

# *Treinamento de Segurança na Operação de Unidades de Processo*



## CONTEÚDO

NOÇÕES DE GRANDEZAS FÍSICAS E UNIDADES .....	3
Introdução.....	3
Pressão.....	4
Calor .....	7
EQUIPAMENTOS DE PROCESSO .....	9
Trocadores de calor .....	9
.....	12
Tubulações, válvulas e acessórios.....	18
Bombas .....	35
Turbinas e ejetores.....	42
Compressores .....	56
Torres, vasos, tanques e reatores.....	65
Fornos .....	66
Caldeiras.....	79
ELETRICIDADE.....	93
INSTRUMENTAÇÃO.....	109
OPERAÇÃO DA UNIDADE .....	126
PRIMEIROS SOCORROS .....	126
COMENTÁRIOS.....	149
REFERÊNCIAS .....	149

## Introdução

Na ciência, unidade de medida é uma medida (ou quantidade) específica de determinada grandeza física usada para servir de padrão para outras medidas.

Em física, uma medida é o resultado do ato de medir. Está relacionada de forma próxima com o fato de que as ciências ditas "exatas" são baseadas em aspectos quantitativos. Grandeza é tudo aquilo que envolva medidas. Medir significa comparar quantitativamente uma grandeza física com uma unidade através de uma escala pré-definida. Nas medições as grandezas sempre devem vir acompanhadas de unidades. Exemplos de grandezas: comprimento, massa, temperatura, velocidade.

Em física a Trajetória, é o lugar geométrico das posições ocupadas por uma partícula que se move. Em física, um corpo (algumas vezes chamado apenas de objeto) é a coleção de massas tomadas uma a uma. Por exemplo, uma bola de baseball pode ser considerada um objeto, mas ela também consiste de muitas partículas (partes de matéria).

Em Física, velocidade (símbolo  $v$ ) é a medida da rapidez com a qual um corpo altera sua posição. Na linguagem corrente, distância é a medida da separação de dois pontos. A distância entre dois pontos é medida pelo comprimento do segmento de reta que os liga. A aceleração é a taxa temporal de variação da velocidade, ou seja, é a rapidez com a qual a velocidade de um corpo varia. Como a própria velocidade é uma rapidez, poder-se-ia entender a aceleração como a velocidade da velocidade. Movimento retilíneo, em Mecânica, é aquele movimento em que o corpo ou ponto material se desloca apenas em trajetórias retas. Para tanto, ou a velocidade se mantém constante ou a variação da velocidade dá-se somente em módulo, nunca em direção. Já o movimento retilíneo uniformemente variado (MRUV), também encontrado como movimento uniformemente variado (MUV), é aquele em que o corpo sofre aceleração constante, mudando de velocidade num dado incremento ou decremento conhecido. MEDIR significa comparar duas grandezas de mesma natureza, tomando uma delas como padrão. Por exemplo, dizer que uma pessoa mede 1,8 metros significa dizer que esta pessoa é 1,8 vezes maior que um comprimento padrão adotado, no caso, o metro. Os instrumentos sempre foram uma necessidade da ciência. O seu interesse é tão grande que seu estudo é objeto de um ramo da ciência conhecido como Metrologia. Consiste no estudo do melhor método de obter a medição precisa de diferentes grandezas, estabelece as unidades de medição dessas grandezas aceitas universalmente e define critérios de apresentação das unidades internacionalmente aceitas. Uma balança é um instrumento que mede a massa de um determinado corpo. Nas balanças eletrônicas o peso é forçado, de cima de um prato ou base (bandeja), sobre uma célula de carga que manda sinais para a placa CPU, da qual capta o peso e manda para o display que indica o peso em gramas.



Régua é um instrumento utilizado em geometria, próprio para medir distâncias pequenas. Também é incorporada no desenho técnico e na Engenharia. É composta por uma lâmina de madeira, plástico ou metal e pode conter uma escala, geralmente centimétrica e milimétrica.

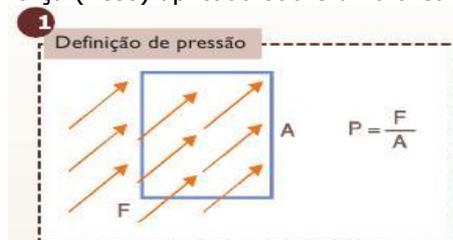
A ampulheta é, com o quadrante solar, um dos meios mais antigos de medir o tempo. É constituída por duas âmbulas (recipientes cônicos ou cilíndricos) transparentes que comunicam entre si por um pequeno orifício que deixa passar uma quantidade determinada de areia de uma para a outra.

O tempo decorrido a passar de uma âmbula para a outra corresponde, em princípio, sempre ao mesmo período de tempo.

Um termômetro é um aparelho usado para medir a temperatura ou as variações de temperatura. Anders Celsius criou o termômetro baseado no valor de evaporação da água e no ponto de descongelamento, que chamou de 100 e zero graus.

## Pressão

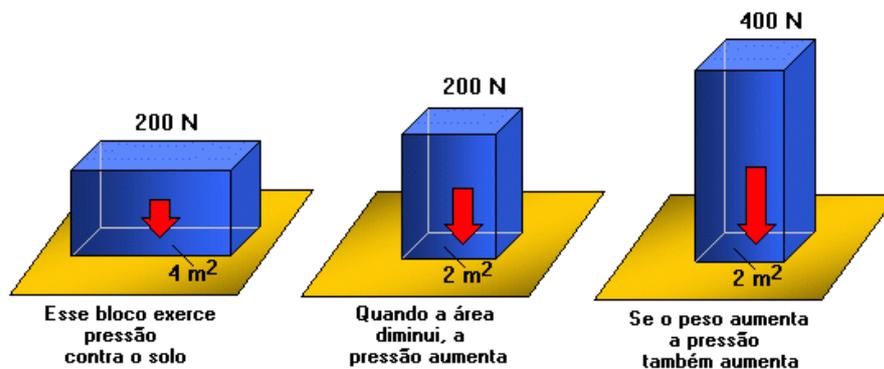
Podemos dizer que pressão é a força (Peso) aplicada sobre uma área (cm<sup>2</sup>).



A força acima atua sobre uma superfície de um centímetro quadrado (cm<sup>2</sup>).

Medir a força que o bloco exerce na superfície (ÁREA) onde se apóia é medir a pressão.

Medir essa força (um) quilo, a pressão exerce de um quilograma força por centímetro quadrado (1kgf/cm<sup>2</sup>).



Esse bloco exerce pressão contra o solo

Quando a área diminui, a pressão aumenta

Se o peso aumenta a pressão também aumenta

A pressão que um bloco exerce contra o solo depende:

- a) do seu peso (intensidade da força);
- b) da área de apoio.

### 1.1.1 – UNIDADE DE PRESSÃO

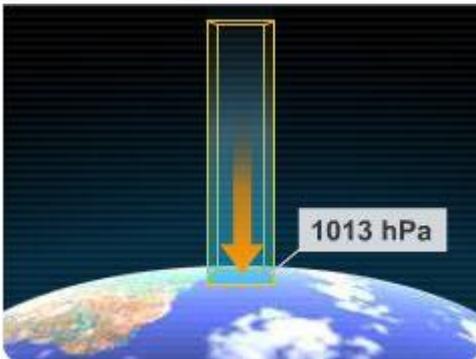
1 atm = 76 cm Hg = 760mm Hg  
1 atm (padrão) = 14,6959 Lbf/pol<sup>2</sup>  
1 atm (padrão) = 1.034 Kgf/cm<sup>2</sup>

1 atm = 10.000mm H<sub>2</sub>O  
1 atm = 101,42 Kpa  
1 atm = 1.014 Bar

Em caldeiras normalmente usamos a unidade kgf/cm<sup>2</sup>.

### 1.1.2 – PRESSÃO ATMOSFÉRICA

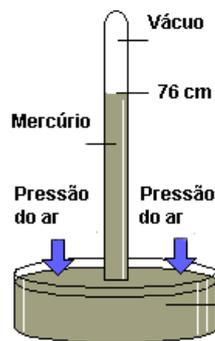
Apesar de não percebemos, o ar possui um determinado peso e como consequência exerce uma força sobre a superfície na terra.



A pressão atmosférica é Peso (força) desta coluna de ar.

É interessante observar que quanto maior a pressão atmosférica, maior é a temperatura de vaporização da água.

O italiano Evangelista Torricelli (1608 – 1647) fez experiências que levaram a uma medida da pressão normal (pressão atmosférica), onde ao nível do mar a pressão sustenta uma coluna de mercúrio de 76cm ou 760mm.



Concluindo então: 1 atm = 76cm Hg = 760mm Hg.

### 1.1.3 – PRESSÃO NOS FLUIDOS

Nos líquidos, quanto mais fundo mergulhamos um corpo maior será a pressão ou seja, quanto maior é a coluna d'água, sobre um corpo, maior será a pressão.

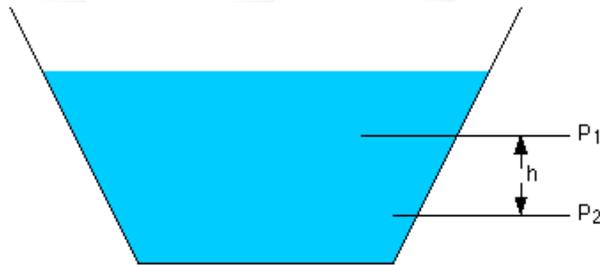
*"A pressão no fundo de um tanque é igual ao peso específico do fluido vezes a altura da coluna de líquido (profundidade)."*

**P = h ·  $\gamma$**  >> onde:

$\gamma$  = Peso específico do fluido

**h** = Altura da coluna

Obs.: Nos fluidos (líquidos e gases) na mesma altura, a pressão é a mesma em todas as direções.



#### 1.1.4 – PRESSÃO INTERNA DE UM VASO

Sempre que tivermos um gás em um recipiente fechado, as suas partículas vão bater continuamente nas paredes do recipiente fazendo força sobre uma área que será tanto maior quanto mais gás (massa) tiver nesse recipiente.

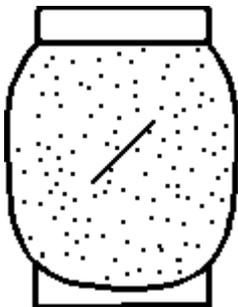
Por outro lado, a pressão no recipiente depende do volume que o gás ocupa na mesma temperatura e mesma massa.

Menor volume maior pressão.

Maior volume menos pressão.

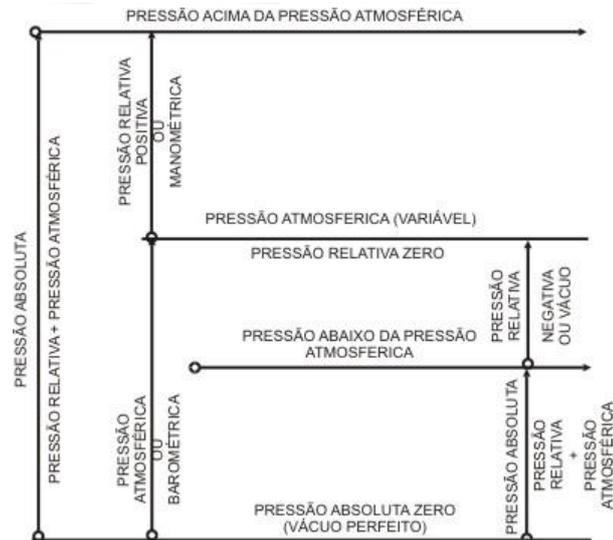
Quando esquentamos dois recipientes fechados, com a mesma quantidade de massa, aquele que receber mais energia (calor) terá maior velocidade das suas partículas que através do choque contra as paredes do recipiente aumentarão a pressão interna do recipiente.

Obs.: É bom lembrar que externamente o recipiente está sujeito a pressão atmosférica.



#### 1.1.5 – PRESSÃO MANOMÉTRICA, RELATIVA E ABSOLUTA

**pressão absoluta = pressão  
relativa + pressão atmosférica**



### 1.1.6 – INSTRUMENTOS INDICADORES DE PRESSÃO



Manômetro

### 1.1.7 – NOÇÕES GERAIS DE TEMPERATURA.

**TEMPERATURA** - É a medida do grau de agitação térmica ou nível energético do corpo considerado. A Temperatura é, também, a forma de medição da intensidade do calor, ou seja, qual a velocidade do movimento molecular dessa substância.

Para a conversão de escalas, podemos usar a seguinte relação:

$$\begin{array}{l} \mathbf{C = \frac{F-32}{9} = \frac{R-4}{5} = \frac{K-273}{5}} \\ \mathbf{K = C + 273} \end{array}$$

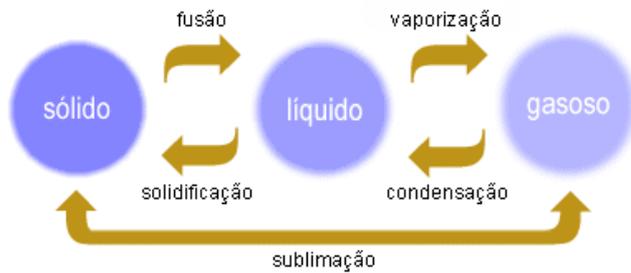
$\mathbf{C = \frac{5}{9} (F-32)}$	$\mathbf{F = \frac{9}{5} (C+32)}$	$\mathbf{F = \frac{9}{5} (K-459,4)}$	$\mathbf{K = \frac{5}{9} (F+255,2)}$
-----------------------------------	-----------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------

## Calor

### 1.2.0 – INTRODUÇÃO

A matéria pode ser encontrada em três estados (fases). O que caracteriza os três estados é a forma que as partículas (moléculas e átomos) se encontram. No sólido não existe movimento das partículas. No líquido as partículas apresentam relativa liberdade de movimento.

No gasoso as partículas se movimentam caoticamente.  
A matéria pode mudar de um estado para outro pelo aumento ou diminuição da sua energia (calor).



### 1.2.1 – NOÇÕES GERAIS DE CALOR

Calor é uma forma de energia que se transfere de um corpo a outro, em virtude, unicamente, da diferença de temperatura entre eles.

O Calor se caracteriza pelo movimento das moléculas nas substâncias observadas.

O Calor pode ser gerado por:

Atrito entre dois corpos.

Resistência à passagem de correntes.

Relação química (queima de combustível)

Relação nuclear (Energia solar e em usina atômicas).

O Calor é medido por intensidade (temperatura) e por quantidade (unidade de Calor).

A água foi a substância utilizada como padrão para definir a unidade de quantidade de calor, a **caloria (cal)**.

**"1 caloria é a quantidade de calor necessária para que 1 grama de água pura, sob pressão normal, sofra uma elevação de temperatura de 1°C".**

**(Pressão atmosférica ao nível do mar e temperatura entre 14,5°C a 15,5°C).**

Experimentalmente, verificou-se que:

$$1\text{kcal} = 4,1868\text{kJ} = 3,9683 \text{ Btu} =$$

### 1.3.0 – CONCEITOS E DEFINIÇÕES GERAIS.

#### 1.3.1 – CALOR E TEMPERATURA

São duas definições completamente diferentes e não devem ser confundidas. Calor é forma (tipo) de energia, enquanto temperatura indica o nível de energia.

EXEMPLO:

Vejam as duas substâncias, óleo e água, ambas a 60°C e se elevarmos a temperatura de ambas a 100°C. As duas substâncias tiveram um acréscimo de 40°C, porém, as quantidades de calor que cada uma variam de maneiras diferentes.

Temos:

Para a água:  $(100^\circ\text{C} - 60^\circ\text{C}) \times 1\text{kcal/h kg } ^\circ\text{C} = 40\text{kcal/kg}$ .

Onde 1 = calor específico da água

Para o óleo:  $(100^\circ\text{C} - 60^\circ\text{C}) \times 0,5\text{kcal/h kg } ^\circ\text{C} = 20\text{kcal/kg}$ .

Onde: 0,5 = Calor específico do óleo

### 1.3.2 – MODOS DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR.

Calor é uma forma de energia em trânsito, que pode ser transferida três maneiras:

- **CONDUÇÃO**
- **RADIAÇÃO**
- **CONVECÇÃO**

#### TABELA DE CONVERSÃO DE UNIDADES

PRESSÃO	BA (DYN/cm <sup>2</sup> )	PA (N/m <sup>2</sup> )	ATM	BAR	ATA (Kgf/cm <sup>2</sup> )	TORR (mm de Hg)	m de COLUNA H <sub>2</sub> O	PSI
1 ba (dyn/cm <sup>2</sup> )	1	0,1	0,987 x 10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-6</sup>	0,102 x 10 <sup>-5</sup>	7,5 x 10 <sup>-5</sup>	10,2 x 10 <sup>-5</sup>	1,45 x 10 <sup>-5</sup>
1 Pa (N/m <sup>2</sup> )	10	1	9,87 x 10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-5</sup>	0,102 x 10 <sup>-4</sup>	7,5 x 10 <sup>-3</sup>	10,2 x 10 <sup>-5</sup>	1,45 x 10 <sup>-4</sup>
1 atm	1,013 x 10 <sup>6</sup>	1,013 x 10 <sup>5</sup>	1	1,013	1,033	760	10,33	14,69
1 bar	10 <sup>5</sup>	10 <sup>5</sup>	0,987	1	1,02	750	10,2	14,5
1 ata (Kgf/cm <sup>2</sup> )	9,81 x 10 <sup>5</sup>	9,81 x 10 <sup>4</sup>	0,968	0,981	1	736	10	14,22
1 Torr (mm de Hg)	1,33 x 10 <sup>3</sup>	133	1,31 x 10 <sup>-3</sup>	1,33 x 10 <sup>-3</sup>	1,36 x 10 <sup>-1</sup>	1	13,6 x 10 <sup>-3</sup>	0,01934
1 m de col. H <sub>2</sub> O	9,81 x 10 <sup>4</sup>	9,81 x 10 <sup>3</sup>	9,68 x 10 <sup>-2</sup>	9,81 x 10 <sup>-2</sup>	0,1	73,6	1	1,425
1 psi	68,96 x 10 <sup>2</sup>	6,895	6,807 x 10 <sup>-2</sup>	6,896 x 10 <sup>-2</sup>	0,0703	51,7	70,17 x 10 <sup>-2</sup>	1

#### Definição

Equipamento é uma ferramenta que o ser humano utiliza para realizar alguma tarefa. Esses equipamentos no processo podem ser:

#### Trocadores de calor

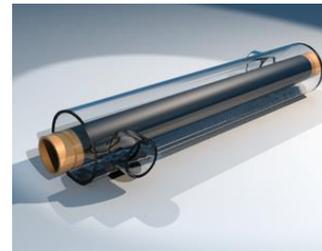
Um **trocador de energia térmica** ou **permutador de energia térmica**, popularmente também nomeado, de forma pouco adequada, por **trocador de calor** ou **permutador de calor**, é um dispositivo que visa à transferência de energia térmica de forma eficiente de um meio para outro. Tem a finalidade de propiciar de um fluido para o outro, encontrando-se estes

a temperaturas diferentes. Os meios podem ser separados por parede sólida, tanto que eles nunca se misturam, ou podem

em contato direto. Um permutador de calor é normalmente inserido num processo com a finalidade de arrefecer (resfriar) ou aquecer um determinado fluido. São amplamente usados em aquecedores, refrigeração, condicionamento de ar, usinas de geração de energia, plantas químicas, plantas petroquímicas, refinaria de petróleo, processamento de gás natural, e tratamento de águas residuais.

Em muitos textos em inglês é abreviado para HX (heat exchanger).

Um exemplo comum de trocador de calor é o radiador em um carro, no qual a fonte de calor, a água, sendo um fluido quente de refrigeração do motor, transfere calor para o ar fluindo através do radiador (i.e. o meio de transferência de calor). Noutras aplicações são usados para refrigeração de fluidos, sendo os mais comuns, óleo e água e são construídos em tubos, onde, normalmente circula o fluido refrigerante (no caso de um trocador para refrigeração). O fluido a ser refrigerado circula ao redor da área do tubo, isolado por outro sistema de tubos (similar a uma Serpentina (duto)) que possui uma ampla área geometricamente favorecida para troca de calor.



calor  
uma  
estar

O material usado na fabricação de trocadores de calor, geralmente possui um coeficiente de condutibilidade térmica elevado. Sendo assim, são amplamente utilizados o cobre e o alumínio e suas ligas.

Dentro da teoria em engenharia, é um volume de controle, sendo que equipamento normalmente opera em regime permanente, onde as propriedades da seção de um fluido não se altera com o tempo.

A eficiência de um trocador de calor depende principalmente:

- ✓ Do material utilizado para construção;
- ✓ Da característica geométrica e
- ✓ Do fluxo, temperatura e coeficiente de condutibilidade térmica fluidos em evidência.

Genericamente, para melhorar a troca de calor, são colocados aletas em toda a área da tubulação. Estas aletas fazem com que o fluido se disperse em áreas menores, assim, facilitando a troca de calor. Aletas consistem em células interligadas entre si, onde circula fluido. São construídas em materiais de excelente condutibilidade térmica. Seu uso acarreta uma grande desvantagem em um sistema termodinâmico, pois reduzem drasticamente a pressão com relação à entrada e saída. A maioria dos trocadores de calor utiliza tubos com geometrias que favorecem a troca de calor, onde internamente, há em sua área aletas.

Um trocador de calor de placas intercambiáveis.

Os permutadores de calor existem em várias formas construtivas consoante a aplicação a que se destinam, sendo as principais:

- ✓ Permutador de calor de carcaça e tubos (*em inglês shell and tube heat exchanger*)
- ✓ Permutador de calor de placas (*plate heat exchanger*)
- ✓ Permutador de calor de placas brasadas com aletas (*braced plate fin heat exchanger*)

Quanto as fases, existem 2 tipos de trocadores de calor:

- ✓ Monofásico, onde não há mudança de fase no fluido a ser refrigerado ou aquecido e
- ✓ Multifase, onde há mudança de estado físico do fluido.

Exemplo de trocadores de calor monofásicos: Radiador de água e intercooler (ou radiadores a ar).

Exemplo de trocadores de calor multifase: Condensador e evaporadores.

## Tipos de trocadores de calor

### Trocador de calor casco e tubo

Trocadores de calor casco e tubo consistem de uma série de tubos. Um conjunto destes tubos contém o fluido que deve ser aquecido ou esfriado. O segundo fluido corre sobre os tubos que estão sendo aquecidos ou esfriados de modo que ele forneça o calor ou absorva o calor necessário. O conjunto de tubos é chamado feixe de tubos e pode ser feito de vários tipos de tubos: simples, longitudinalmente aletados, etc. Trocadores de calor casco e tubo são normalmente utilizados para aplicações de alta pressão (com pressões superiores a 30 bar e temperaturas superiores a 260°C).<sup>[2]</sup> Isso ocorre porque os trocadores de calor casco e tubo são robustos, devido à sua forma.

Existem várias características de projeto térmico, que devem ser tidas em conta quando se projeta os tubos nos trocadores de calor de casco e tubo. Estas incluem:

**Diâmetro dos tubos:** Usar-se tubos de pequeno diâmetro faz o trocador de calor tanto econômico quanto compacto. No entanto, é mais provável o trocador de calor incrustar mais rapidamente e o pequeno tamanho faz a limpeza mecânica das incrustações difícil. Ao prevalecer a incrustação e os problemas de limpeza, tubos de diâmetros maiores devem ser utilizados. Assim, para determinar o diâmetro de tubos, o espaço disponível, custos, incrustação, bem como a natureza dos fluidos devem ser considerados.

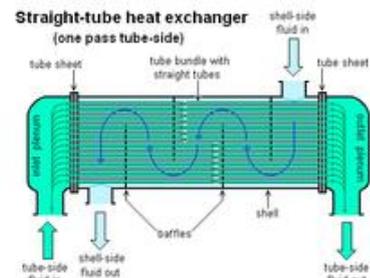
**Espessura de parede de tubo:** A espessura das paredes dos tubos é normalmente determinada de maneira a garantir:

- ✓ Existir espaço suficiente para a corrosão
- ✓ Que a vibração induzida por fluxo tenha resistência



este  
dos

em



de  
ser  
tubos  
pode  
de  
tipos

- ✓ Resistência axial
- ✓ Disponibilidade de peças sobressalentes
- ✓ Resistência de contenção ou "de cintura" (para suportar a pressão do tubo interno)
- ✓ Resistência à flambagem (para suportar sobrepressão no casco).

**Comprimentos dos tubos:** trocadores de calor são normalmente mais baratos quando tem um menor diâmetro de casco e um longo comprimento de tubo. Assim, normalmente há um objetivo de tornar o trocador de calor, enquanto ao mesmo tempo fisicamente possível, não excedendo as capacidades de produção. No entanto, existem muitas limitações para isso, inclusive o espaço disponível no local onde vai ser utilizado e a necessidade de assegurar que não haja tubos disponíveis em comprimentos que são o dobro do comprimento necessário (para que os tubos possam ser retirados e substituídos). Além disso, o que tem que ser lembrado, os tubos finos são difíceis de remover e substituir.

**Passo (*pitch*) dos tubos:** quando projeta-se os tubos, é prático para garantir que o passo (*pitch*) dos tubos (*i.e.*, a distância do centro do tubo ao centro de tubos adjacentes) não seja inferior a 1,25 vezes o diâmetro dos tubos externos. Um passo maior dos tubos leva a um maior diâmetro global do casco que leva a um trocador de calor mais caro.

**Corrugação dos tubos:** este tipo de tubos, tubos corrugados, utilizados principalmente para os tubos internos, aumenta a turbulência dos fluidos e o efeito é muito importante na transferência de calor dando um melhor desempenho.

**Distribuição ou configuração (*layout*) dos tubos:** refere-se a como os tubos são posicionados dentro do casco. Existem quatro tipos principais de configuração dos tubos, os quais são, triangular (30°), triangular "girado" (60°), quadrado (90°) ou quadrado girado (45°). Os padrões triangulares são empregados para produzir maior transferência de calor em que força-se o fluido a fluir de uma forma mais turbulenta ao redor da tubulação. Padrões quadrados são empregados onde alta incrustação é experimentada e operações de limpeza são mais regulares.

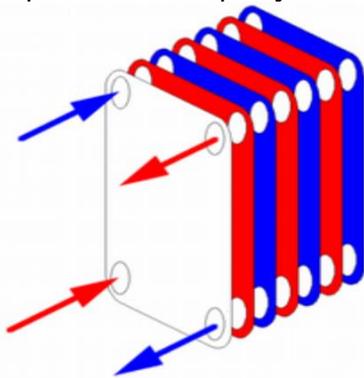


Diagrama conceitual de um trocador de calor placa e quadro

**Projeto das chicanas:** chicanas ou defletores são usados em trocadores de calor casco e tubo para direcionar o fluido através do feixe de tubos. Eles correm perpendicularmente ao caso e mantêm coeso e fixo o feixe de tubos, evitando que os tubos de vergarem ao longo de um comprimento longo. Eles também podem impedir que os tubos vibrem excessivamente. O tipo mais comum de chicana é a chicana segmentar. As chicanas segmentares semicirculares são orientadas a 180 graus para as chicanas adjacentes forçando o líquido a fluir para cima e para baixo entre o feixe de tubos. Chicanas de espaçamento são de grande importância termodinâmica no projeto de trocadores de calor de casco e tubo. Chicanas devem ser espaçadas, tendo em consideração para a conversão da queda de pressão e transferência de calor. Para a otimização térmica e econômica é sugerido que as chicanas sejam espaçadas não mais de 20% do

diâmetro interno do casco. Tendo-se chicanas espaçadas muito próximas provoca-se uma maior queda de pressão por causa do redirecionamento de fluxo. Consequentemente com as chicanas espaçadas significa que pode haver regiões mais frias nos cantos entre as chicanas. Também é importante para garantir que as chicanas sejam espaçadas perto o suficiente para que os tubos não cedam. O outro tipo principal de defletor é o disco e defletor de rosca, que consiste de dois defletores concêntricos, o defletor exterior mais amplo parece uma rosquinha (*donut*), embora o defletor interno é em forma de disco. Este tipo de defletores forçam o fluido a passar em torno de cada lado do disco, em seguida, através do defletor *donut* gerando um tipo diferente de fluxo de fluido.



Um trocador de calor de placa única

### Trocador de calor de placas

Outro tipo de trocador de calor é o trocador de calor de placas. Um deles é composto por placas múltiplas, finas, levemente separadas que têm áreas de superfície muito grande e as passagens de fluxo de fluido de transferência de calor. Este arranjo empilhado de placas pode ser mais eficaz, em um determinado espaço, que o trocador de calor de casco e tubos. Avanços na tecnologia de vedação e brasagem fizeram o permutador de calor do tipo placa cada vez mais prático. Em aplicações HVAC (Tanto "AVAC" como "HVAC" são siglas que significam "aquecimento, ventilação e ar condicionado" (em inglês "heating, ventilating and air conditioning")), grandes trocadores de calor deste tipo são chamados *placas-e-quadros*, quando utilizados em circuitos abertos, estes trocadores de calor são normalmente do tipo vedado permitindo desmontagem, limpeza e inspeção periódica. Existem muitos tipos de trocadores de calor de placa permanentemente ligados, tais como variedades de placa brasadas por imersão e brasadas a vácuo, e muitas vezes são especificados para aplicações de circuito fechado, como refrigeração. Trocadores de calor de placas também diferem no tipo de placas que são utilizadas, e nas configurações das placas. Algumas placas podem ser carimbadas com o "chevron" (forma de insígnia), ou outros padrões, onde outros possam ter aletas e/ou ranhuras usinadas.

### Trocador de calor circular adiabático

Um quarto tipo de trocador de calor utiliza um fluido intermediário ou armazena sólidos para manter o calor, que é então transferido para o outro lado do trocador de calor a ser liberado. Dois exemplos disso são rodas adiabáticas, que consistem em uma grande roda com linhas finas em rotação através dos quais fluem os fluidos quentes e frios, e trocadores de calor

### Trocador de calor de placas aletadas

Este tipo de trocador de calor utiliza com passagens transversal e contrafluxo com diversas configurações de aletas retas, aletas deslocadas e as aletas onduladas. Trocadores de calor de placas aletadas são ligados de alumínio, que proporcionam maior eficiência de transferência de calor. O material permite que o sistema funcione a uma temperatura mais baixa e reduzem o peso do equipamento. Trocadores de placas aletadas são usados principalmente para serviços de como plantas de liquefação de gás natural, hélio e oxigênio, as plantas de separação de ar e na indústria de transportes como motores e motores de aeronaves.



em "sanduíche" para incluir fluxo de aletas tais como onduladas. normalmente feitos de alumínio para transferência de baixa temperatura e calor de placas para baixa temperatura,

Vantagens de trocadores de calor de placas e aletas:

- ✓ Alta eficiência de transferência de calor especialmente em tratamento de gás
- ✓ Maior área de transferência de calor
- ✓ Aproximadamente 5 vezes mais leves em peso que os de correspondentes em capacidade trocadores de calor de casco e tubos
- ✓ Capaz de suportar a alta pressão
- ✓ Desvantagens de trocadores de calor de placas e aletas:
- ✓ Pode ocorrer entupimento das vias que são muito estreitas
- ✓ Dificuldade de limpar as vias

### Trocadores de calor fluidos

Este é um trocador de calor com um gás que passa para cima através de um banho de líquido (frequentemente água), e o fluido é, então, levado para outro lugar antes de ser refrigerado. Isto é comumente utilizado para o resfriamento de gases ao mesmo tempo que remove-se certas impurezas, assim, resolve-se dois problemas de uma vez. É amplamente utilizado em máquinas de café expresso como um método de poupar-se energia de resfriamento de água super-aquecida para ser utilizada na extração do expresso.

### Unidades de recuperação de calor de resíduos

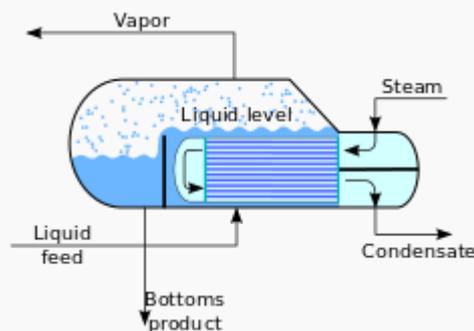
Uma unidade de recuperação de calor (WHRU, *Waste Heat Recovery Unit*) é um trocador de calor que recupera o calor de um fluxo de gás quente durante sua transferência para um meio de trabalho, geralmente água ou óleo. O fluxo de gás quente pode ser o gás de exaustão de uma turbina a gás ou um motor a diesel ou a gás de resíduos provenientes da indústria ou da refinaria.

### Trocador de calor de superfície raspada dinâmico

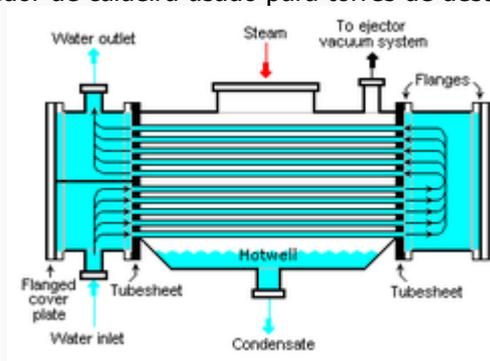
Outro tipo de trocador de calor é chamado "trocador de calor de superfície raspada (dinâmico)". São principalmente usados em aquecimento ou resfriamento com produtos altamente viscosos, processos de cristalização, aplicações de evaporação e alta incrustação. Longos tempos de atividade são alcançados devido à raspagem contínua da superfície, evitando assim incrustação e alcançando uma taxa de transferência de calor sustentável durante o processo.

A fórmula usada para isto será  $Q = A.U.LMTD$ , onde  $Q$  é a taxa de transferência de calor.

### Trocadores de calor de mudança de fase



Típico refeedor de caldeira usado para torres de destilação industrial



Típico condensador de superfície refrigerado a água

Em adição a aquecimento ou resfriamento de fluidos em apenas um única fase, trocadores de calor podem ser utilizados para aquecer um líquido para evaporá-lo (ou fervê-lo) ou são utilizados como condensadores arrefecendo um vapor e condensando-o em um líquido. Emplantas

químicas e refinarias, refulvedores utilizados para aquecer alimentos de entrada para torres de destilação são frequentemente trocadores de calor. Instalações de destilação normalmente utilizam condensadores para condensar os vapores destilados novamente em líquido.

Usinas que tenham turbinas movidas a vapor comumente utilizam trocadores de calor para ferver água em vapor. Trocadores de calor ou unidades similares para a produção de vapor de água são frequentemente chamadas caldeiras ou geradores de vapor.

Em plantas de usinas nucleares chamadas reatores de água pressurizada (PWR, *Pressurized Water Reactor*), trocadores de calor especialmente grandes os quais passam o calor do reator do sistema primário (planta do reator nuclear) para o secundário (planta de vapor), produzindo vapor da água no processo, são chamados geradores de vapor. Todas as usinas de energia fóssil e nuclear usando turbinas impulsionadas a vapor, tem condensadores de superfície para converter o vapor de exaustão das turbinas em condensado (água) para reutilização.

Para conservar a energia e capacidade de resfriamento em indústrias químicas e outras plantas, trocadores de calor regenerativos podem ser usados para a transferência de calor de uma corrente (fluxo) que precisa ser resfriado a uma outra corrente que precisa ser aquecida, tal como um destilado de arrefecimento e alimentação do refulvedor de pré-aquecimento.

Este termo pode também referir-se trocadores de calor que contêm um material dentro de sua estrutura que tem uma mudança de fase. Isso geralmente é uma fase sólida para uma líquida, devido à pequena diferença de volume entre estes estados. Esta mudança de fase efetivamente atua como um "amortecedor" (*buffer*), pois ocorre a uma temperatura constante, mas ainda permite que o trocador de calor receba o calor adicional. Um exemplo onde isto tem sido investigado é para o uso em eletrônicos de aeronaves de alta potência.

### **Trocadores de calor de contato direto**

Trocadores de calor de contato direto envolvem transferência de calor entre correntes quentes e frias de duas fases na ausência de uma parede de separação. Assim tais trocadores de calor podem ser classificados como:

- ✓ Gás- líquido
- ✓ Líquido imiscível – líquido
- ✓ Sólido-líquido ou sólido-gás

A maioria dos trocadores de calor contato direto cai sob a categoria Gás-Líquido, onde o calor é transferido entre gás e líquido na forma de gotas, filmes ou *sprays*.

Tais tipos de trocadores de calor são usados predominantemente em ar condicionado, umidificação de ambientes, resfriamento de água e plantas de condensação.

### **Trocadores de calor espirais**

Um trocador de calor espiral (SHE, *spiral heat exchanger*), pode referir-se a uma configuração de tubos helicoidal (espiralada), mais genericamente, o termo refere-se a um par de superfícies planas que são espiraladas de forma a formar os dois canais em um arranjo de fluxo contracorrente. Cada um dos dois canais tem dois longos trajetos curvos. Um par de entradas de fluido é conectado tangencialmente a outros braços da espiral, e as entradas axiais são comuns, mas opcionais.

A principal vantagem dos trocadores SHE é seu uso do espaço altamente eficiente. Esse atributo é muitas vezes alavancado e parcialmente realocado para ganhar outras melhorias no desempenho, de acordo com metodologias conhecidas em projeto de trocadores de calor. (Uma metodologia destacada é a comparação do custo de capital *versus* o custo operacional.) Um SHE compacto pode ser usado para ter uma menor ocupação nas instalações, e portanto reduz todos os custos de capital relacionados, ou um sobredimensionado SHE pode ser usado para ter-se menor queda de pressão, menor energia de bombeamento, mais alta eficiência térmica, e mais baixos custos de energia.

### **Construção**

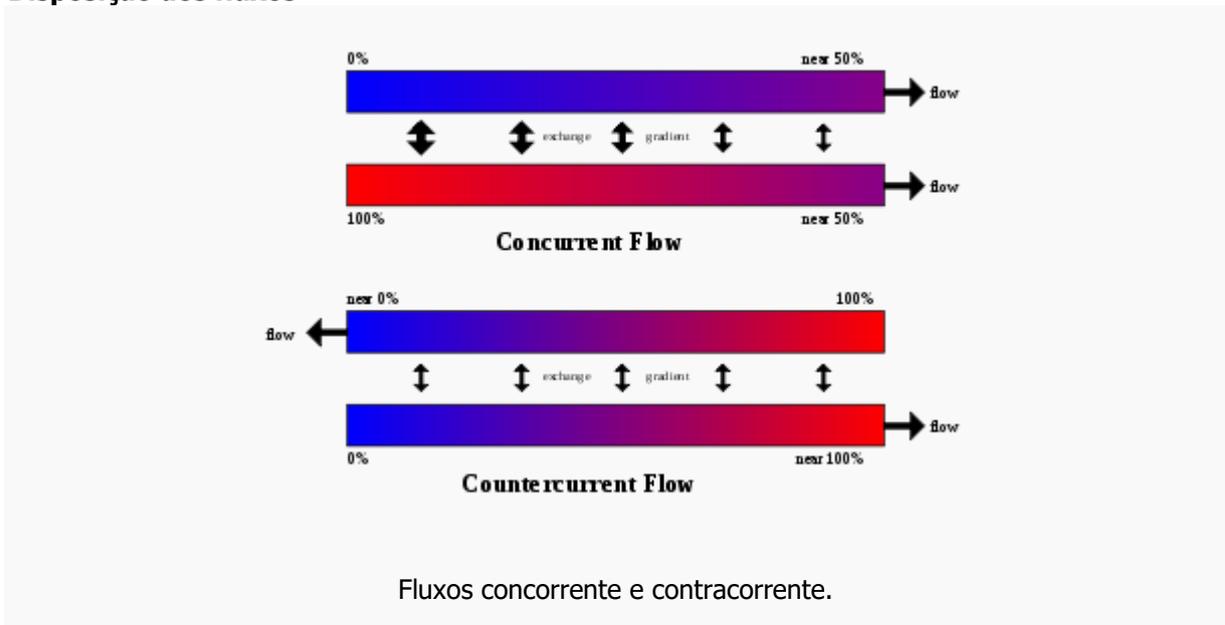
As distâncias entre as folhas dos canais em espiral são mantidas usando pinos espaçadores que foram soldados antes de serem rolados. Uma vez que o pacote espiral principal foi enrolado, bordas suplentes superiores e inferiores são soldadas e cada extremidade fechada por um plano cone de cobertura cobrir aparafusado ao corpo. Isso assegura que a mistura dos dois líquidos não irá ocorrer.

Se um vazamento acontecer, será da cobertura de periferia para a atmosfera, ou para uma passagem que contém a mesmo fluido.

### Autolimpeza

Trocadores SHE são frequentemente usados no aquecimento de fluidos que contenham sólidos e, portanto, tem uma tendência a incrustação no interior do trocador de calor. A baixa queda de pressão dá ao trocador SHE sua capacidade de lidar com incrustações mais facilmente. O trocador SHE usa um mecanismo de "autolimpeza" pelo qual as superfícies sujas causam um aumento localizado da velocidade do fluido, aumentando assim a arraste (ou atrito fluido) sobre a superfície incrustada, contribuindo assim para retirar o bloqueio e manter limpo o trocador de calor. "As paredes internas que compõem a superfície de transferência de calor são muitas vezes bastante grossas, o que torna o trocador SHE muito robusto, e capaz de durar muito tempo em ambientes exigentes." Eles também são facilmente limpos, abrindo-se como um forno onde qualquer acumulação de incrustação pode ser removidos por lavagem à pressão.

### Disposição dos fluxos



Existem três tipos principais de fluxos em um trocador de calor espiral:

1. **Fluxo em contracorrente:** Ambos os fluxos de fluidos em direções opostas, é utilizado para aplicações líquido-líquido, condensação e arrefecimento de gás. As unidades são geralmente montadas verticalmente quando condensação de vapor e montadas horizontalmente ao manusear altas concentrações de sólidos.
2. **Fluxo em Espiral/fluxo cruzado:** Um fluido está em fluxo em espiral e outro em um fluxo cruzado. As passagens do fluxo em espiral são soldados de cada lado para este tipo de trocador de calor em espiral. Esse tipo de escoamento é adequado para lidar com gases de baixa densidade, que passam pelo fluxo cruzado, evitando a perda de pressão. Ele pode ser usado para aplicações líquido-líquido se um líquido tem uma vazão consideravelmente maior do que o outro.
3. **Vapor distribuído/fluxo em espiral:** Este projeto é um condensador, e é geralmente montado verticalmente. Ele é projetado para atender a sub-resfriamento tanto de condensado e não condensáveis. O resfriante move-se em uma espiral e sai através do topo. Gases quentes que entram deixam condensado que sai através da saída inferior.

### Aplicações

Os trocadores SHE são bons para aplicações tais como pasteurização, aquecimentos de digestores, recuperação de calor, pré-aquecimento (ver: recuperador), e esfriamento de efluentes. Para tratamento de lamas, trocadores SHE são geralmente menores que outros tipos de trocadores de calor.

### Seleção

Devido às muitas variáveis envolvidas, a seleção ótima de um trocador de calor é desafiante. Cálculos manuais são possíveis, mas muitas interações são tipicamente necessárias. Assim, trocadores de calor são mais frequentemente selecionados através de programas de computador, que por projetistas de sistemas, que são tipicamente engenheiros, ou pelos fornecedores de equipamentos.

De maneira a selecionar um trocador de calor apropriado, os projetistas de sistemas (ou fornecedores dos equipamentos) em primeiro lugar consideram as limitações de projeto para cada tipo de trocador de calor. Embora o custo seja muitas vezes o primeiro critério avaliado, há vários outros importantes critérios de seleção que incluem:

- Limite de alta e baixa pressão
- Performance térmica
- Faixas de temperatura
- O conjunto de produtos (líquido/líquido, líquidos com particulados ou alto teor de sólidos)
- Queda de pressão ao longo do trocador
- Capacidade de fluxo de fluido
- Características de limpeza, manutenção e reparo
- Materiais requeridos para construção
- Capacidade e facilidade de futura expansão

A escolha do trocador de calor correto requer algum conhecimento de diferentes tipos de trocadores de calor, assim como o ambiente no qual a unidade irá operar. Tipicamente na indústria de manufatura, diversos tipos diferentes de trocadores de calor são usados para apenas um processo ou sistema para obter-se o produto final. Por exemplo, um trocador de calor *kettle* para pré-aquecimento, um trocador de tubo duplo para o fluido *transportador* e um trocador placa e quadro para resfriamento. Com suficiente conhecimento de tipos de trocadores de calor e requerimentos de operação, uma seleção apropriada pode ser feita para otimizar-se o processo.

### Monitoração e manutenção

A inspeção de integridade de trocadores de calor tubular e de placas podem ser testados *in situ* por métodos de condutividade ou por gás hélio. Estes métodos confirmam a integridade das placas ou tubos para prevenir qualquer contaminação cruzada e as condições das juntas.

Monitoração das condições dos tubos de trocadores de calor pode ser conduzida através de ensaios não destrutivos como os ensaios não destrutivos de tubos (*Tubular NDT*, de *tubular nondestructive testing*) e ensaios baseados em correntes parasitas. Os mecanismos de fluxo de água e depósitos são frequentemente simulados por fluidodinâmica omputacional (CFD, *computational fluid dynamics*).

A incrustação é um problema sério em alguns trocadores de calor. Águas doces pouco tratadas são frequentemente usadas como água de resfriamento, o que resulta em detritos biológicos entrando no trocador de calor e produzindo camadas, diminuindo o coeficiente de transferência térmica. Outro problema comum é o "tártaro", ou incrustação calcárea, que é composto de camadas depositadas de compostos químicos, como carbonato de cálcio ou carbonato de magnésio, relacionados com a dureza da água.

### Incrustação



Um trocador de calor em uma usina de energia a vapor contaminada com macro-incrustação.

Incrustação ocorre quando um fluido passa por um trocador de calor, e as impurezas no fluido precipitam-se sobre a superfície dos tubos.

A precipitação destas impurezas pode ser causada por:

- Uso frequente do trocador de calor
- Ausência de limpeza regular do trocador de calor
- Redução da velocidade dos fluidos movendo-se através do trocador de calor
- Superdimensionamento do trocador de calor

Efeitos de incrustação são mais abundantes nos tubos frios dos trocadores de calor que em tubos quentes. Isto é causado porque impurezas são menos facilmente dissolvidas num fluido frio. Isto é porque, para a maioria das substâncias, a solubilidade aumenta quando a temperatura aumenta. Uma notável exceção é água dura e seus sais de metais alcalinos-terrosos onde o oposto é verdadeiro. A incrustação aumenta a área da seção transversal para o calor ser transferido e causa um aumento na resistência à transferência de calor através do trocador de calor. Isto é porque a condutividade térmica da camada de incrustação é baixa. Isto reduz o coeficiente de transferência térmica global e a eficiência do trocador de calor. Ocorrendo isto, pode conduzir a um aumento nos custos de bombeamento e manutenção.

A abordagem convencional para o controle de incrustação combina a aplicação “cega” de biocidas e produtos químicos antitártaro com testes de laboratório. Isto frequentemente resulta em uso excessivo de produtos químicos com o inerente efeito colateral de acelerar o sistema de corrosão e aumentar os resíduos tóxicos - sem mencionar o incremento de custos de tratamentos desnecessários.

No entanto, existem soluções para monitoramento contínuo incrustantes em ambientes líquidos, tais como o sensor Neosens FS, medindo tanto a espessura de incrustação e temperatura, permitindo otimizar a utilização de produtos químicos e controlar a eficiência de limpeza.

O superdimensionamento dos trocadores causa o aumento da incrustação pela diminuição do arraste tanto de sólidos particulados quanto de impurezas que se solidificam e se precipitam ao longo do trocador, não sendo removidos continuamente pela ação do próprio movimento em suficiente velocidade do fluido.

### Manutenção

Trocadores de calor de placas precisam ser desmontados e limpos periodicamente. Trocadores de calor tubulares podem ser limpos por métodos tais como a limpeza ácida, jateamento, jato de água de alta pressão, limpeza por bala, ou por hastes.

Em grande escala os sistemas de refrigeração de água para trocadores de calor, tratamento de água tal como a purificação, a adição de produtos químicos e testes, são usados para minimizar o sujar de equipamento de troca de calor. Outros tratamentos de água também são usado em sistemas de vapor para usinas de energia, etc, para minimizar a incrustação e corrosão da troca de calor e outros equipamentos.

Uma variedade de empresas começaram a utilizar a água ter tecnologia de oscilações para evitar bioincrustação. Sem o uso de produtos químicos, este tipo de tecnologia tem ajudado na provisão de uma baixa queda de pressão em trocadores de calor.

### Na Indústria

Trocadores de calor são largamente usados na indústria tanto para resfriamento e aquecimento em larga escala em processos industriais. O tipo de tamanho de trocadores de calor usados pode ser adaptado a um processo dependendo do tipo de fluido, sua fase, temperatura, densidade, viscosidade, pressões, composição química e várias outras propriedades termodinâmicas. Em muitos processos industriais existe desperdício de energia ou uma corrente de calor que está sendo exaurida, trocadores de calor podem ser usados para recuperar este calor e colocá-lo em uso pelo aquecimento de uma outra corrente no processo. Esta prática poupa uma quantidade de dinheiro na indústria como o calor fornecidos a outras correntes dos trocadores de calor que de outra forma viria de fonte externa a qual é mais custosa e mais nociva ao ambiente.

Trocadores de calor são usados em muitas indústrias, algumas das quais incluem:

- Tratamento de águas residuais
- Sistemas de refrigeração
- Indústria de vinhos e cervejarias
- Indústria do petróleo.
- Indústria química pesada

Na indústria de tratamento de águas residuais, trocadores de calor desempenham um papel vital na manutenção ótima de temperaturas internamente a digestores anaeróbicos a fim de promover o crescimento de microorganismos que removem os poluentes das águas residuais. Os tipos mais comuns de trocadores de calor utilizados nesta aplicação são o trocadores de calor de duplo tubo, bem como os trocadores de calor de placa e quadro.

## Tubulações, válvulas e acessórios

### Tubos

O desenvolvimento da indústria gerou processos complexos de manipulação, transporte e armazenagem de produtos.

A partir da necessidade de expandir a planta de processamento, manipular novos produtos e desviar fluxos, foram desenvolvidas as tubulações, válvulas, conexões e acessórios.

### Tubulações

O termo tubulação é usado nas plantas industriais para designar um conjunto de tubos e seus acessórios. Os tubos são utilizados para transportar todos os tipos de fluido de processo, sejam fluidos limpos, sujos, com sólidos em suspensão, ou gasosos.

O transporte é feito em diversas faixas de pressões e temperaturas usuais nos processos industriais.

### Materiais para Tubos

Os tubos são feitos de materiais apropriados para cada fluido e suas condições no processo, tais como: temperatura de operação, pressão de trabalho, grau de corrosividade, etc.

Nessas condições, distinguem-se duas classes de materiais para tubulação:

- Materiais metálicos;
- Materiais não metálicos.

Materiais metálicos		Materiais não metálicos	
Ferrosos	Não-ferrosos	Plásticos	Outros materiais
Aços ao carbono	Cobre	Cloreto de polivinil	Vidro
Aços-liga	Latão	Acetato de celulose	Cerâmica
Aços inoxidáveis	Bronze	Poliestireno, polietileno	Barro vidrado
Ferro forjado	Metal monel	Epoxi, poliéster, etc.	Porcelana
Ferro fundido	Cromo-níquel		Concreto armado
Ferro ligado	Níquel		Borracha
Ferro nodular	Chumbo		Cimento amianto
	Alumínio		
	Titânio		

De todos esses materiais, os mais utilizados na fabricação de tubos para a indústria de processamento são os aços ao carbono e os açosliga. O aço ao carbono é um dos mais importantes materiais metálicos usados na indústria. A maior parte dos componentes de máquina é fabricada com esse material, por ter propriedades mecânicas adequadas às condições de trabalho.

### **Tubos metálicos de aço ao carbono**

Nas indústrias de processamento mais de 80% dos tubos utilizados são de aço ao carbono devido ao seu menor custo em relação a materiais mais nobres, excelentes qualidades mecânicas e facilidade para ser trabalhado e soldado.

Os tubos de aço ao carbono no processo são utilizados dentre outros em linhas de:

- Distribuição de vapor saturado e superaquecido;
- Água potável, água de incêndio e água para processos industriais, trabalhando em faixas de pressão e temperatura compatíveis com a aplicação;
- Óleos combustíveis e lubrificantes, ar comprimido e outros fluidos industriais, operando em faixas de temperatura e pressão compatíveis com a aplicação.

### **Tubos metálicos de aço-liga**

Aços liga são todos os aços que possuem qualquer quantidade de outros elementos, além dos que entram na composição dos aços ao carbono. Todos os tubos de aço liga são bem mais caros do que os de aço ao carbono. De um modo geral, o custo é tanto mais alto quanto maior for a qualidade de elementos de liga presente no aço. A montagem e soldagem desses tubos também é mais difícil e mais cara.

Os tubos fabricados com aço – liga são utilizados em:

- a. Altas temperaturas: temperaturas superiores àquelas que os aços ao carbono não suportam. É importante lembrar, que mesmo dentro desses limites, quando é exigida grande resistência mecânica ou resistência à fluência, os aços-liga devem ser empregados.
- b. Baixas temperaturas: para temperaturas inferiores a -40°C, para as quais os aços carbono ficam quebradiços, são usados os aços-liga.
- c. Alta corrosão: em serviços com fluidos corrosivos, mesmo quando dentro da faixa de emprego dos aços ao carbono. De um modo geral, os aços-liga são inoxidáveis e possuem melhores qualidades de resistência à corrosão e à erosão do que os aços ao carbono. Existem, entretanto, diversos casos de exceção: a água salgada, por exemplo, destrói os aços especiais tão rapidamente quanto os aços ao carbono, pela presença de íons cloreto (Cl<sup>-</sup>).
- d. Necessidade de não contaminação: em serviços para os quais não se pode admitir a contaminação do fluido circulante (produtos alimentares, farmacêuticos, etc). A corrosão, ainda que só seja capaz de destruir o material do tubo depois de muito tempo, pode causar a contaminação do fluido circulante, quando os resíduos da corrosão são carregados pela corrente fluida. Devido a isso, nos casos que não possa haver contaminação, empregam-se os aços especiais, embora do ponto de vista da corrosão, não fosse necessário o seu uso.
- e. Segurança: em serviços com fluidos perigosos (muito quentes, inflamáveis, tóxicos, explosivos), quando é exigido o máximo de segurança contra possíveis vazamentos por acidentes.

No que se refere à corrosão, convém observar que, quanto mais resistente for o material, tanto mais longa será a vida do tubo e seus acessórios.

### **Tubos de aços inoxidáveis**

Os tubos de aço inoxidáveis são tubos de aço-liga, com adição de Cromo e Níquel, em porcentagens diversas, de acordo com a tabela abaixo.

Tipos (denominação do ASTM)	Estrutura cristalina	Elementos de liga (%)			Limite de temperatura (°C)	
		Cr	Ni		Máxima	Mínima
304	Austenítica	18	8		600	- 255
304 L	Austenítica	18	8	C (máxima): 0,03	400	- 255
316	Austenítica	16	10	Mo: 2	650	- 195
316 L	Austenítica	16	10	Mo: 2; (máximo): 0,03	400	- 195
321	Austenítica	17	9	Ti: 0,5	600	- 195
347	Austenítica	17	9	Cb + Ta: 1	600	- 255
405	Ferrítica	12	-	Al: 0,2	470	Zero

A presença de pequenas quantidades de íons cloretos (Cl<sup>-</sup>) hipocloretos, etc, pode causar severa corrosão localizada (alvéolos ou pites) ou sob tensão em todos os aços inoxidáveis austeníticos, devendo, por isso, ser sempre evitada (ex.: substâncias como soda cáustica, soluções salinas, etc). Os tubos de aços inoxidáveis austeníticos são usados, entre outros serviços, para: temperaturas muito elevadas, temperaturas muito baixas (serviços criogênicos), serviços corrosivos oxidantes, produtos alimentares e farmacêuticos e outros serviços de nãocontaminação, hidrogênio em pressões e temperaturas elevadas, etc.

#### **Tubos de aço galvanizado**

Os tubos de aço galvanizado são aqueles que recebem uma penetração de zinco, por galvanoplastia e a fogo. Eles têm baixa resistência mecânica e muito boa resistência à corrosão, ao contato com a água, a atmosfera e o solo.

Esses tubos são empregados em tubulações industriais secundárias, de baixas pressões e temperaturas, para água e ar comprimido.

#### **Tubos plásticos**

A descoberta do plástico, particularmente do Cloreto de Polivinil (PVC), permitiu a fabricação de tubos plásticos para variadas aplicações. Na construção civil são utilizados em instalações de água potável, de esgotos e de águas pluviais.

Sua utilização é limitada para fluidos com temperaturas acima de 40°C.

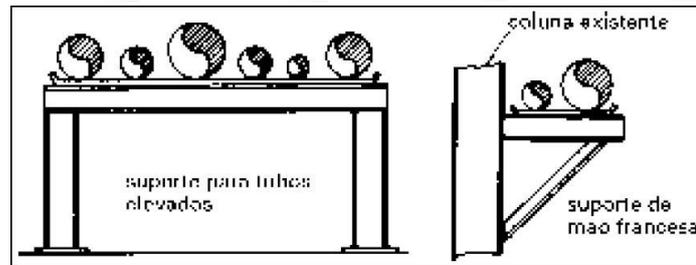
Os tubos plásticos vieram facilitar e simplificar a mão-de-obra nas instalações hidráulicas. Essas tubulações são imunes às incrustações e à corrosão, permitindo ótima vazão dos líquidos, com baixíssimo atrito, pois as paredes internas são polidas, não oferecendo acréscimo de resistência à sua passagem.

#### **Suportes de tubulação**

As tubulações, em geral, necessitam ser fixadas para eliminar ou dividir os esforços ou pesos exercidos pelos tubos nas mais variadas situações e direções. A fixação é um requisito importante na instalação da linha, tanto para determinar o movimento admissível na tubulação como para atender se a mesma deve ser apoiada ou pendurada.

Por esse motivo, há uma grande variedade de tipos e modelos de suportes, a saber:

- a. **Suportes rígidos** (apoiados e pendurados): são assim chamados os que são imóveis, não permitindo nenhuma liberdade de movimento vertical aos tubos.



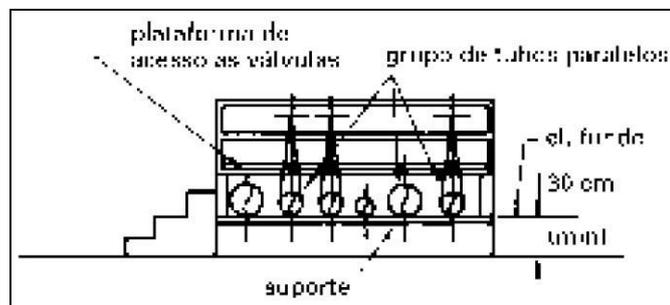
- b. **Suportes semi-rígidos pendurados:** normalmente são utilizados para trechos de tubos horizontais e podem dar liberdade de movimento à tubulação.
- c. **Suportes não rígidos:** sustentam o peso das tubulações, dandolhes ao mesmo tempo certa liberdade de movimento.
- d. **Suporte de ancoragem:** é usado quando se pretende fixar pontos de tubulação a fim de dividir os trechos de dilatação da mesma.

### Caminhamento das tubulações

Em trajetos onde não há cruzamentos com pistas de tráfego de veículos, as tubulações, formando grupos paralelos, são colocadas sobre suportes de pequena altura (a pelo menos 30 cm do solo), em geral na margem ou no acostamento da rua.

Onde houver necessidade de travessia freqüente de pedestre sobre os tubos, deve ser construída uma ponte, que também pode servir de local de manobra de válvulas.

Tubulações com isolamento térmico externo não devem ser pisadas por pedestres, pois isso pode causar deterioração da proteção do isolamento. Isso pode permitir a entrada de umidade que gera a corrosão.



### Pipe way

Sempre que houver cruzamento de pista de tráfego de veículos, a solução mais usual consiste em colocar o grupo de tubos dentro de uma trincheira (pipeway)

### Pipe rack

Um pipe rack (ou seja, suporte de tubulação) é uma estrutura para suportar as tubulações elevadas, fabricada geralmente de aço ou vigas de concreto.

O pipe rack consiste de pórticos sobre os quais as tubulações se apoiam, conforme ilustra a figura a seguir.

### Norma de cores para identificação de tubulações

Como já sabemos, tubulações são os tubos de uma instalação industrial destinados à condução de fluidos e à proteção de condutores elétricos.

Por questões de segurança, a identificação das tubulações está normalizada, e é feita por meio de um código de cores.

Essa norma é baseada na Norma Regulamentadora NR-26 – Sinalização de Segurança / Ministério do Trabalho, e complementada pelas seguintes normas da ABNT:

- NBR 07195 - Cores para Segurança (Jun/95);
- NBR 06493 - Emprego de Cores Fundamentais para Tubulações Industriais (Out/94);

- NB 00572 - Cores para Identificação de Tubulações da Indústria de Petróleo e Atividades Afins.
- NBR 07485 - Emprego de cores para identificação de tubulações em usinas e refinarias de açúcar e destilarias de álcool (Out/94);
- NBR 07532 - Identificadores de extintores de incêndio - Dimensões e cores (Abr/82);
- NBR 13193 - Emprego de cores para identificação de tubulações de gases industriais (Ago/94).

Esse conjunto de normas tem por objetivo fixar as cores para identificação das tubulações que transportam líquidos, gases e vapores das unidades de processo e utilidades e identificar, também, os condutores elétricos.

Estas normas consideram para fins de proteção e identificação, os seguintes conceitos:

- a. Pintura Geral da Tubulação: é o revestimento protetor da tubulação por meio de tintas apropriadas;
- b. Pintura de Identificação: é o revestimento total ou parcial de uma tubulação por meio de tintas apropriadas, com a finalidade de identificação do fluido circulante.
- c. Faixa de Identificação: é a superfície limitada da tubulação, em que se usa a pintura de identificação.
- d. Cores Fundamentais: são as cores fixadas pela norma NR-26 do Ministério do Trabalho, para facilitar a identificação de tubulações industriais e que servem de base à organização do código de cores.

A tabela a seguir indica as cores fundamentais adotadas de acordo com o fluido circulante pela tubulação:

Cor fundamental	Produto
vermelho	Sistemas de combate a incêndio
amarelo	gases não liqüefeitos
azul	ar comprimido
verde	água
alaranjado	ácidos
lilás	produtos cáusticos (derivados de soda/álcalis)
alumínio	gases liqüefeitos, inflamáveis, combustíveis, produtos químicos em geral
preto	inflamáveis e combustíveis de alta viscosidade
branco	vapor/condensado
cinza claro	canalização em vácuo
cinza escuro	eletrodutos
marrom	identificação de quaisquer fluidos não identificáveis pelas demais cores
púrpura	material radioativo

- e. Cores Secundárias: são as cores usadas nas faixas de identificação para possibilitar a caracterização de um maior número de produtos.

### Observação

O transporte de fluidos com baixa ou alta temperatura é feito através de tubulações com isolamento térmico apropriado para cada aplicação, como por exemplo, silicato de cálcio, "foam glass", poliuretano, lã de vidro, isopor, lã de rocha, perlita expandida.

### Válvulas

As válvulas são acessórios colocados ao longo das tubulações e que servem para executar manobras operacionais tais como:

- a. Controlar ou regular o escoamento de fluido em uma tubulação. Esse controle se estende a líquidos, gases e vapores.
- b. Permitir ou impedir totalmente o escoamento.

- c. Impedir o retorno do líquido na tubulação.
- d. Aliviar a pressão em caldeiras e demais equipamentos sujeitos a elevadas pressões.
- e. Regular a pressão de tubulações e equipamentos.



### Material de fabricação

As válvulas podem ser fabricadas de materiais metálicos e não metálicos, e são ligadas à tubulação por rosca, por flange ou por solda de encaixe.

### Aplicação

A presença de válvulas aumenta a possibilidade de vazamentos pelas gaxetas, roscas e flanges (se houver). Isso aumenta a despesa de manutenção e introduz perda de carga na tubulação. Por esse motivo, o projeto deve considerar o uso do menor número possível de válvulas, ou seja, apenas o necessário para a boa operação da instalação.

### Classificação das válvulas

As válvulas podem ser classificadas pela operação que executam. Assim, as válvulas podem ser:

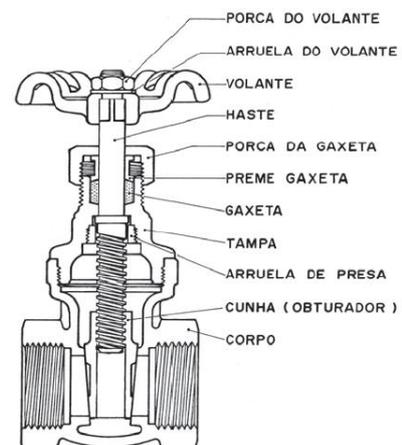
- De bloqueio;
- De regulação;
- De fluxo em um só sentido;
- De segurança para controle de pressão de montante;
- De controle de pressão de jusante.

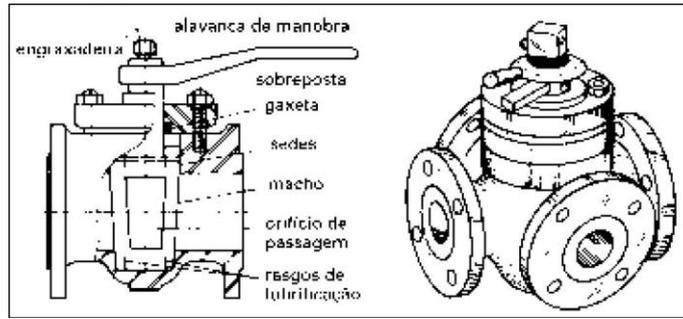
### Válvulas de bloqueio

As válvulas de bloqueio destinam-se apenas a estabelecer ou interromper o fluxo da substância conduzida. Portanto, só podem funcionar completamente abertas ou completamente fechadas. Seus diversos tipos são:

1. **Válvula gaveta:** tem uma gaveta e uma sede ou assento. A gaveta tem um movimento de translação (deslizamento no assento); pode ser cônica ou paralela; inteira ou bipartida. A haste tem movimentos de rotação. A gaveta tem movimento de translação, conforme figura ao lado. Essa válvula, perde um mínimo de carga quando completamente aberta, drena bem a tubulação e facilita a abertura ou fechamento devido ao movimento da gaveta ser adequado ao escoamento.

2. **Válvula macho** (ou válvula de fecho rápido): é formada de uma peça cônica (macho) com orifício de seção retangular através do cone. Quando o orifício está alinhado com o tubo há fluxo. Pode ser fechada ou aberta rapidamente.





### Outras válvulas de bloqueio:

- Válvula de esfera;
- Válvula de comporta.

### Válvulas de regulação

As válvulas de regulação são destinadas especificamente a controlar o fluxo. Trabalham, portanto, em qualquer posição de fechamento. Os diversos tipos são:

1. Válvula globo: o nome resulta de seu formato. É indicada para fechamento e regulação do fluxo. Pode trabalhar em qualquer posição de fechamento.
2. Válvula de agulha: usada para regulação fina de líquidos e gases, em diâmetros de até 2”.
3. Válvulas de diafragma: é a válvula sem gaxeta, muito usada para fluidos corrosivos, tóxicos, inflamáveis ou perigosos de um modo geral.
4. Válvula borboleta: é usada, principalmente, em tubulações de diâmetro (mais de 20”) e de baixa pressão, que não exigem vedação para serviços com água, ar, gases, materiais pastosos, bem como para sujos ou que contenham sólidos em suspensão.
5. Válvula de controle automático serve para controlar a vazão ou a de um fluido. Essa válvula pode ser utilizada em malha de controle de processo.



grande  
perfeita,  
líquidos

pressão

### Válvulas de fluxo em um só sentido

As válvulas de fluxo em um só sentido impedem o retorno do fluido. Elas são:

**Válvula de retenção:** é usada quando é necessário que o fluxo seja possível só em um sentido. É de funcionamento automático. Pode ser de levantamento horizontal e vertical.

Existe um modelo especial que combina roscas, bloqueio e retenção em uma única válvula e que incorpora um mecanismo capaz de manter o disco em posição de bloqueio independentemente do fluxo ou, alternativamente, pode restringir a elevação do disco.



### Válvula de segurança

As válvulas de segurança são aquelas que protegem os equipamentos contra pressão excessiva.

A utilização desse tipo de válvula é obrigatória nas caldeiras e nos reservatórios que contêm fluidos sob pressão. Ela se abre automaticamente quando essa pressão ultrapassa um determinado valor para o qual foi ajustada.

A ilustração a seguir mostra uma válvula de segurança.

Existem dois tipos de válvulas de segurança: de mola e de contrapeso

A válvula de segurança de mola é aquela em que o disco é mantido contra o assento pela força de uma mola que cede, quando a pressão ultrapassa um dado limite.

A válvula de segurança de contrapeso é aquela em que a força que fecha a válvula resulta de um contrapeso.

Outro tipo de válvula de segurança é a válvula de contrapressão.

### **Válvulas de controle da pressão a jusante**

A esse grupo de válvulas pertence a válvula redutora e a válvula reguladora de pressão.

### **Válvula angular**

A válvula angular é usada para os casos em que, depois da válvula, seja necessária uma mudança de direção de 90°. Devido aos bocais estarem a 90° um em relação ao outro, ela oferece perdas de cargas bem menores do que a válvula globo normal.

### **Modos de operação das válvulas**

As válvulas podem ser operadas de três formas:

- Por operação manual;
- Motorizada;
- Automática.

A operação manual é feita por meio de:

- Volantes;
- Alavanca;
- Engrenagens e parafusos sem fim;
- Correntes.

A operação motorizada é usada quando as válvulas:

- São muito grandes;
- Estão em posições inacessíveis;
- Devem ser comandadas por instrumentos automáticos.
- Essa operação pode ser:
  - Pneumática;
  - Hidráulica;
  - Elétrica.

A operação pneumática é o sistema mais usado na instrumentação de controle de processos. As válvulas pneumáticas são comandadas à distância por instrumentos automáticos.

Na operação hidráulica, a haste da válvula é comandada por um êmbolo sujeito à pressão de um líquido.

Na operação elétrica, um motor elétrico aciona o volante da válvula por meio de engrenagens de redução. Esse sistema é usado em locais inacessíveis e em válvulas de grande porte, para tornar a operação mais rápida.

Para válvulas pequenas, a movimentação pode ser feita com solenóides, ou seja, um eletroímã com uma mola. Por atração magnética, a haste da válvula é movimentada, abrindo-se ou fechando-se a válvula.

As válvulas de operação automática, são autosuficientes, dispensando qualquer ação externa para o seu funcionamento. A operação automática pode ser conseguida pela diferença de pressões do fluido circulante, ou pela ação de molas ou contrapesos integrantes da própria válvula.

### **Observações:**

- As válvulas em linhas pressurizadas devem ser acionadas lentamente para evitar esforços excessivos ao sistema, causados, por exemplo, pela parada repentina do fluido (martelo hidráulico).
- Válvulas de bloqueio, que não são usadas durante a operação normal, devem ser operadas de vez em quando para evitar seu emperramento.
- Uma válvula, como qualquer outra peça do equipamento, precisa de manutenção constante.

### **Movimentação correta de válvulas manuais**

As válvulas devem ser operadas com técnica correta de modo a facilitar o trabalho do operador.

Uma válvula adequadamente lubrificada e engraxada dificilmente oferecerá dificuldades para a sua movimentação.

Para abertura e fechamento, o limite do esforço físico despendido será dado pela própria dimensão da válvula.

### Chaves de válvulas

Chave de válvula é um dispositivo em forma de “F” utilizado para facilitar a movimentação dos volantes de válvulas.

O uso de uma chave de válvula só se justifica no caso de válvulas de grande dimensão em que o esforço físico aplicado é multiplicado pelo auxílio dessa chave, e está atuando como mão-de-força. Para não causar danos à válvula, não se deve utilizar artifícios como alavancas, chaves de encanador, golpes ou pancadas para movimentá-la.

O limite de abertura e fechamento é dado pelo próprio curso da haste; deve-se deixar uma folga ao final da abertura a fim de facilitar a movimentação quando houver necessidade de fechala. No fechamento, ao final, deverá apenas ser dado um pequeno esforço adicional a fim de certificarse de que o fechamento fezse integralmente. A fim de preservar a válvula, também não deverão ser feitos apertos no fechamento.

Em qualquer caso não se deve forçar o volante em demasia, seja na abertura ou no fechamento, para não danificá-lo.

### Gaxeta

A gaxeta é um material de vedação, que serve para impedir o vazamento do fluido pelo espaço entre a haste e o castelo de uma válvula, ou entre juntas de expansão, ou entre eixo de bomba e seu corpo, etc. Seu uso depende da especificação técnica, bem como da temperatura, pressão, e grau de corrosividade do fluido a ser transportado.

Os tipos mais comuns de gaxetas são: quadrada e redonda.

### Constituição

As gaxetas podem ser de fibra de carbono trançada que, atualmente é usada no lugar de asbestos ou amianto, náilon, juta, teflon, cobre, alumínio, chumbo, aço. As gaxetas para válvulas ou bombas contêm material lubrificante para reduzir o atrito entre os componentes.

A escolha do material da gaxeta depende do tipo de produto que passa pela válvula. Veja tabela a seguir.

Produto Material	Vapor alta pressão	Vapor baixa pressão	Água quente	Água fria	Ar	Amônia	Ácidos
Fibra de carbono trançada	X	X	X	X	X	X	X
Metal	X						
Semi-metal	X	X	X	X	X	X	
Cobre	X						
Aço	X						
Lona e borracha			X		X	X	
Algodão			X				
Plástico			X	X			X
Teflon							X

### Conexões

As conexões são acessórios para tubulação, utilizados para unir, direcionar, derivar e interromper trechos de tubulação.

As principais conexões utilizadas são:

- 1 Flange;

2 Outras conexões: luvas, joelhos, curvas, niples, bucha de redução, caps, plug ou bujão, união, cruzetas, tês.

### Flange

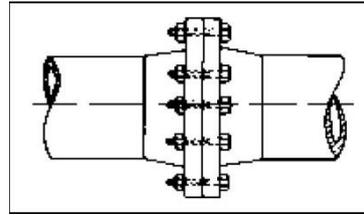
O flange é uma conexão especial, utilizada tubos e curvas, fechamento de extremidades, equipamentos como: válvulas, bombas, tanques, etc.

Os flanges podem ser metálicos e

forjados e fundidos nos mesmos materiais utilizados na fabricação de tubos.

O flange é aplicado onde se requer facilidade de montagem ou desmontagem de uma linha ou equipamento e para facilidade de manutenção.

Há diversos tipos de flanges, a saber:



para ligação entre conexões entre compressores,

nãometálicos,

**Flange de pescoço:** é bastante usado em tubulação industriais, para quaisquer pressões e temperaturas. De todos os flanges nãointegrals é o mais resistente e o que fornece melhor vedação.

**Flange sobreposto:** é um flange mais barato e mais difícil de instalar do que o anterior, porque a ponta do tubo encaixa no flange, facilitando o alinhamento e evitando a necessidade de corte do tubo na medida exata.

Em tubulações industriais, o flange roscado é usado apenas para tubos de metais não soldáveis, ou para faixas menores de pressão de operação.

O flange cego é um flange fechado, usado para extremidades de tubulações ou fechamento de bocais flangeados.

O flange de encaixe e solda é semelhante ao sobreposto. Contudo, é mais resistente e tem um encaixe completo para a ponta do tubo, dispensando, por isso, a solda interna. Não é recomendado para serviços com materiais corrosivos.

**Flange cego temporário (raquete):** é instalado entre dois flanges, quando se deseja, temporariamente, um bloqueio rigoroso e absoluto do fluxo. Devem ser colocadas juntas em ambos os lados; é um acessório utilizado durante a realização do teste hidrostático de tubulações e equipamentos.

A raquete possui um cabo que tem a finalidade de indicar se a tubulação está ou não bloqueada. Existe também um tipo de flange cego denominado figura oito, que possui função idêntica à da raquete.

**Flange macho e fêmea:** é usado em casos especiais, para fluidos corrosivos. O faceamento deste flange consiste de uma lingüeta e uma ranhura para encaixe da junta, protegida para não ter contato com o fluido.

O flange quadrado pode ser usado em casos especiais de ligações de equipamentos, como trocadores de calor, válvulas, etc.

O flange oval é também usado em casos especiais, como ligações de compressores de ar, refrigeração de bombas e lubrificadores.

Flange de orifício: é um flange que possui dois furos eqüidistantes em sua lateral. "Esses furos vão do diâmetro externo até o interno, são rebaixados, roscados ou de encaixe para solda para tubos de 1/2" ou 3/4" de diâmetro.

Entre dois desses flanges é colocada uma placa com orifício, que serve para realizar a medição do fluxo por meio de tomadas de impulso conectadas nas laterais dos flanges.

### Conexões não flangeadas

As conexões não flangeadas são peças que servem para unir um tubo ao outro, permitindo a mudança de direção, redução de bitola, derivação, fechamento de extremidades, facilitando a montagem e desmontagem de uma tubulação.

Esse tipo de conexão pode ser metálica e não metálica, forjadas, fundidas e pré-fabricadas nos mesmos materiais utilizados na fabricação de tubos. Os tipos de conexões não flangeadas são descritos a seguir.

### **Luvas**

As luvas servem para:

- 1 unir dois tubos, prolongando uma linha
- 2 conectar acessórios;
3. reduzir bitola de tubo.



Tipos de luvas: roscadas e de encaixe para solda:

### **Joelhos**

Os joelhos servem para mudar a direção de uma tubulação, podendo ser roscados ou de encaixe para solda normal ou com redução. Diferem das curvas por terem raio de curvatura mínima.

### **Curvas**

As curvas também servem para mudar a direção de uma tubulação, podendo ser roscadas, de encaixe para solda normal, de redução, ou unidas por ligação flangeada.

A curva é mais cara do que o joelho e ocupa mais espaço; em compensação, a perda de carga é menor. Por isso, é sempre preferível ao joelho.

As curvas também podem ser fabricadas de tubos ou de chapas, possibilitando uma variação maior de curvatura.

Podem ser de curvas roscadas e de curvas para solda

### **Nipples**

Os nipples são peças curtas de tubos, preparados especialmente para facilitar a ligação entre dois acessórios.

Podem ser de curvas roscadas e de curvas para solda



### **Buchas de redução e reduções**

As buchas de redução têm a mesma função do niple, mas com a finalidade de reduzir o diâmetro e gerar economia de material.

Podem ser de redução para solda de topo e de buchas de extremidade roscada.

### **Caps**

Os caps servem para fechar as extremidades de tubos, podendo ser roscadas ou para solda.

### **Plugue ou bujão**

O plugue serve para o fechamento de uma conexão roscada.

Esse tipo de conexão pode ter extremidade lisa ou extremidade quebrada conforme figura.

### **União**

A união serve para unir duas extremidades de um tubo, facilitando a montagem e a desmontagem de uma linha.

### **Cruzetas**

As cruzetas são usadas em ramais ou derivações. Elas podem ser:

- Roscadas,
- Para solda de encaixe
- Para solda de topo.

### **Tê**

O tê serve para ligações de ramais, ligações de manômetros ou termômetros e outros instrumentos.

O tês podem ser unidos por solda ou por ligação flangeada.



### Conexões préfabricadas

As conexões préfabricadas são fabricadas de tubos ou chapas e têm a mesma função das conexões vistas anteriormente.

Vantagens das conexões roscadas

- Baixo custo de instalação;
- Não oferecem riscos durante a montagem em áreas perigosas;
- • Permitem a retirada de um trecho sem afetar os demais.
- Desvantagens das conexões roscadas
- As roscas não são aconselháveis para média e alta pressão; também não são recomendadas para fluidos corrosivos, ou produtos químicos;
- Durante a montagem deve-se obrigatoriamente começar por uma das extremidades;
- Para que não ocorra vazamento usase uma fita de teflon na rosca para obter uma vedação perfeita;
- Com o tempo essas conexões tendem a enferrujar, o que dificulta a sua desmontagem. Às vezes, isso torna impossível o reaproveitamento das tubulações.

### Conexões de ferro fundido

As conexões de ferro fundido têm a mesma finalidade das conexões de aço, mas tem seu emprego limitado à classe da pressão que permite seu uso.

Essas conexões são mais empregadas em tubulações (adutoras de água), ou linhas de drenagem. Requerem o processo de chumbamento, tornando mais difícil sua montagem e desmontagem.

### Conexões de plástico

É crescente o emprego do plástico nas indústrias. As conexões de plástico estão substituindo, com grande vantagem, algumas conexões metálicas.

Elas podem transportar fluidos corrosivos, desde que não apresentem temperaturas muito altas.

### Outros acessórios

Além das válvulas e conexões, as tubulações e equipamentos do processo necessitam de outros acessórios. Estes têm a finalidade de auxiliar e garantir o bom funcionamento do conjunto.

Neste capítulo, estudaremos os filtros, os purgadores, as bombas de teste, as juntas e os vedantes.

### Filtros

Os filtros são acessórios instalados nas tubulações, com a finalidade de reter poeiras, sólidos em suspensão e corpos estranhos no fluxo de líquidos ou gases.

Industrialmente, existem duas classes mais comuns de filtros para líquidos: os filtros permanentes e os provisórios.

Os filtros permanentes são acessórios instalados definitivamente na tubulação. Eles são empregados principalmente em:



- Tubulações com fluidos que sempre apresentarão corpos estranhos;
- Casos de necessidade de purificação rigorosa e controle do fluido;
- Tubulações de entrada de equipamentos tais como, bombas de engrenagens, medidores volumétricos, etc.

Esses filtros são, geralmente, construídos em caixa de aço, de ferro fundido ou bronze.

Os materiais com os quais os elementos filtrantes são fabricados variam de acordo com as características do fluido, o grau de filtragem desejado e a dimensão da impureza a filtrar.

Os filtros provisórios são intercalados nas tubulações, próximo dos bocais de entrada dos equipamentos (bombas, compressores, turbinas, etc), para evitar que sujeira e corpos estranhos deixados nas tubulações durante a montagem penetrem nesses equipamentos quando a sistema for posto em funcionamento. Após certo tempo de funcionamento, os filtros provisórios podem ser removidos da tubulação.

Os elementos filtrantes mais comuns tanto para filtros provisórios como para filtros permanentes são os seguintes:

- Grades metálicas, chapas perfuradas e telas metálicas para filtragem grosseira;
- Telas finas, feltro, nylon, porcelana e papel para filtragem fina de líquidos;
- Folhas metálicas, feltro, camurça, elemento cerâmico poroso para filtragem de gases.

Os filtros de ar são dispositivos destinados a eliminar água, partículas sólidas em suspensão, óleo e umidade do ar comprimido, para que ele possa ser utilizado em instrumentos equipamentos pneumáticos.

Os filtros de ar, apresentam-se em três tipos: com dreno manual; com dreno automático e hidrostático.

Os principais componentes dos filtros de ar são:

- 1 Defletor: dirige o fluxo de ar no sentido circular para que o líquido seja extraído pela força centrífuga.
- 2 Elemento filtrante: serve para remover partículas sólidas. Os materiais mais usados nesses elementos são: bronze sinterizado; papelfiltro; lâminas de fibra.
- 3 Separador: é um anteparo que tem a forma de um guardachuva, servindo para formar uma região onde não haja vazão de ar, a fim de evitar que o líquido retirado do ar não seja arrastado para a saída.
- 4 Válvula de dreno manual: está localizada na parte inferior do corpo, servindo para remover o líquido acumulado.
- 5 Corpo: pode ser de plástico transparente, para permitir visualização quando há líquido acumulado. Seu uso é limitado à pressão máxima de 10 kgf/cm<sup>2</sup>. Para pressões maiores ele é construído de açocarbono.

### Observação

O corpo de plástico só pode ser lavado com água e sabão, pois, os solventes químicos podem danificá-lo.

### Purgadores

Outro tipo de acessório é o purgador, que é um dispositivo automático que serve para eliminar o condensado formado nas linhas de vapor e nos aparelhos de aquecimento, sem deixar escapar vapor. Ele é fabricado com materiais metálicos.

Os bons purgadores, além de remover o condensado, eliminam também o ar e outros gases incondensáveis, (CO<sub>2</sub>) por exemplo, que possam estar presentes.

### Aplicação

Os purgadores de vapor são empregados mais comumente em tubulação industrial para:

- Eliminar o condensado formado nas tubulações de vapor em geral;
- Retêr o vapor nos aparelhos de aquecimento (trocadores de calor, serpentinas de aquecimento, autoclaves, estufas, etc), deixando sair apenas o condensado.

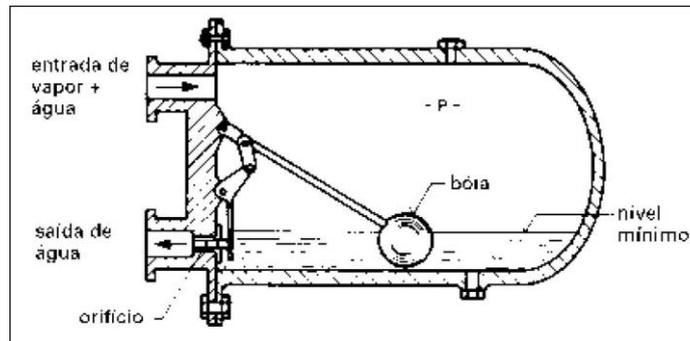
Os purgadores para ar comprimido são instalados em linhas de ar para remover o condensado (água), que pode causar problemas de corrosão.

**Classificação** Os purgadores são classificados em três grupos: mecânico, termostático, especial.

**Purgadores mecânicos** Os purgadores mecânicos agem por diferença de densidade. Eles são classificados em

- Purgador de bóia;
- Purgador de panela invertida;
- Purgador de panela aberta.

O purgador de bóia funciona com um orifício de saída de água sempre abaixo do nível mínimo; havendo excesso de água ou condensado, o nível levanta e a bóia flutua, abrindo a saída pelo orifício. A bóia se estabiliza em uma posição em que a água que está entrando (com o vapor) é igual à água que está saindo.



**Purgador termostático** Os purgadores termostáticos são indicados para pressões de vapor saturado e são chamados de purgadores de expansão balanceada (fole).

A ligação da descarga tanto pode ser na horizontal, como em ângulo de 90º; para este caso, é só mudar a posição do bujão.

Os purgadores termostáticos são indicados para serviços leves, nas retiradas de condensados de cozinhadores, serpentinas, autoclaves, etc; pelo seu tamanho e alta capacidade são muito práticos e fáceis de instalar.

A instalação do purgador deverá ser feita a, no mínimo, um metro da saída do aparelho, devendo existir um pequeno declive para o purgador.

#### **Observação**

O purgador não deve ser instalado em ambiente em que haja temperaturas externas elevadas; deve-se instalá-lo, sempre em local de temperatura ambiente.

#### **Purgadores especiais**

Os purgadores especiais são:

- Purgador termodinâmico;
- Purgador de ar (ventoso).

O purgador termodinâmico é usado para retirar água condensada em tubulações, serpentinas e todos os tipos de aparelhos aquecidos a vapor, tais como: tachos, estufas, cilindros, irradiadores, cozinhadores, etc.

Nesse tipo de purgador, é indispensável a instalação de um filtro de vapor, pois ele é muito sensível a detritos e impurezas.

O purgador termodinâmico descarrega com o condensado, automaticamente, todo o ar ou gases não condensáveis que se encontrarem nas máquinas ou aparelhos em que forem instalados.

O purgador de ar é instalado em linhas de ar comprimido para drenar condensado (água) das instalações de ar. Também serve para expulsar o ar da linha de líquidos, equipamentos, etc.

#### **Bombas de teste**

As bombas de teste são bombas hidráulicas utilizadas para testar linhas de tubulação ou equipamentos de processo. Elas podem ser: de pistão, axial manual, elétrica e pneumática. As bombas manuais de teste hidrostático geralmente são usadas para testar tubulações em término de fabricação ou em manutenção, e também para testar equipamentos recém montados ou em reparo.

Essa bomba é fabricada de material metálico e é composta das seguintes partes ilustradas na figura a seguir.



### Juntas de vedação

A junta é um elemento que serve para vedar a de dois flanges, não permitindo vazamentos. É fabricada de materiais metálicos e não metálicos.

As juntas são usadas em todas as ligações flangeadas, para compensar as irregularidades das dos flanges e para suportar as várias pressões e temperaturas de operação, garantindo vedação perfeita.

Quando em serviço, a junta fica submetida a uma forte compressão provocada pelo aperto dos parafusos, e também a um esforço de cisalhamento devido à pressão interna do fluido circulante. O material da junta deverá ser elástico e deformável, e resistente às ações do fluido e às condições extremas de temperatura.

As juntas de vedação podem ser: corrugada ou lisa metálica, espirotálica (flexitálica), plana metálica, em anel, total.

A junta corrugada ou lisa metálica é composta por capa de lâmina metálica, plana ou corrugada, e enchimento de material macio, geralmente amianto, hoje substituído por fibra de carbono.

Dependendo das condições de trabalho, a capa metálica pode ser de aço inoxidável, cobre, latão, alumínio ou aço ao carbono.

A junta espirotálica (flexitálica) é constituída de uma lâmina geralmente de aço inoxidável, torcida em espiral, com enchimento de fibra de carbono entre cada volta e externamente com anel metálico de reforço para proteger as espiras a uma forte compressão provocada pelo aperto dos parafusos. Usam-se essas juntas quando têm-se grandes variações de pressões e temperaturas.

### Observação:

O mesmo modelo pode apresentar, entre uma espira e outra, um enchimento de teflon para aplicações em baixa temperatura,

A junta plana metálica é maciça com faces planas ou ranhuras. Use-se com flanges de face com ressalto (para pressões muito altas) e com flange de macho ou fêmea ou de ranhura e lingüeta. Em todas as juntas metálicas é importante que o material da junta seja menos duro que o material do flange.

A junta metálica em anel é maciça de seção ovalada (mais comum) ou octogonal. Esses anéis são, geralmente, de aço inoxidável, mas também podem ser de aço ao carbono, cobre, níquel e metal monel. São sempre peças de fabricação cuidadosa. Essas juntas são empregadas exclusivamente com flanges de face para juntas de anel.

A junta total é assim chamada, porque ocupa totalmente a área do flange com todos os furos equivalentes. É constituída geralmente de material não metálico e usada em flanges de face lisa. Os materiais mais usados na sua confecção são:

- Borracha natural para ar, água, condensado até 100°C;
- Borracha sintética para óleo até 120°C;
- Fibra de carbono para vapor até 400°C e 48 kg/cm<sup>2</sup>.
- Materiais plásticos para fluidos corrosivos em baixas pressões e baixas temperaturas;
- Papelão hidráulico, para água, ar condensado e outros serviços de baixa temperatura e pressão.

### Observação

Existem juntas especiais e não metálicas de vários formatos, para uso em trocadores de calor, torres, vasos, caldeiras e diversos equipamentos. As ilustrações a seguir representam esquematicamente juntas para vedação de espelhos de trocadores de calor.

### Juntas de expansão

As juntas de expansão são peças não rígidas que são instaladas nas tubulações, com a finalidade de absorver e parcialmente as dilatações provenientes de variações de temperatura, e também de impedir a propagação de vibrações. São construídas em materiais metálicos, geralmente aço inoxidável.

As juntas de expansão são de vários tipos, a saber:

- Axial;
- Universal;
- Dobradiça;
- Cardânica.



total  
de

A junta de expansão tipo axial é projetada para absorver movimentos térmicos longitudinais, entre trechos retos de tubos fixados.

A junta de expansão universal possui estrutura autossuportante. É projetada para absorver movimentos laterais e transmitir os mínimos esforços.

Essa junta é recomendada para bocais de turbinas, bombas ou quaisquer equipamentos sensíveis. Ela é fabricada nos seguintes modelos:

- Universal com articulação simples;
- Universal com articulação cardânica;
- Universal autocompensada.

#### Universal com articulação simples

Indicadas para médias e baixas pressões, absorvendo movimentos laterais e eventualmente axiais.

#### Universal com articulação cardânica

Recomendadas para altas pressões, absorvendo movimentos laterais e eventualmente axiais.

#### Universal autocompensada

Com derivação e articulação cardânicas, recomendadas para altas pressões, absorvendo movimentos laterais e axiais.

A junta dobradiça é uma junta de expansão com movimento articular em plano que, com duas ou mais peças, absorve grandes dilatações em uma ou mais direções.

A junta cardânica é uma junta de expansão articulada, com rotação angular em qualquer plano que tenha pares com ou sem combinação de juntas dobradiças. Absorve grandes movimentos em qualquer plano em uma ou mais direções.

### Aplicação

Utilizam-se as juntas de expansão quando:

- a. Os movimentos da tubulação provocados pela dilatação térmica não podem ser absorvidos pelo caminhamento da tubulação;
- b. Os esforços e movimentos transmitidos pela tubulação podem danificar os equipamentos aos quais está ligada. Isso porque os equipamentos estáticos (tanques, torres, vasos, trocadores de calor, etc) e equipamentos dinâmicos (bombas, turbinas, compressores, etc.) não suportam tensões combinadas de flexão e torção.
- c. Se deseja simplificar o caminhamento da tubulação com a conseqüente diminuição da perda de pressão do fluido que está escoando pela tubulação;
- d. Os esforços transmitidos são excessivos e é necessário um projeto estrutural ou de fundação mais econômico;
- e. Houver necessidade de isolar vibrações mecânicas;
- f. Se deseja absorver dilatações diferenciais que apareçam em trocadores de calor, vasos horizontais ou verticais e evaporadores.

### Curvas de expansão (ou “liras”)

Para reduzir as deformações causadas pela movimentação térmica de contração e dilatação devem ser usadas juntas de expansão ou arranjos flexíveis. A fim de restringir o uso de juntas de expansão ao mínimo indispensável, a flexibilidade de uma tubulação é conseguida com um traçado conveniente, com mudanças de direção no plano ou no esforço.

Desta forma as dilatações térmicas serão absorvidas por meio de flexões ou torções provocadas nas tubulações quando frias.

Comumente, as curvas de expansão são feitas de trechos de tubos retos e curvas comuns. As pernas perpendiculares ao longo da tubulação fornecem flexibilidade.

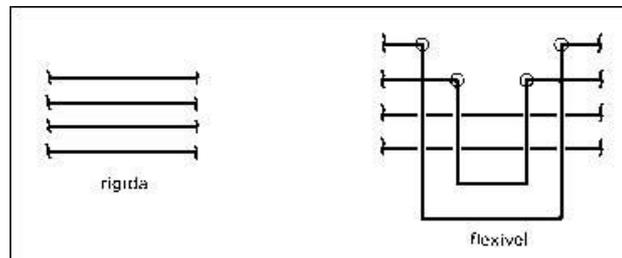
Em piperacks, o arranjo de tubulações sujeitas a expansão térmica deve ser feito de forma que as linhas com curvas de expansão maiores contenham as menores, a fim de economizar espaço.

A rigidez das tubulações deve ser evitada nos arranjos entre tanques, vasos ou outros equipamentos nos quais existe a possibilidade de grandes variações na temperatura devido ao processo ou clima, ou ainda, por estarem localizados em fundações diferentes, propensas a ceder ou a se dilatar por interferência de variações de temperatura. A flexibilidade deve ser dada pelas curvas de expansão.

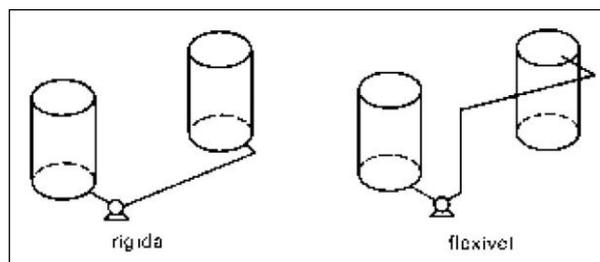
### Caminhamento das tubulações

#### Curvas de expansão

Os dois arranjos a seguir usam uma curva de expansão na mudança de direção do tubo principal. Observe qual é o mais flexível.



Da mesma forma, o arranjo a seguir economiza uma curva e duas soldas. Nos dois casos, a bomba é usada para fazer circular o fluido no tanque ou vaso. O arranjo flexível reduz a tensão nos bocais e também permite a passagem entre os dois equipamentos.



### Vedantes

Os vedantes são materiais empregados na junção de peças do mesmo material ou de materiais diferentes. São empregados para impedir o escapamento de líquido, vapor ou gás. Os vedantes são de diferentes tipos, de diferentes estados físicos e de diferentes formas. Na construção civil, são utilizados nas instalações hidráulicas e nas industriais, principalmente nas ligações entre tubos e conexões.

O tipo de vedante é determinado em função do material empregado na instalação do líquido, do gás ou vapor que deva passar na tubulação e sua variação de temperatura e pressão.

### Aspectos de segurança

A operação de unidades de processo, envolve manobras operacionais de rotina e de emergência, que têm o objetivo de preservar a integridade física da equipe e o patrimônio da empresa. Nesses casos, é importante a observação de diversos aspectos relativos à segurança.

## Tubulação

No que se refere à tubulação, deve-se:

- Conhecer o encaminhamento da tubulação, e identificar os principais pontos de intervenção durante manobras operacionais;
- Identificar o fluido circulante através do código de cores ou quando não disponível, seguindo a planta de tubulação da empresa;
- Identificar pontos de drenagem e alívio das tubulações, para pronta atuação durante manobras de emergência;
- Identificar vazamentos e gotejamentos nas inspeções de rotina;
- Identificar as bitolas das tubulações para facilitar a atuação em situações de emergência;
- Promover a limpeza e purga em caso de manutenção com solda em tubulações que operam com produtos perigosos;
- Atuar juntamente com a equipe de segurança na liberação da área para execução de serviços com solda.



## Válvulas

Com relação às válvulas, é preciso:

- Identificar as diversas válvulas através dos sistemas de códigos, ou outras técnicas de identificação;
- Ter conhecimento de todas as válvulas e suas funções dentro do processo para evitar erros operacionais;
- Fazer as manobras de abertura e fechamento de válvulas, tomando os devidos cuidados para não causar perturbações operacionais ou acidentes;
- Evitar choques e batidas contra o corpo e volante da válvula,

bem como seu aperto excessivo;

- Promover a lubrificação/manutenção de forma adequada para facilitar o manuseio.

## Flanges, juntas, gaxetas

Em relação aos flanges, juntas e gaxetas, é preciso verificar se após montagem/manutenção foram tomados os cuidados na instalação de materiais adequados, e se os parafusos estão devidamente fixados, evitando com isso o aparecimento de vazamentos, rupturas, contaminações ambientais, etc. Em casos de vazamentos envolvendo tubulações e acessórios devem ser tomadas medidas de emergência com relação ao isolamento e sinalização da área comprometida, instalar diques e canaletas de contenção, para evitar contaminação do meio ambiente, e utilizar sempre os EPIs recomendados para cada tipo de situação.

## Bombas

Bombas são máquinas operatrizes hidráulicas que conferem energia aos fluidos incompressíveis (líquidos) com a finalidade de transportá-los de um a outro do sistema, aumentando sua pressão.

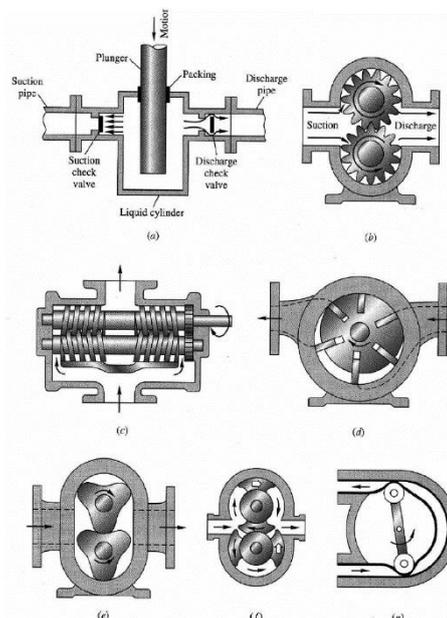
As bombas classificam-se em bombas de deslocamento positivo (ou volumétricas) e bombas centrífugas (ou turbo bombas).

Bombas de deslocamento positivo

As bombas de deslocamento positivo, ou volumétricas, aquelas em que a movimentação de líquido é diretamente causada pela movimentação de um órgão mecânico da bomba que obriga o líquido a executar o mesmo movimento que ele.

As bombas de deslocamento positivo classificam-se

- Alternativas;
- Rotativas;
- Dosadoras.



ponto

são

em:

## Bombas alternativas

As bombas alternativas são usadas para sistemas que exigem alta pressão e pequena capacidade, operam com líquidos viscosos e realizam dosagem de produtos químicos.

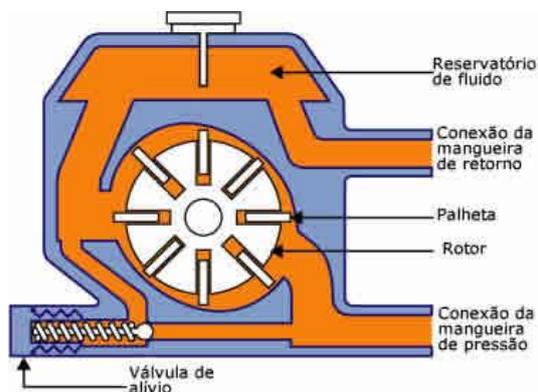
Nas bombas alternativas, a entrada e a saída do líquido são controladas por válvulas, que são movidas pela pressão diferencial criada quando o pistão se move para frente ou para trás. As válvulas que controlam a entrada são chamadas válvulas de admissão ou sucção, e as que controlam a saída são chamadas válvulas de descarga.

Quando o pistão se move de um lado para o outro do cilindro, ele causa um vácuo parcial num lado e uma pressão positiva do outro, quando for de dupla ação. O vácuo parcial criado num lado faz abrir a válvula de sucção correspondente e, quando a pressão excede à de descarga, abre-se a válvula de descarga, esvaziando o líquido contido no cilindro. Devido ao movimento do pistão para frente e para trás, o fluxo de líquido é intermitente ou pulsante.

As bombas alternativas podem ser:

- de pistão: que possuem anéis de vedação no próprio pistão.
- de êmbolo: cujos anéis de vedação ficam no cilindro. Essas bombas podem ser de efeito simples ou duplo.

Uma bomba de simples efeito é definida como a que desloca o líquido durante a metade do ciclo, enquanto que uma de duplo efeito bombeia o líquido durante as duas metades de ciclo, na ida e na volta do pistão.



© 2001 HowStuffWorks

As bombas alternativas podem ser acionadas por turbina ou motor elétrico. Podem ser classificadas também pelo número de cilindros operados por um mesmo acionador.

Um tipo especial de bomba alternativa é a bomba com diafragma, usada para bombear fluidos muito corrosivos. Neste caso, o pistão comprime o diafragma, que entra em contato com o líquido e procede à ação de bombeamento.

## Bombas Rotativas

Este tipo de bomba não tem válvula de entrada e saída, como as bombas alternativas. Ela simplesmente aprisiona uma quantidade de fluido na entrada e faz a descarga na saída.

As bombas rotativas podem bombear quase todos os tipos de líquidos não corrosivos, e são muito utilizadas no bombeamento de líquidos viscosos.

Essas bombas podem manter uma quantidade de líquido praticamente constante, contra qualquer pressão dentro dos limites do projeto da bomba.

As bombas rotativas podem ser dos seguintes tipos:

- rotativas de engrenagem: são as bombas rotativas mais simples.
- rotativa de lóbulos: são bombas de funcionamento semelhante ao da bomba de engrenagem, podendo ter dois ou mais lóbulos.

## Bombas dosadoras

Quando queremos medir ou controlar uma vazão pequena com precisão, usamos as chamadas bombas dosadoras.

Essas bombas são, em geral, bombas de deslocamento positivo, que têm uma regulagem da vazão bombeada. Os tipos mais comuns são as de êmbolo e as de diafragma.

## Partidas de bombas alternativas e rotativas

Nessas bombas, a pressão de descarga, caso a válvula de descarga esteja fechada, é sempre crescente e pode atingir valores tão altos a ponto de danificar a tubulação ou a própria bomba.

Para que isto seja evitado existe uma válvula de alívio na descarga dessas bombas. Essas válvulas são reguladas para evitar que se atinjam pressões acima de determinado valor, considerando o limite de pressão aceitável para a instalação.

### Observação:

As bombas alternativas e algumas rotativas requerem sempre que a válvula de descarga esteja aberta quando da partida.

### Bombas centrífugas

As bombas centrífugas são as mais usadas nas indústrias em O princípio de funcionamento desse tipo de bomba é o seguinte: Quando giramos um balde contendo água, acima de uma certa velocidade, a água não cai. A força que mantém a água no balde força centrífuga. Nas bombas centrífugas usamos esta força para bombear o líquido.

Imagine o rotor da bomba em repouso dentro d'água. É a mesma que o balde parado. Se o rotor começar a girar, a água começará por entre as lâminas do rotor (chamadas palhetas), da mesma maneira que sairia do fundo do balde, se este fosse furado. A força que faz sair a água é a força centrífuga, de onde vem o nome dessas bombas, nas quais o movimento do fluido ocorre em direção normal ao eixo de rotação.

Enquanto o impelidor manda para fora o líquido, no centro do rotor forma se uma zona de menor pressão, na qual a tubulação de sucção da bomba é ligada.

Para que o líquido saia na direção desejada, coloca se à direita, uma guia que dirige o líquido.

Na parte de saída do líquido está a voluta, na qual a seção vai aumentando e o líquido vai perdendo velocidade e aumentando sua pressão.



Existem bombas centrífugas com difusor, peça que auxilia a ação da voluta e serve também para dirigir o fluxo para a saída.

Partes de uma bomba centrífuga As partes principais de uma bomba centrífuga são: rotor, voluta, eixo e mancal. O rotor, ou impelidor) tem a função de fornecer energia cinética ao fluido. Na voluta esta energia cinética é transformada em energia de pressão.

Ele é fabricado de vários materiais, conforme o líquido bombeado, e pode ser de três tipos principais:

- 1 Rotor totalmente fechado,
- 2 Rotor semi fechado e
- 3 Rotor aberto.

O rotor totalmente fechado é usado para aplicação na qual se deseja alta pressão.

O rotor semi fechado é usado em operações gerais.

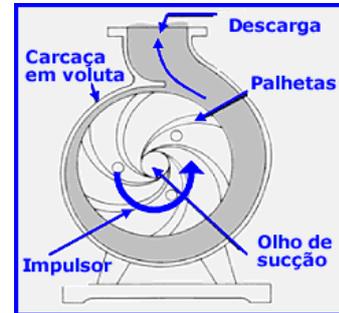
O rotor aberto é usado para baixas pressões, para líquidos com sólidos em suspensão e pequenas vazões.

Geralmente, as palhetas do rotor são viradas para trás.

A voluta ( ou difusor) é a região da carcaça da bomba que tem um formato especial (no caso da voluta, em espiral) e cuja função é transformar a energia cinética do fluido (velocidade) em energia de pressão. Ela pode ser construída de uma variedade de metais, podendo inclusive ser recoberta do mesmo material do rotor, quando este for recoberto de borracha, vidro ou plástico.

O eixo é a peça responsável pela transmissão da potência do acionador para o rotor; deve ser feito de material resistente à corrosão.

Os mancais suportam o conjunto eixo rotor. Conforme o tipo de bomba centrífuga, varia o número e o tipo de mancal.



geral.  
é a  
coisa  
a sair

O mancal mais comum é o mancal de rolamento, lubrificado a óleo ou graxa. O óleo lubrificante fica geralmente num depósito situado abaixo do mancal. A distribuição do lubrificante no rolamento pode ser feita por um anel de lubrificação, ou por uma bomba auxiliar.

As bombas com mancal de apoio, normalmente, são bombas maiores e pesadas. O desacoplamento das partes, motor, mancal, redutor (se houver) e bombas, torna mais fácil a sua manutenção. Estas bombas requerem perfeito alinhamento.

### **Características da bomba centrífuga**

A bomba centrífuga é uma unidade versátil na área de processos, pois é de fácil controle e fluxo contínuo. Apresenta as seguintes características:

- a. Pode operar em grande faixa de vazão, de pressão e com fluidos de características diferentes;
- b. É facilmente acoplada diretamente aos acionadores (motor elétrico ou turbina);
- c. Ocupa pequeno espaço;
- d. É de custo relativamente baixo;
- e. Difícil obter vazões baixas com pressões moderadas e altas;
- f. Imprime turbulência ao fluido.

### **Instalação de bombas centrífugas**

Na instalação das bombas centrífugas, deve ser providenciada uma lavagem com água quente, pois no armazenamento uma solução aquosa com agente antioxidante foi introduzida na bomba para protegê-la contra a ferrugem.

A bomba deve ser instalada o mais próximo possível da origem do líquido, de modo que a linha de sucção seja curta e direta.

As fundações devem ser firmes e rígidas, para suportar e absorver ao máximo as vibrações do equipamento. É importante também que as fundações estejam niveladas.

O alinhamento do equipamento deve ser rigorosamente verificado e se houver desalinhamento entre a luva de acoplamento, bomba e motor, este deve ser corrigido. O desalinhamento é a causa mais comum de ruído excessivo e vibrações.

Feitas as fundações, montadas as unidades e verificados os alinhamentos, conecta-se a tubulação de sucção e recalque da bomba.

A abertura de sucção deve ser inferior ao diâmetro da tubulação da sucção.

Isto ajuda a evitar a formação de bolhas de ar no interior da bomba. Um filtro ou um ralo deve ser colocado para evitar a entrada de corpos estranhos na linha de sucção da bomba.

Uma válvula de retenção instalada na linha de descarga da bomba evitará que o rotor gire ao contrário, devido ao retorno do líquido, depois de a bomba ser desligada, principalmente para o caso de um desligamento não programado.

Nas bombas que trabalharão com líquidos quentes ou que serão acionadas, por exemplo, por turbinas a vapor, uma nova inspeção de alinhamento deve ser feita quando a bomba e o acionador estiverem trabalhando nas temperaturas máximas de operação.

### **Operação de bombas centrífugas**

Para entrar em funcionamento, uma bomba centrífuga deve ter sempre o corpo e a tubulação de sucção completamente cheios do líquido que se vai bombear.

O líquido, ao entrar no interior da bomba também elimina o ar, os gases e os vapores, que porventura estejam em seu interior. A presença de gases ou vapores no corpo da bomba afeta as condições de sucção, causando a chamada cavitação.

De forma alguma a bomba deve partir vazia. Se for necessário, é feita então a escorva da bomba.

Para promover a escorva, deve-se considerar duas situações:

- 1 Nível do líquido "abaixo" da bomba;
- 2 Nível do líquido "acima" da bomba ou bomba afogada.

Quando o nível do líquido está abaixo da bomba, tanto a bomba quanto a linha de sucção devem ser enchidas. Se a tubulação de sucção for equipada com um dispositivo auxiliar, chamado válvula de pé, a escorva poderá ser feita enchendo-se manualmente a bomba e a tubulação.

Quando o nível do líquido está acima da bomba, ou seja, a bomba centrífuga está em uma posição mais abaixo do nível da fonte abastecedora do líquido, a escorva pode ser feita pela ação da gravidade abrindo se o "vent" da carcaça e a válvula de sucção. Quando começa o vazamento do líquido pela abertura, fecha se o "vent" (respiradouro).

### **Partida**

A partida da bomba centrífuga se dá na seguinte seqüência operacional:

- a. Verificar drenos e "vents"; se estiverem abertos, devem ser fechados.
- b. Alinhar a água de refrigeração para selo e mancais (se houver).
- c. Alinhar a sucção lentamente, pressurizando a.
- d. Verificar o óleo e o sistema de lubrificação.
- e. "Ventar" a bomba, expulsando os gases.
- f. Partir (ligar acionador).
- g. Alinhar descarga lentamente.

Quando a bomba estiver em funcionamento, observar se há aquecimento no selo, deficiência na refrigeração, vibração, ruído estranho e o aspecto do óleo.

Parada A seqüência operacional de parada deve ser a seguinte:

- 1 Fechar válvula de descarga.
- 2 Desligar o acionador.
- 3 Fechar válvula de sucção.
- 4 Abrir "vent" (respiradouro).

Obedecida esta seqüência, não é necessário nova escorva da bomba para reiniciar a operação. Porém, se houver evaporação ou vazamento do líquido, nova escorva deve ser providenciada.

Em qualquer situação, nunca se deve dar partida em uma bomba sem verificar a escorva.

Também não se deve permitir que uma bomba funcione com a descarga fechada pois, isto irá causar superaquecimento da bomba.

A bomba centrífuga nunca deve ser regulada por estrangulamento da válvula de sucção, ou seja, a sucção deve estar sempre totalmente aberta.

### **Controle de bombas centrífugas**

As bombas centrífugas podem ser controladas por:

- Variação da rotação;
- Estrangulamento na válvula de descarga.

A variação de rotação é um método fácil de controlar uma bomba se o acionador for uma turbina, pois, a rotação de uma turbina, pode ser variada dentro de uma grande faixa de rotação.

O estrangulamento da válvula de descarga é um método mais usual por ser mais simples. É feito por meio de maior ou menor abertura na válvula de descarga da bomba.

#### **Resfriamento**

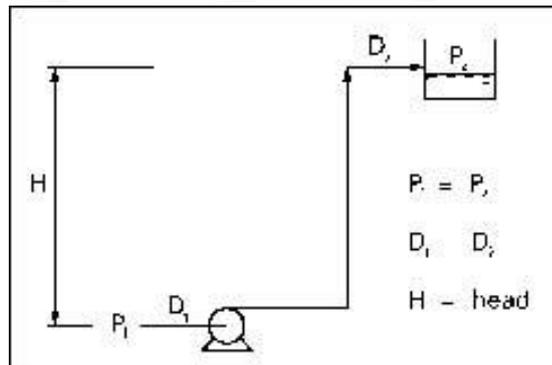
O resfriamento do mancal e de outras partes possivelmente afetadas pela temperatura é feito quando a bomba trabalha com líquido quente. Ele é feito por meio de camisas de resfriamento.

Normalmente, o fluido de resfriamento é a água. Essa água deve ser tratada para evitar depósitos e corrosão.

### **Curva característica**

Dá se o nome de "head" (ou altura manométrica) à altura que uma bomba centrífuga eleva qualquer líquido para cada vazão especificada. P1 é a pressão de descarga da bomba, que é igual a P2, que é a pressão onde o fluido é descarregado, desde que não haja perda de energia na tubulação, para uma dada vazão.

As bombas são projetadas para uma determinada rotação e um determinado "head". Nestas condições a eficiência é máxima.



### Observação

Eficiência é a relação entre a potência fornecida pela bomba ao fluido e a potência fornecida pelo acionador à bomba.

Quanto maior for a viscosidade de determinado líquido, maior será a perda de carga introduzida no sistema.

Apesar de não haver variação do "head", a pressão de descarga da bomba é tanto maior quanto for a densidade do líquido. A energia a ser fornecida ao fluido é também, tanto maior quanto for a densidade do líquido. Esta energia é fornecida pelo acionador.

Cada rotação da bomba fornece uma curva característica diferente.

### Associação de bombas centrífugas

Para aumentar a eficiência do processo, é possível associar um conjunto de bombas. Elas podem ser associadas de dois modos:

- Em paralelo;
- Em série.

A associação em paralelo é usada em instalações onde a vazão necessária varia em uma grande faixa. Uma só bomba grande seria suficiente para a vazão máxima, mas ineficiente para pequenas vazões. Nesta situação o melhor é associar duas bombas de capacidade menor em paralelo, pois:

- As pressões de descarga continuam praticamente as mesmas.
- As capacidades são somadas.

Algumas vezes é vantajoso, economicamente, usar duas ou mais bombas em série. Nessa situação, a pressão de descarga da primeira bomba é a pressão de sucção da segunda. Assim, consegue-se uma maior pressão na descarga embora a vazão seja a mesma que a da menor das bombas associadas.

As tendências são as seguintes:

- As capacidades permanecem as mesmas;
- As pressões são somadas.



vaporização e condensação sucessiva.

### Cavitação

Em uma bomba centrífuga, se a pressão de sucção é deficiente, aparece o fenômeno de cavitação. Por esse fenômeno, se existir baixa pressão em um ponto qualquer do rotor, geralmente na entrada, pode haver formação de bolhas de gás. Essas bolhas provêm da vaporização do líquido ao encontrar uma região de pressão inferior à sua pressão de vapor. Mais à frente, no rotor, a pressão se eleva e as bolhas se condensam. Denomina-se cavitação o fenômeno da

O rotor pode ser danificado por efeito da cavitação. A cavitação é evitada com enchimento total da bomba e manutenção de uma pressão de sucção adequada, que dê uma margem de segurança sobre a pressão de vapor do líquido. A esta margem de pressão dá-se o nome de NPSH (Net Positive Suction Head) ou CPS (Carga Positiva de Sucção).

### **Unidades de selagem**

O sucesso de qualquer instalação de bombeamento, muitas vezes, depende da seleção adequada da unidade de selagem, para prevenir vazamento do líquido que está sendo bombeado, através das aberturas entre o eixo e o corpo da bomba.

A unidade de vedação é instalada no local onde o eixo entra no corpo da bomba.

Se a bomba operar com líquido quente que dissolve o lubrificante das gaxetas, emprega-se um selo líquido, chamado de líquido de selagem. O líquido de selagem protege a flexibilidade das gaxetas.

### **Observação:**

Quando usamos uma caixa de gaxeta como elemento vedante, não se pode apertá-la em demasia. É necessário que haja um pequeno vazamento de líquido para lubrificar e resfriar as gaxetas, desde que este líquido não seja tóxico ou inflamável.

Quando o líquido de selagem é usado, coloca-se um anel no centro das gaxetas, chamado anel de lanterna. Esse anel funciona como um guia do líquido de selagem.

O líquido de selagem, além da vedação, lubrifica e refrigera as gaxetas. O próprio líquido que está sendo bombeado também pode servir como líquido de selagem. Quando isto não é possível, usa-se um líquido de composição semelhante à do líquido que está sendo bombeado.

Para melhor desempenho, a pressão do líquido de selagem deve ser maior do que a pressão de sucção da bomba.

Quando há necessidade de uma vedação melhor do que a conseguida por uma caixa de gaxeta, usa-se o chamado selo mecânico.

O selo mecânico é fundamentalmente constituído de dois anéis polidos, mantidos em contato por um sistema de molas. Um dos anéis gira com o eixo, sendo preso a este por um anel de borracha.

A face polida deste anel é posta em contato com a face polida de um anel fixo de carvão, através do sistema de molas. O anel de carvão fica solidário ao corpo da bomba. A vedação é feita pelo contato íntimo das superfícies polidas.

Em bombas que trabalham com líquidos à temperatura abaixo da temperatura de solidificação da água, costuma-se usar sistema de selos mecânicos duplos, de maneira que o selo mecânico interno não entre em contato com o ar ambiente. Isto evita a formação de cristais de gelo no selo interno.

Também é empregado um sistema que se constitui da circulação de um produto com características anti-congelantes, através do selo. O produto anti-congelante mais comumente empregado é o metanol. As unidades de processamento que se utilizam desse tipo de selagem, devem dispor de um sistema de armazenagem desse líquido.

### **Aspectos de segurança**

Na operação de bombas, alguns aspectos devem ser observados, a saber:

- a. Ter em mente que a vibração pode ser problema de alinhamento do conjunto ou rolamento/mancal, desnível da base, etc..
- b. Ao receber uma bomba do setor de manutenção, deve-se verificar o seu sentido de rotação.
- c. Antes de dar partida em uma bomba reserva (bomba paralela) que acionará líquidos quentes, ela deve ser pré-aquecida. O aquecimento deve ser feito com drenos e "vents" abertos.
- d. Ao colocarmos em operação uma bomba de produtos criogênicos, esta deve ser resfriada pois, do contrário, o produto se evapora e não é bombeado. A drenagem é feita por uma linha especial de recuperação do produto. O resfriamento pode requerer muito tempo.
- e. Observar as temperaturas dos fluidos, antes de iniciar o bombeamento, evitando vaporização, que pode causar cavitação.
- f. Evitar que as bombas operem "em vazio", devido ao risco de superaquecimento e/ou incêndio.
- g. Evitar dar partida em bombas de deslocamento positivo com descarga fechada.
- h. Durante as paradas de bombas para manutenção, utilizar a sinalização adequada, com cartões ou outros sistemas, a fim de evitar seu acionamento indevido;
- i. Verificar os níveis de óleo de lubrificação dos mancais.

- j. Verificar as gaxetas, substituindo as ou ajustando as quando necessário.
- k. Providenciar a limpeza freqüente dos filtros instalados nas linhas de sucção das bombas;
- l. Atentar para ruídos anormais das bombas, informando os à equipe de manutenção especializada.

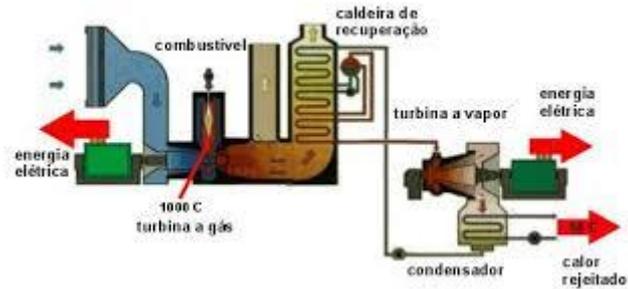
## Turbinas e ejetores

### Turbina a vapor

Do ponto de vista de aproveitamento de energia, o ciclo térmico a vapor, do qual a turbina a vapor é parte integrante, apresenta rendimentos bastante satisfatórios, quando comparados com os rendimentos de outras máquinas como a turbina a gás ou os motores de combustão interna.

Por isso, a turbina a vapor é atualmente o mais usado entre os diversos tipos de acionadores primários existentes.

Este fascículo tratará das turbinas a vapor, suas características, emprego, partes componentes, funcionamento, operação e aspectos de segurança.



### Ciclo térmico do vapor

O objetivo de qualquer máquina térmica é transformar calor em trabalho. Para isso, em toda instalação térmica, usamos uma substância, chamada fluido de trabalho, ou seja água e vapor, que percorre um ciclo termodinâmico no qual:

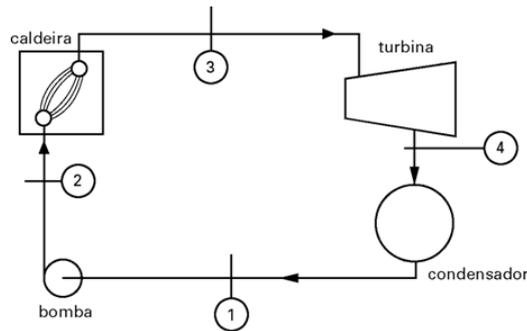
- Recebe calor de uma fonte quente;
- Realiza trabalho durante um processo de expansão;
- Rejeita a parte do calor recebido não transformada em trabalho para uma fonte fria;
- Consome parte do trabalho produzido na expansão para retornar ao estado inicial, completando o ciclo.

### A instalação térmica a vapor

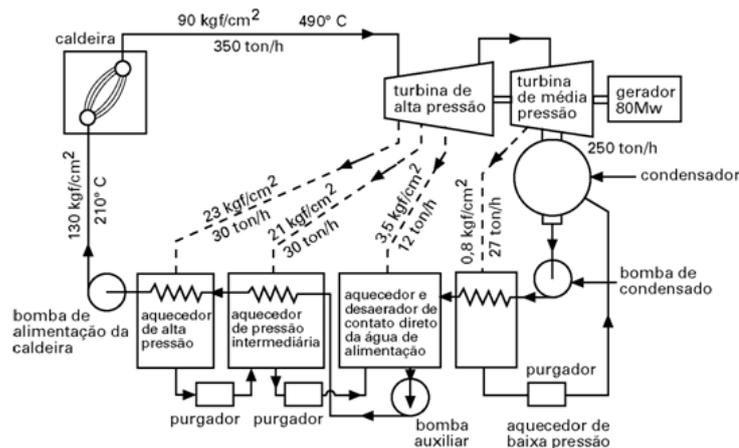
Os quatro processos acima descritos correspondem aos quatro elementos fundamentais da instalação térmica a vapor, conforme ilustra a figura:

- A caldeira, na qual a substância de trabalho, a água, recebe calor dos gases de combustão, resultantes da queima da mistura combustível-ar na fornalha, vaporizando-se.
- A turbina, na qual o vapor gerado na caldeira expande-se, desde a alta pressão da caldeira até a baixa pressão do condensador, fornecendo durante esta expansão trabalho em seu eixo, utilizado normalmente para acionamento de um gerador elétrico, bomba, compressor, ventilador, etc..
- O condensador, no qual o vapor de baixa pressão descarregado da turbina cede a parcela do calor recebido na caldeira, que não foi transformado em trabalho na turbina, à água de refrigeração do condensador, condensando-se.
- A bomba de alimentação da caldeira, que eleva a pressão do condensado, para que ele possa ser reinjetado na caldeira, completando o ciclo. A bomba, para pressurização do condensado, consome parte do trabalho produzido na turbina.

Veja na representação esquemática a seguir, como esses elementos se relacionam.



A figura mostra um exemplo de arranjo típico e um balanço energético dos principais componentes de uma central térmica real.



### Turbinas: utilização e características

A turbina a vapor é uma máquina acionadora primária, cuja função é transformar a energia do vapor admitido em trabalho de acionamento de equipamentos rotativos.

Os principais usos da turbina a vapor são:

- Acionamento de geradores elétricos em centrais termoelétricas convencionais ou nucleares;
- Acionamento mecânico de equipamentos rotativos (bombas, compressores, ventiladores), em indústrias que possuem geração de vapor;
- Acionamento marítimo, em navios de guerra ou mercantes de grande porte.

O calor residual contido no vapor descarregado pela turbina pode ser aproveitado seja no processo industrial, seja para fins de aquecimento, em lugar de ser rejeitado para o ambiente. Assim, indústrias que consomem quantidades apreciáveis de vapor como refinarias, petroquímicas ou fábricas de papel, em muitos casos, possuem centrais térmicas próprias.

Além do aproveitamento do calor residual, a turbina a vapor também apresenta uma série de características favoráveis do ponto de vista mecânico. Elas são:

1. A turbina a vapor é uma máquina rotativa pura na qual a força acionadora é aplicada diretamente no elemento rotativo da máquina. Isso resulta em um funcionamento extremamente suave da máquina e em velocidade uniforme do conjunto formado pela turbina e a máquina acionada.
2. A turbina a vapor não necessita de lubrificação interna. Assim, o vapor que sai da turbina é isento de óleo e permite o aproveitamento imediato do condensado.
3. Trata-se de uma máquina de fácil operação e controle, pois seu dispositivo de controle de velocidade, o governador, é bastante simples. Isso possibilita variações de velocidade em faixas razoavelmente amplas.
4. Apresenta grande confiabilidade operacional.

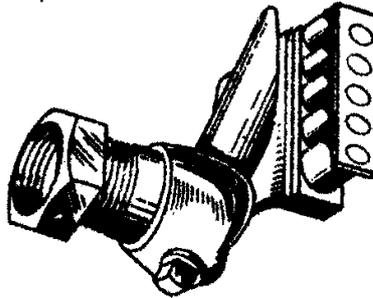
5. Suas campanhas operacionais médias, ou seja, a duração em meses entre intervenções de manutenção, são bastante longas.
6. A manutenção é simples e econômica.
7. Tem vida útil bastante longa.

### Componentes básicos das turbinas

As turbinas são compostas de várias partes. Seu elemento principal, no entanto são os expansores, ou seja, pequenos orifícios de formato especial por onde o vapor é obrigado a escoar, transformando a energia do vapor em energia cinética, isto é, energia de movimento.

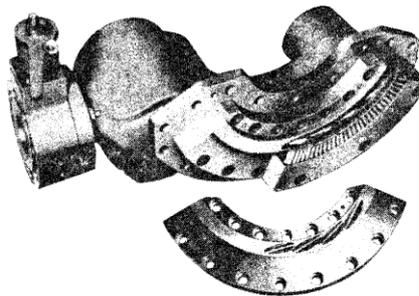
Os expansores têm formas construtivas específicas, de acordo com sua aplicação. Assim poderemos ter expansores constituindo:

**Bocal:** utilizado nas turbinas de pequena potência e estágio único de ação, que pode ser de pressão ou de velocidade. Possui um único expensor.



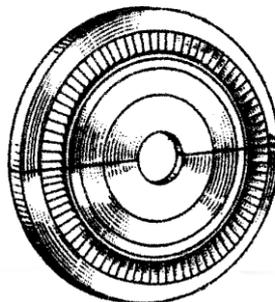
bocal e arco de palhetas guias de uma turbina de pequena potência

**Arco de expansores:** constituído por vários expansores trabalhando em paralelo. É usado no estágio único de máquinas de simples estágio ou no primeiro estágio de máquinas multi-estágio.



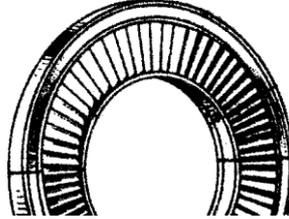
câmara de vapor, arco de expansores e arco de palhetas guias

**Anel de expansores:** estágio intermediário ou final de uma turbina de ação, de vários estágios. Esse anel é seguido de uma roda de palhetas móveis, montadas em peças chamadas diafragmas. Os diafragmas são constituídos por dois semi-círculos, um encaixado na tampa e outro encaixado na metade inferior da carcaça, que separam os diversos estágios de uma turbina de ação multi-estágio.



## diafragma com anel de expansores

**Anel de palhetas fixas:** presentes em cada estágio de reação de uma turbina de reação multi-estágio. A expansão do vapor se realiza parte nas palhetas fixas, parte nas palhetas móveis.



anel de palhetas fixas

As palhetas móveis constituem um estágio de ação. Elas são encaixadas em rebaiços usinados na periferia das rodas ou discos de palhetas. Estes discos ou rodas são, por sua vez, montados em um eixo único, constituindo o que se chama de conjunto rotativo da máquina.

O conjunto rotativo é constituído por discos, montados em um eixo, com fixação por interferência e chaveta. Eles se constituem em partes componentes das turbinas de ação, nas quais usa-se a construção do tipo disco e diafragma.

A carcaça de uma turbina suporta os diafragmas e expansores ou os anéis-suportes e as palhetas fixas, os mancais, as válvulas de controle de admissão e de extração de vapor, a válvula de desarme rápido, e outras partes estacionárias.

Em turbinas pequenas, admitem-se carcaças de partição vertical, porém a grande maioria das turbinas tem carcaça de partição horizontal, na altura do eixo.

Esta construção facilita a manutenção da máquina, pois permite acesso ao seu interior, pela simples remoção de sua metade superior, permanecendo a metade inferior em seu suporte.

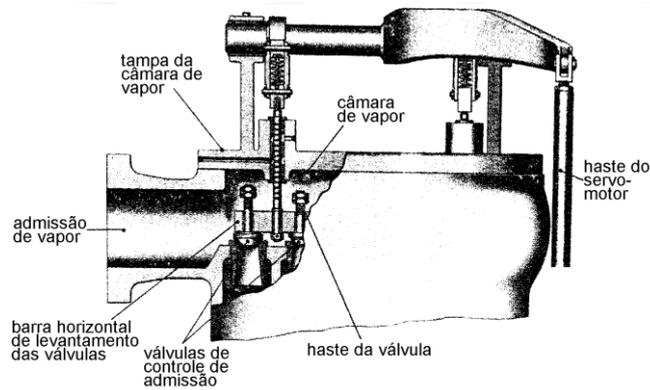
### **Válvulas de controle de admissão**

Para que a turbina opere eficazmente, ela precisa que o vapor seja fornecido de maneira estável. Essa função é exercida pelas válvulas de controle de admissão que podem estar em um sistema multi-valve (de válvulas múltiplas, ou parcializadoras) ou em um sistema single-valve (de válvula única).

Na construção multi-valve, o controle da admissão de vapor é feito através de várias válvulas, em paralelo, cada uma alimentando um grupo de expansores. A abertura destas válvulas é seqüencial: à medida que a vazão total de vapor cresce, para atender ao aumento da carga, a quantidade de expansores que está recebendo vapor cresce proporcionalmente.

Assim, a vazão de vapor através de cada expansor em operação, pode ser mantida constante, a despeito das flutuações da carga. Isto aumenta bastante a eficiência da turbina, principalmente em condições de baixa carga.

A abertura seqüencial das válvulas de controle de admissão de vapor pode ser obtida por meio de um eixo de cames, ou por meio de válvulas com hastes de comprimento variável, acionadas por uma barra horizontal.



Válvula de controle de admissão de vapor  
construção tipo multivalve

Na construção single-valve, a válvula de controle da admissão de vapor é única, admitindo vapor simultaneamente para todos os expansores. Esta construção é pouco eficiente quando a turbina opera com carga baixa e, em conseqüência, com baixa vazão total de vapor, a qual é dividida igualmente por cada expansor. Isso faz a vazão em cada expansor ser bastante inferior à sua vazão de projeto e prejudica a eficiência da turbina.

Para melhorar sua eficiência com baixa carga, as turbinas "single-valve" possuem válvulas parcializadoras, de acionamento manual, que podem fechar grupos de expansores. Quando a turbina estiver trabalhando com baixa carga, o operador poderá melhorar a eficiência da máquina, fechando manualmente uma ou mais válvulas parcializadoras.

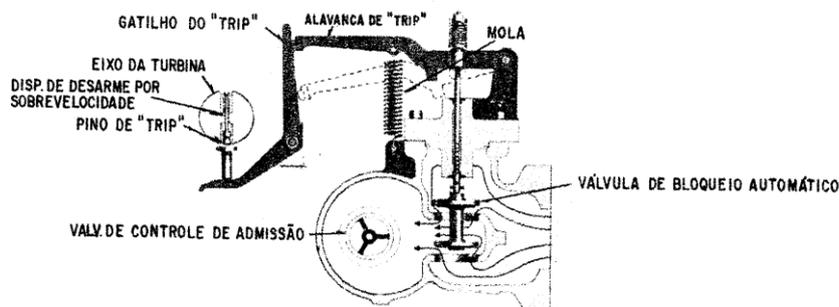
### Válvulas de controle de extração

Algumas turbinas possuem uma retirada parcial de vapor, em um estágio intermediário, e portanto a uma pressão intermediária, entre a de admissão e a de descarga, conhecida como extração. Essa retirada é realizada pela válvula de controle de extração.

Esse tipo de válvula funciona da mesma forma que a válvula de controle de admissão, com a diferença de que é controlada pela pressão do vapor extraído.

### Válvula de bloqueio automático

A maneira usual de parar uma turbina a vapor é pelo fechamento rápido de uma válvula, chamada válvula de bloqueio automático, colocada em série com a válvula de controle de admissão. Isso permite cortar totalmente a admissão de vapor para a turbina. Essa válvula é também conhecida como válvula de desarme rápido ou como válvula de trip.



Quando uma determinada velocidade é atingida (velocidade de trip), a força centrífuga sobre o pino de trip vence a força da mola e o pino é expulso de seu alojamento, acionando o gatilho de trip. Este, por sua vez, libera a alavanca, o que provoca o fechamento da válvula de bloqueio automático e a parada da turbina. A velocidade em que o dispositivo de desarme atuará pode ser regulada pela modificação da tensão inicial da mola.

O dispositivo de desarme protege a turbina, impedindo que opere em velocidades superiores à velocidade de trip. Se isso acontecer, as tensões resultantes da força centrífuga tornam-se perigosas para a resistência mecânica do conjunto rotativo da turbina.

### Mancais

Os mancais são os dispositivos sobre os quais se apoiam eixos girantes, deslizantes ou oscilantes. Uma turbina possui mancais radiais e mancais de escora.

O conjunto rotativo de turbinas a vapor é normalmente suportado por dois mancais radiais, um em cada ponta de eixo, ficando todas as rodas de palhetas entre ambos.

Os mancais radiais suportam, além do peso próprio do conjunto rotativo, a componente radial de qualquer outro esforço que atue sobre o conjunto rotativo. Os mancais radiais são também responsáveis pela manutenção das folgas entre o conjunto rotativo e as partes estacionárias.

O mancal de escora é responsável pelo posicionamento axial do conjunto rotativo, em relação às partes estacionárias da máquina, e, conseqüentemente, pela manutenção das folgas axiais.

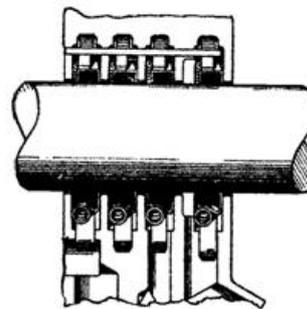
O mancal de escora de uma turbina deve ser capaz de resistir ao empuxo axial atuante sobre o conjunto rotativo da máquina. Em turbinas de reação estes empuxos são consideráveis, enquanto que em turbinas de ação são bastante reduzidos.

### Selagem

Entre uma peça estacionária e uma peça turbina (como por exemplo, entre a carcaça e o sempre uma certa folga, pois o contato entre inadmissível. Através dessas folgas poderá vapor, se a pressão for superior à atmosférica, pressão for inferior à atmosférica. Para reduzir ou a entrada de ar a um mínimo, é obrigatória selagem nessas folgas.

A selagem pode ser feita por:

- Anéis de carvão, ou
- Labirintos.



selagem por anéis de carvão

rotativa de uma eixo) deve existir ambas é tecnicamente ocorrer vazamento de ou entrada de ar, se a o vazamento de vapor a existência de uma

Em turbinas de uso geral, só há dois pontos a selar: os locais onde as duas pontas do eixo saem da máquina, atravessando a carcaça.

Em turbinas especiais, temos a selagem:

- Externa, que é a selagem existente nos locais nos quais o eixo sai do interior da máquina, atravessando a carcaça;
- Interna das palhetas fixas e das palhetas móveis.

Como em uma turbina de uso especial, a confiabilidade operacional e o tempo de campanha são características mais importantes do que a economia ou simplicidade construtiva, usa-se sempre a selagem por labirintos nessas máquinas, tanto para selagens internas, como para selagens externas.

### Classificação das turbinas

#### Turbinas: princípio de funcionamento

Uma máquina motora a vapor tem como objetivo transformar a energia, contida no fluxo contínuo de vapor que recebe, em trabalho mecânico. O trabalho mecânico realizado pela máquina pode ser o acionamento de um equipamento qualquer, como, por exemplo, um gerador elétrico, um compressor, uma bomba, um ventilador.

A Segunda Lei da Termodinâmica diz que "somente parte da energia contida no vapor, que chega à máquina, poderá ser convertida em trabalho". A parte restante da energia, que não pode ser transformada em trabalho, permanece no vapor descarregado pela máquina.

A energia não aproveitada, que permanece no vapor descarregado pela máquina, é, em muitos casos, simplesmente rejeitada para o ambiente, em um condensador. Em outras situações, entretanto, é possível aproveitar o vapor descarregado pela máquina, por exemplo, para fins de aquecimento. Assim, sua energia residual é aproveitada, melhorando, em consequência, o rendimento térmico global do ciclo.

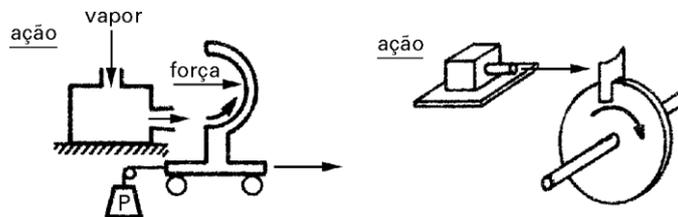
Em uma máquina alternativa a vapor a energia do vapor é convertida diretamente em trabalho mecânico, à medida que o vapor se expande no interior do cilindro, deslocando o êmbolo, que por sua vez aciona o sistema biela-manivela, produzindo trabalho no eixo. Um exemplo disso, é a locomotiva a vapor.

Em uma turbina a vapor, a transformação da energia do vapor em trabalho é feita em duas etapas:

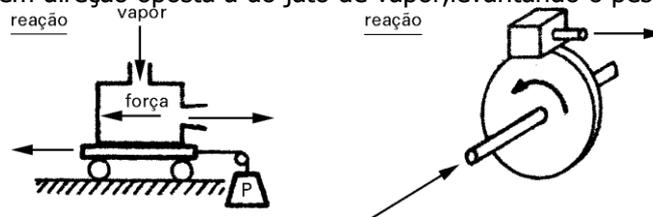
1. Inicialmente, a energia do vapor é transformada em energia cinética. Para isso, o vapor é obrigado a escoar através de pequenos orifícios, de formato especial, denominados expansores, nos quais, devido à pequena área de passagem, ele adquire alta velocidade, aumentando sua energia cinética, mas diminuindo, em consequência, seu calor. Em um expansor, além do aumento de velocidade e da diminuição do calor, ocorrem também queda na pressão, queda na temperatura e aumento no volume específico do vapor.
2. Na segunda etapa da transformação, a energia cinética obtida no expansor é transformada em trabalho mecânico.

O aproveitamento da energia cinética obtida no expansor para a realização de trabalho mecânico é realizado de duas maneiras:

1. pelo princípio da ação: se o expansor for fixo e o jato de vapor for dirigido contra um anteparo móvel, a força de ação do jato de vapor irá deslocar o anteparo, na direção do jato, levantando o peso P.



2. pelo princípio da reação: se o expansor puder mover-se, a força de reação, que atua sobre ele, fará com que se desloque, em direção oposta à do jato de vapor, levantando o peso P.



Nos dois casos, a energia do vapor foi transformada em energia cinética no expansor e esta energia cinética foi, então, convertida em trabalho. A força resultante move o anteparo, na direção do jato, e levanta o peso P. Este é, em essência, o princípio da ação.

Newton, um cientista inglês do século XVII, estabeleceu uma lei que diz que "a cada ação corresponde uma reação igual e contrária". Assim, se fizermos um furo em um dos lados da caixa e colocarmos neste furo um expansor haverá, através do expansor um jato de vapor que provocará um desbalanceamento de forças que fará a caixa mover-se na direção oposta à do jato do vapor, caracterizando o princípio da reação.

Em uma turbina de ação teremos vários expansores, em paralelo, constituindo um arco ou um anel de expansores, conforme ocupem apenas parte ou toda a circunferência.

Os anéis de expansores são também conhecidos como rodas de palhetas fixas.

Os expansores dirigem seu jato de vapor na direção de uma roda de palhetas móveis.

Em um estágio de ação toda a transformação de energia do vapor em energia cinética ocorrerá nos expansores. Em consequência, no arco ou no anel de expansores (roda de palhetas fixas) de um estágio

de ação haverá uma queda de pressão do vapor e um aumento da velocidade. Na roda de palhetas móveis não haverá expansão (queda de pressão), pois as palhetas móveis tem seção simétrica, o que resulta em áreas de passagem constantes para o vapor. Não havendo expansão, a velocidade do vapor em relação às palhetas móveis ficará constante.

Haverá uma queda na velocidade absoluta do vapor nas palhetas móveis, transformando, assim, a energia cinética, obtida nos expansores, em trabalho mecânico.

Em uma turbina de reação, teremos sempre vários estágios, colocados em série. Cada estágio é constituído de um anel de expansores (também chamado de roda de palhetas fixas), seguido de uma roda de palhetas móveis.

Tanto as palhetas fixas, como as palhetas móveis têm seção assimétrica, o que resulta em áreas de passagens convergentes, para o vapor.

Na realidade, o que chamamos comercialmente de turbina de reação é uma combinação dos dois princípios: ação e reação. Nas palhetas fixas teremos uma expansão parcial do vapor, enquanto que, nas palhetas móveis ocorrerá o restante da expansão. Isso resulta em uma segunda queda de pressão e em um aumento da velocidade do vapor em relação à palheta. Entretanto, mesmo havendo um aumento da velocidade do vapor em relação à palheta móvel, causada pela sua expansão, a velocidade absoluta do vapor nas palhetas móveis cairá, pois estas atuam, não só como expansores, mas também, transformando a velocidade gerada em trabalho mecânico.

Define-se entalpia como sendo uma função termodinâmica do estado da substância, que é a soma da energia interna com o produto da pressão e volume do sistema.

Em máquinas de grande potência, nas quais se opera com grandes saltos de entalpia e nas quais a preocupação com a eficiência é essencial, aparecem velocidades excessivas nas palhetas, incompatíveis com sua resistência mecânica.

A solução para o problema é dividir o aproveitamento do salto de entalpia em vários saltos menores subsequentes, que chamamos de estágios. Máquinas de grande potência têm, portanto, vários estágios, colocados em série, e que podem ser tanto de ação quanto de reação.

Em máquinas de menor potência, entretanto, o salto de entalpia a ser aproveitado é usualmente menor. Além disso diminui a preocupação com a eficiência da máquina e cresce a importância do custo inicial. Por isso, as máquinas de pequena potência são, usualmente, máquinas compactas, constituídas de um só estágio, sempre de ação, embora com menor eficiência.

### **Turbinas: classificação**

As turbinas podem ser classificadas de acordo com variados parâmetros. Assim, pode-se classificá-las de acordo com:

- Os aspectos construtivos;
- A aplicação, porte e a velocidade;
- Pressão de descarga;
- Fluxo de vapor.

Considerando-se o aspecto construtivo, existem basicamente dois tipos de turbinas:

1. **Turbinas de uso geral:** que são máquinas de pequena potência que recebem vapor em condições não muito severas e possuem eficiência apenas razoável, pois a preocupação principal em seu projeto é a obtenção de uma máquina compacta e de baixo custo inicial. Esse tipo de turbina possui normalmente um único estágio, sempre de ação, que pode ser de velocidade ou de pressão.

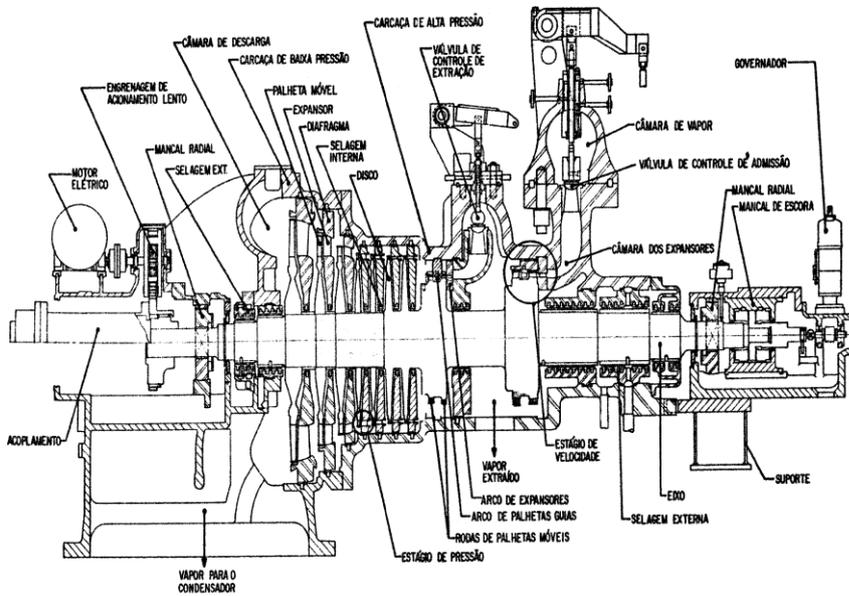
2. **Turbinas de uso especial** são máquinas de média ou alta potência que recebem normalmente vapor de alta pressão. A obtenção de uma eficiência elevada é sempre um objetivo fundamental no projeto desse tipo de turbina.

Essas turbinas possuem sempre vários estágios em série. O primeiro destes estágios é sempre um estágio de ação. Os estágios seguintes podem ser de ação ou de reação.

Em função da aplicação, deverão variar as condições de pressão e temperatura do vapor de admissão. Máquinas de pequena potência utilizam vapor em condições moderadas de pressão e temperatura, enquanto que máquinas de grande porte, exigem vapor com qualidade, pressão e temperaturas mais rígidas (até na faixa de 310 kgf/cm<sup>2</sup> e 550oC de temperatura).

As turbinas que acionam os geradores elétricos de grande porte são usualmente ligadas a estes por acoplamento direto. Nesse caso, o conjunto deverá girar a 3600 rpm (gerador de dois pólos) ou 1800 rpm (gerador de quatro pólos), para que a corrente gerada tenha uma frequência de 60 c/s (ou 60 Hz). Em geradores de menor potência, a turbina poderá ser ligada ao gerador por meio de um redutor de velocidade, o que permitirá que a turbina trabalhe em rotações superiores a 3600 rpm.

Turbinas para acionamento mecânico podem girar a até 20.000 rpm, sendo que, para uma mesma potência, o porte físico da máquina diminui à medida que aumenta sua rotação (rpm) de trabalho.



TURBINA DE USO ESPECIAL, DE AÇÃO, COM EXTRAÇÃO AUTOMÁTICA

As turbinas de uso especial, usadas para acionamento de compressores centrífugos de processo, são normalmente máquinas de velocidade mais alta na faixa de operação, na maioria das aplicações, situada entre 3.000 rpm e 12.000 rpm. Entretanto, em alguns casos especiais podem atingir 20.000 rpm.

De acordo com sua pressão de descarga, as turbinas podem ser divididas em dois tipos básicos:

- Condensantes, quando sua pressão de descarga é inferior à atmosférica,
- Não-condensantes (ou de contrapressão), quando sua pressão de descarga é superior à atmosférica.

As turbinas condensantes descarregam para um condensador, enquanto as turbinas de contrapressão descarregam simplesmente para uma linha de vapor.

Com relação ao fluxo de vapor, temos:

- **Turbina de fluxo direto**, na qual toda a vazão de vapor admitido da máquina atua do primeiro ao último estágio, sem qualquer retirada intermediária de vapor.
- **Turbinas com reaquecimento**, na qual todo o fluxo de vapor admitido na máquina é retirado em um estágio intermediário, reaquecido na caldeira, e retorna ao estágio seguinte da turbina, de onde evolui, através dos estágios finais, até a descarga.
- **Turbinas com extração automática**, na qual há em um, dois ou três estágios intermediários, uma retirada parcial de vapor, para fins de aquecimento ou uso no processo industrial. A pressão do vapor extraído é mantida constantemente por meio de válvulas de controle de extração.
- **Turbinas com extração não-automática** na qual pode haver vários pontos de retirada de vapor em diferentes estágios e níveis de pressão. Em cada ponto de extração, a pressão do vapor extraído de uma turbina com extração não-automática, varia com as flutuações da carga da turbina.

## Turbina de fluxo radial

O fluxo de vapor em todas as turbinas, que vimos até agora, tinha uma direção axial. Esta é a solução adotada na grande maioria das turbinas. Existe, entretanto, um tipo de turbina, na qual o vapor é admitido no centro da máquina e escoar, radialmente, através de várias rodas de palhetas, todas elas móveis e de reação, no sentido do exterior da máquina.

### **Operação das turbinas**

Após a instalação de turbinas de uso especial, iniciam-se os procedimentos de pre-operação normalmente supervisionados por um técnico do fabricante, que orienta o pessoal de operação e manutenção, a respeito de todos os detalhes de operação e manutenção da máquina.

A pré-operação de uma turbina a vapor consta, em linhas gerais, das seguintes etapas:

a. Preparação dos diversos sistemas auxiliares:

- limpeza, circulação e teste do sistema de lubrificação.
  - limpeza, circulação e teste do sistema de condensado.
  - limpeza das linhas de vapor, com sopragem para remoção de restos de material de solda e sujeira que possam causar danos às rodas devido ao desbalanceamento;
  - calibração e teste dos diversos instrumentos.
- b. Teste de desempenho mecânico desacoplada:
- aumento lento de velocidade.
  - observação de vibrações e ruídos anormais.
  - observação da temperatura dos diversos mancais.
  - observação das pressões e temperaturas de vapor nos diversos manômetros e termômetros.
  - leitura de diversos instrumentos.
  - teste de "trip", que consiste em confirmar o valor da rotação em que o sistema de "trip" atua, de acordo com os dados de projeto da máquina.

c. Teste de desempenho mecânico acoplada:

- acoplamento da turbina ao equipamento acionado.
- aumento lento da velocidade do conjunto, em patamares definidos no procedimento de partida até atingir a velocidade de operação, com o equipamento acoplado e sem carga.

d. Teste de desempenho:

- aplicação gradual da carga.

Embora turbinas a vapor sejam máquinas de construção robusta, existem folgas pequenas entre partes estacionárias e partes rotativas, que devem ser mantidas, apesar da grande variação de temperatura que sofrem, durante o procedimento de partida. É importante que os operadores leiam e sigam estas instruções.

### **Partida**

Os detalhes do procedimento de partida de uma turbina variam de acordo com o tipo e tamanho da máquina. Como uma orientação de ordem geral, é apresentado a seguir um procedimento de partida para uma turbina multi-estágio, condensante, com extração automática, bomba de óleo principal acionada pelo eixo da turbina, usada para acionamento de gerador elétrico.

1. Parta a bomba auxiliar de óleo e verifique a pressão no sistema.
2. Verifique o nível de óleo no reservatório.
3. Abra todos os drenos da carcaça.
4. Abra os drenos da selagem.
5. Drene todo o condensado da linha de alimentação de vapor.
6. Estabeleça a circulação de água de resfriamento do condensador.
7. Faça nível no condensador e parta a bomba de extração de condensado.
8. Regule a pressão nas câmaras de selagem, de alta e de baixa pressão, para as condições de partida.
9. Com o auxílio do ejetor, coloque em operação o sistema de vácuo do condensador.
10. Feche os drenos dos estágios que trabalham sob vácuo.

11. Após o estabelecimento do vácuo parcial de partida, admita rapidamente vapor, em quantidade suficiente para girar o conjunto rotativo e, em seguida, corte a admissão de vapor.
12. Em turbinas que possuem o girador, (giro lento), faça seu teste de funcionamento antes de colocá-lo em operação
13. Observe com atenção a ocorrência de ruídos, que indiquem possíveis interferências entre o conjunto rotativo e as partes estacionárias.
14. Não havendo sinais de arrastamento, admita vapor suficiente para estabelecer uma velocidade de cerca de 200 rpm. Mantenha essa velocidade por cerca de meia hora, para aquecimento da carcaça e do conjunto rotativo.
15. Acione o dispositivo de "trip" manual, para testá-lo.
16. Restabeleça a admissão de vapor e aumente gradualmente a velocidade da turbina, até atingir a velocidade de operação em cerca de 15 minutos, ou conforme procedimento específico do equipamento.
17. Ajuste a pressão nas selagens de alta e baixa pressão para as condições de operação.
18. Quando não houver mais saída de condensado, feche os drenos da carcaça.
19. Abra a circulação de água para o resfriador de óleo, procurando manter uma temperatura de 100o F (45o C) na saída do óleo, após o resfriador.
20. Observe se o governador assumiu o controle da turbina, quando se atingiu a velocidade mínima de sua faixa de atuação.
21. Coloque o gerador em linha e aplique uma carga de 20%.
22. Coloque em operação o sistema de extração.

### **Parada**

O procedimento de parada, para a mesma máquina do item anterior, consta, em linhas gerais, das seguintes etapas:

1. Reduza gradualmente a carga do gerador até zero e retire-o rapidamente de linha.
2. Retire de operação o sistema de extração.
3. Corte a admissão de vapor para a turbina, pelo acionamento manual do sistema de trip.
4. Corte a admissão de vapor para os ejetores do condensador.
5. Verifique se a bomba auxiliar de óleo partiu e mantém a pressão correta no sistema de óleo.
6. Pare a bomba de extração de condensado.
7. Corte a admissão de vapor para a selagem, mantendo a turbina no giro lento para resfriamento em baixa rotação.
8. Abra todos os drenos atmosféricos.
9. Feche a água de resfriamento para os resfriadores de óleo.
10. Corte a circulação de água de resfriamento para o condensador.
11. Conserve a bomba auxiliar de óleo operando até que a turbina esteja fria.

### **Sistemas de controle**

O sistema de controle de uma turbina atua no fluxo de vapor através da máquina, para manter o valor desejado de alguma variável. Esta variável normalmente é a velocidade da turbina, que deve ser mantida constante, qualquer que seja a carga da turbina, desde que esta não exceda sua capacidade máxima.

Em algumas situações particulares como, por exemplo, em turbinas com extração automática pode haver um controle, em paralelo, sobre outra variável além da velocidade da turbina. Controla-se, também, a pressão do vapor extraído.

Qualquer que seja, entretanto, o sistema de controle empregado em uma turbina, haverá sempre um outro sistema, de segurança, independente do sistema de controle, que impedirá a velocidade de ultrapassar o limite de segurança, compatível com a resistência mecânica de seu conjunto rotativo.

Esse sistema de segurança é indispensável, porque à medida que a velocidade da turbina cresce, crescem proporcionalmente ao seu quadrado as tensões sobre o conjunto rotativo, resultantes da força centrífuga decorrente da rotação da turbina.

### **Controle de velocidade**

Estudaremos inicialmente a situação de uma turbina de fluxo direto, com controle apenas de velocidade, que, embora mais simples, é encontrado na maioria das turbinas.

A vazão de vapor através da turbina é proporcional à abertura da válvula de controle de admissão. Desde que não seja excedida sua capacidade máxima, a potência desenvolvida pela turbina em cada instante será determinada pelas necessidades da carga acionada.

Esse controle da abertura da válvula de admissão, em função da potência exigida pela carga acionada é feito automaticamente por um dispositivo conhecido como governador.

Para as turbinas de uso geral, máquinas de pequeno porte que acionam as bombas centrífugas de processo, não há necessidade de grande precisão nas características de controle do governador. Além disso, o que se necessita é de um governador simples e de baixo custo. A faixa de ajuste de velocidade necessária é pequena, porque o controle da descarga da bomba não é feito através da velocidade da turbina.

### **Controle de extração**

O vapor a uma pressão constante, para uso no processo, pode ser obtido em uma turbina a vapor por meio de uma retirada parcial do vapor em evolução na turbina, em um estágio intermediário, e, portanto em um nível de pressão intermediário entre a pressão de admissão e a pressão de descarga da turbina. A esta retirada, quando feita com controle de pressão, chamamos de extração automática.

Em uma turbina com extração automática, o sistema de controle deve ser capaz de controlar simultaneamente a pressão do vapor extraído e a velocidade da turbina.

### **Controle de pressão de descarga**

Em turbinas superpostas é necessário manter constante sua pressão na descarga. Para isso, a abertura das válvulas de admissão é controlada, não por um governador, em função da velocidade da turbina, mas por um regulador de pressão de descarga, em função da pressão de vapor na descarga da turbina. A vazão de vapor através da turbina será, então, variável para que a pressão na sua descarga se mantenha constante, qualquer que seja o consumo de vapor no coletor de vapor para o qual descarrega.

### **Sistema de lubrificação**

O sistema de lubrificação de uma turbina a vapor tem duas finalidades básicas: reduzir o atrito nos mancais, permitindo que o conjunto rotativo gire o mais livremente possível, e refrigerar os mancais, impedindo que se superaqueçam.

O aquecimento de mancal ocorre, em uma turbina a vapor, não só pelo próprio calor gerado pelo atrito no mancal, mas também pelo calor conduzido do interior da turbina, através do eixo.

Em turbinas de uso geral, normalmente máquinas de pequena potência, a lubrificação é feita usualmente por meio de um reservatório de óleo, de pequena capacidade, situado no próprio mancal.

Nas turbinas de uso especial, usa-se sempre lubrificação forçada. Nela, o óleo, tanto para lubrificação dos mancais do compressor como para os sistemas de controle e de segurança da turbina, é suprido pelo mesmo sistema.

Os principais componentes do sistema de lubrificação são: bombas de óleo, filtros, resfriadores e acumuladores.

### **Bombas de óleo/filtros**

Existem sempre duas bombas de óleo:

- A principal, que opera normalmente,
- A reserva, que entra em operação automaticamente em caso de falha da principal.

A bomba reserva é normalmente idêntica à principal e, por segurança operacional, uma delas é acionada a motor elétrico, enquanto a outra é acionada pela turbina a vapor.

Também para os filtros e resfriadores existe um sistema principal e um sistema reserva para garantir sua confiabilidade operacional. Os tambores acumuladores servem para garantir alimentação ao sistema em casos de falha da bomba de óleo de lubrificação.

### **Ejetores**

Os ejtores têm como função retirar o ar e outros gases não condensáveis que chegam ao condensador durante a operação da turbina, para que não se acumulem no condensador, prejudicando o vácuo. Os

ejetores primários succionam do topo do condensador da turbina uma mistura de vapor d'água, ar e gases não condensáveis. Essa mistura é descarregada no condensador do ejetor primário. Esse processo pode ser repetido em vários estágios, de modo a eliminar o ar e os gases do condensado.

A função dos ejetores, durante a operação normal de turbina, não é estabelecer o vácuo no condensador, mas somente retirar dele os gases não condensáveis.

Antes da partida da turbina, não há condensação do vapor, por isso não se consegue estabelecer um bom vácuo no condensador. Consegue-se estabelecer apenas um vácuo parcial por meio dos próprios ejetores de operação normal, ou mesmo por um ejetor de partida de maior capacidade, que descarrega diretamente para a atmosfera.

### Aspectos de segurança

O sistema de segurança de uma turbina a vapor deve ser projetado de maneira a proteger:

- A própria turbina;
- O equipamento acionado;
- A unidade onde o conjunto turbina-equipamento acionado opera.

Entre os dispositivos de proteção, usados no sistema de segurança de turbinas a vapor, alguns funcionam apenas como alarme, isto é, fornecem ao operador apenas uma indicação, sonora ou visual, de que está ocorrendo determinada situação insegura, deixando a cargo do operador as providências corretivas necessárias.

Quando determinada condição considerada insegura é atingida, outros dispositivos atuam sobre a válvula de bloqueio automático (válvula de trip), fazendo com que esta corte totalmente a admissão de vapor para a turbina e parando, em consequência, a máquina.

Outros ainda atuam em um primeiro nível como alarme, e, no agravamento da situação insegura, em um segundo nível, como corte da admissão de vapor.

### Proteção da turbina

É comum encontrarmos, nos sistemas de segurança de turbinas a vapor, dispositivos de proteção contra situações inseguras para a própria turbina. Eles são:

1. Dispositivo de desarme por sobrevelocidade: toda a turbina possui um para garantir que a velocidade da turbina jamais ultrapasse a velocidade máxima permissível para o conjunto rotativo.
2. Desarme manual: o operador, quando deseja, por qualquer razão, parar uma turbina a vapor, atua sempre sobre um dispositivo de desarme manual, que permitirá o fechamento da válvula de bloqueio automático, cortando a alimentação de vapor para a turbina. Turbinas de uso geral possuem normalmente apenas uma alavanca de desarme manual local, mais conhecida como alavanca de trip, que, atuada pelo operador, libera o fechamento da válvula de bloqueio automático. Já em turbinas de uso especial, o fechamento da válvula de bloqueio automático é comandado pela despressurização do circuito hidráulico ou pneumático, que a mantém aberta.
3. Dispositivos de proteção contra lubrificação deficiente: toda a turbina que possua sistema de lubrificação forçada deve ter, em seu sistema de segurança, proteção contra eventuais falhas ou funcionamento defeituoso do sistema, pressão do óleo, problemas nas bombas, temperatura excessiva no óleo, mau funcionamento das válvulas de controle, etc.
4. Sensores de vibrações: uma maneira bastante razoável de avaliar o estado mecânico de um equipamento em funcionamento é acompanhar a evolução de seu nível de vibrações. Um equipamento rotativo de alta velocidade, como uma turbina a vapor, apresenta, com bastante frequência, um aumento de seu nível de vibrações, antes da ocorrência de uma falha mecânica qualquer. Mais ainda, à medida que o desgaste operacional da máquina aumenta, aumenta também seu nível de vibrações. Por essa razão, em turbinas de uso especial, é comum encontrarmos sensores de vibrações colocados sobre os mancais da máquina. Estes sensores podem atuar como instrumentos indicadores, ou simplesmente como alarme, acendendo um sinal luminoso quando a vibração superar um limite predeterminado.
5. Sinal luminoso: o fluxo de vapor exausto não pode ser inferior a um valor mínimo, conhecido como mínimo fluxo exausto, para que não haja superaquecimento dos estágios finais da turbina. Se o fluxo

exausto cair abaixo deste valor mínimo é normalmente acionado um sinal luminoso de alarme no painel de controle.

Os dispositivos de proteção utilizados dependem do tipo de equipamento acionado pela turbina. Em um compressor centrífugo de processo, por exemplo, é comum encontrarmos dispositivos de proteção contra:

- Baixa vazão (para evitar a ocorrência de "surge" no compressor);
- Nível de vibração elevado;
- Baixa pressão de óleo para os mancais;
- Desgaste do mancal de escora;
- Nível alto no vaso de sucção;
- Temperatura elevada na descarga.

Todos estes dispositivos atuam inicialmente como alarme e, no agravamento da situação perigosa, como corte, atuando sobre a válvula solenóide, que aciona a alimentação de vapor para a turbina. Com relação ao nível de vibração é usado normalmente apenas um alarme.

#### **Desgaste do mancal de escora**

As folgas axiais entre o conjunto rotativo e as partes estacionárias de uma turbina a vapor são mantidas pelo mancal de escora. À medida que o mancal de escora se desgasta, durante a operação da turbina, essas folgas se modificam, inicialmente prejudicando a eficiência da turbina, e, em um estágio posterior, podendo causar dano à máquina por interferência entre partes rotativas e estacionárias.

#### **Aumento da pressão de descarga**

Em turbinas de condensação, o aumento da pressão de descarga é normalmente decorrente de problemas no condensador, que prejudicam a manutenção do vácuo, como por exemplo, temperatura elevada da água de resfriamento, obstrução dos tubos, entrada de ar, mau funcionamento dos ejetores, etc.

Em turbinas de contrapressão o aumento da pressão de descarga pode ser decorrente da pressão excessiva no header (ou coletor) para o qual a turbina descarrega ou de uma obstrução em sua linha de descarga.

#### **Proteção de situações relacionadas com o processo**

O sistema de segurança de uma turbina a vapor pode incluir também dispositivos de proteção contra situações perigosas para o processo, da qual o conjunto turbina- equipamento acionado é parte integrante.

Em turbinas de uso geral, encontramos normalmente os seguintes dispositivos de proteção:

- Desarme por sobrevelocidade;
- Desarme manual local;
- Válvula sentinela (menor que a válvula de segurança);
- Válvula de segurança na linha de descarga.

Em turbinas de uso especial, é comum encontrarmos os seguintes dispositivos de proteção:

- Desarme por sobrevelocidade;
- Válvula de segurança no condensador ou na linha de descarga;
- Desarme manual local;
- Desarme manual remoto;
- Alarme e corte por baixa pressão de óleo para os mancais da turbina ou do equipamento acionado;
- Alarme por nível de vibração elevado na turbina ou no equipamento acionado;
- Alarme e corte por desgaste do mancal de escora da turbina ou do equipamento acionado, que pode provocar vibração excessiva;
- Alarme e corte por contrapressão elevada na descarga da turbina;

- Outros dispositivos de proteção do equipamento acionado;
- Dispositivos de proteção do processo.

### **Supervisão das condições operacionais**

A supervisão das condições operacionais de uma turbina a vapor é feita por meio de uma série de instrumentos. Alguns destes instrumentos são simplesmente indicadores, outros são registradores e outros ainda são componentes do sistema de controle ou segurança.

Em uma turbina de uso geral, a instrumentação é bastante simples, consistindo apenas de um tacômetro de vibração e de manômetros e termômetros de vapor, além do controle de velocidade pelo governador. Já em turbinas de uso especial, a instrumentação é bem mais sofisticada. Alguns dos instrumentos mais encontrados neste tipo de turbina são:

- Indicador de empeno do eixo;
- Sensores de vibração;
- Indicador de dilatação da carcaça;
- Indicador de posição axial do conjunto rotativo em relação à carcaça;
- Termômetros e manômetros;
- Tacômetro de vibração ou eletrônico;
- Controle de velocidade pelo governador.

### **“Turning-gear” (giro lento/girador)**

Toda turbina a vapor deve ser previamente aquecida, antes de ser colocada em operação. Este aquecimento deve ser feito com a turbina girando a baixa rotação, para que se evitem possíveis empenos do seu eixo e as conseqüências de expansões e dilatações diferenciais. Em turbinas de grande porte, o resfriamento também deve ser feito com o conjunto rotativo girando em baixa rotação.

### **Isolamento térmico**

Para minimizar as perdas de calor para o exterior, as turbinas a vapor têm sua carcaça, bem como as linhas de vapor, isolada termicamente, com material adequado.

### **Precauções operacionais**

As seguintes preocupações devem ser observadas com relação à operação de turbinas a vapor:

- Evite mudanças súbitas das condições operacionais da turbina, que possam causar dilatações diferenciais, que são perigosas para a máquina devido às suas pequenas folgas internas.
- Evite passar vapor através da turbina com o conjunto rotativo parado, pois isto pode conduzir a uma dilatação desigual e conseqüentemente empeno do conjunto rotativo.
- Evite operar uma turbina condensante com baixo vácuo na descarga, por período prolongado, causando superaquecimento dos estágios finais.
- Verifique sempre o funcionamento do sistema de “trip” durante o procedimento de partida.
- Durante a operação da turbina, verifique, em intervalos regulares, a operação da bomba de óleo reserva, e o estado dos filtros de óleo.
- Drene completamente a carcaça e a linha de admissão de vapor, antes de admitir vapor para a turbina.
- Verifique periodicamente a existência de contaminação no sistema de óleo.
- Repare imediatamente qualquer vazamento no sistema de óleo.
- Faça anotações periódicas das pressões e temperaturas de óleo e vapor e das leituras dos demais instrumentos existentes na turbina.
- Não deixe a admissão de vapor para a selagem aberta, com o conjunto rotativo parado, pois isto poderá causar um empeno permanente do eixo.

Utilizar o “turning gear” (giro lento) durante o período de aquecimento anterior à partida, ou durante o resfriamento após a parada, para evitar contrações/expansões no conjunto rotativo.

## **Compressores**

Gases acima ou abaixo da pressão atmosférica são uma necessidade da indústria. O processo de compressão é parte integral dos ciclos de refrigeração e dos ciclos de turbinas a gás, com ampla utilização em uma série de serviços.

Nas indústrias, entre outras utilizações, o ar comprimido é empregado em máquinas-ferramenta pneumáticas, tais como martelinhos e perfuratrizes, em pistolas de ar para pintura, em limpeza com jato de ar, em elevadores pneumáticos, em bombeamento de água por elevação pneumática ("air lift"), em instrumentação, etc.

Neste fascículo estudaremos o equipamento responsável pela produção de ar comprimido e pela movimentação do fluido compressível ao longo de equipamentos e tubulações: o compressor.

### Princípio de funcionamento

O funcionamento de um compressor baseia-se em uma das propriedades da matéria chamada compressibilidade. Ela diz que a matéria tem a propriedade de ter seu volume reduzido quando submetida a certas pressões.

Essa propriedade pode ser observada, se empurrarmos o êmbolo de uma seringa de injeção cujo orifício de saída foi tapado. Se a seringa contiver apenas ar, será possível perceber que o êmbolo empurra esse ar até certo ponto. Isso acontece, porque o ar pode ter seu volume reduzido, ou seja, comprimido.

Na ilustração, pode-se notar que houve um deslocamento do êmbolo no interior da seringa de a para b, provocando, desta forma, uma diminuição de volume.

O ar é altamente compressível, porém, a água comprime-se muito pouco. Assim, se repetirmos a mesma experiência com uma seringa cheia de água o resultado será o mostrado na ilustração a seguir.

Uma utilização prática dessa propriedade, é representada pela bomba de compressão destinada a comprimir os gases dentro de recipientes. É o mesmo tipo de bomba usado para encher pneus de bicicleta ou bolas de futebol.

Nela, o ar é comprimido dentro do cilindro. Não tendo por onde escapar, ele é forçado a entrar na câmara de ar do pneu ou na bola. As válvulas do pneu e da bola impedem que o ar retorne para o interior da bomba.

Portanto, o movimento linear (subir e descer) do êmbolo produzirá o enchimento do pneu e da bola por sucessivas compressões da bomba.

### Compressores

Dá-se o nome de compressor à máquina que tem finalidade principal aumentar a pressão de um fluido compressível (gás ou vapor) acima da pressão atmosférica até atingir a pressão necessária para industrial.

Em geral, um equipamento que aumenta a pressão um fluido compressível de mais de 2,5 kgf/cm<sup>2</sup> é considerado compressor. Para pressões menores este valor, são utilizados sopradores ou ventiladores.

O compressor tem também como segunda finalidade movimentar o fluido compressível ao longo de equipamentos e tubulações.

Para funcionar, o compressor exige trabalho, que é fornecido por um motor elétrico ou por uma turbina a vapor.

### Classificação dos compressores

Os compressores trabalham segundo dois princípios diferentes:

- 1 Deslocamento positivo, no qual o ar é admitido em uma câmara de compressão isolada do exterior. Para obter a compressão, reduz-se o volume de ar contido na câmara de modo que a pressão desse ar aumenta proporcionalmente.



por  
uso  
de  
que

2 Deslocamento dinâmico, no qual o ar é acelerado por meio de um rotor girando a alta velocidade. Por meio da descarga de ar por um difusor, a energia cinética é transformada em pressão estática.

Os compressores volumétricos que funcionam sob o princípio do deslocamento positivo abrangem os seguintes tipos:

- Compressores alternativos ou de êmbolo linear;
- Compressores rotativos ou de êmbolo rotativo.
- Os compressores dinâmicos que funcionam sob o princípio do deslocamento dinâmico compreendem os seguintes tipos:
  - Turbocompressor
  - Compressor axial.

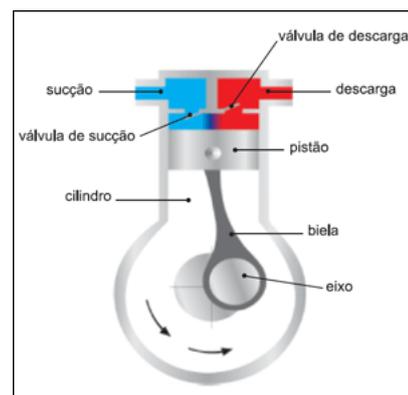
A tabela a seguir mostra o campo de aplicação dos compressores de acordo com seu tipo e capacidade.

### Compressores de deslocamento positivo

Como já vimos, os compressores volumétricos ou de deslocamento positivo abrangem os compressores alternativos e os rotativos.

#### Compressor alternativo

O compressor alternativo, também chamado de compressor de êmbolo está representado esquematicamente na ilustração a seguir.



Ele pode ser acionado por motor elétrico com polia e correia, e também por motor a explosão. Basicamente, funciona da seguinte forma:

Ele pode ser acionado por motor elétrico com polia e correia, e também por motor a explosão. Basicamente, funciona da seguinte forma:

1. No primeiro momento, o pistão está no fim do curso e a válvula de admissão e a válvula de descarga estão fechadas.
2. O pistão se movimenta, a válvula de admissão se abre succionando e a válvula de descarga continua fechada.
3. Quando o pistão atinge o fim do curso, as duas válvulas estão fechadas.
4. O pistão se move comprimindo e mantendo a válvula de admissão fechada e abrindo a válvula de descarga, a partir de certa pressão de descarga.
5. Volta à posição inicial. Volta à posição inicial.

O compressor de êmbolo de movimento linear é o mais usado porque é adequado para todos os tipos de pressão. Ele classifica-se em:

- Compressor de simples efeito tem apenas uma câmara de compressão por cilindro e opera somente em uma direção. O gás é comprimido apenas uma vez, pois o pistão só tem uma face ativa
- Compressor de duplo efeito, tem duas câmaras de compressão, uma de cada lado do êmbolo e opera nos dois sentidos de movimento. O movimento linear do pistão comprime o gás na ida e na volta do pistão.
- Compressor de êmbolo de um estágio é bastante utilizado, pois comprime a baixa, média ou alta pressão.
- Compressor de dois estágios com refrigeração intermediária: para a compressão a pressões mais elevadas, são necessários compressores de vários estágios. O gás aspirado será comprimido pelo primeiro êmbolo (pistão) e refrigerado logo em seguida, antes de entrar no segundo pistão.

- No segundo pistão é novamente comprimido e mais uma vez é refrigerado, e assim sucessivamente. A refrigeração é necessária, pois sabe-se que todo fluido, ao ser comprimido libera grande quantidade de energia térmica (calor). Os compressores podem ser refrigerados a água ou a ar.

A determinação do número de estágios desse compressor depende do nível de compressão exigido para o trabalho. Assim pressões:

- até 4 kgf/cm<sup>2</sup> pedem compressores de um estágio.
  - até 15 kgf/cm<sup>2</sup> exigem compressores de dois estágios. acima de 15 kgf/cm<sup>2</sup> necessitam de compressores de três estágios ou mais.
- Compressor de membrana (diafragma): mediante uma membrana, o êmbolo fica separado da câmara de sucção e compressão, ou seja, o gás não tem contato com as partes deslizantes. Esse tipo de compressor tem emprego na indústria alimentícia, química e farmacêutica.

### Partes componentes

Componentes importantes de um compressor são:

- Válvulas;
- Anéis;
- Cilindro;
- Pistão/haste.

As válvulas são componentes do compressor que têm a função de permitir a movimentação do fluido dentro da câmara de compressão. Elas podem ser de membrana ou automática.

As válvulas operam tipicamente sob o princípio da diferença de pressão. Geralmente, elas só abrem quando uma pressão pouco abaixo da pressão ambiente é atingida. Assim, por exemplo, quando a pressão do lado da sede da válvula de membrana fica menor que a do lado da tampa, as fitas curvas de aço comprimem-se sobre toda a superfície da sede (esmerilhada), fechando a válvula. Na posição aberta, as fitas de aço comprimem-se contra a tampa da válvula.

As válvulas automáticas também funcionam por diferença de pressão.

Elas são compostas por:

1. Obturador;
2. Mola;
3. Encosto;
4. Sedes.

A mola tem por finalidade disciplinar a posição do obturador, sendo a vedação feita pela diferença de pressão. Quando uma determinada diferença de pressão é atingida, o obturador sobe e pára no encosto, dando passagem ao fluido compressível.

Esse é o modo de funcionamento das válvulas automáticas de sucção e de descarga, que são idênticas e que, por isso, são intercambiáveis.

### Observações:

- É preciso tomar cuidado na montagem das válvulas de membrana para não inverter suas posições na descarga e na sucção do compressor, o que causará sérios transtornos à operação.
- Em geral, as válvulas são feitas de material resistente à fadiga; para serviço em ambientes corrosivos ou em altas temperaturas, elas são sempre feitas de aço inoxidável.
- Para que uma válvula funcione bem, ela tem que assentar perfeitamente nas sedes, garantindo a vedação. Elas também devem ser refrigeradas, especialmente no caso das válvulas de descarga.

Os anéis, geralmente em duas peças, montados nos cilindros, selam a passagem do gás do compartimento em que ele está sendo comprimido.

Para compressores com lubrificação, os anéis são fabricados de ferro fundido, bronze, alumínio, carvão, etc.

Nos compressores sem lubrificação são usados geralmente os anéis de teflon ou de carvão.

O cilindro é a carcaça dentro da qual o pistão se movimenta. Por esse motivo, sua superfície interna deve ser lisa e polida, a fim de diminuir as áreas de atrito.

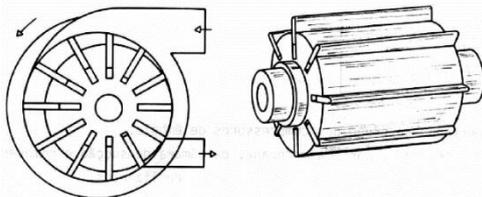
Os cilindros podem ser fabricados de alumínio, ferro fundido, aço inoxidável ou outro material adequado à ação corrosiva do gás.

O pistão e a haste formam um conjunto solidário que é responsável pela compressão do fluido. Essa compressão é obtida por meio de sua movimentação dentro do cilindro. Eles devem ser resistentes à corrosão, pois estão sempre em contato com a atmosfera e o interior do cilindro.

### Compressores rotativos

No compressor rotativo, os compartimentos se estreitam e comprimem o ar, ou gás, neles contido. Eles são de vários tipos, a saber:

- Compressor rotativo multicelular (palheta) que consiste de um compartimento cilíndrico

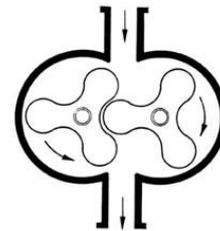


(cárter), com abertura de entrada e saída e no qual gira um rotor montado excêntricamente, ou seja, fora de centro. O rotor tem palhetas que, em conjunto com as paredes do cilindro formam pequenos compartimentos (células). As palhetas se movem radialmente nas ranhuras do rotor e são forçadas contra as paredes do cárter pela força centrífuga. Devido à excentricidade de localização do rotor, as células diminuem e aumentam de

tamanho, transportando o ar da entrada para a saída. Seu funcionamento contínuo e uniforme garante vazão uniforme de gás ou ar comprimido.

- Compressor helicoidal de dois eixos (duplo parafuso) que consiste em um cárter dentro do qual giram dois rotores em sentidos opostos. Um dos rotores possui lóbulos convexos e o outro, lóbulos côncavos, denominados, respectivamente, rotor macho e rotor fêmea. Não há contato entre os rotores nem entre eles e o cárter, dentro da câmara de compressão. Conseqüentemente, estas partes não necessitam de lubrificação e, por isso, o gás comprimido estará completamente isento de óleo.

- Compressor tipo "Roots" (lóbulos) que consiste de um cárter, dentro do qual giram dois rotores em sentido contrário. Não há contato entre os rotores e o cárter, portanto, não necessita de lubrificação. Nele, o ar é transportado de um lado para o outro sem alteração de volume. A compressão ocorre cada vez que a extremidade de um dos êmbolos coincide com a concavidade do outro êmbolo. Só pode ser empregado para baixas pressões de trabalho, isto é, até 1kgf/cm<sup>2</sup>. Além disso, seu nível de ruído é muito alto.



- Compressor de anel líquido, no qual a admissão e descarga do gás se efetuam através de duas ou quatro aberturas existentes no distribuidor central, ligadas às tubulações de aspiração e descarga. A compressão é obtida pelo giro do rotor em torno do distribuidor central, que está parcialmente cheio de líquido. A força centrífuga agindo sobre este líquido provoca a formação de um selo líquido, que evita fuga de gases para a descarga. Essa máquina pode ser usada para comprimir um gás ou aspirá-lo (bomba de vácuo) e só pode ser usada quando o líquido do anel não reage e não contamina o gás que está sendo comprimido. Neste caso particular, quase todo o calor da compressão fica no líquido, e isto exige a circulação e a refrigeração do líquido.

### Compressores de deslocamento dinâmico

Nos compressores de deslocamento dinâmico, o aumento de pressão é devido à aceleração e posterior transformação da energia cinética em energia de pressão. Nessa categoria se enquadram os turbocompressores que trabalham segundo o princípio de aceleração de massa e são adequados para o fornecimento de grandes vazões.

Nos turbocompressores, que podem ser de um ou vários estágios, o gás é colocado em movimento por um ou mais rotores, que transformam a energia do movimento em energia de pressão. Eles são construídos em duas versões:

- Turbocompressor axial, que emprega conjuntos móveis de palhetas (no rotor) e conjuntos estacionários, fixados à carcaça, para converter a energia cinética do fluido em energia de pressão, em um difusor na extremidade da descarga.
- Turbocompressor radial, ou centrífugo, no qual a compressão se processa pela aceleração do ar aspirado de câmara para câmara, em direção à saída. O ar é impelido axialmente para as paredes da câmara e, posteriormente, em direção ao eixo. Daí, no sentido radial, para a próxima câmara, e assim sucessivamente. O gás comprimido fornecido por esse compressor é isento de óleo. Para capacidades acima de 500 m<sup>3</sup> a uma pressão de 7kgf/cm<sup>2</sup>, esse tipo de compressor é bastante econômico.

### Limites de operação

O ponto de surgência (surge) de um compressor centrífugo é aquele abaixo do qual a máquina é instável. A vazão mínima correspondente a este ponto resulta em head máximo, ou seja, máximo trabalho cedido a cada unidade de peso do fluido no processo de compressão

A surgência é ocasionada pelo retorno momentâneo do gás, através do impelidor. Isto produz um efeito de pulsação no gás que está passando na câmara de compressão.

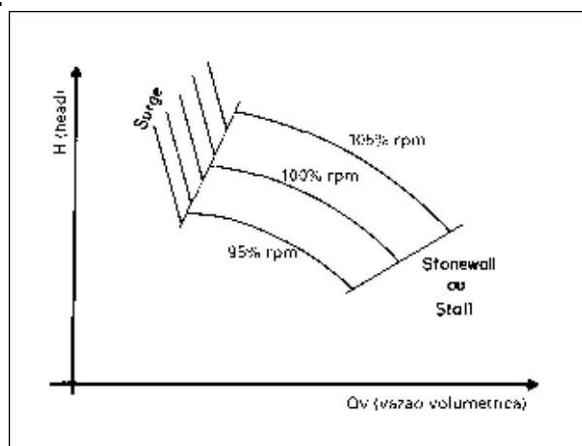
Muitas máquinas podem operar seguramente em surgência, mas não é aconselhável e não se deve operar nestas condições, devido à vibração e ao ruído das tubulações, e o risco de empenamento do rotor.

Usualmente controla se a surgência por meio de controladores de fluxo mínimo por bypass (ou desvio), que faz passar gás automaticamente da descarga para a sucção, prevenindo dessa maneira que a máquina caia no ponto de surgência.

### Stonewal ou stall

O fenômeno denominado stonewall (ou stall) ocorre quando a vazão aumenta violentamente. Se a vazão aumenta, a velocidade também aumenta e pode se chegar à velocidade do som. Como conseqüência, ondas de choque causam uma rápida queda de pressão na descarga.

Gráfico de limite de operação Este gráfico mostra os dois fenômenos de limite de operação de compressores centrífugos.



### Operação

O compressor alternativo deve partir despressurizado (em vazio), com a recirculação toda aberta.

A seqüência operacional de partida é a seguinte:

- 1 Verificar o óleo de lubrificação, completando o nível se for necessário.
- 2 Alinhar água de refrigeração para a camisa do pistão e para os resfriadores da descarga.
- 3 Abrir as válvulas de bloqueio geral da sucção e descarga. O compressor parte vazio, sem carga.
- 4 Verificar o nível do tambor de sucção, pois, se entrar líquido no compressor, pode estourar o anel e, mesmo, a camisa.
- 5 Ligar a bomba de óleo para pressurizar a rede de lubrificação e dar a partida no compressor.
- 6 Após a partida, iniciar a carga no compressor abrindo a válvula de admissão. Para compressores de duplo estágio deve se abrir as válvulas de forma a balancear as forças. Não se deve abrir todas as válvulas de uma vez pois a pressão pode subir muito.
- 7 Observar o desempenho da máquina quanto à circulação do óleo, vibrações e barulhos estranhos. Para quaisquer anormalidades, devem ser tomadas as devidas providências.

### **Parada**

Todo compressor alternativo deve parar em carga, principalmente aqueles acionados por turbina a vapor, por causa do problema da velocidade crítica da turbina.

### **Cuidados na partida e parada de compressores**

Nos compressores alternativos e centrífugos não se pode permitir a presença de líquido dentro do compressor.

Para evitar que o líquido entre no compressor, em geral coloca se um tambor ou vaso (chamado "knock out drum") na sucção, o qual retém o eventual líquido arrastado pelo gás. Esse tambor tem um dreno, por onde sai o líquido acumulado.

Caso o nível no tambor atinja valores muitos altos, há alarmes que previnem o operador. Em certos casos, conforme o valor atingido, há dispositivos que desligam a máquina automaticamente.

### **Partida de um compressor centrífugo**

Quando se trata de um motor, é interessante que a partida se dê com a menor vazão possível. Para o compressor ocorre o oposto, isto é, a vazão deve ser a maior possível para evitar o surge, isto é, retorno instantâneo de gás através do impelidor, o que causa ruído, vibração e até danos mecânicos ao conjunto. Geralmente, parte se com a válvula de descarga fechada mantendo se a recirculação aberta, abrindo se a válvula de descarga assim que a rotação nominal do conjunto seja atingida.

### **Observação:**

Todos os compressores e turbinas são projetados para uma determinada velocidade máxima. Acima desta velocidade máxima, a força centrífuga torna se tão grande que pode chegar a destruir o rotor. Um dispositivo mecânico é instalado em cada máquina para desligá la quando se atinge a velocidade máxima. Esse dispositivo é denominado "sistema de trip" do compressor.

Se a pressão do óleo lubrificante diminuir, ocorrerá um aumento na temperatura dos mancais, o que poderá causar sérios danos ao equipamento em questão de segundos. Para evitar que isso ocorra, existe um sistema que desliga o compressor automaticamente, quando a pressão do óleo cair abaixo de um determinado valor.

### **Controle de capacidade dos compressores**

O problema de controle do compressor aparece quando o sistema consumidor necessita de vazão diferente daquela dada pelo compressor em condições normais de operação.

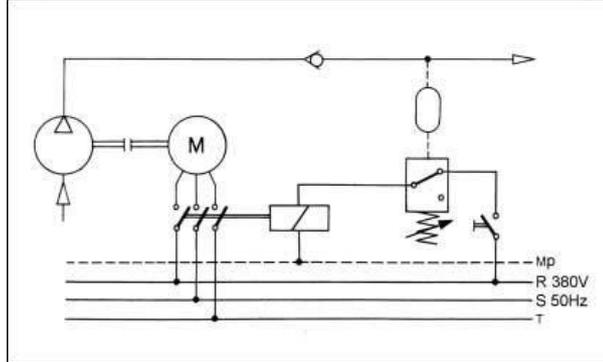
Em geral, por facilidade, controla se a pressão de descarga do compressor numa certa faixa. Quando a pressão cai, o sistema está exigindo maior vazão. Opostamente, quando a pressão sobe, isso pode significar que ele está sobrecarregado.

Parada e partida do motor elétrico que aciona o compressor

O sistema de controle de partida e parada do motor elétrico está associado a um pressostato instalado na descarga do compressor.

### Descarga para a atmosfera

A descarga na atmosfera é um sistema usado apenas para compressores que comprimem ar. Nesse sistema, o motor não liga e desliga, e o controle é feito através de uma válvula que descarrega para a atmosfera, comandada pela pressão no reservatório ou na linha de descarga do compressor.



### Recirculação

A recirculação é empregada em alguns compressores a gás. Ela utiliza o mesmo sistema que o de descarga na atmosfera. A diferença, neste caso, está no fato de que a válvula descarrega na sucção do compressor.

### Variação do espaço morto

A variação do espaço morto é um dos sistemas mais usados para compressores alternativos. É um sistema de controle de capacidade dos compressores no qual se determina espaços existentes na câmara de compressão, disponíveis para aumentar ou diminuir a vazão em função da demanda de gás comprimido. Ele é baseado no fato de que, quanto maior o espaço morto, menor a vazão de admissão do compressor, que pode chegar a ser nula.

O sistema pode ser:

- Sistema contínuo de variação de espaço morto, no qual o operador aumenta ou diminui o espaço morto por meio de uma válvula (manual ou automática),.
- Sistema descontínuo ou de degraus, no qual o operador, por meio conveniente, abre (ou fecha) válvulas que aumentam (ou diminuem) espaço morto que fazem com que a capacidade caia (ou aumente).

### Sistema de alívio nas válvulas de sucção

Neste sistema usamos válvulas tipo solenóides, que provocam a abertura constante da válvula de sucção, mesmo durante a compressão, reduzindo a capacidade do estágio a zero.

### Regulagem por fechamento

Nesta regulagem, fecha-se o lado da sucção, ou a válvula de sucção até o mínimo recomendado pelo projeto para evitar superaquecimento da máquina.

### Regulagem por garra

Mediante garras, mantém-se aberta a válvula de sucção.

### Refrigeração e lubrificação

A temperatura do compressor se eleva não só pelo atrito entre as partes móveis mas, principalmente, pela compressão de gases. Esse calor deve ser dissipado para que a vida útil do compressor não seja reduzida. Esse é o assunto deste capítulo.

### Sistemas de refrigeração

Os compressores devem ser resfriados para:

- a. Manter baixa a temperatura das válvulas, do óleo lubrificante e do gás a ser comprimido;
- b. Evitar a deformação do cilindro por alta temperatura.

Conforme o nível de temperatura e o porte do compressor, é necessário escolher o sistema de refrigeração mais adequado. Ele pode ser a ar ou a água.

**Refrigeração a ar** Em compressores pequenos, utiliza-se a refrigeração a ar. Para que isso ocorra, serão suficientes apenas as aletas de ventilação para que o calor seja dissipado.

No compressor resfriado a ar, as aletas estão fixadas no próprio cilindro. Trata-se de um pequeno compressor de dois estágios, de simples efeito.

Para dissipar o calor dos compressores de porte médio, empregam-se ventiladores auxiliares ou ainda refrigeração a água (inter resfriador ou "intercooler").

### **Refrigeração a água**

Quando se trata de estação de compressores de alta potência, o sistema de refrigeração mais adequado é aquele que usa a água circulante ou água corrente contínua.

A água entra pela extremidade próxima ao cilindro de alta pressão, e vai às camisas dos cilindros. O ar comprimido, ou gás, sai do cilindro de baixa pressão e, ao caminhar ao cilindro de alta pressão, passa por alguns obstáculos denominados chicanas, que estão alojados no interior do trocador de calor.

Dentro do compressor alternativo, devido às pequenas folgas existentes, não se pode de modo algum permitir condensação do fluido compressível, pois haveria sérios danos à máquina. Dessa maneira, quando houver este risco, devemos usar a água de refrigeração com temperatura acima da temperatura de entrada do gás no compressor.

No sistema de refrigeração, é recomendável que a água entre por baixo e saia por cima para ocupar todo o recipiente e para arrastar as bolhas de ar presentes.

### **Compressão em vários estágios**

Com o intuito de reduzir o trabalho de compressão, esta é feita em vários estágios, com resfriamento intermediário entre cada estágio. Outra vantagem de se fazer compressão em vários estágios é que isso não aumenta em demasia a temperatura dos gases, pois, em geral, os lubrificantes usados se inflamam acima de 220°C.

Muitas vezes, o resfriamento intermediário é feito com o objetivo de retirar o condensado formado, fazendo com que a carga de gás para o segundo estágio seja menor.

Devido ao aumento de pressão em cada estágio subsequente, o volume diminui. Por causa disso, os cilindros têm tamanhos diferentes em cada estágio.

### **Lubrificação**

A lubrificação do compressor tem por finalidade reduzir o atrito entre as peças móveis em contato, reduzindo o desgaste e resfriando o compressor.

Há dois tipos de lubrificação:

- Por salpico, na qual o virabrequim ao girar, faz com que a biela mergulhe no óleo lubrificante armazenado no cárter do compressor, salpicando óleo nas peças móveis.
- Forçada na qual, uma bomba é acionada pelo eixo do compressor e pressuriza óleo lubrificante para suas partes móveis.

Em compressores com lubrificação por salpico, deve-se verificar diariamente o nível do óleo, o que é feito através de visores apropriados.

Em compressores com lubrificação forçada, usam-se pressostatos de óleo como dispositivos de segurança. Assim, caso haja queda de pressão de lubrificação, o pressostato desliga o compressor automaticamente.

Em qualquer tipo de lubrificação, deve-se usar no cárter do compressor óleo específico para compressores, ou seja, óleo mineral não detergente com inibidores de oxidação e com viscosidade SAE 30.

Com relação à lubrificação, há dois tipos de compressores:

- Sem lubrificação,
- Com lubrificação.

Os compressores sem lubrificação são aqueles nos quais todas as partes móveis são lubrificadas com exceção do pistão do compressor que não é lubrificado.

Em geral, esses compressores são usados nas centrais de ar para instrumentos, as quais não permitem a presença de óleo misturado ao ar. São usados também como compressor de oxigênio, pois, se houvesse óleo, haveria explosão por combustão espontânea.

Os compressores sem lubrificação nos anéis do pistão apresentam algumas desvantagens em relação ao compressor lubrificado, a saber:

- a. Menor vida dos anéis e do cilindro;
- b. Maior atrito;
- c. Exigem menor rotação por unidade de tempo;
- d. Maior folga: o gás pode escapar de um estágio para outro;
- e. Maior manutenção.

No compressor com lubrificação, uma pequena quantidade de óleo é injetada em cada cilindro, geralmente por meio de uma pequena bomba acionada por motor elétrico.

Em ambos os tipos citados, a diferença está nos anéis do pistão.

No caso de compressores sem lubrificação, este anel é feito de material auto-lubrificante, como o carvão ou o teflon.

### Aspectos de segurança

Por se tratar de um equipamento de grande importância nas unidades industriais, alguns compressores são dotados de sistemas de alarme e proteção, que desligam o equipamento automaticamente em determinadas situações de emergência, tais como:

- Temperatura elevada do gás na descarga;
- Falhas no sistema de lubrificação (filtro sujo, parada da bomba, temperatura alta, vazamentos, etc.);
- Amperagem alta no motor do acionador provocada por anormalidades no circuito do gás comprimido;
- Falhas no circuito de refrigeração do compressor;
- Apesar dos diversos dispositivos de proteção existentes, é fundamental a presença do operador executando as rotinas diárias de sua função, dentre as quais destacam-se:
  - Leitura e registro das variáveis do processo: pressão, temperatura, níveis dos tambores, vazões, etc.;
  - Acompanhamento de vibração através de uma inspeção visual e auditiva da unidade dos compressores e adjacências;
  - Execução de pequenas intervenções operacionais de ajuste e regulação;
  - Manutenção da limpeza e organização da área dos compressores;
  - Verificação da existência de vazamentos nos circuitos de óleo, gás, refrigeração, etc.;
  - Limpeza de filtros do sistema de lubrificação em função do diferencial de pressão, ou de acordo com rotina interna da empresa;
- Conhecimento dos procedimentos de emergência a serem adotados quando da ocorrência de "surge" ou "stall" (ou "stonewall") no equipamento;
- verificação do sistema de óleo de lubrificação, avaliando variações de pressão, de temperatura, etc..
- Conhecimento dos procedimentos de segurança e utilização dos EPIs adequados para situações de emergência (vazamentos de gases, falha de energia, etc.).

## Torres, vasos, tanques e reatores

## Fornos

Fornos são equipamentos destinados ao aquecimento de materiais, com vários objetivos: cozimento, fusão, calcinação, tratamento térmico, secagem, etc.

A função principal do forno qualquer que seja o trabalho executado, é transferir ao material o calor gerado pela combustão, com a máxima eficiência, uniformidade e segurança.

### Tipos de fornos

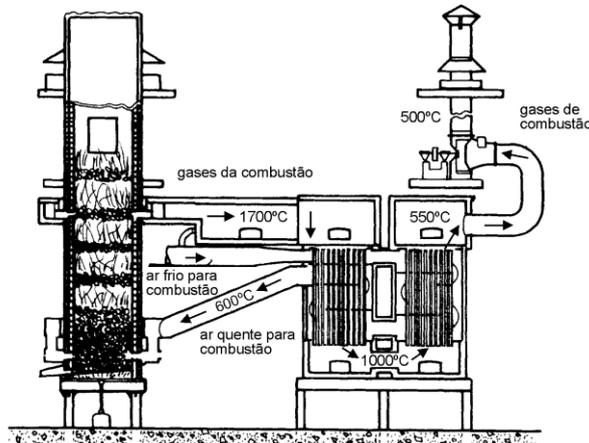
Os fornos a combustão são os mais usados e sua classificação baseia-se no relacionamento entre o combustível, os produtos da combustão e o material em processamento.

Os fornos podem ser classificados por meio de vários critérios:

1. Fornos nos quais o combustível e o material estão misturados na mesma câmara, tais como o forno cubilô e o alto-forno.
2. Fornos em que o combustível e o material estão em câmaras separadas e os gases da combustão não têm contato com o material, como a muflas e os fornos com cadinho.
3. Fornos nos quais o combustível e o material estão em câmaras separadas, mas os gases da combustão têm contato com o material, como os fornos intermitentes e os contínuos. Esse grupo de fornos abrange o maior número de fornos industriais.

### Forno cubilô

O forno cubilô é utilizado para a produção de ferro fundido ou outros metais. Os gases quentes da combustão atuam sobre a mistura de gusa, carvão coque e calcário, fundindo-os, e a mistura de material fundido é recolhida na parte inferior do forno.



### Alto-forno

O alto-forno é ao mesmo tempo um forno e um reator. A carga, constituída de minério de ferro, coque e fundente de escórias (calcário), é introduzida e misturada pela parte superior em duas etapas, de forma a não permitir escapamentos dos gases residuais.

A carga em movimento descendente vai se aquecendo à medida que se aproxima da zona de máxima temperatura. Ao mesmo tempo, ocorre a redução do minério de ferro, liberando o ferro metálico fundido que é recolhido na parte inferior.



### Muflas

As muflas são utilizadas quando se quer proteger o material da ação dos gases da combustão. Os gases quentes circulam pela parte externa de uma câmara (construída de material resistente ao calor e ao mesmo tempo bom condutor) e saem pela chaminé, sem entrarem em contato com o material. As muflas são utilizadas para esmaltação, recozimento, etc.

### Fornos intermitentes

Nos fornos intermitentes, o aquecimento é periódico e grande parte do calor residual é perdido no resfriamento. Seu uso justifica-se somente quando a fabricação ocorre em pequena escala ou diversificada.

Os fornos intermitentes são empregados na indústria cerâmica e apresentam vários tipos de formato. Os mais conhecidos são: o tipo garrafão, o tipo catenária e os de campânula.

Nos fornos tipo garrafão e catenária, a circulação dos gases é feita em função da arrumação do material dentro do forno. Arranjos mal feitos, além de reduzirem a transferência do calor, reduzem a eficiência do forno.

Os fornos intermitentes são empregados, também, em secagem, em processos químicos, no recozimento de grandes peças, etc.

### Fornos contínuos

Os fornos contínuos mais comuns nas indústrias são:

- Forno rotativo;
- Forno túnel;
- Forno circular;
- Forno cuba.



O **forno rotativo** é constituído de cilindros em chapa de aço, interiormente revestidos de refratários. É utilizado em indústria de cimento, cal e óxidos metálicos.

O forno é ligeiramente inclinado, e tem sua parte mais baixa voltada para a fonte de calor. O material é colocado pela parte mais elevada e pelo movimento rotativo do cilindro vai se deslocando em direção à parte mais quente (região de chama), onde é completado o cozimento ou calcinação. A marcha é regulada pela rotação do forno e a temperatura pela intensidade da chama.

O **forno túnel** apresenta uma construção semelhante a um túnel feito de material refratário ao longo do qual o material circula sobre vagonetes ou suspenso em cabos. É utilizado em indústrias de louça, azulejos, refratários e secagem de materiais pintados.

O sentido de deslocamento do material é feito na direção da zona de queima. Como ela está situada um pouco além do meio do forno, o material vai se aquecendo lentamente, até atingir a máxima temperatura, completando o cozimento.

A eficiência desse forno é bastante alta, quando comparada com os intermitentes, e aumenta em função do seu comprimento.

O **forno circular** é formado de uma série de câmaras justapostas, formando um circuito fechado.

É também conhecido como "HOFFMANN", e tem uma característica que o diferencia do forno túnel. Enquanto túnel, o material passa pela região de chama que é fixa, fornos "HOFFMANN", a carga permanece fixa e a zona de queima é que se desloca.

Os fornos circulares têm grande utilização na indústria cerâmica vermelha.

No **forno tanque**, a carga entra pela parte superior e parte inferior, fazendo o caminho inverso dos gases. O forno tanque tem larga utilização na indústria do vidro o nome indica, trata-se de um tanque no qual é colocada mistura para a fabricação do vidro.



no forno  
nos  
de  
de  
sai pela  
quentes.  
e como  
a

Outros fornos de funcionamento contínuo são utilizados no aquecimento de materiais os mais diversos, tais como na indústria de derivados de petróleo podendo ser denominados fornos de pirólise, de caixa, ou retortas conforme a configuração dos tubos da serpentina.

### **Estrutura dos fornos**

Os fornos são formados por uma estrutura metálica composta de vigas, cantoneiras e chapas de aço a fim de suportarem o seu peso e as dilatações provocadas pelas variações de temperaturas.

Alguns fornos, devido às condições de trabalho, exigem que certas partes do mesmo sejam mantidas arrefecidas.

Os fornos na siderurgia e metalurgia, quando possuem duas a três zonas de aquecimento, exigem um resfriamento contínuo com água nas vigas que sustentam a abóbada na zona superior de aquecimento.

### **Partes principais de um forno**

Um forno é composto de várias partes: abóbada, paredes laterais, soleiras, câmara de combustão, queimadores, portas de enformamento e desenformamento, canais de gases, chaminés, pré-aquecedor.

### **Abóbada**

A abóbada é a parte superior do forno projetada para garantir temperaturas uniformes e tiragem dos gases no topo do forno.

É constituída de material refratário que depende de temperatura a ser atingida pelo forno. Uma abóbada bem construída não deverá deixar espaços entre os tijolos, pois os espaços são fontes de perda de calor.

Há dois tipos de abóbada:

- Abóbada em arco,
- Abóbada plana suspensa.

### **Observação:**

Nos tetos em arco, conforme o arranjo dos tijolos, existe a desvantagem de que a queda de um tijolo, pode levar os demais a caírem também. Nesse tipo de teto, a troca de tijolos também é mais difícil.

### **Paredes laterais**

As paredes laterais constituem o apoio da abóbada e devem apresentar resistência mecânica adequada. Para isso, elas são construídas normalmente de uma camada de tijolos refratários, uma camada de material isolante e de uma chapa de proteção.

### **Observação:**

A temperatura da face externa da parede do forno deverá ser a menor possível, pois quanto maior for essa temperatura, maior será a perda de calor para o meio ambiente.

### **Soleiras**

Soleira é o piso do forno. Ela deve ser construída de chapas de aço sobre a qual são instalados tijolos ou massa refratária resistente ao calor e suficientemente resistente a choques, atritos, etc...

Para temperaturas de ordem de 1000 a 1250o C a soleira é feita de tijolos de magnesita.

### **Câmara de combustão**

Câmara de combustão é a caixa ou invólucro na qual será processada a queima do combustível, ou seja, é onde a combustão acontece. Deve ser dimensionada em função da capacidade de queima e temperaturas esperadas dos gases de combustão.

A câmara deverá ter um volume suficiente para queimar uma determinada quantidade máxima de combustível. A escolha do tipo de queimador deverá depender da chama que ele produz a fim de não tocar nas paredes e abóbadas. Se isso acontecer, o refratário que as constituem pode ser destruído, obrigando à parada do forno.

Um forno de qualquer tipo só poderá admitir uma determinada quantidade de combustível. Excedendo-se a quantidade adequada, não se terá queima completa dentro do forno e parte do combustível vai queimar fora do forno. Isso prejuízo ao meio ambiente pela presença de fumaça preta.

### Queimador

O queimador é um dispositivo usado para a queima de combustíveis em fornos, caldeiras secadores.

As funções do queimador são:

- Promover uma mistura íntima entre o combustível e o ar para combustão;
- Direcionar a mistura de forma atomizada e pulverizada na câmara de combustão;
- Promover a queima contínua e eficiente da mistura.

Os queimadores podem ser usados na combustão do gás e do óleo. Podem também ser do tipo combinado.

Os queimadores de gás dividem-se em dois tipos:

- Queimadores que misturam previamente uma parte ou o total do ar necessário à combustão com o gás no queimador;
- Queimadores que misturam no forno o ar e o gás, fora do conjunto do queimador.

O ar atmosférico é aspirado para o queimador pela ação de uma corrente de gás situada em um tubo "venturi". O ar que se mistura antes no queimador é chamado ar primário; e o ar restante de combustão, qualquer que seja sua procedência, é denominado ar secundário.

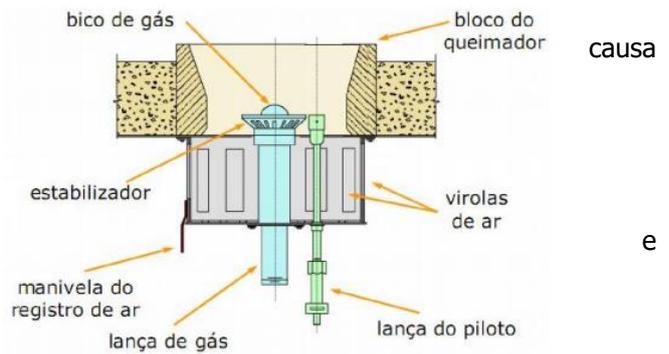
Quando a pressão do gás é baixa, deve-se estabelecer cuidadosamente a proporção no queimador, pois pode ocorrer que a pressão do jato de arraste não seja suficiente para deslocar grandes volumes de ar. A velocidade da mistura ar/gás deve ser também maior que a da combustão, caso contrário, haverá retrocesso de chama.

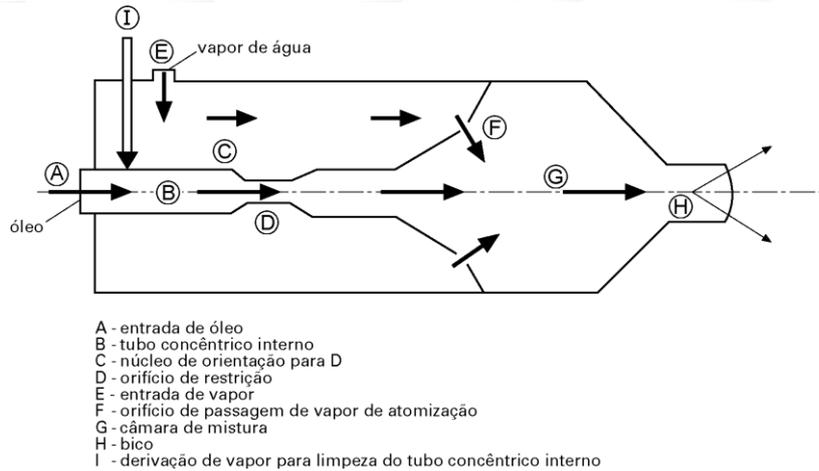
Os queimadores de óleo, além de garantir a mistura ar/combustível, têm a função de atomizar o combustível.

Isso pode ocorrer:

- Fragmentando-se a película de óleo combustível em gotículas por centrifugação;
- Forçando o óleo a passar por uma abertura de baixa pressão;
- Usando vapor ou ar a alta pressão para atomizar o óleo combustível.

Dos tipos conhecidos, os mais comuns são os de atomização com ar e vapor. Esses queimadores aceitam qualquer tipo de combustível líquido, desde que a viscosidade seja adequada ao tipo de queimador.





### Observação:

Combustíveis muito sujos freqüentemente entopem o bico do queimador. Isso requer uma troca mais constante dos queimadores para que se processe a limpeza.

O queimador combinado consiste na montagem de um queimador do tipo a gás com outro do tipo a óleo como se fosse uma só unidade.

Esse queimador permite flexibilizar o uso de um ou de outro combustível. Em um queimador combinado, o gás aspira ar primário. A mistura entre o gás e o ar flui ao longo da passagem entre o tubo do queimador a óleo e o cilindro a gás.

Quando a alimentação de óleo para o queimador é interrompida, deve-se manter um pequeno fluxo de vapor pelo queimador para evitar o superaquecimento do bico. Quando se queima gás no forno, deve-se colocar em todos os queimadores a óleo combustível uma pequena corrente de vapor de limpeza.

### Portas de enformamento e desenformamento

São as portas de entrada e de saída do material na câmara de combustão. Elas devem ter seu funcionamento sempre em ordem e sua vedação deve ser completa a fim de evitar frestas e perdas de calor.

### Canais de gases

Há fornos em que os gases quentes da combustão são conduzidos para a chaminé através de passagens denominadas canais de gases ou dutos de gases ou de fumaça.

Os dutos de gases podem ou não ser construídos de tijolos refratários e não devem possuir nenhum estrangulamento que impeça a passagem dos gases.

Devem ser vistoriados sistematicamente por ocasião das paradas para a localização de fendas e aberturas. Também deve ser feita a limpeza dos canais, para evitar problemas na tiragem de gases de combustão.

### Chaminés

As chaminés ajudam a tiragem dos fornos. Podem ser construídas chapas de aço ou de tijolos comuns. Porém, em qualquer um dos sua construção deve ser rigorosa, levando-se em conta a quantidade, a velocidade e a temperatura dos gases. Deve-se levar em conta a pressão atmosférica local e evitar-se fendas que possibilitem a entrada falsa de ar.



de  
casos,  
também

### Pré-aquecedor

Os pré-aquecedores são dispositivos utilizados para transferir o gases de combustão para pré-aquecer o ar para a combustão. intercalados no percurso dos gases para a chaminé

calor dos  
São

### Tiragem

Para haver combustão, é necessária uma corrente de ar alimentando os queimadores, e ao mesmo tempo retirando os gases da combustão. O fluxo desta corrente de ar é chamado de tiragem.

A tiragem natural é aquela em que a diferença de pressão gerada pela diferença de densidade entre os gases quentes e ar frio na entrada da fornalha provoca o escoamento natural dos gases de combustão para a chaminé.

A altura da chaminé e o controle do damper limitam a entrada de ar para a combustão.

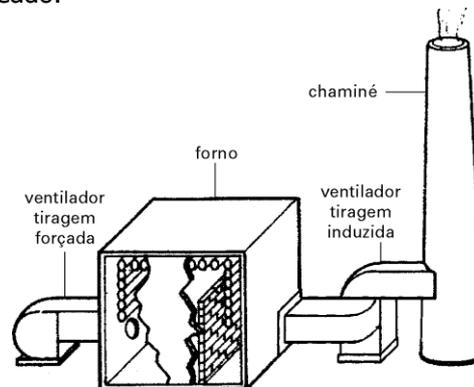
Chama-se tiragem forçada a injeção de ar na fornalha com a ajuda de ventiladores sopradores.

Equipamentos mecânicos são utilizados para promover o suprimento de ar, e a chaminé passa a ser apenas uma complementação, com a finalidade de jogar os gases para o alto, facilitando sua dissipação na atmosfera.

A dimensão do soprador é calculada em função da capacidade do forno ou da caldeira.

A tiragem induzida ocorre quando o ventilador-exaustor succiona os gases da combustão e os sopra para a chaminé.

A tiragem mista é aquela na qual o sistema possui um ventilador- soprador e um ventilador - exaustor formando um conjunto balanceado.



#### **Observação:**

Como seqüência de um ou de outro tipo de tiragem, pode-se ter pressão maior ou menor que a pressão atmosférica na fornalha. Tem-se então, dois tipos de fornalha, ou seja: de pressão positiva ou de pressão negativa.

#### **Operação do forno**

A operação de um forno prevê uma série de rotinas que devem ser estritamente seguidas não só para que se alcance a máxima eficiência no desempenho do equipamento, mas também por questões de segurança do operador e da planta na qual o equipamento está instalado.

As rotinas estão dentro das etapas de pré-partida, partida, operação e parada.

Assim, antes da partida, o forno deve ser cuidadosamente inspecionado e algumas operações preliminares devem ser executadas, tais como:

- Alinhamento e localização dos queimadores:
  - o operador deve se certificar de que os bicos dos queimadores estão colocados corretamente e de que todas as entradas de ar e abafadores vão operar livremente. Estando o forno em operação, os operadores devem estar aptos a fazer, com facilidade, os ajustes dos queimadores;
  
- Verificação dos instrumentos:
  - todos os controladores, indicadores, transmissores, alarmes devem ser verificados antes da partida do forno;
  
- Verificação da posição dos abafadores:
  - a posição de abertura e fechamento total dos abafadores de chaminé deve ser verificada visualmente e mapeada em campo;
  
- Verificação da vedação das aberturas existentes;
  
- Verificação dos tubos:
  - antes da partida, deve ser verificado se os tubos estão livres e desobstruídos.

Alguma água pode permanecer nos tubos após o teste hidrostático e corpos estranhos podem acumular-se. Ar comprimido pode ser injetado em pressão suficiente para assegurar vazão satisfatória de gás, antes da entrada do forno em operação;

- Limpeza das linhas dos queimadores:
  - todas as linhas dos queimadores devem ser cuidadosamente limpas com ar comprimido ou vapor. Isso é de particular importância para queimadores de óleo. Falhas na remoção de impurezas provocarão sérias dificuldades operacionais por longo período. Essas impurezas dificultarão a atomização, resultando chamas irregulares e gotejamento de óleo e coque. Constantes paradas podem ser necessárias, até que todo esse material estranho seja removido do sistema.
- Secagem dos refratários:
  - o refratário do forno deverá ser secado por um aquecimento brando, com chama baixa por um período predeterminado, dependendo das características do material refratário, das condições de aplicação ou do tipo de reparo executado em intervenção de manutenção.

### **Pré partida**

Após completados os itens de pré-partida, pode-se realizar a partida propriamente dita.

### **Partida**

A partida prevê uma série de etapas a saber:

- Alinhamento e circulação de produto  
O operador deve ter certeza de que existe circulação em todos os passes por meio da verificação dos indicadores do fluxo ou controladores. A distribuição de vazão entre os passes deve ser ajustada, o mais rigorosamente possível, dentro dos valores determinados em procedimentos, antes de acender os queimadores.
- Acendimento dos queimadores  
O acendimento dos queimadores deve ser feito manualmente, transferindo-se para o automático a partir da estabilização do processo de queima.
- Partida do gás  
Todo tipo de queimador a gás, com exceção apenas de fornos equipados com pilotos ou geradores de centelha, possuem normas de segurança para a partida, as quais devem ser seguidas rigorosamente e da seguinte forma:
  1. Verificar a válvula de gás e certificar-se de que está na posição fechada.
  2. Verificar todas as válvulas individuais dos queimadores, que deverão estar fechadas.
  3. Verificar os drenos de condensado e certificar-se de que tambores de decantação do sistema de gás foram drenados.
  4. Abrir totalmente as entradas de ar primário e secundário dos queimadores.
  5. Se o forno for equipado com abafador de chaminé, certificar-se de que ele está totalmente aberto.
  6. Purgar o forno com ar durante o tempo que for necessário a fim de garantir as condições de tiragem suficientes para a admissão do gás e início da combustão.
  7. Abrir a válvula principal do sistema de gás.
  8. Colocar a tocha de forma que a chama fique sobre o queimador, ou dar partida com a utilização do ignitor.
- Partida com óleo  
O procedimento para partida com óleo deve ser: 1. Preparar uma tocha com material adequado, ou verificar o funcionamento do ignitor para fornos que possuam este dispositivo.
  2. Ajustar abafadores e sopradores, se existirem, a fim de manter fluxo de ar através do forno. Verificar medidores de tiragem do forno.

3. Fechar todas as válvulas individuais de vapor e óleo dos queimadores.
  4. Fazer circular óleo através do anel, até que sua temperatura deste seja a temperatura normal de queima.
  5. Purgar o forno com ar ou vapor para garantir a exaustão dos gases existentes.
  6. Abrir a alimentação de vapor para o anel e drenar o condensado da linha.
  7. Abrir a válvula de vapor para o queimador liberando o condensado da linha. Em seguida, regular a abertura da válvula em forma de um pequeno jato de vapor para o queimador.
  8. No caso de acendimento com tocha, colocá-la defronte ao queimador de forma que a chama desta esteja próxima do jato de vapor. Se possível, manter a tocha abaixo do bico do queimador. Verificar se a tocha se mantém acesa.
  9. Regular um pequeno fluxo de ar para o queimador. O controlador de ar primário, caso exista, deverá ser apenas parcialmente aberto. No caso de acendimento com piloto, efetuar a ignição.
  10. Abrir a válvula de óleo e assim que a vazão se iniciar, manter a abertura da válvula para a posição de chama baixa.
- Precaução:** se o óleo espirrou no forno, mas não queimou, feche a válvula e não acenda imediatamente. Retomar o processo de partida desde o início, com purga da fornalha.
11. Regular vapor, óleo e ar para uma queima normal, a fim de obter um aquecimento do bloco do queimador.
  12. Usar o mesmo procedimento para os outros queimadores.

### Operação normal

Durante o processo de partida e de elevação da carga do forno até a carga nominal, é necessário adotar procedimentos adequados para evitar danos ao equipamento.

Assim, o operador deverá ajustar os queimadores de modo que a elevação da carga do forno ocorra conforme procedimento recomendado pelo fabricante.

Quando o forno estiver com pressão, temperatura e vazões próximos aos valores nominais, transferir o controle para automático.

Quando se tratar de um equipamento novo, o forno deve ser mantido sob controle manual até que o controle automático esteja completamente ajustado. Entretanto, quando ocorrer uma partida de rotina, a mudança de controle manual para automático pode se processar assim que as temperaturas se aproximem da temperatura exigida pelo processo, ou conforme manual de procedimentos da empresa.

### Regulagem e controle durante a operação

Fazem parte da rotina normal do operador algumas atividades, a saber:

- Manter a carga do forno, acompanhando e anotando os parâmetros de controle (temperaturas, vazões, pressões, etc.).
- Verificar periodicamente o estado dos queimadores (chama, entupimento, apagamento, etc.).
- Ajustar a tiragem do forno atuando nas virolas de ar e damper.
- Monitorar continuamente a temperatura dos gases da chaminé, para melhorar o rendimento do forno.
- Analisar periodicamente o combustível utilizado na queima.
- Fazer inspeção visual periódica no forno, identificando a existência de: pontos de superaquecimento, vazamentos de gás de combustão ou de produto, falhas de instrumentos, deformações, quedas de refratários, etc.
- Os queimadores devem ser desmontados e limpos em todas as paradas para manutenção, com verificação geral de orifícios, juntas e válvulas.
- Nas paradas ou saídas de operação, as partes do circuito de óleo dos queimadores devem ser retiradas e guardadas de preferência mergulhadas em óleo diesel ou querosene.
- A dimensão do orifício de saída de óleo deve ser observada periodicamente. As buchas ou bicos com orifícios ovalizados ou diâmetros irregulares devem ser trocados.

### Observação:

O queimador foi projetado para operar com diâmetro de orifício original; fora dessa condição, haverá desperdício de combustível, respingos na fornalha e dificuldade de ajuste de chama.

- A operação deve manter limpos os instrumentos de controle e o local de trabalho. Instrumentos limpos e em bom funcionamento permitem melhores condições de operação e economia.
- As indicações de posição das válvulas devem ser de fácil observação, de maneira a se ter a indicação visual do consumo de combustível.
- Quando os queimadores de um forno trabalham com as mesmas condições de operação, a regulagem geral de ar e combustível pode ser feita nas válvulas principais, ficando as válvulas individuais abertas. Com isso, obtém-se melhores condições de controle sobre o equipamento.
- A quantidade de ar necessário pode ser verificada pelas condições de: chama, atmosfera, fornalha e fumaça, pela análise das porcentagens de O<sub>2</sub>, CO e CO<sub>2</sub> nos gases da combustão.
- A regulagem de tiragem de chaminé deve ser acionada todas as vezes que houver mudanças da qualidade e quantidade de combustível, de maneira a manter-se uma sobrepressão no forno em um ponto ótimo de controle.
- Uma vez ajustada à melhor condição de queima, é importante variar o mínimo possível na relação estabelecida entre ar/combustível.
- Muitas vezes, o ruído do queimador é característica da operação deficiente.
- Observar as temperaturas de trabalho especificadas, anotá-las no relatório de operação do forno e relatar qualquer anormalidade durante os trabalhos.
- O tempo de aquecimento deve ser o mínimo necessário para alcançar a temperatura de trabalho do forno.
- Para manter a temperatura adequada, não é necessário queimar tanto combustível como durante o período de aquecimento.
- O forno jamais deverá permanecer em temperaturas elevadas durante grandes intervalos de carga ou em qualquer anomalia da planta, porque isso representa perda de combustível, e pode prejudicar as condições dos materiais de sua estrutura.
- Outro fator importante visando à economia, é o bom funcionamento das portas; essas devem fechar completamente e com facilidade, evitando as infiltrações de ar: para a combustão, deve entrar somente o ar estritamente necessário. Toda fresta deve ser suprimida.

#### **Observação:**

Em fornos para tratamento térmico, o excesso de ar provocará oxidação (formação de carepa) no material que está sendo aquecido.

- A chama deve manter-se dentro do forno. Chama fora do forno é indício de combustão mal-controlada.

#### **Observações:**

- Alguns dias antes de uma parada, os operadores devem anotar problemas em componentes que necessitam de manutenção, expor dificuldades de operação, anotar defeitos prováveis dos equipamentos, bem como anotar sugestões de melhoria.
- operador, deve sempre ser informado sobre os resultados obtidos com o programa de economia.

### **Parada do forno**

O procedimento de parada do forno varia com o tipo de forno e a razão da parada. Fornos de alta temperatura ou unidades operando acima da carga nominal devem ser parados mais vagarosamente do que unidades-padrão operando nas condições de projeto. As seguintes regras servem como um guia geral:

#### **Parada normal**

Uma parada normal, deve-se diminuir gradativamente a intensidade da fonte de calor, em uma taxa recomendada pelo procedimento interno da empresa ou pelo fabricante do forno.

Deve-se reduzir a carga do forno, substituindo a alimentação do produto por uma substância (vapor ou água) que mantenha a circulação dentro dos tubos para garantir sua refrigeração. Continua-se a purga com vapor até que a temperatura de saída caia a um valor igual à temperatura do vapor que está sendo alimentado.

### **Controle do combustível e do ar para a combustão**

Na maioria dos fornos, a temperatura de saída do produto aquecido é o ponto de controle. Para manter essa temperatura em um valor pré-estabelecido, controla-se automaticamente a quantidade de combustível a ser queimado.

#### **Observação:**

Excesso de ar de combustão é a causa de maior rendimento, portanto usa-se um excesso de ar na faixa de 15 a 20%.

### **Controle do ar de combustão**

Na maioria dos fornos existem 3 pontos de controle de ar combustão:

1. Entrada de ar primário dos queimadores: são os elementos de controle básico de ar de combustão que vai ao forno, especialmente quando se queima gás.
2. Entrada de ar secundário: controla a quantidade de ar para o forno, o que pode ser feito por virolas ou dampers. Quando há excesso de ar de combustão, normalmente diminui-se o ar secundário.
3. Damper: é o que controla a saída dos gases. Este abafador que está na chaminé, é ajustado de modo que fique quase fechado, diminuindo, assim, a passagem dos gases quentes, o que elevará a temperatura interna dos fornos, melhorando sua eficiência.

### **Condições ideais de chama**

Quanto à coloração da chama, esta pode ser:

- Azul com traços de amarelo para queima de gás;
- Amarela limpa (alaranjada para queima de óleo).

Uma chama com manchas escuras pode caracterizar uma deficiência de combustão. Isso indica a necessidade de melhorar as condições da relação ar/combustível, sempre acompanhando através da chaminé.

Ao realizar a verificação através do visor de chama, deve-se avaliar:

- Se o formato da chama está uniforme e não pulsante;
- Se a chama está muito afastada do bico do queimador: isso pode ser indício de alta pressão do óleo/fluido de atomização;
- Se a chama está "colada" no bico do queimador: isso pode indicar baixa pressão do óleo/fluido de atomização;
- Se a chama está incidindo diretamente nos tubos;
- Se a chama está soltando fagulhas, que caracterizam má atomização.

Após essa avaliação, o operador deverá tomar as medidas necessárias para o devido ajuste da chama nas condições ideais.

### **Cuidados com os queimadores**

O rendimento de um forno depende das boas condições da chama. Por isso, uma rotina de limpeza dos queimadores é fundamental. Os queimadores devem ser limpos periodicamente de acordo com as recomendações do fabricante ou do procedimento interno da empresa, independente do combustível utilizado.

A superfície interna dos queimadores deve ser limpa com escova de latão e/ou solvente, por se tratar de superfície que deve ser mantida isenta de rugosidades.

### **Sopradores de fuligem**

Durante a operação de um forno, verificam-se depósitos de resíduos sólidos (fuligem, que é a resultante da queima do combustível) nos tubos.

O acúmulo de fuligem em locais onde a velocidade dos gases é baixa e a passagem é estreita, pode obstruir o fluxo dos gases de combustão, diminuindo a área de troca térmica e causando deposição nos tubos.

Tudo isso diminui o rendimento do forno, aumentando consideravelmente o consumo de combustível. Os sopradores de fuligem são equipamentos destinados à eliminação desses resíduos, através de descarga de jatos de vapor a alta velocidade nos tubos do forno ou da caldeira.

Esta operação deve ser periódica, principalmente quando se usa óleo combustível, e essa periodicidade dependerá do tipo de combustível utilizado em cada empresa.

O elemento soprador é constituído de um tubo perfurado, ligado a uma rede de vapor.

Uma turbina acionada a ar comprimido (mais comumente utilizada), ou motor elétrico, provocam uma lenta rotação neste tubo.

O vapor que escapa em alta velocidade pelos furos, varre uma área do feixe tubular, removendo esses depósitos.

Durante a operação de sopragem, os abafadores (dampers) devem estar totalmente abertos. Isso facilita o arraste da sujeira juntamente com os gases para a atmosfera.

### **Cuidados com o vapor**

A linha de alimentação dos sopradores deverá ser independente e pode ter um tambor de acúmulo de condensado, onde toda água será drenada. Assim obteremos um vapor o mais seco possível, e à máxima pressão.

A drenagem de água da linha de vapor é de suma importância, pois evita seu arraste pelo vapor durante a sopragem, o que provocaria trincas por contração e expansões rápidas, bem como erosão, tanto no soprador como nos tubos de forno.

### **Operações com sopradores de fuligem**

- a. Drenar todo condensado da linha antes de abrir a válvula de vapor.
- b. Alinhar lentamente o vapor, promovendo o aquecimento do equipamento, até abertura total quando então será colocado em operação.
- c. Acionar o ramonador e abrir totalmente o damper.
- d. Após a ramonagem, recuar o equipamento e bloquear a válvula de vapor.
- e. Drenar condensado.
- f. Retornar o damper à posição anterior ou à mais adequada à situação de operação.

### **Observações:**

- Quando em operação, o ramonador emitirá um ruído característico, produzido por um dispositivo na linha de vapor, após a válvula de admissão.
- Quando fora de operação, os ramonadores deverão permanecer em posição que facilite o escoamento e eliminação do condensado que possivelmente se forme na tubulação.
- A remoção de fuligem em situação de rotina com o uso de sopradores deve ser executada em horário previamente combinado com o órgão de controle do meio ambiente. Quando se tratar de situação de emergência operacional, essa informação deve ser passada à supervisão.

### **Aspectos de segurança**

As situações de emergência envolvendo fornos oferecem os mais variados riscos. Dentre eles, podem ser destacados:

- Falta de chama nos queimadores;
- Retrocesso de chama;

- Temperatura muito elevada no processo;
- Rompimento de um tubo;
- Deformação de um tubo;
- Superaquecimento de chaparia;

A falta de chama nos queimadores pode ocorrer por diversas causas, dentre elas:

- Variação de pressão de combustível;
- Pressão alta do fluido de atomização;
- Temperatura baixa do óleo combustível;
- Falhas do sistema de alimentação de combustível (falta de energia, problemas mecânicos na bomba);
- Falhas de instrumentação (ex: falha de fotocélula).

Para essas ocorrências, caso o forno possua um único queimador, o sistema de proteção atuará no sentido de cortar a alimentação de combustível para o forno, cabendo ao operador fazer uma avaliação do problema, identificar a causa e tentar solucioná-la se possível. Caso contrário, deve acionar o órgão especializado de manutenção.

Para os fornos com mais de um queimador, dependendo do número de queimadores apagados e de sua localização física em relação aos passes de transferência de calor poderá haver riscos ao processo (entupimento, deformação de serpentina, perda de temperatura).

Da mesma maneira, a intervenção do operador deverá ser no sentido de solucionar o problema e caso não seja possível, acionar o órgão especializado de manutenção.

O retrocesso de chama é uma ocorrência comum em queimadores nos quais a velocidade de propagação da chama é maior que a velocidade de admissão de combustível no queimador. Isso ocorre principalmente em processos de partida do forno.

Para solucionar tal problema, deve-se manter sempre ajustadas as pressões de ar e combustível no queimador.

A temperatura elevada no processo poderá ocorrer pelos seguintes motivos:

- Descontrole operacional;
- Falha de indicação de instrumentos;
- Falha nos controladores e atuadores;
- Defeitos na regulagem dos parâmetros de controle.

Para esse caso, se o forno não possuir sistema de proteção, ou se o sistema não atuar, o operador deverá intervir manualmente na parada do forno, desde que autorizado pela supervisão, preservando o equipamento e a continuidade do processo.

A seguir, deverá recorrer ao órgão especializado de manutenção para auxiliar na identificação das causas do problema.

Caso ocorra um rompimento de um tubo de serpentina de um forno, devem ser tomadas as medidas de parada de emergência de acordo com o procedimento interno da empresa.

No caso de ocorrer uma deformação de um tubo por superaquecimento, deverá ser reduzida a carga do forno e acionado o órgão de inspeção para avaliação.

Os pontos de superaquecimento de chaparia podem ser causados por trincas ou queda da parede refratária do forno. A atuação deverá ser no sentido de redução da carga, ou parada do forno para possibilitar a intervenção de manutenção.

### **Cuidados na operação de fornos**

Durante a operação, os seguintes cuidados devem ser observados no sentido de evitar acidentes que venham a afetar a integridade do operador e a seqüência de operação:

- operador deve trabalhar munido de luvas apropriadas para manusear queimadores, válvulas e outras peças sujeitas a altas temperaturas e utilizar óculos de segurança, além dos EPI's recomendados em sua empresa.

- A permanência do homem em ambientes de altas temperaturas provoca uma grande perda de água e sais. Por essa razão, deve-se recompensar essas perdas permitindo que o operador tenha acesso a líquidos que garantam a reposição dessas perdas.
- Os extintores de incêndio devem estar sempre próximos às instalações de óleo. O operador deve ser treinado no seu manuseio.
- Nos casos de curto-circuito, o eletricitista deve ser imediatamente chamado.
- Observar cuidadosamente as manobras de abertura e fechamento das válvulas de entrada de combustível no forno.
- Nos casos de fornos com refrigeração, a água deve sair quente das partes refrigeradas e nunca sob forma de vapor.
- Verificar os indicadores de níveis de óleo dos depósitos, a fim de evitar a tempo vazamentos de óleo que, além de acarretar desperdícios de combustível, poderão provocar incêndios.
- Os operadores devem conhecer plenamente o funcionamento das chaves de comando dos ventiladores, bombas, aquecedores, a fim de não provocar acidentes.

### **Registro diário das operações**

O registro das operações do forno deve ser feito em um livro ou folha apropriada, onde serão anotadas as principais ocorrências relativas à operação do forno. Essas anotações devem ser minuciosas e conter todas as explicações e motivos das trocas de: queimadores, combustível, ventiladores, etc. Também deverão constar do diário as leituras dos instrumentos de controle e medição (se existirem) da vazão de combustível.

### **Observação:**

Os trabalhos que exigirem parada do forno para serem executados, deverão constar do relatório e deverão ser programados para as próximas paradas.

### **Impacto ambiental**

A fumaça expelida pelas chaminés é constituída pela união de diversas substâncias, algumas com características poluentes. Ela é formada por fumos e fuligem.

Os principais gases que constituem os fumos são:

- Gás carbônico (CO<sub>2</sub>);
- Dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>);
- Nitrogênio (N<sub>2</sub>);
- Óxido de nitrogênio (NO<sub>x</sub>);
- Monóxido de carbono (CO);
- Oxigênio (O<sub>2</sub>);
- Vapor de água (H<sub>2</sub>O).

Dos gases citados, os mais prejudiciais ao meio ambiente são:

- O gás carbônico (CO<sub>2</sub>) que provoca o "efeito estufa";
- O dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>) e o óxido de nitrogênio (NO<sub>x</sub>) em contato com a umidade do ar formam a chuva ácida;
- Monóxido de carbono (CO) é um elemento altamente poluente.

A fuligem é constituída por materiais particulados e combustível que não são queimados e são lançados no ar, prejudicando as condições atmosféricas.

Algumas empresas e órgãos de proteção ambiental estão desenvolvendo técnicas para o controle e redução da emissão desses poluentes, como por exemplo:

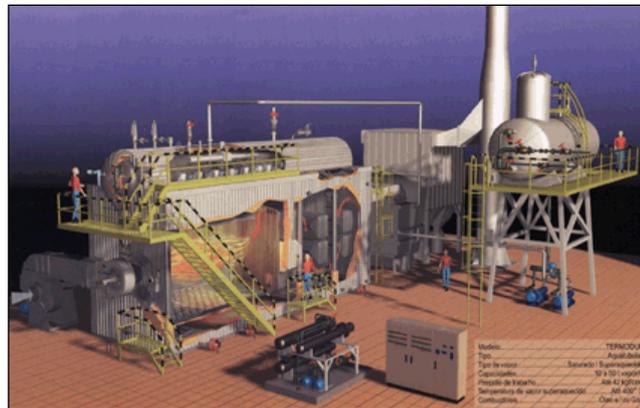
- Lavagem de gases;
- Aditivos químicos para melhorar a queima do combustível;
- Novas tecnologias para queimadores e dispositivos de remoção de fuligem;

- Novas tecnologias de monitoração da combustão (analisadores contínuos, opacímetros, viscosímetros de óleo, etc.).

## Caldeiras

### Introdução

Uma caldeira é composta de dois sistemas básicos separados. Um é o sistema vapor-água, também chamado de lado de água da caldeira e o outro é o sistema combustível-ar-gás da combustão, também chamado de lado de fogo da caldeira.

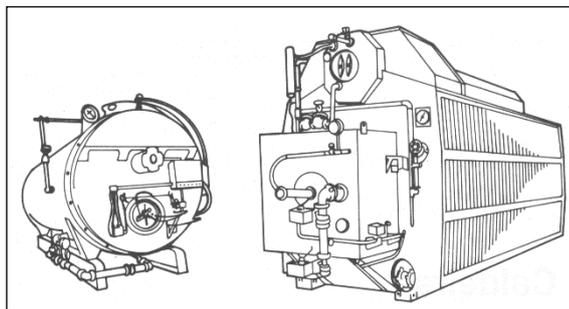


*Vista geral de uma caldeira*

A entrada do sistema vapor-água ou lado de água da caldeira é a água. Esta água que recebe o calor através de uma barreira de metal sólido é aquecida e convertida em vapor. As entradas do sistema de combustível e o ar de combustão necessário à queima deste combustível. Neste sistema, o combustível e o ar de combustão são completamente a curiosidade misturados, sendo em seguida queimados na câmara de combustão. A combustão converte a energia química do combustível em energia térmica, ou seja, calor. Este calor é transferido para o sistema vapor-água, para geração de vapor.

### Classificação das Caldeiras

Basicamente existem dois tipos de caldeiras: a fogotubular e a aquatubular.



*Vista externa típica destes dois tipos de caldeiras*

Mas podemos classifica-las de acordo com as seguintes características:

- Tipos de tubos;
- Forma e posição dos tubos;
- Aquecimento;
- Tipo de fornalha.

A melhor classificação que podemos fazer é a seguinte:

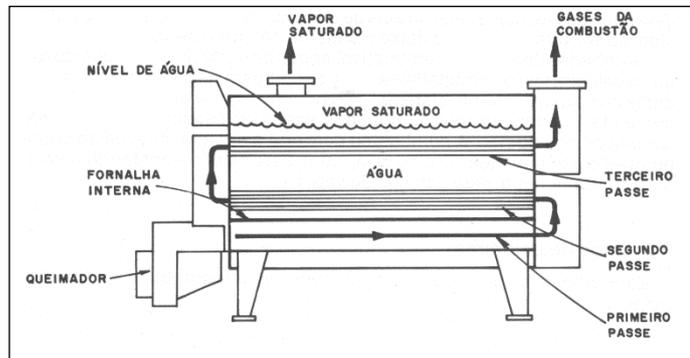
### Caldeiras de Tubo de Fogo - Fogotubular

Foi o primeiro e mais simples tipo de caldeira construído e mesmo com o aparecimento de caldeiras modernas, ainda continua em uso.

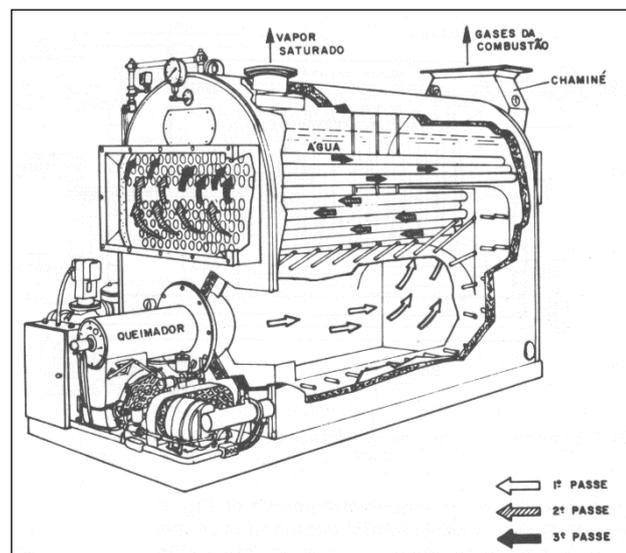
Neste tipo de caldeira, os gases quentes da combustão passam por dentro e a água da caldeira passa por fora dos tubos, ou seja, o lado de fogo fica por dentro e o lado de água fica por fora dos tubos.

O vapor gerado pelo calor é transferido dos gases quentes da combustão, através das paredes metálicas dos tubos, para a água que fica circulando estes tubos.

À medida que os gases da combustão fluem através dos tubos, são resfriados pela transferência de calor para a água, portanto quanto maior o resfriamento dos gases, maior quantidade transferida de calor. O resfriamento dos gases da combustão é função da condutividade dos tubos, da diferença de temperatura entre os gases e a água da caldeira, da área de transferência de calor, do tempo de contato entre os gases e a superfície dos tubos da caldeira.



*Esquema básico de funcionamento de uma caldeira fogotubular (três passes)*

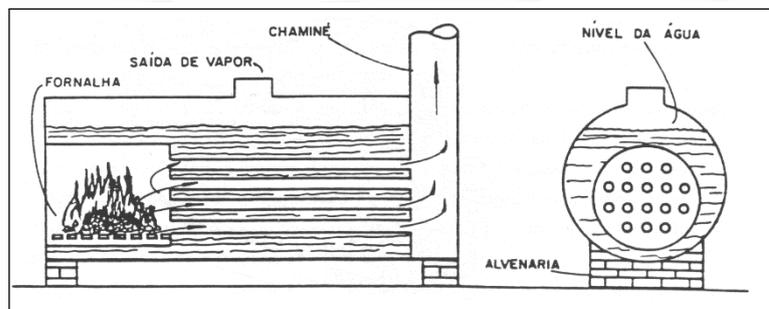


*Caldeira fogotubular típica*

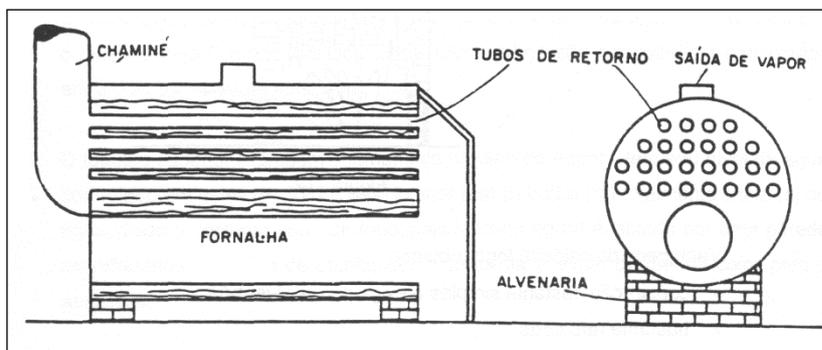
As caldeiras fogotubulares são simples e muito utilizadas, mas por problemas construtivos e de competitividade econômica, suas aplicações são restritas às pequenas ou médias vazões de vapor (até 10 t/h), pressões de trabalho não superiores a 10 kgf/cm<sup>2</sup> (150 psi) e somente vapor saturado.

### **Caldeiras de Tubo de Fogo Horizontal**

É uma caldeira com tubos de fogo e de retorno no qual os gases desprendidos durante a combustão circulam por tubos que aquecem a água e saem pela chaminé.

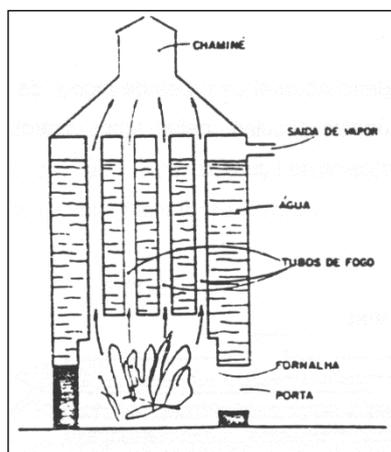


Uma caldeira na qual os tubos de fogo e de retorno são conjugados sendo que os gases quentes circulam pelos tubos diretos e voltam pelos tubos de retorno.



### Caldeiras Tubo de Fogo Vertical

Nesse tipo de caldeira os tubos são colocados verticalmente dentro do cilindro e a fornalha interna fica no corpo do cilindro. É usada em local de pequeno espaço e baixa vazão de vapor. Os gases resultantes da queima na fornalha sobem pelos tubos e aquecem a água que os envolve.



### Vantagens da caldeira fogo tubular:

- Construção bastante simples e exige pouca alvenaria;
- Bastante reforçada;
- Baixo custo;
- Facilidade de manutenção.

### Desvantagens da caldeira fogo tubular:

- Baixo rendimento;
- Partida lenta devido a grande quantidade de água;
- Pressão limitada, até aproximadamente 15,5 kgf/cm<sup>2</sup>;

Pequena taxa de vaporização ( $\text{kg vapor/m}^2 \times \text{h}$ );  
Fogo e gases têm contato direto com a chaparia provocando maior desgaste;  
Apresentam dificuldades para instalação de economizador, superaquecedor e pré-aquecedores.

### **Caldeiras de Tubos de Água - Aquatubulares**

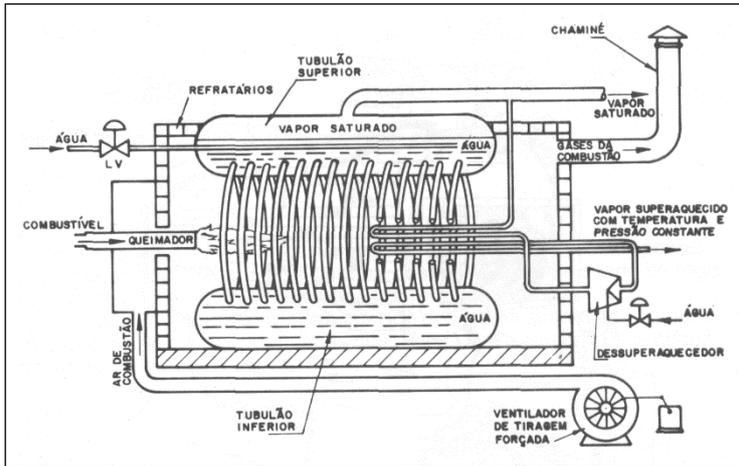
A crescente industrialização e a criação de novos métodos industriais exigiram caldeiras de maior rendimento e menos consumo e rapidez na entrada em regime.

Baseados nos princípios da termodinâmica e nas experiências com os tipos de caldeiras existentes, os fabricantes resolveram inverter o processo de passagem de fluido. Trocaram os tubos de fogo por tubos de água, aumentando em muito a superfície de aquecimento. Com isso a água passa por dentro e os gases quentes da combustão passam por fora dos tubos, ou seja, o lado de água fica por dentro e o lado de fogo fica por fora dos tubos. Estes tubos são normalmente conectados entre dois ou mais tubulões cilíndricos.

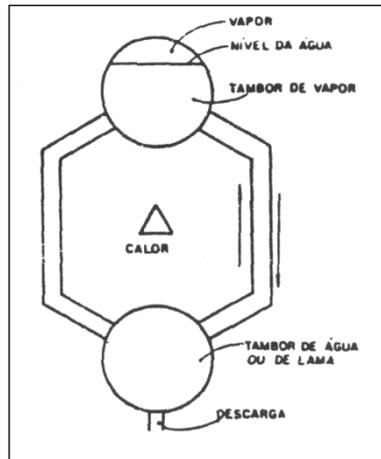
O tubulão superior (também chamado de tubulão de vapor) tem seu nível de água controlado em cerca de 50% e o(s) inferior(es) trabalha(m) totalmente cheio(s) de água. Todo o conjunto (lado de fogo mais lado de água) é isolado por uma parede de refratários (câmara de combustão), de forma evitar perdas de calor para o ambiente.



O aquecimento dos tubos e da água existente dentro destes tubos é feito com o calor gerado pela queima do combustível com o ar de combustão no(s) queimador(es); este calor é transferido pelos gases da combustão existentes fora dos tubos.

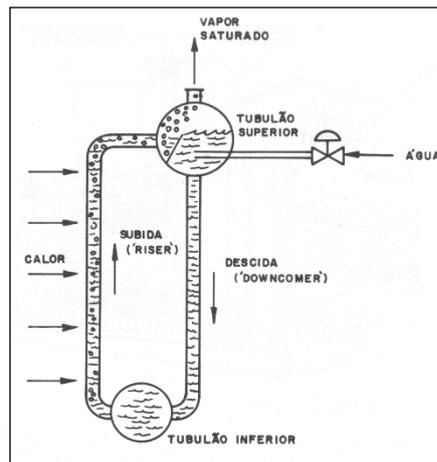


Quando um líquido é aquecido, as primeiras partes aquecidas ficam mais leves e sobem, enquanto as partes frias que são mais pesadas descem. Recebendo calor, elas tornam a subir, formando assim, um movimento contínuo, até que a água entre em ebulição.



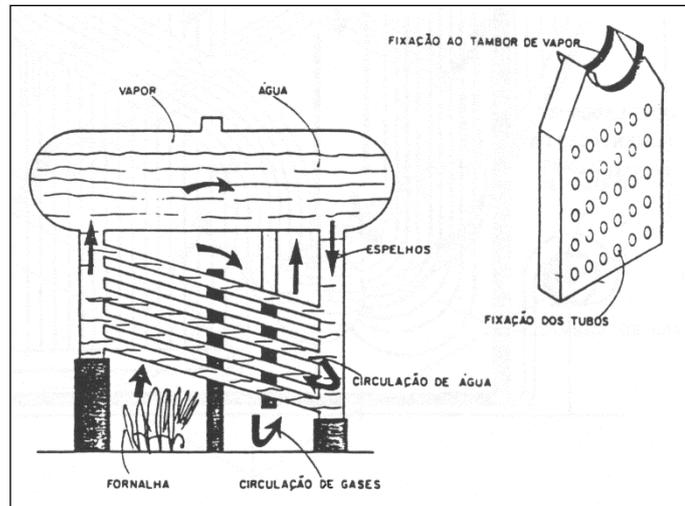
Notamos que a água é vaporizada nos tubos que constituem a parede mais interna, recebendo-se calor; vaporiza-se e sobe até o tambor superior dando lugar à nova quantidade de água fria que será vaporizada e assim sucessivamente.

Com o aquecimento a água circula resfriando os tubos, aquecendo-se e liberando vapor, adiciona-se água no tubulão superior através da LV, localizada na entrada do tubo distribuidor. A água fria adicionada no tubulão superior desce (através dos tubos de descida – downcomers) para o tubulão superior, devido à diferença de densidade (efeito termossifão).



### Caldeira Aquatubular de Tubo Reto

Consiste de um feixe de tubos retos e paralelos que se interligam com o tambor de vapor, através de camadas.

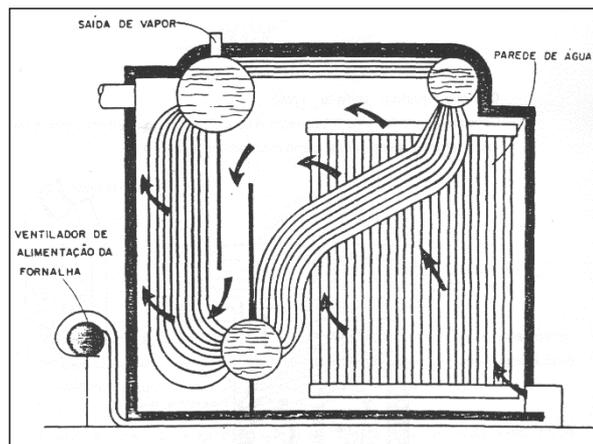


Observação:

Essas foram as primeiras caldeiras aquatubulares de tubos retos projetadas com capacidade de 3 a 30 toneladas de vapor/hora com pressões de até 40 kgf/cm<sup>2</sup>.

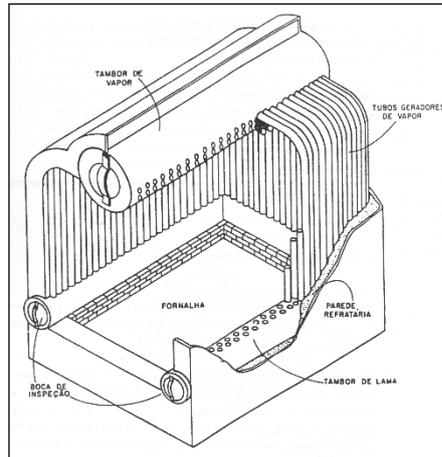
### Caldeira Aquatubular de Tubo Curvo e Parede de Água

Esse tipo apresenta os tubos curvos que se unem aos tambores por solda ou mandrilagem, o que proporciona grande economia na fabricação e facilidade de manutenção.



### Caldeira Aquatubular Compacta

Como o próprio nome diz, o equipamento é montado em um único conjunto e pode entrar em funcionamento imediato.



#### **Vantagens da caldeira aquatubular:**

Os tubos retos são de fácil substituição;  
A limpeza e inspeção são facilitadas;

#### **Desvantagens da caldeira aquatubular de tubo reto:**

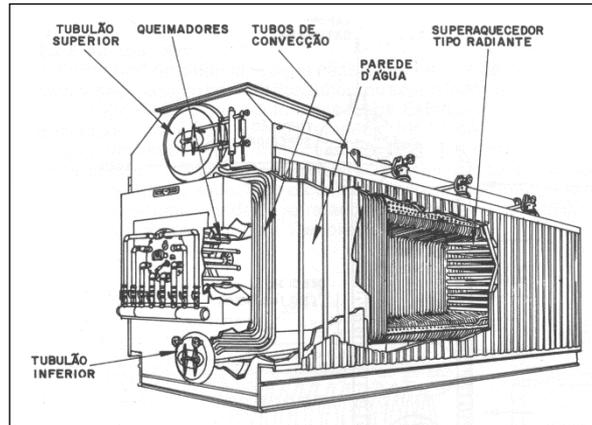
Precisa de dupla tampa para os tubos (espelho);  
A taxa de vaporização é muito pequena.

#### **Vantagens da caldeira aquatubular de tubos curvos:**

Economia na construção, conseqüentemente menor custo;  
Fácil limpeza e manutenção;  
Grande produção de vapor;  
Dimensões reduzidas;  
Redução de temperatura na câmara de combustão com maior aproveitamento do calor;  
Não necessita de refratários de alta qualidade;  
Rápida entrada em regime;  
Fácil inspeção em todos os seus componentes.

#### **Vantagens da caldeira aquatubular compacta:**

Por ser idêntica a caldeira aquatubular de tubos curvos, apresenta as vantagens da mesma, além de grande redução no tamanho e condições de entrar em regime, rapidamente.  
O vapor gerado no tubulão superior é saturado; caso se queira vapor com temperatura acima de sua temperatura de saturação, deve-se gerar vapor superaquecido. O vapor superaquecido é obtido com a instalação de superaquecedores. Os superaquecedores são constituídos por feixes de tubos em forma de serpentina, sendo classificados (quanto à transferência de calor) como de radiação ou de convecção. A utilização de vapor superaquecido aumenta a disponibilidade de energia e também permite aumentar o rendimento das turbinas em função do maior salto entálpico disponível.  
Caso a caldeira gere vapor superaquecido, deverá ser instalado um sistema de dessuperaquecimento, pois a relação pressão x temperatura só vale para vapor saturado.  
No caso de vapor superaquecido a temperatura final do vapor será em função da pressão do vapor, do excesso de ar, da temperatura e do volume dos gases aos quais o superaquecimento está submetido. A maioria dos dessuperaquecedores industriais opera através de edição de água atomizada no vapor superaquecido, a adição de água atomizada resfria o vapor superaquecido.

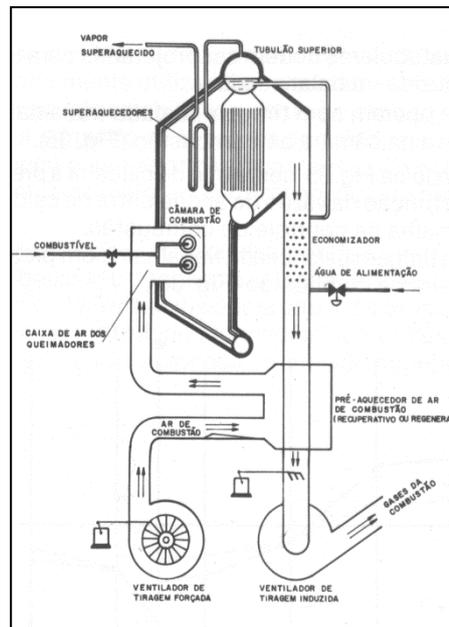


*Caldeira aquatubular compacta típica com dois tubulões (caldeira tipo O) e superaquecedor tipo radiante.*

Como a transferência de calor do lado de fogo para o lado de água da caldeira depende da diferença de temperatura entre esses dois sistemas, em uma caldeira simples (sem acessórios de aproveitamento de calor), os gases da combustão somente poderão ser resfriados para uma temperatura pouco acima da temperatura do sistema vapor-água da caldeira.

Se desejar-se reduzir as perdas de calor nos gases da combustão deve-se adicionar acessórios de aproveitamento de calor. O economizador e o pré-aquecedor de ar são formas usuais de aproveitamento de calor da caldeira.

No economizador os gases da combustão têm contato com a superfície de transferência de calor na forma de tubos d'água, através dos quais flui a água de alimentação. Como os gases da combustão estão em temperaturas mais altas do que da água, o gás é resfriado e a água aquecida.



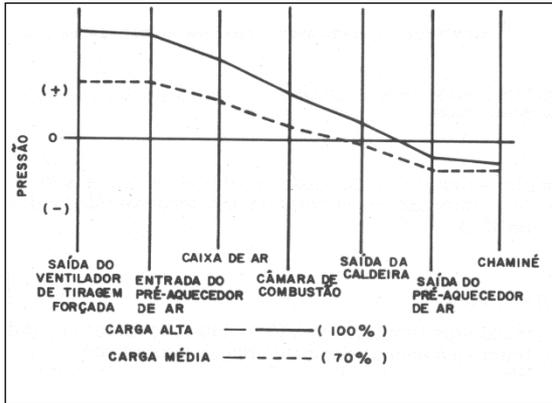
Os gases da combustão, após passarem pelo economizador, passam pelo pré-aquecedor de ar, visando pré-aquecer o ar de combustão. O calor flui através da superfície de transferência de calor do pré-aquecedor, aquecendo o ar e resfriando os gases da combustão.

O pré-aquecedor de ar pode ser do tipo recuperativo ou regenerativo (dependendo do seu princípio de funcionamento). No pré-aquecedor recuperativo, o calor proveniente dos gases da combustão é transferido para o ar de combustão, através de uma superfície metálica (pré-aquecedor tubular). No pré-aquecedor regenerativo, o calor proveniente dos gases da combustão é transferido indiretamente para o de combustão, através de um elemento de armazenagem por onde passam o ar e os gases alternadamente.

As caldeiras aquatubulares podem ser projetadas para trabalhar com tiragem forçada, induzida ou balanceada.

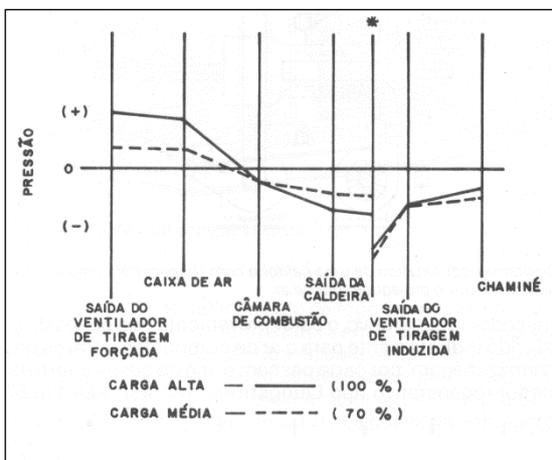
As caldeiras que operam com tiragem forçada trabalham com pressão ligeiramente positiva na câmara de combustão.

Neste tipo de caldeira a pressão na câmara de combustão será função da vazão de ar que entra na caldeira.



*Tiragem forçada*

As caldeiras com tiragem balanceada, trabalham com pressão ligeiramente negativa na câmara de combustão.



*Tiragem balanceada*

Neste tipo de caldeira a pressão na câmara de combustão é controlada atuando-se no damper do ventilador de tiragem induzida.

### Generalidades

Como as caldeiras fogotubulares têm utilização restrita na indústria, veremos então mais detalhes das caldeiras aquatubulares.

Nas caldeiras aquatubulares, as duas variáveis mais importantes a serem controladas são: pressão de vapor e nível do tubulão.

A pressão de vapor deve ser mantida numa faixa de variação estreita, pois este vapor é normalmente utilizado em equipamentos complexos e que devem operar com grande estabilidade, como é o caso das turbinas. Esta pressão é controlada, variando-se as vazões de combustível e de ar de combustão, injetados no(s) queimador(es). Quanto maior a vazão de combustível, maior a troca de calor, maior a vaporização.

O nível também deve ser controlado numa faixa estreita, pois tanto o nível alto como o nível baixo são danosos à caldeira – o nível alto acarretará arraste de água no vapor e o nível baixo poderá deixar os tubos sem água, levando-os à fusão. O nível é controlado atuando-se na LV que regula a quantidade de água de alimentação adicionada ao tubulão superior.

## **Combustão**

### **Generalidades**

Os combustíveis podem ser, genericamente, classificados como gasosos, líquidos ou sólidos.

Para que se tenha uma queima adequada, deverá haver um manuseio cuidadoso do combustível. A forma de manusear o combustível irá variar, principalmente, em função do estado físico deste combustível, ou seja, carbono e hidrogênio.

Para efeito de controle de combustão, um combustível sólido finalmente moído, que possa ser transportado através de uma corrente de ar, apresenta características de controle semelhante às de um combustível gasoso; um combustível líquido quando atomizado e jogado em forma de jato na câmara de combustão, também apresenta características de controle semelhantes às de um combustível gasoso.

### **Combustível Gasoso**

Como os combustíveis gasosos são facilmente dispersos no ar, não há necessidade de preparação destes combustíveis para combustão. Os combustíveis gasosos são utilizados diretamente na caldeira, da mesma forma com que são recebidas do fornecedor, o único cuidado necessário é a redução da pressão do gás para adequá-las às características do queimador.

Há dois tipos de combustores para combustível gasoso: com mistura no bocal e com mistura prévia do ar e do gás.

### **Combustível Líquido**

Um combustível líquido para ser queimado deve ser vaporizado ou atomizado.

Um combustor líquido vaporizado converte continuamente o combustível líquido em vapor, utilizando para isso, o calor da própria chama.

Num combustor de líquido atomizado, o combustível é alimentado com pressões de 7 a 20 kgf/cm<sup>2</sup>. A nebulização pode ser feita com injeção de ar ou vapor juntamente com o combustível.

A atomização com o vapor é a mais utilizada e para que esta atomização ocorra, o vapor é injetado com pressão superior à do combustível. Normalmente, utiliza-se uma válvula reguladora de pressão diferencial para manter a diferença de pressão entre o vapor e o combustível; nos casos de caldeiras de grande porte, é comum utilizar-se uma malha de controle completa, para manter este diferencial de pressão.

### **Combustível Sólido**

Um combustível sólido pode ser queimado num leito de combustível, em suspensão.

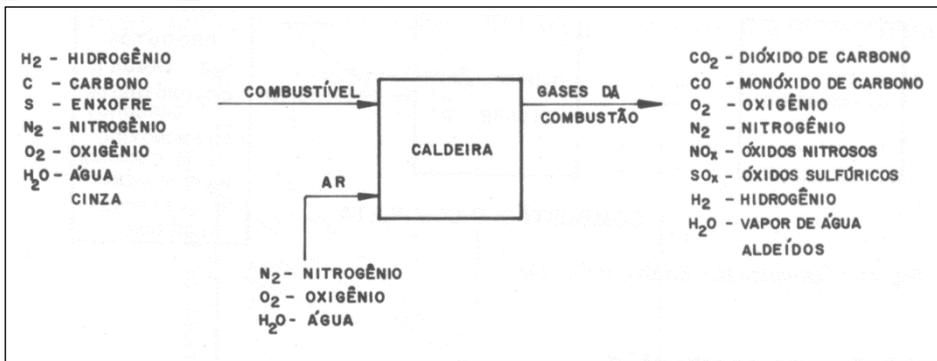
Há diversos tipos destes sistemas de queima, cada qual conveniente a uma situação particular.

Na queima em leito de combustível, o combustível não precisa de preparação adicional, sendo alimentado diretamente por gravidade ou através de carregadores mecânicos. Os carregadores mecânicos são projetados para permitir o ar de combustão, a liberação dos produtos gasosos da combustão e a rejeição do resíduo não queimam. Os tipos mais comuns de leito de combustível são os com alimentação paralela, com alimentação cruzada e com alimentação antiparalela.

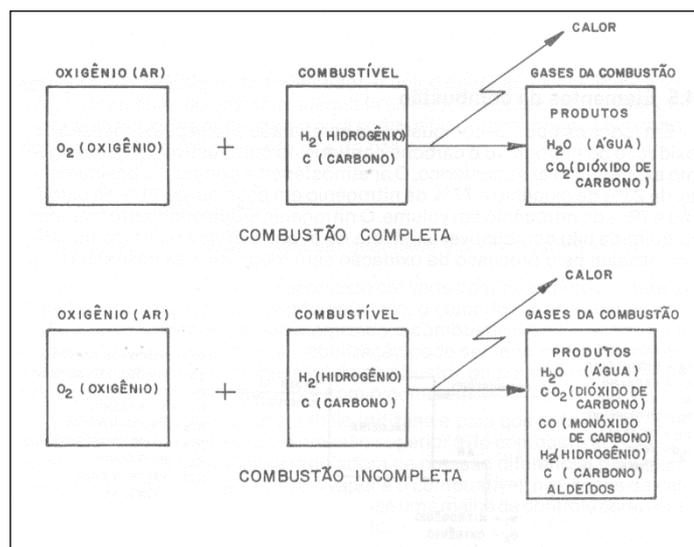
Na queima em suspensão o combustível deve ser moído ou pulverizado. A pulverização pode ser por impacto, atrito ou esmagamento. Na queima em suspensão, o ar além de ser utilizado para secar, transportar e para classificar o combustível, também leva os finos ao queimador, onde este mesmo ar serve como parte do ar necessário à combustão.

### **Elementos da Combustão**

Em todos os tipos de combustível, a combustão é feita pelo processo de oxidação do hidrogênio e carbono contidos no combustível, com o oxigênio existente no ar atmosférico. O ar atmosférico é composto, basicamente, de 23% de oxigênio e 77% de nitrogênio em peso ou, de 21% de oxigênio e 79% de nitrogênio em volume. O nitrogênio e qualquer outro elemento químico não combustível existente no ar atmosférico ou no combustível passam pelo processo de oxidação sem modificações essenciais.



Nos processos industriais, utiliza-se o queimador ou maçarico como dispositivos para a combustão. Estes dispositivos misturam o combustível e o ar de combustão em proporções dentro da faixa de inflamabilidade, possibilitando a ignição e a manutenção permanente da combustão, mantém turbulência da mistura e fornece combustível e ar de combustão em taxas que permitem a combustão completa sem retorno ou apagamento da chama. Os dois tipos básicos de queimador ou maçarico são o direto e o com mistura prévia.



O processo de combustão produz calor. Em caldeiras, este calor que é transportado pelos gases gerados na combustão, é utilizado para gerar vapor.

Para carvão, óleo ou gás combustível a relação kcal/kg de ar de combustão é aproximadamente a mesma, não importando se a relação kcal/kg de combustível é completamente diferente.

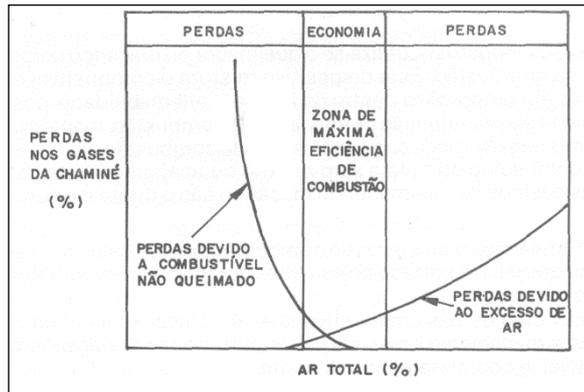
O fato das necessidades de ar de combustão serem bastante próximas se baseada no poder calorífico dos combustíveis, é um importante conceito utilizado nas aplicações da lógica de controle da combustão.

### Ar para Combustão

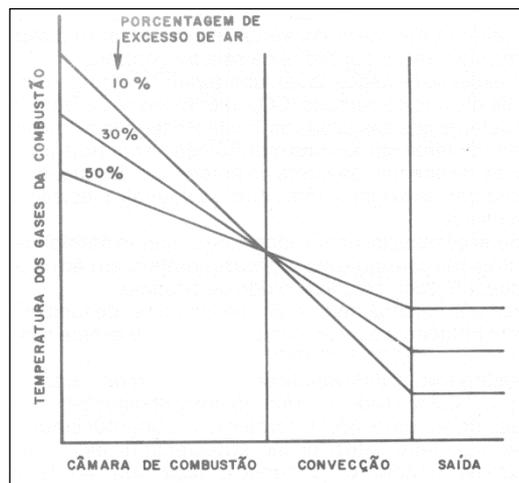
Conhecendo-se a composição do combustível e com base na estequiometria da combustão, consegue-se calcular o ar teórico necessário à queima do combustível.

Se utilizar-se somente o ar teórico, parte do combustível não será queimado, a combustão será incompleta e o calor disponível no combustível não queimado será perdido através da chaminé. Para se garantir que a combustão seja completa, utiliza-se uma quantidade de ar superior ao teórico calculado; procura-se, assim, garantir que as moléculas do combustível possam encontrar o número apropriado de moléculas de oxigênio para completar a combustão. Este ar adicional é chamado de excesso de ar, sendo normalmente expresso como porcentagem do ar teórico. O excesso de ar mais o ar teórico é chamado de ar total.

As perdas por excesso de ar aumentam em proporção muito menor que as perdas com combustível não queimado, por isto, sempre se trabalha com ar em excesso nos processos de combustão industrial.



Um outro fator importante a considerar-se é que o aumento da porcentagem de excesso de ar reduz a temperatura da chama e reduz a taxa de transferência de calor da caldeira. O resultado é o aumento da temperatura dos gases da combustão e diminuição do rendimento da caldeira.



A redução do excesso de ar reduz a massa dos gases da combustão e aumenta a transferência de calor para geração de vapor.

O valor ótimo de excesso de ar a ser utilizado depende, principalmente, do tipo de combustível, tipo de queimador, características e preparação do combustível, tipo de câmara de combustão, carga (como porcentagem de carga máxima), da malha de controle de combustão utilizada e de outros fatores. O excesso de ar adequado à instalação particular deverá ser determinado testando-se a instalação.

## Descrição dos Componentes de uma Caldeira

### Fornalha

É o local da caldeira onde se realiza a gaseificação e a queima de vapor, sendo em sua construção observados os seguintes aspectos: o tipo de combustível, facilidade de limpeza, teor de cinzas e fuligem produzidas pelo combustível, volatilidade de combustível, temperatura na fornalha, regime de trabalho, admissão e regulagem de ar. Todos esses aspectos são considerados levando-se em conta a finalidade da caldeira.

As fornalhas são construídas em função do combustível a ser queimado ficando, assim, classificadas:

### Fornalha para Queima de Combustível Sólido

É aquela que apresenta grelhas inclinadas e é destinada a queimar lenha, carvão ou outros combustíveis sólidos.

Há vários tipos de grelhas, sendo as mais usadas:

Grelha plana com barrotes basculantes – apenas em caldeiras muito pequenas.  
Grelha inclinada ou em escada, com ou sem movimento de degraus. Utilizadas em caldeiras de médio porte.  
Grelha rotativa ou de esteira. Utilizada em caldeiras de 60 a 80 t/h de vapor.  
Deve ser observado que o tipo de grelha a usar está ligado ao porte da caldeira, ao combustível e ao tipo de alimentação empregada.

### **Fornalha para Queima de Combustível em Suspensão**

Esta fornalha é utilizada quando se queima óleo, sólidos pulverizados ou gás. O elemento responsável pela queima do combustível é o queimador ou maçarico.

Na seleção da fornalha, devem ser considerados os seguintes fatores:

Tipo de combustível;  
Volume de combustível;  
Teor das cinzas;  
Método de injeção do ar;  
Comprimento da chama;  
Temperatura da fornalha.

### **Tubos e Tambores**

#### **Tubos Geradores de Vapor**

São os tubos que recebem maior quantidade de calor na fornalha.

Esses tubos têm a finalidade de transformar a água em vapor saturado que vai até o tambor onde se separam.

#### **Tubos de Fogo**

Empregados nas caldeiras tipo tubo de fumaça. Tem a finalidade de aumentar a superfície de aquecimento da água. É através que circulam os gases quentes resultantes da combustão.

#### **Tambor de Vapor**

É um cilindro fechado, colocado na parte mais alta da caldeira, onde se faz a separação da água e do vapor. São conectados a esse tambor os tubos geradores de vapor, o visor de nível da água e o manômetro.

O nível de água nesse tambor nunca deve ser superior a  $\frac{3}{4}$  da capacidade do mesmo e nunca inferior a  $\frac{1}{2}$  tambor.

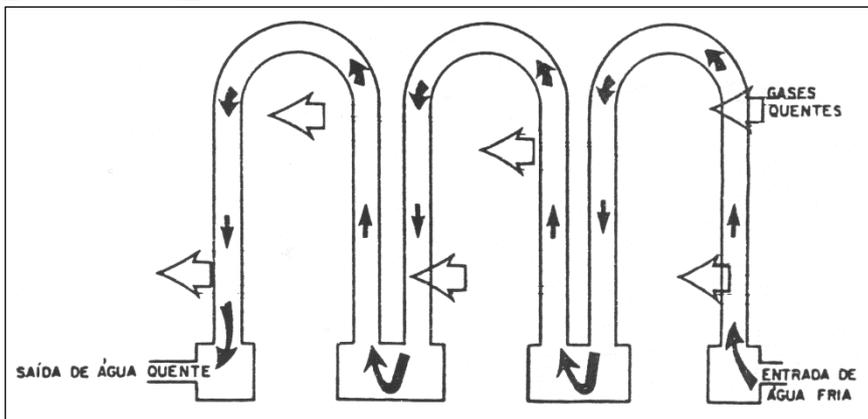
A fim de impedir que o vapor arraste água e partículas sólidas, são colocadas dentro do tambor algumas placas defletoras ou chicanas.

#### **Tambor de Lama**

Localiza-se na parte mais baixa da caldeira; trabalha sempre cheio de água e sua finalidade é acumular as impurezas da água de alimentação, tais como: lama, ferrugem e outros materiais. A esse tambor estão conectados os tubos geradores de vapor para saída de água a ser vaporizada e também válvulas para a descarga das impurezas.

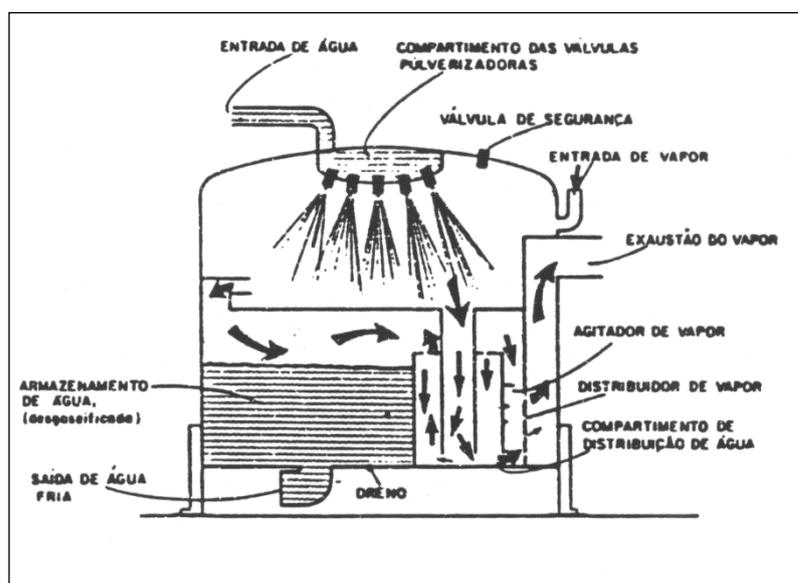
#### **Economizador**

Sua função é pré aquecer a água de alimentação da caldeira. Está localizado na parte alta da caldeira entre o tambor de vapor e os tubos geradores de vapor. Os gases quentes são obrigados a circular através do economizador antes de saírem pelas chaminés.



### Desaerador

Os desaeradores tem duas finalidades. A principal é fazer com que os gases contidos na água tais como o oxigênio e o gás carbônico se desprendam, e em decorrência aqueçam a água de alimentação. O funcionamento do desaerador consiste na introdução de vapor diretamente na água.



*Esquema de funcionamento de um desaerador*

### Superaquecedor

Antes de explicarmos os superaquecedores, vamos estudar o que vem a ser vapor superaquecido.

#### Vapor Superaquecido

Se aquecermos a água em um recipiente fechado, quando a água atingir uma certa temperatura ela se transformar em vapor (temperatura 100 °C à pressão atmosférica).

Enquanto existir água dentro do recipiente, o vapor será saturado, e enquanto existir água dentro do recipiente, a temperatura não aumentará.

A partir do momento em que não houver mais líquido, o vapor restante irá se aquecendo, podendo atingir qualquer temperatura que se desejar (mantida à pressão constante).

Esse processo de superaquecimento do vapor seria impossível nas caldeiras, pois se, a água evaporasse, os tubos queimariam e também não haveria alimentação suficiente da rede de vapor. Utilizam-se, pois, os superaquecedores para elevação de temperatura de vapor sem danificar a caldeira. O vapor saturado arrasta grande parte das impurezas contidas na água, o que não acontece com o vapor superaquecido.

### Processo de Superaquecimento do Vapor

Para superaquecer o vapor empregam-se dispositivos denominados superaquecedores. Esses elementos normalmente aproveitam os gases da combustão para dar o devido aquecimento ao vapor saturado, transformando-o em vapor superaquecido.

Os superaquecedores são construídos de tubos de aço em forma de serpentina cujo diâmetro varia de acordo com a capacidade da caldeira.

Estes tubos podem ser lisos aletados.

Quando instalados dentro das caldeiras podem estar localizados atrás do último feixe de tubos, entre dois feixes de tubos, sobre os feixes de tubos ou ainda na fornalha.

### Aplicações do Vapor para Processo

A finalidade da geração de vapor depende do tipo de indústria. A maioria das indústrias depende do vapor para seus processos.

### Indústrias Metalúrgicas e Cerâmicas

Utilizam o vapor para o aquecimento dos dutos de óleo combustível de alimentação dos queimadores dos fornos e para nebulização do combustível. O vapor pode ser tanto de baixa pressão como de média pressão.

### Indústria de Produtos Alimentícios

Utiliza vapor saturado de média pressão para cozimento de alimentos. Este tipo de indústria usa o vapor indiretamente para aplicações de cozimento. Nas indústrias onde o vapor entra diretamente no processo de fabricação, o mesmo tem que ser muito bem tratado a fim de não prejudicar o produto.

Existem nos processos químicos controladores da qualidade do vapor para que atenda às especificações de utilização, neste tipo de indústria.

### Indústria Têxtil

Utiliza vapor saturado de média pressão em grande quantidade para aquecimento dos tanques de tingimento, alvejamento e secagem.

### Indústria da Celulose e Papel

Utiliza o vapor saturado de baixa e média pressão, sendo a maior parte empregada nos digestores, nos tanques de branqueamento, nos cilindros de lavagem, nas calandras e secadoras de papel.



## 1. INTRODUÇÃO À SEGURANÇA COM ELETRICIDADE

Um sistema elétrico, na sua concepção mais geral, é constituído pelos equipamentos e materiais necessários para transportar a energia elétrica desde a "fonte" até os pontos em que ela é utilizada.

Desenvolve-se em quatro etapas básicas:

- geração,
- transmissão,
- distribuição e
- utilização.

A geração é a etapa desenvolvida nas usinas, que produzem energia elétrica por transformação, a partir das fontes primárias. Podemos classificar as usinas em:

- hidroelétricas, que utilizam a energia mecânica das quedas d'água;
- termoeletricas, que utilizam a energia térmica da queima de combustíveis (carvão, derivados de petróleo, bagaço de cana);

- nucleares, que utilizam a energia térmica produzida pela fissão nuclear de materiais radioativos (urânio, tório);
- “alternativas”, podendo ser eólicas, solares ou a partir das marés.

A etapa seguinte é a transmissão, que consiste no transporte da energia elétrica, em tensões elevadas, desde as usinas até os centros consumidores. Muitas vezes segue-se à transmissão uma etapa intermediária denominada subtransmissão, com tensões um pouco mais baixas.

Nas linhas de transmissão aéreas são usados, geralmente, cabos nus de alumínio com alma de aço, que ficam suspensos em torres metálicas através de isoladores. Nas linhas de transmissão subterrâneas são usados cabos isolados, como os cabos refrigerados a óleo fluido (OF) ou os cabos isolados com borracha etileno-propileno (EPR).



Grandes consumidores, tais como complexos industriais de grande porte, são alimentados pelas concessionárias de energia elétrica a partir das linhas de transmissão ou de subtransmissão. Nesses casos, as etapas posteriores de abaixamento da tensão são levadas a efeito pelo próprio consumidor.

Segue-se a distribuição, desenvolvida via de regra, nos centros consumidores. As linhas de transmissão alimentam subestações abaixadoras, geralmente situadas nos centros urbanos; delas partem as linhas de distribuição primária. Estas podem ser aéreas, com cabos nus (ou, em alguns casos, cobertos) de alumínio ou cobre suspensos em postes; ou subterrâneas, com cabos isolados.

As linhas de distribuição primária alimentam diretamente indústrias e prédios de grande porte (comerciais, industriais e residenciais), que possuem subestação ou transformadores próprios. Alimentam também transformadores de distribuição, de onde partem as linhas de distribuição secundária, com tensões mais reduzidas, a tensão de utilização.

Estas linhas de distribuição secundária alimentam os chamados pequenos consumidores: residências, pequenos prédios, oficinas, pequenas indústrias etc. Podem também ser aéreas (com cabos cobertos ou isolados) ou subterrâneas (com cabos isolados).

Nos grandes centros urbanos com elevado consumo de energia, dá-se preferência à distribuição (primária e secundária) subterrânea. Com potência elevada a transportar, os cabos empregados são de seção elevada, complicando bastante o uso de estruturas aéreas. Ganha-se ainda melhora da estética urbana com a supressão dos postes e seus inúmeros fios e cabos.

A distribuição subterrânea aumenta a confiabilidade do sistema, pois não existe, por exemplo, interrupção no fornecimento de energia devido a choque de veículos com postes ou impactos de descargas atmosféricas.

A última etapa de um sistema elétrico é a utilização da energia elétrica. Ocorre nas instalações elétricas dos consumidores, onde a energia gerada nas usinas e transportada pelas linhas de transmissão e distribuição é transformada, pelos equipamentos de utilização, em energia mecânica, térmica, luminosa etc, para ser finalmente utilizada.

O substancial aumento das aplicações elétricas, do consumo e serviços com energia elétrica ocorrido nas últimas décadas no Brasil e no mundo e, conseqüentemente, o aumento de acidentes envolvendo esse agente, tem levado os especialistas em segurança e saúde das organizações, do estado e da sociedade a realizar minuciosos estudos sobre os riscos e perigos potenciais e também sobre a implementação das medidas de segurança recomendáveis para controle dos riscos e perigos associados à eletricidade.

A eletricidade é um fenômeno que escapa aos nossos sentidos pois não faz barulho, não tem cheiro, não tem cor, não se vê. Apenas suas manifestações exteriores são percebidas, como por exemplo, a iluminação ou o giro dos motores.

A conseqüência da “invisibilidade” da eletricidade é a exposição a situações de risco ignoradas ou subestimadas.

Os objetivos deste curso básico são: proporcionar o conhecimento básico dos riscos a que se expõe uma pessoa que trabalha com instalações ou equipamentos elétricos e interpretar a aplicação da NR10 em instalações elétricas consumidoras, abordando todos os seus aspectos:

- medidas de controle;
- segurança em projetos, na construção, montagem, operação e manutenção;

- segurança em instalações elétricas desenergizadas e energizadas;
- trabalhos envolvendo alta tensão;
- habilitação, qualificação, capacitação e autorização dos trabalhadores;
- proteção contra incêndio e explosão;
- sinalização de segurança;
- procedimentos de trabalho;
- situação de emergência e
- responsabilidades.

## 2. RISCOS EM INSTALAÇÕES E SERVIÇOS COM ELETRICIDADE

### 2a) O CHOQUE ELÉTRICO, MECANISMOS E EFEITOS

Choque elétrico é o efeito patofisiológico que resulta da passagem de uma corrente elétrica através do corpo humano. Eletrocussão é o choque elétrico fatal.

Qualquer atividade biológica, seja glandular, nervosa ou muscular, é originada de impulsos de corrente elétrica. Se a essa corrente fisiológica interna somar-se uma outra corrente de origem externa, devido a um contato elétrico, ocorrerá no organismo humano uma alteração das funções vitais normais que, dependendo da duração da corrente, pode levar o indivíduo à morte.

O choque elétrico causa lesões térmicas e não térmicas, as contrações musculares, que podem ser fatais ou não. As lesões também podem ser ocasionadas de maneira indireta: a contração do músculo pode levar uma pessoa a, involuntariamente, chocar-se com alguma superfície.

Uma grande parcela dos acidentes por choque elétrico ocasiona lesões provenientes de batidas e quedas, principalmente quando a vítima está em local elevado.

Contrações musculares violentas podem causar fibrilação ventricular ou parada respiratória, podendo levar ao óbito.

Os efeitos principais que uma corrente elétrica (externa) produz no corpo humano são fundamentalmente quatro: tetanização, queimadura, parada respiratória e fibrilação ventricular.

### CONDIÇÕES PARA EXISTÊNCIA DO CHOQUE ELÉTRICO



Tensão de toque

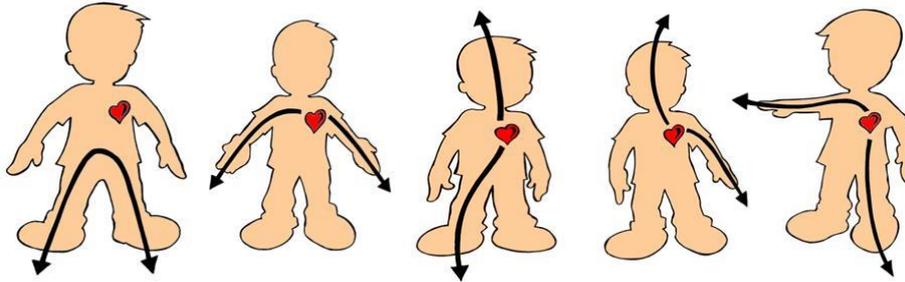


Tensão de passo

### DETERMINANTES DA GRAVIDADE

- Percurso da corrente elétrica
- Intensidade da corrente elétrica
- Resistência elétrica do corpo humano

## RESISTÊNCIA ELÉTRICA DO CORPO HUMANO



A intensidade da corrente que circulará pelo corpo da vítima depende da resistência elétrica que esta oferecer à passagem da corrente, e também de qualquer outra resistência adicional

entre a vítima e a terra.

A resistência que o corpo humano oferece à passagem da corrente é quase exclusivamente devida à camada externa da pele, que é constituída de células mortas. Esta resistência pode variar de 100 K $\Omega$  a 600 K $\Omega$ , quando a pele encontra-se seca e não apresenta cortes. A variação apresentada é função da espessura.

Quando a pele encontra-se úmida, condição mais facilmente encontrada na prática, a resistência elétrica do corpo humano é menor. Cortes também oferecem baixa resistência elétrica. Pelo mesmo motivo, ambientes que contenham muita umidade fazem com

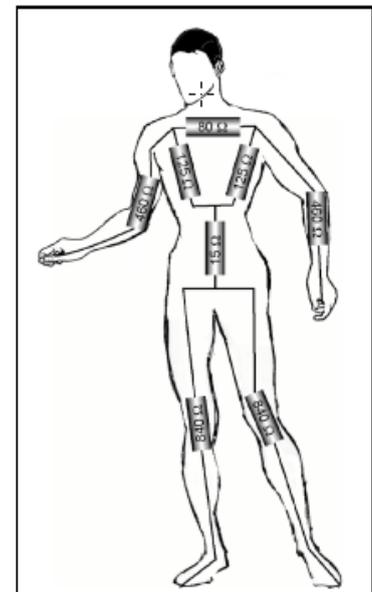
$$\text{Quando Seca; } I = \frac{120V}{400.000\Omega} = 0,3mA.$$

$$\text{Quando Molhada; } I = \frac{120V}{15.000\Omega} = 8mA$$

que a pele não ofereça resistência elétrica elevada à passagem da corrente.

A resistência oferecida pela parte interna do corpo,

constituída pelo sangue, músculos e demais tecidos, é bastante baixa se comparada à da pele, medindo em média 300  $\Omega$  e chegando a um máximo de 500  $\Omega$ .



## TETANIZAÇÃO

A tetanização é um fenômeno decorrente da contração muscular, produzida por um impulso elétrico.

Verifica-se que, sob um estímulo devido à aplicação de uma diferença de potencial elétrico a uma fibra nervosa, o músculo se contrai para, em seguida, retornar ao estado de repouso. Se ao primeiro estímulo seguir-se um segundo, antes que o repouso seja atingido, os dois efeitos podem somar-se. Diversos estímulos aplicados seguidamente produzem contrações repetidas do músculo, de modo progressivo; é a chamada contração tetânica.

Quando a frequência dos estímulos ultrapassa um limite, o músculo é levado à contração completa, permanecendo nessa condição até que cessem os estímulos, para lentamente retornar ao estado de repouso.

O mesmo fenômeno descrito para uma fibra elementar nervo-músculo ocorre, de forma muito mais complexa, no corpo humano atravessado por uma corrente elétrica. As frequências usuais de 50 Hz e 60 Hz são mais do que suficientes para produzir uma tetanização completa. Uma pessoa em contato com uma peça condutora sob tensão pode ficar "agarrada" a ela durante o tempo em que perdurar a diferença de potencial, o que, dependendo da duração, pode causar a inconsciência e até a morte.

É importante observar que o fenômeno, que ocorre para pequenos valores de corrente, é mais perigoso se considerarmos que a resistência elétrica do corpo humano diminui com a duração do contato.

Para valores mais elevados de corrente não ocorre a tetanização. A excitação muscular pode ser suficientemente violenta, de modo a provocar uma repulsão, tendendo a afastar a pessoa da parte sob tensão. Dependendo das condições, o indivíduo pode até ser atirado a distância.

A corrente contínua, desde que de intensidade e duração suficientes, pode também produzir a tetanização. Nesse caso, o fenômeno apresenta-se com características um tanto distintas das correspondentes à corrente alternada.

Define-se o limite de largar como sendo a máxima corrente que uma pessoa pode tolerar ao segurar um eletrodo, podendo ainda largá-lo usando o músculo diretamente estimulado pela corrente. Em outras palavras, o limite de largar é o valor máximo de corrente para o qual uma pessoa, tendo a mão um

objeto energizado, pode ainda largá-lo. Determinações experimentais indicam para essa grandeza, em corrente alternada na frequência 50 Hz ou 60 Hz, os valores de 6 mA a 14 mA em mulheres (10 mA de média) ou 9 mA a 23 mA em homens (16 mA de média); em corrente contínua foram encontrados os valores de 51 mA em mulheres e 76 mA em homens.

Correntes inferiores ao limite da largar, muito embora não produzam, no caso geral, alterações graves no organismo, podem dar origem a contrações musculares violentas e ser causa indireta de acidentes como quedas ou ferimentos em partes móveis de máquinas.

### **PARADA RESPIRATÓRIA**

Correntes superiores ao limite de largar podem causar uma parada respiratória. Tais correntes produzem no indivíduo sinais de asfixia, devido à contração de músculos ligados à respiração e/ou à paralisia dos centros nervosos que comandam a função respiratória.

Se a corrente permanece, o indivíduo perde a consciência e morre sufocado. Daí a importância da respiração artificial, da rapidez de sua aplicação e do tempo pelo qual é realizada. É necessário principalmente intervir imediatamente após o acidente (em 3 ou 4 minutos no máximo) para evitar a asfixia da vítima ou mesmo lesões irreversíveis nos tecidos cerebrais.

$$W = \int_{t_1}^{t_2} R \cdot I^2 dt$$

### **FIBRILAÇÃO VENTRICULAR**

O fenômeno fisiológico mais grave que pode ocorrer, quando da passagem da corrente elétrica pelo corpo humano, é a fibrilação ventricular, um fenômeno complexo e geralmente fatal.

Como é sabido, o músculo cardíaco (miocárdio) contrai-se ritmicamente de 60 a 100 vezes por minuto, e sustenta, como se fosse uma bomba, a circulação sanguínea nos vasos. A contração da fibra muscular é produzida por impulsos elétricos provenientes do nódulo seno-arterial, situado na parte superior do átrio direito, um perfeito gerador biológico de impulsos elétricos que comanda o coração.

Com o choque elétrico as fibras do coração passam a receber sinais elétricos excessivos e irregulares, ficando superestimadas de maneira caótica. Passam então a contrair-se de maneira descoordenada, uma independente da outra, de modo que o coração não mais consegue exercer sua função. É a fibrilação ventricular, responsável por tantas mortes em acidentes elétricos.

Até alguns anos atrás esse fenômeno era considerado irreversível. Hoje sabe-se que uma carga elétrica violenta pode, desde que oportuna e adequadamente aplicada, fazer parar o processo de fibrilação. Isso é feito utilizando um desfibrilador: por meio de dois eletrodos aplicados ao tórax descarrega-se um capacitor através da região cardíaca do paciente.

Para efeitos práticos, a fibrilação é considerada irreversível, posto que raramente se tem à disposição o pessoal especializado e o equipamento necessário ao socorro da vítima em tempo adequado. Observe-se que, cessada a atividade cardíaca, em cerca de três minutos ocorrem lesões irreparáveis no músculo cardíaco e no tecido cerebral.

## **2b) ARCOS ELÉTRICOS, QUEIMADURAS E QUEDAS**

### **ARCOS ELÉTRICOS**

Arco elétrico é a passagem de corrente elétrica, de um condutor para outro, num meio gasoso. A intensidade depende, entre outros fatores, da diferença de potencial, da capacidade da fonte e da resistividade do meio.

A temperatura de um arco elétrico é extremamente elevada e o calor por ele gerado pode se propagar por condução, convecção ou irradiação.

Um arco elétrico possui energia suficiente para queimar roupas e provocar incêndios, emitir materiais vaporizados, radiação infravermelha, luminosa e ultravioleta, além de causar sobrepressões quando ocorrem dentro dos invólucros, como nos compartimentos dos painéis elétricos e suas imediações.

A exposição ao calor produzido pelo arco elétrico provoca danos à pele e causa queimaduras de segundo e terceiros graus.

O cálculo da energia presumida de um provável arco é um estudo de análise de risco de segurança e assim como todos os cálculos de engenharia deve ser realizados por profissionais habilitados.

O resultado de cálculos pela simples utilização de uma equação padronizada não reflete o nível de energia existente. Todos os parâmetros devem ser analisados assim como a aplicabilidade do modelo matemático na respectiva instalação.

## QUEIMADURAS

A passagem da corrente elétrica pelo corpo humano é acompanhada do desenvolvimento de calor por efeito Joule, podendo produzir queimaduras. A situação torna-se mais crítica nos pontos de entrada e saída da corrente, uma vez que:

- a pele apresenta uma elevada resistência elétrica, enquanto os tecidos internos são, comparativamente, bons condutores;
- à resistência da pele soma-se a resistência de contato entre a pele e as partes sob tensão;
- a densidade de corrente é maior nos pontos de entrada e de saída da corrente, principalmente se forem pequenas as áreas de contato.

As queimaduras elétricas são tanto mais graves quanto maior é a densidade de corrente e quanto mais longo o tempo pelo qual a corrente permanece. O calor provoca:

- destruição dos tecidos superficiais e profundos;
- rompimento de artérias, com conseqüente hemorragia e
- destruição dos centros nervosos, o que faz com que sejam menos dolorosas, mas não por isso são menos perigosas.

Observe-se que as queimaduras produzidas por correntes elétricas são as mais profundas e de mais difícil cura, podendo até mesmo causar a morte por insuficiência renal.

As queimaduras de primeiro grau deixam a pele avermelhada sem bolhas; as de segundo grau causam bolhas, podendo haver regeneração da pele; as de terceiro grau causam destruição total da pele, não havendo possibilidade de regeneração.

A expectativa de sobrevivência da vítima depende da extensão e do grau da queimadura.

As queimaduras elétricas têm a seguinte classificação:

- **queimaduras por contato**

Quando se toca uma superfície condutora energizada, as queimaduras podem ser muito pequenas, deixando apenas uma pequena mancha branca na pele. Ou podem ser mais profundas, atingindo até a parte óssea.

Em caso de morte, o exame necrológico detalhado pode possibilitar a reconstrução, mais exata possível, do caminho percorrido pela corrente elétrica.

- **queimaduras por arco voltaico**

O arco voltaico, ou arco elétrico, caracteriza-se pelo fluxo de corrente elétrica através do ar, e geralmente é produzido no momento da conexão e desconexão de dispositivos elétricos ou também em caso de curto-circuito, provocando queimaduras de segundo ou terceiro grau.

O arco elétrico possui energia suficiente para queimar as roupas e emitir vapores de material ionizado e raios ultravioleta.

- **queimaduras por vapor metálico**
- **queimaduras por radiação**

## QUEDAS

As quedas constituem-se numa das principais causas de acidentes, sendo uma característica de diversos ramos de atividade, mas muito representativa nas atividades dos eletricitistas. As quedas ocorrem em conseqüência de:

- choques elétricos em posições elevadas;
- inadequação de equipamentos para trabalhar em altura (escadas, andaimes, cestos e plataformas);
- inadequação ou falta do EPI;
- falta de treinamento dos trabalhadores;
- falta de delimitação e sinalização da área de serviço;
- ataque de insetos (trabalho em redes aéreas).

## 2c) CAMPOS ELETROMAGNÉTICOS

Todo condutor que for percorrido por uma corrente elétrica, produzirá um campo magnético ao seu redor. Este campo não possui cor, cheiro e nem produz ruídos, por isso representa um perigo iminente ao profissional que trabalha com eletricidade. Este é um dos motivos pelos quais o electricista deve, obrigatoriamente, utilizar os devidos equipamentos de segurança, individual e coletivo.

O agente de risco "radiação eletromagnética não ionizante" está presente em inúmeras atividades humanas, como a operação com soldas elétricas ou a laser, fornos de microondas ou de indução, telefonia celular, comunicações de rádio ou por satélites, assim como em diversas outras operações e atividades, incluindo-se os trabalhos nas proximidades de linhas elétricas ou equipamentos energizados. O campo eletromagnético existente nas proximidades de condutores e equipamentos energizados em corrente alternada, tais como linhas de transmissão e distribuição de energia elétrica, transformadores, motores ou outros dispositivos, é quase sempre classificado na faixa de extra-baixa frequência, quando a oscilação se dá na frequência de 60 Hertz, ou seja, 60 ciclos por segundo, que é a frequência utilizada no Brasil para distribuição e consumo de energia elétrica.

A radiação eletromagnética associa dois campos distintos:

- campo elétrico, simbolizado pela letra "E" e
- campo magnético, simbolizado pela letra "H".

A unidade de medida do campo elétrico "E" é o Volt por metro (V/m). A unidade de medida do campo magnético "H" é o Ampère por metro (A/m).

A associação desses campos cria a densidade de potência eletromagnética "DP" dada pelo produto "E" x "H" cuja unidade de medida é o watt por metro quadrado (W/m<sup>2</sup>). Também é utilizada a unidade "Gauss" (G) para medições de campo eletromagnético.

O corpo humano, quando submetido à radiação eletromagnética, funciona como uma antena, captando e absorvendo esta energia, transformando-a em calor ou descarregando-a em outras partes de menor potencial elétrico.

A nocividade deste efeito no organismo humano é em função da frequência da oscilação, das intensidades da corrente e tensões elétricas aplicadas às linhas ou equipamentos e, conseqüentemente, da densidade de potência existente no ambiente de trabalho, da proximidade do trabalhador à fonte e do tempo de exposição do trabalhador à radiação eletromagnética.

Os efeitos mais prováveis no organismo humano são os seguintes:

- O campo elétrico "E" pode promover descargas elétricas entre o corpo isolado e objetos ligados à terra, provocadas pela indução contínua da corrente elétrica no corpo, tendo como conseqüências o choque e a queimadura;
- O campo magnético "H" produz a circulação de cargas elétricas pelo entorno do corpo, promovendo efeitos térmicos, endócrinos e patologias correlatas.

O organismo humano pode compensar as interações fracas dos campos eletromagnéticos, porém campos intensos causam estresses que podem conduzir a danos irreversíveis à saúde, sob circunstâncias determinadas. Contudo, nenhum estudo científico reconhecido por entidades de crédito internacional conduz à certeza de que os campos eletromagnéticos de baixa frequência levam a um aumento do número de casos de câncer, leucemia e tumores cerebrais, entre outras patologias.

As medidas de proteção do trabalhador frente aos campos eletromagnéticos baseiam-se no trabalho à distância da fonte (termovisão, telecomando etc), redução do tempo de exposição e no uso de equipamento de proteção individual específico para esse agente de risco (roupas condutivas e óculos). Cuidados especiais devem ser adotados por trabalhadores que possuem em seu corpo próteses metálicas (pinos, articulações) e aparelhos eletrônicos (marca-passo, auditivos, dosadores de insulina), pois quando submetidos a intensos campos eletromagnéticos poderá haver necroses no caso de próteses, e disfunções nos equipamentos eletrônicos.

### 3. TÉCNICAS DE ANÁLISE DE RISCO

#### PERIGO

É uma situação existente em um determinado local. As pessoas que adentram um local onde existe perigo expõem a sua integridade.

#### RISCO

É a probabilidade da ocorrência de um acidente quando nos expomos a um determinado perigo.

É a medida da perda econômica e/ou de danos para a vida humana, resultante da combinação entre a frequência da ocorrência e a magnitude das perdas ou danos (conseqüências). No entanto, a experiência demonstra que geralmente os grandes acidentes são causados por eventos pouco freqüentes, mas que causam danos importantes.

Os principais riscos aos quais estão sujeitos os trabalhadores com eletricidade são:

- de origem elétrica;
- quedas;
- transporte;
- ataques de insetos ou outros animais;
- ocupacionais ou ergonômicos.

Os riscos podem ser eliminados ou controlados.

Controlar o risco é uma ação ou conjunto de ações que visa eliminá-lo ou, quando isso não é possível, reduzi-lo a níveis aceitáveis durante a execução de uma determinada etapa do trabalho, seja através da adoção de materiais, ferramentas, equipamentos ou metodologia apropriada.

GRUPO 1 VERDE	GRUPO 2 VERMELHO	GRUPO 3 MARROM	GRUPO 4 AMARELO	GRUPO 5 AZUL
Riscos Físicos	Riscos Químicos	Riscos Biológicos	Riscos Ergonômicos	Riscos de Acidentes
Ruídos	Poeiras	Vírus	Esforço físico intenso	Arranjo físico inadequado
Vibrações	Fumos	Bactérias	Levantamento e transporte manual de peso	Máquinas e equipamentos sem proteção
Radiações ionizantes	Névoas	Protozoários	Exigência de postura inadequada	Ferramentas inadequadas ou defeituosas
Radiações não ionizantes	Neblinas	Fungos	Controle rígido de produtividade	Iluminação inadequada
Frio	Gases	Parasitas	Imposição de ritmos excessivos	Eletricidade
Calor	Vapores	Bacilos	Trabalho em turno e noturno	Probabilidade de incêndio ou explosão
Pressões anormais	Produtos químicos em geral		Jornadas de trabalho prolongadas	Armazenamento inadequado
Umidade			Monotonia e repetitividade	Animais peçonhentos
			Outras situações causadoras de stress físico e/ou psíquico	Outras situações de risco que poderão contribuir para a ocorrência de acidentes

#### INCIDENTE

Os incidentes são eventos que antecedem as perdas, isto é, são os contatos que poderiam causar uma lesão ou dano.

#### ACIDENTE

É a materialização dos riscos associados a uma determinada atividade ou procedimento. Exemplo: Uma avenida com grande movimento não constitui uma causa de acidente, porém o ato de atravessá-la com

pressa, pode ser considerado uma das causas. Para reduzir a frequência de acidentes, é preciso avaliar e controlar os riscos.

### **ACIDENTE DO TRABALHO**

É aquele que ocorre pelo exercício do trabalho a serviço da empresa, provocando lesão corporal, ou perturbação funcional, que cause perda ou redução da capacidade de trabalho (temporária ou permanente) ou morte.

### **ANÁLISE DE RISCOS**

Um dos instrumentos de grande utilidade no gerenciamento do agente de risco "Energia Elétrica", que tem potencialidade para provocar danos ou perdas, é o emprego e desenvolvimento da metodologia de análise de riscos, a ser aplicada nas fases de projeto e planejamento das atividades de construção, ampliação, modificação, manutenção e operação de sistemas, de forma a possibilitar a adoção de medidas preventivas à segurança do trabalhador, do usuário, de terceiros e do meio ambiente e até mesmo evitar danos aos equipamentos e interrupção dos processos produtivos.

Existem várias técnicas de análise de riscos destinadas a identificar todos os possíveis eventos indesejáveis nas atividades. Dentre as várias técnicas de análise de risco podemos citar:

- Análise preliminar de risco / perigo (APR/APP);
- Análise de falha humana;
- Análise de falhas e de efeitos;
- Análise de segurança de sistemas.

### **ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCO (APR)**

Análise Preliminar de Risco é uma visão prévia e completa do trabalho executado. Permite a identificação dos riscos envolvidos em cada passo tarefa e propicia condição para evitá-los ou conviver com estes em segurança.

Por se tratar de uma técnica aplicável a todo tipo de atividade, a APR promove e estimula o trabalho em equipe e a responsabilidade solidária.

É um método sistemático de análise e avaliação de todas as etapas e elementos de um determinado trabalho para:

- Desenvolver e racionalizar toda a seqüência de operações que o trabalhador executa;
- Identificar os riscos potenciais de acidentes físicos e materiais;
- Identificar e corrigir problemas de produtividade;
- Implementar a maneira correta para execução de cada etapa do trabalho, com segurança.

### **CHECK LIST**

O objetivo é criar o hábito de verificar os itens de segurança antes de iniciar as atividades, auxiliando na prevenção dos acidentes e no planejamento das tarefas, enfocando os aspectos de segurança. Será preenchido de acordo com as regras de Segurança do Trabalho e pode ser vinculado às "Ordens de Serviço".

Uma equipe somente iniciará suas atividades após realizar a identificação de todos os riscos e medidas de controle e após concluir o respectivo planejamento da atividade.

## **4. MEDIDAS DE CONTROLE DO RISCO ELÉTRICO**

### **4a) DESENERGIZAÇÃO**

A desenergização é um conjunto de ações seqüenciadas, coordenadas e controladas, destinadas a garantir a efetiva ausência de tensão no circuito, trecho ou ponto de trabalho, durante todo o tempo de intervenção e sob controle dos trabalhadores envolvidos.

Somente serão consideradas desenergizadas as instalações elétricas liberadas para serviço mediante os procedimentos apropriados, que obedecem à seqüência apresentada abaixo:



a ser da

1. Seccionamento
2. Impedimento de reenergização
3. Constatação da ausência de tensão
4. Instalação de aterramento temporário com equipotencialização dos condutores dos circuitos
5. Proteção dos elementos energizados existentes na zona controlada
6. Instalação da sinalização de impedimento de reenergização

### SECCIONAMENTO

Efetuar o corte efetivo da energia elétrica através da ação de desligamento dos dispositivos de manobra, de forma a assegurar a desenergização de tudo que afeta a zona de trabalho.

### IMPEDIMENTO DE REENERGIZAÇÃO

É o estabelecimento de condições que impedem, de modo reconhecidamente garantido, a reenergização do circuito ou do equipamento desenergizado, assegurando ao trabalhador o controle do seccionamento.

Na prática trata-se da aplicação de travamentos mecânicos, por meio de fechaduras, cadeados e dispositivos auxiliares de travamento ou com sistemas informatizados equivalentes.



O risco de

energizar inadvertidamente o circuito é grande em atividades que envolvam mais de uma equipe, onde mais de um empregado estiver trabalhando.

Nesse caso a eliminação do risco é obtida pelo emprego de tantos bloqueios quantos forem necessários para execução da atividade.

A desenergização de um único ou de todos os circuitos numa instalação deve ser sempre programada e amplamente divulgada para que a interrupção da energia elétrica reduza os transtornos e a possibilidade de acidentes.

### CONSTATAÇÃO DA AUSÊNCIA DE TENSÃO

Verificar a ausência de tensão utilizando procedimentos e equipamentos apropriados. Esta verificação deve ser realizada em todos os circuitos, elementos e partes que direta ou indiretamente afetam ou interferem na zona de trabalho.

A verificação deve ser feita com medidores testados antes e depois da verificação, podendo ser realizada por contato ou por aproximação e de acordo com procedimentos específicos.

### INSTALAÇÃO DE ATERRAMENTO TEMPORÁRIO COM EQUIPOTENCIALIZAÇÃO DOS CONDUTORES DOS CIRCUITOS

Constatada a inexistência de tensão, um condutor do conjunto de aterramento temporário deverá ser ligado a uma haste conectada à terra. Na seqüência, deverão ser conectadas as garras de aterramento aos condutores fase, previamente desligados.

### PROTEÇÃO DOS ELEMENTOS ENERGIZADOS EXISTENTES NA ZONA CONTROLADA

**Zona Controlada:** entorno de parte condutora energizada, não segregada, acessível, de dimensões estabelecidas de acordo com o nível de tensão, cuja aproximação só é permitida a profissionais autorizados, conforme disposto no anexo II da NR-10.

A proteção dos elementos energizados pode ser realizada com anteparos, dupla isolamento, invólucros ou qualquer outro material que impeça o contato acidental do profissional com partes energizadas localizadas próximas ao seu local de trabalho.



## INSTALAÇÃO DA SINALIZAÇÃO DE IMPEDIMENTO DE REENERGIZAÇÃO

Deverá ser adotada sinalização adequada de segurança, destinada à advertência e à identificação da razão de desenergização e informações do responsável. Os cartões, avisos, placas ou etiquetas de sinalização do travamento ou bloqueio devem ser claros e adequadamente fixados.

### 4b) ATERRAMENTO DE PROTEÇÃO; FUNCIONAL; TEMPORÁRIO

Aterramento é uma ligação intencional com a terra, realizada por um condutor ou conjunto de condutores enterrados no solo, os eletrodos de aterramento.

O eletrodo de aterramento pode ser constituído por uma simples haste vertical, por um conjunto de hastes interligadas ou pelas armaduras de concreto das fundações de uma edificação.

Uma mesma instalação pode eventualmente abranger mais de uma edificação. Se pertencentes a uma mesma edificação, as massas devem necessariamente compartilhar o mesmo eletrodo de aterramento, mas podem, em princípio, estar ligadas a eletrodos de aterramento distintos, se situadas em diferentes edificações, com cada grupo de massas associado ao eletrodo de aterramento da edificação respectiva. A região do solo formada por pontos suficientemente distantes do eletrodo e cujo potencial é considerado igual a zero, é a terra de referência.

O aterramento elétrico tem três funções principais:

- Proteger o usuário do equipamento das descargas atmosféricas, através da viabilização de um caminho alternativo para a terra.
- Descarregar cargas estáticas acumuladas máquinas ou equipamentos para a terra.
- Facilitar o funcionamento dos dispositivos (fusíveis, disjuntores etc), através da para a terra.



nas carcaças das  
de proteção  
corrente desviada

Numa instalação, os choques elétricos podem de contatos:

provir de dois tipos

- contato direto: contato de pessoas ou animais com partes vivas sob tensão;
- contato indireto: contato de pessoas ou animais com uma massa que ficou sob tensão em condições de falta (falha de isolamento).

São considerados os esquemas de aterramento TN / TT / IT, de acordo com a ABNT NBR 5410/2004.

### ATERRAMENTO TEMPORÁRIO

O aterramento temporário tem por objetivo evitar acidentes gerados a partir da energização acidental da rede. Sua presença permite a rápida atuação de dispositivos de proteção. No caso de descargas atmosféricas, o escoamento para a terra permite a proteção dos trabalhadores ao longo do circuito sob intervenção.

Efetuada o desligamento programado e constatada a inexistência de tensão, as partes metálicas acessíveis e um dos condutores do conjunto de aterramento temporário devem ser ligados a um eletrodo de aterramento.

Na seqüência, devem ser conectados os demais condutores do conjunto de aterramento temporário aos condutores fase da instalação ou sistema.

Obtém-se assim a equalização de potencial entre todas as partes condutoras no ponto de trabalho.

O aterramento temporário deve ser instalado a montante (antes) e a jusante (depois) do ponto de trabalho.

Ao final dos serviços o conjunto de aterramento temporário deve ser retirado.

Principais causas da energização acidental de um circuito elétrico:

- Erros de manobra ou fechamento de chave seccionadora;
- Contato acidental com outros circuitos energizados, situados ao longo do circuito;
- Tensões induzidas por linhas adjacentes ou que cruzam a rede;

- Fontes de alimentação de terceiros (geradores);
- Descargas atmosféricas.

Para cada classe de tensão existe um tipo de aterramento temporário.

Na manutenção de componentes no interior de subestações, os componentes do aterramento temporário devem ser conectados à malha de aterramento fixa, já existente.

#### 4c) EQUIPOTENCIALIZAÇÃO

É a interligação física de massas metálicas com auxílio de um condutor elétrico. Todas as massas metálicas de instalações ou equipamentos devem ser interligadas, pois só assim estarão sujeitas ao mesmo potencial, evitando as diferenças de potencial que podem causar acidentes como choques elétricos ou curto-circuitos.

Em máquinas ou equipamentos, as partes metálicas que compõem a massa (já que raramente a massa é uma peça única) devem constituir um conjunto equipotencial, provido de meios para conexão a um condutor de proteção externo.

Todas as partes condutoras que podem ser tocadas e não são normalmente vivas, mas podem se tornar vivas em caso de falta, devem também ser integradas a esse conjunto equipotencial, bem como qualquer blindagem de proteção, se existente. É uma exigência que figura muitas vezes nos manuais de máquinas e equipamentos.

A equipotencialização pode e deve ocorrer instalações elétricas e demais elementos estranhos à instalação. O objetivo é evitar potencial possam causar, por exemplo, perigoso em tubulações de gás combustível. Ligações equipotenciais entre instalações elétricas estão previstas e detalhadas na Cada edificação deve ter seu TAP (terminal principal) ligado a um eletrodo de linha de equipotencialização principal e tantas equipotencializações suplementares quanto necessárias. Edificações com presença extensiva de equipamentos de tecnologia da informação devem ter um anel de equipotencialização em toda a periferia interna da edificação.

Massas simultaneamente acessíveis e/ou protegidas contra choques elétricos por um mesmo dispositivo, dentro das regras da proteção por seccionamento automático da alimentação, devem estar vinculadas a um mesmo eletrodo de aterramento.

Todo circuito deve dispor de condutor de proteção, em toda sua extensão.

Um condutor de proteção pode ser comum a mais de um circuito, desde que esteja instalado no mesmo conduto que os respectivos condutores fase e sua seção transversal seja dimensionada para:

- a mais severa corrente de falta presumida;
- o mais longo tempo de atuação do dispositivo de seccionamento automático verificados nesses circuitos;
- a maior seção do condutor fase desses circuitos.

Somente podem ser excluídas da equipotencialização as seguintes massas condutoras:

- suportes metálicos de isoladores de linhas aéreas fixados à edificação que estiverem fora da zona de alcance normal; postes de concreto armado em que a armadura não é acessível;
- massas que, por suas reduzidas dimensões (até aproximadamente 50mm x 50mm) ou por sua disposição, não possam ser agarradas ou estabelecer contato significativo com parte do corpo humano, desde que a ligação a um condutor de proteção seja difícil ou pouco confiável.

#### 4d) SECCIONAMENTO AUTOMÁTICO DA ALIMENTAÇÃO

A ABNT NBR 5410 menciona: "um dispositivo de proteção deve seccionar automaticamente a alimentação do circuito por ele protegido sempre que uma falta entre parte viva e massa der origem a uma tensão de contato perigosa".



entre as condutivos que diferenças de centelhamento

elétricas e não-ABNT NBR 5410. de aterramento aterramento, uma

O tempo máximo para esse seccionamento é dado diretamente em função da tensão fase-terra da instalação. A proteção por seccionamento automático da alimentação deve utilizar dispositivos a sobrecorrente (sobrecarga ou curto-circuito) ou dispositivos a corrente de fuga, ou corrente diferencial-residual (DR).

Já vimos que o esquema de aterramento adotado determina qual dispositivo de proteção deve ser utilizado para proteger contra choques elétricos, o que não determina que a proteção contra sobrecorrentes deva ser suprimida.

Independente do esquema de aterramento adotado, a proteção por DRs se tornou expressamente obrigatória a partir de 1997 nos seguintes casos:

- circuitos que sirvam a pontos situados em locais contendo banheira ou chuveiro;
- circuitos que alimentem tomadas de corrente situadas em áreas externas à edificação ou em áreas internas que possam vir a alimentar equipamentos no exterior; e
- circuitos de tomadas de corrente de cozinhas, copas cozinhas, lavanderias, áreas de serviço, garagens e, no geral, de, todo local interno molhado em uso normal ou sujeito a lavagens.

A proteção dos circuitos pode ser realizada individualmente ou por grupos.

Podem ser excluídos da proteção por DRs os circuitos que alimentem aparelhos de iluminação posicionados a uma altura igual ou superior a 2,50 m e as tomadas de corrente claramente destinadas a alimentar refrigeradores e congeladores e que não sejam diretamente acessíveis.

#### **4e) DISPOSITIVOS A CORRENTE DE FUGA**

Uma instalação elétrica segura deve ser projetada por profissional habilitado, e deve prever facilidades para equipes de manutenção e condições para futuras alterações.

Atenção especial é dedicada às tomadas de corrente elétrica, que constituem um dos pontos de origem de acidentes. A quantidade e localização dos pontos deve ser adequada às necessidades da instalação, para que o usuário não recorra a soluções inadequadas e perigosas (extensões ou Tês, por exemplo).

O correto dimensionamento dos dispositivos de proteção deve impedir que tomadas e condutores se danifiquem por sobrecorrentes no circuito ou defeitos nos equipamentos conectados.

Conforme a ABNT NBR 5410, a aplicação de dispositivos a corrente de fuga, conhecidos como diferencial-residuais, significa a mais eficiente proteção contra acidentes elétricos, uma vez que estes impõem uma ação de consciência e responsabilidade sobre o problema dos contatos acidentais, exigindo uma maior preocupação com os meios, métodos e dispositivos que permitem o uso seguro da eletricidade.

#### **4g) BARREIRAS E INVÓLUCROS**

As partes vivas de instalações, sistemas ou equipamentos elétricos devem ser confinadas no interior de invólucros ou atrás de barreiras que garantam grau de proteção adequado a pessoas inadvertidas.

Barreiras e invólucros são componentes que impedem qualquer contato acidental de pessoas ou animais com partes energizadas das instalações elétricas. Estes dispositivos garantem que as pessoas sejam advertidas de que as partes acessíveis através das aberturas estão energizadas e não devem ser tocadas.

As barreiras devem ser robustas e duráveis, fixadas de forma segura e considerando o ambiente em que estão inseridas. Barreiras ou invólucros só devem poder ser retirados com ferramentas adequadas.

- Exemplo de invólucro: protetores de condutores vivos.

Sempre que houver riscos de contato acidental do braço ou outra parte do corpo com condutores energizados, não sendo as luvas de borracha suficientes para oferecer proteção adequada, os protetores isolantes devem ser utilizados para cobertura de condutores, estais, cabos mensageiros ou ramais de serviço, nos trabalhos em redes energizadas.

Equipamentos protetores isolantes para baixa tensão (lençol de borracha) devem ser colocados pelo empregado durante sua subida, começando pelo condutor mais baixo até o mais alto, próximo ao ponto onde irá trabalhar. Ao término dos serviços, devem ser recolhidos na ordem inversa.

Tanto na colocação como na retirada, o electricista deve estar calçado com as luvas de borracha sobrepostas com as luvas de proteção de couro.

Todo equipamento de borracha deve ser examinado antes do uso para se verificar se está ressecado e se há rachaduras, cortes ou perfurações que inutilizam o equipamento.

Quando atingido por óleo ou outro produto nocivo à borracha, deve ser limpo imediatamente para evitar danos. Sempre que necessário deve ser lavado com água e sabão neutro, e colocado para secar à sombra, em local arejado. Devido à exposição à chuva, também deve ser seco e conservado com talco, antes de ser guardado, em caixa ou sacola apropriada.

Não se pode esquecer de inspecioná-lo antes de cada uso e submete-lo a ensaio anualmente.

Exemplo de barreira: grade metálica.

Destina-se à demarcação da área de trabalho, especialmente nas vias públicas, evitando a penetração de terceiros, e à sinalização de câmaras transformadoras, poços de inspeção e serviços em locais semelhantes.

As grades devem ser mantidas limpas com pano úmido e deixadas para secar à sombra. Quando necessário, deve-se renovar sua pintura.

Devem ser transportadas sempre na vertical, longe de materiais e ferramentas que possam danificá-las. As partes móveis devem ser lubrificadas com óleo siliconado.

#### **4h) BLOQUEIOS E IMPEDIMENTOS**

Bloqueio é a ação destinada a manter, por meios mecânicos um dispositivo de manobra fixo em uma posição determinada, de forma a impedir uma ação não autorizada.

Toda ação de bloqueio deve estar acompanhada de etiqueta de sinalização, com o nome do profissional responsável, data, setor de trabalho e forma de comunicação.

Dispositivos de bloqueio são aqueles que impedem o acionamento ou religamento de dispositivos de manobra (chaves, interruptores).

É importante que tais dispositivos possibilitem mais de um bloqueio, ou seja, a inserção de mais de um cadeado, por exemplo, para trabalhos simultâneos de mais de uma equipe de manutenção.

Quando se trabalha em linha viva, é obrigatório o bloquear a atuação do religador automático do dispositivo de proteção, pois se eventualmente houver algum acidente, ou um contato, ou uma descarga indesejada, o circuito se desliga através da abertura do equipamento de proteção, que o desenergiza, não possibilitando seu religamento automaticamente.

Essa ação é também denominada "bloqueio" do sistema de religamento automático e possui um procedimento especial para sua execução.

#### **4i) OBSTÁCULOS E ANTEPAROS**

Os obstáculos são destinados a impedir o contato involuntário com partes vivas. Não são projetados ou instalados para impedir o contato que pode resultar de uma ação deliberada e voluntária de ignorar ou contornar o obstáculo.

Os obstáculos são instalados para impedir aproximação física não intencional às partes energizadas e contatos não intencionais com partes energizadas durante intervenções em equipamentos, estando estes equipamentos em serviço normal.

#### **4j) ISOLAMENTO DAS PARTES VIVAS**

Isolamento é o elemento constituído com materiais dielétricos (não condutores de eletricidade). O isolamento deve ser realizado de acordo com a tensão de operação do sistema elétrico considerado, a fim de que serviços possam ser realizados com o efetivo controle do risco elétrico.

Parte viva da instalação é aquela normalmente destinada a conduzir corrente elétrica.

A regra fundamental da proteção contra choques elétricos é que partes vivas não devem ser acessíveis e quaisquer partes condutivas acessíveis não devem oferecer perigo, seja em condições normais de operação ou em condições de falha que as tornem acidentalmente vivas.

A questão da acessibilidade a massas condutoras, vivas ou não, é tratada de modo diferente em função do usuário ser uma pessoa comum ou pessoa advertida.

#### **4k) ISOLAÇÃO DUPLA OU REFORÇADA**

É uma proteção normalmente aplicada a equipamentos e ferramentas portáteis, que por serem empregados nos mais variados locais e condições de trabalho requerem uma proteção que permita maior confiabilidade do que aquela oferecida exclusivamente por um aterramento elétrico.

A proteção por isolação dupla ou reforçada é realizada quando utilizamos uma segunda isolação para suplementar aquela normalmente utilizada, e para separar as partes vivas do aparelho de suas partes metálicas.

A grande maioria das causas de acidentes é devida a defeitos nos cabos de alimentação e suas ligações ao aparelho, logo, cuidados especiais devem ser tomados com relação a este ponto.

Isolação é o material isolante ou o conjunto de materiais isolantes utilizados para isolar eletricamente, isto é, impedir a circulação de corrente entre partes condutoras. Trata-se de um conceito estritamente "qualitativo" (a isolação de um equipamento, uma isolação de PVC etc).

Isolamento é o conjunto das propriedades adquiridas por um corpo condutor, decorrentes de sua isolação. Tem o sentido "quantitativo" e seu uso está sempre associado à idéia de valor, por vezes até implicitamente (resistência de isolamento, isolamento para baixa tensão, isolamento para 0,6/1 kV).

Quando uma isolação perde sua propriedade de isolar, falamos em falha de isolamento.

#### **4L) COLOCAÇÃO FORA DE ALCANCE**

Colocar fora de alcance significa estabelecer distâncias mínimas que devem ser obedecidas nas passagens do pessoal da manutenção/operação, quando for assegurada a proteção parcial por obstáculos.

O volume indicado nos desenhos apresentados é conhecido como zona de alcance normal.

Em locais onde objetos condutivos compridos ou volumosos forem manipulados de forma habitual, os afastamentos devem ser aumentados levando-se em conta as dimensões de tais objetos.

#### **4m) SEPARAÇÃO ELÉTRICA**

A separação elétrica é uma das medidas de proteção contra choques elétricos prevista na ABNT NBR 5410/2004.

A separação elétrica é realizada utilizando-se um transformador, que chamamos de transformador de separação. Tem esse nome porque a transferência da energia se dá pelo meio magnético e nenhum condutor vivo do enrolamento secundário, inclusive o neutro, é aterrado ou tem ligação com condutores do enrolamento primário.

Alguns profissionais da área de instalações elétricas alegam conflitos entre as disposições desta medida de proteção e a prática das instalações.

A massa de um equipamento alimentado por uma fonte de separação não deve ser aterrada ou interligada a quaisquer outras massas de outros equipamentos ou elementos condutivos estranhos à instalação elétrica. No entanto, se a fonte de separação alimenta mais de um equipamento, as massas destes equipamentos devem ser interligadas por um condutor PE próprio, de equipotencialização.

Um exemplo prático é o caso de salas cirúrgicas de hospitais, alimentadas por transformador de separação e com condutor de proteção e equipotencialização destinado às massas de todos os equipamentos por ele alimentados.

A segurança contra choques elétricos baseia-se na manutenção das condições impostas pelo transformador de separação.

Como não há circulação de corrente pelo condutor de proteção, não há existência do choque elétrico. Isso não impede a ocorrência de choque elétrico se forem tocados simultaneamente os condutores que saem do enrolamento secundário deste transformador de separação.

### **5. NORMAS TÉCNICAS BRASILEIRAS**

Normas técnicas são documentos elaborados para permitir padronização e aumento da segurança de produtos, serviços e instalações.

São elaboradas em quatro níveis:

- Internacional: Normas como ISO (International Organization for Standardization) e IEC (International Electrotechnical Commission), resultantes da cooperação e acordo entre nações com interesses comuns. São destinadas a uso internacional.
- Regional: Normas estabelecidas por um limitado grupo de países de um mesmo continente para benefício mútuo. São exemplos COPANT (Comissão Pan-Americana de Normas Técnicas) e ASMO (Países Árabes).
- Nacional: Normas editadas após verificação de consenso dos interessados em um país, por uma organização nacional de normas que seja reconhecida como autoridade no respectivo país. Exemplos: ABNT (Brasil), AFNOR (França), ANSI (EUA), DIN (Alemanha), JISC (Japão), CAS (China).
- Empresa: são normas estabelecidas por grandes empresas ou grupos empresariais.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é uma entidade privada sem fins lucrativos, o Fórum Nacional de Normalização. Foi fundada em 1940 para fornecer a base necessária ao desenvolvimento tecnológico brasileiro. É o órgão responsável pela normalização técnica no país.

A ABNT é constituída de Comitês Brasileiros, que mantêm Comissões de Estudo em atividades nas mais diversas áreas. Estas comissões são integradas por associados, produtores, órgãos de defesa do consumidor, governo, entidades de classe, universidades, escolas técnicas e outras entidades, que analisam e debatem propostas de projetos de norma.

Os principais objetivos da ABNT são:

- elaborar normas técnicas e fomentar seu uso nos campos científico, técnico, industrial, comercial, agrícola, de serviços e outros correlatos, além de mantê-las atualizadas;
- incentivar e promover a participação das comunidades técnicas na pesquisa e no desenvolvimento e a difusão da normalização no país;
- representar o Brasil nas entidades internacionais de normalização técnica;
- colaborar com organismos similares estrangeiros, intercambiando normas e informações técnicas;
- colaborar com o estado no estudo e solução dos problemas que se relacionem com a normalização técnica em geral;
- conceder diretamente ou através de terceiros, marca de conformidade e certificados de qualidade referentes a produtos e sistemas;
- intermediar, junto aos poderes públicos, os interesses da sociedade civil no tocante aos assuntos de normalização técnica.

O Comitê Brasileiro de Eletricidade (CB-3) é responsável pelas normas técnicas que envolvem as instalações elétricas e afins, entre elas:

NBR 5413	– Iluminância de interiores
NBR 5418	– Instalações elétricas em atmosferas explosivas
NBR 5419	– Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas
NBR 10898	– Sistema de iluminação de emergência
NBR 13534	– Instalações elétricas em ambientes assistenciais de saúde
NBR 13570	– Instalações elétricas em locais de afluência de público
NBR 14639	– Posto de Serviço – Instalações elétricas

As mais importantes normas técnicas brasileiras relacionadas a instalações elétricas são:

NBR 5410	– Instalações elétricas de baixa tensão
NBR 14039	– Instalações elétricas de média tensão

## INTRODUÇÃO

Os processos industriais exigem controle na fabricação de seus produtos. Os processos são muito variados e abrangem muitos tipos de produtos como pôr exemplo: a fabricação dos derivados do petróleo, produtos alimentícios, à indústria de papel e celulose, etc.

Em todo este processos é absolutamente necessário controlar e manter constantes algumas variáveis, tais como pressão, vazão, temperatura, nível, PH, condutividade, velocidade, umidade, etc. Os instrumentos de medição e controle permitem manter constantes as variáveis do processo com os seguintes objetivos: melhoria em qualidade do produto, aumento em quantidade do produto e segurança.

No princípio da era industrial, o operário atingia os objetivos citados através de controle manual destas variáveis utilizando somente instrumentos simples, manômetro, termômetro e válvulas manuais, etc. e isto era suficiente porque os processos eram simples.

Com o passar do tempo os processos foram se complicando exigindo um aumento da automação nos processos industriais, através dos instrumentos de medição e controle. Enquanto isto os operadores iam se liberando de sua atuação física direta no processo e ao mesmo tempo ia permitindo a centralização das variáveis em uma única sala.

Devido a centralização das variáveis do processo podemos fabricar produtos que seriam impossíveis através do controle manual. Mas para atingir o nível que estamos hoje, os sistemas de controle sofreram grandes transformações tecnológicas como veremos a seguir: controle manual, controle mecânica e hidráulico, controle pneumático, controle elétrico, controle eletrônico e atualmente controle digital.

Os processos industriais podem dividir-se em dois tipos: processos contínuos e processos descontínuos. Em ambos os tipos deve manter-se as variáveis próximo aos valores desejados.

O sistema de controle que permite fazer isto define-se como aquele que compara o valor da variável do processo com o valor desejado e toma uma atitude de correção de acordo com o desvio existente sem que a operação intervenha.

Para que se possa fazer esta comparação e conseqüentemente a correção é necessário que se tenha uma unidade de medida, uma unidade de controle e um elemento final de controle no processo.

Este conjunto de unidades forma uma malha de controle. A malha de controle pode ser aberta ou fechada. No exemplo acima vemos uma malha fechada e no exemplo abaixo vemos uma malha de controle aberta.

## DEFINIÇÕES EM CONTROLE

Os instrumentos de controle empregados na indústria de processos tais como, química, siderúrgica, papel, etc. tem sua própria terminologia. Os termos utilizados definem as características próprias de medida e controle dos diversos instrumentos utilizados: indicadores, registradores, controladores, transmissores e válvulas de controle.

A terminologia empregada é unificada entre os fabricantes e os usuários e os organismos que intervêm diretamente ou indiretamente no campo da instrumentação industrial.

### Classes de Instrumentos

Podemos classificar os instrumentos e dispositivos utilizados em instrumentação de acordo com a função que o mesmo desempenha no processo.

a) Indicador: Instrumento que dispõe de um ponteiro e de uma escala graduada na qual podemos ler o valor da variável. Existem também indicadores digitais que indicam a variável em forma numérica com dígitos ou barras gráficas.

b) Registrador: Instrumento que registra a(s) variável(s) através de um traço contínuo ou pontos em um gráfico.

c) Transmissor: Instrumento que determina o valor de uma variável no processo através de um elemento primário, tendo o mesmo sinal de saída (pneumático ou eletrônico) cujo valor varia apenas em função da variável do processo.

d) Transdutor: Instrumento que recebe informações na forma de uma ou mais quantidades físicas, modifica caso necessário as informações e fornece um sinal de saída resultante. Dependendo da

aplicação, o transdutor pode ser um elemento primário, um transmissor ou outro dispositivo. O conversor é um tipo de transdutor que trabalha apenas com sinais de entrada e saída padronizados .

e) Controlador: Instrumento que compara a variável controlada com um valor desejado e fornece um sinal de saída a fim de manter a variável controlada em um valor específico ou entre valores determinados. A variável pode ser medida, diretamente pelo controlador ou indiretamente através do sinal de um transmissor ou transdutor.

f) Elemento Final de Controle: Instrumento que modifica diretamente o valor da variável manipulada de uma malha de controle.

OBS.: Também são classificados em instrumentos de painel, campo, à prova de explosão, poeira, líquido, etc. Combinações dessas classificações são efetuadas formando instrumentos conforme necessidades.

### **Faixa de Medida ( Range )**

Conjunto de valores da variável medida que estão compreendidos dentro do limite superior e inferior da capacidade de medida ou de transmissão do instrumento. Se expressa determinando os valores extremos.

Exemplo: 100 à 5000C

0 à 20 PSI

### **Alcance ( Span )**

É a diferença algébrica entre o valor superior e inferior da faixa de medida do instrumento.

Exemplo: Um instrumento com range de 100 - 5000C.

Seu Span é de 4000C.

### **Erro**

É a diferença entre o valor lido ou transmitido pelo instrumento em relação ao valor real da variável medida. Se tivermos o processo em regime permanente chamaremos de erro estático que poderá ser positivo ou negativo dependente da indicação do instrumento o qual poderá estar indicando a mais ou menos.

Quando tivermos a variável alterando seu valor ao longo do tempo teremos um atraso na transferência de energia do meio para o medidor. O valor medido estará geralmente atrasado em relação ao valor real da variável. Esta diferença entre o valor real e o valor medido é chamado de erro dinâmico.

### **Exatidão**

Podemos definir como sendo a aptidão de um instrumento de medição para dar respostas próximas a um valor verdadeiro .

A exatidão pode ser descrita de três maneiras :

- Percentual do Fundo de Escala ( % do F.E. )
- Percentual do Span ( % do Span )
- Percentual do Valor Lido ( % do V.L. )

Exemplo : Para um sensor de Temperatura com Range de 50 a 250 oC e valor medido 100 oC determine o intervalo provável do valor real para as seguintes condições :

a ) Exatidão 1% do Fundo de Escala

Valor real = 100 oC  $\pm$  ( 0,01 . 250 ) = 100 oC  $\pm$  2,5 oC

b ) Exatidão 1% do Span

Valor real = 100 oC  $\pm$  ( 0,01 . 200 ) = 100 oC  $\pm$  2,0 oC

c ) Exatidão 1% do Valor Lido ( Instantâneo )

Valor real = 100 oC  $\pm$  ( 0,01 . 100 ) = 100 oC  $\pm$  1,0 oC

#### **1.2.6 – Rangeabilidade ( Largura de Faixa )**

É a relação entre o valor máximo e o valor mínimo lidos com a mesma exatidão na escala de um instrumento .

Exemplo : Para um sensor de vazão cuja escala é 0 a 300 GPM com exatidão de 1 % do Span e rangeabilidade 10 : 1 significa que a exatidão será respeitada entre 30 e 300 GPM .

## Terminologia

As normas de instrumentação estabelecem símbolos, gráficos e codificação para identificação alfanumérica de instrumentos ou funções programadas que deverão ser utilizadas nos diagramas e malhas de controle de projetos de instrumentação.

De acordo com a norma ISA-S5, cada instrumento ou função programada será identificada pôr um conjunto de letras que o classifica funcionalmente e um conjunto de algarismos que indica a malha à qual o instrumento ou função programada pertence.

Eventualmente, para completar a identificação, poderá ser acrescido um sufixo.

A figura na próxima página mostra um exemplo de instrumento identificado de acordo com a norma pré estabelecida.

<b>P</b>	<b>RC</b>	<b>001</b>	<b>02</b>	<b>A</b>	<b>S U F I X O</b>
Variável	Função	Área da Atividade	Nº Seqüencial da Malha		
Identificação Funcional		Identificação da Malha			
Identificação do Instrumento					

Onde:

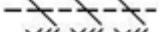
- P - Variável medida - Pressão
- R - Função passiva ou de informação - Registrador
- C - Função ativa ou de saída - Controlador
- 001 - Área de atividade, onde o instrumento atua
- 02 - Número seqüencial da malha
- A - Sufixo

De acordo com a tabela da próxima página pode-se obter combinações possíveis de acordo com o funcionamento dos dispositivos automáticos.

Exemplos:

- T - Temperatura      F - Vazão
- R - Registrador      C - Controladora
- C - Controlador      V - Válvula
- P - Pressão      L - Nível
- I - Indicador      G - Visor

## Símbolos Utilizados nos Fluxogramas de Processo

	Suprimento ou impulso		Sinal não definido
	Sinal Pneumático		Sinal Elétrico
	Sinal Hidráulico		Tubo capilar
	Sinal eletromagnético ou sônico guiado		Sinal eletromagnético ou sônico não guiado
	Ligação por software		Ligação mecânica
	Sinal binário pneumático		Sinal binário elétrico

## Simbologia Geral em Instrumentação

1ª LETRA			LETRAS SUCESSIVAS		
	Variável Medida	Letra de Modificação	Função de Leitura Passiva	Função de Saída	Letra de Modificação
A	Analizador		Alarme		
B	Queimador (Chama)				
C	Condutibilidade Elétrica			Controlador	
D	Densidade ou Peso Específico	Diferencial			
E	Tensão (Fem)		Elemento Primário		
F	Vazão	Relação			
G	Medida Dimensional		Visor		
H	Comando Manual				Alto
I	Corrente Elétrica		Indicação ou Indicador		
J	Potência	Varredura			
K	Tempo ou Programa			Estação de Controle	
L	Nível		Lâmpada Piloto		Baixo
M	Umidade				Medio ou Intermediário
O			Placa de Orifício		
P	Pressão		Tomada de Impulso		
Q	Quantidade	Integração			
R	Radioatividade		Registrador		
S	Velocidade ou Frequência	Segurança		Chave ou Interruptor	
T	Temperatura			Transmissão Transmissor	
U	Multivariáveis		Multifunção	Multifunção	Multifunção
V	Viscosidade			Válvula	
W	Peso ou Força		Poço		
Y				Relé ou Computador	
Z	Posição			Elemento Final de Controle	

<b>Painel Principal acessível ao operador</b>	<b>Montado no Campo</b>	<b>Painel Auxiliar acessível ao operador</b>	<b>Painel Auxiliar não acessível ao operador</b>
---	-------------------------	--	--



Instrumentos Discretos				
Instrumentos Compartilhados				
Computador de Processo				
Controlador Lógico Programável				

### PRINCIPAIS SISTEMAS DE MEDIDA

Os sistemas podem ser classificados quanto à natureza de suas unidades fundamentais, quanto ao valor dessas unidades e também quanto às relações escolhidas na determinação dos derivados.

- Quanto à Natureza: Dois são os sistemas principais: L.M.T. e L.F.T.

a) L.M.T. - Tem como grandezas fundamentais:

comprimento = L  
 massa = M  
 tempo = T

b) L.F.T. - Tem como grandezas fundamentais:

comprimento = L  
 força = F  
 tempo = T

- Quanto ao Valor Atribuído: As unidades fundamentais, temos:

a) Tipo L.M.T.

- 1o) Físico ou Cegesimal (C.G.S.) : centímetro, grama, segundo.
- 2o) Industrial Francês (M.T.S.) : metro, tonelada, segundo.
- 3o) Métrico Decimal (M.K.S.) : metro, quilograma, segundo.
- 4o) Absoluto Inglês (Ft, Pd, S): pé, libra, segundo.

b) Tipo L.F.T.

- 1o) Prático, Terrestre ou Gravitatório (M.Kgf.S.) : metro, quilograma força, segundo.
- 2o) Prático Inglês (Ft, Pd, Sec.) : pé, libra-força, segundo.

- Quanto às Relações: Se forem escolhidas na derivação, pode haver, às vezes, liberdade de escolha. Citaremos como exemplo, a unidade de volume.

### Sistema Métrico Decimal

Criado oficialmente no ano de 1.795, passou a ser obrigatório na França, a partir de 1.840. No Brasil, foi oficializado a partir de 1.862. Tem como unidades fundamentais o metro, o quilograma e o segundo (M.K.S.).

- Metro: Inicialmente foi definido como distância correspondente à décima milionésima parte de um quarto do meridiano terrestre.

Atualmente é definido em função do padrão depositado no Gabinete Internacional de Pesos e Medidas, em Sèvres, França.

- Quilograma: Inicialmente, foi definido como a massa de um decímetro cúbico de água destilada, considerada a 400C. Hoje, é definido em função do padrão, também em Sèvres, adotado como quilograma - padrão.
- Segundo: Fração de tempo correspondente a  $1/86.400$  o dia solar médio.

### **Sistema Físico ou Cegesimal**

Criado pelo 10 Congresso Internacional de Eletricistas, reunido em Paris, em 1.881, que aprovou proposta de Lord Kelvin. Tem como unidades fundamentais o centímetro, o grama e o segundo (C.G.S.).

- Centímetro: Centésima parte do metro - padrão.
- Grama: Milionésima parte da massa do quilograma - padrão.
- Segundo: Tem a mesma definição citada anteriormente.

### **Sistema Industrial Francês**

Tem como unidades fundamentais o metro, a tonelada e o segundo (M.T.S.), definidas em função do sistema métrico decimal.

#### **- Sistema Prático ou Gravitatório**

Sancionado em 1.901 pela 3a Conferência Geral de Pesos e Medidas, surgiu pelo desvirtuamento do sistema decimal, em consequência da confusão entre peso e massa. A unidade de massa do sistema decimal, definida em função da massa do decímetro cúbico de água, passou a ser considerada como peso do decímetro cúbico de água.

Como sabemos, o peso é uma força que varia de um lugar para outro, em função da gravidade. As derivadas do sistema decimal foram, no entanto, estabelecidas em função do quilograma - peso e não do quilograma - massa, como deveria ser. As verdadeiras derivadas do sistema decimal nunca foram usadas e as definidas em função do quilograma - peso tornaram-se de uso universal. Em 1901, fixou-se então, o valor do quilograma - peso e ficou oficializado o sistema. Suas unidades fundamentais são: o metro, o quilograma - força e o segundo (M.Kgf.S.).

OBS.: O quilograma - força é o peso do quilograma - padrão na latitude de 45º ou força que, atuando sobre a massa do quilograma - padrão, imprime-lhe a aceleração de 9,80665 metros pôr segundo, em cada segundo. O metro e o segundo são do sistema decimal.

### **Sistemas Ingleses**

Enquanto as diversas nações foram sucessivamente oficializando o sistema decimal com exclusão de qualquer outro, as nações da língua inglesa, tornaram-no legal apenas, conservando no entanto, o sistema tradicionalmente em uso. Devemos considerar na Inglaterra o sistema absoluto e o prático.

### **Sistema Absoluto**

Tem como unidades fundamentais: o pé (foot), a libra (pound) e o segundo (second).

- a) Foot: Um terço da distância entre os eixos de dois traços paralelos gravados transversalmente numa barra de bronze, reconhecida como a Imperial Standard Yard (Jarda Padrão) e depositada no Board of Trade, em Londres. A medida deve ser efetuada a temperatura de 62ºF. Divide-se em 12 polegadas (inches) e equivale a 0,3048 metros.
- b) Pound: Massa de um cilindro de platina iridiada reconhecida como a Imperial Standard Pound (libra-padrão) e depositada na Board of Tradem, em Londres. Divide-se em 16 onças e equivale a 453,592 gramas.
- c) Second: É a mesma fração de tempo dos outros sistemas.

### **Sistema Prático**

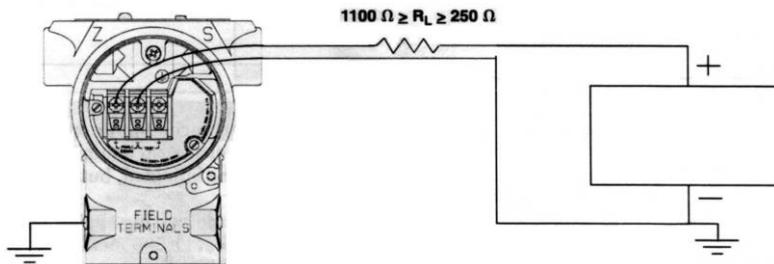
Surgiu da mesma confusão entre peso e massa que originou a deturpação do sistema métrico-decimal. É o sistema realmente usado e a libra-peso assim se define:

- a) Pound Force: É o peso Imperial Standard Pound na latitude de 45º ou é a força que atuando sobre a massa da Imperial Standard Pound lhe imprime a aceleração de 32,174 m/seg.

## TELEMETRIA

Chamamos de Telemetria à técnica de transportar medições obtidas no processo à distância, em função de um instrumento transmissor.

A transmissão à distância dos valores medidos está tão intimamente relacionada com os processos contínuos, que a necessidade e as vantagens da aplicação da telemetria e do processamento contínuo



se entrelaçam.

Um dos fatores que se destacam na utilização da telemetria é a possibilidade de centralizar instrumentos e controles de um determinado processo em painéis de controle ou sala de controle.

Teremos, a partir daqui, inúmeras vantagens, as quais não são difíceis de imaginar:

- Os instrumentos agrupados podem ser consultados mais facilmente e rapidamente, possibilitando à operação uma visão conjunta do desempenho da unidade.
- Podemos reduzir o número de operadores com simultâneo aumento da eficiência do trabalho.
- Cresce consideravelmente a utilidade e a eficiência dos instrumentos face as possibilidades de pronta consulta, manutenção e inspeção, em situação mais acessível, mais protegida e mais confortável.

## TRANSMISSORES

Os transmissores são instrumentos que medem uma variável do processo e a transmitem, à distância, a um instrumento receptor, indicador, registrador, controlador ou a uma combinação destas.

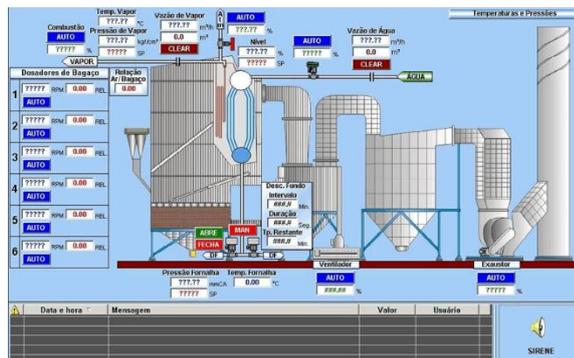
Existem vários tipos de sinais de transmissão: pneumáticos, elétricos, hidráulicos e eletrônicos.

## REDES DE COMUNICAÇÃO INDUSTRIAIS

Nas fábricas atuais, é importante saber o que produz, quanto se produz e a disponibilidade dos recursos de produção. A velocidade de trânsito destas informações significa um elevado retorno proporcional. A incrível evolução da informática em todas as áreas do conhecimento humano tem permitido a implementação do conceito de inteligência distribuída em ambientes industriais. A utilização de equipamentos inteligentes em máquinas ou processos para controle ou na aquisição pura e simples da informação é o primeiro passo para a automação industrial completa. Interligar estes equipamentos é o passo seguinte; a construção de um sistema de aquisição de informações apto ao acompanhamento em tempo real da produção do maquinário envolvido ou do estado do processo em funcionamento é conseqüência quase obrigatória.

Uma rede de comunicação para sistemas de automação industrial é um conjunto de sistemas independentes, autônomos e interconectados de forma a permitir a troca de informações entre si. Uma rede oferece os meios físicos e lógicos que permitam a integração do sistema através da troca de informações. As redes para sistemas de automação, podem ser classificadas, conforme sua finalidade em: Redes de Campo; de Controle e de Gerenciamento de Fábrica. Neste momento daremos uma ênfase maior nas redes de campo.

Podemos citar, como exemplo destas redes, os seguintes padrões:



que se  
pode  
A  
áreas

- HART
- ASI - ACTUATOR SENSOR INTERFACE
- DEVICENET
- PROFIBUS DP E PA
- FIELDBUS FOUNDATION

### DISPOSITIVOS PARA MEDIÇÃO DE PRESSÃO

O instrumento mais simples para se medir pressão é o manômetro, que pode ter vários elementos sensíveis e que podem ser utilizados também pôr transmissores e controladores. Vamos então ao estudo de alguns tipos de elementos sensíveis.

- Tubo de Bourdon
- Membrana ou Diafragma
- Fole
- Coluna de Líquido
- Manômetro de tubo em "U"
- Manômetro de Coluna Reta Inclinada
- Manômetro de Coluna Reta Vertical
- Sensor tipo Capacitivo
- Sensor tipo Strain Gauge ou Piezoresistivo
- Sensor pôr Silício Ressonante
- Sensor tipo Piezoelétrico

### DISPOSITIVOS PARA MEDIÇÃO DE NÍVEL

Nível é a altura do conteúdo de um reservatório. O conteúdo pode ser sólido ou líquido. Através da determinação de nível de um reservatório temos condições:

- Avaliar o estoque de tanques de armazenamento.
- Controle de processos contínuos onde existam volumes líquidos sólidos de acumulação temporária, amortecimento, mistura, residência, etc.
- Segurança de alguns processos onde o nível do produto não ultrapassar uma determinada faixa .

Métodos de medição de nível de líquido

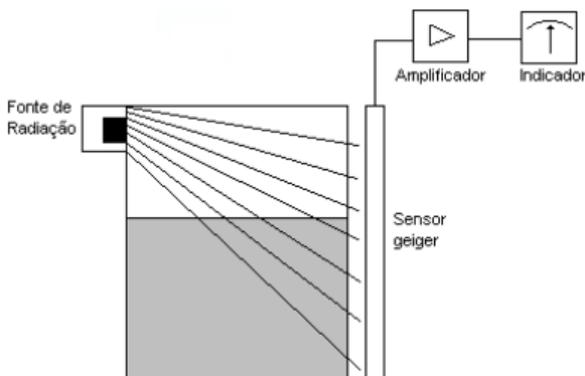
Os três métodos básicos de medição de nível são:

- direto
- indireto
- descontínuo



ou

pode



#### MEDIÇÃO DIRETA

É a medição que tomamos como referência em relação a posição do plano superior da substância medida. Neste tipo de medição podemos utilizar réguas ou gabaritos, visores de nível, bóia ou flutuador.

#### MEDIÇÃO INDIRETA

Neste tipo de medição são usadas propriedades físicas ao nível como: pressão, empuxo, radiação e propriedades elétricas.

### MEDIDORES DESCONTÍNUOS DE NÍVEL

Estes medidores são empregados para fornecer indicação apenas quando o nível atinge certos pontos desejados.

Nos líquidos que conduzem eletricidade, podemos mergulhar eletrodos metálicos de comprimento diferente. Quando houver condução entre os eletrodos teremos a indicação de que o nível atingiu a altura do último eletrodo alcançado pelo líquido.

### TEMPERATURA E CALOR

Todas as substâncias são constituídas de pequenas partículas, as moléculas que se encontram em contínuo movimento. Quanto mais rápido o movimento das moléculas mais quente se apresenta o corpo e quanto mais lento mais frio se apresenta o corpo.

Então define-se temperatura como o grau de agitação térmica das moléculas.

Na prática a temperatura é representada em uma escala numérica, onde, quanto maior o seu valor, maior é a energia cinética média dos átomos do corpo em questão.

Outros conceitos que se confundem às vezes com o de temperatura são:

. Energia Térmica.

. Calor.

A Energia Térmica de um corpo é a somatória das energias cinéticas, dos seus átomos, e além de depender da temperatura, depende também da massa e do tipo de substância.

Calor é energia em trânsito ou a forma de energia que é transferida através da fronteira de um sistema em virtude da diferença de temperatura.

Até o final do século XVI, quando foi desenvolvido o primeiro dispositivo para avaliar temperatura, os sentidos do nosso corpo foram os únicos elementos de que dispunham os homens para dizer se um certo corpo estava mais quente ou frio do que um outro, apesar da inadequação destes sentidos sob ponto de vista científico.

A literatura geralmente reconhece três meios distintos de transmissão de calor: condução, radiação e convecção.

### Condução

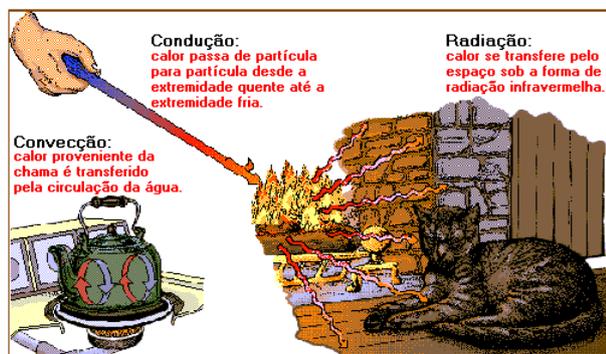
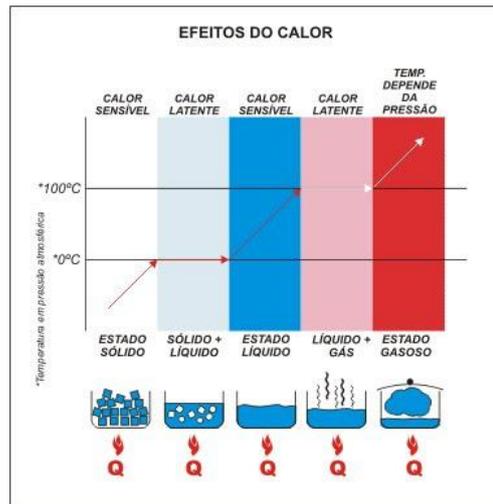
A condução é um processo pelo qual o calor flui de uma região de alta temperatura para outra de temperatura mais baixa, dentro de um meio sólido, líquido ou gasoso ou entre meios diferentes em contato físico direto.

### Radiação

A radiação é um processo pelo qual o calor de um corpo de alta temperatura para um baixa, quando os mesmos estão separados espaço, ainda que exista um vácuo entre eles.

### Convecção

A convecção é um processo de transporte energia pela ação combinada da condução calor, armazenamento de energia e movimento da mistura. A convecção é mais importante como mecanismo de transferência de energia ( calor ) entre uma superfície sólida e um líquido ou gás.



flui  
de  
no

de  
de

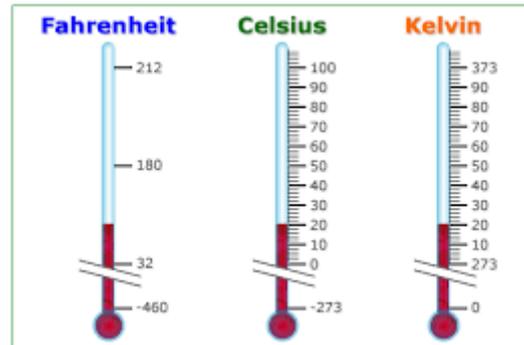
### ESCALAS DE TEMPERATURA

Desde o início da termometria, os cientistas, pesquisadores e fabricantes de termômetro, sentiam a dificuldade para atribuir valores de forma padronizada à temperatura por meio de escalas reproduzíveis, como existia na época, para Peso, Distância, Tempo.

Em 1706 Daniel Gabriel Fahrenheit, um fabricante de termômetros de Amsterdã, definiu uma escala de temperatura, a qual possui 3 pontos de referência – 0, 48 e 96. Números que representavam nas suas palavras o seguinte:- "...48 no meu termômetro é o meio entre o frio mais intenso produzido artificialmente por uma mistura de água, gelo e sal-amoniaco, ou mesmo sal comum, e aquela que é encontrada (temperatura) no sangue de um homem saudável ..."

Fahrenheit encontrou, que na sua escala o ponto de fusão do gelo valia 32 e o de ebulição da água 212 aproximadamente. Estes pontos, posteriormente foram considerados mais reprodutíveis e foram definidos como exatos e adotados como referência.

Em 1742, Anders Celsius, professor de Astronomia na Suécia, propôs uma escala com o zero no ponto de ebulição da água e 100 no ponto de fusão do gelo, no ano seguinte Christian de Lyons independentemente sugeriu a familiar escala centigrada (atualmente chamada escala Celsius).



### Escalas

As escalas que ficaram consagradas pelo uso foram Fahrenheit e a Celsius. A escala Fahrenheit é definida atualmente com o valor 32 no ponto de fusão do gelo e 212 no ponto de ebulição da água. O intervalo entre estes dois pontos é dividido em 180 partes iguais, e cada parte é um grau Fahrenheit. Toda temperatura na escala Fahrenheit é identificada com o símbolo "°F" colocado após o número (ex. 250°F).

A escala Celsius é definida atualmente com o valor zero no ponto de fusão do gelo e 100 no ponto de ebulição da água. O intervalo entre os dois pontos está dividido em 100 partes iguais, e cada parte é um grau Celsius. A denominação "grau centígrado" utilizada anteriormente no lugar de "Grau Celsius", não é mais recomendada, devendo ser evitado o seu uso.

A identificação de uma temperatura na escala Celsius é feita com o símbolo " °C " colocado após o número (Ex.: 160°C).

Tanto a escala Celsius como a Fahrenheit, são relativas, ou seja, os seus valores numéricos de referência são totalmente arbitrários.

Se abaixarmos a temperatura continuamente de uma substância, atingimos um ponto limite além do qual é impossível ultrapassar, pela própria definição de temperatura. Este ponto, onde cessa praticamente todo movimento atômico, é o zero absoluto de temperatura.

Através da extrapolação das leituras do termômetro à gás, pois os gases se liqüefazem antes de atingir o zero absoluto, calculou-se a temperatura deste ponto na escala Celsius em -273,15°C.

Existem escalas absolutas de temperatura, assim chamadas porque o zero delas é fixado no zero absoluto de temperatura.

Existem duas escalas absolutas atualmente em uso: a Escala Kelvin e a Rankine.

A Escala Kelvin possui a mesma divisão da Celsius, isto é, um grau Kelvin é igual à um grau Celsius, porém o seu zero se inicia no ponto de temperatura mais baixa possível, 273,15 graus abaixo do zero da Escala Celsius.

A Escala Rankine possui obviamente o mesmo zero da escala Kelvin, porém sua divisão é idêntica à da Escala Fahrenheit. A representação das escalas absolutas é análoga às escalas relativas:- Kelvin ==> 400K (sem o símbolo de grau " ° "). Rankine ==> 785R.

A Escala Fahrenheit é usada principalmente na Inglaterra e Estados Unidos da América, porém seu uso tem declinado a favor da Escala Celsius de aceitação universal.

A Escala Kelvin é utilizada nos meios científicos no mundo inteiro e deve substituir no futuro a escala Rankine quando estiver em desuso a Fahrenheit.

Existe uma outra escala relativa a Reamur, hoje já praticamente em desuso. Esta escala adota como zero o ponto de fusão do gelo e 80 o ponto de ebulição da água. O intervalo é dividido em oitenta partes iguais. (Representação - °Re).

## Escala Internacional de Temperatura

Para melhor expressar as leis da termodinâmica, foi criada uma escala baseada em fenômenos de mudança de estado físico de substâncias puras, que ocorrem em condições únicas de temperatura e pressão. São chamados de pontos fixos de temperatura.

Chama-se esta escala de IPTS - Escala Prática Internacional de Temperatura. A primeira escala prática internacional de temperatura surgiu em 1927 modificada em 1948 (IPTS-48). Em 1960 mais modificações foram feitas e em 1968 uma nova Escala Prática Internacional de Temperatura foi publicada (IPTS-68).

A mudança de estado de substâncias puras (fusão, ebulição) é normalmente desenvolvida sem alteração na temperatura. Todo calor recebido ou cedido pela substância é utilizado pelo mecanismo de mudança de estado.

## Normas

Com o desenvolvimento tecnológico diferente em diversos países, criou-se uma série de normas e padronizações, cada uma atendendo uma dada região. As mais importantes são:

ANSI - AMERICANA  
DIN - ALEMÃ  
JIS - JAPONESA  
BS - INGLESA  
UNI - ITALIANA



ASSOCIAÇÃO  
BRASILEIRA  
DE NORMAS  
TÉCNICAS

Para atender as diferentes especificações técnicas na área da termometria, cada vez mais se somam os esforços com o objetivo de unificar estas normas. Para tanto, a Comissão Internacional Eletrotécnica - IEC, vem desenvolvendo um trabalho junto aos países envolvidos neste processo normativo, não somente para obter normas mais completas e aperfeiçoadas mas também de prover meios para a internacionalização do mercado de instrumentação relativo a termopares.

Como um dos participantes desta comissão, o Brasil através da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, está também diretamente interessado no desdobramento deste assunto e vem adotando tais especificações como Normas Técnicas Brasileiras.

## MEDIDORES DE TEMPERATURA POR DILATAÇÃO/EXPANSÃO

### Termômetros de dilatação de líquido em recipiente vidro

É constituído de um reservatório, cujo tamanho depende sensibilidade desejada, soldada a um tubo capilar de seção mais uniforme possível fechado na parte superior.

O reservatório e parte do capilar são preenchidos de um líquido. Na parte superior do capilar existe um alargamento protege o termômetro no caso da temperatura ultrapassar limite máximo.

Após a calibração, a parede do tubo capilar é graduada em ou frações deste. A medição de temperatura se faz pela leitura da escala no ponto em que se tem o topo da coluna líquida.

Os líquidos mais usados são: Mercúrio, Tolueno, Álcool e Acetona

Nos termômetros industriais, o bulbo de vidro é protegido por um poço metálico e o tubo capilar por um invólucro metálico.



de

da

,

que  
seu

graus

### Termômetro de dilatação de líquido em recipiente metálico.

Neste termômetro, o líquido preenche todo o recipiente e sob o efeito de um aumento de temperatura se dilata, deformando um elemento extensível (sensor volumétrico).

## TERMÔMETROS À PRESSÃO DE GÁS

### Princípio de funcionamento

Fisicamente idêntico ao termômetro de dilatação de líquido, consta um bulbo, elemento de medição e capilar de ligação entre estes elementos.

O volume do conjunto é constante e preenchido com um gás a alta pressão. Com a variação da temperatura, o gás varia sua pressão conforme, aproximadamente a lei dos gases perfeitos, com o elemento de medição operando como medidor de pressão. A Lei Gay - Lussac, expressa matematicamente este conceito:

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} = \dots = \frac{P_n}{T_n}$$

Observa-se que as variações de pressão são linearmente dependentes da temperatura, sendo o volume constante.



de  
dois

de

## TERMÔMETROS À DILATAÇÃO DE SÓLIDOS (TERMÔMETROS BIMETÁLICOS)

### Princípio de funcionamento

Baseia-se no fenômeno da dilatação linear dos metais com a temperatura.

### Medição de temperatura COM Termopar

Um termopar consiste de dois condutores metálicos, de natureza distinta, na forma de metais puros ou de ligas homogêneas. Os fios são soldados em um extremo ao qual se dá o nome de junta quente ou junta de medição. A outra extremidade dos fios é levada ao instrumento de medição de f.e.m. ( força eletromotriz ), fechando um circuito elétrico por onde flui a corrente.

O ponto onde os fios que formam o termopar se conectam ao instrumento de medição é chamado de junta fria ou de referência.

O aquecimento da junção de dois metais gera o aparecimento de uma f.e.m.. Este princípio conhecido por efeito Seebeck propiciou a utilização de termopares para a medição de temperatura

Podemos dividir os termopares em três grupos, a saber:



- Termopares Básicos
- Termopares Nobres
- Termopares Especiais

### TERMOPAR DE ISOLAÇÃO MINERAL

O termopar de isolação mineral é constituído de um ou dois pares termoelétricos, envolvidos por um pó isolante de óxido de magnésio, altamente compactado em uma bainha externa metálica. Devido a esta construção, os condutores do par termoelétrico ficam totalmente protegidos contra a atmosfera exterior, conseqüentemente a durabilidade do termopar depende da resistência a corrosão da sua bainha e não da resistência a corrosão dos condutores. Em função desta

característica, a escolha do material da bainha é fator importante na especificação destes.

### Medição de Temperatura por termorresistência

Os métodos de utilização de resistências para medição de temperatura iniciaram-se ao redor de 1835, com Faraday, porém só houve condições de se elaborar as mesmas para utilização em processos industriais a partir de 1925.

Esses sensores adquiriram espaço nos processos industriais por suas condições de alta estabilidade mecânica e térmica, resistência à contaminação, baixo índice de desvio pelo envelhecimento e tempo de uso.

Devido a estas características, esse sensor é padrão internacional para a medição de temperatura na faixa de -270 °C a 660 °C. em seu modelo de laboratório.

### CARACTERÍSTICAS DA TERMORESISTÊNCIA DE PLATINA

As termorresistências Pt - 100 são as mais utilizadas industrialmente, devido a sua grande estabilidade, larga faixa de utilização e alta precisão. Devido a alta estabilidade das termorresistências de

platina, as mesmas são utilizadas como padrão de temperatura na faixa de  $-270\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $660\text{ }^{\circ}\text{C}$ . A estabilidade é um fator de grande importância na indústria, pois é a capacidade do sensor manter e reproduzir suas características ( resistência - temperatura ) dentro da faixa especificada de operação.

Outro fator importante num sensor Pt 100 é a repetibilidade, que é a característica de confiabilidade da termorresistência. Repetibilidade deve ser medida com leitura de temperaturas consecutivas, verificando-se a variação encontrada quando de medição novamente na mesma temperatura.

O tempo de resposta é importante em aplicações onde a temperatura do meio em que se realiza a medição está sujeito a mudanças bruscas.

Considera-se constante de tempo como tempo necessário para o sensor reagir a uma mudança de temperatura e atingir 63,2 % da variação da temperatura.

### **MEDIÇÃO DE TEMPERATURA POR RADIAÇÃO**

Ao se medirem temperaturas em que o contato físico com o meio é impossível ou impraticável, faz-se uso da pirometria óptica ou de radiação térmica.

Um corpo aquecido emite energia mesmo que esteja no vácuo. Esta energia, a radiação térmica, é transportada por ondas eletromagnéticas, como a energia luminosa, mas com predominância de frequências bem menores que as do espectro visível, enquanto o corpo está à temperatura não muito elevada.

À medida que se aquece um corpo, a partir de temperaturas da ordem de  $500\text{ }^{\circ}\text{C}$ , o corpo começa a ficar visível porque começa a emitir radiações que tem uma fração apreciável com frequência de luz : o espectro visível.

Ainda assim a maior parte da intensidade da radiação tem frequência localizada na região do infravermelho.

Se pudéssemos aquecer indefinidamente o corpo, ele passaria do rubro para o branco e para o azul, Isto indica que a predominância da intensidade de radiação emitida dentro do espectro visível corresponde a frequências crescentes à medida que a temperatura do corpo é elevada.

### **PIRÔMETROS ÓPTICOS**

O pirômetro óptico é o dispositivo oficial reconhecido internacionalmente para medir temperaturas acima de  $1064,43\text{ }^{\circ}\text{C}$ . É usado para estabelecer a Escala Internacional Prática de Temperatura acima de  $1064,43\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

O pirômetro óptico mede a intensidade de energia radiante emitida numa faixa estreita do comprimento de onda do espectro visível . A intensidade da luz no espectro visível emitida por um objeto quente varia rapidamente com sua temperatura. Assim, com uma pequena variação da temperatura há uma variação muito maior na luminosidade , o que fornece um meio natural para a determinação de temperaturas com boa precisão.



### **RADIÔMETRO OU PIRÔMETROS DE RADIAÇÃO**

Os radiômetros ( ou pirômetros de radiação ) operam essencialmente segundo a lei de Stefan-Boltzmann. São os sistemas mais simples, neles a radiação é coletada por um arranjo óptico fixo e dirigida a um detetor do tipo termopilha ( associação em série - ver figura abaixo ) ou do tipo semiconductor nos mais modernos, onde gera um sinal elétrico no caso da termopilha ou altera o sinal elétrico no caso do

semiconductor.

Como não possuem mecanismo de varredura próprio, o deslocamento do campo de visão instantâneo é realizado pela movimentação do instrumento como um todo. Os radiômetros são em geral portáteis, mas podem ser empregados também no controle de processos a partir de montagens mecânicas fixas ou móveis.

Graças à utilização de microprocessadores, os resultados das medições podem ser memorizadas para o cálculo de temperaturas e seleção de valores.

A apresentação dos resultados é normalmente feita através de mostradores analógicos e digitais, podendo ainda ser impressa em papel ou gravada em fita magnética para posterior análise. Alguns

radiômetros são diretamente conectados com unidades de controle ou registradores através de interface analógica/digital.

### MEDIÇÃO DE VAZÃO

A medição de vazão inclui no seu sentido mais amplo, a determinação da quantidade de líquidos, gases e sólidos que passa por um determinado local na unidade de tempo; podem também ser incluídos os instrumentos que indicam quantidade total movimentada, num intervalo de tempo.

A medição de vazão é aplicada onde se necessita conhecer quantidade de produtos utilizados para dosagens, para fins contábeis (custódia) e para definir produção etc.

A quantidade total movimentada pode ser medida em unidades de volume (litros, mm<sup>3</sup>, cm<sup>3</sup>, m<sup>3</sup>, galões, pés cúbicos) ou em unidades de massa (g, Kg, toneladas, libras). A vazão instantânea é dada por uma das unidades acima, dividida por uma unidade de tempo (litros/min, m<sup>3</sup>/hora, galões/min). No caso de gases e vapores, a vazão instantânea pode ser expressa, em Kg/h ou em m<sup>3</sup>/h.

Quando se mede a vazão em unidades de volume, devem ser especificadas as "condições base" consideradas. Assim no caso de líquidos, é importante indicar que a vazão se considera "nas condições de operação", ou a 0 °C, 20 °C, ou a outra temperatura. qualquer. Na medição de gases, é comum indicar a vazão em Nm<sup>3</sup>/h (metros cúbicos normais por hora, ou seja a temperatura de 0 °C e a pressão atmosférica) ou em SCFM (pés cúbicos standard por minuto - temperatura de 60 °F e 14,696 PSIA de pressão atmosférica). Vale dizer que:

1 m<sup>3</sup> = 1000 litros                      1 galão (americano) = 3,785 litros  
 1 pé cúbico = 0,0283168 m<sup>3</sup>      1 libra = 0,4536 Kg

### Tipos de medidores de vazão

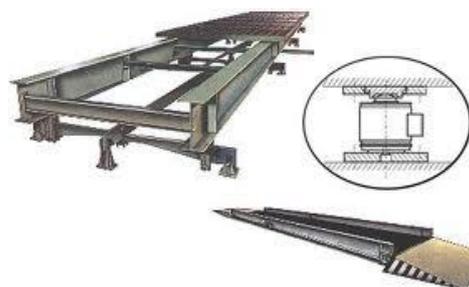
Existem dois tipos de medidores de vazão, os medidores de quantidade e os medidores volumétricos.

#### MEDIDORES DE QUANTIDADE

São aqueles que, a qualquer instante permitem saber que quantidade de fluxo passou mas não vazão do fluxo que está passando. Exemplo: bombas de gasolina, hidrômetros, balanças industriais, etc.

#### Medidores de Quantidade por Pesagem

São utilizados para medição de sólidos, que são as balanças industriais.



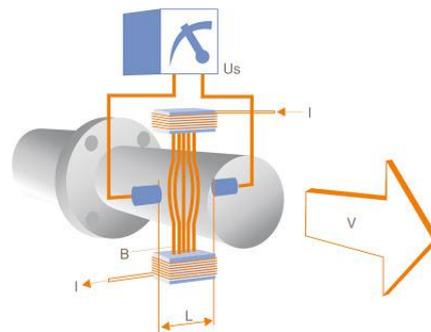
#### Medidores de Quantidade Volumétrica

São aqueles que o fluido, passando em quantidades sucessivas pelo mecanismo de medição faz com que mesmo acione o mecanismo de indicação.

São estes medidores que são utilizados para serem elementos primários das bombas de gasolina e dos hidrômetros. Exemplo: disco mutante, tipo pistão rotativo oscilante, tipo pistão alternativa, tipo pás, tipo engrenagem, etc.

#### Medidores de Vazão por Pressão Diferencial Constante (Área Variável)

Os dispositivos de pressão diferencial até agora considerados têm por base restrições de dimensão fixa, e a pressão diferencial criada através deles modifica-se com a vazão. Existem, contudo, dispositivos nos quais a área da restrição pode ser modificada para manter constante o diferencial de pressão enquanto muda a vazão; como por exemplo deste princípio utilizaremos o rotâmetro.



que  
a  
a

o

os



### Rotômetros

Rotômetros são medidores de vazão por área variável, nos quais um flutuador varia sua posição dentro de um tubo cônico, proporcionalmente à vazão do fluido.

Basicamente, um rotômetro consiste de duas partes:

- 1) Um tubo de vidro de formato cônico, o qual é colocado verticalmente na tubulação em que passará o fluido que queremos medir. A extremidade maior do tubo cônico ficará voltada para cima.
- 2) No interior do tubo cônico teremos um flutuador que se moverá verticalmente, em função da vazão medida.

### MEDIDORES DE VAZÃO EM CANAIS ABERTOS

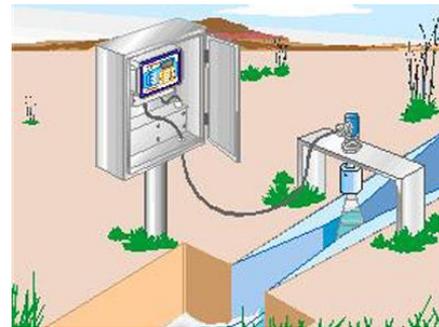
Os dois principais tipos são: o vertedor e a calha de Parshall.

#### Vertedor

O vertedor mede a altura estática do fluxo em reservatório que verte o fluido de uma abertura de forma variável.

#### Calha de Parshall

O medidor tipo calha de Parshall é um tipo de Venturi aberto que mede a altura estática do fluxo. É um medidor vantajoso que o vertedor, porque apresenta menor de carga e serve para medir fluidos com sólidos em suspensão.



mais  
perda

### MEDIDORES ESPECIAIS DE VAZÃO

Os principais medidores especiais de vazão são: medidores magnéticos de vazão com eletrodos, tipo turbina, tipo Coriolis, Vortex e Ultra-sônico

#### Medidor Eletromagnético de Vazão

O medidor magnético de vazão é seguramente um dos medidores mais flexíveis e universais dentre os métodos de medição de vazão. Sua perda de carga é equivalente a de um trecho reto de tubulação, já que não possui qualquer obstrução. É virtualmente insensível à densidade e à viscosidade do fluido de medição. Medidores magnéticos são portanto ideais para medição de produtos químicos altamente corrosivos, fluidos com sólidos em suspensão, lama, água, polpa de papel. Sua aplicação estende-se desde saneamento até indústrias químicas, papel e celulose, mineração e indústrias alimentícias. A única restrição, em princípio é que o fluido tem que ser eletricamente condutivo. Tem ainda como limitação o fato de fluidos com propriedades magnéticas adicionarem um certo erro de medição.

#### Medidor de vazão tipo Vortex

Quando um anteparo de geometria definida é colocado de forma a obstruir parcialmente uma tubulação em que escoar um fluido, ocorre a formação de vórtices; que se desprendem alternadamente de cada lado do anteparo, como mostrado na figura abaixo. Este é um fenômeno muito conhecido e demonstrado em todos os livros de mecânica dos fluidos.

### Medidores Ultra-sônicos

Os medidores de vazão que usam a velocidade do som como meio auxiliar de medição podem ser divididos em dois tipos principais:

- Medidores a efeito doppler
- Medidores de tempo de trânsito.

Existem medidores ultra-sônicos nos quais os transdutores presos à superfície externa da tubulação, e outros com os transdutores em contato direto com o fluido. Os transdutores - emissores de ultra-som consistem em cristais piezoelétricos que são usados como fonte de ultra-som para enviar sinais acústicos que passam no fluido, antes de atingir os sensores correspondentes.



como

são

som,

### Medidores de efeito Doppler

O efeito Doppler é aparente variação de frequência produzida pelo movimento relativo de um emissor e de um receptor de frequência. No caso, esta variação de frequência ocorre quando as ondas são refletidas pelas partículas móveis do fluido. Nos medidores baseados neste princípio ( ver figura a seguir ), os transdutores - emissores projetam um feixe contínuo de ultra-som na faixa das centenas de kHz. Os ultra-som refletidos por partículas veiculadas pelo fluido têm sua frequência alterada proporcionalmente ao componente da velocidade das partículas na direção do feixe. Estes instrumentos são conseqüentemente adequados para medir vazão de fluidos que contêm partículas capazes de refletir ondas acústicas.

### Medidores de tempo de trânsito

Ao contrário dos instrumentos anteriores, estes instrumentos não são adequados para medir vazão de fluidos que contêm partículas. Para que a medição seja possível, os medidores de tempo de trânsito devem medir vazão de fluidos relativamente limpos. Nestes medidores ( ver figura abaixo ), um transdutor – emissor - receptor de ultra-som é fixado à parede externa do tubo, ao longo de duas geratrizes diametralmente opostas. O eixo que reúne os emissores - receptores forma com o eixo da tubulação, um ângulo  $\alpha$ .

Os transdutores transmitem e recebem alternadamente um trem de ondas ultra-sônicas de duração pequena, ou seja, os pulsos saem de ambos os transdutores ao mesmo tempo, mas podem chegar com um tempo diferente, caso haja vazão.

### Instrumentos especiais

A necessidade de um controle rigoroso constante da qualidade final (ou intermediária) de um processo industrial é cada vez mais acentuada. Nesses processos, o controle de qualidade é exercido, em grande parte, por análises químicas ou físicas. Para executá las, existe uma quantidade variada de instrumentos especiais a saber:

- Peagômetro,
- Condutivímetro,
- Densímetro,
- Viscosímetro,
- Silícômetro.

### Peagômetro

Peagômetro é instrumento utilizado para medir o pH, que é a concentração de íons H<sup>+</sup> de uma solução, e que indica o grau de alcalinidade, neutralidade ou acidez de uma solução.

Os diversos tipos de medidores de pH podem ser representados pelas seguintes siglas:

- pH indicador de pH
- pHR registrador de pH



- pHIC controlador indicador de pH
  - pHRC controlador registrador de Ph
- variável:

pH potencial hidrogeniônico

Princípio de funcionamento do detector (elemento primário)

O dispositivo de detecção de pH consiste de dois eletrodos, um de medição (eletrodo de vidro) imerso na solução testada e outro de referência imerso em uma solução de concentração hidrogeniônica constante e conhecida. Estes eletrodos estão separados por uma membrana, à qual permite a passagem da corrente eletro química. A diferença de potencial entre os dois eletrodos indica o valor do pH da solução testada,

d.d.p. esta que varia linearmente com o valor do pH.

### **Condutivímetro**

Condutivímetro é o instrumento para medição de condutividade elétrica de uma solução. A unidade de medida desse instrumento é o  $\mu\text{s/cm}$  (micro siemens por centímetro).

Princípio de funcionamento do detector (elemento primário) A célula de medição de condutividade é composta de dois eletrodos cilíndricos concêntricos que mede a resistência elétrica da solução em que está imersa.

Os diversos tipos de instrumentos relacionados com condutividade podem ser representados pelas seguintes siglas:

- CI indicador de condutividade
- CR registrador de condutividade
- CIC controlador indicador de condutividade
- CRC controlador registrador de condutividade

### **Densímetro**

Densidade relativa (specific gravity) de um líquido é o peso de um determinado volume deste fluido comparado com o peso do mesmo volume de água, ambos medidos nas mesmas condições de pressão e temperatura (usualmente à pressão atmosférica e a 20°C). Densímetro é o instrumento que fornece a densidade relativa de um líquido ou a concentração de uma solução líquida.

A densidade relativa, por ser resultado de uma comparação, é adimensional, ou seja não tem unidade de medida.

Para produtos de petróleo para simplificação de expressão, é adotada a unidade °API (graus API, American Petroleum Institute, ou Instituto Americano de Petróleo). A correspondência entre a unidade o API e a densidade relativa é dada na tabela abaixo, notando se que a escala API corre em sentido inverso da densidade relativa.

Os diversos tipos de instrumentos relacionados com densidade podem ser representados pelas seguintes siglas: Sgl indicador de densidade SgR registrador de densidade SgIC controlador indicador de densidade SgRC controlador registrador de densidade

Princípio de funcionamento do detector (elemento primário)

O detector compõe se de uma esfera de volume fixo conhecido, através da qual o líquido flui continuamente. O líquido então é pesado por um mecanismo de balanço de forças com ou sem um sistema de transmissão.

### **Viscosímetro**

Viscosímetro é aparelho utilizado para medir a viscosidade cinemática, cuja unidade de medida é stokes =  $10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ .

O líquido analisado é bombeado, a uma vazão, constante através de um tubo de fricção. A queda de pressão através deste tubo é medida em termos de viscosidade por um sistema normal de medição de pressão Diferencial

. Os diversos tipos de instrumentos relacionados com viscosidade podem ser representados pelas seguintes siglas:

- VI indicador de viscosidade

- VR registrador de viscosidade
- VIC controlador indicador de viscosidade
- VRC controlador registrador da viscosidade

### **Analizador de porcentagem de oxigênio**

O analisador de porcentagem de oxigênio analisa a concentração de oxigênio em gases, inclusive os presentes nos gases de combustão das caldeiras, para verificar sua eficiência. Sua unidade de medida é % de O<sub>2</sub> (por volume).

Princípio de funcionamento

O detector baseia-se na susceptibilidade magnética em um campo magnético não-uniforme:

O oxigênio se destaca entre os gases pelo seu comportamento para magnético, isto é, a sua atração por um campo magnético. Um pequeno corpo de prova, imerso em um campo magnético não uniforme tende a ser expelido se o O<sub>2</sub> estiver presente. Este deslocamento aumenta com o aumento da concentração de O<sub>2</sub>.

Os diversos tipos de instrumentos relacionados com porcentagem de oxigênio podem ser representados pelas seguintes siglas:

- OxI indicador % de O<sub>2</sub>
- OxR registrador % de O<sub>2</sub>
- OxRC controlador registrador % de O<sub>2</sub>
- OxIC controlador indicador % de O<sub>2</sub>



em um  
estiver

de

### **Silicômetro**

O silicômetro analisa a concentração de SiO<sub>2</sub> (sílica) em líquidos, a fim de proteger o equipamento contra deposição. É muito usado para o controle da água de alimentação de caldeiras.

Princípio de funcionamento

Na água a ser analisada são adicionados reagentes H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a 50% e (NH<sub>4</sub>)<sub>6</sub> Mo<sub>7</sub> O<sub>24</sub> · 4H<sub>2</sub>O a 10%; depois de bem mesclado o fluido final passa por uma câmara transparente onde sua coloração é comparada com a de um fluido padrão por meio de células fotoelétricas.

Os diversos tipos de instrumentos ligados à presença de sílica podem ser representados pelas seguintes siglas:

- Sil indicador de sílica
- SiR registrador de sílica
- SiIC controlador indicador de sílica
- SiRC controlador registrador de sílica

Esta parte do treinamento será referenciada aos manuais e procedimentos das unidades e dos equipamentos de processo e a carga horária será estabelecida de acordo com a complexidade de cada unidade.

Nos manuais / procedimentos deverá conter obrigatoriamente:

- Descrição do processo
- Partida e parada
- Procedimentos de emergência
- Descarte de produtos químicos e preservação do meio ambiente
- Avaliação e controle de riscos inerentes ao processo
- Prevenção contra deterioração, explosão e outros riscos

## ATENDIMENTO PRÉ-HOSPITALAR

### Artigo 135

Art. clássico do crime omissivo. Deixar de prestar socorro a quem não tenha condições de socorrer a si próprio ou comunicar o evento a autoridade pública que o possa fazê-lo, quando possível, é crime.

### DEFINIÇÃO DO TERMO



Atendimento Pré Hospitalar: Assistência prestada a uma vítima no local do sinistro, visando a manutenção do suporte básico de vida (SBV) e estabilização para adequado transporte desta vítima a um centro hospitalar, se for o caso.

### SÍNTESE HISTÓRICA no mundo

- Parábola do Bom Samaritano ( Novo Testamento)  
900 D. C - Anglo Saxões utilizam Carruagem para conduzir enfermos
- 1100 D.C - Normandos utilizam lateiras para transporte de enfermos
- 1300 D.C - Ingleses utilizam carruagens pesadas para socorrer vítimas
- 1795 D.C - Médico Francês DOMINIQUE JEAN LARREY (Pai do Atendimento Pré-Hospitalar), cria um sistema de atendimento dos feridos nos locais de batalha, utilizando carruagens leves, tornando-se o cirurgião chefe das tropas napoleônicas.
- Primeira Guerra Mundial
- "American Red Cross"
- Guerra da Coréia - 1950
- Utilização de Helicópteros - transporte Aeromédico
- Guerra do Vietnã - 1960
- Hospitais Móveis com apoio de helicópteros e atendimento por pessoal treinado não médico.

### NO BRASIL

- 1982 - Distrito Federal
- 1986 - Rio de Janeiro
- 1989 - Paraná
- 1990 - São Paulo
- 1994 - Minas Gerais

### PRINCIPAIS MODELOS DE ATENDIMENTO PRÉ-HOSPITALAR

a) Modelo francês

Figura central: Médico.

Filosofia: médico se desloca até o paciente.

b) Modelo americano

Figura central: paramédico

Filosofia: 1ª intervenção pelo paramédico.

Médico aguarda o paciente no hospital



### CARACTERÍSTICAS DO POVO BRASILEIRO

"Cultura do socorrer por socorrer"

"rapidez é mais importante que a qualidade"

### PRIORIDADES NO ATENDIMENTO

#### a) Prioridades Principais

- Parada Cárdio-Respiratória
- Parada Respiratória
- Obstrução Respiratória
- Traumatismo Crâneo-Encefálico (TCE)
- Trauma de Tórax
- Trauma de Abdomen
- Grandes Hemorragias

### b) Prioridades Secundárias

- Trauma de Coluna
- Trauma de Bacia
- Grandes Queimados
- Fratura de Fêmur

### c) Prioridades Terciárias

- Ferimentos
- Fraturas de Extremidades
- Pequenos queimados

## EXAME DA VÍTIMA

### COMO SOCORRER CORRETAMENTE UMA VÍTIMA:

#### a. Análise Subjetiva Primária

- Verificar se local oferece risco para o socorrista ou para a vítima;
- Relacionar a vítima ao acidente;
- Queixa principal da vítima;
- Observar o relato de testemunhas (triagem)
- Histórico Médico da Vítima;
- Solicitação de Apoio Técnico Adequado

#### b. Análise Objetiva Primária

(Tempo destinado: 30 segundos)

- Nível de Consciência;
- Respiração
- Circulação;
- Grandes Hemorragias (perda de mais de 1 litro de sangue interna ou externamente).
- Exposição do Corpo da Vítima (conflito cultural)

#### c. Análise Subjetiva Secundária

**S** - Sinais e Sintomas

**A** - Alergias

**M** - Medicamentos Utilizados pela vítima

**P** - Passado médico (internações, cirurgias, etc.)

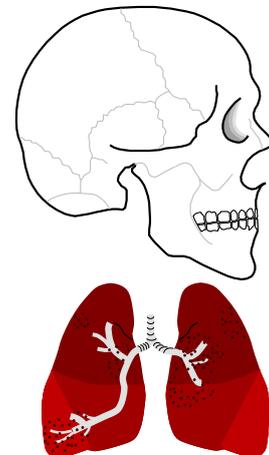
**U** - Última alimentação via oral (tempo e características do alimento)

**M** - Mecanismo das lesões

#### d) Análise Objetiva Secundária

##### Exame da Cabeça

- Imobilização manual preservando a coluna cervical;
- Exame das pupilas;
- Saída de líquido ou sangue pelo nariz ou ouvido;
- Presença de objetos estranhos ou secreções na boca;
- Apalpar a cabeça tentando identificar hematomas ou deformações;
- Verificar alinhamento da traquéia e coluna cervical;
- Observar a presença de ferimentos.



##### EXAME DE PUPILA

(Foto reação ao estímulo de luz)

**1. Pupilas Desiguais (ANISOCORIA)**



**2. Pupilas Contraídas (MIOSE)**



**3. Pupilas Dilatadas (MIDRIASE)**



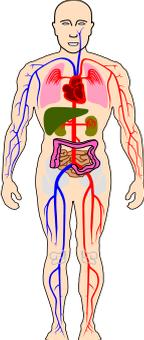
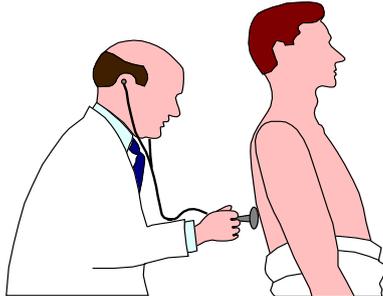
**SINAL DE PANDA**



**SINAL DE BATTLE**



- Observar a expansão torácica (movimento respiratório);
- Exame do arco costal, tentando identificar fraturas ou segmentos soltos;
- Observar a existência de pneumotórax;

<b>Exame do Abdômen</b>	<b>Exame da Região Pélvica</b>
Verificar a existência de nódulos, hematomas, ferimentos e deformações.	Pressão sobre o osso íliaco, verificando a existência de crepitação ou rangido
	

### Exame dos Membros Inferiores

- Verificar a presença de deformidades, fraturas, ferimentos ou hematomas;
- Verificar o pulso distal;
- Verificar a perfusão capilar;
- Se a vítima estiver consciente, devemos checar a resposta motora e a sensibilidade.

### Exame dos Membros Superiores

- Verificar a presença de deformidades, fraturas, ferimentos ou hematomas;
- Verificar o pulso distal;
- Verificar a perfusão capilar;
- Se a vítima estiver consciente, devemos checar a resposta motora e a sensibilidade.

### Exame da Coluna

- Deverá ser feito no momento de se realizar o rolamento da vítima para imobilização na prancha ou maca
- Verificar a existência de deformação, ferimentos, fratura ou hematomas.

### Monitorização dos sinais vitais

- Frequência respiratória;
- Pulso;
- Escala de Glasgow
- Trauma Score

### Parada Respiratória

#### Conduta

- Proceder a análise do paciente, verificar a ausência de respiração a conduta será:

#### a) Adulto

- 2 insuflações iniciais;
- Checar pulso carotídeo;
- 1 insuflação a cada 5 segundos, 12 vezes;
- Checagem da respiração e pulso.

#### b) Criança

- 2 insuflações iniciais;
- Checar pulso carotídeo;
- 1 insuflação a cada 5 segundos, 12 vezes;
- Checagem da respiração e pulso.

#### c) Bebê

- 2 insuflações somente com o ar na bochecha;
- Checar o pulso braquial;
- 1 insuflação com o ar na bochecha a cada 3 segundos, 12 vezes;
- Checagem da respiração e pulso.

### PARADA CÁRDIO-RESPIRATÓRIA

#### Conduta

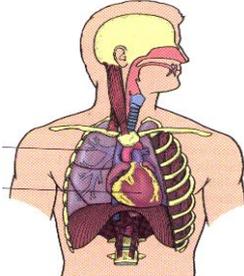
- Proceder a análise do paciente, checando o nível de consciência, respiração (2 insuflações) e pulso. Se o paciente não respira e não tem pulso:

#### a. Adulto - 01 Socorrista

- 2 insuflações iniciais;
- Checar pulso carotídeo;
- Localização do ponto da massagem cardíaca;
- 30 compressões por 02 insuflações
- Checagem da respiração e pulso;

02 socorristas

- 01 socorrista ventila e o outro massageia
- 30 compressões por 02 insuflações, 4 vezes
- Checagem da respiração e pulso

<p><b>MASSAGEM CARDÍACA EXTERNA</b></p>	<p><b>LOCALIZAÇÃO DO CORAÇÃO</b></p>
	

b. Criança (1 ou 2 socorristas)

- 2 insuflações iniciais;
- Checar pulso carotídeo
- Localização do ponto da massagem cardíaca;
- Utilização de uma das mãos na massagem;
- 5 compressões por 1 insuflação, 10 vezes;
- Checagem da respiração e pulso;

c. Bebê (1 ou 2 socorristas)

- 2 insuflações iniciais, somente com ar da bochecha;
- Checar pulso braquial
- Localização do ponto da massagem cardíaca (linha média dos mamilos);
- Utilização dos dedos indicador e médio na massagem; 5 compressões por 1 insuflação, 10 vezes;
- Checagem da respiração e pulso.

**OBSTRUÇÃO RESPIRATÓRIA**

Conduta

- Constatar a obstrução (exame do paciente)
- Vítima consciente, pergunte se ela pode falar.
- Vítima inconsciente:
- Abra as vias aéreas, posicione a cabeça e ventile;
- Caso o ar não passe, reposicione a cabeça e ventile;

**Constatada a Obstrução**

a) Adultos e Crianças

- 6 a 10 compressões do abdômem;
- Verifique se o objeto apareceu na boca;
- Caso negativo, repita a manobra;
- Desobstruindo ventile a vítima, se for o caso.

b) Bebês

- 4 pancadas entre as omoplatas;
- 4 massagens cardíacas externas;
- Verificar a apresentação do objeto;
- Caso negativo, repita a manobra;

- Desobstruindo ventile a vítima, se for o caso
- c) Obesos e Gestantes
  - 6 a 10 compressões no esterno;
  - Verifique se o objeto apareceu na boca;
  - Caso negativo, repita a manobra;
  - Desobstruindo ventile a vítima, se for o caso

### Transporte de Acidentados

#### Processos

- a. Com 1 socorrista
- b. Com 2 socorristas
- c. Com 3 socorristas
- d. Com mais de três socorristas



### SEGUNDO TRAUMA

- É o agravamento da lesão inicial da vítima ou o surgimento de novas lesões, em função de:
- Transporte inadequado do acidentado;
- Desconhecimento técnico;
- Ausência de Equipamentos apropriados.

#### RESULTADO:

- Aceleração do óbito
- Lesões permanentes

CURIOSIDADE: No Brasil, cerca de 40% dos politraumatizados ficam com sequelas permanentes em razão do transporte inadequado.

**"MEXER UM DEDO SALVA MAIS QUE MEXER NO ACIDENTADO. DISQUE 193"**

## Salve vidas 193/192

### O Problema dos Acidentes

Os acidentes representam um dos mais sérios problemas de saúde pública, constituindo-se na principal causa de mortes e invalidez entre jovens e crianças. Os acidentes destroem a saúde, a vida e a família de milhões de pessoas.

### A NECESSIDADE DO TREINAMENTO EM PRIMEIROS SOCORROS E RCP:

A expressão "Primeiros Socorros" significa o atendimento imediato prestado a uma pessoa vítima de um acidente ou de um mal súbito

"Quando aplicados com eficiência, os primeiros socorros significam a diferença entre "vida e morte", "recuperação rápida e hospitalização longa" ou, "invalidez temporária e invalidez permanente".

### Aspectos Legais dos Primeiros Socorros

- Obrigação Moral

Abaixo, condições que será obrigação moral:

- 1) Quando a função profissional exigir;
- 2) Quando pré existir uma responsabilidade intrínseca;
- 3) Após iniciar o atendimento de socorro.

### O que é RCP?

- Ressuscitação Cardiopulmonar (RCP), consiste na combinação de respiração boca a boca com compressões externas sobre o peito.

## Técnicas e Procedimentos

(RCP em adultos)

- Verifique se está consciente.
- Chame o Pronto Socorro Imediatamente.
- Deite a pessoa de costas.
- Abra as vias aéreas.
- Verifique se há respiração ( espere 3-5 segundos)
- Dê 2 sopros moderados.
- Verifique o pulso.

Choques

Muitos ferimentos envolvem algum grau de choque.

O choque ocorre quando o sistema circulatório falha em mandar para as diversas partes do corpo.

Tipos de Choques:

Hipovolêmico, cardiogênico, neurogênico, anafilático e séptico.

Hipovolêmico

O choque hipovolêmico resulta da perda de líquidos e fluídos corporais, quando relacionado com perda de sangue, é conhecido como Choque Hemorrágico.

Sinais e Sintomas

- Respiração e pulso rápido;
- Palidez ou pele azulada;
- Lentidão no repleenimento capilar;
- Pele úmida e fria;
- Transpiração forte;
- Pupilas dilatadas;
- Olhos escuros e fundos;
- Ânsia, vômito e náusea;
- Perda da consciência em choque profundo.

Primeiros Socorros

- Mesmo que os sinais do estado de choque ainda não tenham aparecido numa vítima, trate-a apropriadamente.
- Socorristas podem prevenir o estado de choque , mas não podem revertê-lo.

## Anafilático

Este processo ocorre em questão de minutos ou em segundos, causando inclusive a morte de vítima, caso ela não seja assistida imediatamente.

Uma das causas mais comuns de morte por choque anafilático, e que representa 24% do total, é a insuficiência de circulação de sangue no corpo devido a obstrução dos vasos sanguíneos.

Sinais e Sintomas

- Tosse e espirros;
- Dificuldade para respirar;
- Aperto e inchaço na garganta;
- Aperto no peito;
- Coceira, queimação, empolgação, erupção severa ou vermelhidão;
- Face, pálpebras, língua e boca inchadas;
- Tontura, náusea e vômito;
- Cãibras abdominais.

## Desmaio

Embora não seja considerado um choque, o desmaio caracteriza-se por uma perda repentina de consciência. Ocorre quando o fluxo sanguíneo para o cérebro é interrompido. Muitas são as causas que geram esta interrupção

### Sinais e Sintomas

O desmaio pode ocorrer repentinamente ou precedido de sinais de aviso, que pode ser um ou todos os seguintes:

- Tontura;
- Ver pontos escuros;
- Náuseas;
- Palidez;
- Sudorese.

## Hemorragias e Ferimentos

A maioria das hemorragias envolvem mais do que um tipo de vaso sanguíneo. O sangue que sai das artérias é vermelho vivo e esguicha, por isso as hemorragias arteriais são as mais perigosas e difíceis de controlar. O sangue que sai das veias flui uniformemente possui coloração escura. Quando sai dos capilares o sangue flui bem devagar. Dessa forma, cada tipo de vaso sanguíneo contém sangue com diferentes tonalidades de vermelho. As hemorragias estão basicamente divididas em internas e externas.

### Hemorragias Externas

Nesse tipo de hemorragia o sangue que sai dos vasos pode ser visto. Na maioria dos casos as hemorragias podem ser interrompidas em 5-10 minutos com aplicação dos procedimentos corretos de primeiros socorros.

### Hemorragias Internas

Ocorre sem que a pele seja rompida e portanto o sangue que sai não pode ser visto.

### Sinais e Sintomas

- Sangue pela boca (junto com o vômito ou saliva), nas fezes e na urina;
- Sangue pela vagina ou ânus;
- Pulso rápido;
- Frio e pele úmida;
- Pupilas dilatadas;
- Vômito e náuseas;
- Costelas fraturadas ou afundamento no peito

## Infecções transmitidas pelo sangue

As doenças transmissíveis pelo sangue são caracterizadas pela presença de microorganismos que podem estar presentes em seres humanos. Dessas doenças, duas são significativamente preocupantes: Hepatite B (HBV) e a AIDS (HIV).

### Procedimento:

- 1) Mantenha os cortes abertos cobertos com bandagem, tecidos ou plásticos evitando contato com o sangue da vítima;
- 2) Use luvas de látex para evitar contato direto com o sangue ou fluídos corporais da vítima;
- 3) Se não houver disponibilidade de conseguir luvas de látex, pode-se utilizar sacos plásticos;
- 4) Aplique a respiração boca a boca, utilizando alguma proteção para evitar o contato direto com a boca da vítima. Não existe qualquer evidência de que a AIDS seja transmissível pela saliva.

### Em contato com o sangue:

Caso o socorrista tenha sido exposto ao sangue e fluídos deve:

- 1) Lavar imediatamente o local com água corrente e sabão, enxaguando vigorosamente a região;

- 2) Comunicar o incidente imediatamente à autoridade sanitária de sua região;
- 3) Procurar atendimento médico especializado.

### **Queimaduras**

Queimadura é a lesão causada por ação de calor ou de outras radiações sobre o organismo. As queimaduras, além de provocarem intensa dor local, podem causar choque e levar a vítima à morte, dependendo do estado e da extensão da área atingida.

Os seguintes agentes podem causar queimaduras:

Líquidos ferventes, contato direto com chama, sólidos superaquecidos ou incandescentes, vapores quentes, substâncias químicas, radiações infravermelhas e ultravioletas naturais, emanações radiativas e eletricidade.

Classificação:

As queimaduras externas podem ser superficiais, quando atingem apenas camadas da superfície da pele, ou profundas, quando há destruição da pele na área atingida.

A classificação das queimaduras em graus é uma classificação prática, que indica apenas a profundidade da lesão.

Queimaduras de todos os graus podem apresentar-se no mesmo paciente.

1º GRAU:

Caracteriza a lesão superficial da pele, sem formação de bolhas. Forma-se somente eritema, isto é, vermelhidão. A dor é suportável. E o caso das queimaduras causadas pelos raios solares e por radioatividade.

2º GRAU:

Caracteriza a lesão das camadas mais profundas da pele, com formação de flictenas(bolhas) Por vezes extensas, por desprendimento das camadas superficiais.

3º GRAU:

Neste nível, as lesões atingem todas as camadas da pele, tecido celular subcutâneo, em certos casos, os músculos profundos, podendo chegar à carbonização da área atingida.

### **Emergências Médicas**

#### **ATAQUE CARDÍACO**

Um ataque cardíaco ocorre quando o fornecimento de sangue a uma parte do músculo cardíaco é reduzido drasticamente ou cessa, devido a uma obstrução em uma das artérias coronarianas que fornecem sangue ao coração. Depósitos de gordura ao longo da parede interna da artéria coronariana é uma das razões da obstrução. O suprimento de sangue também poderá ser reduzido se a artéria entrar com espasmos.

Sinais e Sintomas

Ataques cardíacos são difíceis de determinar. Se você suspeitar por qualquer motivo que está diante de alguém que esteja sofrendo uma ataque cardíaco, procure ajuda médica imediatamente ao invés de esperar.

- Pressão desconfortável, sensação de estar cheio, aperto, ou dor no centro do peito com duração de 2 minutos ou mais, podendo iniciar e parar;
- A dor pode espalhar-se para um dos ombros, pescoço, mandíbula inferior ou braços;
- Fraqueza, Tontura, Suor, Náusea, Respiração Curta

#### **Derrame: ( Ave )**

Derrame também é conhecido como Acidente Vascular Encefálico (AVE). Um derrame ocorre quando um vaso sanguíneo cerebral rompe, privando parte do cérebro de receber o fluxo sanguíneo necessário. Derrames constituem a terceira maior causa de mortes nos EUA, É também uma das causas principais de incapacitação física.

### Sinais e Sintomas

Os sinais e sintomas de um derrame dependem da área do cérebro atingida:

- Fraqueza ou torpor súbitos na face, braço e perna de um lado do corpo e perda da consciência;
- Perda, dificuldade para falar ou para entender palavras;
- Diminuição ou perda da visão, particularmente em um só olho; pupilas desiguais;
- Tontura, falta de firmeza ou quedas súbitas;
- Dor de cabeça repentina muito forte;

### Sugestão para Kit de Primeiro Socorros

- Ataduras de diversos tipos;
- Fita adesiva;
- Esparadrapo;
- Pacote de gelo químico;
- Bolas de algodão;
- Luvas de Látex;
- Ataduras Plásticas;
- Band-Aid
- Máscara facial com válvula de não retorno;
- Lanterna Pequena e pilhas reservas;
- Gazes de diversos tamanhos e formas;
- Compressa Plástica;
- Fósforos;
- Agulhas hipodérmicas;
- Lente de aumento ( Lupa);
- Aspirina ou similar;
- Antistamínico de uso tópico;
- Pinça;
- Tesoura
- Sabão Neutro;
- Termômetro oral e retal;
- Fita adesiva a prova d'água;
- Tiras Elásticas;
- Talas Flexíveis;
- Saco plástico
- P.S> Todos os itens devem ser colocados numa caixa plástica apropriada para mantê-los limpos e secos.

### Remoção e Resgate de Vítimas

Como regra básica, não se deve mover uma vítima do local do acidente até que todo o processo de remoção tenha sido devidamente organizado. No entanto a remoção deverá ser feita se:

- Houver perigo de incêndio ou inundação;
- Houver materiais perigosos ou explosivos;
- O local do acidente oferecer perigo a vítima ou ao socorrista;
- A ambulância não puder chegar ao local.

Uma vítima de ataque cardíaco provavelmente não necessitará ser removida, a menos que seja para posicioná-la no chão ou assoalho, visto que, a RCP deve ser realizada sobre uma superfície sólida.

Quando for necessário remover uma vítima, a velocidade de remoção dependerá do motivo, tal como:

- Remoção de emergência. Se houver fogo, afaste a vítima da área o mais rápido possível;

- Remoção sem emergência. Se a vítima precisar ser removida para ter acesso a um veículo. Considere e durante a a criteriosamente as lesões antes movimentação.



**NOVAS  
RESSUSCITAÇÃO  
OBJETIVOS DESTA**

- Diagnosticar
- Incentivar o treinamento de qualquer pessoa no atendimento inicial



**DIRETRIZES NA PARADA  
CARDIORRESPIRATÓRIA E  
CARDIOPULMONAR**

**AULA**

corretamente uma PCR  
pessoa no atendimento inicial

em uma PCR

Apresentar as novas orientações em RCP

**CORRENTE DA SOBREVIVÊNCIA**



**AMERICAN HEART ASSOCIATION**



**Atendimento de emergência**



1. Acionamento – 192 ou 193
2. Serviço de Emergência Médica
3. Atendimento inicial
4. Transporte em ambulância
5. Atendimento hospitalar
6. Reabilitação

**Parada cardiorrespiratória**

É a cessação súbita da circulação sistêmica e atividade respiratória em indivíduo com expectativa de restauração da função cardiopulmonar e cerebral, não portador de moléstia crônica intratável ou em fase terminal.

## RESSUSCITAÇÃO CARDIOPULMONAR (RCP)

- Consiste na combinação de respiração boca a boca com massagens cardíacas sobre o peito.
- Certo ?!.....ERRADO !

## Ressuscitação Cardiopulmonar Cerebral

- É o conjunto de procedimentos realizados após uma PCR, destinados a manter a circulação de sangue oxigenado para o cérebro e outros órgãos vitais.
- A sistematização e divulgação dos procedimentos de RCP foram divulgados pela 1ª vez por 2 cardiologistas paulistas : Ari Timermann e Josef Feher, em 1979.

## ETIOLOGIA DA PARADA CARDIORRESPIRATÓRIA EM ADULTOS.

- **POR PROBLEMAS CLÍNICOS :**
- ARRITMIAS GRAVES
- IAM
- AVC
- PROBLEMAS RESPIRATÓRIOS
- CHOQUE
- TRATAMENTO : RCP/DROGAS/DESFIBRILAÇÃO !

- **NO TRAUMA :**
- HEMORRAGIA GRAVE : CAUSA MAIS COMUM
- LESÕES CEREBRAIS/ MEDULARES EXTENSAS
- TRATAMENTO : REMOÇÃO IMEDIATA PARA O HOSPITAL !

## PCR EM ATLETAS

Serginho ( São Caetano, 27/10/2004)

Miklos Fehér ( Bemfica, Portugal, 25/01/2004 )

Marc-Vivien Foe ( Camarões, 26/06/2003 )

## SOBREVIVÊNCIA EM PCR

↓  
RCP + DEA APLICADAS EM MENOS DE 4 MINUTOS

↓  
APOIO AVANÇADO EM MENOS DE 8 MINUTOS

↓  
43 %

↓  
DESTES, 5 A 25 % RECUPERAM-SE E RECEBEM ALTA HOSPITALAR

## PCR EM JOVENS

- Estudo na população jovem, período entre 1979 a 1999, Itália, Veneto
- Pop.= 1.386.600 jovens de 12 a 35 anos
- 300 casos de morte súbita = 1 caso para cada 100.000/ano
- Destes 300= 55 eram atletas
- Causas detectadas = anomalia congênita de art. Coronária, cardiomiopatia arritmogênica ventricular direita e doença prematura coronariana

## PCR EM CRIANÇAS



**ASFIXIA**

**HIPÓXIA**

Objetivo primordial do atendimento a PCR :

## RCP - REANIMAÇÃO CARDIO-PULMONAR RCPC - REANIMAÇÃO CARDIO-PULMONAR CEREBRAL

### A importância do tempo !!!

- Na PCR, a cada 1 minuto, cai 10% a chance de sua reversão.
- Após 10 minutos sem nenhuma manobra, o socorro é improvável.
- Com manobras eficientes, prolonga-se este tempo.
- Com a desfibrilação precoce, o sucesso ocorre entre 40 a 70%.
- O sucesso da desfibrilação depende crucialmente do tempo entre o início da arritmia e da administração do choque.

### ABCD NA PARADA CARDIORRESPIRATÓRIA DE CAUSAS CLÍNICAS

#### AVALIAÇÃO PRIMÁRIA

- A=Abrir as vias aéreas
- B= Ventilar
- C=Circulação-COMPRESSÕES TORÁCICAS
- D= Desfibrilação(DEA)

#### AVALIAÇÃO SECUNDÁRIA

- A= Assegurar via aérea
- B=Boa respiração
- C= Circulação – Instalação de acesso venoso, monitorização,

#### COMPRESSÕES TORÁCICAS

- D= Utilização de Drogas

#### ABCDE NO TRAUMA

- A = AIRWAY=VIAS AÉREAS
- B = BREATHING=VENTILAÇÃO
- C = CIRCULATION=CIRCULAÇÃO  
COM CONTROLE DE  
HEMORRAGIA
- D = DISABILITY=INCAPACIDADE  
ESTADO NEUROLÓGICO
- E = EXPOSITION=EXPOSIÇÃO  
DO PACIENTE PARA AVALIAR  
POSSÍVEIS LESÕES

#### Diagnóstico da PCR

##### Avaliação primária da vítima

**A**irway : abrir vias aéreas

**B**reathing : Verificar a respiração ( ver, ouvir e sentir )  
Não respira ? = Realizar 2 ventilações

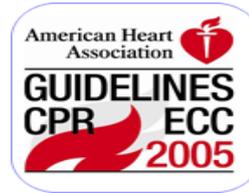
**C**irculation : Verificar a presença de pulso CAROTÍDEO

Ausência de respiração e pulso central ?

Parada Cardiorrespiratória = Iniciar RCP

### NOVAS DIRETRIZES NA PCR E RCP

Currents in Emergency Cardiovascular Care, Volume 16,  
American Heart Association (AHA)  
International Liaison Committee on Resuscitation (ILCOR)



número 4

### Novas Diretrizes para PCR e RCP

- Envolveu 380 especialistas do mundo todo
- Reuniram-se por 36 meses
- Discussões e debate final em uma Conferência patrocinada pela AHA, em 2005

RCP : Novos Guidelines 2010  
American Heart Association

### PRINCIPAIS ALTERAÇÕES

1. Ênfase na efetividade das compressões
2. Alteração na relação entre compressão e ventilação (1 socorrista = 30:2)
3. Ventilações com 1 segundo e com visível elevação do tórax
4. Choque único, seguido de RCP.
5. Desfibrilação para crianças de 1 a 8 anos

### Principais mudanças do Guidelines 2010

- . Ênfase para melhorar a efetividade das compressões torácicas .
  - Objetivo : Melhorar a perfusão miocárdica e cerebral
- 2. Um único valor na relação compressão/ventilação para 1 único socorrista em todas as idades - 30 : 2
  - Objetivo : Melhorar a perfusão miocárdica e cerebral
- 3. Ventilações com 1 segundo e com visível elevação do tórax
  - Objetivo : Reduzir as interrupções nas compressões
- 4. Choque único se utilizar DEA, seguido de RCP imediata. A checagem de pulso só deve ser realizada a cada 2 minutos.
  - Objetivo : Reduzir as interrupções nas compressões
- 5. Desfibrilação em crianças de 1 a 8 anos

### 1-Ênfase em Compressões Torácicas Eficazes

- Compressão forte, rápida e sem parar, com frequência de 100 comp./min.
- Permitir que o tórax recue totalmente após cada compressão(isto permite o reenchimento cardíaco)
- Minimizar as interrupções das compressões torácicas
- Assim que uma via aérea artificial estiver em posição, não há necessidade de interromper as compressões para as ventilações
- O revezamento dos profissionais na aplicação das compressões torácicas deve ser feito a cada 2 minutos

O que ocorre com o miocárdio com compressões torácicas ininterruptas?

#### ARTÉRIAS CORONÁRIAS



## **2-Uma única relação Compressões-Ventilações de 30 : 2 para socorristas que atuam sozinhos**

Antiga(2000) :

- 15 : 2 , adultos
- 5:1 , crianças e lactentes Atual (2010) :
- 30 : 2 – todas as idades (exceto recém-nascidos )

## **3-Respirações de resgate de 1 segundo na RCP**

- Deve produzir elevação visível do tórax
- Isto porque, durante a RCP, o fluxo sanguíneo pulmonar é menor que o normal
- A hiperventilação é prejudicial porque reduz o fluxo de sangue gerado pelas compressões torácicas
- Além disto, a hiperventilação aumenta a distensão gástrica e suas complicações
- A recomendação = volume de 500 a 600 ml a cada insuflação

## **4- A aplicação de choque único inicial seguidos de RCP imediata**

- Ao tentar promover desfibrilação, aplicar 1 choque seguido de RCP imediata, começando com compressões torácicas
- Verificar ritmo cardíaco após 2 minutos ou 5 ciclos de RCP
- Isto porque a análise do ritmo através do desfibrilador, após cada choque, resulta em demora de 37 segundos ou mais ; estas interrupções são prejudiciais
- O 1o choque reverte FV em 85 a 94% dos casos; porém, demora vários minutos até o retorno do ritmo cardíaco normal e o restabelecimento do fluxo sanguíneo normal. Portanto, CONTINUAR COM COMPRESSÕES TORÁCICAS !
- Se este choque não reverter, reiniciar RCP terá resultado melhor que outro choque

RCP : Novos Guidelines 2010 American Heart Association

Outras recomendações de interesse :

- Ênfase para chin lift
- OVACE inconsciente : só realizar compressões torácicas (tipo RCP)
- IOT só se o profissional for experiente
- Carga das desfibrilações
- Medicamentos

## **DEFIBRILADORES**

- Foram criados nos anos 90 equipamentos que identificavam sozinhos o ritmo e realizavam o choque programado e não necessitavam do médico ou outro profissional para aplicar o choque.
- Estava criado um desfibrilador chamado de Desfibrilador Externo Automático ou DEA.
- Seu uso foi recomendado para leigos treinados, garantindo a desfibrilação dentro dos primeiros minutos da parada cardíaca.
- No Brasil, em Dezembro de 2001 o Conselho Federal de Medicina autorizou o uso do DEA por leigos treinados. Lei municipal de 17 de julho de 2002 garante 1 DEA e pessoas treinadas em locais com mais de 1000 pes./dia.

## **TREINAMENTO EM DEA**

- Área de saúde: enfermeiros, fisioterapeutas, dentistas
- Bombeiros
- Aeromoças
- Seguranças
- Policiais
- Professores
- Esportistas
- Estudantes
- Treinadores
- Cidadãos em geral

## DEFIBRILADORES

- Nunca se viu tanta reversão de paradas cardíacas como nos locais e serviços onde foram implantados.
- No período de 2 anos e meio, no Aeroporto O'Hare de Chicago, 25 pessoas foram socorridas em PRC. 20 receberam choque em até 3 minutos. 18 sobreviveram.



AEROPORTO O'HARE  
Chicago, E.U.A.

## LOCAIS ONDE O USO DO DEA É RECOMENDADO

- Nos serviços de emergência (APH e/ou resgate)
- Nos serviços que realizam o primeiro contato com a população (bombeiros, policiais, etc.)
- Nas grandes empresas e grupamentos populacionais (aeroportos, escolas, clubes, shoppings, estádios, etc.)
- Em locais onde grande número de pessoas realizam atividade física (clubes, academias, etc.)
- Em locais isolados- hotéis, fazendas, aviões
- Em aeronaves de vôos internacionais
- A partir de 8/8/2006, 20 estações do metrô de São Paulo contam com 20 DEA; foram treinados 354 funcionários ( até fim do mês – 510 )

## ATENÇÃO, DENTISTAS !

- Em todo o mundo, 20.000 emergências na cadeira do dentista por ano.
- No Brasil, ocorrem 50 emergências por dia em consultórios odontológicos.
- Nos EUA, 90 % dos consultórios odontológicos contam com equipamentos de emergência; no Brasil, somente 10 %.
- No RJ, em 3/8/2006, foi apresentado na câmara municipal projeto de lei tornando obrigatório máscaras de O2 e desfibriladores em consultórios odontológicos.
- Esta lei determina que o alvará de licença para o funcionamento de novos consultórios será liberada somente após a instalação dos equipamentos.
- Os consultórios em atividade terão 180 dias para cumprir as exigências.

### Situações especiais no uso do DEA

1. Crianças: NÃO usar o DEA em menores de 1 ano
2. Água: Retirar a vítima do contato com a água; secar rapidamente o peito da vítima, antes de aplicar os eletrodos
3. Marcapasso: Aplicar os eletrodos a pelo menos a 3 cm de distância da borda de qualquer dispositivo implantado
4. Medicamentos transdérmicos: Remover o adesivo, limpar e secar a área, antes de conectar o DEA
5. PELOS : Raspá-los com lamina de barbear antes de conectar o DEA

## DESFIBRILADORES



### COMO FUNCIONA UM DEA ?

- Identifica automaticamente o ritmo
- repara o choque só para situações onde o choque está recomendado
- orienta por voz o que deve ser feito
- segue o estabelecido em protocolos (sequência, intensidade de carga, etc.)
- pode gravar todo o som ambiente
- mantém na memória tudo o que foi

### OS 4 PASSOS PARA OPERAR UM DEA

1. LIGUE o DEA
2. Aplique os ELETRODOS do DEA no peito da
3. Aguarde a ANALISE do ritmo
4. Aplique o CHOQUE (se este for indicado)



realizado

vítima

### Vias de acesso para medicações

- Intravenosa – preferencial; por jelco (calibroso se trauma )
- Intraóssea
- Endotraqueal – Dose 2 a 2½ vezes a dose IV; diluir 5 a 10 ml água ou SF 0,9%
- Intramuscular
- Intranasal
- Retal
- Sublingua

### PROCEDIMENTOS AUXILIARES na RCP

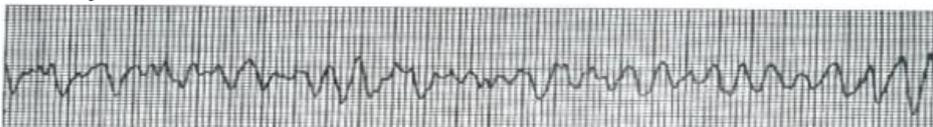
Intervenções farmacológicas

### PARÂMETROS DE PARADA CARDÍACA

1. Taquicardia ventricular sem pulso
2. Atividade elétrica sem pulso
3. Assistolia
4. Bradicardia sintomática
5. Fibrilação ventricular

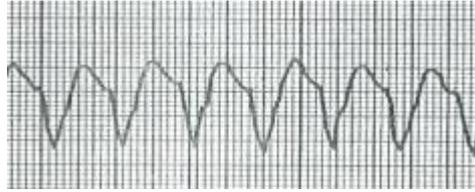
### INDICAÇÕES RESTRITAS DA DESFIBRILAÇÃO

1. Fibrilação ventricular

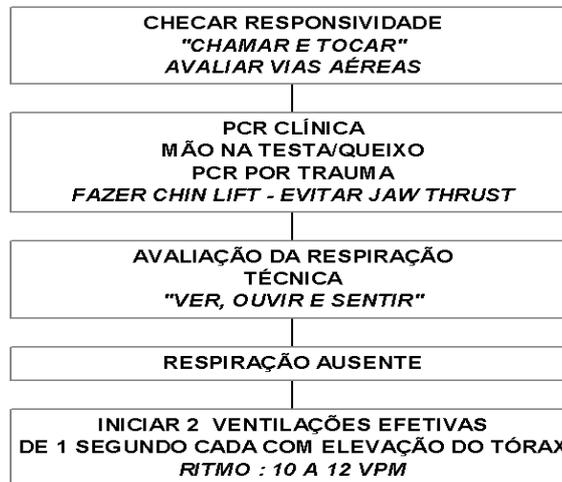


2. Taquicardia ventricular

com pulso = antiarrítmicos  
sem pulso = desfibrilação



## ALGORITMOS DAS NOVAS DIRETRIZES NA PCR E RCP



## PCR EM ADULTOS

### Manobra de inclinação da cabeça e elevação do queixo( chin lift)

*Esta manobra é mais importante e continua sendo utilizada na RCP praticada por leigos e profissionais de APH*

### Manobra de elevação do ângulo da mandíbula( jaw thrust )

*De acordo com as novas diretrizes, socorristas leigos não devem fazer! Só profissionais de APH, se não houver suspeita de lesão de coluna cervical*

## ABERTURA DAS VIAS AÉREAS

Vias Aéreas

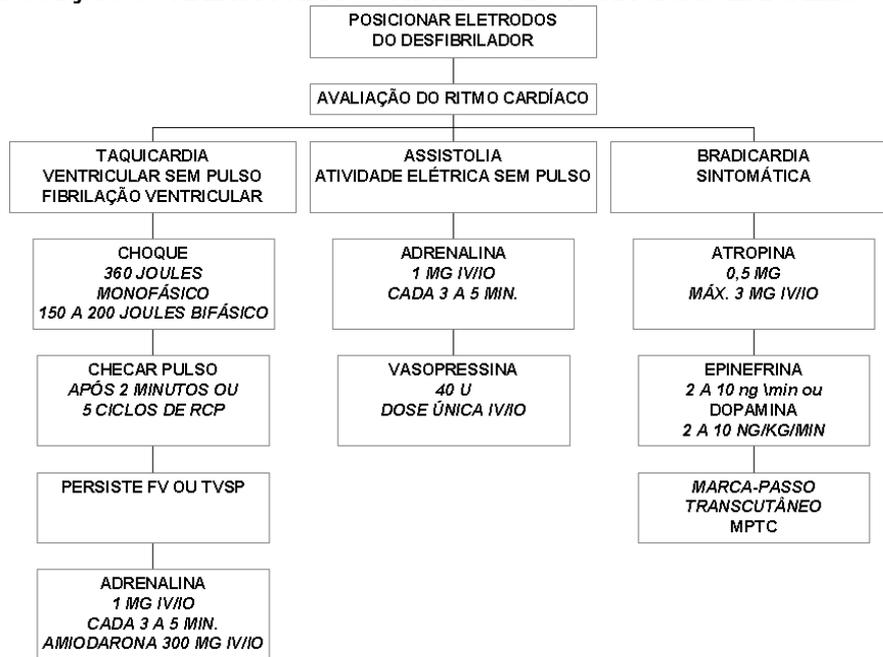
- Intubação orotraqueal Anterógrada e Retrógrada
- Intubação Nasotraqueal
- Ventilação Cutânea Transtraqueal
- Cricotireostomia Cirúrgica
- Traqueostomia
- Combitube
- Máscara Laríngea

## INTUBAÇÃO OROTRAQUEAL

Combitube – técnica  
Máscara Laríngea

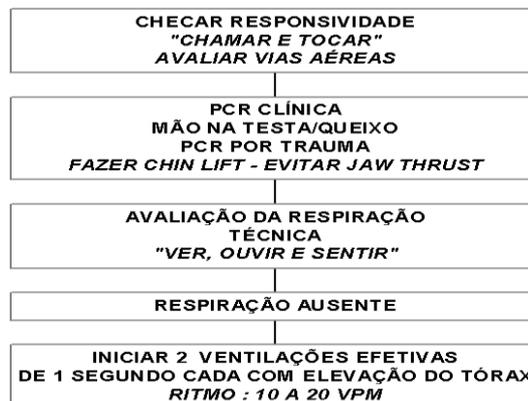


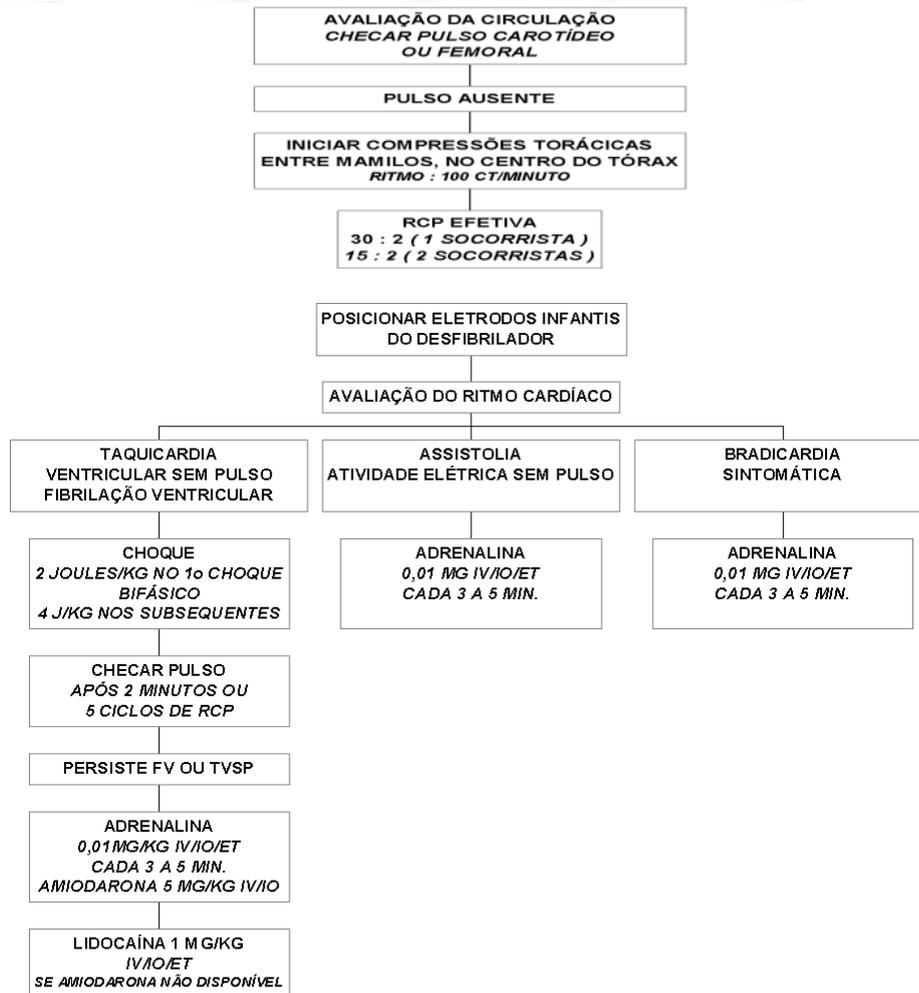
### Verificação do pulso carotídeo POSIÇÃO CORRETA PARA COMPRESSÕES TORÁCICAS EFICAZES



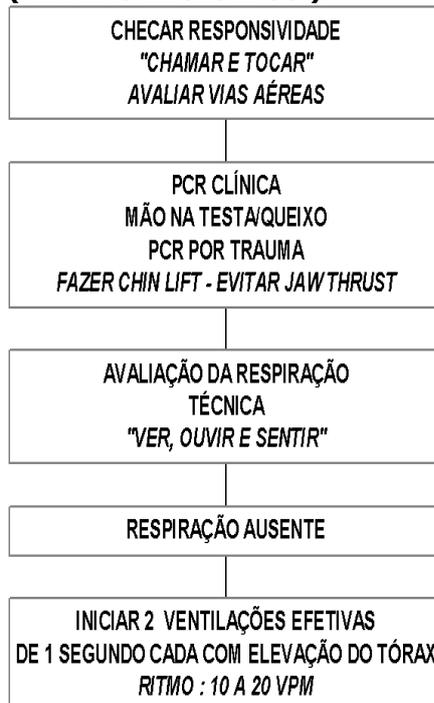
A epinefrina e a dopamina podem ser administradas enquanto se aguarda a colocação do Marca-Passo.

### PCR EM CRIANÇAS DE 1 A 8 ANOS

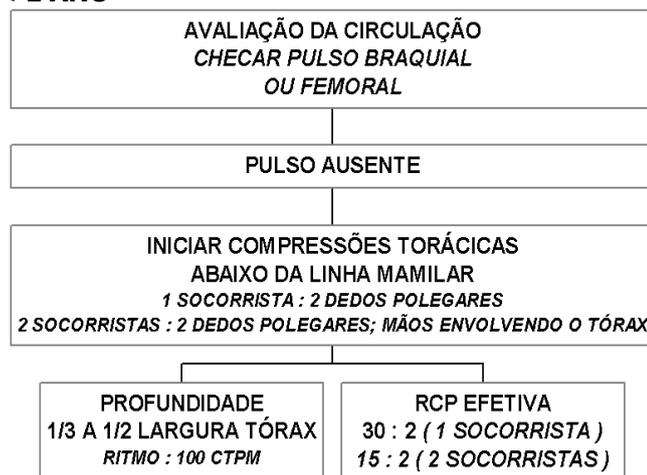




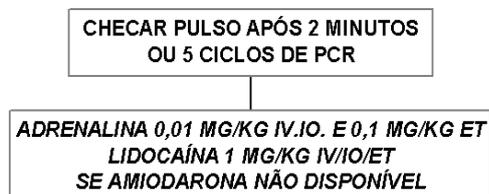
### PCR EM CRIANÇAS < 1 ANO ( RN NÃO INCLUÍDOS )



### RCP EM CRIANÇAS < 1 ANO



### RCP EM CRIANÇAS < 1 ANO



Causas reversíveis de parada cardíaca e que levam à falta de resposta a RCP

- **FATORES H**
  - Hipovolemia
  - Hipóxia
  - Ph ( acidose )
  - Hipo/hiperpotassemia
  - Hipoglicemia
  - Hipotermia
  
- **FATORES T**
  - Toxinas
  - Tamponamento
  - PneumoTórax hiperTensivo
  - Trombose
  - Trauma

#### ATENÇÃO !

A desfibrilação imediata, como 1ª medida, só deve ser realizada se a PCR for presenciada pelo socorrista ou se ocorrer antes de 4 a 5 minutos até a chegada da equipe de APH !!!

A estabilização manual da cabeça e do pescoço da vítima é preferível à aplicação do colar cervical, em vítimas de trauma em PCR, pois interfere na eficácia da RCP !

#### QUANDO NÃO INICIAR A RCP

Profissionais não médicos

- Morte óbvia ( trauma )

- PCR acompanhada de livor mortis e/ou rigor mortis.

#### Profissionais médicos

- Morte óbvia ( trauma )
- PCR acompanhada de livor mortis e/ou rigor mortis
- Morte encefálica
- Paciente com câncer avançado em fase final ( terminalidade da vida )
- Pacientes idosos com falência irreversível pelo menos 3 órgãos( cardíaco, renal, hepático ou pulmonar )

#### ASPECTOS ÉTICOS DA RESSUSCITAÇÃO CARDIOPULMONAR E CEREBRAL

- Em pacientes terminais, sem perspectiva de cura ou recuperação, a RCP pode ser cruel e fútil.
- Oferecer a estes pacientes a opção de não realizar RCP é conduta amparada ética e moralmente.
- A decisão da equipe médica deve ter o consentimento da família e constar no prontuário do paciente ( não há necessidade de autorização por escrito da família ).
- Se a família insistir na RCP, esta deve ser realizada, exceto em morte encefálica.

#### Ordem de Não Ressuscitar ( ONR )

- Visa fundamentalmente evitar a futilidade terapêutica e o sofrimento desnecessário
- Referem-se apenas às manobras de RCP; os cuidados básicos com o paciente são mantidos: hidratar, alimentar, tratar a dor etc.
- O respeito à dignidade do ser humano é o valor mais importante

#### SINAIS DE MORTE ÓBVIA NO TRAUMA

- Livor e Rigor mortis
- Decomposição Cadavérica
- Carbonização
- Carbonização do corpo
- Decapitação
- Separação do tronco
- Esmagamento do tronco
- Trauma cranioencefálico com exposição do encéfalo

#### CRITÉRIOS PARA INTERRUÇÃO DA RCP

1. Sucesso da RCP, chegada ao hospital com renição pela equipe do intra-hospitalar, condições insalubres ou de perigo;
2. Em SAV :
  - após atingir dosagem máxima de atropina
  - afastadas todas as causas reversíveis
  - após 40 minutos sem qualquer resposta
  - Confirmação da assistolia em 2 derivações ao ECG

#### ATENDIMENTO À PCR

Pontos-chaves:

**A**irway : Assegurar VA. Checar localização (exame clínico). Aspirar s/n. Capnografia e saturação.

**B**reathing : O<sub>2</sub>, ventilação com pressão positiva (ambú ou ventilador mecânico), controlar problemas decorrentes da RCP (fratura de costelas, pneumotórax)

**C**irculation : monitorização , ECG 12 d., medicações de manutenção( lidocaína, outros). Elevação da cabeça 30°. Evitar hipertermia.

**D**ifferential diagnosis : procurar e tratar causas da PCR, buscar complicações, revisar história e exame físico.

## Aplicações Terapêuticas da Hipotermia

Nível	Média Temperatura	Aplicações Potenciais
Leve	>32°C (>89.6°F)	Hipotermia Terapêutica para isquemia focal ou global
Moderada	28-32°C (82.4-89.6°F)	Igual
Severa	20-28°C (68-82.4°F)	Procedimentos que requerem parada circulatória, para aplicações locais (ex.: medula) ou no cérebro isquêmico (futuro)
Profunda	<20°C (<68°F)	igual

- ✓ A documentação das caldeiras e vasos de pressão deve estar sempre disponível no estabelecimento onde os equipamentos estão instalados. Nos casos em que for necessária a retirada da documentação do estabelecimento, será providenciada sua duplicação.
- ✓ O critério adotado por esta NR para classificação de caldeiras leva em conta a pressão de operação e o volume interno da caldeira. Este conceito, também adotado por outras normas internacionais, representa a energia disponível em uma caldeira. Desta forma, quanto maior a energia, maiores serão os riscos envolvidos.
- ✓ O Registro de Segurança deve ser constituído por um livro, com páginas numeradas, exclusivo para cada caldeira. É possível que a empresa utilize outro sistema (por exemplo, informatizado) desde que, de fato, apresente a mesma segurança contra burla, permita assinatura, nas ocasiões indicadas, e seja de fácil consulta.
- ✓ Por ocasião da inspeção da caldeira, o profissional habilitado contratado pelo estabelecimento para fazer a inspeção da caldeira ou o profissional habilitado existente no serviço próprio de inspeção deverá anotar no Registro de Segurança a data e tipo da inspeção de segurança de caldeira que está sendo realizada. O profissional habilitado solicitará a assinatura do operador da caldeira ou, na sua ausência, a de outro operador no referido registro de segurança.
- ✓ A assinatura tem por objetivo comprovar que a caldeira está sendo inspecionada e não implica em qualquer responsabilidade por parte do operador na atividade de inspeção. O preenchimento do livro e a respectiva assinatura deverão ser feitos durante o período em que a caldeira estiver sendo inspecionada.

AD-MERKBLATT CODE. Technical rules for pressure vessels, series W. Materials. In: AD2000-MERKBLATT W/1. Cast iron with lamellar graphite: 2000 edition. Luxemburger, 2004.

AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS. 2007. Disponível em: <<http://www.asme.org/>>. Acesso em: 19 set. 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 2007. Disponível em: <[http://www.abntnet.com.br](http://www.abntnet.com.br/)>. Acesso em: 12 set. 2007.

NBR 5413: iluminação de interiores. Rio de Janeiro, 1992. 13 p.

NBR 12177: inspeção de segurança de caldeiras estacionárias aquotubular e flamotubular a vapor. Rio de Janeiro, 1992. 35 p.

NBR 12228: tanque estacionário destinado à estocagem de gases altamente refrigerados: inspeção periódica. Rio de Janeiro, 1997. 5 p.

BRASIL. Decreto nº 23.569, de 11 de dezembro de 1933. Regula o exercício das profissões de engenheiro, de arquiteto e de agrimensor. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/1930-1949/D23569.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1930-1949/D23569.htm)>. Acesso em: 10 set. 2007. Publicado na Coleção de Leis do Brasil (CLBR) de 31/12/1933.

BRASIL. Ministério do Trabalho. Secretaria de Segurança e Saúde no Trabalho. Portaria nº 23, de 27 de dezembro de 1994. Altera a Norma Regulamentadora Nº 13 - Caldeiras e Recipientes sobre Pressão, nos termos do anexo constante desta portaria, que passa a ter o seguinte título: Caldeiras e Vasos de Pressão. Disponível em: <[http://www.mte.gov.br/legislacao/portarias/1994/p\\_19941227\\_23.asp](http://www.mte.gov.br/legislacao/portarias/1994/p_19941227_23.asp)>. Acesso em: 17 set. 2007.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. 2007. Disponível em: <<http://www.mte.gov.br>>. Acesso em: 17 set. 2007.

NR-13 - Caldeiras e Vasos de Pressão (113.000-5). Disponível em: <[http://www.mte.gov.br/legislacao/normas\\_regulamentadoras/nr\\_13.pdf](http://www.mte.gov.br/legislacao/normas_regulamentadoras/nr_13.pdf)>. Acesso em: 13 set2007.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. NR 13 - Manual Técnico de Caldeiras e Vasos de Pressão. (Portaria nº 23/94). Brasília, DF: MTE/SIT/DSST, 2006. 124 p. Ed. Comemorativa 10 anos da NR-13. Disponível em: <[http://www.mte.gov.br/seg\\_sau/ManualTecnicoCaldeiras\\_2006.pdf](http://www.mte.gov.br/seg_sau/ManualTecnicoCaldeiras_2006.pdf)>. Acesso em: 17 set. 2007.

BRASIL. Tribunal Regional do Trabalho (2ª. Região). CLT Dinâmica: Consolidação das Leis do Trabalho. Decreto-Lei nº 5.452, de 1º de maio de 1943. Desenvolvimento e atualização realizados pelo Serviço de Jurisprudência e Divulgação do Tribunal Regional do Trabalho da 2ª Região. Disponível em: <<http://www.trtsp.jus.br/geral/tribunal2/legis/CLT/INDICE.html>>. Acesso em: 10 set. 2007.

CONSELHO FEDERAL DE ENGENHARIA, ARQUITETURA E AGRONOMIA (Brasília, DF). Decisão normativa nº 29, de 27 de maio de 1988. Estabelece competência nas atividades referentes a inspeção e manutenção de caldeiras e projetos de casa de caldeiras. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 14 jul. 1988. Seção 1, p. 13.125. Disponível em: <<http://normativos.confea.org.br/downloads/0029-88.pdf>>. Acesso em: 13 set. 2007.

Decisão normativa nº 45, de 16 de dezembro de 1992. Dispõe sobre a fiscalização dos serviços técnicos de geradores de vapor e vasos sob pressão. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 8 fev. 1992. Seção 1, p. 1.707. Disponível em: <<http://normativos.confea.org.br/downloads/0045-92.pdf>>. Acesso em: 13 set. 2007.

Resolução nº 218, de 29 de junho de 1973. Discrimina atividades das diferentes modalidades profissionais da Engenharia, Arquitetura e Agronomia. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 31 jul. 1973. Disponível em: <<http://normativos.confea.org.br/downloads/0218-73.pdf>>. Acesso em: 13 set. 2007.