

## A METROLOGIA PARTICIPA DO CONTROLE DE INFECÇÕES HOSPITALARES CUIDANDO DA QUALIDADE DO AR

ETCHEBEHERE, Alexandre<sup>1</sup>; SERVILIERI, Kerly Maire<sup>2,4</sup>; REGAZZI, Rogério Dias<sup>3,4</sup>; PEDROSO, Margareth Zabeu<sup>2</sup>; SARTORELLI, Elza Maria<sup>2</sup>; CARLOS, Ana Lúcia<sup>4</sup>; NABESHIMA, Mariana Akemi<sup>2</sup>; CARDOSO, Marília Mendes<sup>2</sup>; NUNES, Natália Rodrigues da Silva<sup>2</sup>; DIAS, Thiago<sup>2</sup>

<sup>1</sup> SENGI - INMETRO- Rio de Janeiro, Brasil, roboin@terra.com.br

<sup>2</sup> Centro Universitário São Camilo, São Paulo, Brasil, kerlymaire@yahoo.com.br

<sup>3</sup> Gavea Sensors, PUC - Rio de Janeiro, Brasil, regazzi@mec.puc-rio.br

<sup>4</sup> 3R Brasil Tecnologia Ambiental, Rio de Janeiro, Brasil, contato@isegnet.com.br

**Resumo:** As edificações construídas nas últimas décadas, instalaram sistemas de ar-condicionado central, no entanto, estes podem conter bactérias, vírus e fungos que são capazes de sobreviver em ambientes secos por longos períodos. *Aspergillus*, *Legionella*, *Acinetobacter*, *Clostridium*, *Nocardia*, entre outros gêneros, foram encontrados nestes sistemas, sendo os três primeiros responsabilizados por surtos de IH, evidenciando a necessidade de medidas de controle da qualidade do ar em ambientes hospitalares climatizados. As características físicas destas instalações refletem as adequações de normalização e regulamentação estrangeiras. Verificou-se a preocupação do mercado com a qualidade do ar nas edificações climatizadas, porém apesar dos esforços governamentais, evidenciados através da regulamentação do Ministério da Saúde e da ANVISA, que regulamentaram as análises bacteriológicas, ainda têm-se que os robôs e sondas disponíveis são ineficientes, onerosos e de baixa densidade tecnológica, quando utilizados. Identificou-se também uma crescente preocupação dos usuários, entenda-se do público em geral, todos são susceptíveis, tantos os pacientes quanto os funcionários sujeitos aos efeitos cumulativos e danosos. Conclui-se que há a necessidade de soluções tecnológicas inovadoras, sistemas robotizados, para a limpeza dos sistemas de ar-condicionado que ofereça confiabilidade na inspeção, limpeza e higienização dos mesmos, proporcionando melhor qualidade de vida às pessoas e maior lucratividade às organizações.

**Palavras chave:** qualidade do ar, sistemas de ar-condicionado, infecção hospitalar, ROBÔ-IN.

### 1. INTRODUÇÃO

As edificações construídas nas últimas décadas em todo o mundo, instalaram sistemas de ar-condicionado central para um maior conforto e produtividade, no entanto, estes podem conter bactérias, vírus e fungos que são capazes de sobreviver em ambientes secos por longos períodos. *Aspergillus*, *Legionella*, *Acinetobacter*, *Clostridium*, *Nocardia*, entre outros gêneros, foram encontrados nestes sistemas, sendo os três primeiros responsabilizados por surtos de IH [1], evidenciando a necessidade de medidas de controle da qualidade do ar em ambientes hospitalares

climatizados. Ambiente climatizado é aquele onde a temperatura e a umidade do ar são controladas. As características físicas destas instalações refletem as adequações de normalização e regulamentação estrangeiras.

No Brasil foram publicados dois textos com instruções e atos normativos do Governo Federal que contemplavam ambientes climatizados de forma generalizada, nenhum deles referiram padrões exclusivamente hospitalares. Somente após a morte do ministro Sérgio Mota, ocorrida em abril de 1998, provável vítima da Síndrome do Edifício Doente, segundo noticiado pela RADIOBRÁS (1998), surgiu a primeira norma de ambientes climatizados. Verificou-se a preocupação do mercado com a qualidade do ar nas edificações climatizadas, porém apesar dos esforços governamentais, evidenciados através da regulamentação do Ministério da Saúde e da ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária), que regulamentaram as análises bacteriológicas, ainda têm-se que os robôs e sondas disponíveis são ineficientes, onerosos e de baixa densidade tecnológica, quando utilizados. Identificou-se também uma crescente preocupação dos usuários, entenda-se do público em geral, todos são susceptíveis, tantos os pacientes quanto os funcionários sujeitos aos efeitos cumulativos e danosos.

O objetivo deste trabalho foi evidenciar a necessidade de medidas de controle da qualidade do ar em ambientes hospitalares climatizados. E propor soluções para inspeção, limpeza e higienização destes sistemas utilizando um modelo robotizado de alta tecnologia que ofereça confiabilidade.

### 1.2. Breve Revisão Literária

Na década de 30 surgiram os primeiros ambientes climatizados, onde temperatura e umidade do ar eram controladas, proporcionando conforto térmico para as pessoas que ali conviviam[2]. Com a crise do petróleo e mudança dos materiais de construção ocorridos na década de 70, diminui-se o índice de renovação do ar, bem como o índice de umidade, pois para a redução da temperatura de um ambiente é necessária a evaporação da água presente. Como consequência direta tem-se: diminuição da concentração de oxigênio; diminuição da umidade do ar e

lesão de vias respiratórias, pele e mucosas constituindo um risco eminente na transmissão de microrganismos em áreas hospitalares, pois a renovação do ar se faz presente em percentuais igual ou inferior a 10% [3,4]. Os contaminantes biológicos ou bioaerossóis, como fungos, bactérias, algas, ácaros, amebas utilizam-se de matéria particulada (pólen, fragmentos de insetos, escamas de pele humana e pêlos) como substrato, onde se multiplicam, dobrando a população a cada 20 segundos, pois dependem do parasitismo celular para reprodução. Surto de Infecção Hospitalar - IH podem estar associados à contaminação de filtros de ar condicionado por estes bioaerossóis [5].

No Brasil, áreas hospitalares são separadas considerando a classificação proposta por Spaulding [6] que considerou o potencial de risco para a ocorrência de infecção, agrupando-as em: áreas não críticas, que não são ocupadas por pacientes, como escritórios e almoxarifado; áreas semicríticas, aquelas ocupadas por pacientes que não exigem cuidados intensivos ou de isolamento, como as enfermarias e os ambulatorios; áreas críticas, invasivos ou presença de pacientes imunocomprometidos ou ainda pelo risco ocupacional relacionado ao manuseio de substâncias infectantes. Exemplos: Centro Cirúrgico, Unidade de Terapia Intensiva, Unidades de Transplantes, entre outros.

Afonso et al (2004), relataram que durante a prática profissional, em grande parte exercida em áreas críticas, tiveram a oportunidade de participar de investigações epidemiológicas de surtos de infecção hospitalar, onde os sistemas de ar condicionado foram indicados como fonte de microrganismos causadores de infecção. Analisaram os enfoques priorizando em: padrões e normas para manutenção da qualidade do ar em ambientes hospitalares fechados; qualidade do ar e isolamento de microrganismos potencialmente causadores de infecção; qualidade do ar e ocorrência de infecção [1].

## 2. QUALIDADE DO AR

### 2.1. Padrões e Normas para Manutenção da Qualidade do Ar em Ambientes Hospitalares Fechados

Nas publicações referentes à qualidade do ar em ambientes fechados houve um predomínio do enfoque sobre salas de Operação – SO e ambientes com pacientes imunocomprometidos: transplantados, em uso de corticóides e/ ou quimioterápicos, politraumatizados, pacientes internados por longos períodos e portadores de doenças hematológicas graves. O padrão de qualidade do ar do Colégio Americano de Arquitetura para SO é adotado pelos Centers for Disease Control and Prevention - CDC, que preconiza Temperatura - 20 a 22,8°C, com movimento do ar das áreas limpas para menos limpas, devendo ser a admissão de ar na parte superior e o escape na parte inferior da sala por pressão positiva. Devem ser efetuadas 15 trocas de ar total/ hora, sendo três destas, de ar 100% externo. A recirculação deverá ocorrer através de dois filtros: o primeiro com capacidade de contenção maior ou igual a 30% e o segundo maior ou igual a 90% de capacidade de filtração [7]. A Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA cita que “para os ambientes climatizados de uso restrito, com exigência de filtros absolutos ou instalações especiais, tais como os que atendem a processos produtivos, instalações hospitalares e outros sejam aplicadas às normas

e regulamentos específicos” [8]. Em qualquer ambiente climatizado, a temperatura deverá variar de 23°C a 26°C no verão e 20°C a 22°C no inverno, com umidade variando de 40% a 65% e a taxa de renovação mínima de 27 m<sup>3</sup>/ hora/ pessoa. Quanto aos ambientes que abrigam imunossuprimidos, os CDC em seu *Guidelines for Preventing Opportunistic Functional Among Hematopoietic Stem Cell Transplant Recipients*, recomendam: prevenir pássaros no local de admissão do ar, pois fezes de pombos elevam o risco de aspergilose; a captação do ar deve ser longe de fontes poluentes, e locais de vegetação abundante; quanto às trocas de ar, estas devem ser maiores que 12 trocas de ar externo/hora com uso de filtros do tipo *High Efficiency Filter* – HEPA, mantendo o ambiente selado e com pressão positiva de 2.5 atm [9].

A ANVISA preconiza a higienização mensal dos componentes do sistema de climatização, porém no componente hídrico, usado para umidificação do ar, recomenda-se limpeza quinzenal, pois há risco de crescimento bacteriano, produção de aerossóis e inalação dos mesmos. Semestralmente preconiza-se a limpeza do sistema de dutos de ar e de forros falsos[8]. *The Natural Fire Protection Association* –NFPA, permite a reciclagem de até 80% do ar de um determinado ambiente, desde que a contaminação bacteriana deste ar seja menor ou igual a um ar filtrado 100% externo[10]. O CDC (1999) recomenda que o sistema tenha dois filtros em série, um com eficiência maior ou igual a 30% e o segundo, maior ou igual a 90%. Everett e Kipp (1991) recomendam um modelo adotado pelo Serviço de Saúde Americano, o Padrão Hill-Burton, que utiliza 25 trocas de ar total/ hora, sendo que cinco destas trocas, são de ar fresco [10]. Para Siqueira e Dantas (1999) taxas de renovação de ar 100% externo com exaustão total parecem produzir ambientes com menores índices de infecção hospitalar [3].

### 2.2. Qualidade do Ar e Isolamento de Microrganismos Potencialmente Causadores de Infecção

Para Moscato (2000), fontes geradoras de partículas capazes de carrear microrganismos causadores de infecção hospitalar são classificadas em internas e externas. Dentre as fontes internas destacam-se as pessoas, os ventiladores, os sistemas de ar condicionado, os nebulizadores e umidificadores, os pisos, vasos de plantas e certos tipos de alimentos. Quanto às fontes externas tem-se o solo, a água, o material orgânico em decomposição, a poeira de construções e reformas [11]. Segundo Eickhoff (1994), o ar condicionado é contaminado por partículas, poeira ou filtros colonizados, uma vez que estas partículas são geradas na sua maioria por hospedeiros animados e afetam principalmente indivíduos imunocomprometidos. As bactérias e os fungos espalhados são capazes de sobreviver em ambientes secos por longos períodos [12]. Pereira (1991), descreve que o “vírus sincicial respiratório sobrevive dez vezes mais em superfícies do que na pele; que o vírus da hepatite B sobrevive em sangue seco à temperatura ambiente até uma semana e, em ambos os casos, é possível que a transmissão ocorra devido à contaminação ambiental”[13].

O interesse dos estudos pela contaminação dos sistemas de ar surgiu a partir da preocupação com pacientes imunocomprometidos. Ainda hoje a contagem de bactérias e fungos no ar pode ser indicada quando há construção

próxima ou em unidade provável para a admissão de pacientes neutropênicos, em uso de corticóides ou outros riscos especiais. Porém alguns autores questionam a dificuldade de quantificar o risco de infecção hospitalar causadas por patógenos suspensos no ar que são inalados pelo paciente [14,12]. Placas contendo meio de cultura destinadas ao crescimento microbiano e colocadas em ambientes, não oferecem segurança quantitativa, mas servem de alerta microbiológico [15]. Amostra de ar por impactação com acelerador linear, onde o fluxo de ar é aspirado através de um filtro e cultivado em ágar extrato de malte, ágar Sabouraud Dextrose a 4%, ágar Batata Dextrose ou outro meio, é o método freqüentemente citado como seguro em amostragens de ar, sendo também padronizado pelo Ministério da Saúde brasileiro [6]. Quanto à colonização dos filtros, McDonald et al (1998), relata ter obtido sucesso da coleta de swabs e amostras de água e semeados em ágar Tryptase com sangue de carneiro [15]. Estudo realizado por Siqueira e Dantas (1999) descreve os microrganismos prevalentes em ambientes internos climatizados, entre estes destacam as bactérias: *Legionella pneumophila*, *Bacillus sp*, *Flavobacterium sp*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Mycobacterium tuberculosis*, *Neisseria meningitidis*, *Streptococcus pneumoniae*, *Actinomyces sp*. Os fungos: *Paracoccidioides sp*, *Penicillium sp*, *Cladosporium sp* e *Fusarium sp* e os vírus da influenza e sincicial respiratório [3]. Eickhoff, (1994), cita que *Legionella sp*, *Clostridium sp*, *Nocardia sp* estão relacionadas com transmissão de infecção ocasionada por ar condicionado [12]. Quanto à contaminação fúngica, o *Aspergillus sp* é o de maior importância, estando associado à infecção em pacientes imunocomprometidos [16]. As fontes de contaminação pelos esporos de *Aspergillus sp* são: vasos com plantas, embalagens de papel, construções e reformas e certos alimentos como a farinha, pão, pós liofilizados e alimentos crus que sejam tubérculos [17].

Lajonchere e Chaurvin, (1994) descreveram o aparecimento de surtos hospitalares de Aspergilose relacionados a um enriquecimento do número de esporos inalados. A vigilância dos surtos de Aspergilose evidenciou três principais elementos que concorrem para a doença: a presença de paciente imunodeprimido; a insuficiência dos equipamentos de tratamento de ar e a presença de construção ou reforma dentro ou nas imediações do hospital [18]. Cornett et al (1999) cita esta última como a principal fonte de *Aspergillus sp* [19]. Dias et al (1997), em seu estudo sobre aerossóis bacterianos gerados por respiradores demonstraram a contaminação ambiental por aerossóis e projeção aérea do biofilme formado nas paredes dos tubos orotraqueais [20]. Relacionando este estudo aos de McDonald et al (1998), Hart e Makin (1991), Bentham (2000), Shelton et al (2000) e Nahapetian et al (1991), as coleções de água em nebulizadores e umidificadores, de um modo geral, são fontes de bactérias, podendo dispersar aerossóis para o ambiente e contaminar o sistema de ar condicionado. Por sua vez, este sistema de ar climatizado possui uma bandeja que, em consenso, é o principal meio de multiplicação microbiana, formando biofilme e instalando-se à cadeia de transmissão [15,21,22,23,24]. Lacerda (2000), refere que este mecanismo, aliado ao fenômeno acumulativo de 90% do ar reciclado, promove um aumento do número de microrganismos na ordem de 1.000 a 100.000 vezes maior

que comparado aos ambientes externos [25]. Um aumento de 1µg/m<sup>3</sup> de partículas respiráveis provocam um aumento de doenças respiratórias em 3%, com redução da função pulmonar, levando a mortalidade hospitalar [26].

### 2.3. Qualidade do Ar e Ocorrência de Infecção

Surtos de endocardite por *Aspergillus sp* resultante da contaminação do ar da sala de cirurgia cardíaca foram comprovadamente associados à contaminação por esporos deste microrganismo provenientes dos filtros dos sistemas de climatização. O acúmulo de fezes de pombos contaminadas, em conduítes de aeração de sala de operação desencadearam quatro casos de Aspergilose em paciente submetidos ao transplante renal [27].

Bretagne et al (1997), relatam casos de Aspergiloses cutâneas em pacientes submetidos a transplantes de medula óssea, cuja fonte de contaminação foi o fluxo de ar laminar da sala onde o paciente permaneceu durante a sua convalescência. A bactéria freqüentemente associada à infecção hospitalar em ambientes climatizados é a *Legionella sp* que apresenta crescimento entre 37,7 - 56,6°C nos sistemas de abastecimento de água. Este microrganismo é responsável por surtos de pneumonia graves, doenças febris benignas (Febre de Pontiac), pericardites, endocardites e abscessos de pele [28]. Dentre estas a infecção de maior incidência é a pneumonia [21,22,23,24]. Shelton et al (2000), afirmam que 1 - 5% de todas as pneumonias são por *Legionella* e que nos EUA a incidência anual é de 25.000 casos/ ano, sendo a média de 68 casos/dia, destes 5 - 30% são fatais. Relata não haver transmissão direta entre pessoas, mas considera como porta de entrada a inalação de gotículas (< 5 µm) contaminadas originadas da água presente em torres de resfriamento, evaporadores condensativos, sistema de abastecimento de água quente, encanamentos, equipamentos de terapia respiratória [23,21]. Este mesmo autor propõe que os níveis de contaminação dos sistemas de água por *Legionella sp*, sejam aferidos em unidades formadoras de colônia ufc/ ml. O aparecimento de contaminação por *Legionella sp* em sistemas de água está ligado a presença de lodo e de amebas, pois estas bactérias sobrevivem no interior destes protozoários [24]. No pulmão, a *Legionella sp* sobrevive dentro dos macrófagos pulmonares [21], sintomas de pneumonia aparecem 2 a 10 dias após a exposição do paciente à bactéria, sendo a maior incidência em idosos, imunocomprometidos, fumantes, pacientes em diálise, com diabetes ou câncer. O diagnóstico é elucidado pela sintomatologia, detecção da *Legionella sp* no escarro, pela presença de antígeno na urina e aumento da titulação de anticorpos [23].

Montimer et al (1960), alerta que a infecção estafilocócica por partículas aéreas em hospitais, têm ocorrido particularmente nos centros cirúrgicos e enfermarias [12]. McDonald et al (1998), descrevem o aparecimento de infecção por *Acinetobacter sp* na corrente sanguínea de crianças internadas, com a ocorrência de seis óbitos. A epidemia foi associada aos aerossóis contaminados disseminados pelo sistema de ar condicionado [15].

Eickhoff (1994) relata que, em 1985, no Hospital Geral de Toronto - Canadá, houve uma epidemia do vírus gastroentérico Norwalk, por um período de três semanas, atingindo 635 pessoas e segundo as investigações, o vírus

foi provavelmente disseminado pelo sistema de ar condicionado do hospital [12].

## **2.4 Soluções para limpeza de Sistemas de Ar-Condicionado**

O ROBÔ-IN<sup>®</sup> é um produto desenvolvido pelo empreendedor Alexandre Etchebehere, funcionário do Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - Inmetro. Este desenvolvimento é fruto de estudos e pesquisas na busca de soluções tecnológicas inovadoras. A parceria com a Frioterm Engenharia Ltda visa inserir esta inovação no mercado, em complementação aos serviços prestados pela mesma. Desta forma, todo o projeto tecnológico e o plano de marketing desenvolvido é testado diante da oportunidade. No pouco tempo de atuação, esta inovação vem despertando vários interesses junto a diversos centros de excelência, tais como: a área de robótica da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro - PUC, o Centro de Tecnologia Ambiental da Federação das Indústrias do Rio de Janeiro - FIRJAN, dentre outros centros e empresas que manifestaram interesse em desenvolver extensões de linhas de múltiplas aplicações em parceria. É extremamente oportuno desenvolver parcerias com centros tecnológicos e universidades para que se possa compartilhar conhecimentos e influenciar novas gerações de profissionais e empreendedores na busca de soluções com ambiência global.

O ROBÔ-IN<sup>®</sup> é o resultado de um amplo programa de pesquisa de mercado implementado pela Frioterm Engenharia Ltda. para identificar conceitos de posicionamento potencialmente atrativos no mercado de robôs, voltados à inspeção e limpeza de dutos de ar-condicionado. Ele oferece uma ampla gama de soluções em virtude do seu conjunto de acessórios e ferramentas, que o diferenciam em desempenho e confiabilidade quando da inspeção, limpeza e higienização de sistemas de ar-condicionados. É um produto industrial a ser utilizado como ferramenta de trabalho por prestadores de serviços, com as seguintes características diferenciadoras: - É uma Multiferramenta de alta performance e desempenho; - Realiza inspeções e limpeza em dutos a partir de 200mm x 200mm; - Coloca e retira objetos em lugares de difícil acesso (com alcance de 30m), através de garras e caçamba comandadas por controle remoto (característica de desempenho operacional de eficiência energética e de redução de custos de mão-de-obra e operação); - Limpa e higieniza dutos em horário comercial com a utilização de menos energia; - Pulveriza ambientes internos dos dutos; - Aspira resíduos; - Dotado de sonda para inspeção de ambientes a partir de Ø 75mm; - Possui televisão colorida de 9" e vídeo cassete VHS integrados, sistema NTSC, gravador de áudio com comando externo; - Possui controle eletro-eletrônico integrado em case acionado por joy stick; - Possui alto torque com alcance de 30m; - Possui prática garra para pegar objetos, tais como: plásticos, madeiras, pedras e etc; - Há uma versátil pá para recolher resíduos internos, tais como: areias, pedras e etc; - Composto por um sistema inovador de escovação e aspiração de dutos de ar-condicionado, reduzindo tempo e custos operacionais; - Sistema de pulverização ajustável e com controle remoto; - Robô com motoredutores com controle de velocidade e tração por esteira lisa de silicone; - Possui uma câmera

colorida de alta resolução, com movimento de rotação de 270° horizontal e de 45° vertical; - Equipado com dois holofotes alógenos de 35W; - Solenóide de controle pneumático no case; - Alta qualidade do produto, ferramentas e acessórios; - Preço médio.

## **2.5. Impacto Social e Ambiental**

Os consumidores diretos deste tipo de produto são as empresas de manutenção e/ou instaladoras de sistemas de ar-condicionado, em alguns casos construtoras e órgãos governamentais. Os consumidores "indiretos" deste tipo de produto são as organizações, empresas, fábricas e pessoas que circulam, trabalham e ou residem em ambientes supervisionados por sistemas de ar-condicionado central, instalados em edificações diversas nas cidades. Estes consumidores têm um perfil sócio-econômico bastante eclético, que varia de acordo com as edificações que circulam, tais como: clínicas, hospitais, shopping centers, empresas de grande porte, órgãos governamentais, entre outros, onde pessoas de diferentes idades, ocupações, condições econômicas, estilo de vida e personalidade, circulam e respiram. Os consumidores "indiretos" em geral percebem a necessidade de limpeza e higienização destes sistemas, quando do aparecimento de alergias, rinites, intoxicações, entre outros sintomas, o que reduz a produtividade das empresas e a qualidade de vida dos ambientes públicos. Por outro lado, verificamos que os esforços governamentais, através das agências regulatórias, preocupam-se com os consumidores, porém, carecem de ferramentas e procedimentos para uma efetiva fiscalização destas instalações em todo o país, o que vem trazendo enormes prejuízos nos aspectos pessoais e profissionais, em virtude de litígios judiciais, principalmente nas áreas médico-hospitalares. A Frioterm Engenharia Ltda. identificou em suas pesquisas junto aos consumidores, que os robôs e os procedimentos de limpeza e higienização disponíveis no mercado são limitados, ineficientes e caros, devido a uma série de deficiências. Os benefícios à sociedade são inúmeros direta ou indiretamente, a saber: - Redução dos casos de alergia e rinites nos ambientes de trabalho; - Redução absenteísmo nos ambientes de trabalho; - Aumento da qualidade de vida; - Ganhos de produtividade da sociedade quando da circulação por ambientes públicos; - Diminuição de gastos com remédios; - Geração de empregos e renda com valores tecnológicos agregados; - Redução do consumo de energia; - O ROBÔ-IN<sup>®</sup> passa a influenciar novos projetos, dando acesso aos robôs à rede de dutos, de forma a reduzir custos de manutenção operacionais; - Diminuir as agressões nas instalações quando da obra, através de inspeções de comissionamento; - Uma nova rede de valores é estabelecida, onde normas, projetos, instalações e manutenções passam por ganhos de qualidade e produtividade; - O aspecto pessoal é o maior benefício, haja vista que respiramos em torno de 10 a 15 mil litros de ar por dia e não temos controle sobre sua qualidade.

A multiferramenta robotizada ROBÔ-IN<sup>®</sup> traz ganhos de escala às diversas cadeias produtivas por sua atuação versátil e de custo atraente, a saber: - Indústrias de alimentos são sistematicamente inspecionadas e controladas, entretanto, os sistemas de dutos de refrigeração, muitas das vezes, tornam-se um grande problema em função da adequação de projetos e/ou manutenções ineficientes; - Indústrias de fármacos

seguem o mesmo padrão da anterior, agravado pela classificação de áreas e custos operacionais destes sistemas; - Clínicas, hospitais e Centros Médicos são, em sua maioria, extremamente problemáticos, principalmente aos públicos, devido a inúmeros problemas de várias ordens, tornando estes ambientes favoráveis a proliferação de fungos, bactérias e vermes pela rede de dutos, provocando e disseminando infecções hospitalares e outros males de conhecimento geral; - Shopping, aeroportos e ambientes de escritórios sofrem dos mesmos problemas, agravados pela grande circulação de pessoas e produtos nestes ambientes. Assim, resumindo os impactos do sistema ROBÔ-IN<sup>®</sup> junto às diversas cadeias produtivas, destacando que sua importância estratégica está ligada diretamente a cada ser humano, que circula e/ou convive nestes ambientes climatizados, reduzindo riscos à saúde, gerando emprego e renda, aumentando a produtividade e conseqüentemente, reduzindo custos que poderão chegar a dezenas de milhões de dólares, se computados todos os ganhos da cadeia de valor a qual a inovação está integrada.

### 3. CONCLUSÃO

Os padrões e normas para manutenção da qualidade do ar em ambientes hospitalares exigem cuidados importantes como: salas de operação com isolamento protetor e pressão positiva (2.5 atm); renovação de ar com mais que 12 trocas de ar externo/ hora com uso de filtros do tipo HEPA; localização da fonte de captação de ar longe de fontes poluentes, fezes de pombos, vegetação abundante e construções; limpeza mensal dos componentes do sistema de climatização, quinzenal para os componentes hídricos e semestrais para a o sistema de dutos de ar e forros falsos. Os sistemas de ar condicionado podem albergar bactérias, vírus e fungos que são capazes de sobreviver em ambientes secos por longos períodos. Os principais microrganismos evidenciados como potencialmente causadores de infecção foram: *Legionella pneumophila*, *Bacillus sp*, *Flavobacterium sp*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Mycobacterium tuberculosis*, *Neisseria meningitidis*, *Streptococcus pneumoniae*, *Actinomyces sp*, *Paracoccidioides sp*, *Aspergillus sp*, *Penicillium sp*, *Cladosporium sp*, *Fusarium sp*, vírus da influenza e sincicial respiratório. A bandeja do sistema de ar condicionado foi indicada como principal fonte de multiplicação microbiana, por formar biofilme e desencadear a cadeia de transmissão. A contaminação de sistemas de ar condicionado está intrinsecamente relacionado ao risco de pacientes imunodeprimidos desenvolverem infecções. Surto de endocardite e aspergilose foram associadas a contaminação de sistemas de ar condicionado e fluxos de ar laminar por *Aspergillus sp*. A *Legionella sp*, bactéria comumente relacionada a contaminação de sistemas de água, foi responsável por surtos de pneumonia graves, doenças febris benignas (Febre de Pontiac), pericardites, endocardites e abscessos de pele. *Acinetobacter sp*, *Staphylococcus sp* e vírus Norwalk foram associados a casos de infecção hospitalar, disseminado por ar condicionado.

Relacionando os resultados deste estudo à nossa realidade diária evidencia-se que ainda há muitas atitudes a serem tomadas para controle das fontes de infecções hospitalares. Dentre estas atitudes cabe as Normas Regulamentadoras envolverem a metrologia para controle de presença e

crescimento de microorganismos nos sistemas de ar-condicionados e especificar como devem ficar os sistemas após uma qualificada higienização.

A angústia de saber da existência dos focos permanece, entretanto há de se acreditar que medidas simples e imediatas podem ser adotadas a partir da conscientização dos profissionais nestas unidades.

### AGRADECIMENTOS

Ao Inmetro. Ao P. Anselmo Carrera Maia, coordenador do Curso de Pós Graduação em AdH. E ao Paulo Ricardo Podorodeczki.

### REFERÊNCIAS

- [1] M.S.M.Afonso, A.F.V. Tipple, A.C.S.Souza, M.A. Prado, P.S.Anders, "A qualidade do ar em ambientes hospitalares climatizados e sua influência na ocorrência de infecções." *Revista Eletrônica de Enfermagem*, v. 06, n. 02, p. 181-188, 2004. Disponível em [www.fen.ufg.br](http://www.fen.ufg.br)
- [2] L.F.G. Siqueira, "Síndrome do edifício doente, o meio ambiente e a infecção hospitalar." In: A.T.Fernandes, M.A.V.Fernandes, N.F.Ribeiro, "Infecção Hospitalar e suas Interfaces na Área da Saúde." São Paulo: *Atheneu*, 2000. p.1307- 1322.
- [3] L.F.G. Siqueira, E. Dantas, "Organização e método no processo de avaliação da qualidade do ar de interiores." *Rev. Brasindoor*, v. 3, n. 2, 1999.
- [4] Basenge. Indústria e Comércio Ltda. - Resfriamento Evaporativo do Ar [online]. Disponível: <http://www.basenge.com.br>
- [5] E.H.M. Dantas, "Ar condicionado, vilão ou aliado? Uma revisão crítica." *Revista Brasindoor*, v.2, n. 9, p. 4- 9, 1998.
- [6] BRASIL. Ministério da Saúde. *Coordenação de Controle de Infecção Hospitalar. Manual de Controle de Infecção Hospitalar*. Brasília, 1985.
- [7] CDC. Center for Disease Control and Prevention. Guidelines for the prevention surgical site infection. USA.1999 [online]. Disponível: [http://www.cdc.gov/ncidod/hip/SSI/SSI\\_guideline.htm](http://www.cdc.gov/ncidod/hip/SSI/SSI_guideline.htm)
- [8] BRASIL. Anvisa. Diário Oficial da União. Resolução 176 de 24 de outubro de 2000. Brasília, 2000.
- [9] CDC. Guidelines for preventing opportunistic infections among hematopoietic stem cell transplant recipients. USA. 2000 [online]. Disponível: <http://www.cdc.gov/ncidod/hip/Guide/marrow.htm> [capturado em 28 fev. 2002].
- [10] W.D.Everett, H. Kipp, "Epidemiologic observations of operating room infections resulting from variations in ventilation and temperature." *American Journal Infec.Control*, v. 6, n.19, p.277- 282, 1991.
- [11] U.Moscato, "Hygienic management of air conditioning systems." *Societa Editrice Universo*, supl. 02, n. 12, p. 249 – 54, 2000.
- [12] T.C.Eickhoff, "Airborne Nosocomial Infection: a contemporary perspective." *Infection Control and Hospital Epidemiology*, v. 15, n. 10, p. 663- 672, 1994.

- [13] L.O.L.Pereira, "Ambiente hospitalar versus infecções hospitalares." *Arquivo Brasileiro de Medicina*, São Paulo, v. 5, n. 65, p. 21S-23S. 1991.
- [14] H. Humphreys, "Microbes in the air – When to count! (The role of air sampling in hospitals)." *Journal Med. Microbiol.*, vol. 37, p. 81- 82. 1992.
- [15] L. Mc Donald, et al. "Outbreak of *Acinetobacter* spp. Bloodstream infection in a nusey associated with contaminated aerosols and air conditioners." *Pediatr. Infect. Dis. Journal*, v. 8, n.17, p.716- 722, 1998.
- [16] M.T.Berneteix, "Un combat dans l'air du temps la lute contre l'aspergillus". *Rev.Infirm*, n. 44, p.18, 1998.
- [17] J.R.Babb, et al. "Risk of airborne transmission in an operating theatre containing four ultra clean air units." *Journal of Hospital Infection, United Kingdom*, n. 31, p.159-168, 1995.
- [18] J.P.Lajonchere, M.F.Chauvin, "Contamination aspergillaire: évaluation des mesures de prevention et surveillance de l'environnement." *Pathol.Biol.*, v.7, n. 42, p.718- 729, 1994.
- [19] M. Cornett, et al. "Efficacy of prevention by high-efficiency particulate air filtration or laminal airflow against *Aspergillus* airborne contamination during hospital renovation." *Journal infec. Control Hosp. Epidemiol*, n.20, p. 508- 513, 1999.
- [20] M. Dias, et al. "Aerossol bacteriano gerado por respiradores mecânicos: estudo comparativo." *Rev. Assoc. Méd. Brás.*, v.1, n. 43, p.15- 20, 1997.
- [21] C.A.Hart, T.Makin, " Legionella in hospitals: a review." *Journal of hospital infection.*, n. 18, supl. A, p. 481-489, 1991.
- [22] R.H.Bentham, "Routine sampling and the control of *Legionella* spp in cooling water systems." *Journal Current Microbiology*, n. 41, p. 271- 275, 2000.
- [23] B.G. Shelton, et al. "Review of Legionnaires disease." *Journal for the Science of Occupational and Environmental Health and Safety*, v. 61, n. 5, p.738- 742. 2000.
- [24] K. Nahapetian, et al. "The intracellular multiplication of *Legionella pneumophila* in protozoa from hospital plumbing system." *Rev. Microbiol.*, n. 142, p.677- 685, 1991.
- [25] R.A.Lacerda, 'Centro Cirúrgico.' In: A.T.F.Fernandes, et al. "Infecção hospitalar e suas interfaces na área da saúde." São Paulo: *Atheneu*, 2000. p.1307- 1322.
- [26] M.Buemi, et al. "Environmental air pollution in an intensive care unit for nephrology and dialysis." *Journal Nephrology*, n. 13, p.433- 436. 2000.
- [27] N. Noland, "Les liens entre les risques d'asdpergillose et la contamination de l'environnement." *Pathol.Biol.*, v. 7, n. 42, p. 706- 710, 1994.
- [28] S.Bretagne et al. "Fatal primary coetaneous aspergillus's in a bone marrow transplant recipient: nosocomial acquisition in a laminar-air flow room." *Journal Hosp Infect*,v. 3, n. 36, p. 235- 239, 1997
- [29] RADIOBRÁS [on line]. Disponível em [http://www.radiobras.gov.br/antiores/1998/sinopses\\_2004.htm#1](http://www.radiobras.gov.br/antiores/1998/sinopses_2004.htm#1) [capturado em 28 fev. 2002].

---

**Autores:** Eng. Eletrotécnico, SENGI - INMETRO- Alexandre Etchebehere, Rio de Janeiro, Brasil. [roboin@terra.com.br](mailto:roboin@terra.com.br)

Farmacêutica, especialista em AdH, Kerly Maire Servilieri, Consultora da 3R Brasil Tecnologia Ambiental e Docente do Centro Universitário São Camilo, São Paulo, Brasil, [kerlymaire@yahoo.com.br](mailto:kerlymaire@yahoo.com.br)

M.Sc em Metrologia e Qualidade Industrial, Eng. Mecânico e de Segurança do Trabalho, Rogério Dias Regazzi, Diretor de Produção da Gavea Sensor e da 3R Brasil, RJ, Prof. Horista da PUC-Rio e UEPA, [regazzi@mec.puc-rio.br](mailto:regazzi@mec.puc-rio.br)

Microbiologista, Margareth Zabeu *Pedroso*, Docente do Centro Universitário São Camilo, São Paulo, Brasil.

Fonoaudióloga e especialista em AdH, Elza Maria Sartorelli, Centro Universitário São Camilo, São Paulo, Brasil, [esartorelli@scamilo.edu.br](mailto:esartorelli@scamilo.edu.br)

Ergonomista e Eng. de Segurança do Trabalho, Ana Lúcia Carlos, 3R Brasil, RJ, [contato@isegnet.com.br](mailto:contato@isegnet.com.br)

Discente do Curso de Farmácia, Mariana Akemi Nabeshima, Natália Rodrigues da Silva Nunes, Marília Mendes Cardoso, Thiago Dias, Centro Universitário São Camilo, São Paulo, Brasil.