

# Projeto básico de salas limpas – Parte 2

**Autor:** Eng.º J. Fernando B. Britto, engenheiro mecânico, sócio da Adriferco Engenharia, secretário do GEC-4 e membro do conselho editorial da Revista da SBCC  
**Contato:** adriferco@gmail.com

**J. Fernando B. Britto**

## 4. Combatendo a contaminação por partículas em suspensão no ar

Para combatermos a contaminação por partículas em suspensão no ar utilizamos dispositivos de filtragem.

O que cabe abordar aqui é quais e como os dispositivos de filtragem são utilizados para combater a contaminação por partículas nas salas limpas.

Basicamente, ocorrem dois processos de filtragem nas salas limpas:

- Primariamente, ocorre um processo de diluição do particulado gerado no interior do ambiente por meio da insuflação de ar limpo, o qual é estimado (em função de normas, *guidelines*, regulamentações ou experiências anteriores) ou, quando se tem domínio sobre as fontes geradores, é calculado pela média ponderada da emissão interna e da penetração através do conjunto de filtros, conforme a equação:

$$C_{AMB} = e_{int} / m_{INS} + p$$

Onde:

- $C_{AMB}$ : concentração média de partículas no ambiente [ $kg^{-1}$ ]
- $e_{int}$ : emissão interna do ambiente [ $h^{-1}$ ]
- $p$ : concentração residual de partículas em suspensão após a filtragem [ $kg^{-1}$ ]
- $m_{INS}$ : vazão de insuflação [ $kg.h^{-1}$ ]

- Filtragem do ar recirculado, somado ao ar externo de reposição é filtrado por diversos estágios de filtro, geralmente para diferentes tamanhos de partículas e com eficiências diversas, sendo também removidas as partículas geradas no interior da unidade de tratamento de ar (por exemplo: pelo moto-ventilador). A concentração residual de partículas em suspensão após os estágios de filtragem ( $p$ ), pode ser estimada pela seguinte equação:

$$p = (1 - \eta_{FIL}) * (C_{AMB} * m_{REC} + e_{DUT\_R} + C_{AE} * m_{AE} + e_{UTA}) / m_{INS}$$

Onde:

- $\eta_{FIL}$ : eficiência dos filtros [adimensional]
- $C_{AMB}$ : concentração média de partículas no ambiente [ $kg^{-1}$ ]
- $m_{REC}$ : vazão de recirculação [ $kg.h^{-1}$ ]
- $e_{DUT\_R}$ : emissão interna no duto de retorno [ $h^{-1}$ ]
- $C_{AE}$ : concentração média de partículas no ar exterior [ $kg^{-1}$ ]
- $m_{AE}$ : vazão de ar exterior [ $kg.h^{-1}$ ]
- $e_{UTA}$ : emissão interna na unidade de tratamento de ar [ $h^{-1}$ ]
- $m_{INS}$ : vazão de insuflação [ $kg.h^{-1}$ ]

Em determinados casos, onde a filtragem ocorre exclusivamente no interior da unidade de tratamento, deve ser acrescentada a emissão ocorrida no interior dos dutos de insuflação ( $e_{DUT\_I}$ ), após a passagem pelos filtros:

$$p = e_{DUT_I} + (1 - \eta_{FIL}) * (C_{AMB} * V_{REC} + e_{DUT_R} + C_{AE} * V_{AE} + e_{UTA}) / m_{INS}$$

#### 4.1. Estágios de filtragem

Nas salas limpas, embora seja possível a obtenção de determinadas classes de limpeza apenas com a aplicação de filtragem fina, utilizam-se filtros HEPA para garantir a reprodutibilidade dos resultados dos ensaios e também em função da possibilidade efetiva de execução ensaios em campo para comprovação da efetividade do conjunto de filtragem.



Figura 18 – Principais tipos de filtros para ar

Atualmente, a norma NBR 16401: 2008 especifica apenas as classificações para filtros grossos e finos, sendo que apenas a norma NBR 7256: 2005 especifica a classe para os filtros de alta eficiência, denominando-

-os como “filtros absolutos”, conforme indicado a seguir:

- Filtragem Grossa – Eficiência gravimétrica média: 50 a 90% (para pó padrão conforme ASHRAE 52.1)
- Filtragem Fina – Eficiência para partículas de 0,4µm: 40 a 95%
- Filtragem Absoluta (termo não mais utilizado) – Eficiência para partículas de 0,3µm (DOP):
  - A1: 85 a 94,9%
  - A2: 95 a 99,6%
  - A3 (HEPA): ≥ 99,7%

A terminologia “filtro absoluto” tem sido questionada e atualmente adota-se a designação “filtro de ar de alta eficiência” (HEPA = *High Efficiency Particulate Air Filter*) para os filtros com eficiência igual ou superior a 99,7% conforme MIL Std. 282 (classe A3).

Os filtros das classes F5 e F6, atualmente designados como “filtros finos” foram reclassificados de acordo com a norma EN 779: 2010 como “filtros médios” e passarão a receber a classificação M5 e M6, respectivamente.

Já os filtros das classes A1 e A2 atualmente são designados como EPA – *Efficiency Particulate Air Filters* de acordo com a norma EN 1822: 2009 (ainda não há designação no Brasil)

A futura norma da ABNT que tratará da padronização dos filtros deve adotar as designações da norma EN 779: 2010 para filtros grossos, médios e finos e da norma EN 1822: 2009 para a classificação dos filtros EPA, HEPA e ULPA, devendo as classes atender as seguintes eficiências:

Classificação para Filtros Grossos, Médios e Finos conforme EN 779: 2010				
Grupo	Classe	Arrastância média ( $A_m$ ) de pó sintético [%]	Eficiência Média ( $E_m$ ) para partículas de 0,4µm [%]	Eficiência Mínima para partículas de 0,4µm [%]
Grossos	G1	$50 \leq A_m < 65$	–	–
	G2	$65 \leq A_m < 80$	–	–
	G3	$80 \leq A_m < 90$	–	–
	G4	$90 \leq A_m$	–	–
Médios	M5	–	$40 \leq E_m < 60$	–
	M6	–	$60 \leq E_m < 80$	–
Finos	F7	–	$80 \leq E_m < 90$	35
	F8	–	$90 \leq E_m < 95$	55
	F9	–	$95 \leq E_m$	70

Classificação para Filtros EPA, HEPA e ULPA conforme EN 1822: 2009					
Grupo	Classe	Valor Integral		Valor Local	
		Eficiência de Captura (%)	Penetração (%)	Eficiência de Captura (%)	Penetração (%)
EPA	E10	85	15	–	–
	E11	95	5	–	–
	E12	99,5	0,5	–	–
HEPA	H13	99,95	0,05	99,75	0,25
	H14	99,995	0,005	99,975	0,025
ULPA	U15	99,9995	0,0005	99,9975	0,0025
	U16	99,99995	0,00005	99,99975	0,00025
	U17	99,999995	0,000005	99,999975	0,000025

Anteriormente, a norma MIL Std 282 que adotava uma partícula de interesse com tamanho de 0,3 µm para ensaiar os filtros de alta eficiência, pois acreditava-se que a filtração de ar ocorria exclusivamente sob a forma de peneiramento.

Descobriu-se então, que existem outros mecanismos associados ao processo de filtração do ar que permitem que o filtro consiga capturar e reter tanto macro, quanto micropartículas, havendo no entanto um tamanho de partícula para a qual os filtros são menos eficientes.

Este tamanho de partícula é designado como “tamanho partícula de maior penetração” (MPPS – *Most Particle Penetration Size*) e é inerente à mídia oferecida

por cada fabricante.

Em função disso, a norma EN 1822 passou a classificar os filtros em função de sua eficiência dada em razão do tamanho de partícula de maior penetração, ou seja, os classifica em função de sua condição efetivamente mais crítica.

A seguir apresentamos um gráfico típico representando o “tamanho partícula de maior penetração” (MPPS) para um determinado tipo de mídia (figura 19).

Adicionalmente, em função dos elevados custos para reposição e da obrigatória execução de ensaios requalificação a troca, tanto as normalizações, quanto as boas práticas de engenharia recomendam a instalação

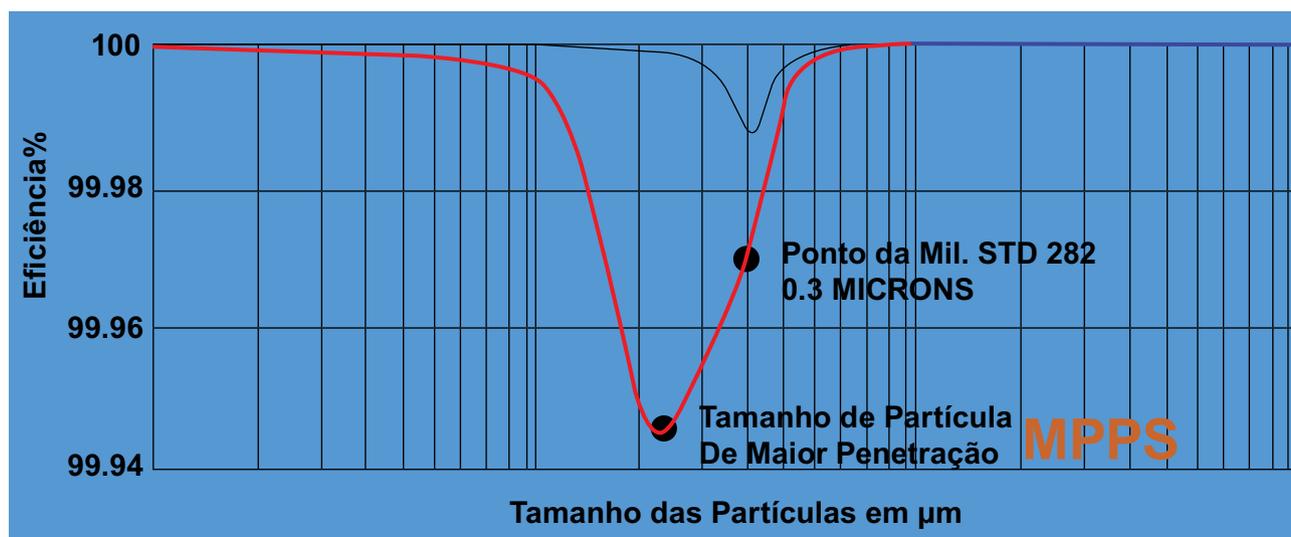


Figura 19 – Eficiência de um determinado filtro em função do tamanho da partícula de maior penetração



de pré-filtros, para reter a parte do particulado de maior granulometria, protegendo os filtros HEPA.

Filtragem Grossa → \$

Filtragem Fina → \$\$\$\$\$\$\$\$\$

Filtragem HEPA → \$

Considerando-se sua aplicação, os filtros são distribuídos da seguinte forma:

Filtragem Grossa → particulado grande / ar exterior

Filtragem Fina → particulado fina (pré-tratamento)

Filtragem HEPA → alta eficiência (filtragem final)

**Nota**

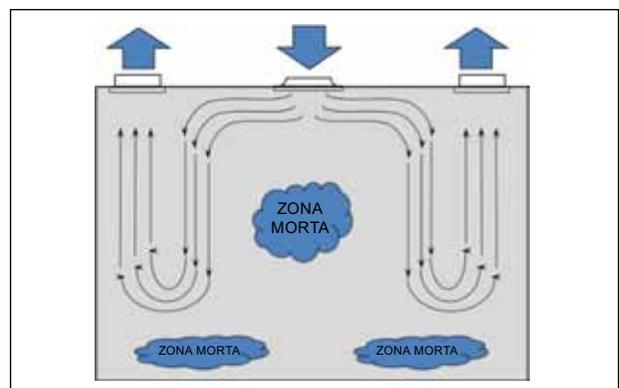
- Veja mais informações relativas aos Fundamentos da filtragem de ar no artigo publicado pelo engº Edmilson Alves, na edição 42 da Revista SBCC.

**4.2. Distribuição do ar**

Embora a filtragem seja capaz de garantir a qualidade desejada ao suprimento de ar de insuflação utilizado para combater (através da diluição / arraste) a emissão de particulados ocorrida no interior dos ambientes, deve

ser dada especial atenção à distribuição de ar empregada na área limpa.

Embora não exista um método ideal que garanta uma total homogeneidade no ambiente, é possível prever aproximadamente como o ar insuflado irá escoar ao longo do ambiente e, assim, empregar técnicas adequadas para cada necessidade ou classe de ambiente, conforme veremos nas figuras a seguir:



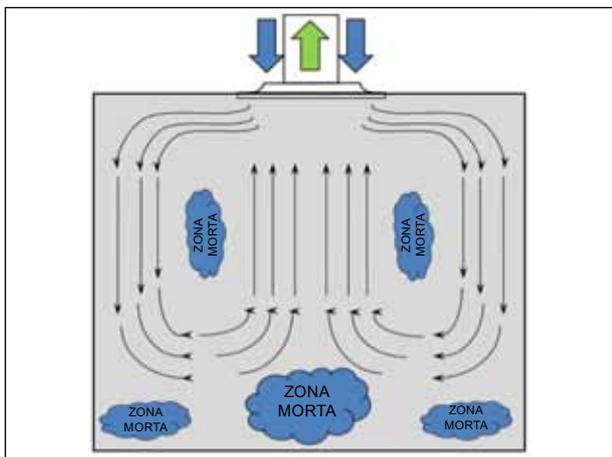
**Figura 20** – Insuflação e retorno no forro (Aplicável às classes 8 e 9)



Nossos produtos inovadores são **cuidadosamente desenvolvidos**  
para um teste mais **rápido, preciso e seguro.**

A melhor solução para determinação de endotoxina.

REPRESENTANTE EXCLUSIVO ENDOSAFE®  
charles river

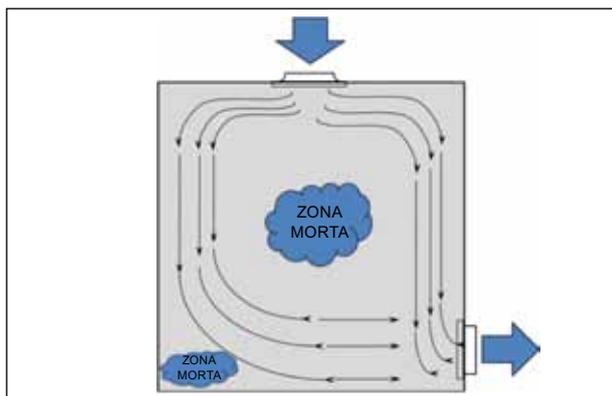


**Figura 21** – Difusor de insuflação e retorno (Aplicável às classes 8 e 9)

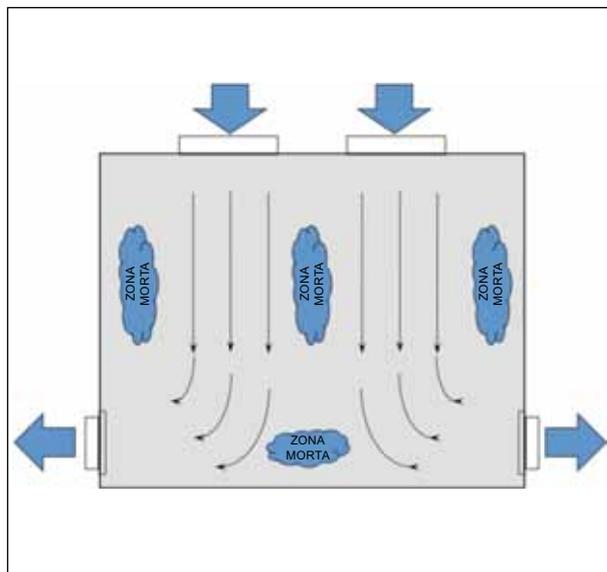
Nos exemplos das figuras 20 e 21, verificamos que quando temos tanto a insuflação quanto o retorno no forro, ocorrem “áreas mortas” (com baixa circulação de ar) junto ao piso e, dependendo do tipo de dispositivo, estas também ocorrem nas regiões situadas entre os fluxos de insuflação e retorno.

Ao posicionarmos o(s) ponto(s) de retorno próximo(s) ao piso (figuras 22 e 23), obtemos uma melhor varredura na porção inferior do ambiente, além de minimizarmos a turbulência formada pelos vórtices devido à recirculação do ar que retorna em direção ao forro (exemplo anterior), permitindo uma “decantação” mais rápida do particulado, já que o ar assume uma tendência descendente.

Cabe observar que ainda ocorrerão as “zonas mortas” nos interstícios onde há pouca ou nenhuma circulação de ar.



**Figura 22** – Insuflação no forro e retorno lateral próximo ao piso (Aplicável às classes 8 e 9) (Para classe 7 deve haver filtro terminal imediatamente antes do difusor)



**Figura 23** – Insuflação por filtro terminal no forro e retorno lateral próximo ao piso (Aplicável às classes 6 e 7)

Além disso, o escoamento é afetado pela posição dos pontos de retorno e assume uma trajetória curvilínea, tornando-se horizontal próximo à capação do retorno.

Para as classes de limpeza 1 a 5 (conforme NBR/ISO 14644-1), a técnica empregada para combater a contaminação por partículas em suspensão no ar é o método de varredura, onde os limites concentração são obtidos não somente por meio de diluição, como também através de uma varredura contínua, com regime de escoamento unidirecional, o qual carrega as partículas em direção ao retorno muito mais rapidamente que as metodologias anteriores, garantindo elevados graus de limpeza nos ambientes.

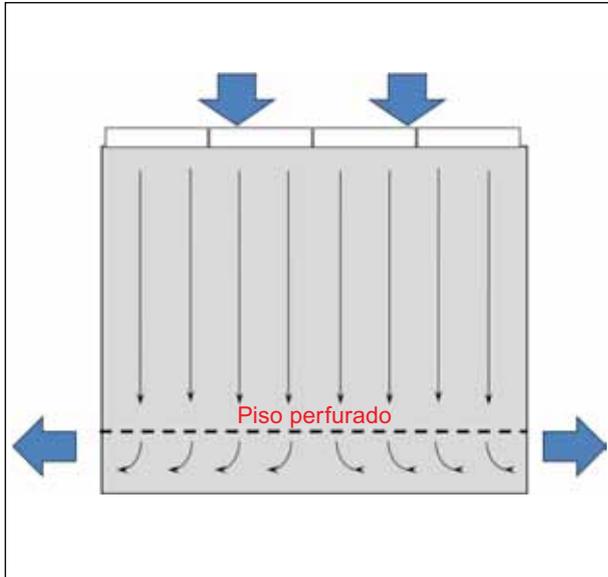
A técnica empregada na figura 24 é muito comum na indústria microeletrônica, óptica e micromecânica, contudo, não é muito adotada nas áreas farmacêuticas, dada a dificuldade de limpeza e sanitização do pleno localizado sobre o piso, o que pode se tornar um meio ambiente propício ao desenvolvimento de micro-organismos.

Adicionalmente, o escoamento perde sua unidirecionalidade ao encontrar quaisquer obstáculos em seu caminho, tais como os equipamentos de processo e as bancadas de trabalho.

Principalmente no caso das farmacêuticas, adota-se a estratégia de se garantir a unidirecionalidade apenas até o nível de trabalho (ver figura 25), a partir do qual não há mais exposição de produto e considera-se não

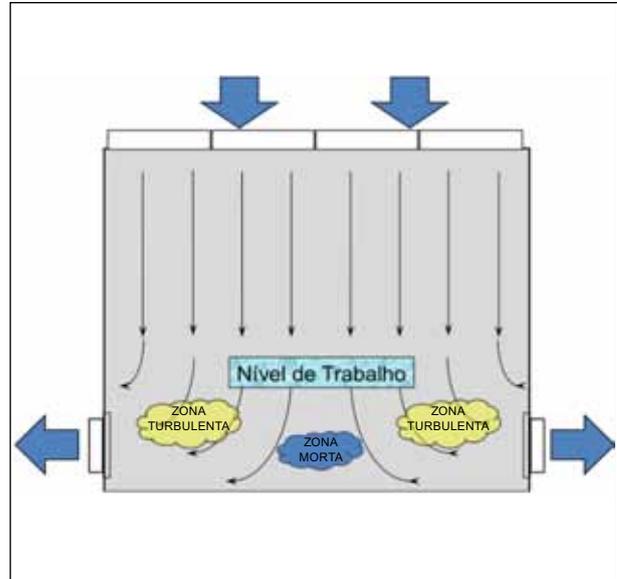
ser mais parte integrante da zona estéril, eliminando-se o pleno inferior.

Adicionalmente, existem áreas onde ocorre mais de



**Figura 24** – Insuflação por forro filtrante e retorno por pleno de piso (Aplicável às classes 1 a 5)

uma classe e mais de um regime de escoamento (tal como apresentado na figura 26). Isto é bastante comum em áreas de envase menos crítico, onde se deseja prote-



**Figura 25** – Insuflação por forro filtrante e retorno lateral próximo ao piso (Aplicável às classes 4 a 6)



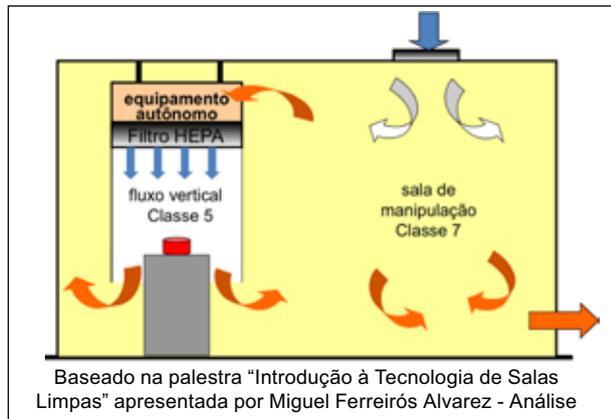
Camfil Farr Latin America  
www.camfilfarr.com  
E-mail: sac@camfilfarr.com  
Tel.: (19) 3837 3376



*A Camfil Farr é líder mundial em tecnologia em ar limpo, desenvolvendo as melhores soluções para oferecer maior eficiência operacional, segurança e proteção para pessoas, processos e instalações.*

*Consulte-nos!  
Nós sabemos como!*

ger apenas à área onde efetivamente ocorre o processo, não sendo necessário um controle tão rígido na área ocupada pelos operadores ou por outros processos.



**Figura 26** – Regime de escoamento com fluxo misto  
Existe mais de uma classe

## 5. O projeto básico

Independentemente de para quais das utilidades estejamos tratando, o projeto básico sempre terá com objetivo:

- A definição dos sistemas.
- A especificação dos equipamentos.
- O dimensionamento das instalações.

Para que isso se torne uma realidade, o projeto básico deverá seguir o procedimento:

1. Definir os objetivos a serem alcançados, sempre se baseando nas ERUs.
2. Definir a equipe, a qual deverá ser multidisciplinar e possuir representantes das áreas de operação, manutenção e limpeza, além dos membros da engenharia e gerência.
3. Distribuir tarefas e definir os prazos de execução para cada uma delas.
4. Consolidar o leiaute, definindo as antecâmaras, vestiários, "shafts" de retorno, áreas de circulação, rotas de fuga, áreas técnicas e de apoio.
5. Elaborar os fluxogramas de engenharia e memoriais de cálculos detalhados para cada sistema.
6. Dimensionar as instalações, indicando as posições e especificações das redes e de seus componentes nas plantas, cortes e detalhes que irão compor o projeto, reavaliando a cada nova modificação.

7. Elaborar os descritivos técnicos e funcionais, além do edital da concorrência. É importante definir claramente os limites do fornecimento tais como:

- Canteiro de obras com escritórios, almoxarifado, oficinas, sanitários, vestiário e refeitório.
- Fornecimento e guarda de ferramental, escadas, andaimes, extensões elétricas.
- Políticas internas de segurança patrimonial, saúde e segurança ocupacional, meio ambiente, etc.
- Requisitos de gerenciamento das montagens, incluindo a segurança ocupacional.
- Posicionamento e consumo/geração das interfaces do projeto, tais como: pontos de força, água, drenagem, esgoto e outras utilidades.
- Responsabilidade pelos transportes internos.

8. Qualificar os fornecedores para cada item do escopo ou o fornecedor global.

Deve ser verificada a experiência do fornecedor na execução das soluções previstas no projeto, se possível avaliando instalações anteriores e o índice de satisfação dos usuários com relação às mesmas.

A área de compras deverá efetuar avaliações com respeito à saúde financeira e fiscal dos proponentes.

9. Equalizar as propostas técnicas dos diferentes fornecedores.

Independentemente do nível de detalhamento e da qualidade das informações contidas no projeto, cabe verificar se os proponentes compreenderam corretamente todos os itens do escopo e se isto se encontra claramente evidenciado em suas propostas.

### 5.1. Cálculos detalhados

Como descrito ao longo deste treinamento, é durante a etapa do projeto básico em que os cálculos detalhados realmente ocorrem.

Atualmente, existem diversas metodologias que permitem estimar, com exatidão suficiente, as diversas necessidades de um projeto.

Então, para que se possa garantir a reprodutibilidade dos resultados obtidos, bem como a sua conferência, antes de se iniciarem a execução dos cálculos, **devem ser claramente indicadas a metodologia e as bases de cálculo empregadas.**

Cabe lembrar que, contrariando a crença geral, a engenharia não é uma "ciência exata" e sim uma ciência de aproximações.

Segundo o Princípio da Incerteza da mecânica quântica, **quanto mais precisamente tentarmos medir uma grandeza física, mais imprecisa será nossa medição.**

Isto implica que diversos comportamentos físicos não podem ser completamente previstos e poderão apresentar diferentes resultados a cada novo ensaio.

Por este motivo, recomenda-se ao projetista que **utilize valores normalizados, aplicando as correções necessárias.**

Os manuais de física foram elaborados com base em experimentações e observações e já possuem séculos de idade e a maior parte dos manuais de engenharia, além de serem baseados nos manuais de física, reproduzem várias décadas de suas próprias experimentações.

*Certamente podemos nos basear em nossas próprias experiências e experimentações na elaboração de nossos projetos. Foi desta forma que os manuais e normas da engenharia surgiram.*

Porém, quando os projetos são baseados nestas normas, sua probabilidade de êxito aumenta, além de existir amparo técnico e legal no caso de falhas.

Sempre se deve ter em mente que **os cálculos só estarão concluídos após a definição e todos os componentes do sistema.** Quaisquer modificações efetuadas no projeto podem afetar as cargas ou o escoamento, sendo necessário verificar novamente os cálculos para se certificar que o sistema será capaz de absorver a mudança. Um exemplo disso é:

*Devido ao atrito entre o fluido e a parede de seu condutor, a perda de carga afeta as condições do fluido e pode modificar sua temperatura, viscosidade e/ou volume específico, podendo inclusive alterar o regime de escoamento. Além disso, como a **potência consumida** é, primariamente, resultado da multiplicação da vazão pela perda de carga, esta será modificada pelo aumento da perda de carga.*



### Dutos TDC para Sala Limpa

São construídos com cuidados especiais, desde a fabricação até a instalação na obra, para atender a norma NBR 16401, que define bitola de chapa e reforços com base na pressão do duto bem como os serviços que devem ser executados para atender o grau de vedação especificado. Após fabricação, é necessário a higienização do duto e o fechamento das bocas com filme plástico, para evitar a contaminação.



Vendas: (11) 3044 2265 - [www.powermatic.com.br](http://www.powermatic.com.br)



**LINTER** FILTROS INDUSTRIAIS  
Tel.: (11) 5643-4477  
[www.linterfiltros.com.br](http://www.linterfiltros.com.br)

No entanto, cabe ao projetista **considerar** em seus cálculos **um determinado sobredimensionamento do motor** (coeficiente de segurança) **durante a etapa de projeto, de forma a evitar a necessidade de sua substituição durante a execução dos procedimentos** de Testes Ajustes e Balanceamento (TAB), **o que custaria muito mais caro.**

Cabe lembrar que **em escoamento ditos “newtonianos”** a relação entre as potências final ( $N_1$ ) e de projeto ( $N_0$ ), varia proporcionalmente ao cubo da relação das rotações ( $n_1/n_0$ ):

$$\frac{N_1}{N_0} = \left(\frac{n_1}{n_0}\right)^3$$

*Muitos fabricantes adotam/recomendam um sobredimensionamento de apenas 10% a 15% (para potências superiores a 3,75 kW), porém, caso precisemos de um aumento de rotação de apenas 3% ( $n_1/n_0 = 1,03$ ) após o término do TAB, já teremos aumentado a potência consumida em 9,3%.*

**No caso de sistemas térmicos, quaisquer sobredimensionamentos devem ser evitados** (ou considerados com muito cuidado), uma vez que os componentes são sempre dimensionados em função de sua capacidade máxima estimada e, eventuais sobredimensionamentos **poderão afetar a autoridade do sistema de automação.**

Também cabe lembrar que nas estimativas já existem diversos coeficientes de segurança embutidos, algumas vezes desconhecidos, e que, na grande maioria dos casos, o fabricante (que também considerou seus fatores de segurança), dificilmente irá dispor de equipamentos com exatamente a capacidade requerida, incorrendo em um sobredimensionamento adicional durante a aquisição do equipamento.

**Todas as informações que afetem direta ou indiretamente o dimensionamento devem ser adequadamente documentadas.** Por exemplo: potência verificada em campo, fatores de simultaneidade de utilização, período de trabalho, iluminação, posição e carga de trabalho dos operadores considerada no memorial de cálculos de carga térmica.

Tanto os desenhos como os memoriais de cálculo

devem ter documentadas todas as suas revisões, para que se possa avaliar o histórico das modificações.

Ao término de um dimensionamento **deve ser comparada a necessidade do sistema com os produtos comerciais disponíveis no mercado e adequada sempre que possível à esta disponibilidade.**

Não é incomum o resultado dos cálculos requerer um equipamento 2% a 3% maior que o produto comercial disponível, porém, com pequenas revisões no cálculo (por exemplo: adequando-se os diferenciais de temperatura), pode-se verificar que seria possível atender o sistema com variações muito pequenas nas condições do processo. Obviamente, isto deve ser acordado entre as partes envolvidas.

Durante o selecionamento ou a aquisição dos equipamentos, **deve ser efetuada uma comparação entre os consumos dos equipamentos ofertados** em cada proposta.

Um exemplo disto, pode ser a seleção de moto-ventiladores, onde é possível obter várias seleções, com rotores de tipos e/ou diâmetros diferentes, todas atendendo as necessidades do processo, porém com consumos radicalmente diferentes.

Nestes casos, embora o custo de aquisição do item possa parecer menor, seu custo de propriedade se torna significativamente maior, o que pode ocorrer já durante a instalação (em função do cabeamento e acionamentos maiores) ou à médio prazo, em função de seu maior consumo.

## 5.2. Fluxogramas de engenharia

### 5.2.1. Definição

Os Fluxogramas de Engenharia são representações esquemáticas que identificam de forma gráfica (através de simbologias e nomenclaturas ou tags), os componentes geradores e consumidores de um sistema, processo ou utilidade, bem como a interligação entre estes componentes.

Para tanto, os fluxogramas devem representar:

- Símbolos, tags (identificações) e a interligações entre os componentes
- O valor e as condições requeridas de cada escoamento (vazão, pressão, temperatura, umidade, etc.)
- Os pontos de regulação, controle, bloqueio e monitoramento

- Os consumos energéticos ou de fluidos (água, ar exterior, ar comprimido, etc.) de cada componente.
- Os pontos de interligação com outros sistemas.
- A legenda e simbologia empregada.

Cabe lembrar que nem sempre existe um padrão normalizado para simbologia dos equipamentos e componentes, cabendo ao projetista explicitar em sua documentação a simbologia empregada, de forma a garantir a correta interpretação dos diagramas.

### 5.2.2. Representando os escoamentos

Um dos pontos mais importantes dos fluxogramas, que geralmente consiste em seu objetivo final e que deu origem ao nome deste tipo de representação é a indicação dos escoamentos (ou fluxos):

“fluxo” = escoamento ou vazão

“grama” = vem de diagrama ou representação gráfica

Então:

“fluxograma” = diagrama de fluxos

Deste modo, os fluxogramas consistem na indicação dos escoamentos através de cada um dos componentes de um sistema, por meio de sua representação gráfica em um diagrama esquemático do sistema.

Geralmente, esta representação é feita indicando-se diretamente os valores e condições de cada escoamento sobre as linhas que interconectam os componentes do sistema ou indicando-se numericamente cada trecho e utilizando uma tabela para indicar as condições de cada escoamento.

Então, para representarmos a produção de objetos sólidos, bastaria indicarmos o número de unidades que entram e saem do processo:

$$\sum n_{\text{entrada}} = \sum n_{\text{saída}}$$

$$1000 + 161 = 1000 + 161$$

Em outras palavras, se entrarem 1000 (frascos de 100ml) mais 161 (frascos de 500ml) na linha de produção, teremos uma produção de 1000 (frascos de 100ml) mais 161 (frascos de 500 ml).

**SOLUÇÕES PARA SALAS LIMPAS**  
**Contador de Partículas à laser portátil**  
**modelo P311 marca AiryTechnology**



**CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:**  
 Contador de partículas para medições absolutas e diferenciais;  
 Datalogger interno: Memória para 8.000 medições;  
 Comunicação: USB;  
 Exportação em .CSV;

**FAIXA DE MEDIÇÃO:**  
 Contagem de partículas: De 0,3 a 5,0 µm  
 Três canais para contagem de partículas:  
 - 0,3 µm  
 - 5,0 µm  
 - Canal médio: 0,5, 1,0, 2,0 ou 2,5 µm (selecionável)  
 Limite de concentração:  $\approx 113.300$  partículas/m<sup>3</sup>  $\pm 5\%$

**PRINCIPAIS APLICAÇÕES:**  
 - Certificação ISO para salas limpas (ISO Classe 4+);  
 - Medições dos pontos em salas limpas;  
 - Análise de fonte de partículas;  
 - Teste de filtro;  
 - Análise da qualidade do ar interior;  
 - Controle de qualidade.

**INCLUSO NO FORNECIMENTO:**  
 - Maleta em alumínio, software, cabo USB, certificado de calibração, dispensador de bateria AC/DC, manual, conjunto de pilhas recarregáveis com carregador e filtro.



Conheça nossa linha completa de equipamentos para medição de temperatura, umidade, pressão, vazão de ar, velocidade e direção do vento e estações meteorológicas acessando [www.romiotto.com.br](http://www.romiotto.com.br)

**RoMiotto**  
 Instrumentos de Medição

RoMiotto Instrumentos de Medição Ltda  
 Rua São Leonardo, 187 - São Paulo - SP  
 Telefones: (11) 3976-4003 | (11) 3999-7737  
[info@romiotto.com.br](mailto:info@romiotto.com.br) | [www.romiotto.com.br](http://www.romiotto.com.br)

**CABINAS DE SEGURANÇA BIOLÓGICA**

**TOTAL PROTEÇÃO AO PRODUTO, OPERADOR E AMBIENTE**



A família de cabinas BioSAFE foi projetada para realizar trabalhos biológicos, preparação de produtos e pesquisas envolvendo agentes de risco moderado. As aplicações típicas incluem manipulações e pesquisas microbiológicas, diagnósticos, cultura de células e procedimentos que envolvem substâncias tóxicas.

Equipamentos projetados e construídos de acordo com a NSF-49

**VECO** Vecoflow   Farma

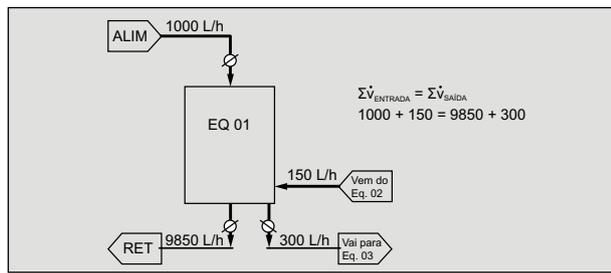
(19) 3787-3700 - [www.veco.com.br](http://www.veco.com.br) - [veco@veco.com.br](mailto:veco@veco.com.br)

A quantidade física não irá se modificar.

No entanto, como afirmado anteriormente, as condições de escoamento dos fluidos podem afetar o próprio escoamento, deste modo, é importante salientar que:

Quando representamos o escoamento de fluidos ditos incompressíveis (a maioria dos líquidos), não haverá diferença na representação dos escoamentos na forma de “vazão volumétrica” ou “vazão mássica”, uma vez que, para efeitos práticos, considera-se que não ocorrerá variação no volume dentro das condições impostas pelo escoamento.

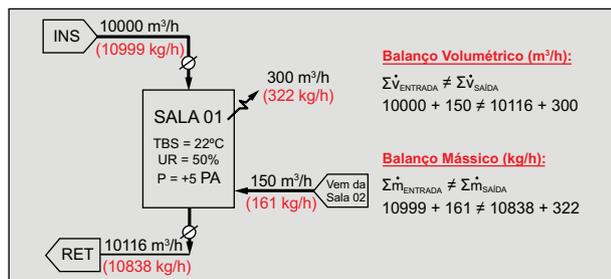
Assim, os escoamentos podem ser representados na forma volumétrica sem quaisquer prejuízos (efeitos) sobre o processo (figura 27):



**Figura 27** – Fluxograma de Engenharia para Fluidos Incompressíveis

Na figura 27, adotando quaisquer líquidos miscíveis e considerados incompressíveis, não haverá variação do volume específico da mistura, então a somatória do fluxo que vem de “ALIM” ao que “Vem do Eq 02”, resulta nos fluxos que saem do “Eq 01” para “RET” e “Eq 03”.

No entanto, no caso dos fluidos compressíveis (gases), uma vez que o volume específico irá variar em função da temperatura, pressão, concentração de sólidos, etc., às quais o fluido está submetido, então sua representação apenas sob a forma de “vazão volumétrica” já não é suficiente, como verificamos na figura 28:



**Figura 28** – Fluxograma de Engenharia para Fluidos Compressíveis

Na figura 28, o fluxo que “vem da sala 02” e os fluxos que saem da “Sala 01” (retorno “RET” e sobrepressão) são considerados (aproximadamente) nas mesmas condições e possuem (praticamente) o mesmo volume específico.

No entanto, considerando-se que a função do fluxo de insuflação (INS) é de resfriar e desumidificar a “Sala 01” e, portanto, irá se aquecer e absorver umidade, seu volume específico irá aumentar, causando variação no escoamento volumétrico do ambiente.

No caso, descontando a infiltração de 150 m³/h oriunda da “Sala 02”, verificamos que ocorreu uma variação do volume específico de apenas 2,66%, correspondente à variação de temperatura e umidade do fluxo de ar de insuflação.

Se esta variação fosse desprezada, tanto o dimensionamento do moto-ventilador (se houvesse), quanto o dos dutos de retorno estaria incorreto.

Lembrando-se que a variação da potência é proporcional ao cubo da variação da vazão, uma aceleração de 2,66% seria responsável por um aumento de 8,19% na potência requerida (consumo) pelo sistema.

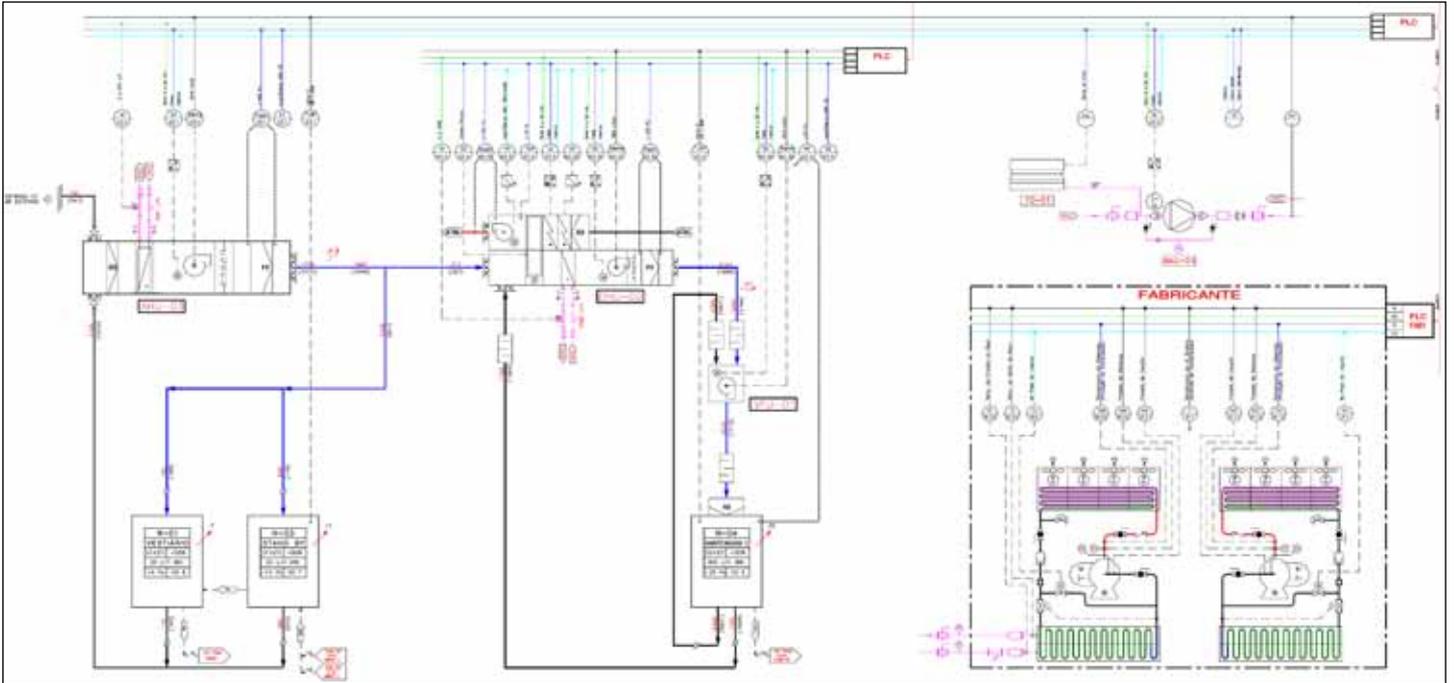
### 5.2.3. Automação e Controle - Diagramas de P&I

Os sistemas de automação e controle são abordados em palestra específica apresentada neste seminário.

As figuras 29 e 30, a seguir, foram elaboradas apenas para ilustrar e fornecer uma breve explanação sobre a necessidade e importância da elaboração dos diagramas de P&I (*Process and Instrumentation*), também conhecidos como P&ID (*Process and Instrumentation Diagram*).

Na realidade, a menos que sejam indicados os escoamentos, estes diagramas não poderiam ser considerados “fluxogramas”, pois não representam nem o “fluxo” (no caso, a sequência) do processo de controle, nem “os escoamentos do processo”, embora, muitas vezes, sejam chamados de fluxogramas de P&I.

No exemplo da figura 29, foi utilizado um fluxograma de engenharia do sistema de VAC-R, no qual foram representados os pontos de controle, indicados em um diagrama do tipo “varal”, para permitir a identificação dos sensores e atuadores, além do tipo de variável controlada e de sinal operado (analogico ou digital), o que é muito útil para a quantificação dos instrumentos e definição das interfaces dos CLPs (Centrais Lógicas Programáveis).



**Figura 29** – Fluxograma de P&I de um sistema de VAC-R

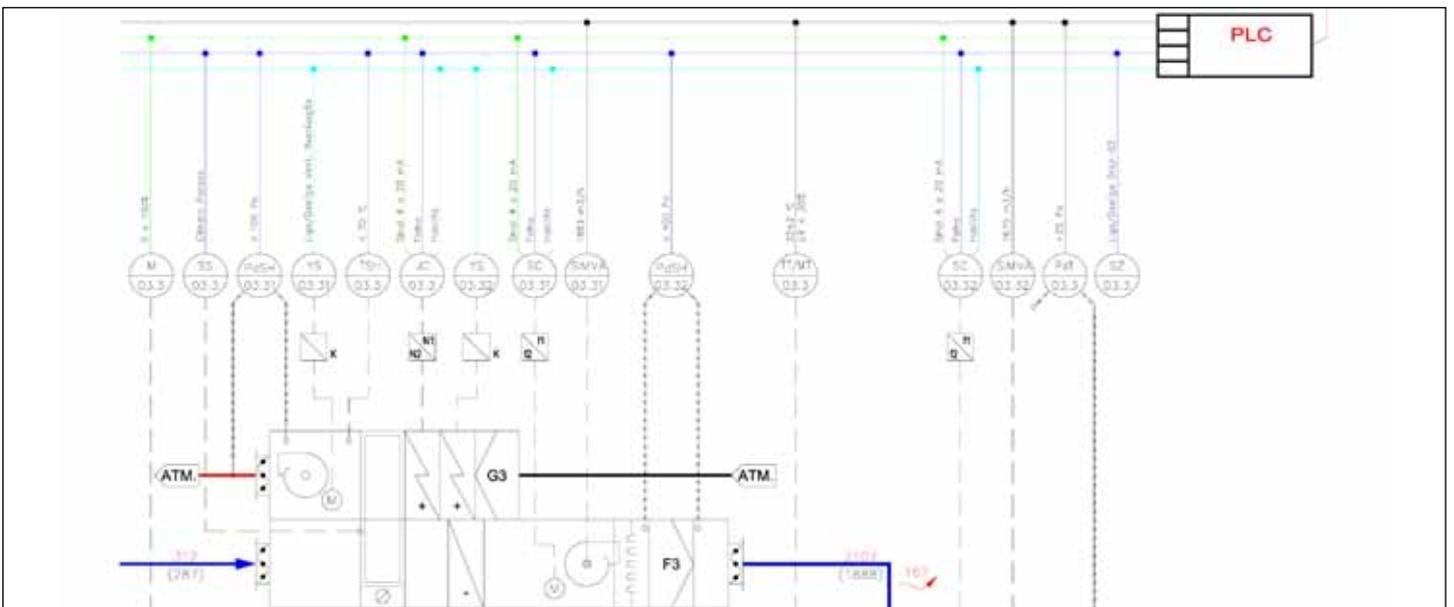
Na figura 30, vemos ampliado um trecho do diagrama anterior, para permitir uma melhor visualização das simbologias, identificações e dados de operação dos diversos instrumentos utilizados para controlar esta parte do sistema.

Cabe observar que o “tag” de cada componente possui uma sequência alfanumérica que permite identificar sua aplicação e número sequencial.

Além das linhas que indicam o tipo de sinal operado

e a qual CLP cada um dos instrumentos está conectado, também são representadas linhas que os conectam aos seus pontos de monitoração/atuação.

Também é uma boa prática, indicar o ponto de ajuste (*set-point*) ou a faixa (*range*) na qual irá operar cada sinal operado no sistema. Isto permitirá escolher adequadamente cada um dos sensores e atuadores do sistema, além de facilitar a interpretação do diagrama e a elaboração dos algoritmos de controle.



**Figura 30** – Fluxograma de P&I de um sistema de VAC-R (detalhe ampliado)