

JB SERVIÇOS DE ASSESSORIA E CONSULTORIA EMPRESARIAL LTDA – ME. CNPJ: 25.108.808/0001-18.  
Rio de Janeiro - Endereço: Rua Moncorvo Filho, 99, loja A – Centro, Rio de Janeiro - RJ.  
TELEFONE: (21) 3933-1161(fixo e whatsapp) E-MAIL: comercial@jbsegurancadotrabalho.com.br  
SITE: [www.jbsegurancadotrabalho.com.br](http://www.jbsegurancadotrabalho.com.br)  
São Paulo – Endereço: Rua Siqueira Bueno, 1321 - Loja - Metrô Belém - São Paulo-SP.  
TELEFONE: (11) [2694-2399](tel:2694-2399) (fixo e whatsapp)

## NR 13 – Operador de Caldeira e Vaso de Pressão

**40 horas**



**UNIDADES RIO DE  
JANEIRO E SÃO PAULO**

JB SERVIÇOS DE ASSESSORIA E CONSULTORIA EMPRESARIAL LTDA – ME. CNPJ: 25.108.808/0001-18.

Rio de Janeiro - Endereço: Rua Moncorvo Filho, 99, loja A – Centro, Rio de Janeiro - RJ.

TELEFONE: (21) 3933-1161(fixo e whatsapp) E-MAIL: comercial@jbsegurancadotrabalho.com.br

SITE: [www.jbsegurancadotrabalho.com.br](http://www.jbsegurancadotrabalho.com.br)

São Paulo – Endereço: Rua Siqueira Bueno, 1321 - Loja - Metrô Belém - São Paulo-SP.

TELEFONE: (11) [2694-2399](tel:2694-2399) (fixo e whatsapp)

WORK SHOP



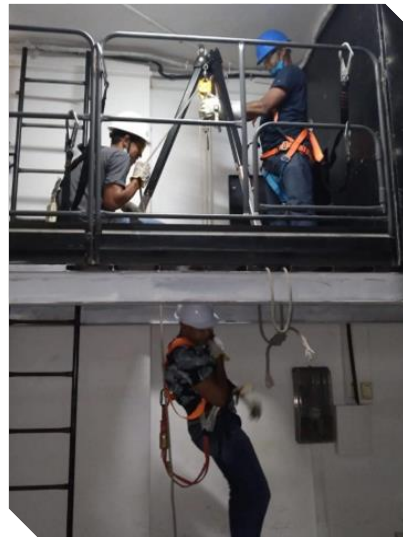
NR-35



PRIMEIROS SOCORROS



NR-33



NR-35



JB SERVIÇOS DE ASSESSORIA E CONSULTORIA EMPRESARIAL LTDA – ME. CNPJ: 25.108.808/0001-18.  
Rio de Janeiro - Endereço: Rua Moncorvo Filho, 99, loja A – Centro, Rio de Janeiro - RJ.  
TELEFONE: (21) 3933-1161(fixo e whatsapp) E-MAIL: comercial@jbsegurancadotrabalho.com.br  
SITE: [www.jbsegurancadotrabalho.com.br](http://www.jbsegurancadotrabalho.com.br)  
São Paulo – Endereço: Rua Siqueira Bueno, 1321 - Loja - Metrô Belém - São Paulo-SP.  
TELEFONE: (11) [2694-2399](tel:2694-2399) (fixo e whatsapp)

É requisito legal a prova de conclusão do ensino de 1º grau.

Após a conclusão desse treinamento os treinandos serão submetidos a teste com 10 questões com um índice de acertos mínimo de 60%.

Faltas em mais de 10% de horas/aulas automaticamente torna o treinando **inapto** para conclusão do curso.

Esse treinamento segue as diretrizes das NR-6; **13**; Anexo II da NR-30 e OHSAS 18001/2007



**OPERADOR DE CALDEIRA**

JB SERVIÇOS DE ASSESSORIA E CONSULTORIA EMPRESARIAL LTDA – ME. CNPJ: 25.108.808/0001-18.  
Rio de Janeiro - Endereço: Rua Moncorvo Filho, 99, loja A – Centro, Rio de Janeiro - RJ.  
TELEFONE: (21) 3933-1161(fixo e whatsapp) E-MAIL: comercial@jbsegurancadotrabalho.com.br  
SITE: [www.jbsegurancadotrabalho.com.br](http://www.jbsegurancadotrabalho.com.br)  
São Paulo – Endereço: Rua Siqueira Bueno, 1321 - Loja - Metrô Belém - São Paulo-SP.  
TELEFONE: (11) [2694-2399](tel:2694-2399) (fixo e whatsapp)

Esse treinamento é voltado para instruir competências aos profissionais que operam caldeiras e vasos de pressão, dando-lhes condições de executarem essas atividades com mais segurança, protegendo-lhes a vida e o patrimônio das empresas.

JB SERVIÇOS DE ASSESSORIA E CONSULTORIA EMPRESARIAL LTDA – ME. CNPJ: 25.108.808/0001-18.  
Rio de Janeiro - Endereço: Rua Moncorvo Filho, 99, loja A – Centro, Rio de Janeiro - RJ.  
TELEFONE: (21) 3933-1161(fixo e whatsapp) E-MAIL: comercial@jbsegurancadotrabalho.com.br  
SITE: [www.jbsegurancadotrabalho.com.br](http://www.jbsegurancadotrabalho.com.br)  
São Paulo – Endereço: Rua Siqueira Bueno, 1321 - Loja - Metrô Belém - São Paulo-SP.  
TELEFONE: (11) [2694-2399](tel:2694-2399) (fixo e whatsapp)

# Treinamento NR- 13

## NOÇÕES DE GRANDEZAS FÍSICAS E UNIDADES

# **Conteúdo Programático – Módulo 1**

## **1.1. Pressão**

**1.1.1. Pressão atmosférica**

**1.1.2. Pressão interna de um vaso**

**1.1.3. Pressão manométrica, pressão relativa e pressão absoluta**

**1.1.4. Unidades de pressão**

## **1.2. Calor e Temperatura**

**1.2.1. Noções gerais: o que é calor, o que é temperatura**

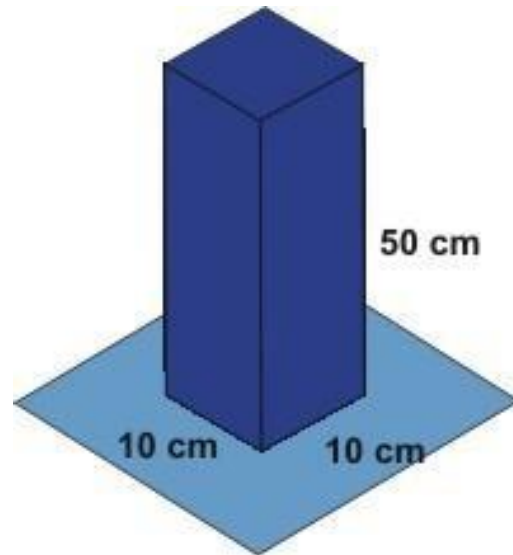
**1.2.2. Modos de transferência de calor**

**1.2.3. Calor específico e calor sensível**

**1.2.4. Transferência de calor a temperatura constante**

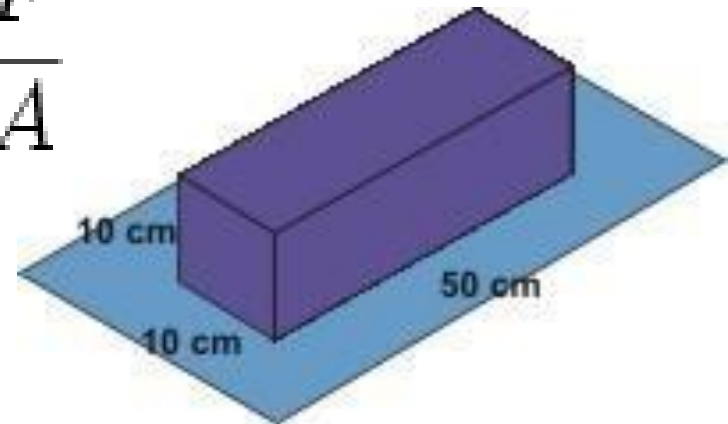
**1.2.5. Vapor saturado e vapor superaquecido**

**DEFINIÇÃO DE PRESSÃO** - A pressão pode ser definida como sendo a relação entre a força exercida por unidade de área e que atua perpendicularmente sobre uma superfície.



$$\begin{aligned} \text{Força} &= 50 \text{ Kgf} \\ \text{Área} &= 10 \times 10 = 100 \text{ cm}^2 \\ \text{Pressão} &= \frac{50}{100} = 0,5 \text{ kgf/cm}^2 \end{aligned}$$

$$p = \frac{F}{A}$$

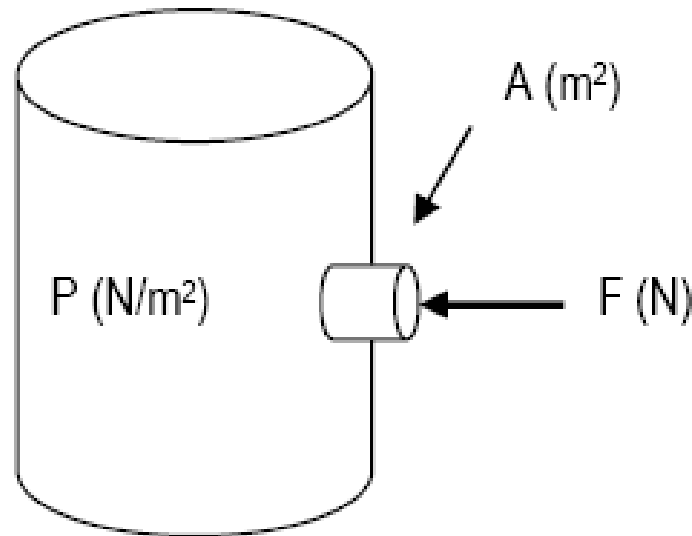


$$\begin{aligned} \text{Força} &= 50 \text{ Kgf} \\ \text{Área} &= 10 \times 50 = 500 \text{ cm}^2 \\ \text{Pressão} &= \frac{50}{500} = 0,1 \text{ kgf/cm}^2 \end{aligned}$$

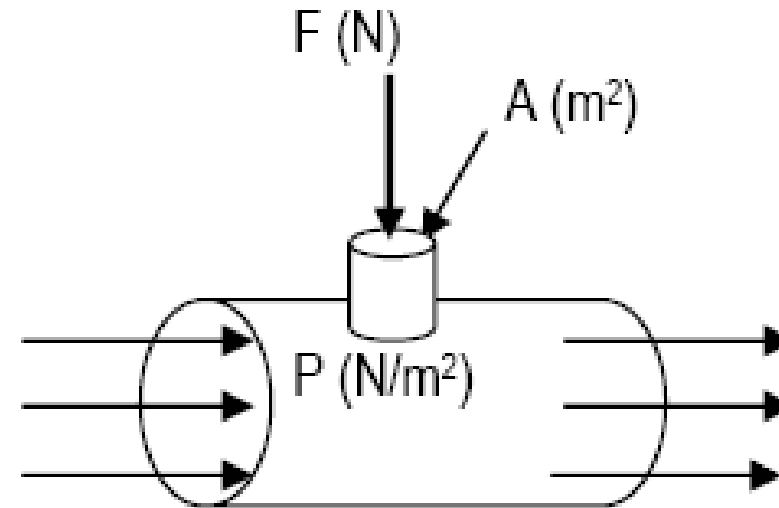


## PRESSÃO

-Também podemos dizer que pressão é a força exercida por um fluido nas paredes de um recipiente.



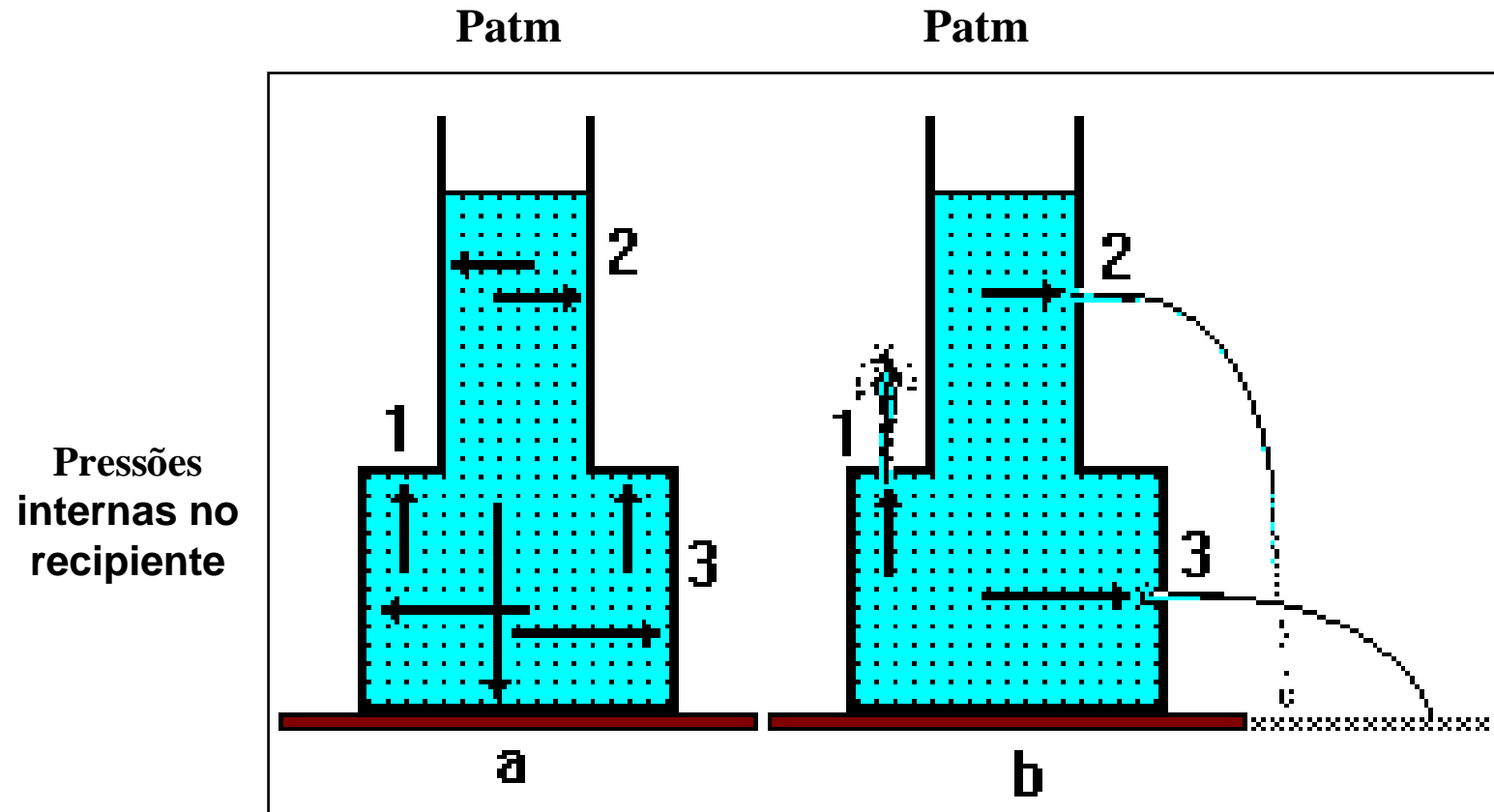
Pressão estática



Pressão dinâmica

## DEFINIÇÃO DE PRESSÃO ATMOSFÉRICA

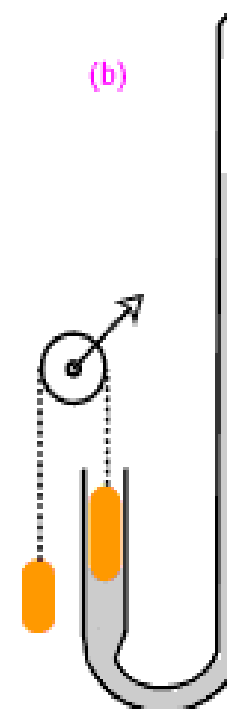
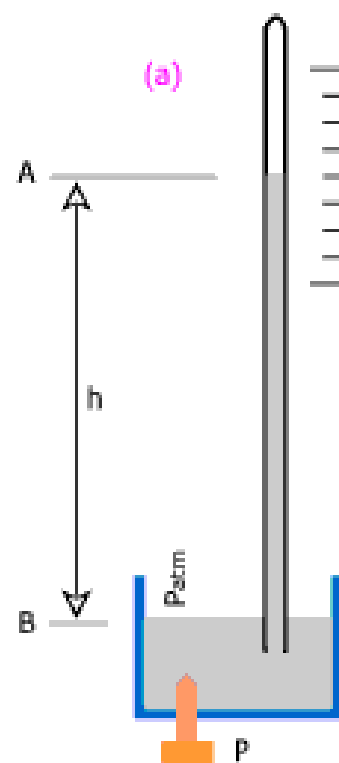
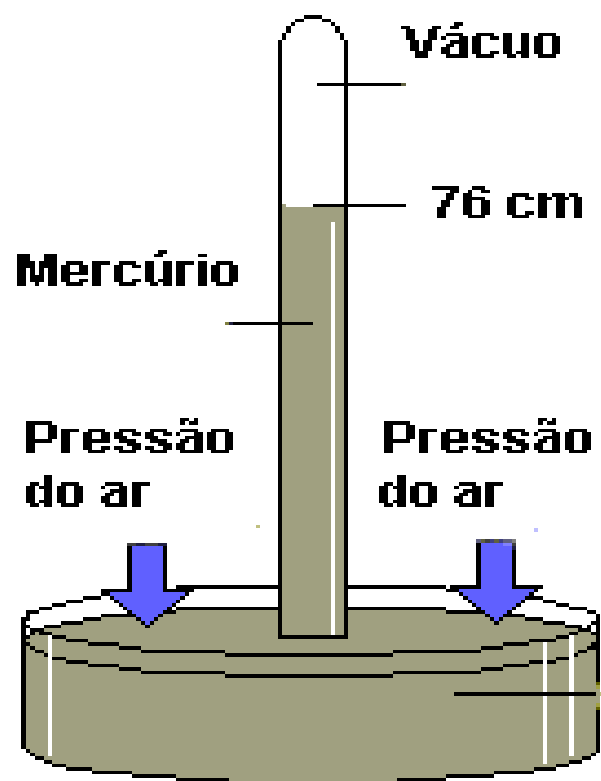
Pressão atmosférica é a pressão exercida pela pelos gases da atmosfera num determinado ponto (foi a primeira pressão a ser medida realmente). É a força por unidade de área, exercida pelo ar contra uma superfície.



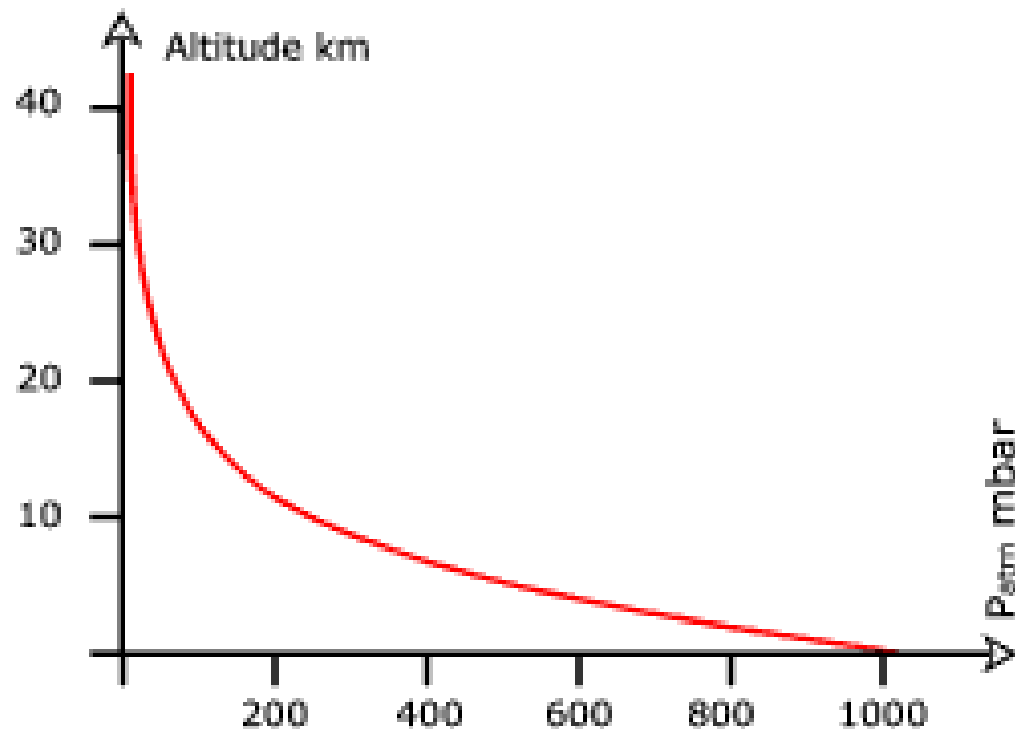
## Barômetro

É um instrumentos destinado a medir a pressão atmosférica. O físico italiano Evangelista Torricelli (1608-1647) realizou uma experiência para determinar a pressão atmosférica ao nível do mar. Ele usou um tubo de aproximadamente 1,0 m de comprimento, cheio de mercúrio (Hg) e com a extremidade tampada. Depois, colocou o tubo, em pé e com a boca tampada para baixo, dentro de um recipiente que também continha mercúrio. Torricelli observou que, após destampar o tubo, o nível do mercúrio desceu e estabilizou- se na posição correspondente a 76 cm.

## Barômetros



## PRESSÃO x ALTITUDE



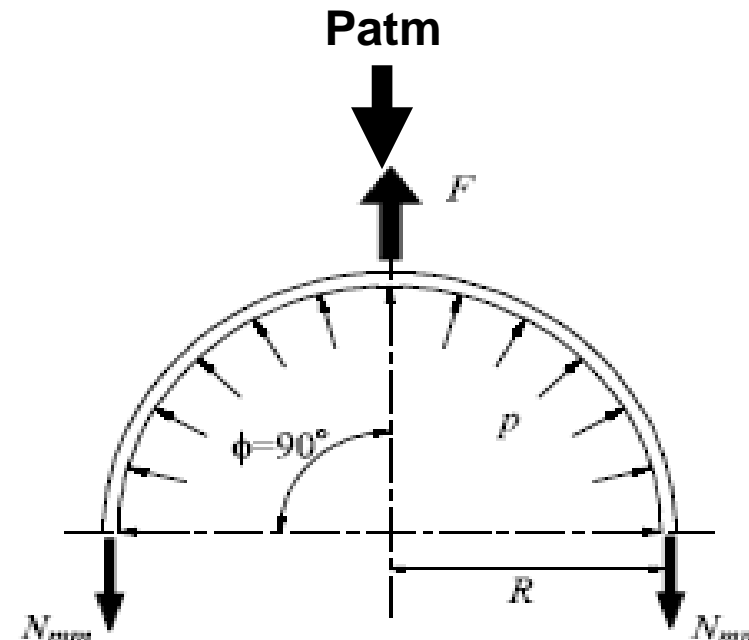
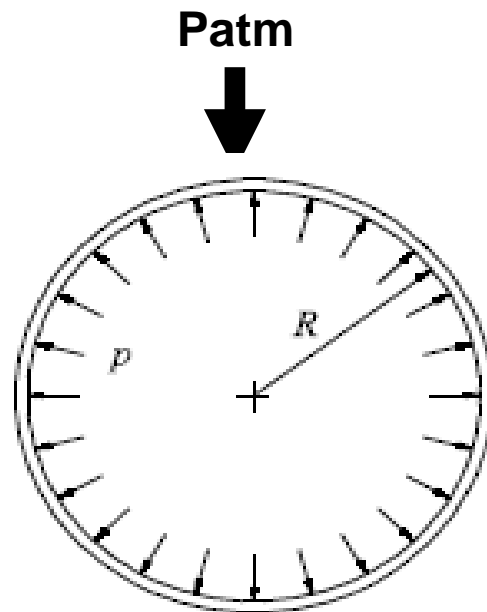
Temos na prática uma relação linear entre altura da coluna e pressão da atmosfera. No nível do mar, a altura da coluna de mercúrio é 760 mm e este valor foi adotado como referência para a *pressão atmosférica normal*.

## Pressão Interna de um Vaso

Vasos de pressão estão sempre submetidos simultaneamente à pressão interna e à pressão externa

Pressão interna – manométrica

Pressão externa – atmosférica



JB SERVIÇOS DE ACESSORIA E CONSULTORIA EMPRESARIAL LTDA – ME. CNPJ: 25.108.808/0001-18.

Rio de Janeiro - Endereço: Rua Moncorvo Filho, 99, loja A – Centro, Rio de Janeiro - RJ.

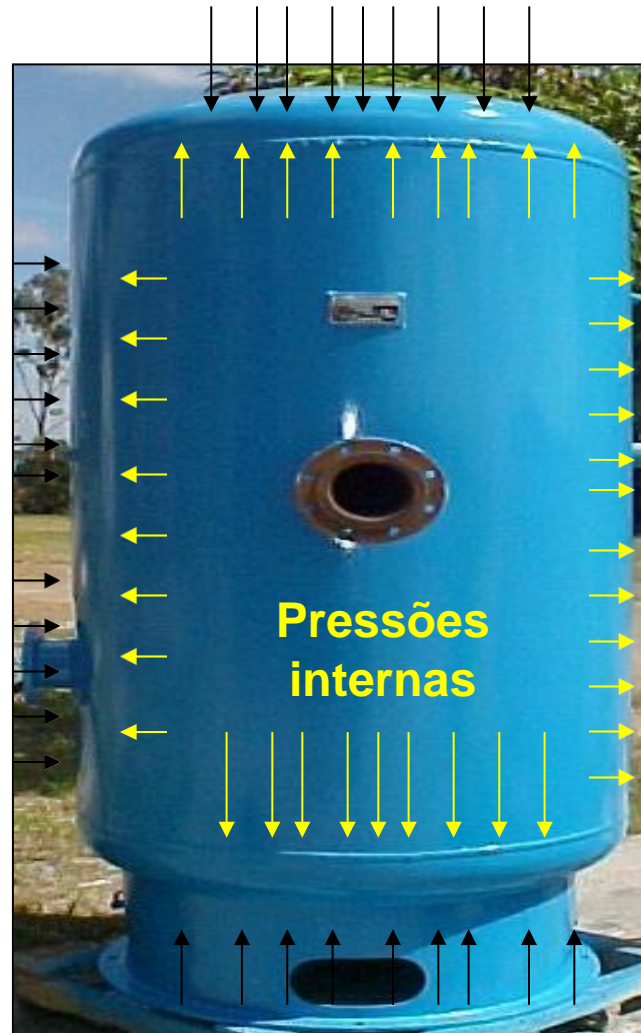
TELEFONE: (21) 3933-1161(fixo e whatsapp) E-MAIL: comercial@jbsegurancadotrabalho.com.br

SITE: [www.jbsegurancadotrabalho.com.br](http://www.jbsegurancadotrabalho.com.br)

São Paulo – Endereço: Rua Siqueira Bueno, 1321 - Loja - Metrô Belém - São Paulo-SP.

TELEFONE: (11) [2694-2399](tel:2694-2399) (fixo e whatsapp)

**Pressões  
Externas**



**Pressões  
Externas**



# **DEFINIÇÃO DE PRESSÃO MANOMÉTRICA**

A pressão manométrica é definida como a pressão medida em relação à pressão atmosférica existente no local, podendo ser positiva ou negativa.

## **Tipos de pressão**

**Pressão positiva (manométrica)**

**Pressão negativa (vácuo)**

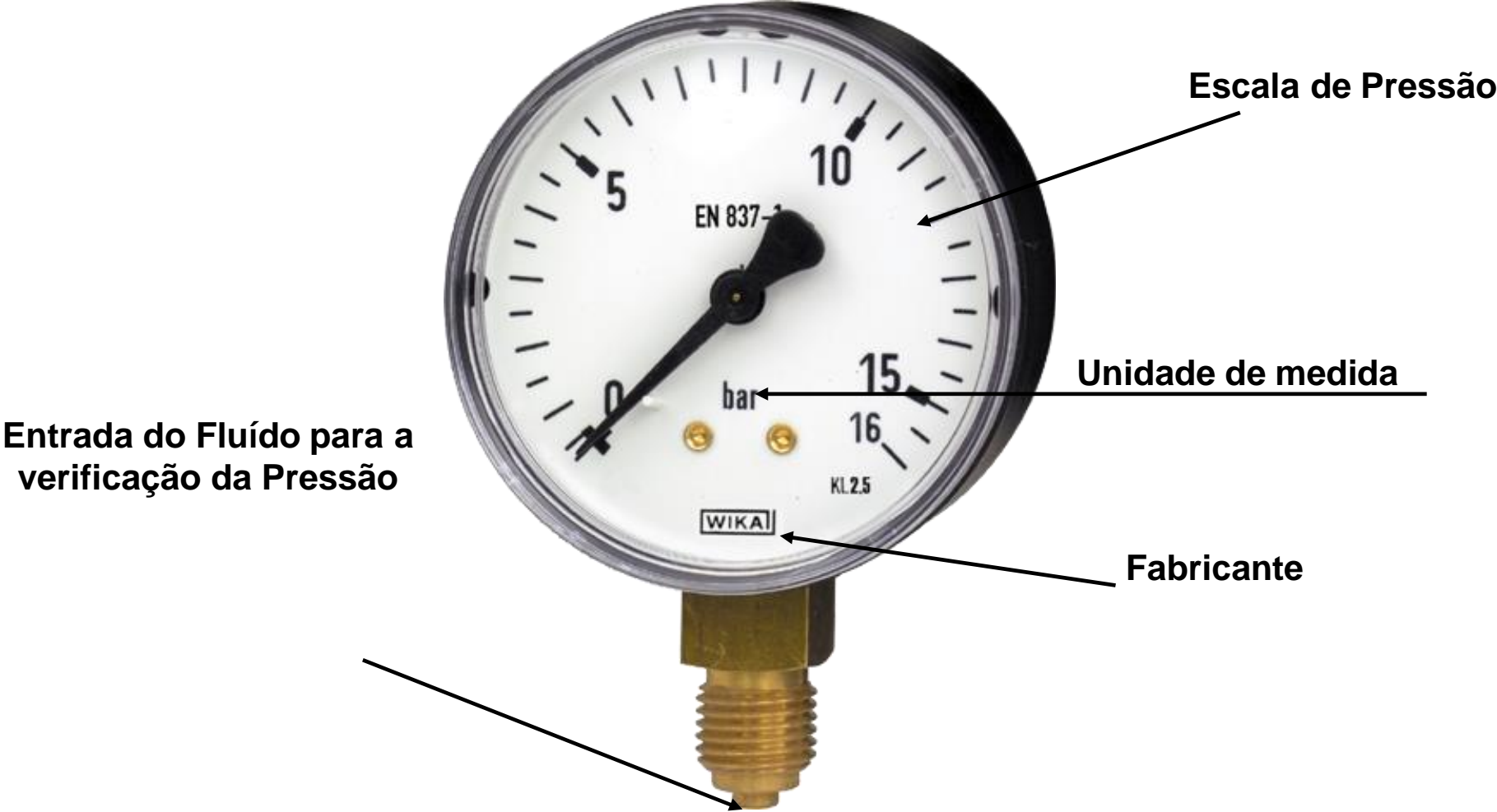
## **Aplicação:**

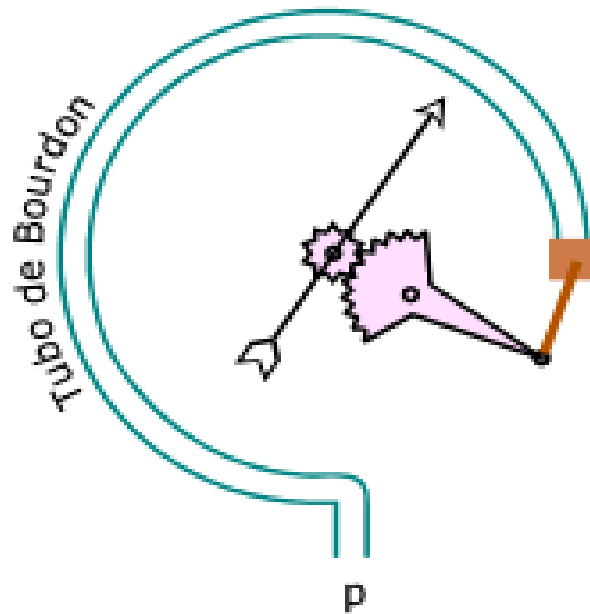
Médica

Postos de Gasolina

Unidades de Processos (Área de Utilidades)

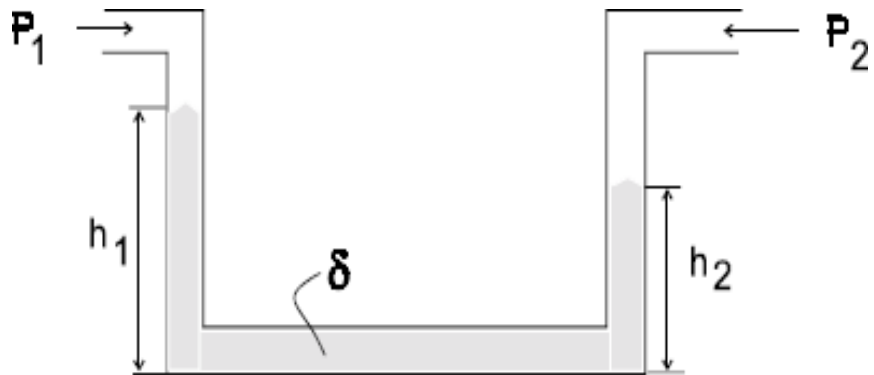
**MANÔMETRO DE BORDON**





O manômetro de *tubo de Bourdon* é certamente um dos mais utilizados. Um tubo de paredes finas e seção transversal aproximadamente retangular é fabricado na forma de uma curva conforme exemplo da Figura. Sob ação da pressão  $p$ , o raio da curva varia e o movimento aciona um mecanismo de engrenagens e ponteiro para indicação da pressão.

## Manômetro Aberto



Manômetro em forma de U, bastante usado para pequenas pressões, como sistemas de ventilação, exaustão e similares.

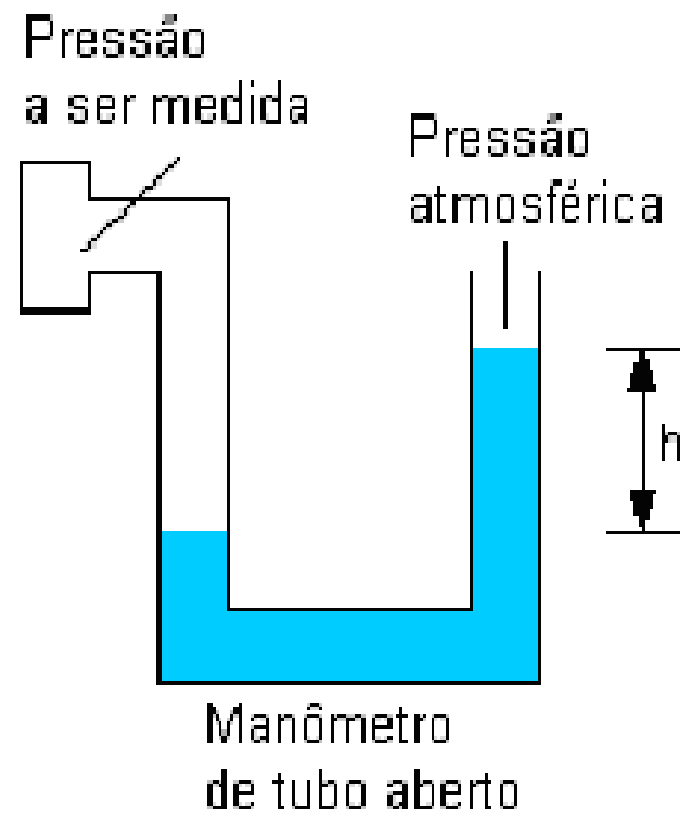
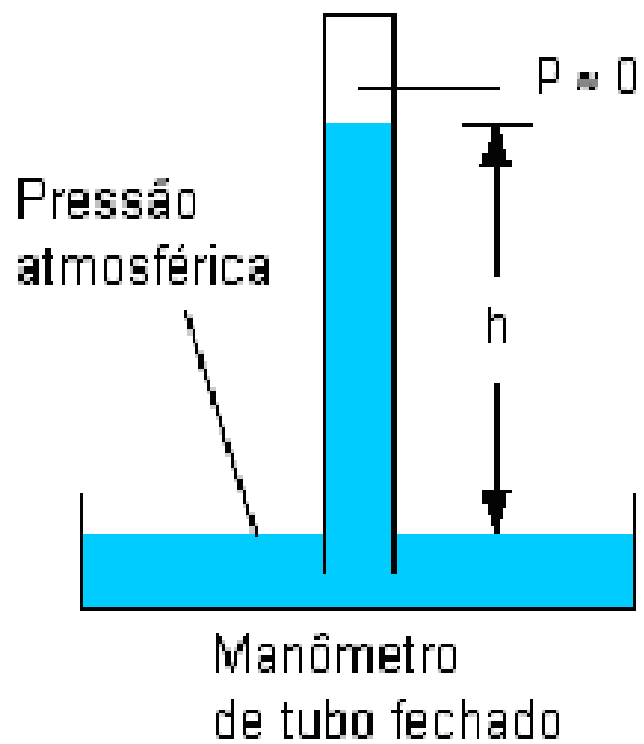
**Equação manométrica**

$$P_1 - P_2 = \gamma \times (h_2 - h_1)$$

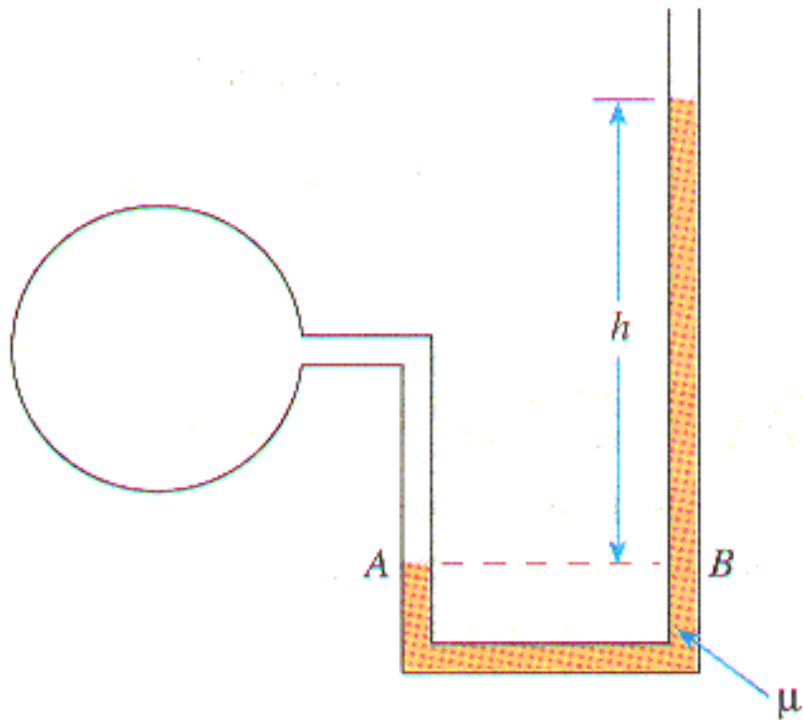
**P = pressão na base da coluna**

**$\gamma$  = peso específico do fluido**

**h = altura da coluna de fluido**



## Manômetro de Tubo Aberto



$$P_A = P_B$$

$$P_{\text{SISTEMA}} = P_{\text{ATM}} + P_{\text{LÍQUIDO}}$$

$$P_{\text{SISTEMA}} = P_{\text{ATM}} = \rho \times g \times h$$

$$P_{\text{MANOMÉTRICA}} = \rho \times g \times h$$

$\rho$  = densidade do fluido

$g$  = força da gravidade

$h$  = altura

$P$  = Pressão

## A pressão Absoluta

**- Defini-se como a pressão real existente dentro de um recipiente (Comparar com pressão manométrica.) É a escala de pressão que adota como zero o vácuo absoluto, o que justifica a afirmação que nesta escala só existe pressões positivas, teoricamente poderíamos ter a pressão igual a zero, que representaria a pressão do vácuo absoluto.**

## A Pressão Relativa

- Define-se como a diferença entre a pressão absoluta e a pressão atmosférica.

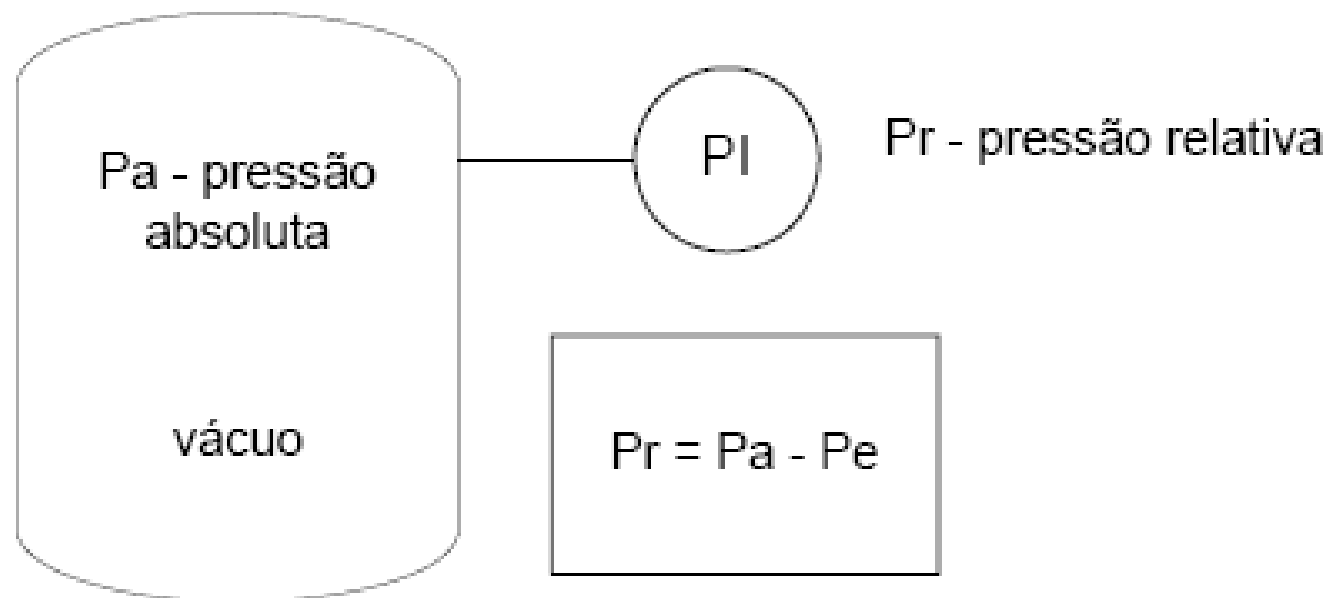
$$P_{abs} - P_{atm}$$

$$P_{int} - P_{atm}$$

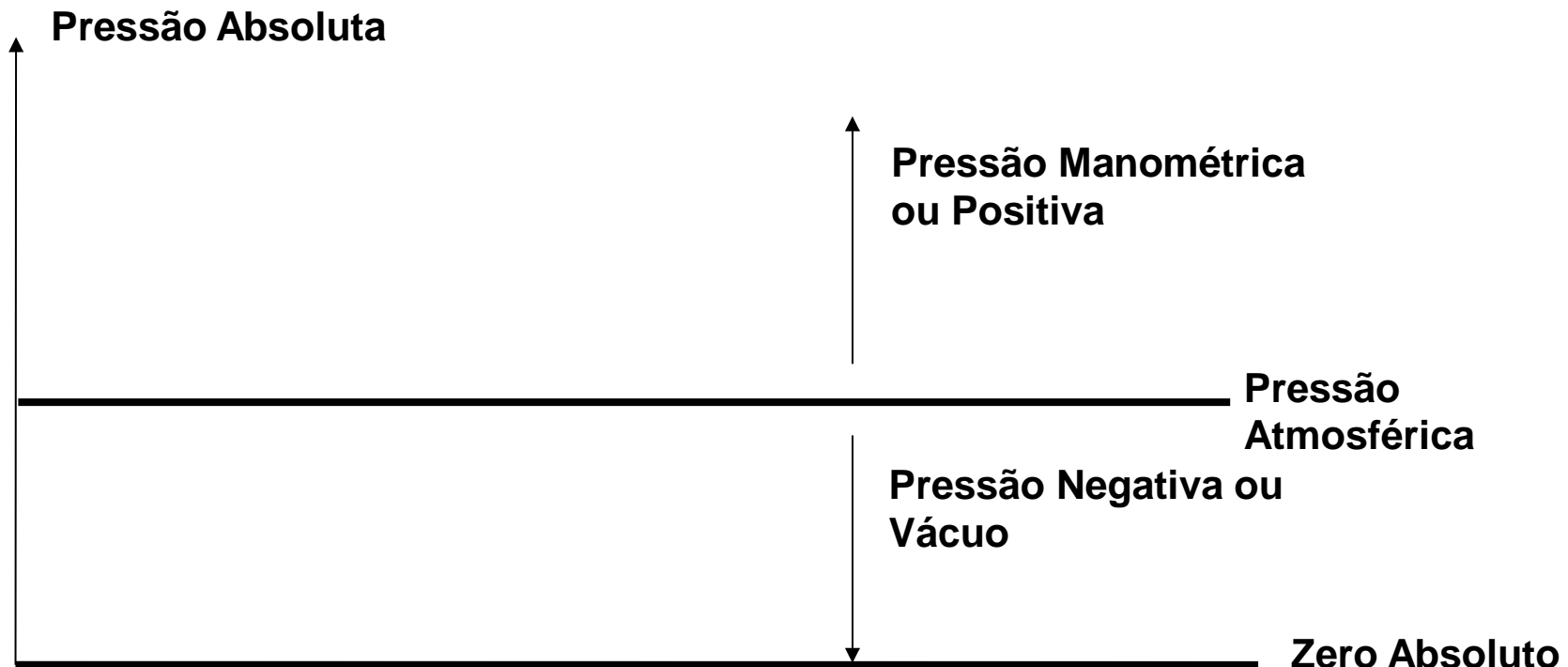


**DIAGRAMA PARA MELHOR ILUSTRAR O CONCEITO DE PRESSÃO RELATIVA, ABSOLUTA E ATMOSFÉRICA**

Pe - pressão atmosférica



# Tabela Indicativa de Pressão Negativa e Positiva



## DEFINIÇÃO DE VÁCUO

**Vácuo** é a ausência de matéria (como moléculas e átomos) em um volume de espaço. Um vácuo é expresso em unidades de pressão e é medido em Pascal(Pa)

Algumas observações importantes: *a pressão absoluta nunca pode ser negativa e que o vácuo não deve ser maior que a pressão atmosférica*

## Unidades de Pressão

**Qual é a unidade padrão para pressão?**

O pascal (cujo símbolo é Pa) é a unidade padrão de pressão no SI. Equivale a força de 1 N aplicada sobre uma superfície de 1 m<sup>2</sup> Matemático Francês –Blaise Pascal. Na prática, usa-se o kilopascal (kPa) 10<sup>3</sup>e o megapascal.

(MPa)10<sup>6</sup>.

**Torr** - Sistema de unidade antigo, mais alguns instrumentos apresentam esta unidade, de origem do nome Torricelli.

1 Torr = 1 mmHg

## UNIDADES DE PRESSÃO

O pascal (cujo símbolo é Pa) é a unidade padrão de pressão no SI. Equivale a força de 1 N aplicada sobre uma superfície de 1 m<sup>2</sup>.

	Atmosfera	Pascal	Bar	mm Hg	Mh2o	kgf/cm2
Atmosfera	1	$1,01325 \times 10^5$	1,01325	760,01	0,33	1,033
Pascal	$9,869 \times 10^{-6}$	1	$10^{-5}$	$7,501 \times 10^{-3}$	$1,020 \times 10^{-4}$	$1,019 \times 10^{-5}$
Bária	$9,869 \times 10^{-7}$	0,1	$10^{-6}$	$7,501 \times 10^{-4}$	$1,020 \times 10^{-5}$	$1,020 \times 10^{-2}$
Bar	0,9869	100000	1	750,1	10,20	1,020
Milibar	$9,869 \times 10^{-4}$	100	0,001	0,7501	$1,020 \times 10^{-2}$	10,20
mm Hg	$1,316 \times 10^{-3}$	133,3	$1,333 \times 10^{-3}$	1	$1,360 \times 10^{-2}$	13,60
m H2O	$9,678 \times 10^{-2}$	9807	$9,807 \times 10^{-2}$	73,56	1	0,100
kgf/cm <sup>2</sup>	0,968	$9,810 \times 10^4$	0,9810	7 35,8	28	1

## EXEMPLOS DE CONVERSÃO DE UNDADES EM CAMPO

**Exemplo(1):** Em uma unidade de processo temos vários equipamamentos submetidos a pressão, dentre eles destacam-se:  
Vaso de Pressão indicando uma pressão manométrica de 30 atm, mais as informações no relatório deverão ser apresentadas em kgf/cm<sup>2</sup>. Para se converter de 1atm para kgf/cm<sup>2</sup>, o que deve ser feito?

Solução

De acordo com a tabela 1 atm equivale 1,033 kgf/cm<sup>2</sup>, com o auxílio da regra de três obtem-se o resultado, como segue abaixo:

<b>atm</b>	↗	<b>kgf/cm<sup>2</sup></b>
1	↖	1,033
30		X



$$X * 1 = 30 * 1,033$$

$$X = 30,99 \text{ kgf/cm}^2$$

## EXEMPLOS DE CONVERSÃO DE UNDADES EM CAMPO

**Exemplo (2):** Na sala de operação do gerador elétrico há um compressores com um pulmão submetidos à pressão manométrica de 41 bar, mais é necessário que se faça a medição em psi, pois o relatório deverá ser encaminhado para os EUA. Para se converter de bar para psi, o que deve ser feito?

Solução

De acordo com a tabela 1 bar equivale à 14,503 psi, com o auxílio da regra de três obtem-se o resultado, como segue abaixo:

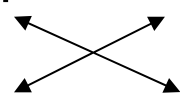
bar		psi
1		14,503
41	X	

Portanto:

$$1 * X = 14,503 * 41$$

$$X = 594, 62 \text{ psi}$$

**Exemplos (3):** O supervisor resolve inspecionar a unidade de processo e juntamente com ele segue seu subordinado. Em seguida ele pára e verifica que a pressão da linha de ar comprimido está indicado 11 bar e subitamente ele se dirige ao seu subordinado e pergunta quanto vale essa pressão em kpa. O subordinado muito esperto consulta a tabela de conversão e nela está informando o seguinte: De acordo com a tabela 1 bar equivale à 100 kpa, com o auxílio da regra de três ele chega ao seguinte resultado, como segue abaixo:

bar		kpa
1		100
11		X

Portanto:

$$X * 1 = 11 * 100$$

$$\mathbf{X = 1100 \text{ kpa}}$$

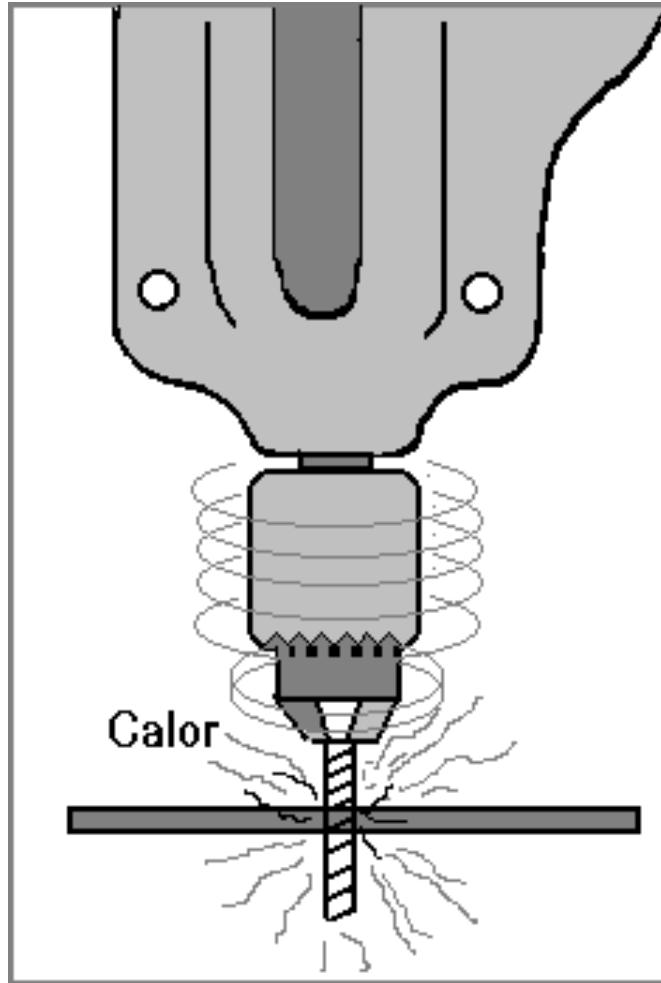


# CALOR E TEMPERATURA

Noções Gerais: O que é calor, o que é temperatura

## **DEFINIÇÃO DE CALOR**

**O calor é a energia térmica em trânsito de um corpo para outro, motivada por uma diferença de temperatura . O calor é uma energia que se transfere de um sistema para outro, sem transporte de massa e que não corresponde à execução de um trabalho mecânico. A unidade do Sistema Internacional (**SI**) para o calor é o **joule** (J).**



**O calor é uma forma de energia. Assim como existe energia mecânica, elétrica, química, nuclear, existe também energia térmica (calor).**

# DEFINIÇÃO DE TEMPERATURA

**Temperatura é um parâmetro físico (uma função de estado) descritivo de um sistema que vulgarmente se Associa às noções de frio e calor, bem como às transferências de energia térmica, mas que se poderia definir, mais exatamente, sob um ponto de vista microscópico, *como a medida da energia cinética associada ao movimento (vibração) aleatório das partículas que compõem um dado sistema físico.***

## Diferença entre Calor e Temperatura

**Calor** = Transferência de energia térmica de um corpo para outros.

**Temperatura** = Agitação das moléculas de um corpo e está associado à mudança de estado físico.

## EQUILÍBRIO TÉRMICO

**Quando dois corpos com temperaturas distintas são colocados perto um do outro em um mesmo ambiente, há uma troca de energia térmica entre eles. Pode-se verificar então que, ao longo do tempo, eles passam a ter a mesma temperatura, ou seja, adquirem o equilíbrio térmico. O corpo que apresentava temperatura mais alta perde energia térmica, enquanto o outro corpo ganha energia e tem sua temperatura elevada. Essa troca entre os corpos é o calor. 37**

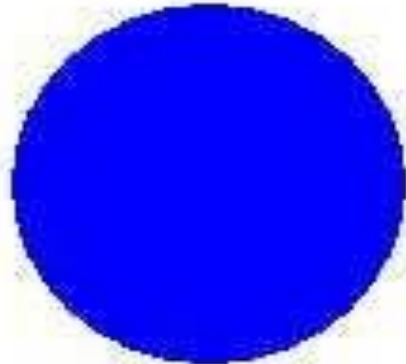
# FLUXO DE CALOR



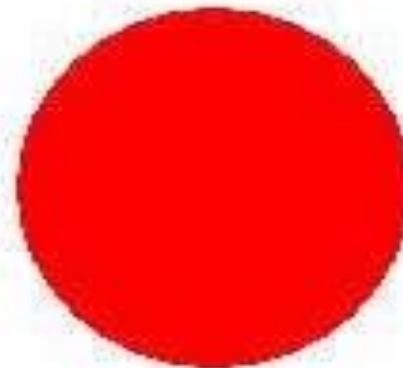
Quando dois corpos A e B, com temperaturas  $T1$  e  $T2$ , respectivamente, estão em contato, há um fluxo de calor do corpo de maior temperatura para o de menor. Tomemos, como exemplo,  $T1 > T2$ .

# Equilíbrio Térmico

**CORPO A**



**CORPO B**



**Após a interação dos dois corpos,  $T_1 = T_2$ , pois devido à troca de calor entre eles, adquiriram temperaturas iguais, ou seja, alcançaram o EQUILÍBRIO TÉRMICO.**



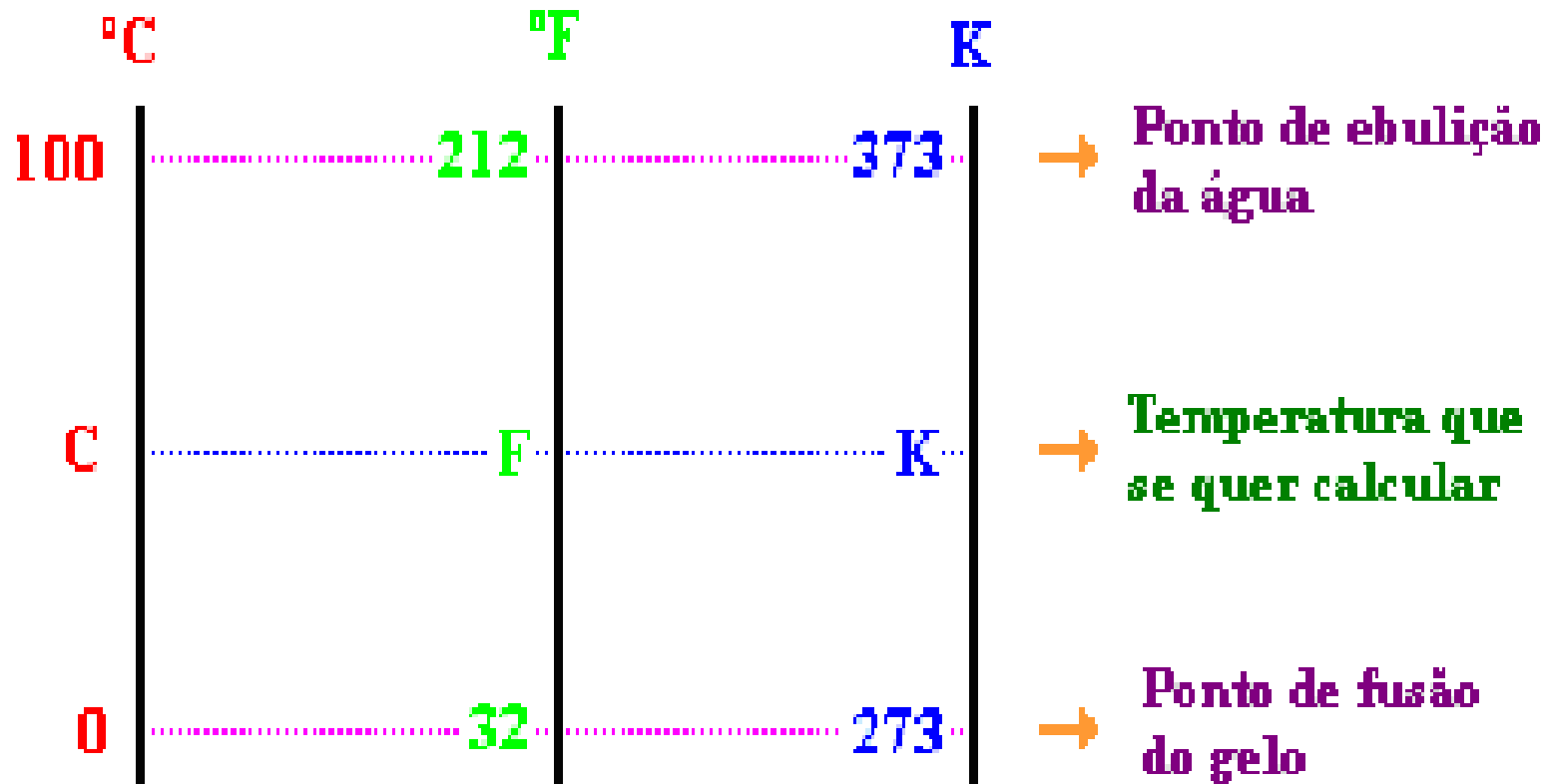
# ESCALAS DE TEMPERATURAS

**Celsius - °C**

**Fahrenheit - °F**

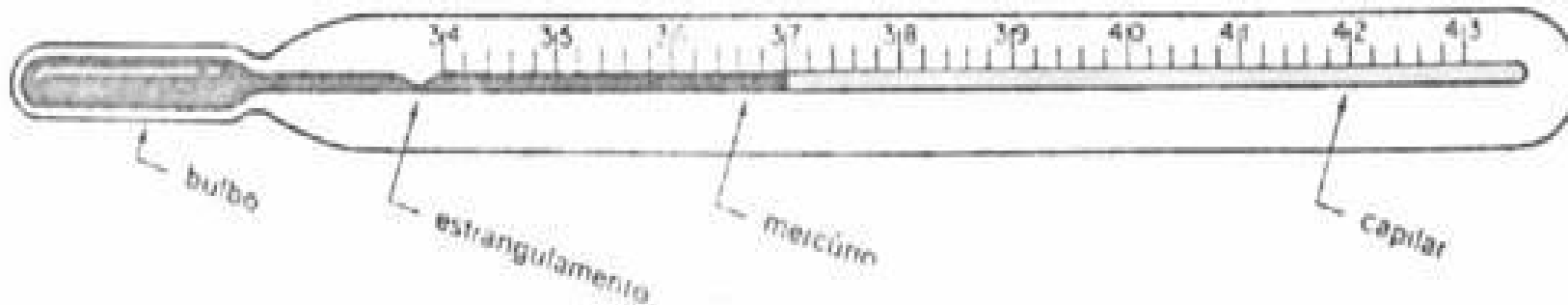
**Kelvin - K**

# ESCALAS DE TEMPERATURAS



# Termômetro

**Termômetro é um aparelho que permite medir a temperatura dos corpos(massas ou fluidos).  
Termômetro hospitalar de mercúrio**



# Termômetro

Termômetro industrial de boiler



## EQUAÇÃO PARA CONVERSÃO DE ESCALAS TERMOMÉTRICAS

$$\frac{C}{5} = \frac{F - 32}{9} = \frac{K - 273}{5}$$

**Exemplos 1:** Deseja-se encontrar o valor da temperatura em 50 °C em k. O processo é simplesmente colocá-lo sobre a formula e calcular, como segue:

$$\frac{c}{5} = \frac{k - 273}{5}$$

$$\frac{50}{\cancel{5}} = \frac{k - 273}{\cancel{5}}$$

$$k = 273 + 50$$

$$k = 323 \text{ k}$$

# PROCESSOS DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR

CONDUÇÃO

CONVECCÃO

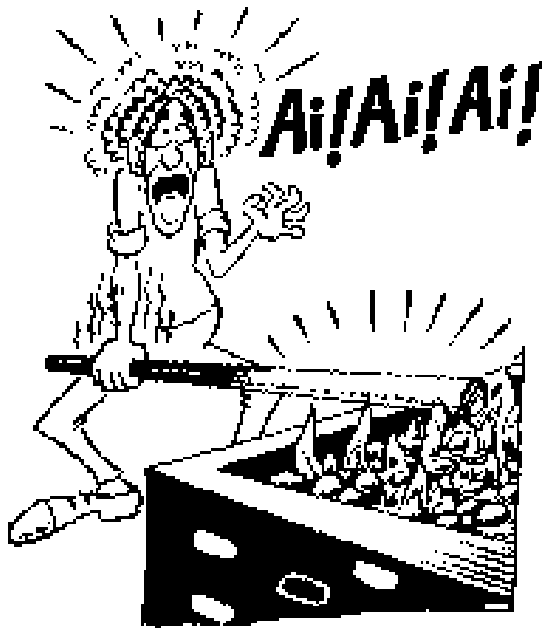
RADIAÇÃO

## CONDUÇÃO

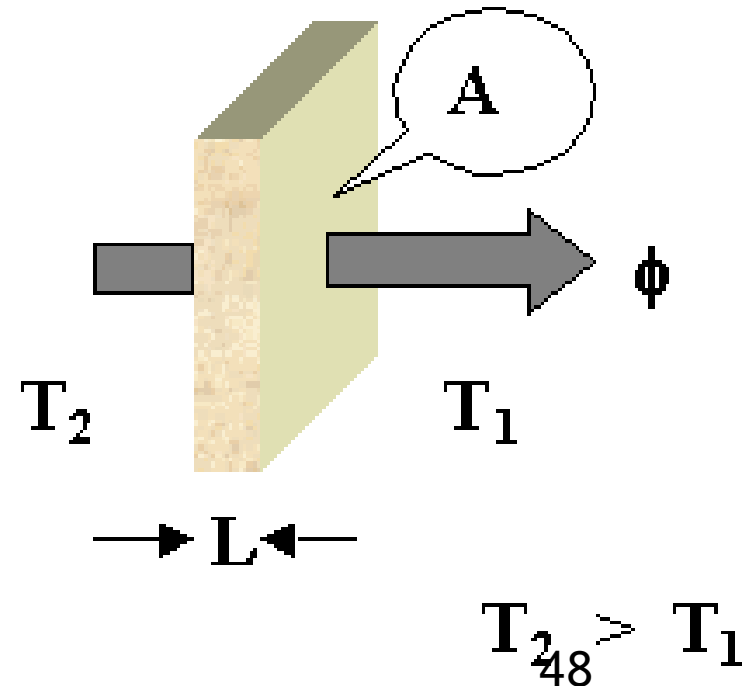
*Condução é um dos meios de transferência de calor que geralmente ocorre em materiais sólidos. É a propagação do calor por meio do contato de moléculas de duas ou mais substâncias com temperaturas diferentes (metais, madeiras, cerâmicas, etc...).*



## Condução do calor através de uma parede de alvenaria

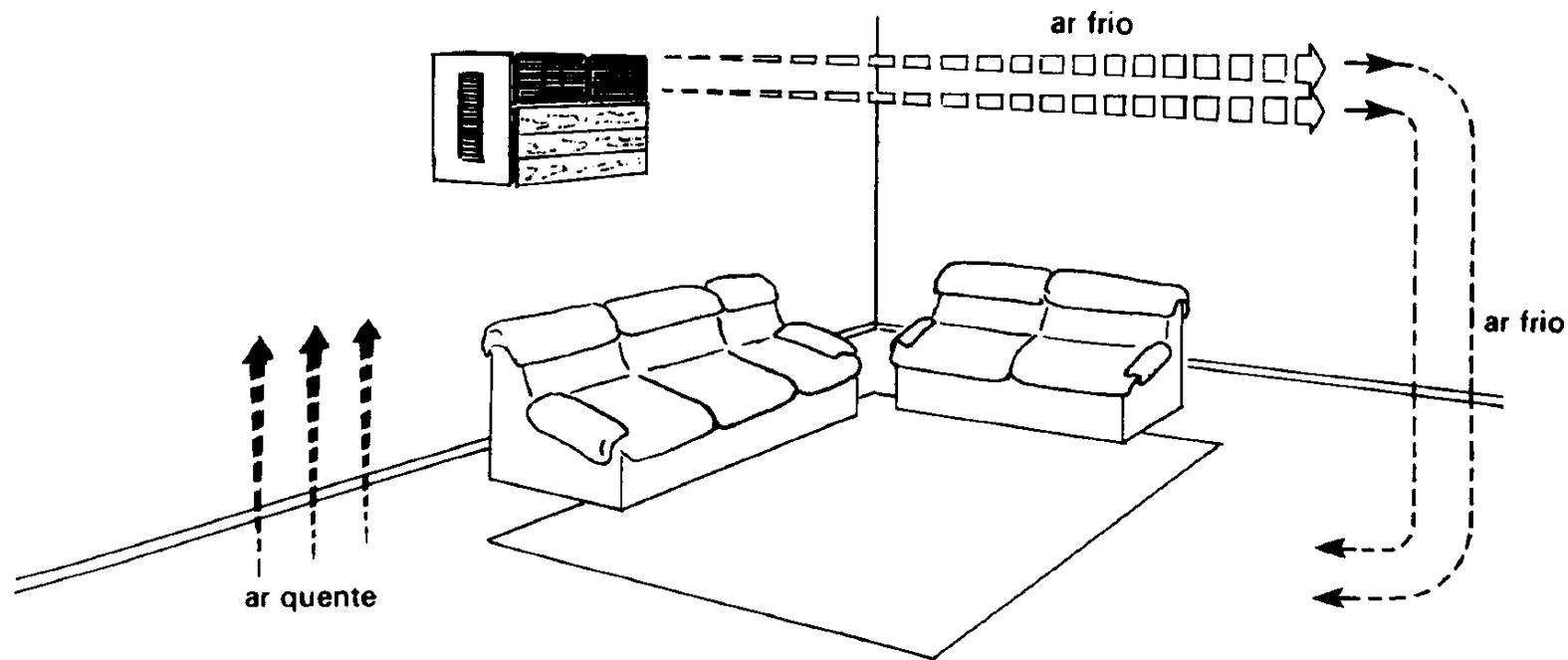


Indivíduo queimando suas mãos em função a condução do calor na barra de aço



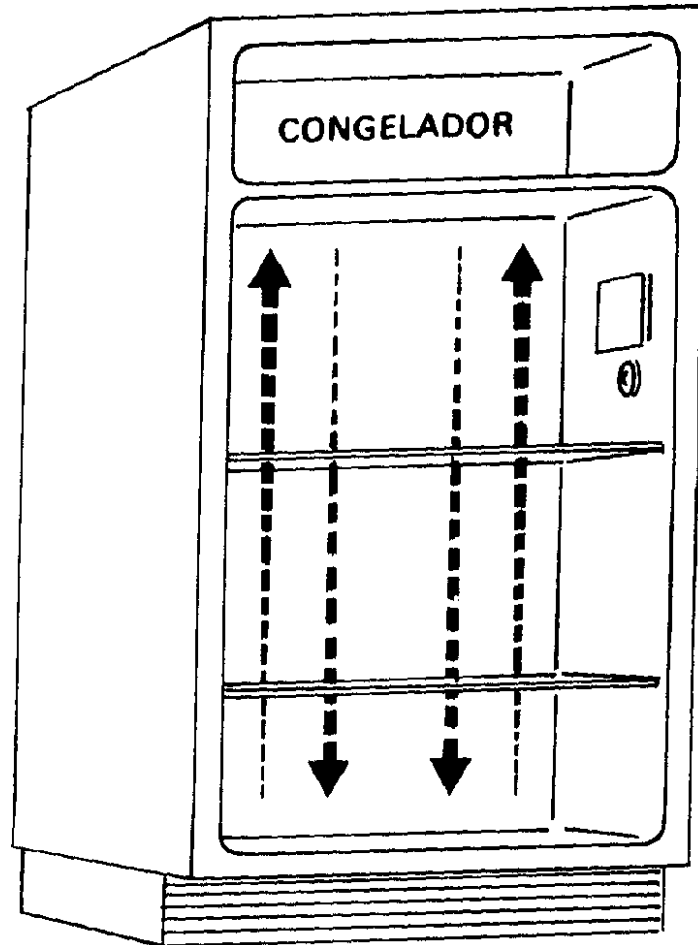
# Convecção

**Convecção somente ocorre em líquidos e gases. Consiste na transferência de calor dentro de um fluido através de movimentos do próprio fluido, ou seja, uma material aquecido é transportado de tal maneira a deslocar outro material mais frio.**



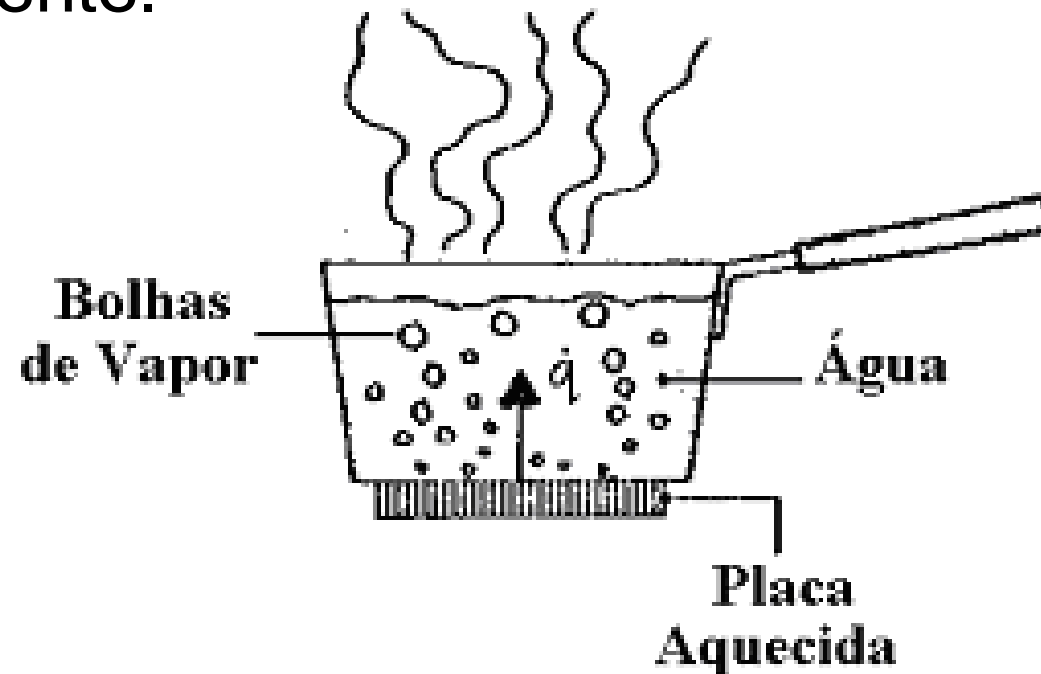
**Convecção do fluido** - O ar quente é menos denso, empurra o ar frio mais denso a descer, com isso há a troca térmica até chegar ao equilíbrio Térmico.

## Geladeira Residencial



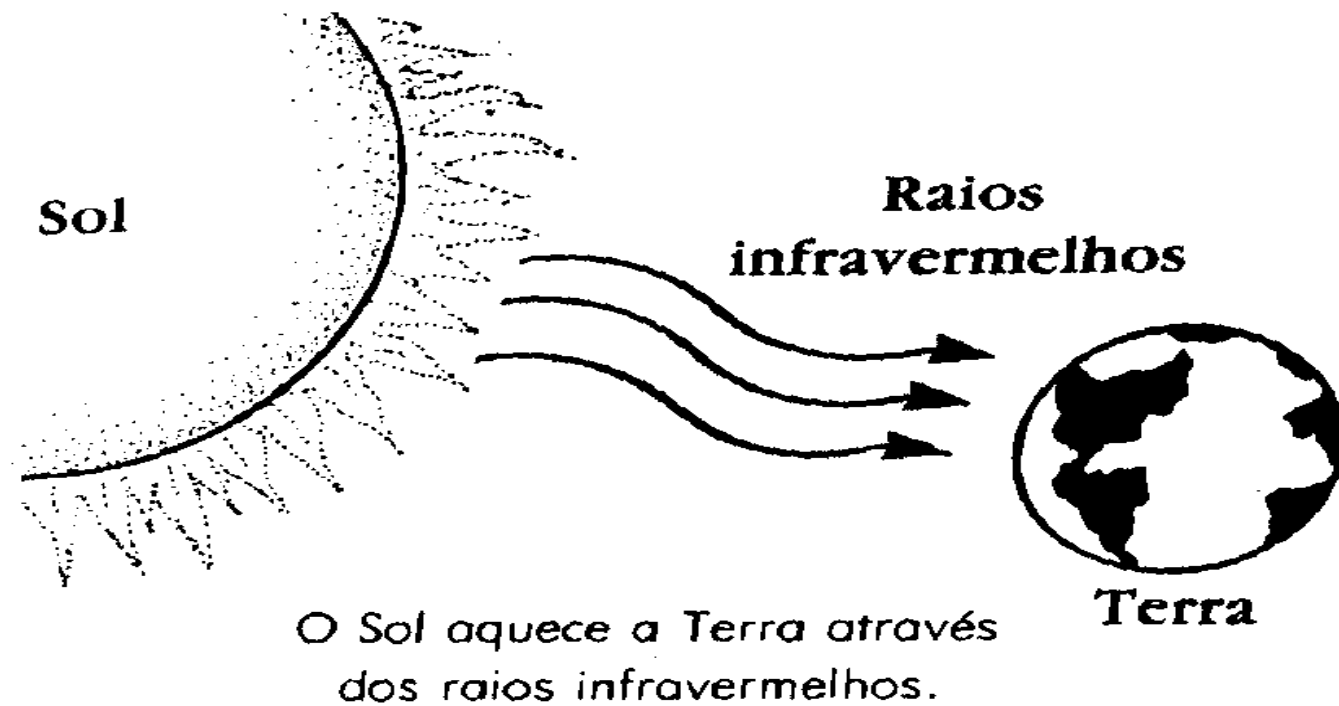
**O mesmo acontece no congelador - ar o ar frio mais denso, desce empurrando o ar quente, menos denso; assim havendo troca térmica o sistema entrar em equilíbrio térmico.**

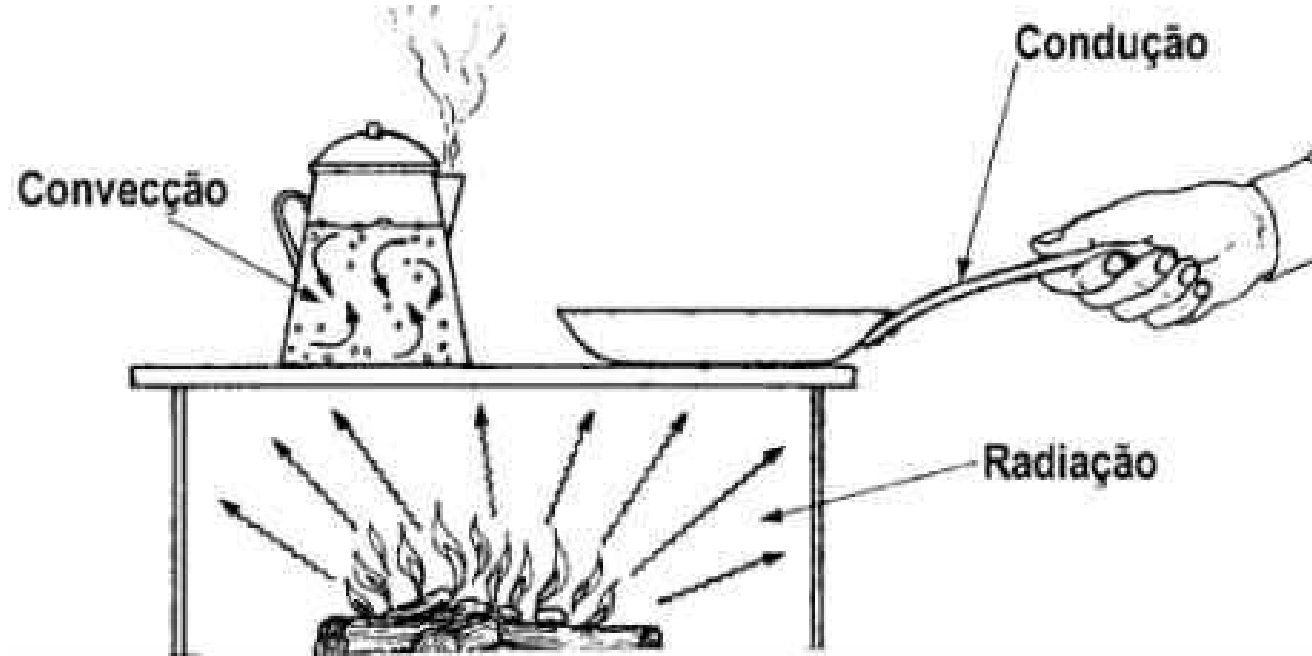
Um exemplo bastante conhecido de convecção natural é o aquecimento de água em uma panela doméstica. Para este caso, o movimento das moléculas de água pode ser observado visualmente.



## Radiação

Radiação consiste em um fenômeno de ondas eletromagnéticas viajando com a velocidade da luz, é o modo de transporte de energia calorífica no espaço vazio ou vácuo. Como a radiação é a única que pode ocorrer no espaço vazio, esta é a principal forma pela qual o sistema Terra-Atmosfera recebe energia do Sol e libera energia para o espaço.





Os processos de transferência de calor ocorrendo em um mesmo evento. O fogo transfere calor através de irradiação para o local de aquecimento do bule e da frigideira, a água aquece-se através de convecção e o calor da frigideira chega até a mão através de condução do calor.





Pode-se sentir os **3 processos de transferência de calor** quando se está próximo a uma fogueira.

Provavelmente seja necessário ficar pelo menos uns seis metros longe de uma fogueira como essa. **O que afasta é o calor da radiação do fogo através da radiação infravermelha. As chamas e a fumaça se movimentam por convecção: o ar ao redor do fogo se aquece e sobe.** Uma parte do solo, logo abaixo do fogo, ficará quente por condução, e um pouco mais longe a camada superior do solo é aquecida diretamente por radiação e o calor é conduzido para as camadas inferiores.

# FATORES NEGATIVOS DA INTERFERÊNCIA DO HOMEM

**Aquecimento global** – refere-se ao aumento da temperatura média dos oceanos e do ar perto superfície da Terra.

**Efeito estufa** – Gases (ozônio, gás carbônico e monóxido de carbono, etc) formam uma camada de poluentes, de difícil dispersão, O calor recebido pela Terra não retorna, assim formado o planeta em uma gigantesca estufa.

# CALOR ESPECÍFICO

Calor específico **c** : é quantidade de calor recebida ou cedida de um corpo

$$c = \frac{C}{m}$$

Onde **c** é o calor específico, **C** é a capacidade térmica e **m** é a massa

# CALOR SENSÍVEL

Calor sensível é aquele que provoca variação da temperatura.

$$C = \frac{Q}{\Delta t}$$

Onde **Q** é a quantidade calor cedida ou recebida e  **$\Delta t$**  é a variação de temperatura sofrida pelo corpo

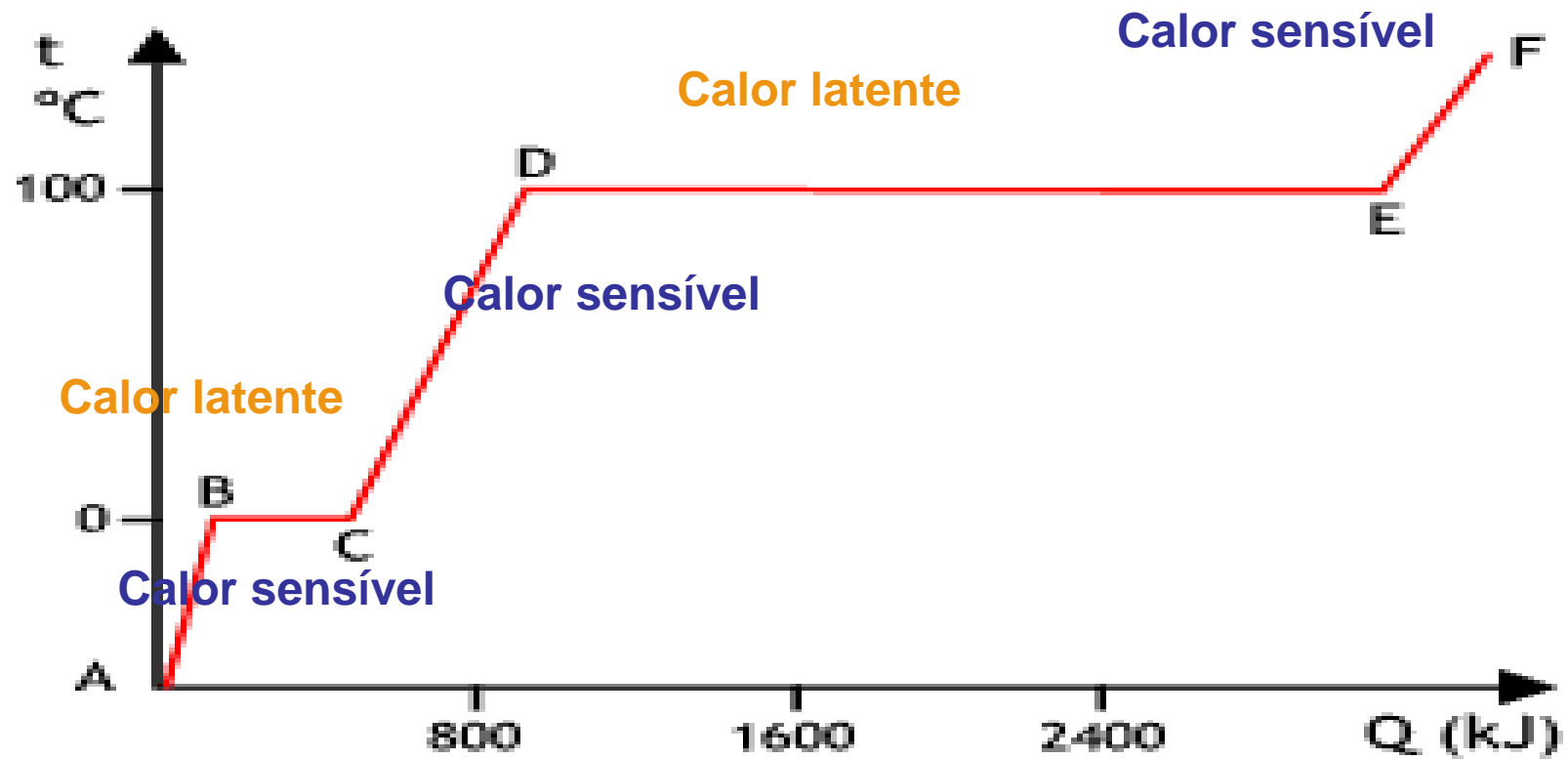
## CALOR LATENTE

Calor latente é aquele que provoca mudança de estado físico. Calor latente (L): é a quantidade de calor que a substância troca por grama de massa durante a mudança de estado físico.

$$Q = m \cdot L$$

Onde **Q** é a quantidade de calor cedida ou recebida pelo corpo e **m** é a massa do corpo e **L** é o Calor Latente.

## Gráfico de calor x temperatura



## VAPOR

**VAPOR** - é o nome dado à matéria no estado gasoso, sendo capaz de estar em equilíbrio com o líquido ou o sólido do qual se fez, pela redução de temperatura ou pelo aumento de pressão. É um conceito mais estrito do que gás porque, nas condições habituais do meio ambiente, pode encontrar-se no estado líquido ou sólido. 62

# VAPOR SATURADO

## **VAPOR SATURADO**

- é a camada mais próxima da superfície líquida, encontra-se no limiar do estado líquido e gasoso, podendo apresentar-se seca ou úmida.



## **Vapor Superaquecido**

**Vapor superaquecido é aquele que possui temperatura mais elevada que a do vapor saturado. Para obtê-lo, é necessário aquecer o vapor saturado, mantendo inalterada a sua pressão. O vapor superaquecido é isento de umidade e comporta-se nas tubulações como gás.**

# EXEMPLOS DE SUAS UTILIZAÇÕES



## (VAPOR SATURADO)

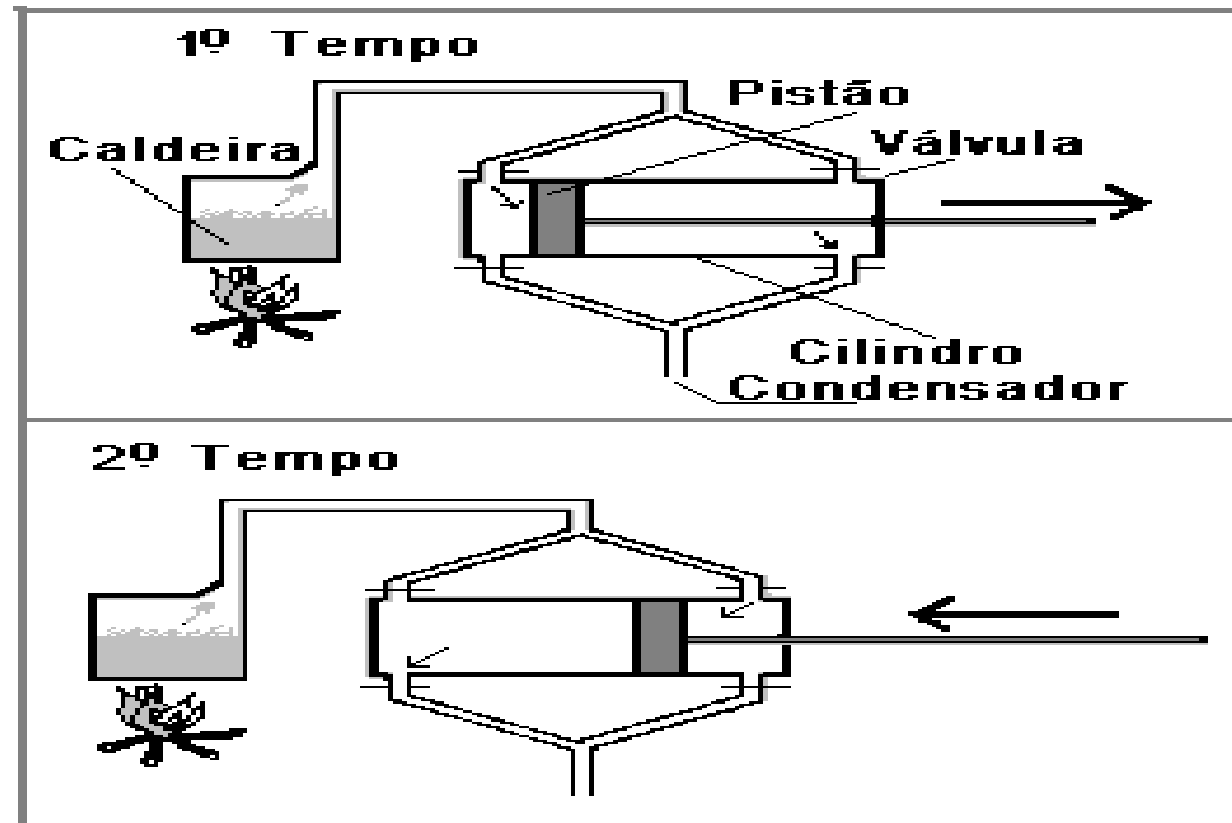
**Autoclaves** - é um aparelho utilizado para esterilizar artigos através do calor úmido sob pressão. Este equipamento utiliza-se de vapor saturado (água + vapor) para realizar sua operação de esterilização.

# EXEMPLOS DE SUAS UTILIZAÇÕES

## (CALDEIRA À VAPOR)



# EXEMPLOS DE SUAS UTILIZAÇÕES (CALDEIRA À VAPOR + CILINDRO PISTÃO)



## Conceito de caldeira:

Trata-se de recipiente cuja função é, entre muitas, a produção de vapor através do aquecimento da água. As caldeiras produzem vapor para alimentar máquinas térmicas, autoclaves para esterilização de materiais diversos, cozimento de alimentos e de outros produtos orgânicos, calefação ambiental e outras aplicações do calor utilizando-se **água quente, vapor ou o vapor superaquecido**.

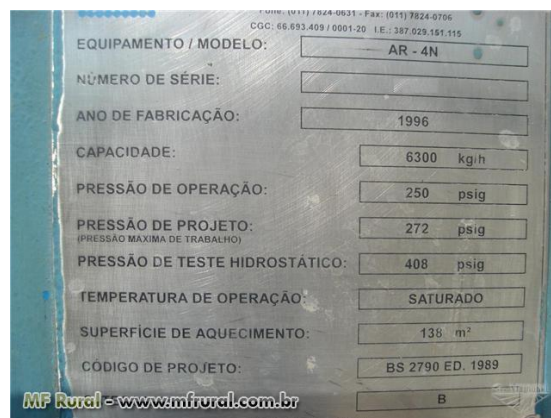
## **Disposições Gerais**

13.6.3 Toda caldeira deve ter afixado em seu corpo em local de fácil acesso e bem visível, placa de identificação indelével com, no mínimo, as seguintes informações:

- a) fabricante;
- b) número de identificação;
- c) ano de fabricação;
- d) pressão máxima de trabalho admissível;
- e) pressão de teste hidrostático;
- f) código de projeto e ano de edição.

13.6.3.1 Além da placa de identificação, deverão constar, em local visível, a categoria do vaso, conforme Anexo IV, e seu número ou código de identificação.

Esse dispositivo é a identidade do equipamento.



Esses equipamentos, podem utilizar uma gama variada de fontes de energia para gerar vapor.

Diesel

Carvão mineral ou vegetal

Eletricidade independente da sua fonte

Gás GLP, GNV, Butano, Propano, etc...

Madeira e seus derivados.

Bagaço de cana ou sobras de borrachas (Pneus).



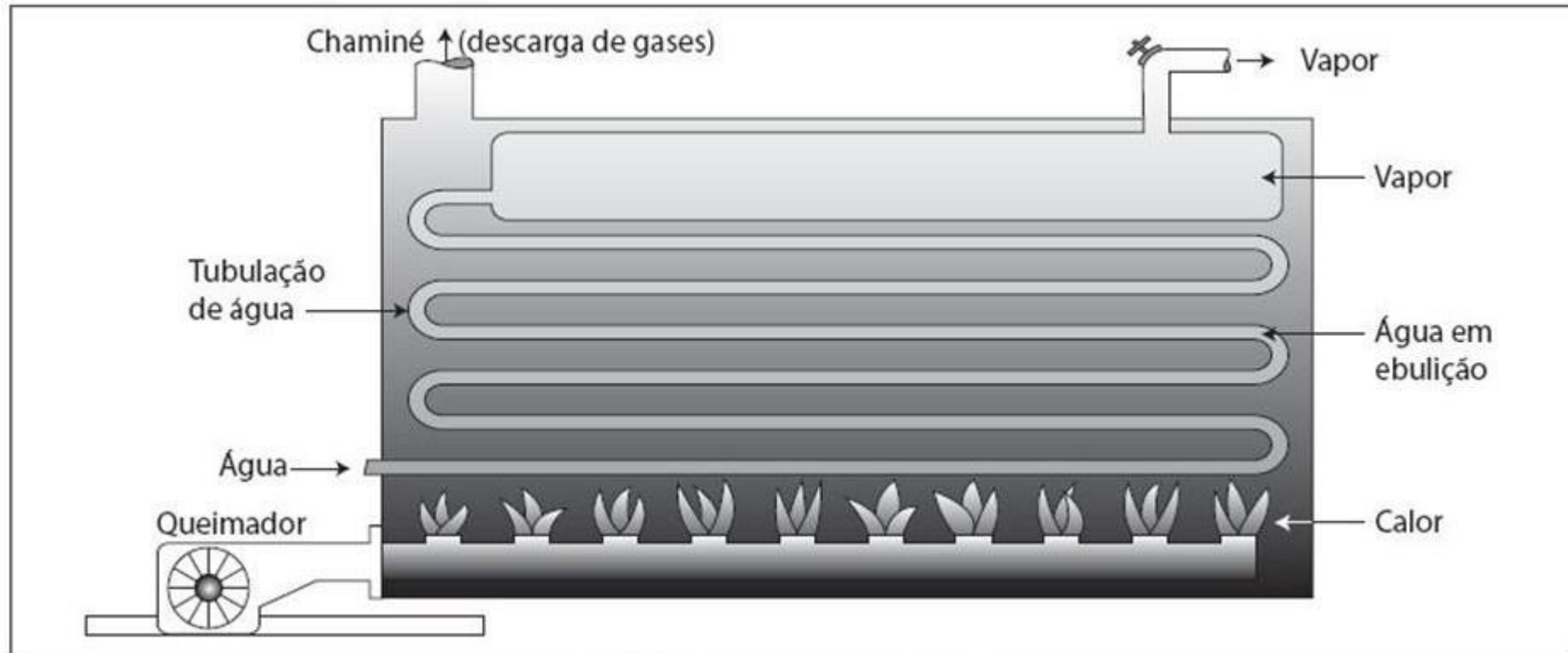
## Principais Tipos e suas Partes.

- Caldeiras Flamotubulares ou Fogotubulares;

As caldeiras **flamotubulares** (Fogo+tubos = fogotubular), são assim classificadas pela forma que os gases, provenientes da combustão, trocam calor.

Nesta configuração de caldeira, os gases passam pelo interior dos tubos do evaporador, que por sua vez, estão mandrilados nos espelhos do tubulão da caldeira, onde o vapor é separado do líquido e colocado na rede de utilidades.

# Esquemático de uma caldeira...



Modelo de caldeira aquatubular

Também conhecidas como caldeiras compactas, às caldeiras flamotubulares (fogo+tubos) utilizam pouco espaço físico e são utilizadas onde a pressão, temperatura e a necessidade de produção de vapor são baixas isto é, com pressão até 12 BAR na temperatura de vapor saturado e produção até 10.000 kg de vapor por hora.

## **Principais elementos das Caldeiras Flamotubulares**

As caldeiras flamotubulares apresentam as seguintes partes principais: **Tubulão, feixe tubular, fornalha e aparelhos auxiliares.**

### **Tubulão**

O tubulão funciona como uma espécie de reservatório onde encontramos a água em dois estados, líquido e vapor, onde temos a alimentação da água e a saída do vapor no mesmo dispositivo.

O tubulão da caldeira é fabricado em chapas de aço carbono soldadas e sua dimensão define a capacidade de vapor produzido pela caldeira.

No tubulão da caldeira são encontrados os tubos de troca térmica, a garrafa de nível, as válvulas de segurança e a descarga de fundo para retirada dos sólidos e as tomadas para a entrada de água e saída de vapor.

## **Fornalha**

A fornalha também conhecida como tubo fornalha nas caldeiras flamotubulares, é o local onde ocorre a queima do combustível. A queima ocorre na presença do oxigênio contido no ar, que pode ser pré-aquecido no pré-aquecedor de ar e insuflado para dentro da fornalha para promover o contato com o combustível e realizar a combustão.

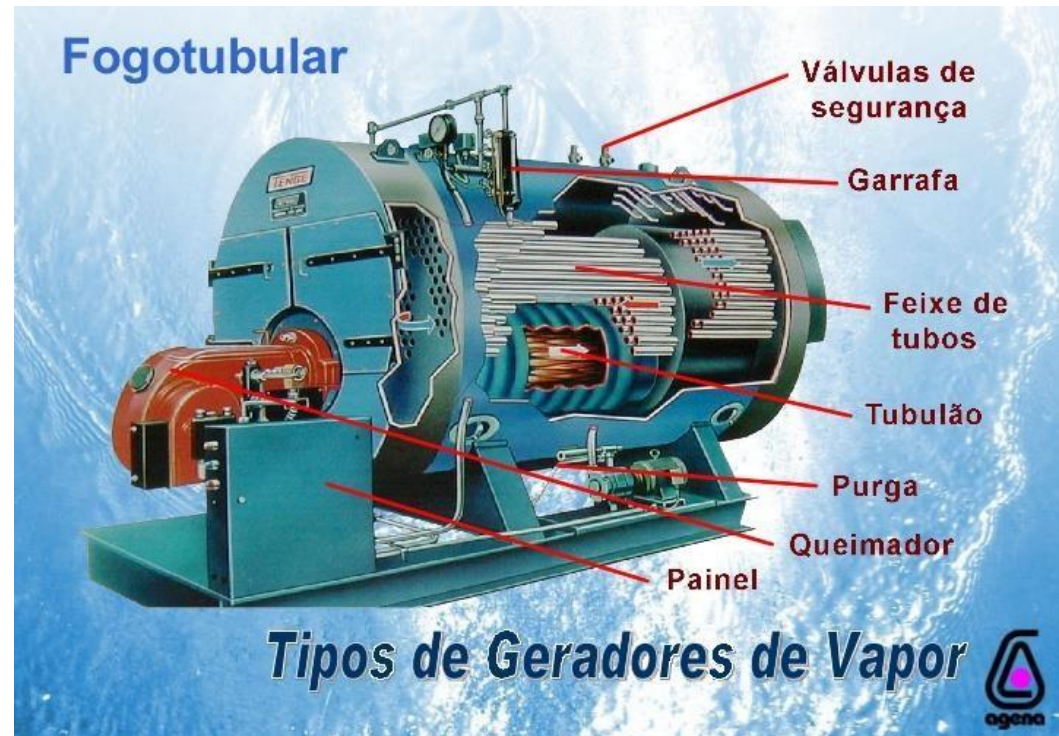
A combustão pode ser feita utilizando-se vários combustíveis, de diversas maneiras, dependendo de sua característica- sólido (biomassa), líquido ou gasoso.

## **Feixe Tubular**

O feixe tubular também conhecido como tubos do evaporador ou tubos de fogo, é um conjunto de tubos que recebem calor dos gases provenientes da combustão.

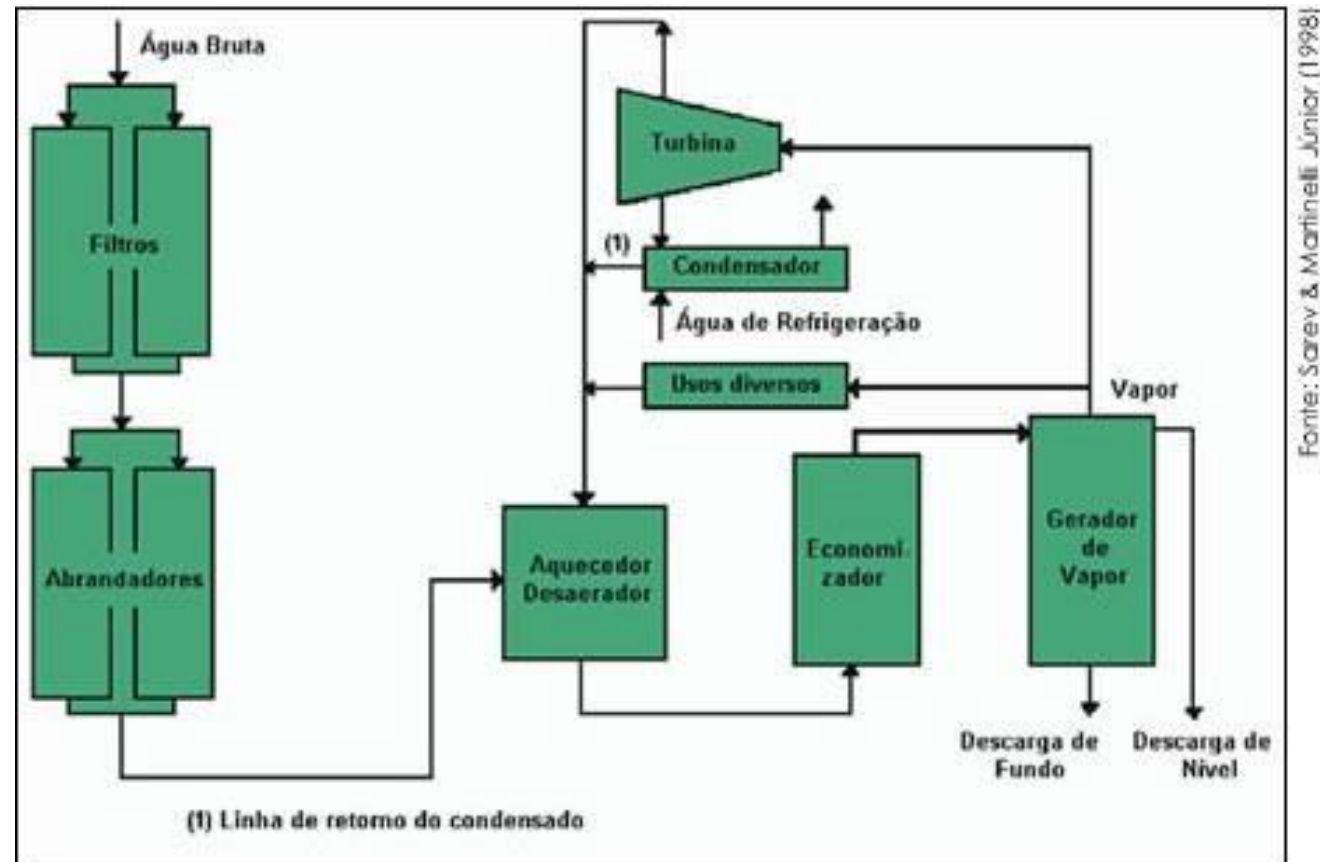


Para aumentar a eficiência térmica é possível que um tubulão tenha vários sentidos de maneiras a aumentar o contato dos gases com o líquido aquecido ou do vapor (aquecido), transformando-o em Vapor Super aquecido.





É importante que o operador saiba como funciona a planta industrial onde vai operar a caldeira e principalmente as características dela.



Fonte: Sarey & Martinelli Júnior (1998)

Figura 1 - Ilustração de um sistema típico de geração de vapor

## Feixe Tubular

O feixe tubular também conhecido como tubos do evaporador ou tubos de fogo, é um conjunto de tubos que recebem calor dos gases provenientes da combustão.



## **Aparelhos auxiliares das Caldeiras Flamotubulares**

Os aparelhos auxiliares também fazem parte da configuração de caldeiras flamotubulares e são inseridos de acordo com a necessidade do projeto.

Abaixo alguns dos aparelhos auxiliares utilizados em caldeiras flamotubulares:

Pré- aquecedor de ar

Economizador

Lavador de gases

Aquecedor de óleo

Sistema de alimentação de combustível

Desaerador térmico para água de alimentação

Quase toda indústria de processo químico tem vapor como principal fonte de aquecimento: reatores químicos, trocadores de calor, evaporadores, secadores e inúmeros processos e equipamentos térmicos usam essa energia.

Mesmo outros setores industriais, como metalúrgico, metal-mecânico, eletrônica, etc., podem-se utilizar de vapor como fonte de aquecimentos de seus diversos processos.

.

Vapor saturado tem a grande vantagem de manter temperatura constante durante a condensação a pressão constante.

A pressão de condensação do vapor saturado controla indiretamente a temperatura dos processos.

O controle de pressão, por ser um controle mecânico de ação direta é conseguido muito mais facilmente que o controle direto de temperatura.

A faixa de temperaturas até 170 °C utiliza vapor saturado até 10 kgf/cm<sup>2</sup>, cuja temperatura de saturação é 183 °C. Nesta faixa está a grande maioria de pequenos e médios consumidores de vapor.

Maiores temperaturas são possíveis a custo do aumento da pressão de saturação, o que implica num maior custo de investimento devido a necessidade de aumento da resistência mecânica e requisitos de fabricação e inspeção do gerador de vapor.

O limite da temperatura de vapor saturado é o ponto crítico, a 374 °C e 218 atmosferas.

Não é vantajoso utilizar-se vapor superaquecido para processos de aquecimento a temperaturas mais altas, já que perderíamos a facilidade de controle de temperatura e diminuiríamos drasticamente a disponibilidade de energia por unidade de massa ou volume de vapor.

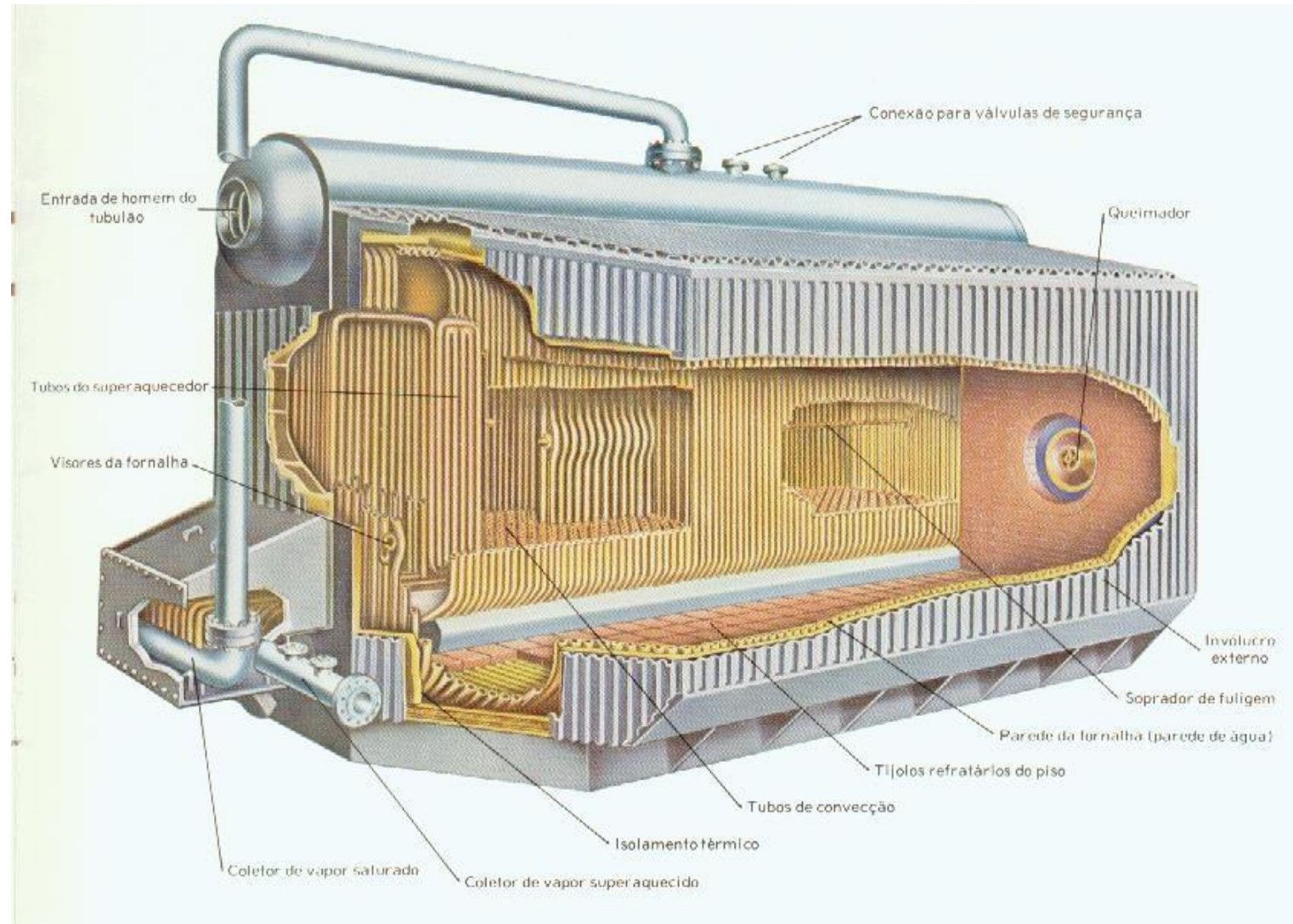
Vapor superaquecido é utilizado e produzido para geração de energia elétrica ou mecânica em ciclos termodinâmicos, e neste caso a limitação de temperaturas de trabalho fica por conta dos materiais de construção empregados.

Em utilização industrial, poderíamos arbitrar uma classificação de geradores de vapor em relação à pressão de trabalho:

- baixa pressão: até  $10 \text{ kgf/cm}^2$
- média pressão: de  $11$  a  $40 \text{ kgf/cm}^2$
- alta pressão: maior que  $40 \text{ kgf/cm}^2$



# Caldeira Aquatubular.

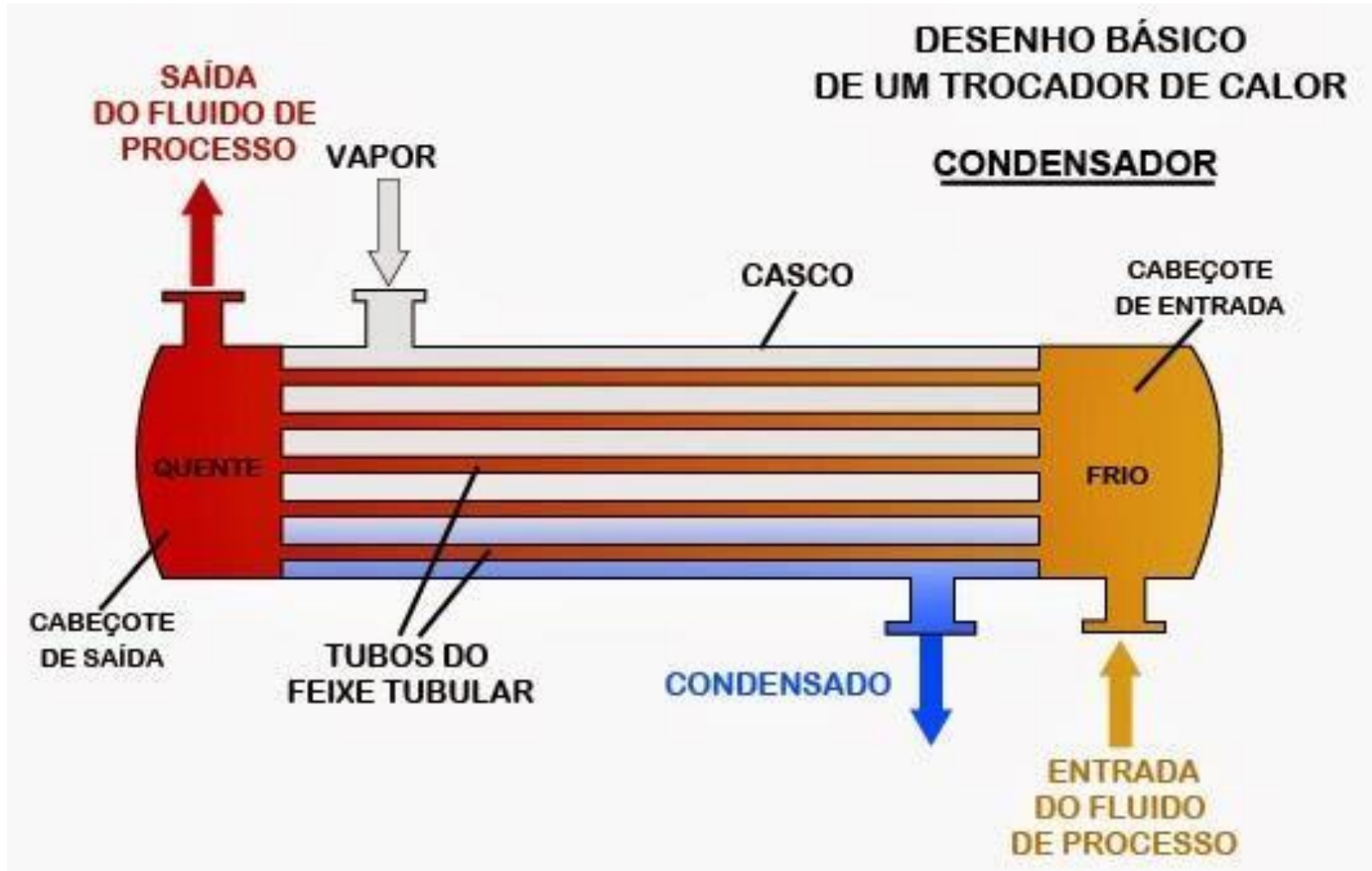


## **Caldeiras Aquatubulares.**

Como visto as caldeiras são empregadas na produção de vapor d'água ou aquecimento de fluidos térmicos.

No caso das refinarias de petróleo, em termos práticos, a maior parte do vapor utilizado nos processos é gerada em caldeiras, e uma pequena parte é gerada em refervedores, com o aproveitamento de calor residual em alguns processos.

## Exemplo de pré aquecedor ou trocador de calor.



As **caldeiras aquatubulares** são classificadas pela vaporização da água que circula dentro dos tubos.

No processo de produção de vapor das **caldeiras aquatubulares**, a água presente no interior dos tubos absorve calor da combustão dos gases que circulam do lado externo aos tubos dentro da caldeira.

Esta configuração de **caldeira a vapor** é muito utilizada em modernos projetos de usinas termoelétricas, devido à maior produção de vapor e maior pressão de trabalho, resultando em maior rendimento na geração de energia, além de oferecer um melhor controle operacional e alimentação de combustível.

Conheça os principais elementos das **caldeiras aquatubulares:**

### **Tubulão**

As caldeiras podem apresentar um ou dois tubulões, sendo classificados de acordo com a configuração de cada **caldeira aquatubular.**

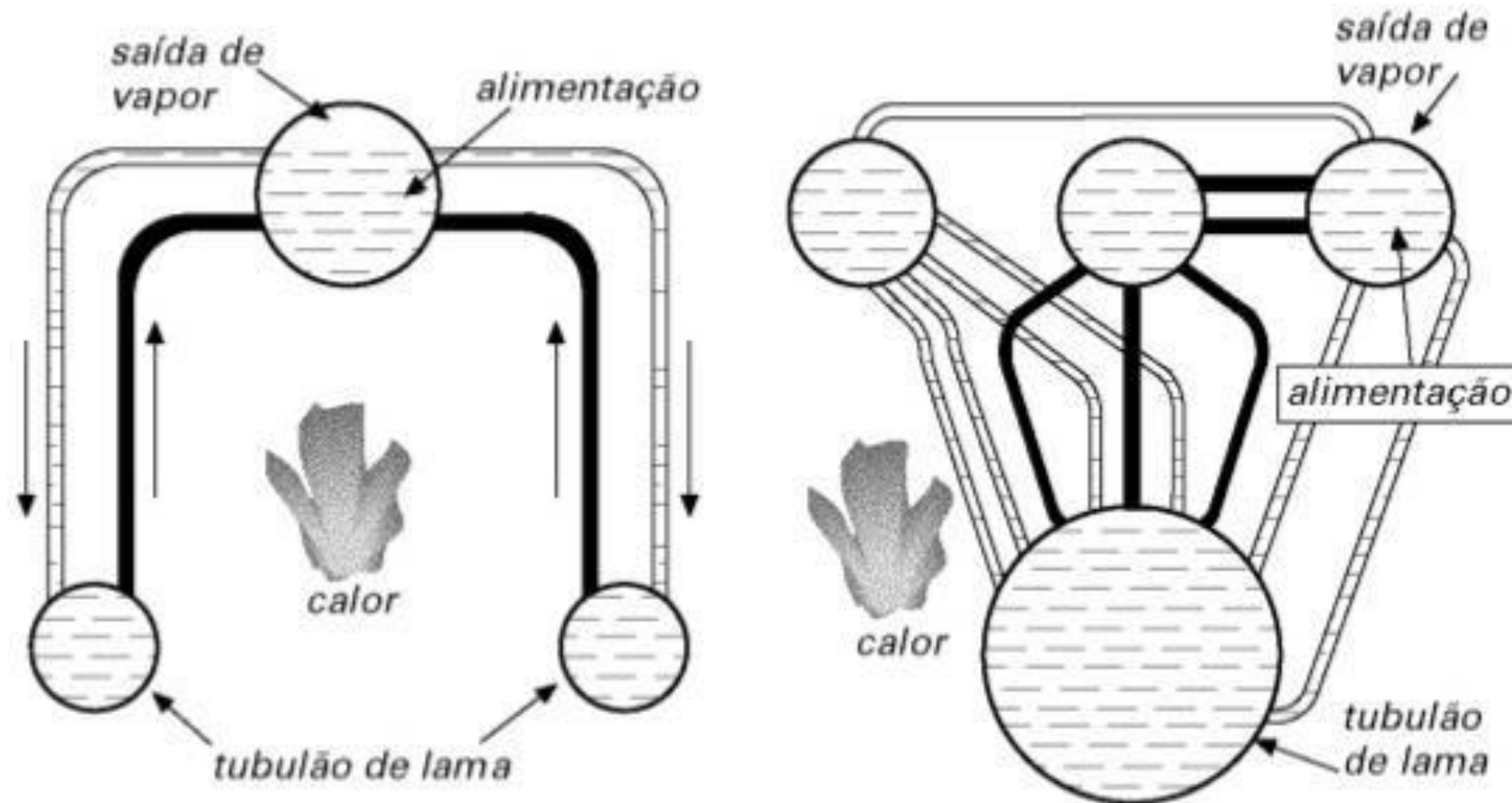
Os **tubulões** são fabricados em aço carbono de baixa liga e especificados conforme a pressão e temperatura de trabalho, de acordo com o código ASME.

## **Tubulão a Vapor ou Tubulão Superior**

O **tubulão a vapor**, também conhecido como **tubulão superior**, trata-se de um tambor horizontal localizado na parte superior da **caldeira aquatubular**, uma espécie de reservatório, que opera com água em dois estados, **metade líquido e metade gasoso-vapor**.

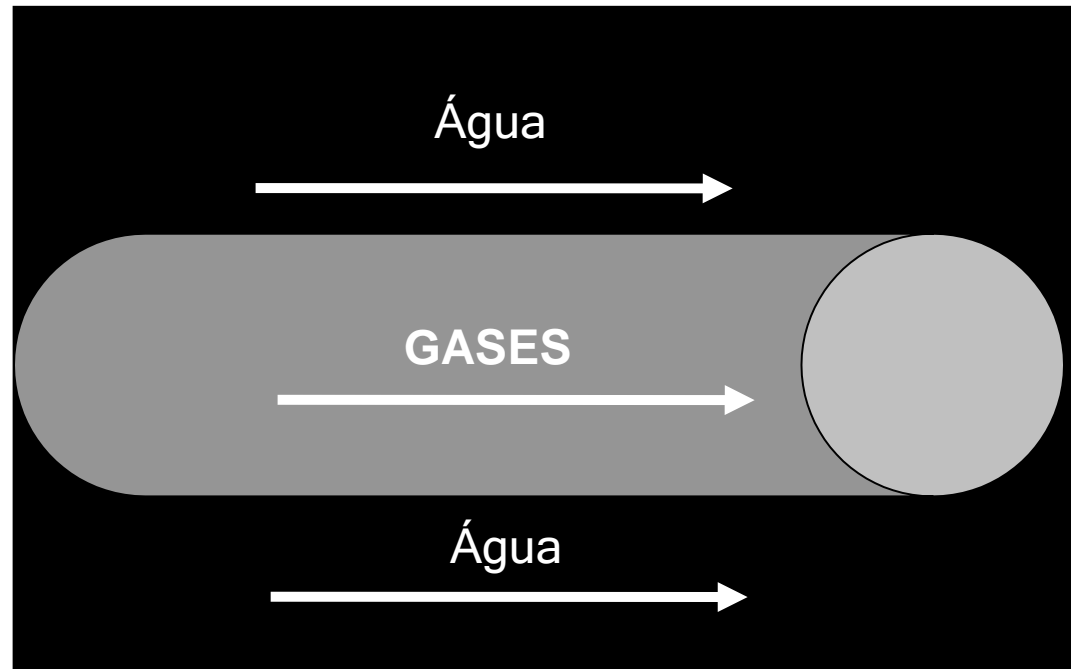
Os separadores e secadores de vapor são instalados em sua parte interna para minimizar o arraste de água para a rede ou para superaquecedor de vapor.

## Caldeira Aquatubular de circulação positiva.

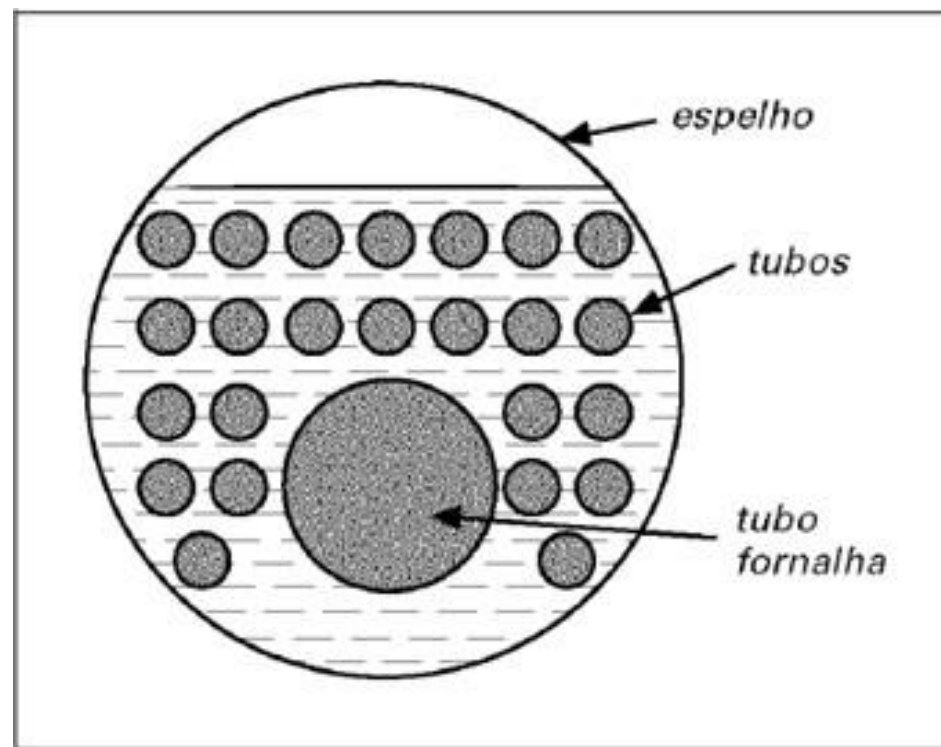




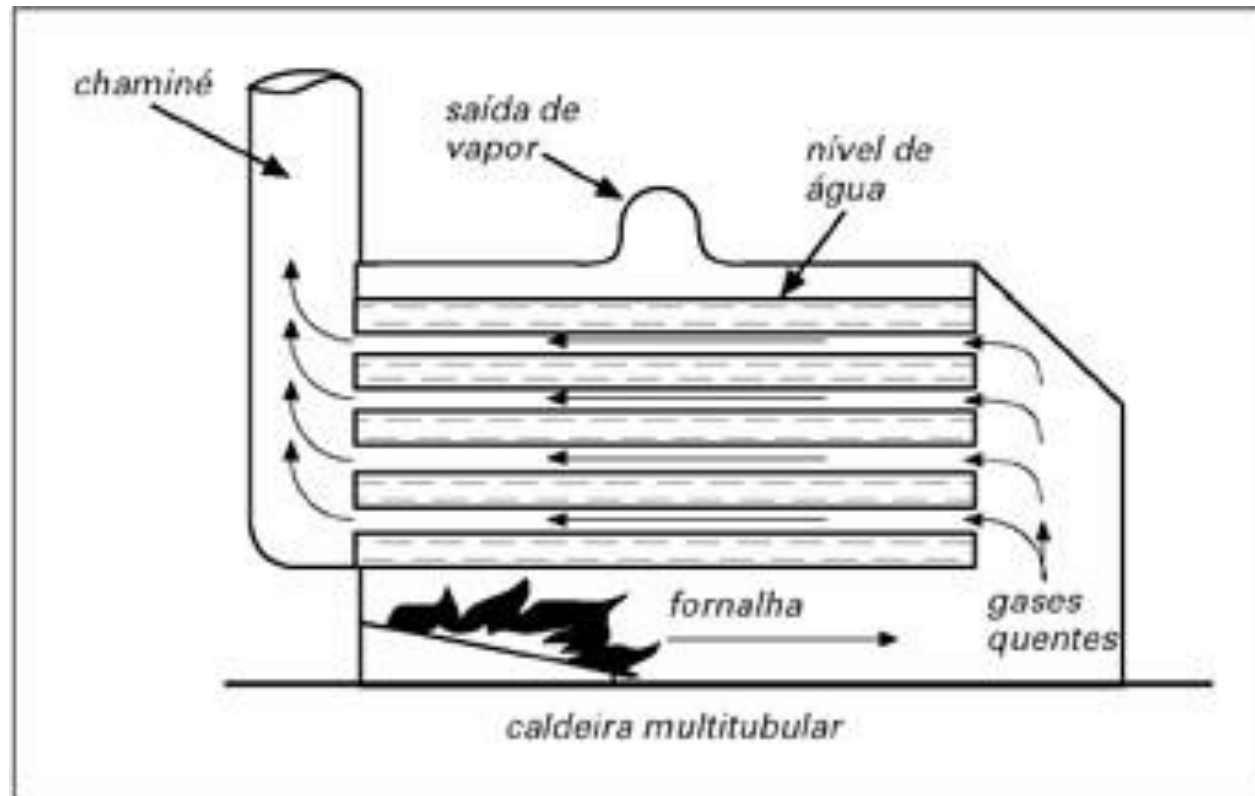
Constituída de um corpo cilíndrico contendo em seu interior um tubo central de fogo e tubos de menor diâmetro de gases, dispostos em duas ou mais passagens.



Nesse sistema os gases super aquecidos pela queima de combustíveis transita por tubos que em contato com a água externamente, aquecem-na a ponto de vaporiza-la.



Considerando o tamanho desse tipo de caldeira é possível que haja a queima de vários produtos tais como bagaço de cana, restos de borracha, maravalha, madeira in natura, etc...



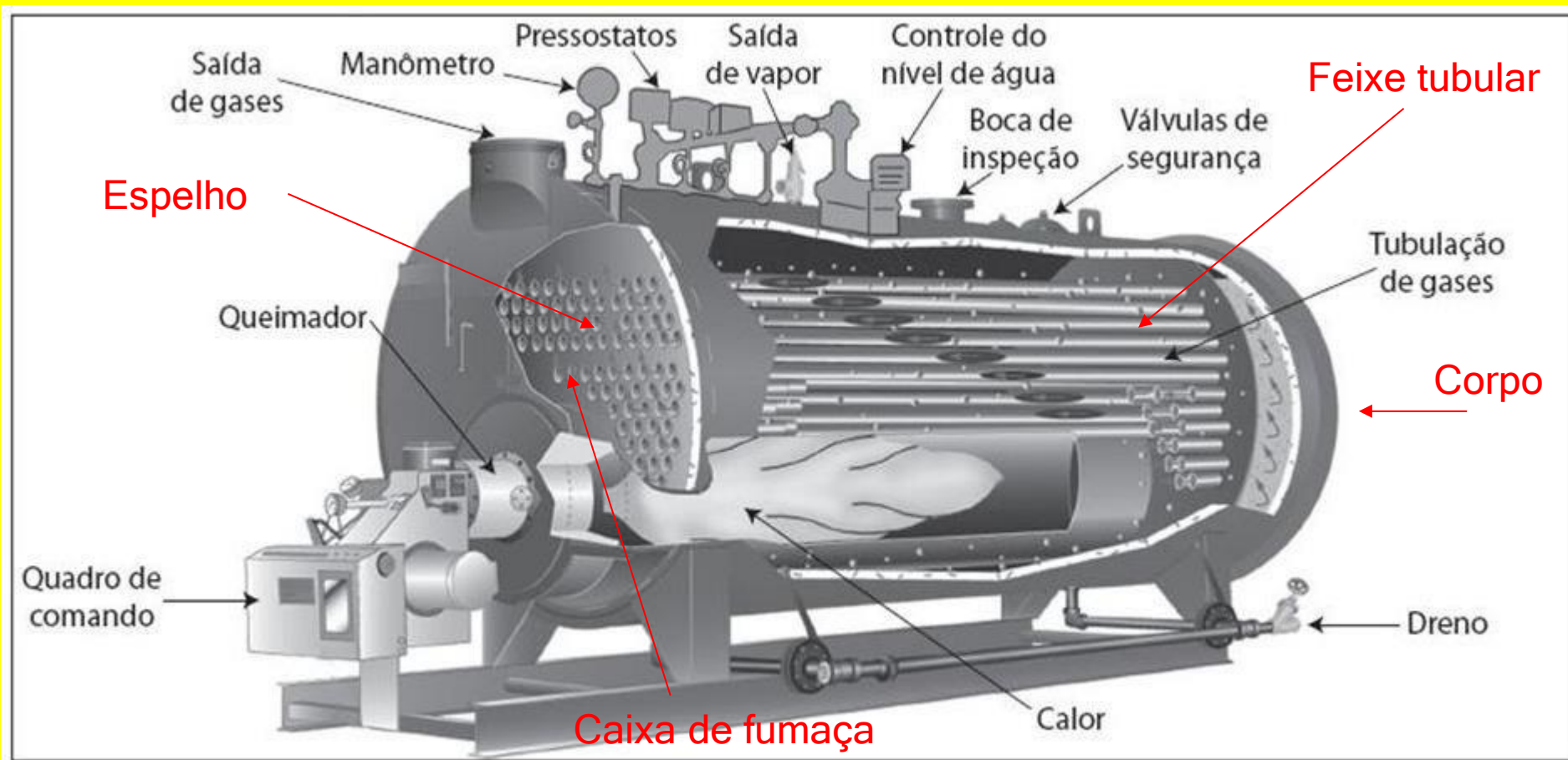
## Caldeiras Aquatubular

### **Vantagens:**

- Construção mais simples;
- Baixo custo de aquisição;
- Atendem bem a aumentos instantâneos de demanda.

### **Desvantagens:**

- Baixo rendimento térmico;
- Limitação de pressão de operação (max 20 kgf/cm<sup>2</sup>);
- Capacidade de produção limitada.



Caldeira de vapor e seus principais componentes

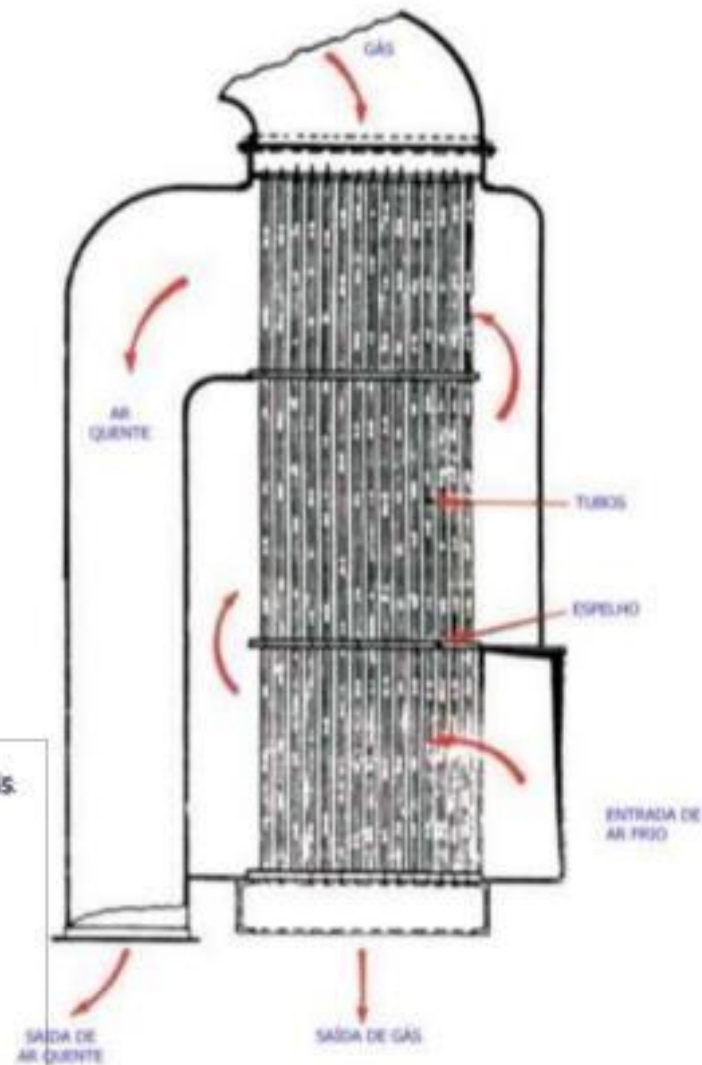
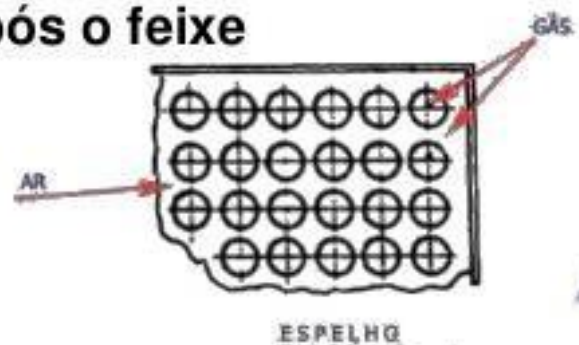
# Caldeira Equipamento

## Pré-aquecedores de ar

### EQUIPAMENTOS

Destina-se a fazer o aquecimento do ar de combustão, através da troca térmica entre o gás passando por dentro dos tubos e o ar por fora.

Localiza-se na saída de gases da caldeira logo após o feixe tubular.



## **Corpo:**

Construído a partir de chapas de aço carbono calandradas e soldadas. Entre o corpo de aço e a parte externa, entra uma (ou mais) camada de isolante térmico para evitar a troca de calor com o meio ambiente.

Define a capacidade de produção de vapor e a pressão de trabalho da caldeira.

## **Espelhos:**

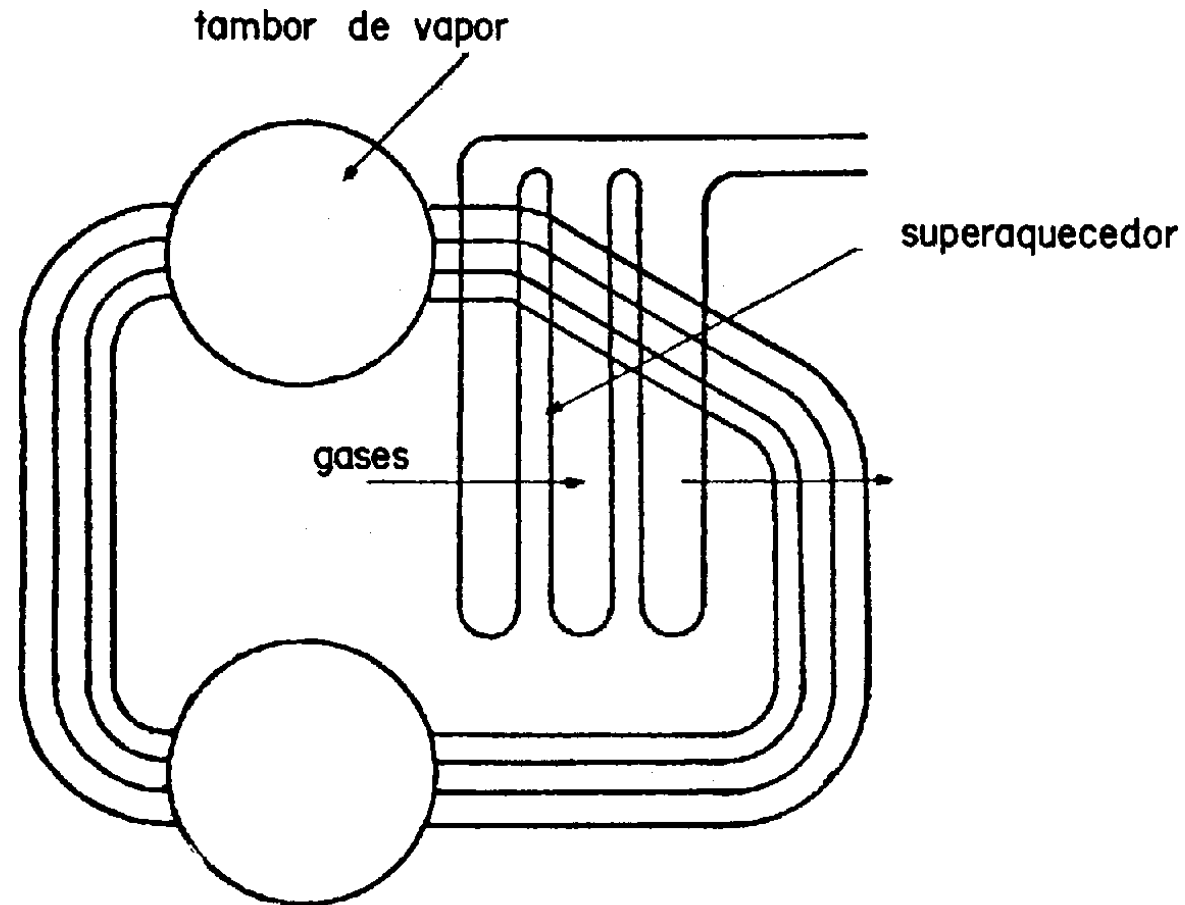
Constituem em duas chapas planas soldadas nas extremidades do corpo. Possui furações para passagem dos tubos, que são fixados por solda.

São os espelhos que compõem as extremidades das caldeiras permitindo a mudança do fluxo do vapor ou dos gases aquecidos, melhorando a eficiência térmica da caldeira.





# Esquemático de um superaquecedor



SUPERAQUECEDOR INTEGRAL

Nessa imagem podemos ter uma ideia bastante real da dimensão de uma caldeira aquatubular para atendimento de uma grande indústria.



## **Feixe tubular:**

É composto por tubos que ligam o espelho frontal com o posterior.

É o responsável por transferir o calor dos gases quentes para a água. Ele é soldado as chicanas para não perderem sua configuração, após algum período de uso é possível que comecem a ficar obstruídos em função de sedimentos depositados no seu interior.

## Feixes tubulares de caldeiras.



Fixe de caldeira Aquatubular

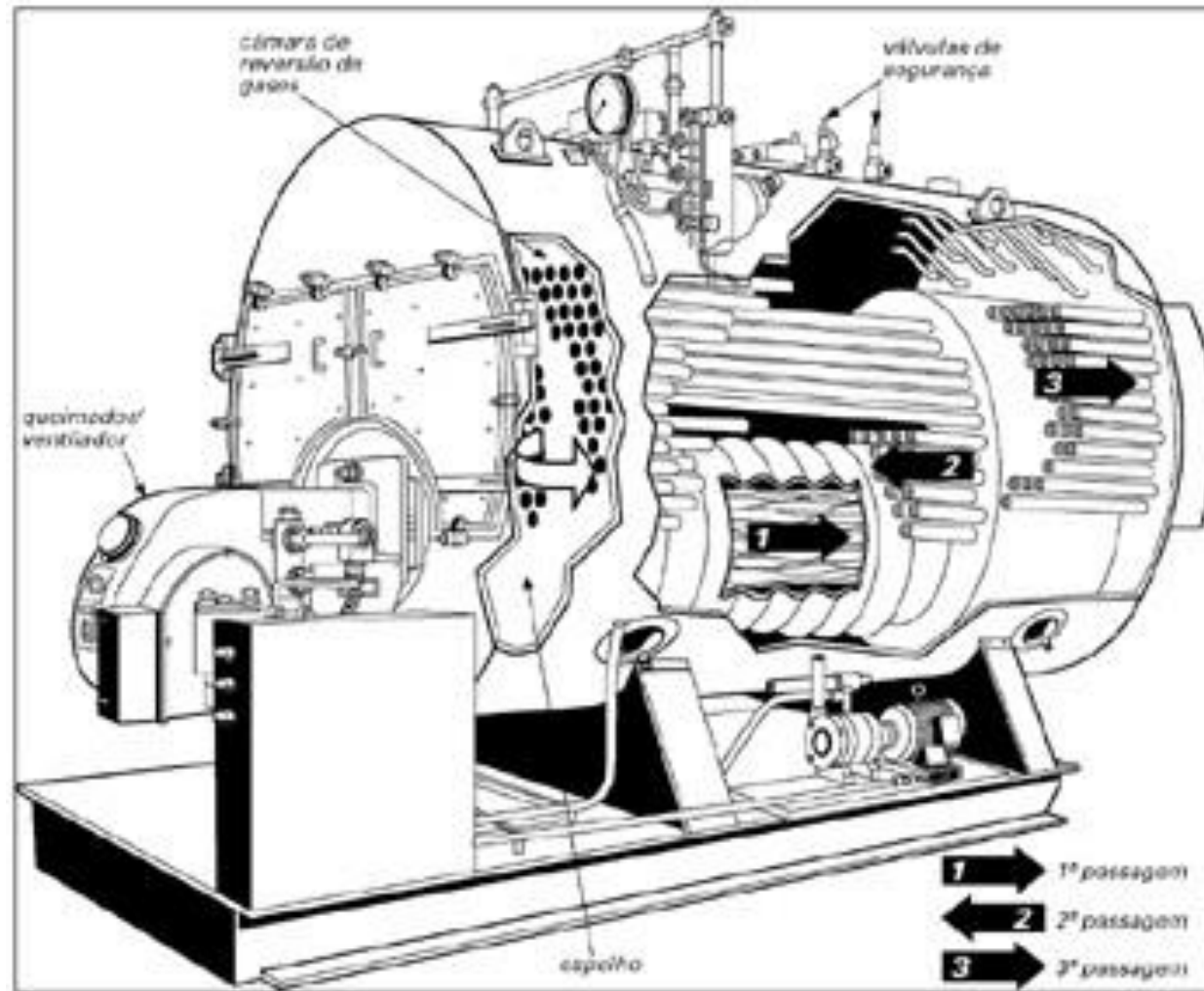


Fixe de caldeira Flamotubular com suas chicanas.

## **Caixa de fumaça:**

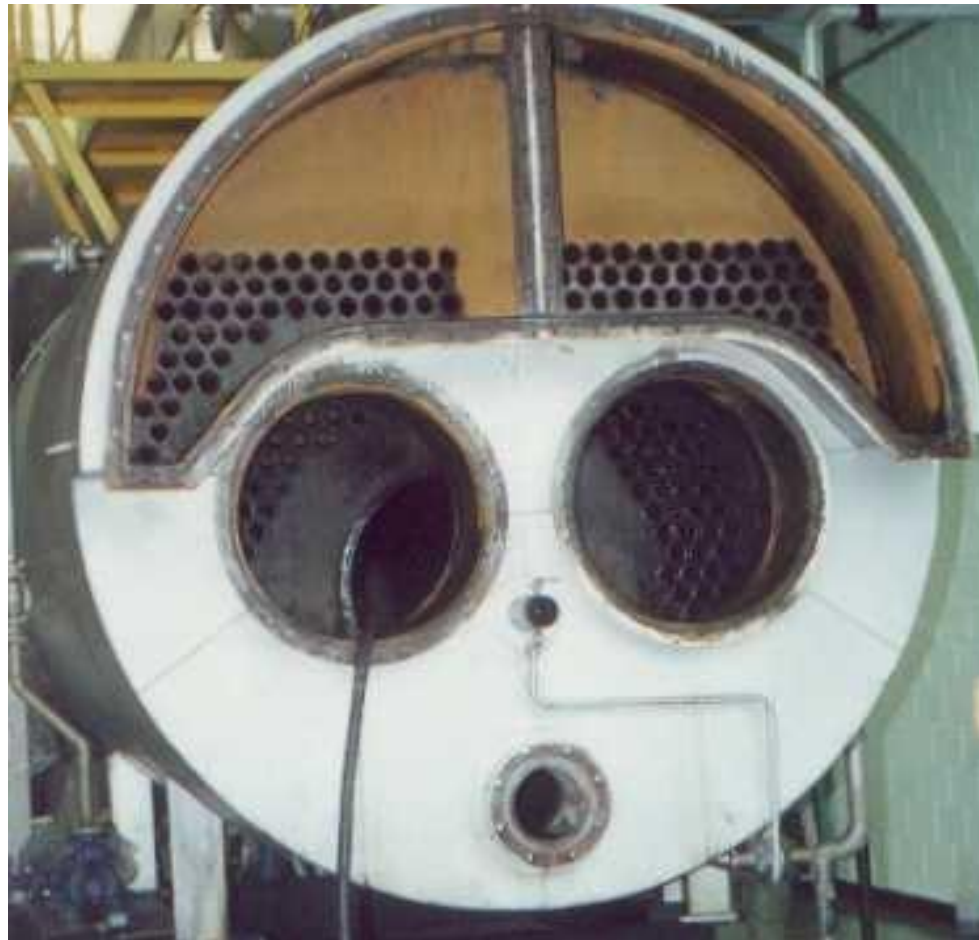
A caixa de fumaça é a parte da caldeira por onde os gases da combustão fazem a reversão do seu trajeto, passando novamente pelo interior da caldeira (pelo feixe tubular).

Após essa(s) reversões os gases são espelidos para atmosfera através de dutos.

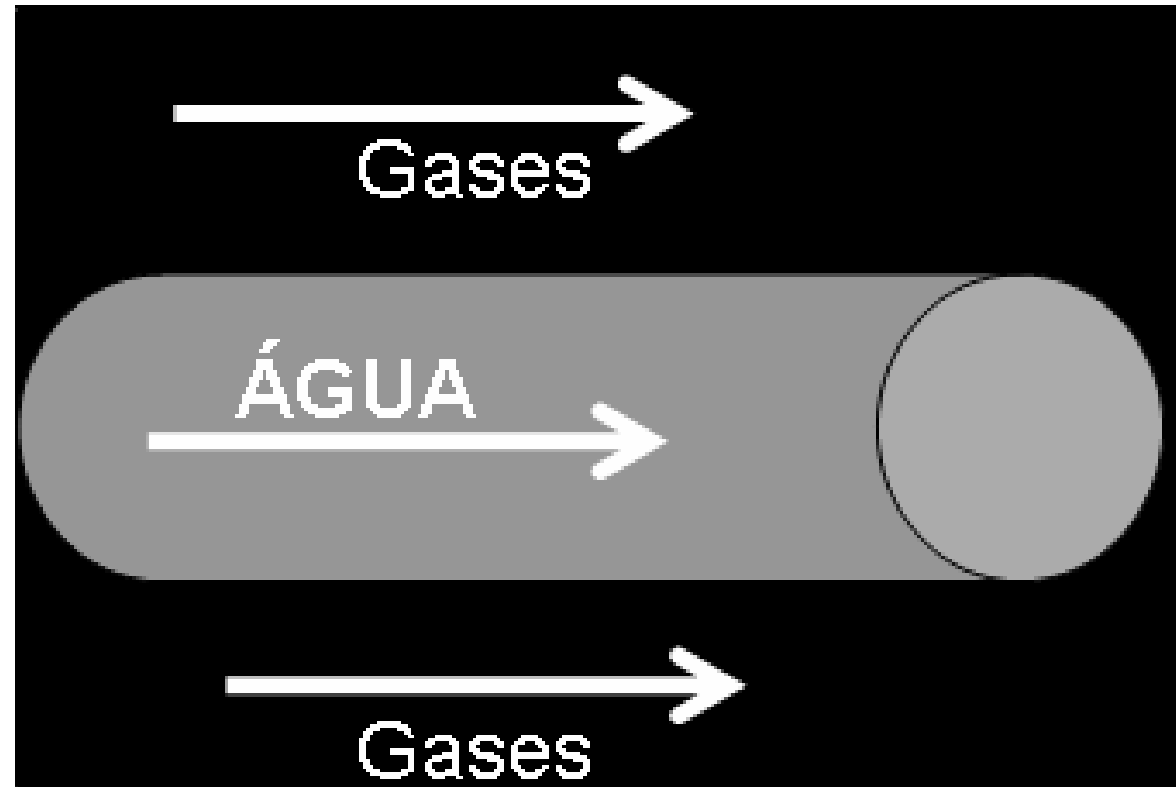


Observação da mudança de sentido do fluxo de gases ou vapor:

Nessa imagem fica visível os tubulões o espelho, bem como seu casco.



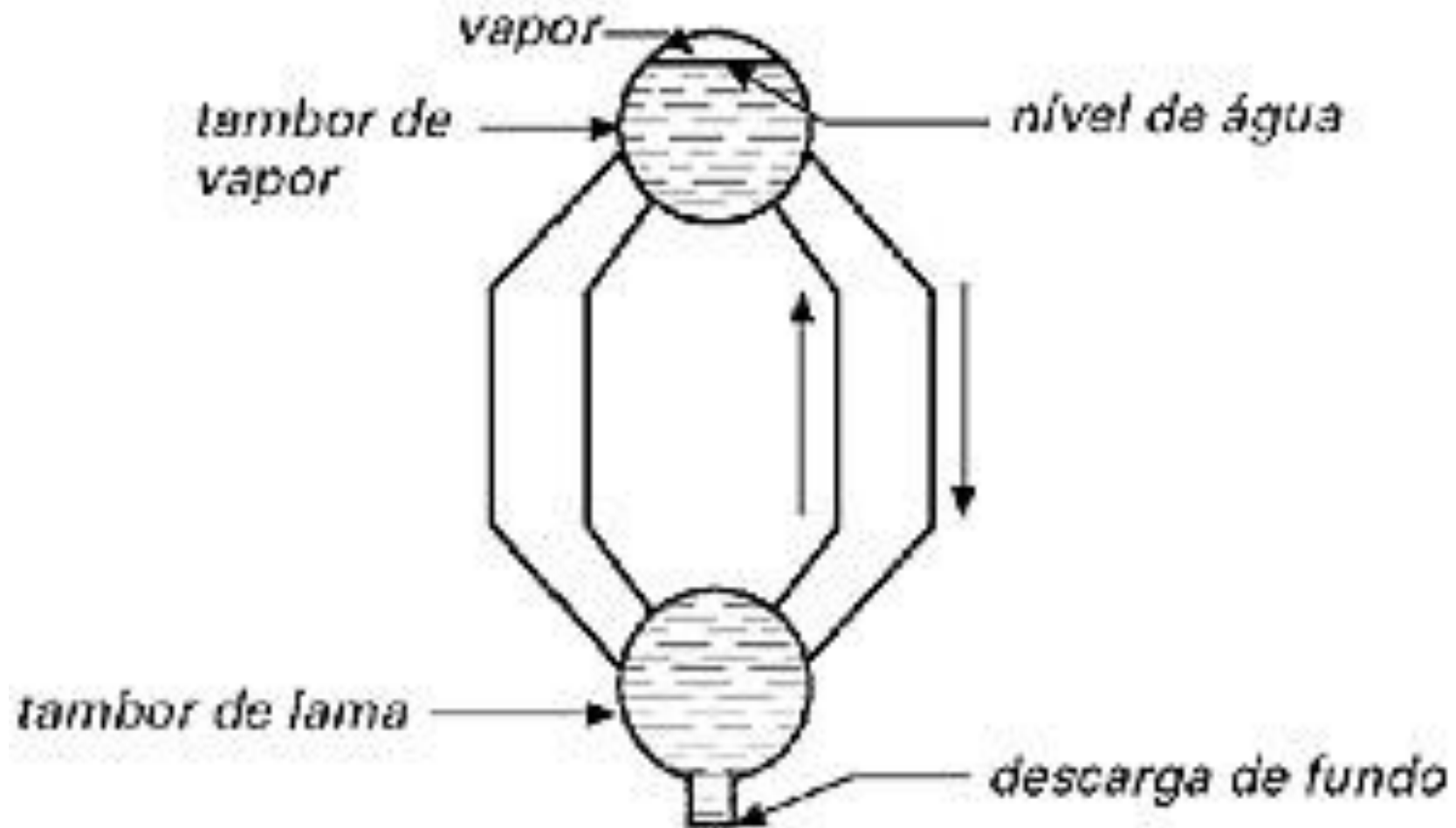
## Caldeiras Aquatubulares



Nesse tipo de Caldeira a água passa por dentro dos tubos e os gases é que passam por fora.



# Caldeiras Aquatubulares



A mostra de...

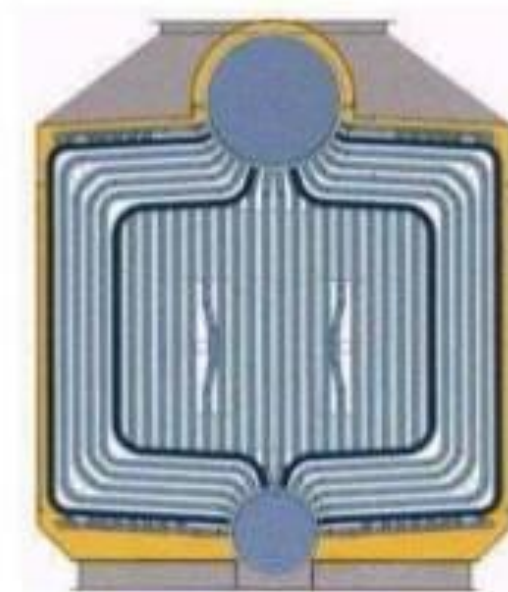
## Caldeiras Flamotubulares



*Tipo A*

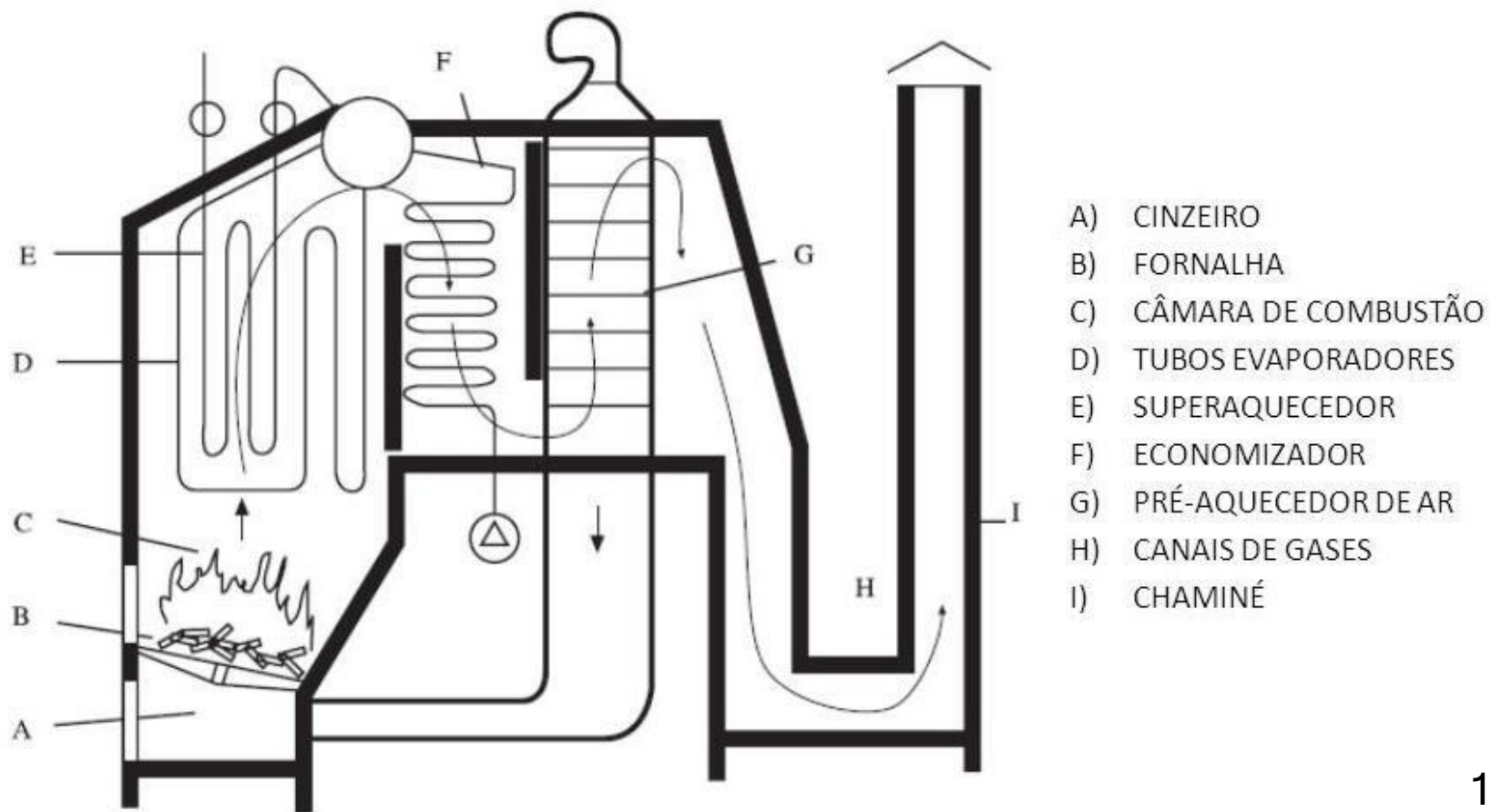


*Tipo D*



*Tipo O*

## Componentes Clássicos de uma Caldeira



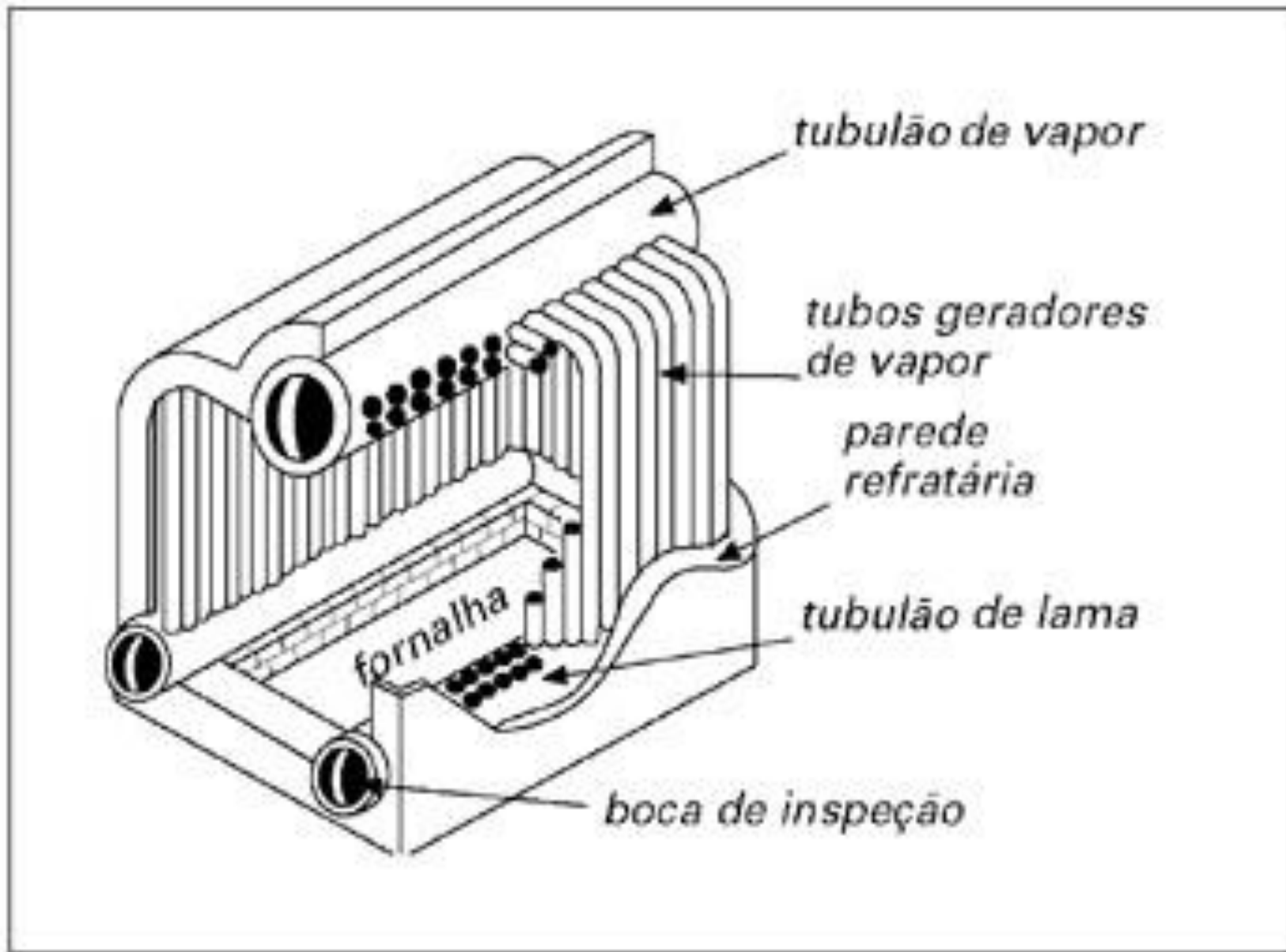
## Caldeiras Aquatubulares

### **Vantagens:**

- Maior rendimento térmico;
- Maior capacidade de geração de vapor;
- Possibilidade de trabalhar com pressões mais elevadas.

### **Desvantagens:**

- Maior custo;
- Dificuldade de manutenção.



## Caldeiras Aquatubulares

### **Partes Principais:**

- Tubulão superior;
- Tubulão Inferior;
- Feixe tubular.

### **Tubulão Superior:**

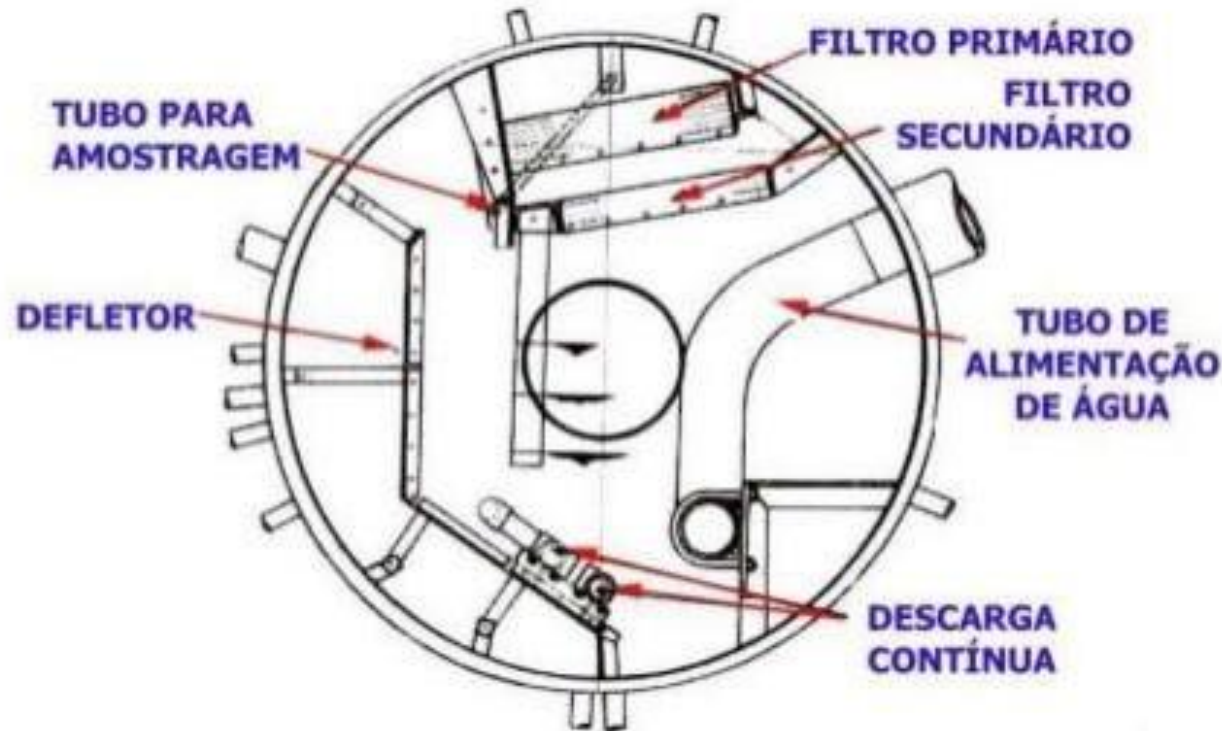
É o elemento da caldeira onde é injetada a água de alimentação e de onde é retirado o vapor.

O tubulão de vapor é construído com chapa de aço carbono de alta qualidade.

## Defletor

EQUIPAMENTOS

É constituído de chapas, colocados no costado frontal do tubulão de vapor, formando uma câmara para receber o vapor dos tubos geradores.



## Manutenção da Caldeiras Aquatubulares



Nessas circunstâncias não vamos levar em consideração a atividade no espaço confinado e a falta dos E.P.I's adequados a atividade... Observemos apenas a possibilidade de um homem entrar nesse dispositivo para fazer sua manutenção.



## **Tubulão Inferior de caldeira aquatubular:**

O tubulão inferior, ou tambor de lama, também é construído em chapas de aço carbono.

No tubulão inferior estão instaladas tomadas para purga ou descarga de fundo, utilizadas para remover lama e resíduos sólidos.

Importante ressaltar que quanto maior for a qualidade da água aquecida no processo, menor a quantidade da lama de fundo.

## **Feixe tubular:**

É um conjunto de tubos que faz a ligação entre os tubulões da caldeira. Pelo interior destes tubos circulam água e vapor.

Os tubos podem ser retos ou curvos, como uma maneira de aumentar o contato da água com as partes do tubo condutor de vapor, eventualmente há a necessidade de manutenção e depende do tamanho o homem deverá entrar na “máquina” para tal.

## **Superaquecedores:**

São superfícies de troca de calor que têm por objetivo fornecer energia ao vapor saturado, de modo a transformá-lo em vapor superaquecido nele haverá chicanas e filtros que destinan-se a reter água do vapor de maneiras que o mesmo entre seco no superaquecedor e aumentando sua temperatura.

# DEFINIÇÕES DE CALOR

CALOR ESPECÍFICO

CALOR SENSÍVEL

CALOR LATENTE – TEMPERATURA  
CONSTANTE



Exemplo de feixe de tubos de um grande superaquecedor de vapor.

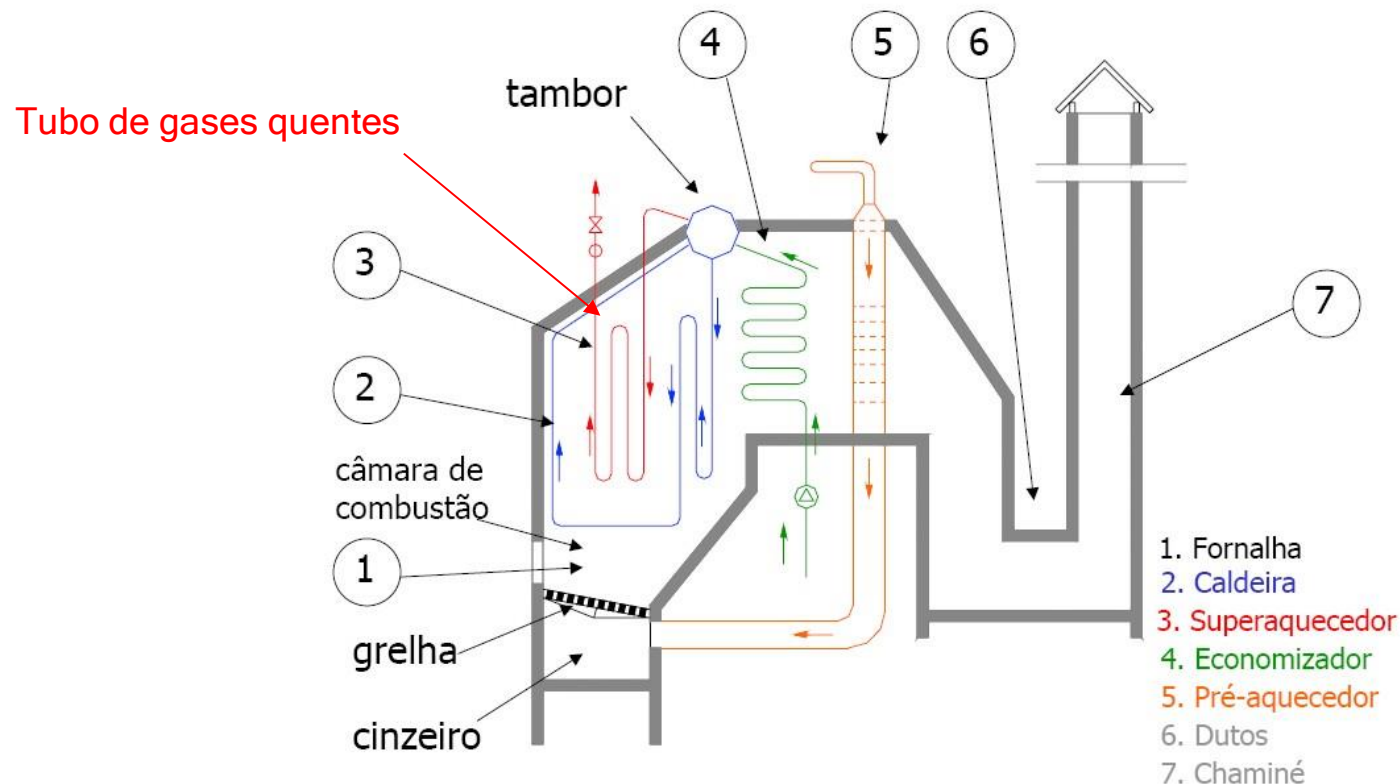
## **Pré-aquecedores de ar a gases de combustão:**

São equipamentos que aproveitam o calor dos gases quentes que saem da caldeira para elevar a temperatura do ar para a combustão, aumentando assim a eficiência da caldeira.



## Caldeiras Mistas

Consistem basicamente em caldeiras aquatubulares que possuem tubos de gases quentes passando pelo interior do tubulão de vapor.

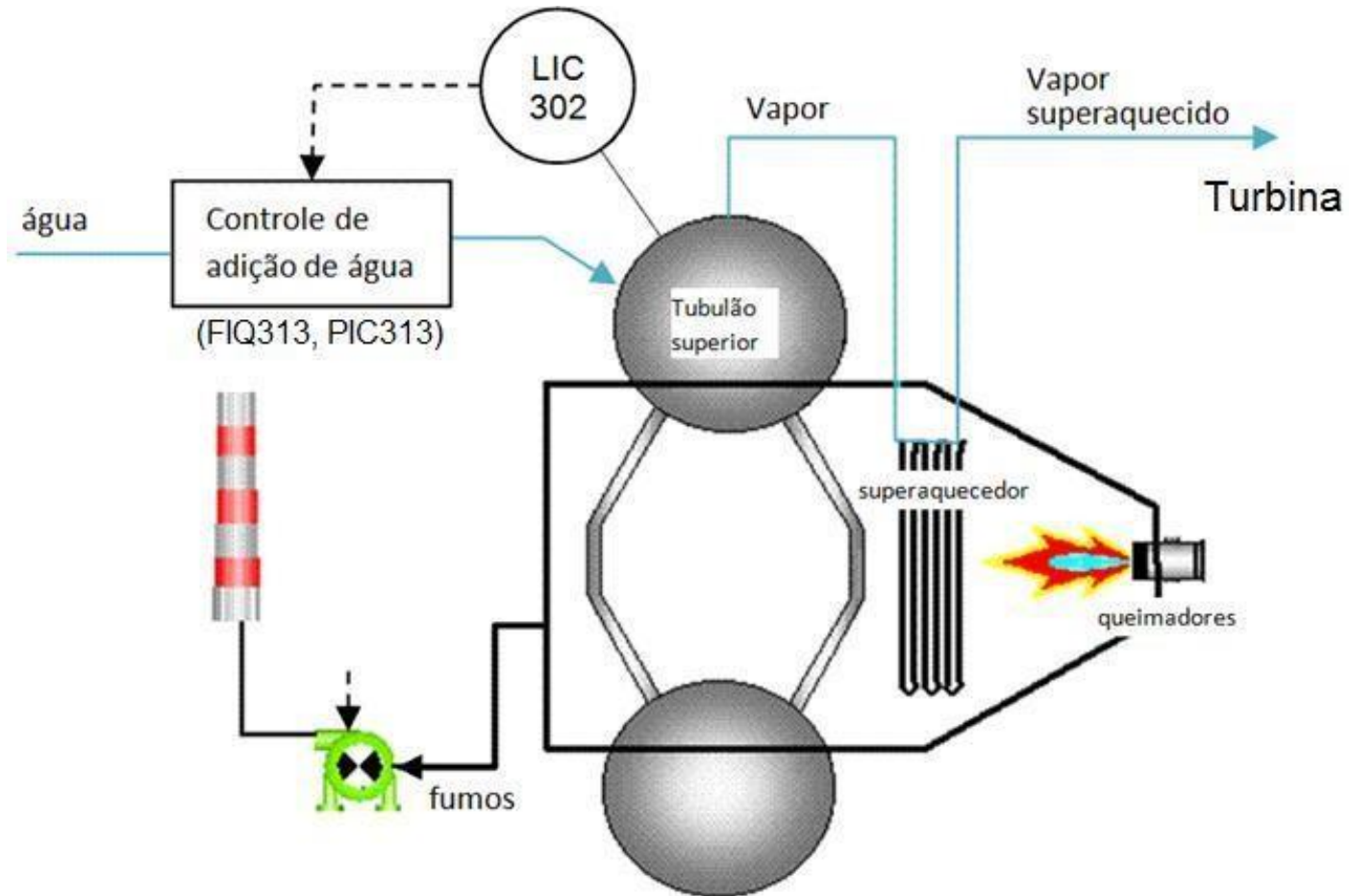


## Transporte de uma Caldeira Mista





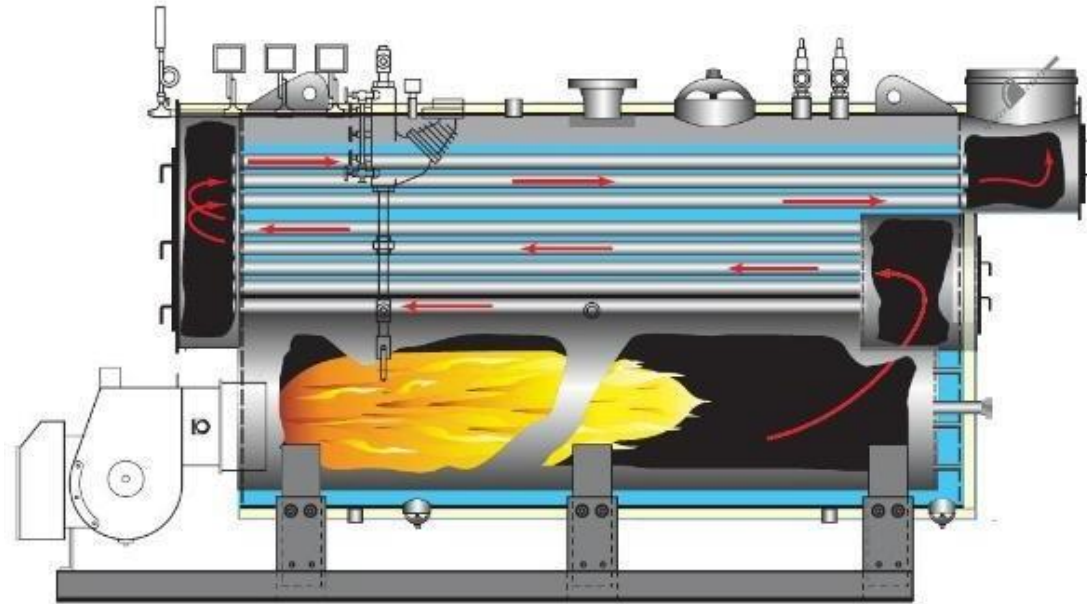
Esquemático de caldeira **AQUATUBULAR** para geração de energia.



## Fornalha

A fornalha, também chamada de câmara de combustão, é a parte da caldeira onde ocorre a combustão propriamente dita é nesse espaço que acontece a queima de gases ou diesel nas caldeiras Flamo ou Fogotubular e onde acontece a queima de bagaço de cana, carvão mineral, madeira e outros sólidos nas caldeiras Aquatubular.

## Exemplos de Fornalha

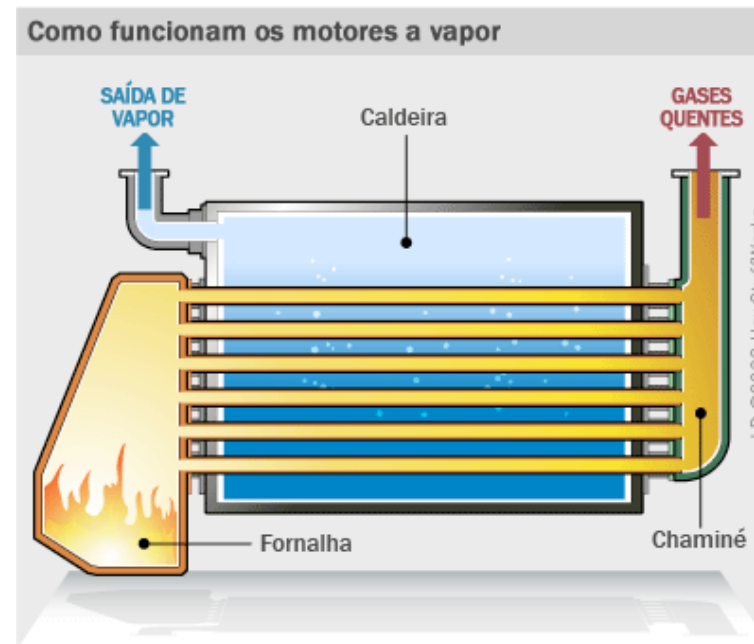
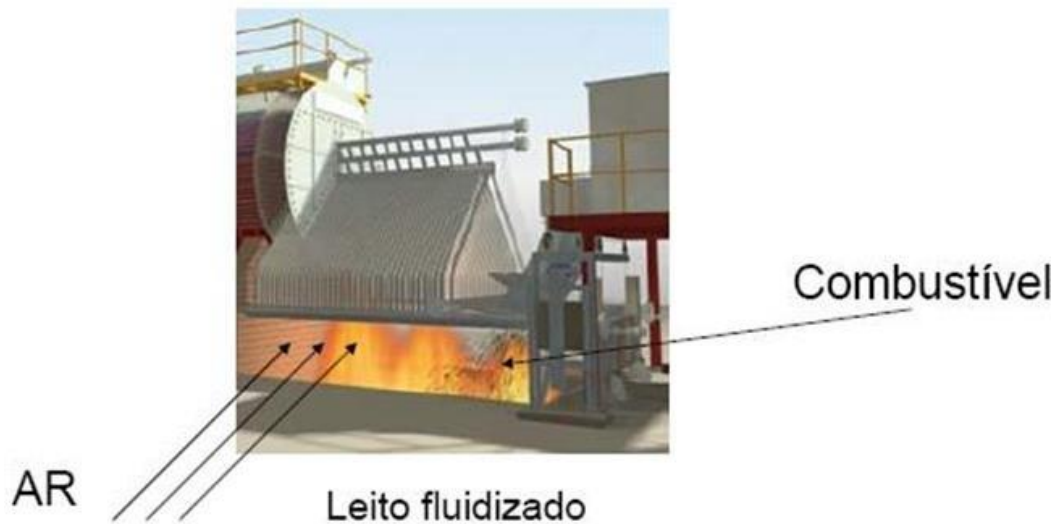


Uma fornalha de caldeira flamotubular vista em detalhes.

# Fornalha

## Fornalhas para combustíveis sólidos:

- Queima em grelha;
- Queima em leito fluidizado;
- Queima em suspensão.



# Fornalha

## **Queima em Suspensão:**

O combustível em forma de pequenas partículas é arrastado por uma corrente de ar e é queimado nos queimadores.

## Queimadores

São equipamentos destinados a introduzir continuamente o combustível e o ar dentro da fornalha, mantendo a combustão dentro de parâmetros pré-determinados.



## Outros exemplos de Queimadores



## Dispositivo de de alimentação de água

### Injetores:

Utilizam o próprio vapor da caldeira como meio de impulsão da água.



- Construção em bronze SAE-660
- Utiliza o vapor da própria caldeira
- Consumo mínimo de energia
- Não possui peças móveis que se desgastam
- Vida útil extremamente prolongada em condições normais de trabalho



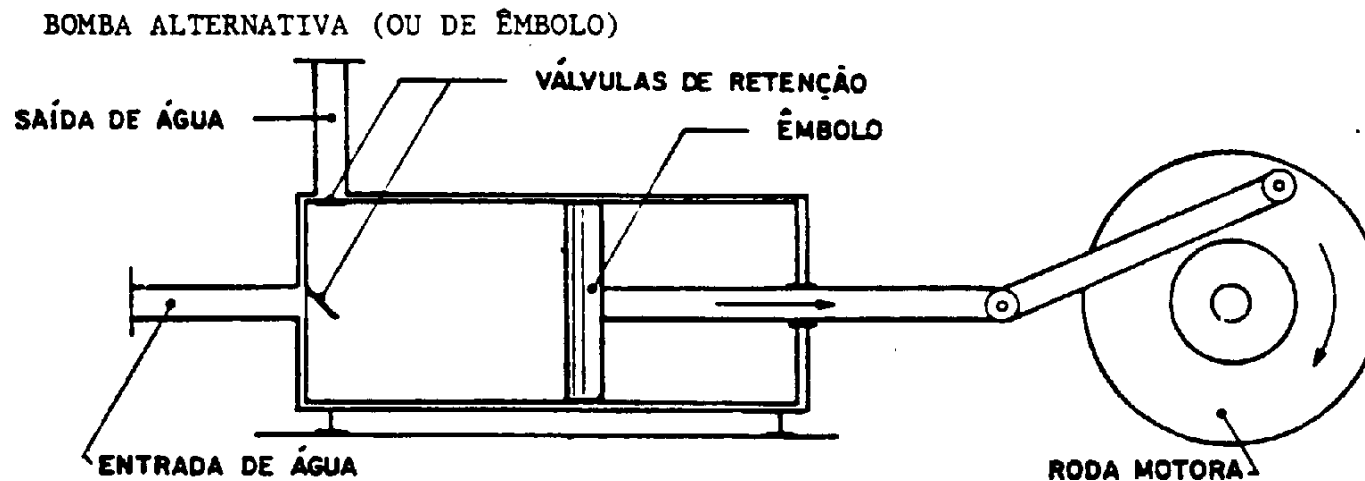
## **Bombas de alimentação:**

Bombas são máquinas hidráulicas cuja função é movimentar água ou outro líquido qualquer de um ponto para outro.



## Bombas alternativas:

São bombas em que o movimento do fluido é causado pelo movimento linear de um êmbolo ou pistão, que desliza no interior de uma camisa .



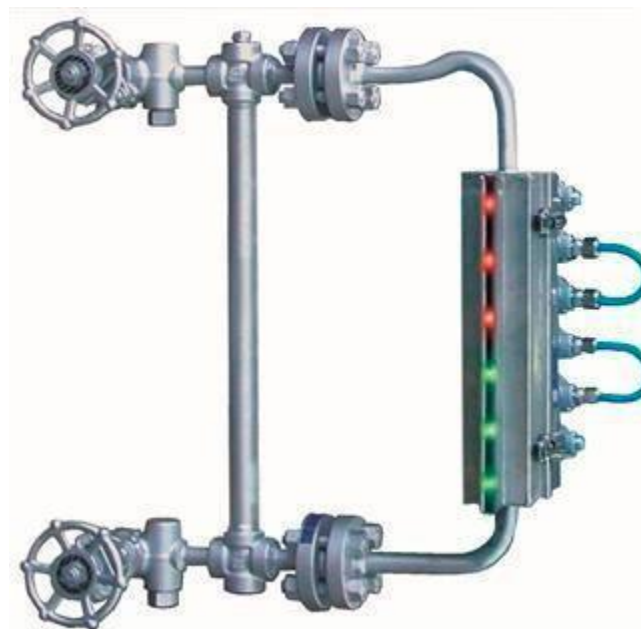
## Bombas centrífugas:

As bombas centrífugas são bombas que têm como princípio de funcionamento a força centrífuga, induzida no líquido através de palhetas e impulsores presos a um rotor.



## Visores de nível:

O visor de nível é um equipamento que permite ao operador observar diretamente o nível da água da caldeira



## **Visor de nível:**

Vaso dotado de magote translúcido ligando duas aberturas (superior e inferior) onde o líquido se faz presente; podendo ser graduada ou não ou até mesmo digital.

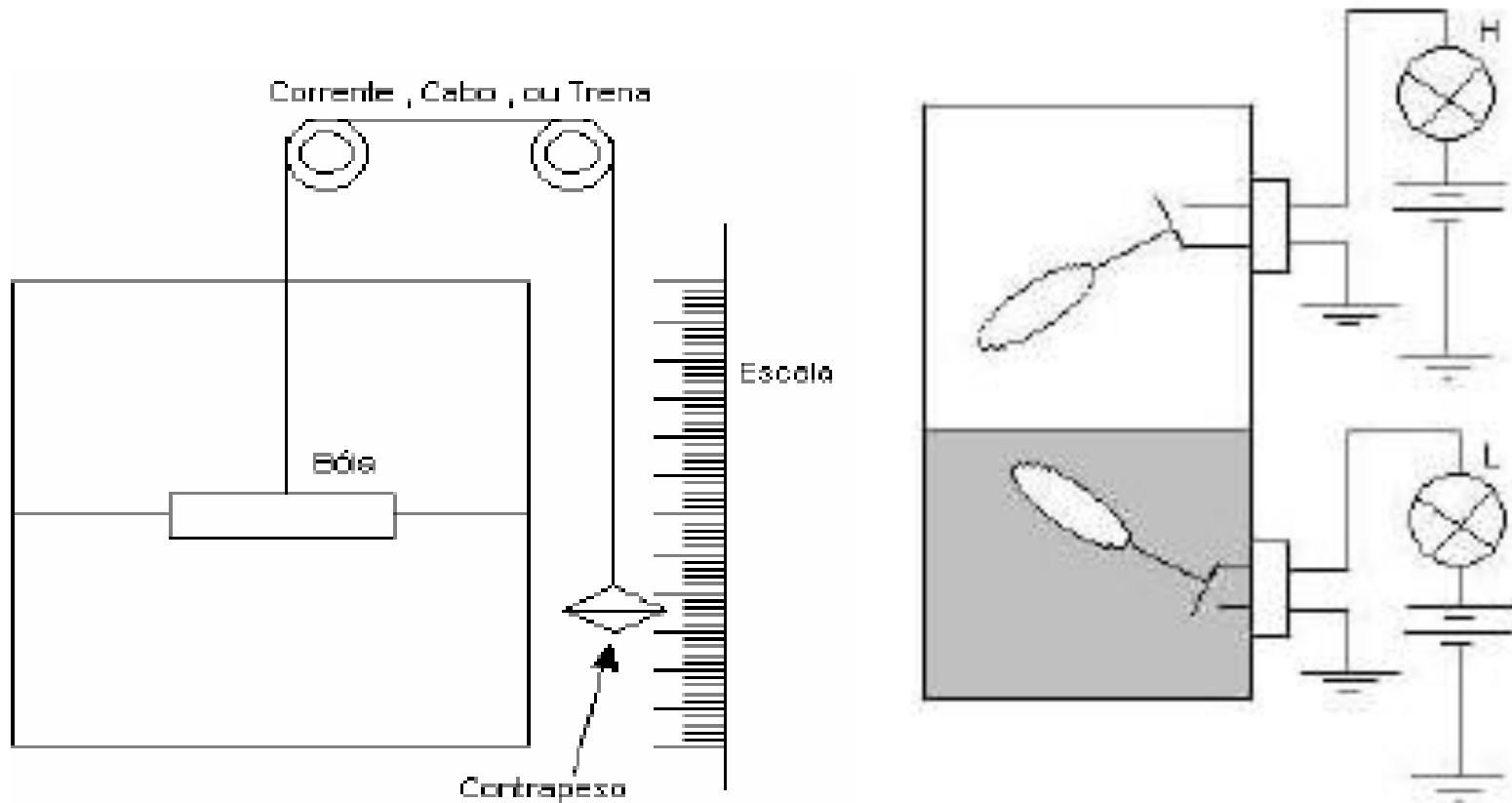


## Bóia ou flutuador:

Neste sistema, a indicação de nível é obtida através a posição de uma bóia que vai acusar o nível do fluido dentro da caldeira.



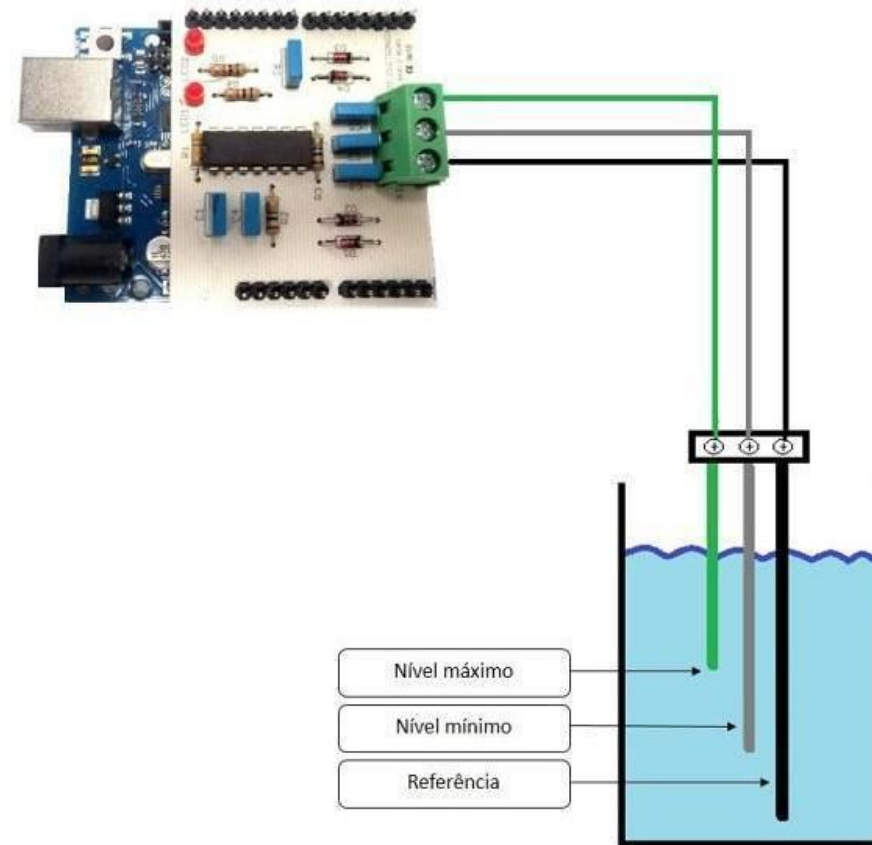
# Exemplo de Bóia ou flutuador:



## Indicador de Nível com Sistemas de eletrodos:

Nos líquidos que conduzem eletricidade podemos mergulhar eletrodos.

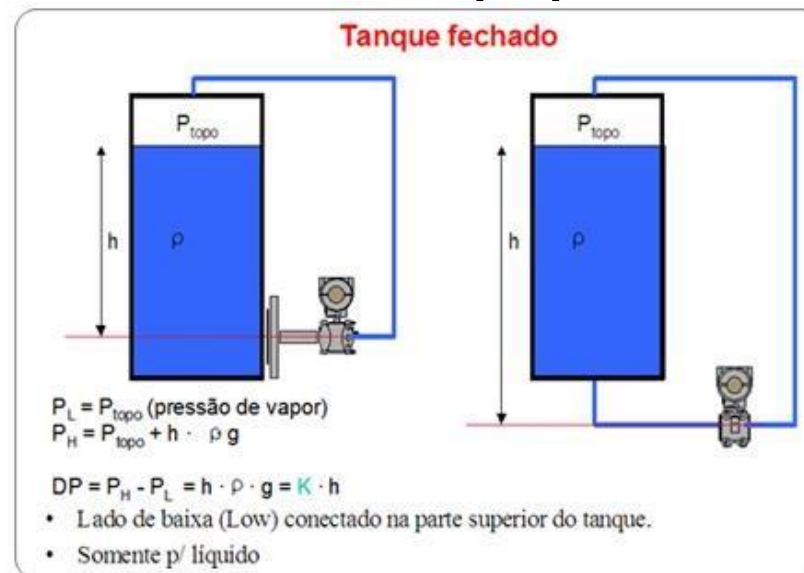
Quando houver condução entre os eletrodos teremos a indicação de que o nível atingiu a altura do eletrodo.



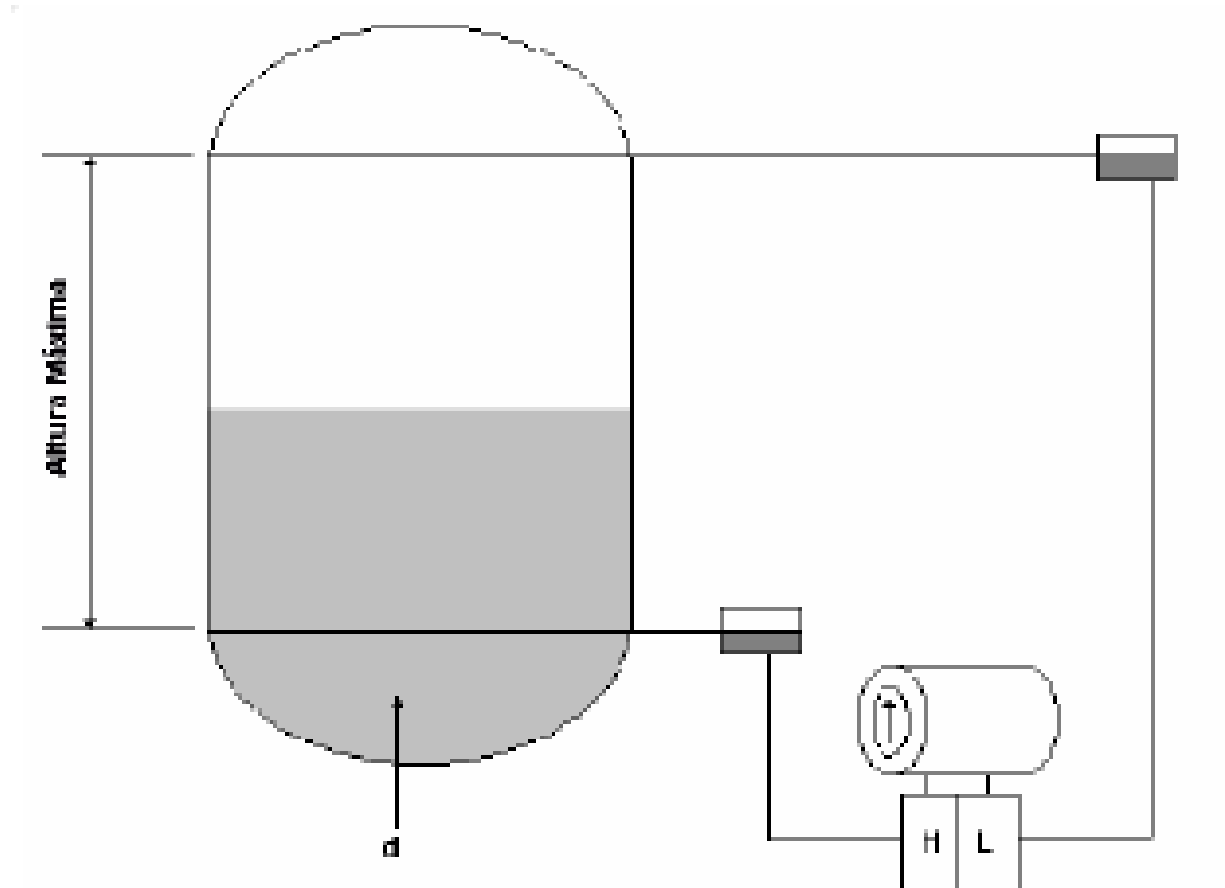


## Medição de nível por pressão diferencial:

Neste tipo de medição, são comparadas as pressões de dois pontos com alturas diferentes, um ponto próximo ao topo do equipamento e outro próximo ao fundo do equipamento.



# Esquemático de Medição de nível por pressão diferencial:



## **Sistema de controle de nível**

Este controle é feito através da variação da vazão da água de alimentação da caldeira utilizando os dados fornecidos pelos indicadores de nível

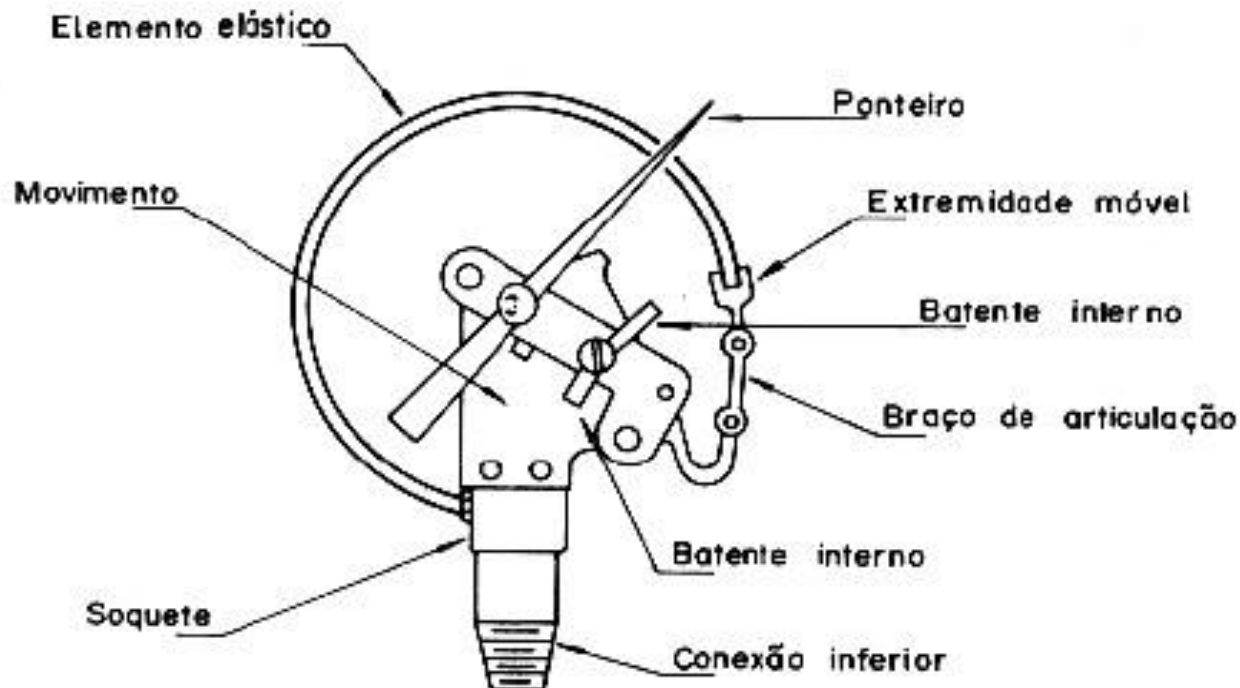
## **Indicadores de pressão**

Os indicadores de pressão, também chamados manômetros, são instrumentos utilizados para medir a pressão de líquidos, gases e vapores.

## Indicadores de pressão

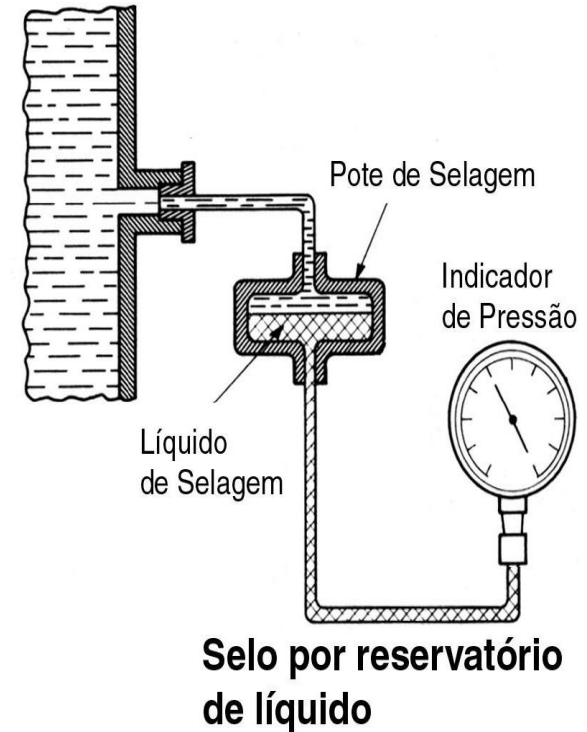
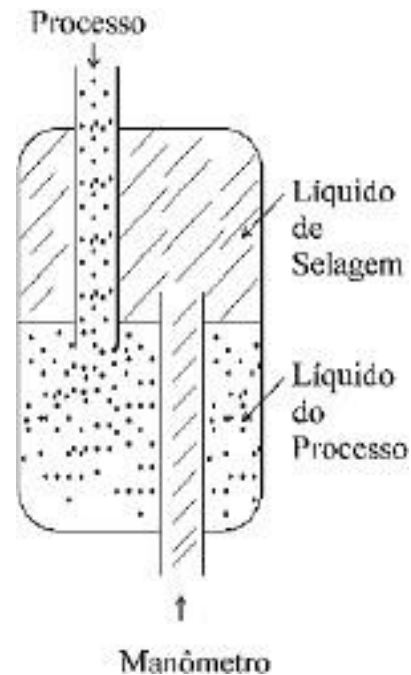
### Manômetro tubo bourdon:

O Tubo de Bourdon consiste em um tubo com seção oval, disposto em forma de “C”, espiral ou helicoidal, tem uma de suas extremidades fechada, estando a outra aberta à pressão a ser medida.



## Selagem líquida:

Protege o manômetro de fluidos corrosivos, viscosos, sujeitos à alta temperatura e/ou radioativos.



## Sifões:

Os sifões são utilizados para “isolar” o calor das linhas de vapor de água ou de líquidos muito quentes.



A - Cachimbo



B - Rabo de Porco



C - Bobina



D - Alta Pressão

## Indicadores de pressão

### **Instrumentos de transmissão de sinal:**

Os instrumentos de transmissão de sinal de pressão têm a função de enviar informações à distância das condições atuais de processo dessa variável.

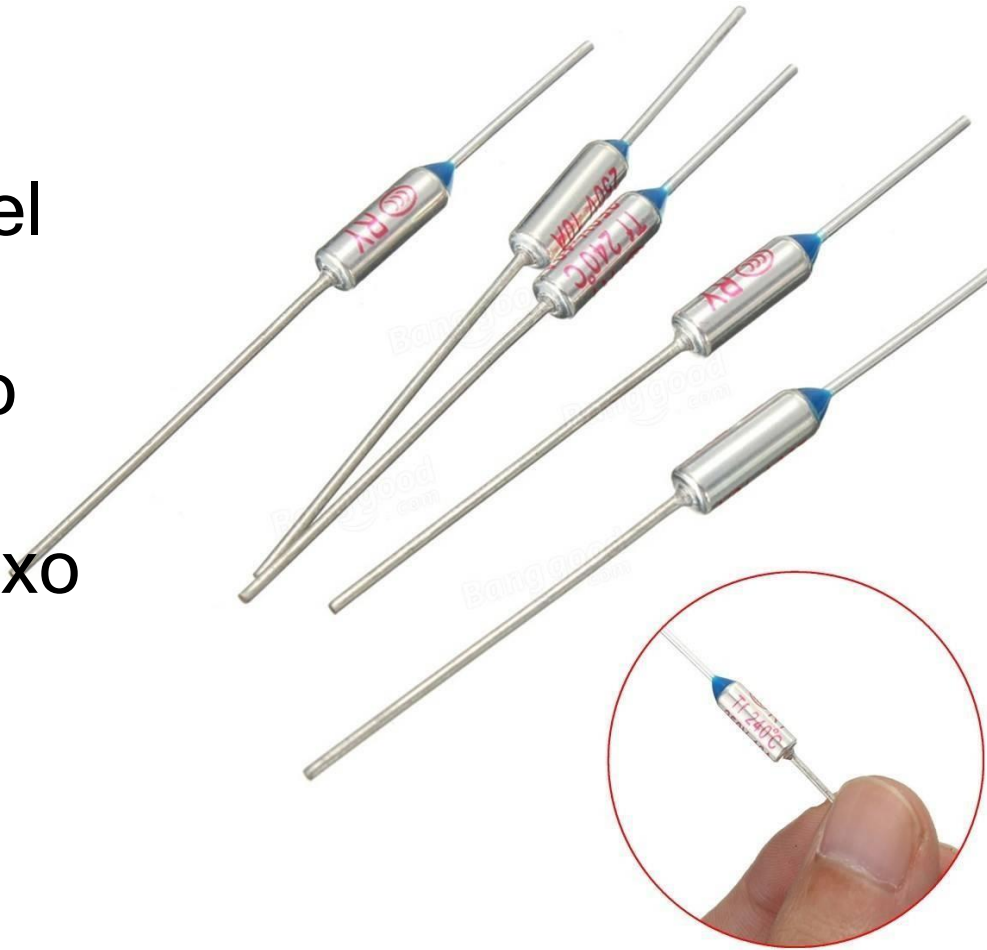
**Transmissores pneumáticos** - convertem o sinal detectado pelo elemento receptor de pressão em um sinal de transmissão pneumático;

- **Transmissores eletrônicos analógicos** - utilizam elementos de transferência que convertem o sinal de pressão detectado em sinal elétrico. É utilizado para ligar e/ou desligar bombas ou compressores ou abrir e/ou fechar válvulas.
- **Pressostato:** É constituído por um sensor, um mecanismo de ajuste de set-point e uma chave de duas posições (aberto ou fechado).



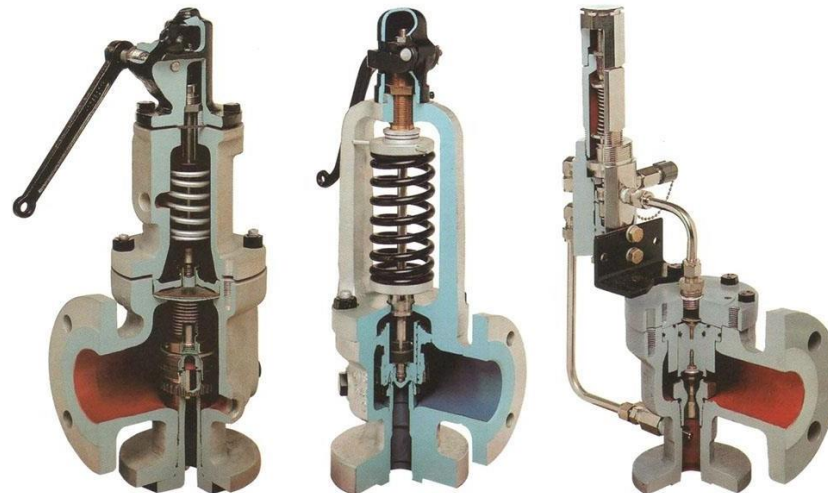
## Fusível térmico:

Também chamado fusível tampão, consistem um parafuso com um furo no centro preenchido com uma liga de metal de baixo ponto de fusão.



## Válvulas de Segurança:

São válvulas calibradas para abrir a uma pressão definida, descarregando, assim, o excesso de vapor e, com isso, evitando sobrepressões perigosas na caldeira.



## **Intertravamento:**

São dispositivos destinados a proteger a caldeira e o sistema em caso de alguma anormalidade.

Atuam normalmente apagando a caldeira.

## Detectores de chama:

São dispositivos sensíveis à luz da chama do queimador.

Quando a chama se apaga, o detector ativa diversos procedimentos de segurança.



## Analísadores:

São dispositivos destinados a medir parâmetros químicos da água da caldeira e dos gases de combustão.



## **Dispositivos de Segurança**

Dependendo das condições de trabalho é possível o uso de analisadores contínuos de gases, que terão a finalidade de monitorar a qualidade do ar respirável no ambiente da caldeira ou vaso de pressão continuamente, esses elementos podem detectar a presença de multigases de acordo com o determinado pelo usuário.

## **Analísadores:**

Esses instrumentos estarão setados para detectar a presença ou a variação dos principais gases.

- .O<sub>2</sub> - gases de combustão;
- .CO - gases de combustão;
- .CO<sub>2</sub> - gases de combustão;
- .pH - água da caldeira (alcalinidade);
- .Sílica - água da caldeira.

## Dispositivos Auxiliares

### **Pilotos:**

São dispositivos destinados a acender o queimador principal.

B880201



B880202



B880209



B880210



B880214



B880215



B880216



B880234



B880236



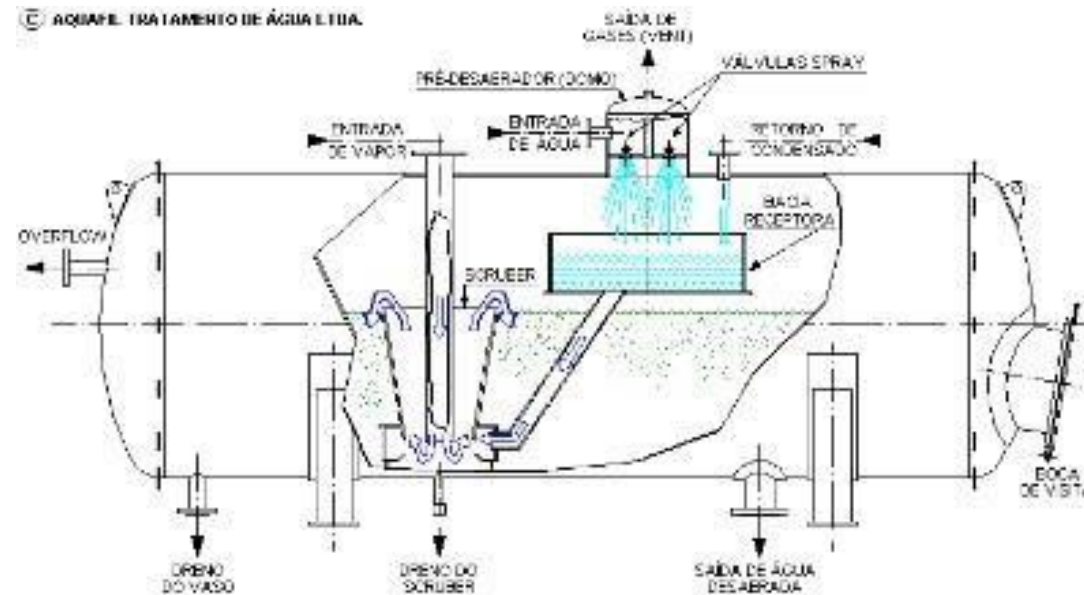
B880237





## Desaeradores:

São equipamentos que aquecem a água na entrada da caldeira e promovem a remoção dos gases nela dissolvidos.



# Dispositivos Auxiliares

## Sopradores de fuligem:

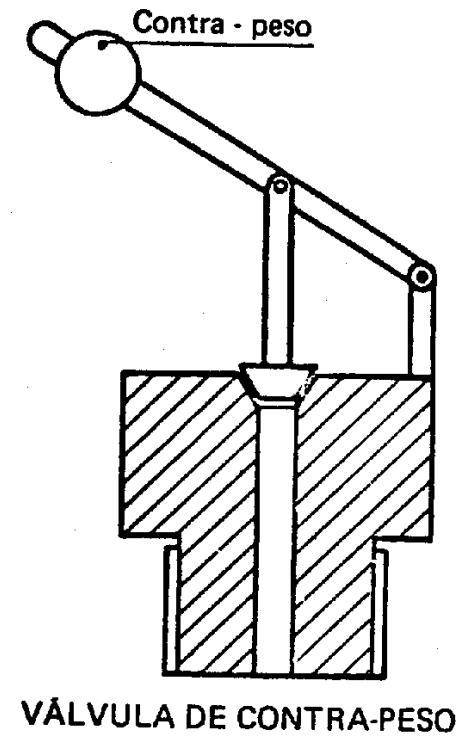
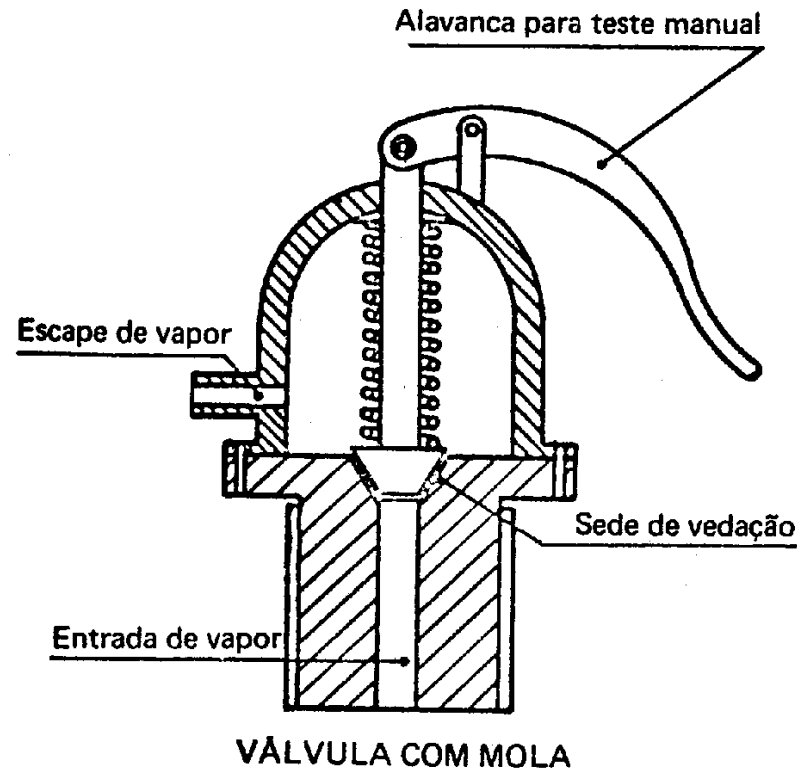
São dispositivos destinados a remover a fuligem depositada nos tubos durante a operação normal da caldeira.



Os sopradores de fuligem quando desalinhados nas caldeiras Aquatubulares podem soprar o vapor sobre os tubos em vez de fazer entre eles.

Nas Caldeiras Aquatubulares e Flamotubulares ele pode causar uma erosão na sede de vedação de válvulas de segurança.

# Dispositivo a ser operado manualmente para teste.



## **Tubulações**

Em um sistema de caldeiras temos linhas para água de alimentação, óleo combustível, gás, condensado, vapor e drenagem e essa tubulação assim como seus acessórios não devem ser confundidos como parte da tubulação da unidade de processo.

# Tubulações

## Válvulas

São dispositivos destinados a estabelecer, interromper ou regular o fluxo em tubulações.

## Válvulas de Bloqueio:

São utilizadas apenas para estabelecer e interromper o fluxo (on/off), dependendo do tipo de válvula também funcionar como reguladora de vazão.

## Válvulas de Bloqueio:

Os principais tipos são:

Válvula gaveta (gate valve);

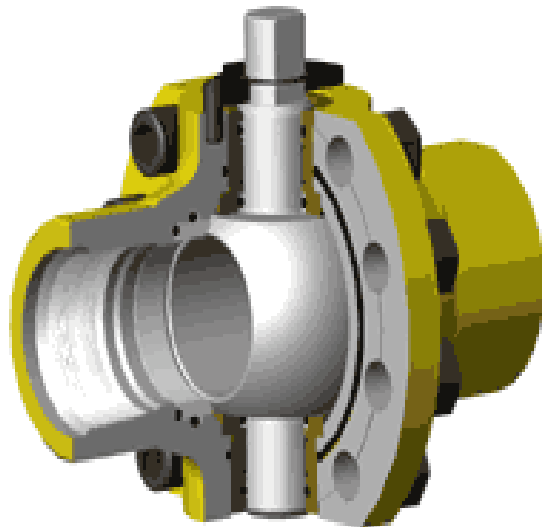
Válvula macho (plug, cock valve);

Válvula esfera (ball valve);

Válvula de comporta (slide, blast valve).



## Outros exemplos de válvulas que compõe a rede de acessórios.



Válvula esfera



Válvula macho

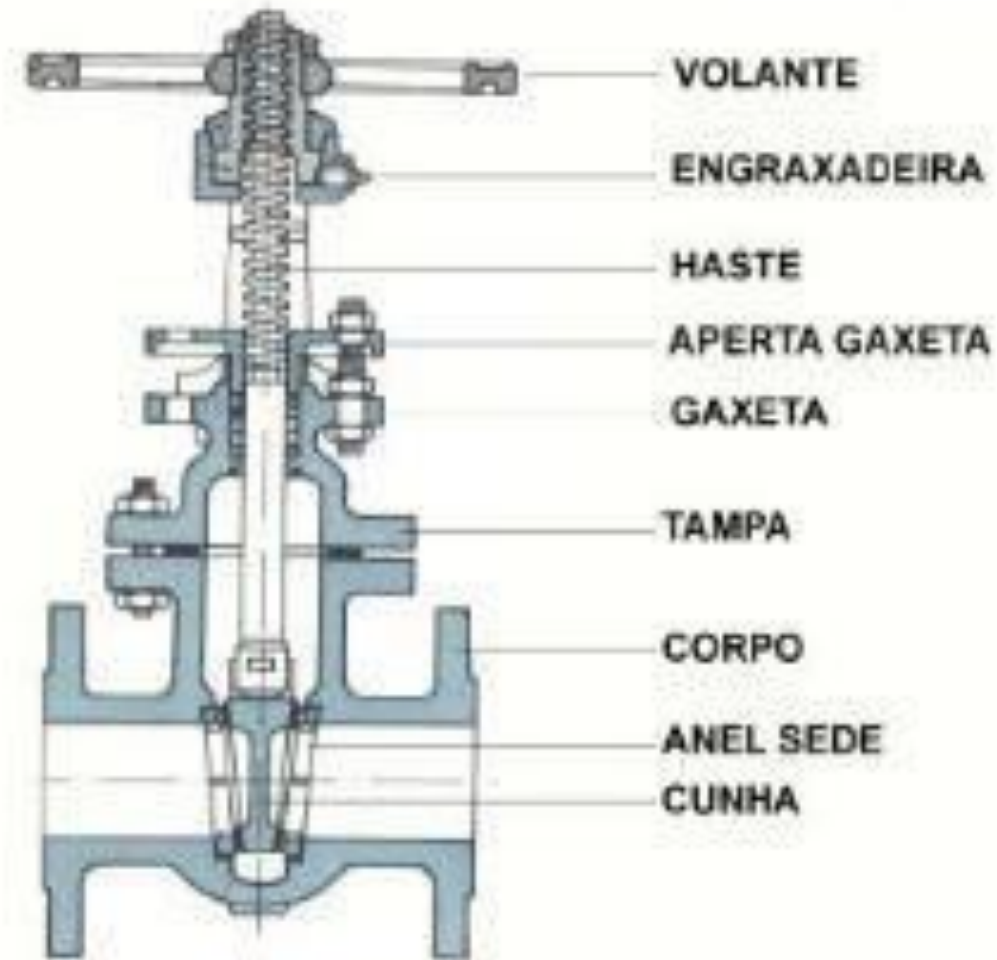


Válvula gaveta



## Válvulas de Controle ou Regulagem:

São utilizadas para controlar o fluxo que passa pela tubulação onde estão instaladas, podendo trabalhar em qualquer posição de abertura parcial.



# Tubulações

Válvulas de Controle ou Regulagem:

Válvula globo (globe valve);

Válvula agulha (needle valve); Válvula borboleta (butterfly valve); Válvula

diafragma (diaphragm valve); Válvula de 3 ou 4 vias.

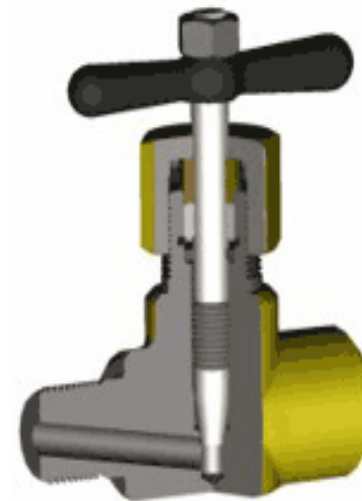
# Acessórios de Tubulações



Válvula globo



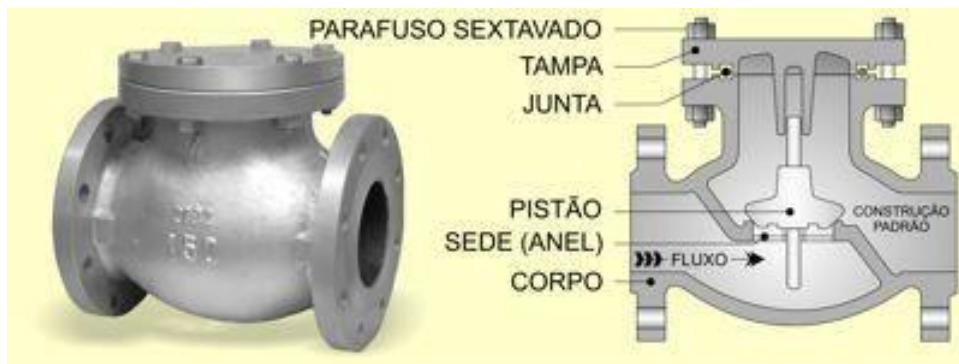
Válvula borboleta



Válvula agulha

## Válvulas de Retenção ou Unidirecionais:

São destinadas a impedir o retorno de fluidos de processo, ou seja, permitem o fluxo em um único sentido.



## Válvulas de Retenção ou Unidirecionais:

Os principais tipos são:

Válvula de retenção;

Válvula de retenção e fechamento;

**Válvula de pé.**



# Tubulações



Válvulas de retenção de portinhola e de esfera.

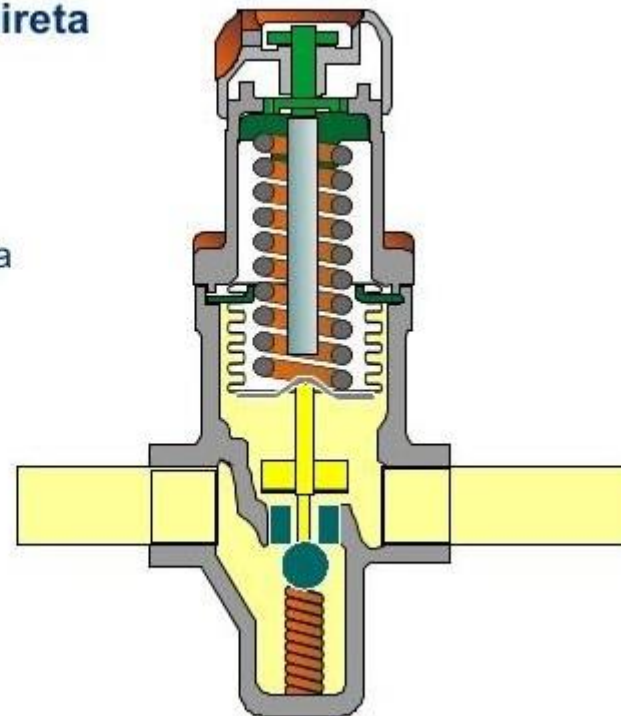
## Válvulas que Controlam a Pressão a Montante

São utilizadas com o objetivo de manter a pressão da porção da tubulação localizada em sua entrada dentro de limites pré-estabelecidos.

### Válvulas de Ação Direta

#### Funcionamento:

A pressão a jusante aumenta e atua através do fole para conter a força da mola e fechar a sede quando a pressão for a de ajuste.



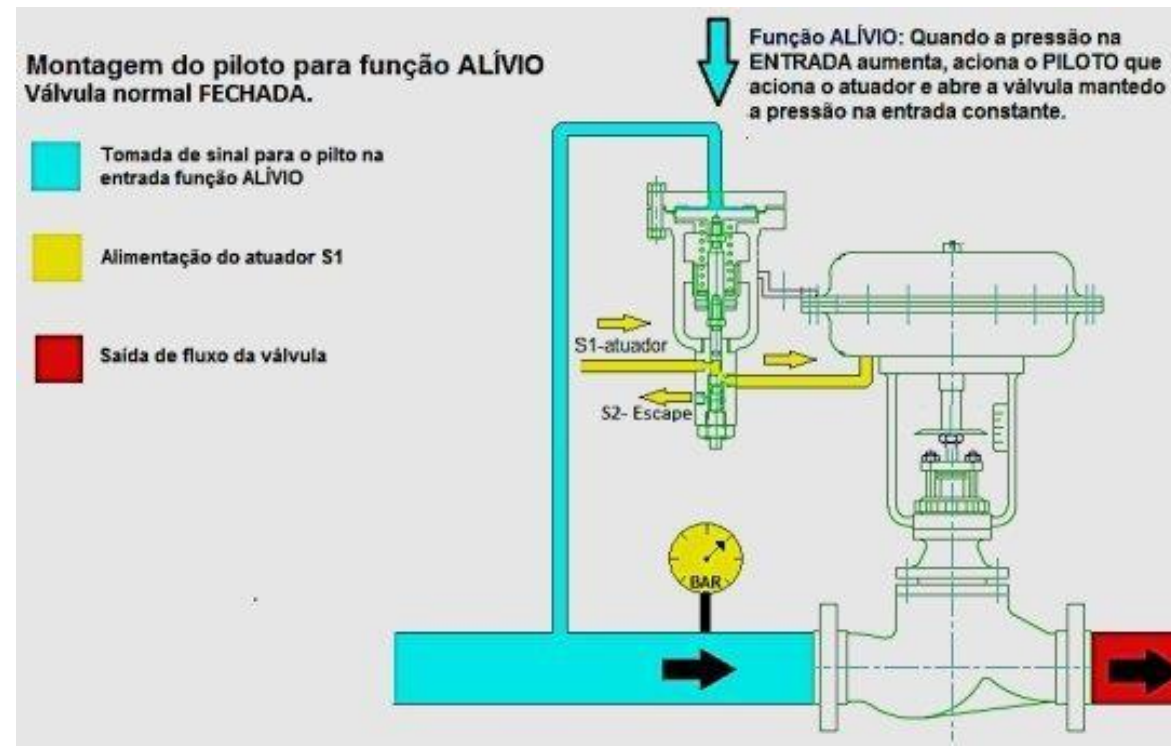
# Válvulas que Controlam a Pressão a Montante

Os principais tipos são:

Válvula de segurança ou alívio;

Válvula de excesso de vazão;

Válvula de contrapressão.





## **Válvulas que Controlam a Pressão a Jusante**

São utilizadas com o objetivo de manter a pressão da porção da tubulação localizada em sua saída dentro de limites pré-estabelecidos.

## Válvulas que Controlam a Pressão a Jusante

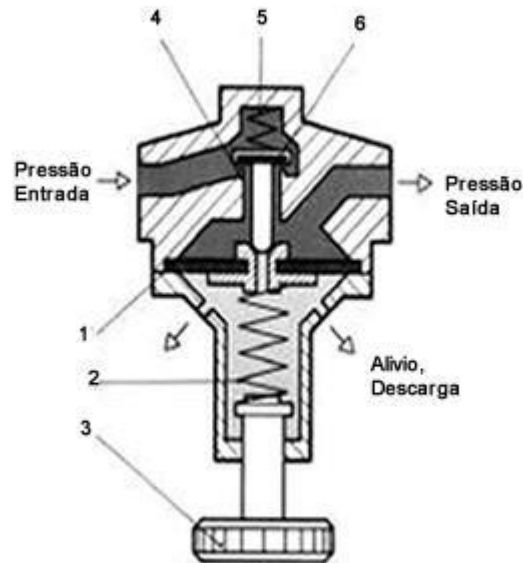
Os principais tipos são:

Válvulas redutoras e reguladoras de pressão;

Válvula de **quebra-vácuo**.



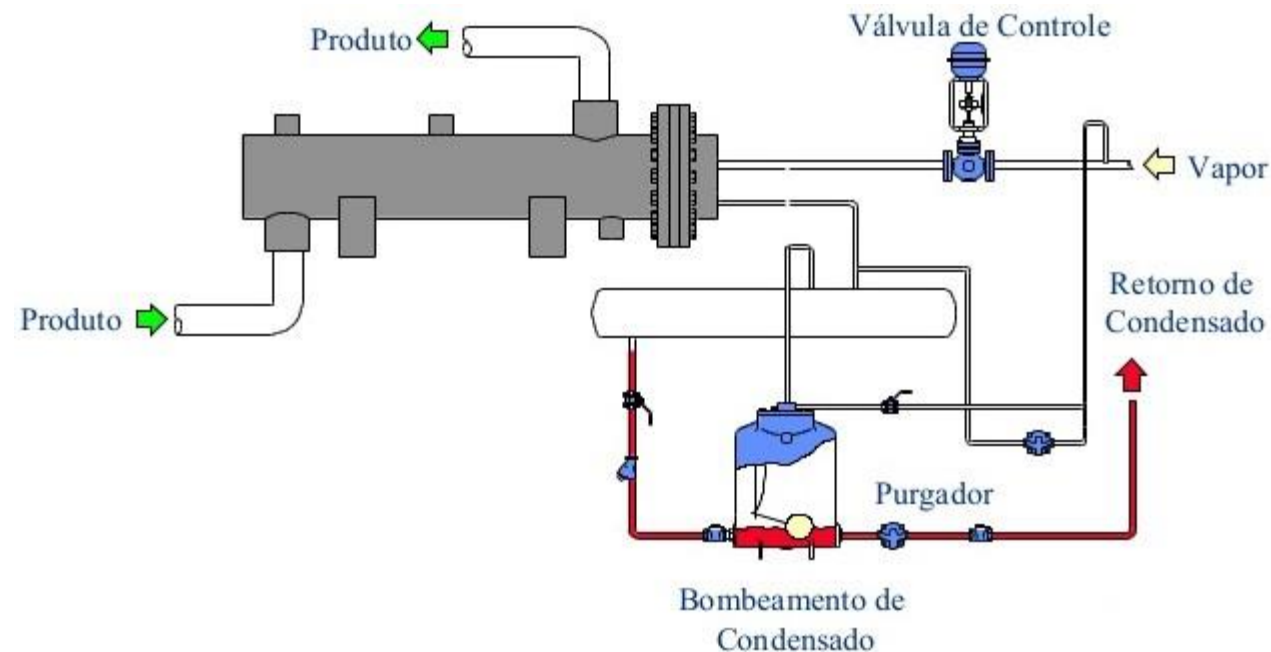
# Tubulações



**Válvulas reguladora de pressão** é o dispositivo responsável por evitar a flutuação da pressão no sistema, controlando a pressão à medida que é percorrida através de um atuador ou outra parte de um sistema pneumático.

# Purgadores

São dispositivos automáticos que têm a finalidade de eliminar o condensado que se forma nas linhas de vapor. Abaixo uma solução incluindo válvula de controle.



# Filtros

São acessórios destinados a reter diversos tipos de impurezas presentes no fluido.



## Separador Ciclone



- Utiliza força centrífuga para remover até 98% do condensado contido no vapor.

## Purgador de Vapor do tipo Bóia Livre®



- Mecanismo de fluxo contínuo ajuda a prevenir atrasos na descarga do condensado.
- Combinação da bóia de alta precisão e assento em 3 pontos fornece altas propriedades de selagem do vapor.



Filtro prensa para água

Quando o tratamento da água falha o equipamento como um todo sofre as consequências em curto período de operação.

Na imagem ao lado pode ser observado a tubulação interna totalmente obstruída.





Caldeira aquatubular cheia de lama  
causando pela utilização de água bruta

As incrustações que ocorrem no sistema interno das caldeiras podem ser evitadas com tratamento da água da caldeira ou com a análise contínua dos resultados dos gases emitidos ou mesmo do vapor.





Dependendo do que é inserido no interior da caldeira, poderá haver a formação de sais que irão petrificar aumentando consideravelmente a eficiência energética da caldeira.



Considerando que todo sistema interno da caldeira sofre essas alterações o espelho acaba sendo um dos elementos mais visíveis.

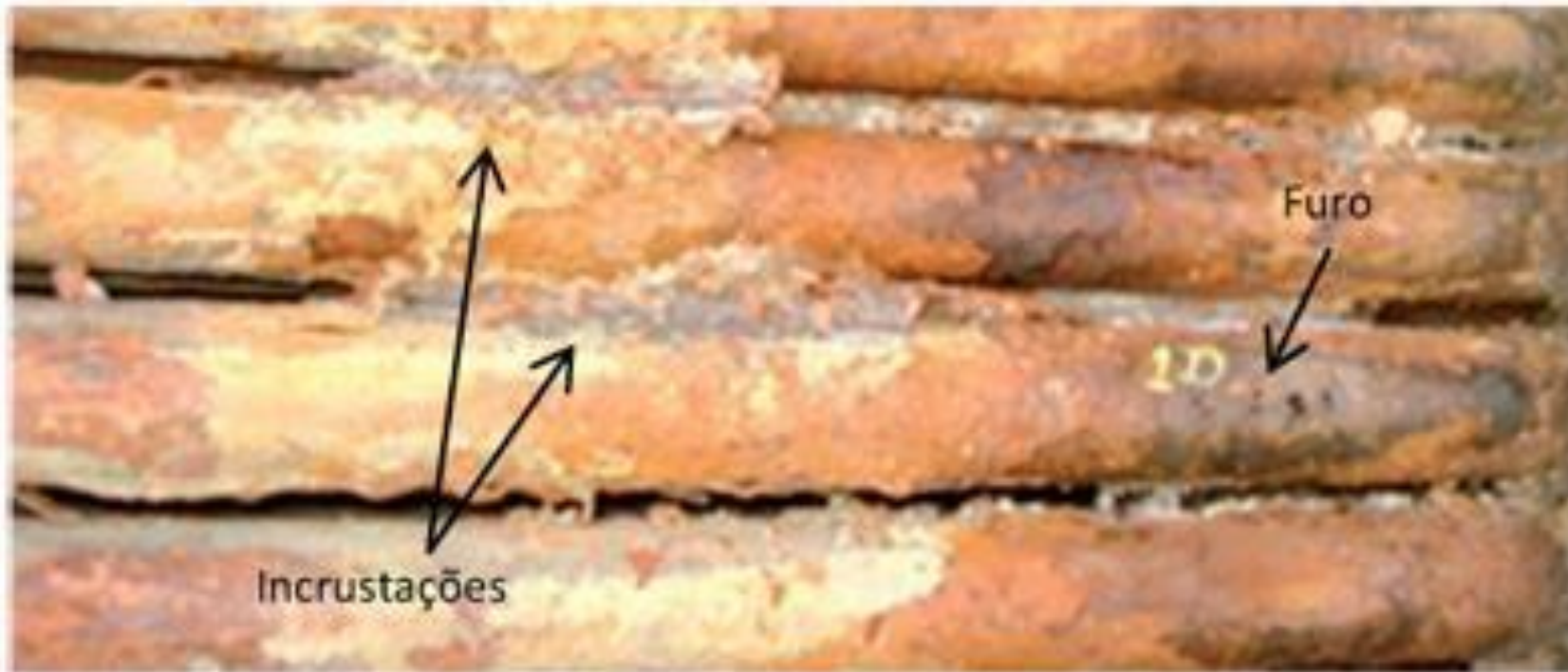


Figura 1. Tubos do aquecedor tubular UTLB Banco D. [7]

O mesmo vai acontecer com o feixe de tubos, que pelas suas características tem seu reparo dificultado e caro.



O mesmo vai ocorrer quando a corrosão dar-se na parte externa dos tubos. Em qualquer uma dessas situações o reparo será oneroso.



Qualquer tubo que esteja submetido a condução de água ou gases sem tratamento adequado acarretará essas consequências.



Exemplo antes e depois de um feixe tubular submetido a corrosão.



Se existir manutenção preventiva efetiva (e evidenciada) será possível prevenir e evitar esses dados ao conjunto.

## **Tiragem de fumaça**

Para que haja combustão, é necessário que se tenha um fluxo contínuo de ar na fornalha e uma contínua saída de gases.

### **Tiragem natural**

Produzida pela diferença de densidade entre os gases quentes e o ar frio.



## **Tiragem mecânica forçada**

Consiste em um ventilador localizado à montante da caldeira, insuflando o ar de combustão para a fornalha.

## **Tiragem mecânica induzida**

Consiste em um exaustor localizado a jusante da caldeira, na base da chaminé, para retirada dos gases de combustão.

## **Tiragem mecânica balanceada**

É uma combinação da forçada com a induzida. Consiste em dois ventiladores, um a montante e outro a jusante da caldeira para forçar a saída da fuligem oriunda da queima.

## **Chaminés**

Devem ser projetadas em função da quantidade e da velocidade dos gases de combustão, da temperatura na base e no topo e da pressão atmosférica local.

## **Ventiladores e exaustores**

São equipamentos destinados a promover a movimentação de ar.

Os tipos mais comuns de ventiladores e exaustores são os centrífugos e os axiais.



Exaustor de Tiragem Induzida  
para caldeira de Bagaço de  
Cana-Potência: .HP



Exaustor de Transporte  
Pneumático de Caldeira de  
madeira. Distância de HP.



Exaustor de Tiragem Induzida para caldeira de queima de Madeira: Potência 500.HP



Exaustor sistema de Despoiramento de alumina. Potência 350.HP

# Operação de Caldeiras

## Partida da caldeira

Atividades que precede o acionamento da caldeira.

- Inspeção;
  - Componentes mecânicos; Internos do tubulão; Tubos; Bombas e ventiladores e Drenos.
- Teste pneumático;
- Teste hidrostático;
- Secagem do refratário;
- Teste das válvulas de segurança.

## Inspeção:

- Controladores de circulação dos gases;
  - Soldas;
  - Alarmes;
- Instrumentos e controles.



## **Teste pneumático**

Visa detectar vazamentos na parte de gases da caldeira.

## **Teste hidrostático**

Este teste é realizado com o objetivo de detectar vazamentos na parte de água da caldeira.



## **Secagem do refratário**

Quando se tratar de caldeira nova ou que tenha sido submetida a reparos na fornalha, antes de colocá-la em operação normal, é necessário fazer a secagem dos tijolos refratários e isolantes.

## **Teste das válvulas de segurança**

O teste das válvulas de segurança deve ser realizado antes de colocar a caldeira em linha para ter certeza que as mesmas abram sob pressões determinadas

## Cuidados na partida

- . Utilizar combustível de baixo teor de enxofre;
- . Manter a temperatura dos gases de combustão acima do ponto de orvalho;
- . Garantir fluxo nos superaquecedores;
- . Promover aquecimento lento e uniforme;
- . Seguir o gradiente de pressurização estabelecido.

## **Colocação da caldeira em linha**

- . Drenagem e aquecimento dos coletores de saída;
- . Acendimento dos queimadores;
- . Abertura da válvula de saída da caldeira;
- . Fechamento da válvula de partida do superaquecedor;

# Parada da caldeira

## Procedimentos:

- 
- . Ramonagem;
- . Redução da carga;
- . Limpeza dos queimadores;
- . Abafamento;
- . Despressurização;
- . Esvaziamento.



## **Ramonagem**

Antes da parada da caldeira, deve ser feita uma ramonagem completa para eliminar os depósitos de fuligem.

## **Redução da carga**

A carga da caldeira que vai parar deve ser gradativamente reduzida até atingir-se a pressão de combustível mínima no maçarico, quando então será apagada

## **Limpeza dos queimadores**

- Lavagem com combustíveis mais leves;
- Lavagem com vapor.

## **Abafamento**

Logo que o combustível tenha sido cortado, a caldeira deverá ser abafada de forma a permitir um resfriamento tão lento e uniforme quanto possível.

## **Despressurização**

Quando a pressão cair a  $2\text{kgf/cm}^2$ , as saídas do tubulão deverão ser abertas para evitar a formação de vácuo dentro da caldeira devido a condensação total do vapor.

## **Esvaziamento**

Para proteção das partes metálicas, a caldeira só deve ser esvaziada quando a temperatura da fornalha estiver próxima da temperatura ambiente.

## **Temperatura do vapor**

- ◆ Excesso de ar;
- Temperatura da água de alimentação;
- Tipo de combustível;
- Posição dos maçaricos;
- Fuligem na superfície do superaquecedor.

## **Controle de temperatura**

- Controle da emissão dos gases;
- Controle da emissão do vapor.



# Regulagem e Controle

## Pressão na fornalha

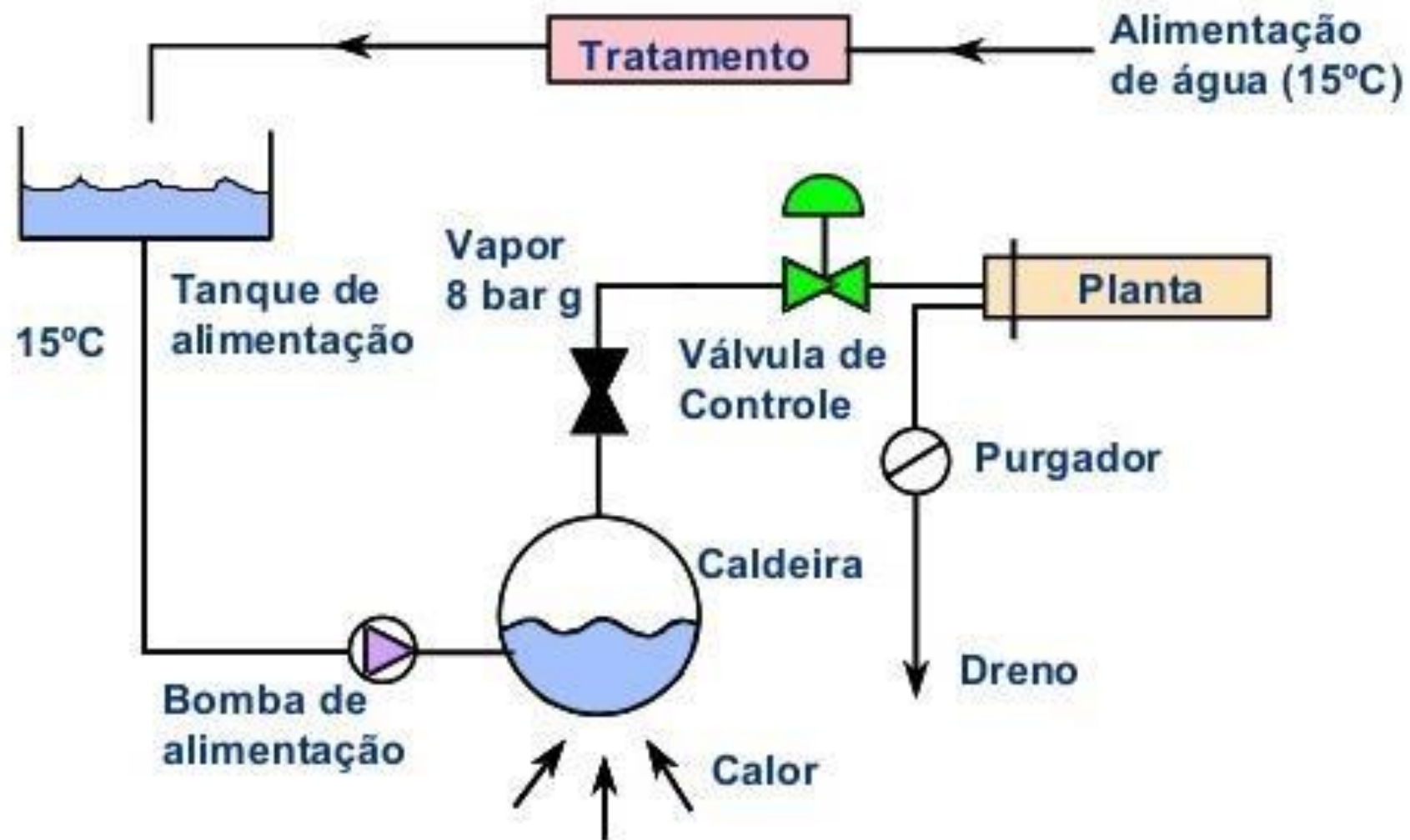
- Funcionamento sob carga constante;
- Funcionamento em carga fixa;
- Funcionamento sob carga variável.



# TREINAMENTO DE SEGURANÇA EM CALDEIRAS

MÉTODOS EXTERNOS E INTERNOS DE  
TRATAMENTO DE ÁGUA

## Sistema de Vapor Simples – Sem retorno de condensado



# OBJETIVO

- Identificar os principais métodos de tratamento da água

## **ROTEIRO**

- Método Externo
- Método Interno

## Método Externo

- Clarificação
- Abrandamento
- Desmineralização
- Desgaseificação
- Remoção de Sílica

## Clarificação

- Processo aplicado em águas superficiais para remoção de sólidos em suspensão, sólidos finos que se apresentam como turbidez e cor e outros materiais coloidais.
- **O processo envolve:**
  - Neutralização
  - Coagulação
  - Floculação
  - Sedimentação

## Clarificação: Neutralização

- A presença de cargas elétricas aumenta a repulsão entre as partículas, dificultando a aglomeração e formação de agregados maiores e de mais fácil sedimentação.
- O fenômeno de neutralização consiste exatamente na eliminação dessas cargas eletrostáticas superficiais.

## Clarificação: Coagulação

- Promove a aglutinação das partículas neutralizadas
  - Sulfato de Alumínio
  - Policloreto de Alumínio
  - Cloreto Férrico
  - Hidróxido de Cálcio
  - Polímeros

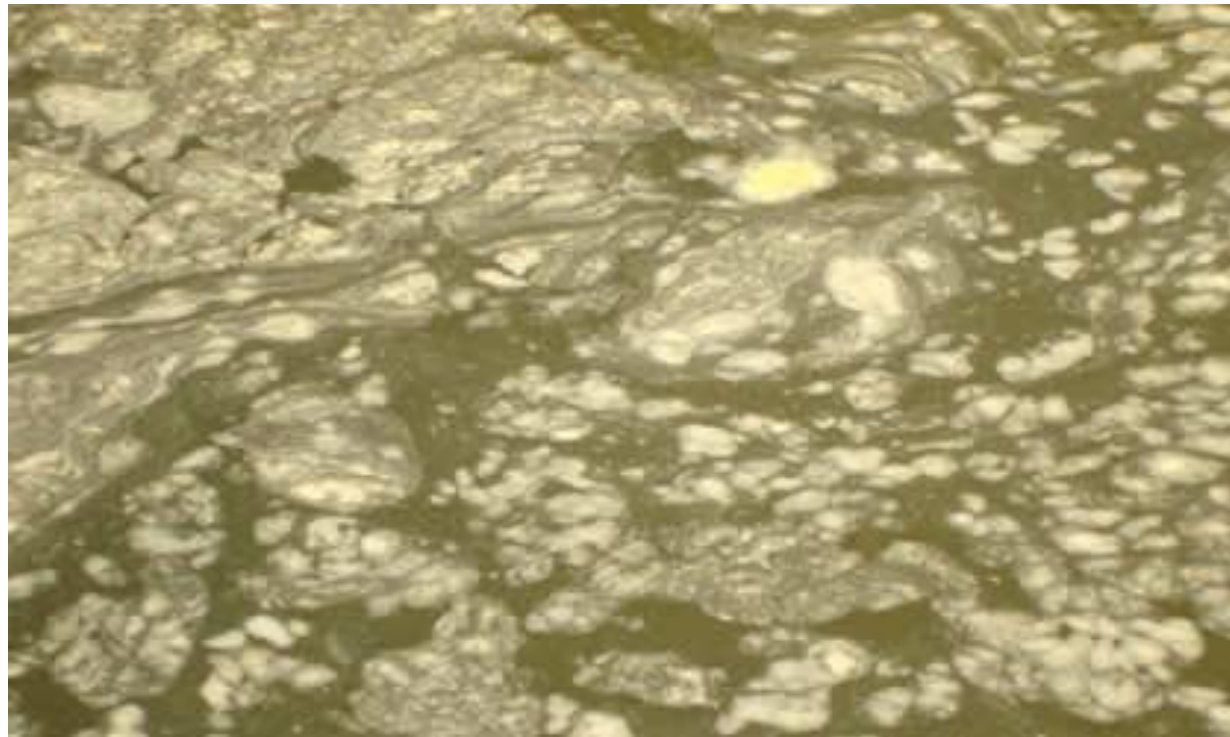


## Clarificação: Floculação

- Neste processo é adicionado a água produto químico que vai favorecer a aglutinação de materiais em suspensão na água criando flocos que sedimentaram no fundo.
- A velocidade da água deve ser suficiente para promover o contato e são inseridos polieletrólitos para auxiliar o processo.

## Clarificação: Floculação

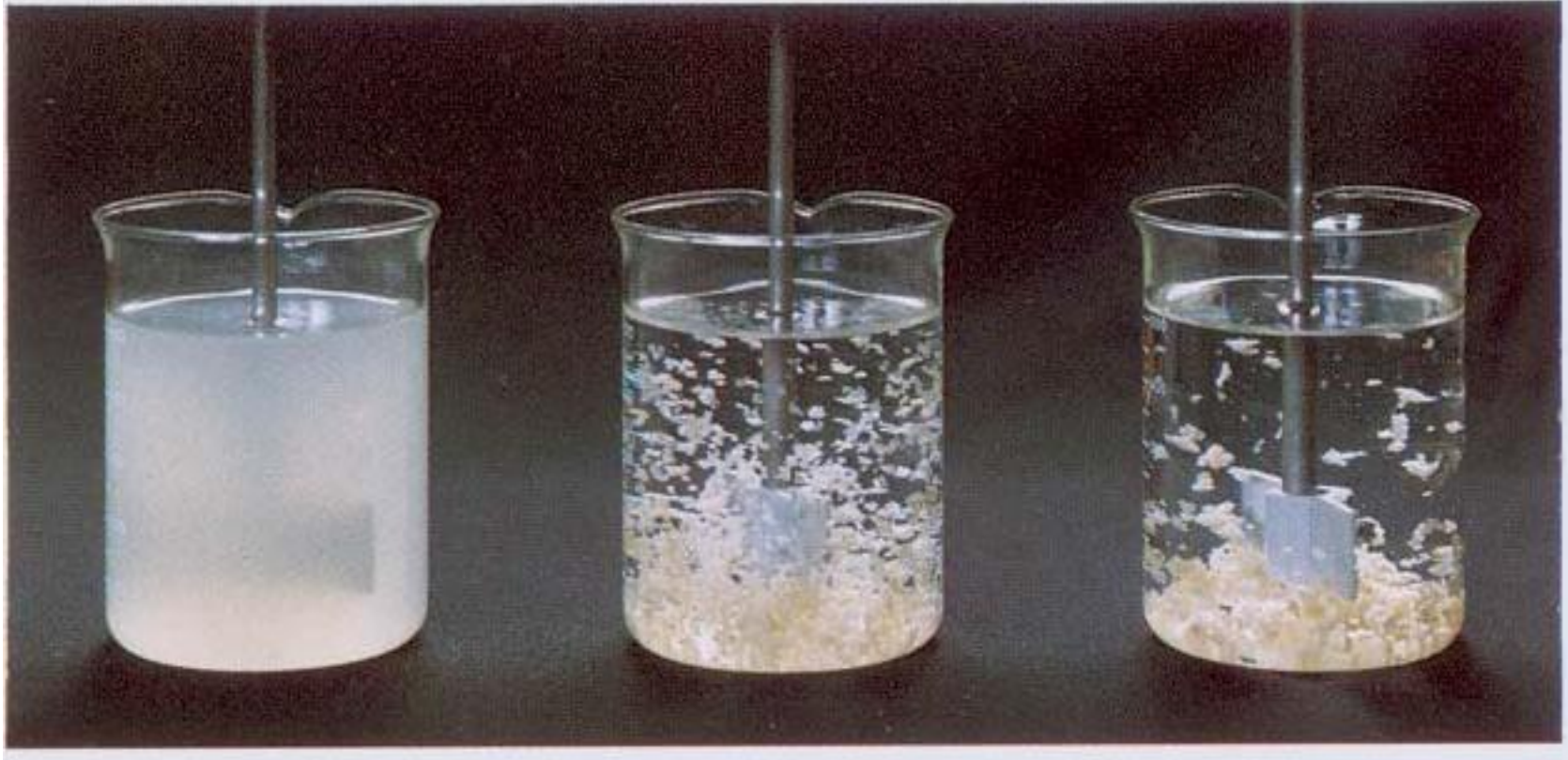
Aspecto da água após a mistura.



## Sedimentação

- Neste processo ocorre a decantação dos flocos.
- Quanto maior a velocidade de decantação menor o tempo de residência no clarificador.
- A velocidade de sedimentação depende principalmente do diâmetro da partícula e de sua densidade.

## Clarificação



Estado de turbidez da água inicial, estado do processo intermediário e finalmente a água com os flocos no fundo.

## Filtração

- É o processo de remoção de material particulado através da passagem da água por meio poroso.
- São incluídos nesta categoria, para efeito de simplificação da nomenclatura, os filtros de areia, filtros de carvão ativo, filtros de celulose, filtros de membranas por osmose reversa, entre outros.

## Abrandamento

- Consiste na remoção total ou parcial dos sais de cálcio e magnésio presentes na água; ou seja, consiste na redução de sua dureza.
- O processo de abrandamento com cal e carbonatos de sódio consiste em adicionar a cal sob forma de hidróxido de cálcio.
- Ocorrendo a eliminação do dióxido de carbono e precipitação de carbonato de cálcio.

## Abrandamento

- Abrandamento catiônico consiste em passar água por um leito de resinas, efetuando a troca de cálcio e magnésio por sódio.
- Caso a quantidade de bicarbonato de sódio formada for indesejável, deve-se fazer a dealcalinização.

## Desmineralização

- A desmineralização consiste na remoção de todos os íons presentes na água, através de resinas catiônicas e aniônicas.
- Este processo também é chamado de deionização.
- A água passa por resinas catiônicas e aniônicas em conjunto ou separadamente.
- As águas que sofrerão desmineralização devem estar isentas de cloro e matéria orgânica, para não deteriorarem as resinas aniônicas.



## Desaeração (Desgaseificação)

- Tem como objetivo a retirada de  $O_2$  e  $CO_2$  dissolvidos na água.
- Para tanto, usa-se desaeradores, equipamentos que minimizarão a quantidade destes gases na água, porém não os eliminarão totalmente.

# Desaeração



## Remoção de Sílica

- Como já foi abordado, a sílica produz uma incrustação muito dura e muito perigosa. Os tratamentos normalmente empregados no interior da caldeira não eliminam a sílica.
- Os métodos mais usados para a remoção da sílica são a troca iônica e o tratamento com óxidos de magnésio calcinado.

## Métodos Internos

- Eliminação da dureza
- Controle do pH e da sua alcalinidade
- Eliminação do oxigênio dissolvido
- Controle dos cloretos
- Teor total de sólidos.

## Eliminação da dureza

- Precipitação com fosfatos
  - reagem com os sais de cálcio e de magnésio formando um produto insolúvel que não adere às partes metálicas da caldeira.
  - O precipitado forma um lodo que se acumula no fundo da caldeira, sendo eliminado regularmente por meio de purgas.

## Eliminação da dureza

- Tratamento com quelatos
  - Nesse tratamento não há precipitação do cálcio, nem do magnésio. Forma, porém, produtos solúveis não em forma de lama.
  - Os quelantes mais utilizados são o EDTA (ácido etilenodiaminotetracético) e o NTA (nitrilotriacetato de sódio).

## Controle do pH e alcalinidade)

- Os produtos empregados no controle do pH e da alcalinidade são a soda (carbonato de sódio) a 50% e a soda (hidróxido de sódio) em lentilhas.
- Via de regra não é necessário a adição de ácidos para o controle do pH e da alcalinidade por que as águas de alimentação são geralmente bastante ácidas.

## Eliminação de O<sub>2</sub>

- Desaeração química
- A eliminação é feita pela reação entre certos agentes redutores e o O<sub>2</sub>.
- Os dois produtos mais usados são o sulfito de sódio e a hidrazina (sequestrante).



## Controle do teor de cloretos e sólidos totais

- Quando a concentração de cloretos se torna muito alta, podem aparecer problemas de corrosão.
- Quando o teor de sólidos totais (soma de todos os sólidos dissolvidos na água) é alto, podem aparecer problemas de arraste.
- A forma de controlar esses teores é através de purgas sempre que se fizer necessário.

## Monitoramento da Qualidade da Água

- Deve ser estabelecido um programa de coleta e execução de análises que leve em conta principalmente a pressão de trabalho da caldeira, a produção de vapor e as exigências de qualidade do vapor.

## Monitoramento da Qualidade da Água

- Em geral, para caldeiras de baixa pressão, é recomendado uma análise química pelo menos semanal e que inclua os seguintes itens:
  - pH
  - Alcalinidade
  - Dureza
  - Fosfatos
  - Sulfitos ou hidrazina
  - Cloretos
  - Sólidos totais.

# **PREVENÇÃO CONTRA EXPLOÇÃO E OUTROS RISCOS**

# OBJETIVO

- Identificar os principais causas de explosão em uma caldeira.
- Estabelecer métodos de operar com segurança criando documentos operacionais que garantam a repetição dos procedimentos corretos e a correção de eventuais desvios operacionais.

# REFLEXÃO

Os incidentes ocorridos em caldeiras na maioria das vezes causam grandes prejuízos materiais e invariavelmente ceifam vidas. Dificilmente esses eventos trazem a sociedade apenas uma vítima, normalmente são comuns os incidentes envolvendo vários trabalhadores e é isso que devemos buscar evitar.

**LEMBRE-SE A SUA VIDA VALE MUITO!**

# ROTEIRO

- Superaquecimento
- Choques térmicos
- Defeito de mandrilagem
- Falhas em juntas soldadas
- Alterações na estrutura metalográfica
- Corrosão
- Erosão
- Cavitação
- Aumento da pressão
- Outros riscos

Antes...





Depois...



# Riscos de Explosão

- Uma caldeira possui vários riscos de acidente e a melhor maneira de evitar incidentes é mitigando todas possibilidades de falha.
  - Explosão
  - Incêndios
  - Choques elétricos
  - Intoxicações
  - Quedas

# EXPLOSÕES LADO DOS GASES

- Originadas por uma reação química (combustão)
- consequência é o aumento rápido e violento da pressão em um espaço restrito
- acontecem com frequência nas caldeiras que operam com combustíveis líquidos ou gasosos.

# Riscos de Explosão

- A explosão é o risco mais importante:
  - Presente todo o tempo
  - Violência
  - Envolve operadores e pessoas da redondeza
  - Considerada em toda a fase: projeto, fabricação, operação, manutenção, inspeção.

# Riscos de Explosão

- Três causas que podem justificar incidentes em caldeiras:
  - Queda na resistência mecânica dos materiais
  - Perda de material dos componentes
  - Aumento da pressão

# Superaquecimento da estrutura

- Redução na resistência mecânica do aço.
- Antes da explosão, pode ocorrer envergamentos, empenamentos e abaulamentos.

Nesse caso mesmo que não ocorra a explosão a caldeira estará comprometida.

# Superaquecimento

- Causas
  - Seleção inadequada do aço no projeto da caldeira
  - Uso de aços com defeitos
  - Prolongamentos excessivos dos tubos
  - Queimadores mal posicionados
  - Incrustações

# Superaquecimento

- Causas
  - Operação em marcha forçada
  - Falta de água nas regiões de transmissão de calor
    - Má circulação da água
    - Falha operacional



# CHOQUES TÉRMICOS

- Acontecem em virtude de freqüentes paradas e recolocações em marcha os queimadores.
- Queimadores com potência excessiva
- Queimadores que operam em on-off automático
- Incrustações

## **DEFEITO DE MANDRILAGEM**

- Corpos estranhos na superfície externa da extremidade dos tubos ou nas paredes dos furos no momento da mandrilagem.
- Processo de mandrilagem não for bem controlado, promovendo o aparecimento de trincas. Mesmo nessa operação se já estiver um processo de erosão avançado, o mesmo poderá carrear materiais das paredes dos tubos ocasionando furos.

## **FALHA EM JUNTAS SOLDADAS**

- Representam regiões de menor resistência do metal.
- Atualmente a maior parte dos fabricantes de caldeiras empregam processos automatizados de soldagem (arco submerso).

## ALTERAÇÃO NA ESTRUTURA METALOGRÁFICA

- Decomposição da água, com o conseqüente desprendimento de oxigênio e de hidrogênio
- $H_2$  atua sobre a cementita decompondo-a em ferrita e carbono.

# CORROSÃO

- Um dos principais responsáveis pela degradação das caldeiras.
- Pode ser a causa de explosões até mesmo em pressões inferiores à PMTA, pois dar-se-á lentamente em todo conjunto e a única forma de evitar é com um acompanhamento detalhado da operação da caldeira.

# EROSÃO

- Age na redução da espessura.
- Nas caldeiras flamotubulares pode ocorrer na alimentação da água pela bomba em que o jato de entrada contendo partículas pesadas incide sobre a parede externa da fornalha, causando seu desgaste prematuro.

# **EROSÃO**

- Nas caldeiras Aquatubulares a erosão é freqüentemente ocasionada por sopradores de fuligem desalinhados, mas pode haver outros motivos que justifiquem a corrosão do material.

# **CAVITAÇÃO**

- Contínua formação e colapso de bolhas de gases ou vapores do meio líquido sobre uma superfície

# AUMENTO DE PRESSÃO

- Dependente da ação do queimador e da bomba de alimentação de água.
- A pressão é mantida dentro de seus limites pelos seguintes sistemas:
  - Sistema de modulação de chama
  - Sistema de pressão máxima
  - Válvula de segurança
  - Sistema manual



## OUTROS RISCOS À SAÚDE

- Queimaduras na sala de caldeiras por água quente, vapor, óleo aquecido, tubulações e depósitos desprotegidos.
- Quedas de mesmo nível ou níveis diferentes, em virtude de óleo impregnado no piso ou de poças de óleo, se o local de trabalho não for convenientemente limpo.

# TREINAMENTO DE SEGURANÇA EM CALDEIRAS

MANUTENÇÃO DE CALDEIRAS

# OBJETIVO

Identificar procedimentos na realização da manutenção em caldeiras.

Estabelecer método de trabalho que transforme a operação e atividades uniformes e de aplicação periódica.

# ROTEIRO

- Secagem do refratário
- Limpeza química
- Sopragem
- Hibernação
- Prevenção e Inspeção
- Soldagem e Alívio de Tensões
- Mandrilamento
- Válvulas de Segurança
- Queimadores

# **SECAGEM DO REFRAATÁRIO**

- Objetivo: retirada da umidade
- Caldeira nova ou submetido à extensos trabalhos de manutenção na fornalha.
- Aquecimento gradual
- Tempo: quantidade de refratários, qualidade, espessura.
- Eficiência: quanto mais lento e distribuído.

# LIMPEZA QUÍMICA

- Objetivo: remoção de óleos, graxas e materiais estranhos na superfície.
- Aplicação de produtos alcalinos
- Aquecimento à pressão atmosférica e posteriormente sob pressão.
- Realizado por empresas especializadas.

# SOPRAGEM

- Objetivo: limpeza da linhas de vapor.
- Realizado normalmente em caldeiras novas ou após parada para manutenção.
- Processo: fazer passar vapor a alta velocidade na pressão de trabalho.
- Finalidade: remover todo material estranho na linha de vapor.

# HIBERNAÇÃO

- Objetivo: evitar corrosão em caldeiras inativas.
- Dois processos:
  - Pressurização da caldeira com nitrogênio.
  - Enchimento com água tratada e adição de hidrazina.
- No lado dos gases cobre-se as entradas de ar e distribuição de sílica-gel, cal virgem e lâmpadas.



# PREVENÇÃO E INSPEÇÃO

- Deve-se sempre obedecer os manuais de manutenção que prescrevem os procedimentos corretos para cada caldeira em particular.
- As inspeções devem ser regulares. A NR-13 determina os intervalos máximos para a realização de inspeções dependendo da classe da caldeira.

## **SOLDAGEM E ALÍVIO DE TENSÕES**

- No processo de soldagem, o ponto da solda acumula tensões.
- Efeitos: aumento da dureza, redução da tenacidade, tensões localizadas, risco de fissurações, redução da resistência à corrosão, risco de fratura frágil, risco de fadiga.

# **SOLDAGEM E ALÍVIO DETENSÕES**

- O alívio da tensão é realizado utilizando tratamento térmico, aquecendo o ponto soldado até uma temperatura em torno de 600°C e realizando o resfriamento controlado.

# MANDRILAMENTO

- Objetivo: fixar os tubos nos tubulões.
- Processo: expansão do diâmetro do tubo no ponto de fixação.
- Em caldeiras de alta pressão, faz-se uma solda de selagem.

# VÁLVULAS DE SEGURANÇA

- As válvulas devem ser inspecionadas e passar por regulagem anualmente.
- Da mesma forma na medida do possível deve ser estabelecida uma rotina de acionamento das mesmas buscando certificar-se de todas estão aptas a serem acionadas a qualquer tempo.

# QUEIMADORES

- Os maçaricos precisam de manutenção constante e adequada.
- Oxidação dos furos, abrasão e desgastes são avarias constantes provocadas pela limpeza inadequada dos bicos.
- Não se devem usar materiais abrasivos para limpeza, a mínima mudança no perfil dos furos provoca perdas significativas na operação do maçarico.

## **Fontes de consulta:**

NR- 6 Equipamento de proteção individual

NR-13 Operação de Caldeiras, Vaso de

Pressão e Tubulações Operação de Unidades de  
processo

# OBRIGADO!



**JB SERVIÇOS DE ASSESSORIA E CONSULTORIA EMPRESARIAL LTDA – ME. CNPJ: 25.108.808/0001-18.**

**Rio de Janeiro - Endereço: Rua Moncorvo Filho, 99, loja A – Centro, Rio de Janeiro - RJ.**

**TELEFONE: (21) 3933-1161(fixo e whatsapp) E-MAIL: [comercial@jbsegurancadotrabalho.com.br](mailto:comercial@jbsegurancadotrabalho.com.br)**

**SITE: [www.jbsegurancadotrabalho.com.br](http://www.jbsegurancadotrabalho.com.br)**

**São Paulo – Endereço: Rua Siqueira Bueno, 1321 - Loja - Metrô Belém - São Paulo-SP.**

**TELEFONE: (11) [2694-2399](tel:2694-2399) (fixo e whatsapp)**