

# Renovação e filtragem do ar são determinantes em salas de aulas

Bom projeto e manutenção periódica têm impacto direto sobre o rendimento



As pessoas passam, em média, 80% do seu tempo em ambientes internos, o que as levam a ficar expostas a maiores concentrações de poluentes. As crianças constituem um grupo vulnerável, podendo surgir um aumento de doenças respiratórias, causando o absentismo escolar, afetando negativamente a aprendizagem e o desempenho dos alunos.

São inúmeras as estratégias que podem ser implementadas para a diminuição do risco de exposição a fatores poluentes, sendo fundamental o cuidado com a boa qualidade do ar interno em salas de aula, através de condições de arejamento adequadas. O controle da temperatura e da umidade é igualmente indispensável. Vários estudos com crianças demonstram uma associação positiva entre a exposição a poluentes do ar com aumento da morbidade e mortalidade devido a problemas respiratórios.

“A falta de renovação do ar impacta diretamente na qualidade do ar de ambientes internos, elevando a contaminação de gases e partículas no local. Estudos internacionais apontam que uma má qualidade do ar interno reduz em até 15% a capacidade de aprendizado dos alunos. Isso significa que o que um aluno poderia aprender em seis anos, leva sete anos em ambientes com baixa qualidade do ar interno. Além disso, diversas doenças são transmitidas pelo ar, caso comum são as viroses, causando afastamento de alunos e professores das salas de aula”, explica Leonardo Cozac, presidente do DN Qualindoor da Abrava e diretor da Conforlab.

De acordo com Wili Colozza Hoffmann, diretor da Klimatu, pesquisas desenvolvidas na Europa mostraram que há um ganho no desempenho dos estudantes quando a renovação de ar é melhorada, conforme o Gráfico 1.

“Estamos falando somente da renovação de ar ou a introdução de ar externo para efeito de diluição de contaminantes gerados pelas pessoas. Existe uma relação direta nesta proporção.

Se observarmos, a pesquisa também mostrou que temperaturas mais baixas na sala de aula melhoram o desempenho no aprendizado dos estudantes (a pesquisa foi feita em escolas primárias, portanto crianças), mas por outro lado, mostrou também que o uso de sistemas do tipo split, em que não existe a introdução de ar externo (renovação), elimina a percepção de que a qualidade do ar está piorando pelo acúmulo de contaminação gerada pelos alunos, remetendo ao comentário anterior, diminuindo a qualidade do ar, anulando ou até revertendo o efeito do ganho no desempenho pela temperatura mais baixa, conforme o Gráfico 2”, explica Hoffmann.

Maurício Salomão, diretor da Somar Engenharia, cita estudos apresentados pelo professor Bjarne W. Olesen, da Ashrae Dinamarca e PhD do *International Centre for Indoor Environment and Energy, Technical University of Denmark*, que esteve recentemente no Brasil.

“Segundo o professor Bjarne, em sua apresentação no 4º QAI (Seminário Internacional de Qualidade do Ar de Interiores), temos os seguintes dados de uma pesquisa realizada em escolas de Copenhague: Para temperatura interna, reduzindo-se a temperatura das salas de aula de 25°C para 21°C, tem-se um aumento de 8% no desempenho na execução de exercícios de rotina em uma sala de aula. Para taxa de ventilação ou de ar externo, aumentando-se a taxa de ar externo de 6 para 8,5 litros/segundo/pessoa, temos um aumento de 6% no desempenho de exercícios de rotina em uma sala de aula; se o aumento for de 6 para 10 l/s/pessoa teremos um aumento de 9% no desempenho na execução de exercícios de rotina em uma sala de aula. O estudo apresentado relata que a renovação mínima prevista seja de 3l/s/pessoa, que se comparado a uma taxa de ar externo de 6l/s/p implica em uma redução da produtividade em sala de aula da ordem de 10%; se compararmos a produtividade entre os valores de 3 (mínimo) a 10 l/s/p (máximo) teremos uma diferença de 19% de produtividade. O autor ressalta em sua palestra que esta taxa de produtividade aplicada em 9 anos do ensino médio implicaria em uma redução do tempo de 1,8 anos neste período, ou de 1 ano a cada 5 do período escolar! Assim, entendendo que o uso indiscriminado de sistemas tipo split implicam em taxa de renovação ou de ar externo igual a zero ou no máximo menores do que o mínimo valor apresentado, teremos uma redução de produtividade e portanto a necessidade de mais tempo para formar e informar nossos estudantes em mais de 10% do tempo necessário se comparado com a taxa de 6 l/s/pessoa e 19% se comparado com a taxa de 10 l/s/p”, explica Salomão.

### **Sistemas do tipo split e a renovação do ar**

O uso indiscriminado de sistemas do tipo split em salas de aula ameaça o aprendizado das crianças?

Segundo Cozac, o sistema split convencional não tem em seu projeto a previsão de uma renovação de ar para o ambiente, deixando a sala de aula com temperatura agradável, porém com ar saturado. Além disso, esses equipamentos possuem sistema de filtragem de ar de baixa eficiência, o que não contribui na redução de partículas no ar.

Por isso, deve ser instalado um sistema de renovação de ar e filtragem em paralelo ao sistema split. Além de ser obrigatório na legislação, irá trazer mais qualidade ambiental aos alunos e

professores. Já existem kits prontos para a aplicação na renovação de ar. Não há dificuldade técnica para isso e o investimento adicional aumenta em torno de 20% o valor da instalação inicial, custo irrisório se comparado aos benefícios no rendimento dos alunos e diminuição de faltas escolares, além das implicações legais. Já existem escolas acionando empresas que instalaram sistemas splits sem a renovação de ar e filtragem adequada. Equipamentos de purificação de ar, em especial com a tecnologia de fotocatalise, podem ser instalados no ambiente e irão ajudar na redução das concentrações de gases e partículas. Para ambientes sem ar condicionado, o conceito é mesmo. Deve haver uma ventilação do local, através de portas e janelas, mantidas sempre abertas. Se o local não permite manter portas ou janelas abertas, devido a ruídos externos ou até mesmo à poluição do ar externo da cidade, a solução é um sistema de ar condicionado ou ventilação mecânica, ambas com renovação e filtragem de ar adequadas. As empresas de instalação de sistemas de ar condicionado perdem uma grande oportunidade de vender serviços de maior qualidade e com preços maiores instalando apenas o aparelho split, além de correrem risco de serem penalizadas pelo CREA ou Vigilância Sanitária por descumprirem a legislação. O consumidor é obvio que quer comprar o mais barato, quem não quer! Se a empresa de instalação informar que conforme a lei não pode instalar split em ambientes de uso não residencial, o consumidor começa se conscientizar da importância da renovação de ar e filtragem. E irá pagar mais por isso. Em países desenvolvidos vende-se filtros de ar na prateleira do supermercado. O consumidor compra não por que é lei, mas por que adquiriu consciência. Quem irá conscientizar o consumidor brasileiro? Devemos começar pelos profissionais do setor de AVAC”, comenta Cozac.



Deve ser instalado um sistema de renovação de ar e filtragem em paralelo ao sistema split

Hoffmann acrescenta que em qualquer instalação de ar condicionado existe a necessidade, até legal, da inclusão de sistemas de suprimento de ar externo. Mas no caso das escolas isto se torna ainda mais importante, uma vez que as crianças estão em fase de aprendizado e recursos gastos nesta fase nunca mais são recuperados.

“Isto sem contar com o risco que traz à saúde das crianças. Temos encontrado cada vez mais, escolas que, na tentativa de melhorar a qualidade e conforto dos estudantes, instalam estes sistemas de forma indiscriminada. Na maioria das vezes, esta instalação é feita por profissionais e empresas sem nenhum conhecimento neste assunto e, ao invés de melhorarem a qualidade dos ambientes, pioram ainda mais, afetando o aprendizado e a saúde das crianças, o que não se recupera mais. O mais difícil é que todo isto passa sem ser percebido. Outro problema também importante é quanto à concentração de material particulado em suspensão no ar (MP 10 e MP 2,5). Apesar de sabermos que podem prejudicar a saúde das pessoas, eu não tenho conhecimento de que haja pesquisas neste tema ligado a escolas. Normalmente splits não são capazes de promover filtragem do ar adequada e sistemas auxiliares devem ser utilizados. A primeira sugestão que faço é que os responsáveis pelas escolas busquem no mercado, profissionais capacitados e conhecedores dos mecanismos que assegurem a qualidade do ar nos ambientes escolares”, diz Hoffmann.

Quanto às alternativas existentes aos sistemas do tipo split para o conforto ambiente em salas de aulas, Hoffmann acrescenta que depende muito da região em que a escola está instalada. Sistemas centrais, com boa distribuição de ar e captação adequada de ar externo com controle de demanda em função da ocupação é o sonho de consumo. Mas, nem sempre isto é viável e outras soluções devem ser encontradas por profissionais capacitados para tal.

“Por exemplo, em regiões em que a temperatura é mais amena, sistemas de ventilação forçada ou natural podem ser utilizados durante o período mais frio e sistemas mais simples de resfriamento (split, por exemplo) para o período mais quente, contudo, neste caso, nunca se deve utilizá-lo sem incluir um sistema de tomada de ar externo que trabalhe em conjunto e sistemas auxiliares de filtragem de ar para o controle do material particulado. O que acontece é que muitas vezes a necessidade da introdução destes sistemas auxiliares encarecem a instalação, aproximando os custos ao de sistemas centrais. Também neste caso é necessário uma monitoração constante da concentração de CO<sub>2</sub> que, apesar de não ser um contaminante perigoso, é um indicador do nível de concentração de contaminantes no ar ambiente. Tem que se ter em vista que nunca um sistema split vai ter desempenho, em todos os sentidos, à altura de um sistema central”, informa Hoffmann.

A observância à Lei descrita na RE nº9 de 16 de janeiro de 2003, e os requisitos mínimos recomendados na ABNT NBR 16401 é referida por Salomão, documento este, também citado na RE nº9:

- 3.4 a Taxa de Renovação do Ar adequada de ambientes climatizados será, no mínimo, de 27 m<sup>3</sup>/hora/pessoa, não sendo admitido em qualquer situação que os ambientes possuam uma concentração de CO<sub>2</sub> maior ou igual à estabelecida em IV-2.1, desta Orientação Técnica;
- 2 – Os Valores Máximos Recomendáveis para contaminação química são: 2.1 - ≤ 1000 ppm de dióxido de carbono – (CO<sub>2</sub>), como indicador de renovação de ar externo;

(Trechos acima foram transcritos da RE nº9).

Se compararmos as unidades, teremos:

- 3 l/s/p = 10,8 m<sup>3</sup>/h/p;
- 6 l/s/p = 21,6 m<sup>3</sup>/h/p;
- 8,5 l/s/p = 30,6 m<sup>3</sup>/h/p;
- 10 l/s/p = 36 m<sup>3</sup>/h/p;
- 7,5 l/s/p = 27 m<sup>3</sup>/h/p.

“Em resumo: Filtros adequados à utilização e conforme descrito na norma citada na RE; taxa de ar externo de acordo com a RE; temperatura e umidade relativas de acordo com o descrito na norma. Sobre as alternativas existentes aos sistemas do tipo split para o conforto ambiente em salas de aulas, estas podem ser avaliadas em função do atendimento dos requisitos mínimos para o sistema de climatização destes ambientes. Minha sugestão é de que antes de definir-se o sistema a ser instalado, seja elaborada uma matriz de requisitos do proprietário (requisitos do usuário, de operação de manutenibilidade, legais etc.) e de restrições do projeto (restrições financeiras, de prazo de instalação, de ciclo de vida, ambientais, de retorno do investimento etc.). Um profissional experiente de comissionamento pode, em conjunto com a equipe do proprietário, elaborar esta matriz de requisitos e restrições e ajudar a equipe do proprietário a tomar uma decisão racional considerando não somente os requisitos e restrições mas também o custo inicial da implantação e o custo operacional (manutenção e operação) que integram o ciclo de vida do sistema de climatização a ser definido. Quanto ao uso da ventilação natural, depende da região do país e da avaliação da matriz de requisitos e restrições citadas acima. Em se utilizando a ventilação natural, a envoltória deve ser tratada em função do balanço entre a carga térmica de penetração por insolação e da carga térmica interna, que com a vazão de ar de ventilação implicará no resultante de temperatura e umidade relativa interna. Com objetivo de alterar a carga de penetração, o projetista em conjunto com o arquiteto pode se utilizar de ferramentas como os programas de simulação para avaliar soluções de vidros mais eficientes, instalação de brises e até girar o prédio buscando orientações que resultem em um projeto mais eficiente considerando adicionalmente a orientação dos ventos predominantes da região onde será construído o edifício”, orienta Salomão.

### **Laboratórios para testes e estudos**

O professor da POLI-USP, Luiz Antonio de Campos Mariani, cita um estudo que está sendo desenvolvido por dois estudantes do curso de engenharia mecânica da POLI, que consiste no projeto de dois laboratórios na própria universidade, um deles para aulas de mecânica dos fluidos com túneis de vento, e o outro para pesquisas e demonstração para os alunos, dedicado à instrumentação.

“Esses dois laboratórios carecem de um sistema de ventilação, inclusive um deles mais ainda, pois as janelas que davam para um jardim foram fechadas durante uma reforma que mudou o layout do prédio. O que pretendemos oferecer para os laboratórios é um sistema de climatização e ventilação que possam melhorar a qualidade do ar interno e o conforto térmico. Temos nos orientado pelos manuais da Ashrae, Rheva e, em especial, os estudos

apresentados pelo professor Bjarne. Pretendemos também usar esse laboratório como investigação para várias dúvidas que ainda temos, tal como: qual ou quais são as melhores soluções, ou seja, as combinações entre filtragem e vazão do ar de renovação para atingir a melhor qualidade do ambiente interior. Podemos filtrar mais o ar interno recirculado, ou filtrar menos esse ar recirculado e colocar mais vazão de ar externo e eventualmente filtrar mais a vazão de ar externo? Outra referência que estamos utilizando é a revisão da NBR 16401 e várias combinações estão sendo estudadas quanto aos níveis de filtragem e vazões do ar para ambientes escolares, e toda essa análise que hoje estamos discutindo, pretendemos contribuir com respostas através de testes e simulações nesses laboratórios”, explica Mariani.

Como exemplo, o professor da Poli cita uma simulação com filtros realizada por Wili Collozza Hoffmann e por José Senatore, mostrando como eles evoluem de acordo com a mudança de níveis, na quantidade e na eficiência de retenção de partículas pm 10 e pm 2,5 (dois níveis de tamanho de partículas investigados). “Em princípio estávamos preocupados em pm 2,5, porém ainda não decidimos se focaremos começando pela menor partícula ou se nas duas ou só na pm 10. O importante é que esses laboratórios representam uma oportunidade de testar as várias combinações e apresentar algumas soluções com parâmetros através dos resultados apresentados”, completa.

O projeto original, que teve a participação dos dois alunos, está na fase de viabilização de equipamentos e patrocinadores. Numa das salas do laboratório, inclusive, foi projetada a aplicação de ciclo economizador, visando também um estudo sobre o consumo energético, além da qualidade do ar interno. A análise já foi feita baseada em diversas situações, avaliando cinco alternativas com diversos tamanhos de ventiladores de acordo com o clima de várias regiões do Brasil, escolhendo três condições para dimensionar o sistema do ciclo economizador e agora o objetivo é testá-la na prática. Há, ainda, a intenção de investigar através dos laboratórios a questão da estanqueidade dos dutos, com testes comparativos em dois tipos de redes: uma de poliuretano e a outra em chapa. Uma das análises diz respeito à conservação de energia pelo caminho percorrido pelo ar nessas duas condições, estabelecendo parâmetros também em termos de qualidade do ar e conforto térmico.

Por meio de um programa desenvolvido por um aluno, serão avaliadas as situações ligadas às condições do ar interno, ar externo e contaminação. “Por exemplo, num laboratório com 38 pessoas, cada uma delas é uma fonte contaminante, gerando CO<sub>2</sub>, emissão de particulados etc. Estabelecendo um valor de vazão de contaminação, como também condições do ar externo, do ar interno e verificando para onde vai a concentração de CO<sub>2</sub> e quanto tempo demorada para ela se estabilizar, a partir do acionamento da ventilação. Neste exemplo chegou-se ao resultado de que demora em torno de 40 minutos para chegar numa estabilidade com 600 ppm e diluição do pm 10 em função da geração de particulados da vazão do ar externo. A proposta para o laboratório é começar a medir essas grandezas antes e depois do sistema em funcionamento, e compará-las. Outro ponto importante que será avaliado diz respeito a monitoração da qualidade do ar exterior pelas estações da CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental de São Paulo. A ideia é confrontar os resultados, por exemplo, no Campus da Poli, localizado no bairro do Butantã, onde existe uma estação da

CETESB aferindo os resultados dessa monitoração. Iremos identificar os parâmetros e metodologias utilizadas pela Companhia, uma vez que a faixa de medição é muito grande e nem sempre acurada, e compararmos e conferirmos os resultados com a metodologia utilizada por nós. Para medição de partículas a CETESB utiliza a gravimétrica e nós utilizaremos o método de contagem de partículas através de uma estação de medição fixa, onde conseguiremos reduzir essa faixa e gerarmos uma avaliação mais precisa”, finaliza Mariani.

**Ana Paula Basile Pinheiro**