

# QUALIDADE DO AR INTERNO EM UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO SUPERIOR BRASILEIRA

## INTERNAL AIR QUALITY IN A BRAZILIAN COLLEGE

Gilsimeire Rodrigues MORAIS<sup>1</sup>; Marcos Almeida da SILVA<sup>1</sup>;  
Marcelo Victor de CARVALHO<sup>1</sup>; Jaqueline Gomes Souza dos SANTOS<sup>1</sup>;  
Elias José Oliveira von DOLINGER<sup>2</sup>; Denise von Dolinger de BRITO<sup>3</sup>

1. Biólogo(a), formado(a) pelo Instituto Luterano de Ensino Superior de Itumbiara-GO. [gilsimeire@yahoo.com.br](mailto:gilsimeire@yahoo.com.br); 2. Doutorando de Imunologia e Parasitologia Aplicadas da Universidade Federal de Uberlândia – UFU, Uberlândia, MG, Brasil; 3. Professora, doutora, Instituto de Ciências Biomédicas - ICBIM-UFU, Uberlândia, MG, Brasil.

**RESUMO:** O objetivo desta pesquisa foi avaliar a qualidade microbiológica do ar interno de uma instituição de ensino superior de Itumbiara-GO. Foram avaliadas 51 salas de aula, incluindo os laboratórios de química, zoologia e microbiologia e o ar do pátio externo da Instituição para uma análise comparativa. O ar das salas foi avaliado pela técnica de exposição (método de sedimentação espontânea) utilizando-se três conjuntos de duas placas de petri (90mm) dispostas pelo tempo de 30min. Foram utilizados os seguintes meios de cultura: agar trypticase de soja, agar manitol salgado e agar macConkey. Os isolados bacterianos foram identificados utilizando-se métodos bioquímicos clássicos. Foi detectado que 51% das salas de aula (inclusive o laboratório de microbiologia) apresentaram contagens bacterianas acima do limite aceitável ( $\leq 7,5 \times 10^2$  UFC/m<sup>3</sup>) proposto pela ANVISA. Houve uma maior frequência de *S.aureus* (100%), seguido de *Staphylococcus coagulase negativo* (88,2%) e *Escherichia coli* (78,4%). A análise microbiológica do ar do pátio externo demonstrou um crescimento bacteriano elevado ( $> 2,0 \times 10^3$  UFC/m<sup>3</sup>). A contaminação do ar das salas pode ter sido causada pelos próprios ocupantes das salas e suas atividades ocupacionais, contribuindo para o transporte de microrganismos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Qualidade do ar. Contaminação. Saúde humana.

## INTRODUÇÃO

O homem moderno passa, em média, 87% do dia em ambientes fechados; como a maior parte do ar inalado é ar contido nesses ambientes, monitoramentos e estudos sobre a qualidade desse ar são importantes (KLEPEIS, 2001). Os modernos edifícios aclimatados artificialmente podem criar um ambiente ameaçador à saúde humana. Por serem hermeticamente fechados, causa a redução drástica da captação do ar externo, apresentando problemas quanto à regulagem da umidade e temperatura do ar, e conseqüentemente o aparecimento de diferentes espécies de microrganismos (GIODA; NETO, 2003a; HOJO, 2005).

Ambientes aclimatados artificialmente possuem uma infinidade de componentes químicos (substâncias tóxicas, carcinogênicas, radioativas) e biológicos (microrganismos patogênicos) emitidos por diversas fontes, e que, dependendo das condições físicas (umidade do ar, temperatura do ar, ventilação inadequada) do ambiente, podem interagir entre si (LEE, 2006).

Segundo Eickoff (1994), o ar condicionado é contaminado por partículas, poeira ou filtros colonizados uma vez que estas partículas são geradas em sua maioria por hospedeiros animados. As bactérias e os fungos disseminados são capazes

de sobreviver em ambientes secos por longos períodos.

O ar interior dos ambientes fechados pode ser mais poluente do que o ar exterior (LEE, 2006). Lacerda et al. (2003) descreve que o fenômeno de recirculação de ar é responsável pelo aumento de microrganismos na ordem de 1.000 a 100.000 vezes em relação ao ar externo.

Desde o início da década de 70, trabalhadores de centenas de modernos edifícios fechados na América do Norte e na Europa Ocidental relatam queixas relativas à saúde e conforto (STERLING et al., 1991). Esses edifícios são comumente referidos como edifícios doentes, o que levou a Organização Mundial de Saúde a criar o termo Síndrome dos Edifícios Doentes (SED), na década de 80, para designar o quadro clínico de quem permanece nesses ambientes (FANGER, 2001).

A incorreta limpeza nos filtros e dutos de ar refrigerado propicia o desenvolvimento de partículas microbianas, incluindo fungos, vírus, ácaros, bactérias que podem levar os ocupantes de ambientes climatizados a contraírem doenças respiratórias, infecciosas ou alérgicas (CARTAXO et al., 2007).

Diante do exposto, verifica-se que a má qualidade do ar de interiores pode desempenhar importante papel na causalidade dos agravos a

saúde. A poluição do ar interior não se restringe apenas aos edifícios de escritórios, mas inclui ambientes não-industriais, como observado pelos estudos realizados em residências (CARTAXO et al., 2007), instituições de ensino (MESQUITA; ARAÚJO, 2006), hospitais (LEUNG et al., 2006), centros comerciais (COSTA et al., 2000), e aeroportos (SILVEIRA, 2002).

A falta de uma política preventiva nos programas de manutenção nos sistemas de refrigeração e ventilação pode ser fator determinante para a ocorrência de poluentes biológicos (microrganismos patogênicos), os quais poderão constituir uma ameaça à saúde dos seus ocupantes (COSTA et al., 2006).

Levando em consideração a relevância do assunto para o meio ambiente e para a saúde dos ocupantes de ambientes artificialmente climatizados e por revelar uma preocupação de caráter mundial, o objetivo da pesquisa foi avaliar a qualidade microbiológica do ar interno de uma Instituição de Ensino Superior de Itumbiara-GO.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram avaliadas 51 salas de aula de uma Instituição de ensino superior de Itumbiara-GO no horário noturno, incluindo, laboratórios de química, zoologia e microbiologia, com aparelhos de ar condicionado tipo janela. As amostras foram coletadas no período do verão, em horários em que as salas estavam sendo utilizadas e o ar condicionado ligado. Foi realizada, também, a análise da qualidade microbiológica do ar do pátio externo da Instituição, que é localizado ao ar livre, possibilitando uma análise comparativa.

O ar das salas e do ambiente externo foi avaliado pela técnica de exposição (método de sedimentação), utilizando-se três conjuntos de duas placas de Petri de 90mm de diâmetro dispostas a um metro de qualquer obstáculo, pelo tempo de 30 min (PASQUARELLA et al., 2007; PASQUARELLA et al., 2000). No ambiente externo foram expostas três conjuntos de 5 placas, totalizando 15 placas, todas expostas em um mesmo dia, com a temperatura ambiente de  $\approx 35^{\circ}\text{C}$ . Os seguintes meios de cultura foram utilizados: agar manitol salgado, agar trypticase de soja (TSA), agar macConkey, sendo a contagem do número de colônias realizado exclusivamente em meio TSA. Foi calculada a média das Unidades Formadoras de Colônias presentes nas duas placas de TSA.

As placas foram acondicionadas em caixas de isopor térmicas, sob condições assépticas, posteriormente incubadas a  $37^{\circ}\text{C}$  por 24 - 48h e a

leitura realizada pela determinação do número de Unidades Formadoras de Colônias segundo Pasquarella et al., 2000. O limite aceitável da contagem total de bactérias heterotróficas mesófilas é de  $\leq 7,5 \times 10^2$  UFC/m<sup>3</sup> (Brasil, 2003b). Para determinar a contagem em UFC/m<sup>3</sup> foi seguido a formulação de Friberg, Friberg e Burman (1999) que compreende a relação numérica do produto da contagem de unidades formadoras de colônias depositadas em uma superfície por um determinado tempo com a área exposta sobre a média de ar na superfície. Foi atribuída a proporção 23:1 para média de ar na superfície por ser um processo de sedimentação espontânea.

### Identificação Microbiana:

As amostras bacterianas obtidas foram coradas pelo método de Gram, objetivando-se a observação da morfologia e características tintorial. Após a confirmação dessas características, elas foram submetidas às provas de catalase e óxido-fermentação da glicose para as Gram positivas e em seguida realizados os testes de coagulase e DNase. Para as Gram negativas foi realizada série bioquímica (Citrato, Uréia, H<sub>2</sub>S, indol, motilidade, Lisina descarboxilase e Oxidase/Fermentação da glicose e sacarose) para identificação do gênero e espécie (KONEMAN et al., 2008). No caso do crescimento de fungos no meio TSA, a amostra foi repicada em meio Sabouraud para a confirmação e avaliado em lâmina utilizando o corante azul de algodão ou clarificação com KOH.

Além disso, foi verificado junto à instituição, qual a periodicidade da limpeza dos aparelhos de ar condicionado e o protocolo de limpeza seguido pelos responsáveis. Foi acompanhado também, durante uma semana, o momento do início e término das aulas com a finalidade de avaliar a conduta de utilização dos aparelhos de ar condicionado.

## RESULTADOS

Microrganismos potencialmente patogênicos e toxigênicos foram isolados em todas as amostras coletadas. A análise quantitativa da contagem de colônias foi superior ao permitido pela ANVISA ( $\leq 7,5 \times 10^2$  UFC/m<sup>3</sup>) em 51% das salas de aula, incluindo o laboratório de microbiologia que também estava acima do permitido com uma contagem total de bactérias mesófilas de  $1,0 \times 10^3$  UFC/m<sup>3</sup>.

Quanto aos microrganismos detectados, *Staphylococcus aureus* foi a espécie mais frequente presente em 100% das amostras analisadas, seguido

de *Staphylococcus* coagulase negativo (88,2%) e *Escherichia coli* (78,4%). Os fungos estavam

presentes em 51% das amostras (Tabela 1).

**Tabela 1.** Microrganismos presentes no ar de 51 salas de uma instituição de ensino superior de Itumbiara-GO.

Microrganismos	Total	
	N	%
<i>Staphylococcus aureus</i>	51	100,0
<i>Staphylococcus</i> Coagulase negative	45	88,2
<i>Bacillus</i> sp.	5	9,8
<i>Escherichia coli</i>	40	78,4
<i>Enterobacter</i> sp.	8	15,6
<i>Klebsiella</i> sp.	4	7,8
<i>Proteus mirabilis</i>	1	2
Fungos Filamentosos	26	51

A análise microbiológica do ar do pátio externo da Instituição demonstrou um crescimento bacteriano também acima do limite aceitável com um total de UFC/m<sup>3</sup> >2,0x10<sup>3</sup>. O microrganismo identificado foi o *Bacillus* sp e não houve o crescimento de fungos.

Em alguns aparelhos de ar condicionado, foram observados defeitos quanto à regulagem de temperatura e gotejamento dentro das salas. Outro ponto importante foi a informação obtida de que a limpeza nos filtros do ar não era feita periodicamente, sendo a última limpeza realizada por profissionais especializados a três anos atrás.

Outro fato observado foi que era um hábito comum dos monitores responsáveis pelo funcionamento dos aparelhos os ligarem apenas quando os alunos e professores chegavam. No restante do tempo, se a sala não era utilizada, as portas e janelas ficavam fechadas e o aparelho desligado, não ocorrendo a troca do ar.

## DISCUSSÃO

Foi observada contagem de bactérias mesófilas, superior às permitidas pela ANVISA ( $\leq 7,5 \times 10^2$  UFC/m<sup>3</sup>) em 51% das salas avaliadas. Considerando a preocupação mundial com a qualidade do ar em ambientes climatizados e a ampla e crescente utilização de sistemas de ar condicionado no país em função das condições climáticas, o Ministério da Saúde propôs, através da portaria N°3523 de 28 de agosto de 1998, que sejam determinados padrões de qualidade do ar em ambientes climatizados artificialmente, bem como o seu monitoramento (BRASIL, 1998). Em outubro de 2000, a ANVISA aprovou a Resolução RE n°176, e em janeiro de 2003 a Resolução RE n°9, enfocando o problema, onde define orientações técnicas sobre a

qualidade do ar interior em ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo (BRASIL, 2000; BRASIL, 2003a).

Neste estudo, foram utilizados parâmetros da Consulta Pública n°109 de 11 de Dezembro de 2003 que dispõe de orientações técnicas referentes a Indicadores de Qualidade do ar interior com parâmetros biológicos, químicos e físicos. Embora o foco da presente consulta seja a sua aplicação nos ambientes assistenciais de saúde, no que diz respeito a ambientes classificados como não críticos (áreas comuns de uso público e coletivo), ela estabelece que níveis de partículas biológicas totais do ar nestes ambientes (bactérias e fungos) devem ser  $\leq 7,5 \times 10^2$  UFC/m<sup>3</sup> (BRASIL, 2003b).

Os agentes identificados podem apresentar conseqüências negativas para a saúde humana estando muitas vezes associados a quadro clínico que pode atingir elevada gravidade, como é o caso do *Staphylococcus* sp. que causa diversos tipos de infecções incluindo, pneumonia, meningite, doenças de pele, nariz e garganta (CARTAXO et al., 2007). As bactérias e fungos são os mais freqüentemente associados com biocontaminantes e com queixas quanto à qualidade do ar de interiores (GONTIJO et al., 2000). Nesta série, surpreendentemente, foi detectado a presença da bactéria *Escherichia coli* em 78,4% das amostras, apesar deste microrganismo ser um bioindicador de contaminação fecal e pouco relacionado com a contaminação do ar.

A contagem acima do limite de UFC/m<sup>3</sup> apenas no laboratório de microbiologia provavelmente foi devido ao fato de ser utilizado para realização de análises microbiológicas durante 16h por dia.

O sistema de ar condicionado utilizado pela instituição se destina apenas a reduzir a temperatura do ambiente, é caracterizado pela recirculação de

uma quantidade de ar não tratado, acrescido de uma baixa parcela de ar externo proveniente da abertura de portas e janelas. Este mecanismo cria uma condição favorável ao crescimento de microrganismos (LACERDA et al., 2003). Além disso, a prática realizada pelos monitores de ligar os sistemas de ar condicionado apenas depois que os alunos e funcionários chegam é incorreta. O ideal é ligá-los algumas horas antes que os usuários cheguem para suas atividades e desligá-los somente depois que eles forem embora. Isto evita que iniciem as aulas com o ar já viciado (SEELIG et al., 2004).

Após a verificação desses resultados, foi sugerida uma intervenção nos aparelhos de ar condicionado com medidas corretivas, como: manutenção e reparo dos sistemas de ar condicionado da instituição e a limpeza dos filtros com solução a base de cloro.

A manutenção dos equipamentos e a limpeza dos sistemas de circulação do ar nos interiores são práticas importantes para reduzir o potencial de contaminação tanto química quanto biológica (CARTAXO et al., 2007). No que se refere à periodicidade, preconiza-se que unidades

filtrantes devem ser limpas mensalmente (Brasil, 2003). Além disso, o controle da proliferação de poluentes biológicos pode ser feito através da combinação da umidade relativa (entre 40,0% e 60,0%) e do grau de filtragem do sistema de ar condicionado, pois deste modo evita-se o uso de produtos químicos que sempre apresentam uma contra indicação (contaminação química) (GIODA e NETO 2003b; STERLING et al, 1991).

## CONCLUSÕES

O ar de 51% das salas avaliadas (inclusive o laboratório de microbiologia) mostra-se contaminado com contagens bacterianas acima do limite proposto pela ANVISA, sendo que os microrganismos mais frequentes foram: *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus* coagulase negativo, *Escherichia coli* e fungos.

A variedade de microrganismos e a alta contaminação biológica verificada representam um desconforto ao bem estar dos alunos e professores que se expõem por tempo prolongado nestes espaços, podendo ocasionar riscos à saúde.

---

**ABSTRACT:** Evaluate the microbiological quality of the internal air of an institution of higher education of Itumbiara-GO. We evaluated 51 classrooms, including laboratories for chemistry, zoology, microbiology and the air of the outer courtyard of the institution of a comparative analysis. The air of the rooms was assessed by the technique of exposure (sedimentation method) using three sets of two petri dishes (90mm) exposed for 30 minutes. We used the following methods of culture: from trypticase soy agar agar, mannitol salty, and agar macConkey. The bacterial isolates were identified using a traditional biochemical methods. It was found that 51% of classrooms (including the laboratory, microbiology) had bacterial counts above the acceptable limit ( $\leq 7,5 \times 10^2$  UFC/m<sup>3</sup>) proposed by ANVISA. Overall, there was a higher frequency of *S.aureus* (100%), followed by coagulase negative *Staphylococcus* (88.2%) and *Escherichia coli* (78.4%). The microbiological analysis of air from outer courtyard of the institution demonstrated a high bacterial growth of *Bacillus* sp ( $> 2,0 \times 10^3$  UFC/m<sup>3</sup>). Probably the air contamination of the rooms was caused by occupants and their occupational activity, contributing to the transport of microorganisms.

**KEYWORDS:** Air quality. Contamination. Human health.

---

## REFERÊNCIAS

- BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº3.523 de 28 de agosto de 1998. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 31 ago.1998. Disponível em: <<http://e-legis.anvisa.gov.br>>. Acesso em 16 jan. 2009.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Resolução nº176 de 24 de outubro de 2000. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 29 out. 2000. Disponível em: <<http://e-legis.anvisa.gov.br>>. Acesso em 16 jan. 2009.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Resolução nº09 de 16 de janeiro de 2003. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 20 jan. 2003(a). Disponível em: <<http://www.nalco.com/PDF/Brazil/RE-9.pdf>>. Acesso em 16 jan. 2009.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Consulta Pública nº109, de 11 de dezembro de 2003. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 12 dez. 2003(b). Disponível em: <<http://www4.anvisa.gov.br/base/visadoc/CP>>. Acesso em 16 de jan. 2009.

- BRICKUS, L. S. R.; NETO, F. R. A. A qualidade do ar de interiores e a Química. **Química Nova**, São Paulo, v.22, n.1, p. 65-71, 1999.
- CARTAXO, E. F.; GONÇALVES, A. C. L. C.; COSTA, F. R.; COELHO, I. M. V.; SANTOS, J. G. 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, p. 202-211, 2007.
- COSTA, M. F. B.; COSTA, M. A. F. A qualidade do ar de interiores e a saúde humana. **Revista de Gestão Integrada em Saúde do Trabalho e Meio Ambiente**, São Paulo, v. 1, n. 2, p. 1-10, 2006.
- COSTA, M. F. B.; BRICKUS, L. S. R. The effect of ventilation systems on prevalence of symptoms associated with sick buildings in brazilian commercial establishments. **Archives of Environmental Health**, Washington, v. 55, p. 279-83, 2000.
- EICKOFF, T. C. Airborne Nosocomial Infection: A contemporary perspective. **Infection Control and Hospital Epidemiology**, Thorofare, v. 15, n. 10, p. 663-672, 1994.
- FANGER, P. O. Human requirements in future air-conditioned environments. **International Journal of Refrigeration**, Surrey, v. 24, n. 2, p. 148-153, 2001.
- FRIBERG, B.; FRIBERG, S.; BURMAN, L. G. Inconsistent Correlation between aerobic bacterial surface and air counts in operating rooms with ultra clean laminar air flows: proposal of a new bacteriological standard for surface contamination, **The Journal of Hospital Infection**, Londres, v. 42, p. 287-293, 1999.
- GIODA, A.; NETO, F. R. A. Considerações sobre estudos de ambientes industriais e não industriais no Brasil: uma abordagem comparativa. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 19, n. 5, p. 1389-1397, 2003(a).
- GIODA, A.; NETO, F. R. A. Poluição química relacionada ao ar de interiores no Brasil. **Química Nova**, São Paulo, v. 26, n. 3, p. 359-365, 2003(b).
- GONTIJO FILHO, P. P.; SILVA, C. R. M.; KRITSKI, A. L. Ambientes climatizados, portaria 3.523 de 28/8/98 do Ministério da Saúde e padrões de qualidade do ar de interiores do Brasil. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, São Paulo, v. 26, n. 5, p. 254-258, 2000.
- GRAUDENZ, G. S.; DANTAS, E. Poluição dos ambientes interiores; doenças e sintomas relacionados às edificações. **Revista Brasileira de Medicina**, São Paulo, v. 2, n. 1, 2007.
- HOJO, S. Use of QEESI questionnaire for a screening study in Japan. **Toxicology and Industrial Health**, Princeton, v. 21, n. 3-4, p. 113-124, 2005.
- KLEPEIS, N. E. The National Human Activity Pattern Survey (NHAPS): a resource for assessing exposure to environmental pollutants. **Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology**, Boston, v. 11, n. 3, p. 231-252, 2001.
- KONEMAN, E. W.; ALLEN, S. D.; JANDA, W. M.; SCHRECKENBERGER, P. C.; WINN, W. C. **Diagnóstico Microbiológico**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008, 1608p.
- LACERDA, R. A.; MARTON, E. S.; SANTOS, M. C. L. **Controle de infecção em centro cirúrgico: fatos, mitos e controvérsias**. Porto Alegre: Atheneu, 2003, 542p.
- LEE, T. Relationship between indoor and outdoor bio-aerosols collected with a button inhalable aerosol sample in urban homes. **Indoor Air**, Copenhagen, v. 16, p. 37-47, 2006.

LEUNG, M.; CHAN, A. H. S. Control and management of hospital indoor air quality. **Medical Science Monitor**, New York, v. 12, p. 17-23, 2006.

MESQUISTA, M. S.; ARAUJO, F. M. Diagnóstico da qualidade do ar interno das edificações do campus da Unifor. **Revista Tecnologia**, Fortaleza, v. 27, n. 2, p. 163-170, 2006.

PASQUARELLA, C.; PITZURRA, O.; SARNO, A. The index of microbial air contamination. **The Journal of Hospital Infection**, London, v. 46, p. 241-256, 2000.

PASQUARELLA, C.; SANSEBASTIANO, G. E.; FERRETTI, S.; SACCANI, E.; FANTI, M.; MOSCATU, U.; GIANNETTI, G.; FORNIA, S.; CORTELLINI, P.; SIGNORELLI, C. A mobile laminar airflow unit to reduce air bacterial contamination at surgical area in a conventionally ventilated operating theatre. **The Journal of Hospital Infection**, London, v. 66, p. 313-319, 2007.

SEELIG, M. F.; CAMPOS, C. R. J.; CARVALHO, J. C. A ventilação e a qualidade do ar de ambientes fechados – uma introdução com foco na fumaça ambiental de cigarros. In: **Congresso Brasileiro de Meteorologia**, 13, 2004, Fortaleza. Anais... Fortaleza: Interação Biosfera-Amosfera na Amazônia, 2004, p. 63.

SILVEIRA, M. G. Concentração de fungos no ar em um terminal aeroportuário na cidade do Rio de Janeiro – Brasil. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, São Paulo, v. 27, p. 111-120, 2002.

STERLING, T. D.; COLLETT, C.; RUMEL, D. A epidemiologia dos “edifícios doentes”. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 25, n. 1, p. 56-63, 1991.