



Divisória Vítrea - Fonte: Reintech

A NECESSÁRIA INTERAÇÃO ENTRE A ARQUITETURA DAS ÁREAS LIMPAS E SEUS SISTEMAS DE TRATAMENTO DE AR

[Editar a](#)

Publicado em 23 de julho de 2017



J. Fernando B. Britto
Engineer at Adrifenco Engenharia e Consultoria Ltda.



62



1



6



Para se estabelecer controle sobre as condições internas dos ambientes, inicialmente precisamos definir os limites destes ambientes fechando os perímetros externos das áreas limpas com paredes, pisos e forros dotados de superfícies com texturas e acabamentos apropriados e juntas adequadamente vedadas.

Mas, como sabemos, o parâmetro que define primariamente a classificação ou grau de limpeza do ambiente é o limite de concentração de partículas (totais ó viáveis e não-viáveis) em suspensão no ar.

Isso significa que, além de um envoltório constituído por superfícies adequadas, é necessário um sistema de tratamento de ar capaz de remover o particulado em suspensão, o que se faz por meio de fluxo de deslocamento nas classes de limpeza 1 a 5 (conforme NBR ISO 14644-1) ou por diluição, nas classes 6 a 8. Em ambos os casos, insuflando-se ar devidamente tratado pelos estágios de resfriamento, desumidificação / umidificação, reaquecimento e filtragem apropriados.



baixas de particulado, para evitar ou atrasar as partículas emanadas nos ambientes e, assim, manter a concentração final “sob controle”.

Trataremos neste artigo apenas das estratégias de diluição utilizadas nas salas limpas das classes 6 a 8. Bastando para o momento, saber-se que a estratégia de controle da concentração de partículas utilizada nas classes 1 a 5, requer a adoção de escoamentos sob regime de fluxo unidirecional em toda a área classificada (método de arraste), com velocidade igual ou superior a 0,3 m/s (conforme NBR ISO 14644-4) ou, como no caso dos guias BPF farmacêuticos, com velocidades entre 0,36 e 0,54 m/s, de forma a “arrastar” as partículas geradas nestes ambientes, em direção aos pontos de captação do retorno (ou exaustão).

Nas classes 6 a 8, onde se adotam estratégias de diluição da concentração de partículas, efetuam-se insuflações de grandes volumes de ar altamente filtrado (por meio de diversos estágios de filtragem, geralmente finalizados por filtragem HEPA), adotando-se sistemas de insuflação turbulentos (ou não-unidirecionais), objetivando-se promover uma diluição eficiente das partículas em suspensão no ambiente, oriundas de sua própria arquitetura, dos equipamentos, processamentos, ocupantes, movimentações e do próprio sistema de tratamento de ar.

Paralelamente à insuflação de ar tratado, é necessária a adoção de contenções ou barreiras de ar, para evitar que o particulado externo aos ambientes, entre nos ambientes controlados através de suas aberturas e frestas, aumentando sua concentração de partículas.

Geralmente, fazemos isso por meio de gradientes de pressão (cascata de pressões) ou, quando os limites da área classificada requerem grandes aberturas para passagem de pessoal ou material, utilizamos contenção por fluxo de deslocamento, semelhante à estratégia das classes 1 a 5.

Para obtermos os diferenciais de pressão, é necessário que todas as aberturas, frestas e juntas das superfícies que delimitam os ambientes sejam muito bem vedadas, para se evitarem grandes perdas por vazamentos de ar tratado (em áreas com pressões relativas positivas em relação ao seu entorno) ou evitarmos infiltrações de ar não tratado (em ambientes com pressões negativas), as quais afetarão a concentração de partículas e dificultarão seu controle.

Alguns sistemas adotam estratégia de contenção dupla, onde se utilizam diferenciais de pressão estabelecidos pelas frestas de portas e demais aberturas, acrescido de escoamento adicional (ajustável ou não) de ar, estabelecido por meio de grelhas nas portas, de forma que, quando as portas estiverem abertas, o escoamento que ocorria através de suas frestas e grelhas, passe a ocorrer sob todo o vão luz da porta, garantindo um escoamento com direção bem definida.

Esta parece ser uma boa estratégia de contenção em área críticas, como ocorre em áreas de envase estéril, pois previne (ou minimiza) refluxos, mesmo com as portas abertas, porém, cabe lembrar também, que a maioria dos produtos que requerem envase em área “estéril”, poderão se constituir em contaminantes para as áreas circunvizinhas.



nao consituam contaminantes ao processo de envase, ja que sao o proprio produto envasado, isto já não será verdade nos demais ambientes, onde este particulado adicional deverá ser diluído para manutenção da concentração de partículas requerida, podendo o escoamento imposto pela cascata de pressões se constituir em fonte de “contaminação cruzada”, além da possibilidade de contaminação do meio ambiente em torno do edificio.

[Voltar para o LinkedIn.com](#)

Além disso, estamos utilizando ar tratado com altos custos energéticos e de manutenção e seu vazamento para áreas de menores graus de limpeza imporá custos adicionais ao processamento dos produtos. Desta forma, escoamentos adicionais significarão aumento de custos de produção e possibilidade tanto de contaminação cruzada no entorno da área de envase, quanto de contaminação do meio ambiente.

Em áreas de processamento de pós orais (não estéreis), geralmente adota-se cascata de pressão invertida de forma a se conter o particulado oriundo do processamento do produto no interior dos ambientes onde são gerados.

Para se utilizar tal estratégia em áreas estéreis, seria necessário que as antecâmaras internas das áreas de envase estéril possuíssem classe de limpeza igual ou superior à da própria área de envase, para que as infiltrações oriundas destas áreas, não comprometessem a “esterilidade” do processo.

Ainda existe um grande paradigma com relação ao uso desta estratégia de contenção, pois, quando se pensa no princípio de escoamento do ar “do ponto mais limpo para o mais sujo”, assume-se que o ponto mais limpo será a bica de envase, porém se esquece que o processo é fonte de particulado e que nada impede a antecâmara interna de possuir o mesmo grau de limpeza do envase.

Uma vez que não haverá nenhuma fonte geradora de contaminação instalada na antecâmara, naturalmente esta se tornaria mais limpa que o próprio envase, estando as bicas de envase adequadas e suficientemente protegidas por seu próprio fluxo unidirecional e/ou os fluxos unidirecionais de sua sala, não havendo risco no escoamento de ar partindo da antecâmara em direção ao envase.

Naturalmente, a antecâmara interna do envase não deverá ser utilizada como vestiário, ficando situada entre o envase e os vestiários de entrada/saída e servindo exclusivamente como “air lock”.

Retornando às áreas com concentrações controladas por diluição com escoamento não-unidirecional ou turbulento, tal como anteriormente citado, dentre as estratégias de contenção de sujidades, adota-se o critério de escoamento do “mais limpo” em direção ao “mais sujo”, ou seja, das classes com menores concentrações de partículas, em direção às classes com concentrações maiores.

Isso implica que o sentido de escoamento das cascatas de pressões ou fluxos de deslocamento, deveriam ocorrer partindo da classe 1 (ou 5) em direção à classe 8, para conter as partículas oriundas das classes de “menor limpeza”.



variam em progressão geométrica, sendo que cada mudança de classe admite concentrações dez vezes maiores que a da classe de limpeza imediatamente anterior.

Deste modo, como estratégia adicional de contenção, também se recomenda a premissa de escoamento no sentido “do mais limpo para o mais sujo” posicionando-se o(s) ponto(s) de insuflação com relação à(s) captação(ões) de retorno ou exaustão, obedecendo ao mesmo princípio.

Considerando-se que a principal infiltração de particulados / contaminantes oriundos de áreas de maiores classes de limpeza (mais sujas) ocorrem através das aberturas de passagem (portas e esteiras) entre estas áreas, em sistemas com cascata de pressões convencional (positiva), é bastante eficaz se posicionar a captação de retornos e/ou exaustão das antecâmaras e vestiários das salas de maior grau de limpeza ao lado de suas próprias portas de acesso, posicionando o ponto de insuflação no lado oposto ao retorno. Isso produzirá um sentido geral médio de escoamento na direção oposta à diminuição da concentração: o ar limpo varre a sala a partir da região de maior limpeza, “arrastando” o particulado para a região menos limpa e as possíveis infiltrações próximas às aberturas são captadas logo após sua entrada na sala (abertura de portas), transitando o mínimo possível pelo ambiente.

Igualmente, em salas com grande geração de particulado, que geralmente possuem cascata de pressões invertida, promove-se a insuflação na região entre o processo e as portas de acesso e capta-se o retorno ou exaustão em direção ao fundo da sala, atrás do processo (reforçado por exaustão localizada no processo), evitando-se que o particulado se espalhe em direção à antecâmara.

Em processos com cascata de pressões invertida e que operam com baixa umidade, também é desejável efetuar parte da captação do retorno próximo às portas de acesso, minimizando o efeito da entrada de ar úmido no ambiente que se deseja controlar, sendo estas infiltrações rapidamente captadas e retiradas do ambiente, reduzindo seu efeito sobre o processo.

Neste caso a varredura do ambiente ocorre em duas direções: a maior parte ocorre no sentido do arraste dos contaminantes e uma pequena parte, suficiente para combater a carga latente da infiltração pelas portas, é coletada pelo retorno (ou exaustão) junto às portas de acesso.

Áreas de classe de limpeza 8 (conforme NBR ISO 14644-1) permitem que tanto a insuflação quanto o retorno ocorram no teto. Contudo, é sempre desejável que se efetuem as captações de retorno próximo ao piso, principalmente quando localizados próximo às portas de acesso, uma vez que a fresta principal das portas ocorre junto ao piso, por onde se infiltraria o principal escoamento de contaminantes carreados das salas “menos limpas”.

A captação do retorno ou exaustão próxima ao piso também auxiliará na sedimentação das partículas maiores, minimizando seu tempo de permanência em suspensão no ar do ambiente, embora tenha pouco ou nenhum efeito sobre as partículas menores, que assumem movimento browniano.



com fluxo unidirecional, no qual o escoamento não pode retroceder em direção ao ponto de insuflação, formando vórtices.

Contudo, para as classes 6 e 7, pode-se exceder o limite de sua concentração de partículas em suspensão no ar, devido à refluência do escoamento de ar em direção ao forro, quando a insuflação e o retorno ocorrem junto ao forro. Adicionalmente, em salas com escoamento de retorno (ou exaustão) maior que o de insuflação (frequente em antecâmaras com cascata de pressões do tipo pia ou ralo), pode-se causar um “curto-circuito” no escoamento e a insuflação não ser capaz de diluir a concentração de partículas no ambiente, por retornar sem efetivamente “banhar” este ambiente.

Deste modo, principalmente em salas pequenas como antecâmaras e vestiários, o centro da sala pode não ser o melhor ponto para a insuflação, sendo preferível insuflar o ar na extremidade do forro próxima à porta para a sala de menor classe de limpeza (sala mais limpa) e retornar próximo ao piso do lado oposto, promovendo uma varredura dos contaminantes entre os dois pontos.

Nesse sentido, também é desejável a insuflação de ar verticalmente, com baixa velocidade, para que o escoamento produza baixa turbulência, facilitando a sedimentação das partículas maiores e, ao mesmo tempo, o sentido principal do escoamento ocorra varrendo os contaminantes para a zona menos limpa.

Outra consideração importante: embora portas de correr possam solucionar diversos problemas de espaço nos ambientes, elas fornecem uma vedação muito deficiente em relação a seus batentes, requerendo vazões ainda mais elevadas nas antecâmaras, para se obterem os diferenciais de pressão requeridos. Isso também acarreta maiores necessidades de ar externo tratado (consumindo mais energia) e de reaquecimento (independente), para se evitar que as temperaturas nas antecâmaras fiquem muito baixas e, conseqüentemente, sua umidade relativa exceda os limites de operação.

Devemos lembrar também que embora atualmente diversos processos requeiram salas limpas para sua execução, eles próprios podem ser importantes fontes geradoras de contaminação, certamente não para si próprios, mas, para os demais ambientes que constituirão a planta produtiva e, se não tratados adequadamente, até para o meio ambiente.

Conclusão:

Os projetos arquitetônicos das salas limpas devem levar em consideração não apenas o arranjo dos equipamentos de processo em seu interior ou a circulação de materiais e pessoal dentre os diversos ambientes e etapas de processamento, também deve prever as necessidades das classificações de limpeza das áreas, o que inclui a forma como o ar deverá escoar através dos ambientes, bem como suas necessidades de gradientes de pressão.



geralmente o são), os projetos também devem considerar as necessidades de limpeza e sanitização inclusive das grelhas e shafts de retorno ou exaustão, uma vez que estes se encontrarão em contato direto com os ambientes classificados e, em casos de ambientes muito contaminados, devem ser previstas proteções para conter o ingresso de contaminantes na própria rede de dutos, utilizando-se telas e/ou filtros apropriados diretamente nos pontos de captação, dado que as unidades de tratamento de ar e as salas onde estas serão instaladas podem não estar adaptadas para operação com partículas oriundas dos processos que, do contrário, certamente se acumularão em seu interior.



J. Fernando B. Britto
Engineer at Adriferco Engenharia e Consultoria Ltda.
[5 artigos](#)

1 comentário

Mais recentes ▾ | ⚙



Deixe seus comentários aqui...



Igor Nakamura
Diretor comercial na Viridi Technologies

... 1 sem

Engenheiro Fernando, como é bom ler coisas que somam conhecimentos em nossas vidas. Parabéns pela nobreza em compartilhar informações com todos...abr NAKAMURA

Gostei Responder | 🔄 2

Não perca outros artigos de J. Fernando B. Britto



O PERIGO SE ESCONDE NOS DETALHES...

J. Fernando B. Britto no LinkedIn



BANHEIRO EM SALA LIMPA, PODE?

J. Fernando B. Britto no LinkedIn



A NECESSÁRIA INTERAÇÃO ENTRE A ARQUITETURA DAS ÁREAS LIMPAS E SEUS SISTEMAS DE TRATAMENTO D'

J. Fernando B. Britto no LinkedIn

Quer saber mais sobre as últimas notícias no LinkedIn?

Descubra mais notícias

[Central de Ajuda](#) | [Sobre nós](#) | [Carreiras](#) | [Publicidade](#) | [Soluções de Talentos](#) | [Soluções de Vendas](#) | [Pequenas empresas](#) | [Mobile](#) | [Idioma](#) | [Fazer upgrade da conta](#)

LinkedIn Corporation © 2017 | [Contrato do Usuário](#) | [Política de Privacidade do LinkedIn](#) | [Preferências de Anúncios](#) | [Diretrizes da Comunidade](#) | [Política de Cookies](#) | [Política de Direitos Autorais](#)

[Enviar feedback](#)