

Pressão negativa do ar ambiente em área de limpeza do centro de material e esterilização: revisão sistemática

Caroline Lopes Ciofi-Silva¹
Lisbeth Lima Hansen²
Alda Graciele Claudio dos Santos Almeida¹
Julia Yaeko Kawagoe³
Maria Clara Padoveze⁴
Kazuko Uchikawa Graziano⁵

Objetivo: analisar as evidências científicas sobre aerossóis gerados durante atividades de limpeza dos produtos para saúde no Centro de Material e Esterilização (CME) e o impacto da pressão negativa do ar ambiente na área de limpeza para controle da dispersão de aerossóis para áreas adjacentes. **Método:** para essa revisão sistemática de literatura foram realizadas: busca de diretrizes, manuais ou normas técnicas nacionais e internacionais indicadas por especialistas; busca no portal e bases de dados PUBMED, SCOPUS, Cinahl e Web of Science; e busca manual de artigos científicos. **Resultados:** Os cinco documentos técnicos analisados preconizam que na área de limpeza do CME haja diferencial negativo de pressão do ar ambiente, porém não foram encontrados artigos científicos sobre o impacto dessa intervenção. Os quatro artigos incluídos trataram dos aerossóis formados após uso de lavadora ultrassônica (aumento da contaminação principalmente durante o uso) e do jato de água pressurizado (formação de aerossóis menores que 5µm). Em um estudo foram avaliados aerossóis formados a partir de torneira de água quente contaminada com *Legionella pneumophila*. **Conclusões:** há evidências sobre formação de aerossóis durante atividades de limpeza em CME. Estudos sobre doenças ocupacionais de origem respiratória dos trabalhadores que atuam em CME devem ser realizados.

Descritores: Aerossóis; Esterilização; Pressão do Ar.

¹ Doutoranda, Escola de Enfermagem, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil

² Doutoranda, Escola de Enfermagem, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil. Professor, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, AM, Brasil.

³ PhD, Professor, Faculdade Ciências da Saúde Albert Einstein, São Paulo, SP Brasil. Enfermeira, Hospital Israelita Albert Einstein, São Paulo, SP, Brasil.

⁴ PhD, Professor Doutor, Escola de Enfermagem, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil.

⁵ PhD, Professor Titular, Escola de Enfermagem, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil.

Como citar este artigo

Hirsch CD, Barlem ELD, Tomaszewski-Barlem JG, Dalmolin GL, Pereira LA, Ferreira AG. Negative pressure of the environmental air in the cleaning area of the materials and sterilization center: a systematic review. Rev. Latino-Am. Enfermagem. 2016;24:e2781. [Access

↑	↑	↑
mês	dia	ano

]; Available in:

↑
URL

. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1518-8345.1140.2781>.

Introdução

Aerossóis são gerados e liberados pelos seres humanos em diversas atividades, como: respiração, fala, tosse e espirro; banho com água contaminada; aerolização de resíduos de esgoto em banheiros ou sistema de escoamento para ambientes externos; limpeza e enxágue de superfícies em ambientes internos; pulverização na área da agricultura⁽¹⁾. Aerossóis são definidos como partículas menores ou iguais a 5µm, podem ou não conter um agente infeccioso e, devido ao seu tamanho, podem permanecer suspensos no ambiente por horas, serem transportados lentamente por longas distâncias e atingir áreas adjacentes⁽²⁾.

Os aerossóis contendo um agente infeccioso que permanecem no ambiente podem ser inalados por indivíduos susceptíveis, mesmo que não exista contato próximo com a fonte eliminadora, ou contaminar superfícies⁽³⁾. As principais doenças transmitidas por aerossóis são tuberculose, sarampo e varicela. Contudo, há relatos de aerolização de outros microrganismos como fungos, *Clostridium difficile* e *Staphylococcus aureus*⁽⁴⁻⁵⁾.

As gotículas são maiores que 5µm, permanecem suspensas por segundos e rapidamente depositam no piso ou outras superfícies, devido à ação da gravidade. Sua parte líquida pode evaporar, dependendo das condições ambientais, resultando nos aerossóis. Existem discretas variações da nomenclatura e definição dos tamanhos, no entanto a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) utiliza a definição que aerossóis são menores que 5µm, que foi adotada para esse estudo⁽²⁻³⁾.

Os sistemas de ventilação e condicionamento de ar nos diversos estabelecimentos promovem conforto, além de serem úteis na prevenção e tratamento de doenças transmitidas via aerossóis. A utilização desses sistemas nos serviços de saúde (SS) requer atenção especial. As diferenças básicas decorrem da necessidade em restringir a dispersão do ar de dentro de um ambiente para áreas adjacentes; dos requisitos específicos para a ventilação e filtração objetivando diluir e eliminar a contaminação; das diferentes exigências de temperatura e umidade para cada área; e da sofisticação que demanda para o seu projeto⁽⁶⁾.

Dentre os setores do hospital que requerem controle de pressão, temperatura e umidade do ar destaca-se o Centro de Material e Esterilização (CME). O CME, responsável por processar produtos para saúde (PPS) de um uso a outro, deve conter uma sala de recepção e limpeza; uma sala de preparo e esterilização; uma sala de desinfecção química (quando aplicável); uma área de monitoramento do processo de esterilização e

uma sala de armazenamento e distribuição de materiais esterilizados⁽⁷⁾.

A resolução RDC 15, de 15 de março de 2012 da ANVISA, dispõe sobre requisitos de boas práticas para o processamento de PPS e dá outras providências. Segundo essa resolução, o CME classe II, que processa materiais complexos, e as empresas processadoras devem manter diferencial negativo de pressão do ar entre a área de limpeza e as áreas adjacentes⁽⁷⁾. As áreas adjacentes à sala de recepção e limpeza consistem principalmente na sala de preparo e esterilização dos PPS e áreas de circulação de outros profissionais.

Diferencial de pressão do ar ambiente significa que existe uma diferença na medição da pressão relativa do ar entre duas áreas. Tal parâmetro trabalha em fornecer uma pressão positiva ou negativa dentro de um espaço particular, a fim de evitar que o ar migre de um para o outro. Se um ambiente tem pressão negativa do ar, significa que o suplemento de ar é menor que a exaustão⁽⁶⁾.

Com a crescente preocupação com a segurança dos pacientes e profissionais de saúde, há necessidade de aplicação das melhores práticas que devem ter como base as evidências científicas comprovadas. Dessa forma, o objetivo dessa revisão sistemática de literatura foi analisar as evidências científicas sobre a formação de aerossóis durante as atividades de limpeza dos PPS em CME e o impacto da pressão negativa do ar, seja para a segurança do material que será esterilizado, quanto para os profissionais de saúde nas áreas adjacentes.

Método

As etapas dessa revisão sistemática seguiram as orientações publicadas no *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-analyses* (PRISMA) Statement, que tem como objetivo auxiliar os autores a realizarem o registro completo e claro de uma revisão sistemática e metanálise⁽⁸⁾.

Definiu-se como questão norteadora dessa revisão: Há formação de aerossóis durante as atividades de limpeza dos PPS e qual o impacto da pressão negativa do ar na dispersão desses para as áreas adjacentes?

Os critérios de inclusão foram definidos conforme a estratégia PICO da seguinte forma: P (*Patients*) = profissionais de saúde ou limpeza de PPS; I (*Intervention*)= pressão negativa; C (*Comparision*) = pressão atmosférica normal; O (*Outcome*)= dispersão de aerossóis. Após uma busca inicial nas principais bases de dados e consulta nos manuais e *guidelines*, identificou-se a escassez de estudos, experimentais e de campo, publicados especificamente relacionados a CME. Portanto, definiu-se como critérios de inclusão: a.

Estudos publicados na íntegra, independente da data de publicação e idioma; b. Estudos clínicos, experimentais, diretrizes, manuais ou normas técnicas nacionais e internacionais; c. Estudos que apresentaram dados sobre a justificativa para a presença de diferencial negativo de pressão do ar ambiente em área de limpeza de PPS; d. Estudos que abordaram a formação de aerossóis ou gotículas durante os procedimentos de limpeza dos PPS. Como critérios de exclusão, definiu-se como: a. Revisões de literatura não sistemáticas ou editoriais; b. Estudos onde existiu avaliação somente da dispersão de aerossóis; c. Estudos que avaliaram outros modos de tratamento do ar.

Inicialmente foi realizada consulta a especialistas da área de métodos de tratamento do ar em SS (engenheiros clínicos e profissionais da Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento - ABRAVA). Esses especialistas foram questionados sobre as evidências científicas da necessidade de diferencial negativo de pressão do ar ambiente em CME, que indicaram diretrizes, manuais ou normas técnicas nacionais e internacionais para consulta. Esses documentos foram acessados por meio dos websites dos órgãos, como da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), *Centers for Disease Control and Prevention* (CDC) e *Association for the Advancement of Medical Instrumentation* (AAMI). Os documentos que não estavam disponíveis na internet foram obtidos no centro de documentação da ABRAVA, como normas técnicas e cartilhas das: Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers* (ASHRAE) e *American Institute of Architects* (AIA).

Inicialmente, para busca de artigos científicos, foram realizadas consultas nas enciclopédias de descritores do portal (*MeSH - Medical Subject Headings* do PUBMED) e base de dados ("Títulos CINAHL" - *Cumulative Index to Nursing and Allied Health Literature*), a fim de identificar os descritores relacionados aos critérios de inclusão. No entanto, para garantir o acesso a todos os estudos potencialmente elegíveis, também foram utilizadas palavras-chave. Para tanto, foram selecionados os seguintes descritores: *equipment and supplies; health personnel; ventilation; air pressure; aerosols; atmospheric pressure*. E as palavras-chave: *devices; health worker; negative pressure; HVAC system (heating ventilation and air conditioning); bioaerosol; airborne; droplet; droplet nuclei*.

Como estratégia de busca, consultou-se o portal e as bases de dados das seguintes formas: PUBMED e SCOPUS – prioritariamente foram utilizados os descritores controlados do MESH, em caixa de busca simples. No CINAHL – por meio do recurso "Títulos CINAHL",

preferencialmente com a definição ampliada do termo, sendo primeiramente realizada a busca com todos os títulos separadamente e posteriormente a combinação dos títulos utilizando os operadores booleanos. No *Web of Science* – foram utilizados os descritores controlados do MESH e palavras-chave sinônimos. O acesso à base Embase estava restringido no país na época da coleta dos dados. Em todas as bases não foram utilizados filtros e o operador booleano AND foi utilizado para cruzamento entre os descritores da estratégia PICO. O operador OR foi utilizado para descritores ou palavras-chave sinônimos. A busca foi realizada no período de março e abril de 2015, sendo atualizada no mês de junho do mesmo ano. As estratégias de buscas foram construídas com auxílio de bibliotecária especialista em base de dados.

Devido à escassez de artigos científicos detectada inicialmente, optou-se por realizar uma busca ampla, sendo encontrado um número extenso de artigos com os cruzamentos. Foi realizada leitura dos títulos e resumos dos mesmos, identificando os artigos potencialmente elegíveis. Deste modo, 68 artigos foram lidos na íntegra, por dois dos autores dessa revisão, individualmente, os quais avaliavam se os artigos correspondiam aos critérios de inclusão estabelecidos. Caso não existisse correspondência, os autores registravam o motivo da exclusão. Um terceiro pesquisador foi consultado quando houve dúvidas e dissensos.

A etapa de busca manual consistiu na consulta das referências de todos os documentos técnicos (quando mencionadas), dos artigos incluídos e revisões não sistemáticas lidas na íntegra, objetivando identificar outros estudos potencialmente elegíveis.

Os artigos selecionados, conforme os critérios de inclusão, foram analisados por dois revisores separadamente. Após a leitura crítica, os revisores preencheram um quadro, elaborado por dois dos autores dessa revisão, no programa Microsoft Excel, considerando o assunto abordado. O quadro foi composto pelos seguintes itens: identificação do artigo; objetivo, delineamento do estudo; local do estudo; mecanismo de formação de aerossóis; presença ou ausência de pressão negativa do ar ambiente; tipo de análise estatística; principais resultados; principais conclusões; recomendações para a prática; e, finalmente, limitações dos estudos. Devido às lacunas nas descrições metodológicas e dos resultados, fez-se necessária a consulta de um terceiro revisor para discutir as dúvidas de todos os artigos. Após estabelecimento de consenso entre os revisores, foi elaborado um quadro final com todos os dados pertinentes extraídos dos estudos.

O risco de vieses foi avaliado conforme o delineamento de cada estudo. Devido à heterogeneidade

dos artigos, decidiu-se apresentar os resultados de forma descritiva. Como estudos experimentais laboratoriais não são contemplados nos referenciais de classificação por níveis de evidências, os estudos dessa revisão foram classificados como inconclusivo, parcialmente conclusivo e conclusivo, considerando a questão norteadora dessa revisão.

Resultados

Cinco documentos técnicos e quatro artigos científicos que atenderam aos critérios de inclusão foram analisados. Os resultados das estratégias de buscas estão representados no fluxograma (Figura 1).

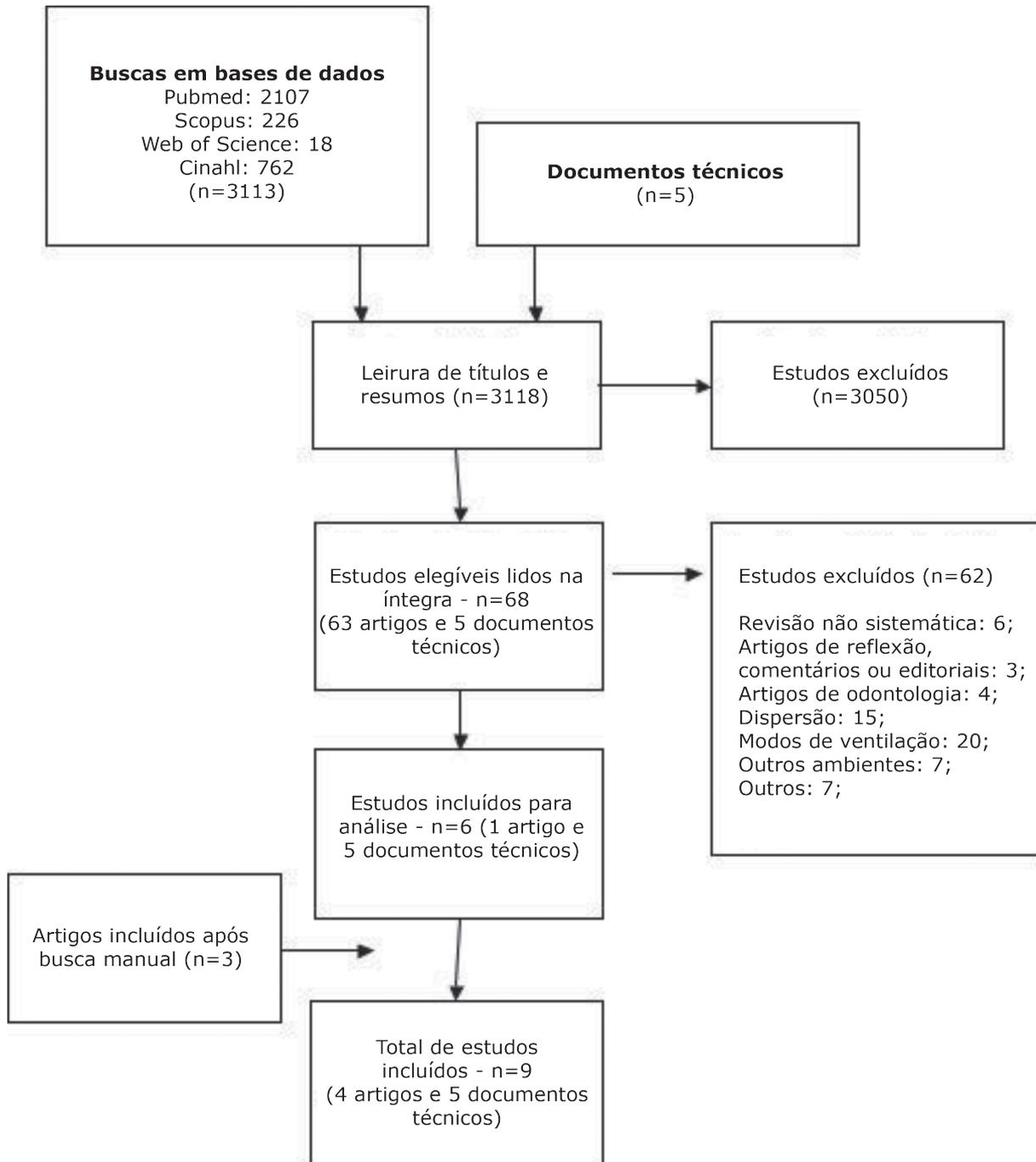


Figura 1 - Fluxograma dos resultados das estratégias de buscas, São Paulo, SP, 2015

Os especialistas consultados indicaram cinco documentos técnicos para serem analisados: 2011ASHRAE Handbook. Heating, Ventilating and Air Conditioning Application⁽⁶⁾; ABNT NBR 7256:2005⁽⁹⁾; Comprehensive guide to steam sterilization and sterility assurance in health care facilities da AAMI⁽¹⁰⁾; Guidelines for

Environmental Infection Control in Health-Care Facilities do CDC⁽¹¹⁾; e Guidelines for design and construction of hospital and health care facilities da AIA⁽¹²⁾.

Na norma técnica NBR 7256, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT/2005)⁽⁹⁾, que dispõe sobre o Tratamento de ar em estabelecimentos

assistenciais de saúde (EAS) - Requisitos para projeto e execução das instalações, os ambientes são classificados conforme o risco de ocorrência de eventos adversos à saúde por exposição ao ar ambiental, com atribuições numéricas, sendo o nível zero considerado de baixo risco e o nível três o ambiente com alto risco de agravo à saúde relacionado à qualidade do ar. O CME foi classificado como nível um: "Área onde não foi constatado o risco de ocorrência de agravos à saúde relacionados à qualidade do ar, porém algumas autoridades, organizações ou investigadores sugerem que o risco seja considerado".

Todos os documentos técnicos analisados^(6,9-12) preconizam que na área de recepção, limpeza e separação de materiais do CME exista diferenciação negativa de pressão do ar ambiente em relação às áreas adjacentes (mínimo de 2,5Pa), sem recirculação de ar e que todo o ar do ambiente interno seja eliminado diretamente para o exterior. Não há consenso sobre o número de trocas de ar por hora, como forma de diluição para eliminação de patógenos.

No Brasil, segue-se a NBR 7256/2005⁽⁹⁾, referindo-se à área de limpeza do CME, que assemelha-se às recomendações internacionais, como pode ser observado na Figura 2.

Documentos	ASHRAE* (2011) ⁽⁶⁾	AAMI [†] (2006) ⁽¹⁰⁾	ABNT [‡] (2005) ⁽⁹⁾	CDC§ (2003) ⁽¹¹⁾	AIA (2001) ⁽¹²⁾
Diferencial de pressão negativa do ar	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Mínimo de trocas de ar por hora	Duas	Dez	ND [¶]	ND [¶]	ND [¶]
Total de trocas de ar por hora	Seis	ND [¶]	ND [¶]	Seis	Seis
Umidade relativa do ar	ND [¶]	30-60%	ND [¶]	ND [¶]	ND [¶]
Temperatura	ND [¶]	16-18°C	ND [¶]	20-23°C	20-23°C

*ASHRAE: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers; †AAMI: Association for the Advancement of Medical Instrumentation; ‡ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas; §CDC: Centers for Disease Control and Prevention (CDC); ||AIA: American Institute of Architects; ¶ND: não definido

Figura 2 - Recomendação da pressão atmosférica da área de limpeza do Centro de Material e Esterilização (CME) em relação aos espaços subjacentes e números mínimo e total de trocas com ar externo por hora, segundo ano de publicação, São Paulo, SP, 2015.

Os quatro artigos científicos incluídos⁽¹³⁻¹⁶⁾ são estudos em inglês: três⁽¹³⁻¹⁵⁾ publicados entre as décadas de 1960-1980 e somente um na década de 2000⁽¹⁶⁾; três^(13-14,16) são estudos experimentais laboratoriais e um transversal⁽¹⁵⁾ (realizado em banheiros de hospital); três⁽¹³⁻¹⁵⁾ estudos conduzidos nos Estados Unidos da América e um na Austrália⁽¹⁶⁾. Não foram encontrados, a partir das buscas, estudos que avaliaram a pressão negativa do ar em áreas de limpeza de PPS. Portanto, foram incluídos estudos que avaliaram a formação de aerossóis durante a limpeza de produtos ou superfícies, mesmo que não tenham sido realizados especificamente no ambiente de CME.

Em três estudos^(13-14,16), foram realizados experimentos para análise de recuperação de aerossóis gerados a partir de equipamentos habitualmente utilizados em CME: lavadora ultrassônica e lavadores com água pressurizada.

No estudo realizado com a lavadora ultrassônica⁽¹⁴⁾, coletou-se amostras de ar acima da superfície da água no tanque da lavadora (o coletador de ar possuía

uma terminação flexível que foi posicionada dentro da lavadora), objetivando recuperar aerossóis com *Pseudomonas aeruginosa*. Foram obtidas amostras do ar em quatro momentos: antes da lavadora ser ligada (durante 15 minutos), considerando-se os instrumentais eram colocados dentro da mesma (cinco minutos), durante o seu funcionamento (25 minutos) e após desligada (durante 15 minutos); com tanque coberto por tampa (sugerindo que todos os aerossóis gerados eram oriundos da lavadora); e tanque sem tampa (aerossóis do ar ambiente somados aos gerados pela lavadora). Foram coletadas amostras das superfícies em nove pontos em torno da lavadora (antes e após a coleta de amostras do ar) e da solução de limpeza (10ml). Quando analisados os quatro momentos de coleta do ar, maiores médias do número de colônias por ft³ foram encontradas durante o funcionamento da lavadora. E, quando comparados os resultados das amostras com e sem tampa, foram encontradas diferenças estatisticamente significantes, sendo que maiores números de colônias estavam relacionados ao funcionamento com tampa,

ou seja, aerossóis formados exclusivamente pelo funcionamento da lavadora. Os resultados das amostras de superfície não foram influenciados pelos aerossóis, pois não existiu correlação entre os números de colônias encontrados antes e após o funcionamento da lavadora. Os autores sugerem que a contaminação da superfície esteja relacionada ao derramamento e gotejamento de solução de limpeza durante a inserção e retirada de PPS, independente se a lavadora estava com ou sem a tampa. Também não houve correlação aparente entre a contaminação do ar e da solução de limpeza. Os autores indicam que a lavadora ultrassônica seja utilizada com a tampa para minimizar a liberação de aerossóis para o ambiente.

Sobre a formação de aerossóis a partir de lavadores automáticos com água pressurizada, em um estudo⁽¹³⁾ foi realizada limpeza de superfície (parede) intencionalmente contaminada com solução preparada de componentes alimentares orgânicos acrescida de microrganismos (*Serratia marcescens*; esporos de *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus* coagulase positiva, *Mycobacterium smegmatis* e um vírus bacteriófago). Comparou-se o tamanho dos aerossóis gerados após utilização de lavador automático pressurizado e limpeza com escova de cerdas duras. Além disso, foram avaliados os números de microrganismos viáveis após limpeza somente com água e com solução de desinfetantes (hipoclorito de sódio, cloreto de benzalcônio, ácido peracético, detergentes e desinfetantes fenólicos, detergente líquido neutro não tóxico). A parede foi contaminada um dia antes da coleta das amostras de ar, que ocorreram imediatamente antes, durante e após a pulverização da solução de limpeza/desinfecção, por meio de dois tipos de coletadores de ar: *Andersen sampler* seis estágios (avaliação do tamanho das partículas) e coletador de May (*impingers* – avaliação quantitativa). Observou-se que após a utilização do lavador com água pressurizada e coleta com *Andersen sampler* por 15 e 30 segundos, o número de colônias nos aerossóis era maior se comparado à escovação (24.565 e 1628, respectivamente). Além disso, 45,5% das partículas formadas após o lavador com água pressurizada correspondiam aos terceiro e sexto estágios do coletador (até 6 μ m) e após escovação, 27,6%; portanto os aerossóis gerados pelo lavador eram menores. Para todos os patógenos, os números de microrganismos viáveis por litro de ar coletado foram maiores durante os procedimentos de limpeza, quando comparados aos números após o término. Quando comparadas com a lavagem somente com água, todas as soluções de limpeza/desinfecção reduziram o número de microrganismos viáveis nos aerossóis e a solução de ácido peracético demonstrou ser mais eficaz. Não foram

realizadas análises comparativas por meio de testes estatísticos.

Em outro estudo⁽¹⁶⁾, com o objetivo de avaliar a formação de aerossóis durante atividades domésticas, foi realizado experimento de limpeza de carro, em ambiente controlado e selado com plástico. Foram testados dois modos de utilização da mangueira com água pressurizada: pulverização (utilizado para enxague) e jato de água com fluxo controlado (utilizado para remover sujidades), de forma convencional (baixa pressurização – gatilho manual) e eficiente (alta pressurização). Os autores utilizaram três medidores dos tamanhos das partículas e não tiveram como objetivo identificar microrganismos nos aerossóis. Foi observado que, quando utilizada maior pressurização (método eficiente), maior número e partículas menores eram identificadas (até 2 μ m). No entanto, não foram encontradas diferenças estatisticamente significantes entre os métodos: eficiente e convencional ou entre os modos de pulverização e jato. Os autores relataram que observaram a formação de nevoeiro visível na tenda onde foram realizados os experimentos, principalmente após o método de alta pressurização, e cogitaram que eram aerossóis hidratados, possivelmente menores que 500nm.

Um estudo⁽¹⁵⁾ foi incluído considerando a possibilidade do CME estar equipado com torneira de água quente. Nesse, avaliou-se a formação de aerossóis a partir de chuveiros e torneiras de água quente contaminada com *Legionella pneumophila*. Foram coletadas amostras para culturas da água dos chuveiros e torneiras; *swabs* da superfície interna dos mesmos; amostras do ar fora do alcance do jato do chuveiro; e amostras de ar de 14 salas, onde o coletador foi posicionado a 61cm de distância da área da torneira. Dois tipos de coletadores de ar foram utilizados: *Andersen sampler* seis estágios (calibrado para coleta de partículas de 0,65 μ m a 3,3 μ m nos estágios quatro, cinco e seis e nos estágios um, dois e três partículas maiores que 3,3 μ m) e dois estágios (diferenciação somente em dois tamanhos de partículas: 0,8 a 8 μ m e maior ou igual a 8 μ m). Foram coletadas amostras de ar antes da torneira ser aberta, enquanto aberta e após ser fechada. Das 19 amostras pareadas coletadas da água da torneira ou *swab* do bocal da torneira e amostras do ar, em 17 amostras de água e em 13 amostras de ar existiu identificação de colônias da bactéria. Onze amostras com culturas positivas foram obtidas enquanto a torneira estava aberta. Os aerossóis gerados pelas torneiras foram em menor número e maior tamanho quando comparados aos aerossóis dos chuveiros. Também não foram aplicados testes estatísticos.

A síntese dos resultados está apresentada na Figura 3.

Autores, Ano/ Tipo de estudo	Método	Resultados	Conclusões/ Recomendações/ Classificação dos achados
O'Toole J, Keywood M, Sinclair M, Leder K, 2009 ⁽¹⁶⁾ /Experimental laboratorial	Mangueira de alta pressão com dispositivo de gatilho manual (método convencional) e alta pressurização (método eficiente); dois tipos de fluxos de água (pulverização e jato). Três medidores de partículas (500µm a 5µm).	As médias de aerossóis produzidos pelo dispositivo de alta pressurização foram maiores em todos os experimentos (altos desvios-padrões) quando comparadas às do convencional, e maior número de partículas menores que 2µm (mais de 96% foram até 6µm).	Dispositivos de alta pressurização: maior preocupação na transmissão dos microrganismos por via aérea. Parcialmente conclusivos.
Bollin GE, Plouffe JF, Para MF, Hackman B, 1985 ⁽¹⁵⁾ / Transversal	Amostras de água quente de torneiras e chuveiros (fluxo corrente e após desligados) e swab das superfícies internas dos mesmos.	Amostras do ar foram positivas para <i>Legionella pneumophila</i> em seis das 14 áreas. Houve variação nas amostras de água (0->200 UFC) e ar (0,10-0,33UFC/ft3). Houve correspondências entre os subtipos das cepas da água e ar.	Chuveiros e torneiras podem produzir aerossóis contendo um reduzido número de <i>L. pneumophila</i> durante a utilização de rotina, que podem penetrar no sistema respiratório inferior. Inconclusivos.
Turner, Wilkins, Craddock, 1975 ⁽¹⁴⁾ / Experimental laboratorial	Amostras de ar: coletador posicionado acima da superfície da água, dentro de uma lavadora ultrassônica, coletadas com tampa e sem a tampa do tanque.	Aumento de 255 vezes dos aerossóis comparados à contaminação inicial, com a lavadora tampada, e 28 vezes sem tampa (respectivamente, p=0,006 e p=0,0006). Maior contaminação durante o funcionamento.	A contaminação do ar a partir da lavadora pode ser minimizada pela limpeza diária do armazenador da solução de limpeza, acrescentar germicida nessa. Usar lavadora com tampa. Parcialmente conclusivos.
Braymen, 1969 ⁽¹³⁾ / Experimental laboratorial	Contaminação intencional da parede; lavador automático com jato pressurizado, com água e soluções desinfetantes. Amostras de ar para determinar o tamanho de partículas (durante e após o procedimento).	Após pulverização, cerca de 50% das partículas eram de até 5µm (aerossóis). Após escovação, aproximadamente 72.4% eram maiores que 5µm (gotículas). Todas as soluções desinfetantes reduziram o número de aerossóis com microrganismos viáveis.	Microrganismos são aerolizados em número suficiente para contaminar indivíduos susceptíveis ou produtos. Responsáveis por limpeza devem utilizar EPI respiratórios. Parcialmente conclusivos.

Figura 3 - Quadro da síntese dos resultados, São Paulo, SP, 2015

Discussão

Nos documentos técnicos selecionados para compor essa revisão, existe um consenso da necessidade de pressão negativa do ar em áreas de limpeza e descontaminação dos PPS em CME. Essa diretriz corresponde às normatizações da RDC ANVISA 15/2012⁽⁷⁾, onde está afirmado que nos CME de classe II deve-se manter diferencial negativo de pressão do ar ambiente (mínimo 2,5Pa) entre as áreas adjacentes. No entanto, identificou-se que tanto os documentos técnicos nacionais quanto os internacionais não citam referenciais científicos que comprovem, com evidências conclusivas, o risco de exposição ambiental por aerossóis tanto para os PPS quanto para os profissionais. A classificação do CME como nível um, em relação ao risco de ocorrência de eventos adversos à saúde por exposição ao ar ambiental⁽⁹⁾, prevê que esse risco não está cientificamente comprovado, mas baseado em opiniões de especialistas, o que reforça a necessidade

de pesquisas que produzam dados para fundamentação de leis, normas e recomendações.

Conforme comentado na introdução desse estudo, microrganismos no ar ambiente do CME podem relacionar-se com dois problemas: inalação por profissionais e deposição desses sobre o material limpo na área de preparo. Em relação ao último problema, considerando que os PPS serão esterilizados antes da sua utilização e este método foi projetado para eliminar toda forma de vida microbiana⁽¹⁰⁾, por dedução teórica, a possível contaminação aérea dos PPS pode ser considerada desprezível.

Ressalta-se, nos documentos técnicos, a necessidade dos ambientes com sistema eficiente de pressão negativa do ar possuírem portas automáticas, terem todas as janelas e piso selados, pois abrir e fechar uma porta, associado ao trânsito de pessoas, imediatamente reduz o diferencial de pressão do ar entre as áreas. No caso de ambientes com alta circulação de pessoas, como ocorre na área de limpeza do CME, a construção de uma antessala deve ser considerada^(6,11).

A influência do movimento das portas e tráfego de pessoas na eficiência da pressão negativa do ar em quartos de isolamento foi evidenciada no estudo de Adams, Johnson e Lynch⁽¹⁷⁾. Foram medidos os diferenciais de pressão do ar entre o quarto e a antessala e entre o quarto e o corredor. As médias na contagem de aerossóis por m³ foram maiores quando existiu movimentação de pessoas e portas, porém a contagem de aerossóis diminuiu conforme o diferencial de pressão do ar aumentou. Os autores indicam diferencial negativo de pressão do ar de 20Pa quando houver tráfego intenso entre as áreas. Nesse contexto, destaca-se a necessidade de monitoração rotineira do diferencial de pressão entre as áreas, por exemplo, através de testes com observação da direção do fluxo de fumaça ou medidores específicos⁽¹⁸⁾.

Outros parâmetros apresentados na Figura 2 dizem respeito ao número mínimo e total de trocas de ar por hora. Os sistemas de ventilação e condicionamento do ar atuam favoravelmente no controle de infecções diminuindo o tempo de exposição aos bioaerossóis por meio de trocas de ar e diferencial de pressão. Além disso, propiciam a diluição do ar, por meio de suplemento e/ou exaustão, reduzindo a concentração dos contaminantes; melhorando a qualidade do ar pela filtração; possibilitando o controle da temperatura e umidade; e criando padrões de fluxo de ar⁽¹⁹⁾.

A necessidade de pressão negativa do ar em quartos de isolamento está fortemente evidenciada na literatura, objetivando reduzir o risco de exposição de microrganismos transmitidos por aerossóis de pessoas infectadas a pessoas não infectadas (Principalmente outros pacientes ou profissionais). O advento de doenças como síndrome respiratória aguda grave, gripe aviária e tuberculose resistente aos medicamentos gera preocupação para autoridades em saúde em relação ao isolamento de pacientes^(11,18). Também não existe consenso do número de trocas de ar por hora em quartos de isolamento⁽⁴⁾.

A liberação de aerossóis também ocorre em outros setores dos SS. No estudo de Verde e colaboradores⁽²⁰⁾, o objetivo foi caracterizar os níveis de contaminação do ar em diferentes áreas do hospital (sala de emergência, enfermaria cirúrgica e sala cirúrgica). Após finalizado o procedimento cirúrgico, foi detectado aumento na concentração de bactérias no ar. Porém, o nível de contaminação retornou aos valores iniciais (coletados na sala cirúrgica vazia) após procedimentos de limpeza.

A broncoscopia é um procedimento reconhecido pelo seu potencial de geração de aerossóis, por estimular a tosse do paciente, levando à contaminação do ambiente e profissionais. No estudo de Lavoie e colaboradores⁽²¹⁾, apesar de não ser o objetivo principal dos autores, foram

comparados os tamanhos e concentração de aerossóis em duas salas de broncoscopia (uma com diferencial negativo de pressão do ar e outra sem). Após análise estatística, foi evidenciado aumento estatisticamente significativo na média de concentração de aerossóis por m³ na sala sem diferencial negativo durante a realização da broncoscopia, e não houve aumento significativo na sala com diferencial. Esse dado demonstra maior contaminação do ar em salas sem pressão negativa, durante a realização de procedimentos que formam aerossóis. Apesar da concentração de aerossóis retornar aos níveis basais mais rapidamente na sala com diferencial negativo de pressão do ar após o término dos procedimentos, foram necessários quinze minutos para que os níveis de bioaerossóis retornassem aos valores basais nas duas salas.

Os artigos científicos incluídos nessa revisão são na maioria de décadas anteriores, o que demonstra a necessidade de condução de pesquisas atuais, pois ocorreram avanços na tecnologia dos equipamentos utilizados em CME, por exemplo, nas lavadoras ultrassônicas. As lavadoras ultrassônicas complementam a limpeza manual ou são autossuficientes na limpeza dos PPS com conformação simples a depender da potência do ultrassom. São indicadas principalmente para limpeza complementar de PPS de conformação complexa e operam pelo princípio da cavitação (ondas sonoras propagadas no meio aquoso rompem ou fragmentam sujidades aderidas aos produtos)⁽⁷⁾. Apesar de utilizar o mesmo princípio, os equipamentos disponíveis atualmente são modernos, de dimensões e eficiência diferentes quando comparados à lavadora utilizada no estudo incluído nessa revisão⁽¹⁴⁾, além de habitualmente serem operadas tampadas. Uma limitação desse estudo foi a definição para recuperação de apenas um microrganismo (*Pseudomonas aeruginosa*) e foi classificado com parcialmente conclusivo.

Nos estudos incluídos nessa revisão^(13,16), foi demonstrado que a utilização de dispositivos de água pressurizada para limpeza gera maior número de aerossóis quando comparados ao métodos convencionais (escovação e baixa pressurização da água). Considerando a questão norteadora dessa revisão e o fato desses experimentos não terem sido realizados em ambiente de CME, foram classificados como parcialmente conclusivos. No CME, as pistolas de água sob pressão são utilizadas para limpeza de sujidades grosseiras. As pistolas com ar comprimido são utilizadas para secagem de produtos com lúmen e de conformação complexa⁽²²⁾.

Sobre o tamanho das partículas, ficou evidenciado nessa revisão que os aerossóis gerados após utilização

de dispositivos de água pressurizada para limpeza de superfícies eram menores que $5\mu\text{m}$ ^(13,16). No estudo de Bollin e colaboradores⁽¹⁵⁾, existe relatos que os aerossóis de *Legionella pneumophila* gerados pela torneira eram maiores que os do chuveiro, no entanto, não há descrição detalhada dos tamanhos. Partículas maiores que $10\mu\text{m}$ são mais propensas a permanecer na superfície das vias aéreas superiores e não penetrar nas regiões inferiores do pulmão. No entanto, quanto menor o tamanho da partícula, mais fácil é o seu deslocamento até os alvéolos⁽²³⁾. Pesquisadores afirmam que aerossóis menores que $5\mu\text{m}$ podem ser facilmente inalados e se deslocam lentamente com velocidade inferior de 1m/h ⁽²⁴⁾.

O tamanho do aerossol é o fator que mais influencia nas suas propriedades biológicas e deslocamento. A permanência dos aerossóis no ar ambiente sofre ação de processos físico-químicos como evaporação, interação com outras partículas, transporte, gravidade, temperatura, umidade relativa do ar e correntes de ar, entre outros. Existem relatos que aerossóis permanecem suspensos no mesmo ambiente por anos⁽²⁵⁾. Portanto, há evidências sobre a contaminação do ar na área de limpeza do CME; contudo, faltam dados sobre a permanência no ar e deslocamento dos aerossóis para áreas adjacentes. Uma limitação dos estudos incluídos nessa revisão foi a ausência de controle dos fatores ambientais onde foram realizados os experimentos, o que pode ter subestimado ou superestimado a recuperação de aerossóis.

Em um estudo dessa revisão avaliou-se a contaminação da água e ar por *Legionella pneumophila* e foi identificado que as cepas detectadas nos aerossóis eram do mesmo subtipo que as amostras das águas de chuveiro e torneira de água quente⁽¹⁵⁾. Esse estudo apresenta limitações em relação à coleta de dados, pois não existiu uma padronização do número de amostras, tempo e instrumento da coleta do ar, além dos autores terem coletado as amostras de água uma semana antes das amostras de ar, o que resultou na sua classificação como um estudo inconclusivo.

A contaminação do ambiente por aerossóis de *Legionella pneumophila* tem sido relatada, proveniente principalmente de chuveiros, umidificadores e equipamentos de assistência ventilatória (dispositivo bolsa-válvula-máscara) enxaguados com água contaminada⁽²⁶⁾. A infecção por essa bactéria gera preocupação principalmente para pessoas imunossuprimidas. Em um estudo retrospectivo em instituições de assistência a idosos⁽²⁷⁾, foram avaliadas a contaminação da água que abastecia os chuveiros e a ocorrência de sintomas de febre de Pontiac, que é uma forma benigna da infecção por *Legionella pneumophila* e se assemelha aos sintomas da infecção por influenza. A

incidência de febre de Pontiac nessa população foi de 0.11 casos/pessoas/ano (IC 95% 0.07-0.15). Dos 32 casos relatados, 29 haviam sido expostos à água contaminada. Considerando tais dados, a água de torneiras de água quente contaminada no CME pode levar a formação de aerossóis com *Legionella pneumophila*.

Na síntese dos resultados dessa revisão, identificou-se que a contaminação do ar por aerossóis foi maior durante o procedimento de limpeza ou enquanto a torneira estava ligada⁽¹³⁻¹⁵⁾, retornando aos níveis basais após finalizados esses procedimentos. Esses dados corroboram a necessidade de utilização de equipamentos de proteção individuais (EPI) respiratória pelos profissionais responsáveis pela limpeza de produtos em CME. A RDC 15/2002⁽⁷⁾ determina que o trabalhador de área de recepção e limpeza deve usar máscara ou protetor facial, óculos, luvas, avental impermeável de manga longa, protetor auricular e calçado fechado. Contudo, não existe descrição do tipo de máscara. Considerando os resultados apresentados nessa revisão quanto ao tamanho dos aerossóis formados, sugere-se o uso de máscara N95 (máscara que possui capacidade de filtrar partículas $<3\mu\text{m}$) nas áreas citadas^(2,13), apesar de nenhum estudo ter avaliado o risco de transmissão de doenças via aerossóis gerados nas atividades de limpeza. Sabe-se que, na cadeia de transmissão de infecções, existe necessidade de interação entre os elementos: susceptibilidade de hospedeiro, presença, fonte, porta de entrada e saída do agente infeccioso e veículo de transmissão, além da quantidade desse. Portanto, o risco de trabalhadores de CME ou de outras áreas dos serviços de saúde serem infectados por aerossóis varia fundamentalmente de acordo com os elementos da cadeia de transmissão de infecções⁽¹⁹⁾.

Não foram encontradas evidências científicas sobre doenças ocupacionais relacionadas à atividade de limpeza no CME. Maior ênfase é dada aos acidentes com perfurocortantes, exposição química ou ergonômica. A utilização de EPI em CME é uma problemática devido às dificuldades de adesão ao seu uso e desconforto relatados pelos profissionais que atuam nesse setor⁽²⁸⁾. Cabe ao enfermeiro a responsabilidade em sensibilizar e motivar a equipe do CME da obrigatoriedade e benefícios da utilização de EPI.

Tendo em vista à saúde ocupacional dos trabalhadores do CME, o controle da temperatura do ambiente contribui para o conforto do profissional⁽¹⁰⁾. O controle desse parâmetro, e da umidade relativa do ar, é possível por meio de instalação de termohigrômetros. Entretanto, a manutenção da qualidade do ar com enfoque microbiológico, baseado nos valores recomendados pela ASHRAE⁽¹⁹⁾, é impraticável na realidade do CME. Nesse setor não existe condições

de controle total da contaminação do ambiente, como realizado em uma estrutura de produção controlada, encontrada na indústria farmacêutica, considerando-se que os microrganismos podem ser liberados tanto pelos profissionais (por exemplo, circulação de pessoas, espirro, tosse, expiração, fala) como pelas atividades ali realizadas.

Diante do exposto, essa revisão trouxe avanços no conhecimento científico no controle da contaminação do ar em CME, fornecendo fundamentações teóricas para melhor compreensão do fenômeno estudado. Identificou-se que aerossóis são inevitavelmente gerados durante as atividades de limpeza dos PPS, enfatizando a importância do uso de EPI entre os trabalhadores da sala de limpeza. Devido ao risco de deposição de partículas contaminantes, esse dado reforça a necessidade de descontaminação das superfícies tocadas associada à higienização das mãos dos profissionais. Considerando os aerossóis gerados durante o funcionamento da lavadora ultrassônica, recomenda-se o uso da mesma com a tampa fechada.

Conclusões

As evidências científicas demonstraram que aerossóis são gerados durante as atividades de limpeza e uso de dispositivos encontrados em CME, como lavadora ultrassônica e lavadores com água pressurizada. Embora esteja normatizada a necessidade de diferencial negativo de pressão do ar ambiente entre a área de limpeza e áreas adjacentes em CME, não foram encontrados estudos que avaliaram seu impacto na dispersão dos aerossóis, o que poderia comprometer a segurança do material na sala de preparo e saúde dos profissionais da sala de limpeza e que circulam nas áreas adjacentes.

Os estudos não apresentaram informações no que tange à saúde ocupacional dos trabalhadores das áreas adjacentes, porém existem fortes indicativos de uso de máscara N95 pelos trabalhadores da área de limpeza. Demonstra-se a necessidade de realização de investigações sobre a ocorrência de doenças ocupacionais nos trabalhadores de CME.

Referências

- Morawska L. Droplet fate in indoor environments, or can we prevent the spread of infection? *Indoor Air*. 2006;16(5):335-47.
- Agência Nacional de Vigilância Sanitária (BR). Curso Básico de Controle de Infecção Hospitalar - Caderno C Métodos de Proteção Anti-Infeciosa. 2000. [Acesso 29 maio 2015]. Disponível em: <http://www.cvs.saude.sp.gov.br/pdf/CIHCadernoC.pdf>.
- Siegel JD, Rhinehart E, Jackson M, Chiarello L. Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee. 2007 Guideline for Isolation Precautions: Preventing Transmission of Infectious Agents in Healthcare Settings. 2007. [Acesso 5 jun 2015]. Disponível em: <http://www.cdc.gov/ncidod/dhqp/pdf/isolation2007.pdf>
- Hobday RA, Dancer SJ. Roles of sunlight and natural ventilation for controlling infection: historical and current perspectives. *J Hosp Infect*. 2013;84(4):271-82.
- Gehanno JF, Louvel A, Nouvellon M, Caillard JF, Pestel-Caron M. Aerial dispersal of meticillin-resistant *Staphylococcus aureus* in hospital rooms by infected or colonised patients. *J Hosp Infect*. 2009;71(3):256-62.
- American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE). Health-Care Facilities. In: ASHRAE. 2011 ASHRAE Handbook. Heating, Ventilating and Air Conditioning Application. SI Edition. Atlanta (EUA): ASHRAE; 2011. p. 8.1-8.16.
- Resolução - RDC Nº 15, de 15 de março de 2012 (BR). Dispõe sobre requisitos de boas práticas para o processamento de produtos para saúde. 2012. [Acesso 3 jul 2015]. Disponível em: http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2012/rdc0015_15_03_2012.html.
- Hutton B, Salanti G, Caldwell DM, Chaimani A, Schmid CH, Cameron C, et al. The PRISMA Extension Statement for Reporting of Systematic Reviews Incorporating Network Meta-analyses of Health Care Interventions: Checklist and Explanations. *Ann Intern Med*. 2015;62(11):777-84.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7256: 2005, de 30 de março de 2005. 2005. Dispõe sobre o Tratamento de ar em estabelecimentos assistenciais de saúde (EAS) - Requisitos para projeto e execução das instalações. 22p.
- Association for the Advancement of Medical Instrumentation. Comprehensive guide to steam sterilization and sterility assurance in health care facilities. 2006. 190 p.
- Sehulster LM, Chinn RYW, Arduino MJ, Carpenter J, Donlan R, Ashford D, et al. Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee. Guidelines for Environmental Infection Control in Health-Care Facilities. Recommendations of CDC and the Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee (HICPAC). 2003. [Acesso 25 fev 2015]. Disponível em: www.cdc.gov/ncidod/hip/enviro/guide.htm.
- American Institute of Architects Academy of Architecture for Healthcare. Guidelines for design and construction of hospital and health care facilities.

- Washington (EUA): American Institute of Architects Press; 2001. [Acesso 31 mar 2015]. Disponível em: <http://www.fgiguilines.org/pdfs/2001guidelines.pdf>.
13. Braymen DT. Survival of micro-organisms in aerosols produced in cleaning and disinfecting. *Public Health Rep.* 1969;84(6):547-52.
14. Turner AG, Wilkins JR, Craddock JG. Bacterial aerosolization from an ultrasonic cleaner. *J Clin Microbiol.* 1975;1(3):289-93.
15. Bollin GE, Plouffe JF, Para MF, Hackman B. Aerosols containing *Legionella pneumophila* generated by shower heads and hot-water faucets. *Appl Environ Microbiol.* 1985;50(5):1128-31.
16. O'Toole J, Keyword M, Sinclair M, Leder K. Risk in the mist? Deriving data to quantify microbial health risks associated with aerosol generation by water-efficient devices during typical domestic water-using activities. *Water Sci Technol.* 2009;60(11):2913-20.
17. Adams NJ, Johnson DL, Lynch RA. The effect of pressure differential and care provider movement on airborne infectious isolation room containment effectiveness. *Am J Infect Control.* 2011;39(2):91-7.
18. Walker JT, Hoffman P, Bennett AM, Vos MC, Thomas M, Tomlinson N. Hospital and community acquired infection and the built environment - design and testing of infection control rooms. *J Hosp Infect.* 2007;65 Suppl 2:43-49.
19. American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE). HVAC design manual for hospital and clinics. 2nd ed. Atlanta (EUA): ASHRAE; 2013.
20. Verde SC, Almeida SM, Matos J, Guerreiro D, Meneses M, Faria T, et al. Microbiological assessment of indoor air quality at different hospital sites. *Res Microbiol.* 2015;166(7):557-63.
21. Lavoie J, Marchand G, Cloutier Y, Hallé S, Nadeau S, Duchaine C, et al. Evaluation of bioaerosol exposures during hospital bronchoscopy examinations. *Environ Sci Process Impacts.* 2015;17(2):288-99.
22. Graziano KU, Lacerda RA, Turrini RNT, Bruna CQM, Silva CPR, Schmitt C, et al. Indicadores de avaliação do processamento de artigos odonto-médico-hospitalares: elaboração e validação. *Rev Esc Enferm USP.* 2009;43(Esp 2):1174-80.
23. Gralton J, Tovey E, McLaws ML, Rawlinson WD. The role of particle size in aerosolised pathogen transmission: a review. *J Infect.* 2011;62(1):1-13.
24. Qian H, Li Y, Nielsen PV, Hyldgaard CE, Wong TW, Chwang AT. Dispersion of exhaled droplet nuclei in a two-bed hospital ward with three different ventilation systems. *Indoor Air.* 2006;16(2):111-28.
25. Cole EC, Cook CE. Characterization of infectious aerosols in health care facilities: an aid to effective engineering controls and preventive strategies. *Am J Infect Control.* 1998;26(4):453-64.
26. Woo AH, Yu VL, Goetz A. Potential in-hospital modes of transmission of *Legionella pneumophila*: Demonstration experiments for dissemination by showers, humidifiers, and rinsing of ventilation bag apparatus. *Am J Med.* 1986;80:567-73.
27. Bauer M, Mathieu L, Deloge-Abarkan M, Remen T, Tossa P, Hartemann P, et al. *Legionella* bacteria in shower aerosols increase the risk of Pontiac fever among older people in retirement homes. *J Epidemiol Commun Health.* 2008; 62(10):913-20.
28. Ribeiro RP, Vianna LAC. Uso dos equipamentos de proteção individual entre trabalhadores das centrais de material e esterilização. *Cienc Cuid Saude.* 2012;11 Suppl:199-203.

Recebido: 25.7.2015

Aceito: 10.2.2016

Correspondência:

Caroline Lopes Ciofi-Silva
Universidade de São Paulo. Escola de Enfermagem
Av. Dr. Enéas de Carvalho Aguiar, 419
CEP: 05403-000, São Paulo, SP, Brasil
E-mail: carolineciofi@usp.br

Copyright © 2016 Revista Latino-Americana de Enfermagem

Este é um artigo de acesso aberto distribuído sob os termos da Licença Creative Commons CC BY.

Esta licença permite que outros distribuam, remixem, adaptem e criem a partir do seu trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que lhe atribuam o devido crédito pela criação original. É a licença mais flexível de todas as licenças disponíveis. É recomendada para maximizar a disseminação e uso dos materiais licenciados.