

Considerações sobre projetos de sistemas de tratamento de ar para laboratórios de Microbiologia

Autor: J. Fernando B. Britto é engenheiro mecânico, sócio da Adriferco Engenharia, secretário do GEC-4 e membro do Conselho Editorial da revista SBCC
Contato: adriferco@gmail.com

Por: J. Fernando B. Britto

De forma análoga à ocorrida nos laboratórios físico-químicos, nos laboratórios microbiológicos também devem ser levadas em consideração preocupações com respeito à proteção dos usuários e dos processos e quanto aos riscos de incêndio, porém há um novo enfoque quanto ao risco de vazamentos, os quais agora têm conteúdo biológico, além de químico.

Uma vez que cada área de aplicação (alimentícios, farmacêutico, hospitalar, etc.) tem suas próprias peculiaridades e conteúdos biológicos típicos, inerentes ou não aos produtos, os manuais de “Boas Práticas de Laboratório” associadas a cada área terá suas próprias particularidades e recomendações.

No entanto, todos eles irão concordar que as condições sanitárias de operação dos laboratórios devem ser no mínimo iguais, sendo desejável que estas sejam melhores que as encontradas no local onde são coletadas as amostras a serem analisadas.

É sabido que a condição de completa esterilidade, mesmo que possa ser obtida, será transitória (e, normalmente, de curtíssima duração) para quaisquer efeitos práticos. Deste modo, podemos apenas controlar o conteúdo biológico dentro de condições ditas “seguras para o processo”.

Esta forma de controle implica na exposição (direta ou indireta) de meios de cultura ou placebos (que consistem em meios de cultura modificados) aos ambientes, para coleta de uma amostra de seu conteúdo microbiano, seguida de posterior análise em laboratórios especializados.

Quando os meios de cultura chegam aos laboratórios microbiológicos estes são abertos exclusivamente em cabines de segurança biológica (ver figura 1), onde são analisados por meio de inspeções geralmente visuais, com ou sem o auxílio de reagentes e microscopia.

Para proteger o operador e o ambiente onde este

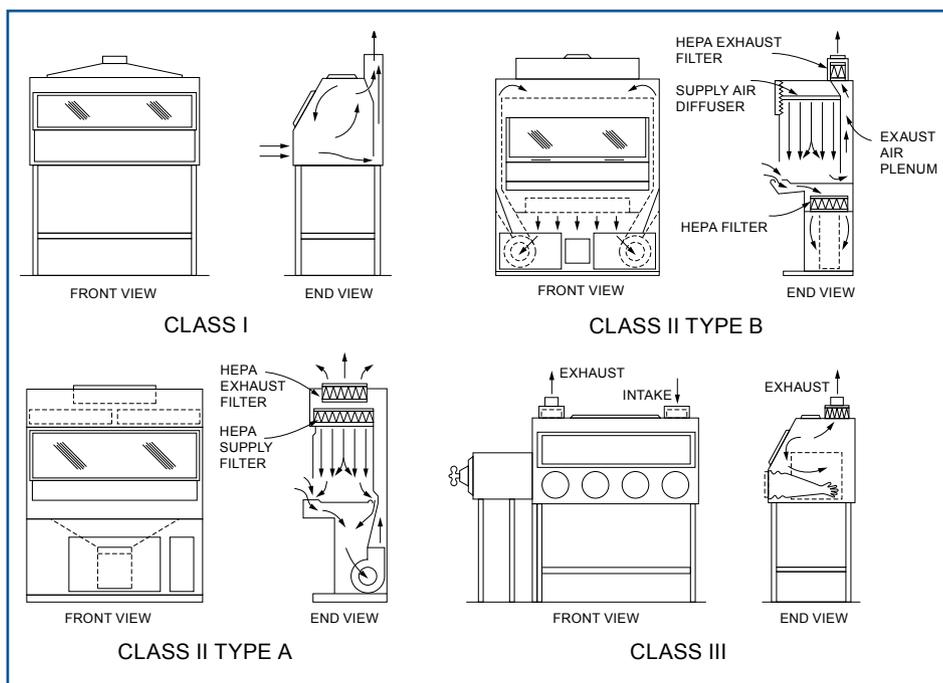


Figura 1 – Cabines de Segurança Biológica

Fonte: 2007 ASHRAE Handbook – HVAC Applications

se encontra, as cabines de segurança biológica operam sob pressão negativa, captando ar do ambiente e, para preservar o balanço de massa do fluxo escoado pelo sistema, este ar deve ser exaurido parcial ou totalmente (em função dos riscos associados ao material processado), passando por estágio(s) de filtragem de alta eficiência (HEPA), responsáveis pela proteção do meio ambiente, antes de ser devolvido ao ambiente ou descarregado na atmosfera.

O principal problema consiste no fato de que, para manter os ambientes de processo (onde são efetuadas as amostragens) livres de conteúdo microbiano indesejável, estes são limpos e sanitizados frequentemente, o que produz meios pobres em nutrientes e a seleção natural acaba por desenvolver apenas os micro-organismos mais resistentes.

Ao expor estes micro-organismos no interior das cabines, estas possivelmente serão contaminadas pelos micro-organismos contidos nas amostras, os quais se depositarão sobre os filtros de alta eficiência da cabine, formando um biofilme que pode já ser altamente resistente aos biocidas e aos saneantes normalmente empregados.

Adicionalmente, embora a eficiência dos filtros seja extremamente alta, ela não é total (100% de eficiência), portanto, é esperado que uma pequena parte (podendo até ser infinitesimal), escape do filtro e migre para interior do duto de exaustão (podendo nele se instalar) e deste para a atmosfera (o que estará além do controle do laboratório).

Caso algum micro-organismo consiga se instalar no duto de exaustão, poderá eventualmente formar um novo biofilme e migrar daí para o ambiente onde se encontra o usuário, através de fissuras (geralmente nas juntas) dos dutos de exaustão.

Por este motivo, é muito importante que o próprio ambiente onde se encontram as cabines de segurança biológica sejam ao menos controlados e, se possível, classificados (quando isto não for mandatário) com relação à concentração de partículas em suspensão no ar (viáveis ou não viáveis).

Isto implica em que, além dos procedimentos de limpeza, paramentações e acesso controlado, o ambiente seja atendido por um sistema de tratamento de ar com filtragem de alta eficiência (HEPA), se possível em posição terminal, além de ter suas condições de tempe-

ratura, umidade relativa, pressão estática e número de recirculações controlados.

Por outro lado, a arquitetura dos ambientes em que as cabines são localizadas passa a ser muito importante, pois estes locais também irão requerer limpezas e sanitizações frequentes e, conseqüentemente, a escolha dos materiais de construção e de acabamento deve ser muito cuidadosa. As superfícies internas do ambiente devem possuir acabamento liso, serem resistentes aos saneantes e todas as frestas e juntas devem ser completamente seladas.

Outrossim, como as cabines de segurança biológica retiram (e algumas vezes devolvem) ar diretamente do ambiente onde se encontram, o fato de as condições deste ambiente também serem controladas acaba sendo um importante aliado na garantia do processo, uma vez que evita (ou ao menos minimiza) contaminações oriundas do próprio ambiente em torno da cabine.

Do ponto de vista do sistema de tratamento de ar, é muito desejável que este seja independente de outros ambientes e processos, para se evitarem contaminações cruzadas e, conseqüentemente, falsos positivos.

Também é necessário conhecer as necessidades de exaustão das cabines e prever as vazões necessárias para manutenção da cascata de pressões requerida pelo laboratório, de forma a dimensionar uma reposição adequada destes fluxos.

Em alguns casos, são utilizadas unidades de ventilação com filtragem de alta eficiência (HEPA), geralmente captando ar de ambientes circunvizinhos e insuflando nos ambientes das cabines. Embora este procedimento propicie uma melhoria das condições internas do ambiente da cabine, é impossível controlar suas condições termoigrométricas, além de afetar as condições de operação do ambiente vizinho que pode passar a operar com pressão negativa devido à exaustão da cabine.

Adicionalmente, para compensar a paramentação requerida para acesso (e proteção) do usuário ao ambiente em que se localiza a cabine, é necessário que a temperatura deste ambiente seja controlada em patamar inferior ao do restante do laboratório, sob pena de se produzir estresse térmico ao usuário.

Porém, como geralmente os ambientes dos laboratórios são relativamente pequenos, possuindo vazões de insuflação relativamente pequenas, não é incomum que o sistema de tratamento de ar opere com altas taxas de

ar externo, muitas vezes chegando a operar sem retorno (com 100% de ar externo). Isto pode causar grandes dificuldades na manutenção das condições internas de temperatura e umidade, requerendo a implantação de sistemas de aquecimento e de umidificação.

Além disso, como a carga térmica sensível interna dos ambientes onde se encontram as cabines costuma ser muito pequena e a necessidade de manutenção do número de trocas (ou recirculações) resulta em uma vazão muito maior que a requerida pela carga térmica, o sistema de tratamento de ar acaba requerendo uma bateria de aquecimento, de forma a permitir a remoção adequada de umidade do ar de insuflação e, concomitantemente, garantir a manutenção da temperatura correta de insuflação.

Deste modo, sempre que o balanço de massa do sistema resultar em uma recirculação parcial é recomendável a aplicação de sistemas do tipo “face and by-pass”, nos quais parte do ar recirculado (retorno) é desviada para ser misturada com o fluido resfriado pela serpentina de resfriamento e desumidificação, elevando a temperatura desta mistura e reduzindo as necessidades de aquecimento e umidificação do sistema.

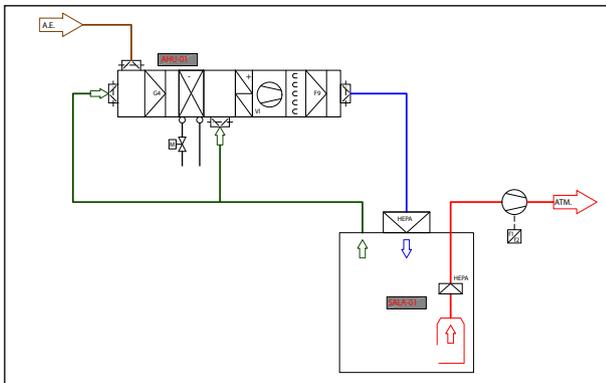


Figura 2 – Fluxograma de Ar de Sistema dotado de “Face & Bypass”

A determinação da porcentagem da vazão em massa de ar de by-pass pode ser determinada por meio do seguinte algoritmo:

1º Passo:

Utilizando as equações fundamentais da psicrometria, determinar a temperatura de bulbo seco (TBS), a umidade específica (w) e a entalpia específica (h) do ar na mistura (M), na saída da serpentina (SS) e no by-pass (BP).

A entalpia da mistura está associada às condições de temperatura e umidade requeridas pela carga térmica interna do sistema.

2º Passo:

Determinar proporção da mistura:

$$\%_{BP} = 1 - (h_M - h_{BP}) / (h_M - h_{SS})$$

3º Passo:

Ajustar umidade na saída da serpentina:

$$w_{SS} = (m_M * w_M - m_{BP} * w_{BP}) / m_{SS}$$



O algoritmo se encerra quando, ao atualizar a umidade específica necessária na saída da serpentina, a entalpia específica neste ponto não se modificar (ao menos, além da primeira casa decimal).

Isto geralmente ocorre após duas ou três iterações.

Caso a vazão de ar recirculado seja muito baixa, a entalpia requerida pela mistura do by-pass não será satisfeita, sendo necessário complementar o balanço energético com carga de aquecimento, lembrando-se também que a potência consumida do motor do ventilador será convertida em carga de aquecimento absorvida pelo fluido.

Cabe salientar que em sistemas onde existe grande geração de carga latente interna, o sistema de “face & bypass” irá dificultar o controle da umidade máxima.

Adicionalmente, só é possível efetuar o “by-pass” do fluxo de ar de retorno, pois se isto for feito com os fluxos do ar de mistura ou do ar externo, o controle de umidade poderá ser inviabilizado completamente.

Como a potência consumida pelo motor do ventilador irá variar em função da saturação dos filtros e não há completo domínio sobre as condições do ar externo, é recomendável que seja prevista alguma potência adicional de aquecimento, para garantir a manutenção das condições termoigrométricas internas dos ambientes.

Bibliografia

- 2005 ASHRAE Handbook – Fundamentals
- 2007 ASHRAE Handbook – HVAC Applications
- ACGIH Industrial Ventilation
- ABNT NBR 16401