

APOSTILA

# CONCURSO

TOTALMENTE ELABORADA DE ACORDO COM EDITAL

NÍVEL MÉDIO

**DOMINA**  
CONCURSOS

[WWW.DOMINACONCURSOS.COM.BR](http://WWW.DOMINACONCURSOS.COM.BR)



## QUEM SOMOS

A Domina Concursos, especialista há 8 anos no desenvolvimento e comercialização de apostilas digitais e impressas para Concurso Públicos, tem como foco tornar simples e eficaz a forma de estudo. Com visão de futuro, agilidade e dinamismo em inovações, se consolida com reconhecimento no segmento de desenvolvimento de materiais para concursos públicos. É uma empresa comprometida com o bem-estar do cliente. Atua com concursos públicos federais, estaduais e municipais. Em nossa trajetória, já comercializamos milhares de apostilas, sendo digitais e impressas. E esse número continua aumentando.

## MISSÃO

Otimizar a forma de estudo, provendo apostilas de excelência, baseados nas informações de editais dos concursos públicos, para incorporar as melhores práticas, com soluções inovadoras, flexíveis e de simples utilização e entendimento.

## VISÃO

Ser uma empresa de Classe Nacional em Desenvolvimento de Apostilas para Concursos Públicos, com paixão e garra em tudo que fazemos.

## VALORES

- Respeito ao talento humano
- Foco no cliente
- Integridade no relacionamento
- Equipe comprometida
- Evolução tecnológica permanente
- Ambiente diferenciado
- Responsabilidade social

## PROIBIDO CÓPIA

Não é permitida a revenda, rateio, cópia total ou parcial sem autorização da Domina Concursos, seja ela cópia virtual ou impressa. Independente de manter os créditos ou não, não importando o meio pelo qual seja disponibilizado: link de download, Correios, etc...

Caso houver descumprimento, o autor do fato poderá ser indiciado conforme art. 184 do CP, serão buscadas as informações do responsável em nosso banco de dados e repassadas para as autoridades responsáveis.

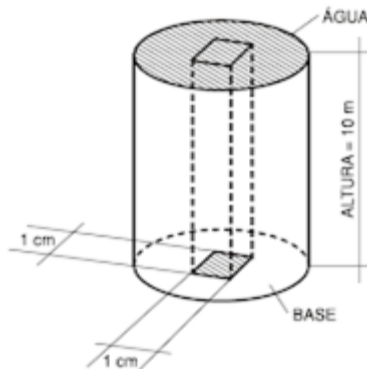
## Conhecimentos específicos

*"Camuflar um erro seu é  
anular a busca pelo  
conhecimento. Aprenda  
com eles e faça novamente  
de forma correta."*

Nara Nubia Alencar

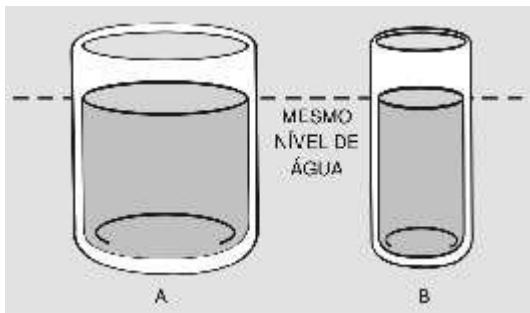
**Hidráulica**

Quando aplicamos uma determinada força sobre uma superfície qualquer, ocorre o que chamamos de pressão. Se imaginarmos um reservatório com 10 metros de altura, cheio com água. Qual a pressão teríamos no fundo deste reservatório? A pressão no fundo deste reservatório seria de 10 metros de força por  $\text{cm}^2$  que corresponde à  $1\text{kgf}/\text{cm}^2$ , independente do diâmetro do reservatório.

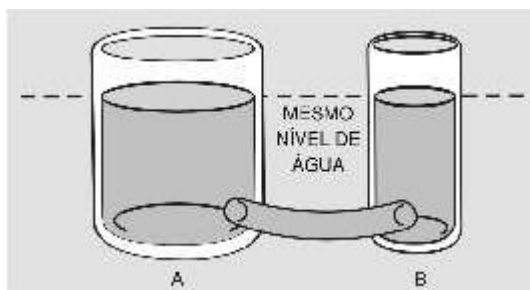


Existe um princípio muito importante para este estudo chamado de princípio dos vasos comunicantes. Vasos comunicantes, é um termo utilizado para designar a ligação de dois recipientes através de um duto aberto. Um recipiente formado por diversos ramos que se comunicam entre si, constitui um sistema de vasos comunicantes. Veja o exemplo a seguir:

Na figura abaixo, verifique em qual dos dois recipientes há maior pressão exercida no fundo.



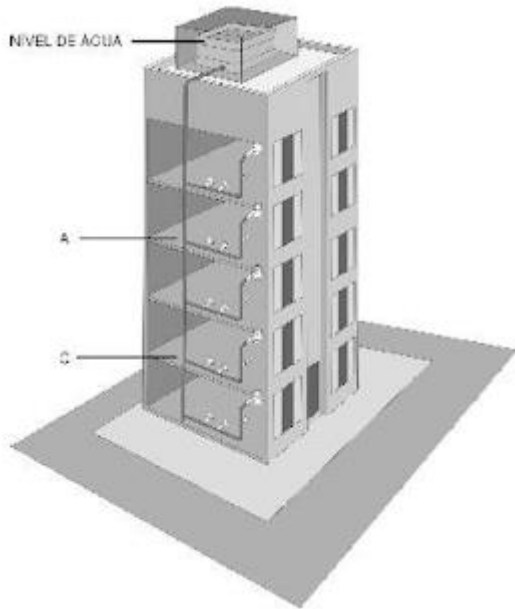
Logo imaginamos que há maior pressão no fundo do recipiente A. Porém, se ligarmos estes recipientes através de um tubo como mostra na próxima figura, vamos perceber que os níveis permanecem os mesmos nos dois recipientes. Isto nos faz perceber que se a água contida no recipiente A estivesse exercendo maior pressão, a água contida no recipiente B transbordaria. No entanto isto não acontece. Esta prática é chamada de "Princípio dos Vasos Comunicantes".



Após esta experiência, podemos concluir que: A pressão que a água exerce sobre uma superfície, não depende do volume de água, mas sim da altura do nível da água. Independente da forma e da capacidade de reserva do recipiente, se a altura do nível da água for a mesma, a pressão também será a mesma.

Em uma instalação predial, a água exerce uma força contra as tubulações, este esforço é que chamamos de pressão.

No esquema abaixo, observaremos que a pressão no ponto A, é menor que a pressão no ponto C, pelo simples fato do ponto A estar mais próximo do nível da água do reservatório. A pressão no ponto C é maior, pois os pontos tem um desnível maior em relação ao nível da água do reservatório.



#### Como Podemos Medir Uma Pressão

Para medir uma determinada pressão em hidráulica, a unidade de medida mais utilizada é o quilograma força por centímetro quadrado  $\text{Kgf/cm}^2$ . Podemos encontrar outras unidades de medidas, como segue:

- mca Metro de coluna d'água
- Kpa Kilo pascal

As equivalências dessas unidades são:

- $1 \text{ Kgf/cm}^2 = 10 \text{ m.c.a}$
- $1 \text{ Kgf/cm}^2 = 100 \text{ Kpa}$

Exemplo: Os tubos fabricados em PVC, segundo o fabricante resistem a uma pressão de 750 Kpa. Qual é o valor desta pressão em  $\text{Kgf/cm}^2$  e em m.c.a?

Resposta: O valor desta pressão em quilograma força por centímetro quadrado é  $7,5 \text{ Kgf/cm}^2$ . Em metro de coluna d'água é 75 m.c.a.

Para verificar a pressão de uma rede, podemos utilizar um manômetro. O manômetro deve ser acoplado no ponto mais baixo da rede, para que possamos saber qual é a maior pressão nesta. Os outros pontos da rede devem ser isolados com plugs, mas antes de apertar os plugs, é necessário esperar o ar sair das tubulações, para uma maior precisão.

#### Pressão Estática, Pressão Dinâmica e Pressão de Serviço

Nas instalações prediais, trabalhamos com três tipos de pressões, que são: Pressão estática, pressão dinâmica e pressão de serviço.



**Pressão Estática:** É a pressão que obtemos quando a água está em repouso, ou seja quando ela está parada. Por exemplo: Quando uma torneira está fechada, não há movimentação da água dentro da tubulação, a água está em repouso. Se o desnível entre a torneira e o nível da água do reservatório for de 5 metros, teremos então uma pressão estática de 5 m.c.a ou 0,5 Kgf/cm<sup>2</sup>.

A norma que trata dos assuntos relacionados à instalação predial de água fria é a NBR 5626.

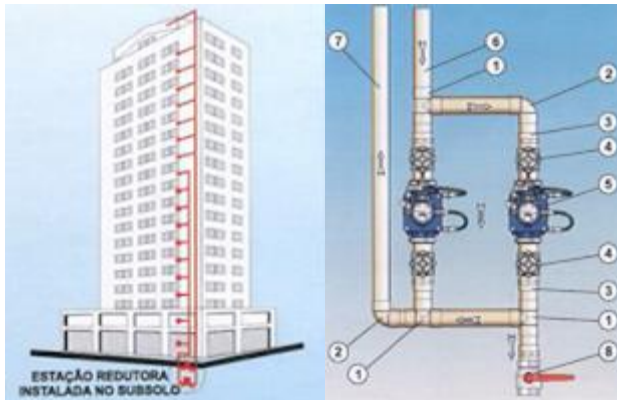
Em relação a pressão estática de uma rede predial, ela faz a seguinte consideração: Em uma instalação predial, em qualquer ponto, a pressão estática não pode ser maior do que 40 m.c.a, ou seja, 4 Kgf/cm<sup>2</sup>.

Como podemos explicar então o fato de encontrarmos nas grandes cidades prédios com mais de 40 metros de altura?

A solução de menor custo, de menor mão de obra e que ocupa menos espaço, é fazer a instalação de válvula redutoras de pressão.

Estas válvulas normalmente são instaladas no sub-solo dos edifícios, mas pode ser instalada no meio do prédio como mostra nas figuras:

- 1º No sub-solo do prédio



- 2º No meio do prédio



**Pressão Dinâmica:** Ao contrário da pressão estática, a pressão dinâmica é obtida quando a água está em movimento, ou seja, quando ela não está em repouso. Esta pressão pode ser medida através de um manômetro. A pressão dinâmica depende de alguns fatores da tubulação, tais como: Traçado da tubulação e diâmetros adotados. O valor de pressão dinâmica é, a pressão estática menos o valor das perdas de carga localizadas e distribuídas.

**Pressão de Serviço:** É a pressão máxima que podemos submeter um tubo ou qualquer outro dispositivo hidráulico. Segundo a NBR 5626 da ABNT, o fechamento de qualquer peça de utilização não pode provocar sobre-pressão em qualquer ponto da instalação que seja maior que 20 m.c.a acima da

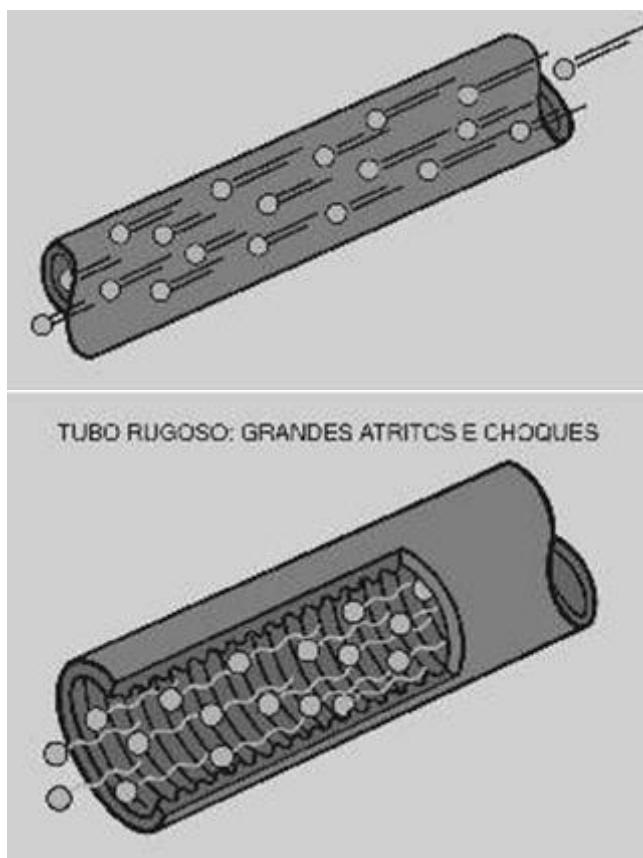
pressão estática neste ponto. É o mesmo que dizer que a pressão de serviço nunca deverá ultrapassar à 60 m.c.a, já que o resultado da pressão estática máxima (40 m.c.a) somada à máxima sobrepressão (20 m.c.a) é de 60 m.c.a.

É de grande importância seguir estas recomendações para evitar possíveis transtornos, como: Rompimento de tubulações e/ou conexões, diminuição da vida útil de alguns dispositivos, etc. É importante ressaltar que, independente do material da tubulação, deve-se tomar estas informações como base, pois a norma não faz divisão em relação aos materiais na qual as tubulações são fabricados.

### **Perda de Carga**

Na hidráulica, a perda de carga é um fenômeno que ocorre devido ao atrito entre as partículas da água e a parede da tubulação ou quando há mudança de direção na mesma. Este atrito faz com que a água escoe com mais dificuldade, reduzindo assim a sua energia. Podemos dizer então que o líquido perdeu pressão ou seja perdeu carga.

Nos tubos com paredes lisas, a perda de carga será menos, pois o escoamento da água será menos turbulento, quanto mais rugosa for a parede interna da tubulação, maior será a perda de carga.



Toda tubulação, por lisa que seja, a água sofrerá uma perda de pressão. Não existe escoamento sem perda. O que deve ser feito, é reduzir essas perdas ao máximo possível. Os tubos em Polipropileno (PPR) da Amanco por exemplo, são tubos com a parede interna extremamente lisa, mas ainda assim sofre perda de carga, perda esta que é muito menor ao compararmos com tubos em aço galvanizados.

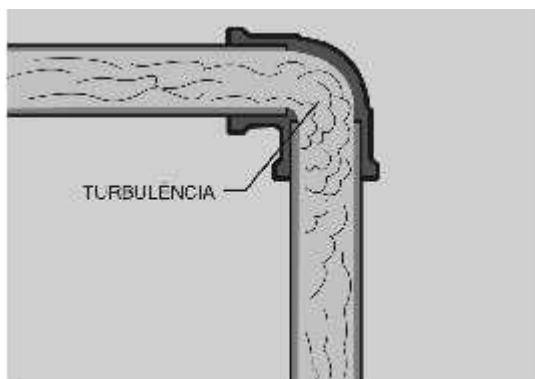
### **Classificação das Perdas de Carga**

Distribuída: Esta perda de carga acontece ao longo de uma tubulação em consequência do atrito das partículas da água com a parede da tubulação. Sendo assim, quando maior for o trecho de uma tubulação, maior será a perda de carga. O diâmetro também tem influência na perda de carga. Quanto menor for o diâmetro, maior será o atrito com as paredes da tubulação, causando assim uma maior perda de energia.



**Localizada:** Esta perda de carga acontece quando há mudança de direção da água na tubulação ou quando o líquido passa por conexões ou dispositivos. Ao mudar de direção, a água perde muita energia, pois primeiramente ela entra em choque direto com a curva para depois continuar seu caminho, neste momento de impacto, a perda de carga é muito grande.

É por isso que quanto menor o número de conexões em uma instalação, melhor será o desempenho desta, pois a perda de energia do líquido também será bem menor, além de reduzir no custo da obra.



#### Instalação e manutenção de tubulações ar comprimido

O ar comprimido é uma importante forma de energia, insubstituível em diversas aplicações e resultado da compressão do ar ambiente (atmosférico), cuja composição é uma mistura de oxigênio (~20,5%), nitrogênio (~79%) e alguns gases raros.

Atualmente, cerca de 5 bilhões de toneladas de ar são comprimidas por ano em todo o planeta, gerando um consumo de 400 bilhões de kWh a um custo de 20 bilhões de dólares.

São números astronômicos, que provocam um grande impacto no meioambiente, mas que poderiam ser substancialmente reduzidos com medidas racionais.

Na indústrias, um metro cúbico de ar à pressão de 7 barg custa em torno de meio centavo de dólar (1,0 m<sup>3</sup> ar ~ US\$ 0,005) apenas em energia.



Em função das perdas decorrentes da transformação de energia, o ar comprimido (energia pneumática) pode custar de sete a dez vezes mais do que a energia elétrica para uma aplicação similar, embora isso seja normalmente compensado pelas vantagens de flexibilidade, conveniência e segurança apresentadas pela energia pneumática.

Entretanto, procure sempre verificar se o ar comprimido é realmente necessário para aquela tarefa particular ou se pode ser substituído pela eletricidade.

O importante é ter em mente que o consumo racional do ar comprimido deve ser uma preocupação constante entre os usuários.

As tabelas das próximas páginas relacionam e quantificam as perdas de energia usualmente verificadas num sistema de ar comprimido.

#### Vazamento de ar comprimido

Todos os sistemas de ar comprimido têm vazamentos e são comuns perdas de até 40% de todo o ar comprimido produzido.

Portanto, identificar, eliminar e reduzir os vazamentos de ar comprimido é uma das maneiras mais simples e eficientes de economizar a energia necessária para a compressão.

Válvulas, tubos, mangueiras e conexões mal vedados, corroídos, furados e sem manutenção são responsáveis por vazamentos de enormes proporções num sistema pneumático.

Um método simples para estabelecer a grandeza dessas perdas é interromper o consumo de todo o ar comprimido do sistema, mantendo os compressores em operação.

Com isso, a pressão na rede chegará ao seu limite máximo. Dependendo do tipo de controle de cada compressor, eles deveriam desligar-se ou entrar em alívio, pois não haveria consumo de ar.

Se existirem vazamentos, a pressão na rede cairá e os compressores (total ou parcialmente) voltarão a comprimir. Medindo-se os tempos carga/alívio dos mesmos e sabendo-se sua vazão efetiva, pode-se deduzir a magnitude total dos vazamentos.

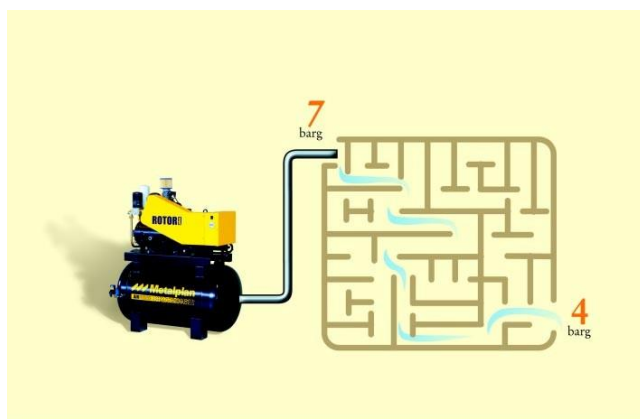
#### Vazamento através de diferentes orifícios x custo energético

Diâmetro do orifício de vazamento (pol)	1/32"	1/16"	1/8"	1/4"	3/8"
m <sup>3</sup> /h vazamento	2,72	10,9	44,2	174,0	397,5
US\$/ano	65,00	260,00	1.056,00	4.160,00	9.500,00

#### Perda De Carga (Queda De Pressão)

Além da redução da pressão do ar comprimido provocada por uma rede de distribuição inadequada (diâmetro da tubulação inferior ao necessário, layout incorreto da tubulação, curvas e conexões em excesso, etc.), um sistema de ar comprimido também pode estar operando numa pressão muito superior à exigida pela aplicação.

O cálculo correto das redes de distribuição principal e secundárias, a manutenção (substituição) periódica de elementos filtrantes saturados, a regulação precisa da pressão de cada ponto de consumo, a escolha de componentes e acessórios com menor restrição ao fluxo de ar, bem como a seleção correta do compressor em função das necessidades de pressão do sistema, poderão contribuir de forma fundamental para a redução do consumo de energia associado à perda de carga.



A tabela abaixo apresenta alguns custos com a queda de pressão

m <sup>3</sup> /h	340		800		1700	
$\Delta P$ bar (psi)	0,07 (1)	0,14 (2)	0,07 (1)	0,14 (2)	0,07 (1)	0,14 (2)
US\$/ano	140,00	280,00	330,00	660,00	700,00	1.400,00

Temperatura de admissão do ar

A elevação da temperatura ambiente diminui a densidade do ar, provocando uma redução da massa aspirada pelo compressor. Em consequência, a eficiência do compressor fica comprometida.

Dessa forma, recomenda-se a instalação de dutos na tomada de ar do compressor para permitir a sucção de ar ambiente fresco oriundo da parte externa das instalações.

Admite-se que uma redução de 3°C na temperatura de admissão do ar ambiente pelo compressor implica numa economia de energia de 1%.

### Os Equipamentos De Um Sistema De Ar Comprimido

A figura a seguir ilustra um sistema de ar comprimido típico, com os equipamentos habitualmente necessários para o fornecimento confiável de ar comprimido de qualidade.



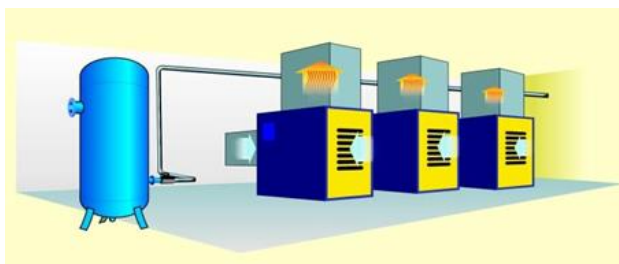
Na realidade, a quantidade e o tipo de cada equipamento utilizado é função da aplicação do ar comprimido.

Aplicações mais críticas exigem sistemas redundantes, com fontes de energia alternativas, para garantir o suprimento de ar comprimido em situações de emergência.

Outras aplicações irão requerer um sistema de purificação do ar mais sofisticado, com monitoração constante do nível de contaminação, a fim de evitar danos irreversíveis aos usuários.

### Geração De Ar Comprimido

A sala dos compressores



Os compressores e demais de equipamentos de geração, tratamento e armazenamento de ar comprimido situam-se na categoria de utilidades, tais como caldeiras, geradores, tratamento, bomba etc.

Dessa forma, procure respeitar as seguintes orientações:

- Reserve uma sala específica para isso, separada das demais áreas da empresa.
- O ruído emitido pelos equipamentos deve ser isolado do exterior.
- O ingresso na sala deve ser permitido apenas ao pessoal autorizado, portando os EPI's mínimos exigidos por lei, como o protetor auricular
- A captação do ar atmosférico deve ficar distante de quaisquer tipos de fontes de contaminação ou calor, tais como: torres de resfriamento de água, ruas sem calçamento, banhos químicos, chaminés, caldeiras, escapes de motores de combustão, etc. O descuido com esse item gera problemas com a qualidade do ar comprimido e com o consumo de energia.
- O arrefecimento de compressores resfriados a ar deve ser realizado por dutos de entrada e saída, procurando-se obter a menor temperatura ambiente disponível.
- Você sabia que 3°C de redução na temperatura do ar ambiente na admissão do compressor proporcionam uma economia de energia de 1%?

O compressor de ar

O equipamento que realiza a compressão do ar ambiente é denominado compressor de ar, que transforma um tipo de energia (normalmente elétrica) em energia pneumática.

Para o escopo desse Manual, interessa-nos dois tipos básicos de compressores: alternativos (de pistão) e rotativos (de parafuso e centrífugo).

Em termos conceituais, os compressores de pistão e de parafuso são denominados de deslocamento positivo, pois a compressão do ar é obtida pela redução de seu volume, de forma alternada (pistão) ou contínua (parafuso).

O compressor centrífugo é do tipo dinâmico, pois a compressão ocorre pela transformação da energia cinética (velocidade) do ar em energia potencial (pressão).



Os compressores de pistão são comumente aplicados para pequenas vazões (até 100 m³/h).



Os compressores de parafuso são mais indicados para pequenas, médias e grandes vazões (50 m³/h a 2000 m³/h).



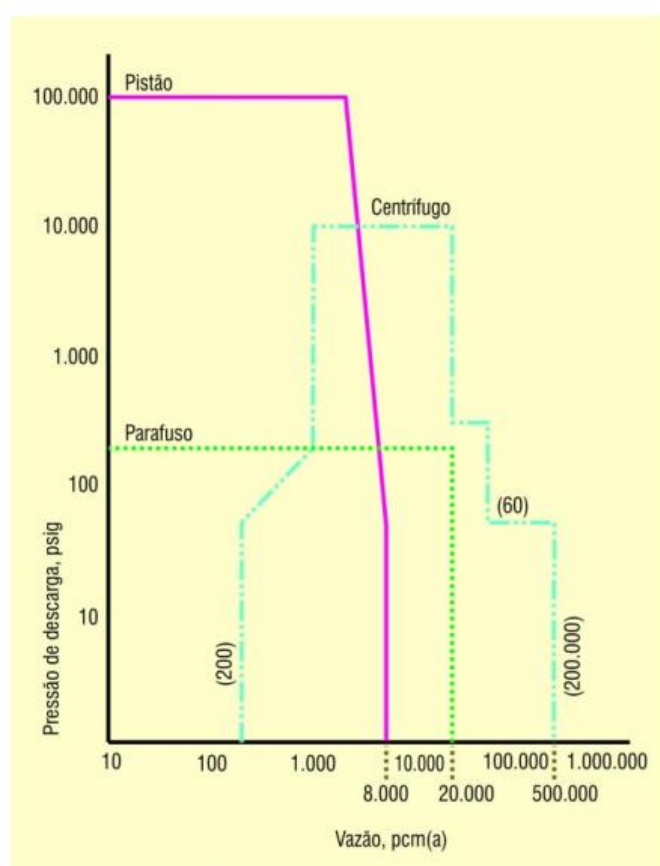
Os compressores centrífugos são mais indicados para vazões grandes e muito grandes ( $> 1500 \text{ m}^3/\text{h}$ ).

As pressões atingidas pelos compressores variam, em geral, entre 6 barg e 40 barg, sendo a pressão de 7 barg tipicamente encontrada na maioria das aplicações. Hoje, existem cerca de 40 milhões de compressores em operação no mundo e outros 4 milhões são fabricados todos os anos.

Um eficiente sistema de ar comprimido começa pela escolha do compressor mais adequado para cada atividade.

A seleção do compressor mais adequado para uma determinada aplicação é função da vazão, pressão e nível de pureza exigidos por tal aplicação.

O diagrama a seguir auxilia na escolha do tipo de compressor mais indicado para atender os parâmetros vazão e pressão:



Quanto ao nível de pureza do ar comprimido, é conveniente fazer uma distinção entre aplicação crítica e não-crítica.

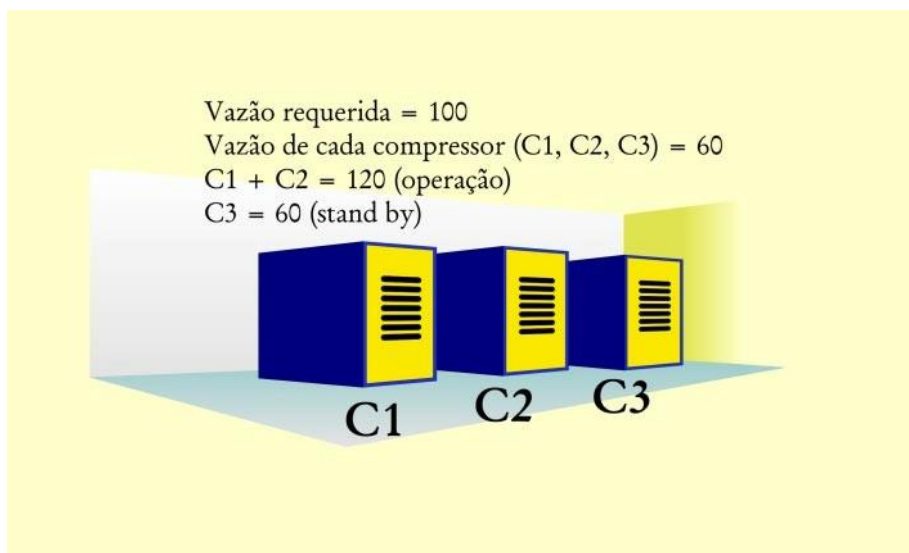
Mesmo com a utilização obrigatória dos mais sofisticados equipamentos de tratamento de ar comprimido, as aplicações críticas (hospitais, laboratórios, ar para respiração humana, etc.) deverão ser equipados com compressores do tipo não-lubrificado (isentos de óleo), eliminando-se o risco de um lançamento excessivo de óleo no sistema, no caso de um acidente com os separadores de óleo dos compressores lubrificados.



### Quantidade de Compressores

Assim que a vazão total do sistema for definida, estabeleça um fator entre 20% e 50% para futuras ampliações e selecione dois compressores que, somados, atendam essa vazão.

Um terceiro compressor, da mesma capacidade, pode ser adicionado ao sistema como stand by.



Em conjunto, os três compressores podem ser programados para operar num sistema de rodízio, proporcionando o mesmo nível de desgaste para todos.

Essa configuração é, sob qualquer aspecto, a mais vantajosa para o usuário, pois garante o suprimento de ar comprimido, presente e futuro, com o menor risco de falha.

Verifique a potência e a vazão efetivamente produzida pelo compressor. Cuidado com informações do tipo “volume deslocado”, pois costumam omitir as perdas ocorridas no processo de compressão.

### Tratamento De Ar Comprimido

A contaminação do ar comprimido é a soma da contaminação do ar ambiente com outras substâncias que são introduzidas durante o processo de compressão.

O ar ambiente é contaminado por partículas sólidas (poeira, microrganismos, etc.), vapor d'água (umidade relativa), vapores de hidrocarbonetos (fumaça de óleo diesel, etc.), dióxido de carbono, monóxido de carbono, óxido nítrico, dióxido de enxofre, etc.

Durante o processo de compressão, o ar comprimido também é contaminado pelo óleo lubrificante do compressor e por partículas sólidas provenientes do desgaste das peças móveis do mesmo.

Na tubulação de distribuição, o ar comprimido ainda pode arrastar ferrugem e outras partículas.

A norma ISO-85731 classifica os contaminantes do ar comprimido e suas unidades de medida da seguinte maneira:

Contaminante	Dimensão	Concentração	Ponto de orvalho
Sólidos	$\mu\text{m}$	$\text{mg}/\text{m}^3$	-x-
Água	-x-	-x-	$^{\circ}\text{C}$
Óleo	-x-	$\text{mg}/\text{m}^3$	-x-



A pressão e a temperatura do ar comprimido potencializam os efeitos prejudiciais de todos esses contaminantes.

A redução gradual da temperatura do ar comprimido ao longo da tubulação causa a condensação de alguns contaminantes gasosos.

Ao atingirem a fase líquida (condensado), esses contaminantes estarão presentes no fluxo de ar comprimido sob diferentes aspectos, desde um conjunto amorfo (filete de condensado) depositado nas partes inferiores da tubulação e dos equipamentos, passando por pequenas gotas e chegando até a aerossóis microscópicos dispersos entre as moléculas do ar comprimido.

Por definição (ISO-8573/2.4), aerossol é uma suspensão num meio gasoso de partículas sólidas e/ou líquidas com uma desprezível velocidade de queda ( $< 0,25$  m/s).

O resultado da mistura de todos os contaminantes é uma emulsão ácida e abrasiva que compromete o correto funcionamento de um sistema de ar comprimido em qualquer tipo de aplicação.

A análise do ar ambiente de uma região industrial típica encontra as seguintes taxas aproximadas de contaminação, considerando-se uma temperatura ambiente de  $38^{\circ}\text{C}$  e umidade relativa de 100%:

Contaminante	Dimensão	Concentração
Sólidos	0,01 a $2,0\ \mu\text{m}$	$10^{20}$ partículas/ $\text{m}^3$
Água	-x-	$46,3\ \text{g}/\text{m}^3$
Óleo	-x-	$15\ \text{mg}/\text{m}^3$

Esses contaminantes serão aspirados por qualquer compressor de ar, seja lubrificado ou isento de óleo, juntamente com os gases citados anteriormente.

A título de ilustração, tomemos um sistema de ar comprimido com um compressor de  $5100\ \text{m}^3/\text{h}$  operando em três turnos. Num ambiente sob temperatura de  $25^{\circ}\text{C}$  e umidade relativa de 75%, este compressor introduzirá 2106 litros de água por dia no sistema.

#### Norma ISO-8573-1

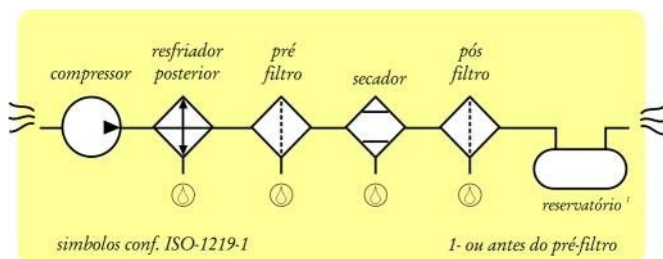
A norma internacional ISO-8573-1 é a referência central sobre a qualidade do ar comprimido para uso geral, não valendo para usos muito particulares, como ar medicinal, respiração humana e alguns outros.

A tabela a seguir apresenta as classes de qualidade do ar comprimido em função dos seus três contaminantes típicos: água, óleo e partículas sólidas.

ISO-8573-1* Classes de qualidade			
	Sólidos ( $\mu\text{m}$ )	Água ( $^{\circ}\text{C}$ )	Óleo ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )
1	0,1	-70	0,01
2	1	-40	0,1
3	5	-20	1
4	15	+3	5
5	40	+7	25
6	-x-	+10	-x-
7	-x-	não específic.	-x-

\*1991

Para a obtenção dos diferentes níveis de pureza do ar comprimido (classes de qualidade), a ISO-8573 recomenda a seguinte sequência padrão de equipamentos:



Há também uma norma própria ISO-7183 que trata do projeto e testes de desempenho de secadores de ar.

Secadores instalados em climas temperados devem obedecer a norma ISO7183-A, que especifica a temperatura ambiente em 25°C e a temperatura de entrada do ar no secador em 35°C.

Secadores instalados em climas tropicais devem obedecer a norma ISO7183-B, que especifica a temperatura ambiente em 38°C e a temperatura de entrada do ar no secador em 38°C.

### Os Componentes De Um Sistema De Tratamento De Ar Comprimido

O resfriador-posterior

Sua função é reduzir a temperatura do ar que deixa o compressor para níveis próximos da temperatura ambiente. Com isso, obtém-se uma grande condensação dos contaminantes gasosos, especialmente do vapor d'água.

O separador mecânico de condensados do resfriador-posterior responde pela remoção de aproximadamente 70% dos vapores condensados do fluxo de ar comprimido.



Um purgador automático deve ser instalado sob o separador de condensados para garantir a eliminação desta contaminação líquida para a atmosfera, com perda mínima de ar comprimido.

Os purgadores são pequenos aparatos destinados a efetuar a drenagem dos contaminantes líquidos do sistema de ar comprimido para o meio-ambiente. Podem ser manuais ou automáticos, sendo que estes últimos dividem-se normalmente em eletrônicos e mecânicos. Os purgadores eletrônicos são encontrados nos tipos temporizado digital ou com sensor de umidade.

Em termos construtivos, o resfriador-posterior é um trocador de calor convencional resfriado pelo ar ambiente ou por água.

### O Filtro De Ar Comprimido

O filtro de ar comprimido aparece geralmente em três posições diferentes: antes e depois do secador de ar comprimido e também junto ao ponto-de-uso.

A função do filtro instalado antes do secador por refrigeração (pré-filtro) é separar o restante da contaminação sólida e líquida (~30%) não totalmente eliminada pelo separador de condensados do resfriador-posterior, protegendo os trocadores de calor do secador contra o excesso de óleo oriundo do compressor de ar, o que poderia impregná-los, prejudicando sua eficiência.

O excesso de condensado no secador também reduz sua capacidade de resfriamento do ar comprimido, pois consome-se energia para resfriar um condensado que já poderia ter sido eliminado do sistema.



No caso de sistemas dotados de secadores por adsorção, o pré-filtro deverá garantir que nenhuma quantidade de contaminação líquida, inclusive os aerossóis de água e óleo, atinja o material adsorvedor, obstruindo seus poros e impedindo a sua reativação.

O filtro instalado após o secador (pós-filtro) deve ser responsável pela eliminação da umidade residual (~30%) não removida pelo separador mecânico de condensados do secador por refrigeração, além da contenção dos sólidos não retidos no pré-filtro.

A capacidade do pós-filtro efetuar a eliminação de qualquer umidade residual é seriamente afetada pela temperatura do ar comprimido na saída do secador.

Na verdade, em qualquer secador por refrigeração, o ar comprimido sofre um reaquecimento antes de voltar à tubulação. Esse reaquecimento é intencional (economiza energia e evita que a tubulação fique gelada), mas provoca a completa reevaporação da umidade residual que não foi removida pelo separador de condensados. No estado gasoso, essa umidade não pode ser eliminada pelo pós-filtro.

Na prática, o pós-filtro instalado após o secador por refrigeração retém apenas partículas sólidas.

No caso de sistemas dotados de secadores por adsorção, o pós-filtro destina-se apenas à retenção das partículas sólidas produzidas pela abrasão do material adsorvedor (poeira do adsorvedor).

Os filtros instalados no ponto-de-uso são utilizados para evitar que os contaminantes presentes ao longo da tubulação de ar comprimido atinjam a aplicação final do mesmo.

Se o sistema não possui qualquer tipo de tratamento de ar comprimido, os filtros instalados no ponto-de-uso são ainda mais recomendados.

Os modernos filtros para ar comprimido são do tipo coalescente e adsorvedor.

Esses filtros são constituídos por uma carcaça resistente a pressão do ar comprimido e por um elemento filtrante, que é responsável pela filtração do ar.

Alguns acessórios costumam fazer parte deste equipamento, como um purgador automático e um manômetro indicador da saturação do elemento filtrante (perda de carga).

Os elementos filtrantes são geralmente apresentados em diferentes graus de filtração, utilizados conforme a aplicação do ar comprimido e a posição do filtro no sistema.

Aplicações menos severas, bem como os pré-filtros, exigem elementos com menor capacidade de retenção.

Da mesma forma, aplicações críticas e pós-filtros necessitarão de elementos com maior poder de filtração.

O mecanismo de operação de um filtro coalescente é bastante particular. Baseia-se em dois processos distintos: a retenção mecânica e a coalescência.

A retenção mecânica é a simples obstrução da passagem do contaminante através do elemento, permitindo apenas que o ar comprimido siga adiante. Nesse caso, é fácil notar que o contaminante deverá ser maior do que o menor poro virtual do elemento. Esse processo está contido no primeiro efeito que produz a coalescência (Interceptação Direta), conforme será visto logo a seguir.



A coalescência, porém, é considerada um fenômeno um pouco mais complexo e muitos estudiosos não a vêem como um processo de filtração propriamente dito.

A norma ISO-8573 define a coalescência com bastante precisão como sendo a ação pela qual partículas líquidas em suspensão unem-se para formar partículas maiores.

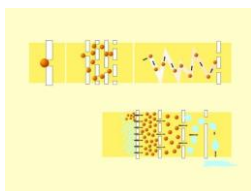
Como uma parte significativa (~30%) da contaminação líquida presente no ar comprimido é composta por aerossóis, a coalescência ganhou importância central para a eficiência de um sistema de tratamento de ar comprimido, pois é somente através desse efeito que se consegue separar os aerossóis.

Três fenômenos se somam para produzir o efeito da coalescência:

- Interceptação Direta: efeito de filtração no qual uma gota ou uma partícula sólida colide com um componente de um meio filtrante que está em seu caminho ou é capturada por poros de diâmetros menores do que o diâmetro da gota ou da partícula.
- Impacto Inercial: processo no qual uma partícula colide com uma parte do meio filtrante devido à inércia da partícula.
- Difusão: movimento (browniano) de moléculas gasosas ou de partículas pequenas causado por uma variação de concentração.

A nanofibra de borossilicato é o componente principal do meio filtrante, sendo responsável pela ação coalescente. Essas nanofibras são inertes e impermeáveis, o que significa que não reagem quimicamente com outras substâncias e também não adsorvem ou absorvem líquidos.

As figuras a seguir representam o fenômeno da coalescência e seus efeitos:



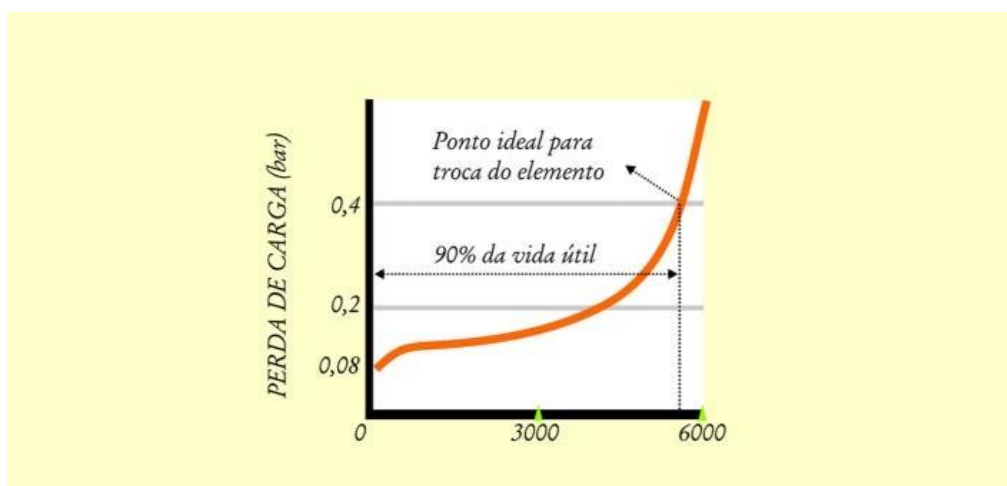
Pode-se observar que a coalescência não impede a contaminação líquida de atravessar todo o meio filtrante.

Ao contrário, ela permite que isso ocorra para que os contaminantes coalescidos possam dirigir-se ao fundo da carcaça do filtro pela ação da gravidade e sejam drenados para o exterior a partir desse ponto.

Portanto, um elemento coalescente somente poderá ficar saturado pela aglomeração de partículas sólidas no interior de suas fibras, ou seja, pelo efeito da retenção mecânica.

A emulsão de óleo e água causa, no máximo, a impregnação externa das fibras do elemento, diminuindo muito pouco a área de passagem do fluxo de ar, uma vez que 95% do volume de um elemento coalescente é formado por espaços vazios.

Por essa razão, os elementos coalescentes são descartáveis e ainda não existe um método para reciclá-los. Todavia, sua durabilidade (próxima de 6000 h) compensa essa limitação. Essa vida útil está baseada no período mais econômico de utilização do elemento coalescente, quando sua maior perda de carga ainda está limitada em 0,45~0,55 bar (6~8 psi), sendo que grande parte de sua operação esteve situada na faixa média de 0,2 bar (~3 psi).



Após esse período, manter um elemento coalescente em operação torna-se muito desvantajoso do ponto de vista energético.

Embora um elemento filtrante deva ser construído para suportar perdas de carga de até 2,5~3,0 bar, recomenda-se sua substituição com no máximo 1,0 bar, pois a perda de carga aumenta exponencialmente no final de sua vida útil, chegando rapidamente nos limites de resistência mecânica do elemento.

Pelas razões acima, a coalescência ainda é a forma mais econômica de separar os aerossóis de água e óleo de um sistema de ar comprimido.

Finalmente, os filtros adsorvedores destinam-se à remoção dos vapores de hidrocarbonetos (óleo) do fluxo de ar comprimido.

Em geral, estão posicionados depois do último filtro coalescente, pois ficam assim protegidos de qualquer contaminação na forma líquida que poderia atingi-los.

Também podem permanecer junto ao ponto-de-uso do ar comprimido, uma vez que seu uso é limitado à aplicações especiais.

O meio filtrante de um filtro adsorvedor é, via de regra, o carvão ativado, substância capaz de capturar aqueles vapores no seu interior. Embora seu processo de filtração esteja baseado no efeito da adsorção ("atração e adesão de moléculas de gases e líquidos na superfície de um sólido" – ISO-8573/2.3), não se costuma realizar a regeneração/reativação do carvão ativado de um filtro adsorvedor.

### **O Secador De Ar Comprimido**

Sua função é eliminar a umidade (líquido e vapor) do fluxo de ar.

Um secador deve estar apto a fornecer o ar comprimido com o Ponto de Orvalho especificado pelo usuário.

Ponto de Orvalho é a temperatura na qual o vapor começa a condensar.

Há dois conceitos principais de secadores de ar comprimido: por refrigeração (cujo Ponto de Orvalho padrão é +3 °C) e por adsorção (com Ponto de Orvalho mais comum de -40°C).

Os secadores de ar comprimido possuem uma norma internacional (ISO7183) de especificações e testes.

Esta norma faz uma importante diferenciação dos secadores em função da localização geográfica dos mesmos. Faixas de temperatura de operação mais altas são definidas para equipamentos instalados em regiões mais quentes do planeta, exigindo uma adaptação dos mesmos a condições mais adversas.



### **O Secador Por Refrigeração**

O secador por refrigeração opera resfriando o ar comprimido até temperaturas próximas a 0 °C, quando é possível obter-se a máxima condensação dos vapores de água e óleo (sem o risco de congelamento).

Na maioria dos modelos, um circuito frigorífico realiza essa tarefa.

No ponto mais frio do sistema, é importante uma eficiente separação dos condensados formados, evitando sua reentrada no fluxo de ar comprimido.

Dependendo do tipo de secador, isso é feito por separadores de condensado, filtros coalescentes e purgadores automáticos.

Depois de removido o condensado, a maioria dos secadores por refrigeração reaquece o ar comprimido (através do recuperador de calor, que reaproveita o calor do próprio ar comprimido na entrada do secador), devolvendo-o ao sistema numa condição mais adequada ao uso.

Ao entrar no secador, recomenda-se que o ar comprimido esteja numa temperatura próxima à ambiente, permitindo uma redução no consumo de energia do equipamento.

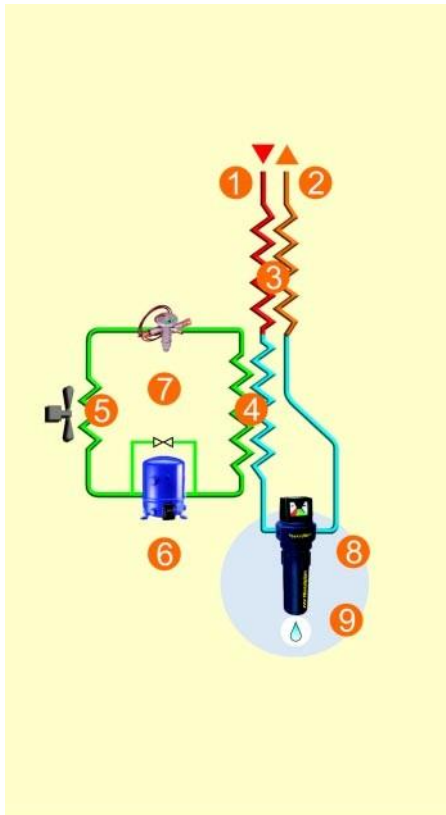
Se o secador for resfriado a ar, deve-se ter um cuidado especial com a temperatura ambiente onde será instalado.

Tabelas de correção são usuais para dimensionar o correto secador por refrigeração em função das condições de operação.

Em termos construtivos, um secador de ar por refrigeração é composto por trocadores de calor, um



circuito frigorífico, separador de condensado, filtros coalescentes, purgador automático, painel elétrico e outros itens, podendo ser resfriado pelo ar ambiente ou por água.



- 1 Entrada do Ar Comprimido
- 2 Saída do Ar Comprimido
- 3 Recuperador de calor
- 4 Evaporador
- 5 Condensador
- 6 Compressor Frigorífico
- 7 Circuito de Refrigerado
- 8 Separador de Condensados/ Filtro Coalescente
- 9 Purgador Automático

O secador por adsorção

O secador por adsorção caracteriza-se por remover os vapores do ar comprimido sem condensá-los.

Devido ao baixo Ponto de Orvalho que conseguem proporcionar (até  $-100^{\circ}\text{C}$ ), são indicados para aplicações muito especiais, quando o secador por refrigeração deixa de ser eficaz.

Também em função de seu baixo Ponto de Orvalho, consomem muito mais energia do que os secadores por refrigeração, recomendando cautela na sua especificação.

A adsorção, como já foi dito, é o efeito de atração das moléculas de gases e líquidos para a superfície de um sólido (material adsorvedor), mantendo-as aderidas na mesma.



O material adsorvedor de um secador por adsorção tem um altíssimo poder de atração e retenção das moléculas de água sobre sua superfície.

Há diversos tipos de materiais adsorvedores (sílica-gel, alumina ativada, molecular sieve, H-156, etc.), cada um com características mais apropriadas a certos tipos de aplicação.

A superfície dos materiais adsorvedores atingem áreas de 300 m<sup>2</sup> por grama.

O gráfico ao lado exhibe o desempenho de diferentes tipos de materiais adsorvedores em função da umidade relativa.

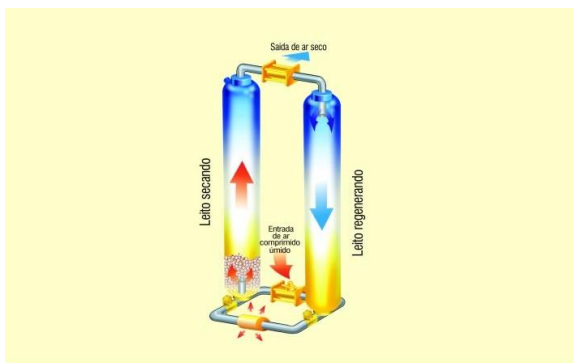
Alguns secadores por adsorção utilizam mais do que um tipo de material adsorvedor em seu leito de secagem, a fim de garantir o ponto de orvalho especificado.

Em geral, um secador por adsorção possui dois leitos de secagem, de modo a permitir que um leito esteja secando o ar comprimido, enquanto que o leito já saturado possa ser regenerado/reactivado.

Em qualquer tipo de secador por adsorção, um fluxo de ar despressurizado e extremamente seco (pré-aquecido ou não) é o veículo condutor para a extração das moléculas de água do leito saturado no sentido oposto ao da secagem.

Um painel de comando determina a frequência e a amplitude dos ciclos de regeneração e adsorção deste tipo de secador.

Um sistema de válvulas também comandado pelo painel do secador permite que a umidade deixe o leito saturado para o meio-ambiente.



### Bombas

Uma bomba hidráulica é um dispositivo que adiciona energia aos líquidos, tomando energia mecânica de um eixo, de uma haste ou de um outro fluido: ar comprimido e vapor são os mais usuais. As formas de transmissão de energia podem ser: aumento de pressão, aumento de velocidade ou aumento

de elevação – ou qualquer combinação destas formas de energia. Como consequência, facilita-se o movimento do líquido. É geralmente aceito que o líquido possa ser uma mistura de líquidos e sólidos, nas quais a fase líquida prepondera.

Outras máquinas destinadas a adicionar energia aos fluidos na forma de vapor e gases só são chamadas de bombas apenas eventualmente. Como exemplos, há a bomba de vácuo, destinada a esgotar ar e gases, e a bomba de ar, destinada a encher pneumáticos, bolas de futebol, brinquedos e botes infláveis, etc. As máquinas que se destinam a manusear ar, gases ou vapores são normalmente chamadas pelos técnicos de ventiladores ou ventoinhas, sopradores ou compressores.

A primeira razão para o ser humano necessitar de uma bomba foi a agricultura. Embora a agricultura esteja em prática há mais de 10000 anos, os primeiros registros que temos de irrigação são devidos aos egípcios. Inicialmente transportavam a água em potes, mas cerca de 1500 a.C. apareceu a primeira máquina de elevação de água, a picota. Posteriormente apareceram o sarilho, usado para elevar um balde, a nora e a roda persa. Todas estas máquinas eram movidas por trabalho humano ou animal. O sarilho é empregado ainda hoje no abastecimento de água.

Um dos tipos mais antigos de bomba foi o Parafuso de Arquimedes, empregado por Senaqueribe, Rei da Assíria, para a irrigação dos Jardins Suspensos da Babilônia e Nínive, no século VII a.C. e posteriormente descritas em maior detalhe por Arquimedes no século III a.C. As bombas alternativas a pistão ou êmbolo já eram do conhecimento dos gregos e dos romanos. Ctesibius, por volta de 250 a.C., inventou uma bomba alternativa movida por uma roda d'água, construída por seu discípulo Hero de Alexandria. No Museu Arqueológico Nacional de Espanha, em Madri, há uma bomba alternativa duplex, de acionamento manual, fabricada entre os séculos I e II d.C. Esta bomba foi encontrada na mina de Sotiel-Coronada en Calañas, Andaluzia, Espanha. No século XIII d.C., al-Jazari descreveu e ilustrou diversos tipos de bombas, entre outras, a bomba alternativa, o burrinho a vapor, a bomba de sucção e a bomba de pistão.

As bombas cinéticas, embora fruto de conceitos muito antigos, só vieram a ser construídas para uso real no início do século XIX. O inventor francês Denis Papin construiu uma "bomba de ar" em fins do século XVII, mas carecia de um acionador adequado. O nome deste aparelho, fole de Hesse, é uma homenagem ao patrono de Papin à época, o príncipe de Hesse.

## **Tipos**

### **Bombas de deslocamento positivo**

Uma bomba de deslocamento positivo faz o fluido se mover isolando um volume determinado deste e aplicando força (deslocando) aquele volume isolado para o bocal de descarga. Estas bombas também são conhecidas como bombas volumétricas. Uma bomba de deslocamento positivo pode ser classificada como:

- Bomba alternativa, ou
- Bomba rotativa.
- Uma bomba de anel líquido - este tipo é mais usado para produzir vácuo ou comprimir gases.

### **Bombas alternativas**

As bombas alternativas usam um arranjo de diafragma, pistão ou êmbolo e cilindro, com válvulas de sucção e descarga integradas na bomba. Bombas desta categoria variam de monocilíndricas (chamadas de simplex), chegando em certos casos até nove cilindros. A maioria das bombas alternativas são de dois (duplex) ou três (triplex) cilindros. Além disto, podem ser de ação simples, onde o curso de sucção e descarga são independentes ou de ação dupla, succionando e descarregando em ambos os sentidos. As bombas podem ser movidas diretamente a ar comprimido, a vapor ou através de um mecanismo biela-manivela, este acionado por um motor elétrico, de combustão interna através de polias e correias, engrenagens ou mesmo com acionamento direto. Estas bombas foram largamente empregadas no início da era industrial, no século XIX, como bombas de alimentação de caldeiras. Embora sejam usadas ainda hoje, as bombas alternativas são mais empregadas para o bombeamento de líquidos altamente viscosos, incluindo concreto e petróleo.

Por questões hidráulicas, as bombas alternativas tendem a apresentar números ímpares de pistões ou êmbolos, sendo a única exceção o número 2. Portanto, a classificação de número de êmbolos ou pistões costuma ser:

- Simplex para bombas com um único êmbolo ou pistão,
- Duplex para bombas com dois êmbolos ou pistões,
- Triplex para bombas com três êmbolos ou pistões,
- Quintuplex para bombas com cinco êmbolos ou pistões,
- Septuplex para bombas com sete êmbolos ou pistões (rara),
- Nonuplex para bombas com nove êmbolos ou pistões (rara).

### **Bombas de diafragma movidas a ar comprimido**

Uma aplicação moderna de bombas de deslocamento positivo são as bombas de diafragma. Sendo movidas a ar comprimido, seu conceito de projeto é intrinsecamente seguro, embora os fabricantes ofereçam modelos com certificação ATEX para atender aos requisitos da indústria. São frequentemente empregadas em todas as indústrias. Seu custo é relativamente acessível e podem ser empregadas para esgotar água de diques de contenção até o bombeio de ácido clorídrico de tanques de armazenagem (dependendo dos materiais do qual a bomba é fabricada - elastômeros e materiais de construção do corpo). A sucção é geralmente limitada a uma elevação de cerca de 6 metros, mas atende aos mais diversos níveis de elevação na descarga.

### **Bombas rotativas**

As bombas rotativas isolam um volume de fluido e o transportam de uma zona de baixa pressão para uma zona de alta pressão. A característica comum é o acionamento através de um eixo que gira.

### **Bombas de parafusos**

Há diversos tipos de bombas de dois parafusos, sendo as bombas de um parafuso também chamadas bombas de cavidade progressiva. O parafuso de Arquimedes pode ser assim classificado. Há outros tipos de bombas de parafuso com 2 e 3 parafusos, trabalhando dentro de uma carcaça com pequenas folgas para o externo destes parafusos.

### **Bombas Cinéticas**

As bombas cinéticas fornecem energia continuamente a um fluido que escoar pelo interior dos elementos da bomba. Esta transmissão de energia é frequentemente realizada por uma peça dotada de palhetas que recebe energia mecânica de um eixo e onde as palhetas impulsionam o fluido, transferindo energia hidráulica. As bombas cinéticas são também chamadas bombas rotodinâmicas e turbobombas. Há diversas formas de bombas cinéticas. Entre elas, há as bombas centrífugas, bombas de fluxo misto, as bombas axiais, as bombas regenerativas e as bombas de carcaça rotativa ou bombas de tubo Pitot. Todas elas transmitem energia ao fluido empregando a conversão de energia mecânica em energia cinética, podendo ser esta convertida em energia de pressão ou energia potencial. As principais características das bombas cinéticas são:

- Adição contínua de energia ao fluido,
- Conversão da energia transferida em energia cinética (um aumento da velocidade),
- Conversão da velocidade adquirida em um aumento de pressão,
- Conversão de pressão em energia potencial de posição (em algumas bombas),

Os Tipos De Manutenção De Bombas Hidráulicas



## REFERÊNCIAS

Os links citados abaixo servem apenas como referência. Nos termos da lei brasileira (lei nº 9.610/98, art. 8º), não possuem proteção de direitos de autor: As ideias, procedimentos normativos, sistemas, métodos, projetos ou conceitos matemáticos como tais; Os esquemas, planos ou regras para realizar atos mentais, jogos ou negócios; Os formulários em branco para serem preenchidos por qualquer tipo de informação, científica ou não, e suas instruções; Os textos de tratados ou convenções, leis, decretos, regulamentos, decisões judiciais e demais atos oficiais; As informações de uso comum tais como calendários, agendas, cadastros ou legendas; Os nomes e títulos isolados; O aproveitamento industrial ou comercial das ideias contidas nas obras.

Caso não concorde com algum item do material entre em contato com a Domina Concursos para que seja feita uma análise e retificação se necessário. A Domina Concursos não possui vínculo com nenhuma banca de concursos, muito menos garante a vaga ou inscrição do candidato em concurso. O material é apenas um preparatório, é de responsabilidade do candidato estar atento aos prazos dos concursos.

A Domina Concursos reserva-se o direito de efetuar apenas uma devolução parcial do conteúdo, tendo em vista que as apostilas são digitais, isso, [e, não há como efetuar devolução do material.

**A Domina Concursos se preocupa com a qualidade do material, por isso todo conteúdo é revisado por profissionais especializados antes de ser publicado.**





[WWW.DOMINACONCURSOS.COM.BR](http://WWW.DOMINACONCURSOS.COM.BR)  
[contato@dominaconcursos.com.br](mailto:contato@dominaconcursos.com.br)

Rua São José, nº 645, sala 01, Pavimento  
Térreo, Ed. Jardim Germânica - Criciúma/ SC –  
Brasil/ CEP 88801-520

WhatsApp (48) 9.9695-9070