

# DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE RADIAÇÃO UV-C PARA O CONTROLE MICROBIOLÓGICO DE DUTOS DE AR CONDICIONADO

**Gisele Ferreira Freymann<sup>1</sup>, João Cláudio Freymann<sup>2</sup>, Adriano da Silva Andrade<sup>3</sup>, João Carlos Lázaro<sup>4</sup>, Sonia Khouri Crosario<sup>5</sup>**

<sup>1-4-5</sup> Universidade do Vale do Paraíba - UNIVAP/Instituto de Pesquisa & Desenvolvimento, Av. Shishima Hifumi, Urbanova, São José dos Campos - SP, Gisele.freymann@gmail.com

<sup>2-3</sup> Biomeditech Tecnologia/Departamento de Pesquisa, Al. Harvey C. Weeks, 14 sala 32, São José dos Campos - SP, biomeditech\_eq@yahoo.com.br

**Resumo-** As edificações construídas nas últimas décadas em todo o mundo fizeram uso sistemas de ar condicionado central para um maior conforto e produtividade, no entanto estes podem conter bactérias, vírus e fungos capazes de viver em ambientes secos por longos períodos. A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), preconiza a higienização mensal dos componentes do sistema de climatização. Infelizmente, mesmo com esta medida, a maioria das edificações não cumpre as normas vigentes, colocando em risco a saúde dos usuários. O objetivo do presente trabalho está no desenvolvimento de um sistema de lâmpadas compostas por radiação UV-C e a realização de estudos para verificar sua eficácia na inativação e no controle microbiológico de dutos de ar condicionado. Selecionou-se um estabelecimento de saúde, localizado na cidade de São José dos Campos, que fosse dotado por dutos de ar condicionado. Foi projetado, então, um sistema para desinfecção que atendesse às especificações descritas nas referências bibliográficas, de forma a promover a ação germicida da radiação UV-C no local em questão. Ainda que o desenvolvimento deste projeto demonstre a aplicabilidade do sistema de radiação UV-C, ensaios para a verificação da eficiência do projeto mediante ao seu efeito germicida em dutos de ar condicionado trariam maior confiabilidade nos resultados.

**Palavras-chave:** Ar Condicionado, Lâmpada, Ultravioleta, Conforto Térmico

**Área do Conhecimento:** Engenharia Biomédica

## Introdução

### Microbiologia do ar

A maioria dos poluentes em ambientes fechados age diretamente no sistema respiratório e cardiovascular, afetando de acordo com a intensidade e a duração da exposição, sendo ainda função do nível de saúde da população exposta. A inalação dos microrganismos liberados por pessoas e animais é um mecanismo de contágio primário para a maioria dos quadros agudos de infecção respiratória. O ambiente interno é caracterizado pela recirculação de uma qualidade de ar externo, criando assim uma condição favorável ao crescimento de microrganismos (WHO, 2000). Estudos realizados descrevem os microrganismos prevalentes em ambientes internos climatizados, entre estes destacam-se 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 (SIQUEIRA; DANTAS, 1999). Eickoff (1994) cita

que a *Legionella sp*, *Cladosporium sp*, *Nocardia sp* estão relacionados com a transmissão da infecção ocasionada por ar condicionado. Quanto à contaminação fúngica, o *Aspergillus sp* é o de maior importância, estando associado à infecção de pacientes imunocomprometidos (BERNETEIX, 1998).

### Síndrome do Edifício Doente

A baixa qualidade do ar de interiores têm sido relacionada a um número de efeitos adversos à saúde humana, levando a Organização Mundial de Saúde (OMS) a classificar a Síndrome do Edifício Doente como um problema de saúde pública. O termo Síndrome do Edifício Doente (SED) é utilizado para descrever situações nas quais os ocupantes de um determinado edifício experimentam efeitos adversos à saúde e ao conforto. Esses efeitos parecem estar vinculados ao tempo de permanência no edifício, mas nenhuma doença específica, ou causa, pode ser identificada. Esse tipo de síndrome ocorre principalmente em edifícios selados, embora também tenha sido observada em edifícios que são ventilados naturalmente. A SED é um problema mundial, e a circulação mecânica do ar parece um fator bastante importante na sua

prevalência. Milhões de pessoas no mundo inteiro, trabalham em local onde a ventilação é regulada através de sistema de circulação mecânica do ar (MOLHAVE, ANN, 1992; ROBERTSON et al, 1985).

### Ar Condicionado

Ar Condicionado é processo de tratamento do ar, destinado a manter os requerimentos de qualidade do ar interior do espaço condicionado, controlando variáveis como temperatura, umidade, velocidade, material particulado, partículas biológicas e teor de dióxido de carbono (ANVISA, 2003). Os tipos de condicionamentos de ar podem ser divididos em três grupos principais: produção de frio, produção de calor e condicionamento do ar. Sua classificação em termos técnicos pode ser dividida em dois tipos de sistemas: expansão direta e expansão indireta. A expansão direta é um sistema onde o gás refrigerante contido numa serpentina, ao se evaporar, resfria diretamente o ar em contato com ela. A expansão indireta é um sistema que utiliza um refrigerante primário para resfriar um refrigerante secundário (geralmente água) que, passando por uma serpentina, retira calor do ar proveniente dos ambientes, quando em contato com a mesma (ABNT, 1980). Segundo a RE 09 de Janeiro de 2003 publicada pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), são estabelecidos critérios referenciais para qualidade do ar interior, como umidade relativa do ar, velocidade do ar, temperaturas de bulbo seco, contaminação microbiológica, dosagem de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e aerodispersóides totais no ar, taxa de renovação de ar e utilização de filtros de ar.

### Radiação Ultravioleta (UV)

O espectro solar que atinge a superfície terrestre é formado predominantemente por radiações ultravioletas (100–400 nm), visíveis (400–800 nm) e infravermelhas (acima de 800 nm). A faixa da radiação UV (100 a 400 nm) pode ser dividida em três partes (THOMAS, 2000): UVA (320 a 400 nm) Conhecido como “UV de onda longa” ou “luz negra”, é a maior parte dos raios UV emitidos pelo Sol. É responsável por grande parte do efeito do bronzeamento de pele e, em termos gerais não é prejudicial. É usado em tratamentos médicos de certas doenças de pele. UVB (280 a 320 nm) é uma parte pequena, porém, perigosa da luz solar. A maior parte é absorvida pela camada de Ozônio (diminuindo). A exposição prolongada resulta em alguns tipos de câncer de pele, envelhecimento da pele e cataratas nos olhos (GERMETEC, 2001). A radiação UVC (100 a 280 nm) é portadora de elevadas energias, característica que a torna extremamente lesiva aos seres vivos (STEINER, COSMET, 1995;

STREILEIN et al, 1994). A fração mais energética do espectro UV corresponde à faixa de 200-290 nm, é comumente usada como agente bactericida em tratamentos de água e ar permitindo uma taxa de desinfecção eficiente pelo emprego de lâmpadas germicidas (254 nm) (IBÁÑEZ, LITTER, PIZZARRO, 2003). Rice e Well (2001) descrevem que a irradiação germicida por UV é agora um reconhecido método para inativação de uma grande variedade de agentes biológicos (RICE, EWELL, 2001). Estudos realizados por Dumyhm & First (1999) também descrevem que são utilizadas tecnologias de UV em hospitais e em outros serviços para proteção de pacientes e trabalhadores.

### Objetivo

O objetivo do presente trabalho está no desenvolvimento de um sistema de radiação UV-C para a desinfecção de dutos de ar condicionado.

### Metodologia

Como primeira etapa foi escolhido como estudo de caso o sistema de ar condicionado de um hospital em São José dos Campos – SP, cujas características são: insuflamento de ar por expansão indireta através de intercambiador tipo fan-coil, com dutos medindo 200 x 250 mm, capacidade frigorífica de 3682 Kcal/h, vazão de 680 m<sup>3</sup>/s, contendo um difusor de ar de 04 vias, cujas dimensões são 412 x 412 mm, com taxa de retorno 65% e taxa de renovação de ar de 35%. Foram realizadas pesquisas bibliográficas para a escolha da lâmpada UV-C que melhor se adaptasse ao sistema de refrigeração, além de um estudo dos materiais necessários para compor o protótipo do sistema e cálculos de eficiência da ação UV-C nos dutos de ar condicionado. Desta forma, pode-se dimensionar o sistema proposto neste artigo. Posteriormente, foram desenvolvidos os desenhos do projeto no software Catia V5, seguido de seu protótipo.

### Resultados

Na desinfecção através de UV, a dose de radiação é definida com sendo o produto da intensidade de energia pelo tempo de exposição:

$$D = I \cdot t \quad (\text{Eq. 1})$$

Em que:

D = Dose de radiação Ultravioleta (W.s/cm<sup>2</sup>);  
I = Intensidade da radiação (W/cm<sup>2</sup>);  
T = Tempo de exposição (s).

De acordo com a equação acima, o tempo mínimo de exposição do ar é equivalente a 0,70 segundos. Para a redução da vazão do ar nos dutos, foi projetada uma caixa de ar em Aço Inox 320, com superfície espelhada, conforme as Figuras 1 e 2, utilizando-se a seguinte fórmula:

$$Q = V \cdot t \quad (\text{Eq. 2})$$

Onde:

Q = Vazão (m<sup>3</sup>/s);

V = Volume da área a ser irradiada (m<sup>3</sup>);

T = Tempo de exposição (s)

Encontrando-se, desta forma, o tempo de exposição de 0,72 segundos.

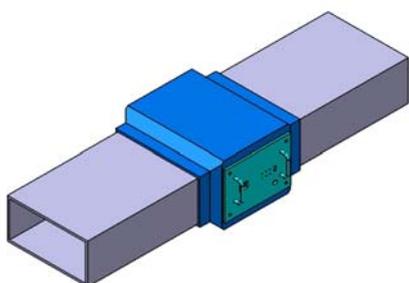


Figura 1 – Sistema Bioduto, detalhe em azul referente à caixa de ar.

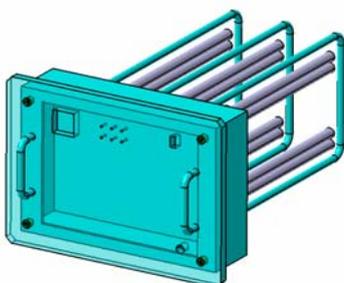


Figura 2 – Sistema Composto, detalhando a inclusão de 06 lâmpadas UVC.

## Discussão

O sistema de ar condicionado por expansão indireta, utiliza-se de gás R22, para resfriar o refrigerante secundário, no caso a água. Nos intercambiadores tipo fan-coil, a água passa pelos condensadores, tornando o ar frio, estando pronto para ser empurrado pelo motor elétrico em direção aos dutos. Este sistema tem a vantagem de realizar com precisão o monitoramento de umidade e temperatura, em conjunto com as resistências de aquecimento e umidificadores presentes nestes intercambiadores. A principal

desvantagem está no risco emitente de contaminação por microrganismos, tais como *Aspergillus sp*, *Legionella sp*, *Cinetobacter sp*, *Clostridium sp*, *Nocardia sp*, entre outros gêneros. Na maioria dos dutos de ar condicionado com elevado grau de contaminação, é compulsório o uso de filtros das classes G0, F0 e A0. Mas os filtros tem sido utilizados devido ao baixo custo e fácil manuseio, apresentado, entretanto, a desvantagem de não destruírem os microrganismos, e sim transferi-los para outro meio (ALEX et al, 2002). Além destes parâmetros, é necessário um sistema que auxilie os filtros na manutenção de um ambiente controlado, pois a carga de utilização destes está por conta da taxa de renovação de 35% e principalmente da taxa de retorno de 65%, o que infere que o sistema de ar condicionado deva obter um grau máximo de eficácia no combate a microrganismos.

O projeto ora proposto utiliza um sistema de caixa de ar, com o objetivo de diminuir a vazão do ar em torno das lâmpadas UV-Ce permitir um efeito de turbilhonamento, o que torna a ação germicida das lâmpadas mais eficiente. O material escolhido como revestimento interno foi o Aço Inox 320 com superfície espelhada devido ao seu alto índice de reflexão e por atender a norma NBR 7256 no que se refere à limpeza e descontaminação dos dutos de ar condicionado (ABNT, 2005). As lâmpadas do tipo TUV-PL-L 36W/4P possuem como características: baixa pressão de vapor de Mercúrio, emissão de radiação em pico de aproximadamente 254 nm, presença de filtros especiais que não possibilitam a formação de Ozônio (PHILIPS, 2006). A contagem do tempo de vida útil e manutenção destas lâmpadas será realizada através de um horímetro, este é um componente essencial para a determinação do tempo certo de substituição das lâmpadas.

Segundo o American Standard Institute – USA, a dose de radiação necessária para a desinfecção de vírus e bactérias é de 38 mWs/cm<sup>2</sup> sendo esta adotada como referencia para a obtenção do tempo mínimo de exposição dos microrganismos à radiação UV-C a fim de inativá-los.

Não se têm estabelecidos valores de doses mínimas a serem adotadas na desinfecção através de radiação UV. Esta definição esta vinculada à uma série de características particulares de cada sistema, dentre as quais se destacam: características físico-químicas do ar, nível de contaminação microbiológica, impacto sobre microrganismos das etapas de tratamento anteriores à desinfecção, histórico epidemiológico, grau de risco a ser assumido. Ainda assim há uma série de regulamentações que recomendam doses

mínimas a serem adotadas nos processos de desinfecção com UV (STREILEIN et al, 1994).

## Conclusão

Através da realização dos cálculos, simulação no software gráfico Catia V5 e desenvolvimento do protótipo, infere-se a viabilidade da utilização do sistema de desinfecção de dutos de ar condicionado por UV-C. Os resultados obtidos, guardados as restrições em termos de espectro de microrganismos a serem avaliados, reafirmam a perspectiva da aplicação da radiação UV como agente desinfetante. Ainda que o desenvolvimento deste projeto demonstre a aplicabilidade do sistema de radiação UV-C, ensaios para a verificação da eficiência do projeto mediante ao seu efeito germicida em dutos de ar condicionado trariam maior confiabilidade nos resultados.

## Agradecimentos

Companhia Brasileira de Alumínio, Fardim Calhas, Calderaria Leve, Rodelta, Eletro Terrível Ltda.

## Referências Bibliográficas

ABNT, 1980. Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 6401/80. **Instalações centrais de ar condicionado para conforto - parâmetros básicos de projeto**. Rio de Janeiro, Brasil.

Alex, M.S. et al – Avaliação do emprego da radiação Ultravioleta na desinfecção de águas com turbidez e cor moderadas. Artigo Técnico, v. 7, n. 1, p. 37-47, Jan/Mar, **2002**.

Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR 7256 – Tratamento de ar em estabelecimentos assistenciais de saúde (EAS) – requisitos para projetos e execução das instalações, p. 11, **2005**.

Fatos e Mitos sobre Ultravioleta Germicida na Desinfecção de Ar e Ambientes, Germetec UV & IR Technology Ltda, 2001.

Ibáñez, J.A.; Litter, M.I.; Pizarro, R.A.; (2003). J. *Photochem. Photobiol.*, A, 157, 81-85.

L.F.G. Siqueira, E. Dantas, 'Organização e método no processo de avaliação da qualidade do ar de interiores'. *Rev. Brasiindoor*, v. 3, n.2, 1999.

Molhave, L.; *Ann. N. Y. Acad. Sci.* **1992**, 641, 46.

M.T. Berneteix, 'Un combat dans l'air du temps la lute contre l'aspergillus'. *Rev Infirm*, n. 44, p. 18, 1998.

Parrota, M.J, Bekdahsh, F. – UV disinfection of small groundwater supplies, *Journal AWWA*, v. 90, n. 2, p. 71-81, February **1998**.

Resolução - RE 09 de Janeiro de 2003 – Agencia Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) Disponível em :[http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/2003/re/09\\_03re.htm](http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/2003/re/09_03re.htm). Acesso em: 05 abr.2007.

Rice JK and Ewell M "Examination of peal power dependence in the UV inactivation of bacterial spores". *Applied & Environmental Microbiology*, **2001**, 67, 12, 5830-5832.

Robetson, A. S.; Burge, P. S., Burge, P.S.; Hedge, A.; Sims, J.; Gill, F.S; Finnegan, M.; Pickering, C. A. C.; Dalton, G.; *Brit. Med. J.* **1985**, 291, 373.

Steiner, D.; *Cosmet. Toil. (Ed. Port.)* **1995**, 10, 29.

Streilein, J. W.; Taylor, J. R.; Vincek, V.; Kurimoto, I.; Shimizu, T.; Tié, C.; Coulomb, C.; *Immunol. Today* **1994**, 15, 174.

T.C. Eickhoff, ' Airborne Nosocomial Infection: a contemporary perspective.' *Infection Control and Hospital Epidemiology*, v. 15, n. 10, p. 663-672, 1994.

Thomas Dmyhan, Melvin First, " Characterization of Ultraviolet Upper Room Air Disinfection Devices" *American Industrail Hygiene association Journal*, v. 60, n 2 – March-April 1999, pages 219-227.

Thomas Dmyhan, Melvin First, "Characterization of Ultraviolet Upper Room Air Disinfection Devices" *American Industrail Hygiene association Journal*, v. 60, n 2 – March-April **1999**, p. 219-227.

Ultraviolet purification application onformation, Philips, **2006**.

WHO – World Health Organization. Guidelines for Air Quality, **2000**, Geneva.