

ARTIGO DE REVISÃO/REVISION ARTICLE

Contaminação do ar interior por bioaerossóis

Bioaerosol induced indoor air contamination

JOÃO FERNANDO PEREIRA GOMES

Centro de Tecnologias Ambientais, Instituto de Soldadura e Qualidade,
Tagus Park, Apartado 119 – 2781-951 OEIRAS

RESUMO

O Síndrome dos Edifícios Doentes refere-se a queixas e desconforto ambiental dos ocupantes de edifícios assim como a um conjunto de sintomas médicos, tais como irritações das membranas mucosas, sintomas do sistema nervoso central, rigidez do tronco, alergias e afecções da pele. Estas afecções são originadas por poluentes de origem química e ainda por microorganismos em suspensão na atmosfera que se designam por bioaerossóis. Faz-se uma revisão de alguns estudos efectuados sobre o assunto onde se relacionam as concentrações de bioaerossóis com parâmetros construtivos das habitações, tipo de ocupação e natureza dos sistemas de climatização.

REV PORT PNEUMOL 2002; VIII (6): 689-694

Palavras-chave: Síndrome dos edifícios doentes; bioaerossóis; ar interior

ABSTRACT

Sick Buildings Syndrome describes a series of complaints and environmental discomfort from buildings' occupants and also medical symptoms such as mucous membranes irritation, central nervous system symptoms, chest stiffness, allergy and skin affections. These problems are due both to chemical originated pollutants and also airborne microorganisms known as bioaerosols. This paper presents a review of some studies on this subject where bioaerosols content of indoor atmospheres is related with building structural parameters, type of occupation and type of climatisation systems.

REV PORT PNEUMOL 2002; VIII (6): 689-694

Key-words: Sick building syndrome; bioaerosol; indoor air

Recebido para publicação: 02.10.06

Aceite para publicação: 02.10.26

INTRODUÇÃO

O termo Síndrome dos Edifícios Doentes (SED) tem vindo a ser usado há mais de 15 anos sem uma definição clara e tem vindo a ser incluído na linguagem comum. Originalmente foi utilizado para referir um conjunto lato tanto de sintomas médicos, desconforto ambiental e queixas face a odores desagradáveis¹. Hoje em dia descreve, mais precisamente, irritações das membranas mucosas, sintomas do sistema nervoso central, rigidez do tronco, alergias e afecções da pele. Diversas destas afecções são originadas por microorganismos em suspensão na atmosfera que se designam por bioaerossóis.

RELAÇÃO ENTRE OS BIOAEROSSÓIS E A SAÚDE

À medida que tanto as habitações antigas como a novas têm vindo a ser adaptadas por forma a serem mais eficientes em termos energéticos, as concentrações de certos contaminantes da atmosfera têm vindo a aumentar, e a prevalência do SED e doenças relacionadas com as atmosferas anteriores tem crescido assustadoramente. Em particular, é, hoje em dia, reconhecido que a incidência da asma, hospitalizações e mortalidade relacionadas estão a aumentar, invertendo-se as tendências de diminuição registadas na década de 70^{2,3}. O facto de que tanto os valores limite como as concentrações de poluentes pulmonares irritantes e partículas respiráveis no ar ambiente exterior ter vindo a baixar na maior parte das cidades do mundo no decurso das últimas três décadas, sugere que a poluição do ar ambiente exterior não é maioritariamente responsável pelo aumento dos problemas de saúde atribuíveis ao SED. O aumento da prevalência da asma e outras doenças respiratórias veio, assim, alertar para que os bioaerossóis interiores e outros alérgenos, tais como os

ácaros domésticos, podem ter um papel muito importante nessas alterações, embora não se possa ainda considerar que este facto esteja clinicamente estabelecido^{4,5}.

Juntamente com o SED, as doenças associadas a agentes biológicos podem incluir fungos^{5,6}, bactérias^{7,8} e toxinas microbianas, tais como endotoxina⁹ ou micotoxinas¹⁰ e compostos orgânicos voláteis libertados pelos contaminantes biológicos. A humidade em excesso está associada ao aumento da prevalência dos sintomas respiratórios, provavelmente através da promoção do crescimento de fungos e ácaros^{11,12}.

Estudos efectuados sobre as condições ambientais em habitações vieram demonstrar o nexo causal entre os sintomas respiratórios e a elevada humidade ambiente^{13,14,15}. Viegi e colaboradores¹⁶ realizaram diagnósticos sobre as condições de saúde, através de questionários dirigidos a 3866 pessoas escolhidas entre a população da Itália Central, e verificaram que o uso de sistemas de aquecimento nas habitações por fogões de sala ou ar forçado estava associado ao aumento da prevalência de dispneias, diminuição da capacidade respiratória e problemas cardiovasculares. Do mesmo modo, os dados recolhidos durante um estudo de 150 habitações no Kansas¹⁷ sugerem uma correlação entre o aumento de fungos e o uso de fogões a gás. Estes autores atribuem este aspecto ao aumento da humidade no interior das habitações provocado pela combustão de gás.

Verificou-se, também, que a existência nas habitações de caves estão, geralmente, associados a elevadas concentrações de fungos saprófitas. Kodama e McGee¹⁸ estudaram o desenvolvimento de microorganismos nas atmosferas interiores em habitações e encontraram menos fungos nas equipadas com sistemas de ar condicionado do que nas com ventilação natural, excepto para a espécie *Aspergillus* em que se dá precisamente o inverso.

QUADRO 1

Alguns bioaerossóis e suas origens

Aerossóis	Fontes vivas	Fontes inanimadas
Vírus	Animais infectados	Água
Bactérias	Animais infectados	Água, solo, folhas, ar
Endotoxina	Bactérias gram-negativas	Água, solo, folhas, ar
Esporos de fungos, micotoxinas	Cogumelos, bolores	Superfícies de plantas vivas e mortas, solo, água, ar
Protozoários	Animais infectados	Água, solo
Algas		Água, solo
Pólen	Árvores, relva, plantas	Superfícies de folhas, solo
Alérgenos de pólen	Pólen	Água
Efluentes animais (fragmentos e excrementos)	Animais vivos	Solo, água, ar

NÍVEIS DE CONCENTRAÇÃO DE BIOAEROSSÓIS

Hawthorne e colaboradores publicaram dados relativos a um estudo efectuado nos EUA que revelaram a existência de níveis de fungos em excesso de 1000 colónias formadas por metro cúbico (CF/m³) em 49 % das habitações e concentrações de bactérias desta ordem de grandeza em 57 % das mesmas, tendo-se constatado que as concentrações destes organismos nas atmosferas exteriores eram sempre menores¹⁹.

Outro estudo realizado por Solomon nos EUA²⁰ revelou concentrações exteriores de fungos no Inverno de 230 CF/m³, e de 342 CF/m³ no interior de habitações.

Um estudo bastante exaustivo efectuado por DeKoster e Thorne²¹ relativo a habitações na zona central dos EUA procurou investigar as relações entre as concentrações interiores de bioaerossóis e as características dos sistemas de aquecimento, ventilação e ar condicionado (AVAC), assim como outros aspectos estruturais dos edifícios. As determinações em causa foram efectuadas em habitações classificadas como “sem queixas” (A), “com queixas” (B) e “recentemente intervencionadas” (C) em termos de isolamento e ventilação; tendo sido medidos os níveis de concentração de

fungos a dois níveis de cada habitação e na atmosfera exterior, cujos resultados se apresentam na tabela 2.

Por estes dados tem-se que, em geral, os níveis de concentração de fungos são consideravelmente mais elevados nas caves do que no piso térreo das habitações, o que parece poder situar as zonas mais junto ao solo como um local de amplificação consistente com o verificado em estudos anteriores²² e justificado pela elevada humidade dos solos. Este aspecto, associado à acumulação de fungos derivada pela baixa circulação de ar e baixa injeção de ar fresco provocada por muitos sistemas AVAC leva a que se cheguem a obter concentrações no interior dos pisos térreos das habitações até cerca de 4 vezes superiores ao determinado na atmosfera exterior. Naturalmente que isto é mais notório no caso das habitações tipo B, cujos habitantes registam queixas, e menos nos outros tipos. Também se pode verificar que existe uma distribuição não uniforme para cada uma das espécies de fungos identificados, o que tem a ver com características intrínsecas dessas mesmas espécies.

Ainda no âmbito deste estudo foi investigada, estatisticamente, a possibilidade de ocorrência de correlações entre as concentrações medidas e parâmetros estruturais e operacionais dos sistemas AVAC existentes nas habitações, tais como a ausência ou presença de humidificadores,

QUADRO II

Concentrações de fungos (CF/m³) em habitações, segundo DeKoster e Thorne²¹

Espécie	Habitação tipo A		Habitação tipo B		Habitação tipo C		Exterior
	Cave	Sala	Cave	Sala	Cave	Sala	
<i>Cladosporium</i>	253	272	306	470	557	198	1790
<i>Penicillium</i>	296	184	6030	455	186	75	118
<i>Alternaria</i>	37	40	24	26	39	34	129
<i>Aspergillus</i>	45	33	1060	215	24	14	37
<i>Fusarium</i>	18	19	8	8	13	17	42
Enzimas	33	25	13	22	47	39	29
Outros	80	70	300	182	53	59	93

desumidificadores, tipo de ar condicionado (centralizado, localizado ou ausência deste), tempo médio de utilização do sistema AVAC, etc. Este estudo conclui pela existência de correlações com significado estatístico sob este aspecto: o tipo de sistema de ar condicionado afecta o nível de fungos presentes, sendo que as habitações com sistema centralizado apresentam menos colónias do que as equipadas com sistema localizado ou sem ar condicionado. Os dados sugerem ainda que muitos dos sistemas de desumidificação não dispõem de uma capacidade suficiente para impedir o desenvolvimento de fungos e que as habitações em que os sistemas estão equipados com filtros de alta eficiência para tratamento de ar apresentam níveis significativamente mais baixos de fungos e microrganismos respiráveis.

CONCLUSÕES

A natureza dos problemas da qualidade do ar interior em habitações residenciais difere substancialmente dos relativos aos edifícios de escritório, particularmente nos casos em que existem contaminantes microbiológicos.

Na realidade, muita da informação relativa ao dimensionamento dos sistemas AVAC para edifícios

de escritórios não é frequentemente relevante para habitações que têm requisitos e padrões diferentes em termos de ocupação, utilização, necessidades de ventilação, assim como fontes de contaminação. Muitas destas questões não se encontram ainda devidamente esclarecidas e necessitam que sejam efectuados mais estudos detalhados.

Diversos investigadores^{23,24} sugeriram que a determinação das relações entre as concentrações de contaminantes entre o interior e o exterior das habitações pode ajudar na identificação da fonte interior de contaminação.

Em 1989, a ACGIH²⁵ recomendou que, para a exposição a esporos de fungos, os níveis de concentração interior devem ser interpretados em relação aos ambientes de controlo, tais como o ar ambiente exterior ou o ar interior em que não se verifiquem queixas. Como raramente se encontram disponíveis dados da linha de base para habitações onde não existem queixas, a prática comum é a comparação com os níveis em ar ambiente exterior. Contudo, o estudo do DeKoster e Thorne²¹ indica que esta avaliação nem sempre tem um bom valor de significância.

Relativamente ao tipo de espécies encontradas no interior das habitações tem-se que a maior parte dos fungos saprófitas, tais como *Cladosporium*, *Alternaria*, *Penicillium* e *Aspergillus* predominam

mundialmente no ar exterior²⁶. Em geral, a espécie *Cladosporium* é a predominante, seguida pela espécie *Penicillium*, dependendo naturalmente das condições climáticas reinantes.

De notar que todos os estudos aqui referidos apontam para a existência de importantes correlações entre os contaminantes biológicos encontrados no interior das habitações e as características dos sistemas AVAC aí instalados. Em particular, o estudo de DeKoster e Thorne²¹, ao detectar concentrações mais elevadas de bioaerossóis nas caves do que nos pisos térreos e uma tendência análoga entre as habitações dos tipos A e B face às do tipo C, indicam que a intervenção neste último tipo de habitações, que consistiu na instalação de melhores sistemas AVAC, com melhor controlo de humidade e retenção de alérgenos, é eficaz no controlo de bioaerossóis.

Os diversos estudos pareceram ainda indicar a inexistência de relação entre as concentrações elevadas de bioaerossóis bacterianos e os parâmetros construtivos das habitações, embora exista uma relação directa entre essas concentrações e o número de indivíduos residindo nas mesmas casas.

Contudo, as características das habitações que resultam no aparecimento de baixas concentrações de bioaerossóis fúngicos são uma baixa humidade das caves e pisos térreos, grande utilização de sistemas centralizados de ar condicionado, isolamento eficaz das caves e pisos térreos e filtros de alta eficiência instalados nos sistemas AVAC.

BIBLIOGRAFIA

1. THORNE, P.S.; LEVASSEUR, J.A., "Levels of airborne bacteria and fungi associated with sick and healthy homes", *Toxicologist*, 12, 223 (1992)
2. GERGEN, P.J.; WEISS, K.B., "The increasing problem of asthma in the United States", *Am. Rev. Respir. Dis.*, 146, 823 (1992)
3. YUNGINGER, J.W. et al., "A community based study of the epidemiology of asthma: incidence rates 1964-83", *Am. Rev. Respir. Dis.*, 146, 888 (1992)
4. SPORIK, R., et al., "Exposure to house-dust mite allergen and the development of asthma in childhood", *N.Engl.J. Med.*, 323, 502 (1990)
5. MILLER, J.D., "Fungi as contaminants in indoor air", *Atmos. Environ.*, 26A, 2163 (1992)
6. BURGE, P.S., "Bacteria, fungi and other micro-organisms" in *Indoor Air Pollution: Problems and Priorities*, G.B. Leslie e F.W. Lunau Eds., Cambridge Univ. Press, Cambridge, 1992, pp. 29-61
7. THORNE, P.S., "Sump additives as a source of bioaerosols in a school building", *Vet. Human Toxicol.*, 35, 141 (1993)
8. HOOD, M.A., "Gram negative bacteria as bioaerosols" in *Biological Contaminants in Indoor Environments*, P.R. Morley, J.C. Feeley e J.A.Otten Eds., ASTM STP 1071, ASTM, Philadelphia, 1990, pp. 60-70
9. OLENCHOCK, S.A., "Endotoxins" in *Biological Contaminants in Indoor Environments*, P.R. Morley, J.C. Feeley e J.A.Otten Eds., ASTM STP 1071, ASTM, Philadelphia, 1990, pp. 190-200
10. JARVIS, B.B., "Mycotoxins and indoor air quality" in *Biological Contaminants Environments*, P.R. Morley, J.C. Feeley e J.A.Otten Eds., ASTM STP 1071, ASTM, Philadelphia, 1990, pp. 201-214
11. DALES, R.E. et al., "Respiratory health effects of home dampness and molds among Canadian children", *Am. J. Epidemiol.*, 134, 196 (1991)
12. PLATT, S.D. et al., "Damp housing, mould growth and symptomatic health state", *Br. Med. J.*, 298, 1673 (1989)
13. WAGEMAEKERS, M.N. et al., "Respiratory symptoms in damp homes", *Allergy*, 44, 192 (1989)
14. STRACHAN, D.P., SANDERS, C.H., "Damp housing and childhood asthma: respiratory effects of indoor air temperature and relative humidity", *J. Epid. Comm. Health*, 43, 7 (1989)
15. STRACHAN, D.P. et al., "Quantification of airborne moulds in the homes of children with and without wheeze", *Thorax*, 45, 382 (1990)
16. VIEGI, G. et al., "Effects of the home environment on respiratory symptoms of a general population sample in middle Italy", *Arch. Environ. Health*, 47, 64 (1992)
17. SU, H.J., et al., "Examination of fungi in domestic interiors by using factor analysis: correlation and associations with home factors", *Appl. Environ. Microbiol.*, 58, 181 (1992)
18. KODARNA, A.M., MCGEE, R.I., "Airborne microbial contaminants in indoor environments", *Arch. Of Env. Health*, 41, 306 (1986)
19. HAWTHORNE, A.R., et al., "Case study- multipollutant indoor air quality study of 300 homes in Kinston/

- Aharriman, Tennessee” in Design and Protocol for Monitoring Indoor Air Quality, N.L. Nagda e J.P. Harper Eds., ASTM STP 1002, ASTM, Philadelphia, 129 (1989)
20. SOLOMON, W.R., “A volumetric study of winter fungus prevalence in the air of Midwestern homes”, *J. Allergy Clin. Immunol.*, 57, 46 (1976)
 21. DE KOSTER, THORNE, P.S., “Bioaerosols concentrations in noncomplaint, complaint, and intervention homes in the Midwest”, *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.*, 56, 575 (1995)
 22. RAHJHANS, G.S., “Findings of the Ontario Interministerial Committee on indoor air quality” in Proceedings of the ASHRAE/SOEH Conference on IAQ 1988, ASHRAE Inc., 1989, pp. 195-223
 23. BURGE, H.A., et al, “Bioaerosols”, *Appl. Ind. Hyg.*, 2, 10 (1987)
 24. REYNOLDS, S.J., et al. “Elevated airborne concentrations of fungi in residential and office environments”, *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.*, 51, 601 (1990)
 25. *American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH)*, “Guidelines for the Assessment of Bioaerosols in the Indoor Environment”, Cincinnati, 1989. p.8
 26. GREGORY, P.H. “The Microbiology of the Atmosphere”, Leonard Hill Ltd, London, 1961. pp.108