

## ***A qualidade do ar e a contribuição do sistema de ar condicionado***

### **Resumo**

O sistema de ar condicionado é peça fundamental no processo de qualidade de ar interior em sistemas com condicionamento de ar.

Ele pode ajudar a diminuir os efeitos de contaminação que adentram o sistema, ou se mal executado, potencializar esses mesmos efeitos. O trabalho apresentado percorre a problemática a ele associado para a obtenção de qualidade de ar em interiores.

### **TRABALHO DE REVISÃO**

Celso Cardoso Simões Alexandre

TROX Technik.

É cada vez maior a preocupação com a qualidade do ar interior. Síndrome dos edifícios doentes é uma expressão em moda e as origens do problema estão razoavelmente identificadas e comentadas. Simplificando, podemos dizer que a qualidade do ar interior pode ser afetada por quatro grandes grupos responsáveis:

#### Grupo I – Contaminação interior

Concentração de formaldeído liberado por móveis, divisórias, carpetes, compostos orgânicos voláteis, agentes de limpeza, tabagismo, plantas e terra onde estão plantadas, águas nos vasos, ozônio resultante de motores elétricos, copiadoras, contaminação transportada para dentro do ambiente por pessoas, em suas roupas, objetos, etc.

#### Grupo II – Contaminação exterior

É a contaminação trazida ao ambiente em estudo pela necessidade de ventilação e renovação do ar interior pelo ar exterior. O ar exterior, dependendo de sua captação e condição, pode apresentar-se com teores significativos de: CO – monóxido de carbono, CO<sub>2</sub> – dióxido de carbono, ozônio, NO<sub>2</sub> - dióxido de nitrogênio, Pb – chumbo, fumaças em geral, particulados (menores que 10 micra). Referência especial se faz ao Radon (ou radônio) que aparece no interior de edifícios, através da infiltração por fissuras de paredes e chão, especialmente importantes em alguns países e locais.

#### Grupo III – Contaminação no sistema de ar condicionado propriamente dito

O sistema de ar condicionado, sendo por si próprio originalmente “inerte”, pode tornar-se, com o decorrer dos tempos, uma fonte importante de contaminação. Alguns pontos “fracos” do sistema que devem merecer atenção especial são:

- Unidades de tratamento de ar, serpentinas de resfriamento e condensação, onde se podem localizar algas, fungos e poeiras... Bandejas de condensados, onde se pode localizar todos os poluentes anteriores. Nas bandejas, as quatro condições básicas para que os bioaerossóis proliferem, se encontram reunidas:

Reservatório adequado (a própria bandeja);

Fonte de nutrientes (as poeiras e lodos que possam existir);

Amplificação e crescimento dos microorganismos (possíveis por haver água estagnada, nutriente e temperatura adequada);

Disseminação e aerosolização da água contendo os microorganismos (efetuada pela passagem do ar pela água da bandeja).

#### - Dutos

Desde a fabricação e montagem, tradicionalmente no Brasil feita em obra, os dutos apresentam um grau de sujeira elevado desde o “startup” da instalação. Mesmo que tenham sido originalmente limpos e uma vez que os sistemas de filtragem não têm eficiência de 100%, algumas partículas aparecem e ao fim de algum tempo, também existe um biofilme, aí se encontrando fungos e outros microorganismos.

#### - Distribuição de ar

A introdução de quantidade adequada de ar em um ambiente, com taxas de ar exterior apropriadas não é garantia de que a efetividade da ventilação seja conseguida.

Curto-circuito de ar entre insuflamento e retorno;

Divisórias que impeçam circulação apropriada de ar;

Difusores de ar não apropriados, ocasionando velocidade de ar acima dos valores recomendados, (0,15 m/s) na zona de ocupação, podem ser a causa de um sistema com qualidade do ar inadequada.

- Renovação de ar e influência de um sistema VAV

O estudo da renovação de ar é, desde logo, um ponto fraco em alguns sistemas. O que normalmente se faz é calcular a vazão de ar por sala e considerar como ar exterior a admitir na Tomada de Ar Exterior, a soma das necessidades individuais por sala, acontecendo que, por exemplo, numa sala interior, a carga sensível seja baixa, logo, o ar insuflado tenha um valor baixo e, no entanto, seja um auditório com muitas pessoas. O problema se agrava ainda mais, em sistemas de Volume de Ar Variável em regime de cargas parciais, se não forem tomadas as precauções adequadas.

Grupo IV – Deficiências de um sistema global incorreto

Aqui se incluem as causas de qualidade de ar insatisfatória, devidas a:

1. Insuficiência de ar exterior (projeto deficiente);
2. Má distribuição de ar (localização inadequada de difusores ou difusores de baixa qualidade e performance);
3. Controle deficiente de temperatura (má localização dos sensores, BMS funcionando imprópriamente);
4. Localização inadequada de tomada de ar exterior (junto à torre de resfriamento, ao nível da rua, onde a concentração de CO é elevada, em posição que receba ventos dominantes, poluídos de terceiros ou da própria fábrica, captações junto ao solo introduzirão seguramente grandes quantidades de bactérias, fungos, folhas, dejetos de pássaros e outros microorganismos perniciosos).

As soluções recomendadas para minimizar cada um dos grupos de responsáveis são basicamente os seguintes:

#### Grupo I

1. Eliminação das fontes ou exaustões localizadas;
2. Ventilação em níveis adequados;

#### Grupo II

1. Captação adequada (se for o caso);
2. Filtragem, inclusive via carvão ativado se o ar exterior não atender às condições necessária de pureza.

#### Grupo IV

1. Projeto adequado ou reprojeto, devido à modificações que podem ter sido introduzidas após a execução do projeto original.

O Grupo III é a tarefa principal deste trabalho.

- Unidades de tratamento de ar

Estando em discussão o potencial cancerígeno das fibras minerais feitas pela mão do homem, “man made mineral fibers” (MMMMF), e da dificuldade de limpeza do isolamento interior das unidades de tratamento de ar, seja do tipo “fan-coil”, seja unidades “self contained” que ficarão seguramente contaminadas quando da limpeza das serpentinas, a primeira recomendação é:

- Recobrimento do isolamento com chapas galvanizadas, de alumínio ou aço inox, independente da aplicação de biocidas;
- Pintura interna na cor branca, epóxi, sendo as unidades providas de visores que permitam inspeção visual;
- Unidades providas de iluminação interna, tipo tartaruga com grau de proteção adequados contra jatos de águas;
- Bandejas de recolhimento de condensados, obrigatoriamente em aço inoxidável, com fundo inclinado em ligação de esgoto em seu ponto mais baixo, garantindo escoamento total da água;
- Sifão, pelo menos com 20% de selo hídrico acima da pressão total do ventilador (não da pressão de trabalho do ventilador (uma vez que ao se sujarem os filtros a curva do sistema se altera e a pressão pode subir);
- Dreno cego adicional (DCA), permitindo esgotar a água que eventualmente se acumule por limpeza da unidade; (especialmente em unidades horizontais);
- Serpentinas com, no máximo, seis rows e 10 aletas por polegada. Maior número de rows e de aletas por polegada dificulta a limpeza. Se um maior número de rows for necessário, recomenda-se usar uma segunda serpentina separada da primeira, pelo menos 40cm a 60cm; BANDEJAS DE RECOLHIMENTO DE CONDENSADOS, UMA A CADA 1,2m;
- UTILIZAÇÃO DE EMISSORES DE RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA NA BANDA C (254nm) UMA VEZ QUE A MULTIPLICAÇÃO DE MICRORGANISMOS É TÃO RÁPIDA QUE POR EX UMA BACTERIA SE REPRODUZ DANDO AO FIM DE UM DIA CERCA DE 70 TRILHÕES DE NOVAS BACTÉRIAS. EMISSORES COM POTÊNCIA ADEQUADA, PREPARADOS PARA TRABALHO A BAIXA TEMPERATURA;

- Embora normalmente o arraste de água só se dê com velocidades de face superiores a 3 m/s, recomenda-se limitar 2,75 m/s;
- Ventiladores com carcaça desmontável, permitindo a limpeza interna do mesmo. Acionamento dos ventiladores por motor rotor exterior, evitando polias e correias com seu desgaste e problemas inerentes;
- umidificação se necessária, feita por meio de vapor limpo e seco com tubo dispersor antes do estágio final de filtragem colocar a bandeja de condensados idêntica à da serpentina;
- Filtragem – recomenda-se dois estágios de filtragem. Sendo o filtro de retorno de ar, um filtro plano classe G4 que receba classificação no teste colorimétrico com eficiência: gravimétrica  $80 < Em < 95$  e colorimétrica  $> 30\%$ , correspondente à classe B2 DIN 24185 parte 100 versão FEVEREIRO 1978;
- Filtro final – preferivelmente Filtro F7 – eficiência gravimétrica  $> 90\%$ , eficiência colorimétrica  $80 < Em < 90$ , eficiência para partículas de 0,4 micron de 85%. Estes filtros deverão ser do tipo bolsas, rígidos e se aconselha serem do tipo que receba tratamento antimicrobiano com moldura plástica, ausência de partes metálicas, permitindo incineração total. O filtro imediatamente abaixo que alguns autores recomendam: Classe F6, eficiência gravimétrica 98% , eficiência colorimétrica  $60 < Em < 80$ , apresenta uma eficiência de cerca de 65% para partículas de 0,4 micron. A relação custo-benefício nos leva a recomendar o F7;
- Carvão ativado: os filtros anteriormente descritos são basicamente eficientes para particulados sólidos e líquidos, não tendo qualquer eficiência para gases. O tratamento de gases pode ser feito via lavadores que além de eficiência discutível para os diferentes tipos de gases, são mais uma fonte terrível de problemas para a contaminação microbiana, pelo que devem ser evitados. A outra opção é usar filtro de carvão ativado. Para instalações comerciais/residenciais é uma opção válida, basicamente se a preocupação for Compostos Orgânicos Voláteis (COV).
- Se além dos COV houver muitos outros poluentes, pode ser necessário ter vários estágios de filtros de carvão ativado (até cinco) com problemas inerentes de diferencial de pressão. Como eficiência de filtragem do carvão ativado depende não só grau de compactação do carvão, tempo de contato (tempo de resistência) e da velocidade de passagem, a disposição normal destes filtros é em cunha para se poder ter uma área de filtragem estendida onde a velocidade do ar esteja entre 0,25 e 0,33 m/s (15 a 20m/min).
- Para aplicações industriais onde a concentração de poluentes é altíssima, comparada com a anterior, a solução tende para filtros com leito único compacto de cerca de 90 cm de profundidade, exigindo um sistema de filtragem especial com ventilador e filtros para particulados próprios.
- Para aplicação em pauta, filtros com eficiência média de 12,50 e 85% para tolueno (gás representativo dos COV) são normalmente significativos.
- Atuadores de ruído (no condicionador ou no duto).
- Os mesmos argumentos válidos para eliminação de isolamento interno dos condicionadores se aplicam aos atenuadores.

**Tabela 1**

LIMITES DE ESTANQUEIDADE		
Classe	Vazamento em l/s por m <sup>2</sup> de área total	Valor máximo de P em Pascal
A	0,027 P 0,065	500
B	0,009 P 0,065	1000
C	0,003 P 0,065	2000
D	0,003 P 0,065	2500

onde:  $P = \frac{P1+P2}{2}$

P1 = Pressão na entrada do condicionador  
P2 = Pressão na saída do condicionador

- Numa primeira fase, o recobrimento das fibras com filme plástico especial, permitem ultrapassar o problema mesmo à custa da diminuição de alguns db em bandas de oitava, em baixa frequência, seguida do risco de envelhecimento com alteração ainda maior no espectro e das dificuldades de limpeza;
- Todas as recomendações anteriores implicarão na exigência dos condicionadores terem um grau de estanqueidade do nível "air tight" ou de acordo com a norma DW/143 parte 2 indicados na tabela 1 a seguir que embora originalmente para dutos sugere estender-se a condicionadores;

#### - Dutos

Superfície interna lisa com limites de estanqueidade, de acordo com a tabela 1. A cada 15 m deverão ser deixadas portas de inspeção que poderão ser eventualmente utilizadas para acesso do equipamento de limpeza. Dutos flexíveis de ligação a difusores com no máximo 2m de comprimentos recebendo especial atenção na montagem quanto aos detritos acumulados interiormente.

Os dampers de regulação preferencialmente com aletas aerodinâmicas, tampadas na lateral, para evitar acúmulo de detritos. Junto a eles, sempre porta de inspeção. Dampers corta fogo, sempre provido de porta de inspeção e aletas livres de materiais de fibras feita pela mão do homem (MMMMF).

Grelhas e difusores – todos os elementos terminais devem ser facilmente desmontáveis para inspeção, limpeza e desinfecção, inclusive do duto imediatamente anterior. Deverão ser tipo alta indução, permitindo rápida equalização da temperatura e velocidade na zona de ocupação, inferiores a 0,15 m/s.

As grelhas de retorno, se localizadas em ambientes altamente geradores de poeiras ou outros aerodispersóides, deverão possuir tela e eventualmente filtro.

Tomadas de ar exterior – deverão ser compostas de: veneziana, tela, damper, filtros com eficiência mínima G4 e eventualmente filtro de carvão ativado (especialmente em aplicações industriais com alto grau de contaminação ambiental). O uso de dois filtros F6 em série pode ser opção a considerar. Preferencialmente a pelo menos 3 m do solo e longe das torres de resfriamento (10m), de sistemas de pulverização e de docas ou parques de estacionamento (7,5m).

#### - Renovação do ar.

Já se referiu anteriormente que o problema da renovação de ar deve ser rigorosamente calculado sendo que a percentagem do ar necessária por pessoas deve ser sempre garantida, atendendo às recomendações da Norma ASHRAE 62-2004. Esses valores, contudo, devem ser calculados.

Considerando que o ar será sempre renovado apenas por diluição (definidos nos trabalhos de Rea-Ting Liu and All – Heating Piping and Air Conditioning, maio 1991) com 100% de ar exterior. Esses valores podem ser reduzidos a 75% ou até mesmo a 25% dependendo do grau de filtragem utilizado. Esse dado é muito importante em termos de economia de energia.

Quando a instalação for de Volume de Ar Variável e se a variação de carga não for por números de pessoas (auditórios, teatros, salas de reunião), mas apenas carga térmica sensível, então o cálculo do valor mínimo a manter deve ser o da sala mais crítica para que os valores mínimos se mantenham.

Alguns autores recomendam utilizar sensores de CO2 para controlar a quantidade de ar exterior. Mas, de novo a pergunta: onde colocar o sensor? Qual a sala crítica? Se os principais poluentes forem os COV, como reage o sistema?

Mais recentemente há notícias de um sensor de gases misturados que detectam tabaco, fungos, poeiras, bactérias, gases e COV que poderá ser uma luz neste caminho.

Os dados aqui apresentados pretendem ser uma contribuição à melhoria dos sistemas de ar condicionado, na procura de ambientes cada vez mais saudáveis e da melhor qualidade do ar.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. KENNETH GIL, P.E.; WOZNIAK, A Heating Piping and Air Conditioning, Agosto 1993.
2. REA – TING LIU AND ALL, Heating Piping and Air Conditioning, Maio 1991.