

Geração e distribuição de vapor

introdução

Introdução

- Para utilizar e converter energia térmica em mecânica:
 - Conversão energia química ou nuclear -> térmica
 - Transporte (distribuição) energia térmica
 - Conversão energia térmica -> mecânica
- Para gerar a energia térmica:
 - Reações químicas (combustão)
 - Reações nucleares
 - Recuperação de “calor” (proveniente de outros processos)
 - Energia elétrica

Introdução

- Muitos dos sistemas existentes utilizam vaporização de um líquido
 - Vaporizando um líquido => sua energia específica aumenta
 - Esta energia pode ser distribuída e utilizada em diferentes processos
 - Geração de potência (TV)
 - Aquecimento
 - Etc.
 - Água é o fluido mais utilizado
 - Abundante

Introdução

- Um sistema completo envolve então:
 - Gerador de vapor
 - Sistema de distribuição de vapor
 - Sistema para utilização (extração) de parte da energia do vapor

Geradores de vapor

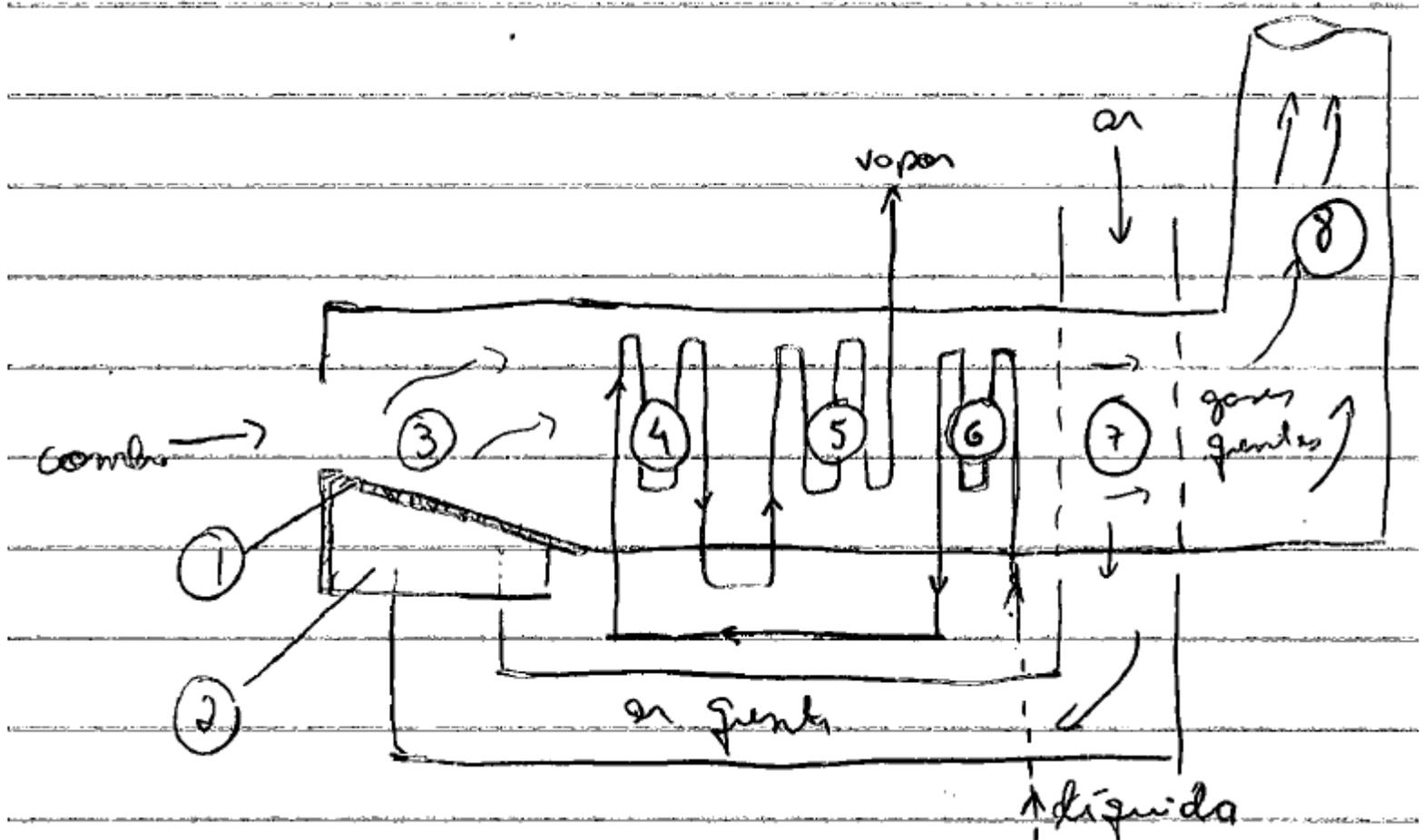
- Equipamento destinado à produção de vapor
 - Energia específica ($e=E/m$) do vapor \gg e do líquido
 - Esta energia pode então ser distribuída e utilizada em diversos processos
- Para gerar vapor é necessário fluxo de calor
 - Combustão
 - Reaproveitamento de calor
 - Reação nuclear
 - Energia elétrica
- Fluido + utilizado: água

Geradores de vapor

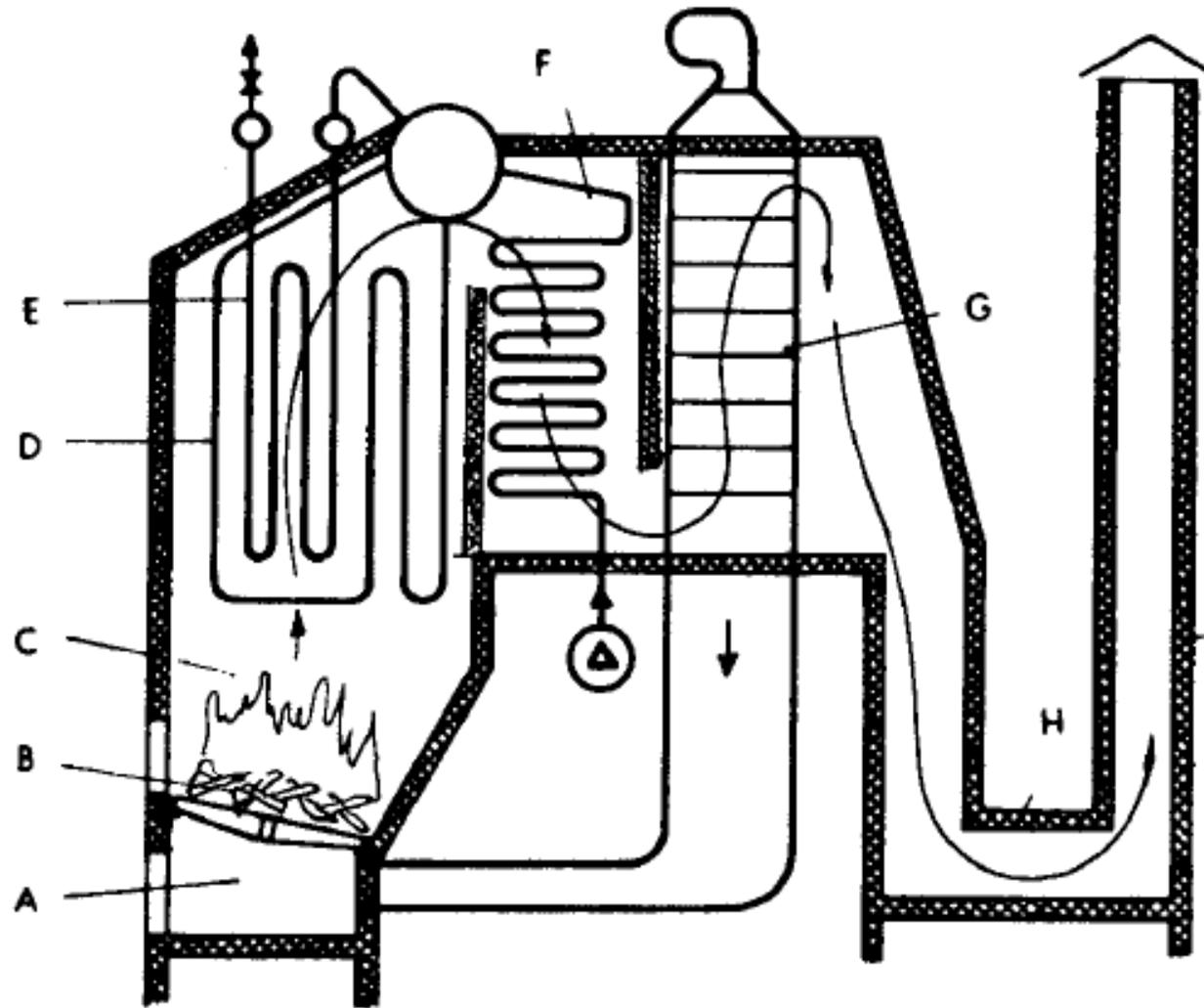
- São também conhecidos como “Caldeiras”
 - Embora este termo seja também utilizado para denominar um de seus componentes
- OBS: Durante a vaporização é possível controlar T controlando-se P
 - T e P são dependentes na região bifásica
 - Parte dos GV trabalham com vapor saturado (ou levemente superaquecido)
 - Neste caso, o limite de T e P é imposto pelo ponto crítico.

Componentes de um GV

- Forno
- Caldeira de vapor (ou tambor de vapor)
- Superaquecedor
- Economizador
- Pré-aquecedor de ar
- Sistema de tiragem



- 1) Grelha
- 2) Cinzeiro
- 1+2+3) fornalha
- 4) Caldeira de vapor
- 5) Superaquecedor
- 6) Economizador
- 7) Aquecedor de ar
- 8) Chaminé



- a) Cinzeiro
- b) Fornalha
- c) Seção de irradiação
- d) Seção de convecção
- e) Superaquecedor
- f) Economizador
- g) Pré-aquecedor de ar
- h) Exaustor
- i) Chaminé

Fornalhas

- Região onde ocorre queima do combustível
- Funções
 - Evaporar toda umidade do combustível
 - Destilar substâncias voláteis do combustível
 - Elevar T combustível até combustão
 - Proporcionar combustão completa
 - Deve criar turbulência para misturar Ar + Combustível
 - Restringir troca de calor com o ambiente externo
- Maioria trabalha a $P < P_{atm}$
 - Evita vazamentos
 - Permite abertura de portas de observação

Fornalhas

- Em alguns casos, devido ao $\Delta P \Rightarrow$ ar pressurizado
 - Fornalha pressurizada
- 2 tipos básicos:
 - Queima em grelhas de combustível sólido
 - Parte inferior recolhe cinzas (cinzeiro)
 - Queima em suspensão
 - Comb. Sólido em suspensão ou então comb. Líquido ou gasoso
 - É preciso pulverizar ou atomizar o combustível (qdo este não é gás)
 - Maçarico (ou queimador)

Caldeiras de vapor

- Superfície de troca de calor entre gases comb. E fluido a ser vaporizado
- Classificação básica de caldeiras:
 - Baseada nas posições relativas dos escoamentos dos gases queimados e do fluido de trabalho
 - Tipos:
 - Flamotubulares
 - Aquatubulares
 - Caldeiras mistas

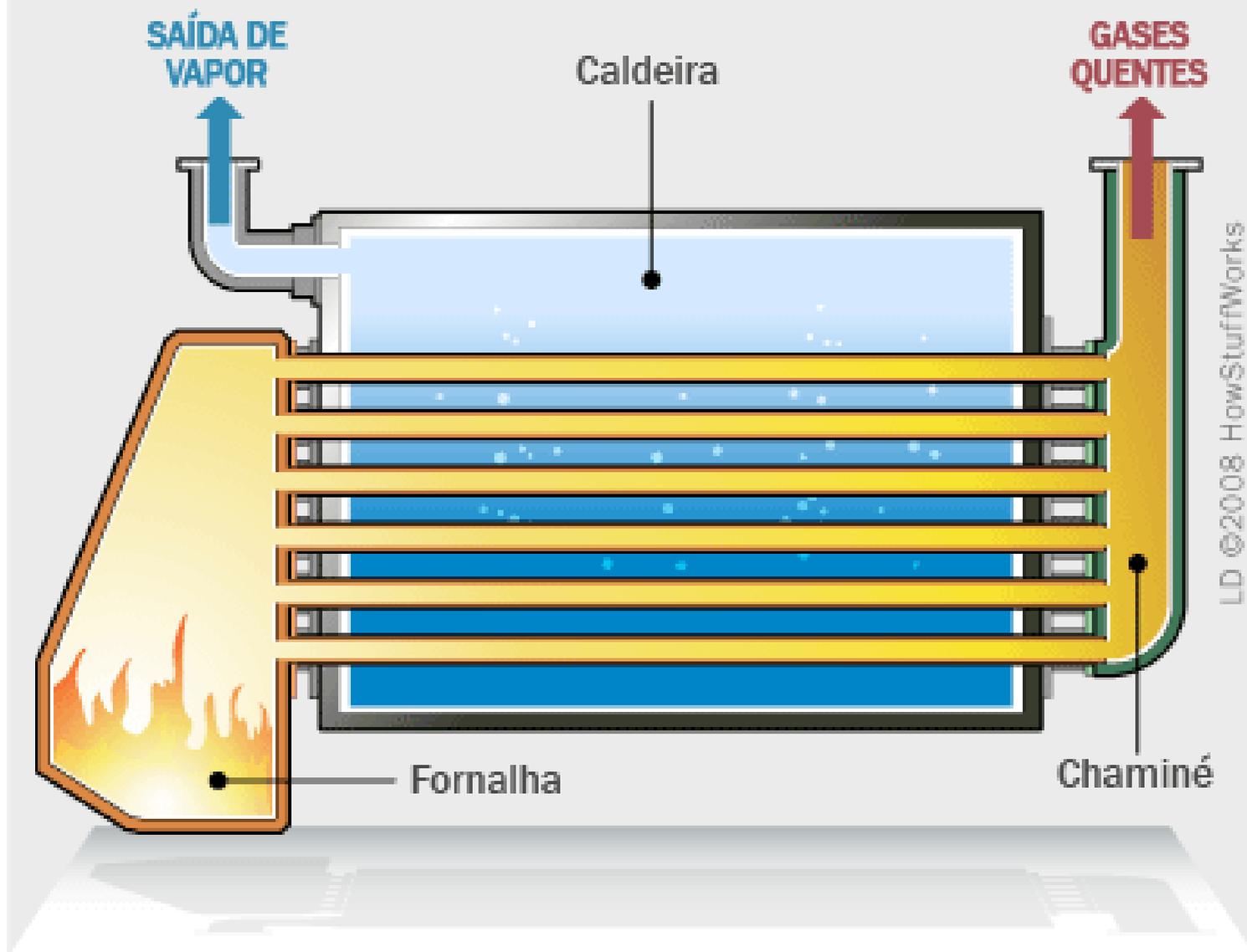
Caldeiras Flamotubulares

- Gases queimados circulam no interior de dutos cercados pelo fluido a ser vaporizado
 - Pode ter um ou vários passes
- Atendem bem a demandas variáveis de vapor
- São de fácil construção
- Não requerem tratamento apurado da água
- São a grande maioria das caldeiras utilizadas para pequenas capacidades de produção de vapor (até 10 ton/h) e baixas pressões (até 10 bar) e para vapor saturado

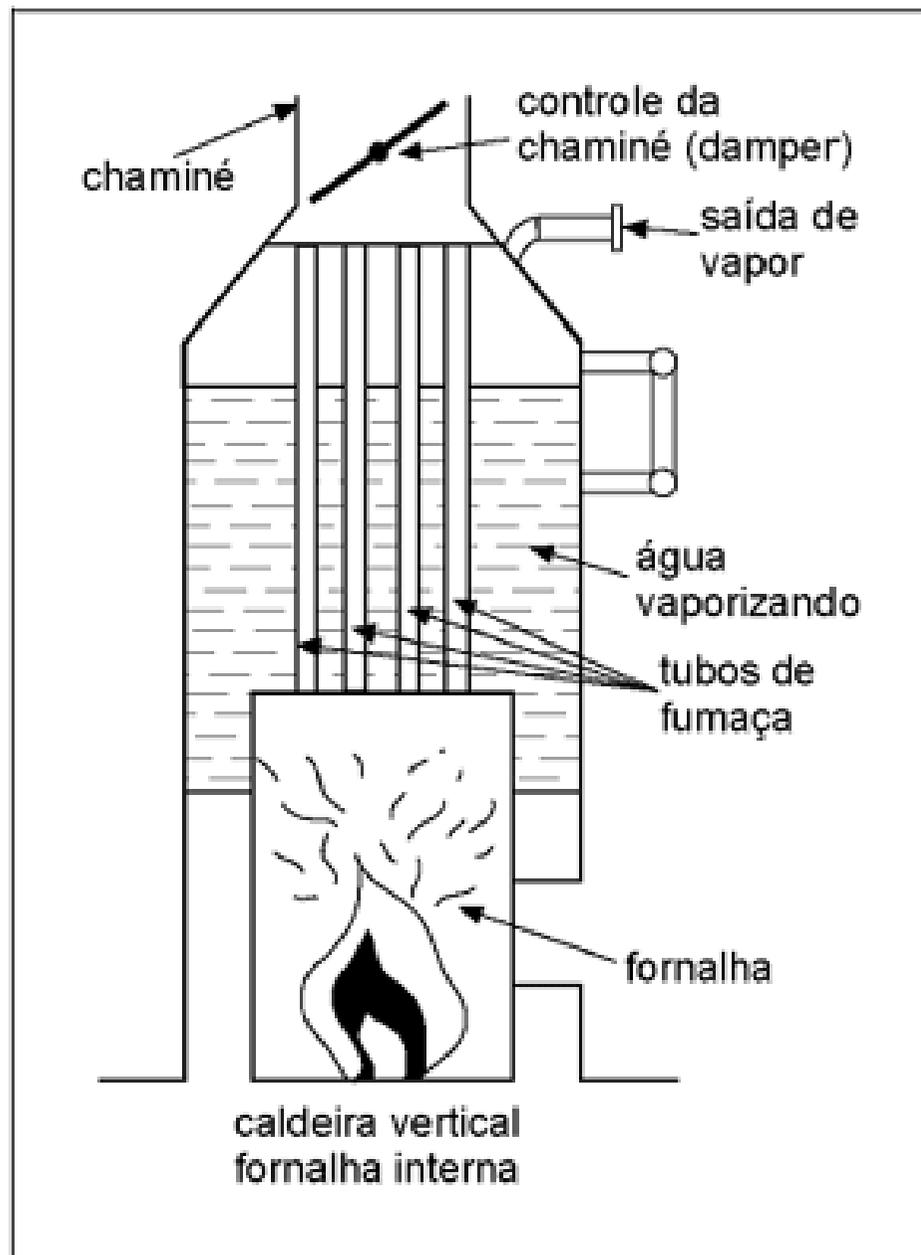
Caldeiras Flamotubulares

- Desvantagens:
 - Partida lenta (grande massa de líquido)
 - Ocupam muito espaço (em relação ao aquecimento)
 - Circulação de água deficiente
- OBS: para cald. Flamotubulares a fornalha deve ser dimensionada para combustão completa
 - Por isso, cald. Flamotubulares modernas utilizam comb. Líquidos ou gasosos

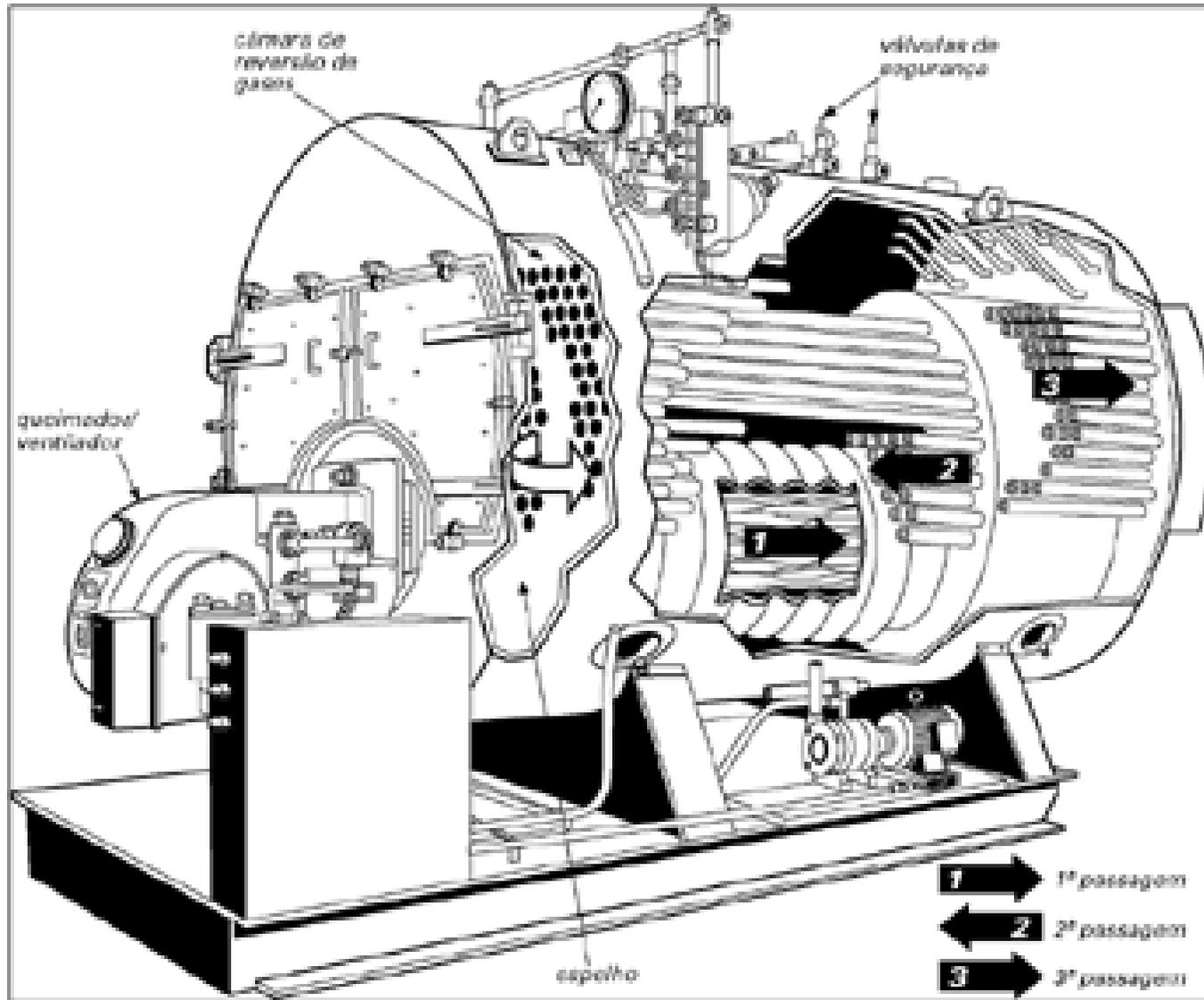
Como funcionam os motores a vapor



<http://clubedovapor.blogspot.com.br/2010/08/producao-de-vapor.html>



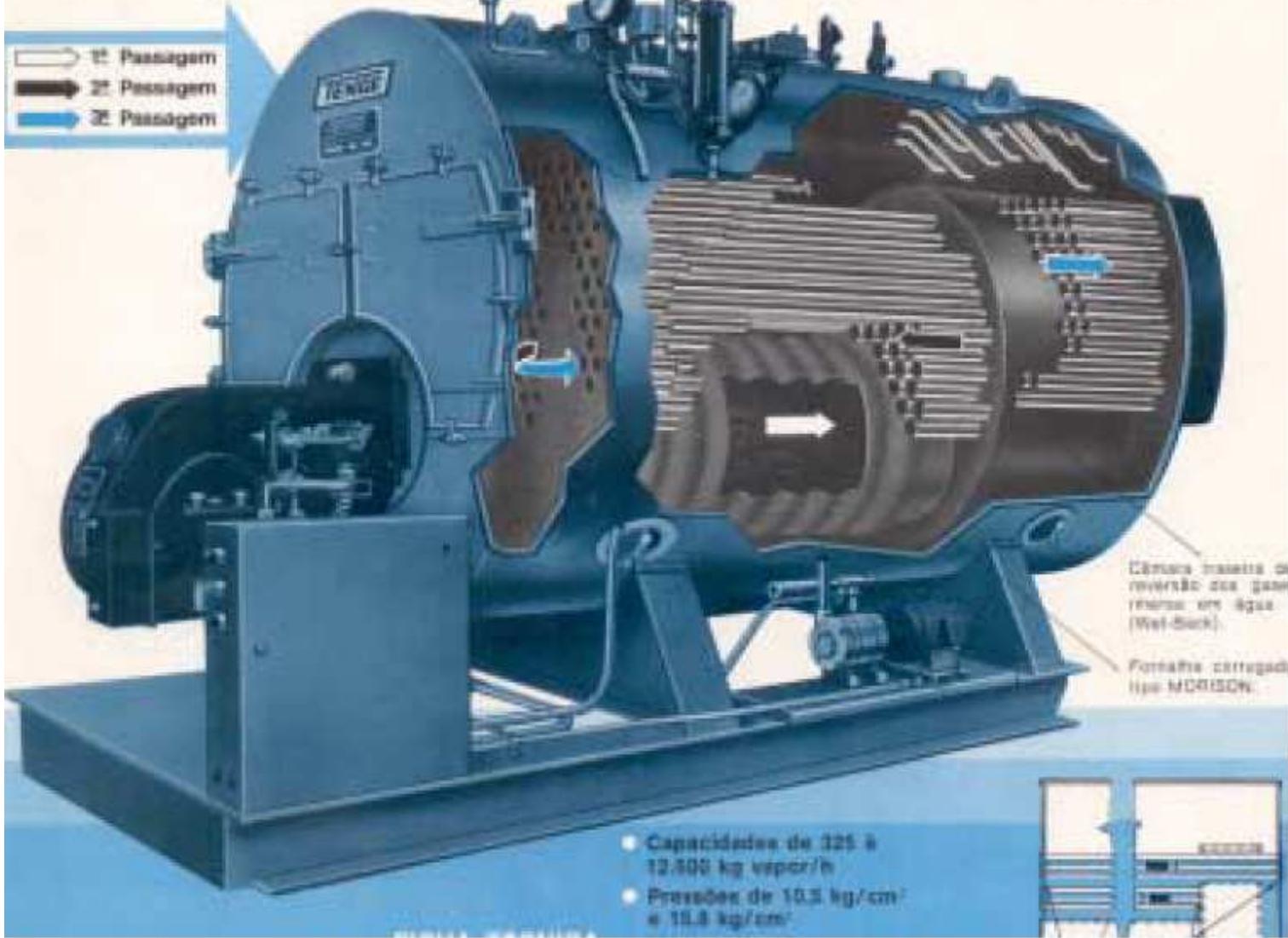
http://www.chdvalvulas.com.br/artigos_tecnicos/caldeiras/flamotubulares.html



http://www.chdvalvulas.com.br/artigos_tecnicos/caldeiras/flamotubulares.html

A GRANDE DIFERENÇA

- 1ª Passagem
- 2ª Passagem
- 3ª Passagem



Câmara traseira de reversão dos gases (morno em água) (Wet-Back).

Fornalha corrugada tipo MCCORMICK.

- Capacidades de 325 à 12.500 kg vapor/h
- Pressões de 10,5 kg/cm² e 16,8 kg/cm²

www.tecnologia.com.br

Caldeiras Aquatubulares

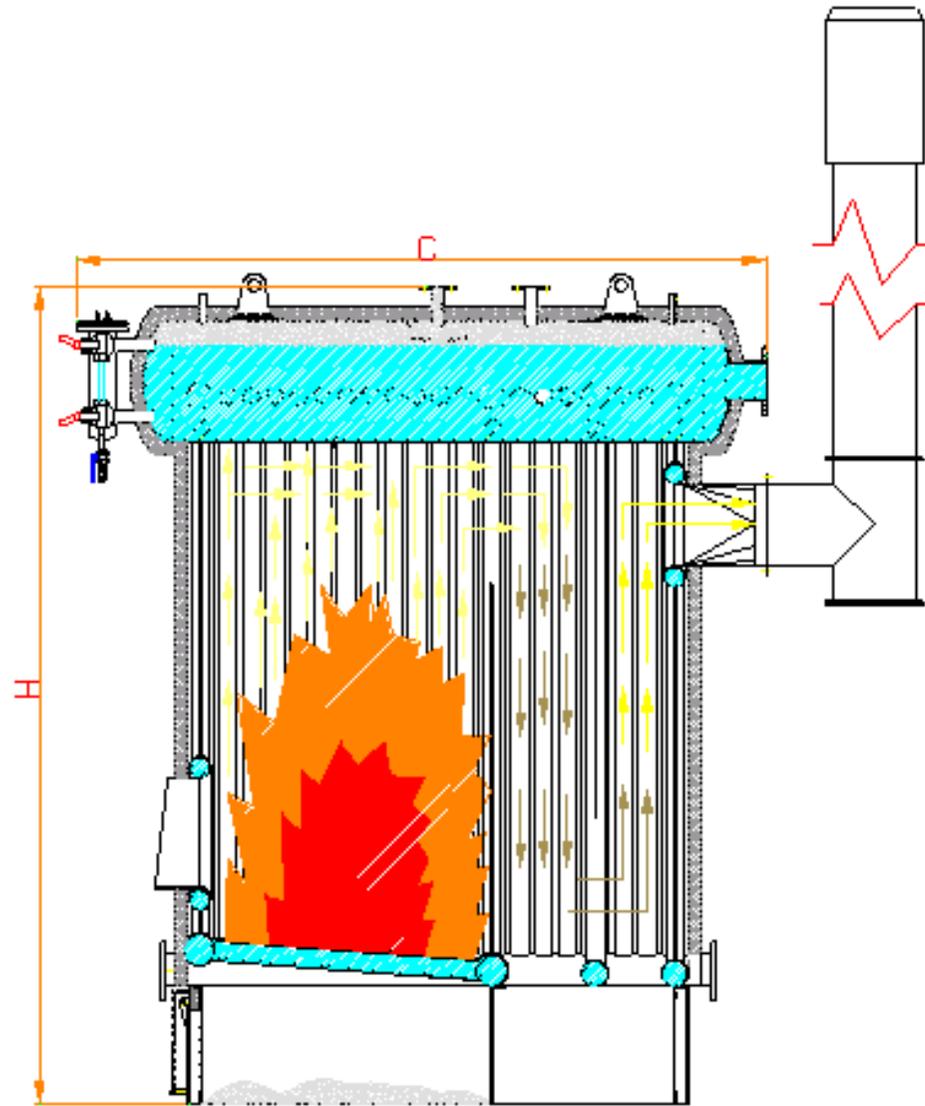
- Água circula em tubos cercados pelos gases queimados
 - Água é aquecida e vaporizada
- Tubos interligam 2 ou mais reservatórios cilíndricos horizontais (“tubulões”)
 - Tubulão superior, onde ocorre separação das fases líquida e gasosa
 - Tubulão inferior, onde é feita decantação e purga dos sólidos em suspensão
- Os tubos podem ser retos ou curvados

Caldeiras Aquatubulares

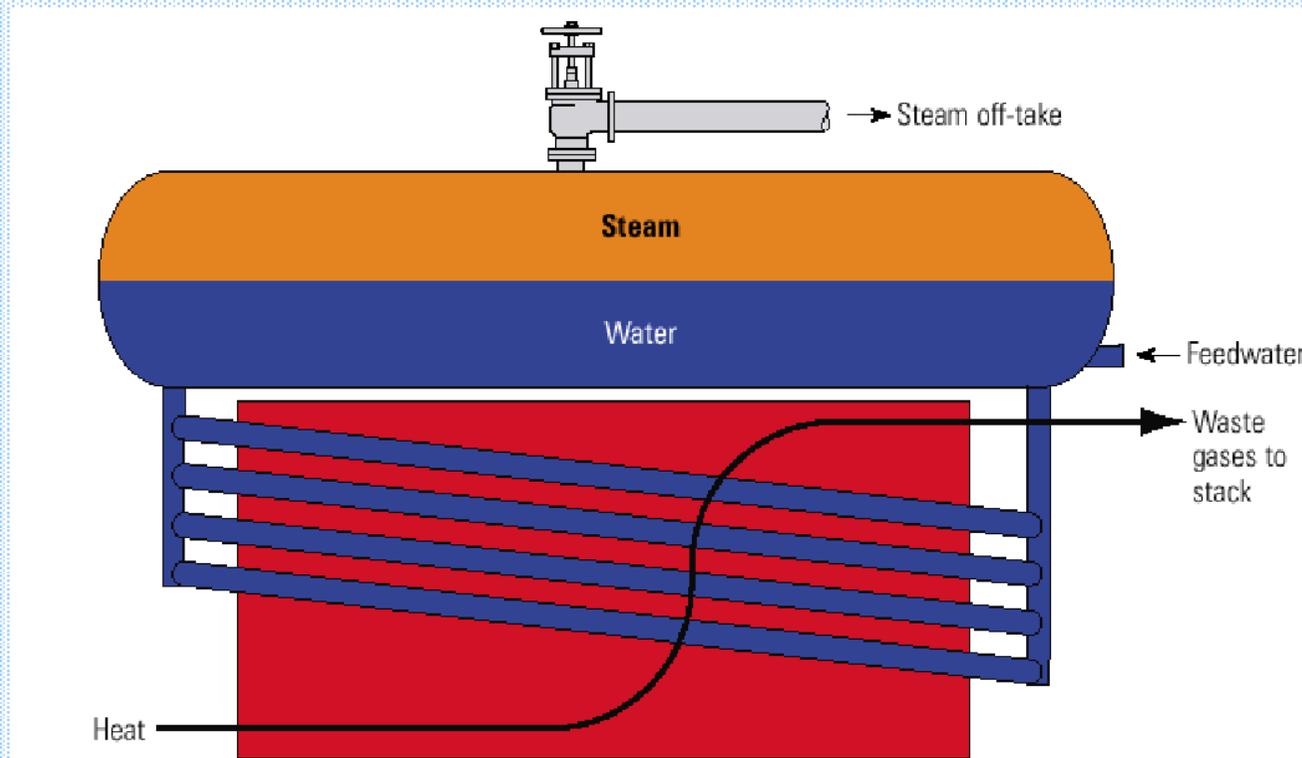
- Separam-se em 2 seções
 - Seção de radiação
 - Transf. Calor por radiação da chama aos tubos >> convecção gases para o tubo
 - Seção de convecção
 - Trans. Calor por convecção para os tubos >> trans. Radiação
- Suportam altas pressões
- Compactas (em relação ao vapor produzido)
- Partida proporcionalmente mais rápida
- Boa circulação de água e elevada capacidade de geração

Caldeiras Aquatubulares

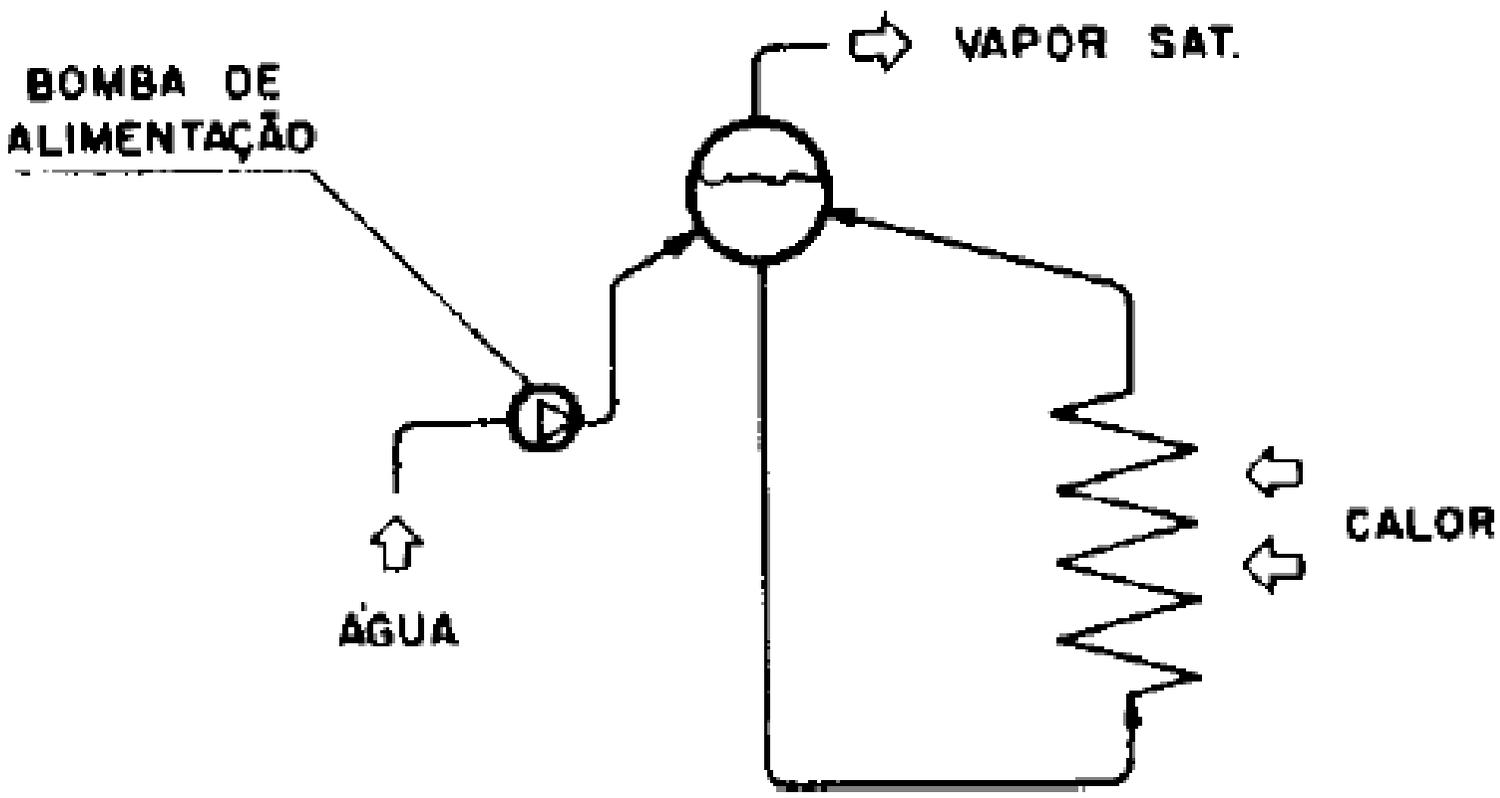
- P. ex: há cald. Aquatubulares que produzem 750 ton/h de vapor a 3540 atm.
- Grandes quantidade de vapor a P elevado => pode produzir vapor superaquecido
- Circulação da água por convecção natural ou forçada
- Desvantagens:
 - Requerem tratamento apurado da água
 - Exigem paredes refratárias
 - Sensíveis a demandas variáveis de vapor
 - Em geral, necessitam de controle automático da fornalha



<http://www.weco.ind.br/Produtos/Produtos.aspx?CodigoProduto=46&CodigoCategoria=5>



<http://dc392.4shared.com/doc/vvcvMima/preview.html>



Caldeiras Mistas

- Para GV de pequena capacidade e que utilizam combustíveis sólidos
- É uma solução intermediária:
 - São caldeiras flamotubulares com uma antecâmara de combustão com paredes revestidas de tubos de água
 - Caldeira fica mais compacta

Superaquecedores de vapor

- Tubos que contém vapor produzido na caldeira e trocam calor com gases quentes (prod. Combustão) para superaquecer vapor
- Colocados após caldeira (em relação ao fluxo de gases)
- Permitem obter vapor superaquecido para uso em turbinas
- Desvantagem:
 - Aumento da perda de carga dos gases de combustão
 - Aumento dos custos de manutenção

Economizador

- Pré-aquecimento da água de alimentação pelos gases de exaustão
 - Economia de combustível
- Tipos:
 - Economizador: usa gases de combustão
 - Regenerador: usa vapor de extração
- Aumento do rendimento do GV
- Desvantagem:
 - Aumento da perda de carga da água de alimentação
 - Aumento dos custos de manutenção

Pré-aquecedor de ar de combustão

- Trocador de calor que pré-aquece o ar que irá participar da combustão, utilizando parte da energia dos gases de exaustão
- Melhora a combustão
- Aumenta o rendimento do GV
- Desvantagens
 - Aumento da perda de carga do ar de alimentação
 - Aumento da perda de carga dos gases de exaustão
 - Aumento dos custos de manutenção

Sistema de tiragem

- Responsável pela exaustão dos gases queimados
- Também é responsável pela sucção de ar para a combustão
- Pode conter 1 ou mais dos seguintes componentes:
 - Chaminé
 - Utiliza $\nabla\rho$ do gás (entre gás queimado e atmosfera)
 - Se sem exaustor ou ventilador => chaminés altas (20 a 30 metros)
 - Exaustor
 - Succiona gases queimados e os expelle
 - Ventilador
 - Aumenta pressão do ar de combustão => ajuda gases a vencerem ΔP
 - Desvantagem: aumenta pressão na fornalha