



## **O RETORNO ÀS ATIVIDADES E A PURIFICAÇÃO DO AR**

---

---

## Sumário

Apresentação	3
Glossário	3
Introdução	3
A Questão da Contaminação	4
Fundamentação da Necessidade	6
Ventilação, Filtragem e Purificação do Ar	8
Resumo Executivo	15
Conclusões e Recomendações	16
Conclusão do Artigo	18

## Apresentação

---

Este artigo foi elaborado no contexto de um projeto de desenvolvimento de sistemas de filtragem e purificação do ar indoor para indústrias e tem por finalidade fornecer um resumo dos documentos “*Position Document on Filtration and Air Cleaning*” e “*Documento de Posição da ASHRAE sobre Aerossóis Infecciosos*” ambos da ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) e disponíveis, respectivamente em Inglês e Português, em seu site. Em vista do escopo aqui descrito, foram pinçados do texto os trechos mais relevantes para o assunto de Filtragem e Purificação do Ar Indoor. Para aqueles que desejarem uma visão mais completa e abrangente dos assuntos tratados nos artigos recomendamos a leitura completa do texto no original.

## Glossário

---

Para os menos familiarizados com o tema achamos por bem esclarecer alguns termos e abreviações utilizadas nos documentos base de modo que sua aplicabilidade possa ser entendida em sua real abrangência e limitação. Deste modo listamos abaixo alguns termos que julgamos importantes explicar e contextualizar:

**HVAC** – A abreviação refere-se a “Heating, Ventilation and Air-Conditioning” e é normalmente utilizado no contexto de projetos e aplicações de sistemas de climatização (Ar Condicionado). No entanto o termo também se aplica a sistema de ventilação geral e filtragem do ar ambiente.

**Edifício** – As publicações da ASHRAE referem-se frequentemente a Edifícios o que, muitas vezes, pode levar à ideia errônea de que se tratam de edifícios residenciais ou comerciais. Na verdade, o termo aqui refere-se a qualquer edificação para ocupação humana incluindo edifícios de instalações industriais por exemplo.

**Filtragem e Purificação** – O termo que pode, à primeira vista parecer redundante, tem uma significação técnica. Embora sujeito a interpretações de grau, a Filtragem refere-se à captura e retenção de particulado em suspensão no ar enquanto a Purificação refere-se à obtenção de ar num determinado grau de pureza em relação a quaisquer contaminantes definidos num padrão incluindo, por exemplo, gases. Como em geral, na prática, a purificação do ar ocorre sempre como consequência da filtragem, o termo é utilizado deste modo.

**UVGI** – Irradiação Germicida Ultravioleta, comumente chamada de Luz Ultravioleta de ação germicida. O termo derivado UVC, significa essa radiação, ou luz, numa determinada faixa de comprimento de onda que não gera Ozônio.

## Introdução

---

O Documento de Posicionamento da ASHRAE sobre Filtragem e Purificação do Ar em seu item “Objeto” (The Issue) introduz de maneira muito clara o problema:

*“O ar nos edifícios contém diversas classes de contaminantes: material particulado (alguns de origem biológica), gases e vapores. As fontes para muitos desses contaminantes podem estar localizadas em ambientes fechados (componentes de construção, ocupantes e atividades dos ocupantes), ao ar livre ou em ambos. As tecnologias de filtragem e purificação do ar são utilizadas para reduzir as exposições a esses contaminantes nos edifícios, por meio de sua remoção intencional do ar. A filtragem e a purificação do ar são métodos para reduzir a exposição a contaminantes em ambientes fechados e, desse modo, melhorar a qualidade do ar interno. Esses métodos podem criar alternativas viáveis e/ou complementos a outros métodos em prol da redução da exposição, apoiando a diluição por meio de ventilação de ar externo, garantindo que o ar externo e/ou recirculado fornecido em ambientes fechados pelos sistemas de climatização seja menos*

*contaminado e melhorando a eficácia da ventilação pela remoção de contaminantes de origem interna. Como esses métodos reduzem as concentrações e, portanto, a exposição a contaminantes, muitas pessoas conduem que sua aplicação permite reduzir os níveis de fluxo de ar externo para ventilação; essa crença é especialmente válida quando o ar externo encontra-se fortemente contaminado ou sobrecarregado com umidade e cargas térmicas altas e quando essas tecnologias são capazes de remover contaminantes a um custo mais baixo do que apenas pela ventilação.”*

Embora ao longo deste artigo e mesmo na leitura dos documentos originais os leitores verificarão que, na grande maioria dos tópicos abordados, há a ressalva de que não há estudos conclusivos à respeito de uma ou de outra hipótese, este parágrafo do documento deixa bem clara a posição da entidade que reforça a utilidade de sistemas de ventilação com filtragem e purificação para melhoria do ar do ambiente interno e redução da exposição a contaminantes internos ou externos. Trata-se então, de avaliar se essa redução da exposição de fato traz benefícios à saúde dos ocupantes desses espaços e quais os melhores métodos para se alcançar uma filtragem e purificação eficiente.

## A Questão da Contaminação

O documento ASHRAE sobre Filtragem e Purificação do Ar estabelece:

*“Este documento informa os membros da ASHRAE e o público sobre os efeitos positivos, benignos ou negativos das tecnologias de filtragem e purificação do ar na saúde. Os efeitos na saúde, no contexto deste documento de posicionamentos, são entendidos como os efeitos em biomarcadores, qualidade de vida, impacto fisiológico, sintomas, resultados clínicos ou mortalidade (American Thoracic Society 2000). O documento caracteriza de forma sucinta as principais categorias das tecnologias de filtragem e purificação do ar e suas aplicações para remoção de contaminantes do ar externo trazidos para edifícios e/ou o ar interno.”*

Já o documento sobre Aerossóis, traz:

*“O risco de propagação de patógenos e, portanto, o número de pessoas expostas, pode ser afetado tanto positiva quanto negativamente pelos padrões de fluxo de ar no espaço e pelos sistemas de aquecimento, ventilação e ar condicionado (HVAC) e ventilação local por exaustão. As principais estratégias relacionadas à ventilação são: diluição, padrões de fluxo de ar, pressurização, distribuição e controle de temperatura e umidade, filtragem e outras estratégias, como irradiação germicida ultravioleta (UVGI).*

*Com doenças infecciosas transmitidas por aerossóis, os sistemas HVAC podem ter um efeito importante na transmissão do hospedeiro primário para o secundário. A diminuição da exposição de hospedeiros secundários é um passo importante para reduzir a propagação de doenças infecciosas. As doenças infecciosas podem ser controladas interrompendo as rotas de transmissão usadas por um patógeno. Os profissionais de HVAC desempenham um papel importante na proteção dos ocupantes do edifício, interrompendo a disseminação interna de aerossóis infecciosos com os sistemas de HVAC e LEV.”*

*“Agora, que os microbiologistas entendem que muitos patógenos podem viajar através de rotas de contato e aéreas, o papel do gerenciamento do ar interior tornou-se fundamental para o sucesso dos esforços de prevenção.”*

*“Muitos edifícios são totalmente ou parcialmente ventilados. Estes podem usar janelas operáveis e contar com aberturas intencionais e não intencionais na envoltória do prédio. Essas estratégias criam diferentes riscos e benefícios. Obviamente, o fluxo de ar nesses edifícios é variável e imprevisível, assim como os padrões de distribuição de ar resultantes, de modo que a capacidade de gerenciar ativamente o risco em tais edifícios é muito reduzida. No entanto, edifícios naturalmente ventilados podem ir além da abertura aleatória de janelas e serem projetados intencionalmente para alcançar estratégias de ventilação e, assim, reduzir o risco de aerossóis infecciosos. De modo geral, projetos que atinjam taxas de ventilação mais altas reduzirão o risco. No entanto, esses edifícios serão mais afetados pela qualidade do ar externo local, incluindo o nível de alérgenos e poluentes externos, condições variadas de temperatura e umidade e insetos voadores.”*

Pode-se então extrair de ambos os casos que, em termos de efeitos na saúde trata-se de reduzir contaminantes, incluindo patógenos, em circulação no ar ambiente e que possam contaminar seus ocupantes. Apesar de parecer uma questão bastante óbvia, veremos mais à frente, que aqui se introduz um conceito importante que agrupa tanto a contaminação por agentes biológicos como a poluição inorgânica (poeiras e gases) como determinantes no impacto na saúde.

A recente revisão do documento sobre Aerossóis de 14 de Abril de 2020, traz também considerações específicas sobre o SARS-CoV-2:

***“Declaração sobre a transmissão aérea do SARS-CoV-2:***

*A transmissão do SARS-CoV-2 pelo ar é suficientemente provável para que a exposição aérea ao vírus seja controlada. Alterações nas operações prediais, incluindo a operação de sistemas de aquecimento, ventilação e ar-condicionado, podem reduzir as exposições pelo ar.*

***Declaração sobre a operação de sistemas de aquecimento, ventilação e ar-condicionado para reduzir a transmissão de SARS-CoV-2:*** *A ventilação e a filtragem, fornecidas pelos sistemas HVAC, podem reduzir a concentração de SARS-CoV-2 no ar e, portanto, a risco de transmissão pelo ar. Espaços não condicionados podem causar estresse térmico a pessoas que podem ter a vida diretamente ameaçada e também podem diminuir a resistência à infecção. Em geral, desabilitar os sistemas de aquecimento, ventilação e ar-condicionado não é uma medida recomendada para reduzir a transmissão do vírus.”*

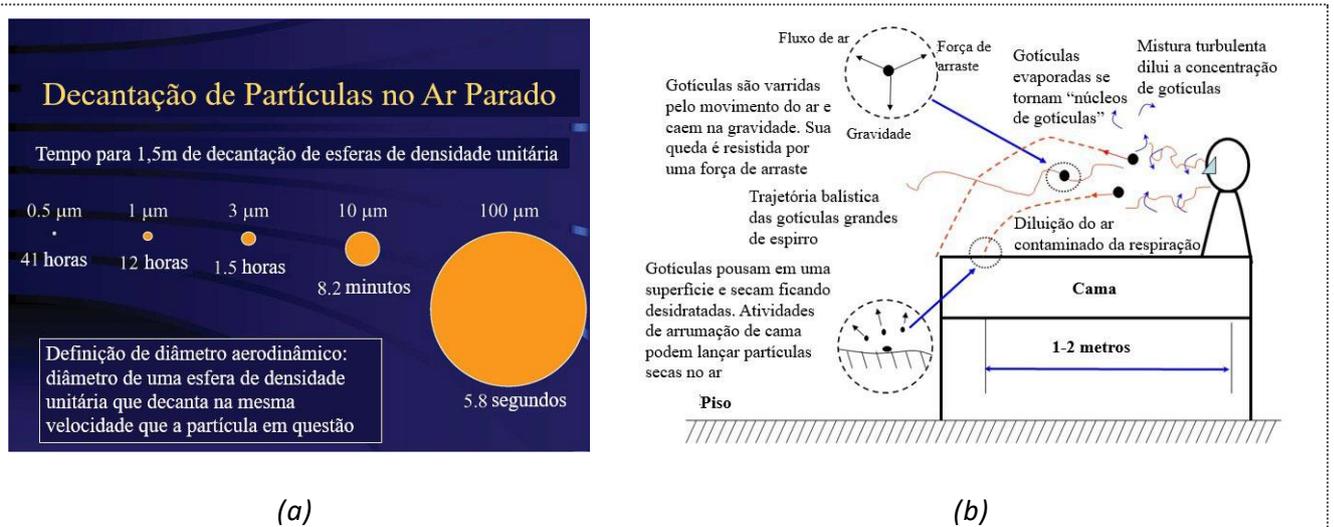
Não diretamente relacionado à pandemia de Coronavírus mas relacionada ao tema, há um parágrafo no mesmo texto que cabe aqui ressaltar:

***“3.4 Patógenos Emergentes e Preparação para Emergências***

*Os surtos de doença (ou seja, epidemias e pandemias) estão aumentando em frequência e alcance. Pandemias do passado tiveram efeitos devastadores sobre as populações afetadas. Novos microrganismos que possam ser disseminados por aerossóis infecciosos necessitam de bom projeto, construção, comissionamento, manutenção, planejamento avançado e simulações de emergência para facilitar a ação rápida para mitigação da exposição.”*

O documento sobre Aerossóis traz ainda um conhecido gráfico que demonstra o processo de dispersão de partículas no ar e, no caso de contaminantes, seu potencial poluente.

A figura é autoexplicativa, mas cabe aqui ressaltar a importância do fluxo adequado de ar no ambiente como, de resto, preconiza o texto dos Aerossóis:



**Figura 1** (a) Tempos de assentamento comparativos por diâmetro de partículas para partículas que se instalam no ar parado (Barão n.d.) e (b) aerobiologia teórica da transmissão de gotículas e pequenas partículas transportadas pelo ar produzidas por um paciente infectado com uma infecção aguda (cortesia Yugu Li).

E segue texto:

#### **"Disseminação Aérea**

Muitas doenças são conhecidas por terem altas taxas de transmissão através de gotículas maiores quando indivíduos suscetíveis estão próximos, cerca de 1–2 metros (Nicas 2009; Li 2011). Dependendo dos fatores ambientais, essas gotículas grandes (100 µm de diâmetro) podem encolher por evaporação antes de se instalarem, tornando-se assim um aerossol (aproximadamente <math><10\ \mu\text{m}</math>). O termo núcleos de gotículas tem sido usado para descrever tal dessecação de gotículas em aerossóis (Siegel et al. 2007). Embora os sistemas de ventilação não possam interromper a rápida fixação de grandes gotículas, eles podem influenciar a transmissão de aerossóis infecciosos de núcleos de gotículas. O fluxo de ar direcional pode criar padrões de fluxo limpo-para-sujo e mover aerossóis infecciosos para serem capturados ou exauridos."

## **Fundamentação da Necessidade**

As recomendações de uso de Sistemas de Ventilação, Filtragem e Purificação do Ar em locais fechados, estão dispersas ao longo dos textos. Reunimos neste item alguns trechos mais relevantes que indicam a recomendação para utilização de Sistemas de Ventilação, Filtragem e Purificação do Ar Indoor.

### **Item 2.1.2 do documento de Filtragem e Purificação:**

"Um extenso conjunto de pesquisa epidemiológica indica que as taxas de mortalidade, internações hospitalares e exacerbações de asma, bem como outros efeitos adversos à saúde, aumentam com o crescimento das concentrações de partículas no ar externo (p. ex., Brunekreef e Forsberg 2005; Delfino et al. 2005; Pope e Dockery 2006). Como grande parte da exposição de uma pessoa a partículas de ar externo ocorre em ambientes fechados e essa exposição pode ser reduzida por meio de filtração, é justo esperar benefícios de saúde associados à filtração de partículas que seja eficaz na remoção de partículas de origem externa.

*As relações publicadas entre as concentrações de partículas no ar externo e os efeitos adversos à saúde têm sido utilizadas em modelos para previsão dos benefícios relacionados à saúde pela filtração de partículas. Os trabalhos resultantes, analisados por Fisk (2013), indicam benefícios substanciais à saúde associados à filtração, com benefícios geralmente proporcionais para a redução na exposição total a partículas com menos de 2,5 µm de diâmetro. Os modelos consideraram inúmeros resultados de saúde ou relacionados à saúde, incluindo mortalidade, consultas em pronto-socorros de atendimento cardíaco ou respiratório ou internações hospitalares, bronquite crônica e exacerbação de asma. Como a maioria desses resultados de saúde ocorre em uma pequena parcela da população, seriam necessários grandes estudos empíricos para confirmar essas previsões, porém esses estudos não foram realizados.*

*Dois estudos encontraram melhorias estatisticamente significativas por meio da filtração em biomarcadores que preveem eventos coronarianos adversos futuros (conforme citado em Fisk 2013), fornecendo algum suporte empírico para as previsões de modelos de benefícios à saúde. Alguns estudos investigaram se a utilização de sistemas de filtração de partículas em escritórios ou escolas reduz sintomas de saúde auto-relatados não específicos, frequentemente denominadas como sintomas da síndrome do edifício do doente (SED), na população em geral. A origem das partículas removidas não*

*foi identificada. A maioria desses estudos relatou concentrações reduzidas de partículas no ar interno de 20% a 80%, além de 50%, um valor típico relatado. Quase todos os estudos utilizaram filtros mecânicos. Várias doenças respiratórias transmissíveis são transmitidas, em parte, por meio da inalação de pequenas partículas transportadas pelo ar que contêm vírus ou bactérias infecciosas produzidas durante tosse, espirros, canto e conversação. Os sistemas de filtração de partículas podem reduzir as concentrações no ar interno dessas partículas, removendo-as da corrente de ar, porém não pela inativação de espécies infecciosas.*

*A filtração pode, assim, reduzir a incidência das doenças respiratórias transmissíveis associadas, desde que a corrente de ar transporte as partículas para o sistema de filtração. Os resultados da modelagem sugerem que o fato de haver filtros nos sistemas de HVAC, em relação a não haver filtros, diminuirá de forma substancial a porção de transmissão de doenças causada por essas pequenas partículas (Azimi e Stephens 2013).”*

#### **Item 1 do documento sobre Aerossóis:**

*“Diluição e extração de ventilação, pressurização, distribuição e otimização do fluxo de ar, filtração mecânica, irradiação germicida ultravioleta (UVGI) e controle de umidade são estratégias eficazes para reduzir o risco de disseminação de aerossóis infecciosos em edifícios e meios de transporte. Sistemas de ventilação, filtração e distribuição de ar e tecnologias de desinfecção têm o potencial de limitar a transmissão de patógenos pelo ar e, assim, quebrar a cadeia de infecção.”*

#### **Item 3.1 Aerossóis - Abordagens Variadas por Tipo de Instalação**

*“As unidades de saúde possuem critérios para o projeto de ventilação para mitigar a transmissão aérea de doenças infecciosas (ASHRAE 2013, 2017a, 2019a; FGI 2010); no entanto, as infecções também são transmitidas em estabelecimentos comuns na sociedade e não apenas em **estabelecimentos industriais\*** ou de saúde.”*

\* Grifo do comentador.

## Ventilação, Filtragem e Purificação do Ar

Uma informação da maior importância que se encontra no início do texto sobre Filtragem e Purificação do Ar, logo no Resumo inicial (Abstract) é a seguinte:

*“Uma afirmação chave é que, atualmente, **há apenas evidências significativas de benefícios à saúde para sistemas de filtragem de partículas de meios porosos**\*. Para algumas outras tecnologias, existem evidências que sugerem benefícios à saúde, porém essas evidências não são suficientes para formular conclusões firmes. Por fim, afirma-se que existem dados limitados que documentam a eficácia da purificação do ar na fase gasosa como uma alternativa à ventilação.”*

O entendimento desta afirmação é de vital importância para todos aqueles que estiverem envolvidos com projetos de Ventilação, Filtragem e Purificação do Ar. O que decorre da afirmação é que, seja qual for o método de Filtragem e Purificação do Ar escolhido, ele não pode deixar de conter uma mídia filtrante física, ou seja, um filtro mecânico.

A publicação cita ainda a grande variedade de alternativas disponíveis no mercado para a Filtragem e Purificação do Ar e traz um resumo bastante interessante das principais delas. Cita o documento:

*“A avaliação e a orientação também são necessárias devido à crescente quantidade e variedade de alternativas de filtragem e purificação de ar disponíveis no mercado e porquanto a filtragem e a purificação do ar são consideradas alternativas atraentes à ventilação do ar externo, fornecendo controle de exposição com menos uso de energia. Diversas tecnologias de filtragem e purificação do ar estão disponíveis, dependendo do tipo de contaminantes removidos e do princípio da remoção destes contaminantes.”*

Em seguida, a mesma publicação sobre Filtragem e Purificação do Ar, faz uma exposição bastante interessante sobre as principais tecnologias disponíveis para a aplicação em questão. Então vejamos:

### Item 1.1 – Filtros Mecânicos

#### **“Princípios de Eficiência e Utilização.**

*Os filtros mecânicos utilizam meios com estruturas porosas que contêm fibras ou material de membrana esticada em uma variedade de tamanhos de fibras, densidades e configurações de extensão de mídia para remoção de partículas das correntes de ar. Uma parte das partículas no ar que entra no filtro fixa-se ao meio e é removida do ar no momento em que passa pelo filtro. A remoção ocorre principalmente por meio de impactação, interceptação e movimentação/difusão browniana, dependendo do tamanho da partícula. Alguns filtros possuem uma carga elétrica estática aplicada à mídia para aumentar a remoção de partículas. Os filtros eletrônicos incluem uma grande variedade de dispositivos de purificação de ar conectados eletricamente, projetados para remover partículas das correntes de ar. Em geral, a remoção ocorre pelo carregamento elétrico das partículas por meio de fios corona ou através da geração de íons (p. ex., utilizando ionizadores de pino) e pela coleta das partículas em placas de deposição com carga oposta (precipitadores), ou pela remoção aprimorada das partículas em um filtro de meio convencional ou para superfícies do ambiente. Para a maioria das tecnologias, a menor eficiência de remoção de partículas geralmente ocorre para partículas com um diâmetro aerodinâmico de aproximadamente 0,2 ou 0,3  $\mu\text{m}$ ; a eficiência da remoção aumenta, acima e abaixo desse tamanho de partícula. A eficiência dos filtros de ar mecânicos e eletrônicos varia conforme o projeto do filtro e o tamanho das partículas. A eficiência dos filtros de ar eletrônicos também depende do modo de sua conservação.*

\* Grifo do comentador.

*A recirculação do ar interno através de filtros e a filtração do ar externo misturado com ar de retorno são especialmente eficazes para maximizar a eficácia do sistema de filtração\*. A filtração do ar externo antes da entrada no espaço ocupado é eficaz na redução das concentrações de partículas no ar interno, principalmente em edifícios herméticos.”*

Os filtros mecânicos compreendem uma extensa variedade de equipamentos equipados com diversos tipos de mídias filtrantes e número de estágios sendo que, para aplicação em Filtração e Purificação do Ar, é necessário que o grau de filtração atinja o equivalente a um filtro HEPA, comumente conhecido como "Filtro Absoluto", normalmente comercializado com as seguintes especificações:

Eficiência de Filtração > 99,95% conforme Norma ABNT NBR 16101 (EM 1822).

Cabe aqui uma observação muito importante. A eficiência de Filtração do cartucho ou mídia filtrante utilizados num equipamento para ventilação, filtração e purificação do ar, não define necessariamente a eficiência do equipamento uma vez que características construtivas podem afetar seu desempenho. Por isso, é muito importante que os equipamentos deste tipo utilizados tenham comprovação de ensaios que garantam sua eficiência como um conjunto completo e não apenas da mídia filtrante.

O que se chama de filtros eletrônicos são mais conhecidos como “filtros eletrostáticos” e suas características e limitações são bem conhecidas em outras aplicações já que para filtração e purificação do ar ambiente são pouco utilizados. A principal vantagem dos filtros eletrônicos é que dispensam o uso de cartuchos filtrantes e não exigem sua troca periódica reduzindo assim o custo de operação. Por outro lado, sua eficiência varia muito ao longo do tempo desde o início da operação com as células eletrostáticas limpas até o momento de sua limpeza. Além disso exigem muita manutenção já que a limpeza das células deve ser frequente e sua manipulação muito cuidadosa.

## Item 2.1 – Filtros de Ar Absorventes

### **“Princípios de Eficiência e Utilização.**

*Os filtros de ar com absorventes envolvem adsorção física (fisissorção) e quimissorção para remover contaminantes gasosos das correntes de ar. A fisissorção é a adsorção de contaminantes gasosos em materiais porosos sólidos devido às forças de Van der Waals (atração nuclear) e à condensação nos poros pequenos. Sistemas baseados em absorventes são capazes de remover uma ampla gama de contaminantes com eficiência moderada a alta. A taxa líquida de adsorção depende da taxa na qual as moléculas de contaminantes atingem a superfície do meio, da porcentagem daquelas que fazem contato, daquelas que são absorvidas e da taxa de desorção. Há evidências disponíveis sobre o desempenho a longo prazo de absorventes, em edifícios comerciais em estudos que examinaram o desempenho e a eficácia de sistemas de purificação de ar que estão em uso contínuo por até 30 anos (Bayer et al. 2009; Lamping e Muller 2009; Burroughs et al. 2013). A vida útil real do absorvente pode ser determinada pela coleta periódica de amostras para testes de vida útil ou pelo monitoramento direto dos contaminantes. **De modo mais frequente, porém, os absorventes são substituídos com base em ciclos de manutenção de rotina ou em fiscalizações. Atualmente quase nenhum dado empírico está disponível para permitir que sejam tomadas conclusões sobre os benefícios para a saúde acerca da utilização de absorventes em edifícios típicos.** Por outro lado, existem dados de estudos de laboratório que investigaram os efeitos da purificação com ar absorvente nas percepções iniciais da qualidade do ar imediatamente após a entrada em um laboratório ou no odor do ar retirado de um sistema de teste.*

\* Grifo do comentador.

***Esses estudos mostraram classificações significativamente melhoradas de aceitabilidade ou a satisfação com a qualidade do ar e as intensidades de odor com absorventes\*.***

*Embora a percepção do conforto da qualidade do ar não seja um resultado para a saúde, ela pode ser considerada um indicador de possíveis efeitos subsequentes das exposições à saúde.”*

Em termos práticos, na imensa maioria das situações, quando se fala de filtros absorventes, está se tratando de Carvão Ativado. Esta substância possui propriedades adsorventes sobejamente conhecidas e é de larga utilização em diversos campos, inclusive filtragem de ar. Utiliza-se com frequência na redução de odores e isso está em linha com o que se destaca do trecho do texto acima. Uma outra característica típica destes filtros é a impossibilidade prática de controle do grau de saturação e a frequente utilização por tempo excessivo prejudicando seu desempenho e os resultados da filtragem. Isso também está claramente destacado no texto da ASHRAE. Finalmente, em vista da inexistência de evidências de benefícios à saúde que, diga-se de passagem, não é só o caso deste tipo de filtro, somadas às dificuldades operacionais (manutenção e custo elevado de reposição), recomenda-se sua utilização apenas quando houver claramente um objetivo de redução de odores no ambiente. Em nenhuma hipótese, um filtro absorvente deve ser utilizado visando a redução da concentração de particulado (sólido ou líquido) no ar.

### **2.3 – Filtros que utilizam redução fotocatalítica**

#### ***“Princípios de Eficiência e Utilização.***

*A Oxidação Fotocatalítica (OFC) é definida como uma reação redox mediada pela luz de gases e por partículas biológicas absorvidas na superfície de um material semicondutor ou fotocatalisador sólido de óxido de metal puro ou dopado. O fotocatalisador gera espécies de oxigênio (ou espécies reativas de oxigênio [ERO]) que permanecem ligadas à superfície quando expostas à luz de comprimentos de onda específicos na faixa de ultravioleta (UV). As vantagens da OFC são uma perda de carga relativamente baixa, a capacidade de tratamento de uma ampla variedade de compostos e o ciclo de vida teoricamente longo do processo reativo (o recurso de auto-purificação ou de regeneração de um fotocatalisador).*

*As desvantagens incluem a energia da lâmpada, os custos de substituição da lâmpada e a **probabilidade de geração de ozônio\***, dependendo da fonte da lâmpada empregada (p. ex., lâmpadas UV-V ~185 nm produzem ozônio (O<sub>3</sub>)). Existe também o potencial de um processo oxidativo incompleto, que produz subprodutos da reação que podem ser mais tóxicos ou prejudiciais do que os constituintes originais (p. ex., formaldeído). Os catalisadores podem ser contaminados (envenenados) por reagentes transportados pelo ar e/ou por produtos de oxidação, o que resulta em falha ou redução parcial ou total na eficiência do processo.*

*Não há estudos disponíveis com relação aos efeitos diretos à saúde associados à utilização de equipamentos de purificação do ar para OFC em ambientes internos. Alguns estudos analisaram os efeitos da OFC na qualidade do ar percebida, que, conforme mencionado acima, podem ser considerados como um indicador dos possíveis efeitos subsequentes das exposições à saúde.”*

Esta é uma tecnologia pouco utilizada no Brasil, especialmente para Filtragem e Purificação do Ar Indoor. Suas restrições de custo, complexidade de controle e monitoramento aliado aos riscos de geração de Ozônio e outros contaminantes perigosos, definitivamente não a colocam, no rol das opções mais atraentes para a aplicação de que se trata neste artigo.

\* Grifo do comentador.

## 2.4 - Filtros de Ar que Utilizam Energia Germicida Ultravioleta (UV-C)

### *“Princípios de Eficiência e Utilização.*

*A desinfecção por ultravioleta (UV-C) (também chamada de irradiação germicida ultravioleta [IGUV]) é utilizada para degradar material orgânico e inativar microrganismos. O sistema não é um filtro; desse modo, partículas inativas permanecem na corrente de ar, o que, no caso de esporos de fungos mortos, ainda pode causar uma resposta humana negativa às suas microtoxinas integrais. A faixa de comprimento de onda mais eficaz para a inativação de microrganismos é entre 220 e 300 nm, com pico de efetividade próximo a 265 nm. Os sistemas de UV-C podem ser instalados dentro de sistemas de climatização, irradiar ar próximo ao teto ou ser incorporados a um limpador de ar autônomo (portátil). A eficácia de um sistema de UV-C para inativar microrganismos no ar e/ou em superfícies foi amplamente demonstrada;...*

*A experiência sugere que o controle de uma corrente de ar em movimento não fornece taxas favoráveis de morte em razão do curto tempo de permanência. Sob condições ideais, as taxas de inativação e/ou de morte de 90% ou mais podem ser alcançadas; porém, elas dependem do seguinte: tipo de contaminante microbiano; espécies específicas; fatores físicos ou mecânicos, tais como intensidade de UV-C, tempo de exposição/permanência, distância e posicionamento da lâmpada e ciclo de vida e purificação da lâmpada; A remoção de particulado suspenso no ar é melhor aplicada em conjunto com um pré-filtro, a fim de proteger as lâmpadas e a filtragem mecânica a jusante de partículas microbianas.*

*Diversos estudos abordaram a aplicação de sistemas UV-C em locais de atendimento médico. Alguns desses estudos mostram benefícios à saúde de pacientes altamente suscetíveis (Miller et al. 2002; CDC/NIOSH 2009; Memarzadeh et al. 2010). **Entretanto, existem evidências limitadas acerca dos efeitos diretos do UV-C na saúde, principalmente quando aplicados fora dos ambientes de prestação de assistência médica.** \* Estudos com sistemas UV-C instalados na parte superior de escolas, quartéis militares e abrigos para pessoas sem-teto, fornecem conclusões inconsistentes sobre transmissão de tuberculose, de sarampo, de gripe e nos resfriados comuns (Kowalski 2009). Nos estudos de laboratório, o UV-C tem sido eficaz na remoção de aerossóis bacterianos e virais (Xu et al. 2003). Para esse fim, o UV-C para sistemas de ar superior, dutos e em ambientes internos foi nomeado pelo Position Document on Airborne Infectious Diseases...”*

Este é um tópico polêmico mesmo para os membros da ASHRAE. Note que o trecho acima, oriundo do documento Posição sobre Filtragem e Purificação do Ar, é contraditório, até certo ponto, com o conteúdo do outro texto, sobre Aerossóis, como indica seu item 3.2:

*“Embora o Documento de Posição da ASHRAE sobre Filtragem e Limpeza do Ar (2018) não faça uma recomendação a favor ou contra o uso de energia UV em sistemas aéreos para minimizar os riscos de aerossóis infecciosos, o Centers for Disease Control and Prevention (CDC) aprovou a UVGI como um complemento à filtragem para redução do risco de tuberculose e publicou uma diretriz sobre sua aplicação (CDC 2005, 2009).7 (Nível de Evidências A).”*

Para tentarmos analisar melhor essa aparente contradição, convém aqui acrescentar a esse artigo alguns itens do documento sobre Aerossóis (Documento de Posição da ASHRAE sobre Aerossóis Infecciosos) que tratam do tema. Senão, vejamos:

\* Grifo do comentador.

**“Resumo**

*As principais estratégias relacionadas à ventilação são: diluição, padrões de fluxo de ar, pressurização, distribuição e controle de temperatura e umidade, **filtragem\*** e outras estratégias, como irradiação germicida **ultravioleta (UVGI).**”*

**1. “O Problema**

*Diluição e extração de ventilação, pressurização, distribuição e otimização do fluxo de ar, **filtração mecânica, irradiação germicida ultravioleta (UVGI)\*** e controle de umidade são estratégias eficazes para reduzir o risco de disseminação de aerossóis infecciosos em edifícios e meios de transporte.”*

**“3.2 – Estratégias de Ventilação e Limpeza do Ar**

*Todo o espectro ultravioleta (UV) pode matar ou inativar microrganismos, mas a energia UVC (nos comprimentos de onda de 200 a 280 nm) fornece o efeito mais germicida, com 265 nm sendo o comprimento de onda ideal. A maioria das lâmpadas UVGI modernas criam energia UV-C a um comprimento de onda próximo de 254 nm. A UVGI inativa microrganismos danificando a estrutura de ácidos nucleicos e proteínas com a eficácia dependente da dose UV e da suscetibilidade do microrganismo. A segurança do UV-C é bem conhecida.”*

A contradição que no entanto surge da simples leitura dos itens acima e sua comparação com o texto do documento sobre Filtragem e Purificação do Ar é, ao nosso ver, solucionada pela leitura da parte final do documento sobre Aerossóis que deixa claro que a Posição da ASHRAE em relação à aplicação da UVGI se refere a “quartos” o que significa, segundo nossa interpretação, estarmos tratando de ambientes para atendimento de saúde.

**“4.1 Posições da ASHRAE**

*Com base em avaliações de risco, deve ser considerado o uso de estratégias específicas de HVAC apoiadas pela literatura baseada em evidências, incluindo as seguintes:*

*- UVGI na parte superior da parede do ambiente **(com possíveis ventiladores no quarto)\*** como um complemento para o sistema de insuflamento de ar (Nível de Evidência A)”*

A contradição parece realmente ficar superada quando comparamos o texto acima com parte do texto do documento sobre Filtragem e Purificação do Ar já transcrito acima:

*“Diversos estudos abordaram a aplicação de sistemas UV-C em locais de atendimento médico. Alguns desses estudos mostram benefícios à saúde de pacientes altamente suscetíveis (Miller et al. 2002; CDC/NIOSH 2009; Memarzadeh et al. 2010). **Entretanto, existem evidências limitadas acerca dos efeitos diretos do UV-C na saúde, principalmente quando aplicados fora dos ambientes de prestação de assistência médica.\***”*

A conclusão então torna-se simples, a aplicação da técnica do UVGI para aplicações de Filtragem e Purificação do Ar fora de ambientes destinados ao tratamento de saúde, não está entre as recomendações da ASHRAE nos documentos aqui analisados.

\* Grifo do comentador.

## 2.5 - Filtros de Ar Compactos que Utilizam Diversas Tecnologias

*“Muitos dispositivos de purificação de ar utilizam uma combinação de filtros (ou seja, tecnologias de purificação de partículas e tecnologias de purificação de fase gasosa). Os dispositivos geralmente são autônomos (portáteis), incorporam um ventilador e são destinados ao uso residencial. Esses dispositivos são frequentemente chamados de purificadores de ar ou dispositivos de fornecimento de ar limpo (clean-air delivery - CAD); todavia, muitos outros nomes também são utilizados. Atualmente, há dados mínimos disponíveis acerca das consequências para a saúde oriundas do uso de filtros de ar compactos, que empregam diversas tecnologias”.*

A conclusão aqui é simples, esses dispositivos domésticos não possuem capacidade mínima para atendimento de ambientes industriais ou comerciais, não são especificados nem testados para isso e, portanto, devem ser descartados para esse tipo de utilização.

## 2.6 - Dispositivos de Purificação de Ar Geradores de Ozônio

*“Determinados produtos de purificação do ar produzem ozônio por projeto, para obtenção de efeitos de purificação do ar e remoção de contaminantes. Além disso, o ozônio pode ser produzido como subprodutos dos processos de purificação do ar. Qualquer dispositivo de purificação do ar que utilize eletricidade durante o processo de purificação do ar tem o potencial de gerar ozônio. Na prática, a geração de ozônio está associada a filtros de ar que utilizam coronas de alta tensão ou ionizadores de pino (p. ex., alguns precipitadores ou ionizadores), luz UV de comprimento de onda suficientemente pequeno (alguns oxidantes fotocatalíticos e filtros de ar UV-C) e alguns filtros de ar a plasma. Filtros de ar compactos que empregam diferentes tecnologias de purificação de ar podem utilizar ou produzir ozônio; os exemplos incluem geradores de ozônio ou ionizadores. O ozônio é prejudicial à saúde e a exposição a ele cria risco quanto a uma variedade de sintomas e doenças associados ao trato respiratório (Koren et al. 1989; Touloumi et al. 1997; Bell et al. 2004). Muitos produtos de processos de reação homogêneos e heterogêneos do ozônio também criam riscos à saúde, incluindo formaldeído, aldeídos insaturados (produzidos durante a reação do ozônio com cetonas e álcoois) e partículas ultrafinas (aerossóis orgânicos secundários) (Weschler 2006). A emissão de ozônio é, portanto, indesejável.*

*O estado atual da ciência em relação aos efeitos do ozônio na saúde sugere fortemente que a utilização de filtros de ar que emitem ozônio por projeto não deve ser permitido; as mesmas informações e orientações são fornecidas pela EPA (Environmental Protection Agency - Agência de Proteção Ambiental) dos EUA, entre outros (EPA 2013). Na ausência de informações robustas sobre níveis seguros de ozônio, o princípio da precaução deve ser utilizado. Qualquer emissão de ozônio (além de uma quantidade trivial que qualquer dispositivo elétrico é capaz de emitir) deve ser vista como negativa e a utilização de um filtro de ar que emite ozônio, embora este seja um subproduto não intencional da operação, pode representar um impacto negativo líquido na qualidade do ar interior e, portanto, deve ser utilizada com cautela. Se possível, devem ser utilizadas alternativas não emissoras de ozônio.”*

Este tópico do texto sobre Filtragem e Purificação do Ar é bastante contundente. Referindo-se à comprovada toxicidade do Ozônio e referindo-se à normalização própria da EPA – agência ambiental americana – o texto veta o uso de filtros baseados na ação do ozônio e adverte fortemente contra o uso de sistemas que possam gerá-lo como, por exemplo, sistemas baseados em luz ultravioleta. É, portanto, muito prudente que se avalie criteriosamente, caso se adote, os riscos de utilização de processos que utilizem UV e seu potencial de contaminação do ambiente. Sistemas de geração direta de Ozônio para Purificação do ar são terminantemente vetados.

## 2.7 - Filtragem e Purificação do Ar Versus Ventilação

*“A filtragem e a purificação do ar reduzem as exposições a contaminantes selecionados do ar gerados em ambientes fechados, de maneira similar à ventilação do ar externo . Ao contrário da ventilação, esses métodos também podem reduzir a exposição a contaminantes do ar externo. A eficácia da filtragem e da purificação do ar é frequentemente expressa como a taxa equivalente do fluxo de entrada de ventilação do ar externo, que deve ser fornecida para obtenção do mesmo efeito. Entretanto, diferentemente da ventilação do ar externo (essencialmente ao reduzir as concentrações e a exposição para a maioria dos contaminantes gerados em ambientes internos), os filtros e purificadores de ar (a menos que sejam integrados) lidam com um grupo de contaminantes: partículas, alguns tipos de gases ou contaminantes microbianos. A eficácia é consequentemente a eficiência de remoção de um único contaminante, uma classe de contaminantes ou uma mistura de contaminantes (Zhang et al. 2011). **Além disso, as implicações de custo e energia devem ser levadas em consideração durante a comparação do efeito obtido pela filtragem e purificação do ar com aquele da ventilação do ar externo.**” Uma consideração que merece discussão é que a sobreposição entre contaminantes com fontes internas versus aquelas com fontes externas (ao ar livre) é relativamente pequena e a utilização de ar de ventilação aumentado sem filtragem e purificação do ar pode resultar na substituição de um conjunto de contaminantes (gerados internamente) por um conjunto diferente (gerado externamente) com quaisquer efeitos associados à saúde. Isso é especialmente importante em regiões que não atendem aos padrões nacionais ou regionais de qualidade do ar para um ou mais poluentes de critérios (ou seja, ozônio, PM10, PM2.5) ou onde possam existir fontes locais de poluição do ar. Nesses casos, o ar de ventilação externa deve ser limpo antes de ser introduzido no edifício.”*

Embora o equilíbrio entre vantagens e desvantagens da ventilação externa deva ser cuidadosamente analisado pelo órgão técnico responsável pela governança ambiental da empresa e uma série de fatores devam ser levados em consideração, a entrada de ar externo devidamente filtrado é imprescindível em muitos casos independentemente do método de purificação de ar usado. Isso é o que pode ser interpretado diretamente deste tópico específico e importante do documento da ASHRAE.

Podemos apontar, por outro lado, a questão energética (perda de energia da climatização), consumo adicional de energia dos purificadores de ar, tipo de poluentes internos e externos, entre outros, conforme afirmado acima. Em qualquer caso, porém, uma boa associação de sistemas de Ventilação, Filtração e Purificação com uma recirculação de ar eficiente traz os melhores resultados em termos de equilíbrio entre IAQ (Qualidade do Ar Interior) e consumo de energia.

## 2.8 - Manutenção, Comissionamento e Desempenho a Longo Prazo de Dispositivos de Filtragem e purificação de Ar

*“Na fase de projeto, em geral, presume-se que os filtros e purificadores de ar estejam instalados e funcionando corretamente. Nas instalações reais, pode haver desvio de ar e de contaminantes ao redor dos dispositivos de purificação de ar (Ward e Siegel 2005), degradação no desempenho de algumas tecnologias ao longo do tempo (Lehtimäki et al. 2002) potencial de emissão de subprodutos primários e/ou secundários (Zhao et al. 2007; Rim et al. 2013).*

*O comissionamento, a manutenção ativa e o monitoramento dos dispositivos de filtragem e purificação do ar são necessários para garantir o desempenho do projeto.”*

---

\* Grifo do comentador.

É difícil afirmar que o comissionamento e a manutenção correta dos equipamentos de Ventilação e Filtragem do Ar são fundamentais pois isso se aplica a todo e qualquer equipamento ou sistema. Ocorre que no caso de Ventilação e Filtragem, na maioria dos casos, o equipamento ou sistema pode continuar operando sem manifestar problemas embora esteja, em realidade, mais contaminando do que filtrando ou purificando o Ar ambiente.

A melhor forma de manter os equipamentos e sistemas de Ventilação, Filtragem e Purificação do Ar e garantir sua eficácia, é seguir estritamente as recomendações do fabricante implantando uma rotina de atividades de manutenção que garanta sua operação dentro dos requisitos necessários para que cumpra sua função. Equipamentos que ofereçam recursos de monitoramento moderno, inclusive remotos, devem ter a preferência no selecionamento para aplicações mais exigentes.

## Resumo Executivo

No Resumo Executivo do texto de Filtragem e Purificação do Ar que no original antecede à descrição de cada tecnologia de filtração acima apresentada, oferece-se um resumo interessante a respeito delas:

*“Com base nas informações acumuladas, são propostas declarações a respeito da eficácia e utilização de diferentes tecnologias, resumidas da seguinte forma:*

*- Foi demonstrado que os filtros mecânicos reduzem de maneira significativa as concentrações internas de partículas transportadas pelo ar. Evidências empíricas modestas mostram que sua utilização pode ter efeitos positivos na saúde.*

*- Foi demonstrado que os filtros eletrônicos variam de ineficazes a muito eficazes na remoção de partículas suspensas no ar interno. Estudos de ionizadores mostraram resultados que variam desde nenhum benefício até algum benefício para sintomas agudos de saúde.*

*- Alguns filtros de ar absorventes demonstraram reduzir de maneira substancial as concentrações de contaminantes gasosos. Existem dados empíricos mínimos que indicam os efeitos dos filtros de ar absorventes na saúde.*

*- A energia germicida ultravioleta (UV-C) tem sido apresentada para inativação de vírus, bactérias e fungos. Alguns estudos mostraram que as tecnologias de purificação do ar que utilizam desinfecção por UV-C (também denominada irradiação germicida ultravioleta [IGUV]) produzem efeitos benéficos à saúde. Também existem estudos que falharam na detecção de benefícios à saúde. Efeitos negativos à saúde surgem a partir da exposição ao ozônio e seus produtos de reação. Conseqüentemente, os dispositivos que utilizam a reatividade do ozônio para purificação do ar não devem ser utilizados em espaços ocupados. É necessária extrema cautela ao utilizar dispositivos nos quais o ozônio não é usado para fins de purificação do ar, mas, todavia, é emitido involuntariamente durante o processo de purificação do ar como subproduto de sua operação.”*

## Conclusões e Recomendações

Vejamos primeiramente as conclusões e recomendações do documento sobre Aerossóis:

*“Aerossóis infecciosos podem ser disseminados através de edifícios por vias que incluem sistemas de distribuição de ar e fluxos de ar entre zonas. Várias estratégias têm sido eficazes no controle da transmissão, incluindo padrões otimizados de fluxo de ar, fluxo de ar direcional, pressurização de áreas, ventilação para diluição, **sistemas de limpeza de ar nos ambientes\***, exaustão geral, ventilação personalizada, exaustão local na fonte de contaminantes, sistema de filtragem central, UVGI e controle da temperatura interna e umidade relativa. Os engenheiros de projeto podem contribuir essencialmente para reduzir a transmissão infecciosa de aerossóis através da aplicação dessas estratégias. Pesquisas sobre o papel da disseminação pelo ar e da ressuspensão das superfícies na transmissão de patógenos estão evoluindo rapidamente. O gerenciamento do ar interno para controlar a distribuição de aerossóis infecciosos é uma intervenção eficaz que adiciona uma outra estratégia aos tratamentos médicos e intervenções comportamentais na prevenção de doenças.”*

Já as Conclusões e Recomendações do documento sobre Filtragem e Purificação do Ar traz uma análise mais detalhada conforme pode-se verificar a seguir :

### ***“3.1- Declarações Resumidas sobre o Desempenho dos Dispositivos de Filtragem e Purificação de Ar***

*As declarações a seguir sobre filtragem e purificação do ar são propostas, levando em consideração as evidências na literatura acerca de seus efeitos nos resultados de saúde em edifícios públicos e residenciais (com exceção dos locais de atendimento médico que foram brevemente resumidos nos capítulos anteriores).*

*Por fim, as declarações não assumem um posicionamento sobre se determinados tipos de tecnologias de filtragem e purificação de ar devem ou não ser utilizadas no ambiente construído e sob quais condições **(com exceção do posicionamentos sobre os dispositivos geradores de ozônio e o desempenho a longo prazo de dispositivos de filtragem e purificação do ar)**.*

*- **As tecnologias de filtragem, nas quais as partículas são removidas por sua fixação ao meio (frequentemente denominadas como filtros mecânicos ou de mídia filtrante), foram documentadas como capazes, em muitos casos, de reduzir substancialmente as concentrações de partículas... Evidências empíricas modestas sugerem que os filtros mecânicos terão efeitos positivos sobre a saúde... Os modelos preveem grandes reduções na morbidade e na mortalidade associadas à redução da exposição interna a partículas do ar externo, porém esses benefícios à saúde não foram verificados de forma empírica.** \**

*- **As tecnologias de filtragem que geram campos e/ou íons elétricos, frequentemente denominadas como filtros eletrônicos, foram documentadas, de modo a variar de relativamente ineficaz a muito eficaz na redução substancial de partículas...** \* Dentro dessa ampla caracterização dos filtros de ar, os ionizadores foram avaliados para mostrar benefícios ou nenhum benefício para os sintomas agudos de saúde. **Muitos filtros de ar eletrônicos emitem ozônio significativo** \* e, portanto, estão sujeitos a atenção especial.*

*- **Existem filtros de ar absorventes que foram documentados para reduzir substancialmente\* as concentrações de contaminantes gasosos nocivos...** \* Existem dados muito limitados sobre a eficácia a longo prazo desses filtros de ar para aplicações em ambientes internos com misturas de contaminantes em baixas concentrações. **Há dados empíricos mínimos sobre os efeitos na saúde pela utilização de tecnologias de purificação de ar baseadas em absorventes.** \**

\* Grifo do comentador.

- Os filtros de ar que utilizam oxidação fotocatalítica (OFC) foram documentados **para remoção de contaminantes nocivos a níveis que se encontram abaixo dos limites de exposição regulamentar associados...**\* Não existem dados empíricos sobre os efeitos na saúde pela utilização de tecnologias de OFC. Diferentes lâmpadas UV utilizadas em muitos **dispositivos de OFC podem emitir ozônio significativo**\* e, desse modo, estão sujeitas a atenção especial, conforme recomendado pelo Posicionamento 1 na Seção 3.2.

- **A energia ultravioleta de ondas curtas (UV-C) foi documentada para inativação de vírus, bactérias e fungos.**\* Algumas tecnologias de purificação do ar por meio de desinfecção por UV-C (também denominada irradiação germicida ultravioleta [IGUV]) foram documentadas, em alguns estudos, para demonstrar efeitos benéficos à saúde no momento em que o ar superior no ambiente, os dutos de ventilação e as superfícies da serpentina do evaporador eram irradiados com UV-C. **Alguns estudos falharam na detecção dos benefícios à saúde.** **Algumas lâmpadas UV podem emitir ozônio significativo**\* e, desse modo, estão sujeitas a atenção especial, conforme recomendado pelo Posicionamento 1 na Seção 3.2.

- Os filtros de ar compactos por meio de diversas tecnologias de filtragem e purificação de ar, são aparelhos de ar ambiente **destinados a aplicações residenciais e em pequenos espaços**\*. Seu desempenho está sujeito às vantagens e desvantagens da tecnologia de filtragem e purificação do ar incorporada nos dispositivos. A documentação científica dos efeitos à saúde desses dispositivos nos ocupantes é escassa e inconclusiva. **Algumas das tecnologias incorporadas a esses dispositivos produzem ou dependem de ozônio**\* para aplicação e, portanto, estão sujeitas a atenção especial, conforme recomendado pelo Posicionamento 1 na Seção 3.2.

- **As tecnologias de filtragem e purificação do ar são frequentemente consideradas como uma alternativa atrativa à ventilação, permitindo uma redução da taxa de ventilação do ar externo**\*. O Indoor Air Quality (IAQ) Procedure of ASHRAE Standard 62.1 (Procedimento de Qualidade do Ar Interno (QAI) da Norma ASHRAE 62.1 permite taxas de ventilação mais baixas, caso sejam utilizados métodos alternativos para redução das exposições a contaminantes preocupantes, incluindo a utilização de filtragem ou purificação do ar.

### 3.2 - Posicionamentos sobre o Uso de Dispositivos de Filtragem e Purificação de ar

**1. Os dispositivos que utilizam a reatividade do ozônio com a finalidade de purificar o ar não devem ser utilizados em espaços ocupados, devido aos efeitos negativos à saúde decorrentes da exposição ao ozônio e a seus produtos de reação. É necessária extrema cautela ao utilizar dispositivos que emitem uma quantidade significativa de ozônio como subproduto de sua operação, e não como um método de purificação do ar. Esses dispositivos representam um potencial risco para a saúde.**\*

**2. Todas as tecnologias de filtragem e purificação do ar devem ser acompanhadas de dados que documentem seu desempenho em relação à remoção de contaminantes; esses dados devem ser baseados em padrões estabelecidos de teste do setor. Caso não esteja disponível, deve ser fornecida avaliação e documentação de terceiros cientificamente controladas.**"

E para concluirmos nosso trabalho neste artigo vejamos o trecho final do texto sobre Aerossóis para extrairmos o que nos interessa, ou seja, aquilo que se aplica, em termos de Filtragem e Purificação do Ar, em ambientes de produção:

\* Grifo do comentador.

#### 4.1 Posições da ASHRAE

- A mitigação da disseminação de aerossóis infecciosos deveria ser considerada no projeto de todas as instalações e, nas identificadas como instalações de alto risco, o projeto de mitigação adequado deve ser incorporado.
- Com base em avaliações de risco, edifícios e veículos de transporte devem considerar projetos que promovam padrões mais limpos de fluxo de ar, fornecendo caminhos eficazes para a saída das partículas aéreas dos espaços para zonas menos limpas e usem sistemas de limpeza de ar apropriados. (Nível de Evidências A)
- Com base em avaliações de risco, deve ser considerado o uso de estratégias específicas de HVAC apoiadas pela literatura baseada em evidências, incluindo as seguintes:
  - **Filtragem aprimorada\*** (aumentar o valor mínimo de eficiência [MERV] dos filtros acima dos mínimos normativos **em espaços densamente ocupados\*** e/ou de maior risco) (Nível de evidência A);
  - UVGI na parte superior da parede do ambiente (**com possíveis ventiladores no quarto\***) como um complemento para o sistema de insuflamento de ar (Nível de Evidência A);
  - **Filtros de ar particulado de alta eficiência (HEPA) portáteis e autônomos (NÍVEL B)\***
- Os **edifícios não utilizados para cuidados de saúde\*** devem ter um plano para uma resposta de emergência. As seguintes modificações na operação do sistema HVAC devem ser consideradas:
  - **Melhorar a filtragem central de ar e outros tipos de filtragem do sistema de HVAC para MERV-13\*** (ASHRAE 2017b) ou o maior nível alcançável.
  - **Manter os sistemas funcionando por mais horas (24/7, se possível)\***.
  - **Adicionar limpadores de ar de sala portáteis com filtros HEPA\*** ou high-MERV com a devida consideração em relação às taxas de entrega de ar limpo (AHAM 2015).
  - **Adicionar dispositivos UVGI montados em dutos\*** ou nos equipamentos de climatização, na parte superior da parede do ambiente **e/ou dispositivos UVGI portáteis em conexão com ventiladores internos em espaços de alta densidade\*.**

## Conclusão do artigo

Os textos “Documento de Posicionamento da ASHRAE sobre Filtragem e Purificação do Ar” e “Documento de Posição da ASHRAE sobre Aerossóis Infecciosos” definem claramente a recomendação de utilização de Sistemas de Filtragem e Purificação do Ar em Ambientes diversos, não só em unidades de saúde mas também comerciais e industriais. Essa necessidade deve ser objeto de atenção de projetistas e gestores responsáveis.

\* Grifo do comentador.

O único meio de filtragem do ar com evidências objetivas, ainda que limitadas, de impacto positivo à saúde é o meio poroso, ou seja, Filtro Mecânico. Para retenção de particulado, incluindo agentes biológicos, esses filtros devem ter alto grau de filtração, por exemplo HEPA.

Outras tecnologias de filtração não possuem ainda, evidências conclusivas sobre impacto positivo na saúde e muitas delas podem gerar subprodutos perigosos que contaminam o ar ambiente como o Ozônio gerado pela luz ultravioleta, por exemplo. O uso de geradores de Ozônio para purificação direta dos ambientes está vetado de acordo com os textos.

Filtros absorventes, normalmente equipados com mídia de carvão ativado, justificam-se num sistema de filtragem e purificação do ar apenas quando a presença de gases, especialmente os que causam odores desagradáveis, estão presentes no ambiente já que, apesar de não haver comprovação de seu impacto na melhora da saúde, há evidências de que propiciam uma sensação de melhora da qualidade do ar interno. A decisão quanto ao seu uso deve, no entanto, levar em consideração que a troca do elemento filtrante tem de ser programada já que não há meios práticos de controle de saturação, e que essas trocas podem impactar o custo de operação dos sistemas.

Há uma aparente contradição entre os textos no que diz respeito ao uso de UVGI para Purificação do ambiente o que, segundo a interpretação aqui apresentada, pode ser explicado pelo fato de que o texto relativo aos Aerossóis se refira predominantemente às unidades de atendimento à saúde.

Finalmente os textos demonstram a possibilidade de redução de consumo de energia e melhora da qualidade do ar ambiente interno (*indoor*) pelo uso de sistemas de Filtragem e Purificação do Ar com recirculação do ar interno, reduzindo significativamente a entrada de ar externo.