

---

## Ambientes climatizados, portaria 3.523 de 28/8/98 do Ministério da Saúde e padrões de qualidade do ar de interiores do Brasil\*

PAULO PINTO GONTIJO FILHO<sup>1</sup>, CARLOS ROBERTO MENEZES SILVA<sup>2</sup>, AFRÂNIO LINEU KRITSKI<sup>3</sup>

O artigo analisa criticamente a portaria 3.523 de 28/8/98 do Ministério da Saúde, com ênfase na questão dos contaminantes do ar e suas conseqüências para a saúde em ambientes climatizados. É feita, ainda, uma revisão concisa sobre as infecções hospitalares e as áreas hospitalares em que a transmissão por via aerógena pode ser importante, sendo necessários sistemas de ventilação especial.

Os padrões de partículas, mais precisamente os biológicos, são considerados de forma detalhada, destacando-se os contaminantes microbianos mais comuns, as diferenças entre países dos Hemisférios Norte e Sul e as questões relativas à metodologia utilizada em sua análise. Conclui-se que não há, no momento, elementos para uma definição de padrões de partículas biológicas no país.

*(J Pneumol 2000;26(5):254-258)*

---

### *Indoor air quality, Act 3,523 of the Ministry of Health and Brazilian standards for biological indoor air contaminants*

*This article reviews Act 3,523 of the Brazilian Ministry of Health which regulates the indoor air quality of air-conditioned environments, focusing mainly on biological standards for contaminant particles. Additionally, a concise analysis on nosocomial air-borne infections is performed, as well as on nosocomial units where air-borne infectious diseases may be important and a special ventilation system is required. Detailed analysis of the most common biological contaminant particles, differences between countries of both Northern and Southern hemispheres, and the aspects of the methodology used to perform their analysis are considered. The authors conclude that there are no established standards for safe levels of air-borne organisms, and that there is no available data in Brazil to set up standards for biological contaminant particles*

---

**Descritores** – Poluentes ambientais do ar. Ar condicionado. Normas de qualidade do ar. Poluição do ar em ambientes fechados. Brasil.

**Key words** – Air pollutants. Air conditioning. Air quality standards. Indoor air pollution. Brazil.

---

**Siglas e abreviaturas utilizadas neste trabalho**  
HEPA – High efficiency particulate air

---

\* Trabalho realizado no Campus Umuarama, Universidade Federal de Uberlândia (UFU).

1. Professor Titular do Departamento de Patologia/Cebim/UFU.
2. Estudante do Curso de Pós-Graduação em Genética e Bioquímica/Cebim/UFU.
3. Professor Adjunto/Hospital Universitário Clementino Fraga Filho/UFRJ.

**Endereço para correspondência** – Prof. Dr. Paulo Pinto Gontijo Filho, Departamento de Patologia, Centro de Ciências Biomédicas, Av. Pará, 1.720 – Campus Umuarama, Universidade Federal de Uberlândia – 38400-902 – Uberlândia, MG. Tel. (34) 218-2236.

**Recebido para publicação em 23/11/99. Aprovado, após revisão, em 7/6/00.**

### INTRODUÇÃO

Entre os principais grupos de contaminantes do ar em ambiente climatizado estão as partículas microbianas, incluindo algas, fungos, bactérias, esporos e vírus, que são provenientes do ar externo, do sistema de climatização, da construção, mobiliário, carpete e, principalmente, de seus ocupantes<sup>(1)</sup>. A contaminação por essas partículas causa conseqüências adversas aos usuários, destacando-se infecções, reações alérgicas e irritantes, resultando em desconforto, doença, perda de produtividade e absenteísmo, entre outras<sup>(1)</sup>.

Em virtude da crescente preocupação, no país, com a utilização de sistemas climatizados, assim como com a

qualidade do ar de interiores em todo o mundo, o Ministério da Saúde do Brasil aprovou a portaria nº 3.523, em 28 de agosto de 1998, tendo como objetivo minimizar o risco potencial à saúde dos usuários, em face da permanência prolongada em ambientes dotados de sistemas de ar condicionado. Essa portaria regulamenta a definição de parâmetros físicos e composição física, química e biológica, suas tolerâncias e métodos de controle, bem como os pré-requisitos de projetos de instalação e de execução de sistemas de climatização<sup>(2)</sup>.

Um dos requisitos mais importantes de um sistema de ar condicionado é a filtragem, pois é através dela que se obtém a pureza do ar<sup>(3)</sup>. A portaria do Ministério da Saúde exige a utilização de, no mínimo, um filtro da classe G1, classificado como grosso, e com eficiência de 60-74%<sup>(4)</sup>. Nos hospitais, em áreas que requerem ventilação, devem ser utilizados filtros absolutos capazes de reter microrganismos. A obtenção de ar ultralimpo, além de implicar custos mais altos com energia, também exige a utilização de pré-filtros, com uma eficiência em torno de 20-40%, anterior à passagem do ar em filtros absolutos. Estes filtros têm eficiência acima de 90%, mas quando instalados nas condições referidas apresentam eficiência de quase 100% na remoção de partículas de 1-5µm de diâmetro. Outro sistema adotado é o da utilização de filtros HEPA (*high efficiency particulate air*), que apresentam 99,97% de eficiência. No entanto, este sistema acarreta quedas de pressão mais intensas no sistema, em função de maior interferência no fluxo de ar<sup>(5)</sup>. No Brasil, os ambientes dotados destes filtros já foram regulamentados por meio da NBR 13.700, de junho de 1996, que é baseada na *US Federal Standard 209E* de 1992<sup>(4)</sup>. Entretanto, em nosso meio, são necessários estudos integrados incluindo pesquisadores da área básica, clínicos e epidemiologistas, que avaliem a aplicabilidade e a relação de custo-efetividade dos filtros nas diversas situações. Estes estudos possibilitarão, também, o estabelecimento de limites de exposição para os usuários e o desenvolvimento de novos métodos de medida desses contaminantes e poluentes, bem como a identificação de estratégias para a incorporação do monitoramento adequado do ambiente de interiores<sup>(6)</sup>.

## INFECÇÕES HOSPITALARES

As infecções hospitalares de origem exógena são transmitidas através das seguintes vias: contatos direto e indireto, veículo comum, aerossóis e vetores. As infecções respiratórias estão, juntamente com as urinárias e cirúrgicas, entre as síndromes infecciosas mais freqüentes em todos os países<sup>(7)</sup>. No ambiente hospitalar é maior o risco de infecções de trato respiratório baixo (pneumonias), pela inalação de aerossóis contaminados, com menos de 5µm

de diâmetro<sup>(8)</sup> e, menos freqüentemente, em infecções pós-cirúrgicas que se originam na sala de cirurgia<sup>(9)</sup>. Nestes últimos casos, as infecções sobrevivem à deposição, sobre a ferida cirúrgica, de partículas contendo microrganismos<sup>(10)</sup>.

Quartos de isolamento com ventilação especial estão indicados para pacientes com doenças infecciosas contagiosas, tais como herpes-zoster disseminado, varicela, sarampo e tuberculose pulmonar ou laringea confirmada ou sob suspeita. Ventilação especial, também, é indicada para locais cujos procedimentos médicos produzam partículas aerossolizadas contendo agentes infecciosos, principalmente o bacilo da tuberculose. Os locais de maior risco são: sala de broncoscopia, de escarro induzido, unidade de terapia intensiva e sala de autópsia<sup>(11)</sup>. Nesses ambientes são exigidos: pressão negativa, seis ou mais renovações do ar por hora, janelas seladas, fluxo do ar no sentido do ambiente limpo para o sujo e filtração do ar com eficiência superior a 90%. As áreas com os pacientes infectados são consideradas "sujas", tendo pressão negativa, ou seja, o ar retirado supera em 15% o fornecido. Quando ocorre a recirculação do ar, deve ser utilizado o filtro HEPA; assim, previne-se o escape do ar contaminado pelo paciente para o restante do hospital e, também, reduz-se a concentração de microrganismos no interior da sala. A instalação de ventilação com pressão negativa é mais complexa do que a de pressão positiva, por ser mais facilmente comprometida por pontos de infiltrações de ar, o que exige atenção extra a todo sistema<sup>(12)</sup>.

Nas unidades que mantêm pacientes imunocomprometidos, como as oncológicas e de transplante de medula óssea, exige-se pressão de ar positiva. As suas características estão referidas na Tabela 1. O tratamento supressivo da resposta imunológica para prevenir a rejeição do órgão ou tecido transplantado coloca o paciente em risco de infecções oportunistas, inclusive por patógenos ambientais como *Legionella* e *Aspergillus*<sup>(13)</sup>. A ventilação exige a utilização de filtros HEPA e pressão positiva, quando o fornecimento de ar excede em pelo menos 10% aquele do ar exaurido<sup>(12)</sup>. Em decorrência do alto custo, é difícil oferecer esses sistemas para todos os pacientes imunocomprometidos e procedimentos de controle de ventilação menos rigorosos são muitas vezes recomendados, destacando-se, particularmente, a utilização de filtros com eficiência de 95%, que retêm partículas com 0,3µm<sup>(14,15)</sup>.

Os ambientes protetores ultralimpas são referidos na literatura como isolamento com barreiras, ambiente protegido ou ambiente totalmente protegido<sup>(16)</sup>. Estudos de metanálise, incluindo as várias formas desses ambientes, sugerem que eles permitam redução estatisticamente significativa na taxa de infecções<sup>(17)</sup>, apesar de suscitarem controvérsias em relação aos custos e efeitos deletérios,

tais como agravo do estresse psicológico dos pacientes e, ainda, sobre o significado mais amplo da diferença real das taxas de infecção quando comparados com as de ambientes limpos<sup>(16)</sup>.

Nos Estados Unidos da América do Norte, as salas de cirurgia convencionais são virtualmente livres de bactérias ou partículas menores que 0,5µm quando vazias. A fonte de bactérias presentes no ar em salas de cirurgia origina-se sobretudo da pele das pessoas; as contagens dependem principalmente do número de indivíduos, seu nível de atividade, sua disciplina e do conhecimento e aplicação das práticas de controle de infecções<sup>(10)</sup>. Em estudo realizado na cidade de Uberlândia, as contagens nas salas cirúrgicas foram de 7,8x10<sup>1</sup>UFC/ml em salas limpas e 2,3x10<sup>2</sup>UFC/ml em salas sujas de um hospital público, com ar ultralimpo, e 1,2x10<sup>1</sup>UFC/ml em salas limpas e 8,4x10<sup>1</sup>UFC/ml em salas sujas nos hospitais privados, com ar refrigerado. Essas diferenças podem ser atribuídas a fatores como: proporções de cirurgias limpas (20% no hospital público universitário *versus* 87% nos hospitais privados) e eletivas (12% no hospital público universitário *versus* 94% nos hospitais privados), maior número de profissionais no ato cirúrgico e menor disciplina nas práticas de limpeza e desinfecção das salas no hospital público<sup>(18)</sup>. Não foram determinados níveis que possam ser considerados seguros para a contaminação ambiental do ar de salas cirúrgicas para os diferentes procedimentos cirúrgicos<sup>(9)</sup>.

As principais características das salas cirúrgicas estão na Tabela 1. Grandes volumes de ar filtrados, através de filtros de alta eficiência, são introduzidos por entradas localizadas no teto das salas, com força que permita a sua difusão, obtendo-se assim uma área ventilada em torno do sítio cirúrgico, que é constantemente “lavado” pelo

fluxo de ar ultralimpo. O projeto de instalação do sistema de refrigeração deve ser desenvolvido de tal forma que o ar filtrado retire as partículas infecciosas produzidas pela equipe cirúrgica, em direção às margens da sala, onde elas retornam aos ductos, sem que possam recircular na área próxima ao campo cirúrgico. Quanto maior a quantidade de objetos, tais como mesas e armários que interrompam esse fluxo aéreo, maior a turbulência e a possibilidade de altos níveis de contaminação<sup>(12)</sup>.

Sistema de ventilação mais caro, usualmente referido como fluxo laminar, compreendendo sistema de fluxo aéreo unidirecional, na direção vertical, fornece ar livre de partículas com mais de 0,3µm de diâmetro. É recomendado em cirurgias de próteses ortopédicas em que predominam as artoplastias e próteses de joelho; o seu uso está associado a incidência mais baixa de sepse pós-operatória<sup>(19,20)</sup>.

#### PADRÕES DE PARTÍCULAS

No Brasil, o Conselho Nacional do Meio Ambiente<sup>(21)</sup>, por meio da resolução nº 3 de junho de 1990, estabelece os padrões de qualidade do ar nos ambientes externos que, ultrapassados, poderão afetar a saúde, a segurança e o bem-estar da população. No tocante às partículas inaláveis, os padrões primários e secundários são: concentração média aritmética anual de 50 microgramas por metro cúbico de ar, concentração de 150 gramas por metro cúbico por dia, que não deve ser excedida mais de uma vez por ano<sup>(21)</sup>. Nos EUA, a *Environment Protection Agency* estabelece como padrão de exposição externa às partículas com menos de 2,5 micrômetros um limite de exposição de 65µg por dia. Estudos de exposição, nesse país, revelam que os níveis de poluição interna por pro-

TABELA 1  
Sumário de áreas hospitalares com ventilação especial\*

Características	Isolamento doenças infecciosas	Ventilação para hospedeiros imunocomprometidos	Sala de cirurgia
Pressão do ar	negativa	positiva	positiva
Trocas de ar na sala	≥ 6 renovações	> 15 renovações	15 ou 25 renovações
Lacradas <sup>a</sup>	Sim	Sim	Sim
Direção do fluxo de ar	Limpo p/ sujo (profissional limpo)	Limpo p/ sujo (paciente limpo)	Substituição no sítio cirúrgico é crítico
Filtração	90%	99,97% <sup>b</sup>	90%
Recirculação	Não	Sim	Sim

\* Segundo Streifel AJ (1996)

a. Infiltração minimizada pelo controle da ventilação

b. HEPA 99,97% @ partículas de 0,3µm

duetos orgânicos voláteis e pesticidas tóxicos é maior em ambientes internos do que externos e a exposição dos indivíduos a partículas inaláveis durante o dia é mais alta (> 60%) do que à noite, tanto interna quanto externamente, em função da movimentação das pessoas<sup>(22)</sup>.

Além das partículas não biológicas, provenientes principalmente da combustão do cigarro e de combustíveis, que estão associadas a agravos na saúde, destacam-se os bioaerossóis, que correspondem a material biológico transmitido pelo ar. Os contaminantes biológicos incluem microrganismos (bactérias, fungos, vírus), ácaros, pólen, traças, pêlo e fezes de animais. As bactérias e fungos são os mais frequentemente associados com biocontaminantes e com queixas quanto à qualidade de ar de interiores. Entre os contaminantes bacterianos mais comumente isolados estão: *Staphylococcus spp* e *Micrococcus spp*; entre os fungos destacam-se: *Penicillium spp*, *Aspergillus spp* e *Cladosporium spp*. Há muitas fontes desses poluentes, mas os pólenes originam-se de plantas, as bactérias a partir do homem e os fungos, de fontes ambientais como solo e vegetais. Entre as principais fontes de contaminação fúngica estão os sistemas de ventilação mecânica, em função do seu funcionamento deficiente e de misturar ar filtrado externo com ar reciclado<sup>(6)</sup>. A atividade humana afeta, consideravelmente, a concentração de bioaerossóis fúngicos ou não, dispersados a partir do piso contaminado, carpetado ou não<sup>(23)</sup>.

Alguns países como Canadá, onde a população permanece em ambientes fechados o ano todo em decorrência das condições climáticas, há padrões definidos para níveis de fungos no ar; assim, mais do que 50UFC/m<sup>3</sup> de fungos, de uma única espécie, acarreta uma investigação imediata; até 150UFC/m<sup>3</sup> de fungos devem ser considerados aceitáveis, se corresponderem a uma mistura de espécies; e até 500UFC/m<sup>3</sup> de fungos, também, devem ser aceitos se corresponderem, primariamente, a *Cladosporium* ou outros fungos anemófilos comuns<sup>(1)</sup>. No Brasil há uma proposta de Kulcsar Neto e Siqueira<sup>(24)</sup> para um "padrão referencial brasileiro" correspondente a 780UFC/m<sup>3</sup> de ar.

Os níveis de contaminantes biológicos do ar de interiores variam enormemente em função do tempo e espaço, de forma que um banco de dados sobre a distribuição de níveis de contaminação deve ser suficientemente grande para fornecer informações úteis para a gerência de risco. A avaliação dos resultados de amostras biológicas de ambientes deve ser feita com considerável cuidado. A natureza da coleta e análise é muito dependente de diferenças nas condições ecológicas (clima, estação do ano e geografia), o método de coleta e os procedimentos de laboratório (meio de cultura utilizado, temperatura e tempo de incubação)<sup>(1)</sup>. Os métodos tradicionais de coleta envolvem a passagem forçada do fluxo de ar em um dis-

positivo especial (amostrador de Anderson), onde os microrganismos (fungos e bactérias) são depositados sobre a superfície de meios bacteriológicos, onde são feitas as contagens. A análise final compreende vários dias e muitos microrganismos não são cultiváveis sem o uso de meios ou condições de cultivo especiais<sup>(25,26)</sup>, além da possibilidade de crescimento confluyente em função de contaminação excessiva. Não há métodos e padrões, amplamente aceitos, para análise e amostragem de agentes microbianos no ar, dificultando o estabelecimento de padrões destes agentes suspensos no ar de interiores<sup>(1)</sup>.

O material particular inalado é amostrado através da passagem do ar por filtros (3,5µm) de policarbonato, conectados a um ciclone, instalado antes do filtro; funciona da mesma forma que um aspirador de pó, deixando passar apenas as partículas menores. O material particulado é determinado gravimetricamente através de uma balança de precisão com sensibilidade na faixa de micrograma<sup>(27)</sup>. Os estudos de exposição têm-se concentrado na avaliação da prevalência de compostos orgânicos voláteis, pesticidas, monóxido de carbono e partículas inaláveis (dimensões inferiores a 2,5µm); estas partículas podem atingir o trato respiratório inferior, sendo, portanto, mais associadas a doenças pulmonares<sup>(22)</sup>.

## COMENTÁRIOS FINAIS

Os inquéritos de monitoramento do ambiente interno deveriam ser, usualmente, recomendados quando da comprovação, por médicos, de doença com a ocupação do ambiente, evidência visual (presença de sujidade), queixa dos ocupantes, que sejam sugestivas de contaminação biológica<sup>(28)</sup>.

Como as relações entre dose/exposição por biocontaminantes de interiores são usualmente pouco conhecidas<sup>(28)</sup>, estudos integrados, incluindo pesquisadores de área básica, clínicos e epidemiologistas, são necessários para: a) auxiliar no diagnóstico de doenças; b) estabelecer limites de exposição para os usuários; c) definir qualidade aceitável para o ar de interiores; d) estabelecer protocolos e estratégias para o monitoramento do ambiente de interiores; e e) avaliar a aplicabilidade e relação de custo/efetividade das medidas, nas diversas regiões do Brasil.

## REFERÊNCIAS

1. World Health Organization. Indoor air quality: biological contaminants. Rautavara, 1998.
2. Brasil. Ministério da Saúde. Portaria nº 3523, 28 ago 1998. Diário Oficial da União, Brasília, 31/08/1998. Seção 1;40-42.
3. Dantas EHM. Ar condicionado: vilão ou aliado? Uma revisão crítica. Rev Bras Indoor 1998;4-18.
4. ABNT. Sistemas de refrigeração, condicionamento de ar e ventilação - Manutenção programada. NBR 13971. Rio de Janeiro, 1997.

5. American Society of Heating. Refrigerating and air-conditioning engineers. Ashae Standard Method of testing air-cleaning devices used in general ventilation for removing particulate matter. Atlanta, 1992.
6. Steczenbach WR, Hust CJ, Knudsen G, et al. Dispersal of fungal spores from contaminated metal and fiberglass duct. Engineering solutions to indoor air quality, air and waste management assoc. Research Triangle Park 1998;July:21-23.
7. Mantone WJ, Javis WR, Edwards JR, Gulver DH, Haley RW. Incidence and nature of endemic and epidemic nosocomial infections. In: Bennett JV, Brachman PS, eds. Hospital infections. 4th ed. Philadelphia: Lippincott-Raven, 1998;461-467.
8. Brachman PS. Epidemiology of nosocomial infection. In: Bennett JV, Brachman PS, eds. Hospital infections. 4th ed. Philadelphia: Lippincott-Raven, 1998;3-16.
9. Nichols RL. The operating room. In: Bennett JV, Brachman PS, eds. Hospital infections. 4th ed. Philadelphia: Lippincott-Raven, 1998;68-76.
10. Hambreaus A. Aerobiology in the operating room: a review. J Hosp Infect 1998;11(Suppl A):68-76.
11. Harries AD, Maher D, Nunn P. Practical and affordable measures for the protection of the health care workers and patients from tuberculosis in low income countries. Bull WHO 1997;75:477-489.
12. Streifel RJ. Design and maintenance of hospital ventilation systems and the prevention of airborne nosocomial infection. In: Mayhall CG, ed. Hospital epidemiology and infection control. 1st ed. Baltimore: William & Wilkins, 1996;955-963.
13. Rubin R. The compromised host a sentinel chicken. N Engl J Med 1987;317:1151-1153.
14. Nauseef W, Maki D.A. Study of the value of simple protective isolation in patients with granulocytopenia. N Engl J Med 1981;304:448-453.
15. Rhame F. Nosocomial aspergillosis: how much protection for which patients? Infect Contr Hosp Epidemiol 1989;10:296-298.
16. Rhame FS. The inanimate environment. In: Bennett JV, Brachman PS, eds. Hospital infections. 4th ed. Philadelphia: Lippincott-Raven, 1998;299-324.
17. Rhame FS. The inanimate environment. In: Bennett JV, Brachman PS, eds. Hospital infections. 2nd ed. Boston: Little, Brown, 1986; 223-249.
18. Menezes-Silva CR, Watanabe CM, Diogo Filho A, Gontijo Filho PP. Centros cirúrgicos, uso de antimicrobianos em pacientes cirúrgicos e microflora ambiental nas salas de cirurgia dos hospitais de Uberlândia, Minas Gerais. Rev C Bras Cirur 1999 (no prelo).
19. Lidwell O, Elson RA, Lowbury EJ, Whyte W, Blowers R, Stanly SJ, Lowe D. Ultraclean air and antibiotics for prevention of postoperative infection. Acta Orthop Scand 1987;58:4-13.
20. Levenson SM, Trexler PC, Van der Waajj D. Nosocomial infection: prevention by special clean-air, ultraviolet light, and barrier (isolator) techniques (review). Curr Probl Surg 1986;23:453-558.
21. CONAMA – Conselho Nacional Meio Ambiente. Resolução nº 3 de 18 jun 1990. Padrões de qualidade do ar. Diário Oficial da União, 22 ago 1990.
22. Ott WR, Roberts JW. Everyday exposure to toxic pollutants. Sci Am 1998;278:72-77.
23. Buttner MP, Steczenbach LD. Monitoring of fungal spores in a experimental indoor environment to evaluate sampling methods and effects of human activity on air sampling. Appl Environ Microbiol 1993;59: 219-226.
24. Kulscar-Neto F, Siqueira LFG. Padrões referenciais para análise de resultados de qualidade microbiológica em interiores visando a saúde pública no Brasil. Rev Brasindoor 1998;2:4-20.
25. Buttner MP, Willeke K, Grinshpun S. Sampling for air-borne microorganisms. In: Hurst CJ, Knudsen GR, eds. Manual of environment microbiology. 1st ed. Washington: ASM Press, 1997;629-640.
26. Jensen PA. Instrumentation used with microbial bioaerosol. In: Ligthart B, Mohr AJ, eds. Atmospheric microbial aerosols, theory and applications. 1st ed. New York: Chapman and Hall, 1994;226-284.
27. Conner JM, Oldaker III GB, Murphy JJ. Method for assessing the contribution of environmental tobacco smoke to respirable suspended particles in indoor environments. Environ Technical 1990;19:189-196.
28. Steczenbach LD. Microorganisms and indoor air quality. Clin Microbiol Newsletter 1988;157-161.