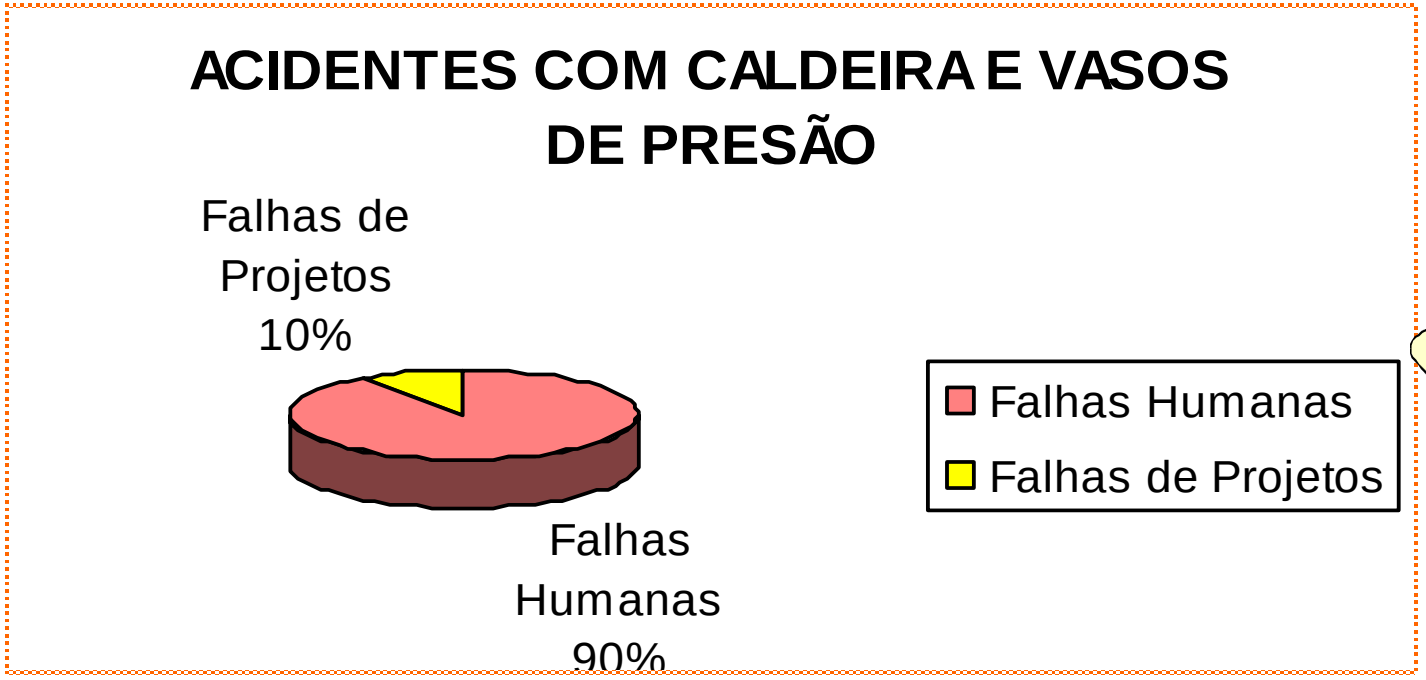
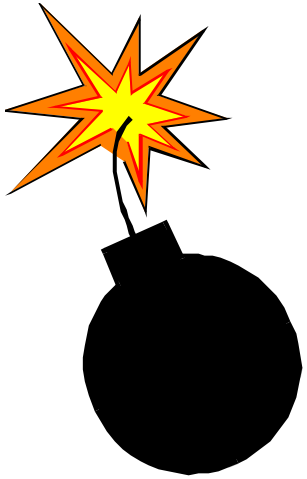
OPERADOR DE CALDEIRA

Acidentes ocorridos com Caldeiras no Brasil.

No Brasil não existe estatística do número de Caldeiras em funcionamento nem o número de acidentes ocorridos.

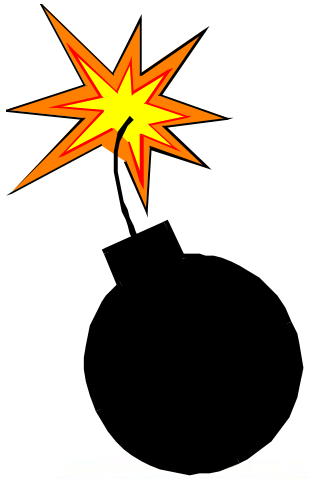
Utilizando as estatísticas norte americanas do National Board Bulletin realizadas no ano 1995





Acidentes por causa de:

- **válvulas de segurança;**
- **nível de água;**
- **falha nos limites de controle de combustão e dos queimadores;**
- **instalação e reparos inadequados, todos têm por trás o elemento humano, que durante as inspeções, manutenção e a operação não atuam corretamente.**



FONTE: Revista Proteção - Ed 48 - 1995

Normas Regulamentadoras

NORMAS REGULAMENTADORAS

NR.01 – Disposições Gerais
NR.02 – Inspeções Prévia
NR.03 – Embargo e Interdição
NR.04 – Serviços Especializados de Segurança e Medicina do Trabalho
NR.05 – Comissão Interna de Prevenção de Acidente - CIPA
NR.06 – Equipamentos de Proteção Individual - EPI
NR.07 – Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional - PCMSO
NR.08 – Edificações
NR.09 – Programa de Prevenção de Riscos Ambientais - PPRA
NR.10 – Serviços de Eletricidade
NR.11 – Transporte, Movimentação e Armazenamento de Materiais
NR.12 – Máquinas e ferramentas
NR.13 – Caldeiras e Vasos de Pressão
NR.14 – Fornos
NR.15 – Atividades e Operações Insalubres
NR.16 – Atividades e Operações Perigosas
NR.17 – Ergonomia

NR.18 – Obras de construções, Demolição e Reparos

NR.19 – Explosivos

NR.20 – Líquidos Combustíveis Inflamáveis

NR.21 – Trabalho a Céu Aberto

NR.22 – Trabalhos Subterrâneos

NR.23 – Proteção Contra Incêndio

NR.24 – Condições Sanitárias e de Conforto nos Locais de Trabalho

NR.25 – Resíduos Industriais

NR.26 – Sinalização de Segurança

NR.27 – Registros Profissionais do MTb

NR.28 – Fiscalização e Penalidades

NR.29 – Segurança e Saúde no Trabalho Portuário

NR.30 – Segurança e Saúde no Trabalho Aquaviário

NR.31 – Segurança e Saúde no Trabalho na Agricultura, Pecuária, Silvicultura, Exploração Florestal e Aqüicultura.

NR.32 – Segurança e Saúde no Trabalho em Estabelecimento de Assistência à Saúde.

NR.33 – Segurança e Saúde nos trabalhos em Espaço Confinado

NORMA REGULAMENTADORA 13

PMTA - PRESSÃO MÁXIMA DE TRABALHO ADMISSÍVEL

RISCOS GRAVE E IMINENTE

SUB ITEM 13.1.4
SUB ITEM 13.2.5
SUB ITEM 13.3.2
SUB ITEM 13.3.4
SUB ITEM 13.3.12

IDENTIFICAÇÃO

SUB ITEM 13.1.5

IDENTIFICAÇÃO

SUB ITEM 13.1.5

DOCUMENTAÇÃO

SUB ITEM 13.1.6

- PRONTUÁRIO
- REGISTRO DE SEGURANÇA
- PROGETO DE INSTALAÇÃO
- PROJETO DE ALTERAÇÃO E REPARO

REGISTRRO DE SEGURANÇA

SUB ITEM 13.1.7

CLASSIFICAÇÃO DAS CALDEIRAS **SUB ITEM 13.1.9**

CATEGORIA A (POP >19,98 kgf/cm^2)

CATEGORIA C (POP < 5,99 kgf/cm^2)

CATEGORIA B outras que não A e C

ÁREA DAS CALDEIRAS

- AMBIENTE ABERTO **SUB ITEM 13.2.3**

- AMBIENTE CONFINADO **SUB ITEM 13.2.4**

MANUAL DE OPERAÇÃO **SUB ITEM 13.3.1**

- PARADA E PARTIDA

- PARÂMETRO DE ROTINA

- SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA

- SEGURANÇA E MEIO AMBIENTE

OPERADOR DE CALDEIRAS

PRÉ-REQUISITOS	**SUB ITEM 13.3.5** **SUB ITEM 13.3.6**
• **TREINAMENTO**	**SUB ITEM 13.3.7** **SUB ITEM 13.3.8**
• **ESTÁGIO**	**SUB ITEM 13.3.9** **SUB ITEM 13.3.10**

INSPEÇÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA

- INICIAL	SUB ITEM 13.5.2
- EM OPERAÇÃO	SUB ITEM 13.5.3
- VÁLVULA DE SEGURANÇA	SUB ITEM 13.5.7 SUB ITEM 13.5.8

INSPEÇÃO EXTRAORDINÁRIA DE SEGURANÇA — SUBITEM 13.5.9

RELATÓRIO DE INSPEÇÃO — SUBITEM 13.5.11 ATÉ 13.5.14

EXERCÍCIOS

1. Cite as NRs que estão ligadas à operação de caldeiras.

2. Qual o significado de PMTA ou PMTP?

3. Cite pelo menos 4 informações que devem existir na placa de identificação das caldeiras.

4. Como as caldeiras podem ser classificadas, segundo a NR-13?

5. Quais as condições básicas para se tornar um operador de caldeira?

EXERCÍCIOS

6. Cite 3 condições mínimas que devem atender a casa de caldeiras em ambiente aberto/confinado?

7. Quantas horas de estágio deve cumprir um operador de uma caldeira de categoria A/B/C? Especifique de acordo com a caldeira de sua empresa.

8. Qual é o prazo estabelecido pela NR-13 para inspeção periódica de uma caldeira A/B/C? Especifique de acordo com a caldeira de sua empresa.

9. Cite pelo menos 3 informações que devem constar no relatório de inspeção

Operador de caldeira

Noções de grandezas físicas

ENERGIA

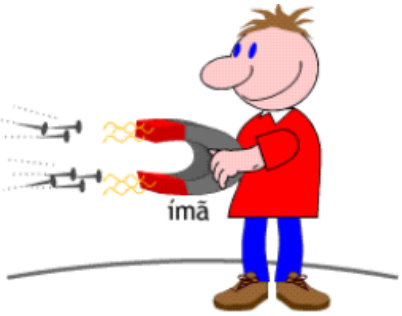
Formas de energia

a) Energia cinética

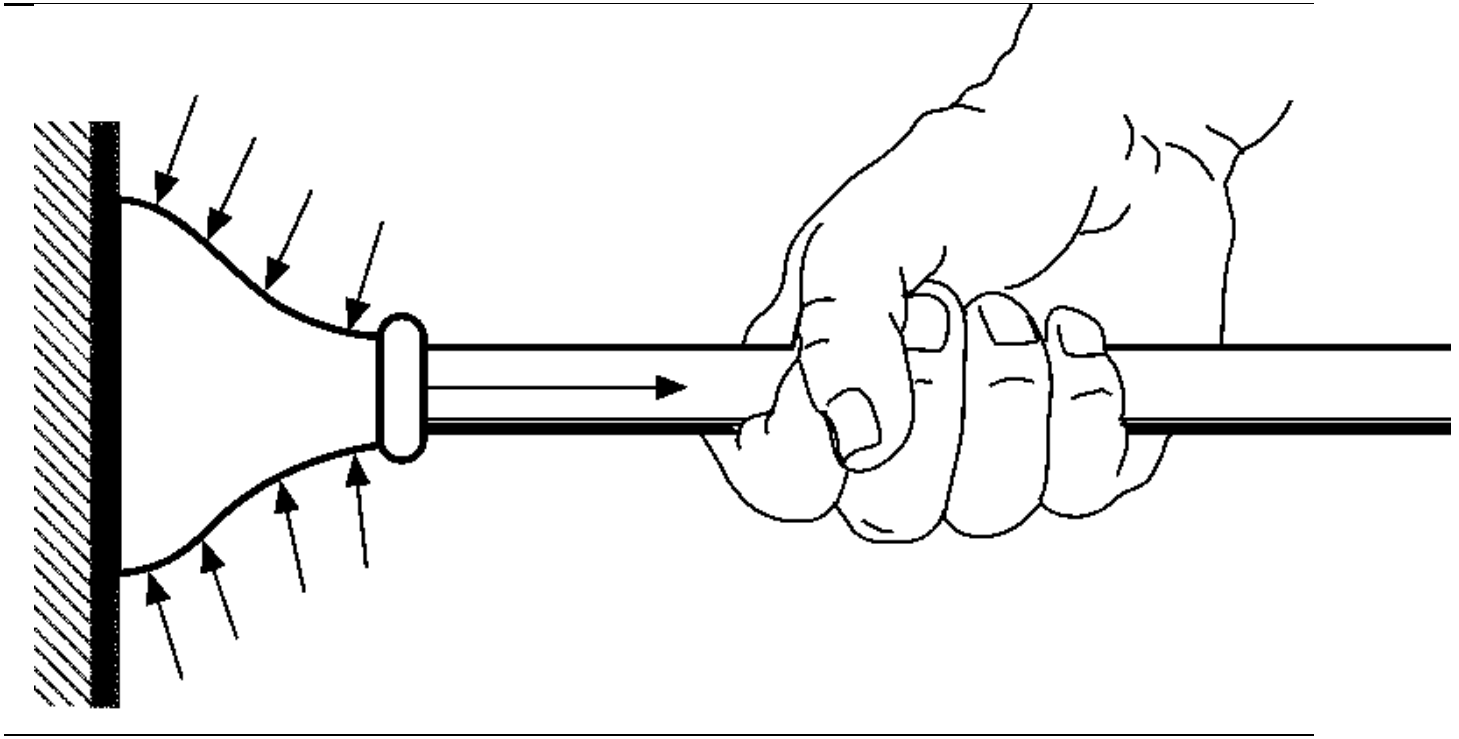
b) Energia potencial : gravitacional
química
combustível
existente nos átomos

c) Luminosa e térmica

d) Energia magnética

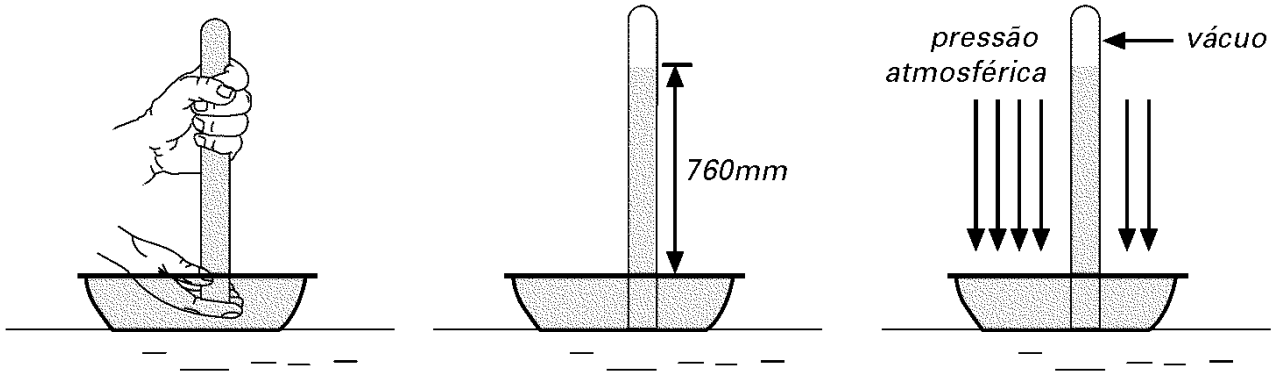


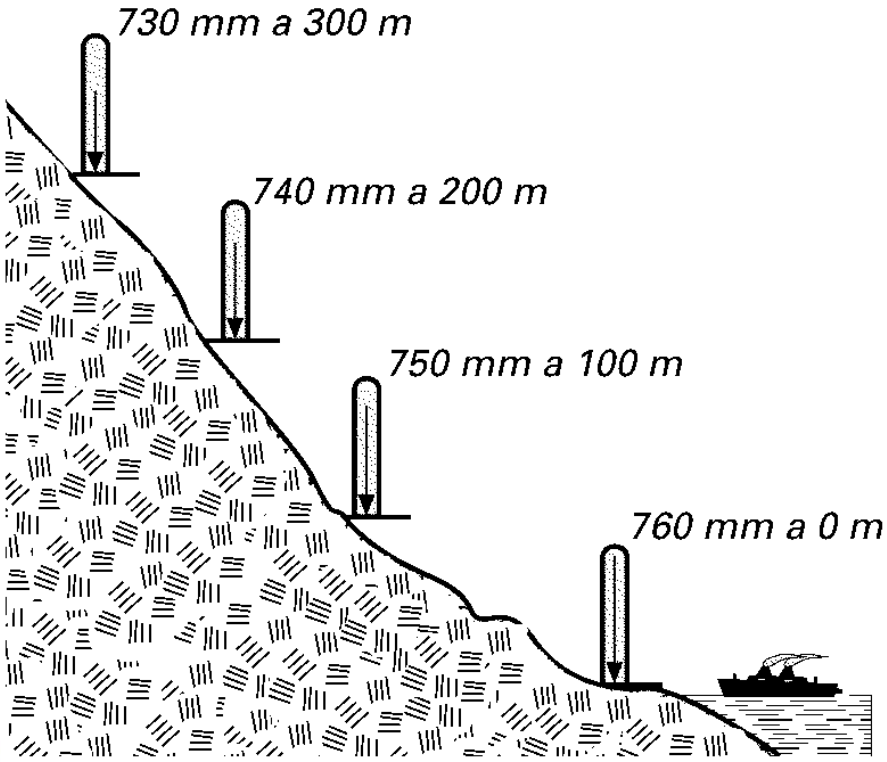
PRESSÃO



Pressão externa maior que a interna

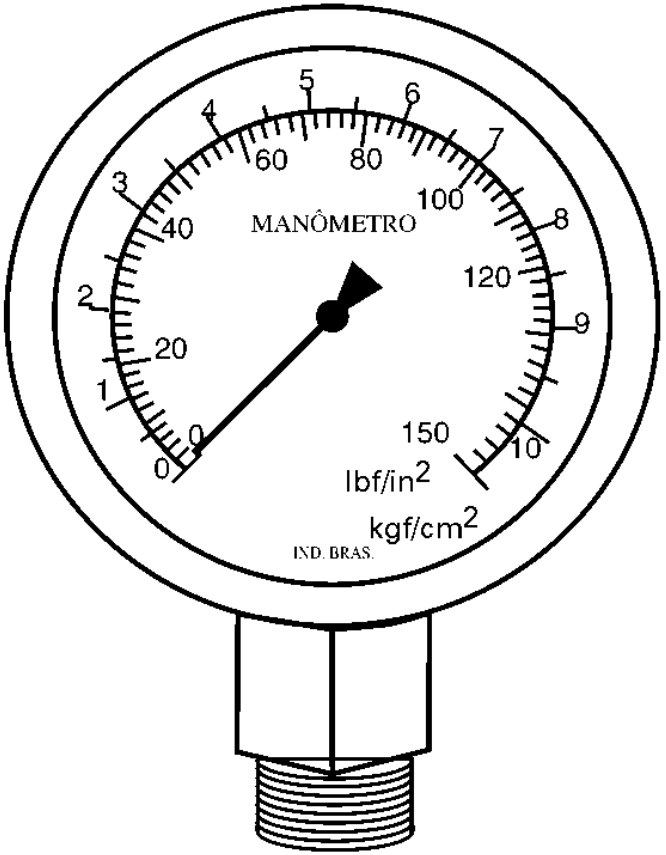
PRESSÃO ATMOSFÉRICA





MEDIDOR DE PRESSÃO

Pressão relativa ou Pressão Manométrica



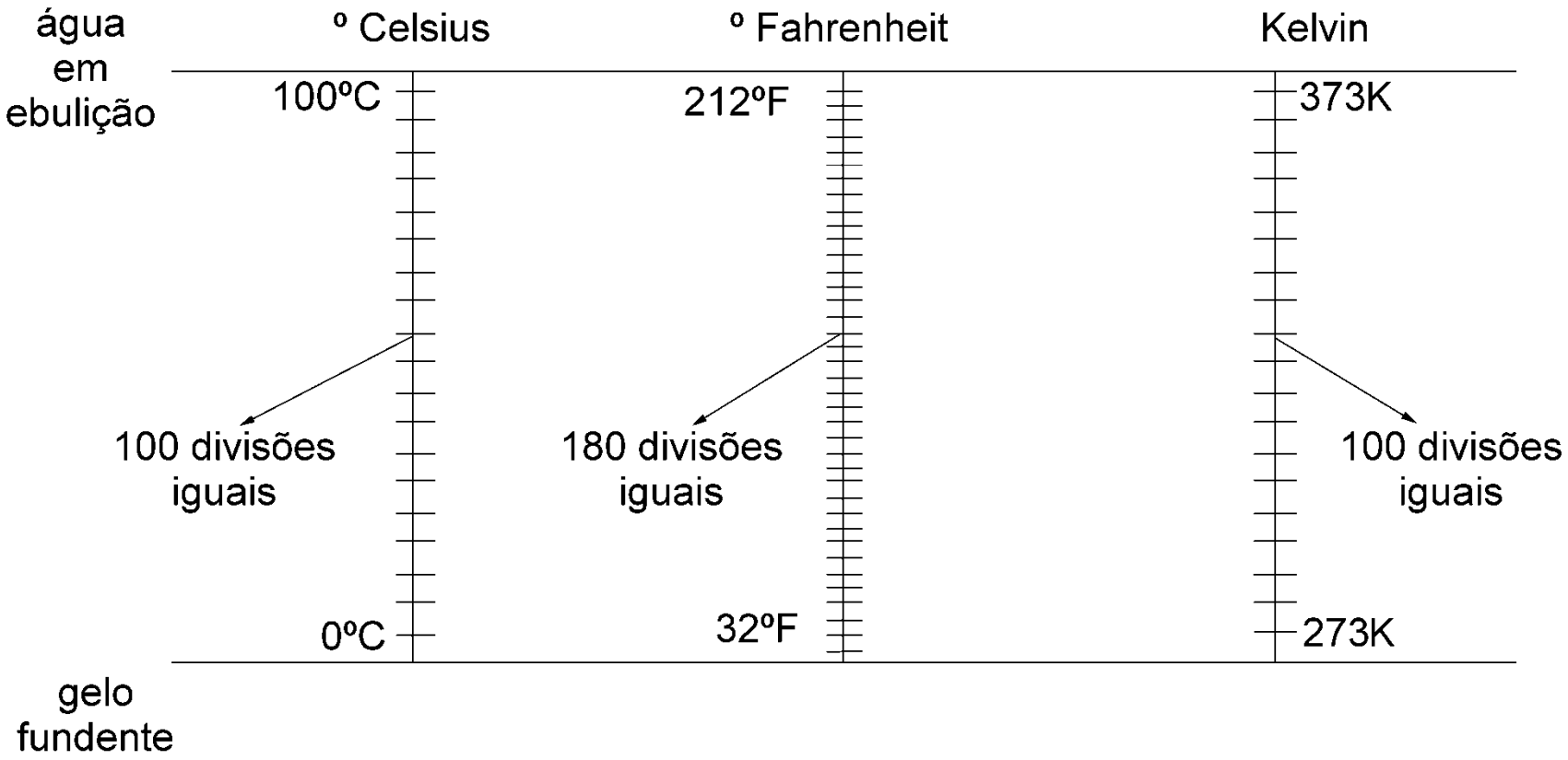
Pressão Absoluta =Pressão atmosférica +Pressão manométrica

Correspondência entre unidade de medidas

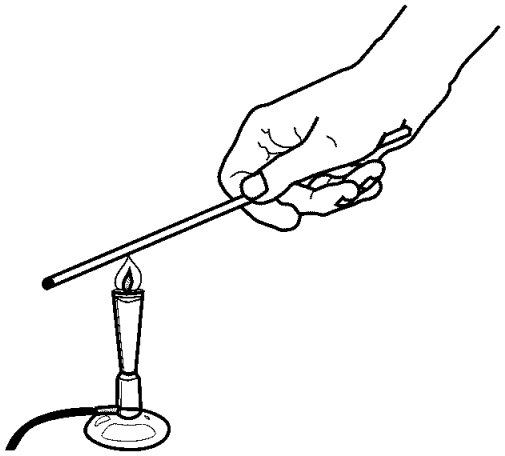
Kpa (KN/m^2)	bar	Kgf/cm^2	Psi (lbf/pol^2)	atm	mm Hg (torr)	MH_2O (mca)
100	1	1,019716	14,503	0,9869	750,062	10,19716
98,0665	0,980665	1	14,2233	0,967841	735,556	10,00
6,8947	0,068947	0,070307	1	0,068046	51,715	0,70307
101,325	1,01325	1,03323	14,6959	1	760	10,33226
133,322	1,33322	1,3595	19,368	1,31579	1000	13,59
9,80665	0,09806	0,1000	1,42233	0,09677	73,556	1
1	0,0100	0,01019	0,14503	0,009869	7,50062	0,10197

CALOR

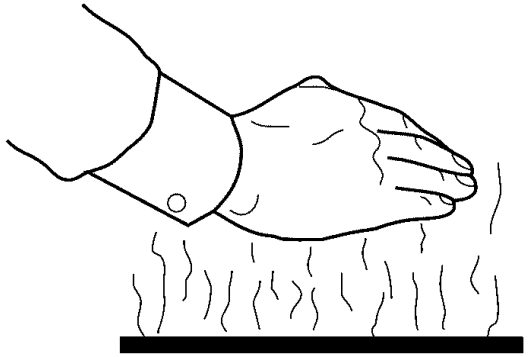
ESCALAS DE TEMPERATURAS



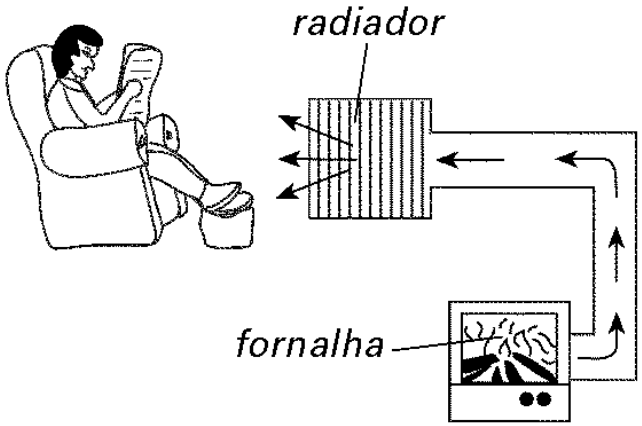
TRANSMISSÃO DE CALOR



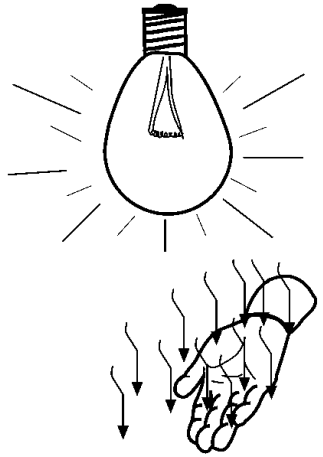
CONDUÇÃO
Meio sólido



CONVECÇÃO
Meio líquido ou gasoso



RADIAÇÃO



CALOR ESPECÍFICO

Indica a quantidade de calor que cada unidade de massa de determinada substância precisa para que sua temperatura possa variar em 1° C .

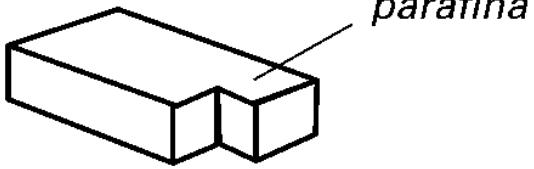
Unidade de medida: caloria por grama por ° Celsius.
O calor específico do vapor sob pressão constante é 0,421 cal/g° C.

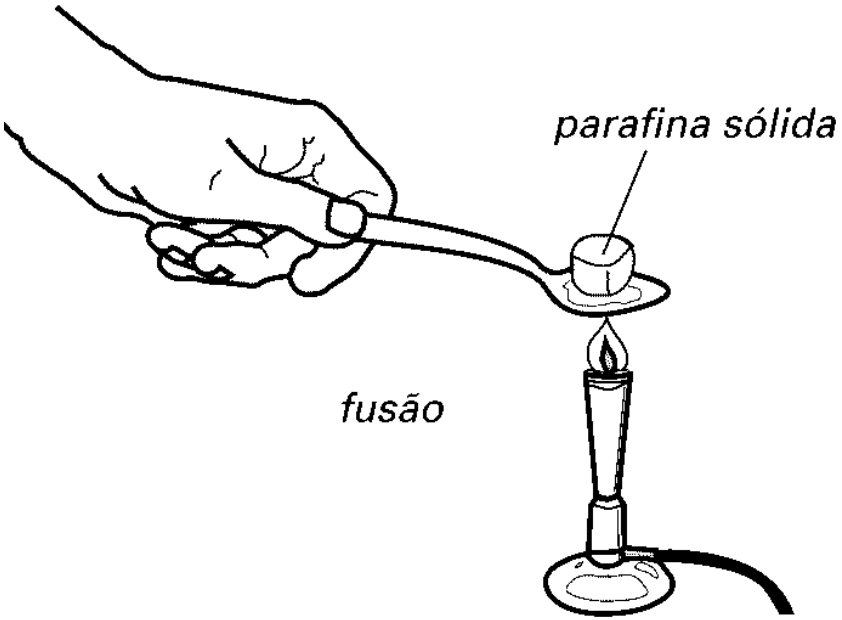
Para os gases, o calor específico varia com a pressão e o volume

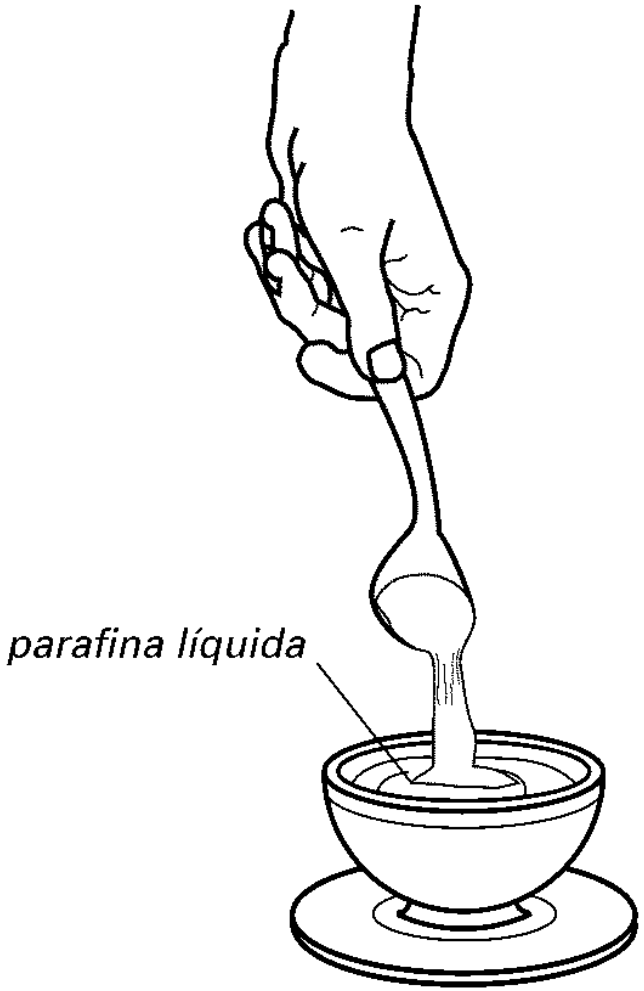
CALOR SENSÍVEL

É a denominação dada à quantidade de calor absorvida ou cedida por um corpo quando, nessa transferência, ocorre uma variação de temperatura

CALOR LATENTE







DILATAÇÃO TÉRMICA

É a expansão de um corpo provocada pelo aumento de sua temperatura. Pode ser:

- **linear, ou seja, quando o aumento é maior no sentido de uma da dimensões do corpo**
- **superficial, isto é, a expansão acontece apenas na superfície do material**
- **volumétrica, quer dizer, a variação de tamanho se dá no volume do corpo**

VAPOR SATURADO E
VAPOR SUPER AQUECIDO

Vapor saturado: é o vapor produzido quando a água entra em ebulição.

Vapor superaquecido: é todo vapor que possua uma temperatura superior a respectiva de ebulição correspondente à sua pressão.

OUTRAS VARIÁVEIS

VAZÃO

Quantidade pode ser dada em:

- **volume - vazão volumétrica, ou**
- **massa - vazão em massa.**

Vazão volumétrica

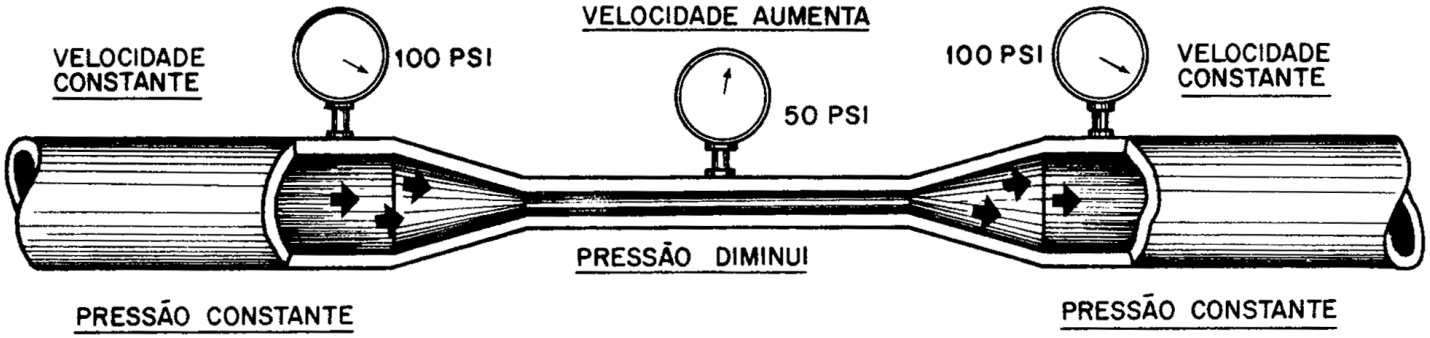
$$Q = \frac{\text{volume transferido}}{\textit{tempo}\ \text{de transferência}} = \frac{\text{V}}{\text{t}}$$

Unidade de medida de vazão volumétrica: m^3/h e l/min

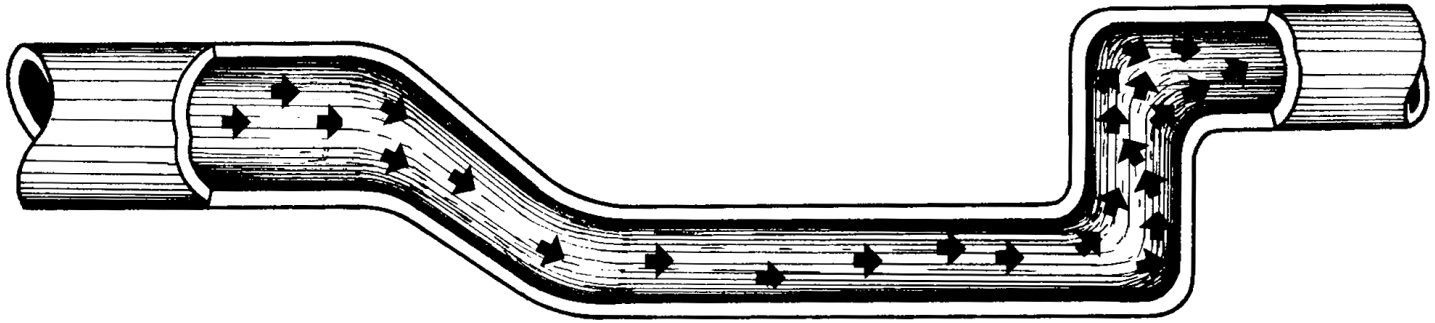
Vazão em massa

$$W = \frac{\text{massa transferida}}{\text{tempo de tranferência}} \Rightarrow \frac{\text{M}}{\text{t}}$$

ESCOAMENTO LAMINAR



ESCOAMENTO TURBULENTO



Caldeiras

Considerações Gerais

Definição

Caldeiras a vapor:

Conforme disposições gerais da norma regulamentadora NR-13, caldeiras a vapor são equipamentos destinados a produzir e acumular vapor d'água ou outro fluido sob pressão superior à atmosférica, utilizando qualquer

fonte de energia.

Principio de Funcionamento

As caldeiras a vapor têm como princípio de funcionamento, a troca de energia térmica entre a massa de uma determinada substância na fase líquida, com uma fonte de calor gerada por diferentes tipos de agentes caloríficos denominados combustíveis.

Entre os fluidos empregados na geração de vapor, a água é o mais largamente utilizado nos processos termodinâmicos devido principalmente à sua grande disponibilidade e não toxidez.

Classificação das caldeiras

As caldeiras podem ser classificadas de acordo com:

*** Classes de pressão:**

a) Categoria A: pressão de operação superior a 19,98 kgf/cm^2;
b) Categoria C: pressão de operação igual ou inferior a 5,99 kgf/cm^2 e volume interno igual ou inferior a 100 l;
c) Categoria B: caldeiras que não se enquadram nas categoria anteriores;

As caldeiras podem ser classificadas de acordo com:

*** Grau de automação: manuais, semi-automática e automática;**

*** Tipo de energia empregada: combustível (sólido, líquido e gasoso), elétricas e recuperação;**

*** Tipo de troca térmica.**

Tipos de caldeiras

As caldeiras podem ser também classificadas quanto ao uso; nível de pressão; tipo de material; dimensões; formato; posições dos tubos; fonte de aquecimento; tipo de combustível; fluido vaporizante; tipo de fornalha; princípio de funcionamento. Pode-se classificar assim:

1) Flamotubulares
2) Aquatubulares
3) Elétricas
4) Compostas

EXERCÍCIOS

1. De acordo com a passagem de gases e água, como podem se classificar as caldeiras?
2. Cite algumas utilizações do vapor.
3. De acordo com o grau de automação, como se classificam as caldeiras?
4. De acordo com as classes de pressão, como se classificam as caldeiras?

Caldeira Flamotubular

Caldeiras Flamotubulares

São caldeiras onde a os gases provenientes da combustão (fonte de aquecimento), circulam pelo interior dos tubos, e água circula no lado externo.

Podem ser verticais e horizontais.

Apresentam um grande volume de água. Esta caldeiras geram somente vapor saturado ou no máximo ligeiramente superaquecido.

FLAMOTUBULARES DE TUBOS VERTICAIS

Os tubos são colocados verticalmente num corpo cilíndrico, fechado nas extremidades por placas chamadas espelhos. A fornalha interna fica no corpo cilíndrico, logo abaixo do espelho inferior. Os gases de combustão sobem através dos tubos, aquecendo e vaporizando a aguda que se encontra externamente aos mesmos.

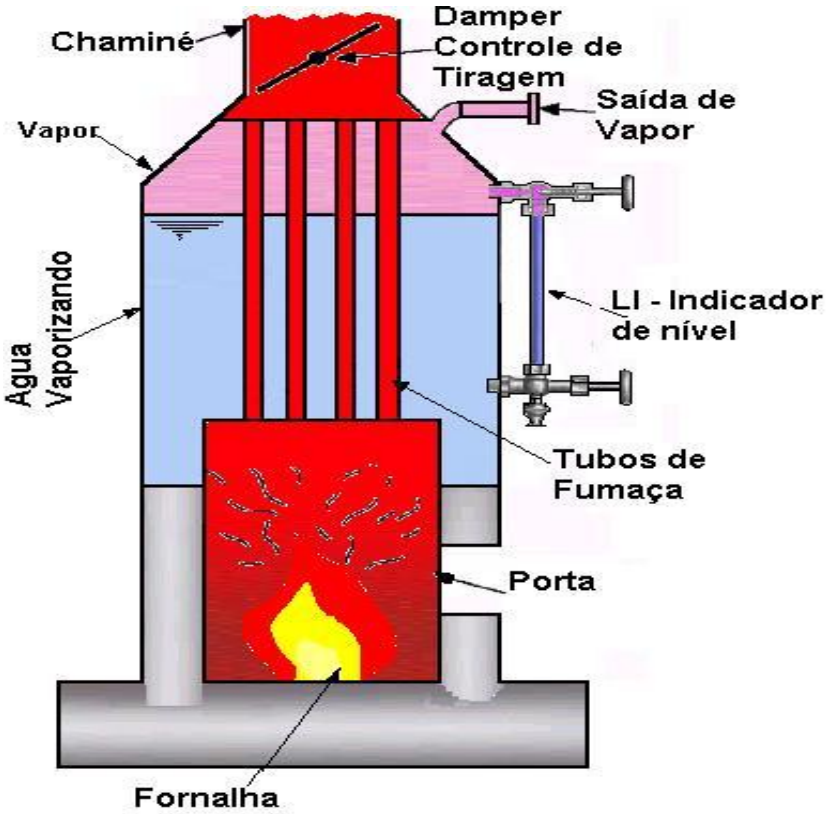


Figura 3 - Caldeira Vertical de Fornalha Interna

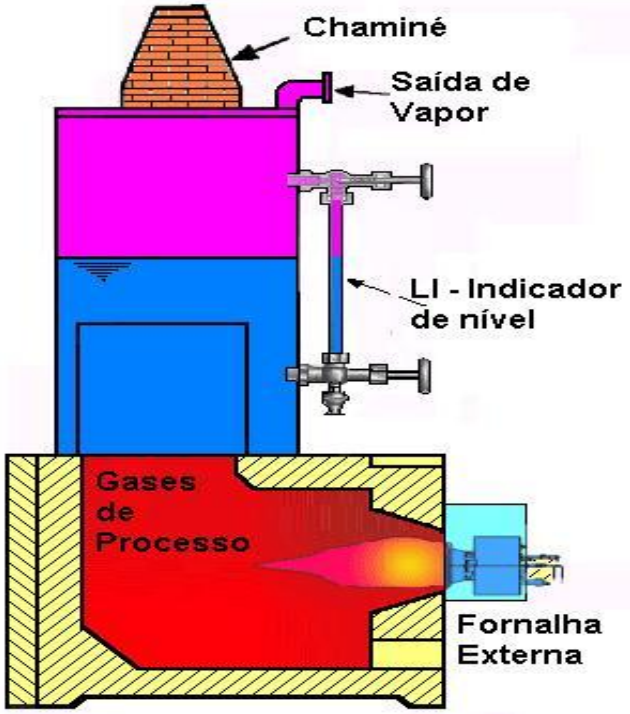


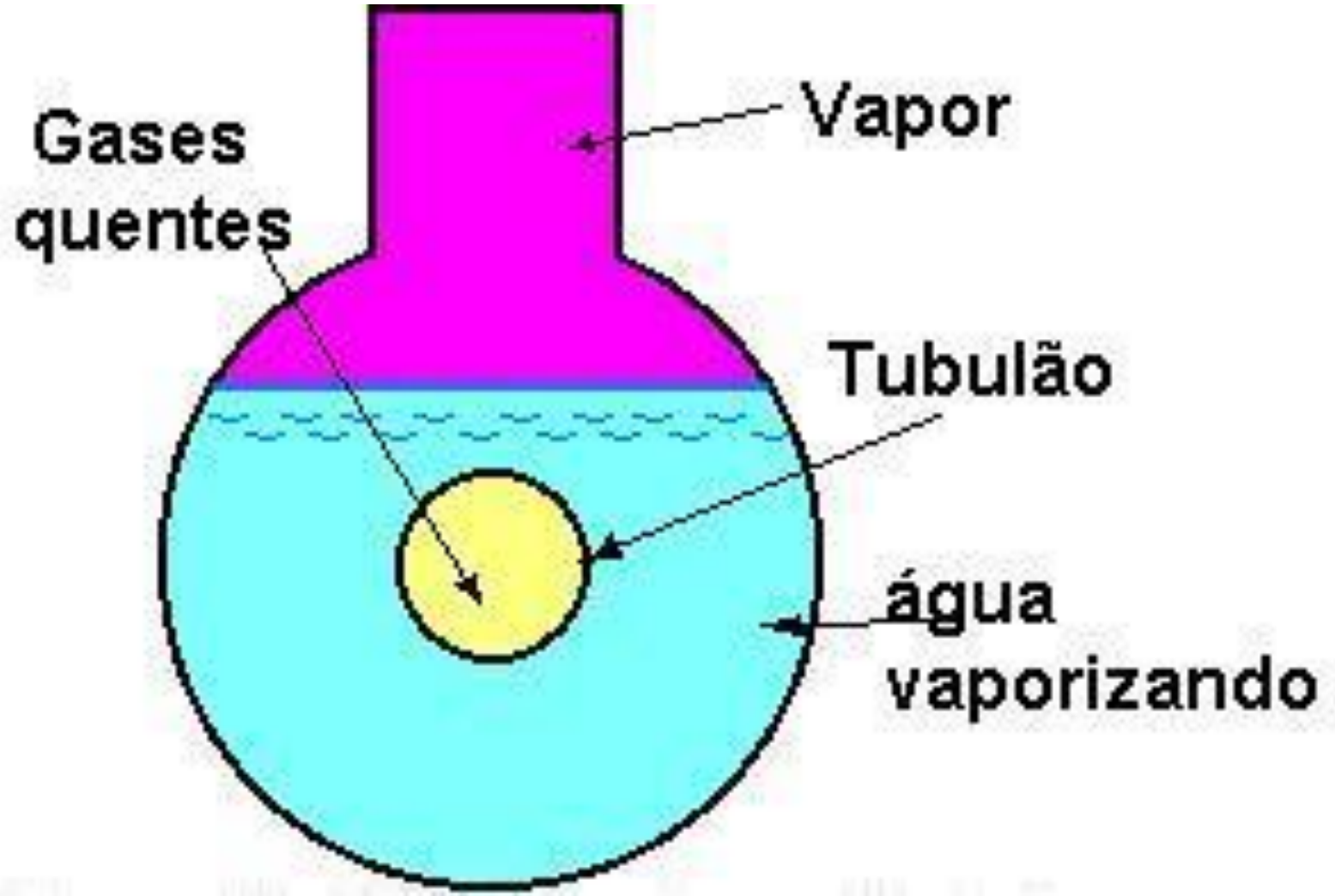
Figura 4 - Fornalha Externa

CALDEIRAS DE TUBOS HORIZONTAIS

Esse tipo de caldeira abrange várias modalidades, desde as caldeiras, Cornuália e Lancashire, de grande volume de água, até as modernas unidades compactas. As principais caldeiras horizontais apresentam tubulões internos por onde passam gases quentes. Podem ter 1 a 4 tubos de fornalha.

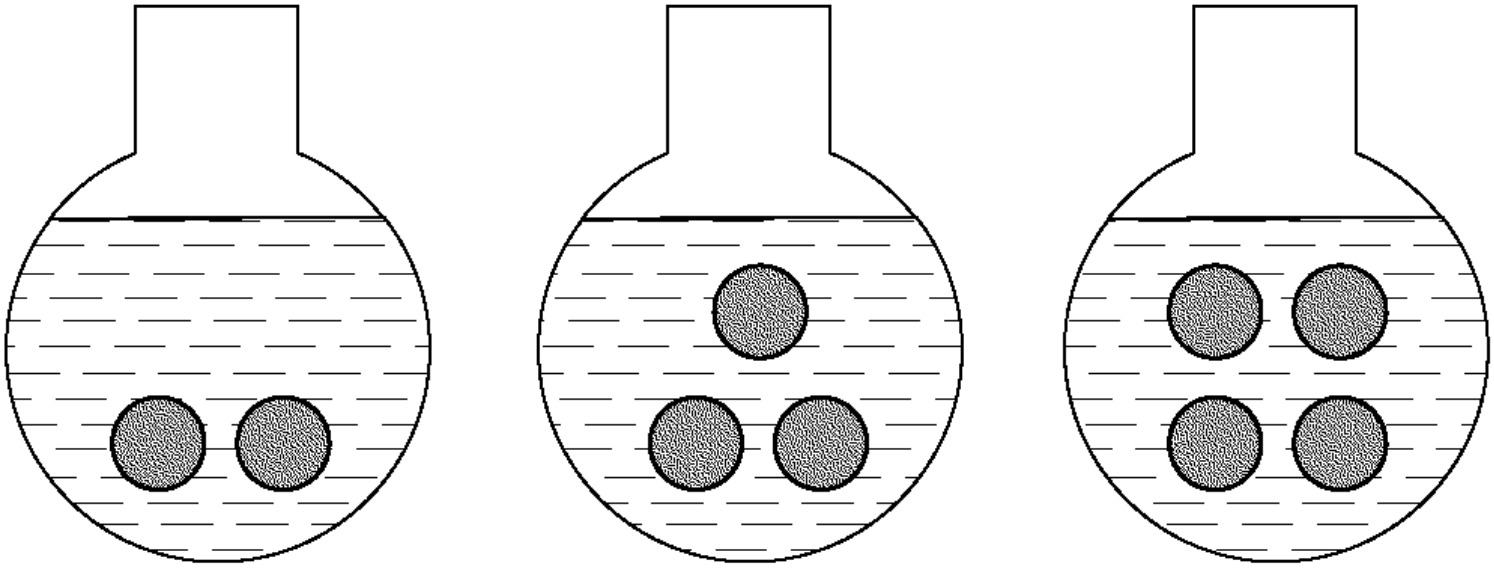
A) Caldeira Cornuália: consiste de 2 cilindros horizontais unidos por placas planas, com baixo rendimento de 12 a 14 kg de vapor/m^2 para uma superfície de aquecimento de 100 m^2.

CALDEIRA CORNUÁLIA



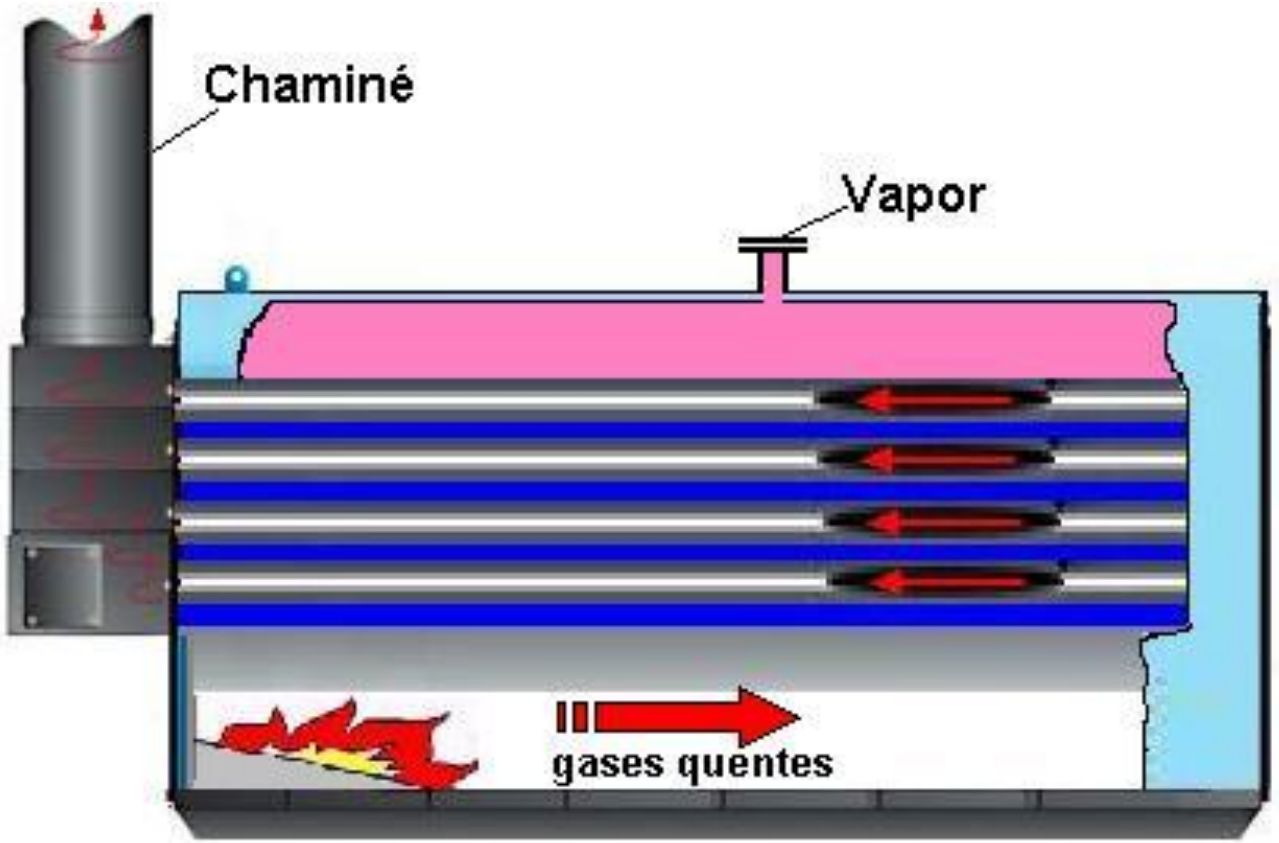
CALDEIRA LANCASTER

Construída de dois a quatro tubulões.
Área de troca térmica de 120 a 140 m^2.



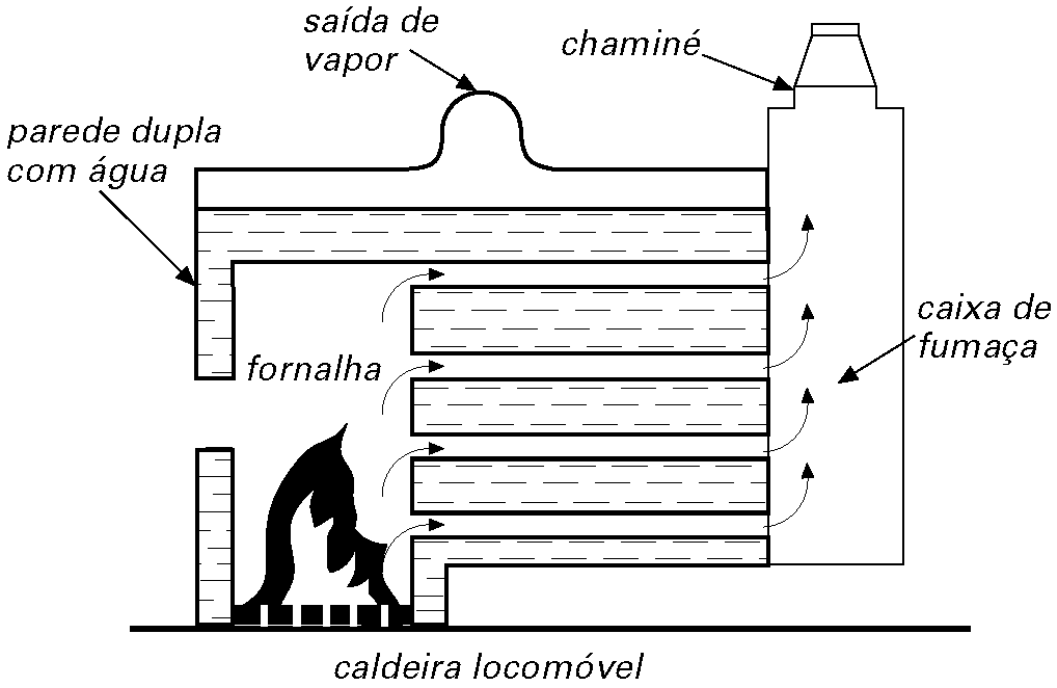
Vaporização de 15 a 18 kg de vapor/m^2.

CALDEIRA MULTITUBULAR



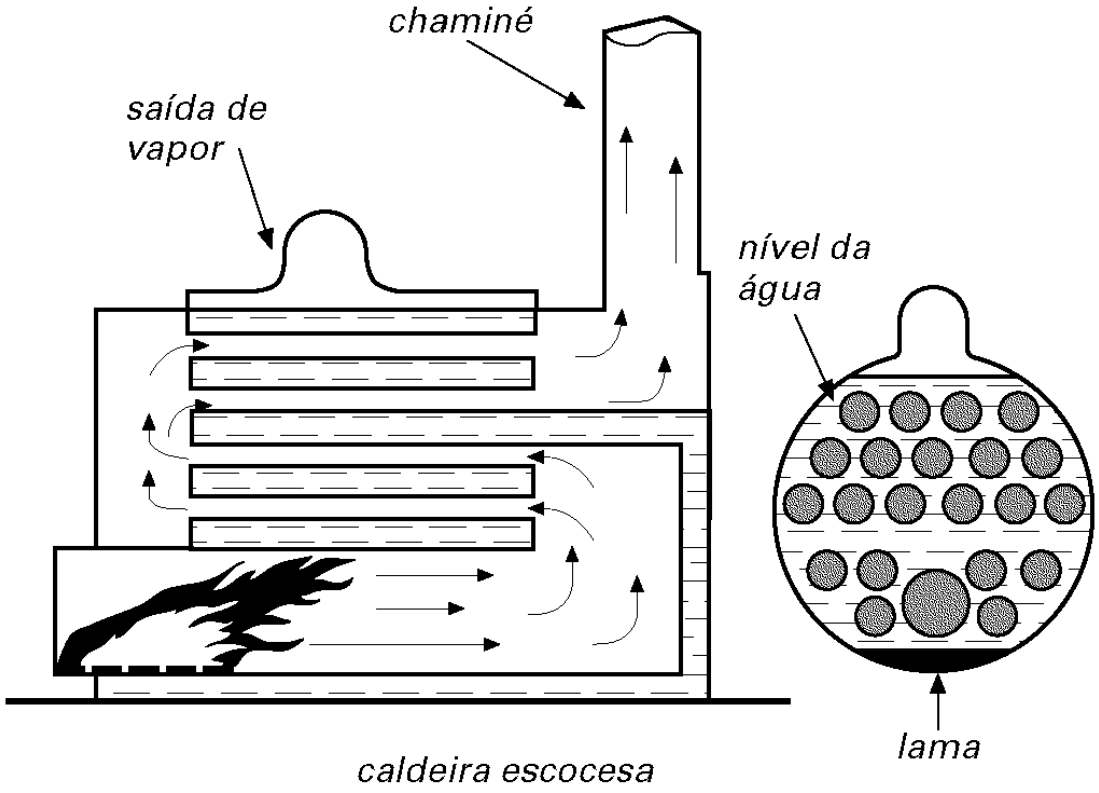
Fornalha externa - Construída em alvenaria instalada abaixo do corpo cilíndrico

CALDEIRA LOCOMOVEL



Apresenta dupla parede em chapa na fornalha.
Usada em serrarias e em campos de petróleo.

CALDEIRA ESCOCESA



Queima de óleo ou gás

Pressão máxima 18 kgf/cm²

Rendimento térmico 83%

VANTAGENS DAS CALDEIRAS FLAMOTUBULARES

- **construção fácil e custo de aquisição baixo;**
- **exigem pouca alvenaria;**
- **não exigem tratamento de água muito apurado;**
- **atendem bem a aumentos instantâneos de demanda de vapor.**

DESVANTAGENS DAS CALDEIRAS FLAMOTUBULARES

- **baixo rendimento térmico;**
- **ocupam muito espaço em relação a área do equipamento;**
- **circulação deficiente de água;**
- **partida lenta devido ao grande volume interno de água;**
- **limitação de pressão de operação (máximo 15 kgf/cm^2);**
- **baixa taxa de vaporização (kg de vapor/m^2. hora);**
- **capacidade de produção limitada;**
- **dificuldade para instalação de economizador, superaquecedor e pré-aquecedor.**

DESVANTAGENS DAS CALDEIRAS FLAMOTUBULARES

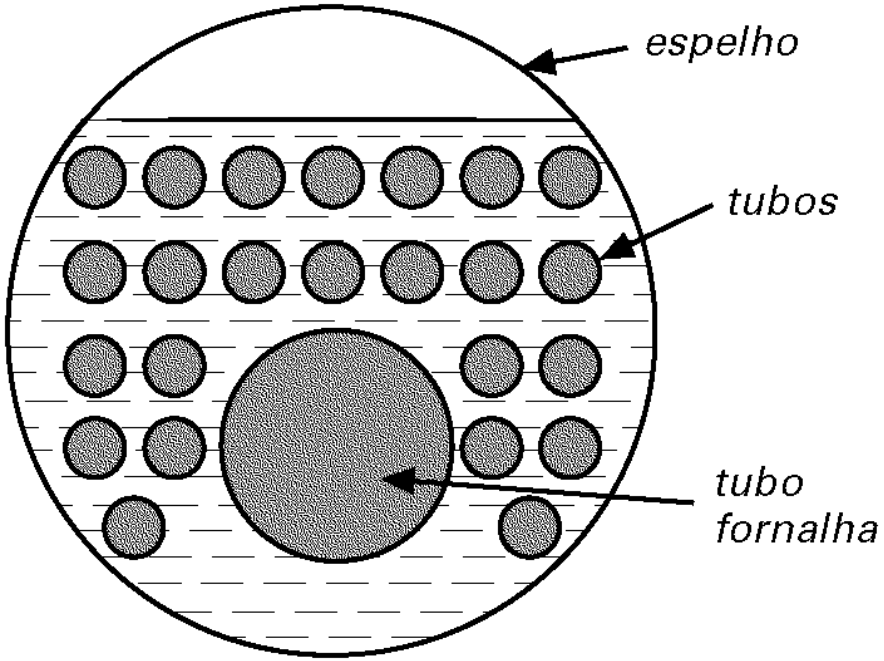
- **apresenta sérios problemas de incrustação e depósito no lado dos gases;**

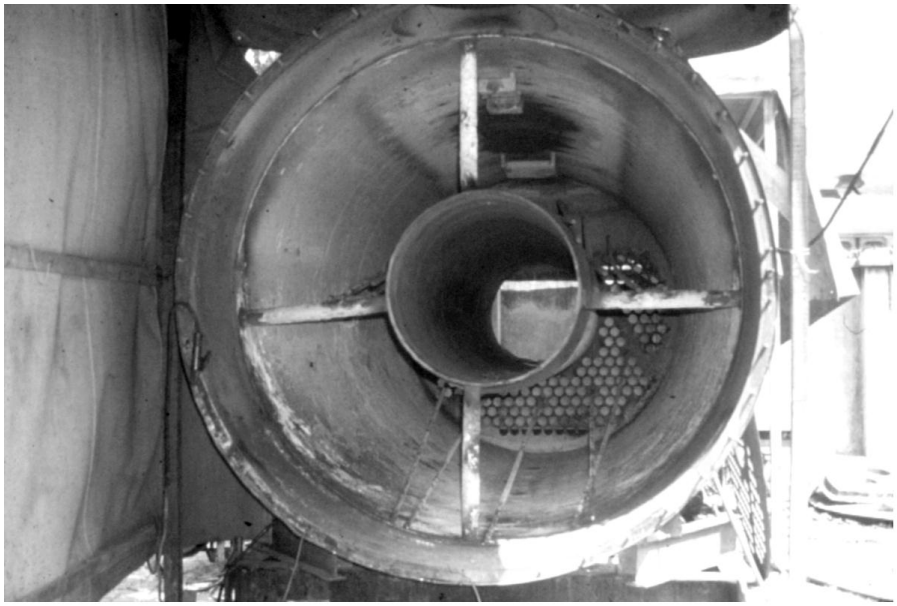
- **maior dificuldade para manutenção;**

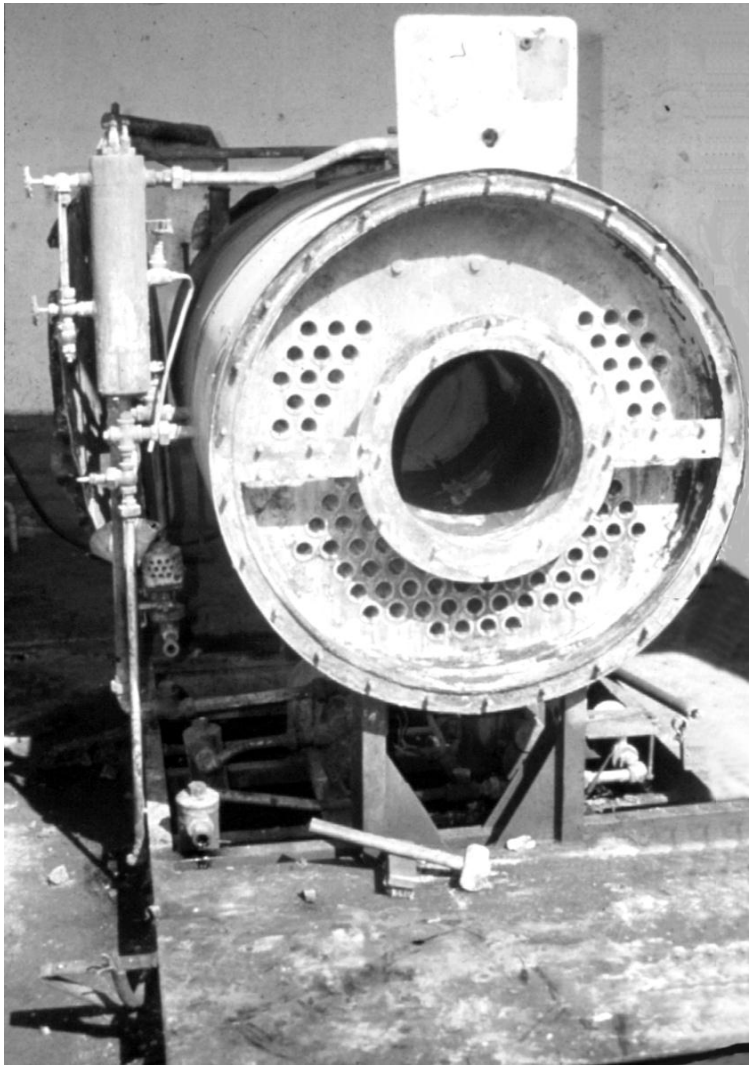
- **o fogo e os gases têm contato direto com a chaparia provocando maior desgaste.**

PARTES DAS CALDEIRAS FLAMOTUBULARES

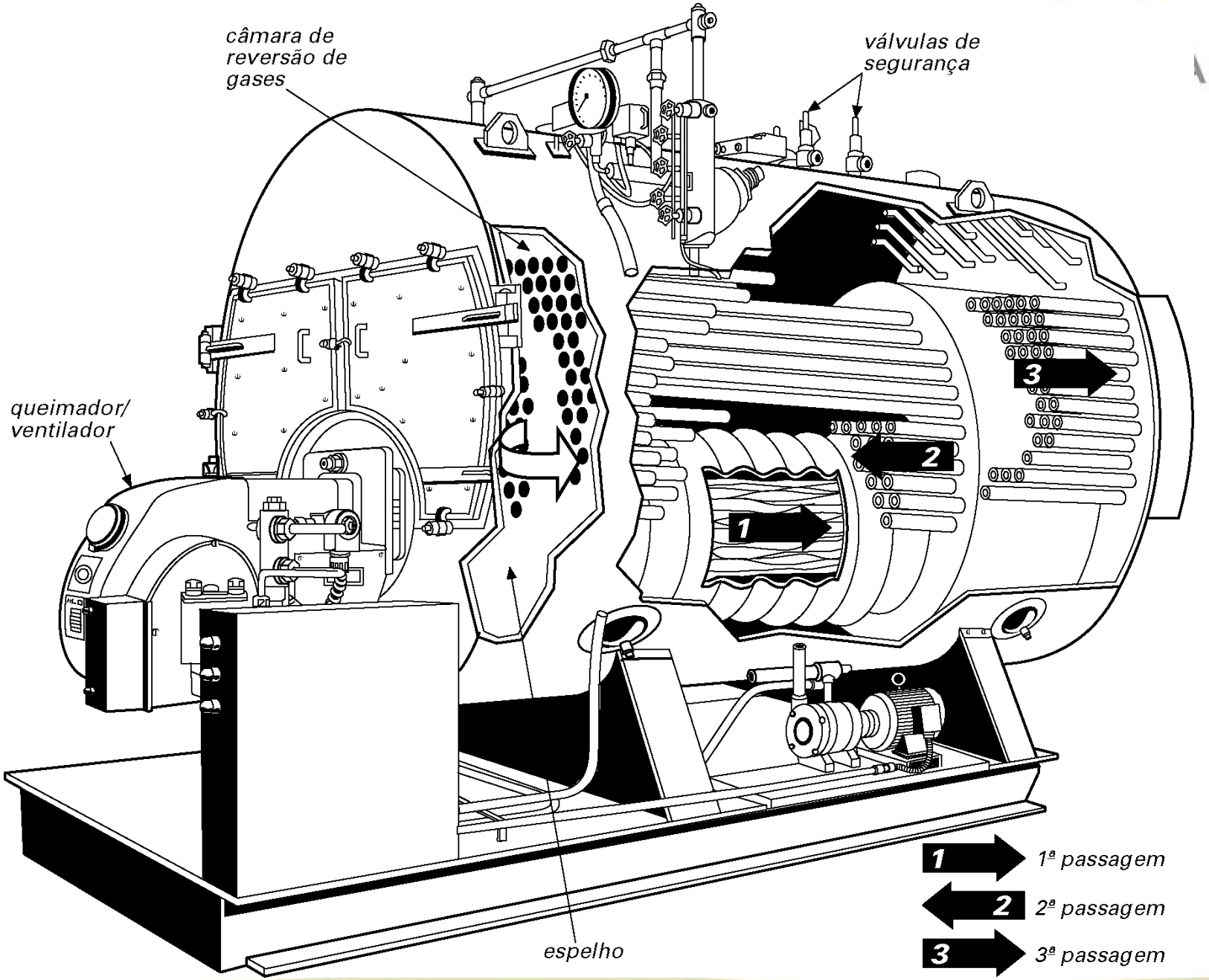
O feixe tubular, ou tubos de fogo, é composto de tubos que são responsáveis pela absorção do calor contido nos gases de exaustão usados para o aquecimento da água. Ligam o espelho frontal com o posterior, podendo ser de um, dois ou três passes.







Espelho frontal de uma caldeira mostrando os tubos de passagem do calor (tubo central da chama do Maçarico)


câmara de reversão de gases
válvulas de segurança
queimador/ ventilador
espelho
1
2
3
1ª passagem
2ª passagem
3ª passagem

EXPLOSÃO DE CALDEIRA

Foto 1 – O que restou da Casa de Caldeira

Foto 2 – Parte da fornalha arremessada por 100 metros

Foto 3 – Detalhe do exaustor e da chaminé

Foto 4 – Detalhe do que sobrou do Gerador

Foto 5 – Cilindro de 8 toneladas arremessado por 40 metros

EXERCÍCIOS

1. **Cite vantagens e desvantagens das caldeiras flamotubulares.**
2. **Por que em certas aplicações é recomendada a caldeira flamotubular?**
3. **Cite algumas características das caldeiras flamotubulares.**
4. **Cite alguns componentes das caldeiras flamotubulares.**

CALDEIRA AQUATUBULARES

TIPOS DE CALDEIRAS AQUATUBULARES

- caldeiras aquatubulares de tubo retos, com tubulão transversal ou longitudinal;
- caldeiras aquatubulares de tubo curvos, com diversos tubulões transversais ou longitudinais utilizados na geração (máximo 5);
- caldeiras aquatubulares de circulação positiva;
- caldeiras aquatubulares compactas.

CALDEIRAS AQUATUBULARES

São caldeiras onde a água circula pelo interior dos tubos enquanto o agente calorífico circula pela parte externa.

Essas caldeiras possuem: maior área de absorção de calor; maior capacidade de vaporização e rápida resposta às variações de carga. Pelas suas características e economia é hoje a mais aplicada em grandes instalações e termoelétricas.

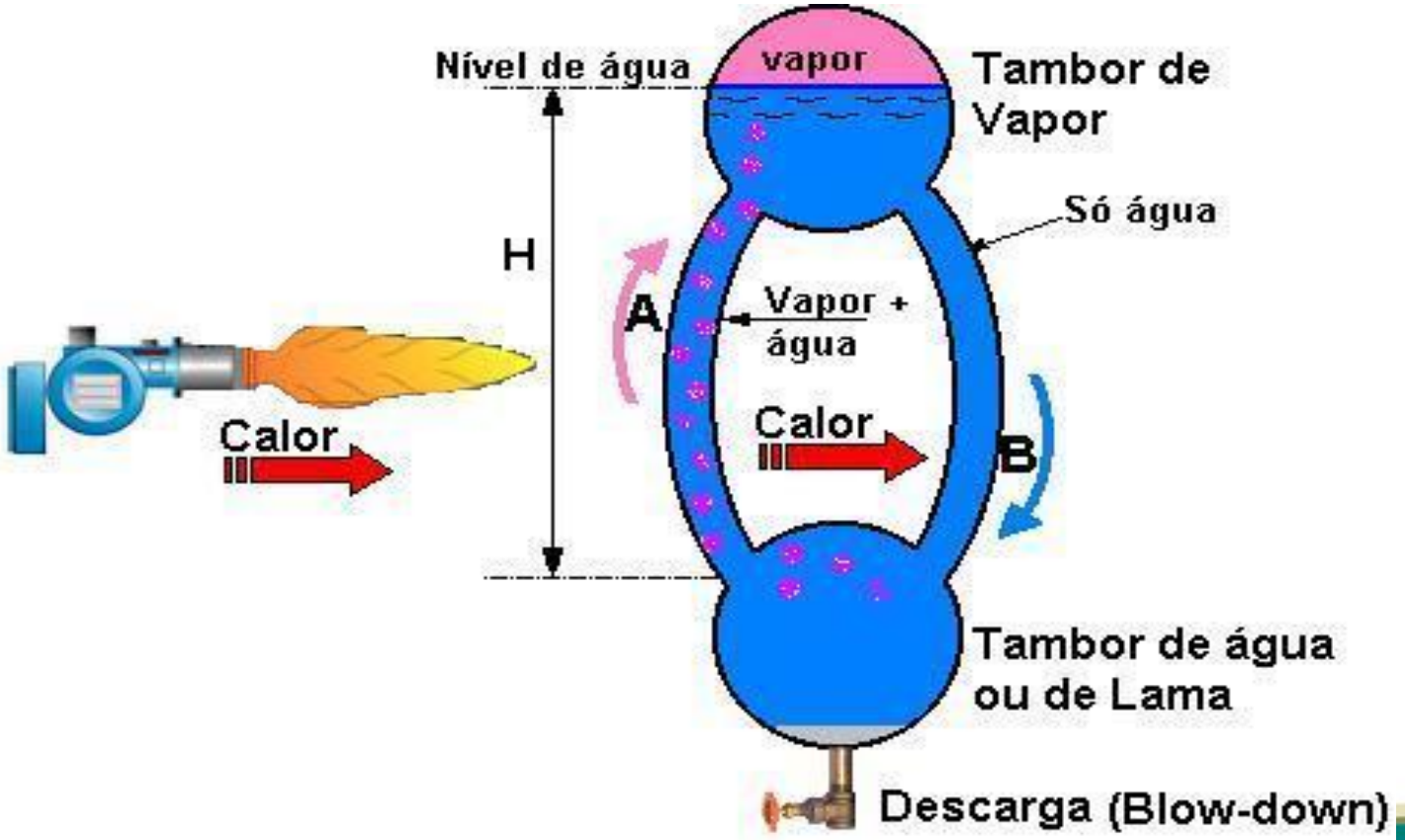
CALDEIRAS AQUATUBULARES

Podem produzir vapor em altas pressões e vapor superaquecido em alta temperatura. A produção de vapor nesses tipos atinge até 750 toneladas vapor/hora com pressões que já ultrapassam 200kgf/cm².

Por trabalharem com pequeno volume d'água necessitam de sistemas de controles e alarmes eficientes para sua segurança operacional.

CICLO DE CALDEIRAS AQUOTUBULARES

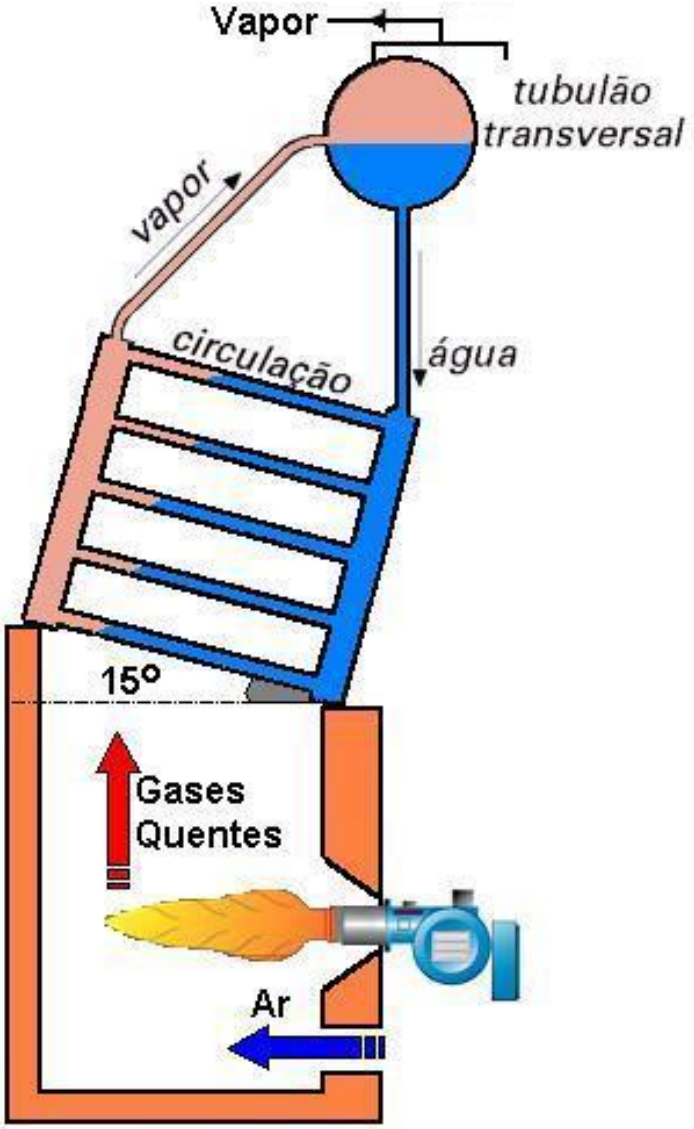
A operação baseia-se na diferença de densidade conseguida pelo diferencial de temperatura existente entre o conjunto dos tubos geradores de vapor e os tubos economizadores (não vaporizantes). Se os tubos "A" (geradores de vapor) estiverem a uma temperatura superior a dos tubos "B" (não vaporizantes), a densidade dA da água nos tubos "A" será menor que a densidade dB nos tubos "B".

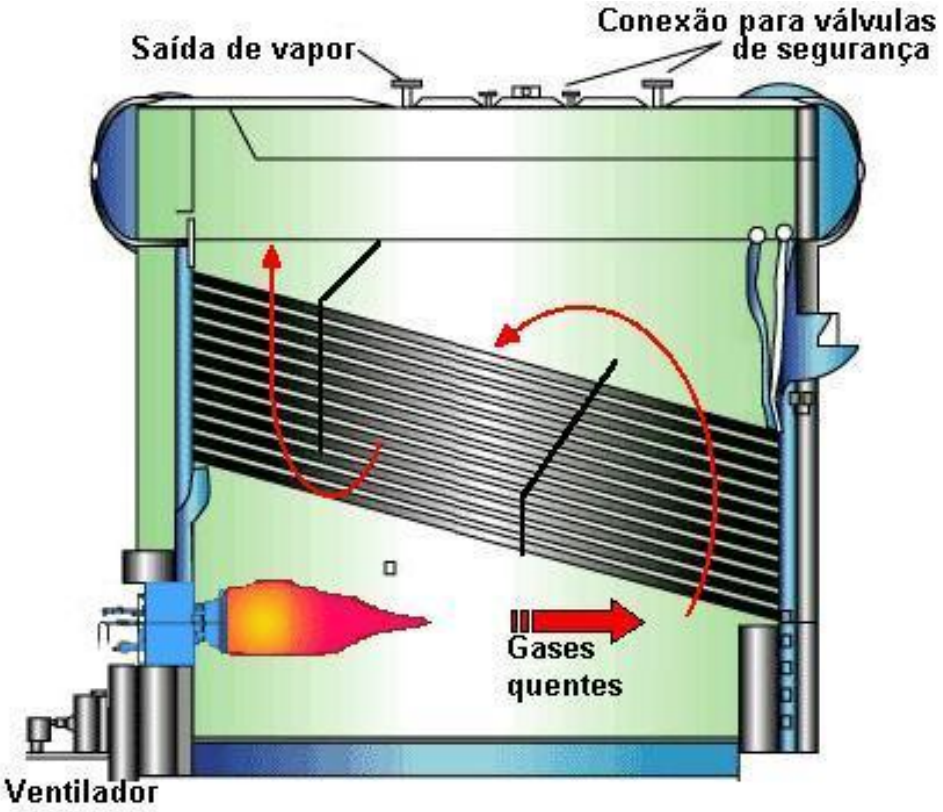


TIPOS DE CALDEIRAS AQUOTUBULARES

A) Caldeiras Aquotubulares de tubos retos: consistem de um feixe tubular de transmissão de calor, com uma série de tubos retos e paralelos, interligados a uma câmara coletora. Essas câmaras comunicam-se com os tubulões de vapor (superiores), formando um circuito fechado por onde circula a água.

TIPOS DE CALDEIRAS AQUOTUBULARES





VANTAGENS

- São de menores dimensões;

- Menores temperaturas na câmara de combustão, com maior aproveitamento do calor;

- Maior vaporização específica. Unidades médias alcançam 30kg vapor/m^2/hora. Em caldeiras com tiragem forçada conseguem-se ate 200kg vapor/m^2/hora;

- Dispensam refratários de alta qualidade, por serem dotadas de paredes de água.

VANTAGENS

-A temperatura no refratário e bem menor;

- Vaporização mais rápida;

- Fácil limpeza interna dos tubos;

- Facilidade de substituição dos tubos;

- Inspeção em todos os componentes da caldeira.

DESVANTAGENS

- **Necessidade de dupla tampa para cada tubo, (espelhos);**

- **Alto custo inicial;**

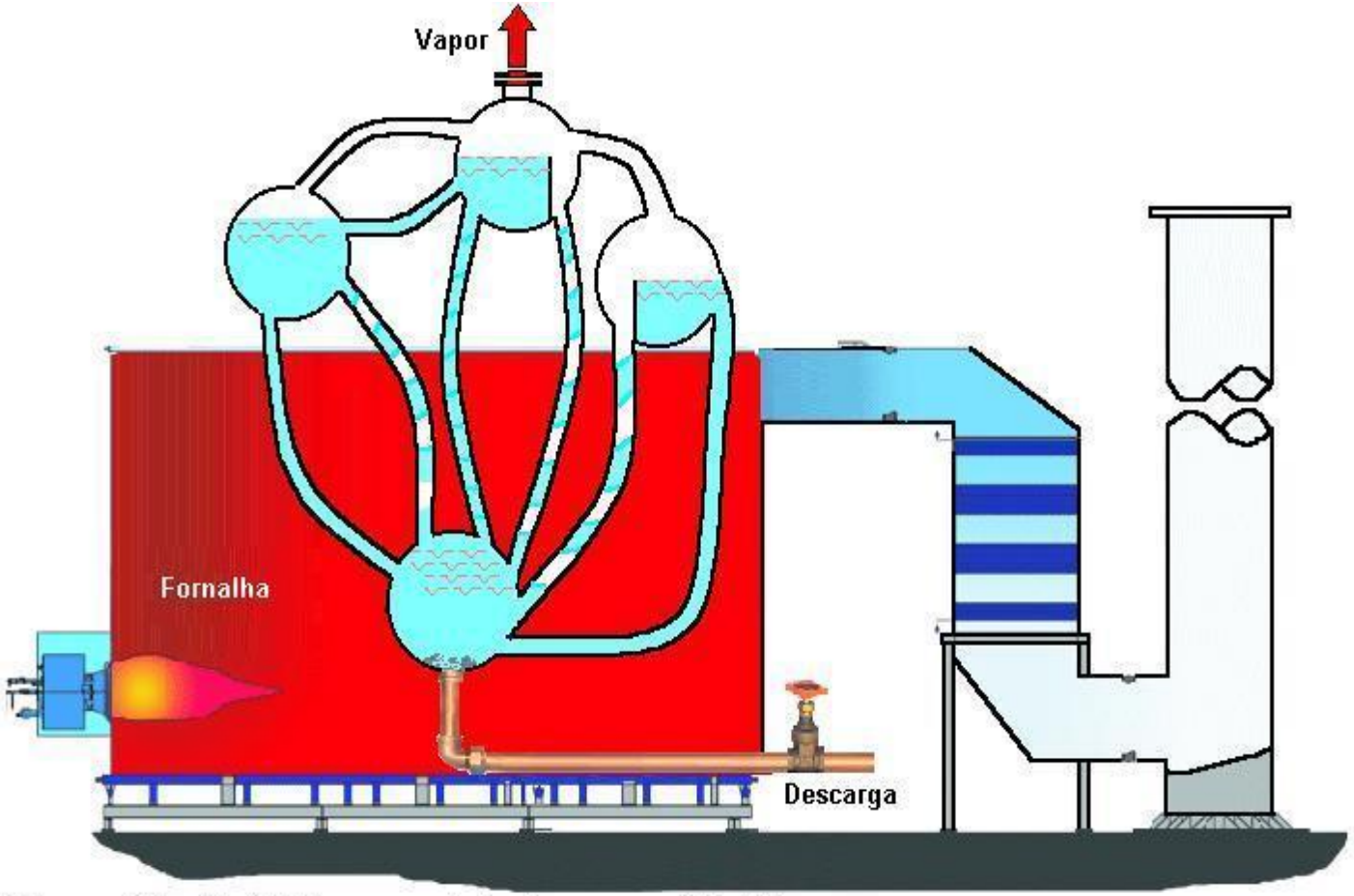
- **Baixa taxa de vaporização específica;**

- **Rigoroso processo de aquecimento e de elevação de carga (grande quantidade de material refratário).**

TIPOS DE CALDEIRAS AQUOTUBULARES

B) Caldeiras Aquotubulares de tubos curvos: não apresentam limites de capacidade de produção de vapor. A forma construtiva foi idealizada por Stirling, interligando os tubos curvos aos tubulões por meio de solda ou mandrilagem. Esta caldeira pode ter de três a cinco, o que confere a este tipo de gerador de vapor maior capacidade de produção.

TIPOS DE CALDEIRAS AQUOTUBULARES

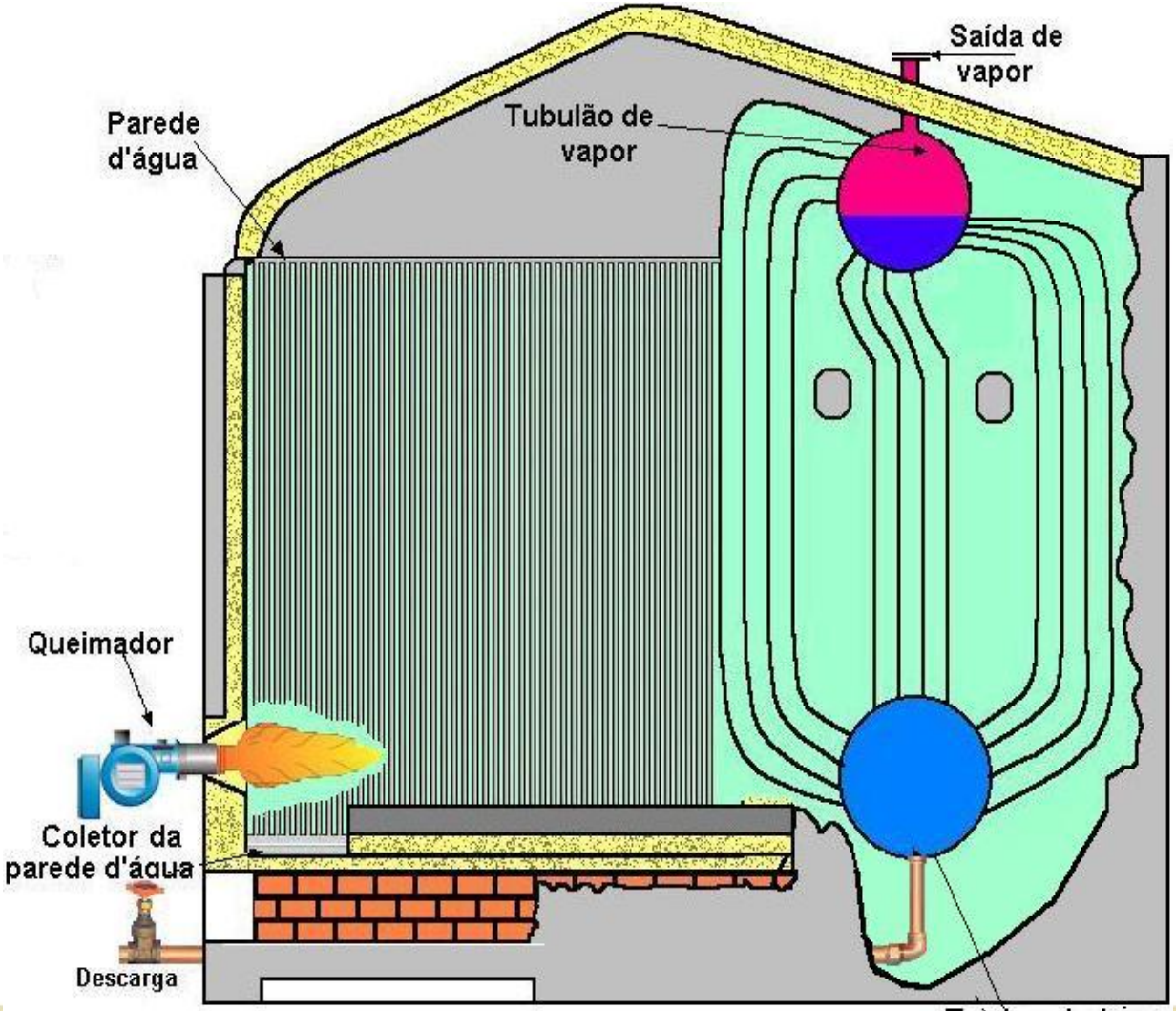


Caldeira aquotubular com 4 balões

TIPOS DE CALDEIRAS AQUOTUBULARES

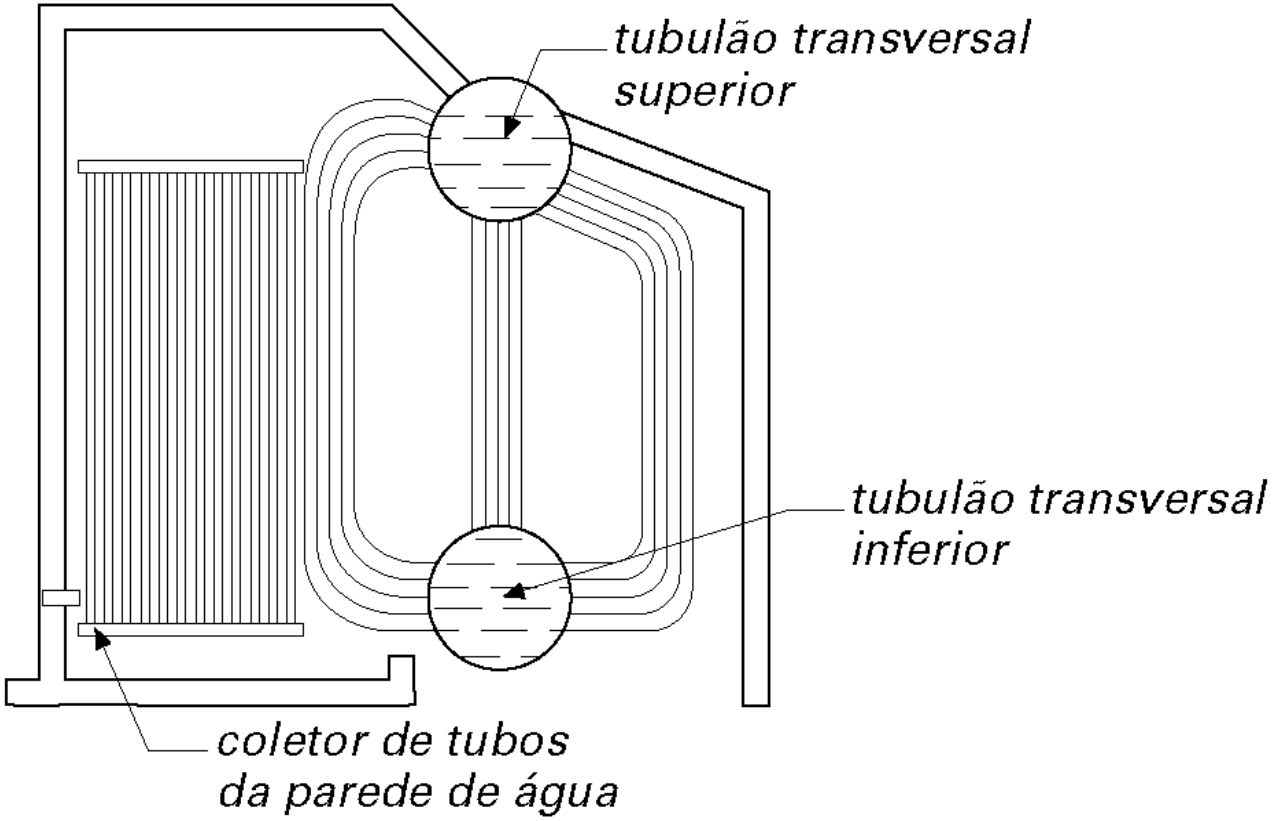
Com o objetivo de aproveitar melhor o calor irradiado na fornalha, reduziu-se o número e o diâmetro dos tubos, e acrescentou-se uma parede de água em volta da fornalha. Isso serviu como meio de proteção do material refratário com o qual a parede da fornalha é construída, além de aumentar a capacidade de produção de vapor.

TIPOS DE CALDEIRAS AQUOTUBULARES

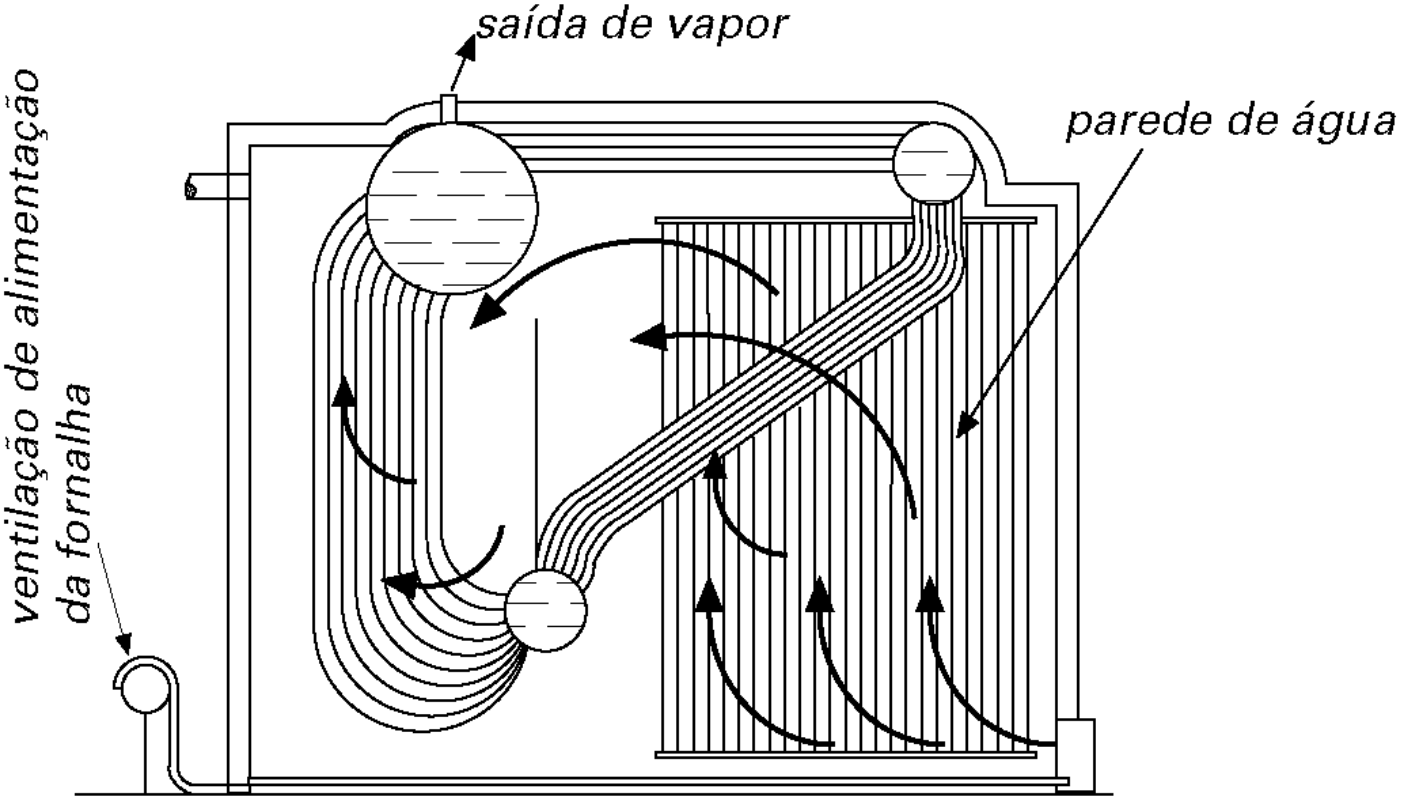


- Caldeira Aquotubular de Tubos curvos

CALDEIRAS AQUATUBULARES DE TUBOS CURVOS COM PAREDE DE ÁGUA



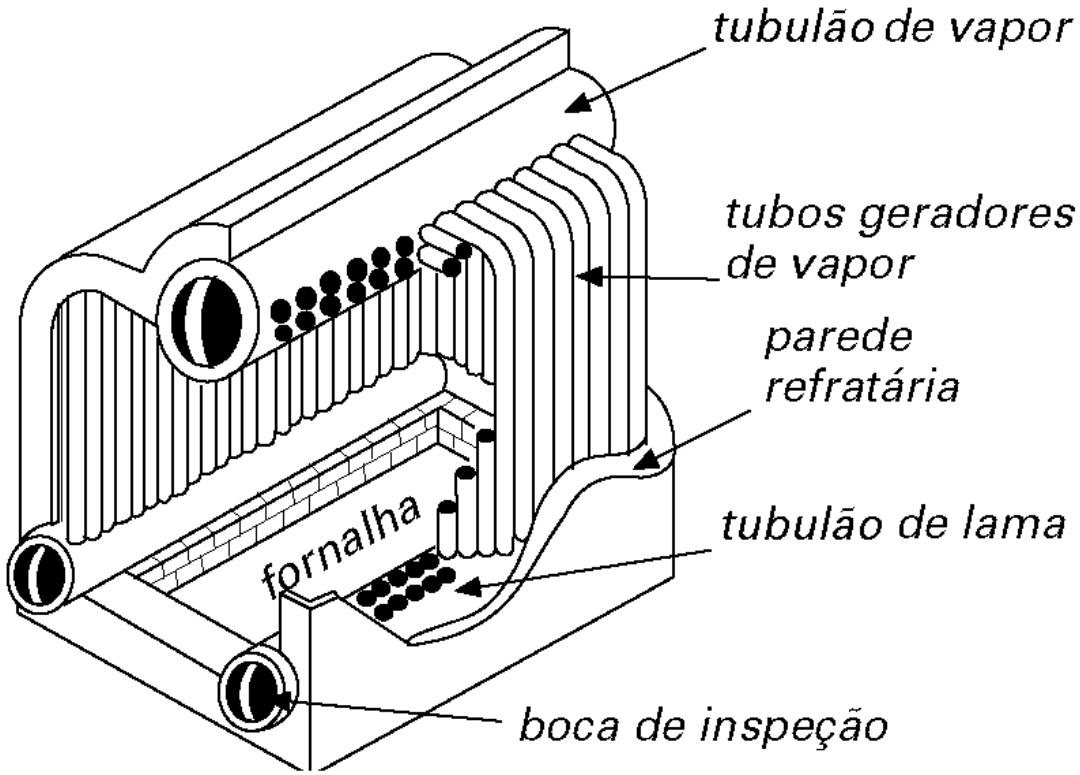
CALDEIRAS AQUATUBULARES DE TUBOS CURVOS COM PAREDE DE ÁGUA



VANTAGENS DAS CALDEIRAS AQUATUBULARES DE TUBOS CURVOS

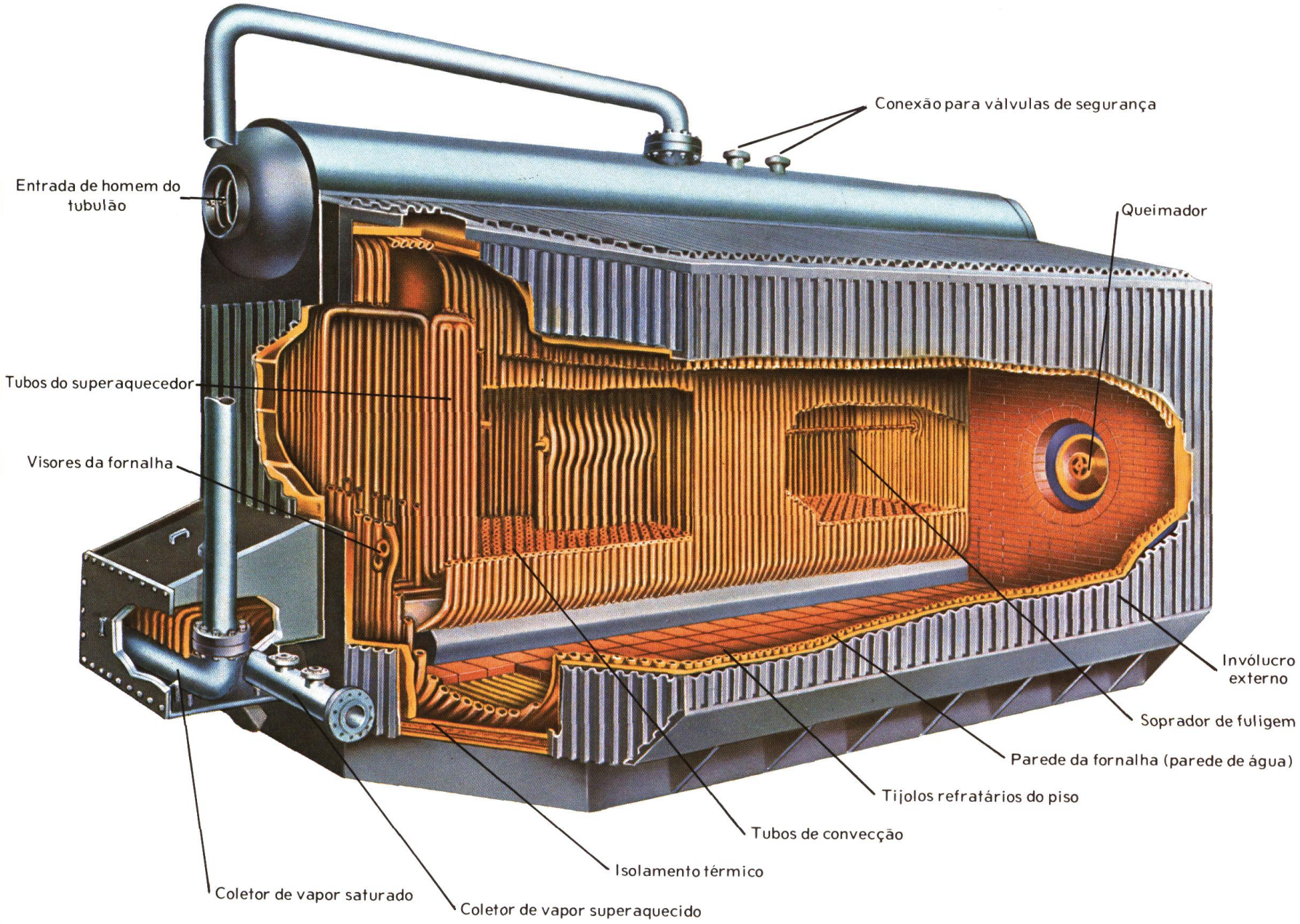
- **REDUÇÃO DO TAMANHO DA CALDEIRA;**
- **QUEDA DA TEMPERATURA DE COMBUSTÃO;**
- **VAPORIZAÇÃO ESPECÍFICA MAIOR, VARIANDO NA FAIXA DE 30 kg DE VAPOR/m^2 A 50 kg DE VAPOR/m^2 PARA AS CALDEIRAS COM TIRAGEM FORÇADA;**
- **FACIL MANUTENÇÃO E LIMPEZA;**
- **RÁPIDA ENTRADA EM REGIME;**
- **FÁCIL INSPEÇÃO NOS COMPONENTES.**

CALDEIRAS AQUATUBULARES COMPACTAS

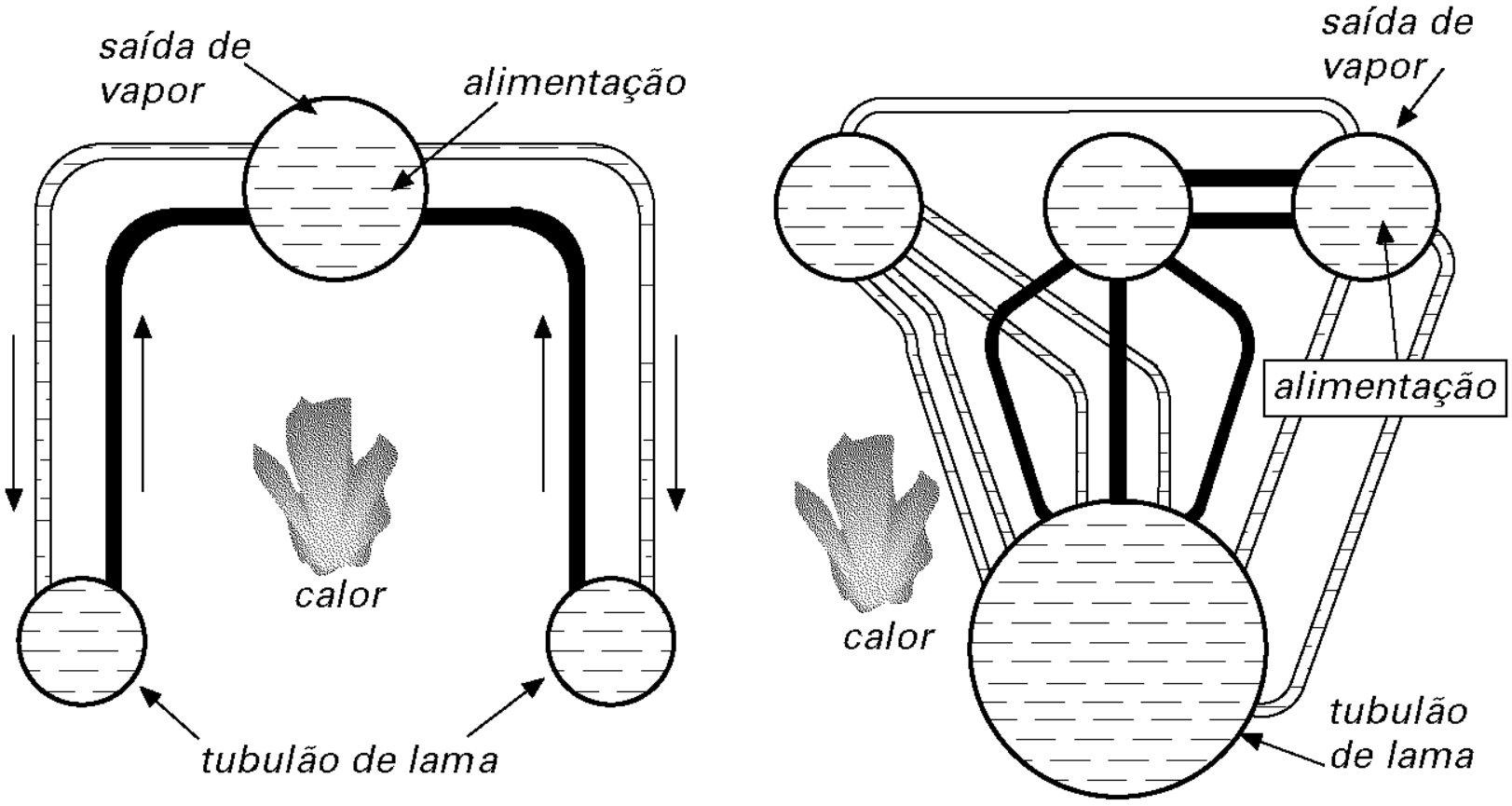


Capacidade de produção de vapor 30 ton/h

Instalação em locais com espaço físico limitado


Conexão para válvulas de segurança
Entrada de homem do tubulão
Queimador
Tubos do superaquecedor
Visores da fornalha
Invólucro externo
Soprador de fuligem
Parede da fornalha (parede de água)
Tijolos refratários do piso
Tubos de convecção
Isolamento térmico
Coletor de vapor saturado
Coletor de vapor superaquecido

CALDEIRAS AQUATUBULARES DE CIRCULAÇÃO POSITIVA



Circulação da água nas caldeiras ocorre por diferença de densidade, pelo aquecimento da água e vaporização

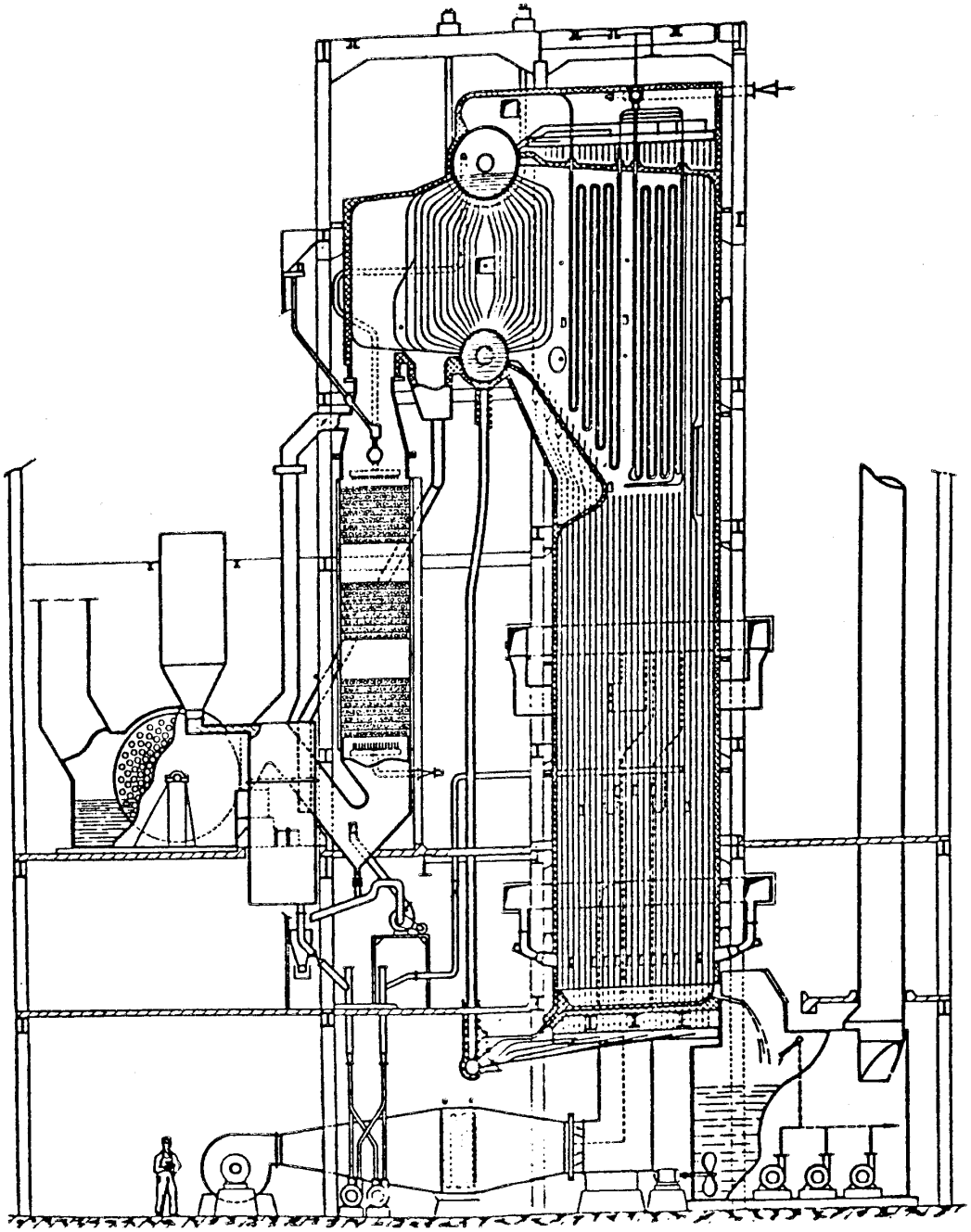
VANTAGENS E DESVANTAGENS

VANTAGENS

- **TAMANHO REDUZIDO;**
- **NÃO NECESSITAM DE GRANDES TUBULAÇÕES;**
- **RÁPIDA GERAÇÃO DE VAPOR;**
- **QUASE NÃO HÁ FORMAÇÃO DE INCRUSTAÇÕES, DEVIDO À CIRCULAÇÃO FORÇADA.**

DESVANTAGENS

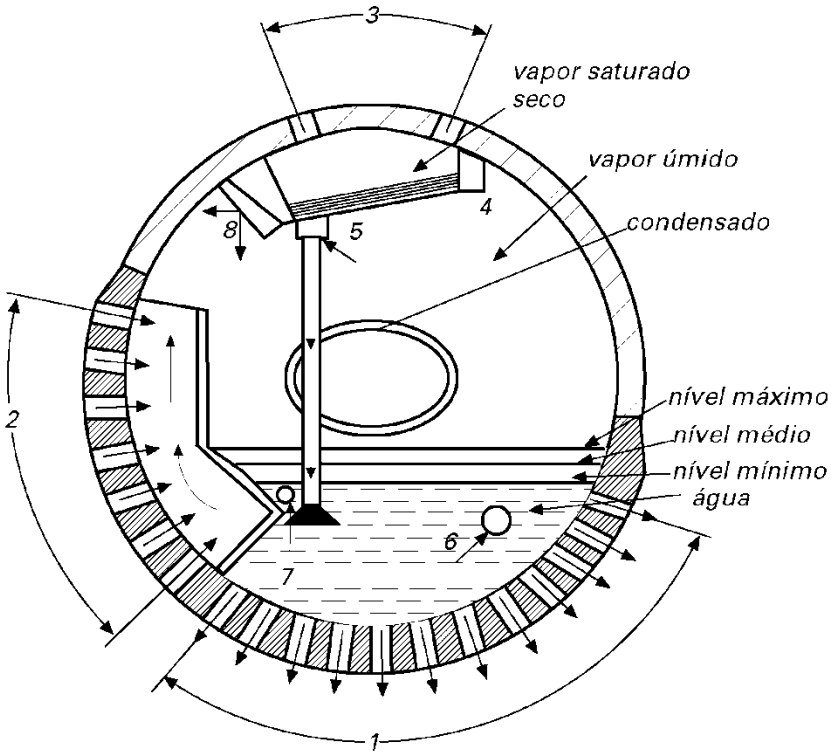
- **PARADA CONSTANTES, COM ALTO CUSTO DE MANUTENÇÃO;**
- **PROBLEMAS CONSTANTES COM A BOMBA DE CIRCULAÇÃO, QUANDO OPERANDO EM ALTAS PRESSÕES.**



CALDEIRA DE RECUPERAÇÃO (26t/h, 70 ata, 450°c)

PARTES DAS CALDEIRAS AQUATUBULARES

TUBULÃO SUPERIOR



1 - Área dos tubos de descida da água do feixe tubular (downconers).

2 - Área de tubos vaporizantes (riser) que descarregam a mistura de vapor e água contra a chicana 6.

3 - Área dos tubos do superaquecedor, mandrilados no tambor .

4 - Filtro de tela ou chevron.

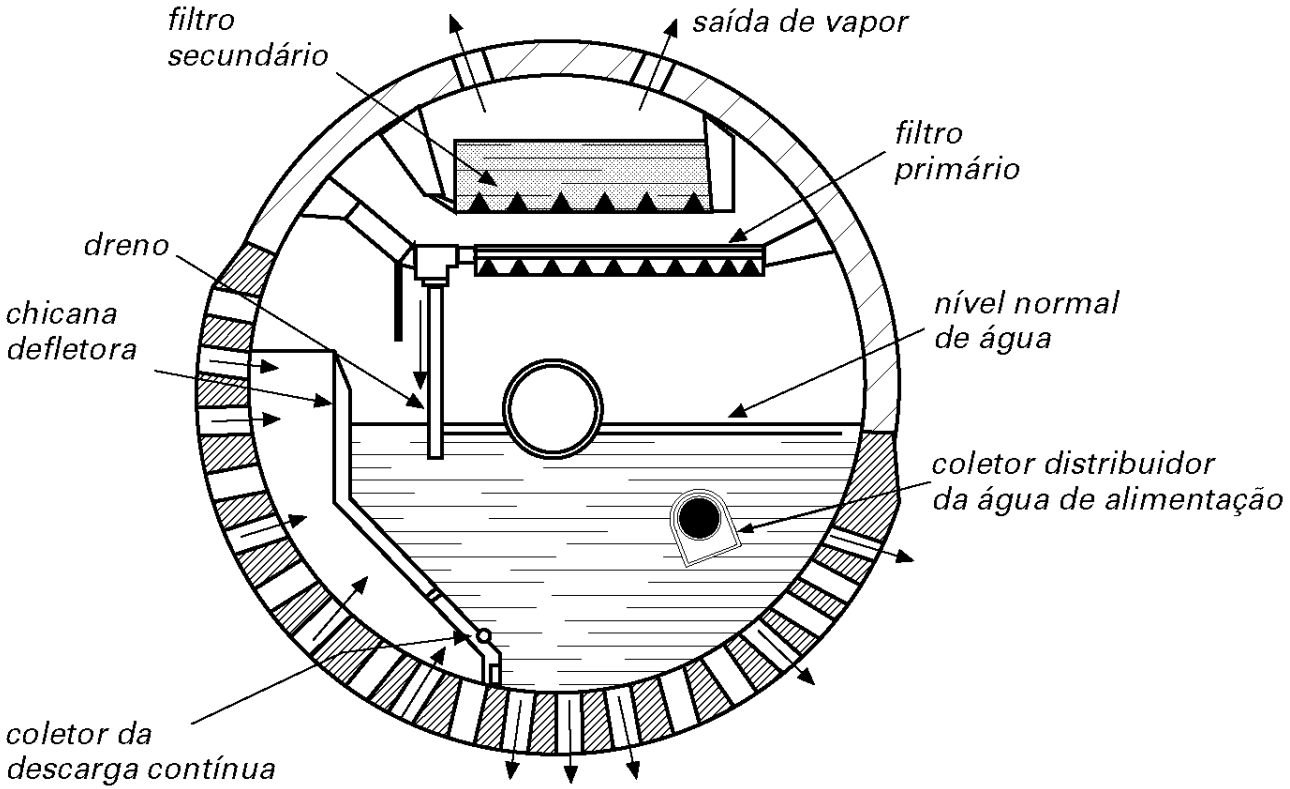
5 - Tubo de drenagem da água retirada no filtro.

6 - Tubo distribuidor da água da alimentação; observa-se a posição dos furos.

7 - Tubo coletor de amostra de água e de descarga contínua.

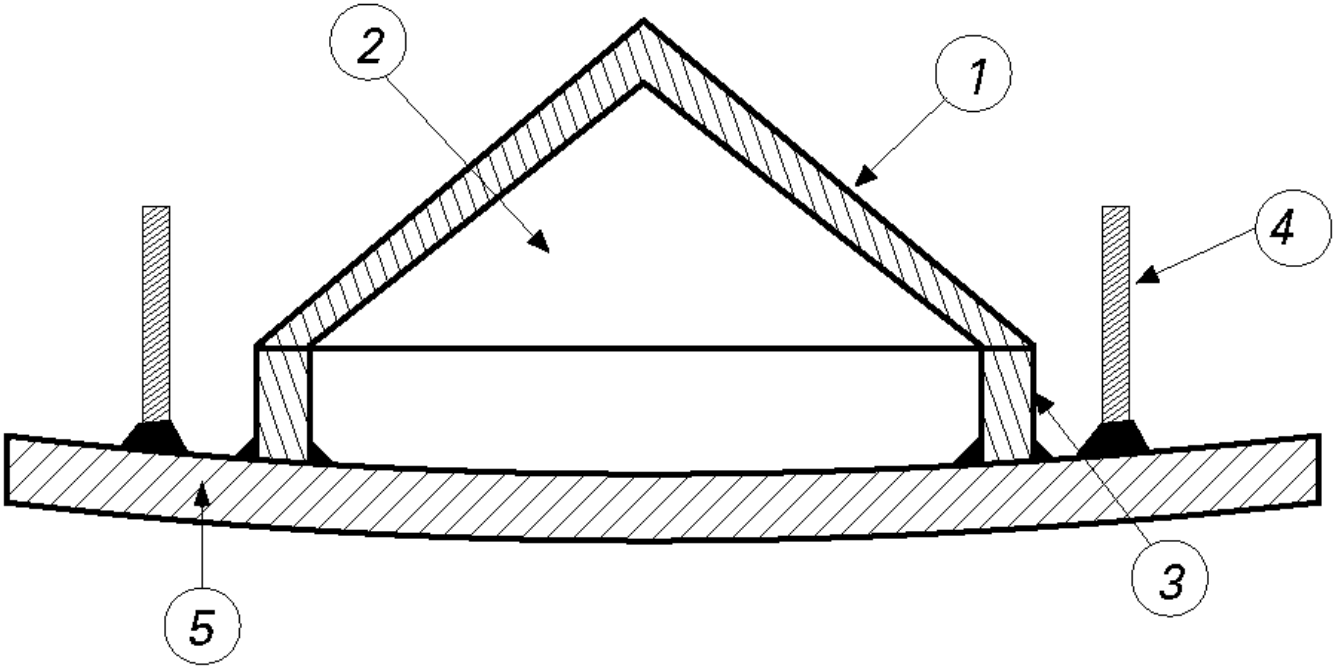
8 - Chicana.

TUBULÃO SUPERIOR



Existem em alguns caso uma segunda chapa defletora, cuja finalidade é separar partículas de água ainda contidas no vapor.

CANTONEIRA DE FUNDO

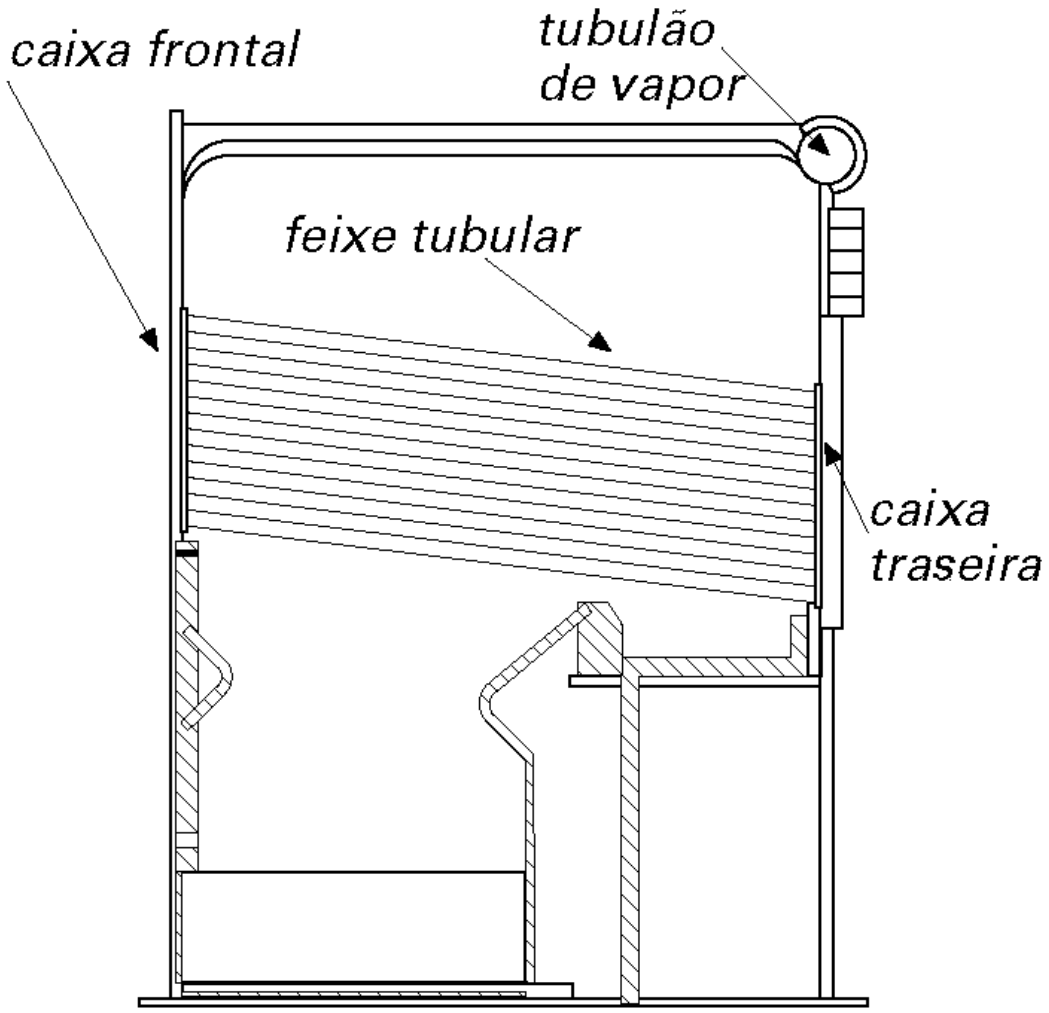


1 - CANTONEIRA
2 - CHAPA DE FECHAMENTO
3 - BARRA DE APOIO
4 - BARRA DIRECIONADORA
5 - CHAPA DO TUBULÃO

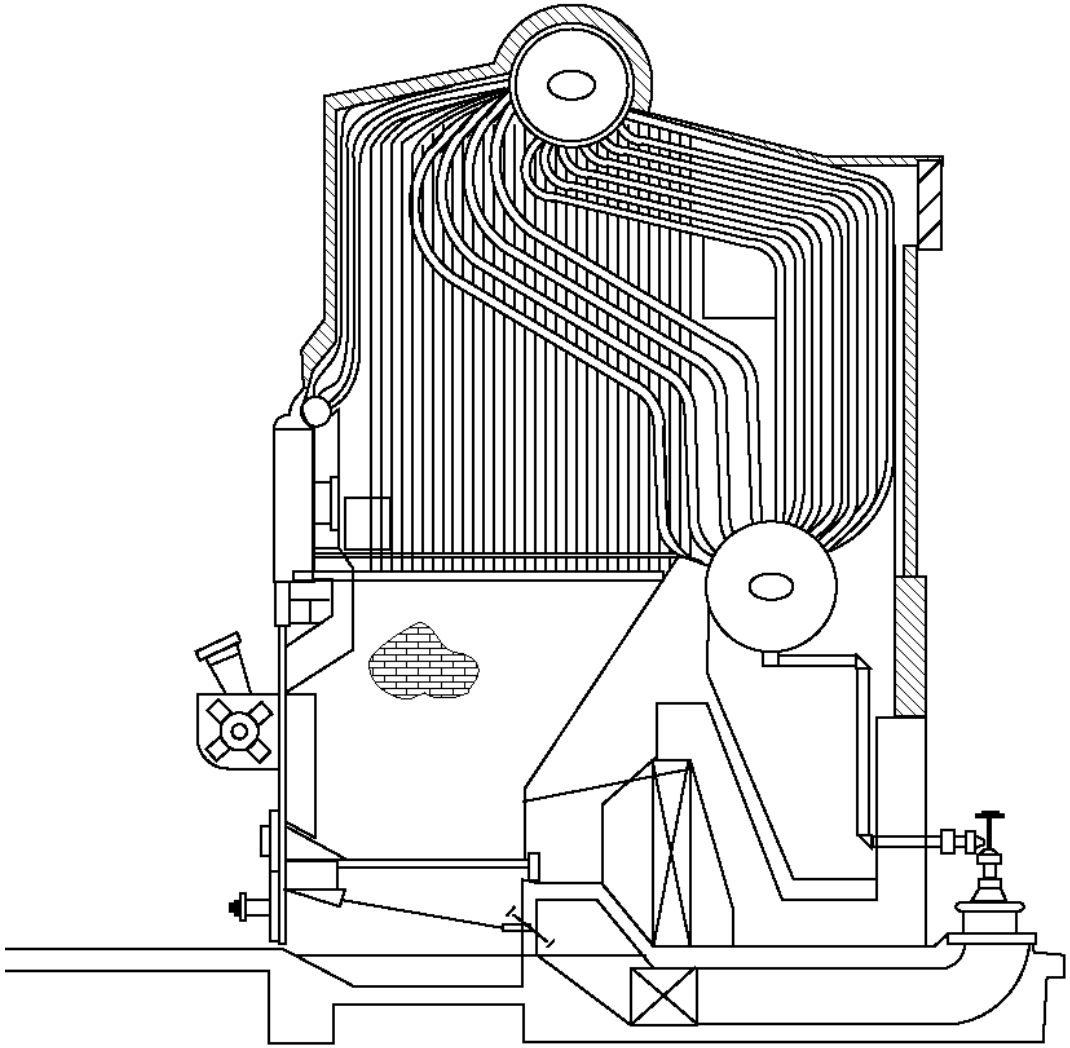
Tem a função de promover uma sucção ao longo do tambor; devido à diferença de pressão no tambor e na descarga para atmosfera.

FEIXE TUBULAR

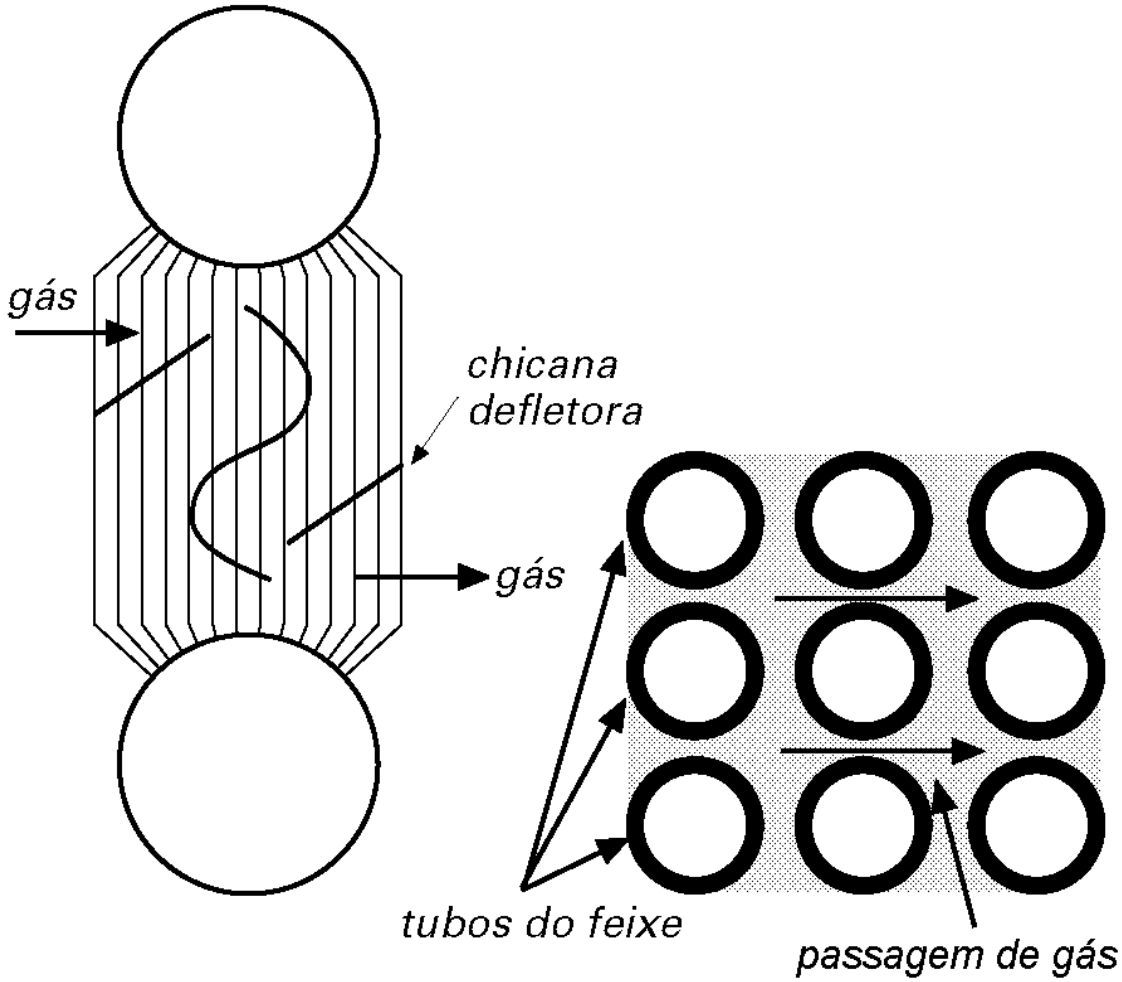
- **Feixe tubular reto: muito usado em caldeiras mais antigas, nas quais os tubos eram ligados através de caixas ligadas ao tubulão de vapor.**



FEIXE TUBULAR CURVO

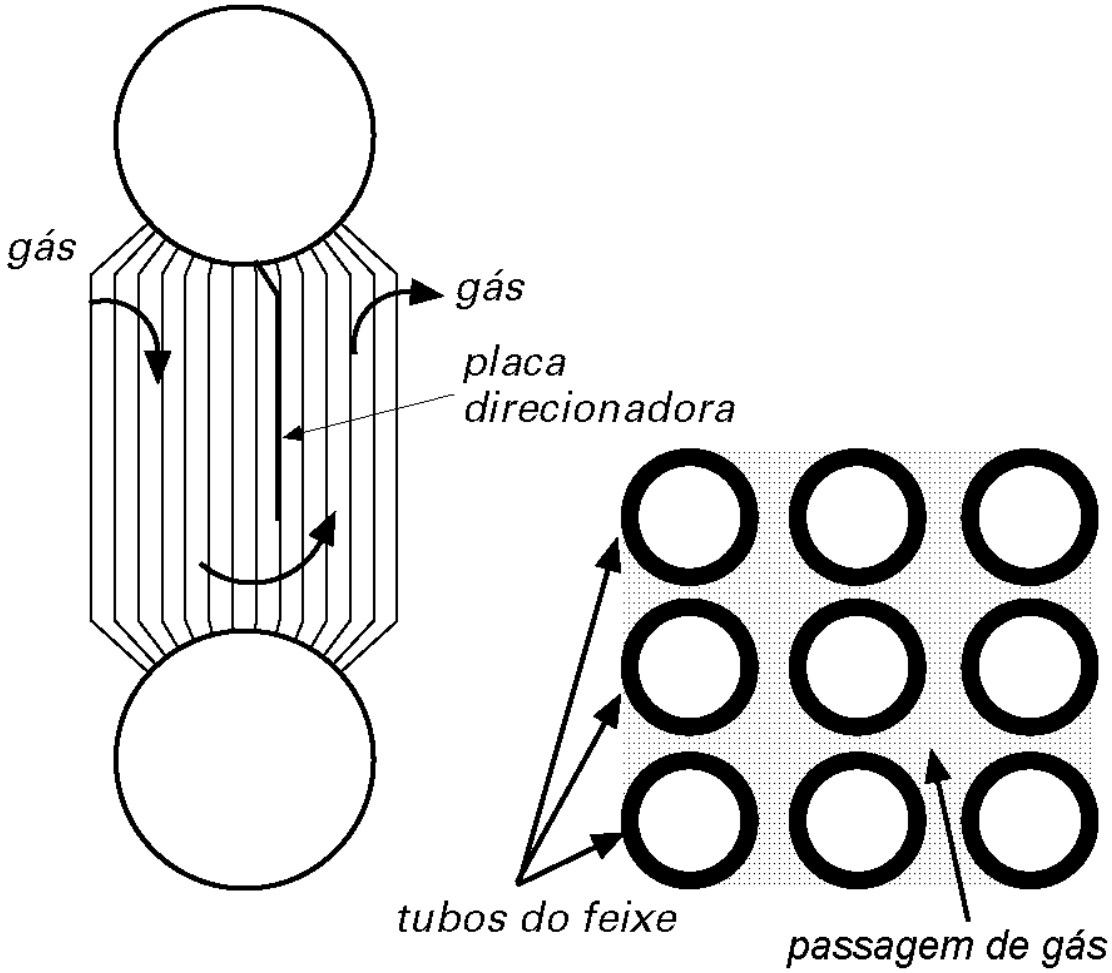


FEIXE TUBULAR COM FLUXO CRUZADO



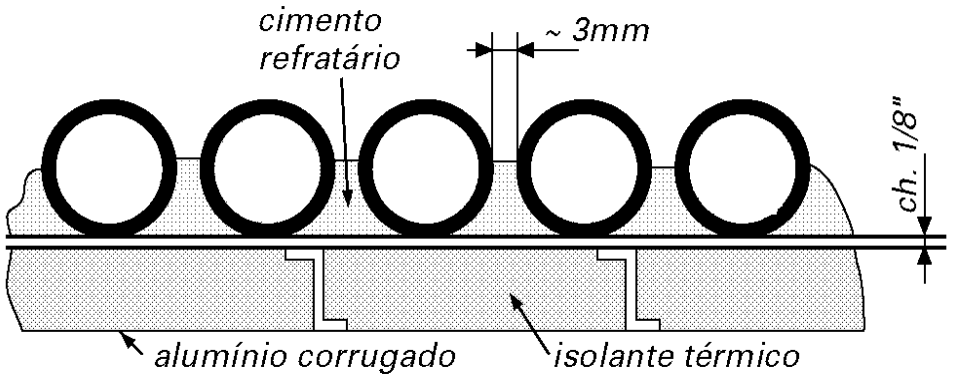
FEIXE TUBULAR COM FLUXO AXIAL

(UTILIZADO EM CALDEIRAS A CARVÃO COM ALTO TEOR DE CINZAS)

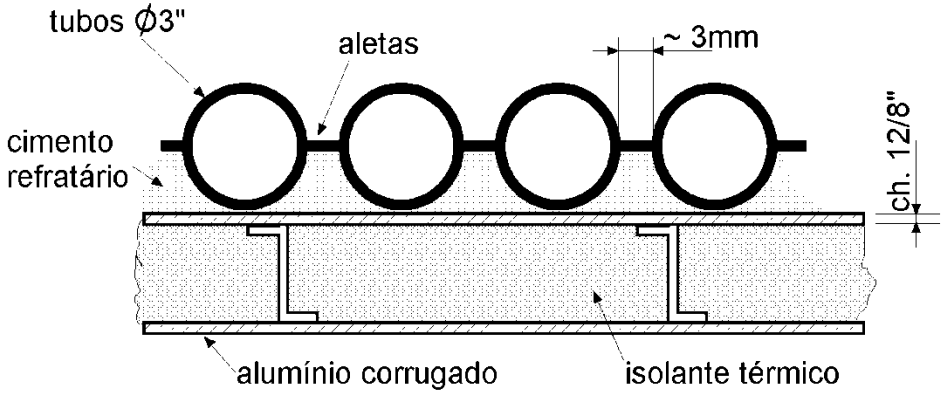


PAREDE D'ÁGUA: é formada por tubos que estão em contrato direto com as chamas e os gases

PAREDE D'ÁGUA COM TUBO TANGENTE



PAREDE D'ÁGUA COM TUBO ALETADOS



FORNALHA

Conhecida como câmara de combustão, é o local onde se processa a queima do combustível. Pode ser dividida em:

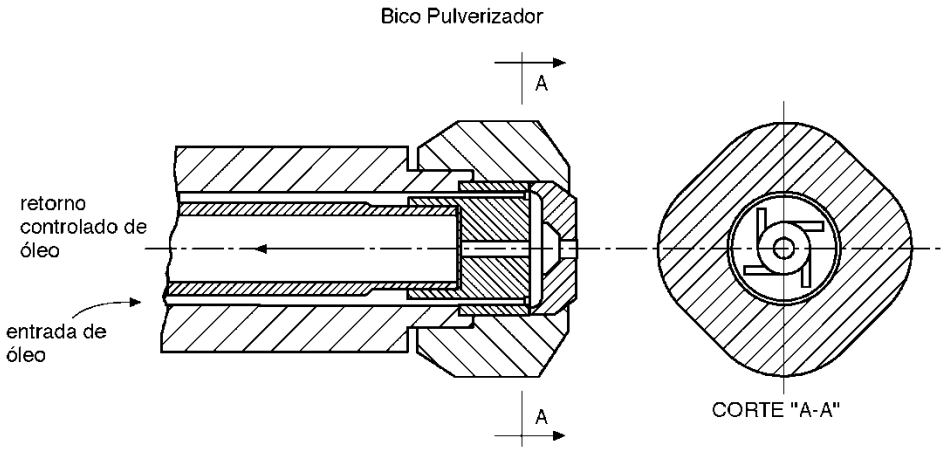
- Fornalha para queima de combustível sólido: são as que possuem suportes e grelhas;
- Fornalha com grelhas basculantes: usada para queima de bagaço;
- Fornalha com grelha rotativa
- Fornalha para queima de combustível em suspensão: usadas quando queimam óleo, gás ou combustíveis sólidos pulverizados;

Queimadores

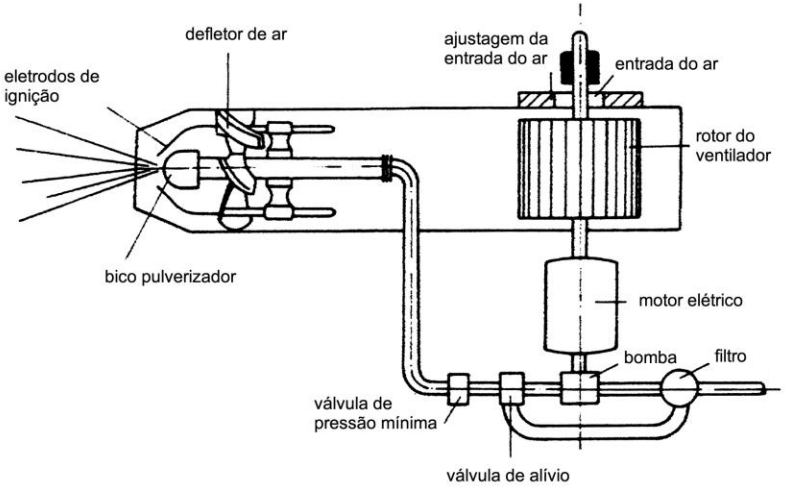
São peças destinadas a promover, de forma adequada e eficiente, a queima dos combustíveis em suspensão.

Superaquecedor

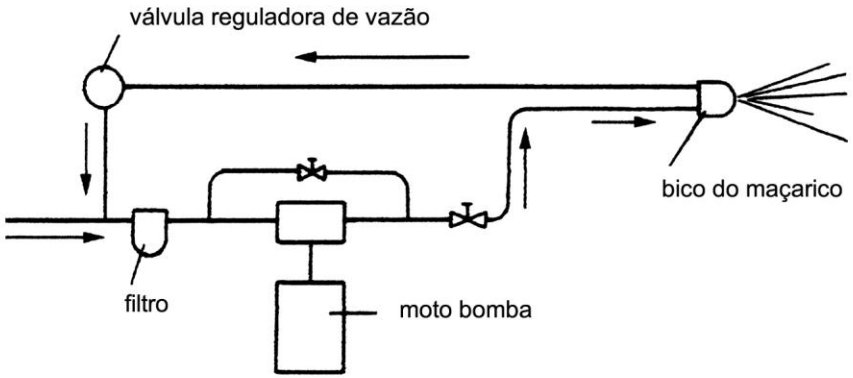
É constituído de tubos lisos ou aletados de aço resistente a altas temperaturas, distribuídos em forma de serpentina, que aproveitam os gases de combustão para dar o devido aquecimento ao vapor saturado, transformando-o em vapor superaquecido

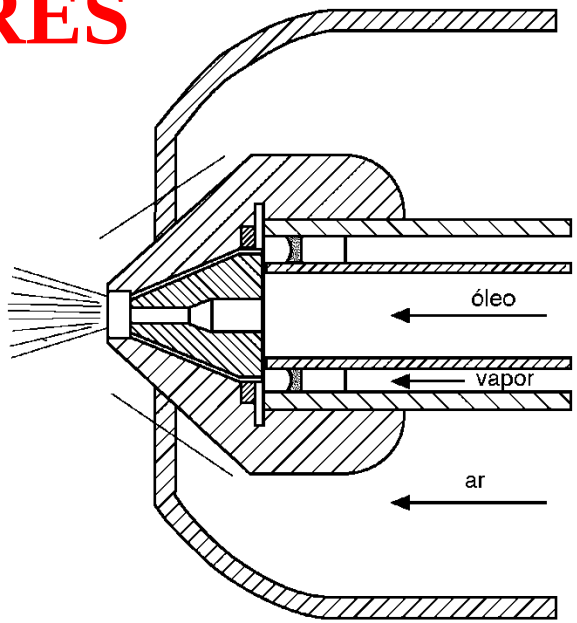


Queimador com Atomização por Óleo sob Pressão



TIPOS DE QUEIMADORES

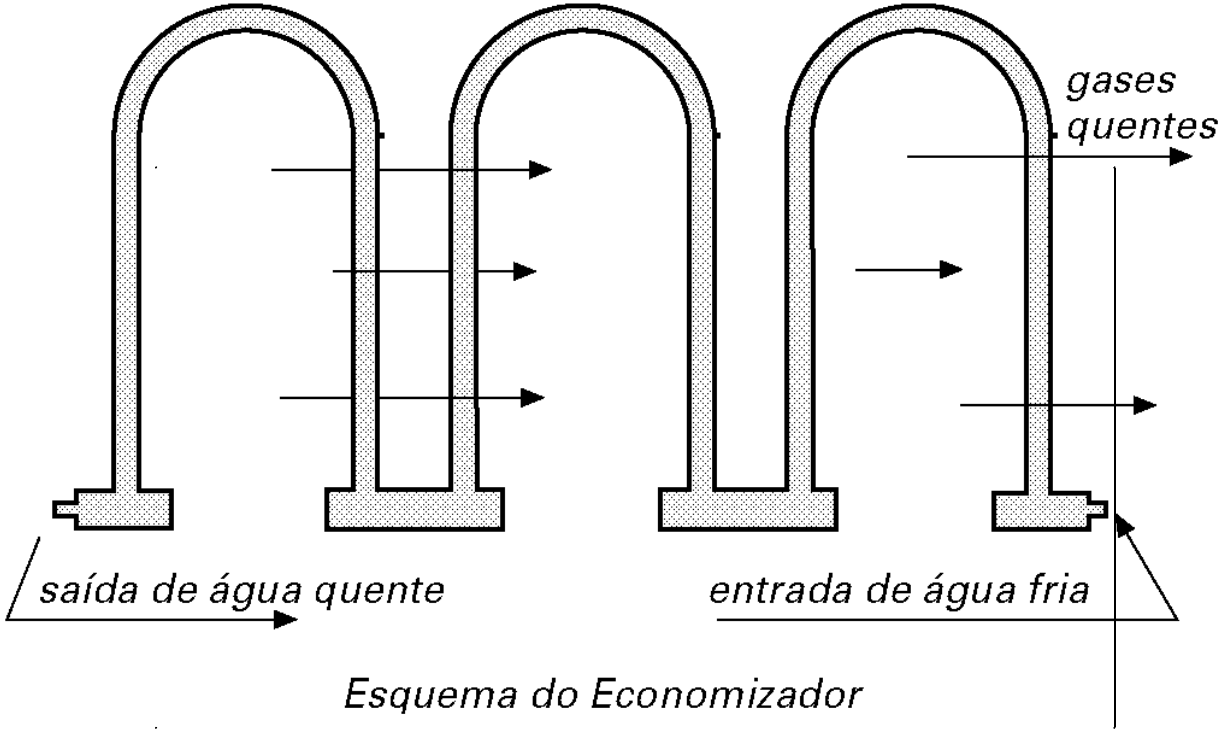




Queimador com atomização a Vapor

EQUIPAMENTOS PERIFÉRICOS

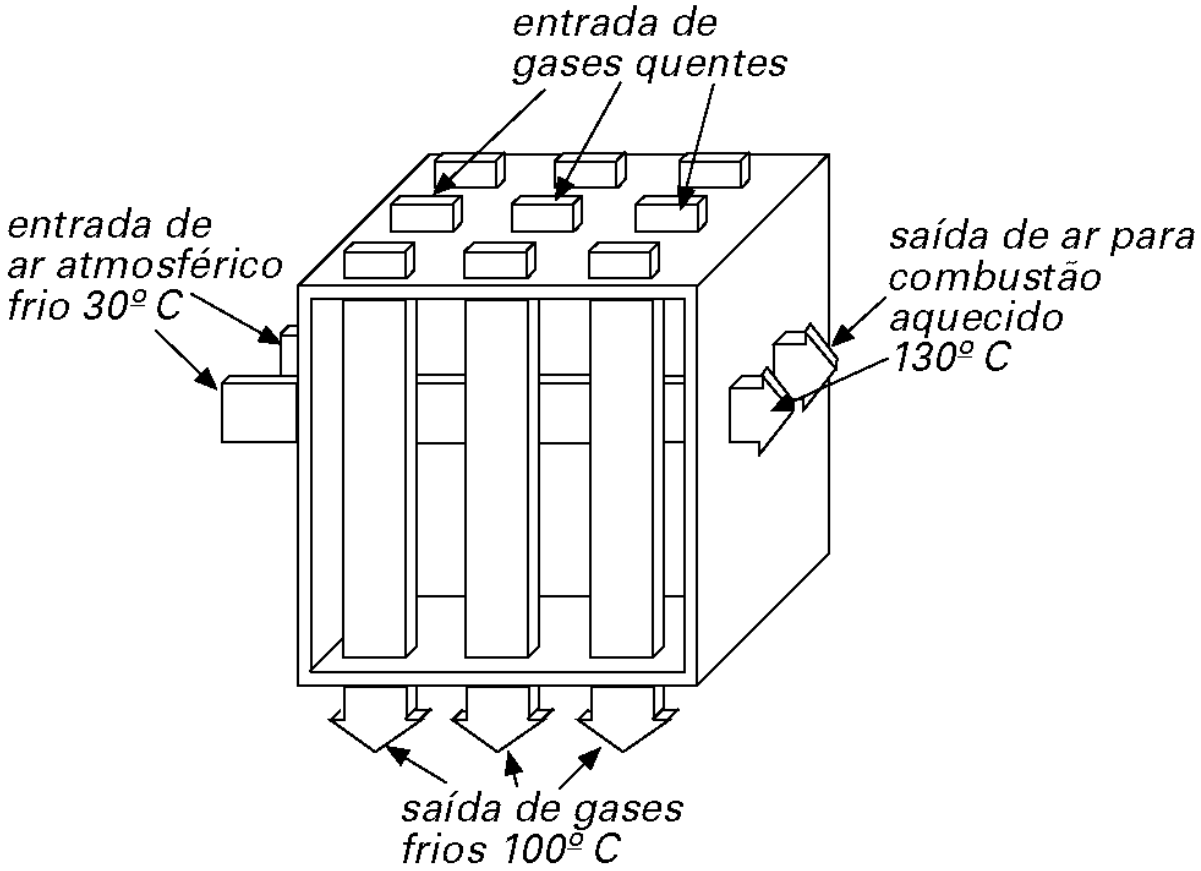
ECONOMIZADOR



Esquema do Economizador

Tem a finalidade de aquecer a água de alimentação da caldeira. Existem vários tipos de economizadores e na sua construção podem ser empregados tubos de aço maleável ou tubos de aço fundido com aletas.

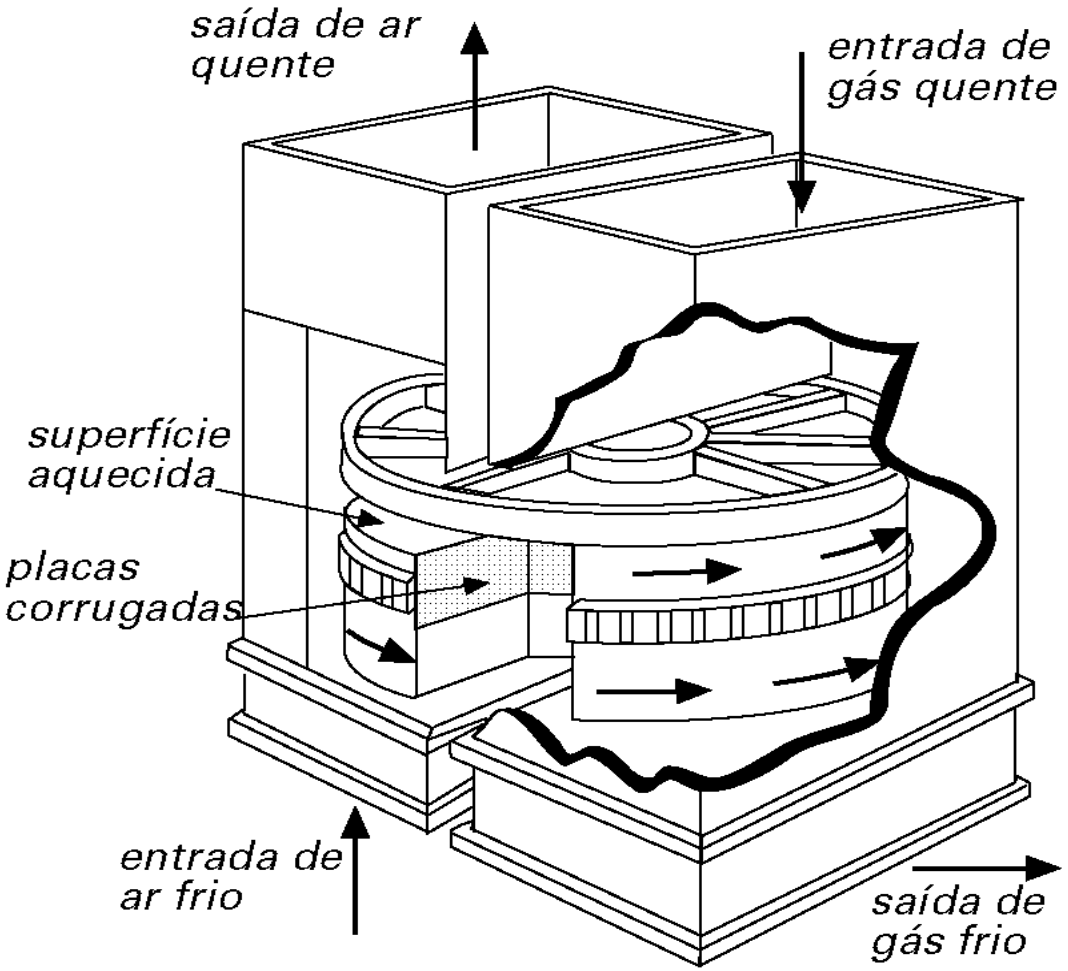
PRÉ-AQUECEDOR DE AR



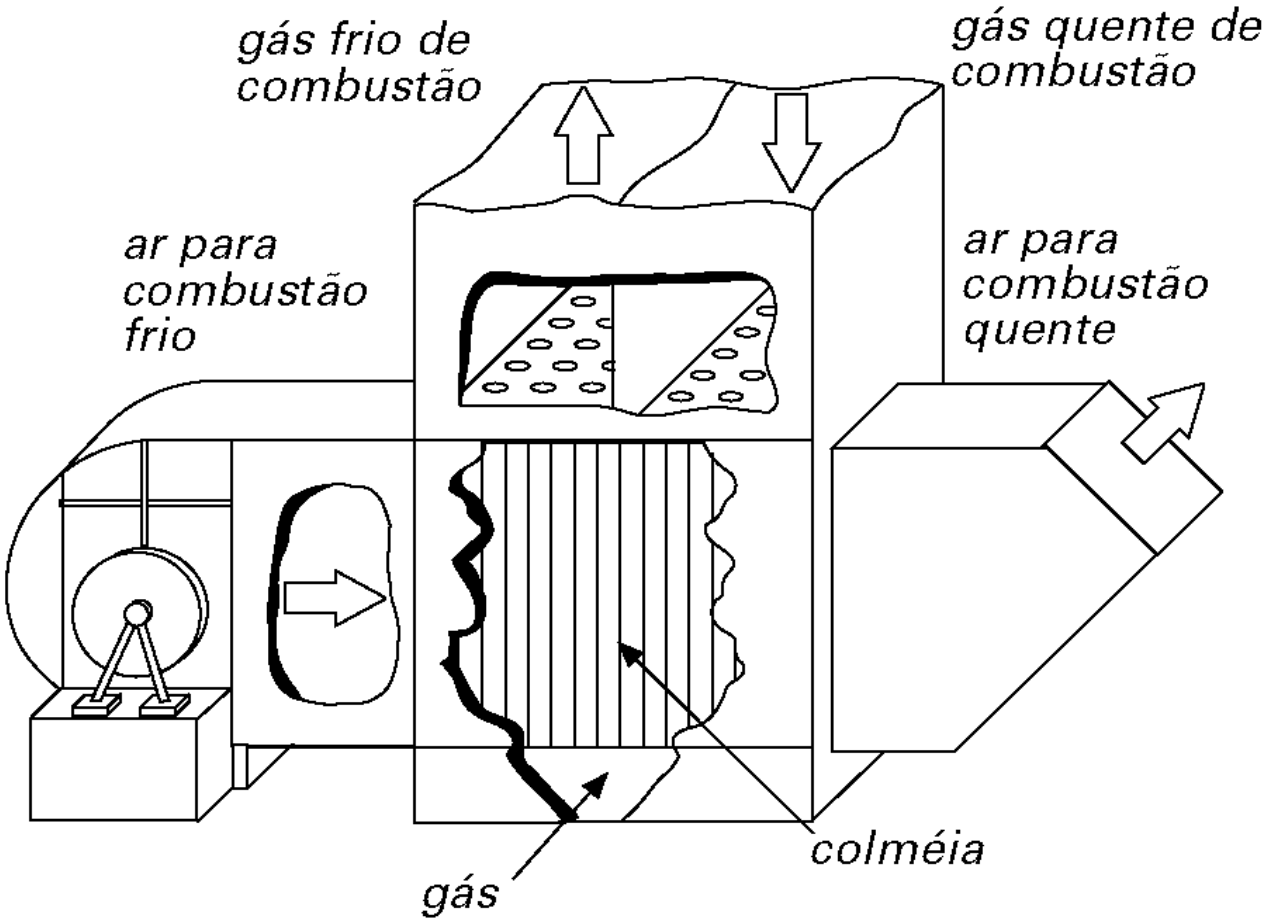
Esquema de Um Pré-Aquecedor de Ar

É um trocador de calor que eleva a temperatura do ar antes que este entre na fornalha. O calor é cedido pelos gases residuais quentes ou pelo vapor da própria caldeira.

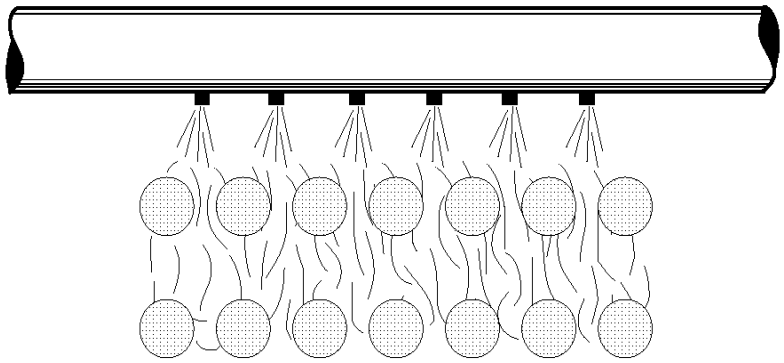
PRE-AQUECEDOR REGENERATIVO TIPO LJUNGSTRON



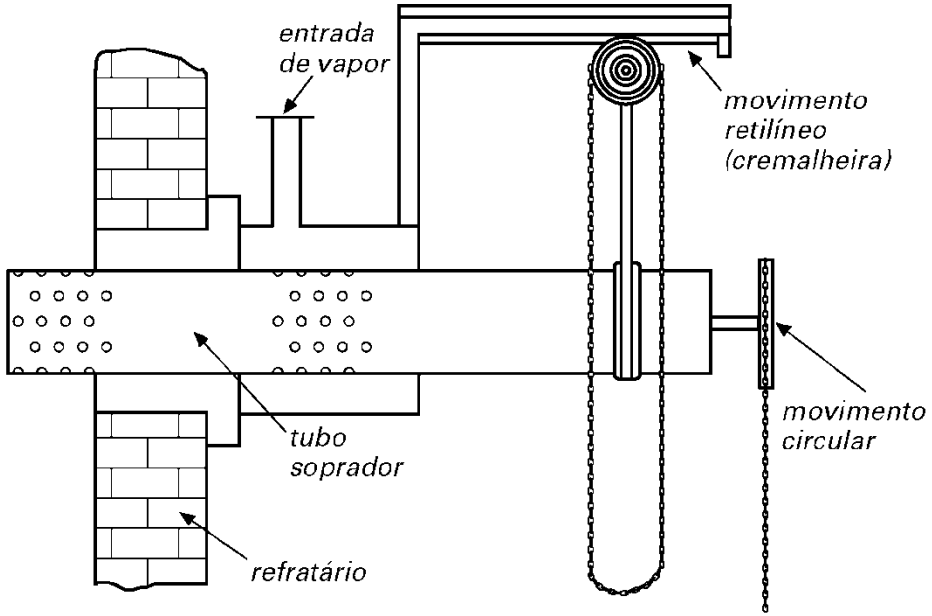
PRE-AQUECEDOR TIPO COLMEIA



SOPRADOR DE FOLIGEM



soprador de fuligem



Esquema do Soprador de Fuligem

Permitem uma distribuição rotativa de um jato de vapor no interior da caldeira e tem por finalidade, fazer a remoção da fuligem e depósitos formados na superfície externa da zona de convecção das caldeiras.

EXERCÍCIOS

1. **Por que certas empresas utilizam caldeiras aquatubulares?**
2. **Cite algumas características das caldeiras aquatubulares.**
3. **Qual a principal vantagem de uma caldeira aquatubular de tubos retos em relação a uma caldeira aquatubular de tubos curvos?**
4. **Para que serve o superaquecedor numa caldeira?**

EXERCÍCIOS

5. **Para que se utiliza o economizador numa caldeira?**
6. **Qual a principal diferença entre uma caldeira que queima gás/líquido e outra que queima combustível sólido.**
7. **Cite alguns acessórios que podem ser instalados no tubulão da caldeira aquatubular**
8. **Por que é necessário instalar um isolamento térmico numa caldeira?**

CALDEIRA ELÉTRICA

- **É um equipamento cujo papel principal é transformar energia elétrica em térmica, para transferi-la a um fluído apropriado, geralmente água e transformando-o em vapor.**

Caldeiras elétricas

PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO DAS CALDEIRAS ELÉTRICAS

- **A produção do vapor em uma caldeira elétrica baseia-se em um princípio pelo qual a corrente elétrica, ao atravessar qualquer condutor, encontra resistência à sua livre circulação e desprende calor (efeito Joule).**

- **A água pura é considerada um mal condutor de corrente elétrica. Portanto, para que se possa obter a condutividade desejada deve ser adicionada a ela determinados sais. Alguns fabricantes recomendam a adição de produtos para o ajuste da condutividade (soda cáustica, fosfato trissódico, etc.) na água de alimentação.**

CARACTERÍSTICAS

- Não queima combustível para produção de vapor (não possui ventiladores, fornalha, queimadores e chaminé)

- Equipamentos mais simples e em média mais baratos que as caldeiras à combustão para uma capacidade e pressão de vapor gerado.

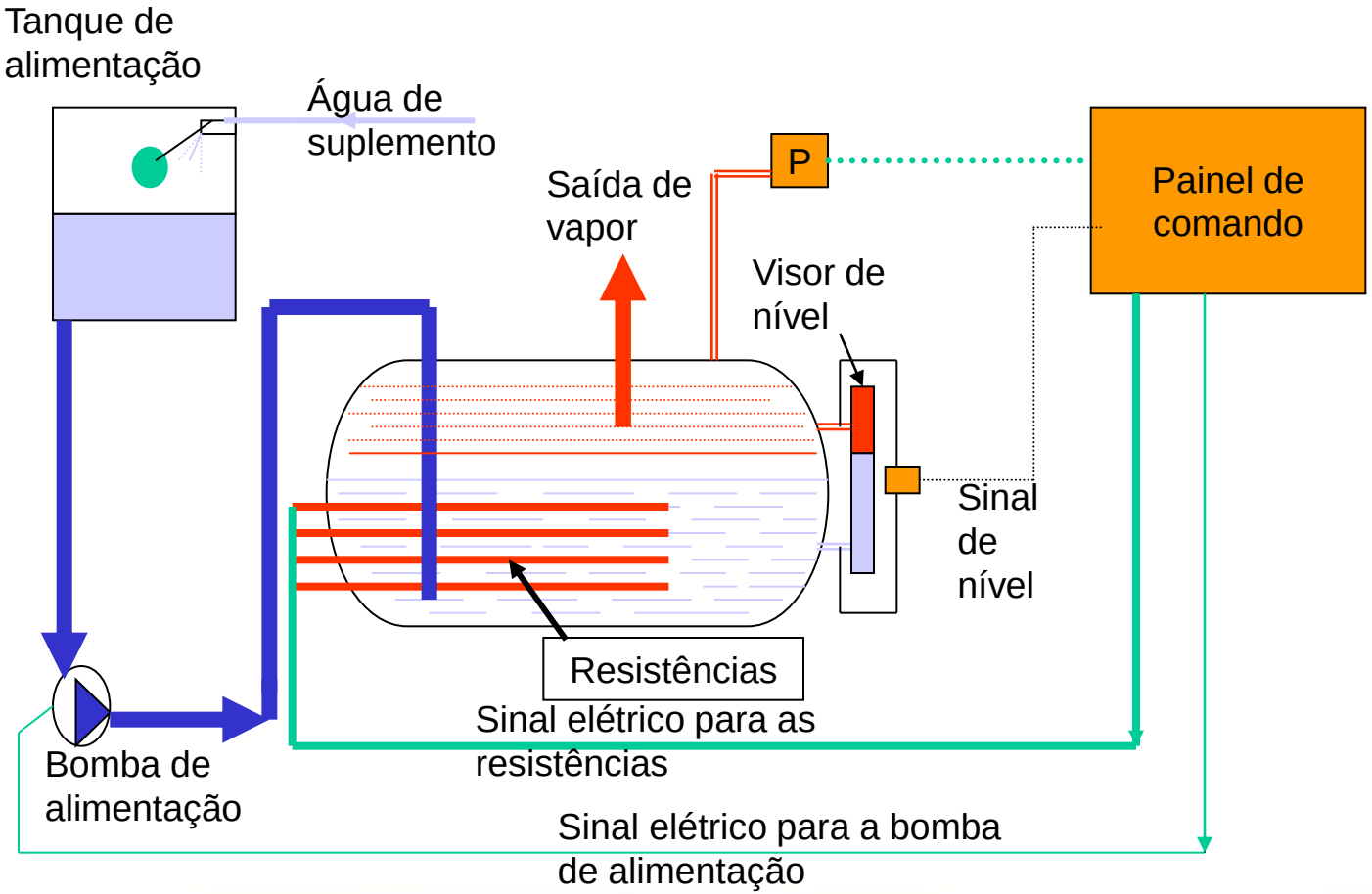
- Não necessitam de muito espaço para sua instalação e a eficiência não varia muito com a carga e a temperatura máxima gerada no equipamento é aproximadamente superior à temperatura do vapor gerado.

- Estas caldeiras encontraram no seu baixo preço inicial, no menor espaço para instalação e na fácil automação, um atrativo significativo para sua implantação, entretanto o alto preço da energia e o fato de somente produzir vapor saturado as tornaram inadequadas para acionamento de equipamentos.

- Manutenção e limpeza simples.

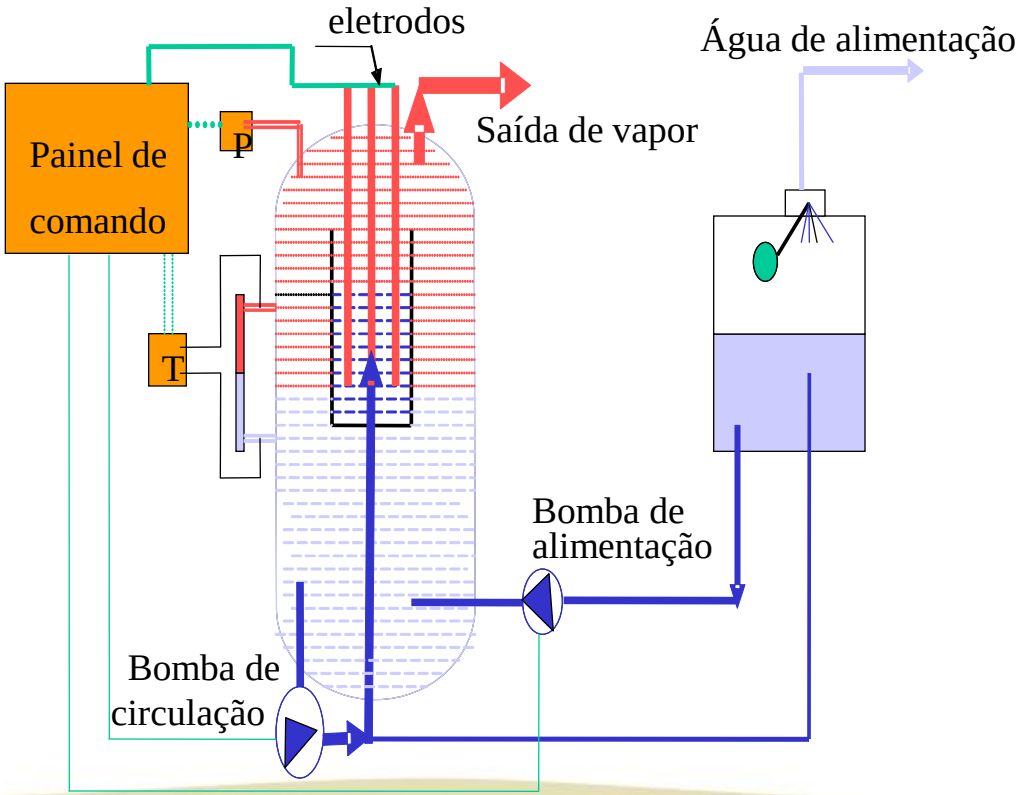
TIPOS DE CALDEIRAS ELÉTRICAS

- **Com resistência:** é destinada, geralmente, à produção de vapor em pequenas quantidades.

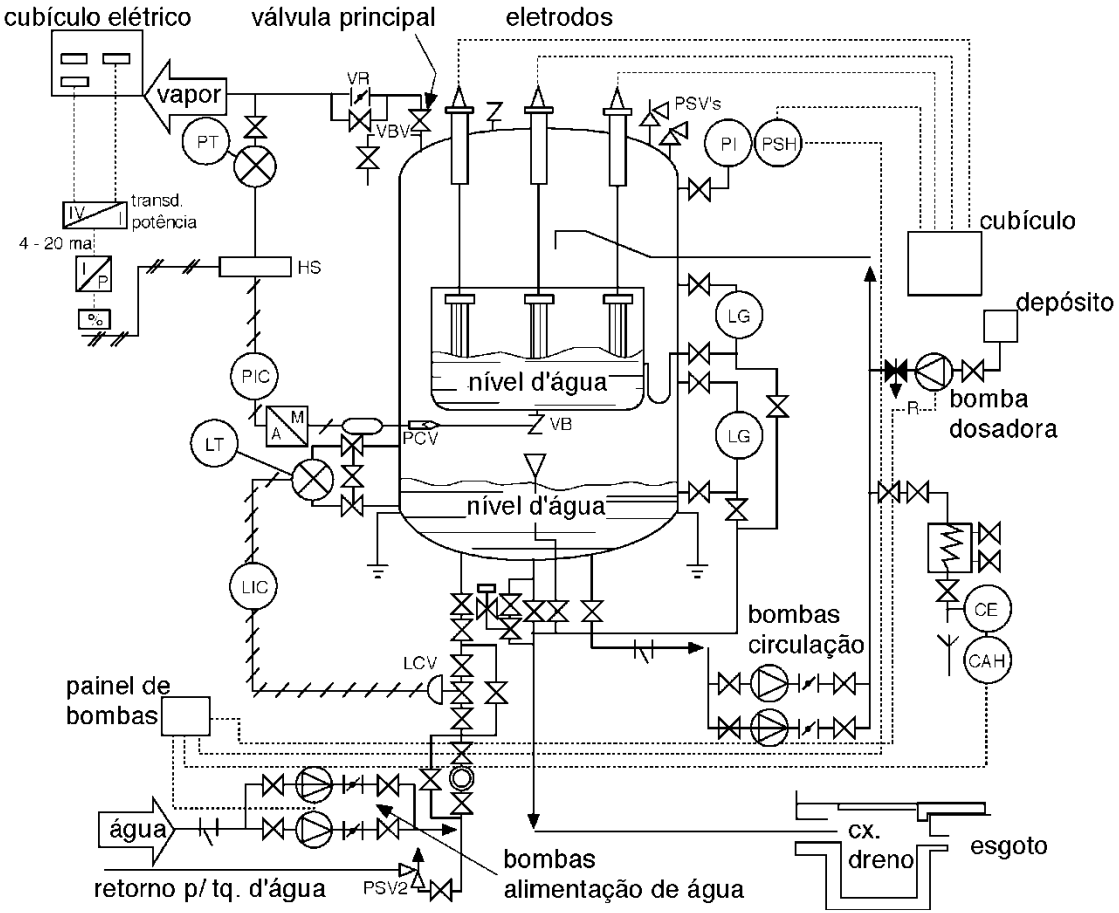


TIPOS DE CALDEIRAS ELÉTRICAS

- **De eletrodos submersos:** é geralmente destinada a trabalhar com pressões de vapor não muito elevadas (aproximadamente 15kgf/cm²).



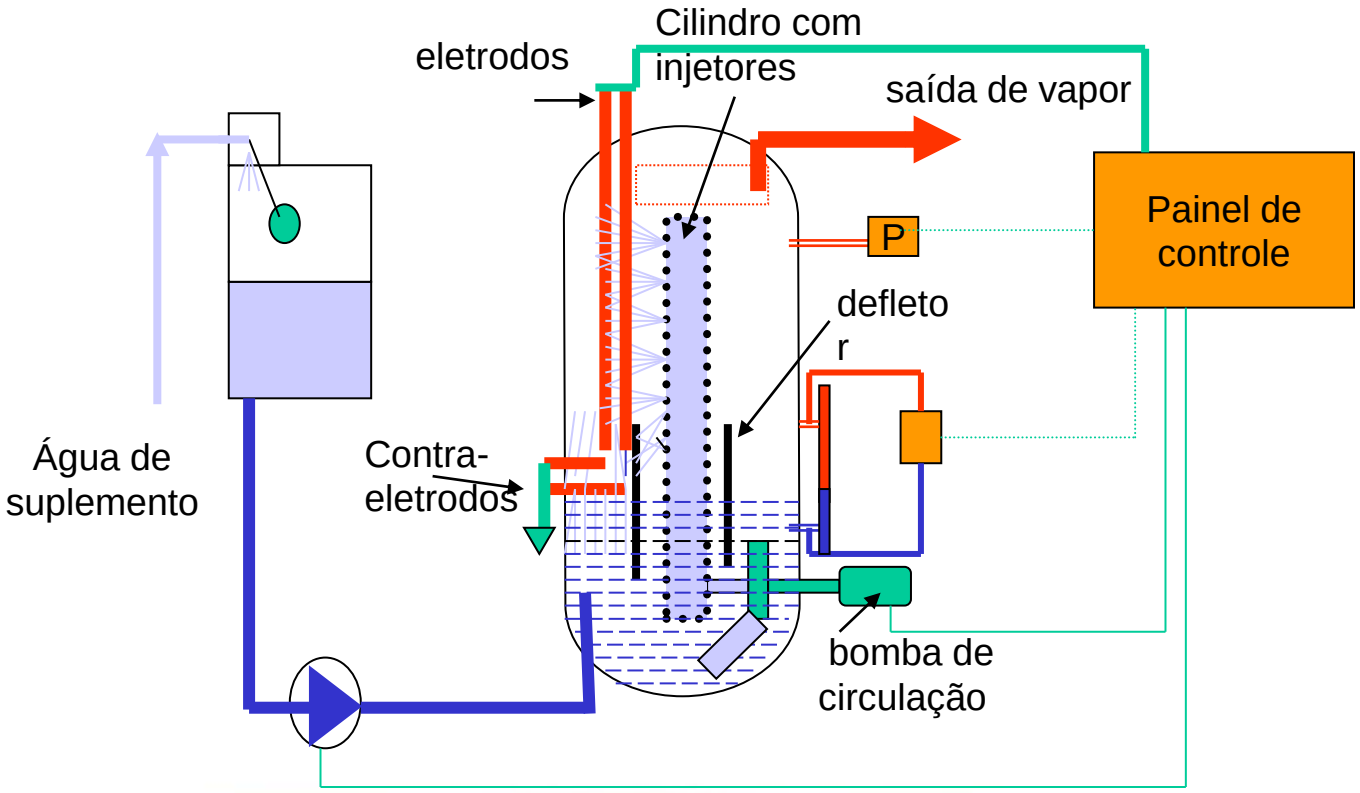
CALDEIRA ELÉTRICA COM ELETRODO SUBMERSO



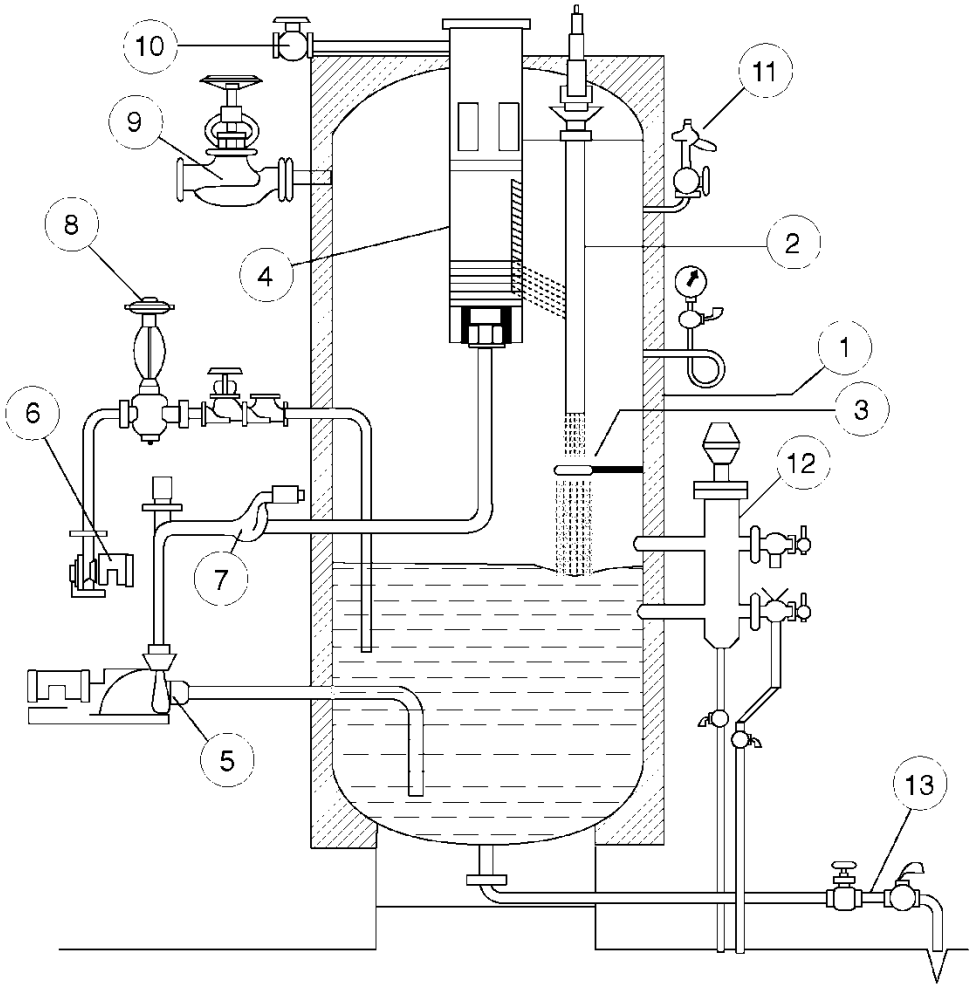
CE – sensor de condutividade
LIC – indicador e controlador de nível
LG – indicador de nível
PIC – controlador e indicador de pressão
– hidrômetro
PI – manômetro
PT – transmissor de pressão
LT – transmissor de nível
PSV2 – válvula de controle
– válvula agulha
– válvula solenóide
HS – limitador de potência
A/M – extrator ou redutor de sinais
PCV – válvula controladora de pressão
LCV – válvula controladora de nível
PSV – válvula de segurança
PSH – segurança de alta pressão
IV/I – transdutor de potência
I/P – conversor
CAH – alarme de condutividade alta

TIPOS DE CALDEIRAS ELÉTRICAS

- **De jato d'água (ou eletrodos borrifados):** é usada para aplicações de maior produção de vapor.



CALDEIRA ELÉTRICA TIPO JATO DE ÁGUA



1 – corpo da caldeira
2 – eletrodo
3 – contra eletrodo
4 – corpo da cascata
5 – bomba de circulação
6 – bomba de alimentação
7 – válvula de controle de produção
8 – válvula de controle de alimentação
9 – saída de vapor
10 – eliminador de ar
11 – válvula de segurança
12 – controle de nível de água
13 – descarga de fundo

EXERCÍCIOS

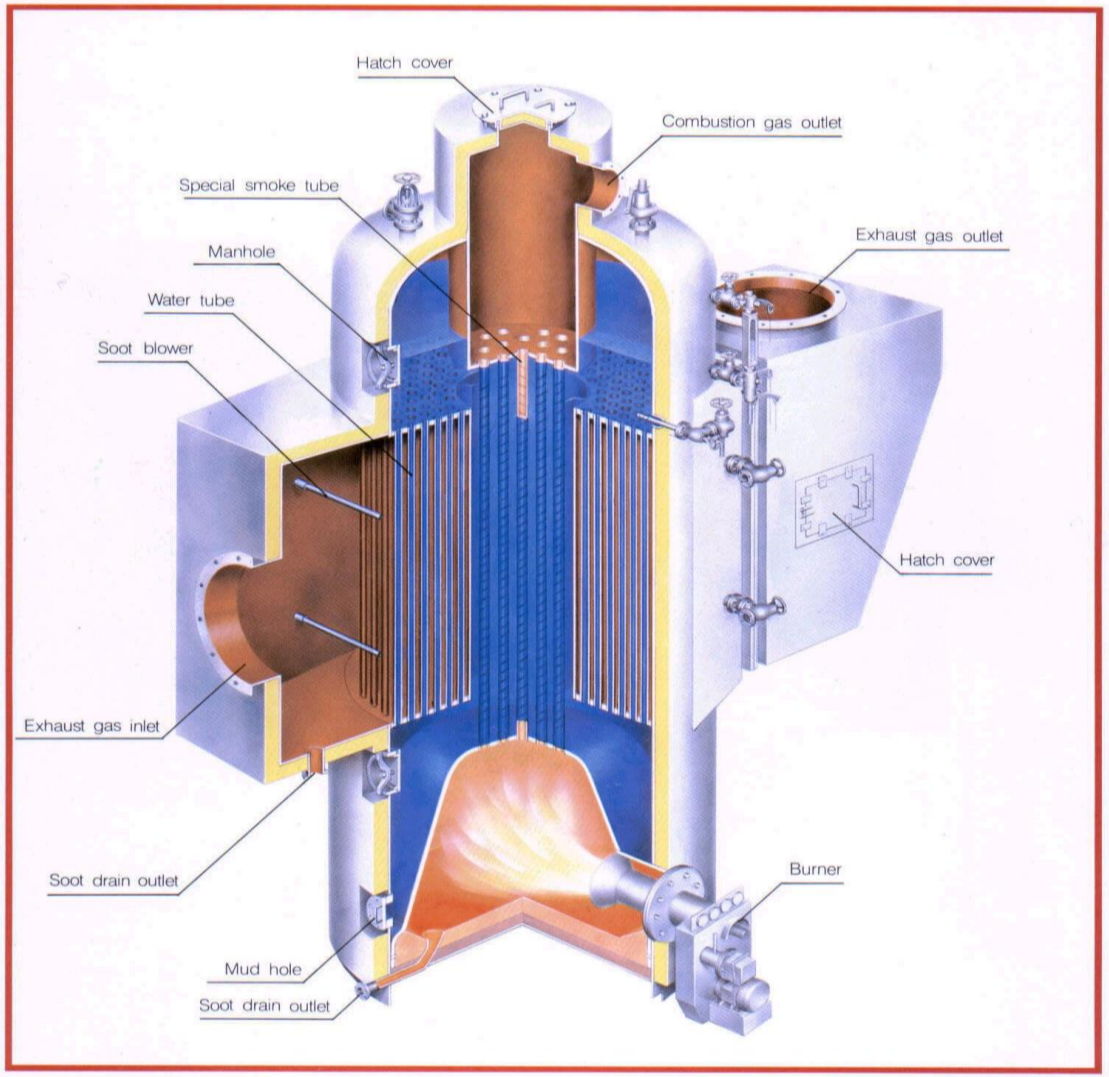
1. **Cite algumas características De uma caldeira elétrica.**
2. **Quais os tipos de caldeiras elétricas existentes?**
3. **Por que é necessário instalar isolamento térmico nas caldeiras?**
4. **Por que a água totalmente pura não é recomendada para caldeiras elétricas?**

CALDEIRAS COMPOSTAS

- É uma caldeira flama / aquatubular cilíndrica vertical, a qual consiste de uma câmara de combustão a óleo, e uma seção de gases de descarga proveniente de motores diesel ou turbinas a gás. As seções de óleo e gás possuem uma superfície tubular de aquecimento, apropriadas para uma boa eficiência térmica, e alta confiabilidade operacional.

A caldeira permite uma operação simultânea entre os lados do gás de exaustão e o lado do óleo combustível, quando necessário. Quando em operação apenas com os descarga dos gases, caso ocorra uma redução na produção do vapor ou um aumento no consumo do vapor produzido, a caldeira será capaz de rapidamente suprir a demanda de vapor solicitada, com o acionamento automático do sistema de queima de óleo combustível.

CALDEIRAS COMPOSTAS



Classificação das Caldeiras quanto ao tipo de Combustível

- **1 - Caldeiras a Combustível Sólido:**

- **a) Carvão mineral** – usado principalmente em grandes termoelétricas – ¾ do carvão consumido nos Estados Unidos é usado na produção de vapor para geração de energia elétrica.

- **b) Carvão vegetal e lenha** – atualmente em desuso devido elevação do custo e falta de matéria prima.

- **c) Bagaço de cana** – usado nas indústrias de açúcar e álcool, aproveitando o resto da moagem da cana de açúcar como combustível. O vapor produzido é usado nas máquinas da usina, geradores e aquecedores.

Classificação das Caldeiras quanto ao tipo de Combustível

- **2 – Caldeiras a Combustíveis Líquidos:** Nos combustíveis líquidos temos o óleo crú, o fuel-oil e o óleo diesel como os mais largamente empregados nas mais variadas capacidades de carga de cada caldeira.

- O óleo crú e o fuel-oil necessitam de pré-aquecimento para uma viscosidade adequada fins melhor pulverização e queima. Normalmente o óleo diesel é usado em pequenas instalações, principalmente por não necessitar de aquecimento.

- Por esta razão, algumas vezes é usado em grandes instalações onde o rigor do frio do clima local exige um investimento muito alto na instalação de um sistema de aquecimento. Entretanto o alto preço do óleo diesel vem tornando esta caldeira incompatível com o custo/benefício.

Classificação das Caldeiras quanto ao tipo de Combustível

- **Caldeiras a Gás**: Muito usada na indústria petrolífera onde existe sobra de gás natural. Hoje devido as facilidades de suprimento de gás natural de petróleo, o baixo custo desse combustível e, a grande preocupação com o meio ambiente, as grandes industrias vem optando por este tipo de combustível.

- **Nota:** Todas as caldeiras que usam combustível líquido ou gás podem usar 2 ou mais tipos de combustível.

Classificação das Caldeiras quanto ao tipo de Combustível

- **Caldeiras de Recuperação:** São caldeiras que não usam nenhum combustível como fonte de aquecimento. Essas caldeiras não possuem fornalha, portanto aproveitam o calor da descarga dos gases da combustão de um motor diesel ou de uma turbina a gás para a geração de vapor o qual é utilizado para aquecimento ou para geração de energia elétrica.

- Este sistema é também empregado em usinas elétricas combinadas onde o gerador principal é uma turbina a gás e outro gerador é uma turbina a vapor.