou desaparecer quando os usuários se ausentam da edificação.

A presença de sintomas similares entre os ocupantes do prédio é crucial na detecção da SED (REDLICH, SPARER e CULLEN, 1997). Entretanto, a SED é confirmada apenas se a presença desses sintomas ocorre em um número de pessoas significativamente superior ao que é considerado normal em condições saudáveis do edifício (HESS-KOSA, 2002). Lima de Paula (2003) considera um caso positivo de SED em uma edificação se 20% dos ocupantes apresentarem queixas. De acordo com Hess-Kosa (2002), os principais problemas relacionados à má qualidade do ar interno são a ventilação inadequada (maior parte dos casos), seguido de contaminantes do ar externo, contaminantes do ar interno (gerados internamente) e, em menor escala, materiais de construção e micro-organismos.

## 5.6 Doença relacionada ao edifício

Em contraposição à doença do edifício doente, a *doença relacionada ao edifício* relaciona os sintomas observados com um poluente específico de uma fonte específica dentro de uma edificação que causa uma doença ou efeitos discretos à saúde humana (USEPA, 1995; PERDRIX *et al.*, 2005).

## 5.7 Intolerância química múltipla

Em casos de síndrome do edifício doente, pode acontecer que alguns ocupantes, com o passar do tempo, apresentem uma sensibilidade extrema a determinados componentes da edificação, como, por exemplo, um novo carpete ou ainda o odor de tinta ou produto de limpeza.

Segundo Miller e Ashford (2004), essas pessoas sofrem de uma condição enigmática chamada de sensibilidade química múltipla ou intolerância química múltipla.

A exposição repetida a baixas concentrações de substâncias químicas presentes no ar interno pode levar a este quadro, onde o indivíduo afetado passa a reagir a concentrações cada vez mais baixas de poluentes (COHEN, 2004)

Os sintomas desta condição variam muito de pessoa para pessoa e incluem: dores de cabeça, fadiga, dores musculares, dificuldades de concentração, falhas na memória, diversos problemas de pele, dificuldades respiratórias, e uma variedade de problemas gastrointestinais. Estes sintomas são causados pela exposição a baixos níveis de poluentes químicos, além de alimentos e bebidas (MILLER e ASHFORD, 2004).

## 6 Amostragem de contaminantes em ambientes internos

Ao se realizar a avaliação da QAI, existem alguns parâmetros básicos que merecem especial atenção, entre eles: material particulado (incluindo material finamente particulado, PM<sub>10</sub> ou PM<sub>2,5</sub>), óxidos de enxofre e nitrogênio, poeira, ozônio, COV e ácidos aerossóis (WBG, 1998).

No entanto, antes de se efetuar a tomada de amostras, deve-se atentar a alguns fatores relacionados à escolha do método de amostragem, entre eles confiança, exatidão, facilidade de operação e custo (WBG, 1998).

Para a amostragem de substâncias gasosas no ar de ambientes internos dispõe-se de diversas metodologias, entre as quais pode-se destacar como mais importantes (ANDRÉS, FERRERO e MACKLER, 1999):

- Sistemas passivos de monitoramento
- Sistemas ativos de monitoramento
- Sistemas automáticos de monitoramento

No caso dos amostradores passivos, a coleta de espécies gasosas presentes na atmosfera é baseada na capacidade de difusão molecular das mesmas e sua reação com os meios absorventes (ou adsorventes) do amostrador (CETESB, 1998). Amostradores passivos são projetados para mensurar, na maioria dos casos, concentrações em níveis de ppm, por um período médio de 8 horas, em ambientes ocupacionais. Porém, este nível de detecção pode ser menor que 1 ppb, quando aplicado na determinação de compostos específicos em ambientes internos (YAMAMOTO *et al.*, 2002; PICELI, 2005).

Para amostragem da exposição individual a compostos tóxicos, os dispositivos passivos são geralmente fixados na roupa, próximos ao rosto do operador. No entanto, quando se deseja obter uma avaliação da qualidade do ar em ambientes internos, os amostradores devem ser posicionados a uma altura média de 1,5 metros, próximos à zona de respiração dos indivíduos expostos (PICELI, 2005).

Diferentemente dos sistemas passivos de amostragem, Andrés, Ferrero e Mackler (1999) definem sistemas ativos como aqueles que, mediante a utilização de uma bomba de aspiração, forçam a passagem de ar através de um meio de coleta, seja ele químico ou físico. Nesse caso, o volume de ar amostrado é maior, em comparação com sistemas passivos, o que oferece ao sistema uma maior confiabilidade, uma vez que se conhece o volume amostrado e, conseqüentemente, a concentração do meio (ANDRÉS, FERRERO e MACKLER, 1999).

Ainda segundo Andrés, Ferrero e Mackler (1999), os dispositivos automáticos, ou sensores, baseiam-se em alguma propriedade do contaminante, seja ela física ou química, que pode ser, por meio de métodos óptico-eletrônicos, detectada e quantificada continuamente em equipamento específico. Sensores químicos fornecem a concentração de uma espécie ou classe específica de analitos em uma amostra, desconsiderando as demais espécies presentes na amostra analisada (GIODA e AQUINO NETO, 2000).

## 7 Legislação e normalização

No Brasil, a resolução RE nº 9, da ANVISA (BRASIL, 2003) estabelece padrões de referência para a qualidade do ar interior, em ambientes climatizados artificialmente, de uso público e coletivo. Nela, são listados valores máximos recomendados (VMR) para os seguintes parâmetros: contaminação microbiológica, dióxido de carbono, aerodispersóides (MP), além dos parâmetros físicos de temperatura, umidade, velocidade, taxa de renovação e grau de pureza do ar. Além disso, essa resolução traz, em seus anexos, quatro normas técnicas especificando as metodologias de coleta e análise para os parâmetros supracitados.

Segundo Nunes (2005), a ANVISA promoveu a redação da consulta pública CP nº 109, de 11 de dezembro de 2003, que trata sobre esse mesmo tema, mais especificamente em ambientes de saúde. Até o momento a resolução pertinente a esta consulta ainda não foi oficializada.

O documento gerado na CP nº 109 classifica os ambientes hospitalares em quatro níveis de risco e estabelece que os padrões de referência para a contaminação microbiológica são diferenciados para os ambientes enquadrados nesses níveis de risco (Tab. 1). Outra diferença desse documento em relação à RE nº 09 é o estabelecimento de limites de concentração para alguns compostos no ar, sendo eles: fenol (15 mg/m<sup>3</sup>), formaldeído (2,3 mg/m<sup>3</sup>) e etanol (1480 mg/m<sup>3</sup>). Os valores estabelecidos para os parâmetros físicos, bem como a concentração de material particulado, permaneceriam iguais aos da RE nº 09. Entretanto, a CP nº 109 não estabelece padrões para a concentração de CO<sub>2</sub> no ar interno (BRASIL, 2003 *apud* NUNES, 2005).

**Tabela 1:** Parâmetros referenciais microbiológicos de QAI, segundo a CP nº 109

	Nível 0	Nível 1	Nível 2	Nível 3
Partículas microbiológicas totais no ar	750 UFC/m <sup>3</sup>	500 UFC/m <sup>3</sup>	200 UFC/m <sup>3</sup>	50 UFC/m <sup>3</sup>

Um ambiente de nível 0 corresponde à “área onde o risco não excede aquele encontrado em ambientes de uso público e coletivo”. Uma UTN, a área coletiva de uma UTI e salas de cirurgia se enquadrariam no nível 2. Quartos de internação de imunodeprimidos e salas de cirurgia especializada (ortopedia, neurologia, cardiologia, transplante) se enquadrariam no nível 3. Em nenhum ambiente é aceita a presença de micro-organismos potencialmente agressores com transmissão comprovada por via ambiental, exceto por locais onde estão isolados pacientes que sofrem infecção por estes organismos (BRASIL, 2003, *apud* NUNES, 2005).

Segundo esta mesma consulta pública, os COV devem ser avaliados nos ambientes apenas caso ocorram evidências de contaminação de COV à pacientes ou profissionais, “determinado o grau de comprometimento ambiental, com objetivo de orientar e controlar as ações de prevenção e/ou correção” (BRASIL, 2003, *apud* NUNES, 2005). A consulta pública CP nº 109 não define padrões para a concentração de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) no ar.

A portaria nº 3.523, de 28 de agosto de 1998, do Ministério da Saúde, tem como objetivo estabelecer medidas básicas referentes à manutenção dos sistemas de climatização, para garantir a "Qualidade do Ar de Interiores" e a prevenção de riscos à saúde dos ocupantes de ambientes climatizados. Essa portaria regulamenta parâmetros físicos, químicos e biológicos, bem como os métodos de controle e pré-requisitos do projeto de instalação e de execução de sistemas de climatização (BRASIL, 1998).

Em relação ao ambiente hospitalar, a portaria do Ministério da Saúde nº 930, de 27 de agosto de 1992, determina que “todos os hospitais do país devem manter uma Comissão de Controle de Infecção Hospitalar (CCIH) independentemente da natureza da entidade mantenedora”. Em 6 de janeiro de 1997, foi sancionada a Lei nº 9.431, que dispõe sobre a “obrigatoriedade de manutenção do programa de controle de infecções hospitalares pelos hospitais do País” (BRASIL, 1992; BRASIL, 1997).

Observou-se que a maioria dessas regulamentações foi elaborada com base nos parâmetros estabelecidos pela ASHRAE, dos Estados Unidos. Esse órgão estabelece os padrões de qualidade para ambientes internos climatizados. A norma ASHRAE 55-1992 (ASHRAE, 1992) estabelece os padrões de temperatura e umidade relativa do ar, enquanto a norma ASHRAE 62-1999 (ASHRAE, 1999), estabelece as taxas de ventilação do ar e alguns parâmetros físico-químicos, como a concentração de formaldeído e monóxido de carbono.

## 8 Conclusões

Apesar da crescente preocupação em relação à QAI, no âmbito nacional, ainda são poucos os estudos realizados em torno da qualidade do ar em ambientes hospitalares. Por se tratar de um Estabelecimento Assistencial de Saúde (EAS), as condições de salubridade e conforto ambiental são consideradas decisivas para a melhora do estado de saúde dos enfermos, bem como para o melhor desempenho das atividades dos funcionários.

Similarmente ao que já vem se observando internacionalmente, a expectativa é de que, também no Brasil, ocorra um aumento no controle da qualidade do ar de ambientes internos, com a adoção de medidas mais rigorosas específicas para fontes de diferentes naturezas e a inclusão de um programa de medida e controle/abatimento desses contaminantes. Além disso, um maior controle e rigor na manutenção dos sistemas de ventilação desses ambientes e de outros fatores intervenientes na QAI diminuiria os riscos de contaminação do ar o que, por consequência, diminuiria os gastos com saúde dos ocupantes e as taxas de absenteísmo. Em relação à legislação nacional sobre a qualidade do ar em ambientes internos é possível recomendar que a concentração de CO<sub>2</sub> seja contemplada na resolução a ser estabelecida a partir da consulta pública CP nº 109, pois a concentração desse gás é um parâmetro indicador da taxa de renovação do ar, que considera o grau de ocupação do ambiente.

## Referências

- ABRAMCZYK, M. L. Infecção hospitalar em unidade de terapia intensiva. In: BRASIL. Ministério da Saúde. *Pediatria: prevenção e controle de infecção hospitalar*. Brasília, DF: Anvisa, 2006. p. 29-38.
- ABRAMCZYK, M. L.; RICHMANN, R. Uso racional de antimicrobianos. In: BRASIL. Ministério da Saúde. *Pediatria: prevenção e controle de infecção hospitalar*. Brasília, DF: Anvisa, 2006. p. 87-94.
- AMERICAN SOCIETY OF HEATING REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. *Standard 55-1992: thermal environmental conditions for human occupancy*. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 1992b.
- AMERICAN SOCIETY OF HEATING REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. *Standard 62-1999: ventilation for acceptable indoor air quality*. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 1999a.
- ANDRADE, Glória M. *Principais conceitos em infecção hospitalar*. In: BRASIL. Ministério da Saúde. *Pediatria: prevenção e controle de infecção hospitalar*. Brasília, DF: Anvisa, 2006. p. 13-18.
- ANDRÉS, D. A.; FERRERO, E. J.; MACKLER, C. E. Importancia de la combinación de equipos activos y pasivos de monitoreo em sistemas de vigilancia de la contaminación atmosférica urbana. *Rev Tecnoticias*, Rosario, v. 2, p. 15-19, 1999.
- BELLI FILHO, P.; DE MELO LISBOA, H. Avaliação de emissões odorantes. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, Rio de Janeiro, v. 3, n. 3/4, p. 101-106, 1998.
- BERTINO, J. S. Cost burden of viral respiratory infections: issues for formulary decision makers. *Disease-a-Month*, Amsterdam, v. 49, n. 3, p. 225-239, 2003.
- BRASIL. Ministério da Saúde. *Portaria nº 930, de 27 de agosto de 1992*. Disponível em: <[http://www.anvisa.gov.br/legis/portarias/930\\_92.htm](http://www.anvisa.gov.br/legis/portarias/930_92.htm)>. Acesso em: 7 maio 2009.
- BRASIL. Ministério da Saúde. *Portaria nº 3.523, de 28 de agosto de 1998*. Disponível em: <[http://www.anvisa.gov.br/legis/portarias/3523\\_98.htm](http://www.anvisa.gov.br/legis/portarias/3523_98.htm)>. Acesso em: 7 maio 2009.
- BRASIL. Ministério da Saúde. *Resolução-RE nº 9, de 16 de janeiro de 2003*. Determina a publicação de orientação técnica elaborada por grupo técnico assessor, sobre padrões referenciais de qualidade do ar interior, em ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo. Disponível em: <<http://e-legis.anvisa.gov.br/leisref/public/showAct.php?id=17550&word=>>>. Acesso em: 7 maio 2009.
- BRASIL. Presidência da República. *Lei no 9.055, de 1 de junho de 1995*. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L9055.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9055.htm)>. Acesso em: 7 maio 2009.
- BRASIL. Presidência da República. *Lei no 9.431, de 6 de janeiro de 1997*. Disponível em: <[http://www.anvisa.gov.br/legis/leis/9431\\_97.htm](http://www.anvisa.gov.br/legis/leis/9431_97.htm)>. Acesso em: 7 maio 2009.
- BRICKUS, L. S. R.; AQUINO NETO, F. R. A qualidade do ar de interiores e a química. *Química Nova*, São Paulo, v. 22, n.1, p. 65-74, 1999.
- BRIGHTMAN, H. S.; MOSS, N. Sick building syndrome: studies and the compilation of normative and comparative values. In: SPENGLER, J. D.; SAMET, J. M.; MCCARTHY, J.F. *Indoor air quality handbook*. New York: McGraw-Hill, 2004. chap. 3.
- BROOKS, G. et al. *Jawetz, Melnick, & Adelberg's medical microbiology*. New York: McGraw-Hill Professional. 2004. 704 p.
- BROWN, S. K. Asbestos. In: SPENGLER, J. D.; SAMET, J. M.; MCCARTHY, J. F. *Indoor air quality handbook*. New York: McGraw-Hill. 2004. chap. 38.
- BROWN, S. K. et al. Concentrations of volatile organic-compounds in indoor air: a review. *Indoor Air: International Journal of Indoor Air Quality and Climate*, San Francisco, v. 4, p. 123-134, 1994.
- BURGE, H. A. The fungi. In: SPENGLER, J. D.; SAMET, J. M.; MCCARTHY, J. F. *Indoor air quality handbook*. New York: McGraw-Hill. 2004. chap. 45.
- BURTON, G. R. W.; ENGELKIRK, P. G. *Microbiologia para as ciências da saúde*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2005. 426 p.
- CALIL, R. Prevenção da transmissão da infecção no ambiente hospitalar. In: Brasil. Ministério da Saúde. *Pediatria: prevenção e controle de infecção hospitalar*. Brasília, DF: Anvisa, 2006. p. 19-28.

- CALIL, R.; ROLA, G. M. F.; RICHTMANN, R. *Infecções hospitalares em neonatologia*. In: Brasil. Ministério da Saúde. *Pediatria: prevenção e controle de infecção hospitalar*. Brasília, DF: Anvisa, 2006. p. 39-62.
- CARMO, A. T.; PRADO, R. T. A. *Qualidade do ar interno*. São Paulo: EDUSP, 1999. 35 p.
- CARTAXO, E. F. et al. Aspectos de contaminação biológica em filtros de condicionadores de ar instalados em domicílios da cidade de Manaus (AM). *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, Rio de Janeiro, v. 12, n. 2, 202-211, abr./jun. 2007.
- CENTER FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION. *Adenoviruses*. Disponível em: <<http://www.cdc.gov/ncidod/dvrd/revb/respiratory/eadfeat.htm>>. Acesso em: 11 fev. 2008.
- CENTER FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION. *Estimates of healthcare-associated infection*. Disponível em: <[http://www.cdc.gov/ncidod/dhqp/ha\\_i.html](http://www.cdc.gov/ncidod/dhqp/ha_i.html)>. Acesso em: 19 fev. 2008.
- COHEN, B. S. Deposition of charged particles on lung airways. *Health Physics*, Philadelphia, v. 4, n. 5, p. 554-560, 1998.
- COHEN, M. L. H. *Oxydation de faibles concentrations de vapeurs organiques (COV) par photocatalyse hétérogène*. Mémoire (Maîtrise en génie chimique)-Université de Montréal, 2004.
- COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. *Monitor passivo de dióxido de enxofre: construção e testes de validação*. São Paulo, 1998.
- DUFFEE, R. A.; O'BRIEN, M. Response to odors. In: SPENGLER, J. D.; SAMET, J. M. MCCARTHY, J. F. *Indoor air quality handbook*. New York: McGraw-Hill, 2004. chap. 21.
- FALVEY, D. G.; STREINFEL A. J. Ten-year air sample analysis of *Aspergillus* prevalence in a university hospital. *Journal of Hospital Infection*, Amsterdam, v. 1, n. 67, p. 35-41, 2007.
- GIODA, A. *Poluição atmosférica e de interiores: influência mútua e seus reflexos na saúde*. 2003. 212 f. Tese (Doutorado em Ciências-Química Orgânica) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003.
- GIODA, A.; AQUINO NETO, F. R. Considerações sobre estudos de ambientes industriais e não-industriais no Brasil: uma abordagem comparativa. *Cadernos de Saúde Pública*, São Paulo, v. 19, n. 5, p. 1389-1387, 2003.
- GIODA, A.; AQUINO NETO, F. R. Uso de sensores para caracterização da qualidade do ar de interiores. *Revista Brasindoor*, São Paulo, v. 4, n. 5, p. 4-15, 2000.
- GORBACH, S. L.; BARLETT, J. G. E; BLACKLOW, N. R. *Infectious diseases*. Amsterdam: Lippincott Williams & Wilkins, 2003. 2515 p.
- GRIGOREVSKI-LIMA, A. L. et al. Occurrence of actinomycetes in indoor air in Rio de Janeiro, Brazil. *Building and Environment*, Amsterdam, v. 41, p. 1540-1543, 2006.
- GUPTA, S.; KHARE, M.; GOYAL, R. Sick building syndrome: a case study in a multistory centrally air-conditioned building in the Delhi City. *Building and Environment*, Amsterdam, v. 42, p. 2797-2809, 2007.
- GWON, H. W.; SHU, C. L.; YING, H. T. Polymerase chain reaction used for the detection of airborne *Mycobacterium tuberculosis* in health care settings. *American Journal of Infection Control*, New York, v. 32, n. 1, p. 17-22, 2004.
- HESS-KOSA, K. *Indoor quality: sampling methodologies*. Boca Raton: CRC Lewis, 2002. 320 p.
- JONES, A. P. Indoor air quality and health. *Atmospheric Environment*, Amsterdam, v. 33, n. 1, p. 4535-4564, 1999.
- KENNY, L. C. et al. Field testing of a personal size-selective bioaerosol sampler. *Annals of Occupational Hygiene*, Oxford, v. 43, n. 6, p. 393-404, 1999.
- KILDESIO, J. et al. Dust build-up on surfaces in the indoor environment. *Atmospheric Environment*, Amsterdam, v. 33, p. 699-707, 1999.
- LIMA DE PAULA, J. F. *Aeromicrobiota do ambiente cirúrgico: princípios e peculiaridades da climatização artificial*. 2003. 116 f. Dissertação (Mestrado em Enfermagem Fundamental) – Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2003.
- MACHADO, M. B. *Infecções hospitalares em enfermagem de pediatria*. In: BRASIL. Ministério da Saúde. *Pediatria: prevenção e controle de infecção hospitalar*. Brasília, DF: Anvisa, 2006. p. 63-76.
- MADIGAN, M. T.; MADINGO, J. M.; PARKER, J. *Microbiologia de Brock*. São Paulo: Person/Prentice-Hall, 2004. 608 p.

- MANGRAM, A. J. et al. Guideline for prevention of surgical site infection. *Infection Control and Hospital Epidemiology*, Chicago, v. 20, n. 4, p. 247-278, 1999.
- MENDES, R. Asbesto (amianto) e doença: revisão do conhecimento científico e fundamentação para uma urgente mudança da atual política brasileira sobre a questão. *Cadernos de Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v. 17, n. 1, 7-19, jan./fev. 2001.
- MILLER, C. S.; ASHFORD, N. A. Multiple Chemical intolerance and indoor air quality. In: SPENGLER, J. D.; SAMET, J. M.; MCCARTHY, J. F. *Indoor air quality handbook*. New York: McGraw-Hill, 2004. chap. 27.
- MOLHAVE, L. Sensory irritation in humans caused by volatile organic compounds (vocs) as indoor air pollutants: a summary of 12 exposure experiments. In: SPENGLER, J. D.; SAMET, J. M.; MCCARTHY, J. F. *Indoor air quality handbook*. New York: McGraw-Hill, 2004. chap. 25.
- NUNES, Z. G. *Estudo da qualidade microbiológica do ar de ambientes internos climatizados*. 2005. 143 f. Tese (Doutorado em Vigilância Sanitária)-Instituto Nacional de Controle de Qualidade em Saúde, Fundação Oswaldo Cruz. Rio de Janeiro, 2005.
- OLIVEIRA, A. C.; CIOSAK, S. I. Surgical site infection in a university hospital: post-release surveillance and risk factors. *Revista da Escola de Enfermagem da USP*, São Paulo, v. 41, n. 2, 258-263, 2007.
- ORGANIZAÇÃO PANAMERICANA DE SAÚDE. *Infecção hospitalar*: informativo. Disponível em: <<http://www.opas.org.br/sistema/fotos/hospitala1.PDF>>. Acesso em: 4 jan. 2008.
- PERDRIX, A. et al. Syndrome des bâtiments malsains (SBM). *Revue Francophone des Laboratoires*, Amsterdan, n. 373, p. 67-72, 2005.
- PICELI, P. C. *Quantificação de benzeno, tolueno, etilbenzeno, xilenos no ar de ambientes climatizados*. 2005. 131 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental)-Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.
- QUADROS, M. E. *Qualidade do ar em ambientes internos hospitalares*: parâmetros físico-químicos e microbiológicos. 2008. 134 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental)-Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.
- REDLICH, C. A.; SPARER, J.; CULLEN, M. R. Occupational medicine: sick building syndrome. *The Lancet: UK Medical Journal*, Oxford, v. 349, p. 1013-1016, Apr. 1997.
- ROSA, E.; DE MELO LISBOA, H. M. Dispersão de aerossóis no sistema de tratamento de esgotos por lodo ativado na ETE Florianópolis - SC. *Revista de Estudos Ambientais*, Blumenau, v. 7, n. 1, p. 26-38, jan./jul. 2005.
- RUI, Z.; GUANGBEI, T.; JIHONG, L. Study on biological contaminant control strategies under different ventilation models in hospital operating room. *Building and Environment*, Amsterdan, v. 43, n. 5, p. 793-803, 2008.
- SAMET, J. M. Radon. In: SPENGLER, J. D.; SAMET, J. M.; MCCARTHY, J. F. *Indoor air quality handbook*. New York: McGraw-Hill, 2004. chap. 40.
- SAMET, J. M.; WANG, S. S. Environmental tobacco smoke. In: SPENGLER, J. D.; SAMET, J. M.; MCCARTHY, J. F. *Indoor air quality handbook*. New York: McGraw-Hill, 2004. chap. 30.
- SÃO PAULO. Secretaria de Estado do Meio Ambiente. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. *Qualidade do ar*: informações. Disponível em: <[http://www.cetesb.sp.gov.br/Ar/ar\\_saude.asp](http://www.cetesb.sp.gov.br/Ar/ar_saude.asp)>. Acesso em: 20 set. 2007.
- SCHIRMER, W. N. *Avaliação do desempenho de nanotubos de carbono "cup-stacked" (CSCNT) na remoção de compostos orgânicos voláteis (COV) de correntes gasosas*. 2007. 91 f. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental)-Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.
- STATHOLOUPOU, O. I. et al. An experimental study of air quality inside large athletic halls. *Building and Environment*, p. 834-848, maio, 2008.
- TABLAN, O. C. et al. *CDC Guidelines for preventing health-care-associated pneumonia*: recommendations of CDC and the healthcare infection control practices advisory committee. Washington, DC: CDC, 2003. 179 p.
- TORTORA, G. J.; FUNKE, B. R.; CASE, C. L. *Microbiologia*. Porto Alegre: Artmed, 2005. 894 p.
- TUCKER, W. G. Volatile organic compounds. In: SPENGLER, J. D.; SAMET, J. M.; MCCARTHY, J. F. *Indoor air quality handbook*. New York: McGraw-Hill, 2004. chap. 31.
- UNDERHILL, D. Removal of gases and vapors. In: SPENGLER, J. D.; SAMET, J. M.; MCCARTHY, J. F. *Indoor air quality handbook*. New York: McGraw-Hill, 2004. chap. 10.

- UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *Air quality criteria for carbon monoxide (EPA 600/P-99/001F)*. Washington, DC, 1991. 295 p.
- UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *Consumer product safety commission: an update on formaldehyde: 1997 revision (CPSC Document #725)*. Washington, DC, 1997.
- UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *Environmental hazards weight heavy on the heart: information for older Americans and their caregivers (EPA-100-F-05-020)*. Washington, DC, 2005. 4 p.
- UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *Indoor air pollution: an introduction for health professionals (EPA-402-R-94-007)*. Washington, DC, 1994. 33 p.
- UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *The inside story: a guide to indoor air quality (EPA-402-K-93-007)*. Washington, DC, 1995. 39 p.
- UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *Technical support document for the 1992 citizen's guide to radon (EPA 400-R-92-011)*. Washington, DC, 1992. 157 p.
- WANG, S.; ANG, H. M.; TADE, M. O. Volatile organic compounds in indoor environment and photocatalytic oxidation: State of the art. *Environment International*, Amsterdam, v. 33, n. 5, p. 694-705, 2007.
- WOLKOFF, P.; NIELSEN, G. D. Organic compounds in indoor air: their relevance for perceived indoor air quality? *Atmospheric Environment*, Amsterdam, v. 35, p. 4407-4417, 2001.
- WOLKOFF, P. et al. Are we measuring the relevant indoor pollutants? *Indoor Air*, Lyngby, v. 7, n. 1, p. 92-106, 1997.
- WORLD BANK GROUP. *Monitoring Environmental Quality. Pollution prevention and abatement handbook*. Washington, DC, 1998. 7 p.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Indoor air quality: organic pollutants*. Copenhagen: World Health Organization, 1989. (EURO Reports and Studies No. 111).
- WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Programmes and projects: indoor air pollution*. Disponível em: <[www.who.int/indoorair/en/](http://www.who.int/indoorair/en/)>. Acesso em: 17 jan. 2008.
- YAMAMOTO, N. et al. A diffuse badge sampler for volatile organic compounds in ambient air and determination using a thermal desorption-CG-MS system. *Anal Chem*, Chapel Hill, v. 74, p. 484-487, 2002.
- ZHANG, Y. *Indoor air quality engineering*. Boca Raton: CRC Press, 2004. 615 p.

## **SOBRE OS AUTORES**

### **Marina Eller Quadros**

Mestre em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina. Doutoranda em Engenharia Civil e Ambiental pela Virginia Polytechnic Institute and State University.

### **Henrique de Melo Lisboa**

Doutor em Poluição Atmosférica pela de Pau/Ecole des Mines d'Alès. Professor Associado do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal de Santa Catarina. Bolsista de produtividade do CNPq.

### **Vetúria Lopes de Oliveira**

Doutora em Biologia e Fisiologia Vegetal pelo Université de Nancy. Professora Titular do Departamento de Microbiologia e Parasitologia. Universidade Federal de Santa Catarina.

### **Waldir Nagel Schirmer\***

Mestre em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina. Doutor em Poluição Atmosférica pela Universidade Federal de Santa Catarina. Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Ambiental. Universidade Estadual do Centro-oeste.

**Recebido em:** 13.02.2009

**Aceito em:** 04.05.2009

**Revisado em:** 06.05.2009