

COMO SÃO DESENVOLVIDOS TESTES DE EFICÁCIA EM PURIFICADORES DE AR E QUAL A IMPORTÂNCIA DESTES PROTOCOLOS?

Murillo Bazarin Alttiman de Souza (autor) – servicosespeciais@conforlab.com.br

Conforlab Engenharia Ambiental Eireli, www.conforlab.com.br

Robson Petroni (coautor) – laboratoriofq@conforlab.com.br

Conforlab Engenharia Ambiental Eireli, www.conforlab.com.br

F2 - Qualidade Ambiental Interna

Resumo. *O ar interno pode ser o caminho para a exposição a poluentes transportados pelo ar, uma vez que as pessoas passam a maior parte do tempo em ambientes fechados. Muitos contaminantes afetam a saúde, o conforto, o bem-estar, os resultados de aprendizado e o desempenho no trabalho. É importante que a Qualidade do Ar Interno seja levada em consideração. Estudos utilizando purificadores de ar demonstraram melhorias na saúde das pessoas. Purificadores de ar são dispositivos que removem contaminantes do ar, promovendo a melhoria da qualidade do ar interno e ganham cada dia mais uso como método preventivo e corretivo para não conformidades na Qualidade do Ar Interno. Os purificadores são utilizados para remoção de partículas, gases e microrganismos e a Pandemia de COVID-19 favoreceu a conscientização do uso dessas tecnologias. As tecnologias disponíveis variam no tipo de poluente que podem remover ou reduzir e seus potenciais efeitos de uso. Para usar purificadores de ar é crucial entender a diferença entre dois parâmetros que influenciam o desempenho dos dispositivos: eficiência e eficácia. A importância dos testes de eficácia para novas tecnologias é essencial e podem ser desenvolvidos em distintos protocolos: laboratoriais e ambientais. Por essa razão, o objetivo deste estudo é apresentar um protocolo padronizado para testes de diferentes purificadores de ar, desenvolvidos pela Conforlab Engenharia Ambiental. O protocolo de teste aborda características de desempenho do purificador de ar portátil: a capacidade do dispositivo de remover partículas e contaminantes.*

Palavras-chave: *Qualidade do Ar Interno, Purificador de ar, Teste de eficácia, Protocolo de Teste.*

1. INTRODUÇÃO

O ser humano busca abrigo, proteção e segurança nos ambientes onde vive. As características atuais das sociedades desenvolvidas fazem com que um elevado número de pessoas passe a maior parte do seu dia em ambientes fechados (Quadros e Lisboa, 2010). Com o aumento das atividades nas cidades, seja em residências, estabelecimentos comerciais, industriais e de serviços, o cidadão passou a ter cerca de 90% do seu tempo em ambientes fechados, o que equivale a cerca de 21 horas por dia (ABRAVA, 2022).

Sabe-se que uma série de poluentes são produzidos em ambientes internos por materiais de construção baseados em solventes orgânicos, por materiais de limpeza, mofo, bolor, metabolismo humano e também pelas próprias atividades do homem. Tais poluentes comprometem a saúde e o rendimento do trabalho dos usuários (Carmo e Prado, 1999).

Pesquisas relacionadas aos efeitos da poluição na saúde mostram a associação entre a exposição ao material particulado fino, encontrado no ar, com mortes prematuras, doenças crônicas e problemas respiratórios. O perigo causado pela inalação de partículas depende não só da forma e tamanho delas, como também da composição química e do lugar no qual elas foram depositadas no sistema respiratório. O presente e o futuro de ambientes internos com qualidade estão cada vez mais relacionados à qualidade do ar interno. A Qualidade do Ambiente Interior e Qualidade do Ar Interno são dois conceitos complementares que influenciam cada vez mais as características de projetos de ambientes, na arquitetura, na definição dos sistemas e equipamentos, na integração de soluções e no uso de energia (ABRAVA, 2022).

As maneiras mais eficazes de melhorar o ar interno são reduzir ou remover as fontes de poluentes e ventilar com ar externo limpo. Pesquisas mostram que a filtragem pode ser um complemento eficaz para o controle da fonte de poluentes e ventilação. Os purificadores de ar ganham cada dia mais uso como método preventivo e corretivo para não conformidades na Qualidade do Ar Interno. Usar um purificador de ar, ventilação e ar condicionado pode ajudar a melhorar a qualidade do ar interno (EPA, 2022). Quando usados adequadamente, os purificadores de ar podem reduzir os contaminantes transportados pelo ar, incluindo microrganismos em uma casa ou em um espaço confinado. A Pandemia de COVID-19 favoreceu a conscientização do uso de tecnologias de purificação do ar, no entanto, por si só, um purificador de ar não é o suficiente para proteger as pessoas da COVID-19. Quando usado junto com outras práticas recomendadas pelos Centros de Controle e Prevenção de Doenças, a operação de um purificador de ar pode fazer parte de um plano de proteção (EPA, 2022b).

Em termos de tecnologia, há diversos processos que auxiliam na purificação do ar, podendo remover partículas, microrganismos ou gases. Dentre as tecnologias disponíveis, tem-se: filtros, precipitadores eletrostáticos, ionizadores, radiação ultravioleta, meio adsorvente, ozônio e oxidação fotocatalítica. Para determinar o desempenho de uma tecnologia é necessário realizar testes de eficácia para ter conhecimento de seus níveis de remoção para contaminantes como partículas, fungos, vírus, bactérias e gases. Os testes podem ser desenvolvidos em distintos protocolos: laboratoriais e ambientais.

MERCOFRIO - 13º CONGRESSO INTERNACIONAL DE AR CONDICIONADO, REFRIGERAÇÃO, AQUECIMENTO E VENTILAÇÃO

O objetivo deste trabalho é apresentar a metodologia utilizada pela Conforlab Engenharia Ambiental para padronização de protocolos de teste de eficácia para diferentes tecnologias empregadas na fabricação de purificadores de ar, algo inédito no Brasil.

2. PURIFICADORES DE AR EM AMBIENTES INTERNOS

Purificadores de ar são dispositivos que removem contaminantes do ar, promovendo a melhoria da qualidade do ar interno. Eles se enquadram em duas categorias gerais: purificadores de ar portáteis e filtros *heating, ventilating, and air-conditioning* (HVAC) ou filtros de ar em dutos instalados no sistema HVAC central de um local.

Purificadores de ar portáteis são unidades autônomas que devem ser conectadas e ligadas para operar, geralmente são projetados para filtrar ou limpar o ar em uma única sala ou área, conforme ilustra a Fig. 1. Já os filtros HVAC de ar, são montados em dutos instalados no sistema HVAC central, podendo ser na base da unidade de tratamento de ar ou a montante nas grelhas de retorno, conforme ilustra a Fig. 2 (EPA, 2018).



Figura 1 – Purificador de ar portátil.

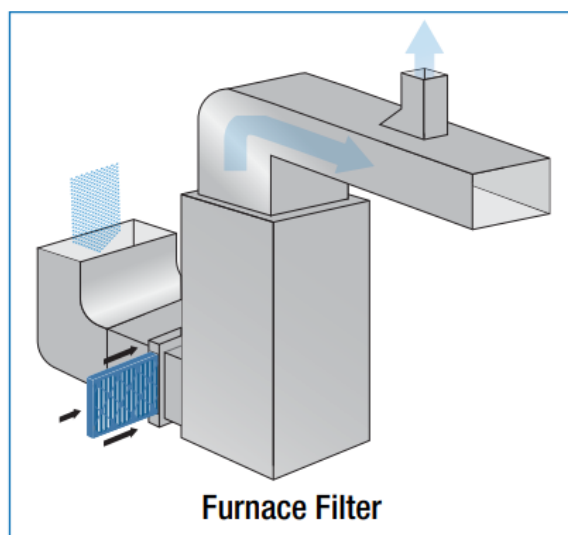


Figura 2 – Purificador de ar fixo.

Fonte: EPA (2018b).

2.1.1. Purificadores para remoção de partículas

Para filtrar partículas, o filtro de ar deve ter um *Clean Air Delivery Rate* (CADR) grande o suficiente para o tamanho da sala ou área em que você o usará. Quanto maior o CADR, mais partículas o filtro de ar pode filtrar e maior a área que ele pode servir. A maioria dos rótulos do filtro de ar indica o tamanho da área ou sala em que ele deve ser usado. Os filtros de ar portáteis geralmente atingem um CADR alto usando um filtro de *High Efficiency Particulate Air* (HEPA) (EPA, 2018).

O CADR é uma ferramenta importante para comparar o desempenho geral de diferentes modelos de purificadores de ar. CADR é uma medida da taxa de redução (velocidade de limpeza) de partículas específicas por um purificador de ar ou outro sistema de filtragem em um ambiente controlado. CADR é medido m³ por hora. O sistema de classificação CADR é apenas para partículas, levando em consideração três tipos de partículas para avaliação de eficácia: fumaça de tabaco, poeira e pólen, representam partículas finas, médias e grandes, respectivamente, nesta ferramenta (AHAM, 2014).

Estudos utilizando purificadores de ar HEPA demonstraram pequenas melhorias na saúde cardiovascular, respiratória e sintomas de alergia e/ou asma. As melhorias são geralmente pequenas e nem sempre perceptíveis ao indivíduo, embora possam ser mensuráveis pelos profissionais de saúde (EPA, 2018).

2.1.2. Purificadores para remoção dos gases

Para filtrar gases é necessário um purificador de ar portátil com filtro de carvão ativado ou outro filtro projetado para remover gases. Observe que não existem sistemas de classificação de desempenho amplamente utilizados para purificadores de ar portáteis ou filtros projetados para remover gases. Os filtros de carvão ativado podem ser eficazes, desde que haja uma grande quantidade de material utilizado no filtro. Um filtro de ar portátil com CADR alto e um filtro de carvão ativado pode filtrar ambas as partículas e gases (EPA, 2018).

Nenhum purificador ou filtro eliminará todos os poluentes do ar. Para filtrar partículas e gases, muitos purificadores de ar contêm dois filtros, um para partículas e outro para gases (em alguns casos, incluindo gases que têm odores). Outros purificadores de ar têm apenas um filtro, geralmente para partículas. Além disso, alguns purificadores de ar ou filtros são direcionados a tipos específicos de gases ou Compostos Orgânicos Voláteis (VOC) (EPA, 2018).

MERCOFRIO - 13º CONGRESSO INTERNACIONAL DE AR CONDICIONADO, REFRIGERAÇÃO, AQUECIMENTO E VENTILAÇÃO

2.1.3. Purificadores para remoção de microrganismos

Para filtrar microrganismos é necessário um purificador de ar eletrônico, como por exemplo a adiação ultravioleta (UV-C), projetada para reduzir o número de microrganismos viáveis no ar, matando-os ou inativando-os. De acordo com testes de laboratório, os purificadores de ar a plasma podem ter alta eficiência de remoção de alguns gases e partículas, e também podem matar e/ou inativar diversos microrganismos transportados pelo ar (EPA, 2018b).

Deve-se evitar o uso de purificadores que produzem ozônio em ambientes internos ocupados, pois o ozônio é um contaminante. Em alguns casos, os purificadores que contêm precipitadores eletrostáticos, ionizadores, luzes UV-C sem revestimentos de lâmpadas adequados e filtros de ar de plasma podem ter o potencial de emitir ozônio. A concentração de 8 a 12 ppb (partes por bilhão) é considerado um nível seguro de exposição ao ozônio em ambientes internos, mas não se sabe o efeito disso a longo prazo (EPA, 2018). Além disso, os testes de eficácia devem prever a análise de subprodutos que possam ser gerados pelas tecnologias utilizadas.

2.2. Tipos de tecnologia de purificação do ar

Dentro de cada categoria de purificador de ar, uma ou mais tecnologias podem ser usadas para atingir seus objetivos, e algumas tecnologias de limpeza do ar têm vantagens sobre outras. As tecnologias disponíveis variam no tipo de poluente que podem remover ou reduzir (diferentes tamanhos de partículas, diferentes tipos de gases e microrganismos) e seus potenciais efeitos de uso (por exemplo, requisitos de uso de energia, impactos no desempenho do equipamento, emissões diretas de poluentes, formação de poluentes secundários) (ASHRAE 2008; NAFA 2007). A Tab. 1 resume as tecnologias de purificação do ar mais utilizadas atualmente no mercado e os poluentes que elas são projetadas para controlar (EPA, 2018b).

2.2.1. Filtros de ar de meio fibroso

Removem partículas capturando-as em materiais filtrantes fibrosos. Filtros de meio fibroso variam muito em sua capacidade de remover partículas. A eficiência de remoção de partículas depende de vários parâmetros, incluindo tamanho de partícula, velocidade, espessura do filtro, porosidade do filtro e dimensões da fibra do filtro (EPA, 2018b).

2.2.2. Precipitador eletrostático e Ionizadores

Os precipitadores são purificadores de ar eletrônicos que usam um processo eletrostático para carregar partículas, que então são atraídas por placas de carga oposta ou outras superfícies internas para remover partículas transportadas pelo ar. Já os ionizadores, ou geradores de íons, usam um fio de alta tensão ou escova de fibra de carbono para carregar eletricamente as moléculas de ar, o que produz íons negativos que se ligam às partículas transportadas pelo ar. Posteriormente, as partículas carregadas podem se prender a superfícies próximas (ou seja, placas), ou umas às outras, e se acomodarem mais rapidamente (EPA, 2018b).

2.2.3. Radiação ultravioleta

Os purificadores de ar são projetados para usar lâmpadas UV-C para matar ou desativar microrganismos como vírus, bactérias e fungos que estão no ar ou crescem em superfícies, por exemplo, serpentinas de resfriamento, bandejas de drenagem, dutos e filtros. A UV-C (onda curta: 100–280 nm) é usada em purificadores de ar (EPA, 2018b). A maioria das lâmpadas UV-C que são utilizadas para desativar microrganismos em ambientes residenciais são lâmpadas de vapor de mercúrio de baixa pressão que emitem radiação UV-C, principalmente em um comprimento de onda de 254 nm, que tem demonstrado ter efeitos germicidas (VanOsdell e Foarde, 2002).

2.2.4. Meio adsorvente

A adsorção resulta da atração física de moléculas de gás ou vapor para uma superfície. Todos os adsorventes têm capacidades limitadas e, portanto, requerem manutenção frequente. Um adsorvente geralmente adsorverá moléculas para as quais tem maior afinidade e permitirá que outras moléculas permaneçam na corrente de ar. A adsorção ocorre mais facilmente em temperaturas e umidade mais baixas. Adsorventes sólidos como carvão ativado, sílica gel, alumina ativada, polímeros sintéticos e minerais de argila porosos são úteis devido à sua grande área de superfície interna, estabilidade e baixo custo. O carvão ativado é o adsorvente mais utilizado em purificadores de ar (EPA, 2018b).

2.2.5. Ozônio

Geradores de ozônio vendidos como purificadores de ar, que normalmente são projetados para controlar odores, usam lâmpadas UV-C ou descarga elétrica. O ozônio reage com poluentes químicos para transformá-los em outros compostos e pode matar ou desativar poluentes biológicos (EPA, 2018b).

MERCOFRIO - 13º CONGRESSO INTERNACIONAL DE AR CONDICIONADO, REFRIGERAÇÃO, AQUECIMENTO E VENTILAÇÃO

2.2.6. Oxidação fotocatalítica

Os purificadores de oxidação fotocatalítica usam um meio de superfície revestido com um catalisador, como dióxido de titânio, para adsorver poluentes gasosos. Quando o fotocatalisador é irradiado com luz UV-C, ocorre uma reação fotoquímica e os radicais hidroxila se formam na superfície do meio. Os radicais hidroxila oxidam poluentes gasosos adsorvidos na superfície do catalisador. Essa reação, chamada PCO, converte poluentes orgânicos em (idealmente) dióxido de carbono e água (EPA, 2018b).

2.3. Eficiência e Eficácia

Para usar purificadores de ar é crucial entender a diferença entre dois parâmetros que influenciam o desempenho dos dispositivos de purificação do ar: eficiência e eficácia.

A eficiência de um dispositivo de purificação de ar é uma medida fracionária de sua capacidade de reduzir a concentração de poluentes no ar que passa uma vez pelo dispositivo. Ela é medida em testes de laboratório, onde todas as variáveis relevantes são controladas. As classificações de eficiência permitem a comparação entre diferentes dispositivos quando são testados nas mesmas condições (por exemplo, a mesma vazão, velocidade do ar, concentrações de poluentes) (EPA, 2018b).

A eficácia de um dispositivo ou sistema de purificação do ar é uma medida de sua capacidade de remover poluentes dos espaços em que é operado, ou seja, testes ambientais. Além disso, a eficácia do dispositivo é uma função de seu uso em situações do mundo real e depende de muitos fatores, incluindo sua localização, instalação, taxa de fluxo de ar e horas de operação etc. (EPA, 2018b).

2.4. Qualificação de uma tecnologia de purificação do ar

2.4.1. O que tratar?

Saber o que se deseja tratar é necessário. Antes de pensar em purificar o ar deve-se ter a certeza dos níveis de contaminantes no ambiente. Isso inclui a análise de partículas, gases, odores, bactérias, fungos, vírus, etc. Desenvolver as análises da qualidade do ar conforme a Resolução-RE nº 09 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) se o ambiente já estiver com ocupação é o primeiro passo. É importante a contratação de um laboratório acreditado junto a Coordenação Geral de Acreditação (CGCRE) do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO) para segurança e garantia da qualidade dos resultados. Para um maior entendimento sobre qualidade do ar devem ser analisados também a concentração de VOC, formaldeído, ozônio, monóxido de carbono, radônio, dióxido de enxofre e dióxido de nitrogênio.

2.4.2. Investigar a origem do problema

Os resultados obtidos para as análises de qualidade do ar devem ser comparados com a legislação vigente no intuito de verificar a existência de não conformidades. Quando identificada uma não conformidade, deve-se entender qual a sua origem. Lembre-se dos fatores que afetam a qualidade do ar em ambientes internos: ar externo, pessoas, atividades e processos e infraestrutura física e engenharia.

2.4.3. Qual tecnologia utilizar?

Em virtude de qual contaminante foi encontrado e sua origem (causa-raiz), deve-se elaborar uma estratégia de remediação. Isso pode incluir o uso de purificadores de ar. Cada tecnologia tem pró e contra e todas as possibilidades devem ser avaliadas em uma análise de risco. Um profissional especialista em qualidade do ar deve ser consultado antes de qualquer ação.

As tecnologias de filtração de partículas devem ter sua eficiência comprovada pelo CADR e não devem gerar subprodutos ou novos contaminantes, tais como grande quantidade de partículas, monóxido de carbono, VOC, ozônio, formaldeído, dióxido de carbono e dióxido de nitrogênio. A tecnologia deve tratar o ar e mantê-lo saudável e seguro. De nada adianta purificar o ar para um ou mais contaminantes específicos se subprodutos nocivos à saúde serão gerados. Deve-se exigir os protocolos de testes e resultados do fabricante para considerar uma tecnologia em seu projeto.

2.4.4. Teste de eficácia da tecnologia

E por fim, após a realização das etapas descritas anteriormente, conforme ilustra a ordem de qualificação da Fig. 3, é necessário desenvolver o teste de eficácia da tecnologia pré-selecionada para purificação do ar no ambiente em que se verificou o problema relacionado à qualidade do ar. Independentemente da tecnologia escolhida e do quão boa ela parece ser, o teste de eficácia da tecnologia no ambiente real deve ser feito. Somente desta maneira ter-se-á a certeza de que a tecnologia foi corretamente selecionada, mensurada, instalada e apresenta condição adequada de operação.

**MERCOFRIO 2022 - 13º CONGRESSO INTERNACIONAL DE
AR CONDICIONADO, REFRIGERAÇÃO, AQUECIMENTO E VENTILAÇÃO**

Tabela 1 – Tipos de tecnologia de purificação do ar.

Tecnologia de purificação do ar	Tipo de poluente	Mecanismo de ação	Vantagem	Desvantagem	Norma Técnica
Meio Filtrante Fibroso	Partícula	Fibras filtrantes capturam partículas.	<ul style="list-style-type: none"> • Remoção de diferentes tamanhos de partículas • Filtros de mídia mecânicos obtêm maior eficiência 	<ul style="list-style-type: none"> • Substituição regular é necessária • Os filtros podem ser uma fonte de poluição e odores 	<ul style="list-style-type: none"> • ANSI/ASHRAE Standard 52.2 • ISO 16890 • ISO 29463 • AHAM AC-1 (CADR)
Precipitação Eletrostática	Partícula	Fio de descarga carrega as partículas até a entrada que se acumulam em placas de carga oposta.	<ul style="list-style-type: none"> • Remoção de diferentes tamanhos de partículas • Baixos requisitos de manutenção 	<ul style="list-style-type: none"> • Podem emitir altas taxas de ozônio e óxido de nitrogênio • Alto consumo de energia elétrica • A eficiência pode diminuir e as placas exigem limpeza 	<ul style="list-style-type: none"> • ANSI/UL Standard 867
Ionizadores	Partícula	Ionizadores usam um fio de alta tensão ou escova de fibra de carbono para carregar eletricamente as moléculas de ar.	<ul style="list-style-type: none"> • Consumo de energia geralmente baixo • Silencioso • Baixa manutenção 	<ul style="list-style-type: none"> • Geração de ozônio • Pouca eficiência devido a baixa taxa de fluxo de ar 	Nenhuma especificação
Radiação Ultravioleta	Microorganismo	Luz UV-c mata/inativa os microrganismos transportados pelo ar.	<ul style="list-style-type: none"> • Alta eficiência com tempo de contato suficiente • Usado para inativar micróbios em superfícies 	<ul style="list-style-type: none"> • Lâmpadas não revestidas podem gerar ozônio • Pode gerar lesão ocular • Alto consumo de energia elétrica 	<ul style="list-style-type: none"> • ANSI/ASHRE Standard 185.1 • ANSI/ASHRE Standard 185.2
Meio Adsorvente	Gás	Gases são adsorvidos fisicamente em meios de superfície (normalmente carvão ativado).	<ul style="list-style-type: none"> • Alta eficiência para remoção de gases • Sem formação de subprodutos 	<ul style="list-style-type: none"> • Substituição regular é necessária • Eficiência difere para diferentes gases e concentrações • Métodos de teste padrão não são amplamente utilizados 	<ul style="list-style-type: none"> • ANSI/ASHRAE Standard 145.1
Ozônio	Gás	Geração de ozônio usando descargas, UV ou outro método para oxidar compostos odoríferos e outros gases.	<ul style="list-style-type: none"> • Reage com muitos gases internos • Pode ser combinado com outras tecnologias para melhorar a eficácia 	<ul style="list-style-type: none"> • Pode causar degradação de materiais internos • Altas quantidades de formação de subprodutos • Altas taxas de geração de ozônio 	Nenhuma especificação
Oxidação Fotocatalítica	Gás	O dióxido de titânio (TiO ₂) é usado como catalisador. Os gases são adsorvidos pelo meio e lâmpadas UV irradiam e ativam o TiO ₂ , que reage com os gases para transformá-los quimicamente.	<ul style="list-style-type: none"> • Reage com muitos gases internos • Pode ser combinada com meios adsorventes para melhorar a eficácia 	<ul style="list-style-type: none"> • Pode gerar subprodutos nocivos • Faltam estudos para validar o desempenho • Catalisador tem uma vida útil finita 	Nenhuma especificação

Fonte: Adaptado de EPA (2018b)



Figura 3 – Etapas de qualificação de uma tecnologia de purificação do ar em ambientes internos.

3. PROTOCOLOS DE TESTES

Os protocolos de testes são documento que preconizam a avaliação da tecnologia e tem por objetivo promover melhorias à qualidade do ar. Há dois diferentes tipos de protocolos que podem ser desenvolvidos:

1) teste de eficiência real da tecnologia: são realizadas medições simultâneas do ar na **captação** e **exaustão** da tecnologia para um ou mais contaminantes investigados. Dessa forma, a diferença dos resultados das medições realizadas no ar de **captação** e de **exaustão** são um indicativo da real eficiência da tecnologia para remoção do contaminante. Todos os testes são realizados nos laboratórios da Conforlab, sob condições controladas. O teste de eficiência da tecnologia avalia se a engenharia da tecnologia está correta e qual a máxima performance da mesma em condições ideais de teste.

2) teste de eficácia para a melhoria da qualidade do ar de um ambiente tratado com a tecnologia: são testes realizados em um ambiente real. É a prova-real de que a tecnologia funciona em um cliente ou prospecto, sob condições reais de utilização. Neste estudo a tecnologia é encaminhada a um prospecto da empresa contratante do teste de eficácia. São realizadas medições ambientais antes da instalação da tecnologia a ser testada. Logo após, a tecnologia a ser testada é instalada, ligada e espera-se o tempo suficiente para que o ar do ambiente seja tratado. Enquanto a tecnologia trata o ar do ambiente, novas medições ambientais são realizadas. A diferença dos resultados obtidos nas medições **antes e depois** da instalação e uso da tecnologia, são um indicativo da sua eficácia para melhoria da qualidade do ar em um estudo-de-caso (*case*). O teste de eficácia para melhoria da qualidade do ar avalia o grau de benefícios que a tecnologia gera em um ambiente (comparado com um ambiente que não possui o ar tratado com a mesma tecnologia). As condições ambientais avaliadas (ambiente de estudo/ambiente de controle) devem estar controladas, para assim reduzir a menor quantidade e interferências possíveis, medições de temperatura, umidade, velocidade do ar, quantidade de pessoas no local de amostragem, clima, direção do vento, dentre outras informações pertinentes ao local deverão ser consideradas e anotadas nos estudos. As condições de estudo deverão ser conforme a proposta do equipamento/tecnologia.

Contaminantes estudados (em função da tecnologia): concentração de fungos viáveis, bactérias, material particulado, poeira total, compostos orgânicos voláteis, formaldeído, monóxido de carbono, dióxido de carbono, dióxido de enxofre, dióxido de nitrogênio, ozônio, entre outros.

Número de réplicas: todos os experimentos deverão ser realizados em – no mínimo – 3 réplicas independentes. O resultado final do estudo será aquele obtido para a média dos resultados de todos os experimentos.

Ao término dos experimentos, caberá à Conforlab a confecção, emissão e envio em mídia online de um Laudo Conclusivo contendo resultados, comentários, discussões, interpretações e conclusões sobre a eficácia da tecnologia frente aos procedimentos desenvolvidos. Remoção do contaminante, com uma eficácia de até 80%.

3.1. NRCC-54013: *Method for Testing Portable Air Cleaners*

Este protocolo foi desenvolvido no Canadá e aborda características de desempenho do purificador de ar portátil importantes para os usuários: a capacidade do dispositivo de remover contaminantes, avaliação de suas emissões e formações de subprodutos, propriedades acústicas e consumo de energia. Os quatro princípios por trás do método de teste são (NRCC, 2011):

1) uniformidade: os resultados podem ser usados para comparar diretamente os dispositivos de forma padronizada, independentemente de sua aplicação;

2) realista: as condições de teste representam cargas contaminantes internas realistas sob condições ambientais típicas;

3) flexibilidade: aplica-se a diversas classes de dispositivos de limpeza do ar ambiente; e

4) abrangente: abrange aspectos críticos de teste em termos de geração de subprodutos de algumas classes de dispositivos, consumo de energia e redução de ruído.

3.2. AHAM AC-1: *Method for Measuring the Performance of Portable Household Electric Room Air Cleaners*

Este protocolo foi desenvolvido nos Estados Unidos e estabelece métodos de teste para a medição do desempenho de purificadores de ar portáteis. A redução relativa do material particulado suspenso no ar em uma câmara de teste resultante do uso de um filtro de ar é medida. Em seguida, a taxa de ar limpo (CADR) do filtro de ar pode ser calculada (AHAM, 2006).

3.3. JEM 1467: Standard of Test Method for Air Cleaning Devices

Este protocolo foi desenvolvido no Japão e aplica-se a purificadores de ar projetados para uso doméstico, escritórios etc., e são capazes de reduzir odores e níveis de partículas em ambientes internos. Primeiro, a taxa de fluxo de ar do filtro de ar deve ser medida. O filtro de ar em teste é conectado a dutos e câmara de teste e a taxa de fluxo de ar é medida de acordo com o método descrito na norma (JEM, 1995).

4. TESTES DE EFICÁCIA PARA PURIFICADORES DE AR

O teste de eficácia de purificadores de ar é necessário para comprovar que a tecnologia utilizada remove os contaminantes, como vírus, fungos, bactérias, gases e partículas, com um grau de eficiência elevado. A análise dos insumos (filtros, lâmpadas etc.) que compõem a tecnologia não garantem sua eficácia de uso, pois não submetem a tecnologia no ambiente em que se pretende tratar. Estes testes são apenas de controle da qualidade.

O teste do produto é dividido em duas etapas: Teste de Laboratório e Teste em Ambientes Reais.

4.1. Teste de Laboratório (eficiência)

A análise é realizada em bancada de laboratório e consiste em captar o ar com concentração conhecida de contaminantes, submetê-lo à ação da tecnologia e analisá-lo após a purificação, conforme ilustrado na Fig. 4. O percentual de redução dos contaminantes no ar de exaustão, quando comparada à concentração do contaminante do ar de captação é proporcional à eficiência da tecnologia testada.

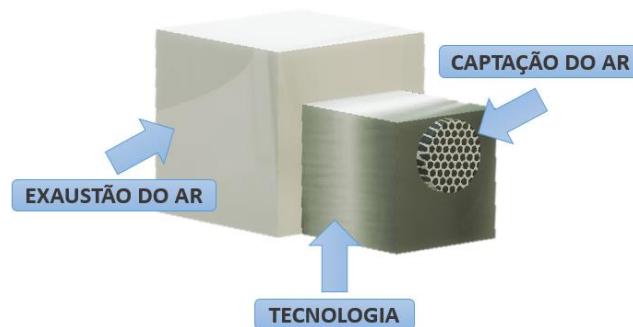


Figura 4 – Arranjo experimental simplificado para teste de eficiência em laboratório.

4.2. Teste em Ambientes Reais (eficácia)

O Teste em Ambientes Reais é desenvolvido sob condições de uso e ocupação normais. Sua eficácia é comprovada por meio dos resultados para análises ambientais do ar interior, frente às variáveis e aos interferentes existentes no local. Os testes são conclusivos para o grau de melhoria gerado pela tecnologia testada em um ambiente e são a prova de que a tecnologia funciona. Há dois ambientes que devem ser realizados os testes:

- Ambiente de estudo: ambiente a ser tratado pela tecnologia, sob condições de ocupação e uso normais; e
- Ambiente de controle: ambiente idêntico ao ambiente de estudo, contudo sem a tecnologia a ser testada.

Os resultados obtidos para o ambiente de estudo devem ser comparados com os resultados para o ambiente de controle, isto é, um ambiente similar ao ambiente de estudo que não detenha o uso da tecnologia analisada.

O escopo da avaliação de eficácia do uso de tecnologias utilizadas para melhoria da qualidade do ar em ambientes internos inclui a realização de análises antes (ambiente de controle) e após (ambiente de estudo) a utilização da tecnologia e a elaboração de um laudo conclusivo com comprovação ou não da eficácia da tecnologia utilizada.

5. CONCLUSÃO

Os purificadores de ar são utilizados para melhorar a qualidade do ar interno, podendo reduzir poluentes e a pandemia de COVID-19 despertou o interesse dos consumidores em utilizar os purificadores de ar como uma ferramenta para reduzir a probabilidade de transmissão do vírus.

Embora nenhum purificador de ar portátil remova todos os poluentes (material particulado, gases e microrganismos), os testes de eficácia visam avaliar a taxa na qual diferentes tecnologias de purificadores de ar removem contaminantes de um determinado local.

Os protocolos de teste estabelecem procedimentos uniformes e padrões para medir as características especificadas de produtos de purificação de ar portáteis. Os protocolos fornecem um meio para comparar e avaliar diferentes tecnologias de purificação de ar em relação às características de uso e sua medição não se destinam a inibir melhorias, inovações em testes ou desempenho de produtos.

**MERCOFRIO 2022 - 13º CONGRESSO INTERNACIONAL DE
AR CONDICIONADO, REFRIGERAÇÃO, AQUECIMENTO E VENTILAÇÃO**

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

HVAC	<i>Heating, Ventilating, and Air-conditioning</i>
CADR	<i>Clean Air Delivery Rate</i>
HEPA	<i>Hight Efficiency Particulate Air</i>
VOC	Compostos Orgânicos Voláteis
UV-C	Radiação Ultravioleta
ppb	Partes Por Bilhão
nm	Nanômetro
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
CGCRE	Coordenação Geral de Acreditação
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia

**MERCOFRIO - 13º CONGRESSO INTERNACIONAL DE
AR CONDICIONADO, REFRIGERAÇÃO, AQUECIMENTO E VENTILAÇÃO**

Agradecimentos

Agradeço ao meu orientador, Robson Petroni, por sua orientação e paciência mediante todo o tempo estimado durante este trabalho e à minha empresa, Conforlab Engenharia Ambiental Eireli, por ser referência em serviço de qualidade.

REFERÊNCIAS

- ABRAVA (Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento). Qualidade do Ar Interno – Garantia de Saúde, Segurança e Bem-estar. São Paulo, SP. 2022. Disponível em: <<https://abrava.com.br/normalizacoes/cartilha-q-a-i/>>. Acesso em: 16 mai. 2022.
- AHAM (Association of Home Appliance Manufacturers). 2015. ANSI/AHAM AC-1-2015: Method for Measuring Performance of Portable Household Electric Room Air Cleaners. Understanding its Scope and the Related AHAM Industry Certification Program. Washington, D.C.: AHAM.
- AHAM. 2006. Method for measuring performance of portable household electric room air cleaners, ANSI/AHAM AC-1-2006.
- AHAM. 2015. ANSI/AHAM AC-1-2015: Method for Measuring Performance of Portable Household Electric Room Air Cleaners. Washington, D.C.: AHAM.
- ASHRAE. 2008. (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers). Chapter 28: Air cleaners for particulate contaminants. In: 2008 ASHRAE Handbook: HVAC Systems and Equipment. Atlanta, GA: ASHRAE.
- ASHREA. 2017. ASHREA Method of Testing General Ventilation Air-Cleaning Devices for Removal Efficiency by Particle Size. Atlanta: ASHRAE. Disponível em: <https://www.ashrae.org/File%20Library/Technical%20Resources/COVID-19/52_2_2017_COVID-19_20200401.pdf>. Acesso em: 18 ago. 2022.
- ASHRAE. 2014. Standard 185.2-2014: Method of Testing Ultraviolet Lamps for Use in HVAC&R Units or ASHRAE. 2015a. ASHRAE Position Document on Filtration and Air Cleaning. January. Atlanta, GA: ASHRAE.
- ASHRAE. 2015b. Standard 185.1-2015: Method of Testing UV-C Lights for Use in Air-Handling Units or Air Ducts to Inactivate Airborne Microorganisms. Atlanta, GA: ASHRAE.
- ASHRAE. 2015c. Standard 145.1-2015: Laboratory Test Method for Assessing the Performance of GasPhase Air-Cleaning Systems: Loose Granular Media (ANSI Approved). Atlanta, GA: ASHRAE. Air Ducts to Inactivate Microorganisms on Irradiated Surfaces (ANSI Approved). Atlanta, GA: ASHRAE.
- Carmo, A. T.; Prado, R. T. A. Qualidade do ar interno. São Paulo, 1999. 35 p. Texto técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil. Disponível em: <<https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/Racine%20-%20IAQ.pdf>>. Acesso em: 17 mai. 2022.
- NRCC (National Research Council Canada). 2011. Government of Canada. Method for Testing Portable Air Cleaners NRCC-54013. Clean Air Agenda, Indoor Air Initiative. - Evaluation of IAQ Solutions in Support of Industry Innovation, pp. 1-43, March 23, 2011.
- NAFA (National Air Filtration Association). 2007. NAFA Guide to Air Filtration, Fourth Edition. Virginia Beach, VA: NAFA.
- Quadros, M. E.; Lisboa, H. M. Qualidade do Ar Interno. Controle de Poluição Atmosférica – Capítulo 9. Centro Universitário Tabosa de Almeida. Caruaru – PE, 2010. Disponível em: <<http://repositorio.asc.es.edu.br/bitstream/123456789/418/12/Cap%209%20Qualidade%20do%20ar%20interno.pdf>>. Acesso em: 20 mai. 2022.
- JEM (Japan Electrical Manufacturers Association). 1995. Residential air cleaners, JEM 1467, 1995.
- EPA (U.S. Environmental Protection Agency). 2018. Guide to Air Cleaners in the Home. 2nd Edition - Portable Air Cleaners Furnace and HVAC Filters. Indoor Environments Division. EPA 402-F-08-004. July. Washington, D.C.: EPA.
- EPA. 2018b. Residential Air Cleaners – A Technical Summary. 3rd Edition - Portable Air Cleaners Furnace and HVAC Filters. Indoor Environments Division. EPA 402-F-09-002. July. Washington, D.C.: EPA.
- EPA. 2022. Air Cleaners and Air Filters in the Home. Indoor Environments Division. Washington, D.C.: EPA.
- EPA. 2022b. Frequent questions on the Coronavirus (COVID-19) and indoor air. Indoor Environments Division. Washington, D.C.: EPA.
- VanOsdell D.; Foarde K. 2002. Defining the Effectiveness of UV Lamps Installed in Circulating Air Ductwork. ARTI-21CR/610-40030-01. Research Triangle Park, NC: RTI International (for the AirConditioning and Refrigeration Technology Institute).

HOW ARE EFFECTIVENESS TESTS DEVELOPED ON AIR PURIFIERS AND WHY ARE THESE PROTOCOLS IMPORTANT?

Abstract. *Indoor air can be the pathway for exposure to airborne pollutants since people spend most of their time indoors. Many contaminate work health, comfort, wealth, learning outcomes and work performance. It is important that Indoor Air Quality be taken into account. Purifying studies of great importance are using people's health Air purifiers are devices that remove contaminants from the air, promoting an improvement in indoor air quality and gaining more and more use as a preventive and internal corrective method for non-conformities in Quality. Purifiers are used to remove particles, gases and microorganisms and the COVID-19 Pandemic promotes awareness of the use of these technologies. The available technologies have no type of pollution that they can remove or reduce and their potential for use. To use air purifying devices is crucial the difference between two that the efficient performance of: two and efficiency. The importance of due diligence tests for technologies is essential and can be developed in distinct and environmental protocols. The reason is to present a purification protocol of proposed objectives for this environmental engineering study developed by Conforlab. The test protocol addresses the purifier's or portable's performance characteristics: the device's ability to remove particles and contaminants.*

Keywords: *Indoor Air Quality, Air Purifier, Effectiveness Test, Test Protocol.*