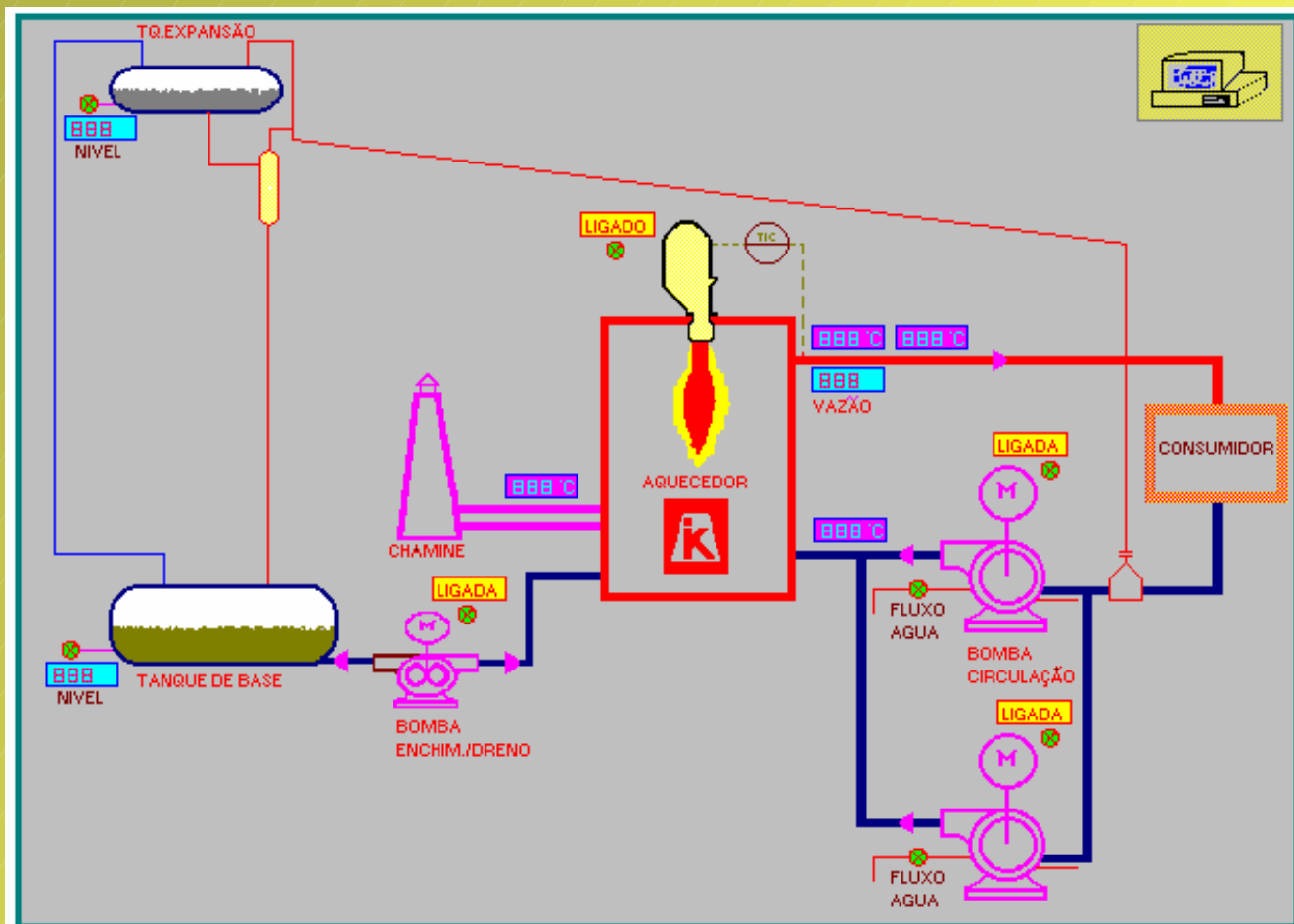




KONUS ICESA S.A.

SOLUÇÕES TÉRMICAS E SIDERÚRGICAS

INTEGRAÇÃO DE UTILIDADES , RECUPERAÇÃO DE CALOR E COGERAÇÃO EM SISTEMAS DE AQUECIMENTO DE FLUIDO TÉRMICO



Autor: JOAQUIM LUIZ BARROS JR.

INTEGRAÇÃO DE UTILIDADES, RECUPERAÇÃO DE CALOR E COGERAÇÃO EM SISTEMAS DE AQUECIMENTO DE FLUIDO TÉRMICO.

Este trabalho é uma reprodução da Monografia apresentada no curso de Pós-Graduação em Eficiência Energética do Centro Federal de Educação Tecnológica – RJ, no ano de 2001/2002.

O autor deste trabalho, Joaquim Luiz Barros, formado em Engenharia Mecânica e Mestrando em Economia Empresarial é Pós-Graduado em Eficiência Energética e em Engenharia Econômica e possui MBA em Marketing. É Diretor Superintendente da KONUS ICESA S/A e atua há mais de 15 anos na área de Engenharia, Fabricação e Comercialização de Equipamentos e Sistemas Térmicos.

SUMÁRIO

- 1- Introdução
- 2- Sistemas de Aquecimento de Fluido Térmico
 - 2.1 Definição
 - 2.2 Principais Componentes
 - 2.3 Fluido Térmico - Definições e Faixas de Operações
 - 2.4 Principais Aplicações
 - 2.5 Principais Vantagens em sua Utilização
 - 2.6 Principais Normas de Projeto e Fabricação
 - 2.7 Evolução Histórica
 - 2.8 Mercado Brasileiro
- 3- Sistemas de Geração de Água Quente ou Água Superaquecida
- 4- Geração de Vapor de Água
- 5- Sistemas Flexíveis com Queima de Diversos Combustíveis
- 6- Sistemas Recuperativos
- 7- Geração de Água Gelada através do Sistema de Absorção
- 8- Cogeração
- 9- Conclusão
- 10- Referências Bibliográficas

1. INTRODUÇÃO

De uma maneira geral a utilização eficiente da energia disponível em nosso país é, e será cada vez mais, um desafio para todos, seja na aplicação em processos produtivos ou na nossa vida particular.

Todos nós estamos vivenciando uma evolução tecnológica que cresce de forma exponencial, gerando portanto, um consumo energético cada vez maior. Com isto, há a necessidade de uma maior disponibilização das diversas energias, aumentando também os investimentos envolvidos. Esta nova realidade está criando uma consciência quase generalizada de que devemos utilizar cada vez melhor a energia que consumimos, seja por motivos econômicos ou seja por motivos ambientais.

Isto posto, este trabalho se propõe a apresentar, de forma objetiva e clara, as opções e as vantagens de se integrar através de centrais eficientes as diversas utilidades (água quente e/ou superaquecida, vapor, ar quente e água gelada) necessárias aos mais variados processos produtivos, utilizando-se para tanto o sistema de aquecimento de fluido térmico.

A tecnologia de utilização de sistemas de aquecimento de fluido térmico, conforme verificaremos no decorrer deste trabalho, é utilizada há mais de setenta anos na Europa e há mais de trinta anos no Brasil. Sendo, que em nosso território, existem centenas de instalações em operação nas mais diversas aplicações porém, em quase nenhum caso operando de forma integrada ao processo produtivo como um todo.

Apresentando sempre tecnologias e equipamentos disponíveis no mercado nacional, o objetivo deste estudo é disponibilizar os subsídios básicos necessários para que engenheiros e empresários possam cada vez mais, utilizar as fontes energéticas disponíveis para gerar e distribuir as utilidades inerentes aos seus processos de produção, de maneira eficiente e flexível.

Esta monografia pretende então ser uma fonte de consulta e com isto, auxiliar na utilização racional, tecnicamente correta e eficiente da energia térmica nos mais variados processos produtivos, diminuindo custos, flexibilizando e melhorando a confiabilidade dos sistemas de produção, nos mais variados segmentos da indústria nacional, tais como: Química, Têxtil, Alimentícia, Metalúrgica, Eletro-eletrônicas, etc.

2. SISTEMAS DE AQUECIMENTO DE FLUIDO TÉRMICO

2.1. Definição

O sistema de aquecimento de fluido térmico é utilizado nos mais diversos processos produtivos, em que necessita-se de um aquecimento indireto. Trata-se de um circuito fechado, onde um fluido específico recebe energia térmica no Aquecedor, elevando com isto sua temperatura, transporta esta energia térmica através de sua circulação em uma tubulação até o ponto de consumo, trocando este calor absorvido nas mais diversas máquinas e aquecendo com isto produtos, sistemas ou ambientes.

Os sistemas de fluido térmico são divididos em dois tipos básicos: Sistemas de Aquecimento - utilizados para aquecer produtos, ambientes ou processos e Sistemas de Resfriamento - utilizados em refrigeração de ambientes ou produtos.

Os sistemas de aquecimento de fluido térmico podem ser divididos em dois tipos: Sistemas em Fase Líquida e Sistemas em Fase Vapor.

Os sistemas de fase líquida são os mais utilizados no Brasil, correspondendo a aproximadamente 98% das instalações. Nestes sistemas o fluido térmico trabalha obrigatoriamente em fase líquida em todo e qualquer ponto da instalação e a uma temperatura máxima de 365°C.

Nos sistemas de fase vapor, o fluido térmico após ser aquecido em fase líquida, passa por um tanque de flash e vaporiza-se. Ao trocar calor no consumidor, já em fase vapor, se condensa e retorna para o aquecedor onde irá recomençar o ciclo.

Os sistemas que operam em fase líquida, por sua vez, possuem duas sub-divisões, que são os sistemas não pressurizados e os sistemas pressurizados.

Os sistemas não pressurizados trabalham a uma temperatura máxima de 300°C e não necessitam de pressurização externa, uma vez que a maioria dos fluidos térmicos possuem uma temperatura de vaporização à pressão atmosférica de aproximadamente 300°C.

Os sistemas que trabalham entre 300°C e 365°C, necessitam de pressurização externa, normalmente realizada por um gás inerte, tal como o nitrogênio. Esta pressurização, porém, é extremamente baixa em comparação com um sistema de vapor d'água para a mesma temperatura. Estes sistemas de aquecimento de fluido térmico, dependendo do fluido utilizado, são pressurizados entre 2kgf/cm² a no máximo 10kgf/cm². Somente para exemplificarmos, um sistema de vapor d'água saturado trabalhando a 350°C teria uma pressão de operação de 167,63 kgf/cm².

A seguir, para uma melhor compreensão, apresentamos um fluxograma esquemático de sistemas de aquecimento de fluido térmico na fase líquida (pressurizado e não pressurizado) e na fase vapor.

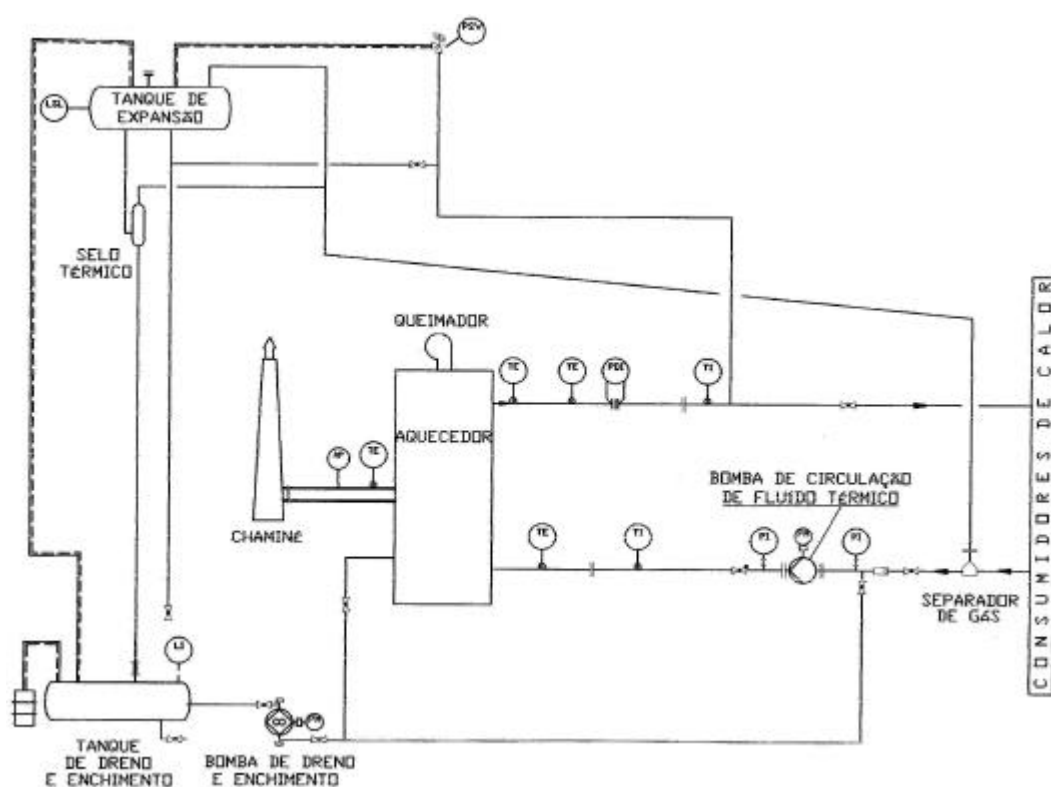


Fig. 2.1 – Sistema de aquecimento de fluido térmico na fase líquida sem pressurização.

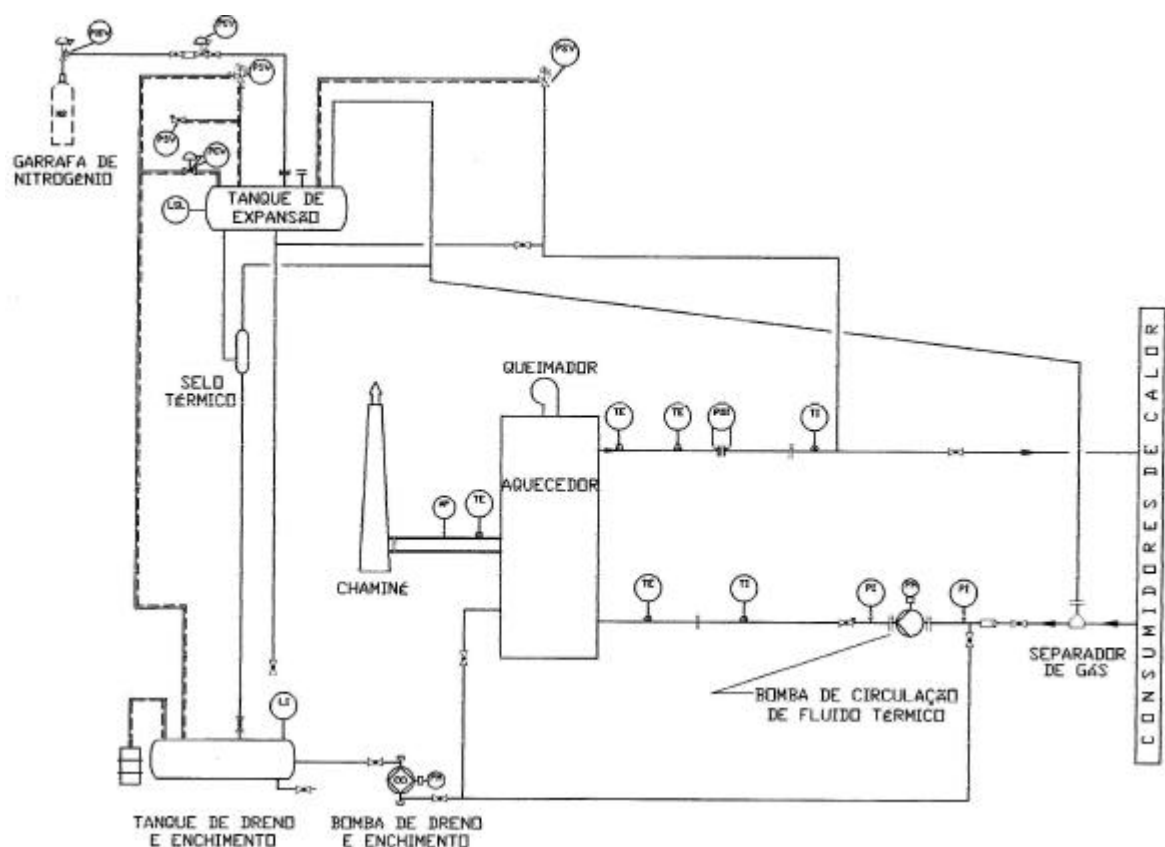


Fig. 2.2- Sistema de aquecimento de fluido térmico na fase líquida com pressurização.

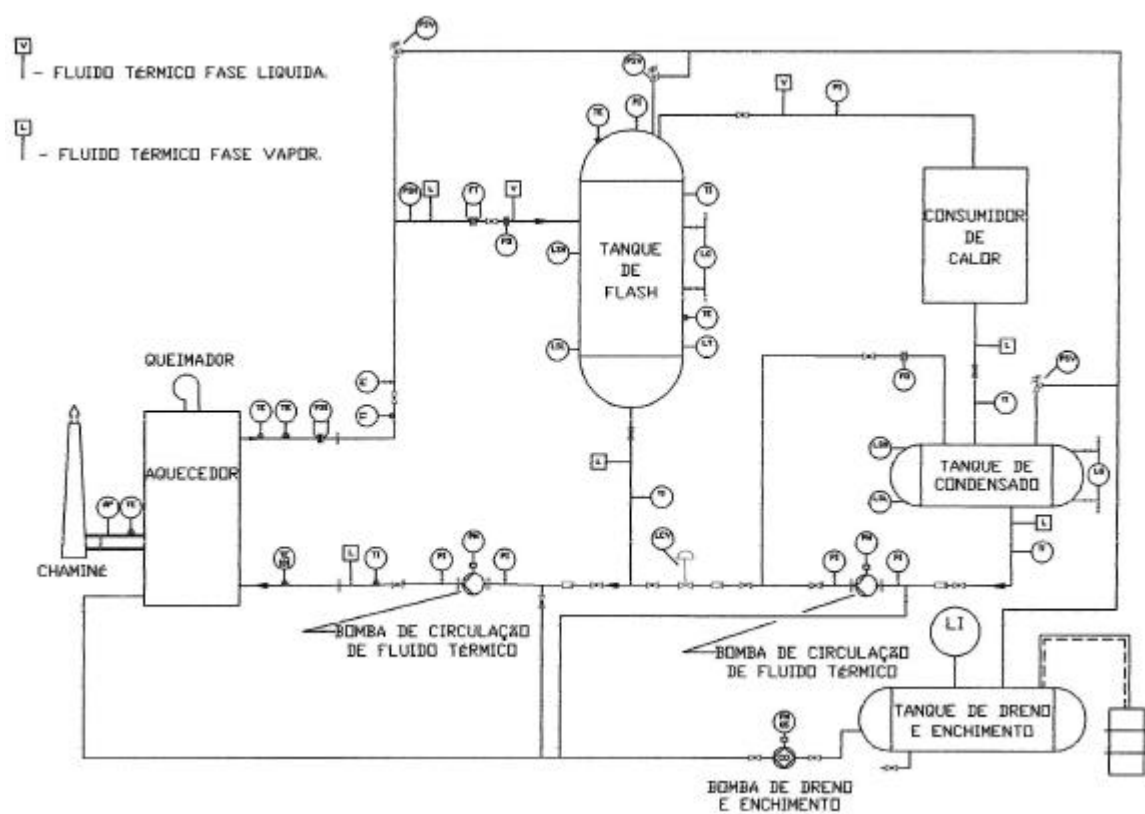


Fig. 2.3- Sistema de aquecimento de fluido térmico na fase vapor.

2.2. Principais Componentes

No intuito de esclarecer possíveis dúvidas, apresentamos abaixo um fluxograma básico de um sistema de aquecimento de fluido térmico indicando e definindo os seus principais componentes :

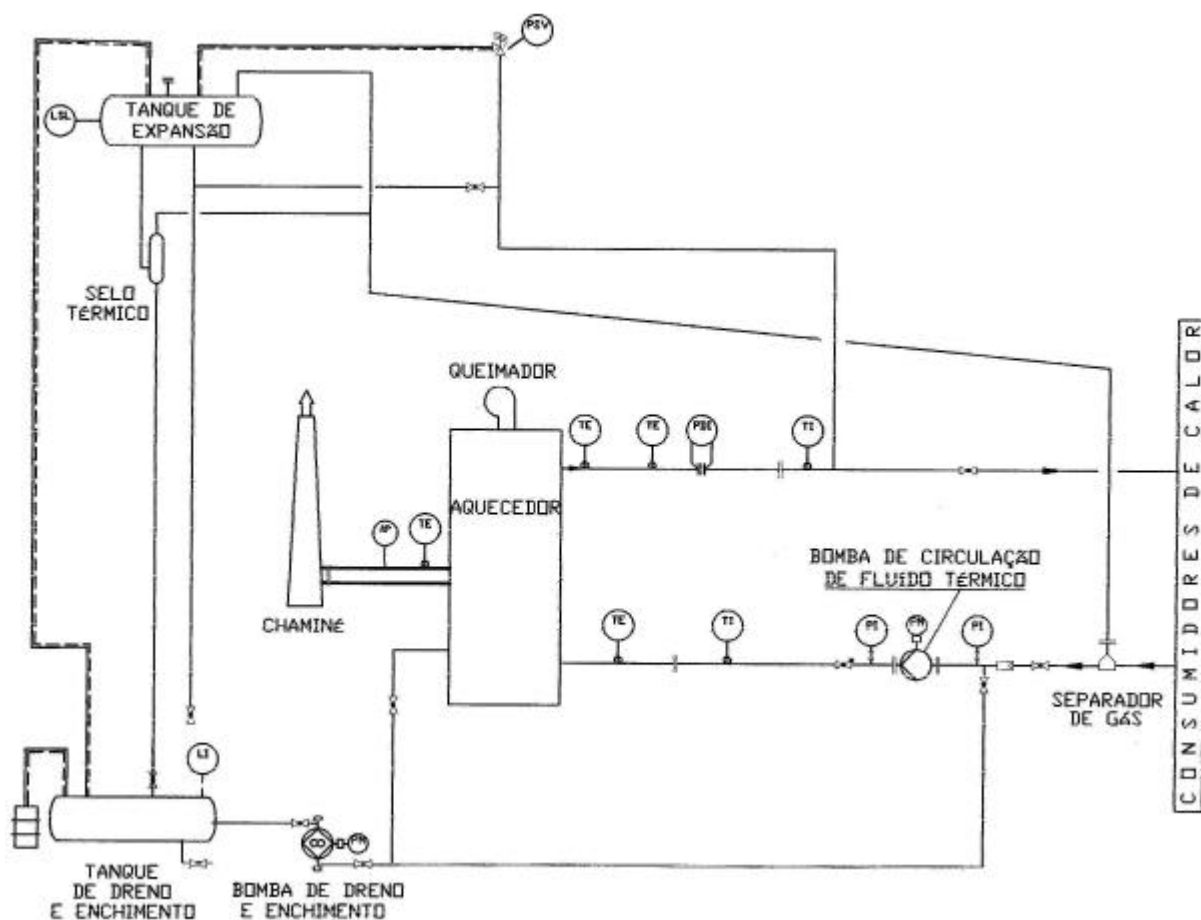


Fig. 2.4 – Sistema padrão de aquecimento de fluido térmico.

- 1- Aquecedor – é o equipamento que fornece a energia térmica para o fluido térmico. Este aquecimento pode ser feito através da queima de óleos combustíveis ou gases combustíveis, queima de madeira ou biomassa, elétrico ou recuperativo (aproveitando por exemplo os gases quentes de um processo existente).

- 2- Chaminé – equipamento responsável pela exaustão dos gases de combustão para atmosfera (não utilizado no caso de aquecedor elétrico).
- 3- Queimador – utilizado nos aquecedores com queima de óleo ou gás combustível, é o equipamento responsável pela perfeita combustão e fornecimento de energia ao aquecedor (não utilizado no caso de aquecedor elétrico).
- 4- Tanque de Dreno e Enchimento - é um reservatório que tem a função drenar total ou parcialmente o sistema no caso de manutenção. Normalmente é através deste tanque que se faz o enchimento de fluido térmico no sistema.
- 5- Bomba de Dreno e Enchimento – bomba utilizada para o enchimento e drenagem do sistema.
- 6- Bomba de Circulação de Fluido – bomba centrífuga, responsável pela circulação do fluido térmico entre o aquecedor e os diversos pontos de consumo.
- 7- Separador de Gás – equipamento que auxilia na eliminação de gases e umidade do sistema, principalmente durante o start-up do mesmo.
- 8- Selo Térmico – tanque que tem como principal objetivo a selagem térmica entre o sistema e o tanque de expansão, evitando com isto que o tanque de expansão trabalhe com uma temperatura muito alta.

9- Tanque Expansão – trabalha como um pulmão para absorver a expansão volumétrica do fluido térmico quando do seu aquecimento e também da contração volumétrica quando do seu resfriamento.

10- Consumidor de Calor – é a máquina e/ou sistema que necessita ser aquecido para um determinado fim.

2.3 Fluido Térmico – Definições e Faixas de Operação

Pode-se considerar como fluido térmico, na realidade, todo e qualquer fluido que em um determinado sistema cumpra o papel de condutor de energia térmica da fonte produtora (aquecedor ou caldeira), para o ponto de consumo.

Com isto, um dos mais populares fluido térmico que conhecemos é a água, seja na fase líquida ou na fase vapor.

Porém denominamos tecnicamente de “Fluido Térmico”, como fluidos especificamente desenvolvidos trabalhar como um meio ligação entre a fonte de energia térmica e um ponto de consumo de calor. Os fluidos térmicos podem ser orgânicos ou sintéticos, dependendo de sua aplicação e principalmente sua temperatura de operação.

As principais características que um fluido térmico deve possuir são:

- Estabilidade térmica
- Calor específico elevado
- Alta condutividade térmica
- Baixa viscosidade
- Alta vida útil

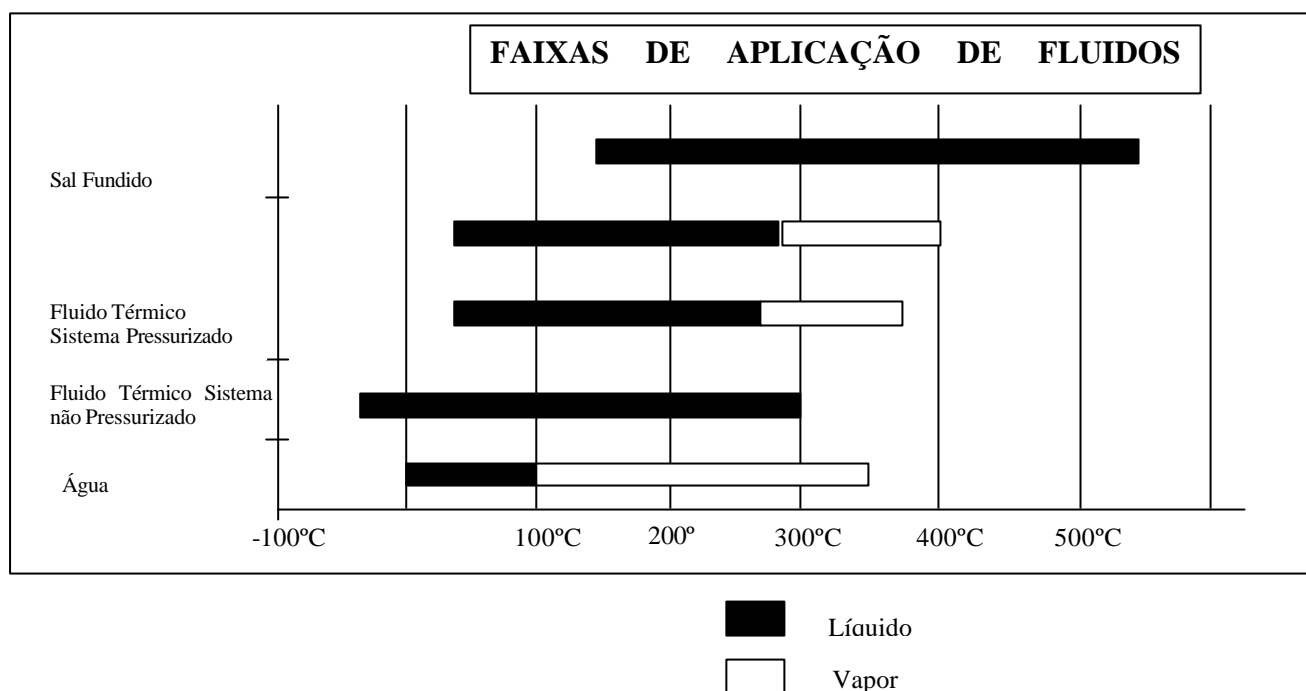


Fig.2.5- Faixas operacionais dos diversos fluidos térmicos.

2.4. Principais Aplicações

O sistema de aquecimento de fluido térmico é e pode ser utilizado em todo e qualquer sistema de aquecimento indireto, no qual necessita-se de um agente (fluido térmico) para transportar a energia térmica de uma central até os diversos pontos de consumo.

Este sistema é amplamente utilizado nas diversas indústrias e aplicações conforme apresentamos a seguir:

- Indústria Têxtil – na termofixação das cores nos tecidos.
- Indústria Automobilística e de Eletrodomésticos – no aquecimento das estufas de secagem de pintura.
- Indústria Alimentícia – no aquecimento dos fornos, dos óleos para fritura e na desodorização de óleos vegetais.
- Indústria Química – no aquecimento de reatores.
- Indústria de Asfalto – no aquecimento das máquinas de preparação e mistura do asfalto.

- Indústria Madeireira e de Móveis – no aquecimento das prensas e das resinas para fabricação de compensados e aglomerados.

Além das aplicações acima descritas, o sistema em questão também é muito utilizado para o aquecimento de óleos combustíveis muito viscosos (de 1A/1B a 7A/7B e RASF).

2.5. Principais Vantagens em sua Utilização

- O controle de temperatura é muito exato, podendo-se controlar precisamente o ponto de trabalho, conforme necessidade se cada produto/consumidor, evitando-se com isto, superaquecimentos localizados.
- O aquecedor pode ser instalado em um local reservado, aumentando a segurança da instalação e atendendo as normas de segurança referente a incêndios e explosões.
- O custo operacional e de manutenção é muito inferior, se compararmos com o de um sistema de vapor para a mesma temperatura.
- As condições de transferência de calor podem ser otimizadas caso a caso dentro de um mesmo sistema.
- O mesmo sistema de fluido térmico pode trabalhar ora aquecendo ora resfriando um determinado produto e/ou equipamento.
- O armazenamento de calor é possível e especialmente vantajoso quando existe uma grande variação de consumo e picos de demanda por curtos períodos.
- O calor gerado no aquecedor de fluido térmico pode ser transformado central ou localmente nos consumidores em água quente, água superaquecida, vapor ou ar quente, de acordo com a necessidade do processo produtivo.

- Em sistemas de aquecimento direto, a troca para um combustível diferente do inicialmente previsto é muito onerosa ou as vezes até inviável. No sistema de aquecimento de fluido térmico, isto pode ser feito com um investimento muito pequeno e muito rapidamente.

Comparando-se diretamente com um sistema de geração de vapor d'água saturado, temos como grande vantagem trabalharmos com altas temperaturas e baixas pressões. Na figura abaixo apresentamos a diferença entre as pressões de trabalho para as diversas temperaturas.

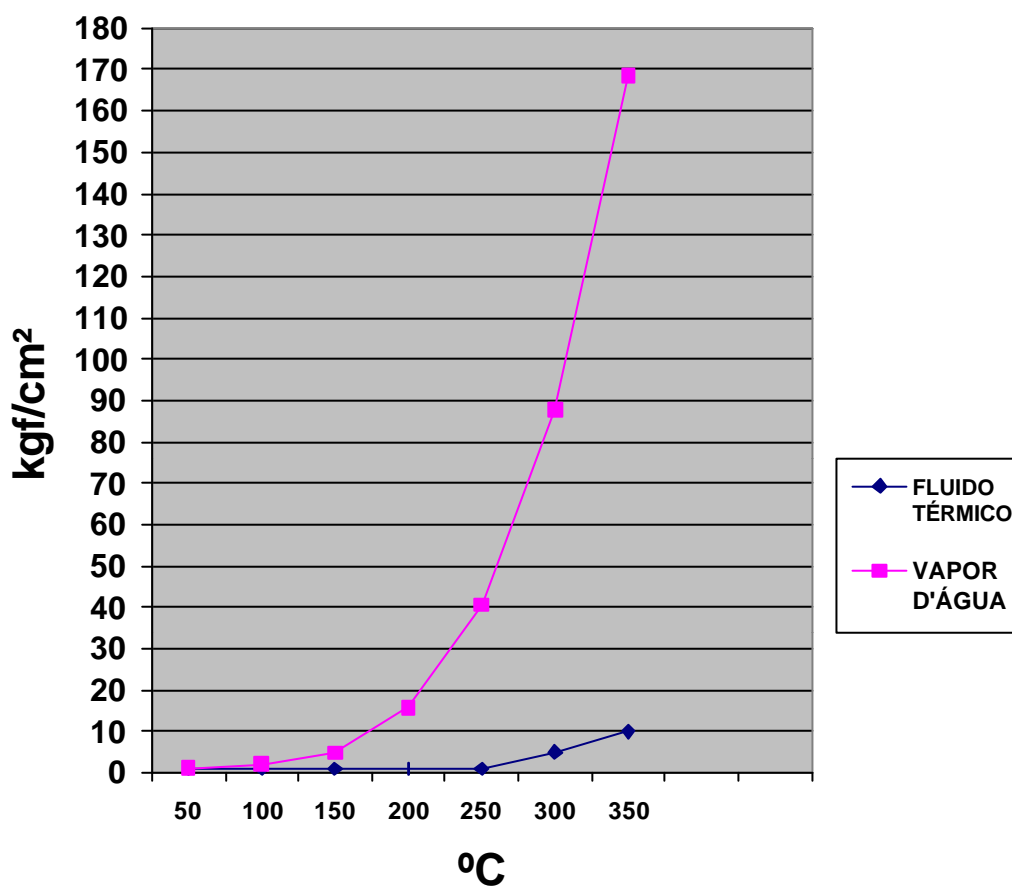


Fig.2.5- Comparação das pressões de trabalho para as diversas temperaturas, entre o fluido térmico e o vapor de água saturado.

As outras vantagens nesta comparação são:

- Não há corrosão ou incrustações na tubulação
- Não há tratamento de água
- Não há consumo de água, nem mesmo de fluido térmico, por se tratar de um circuito fechado.

2.6. Principais Normas de Projeto e Fabricação

A Norma alemã DIN 4754, foi a pioneira na definição dos requisitos necessários para o dimensionamento e especificação do sistema de fluido térmico. Esta norma, amplamente utilizada nos dias de hoje, apresenta entre outros pontos, um roteiro padronizado para o dimensionamento do aquecedor e dos demais itens do sistema, tendo como um dos principais objetivos a segurança da instalação.

Apesar de uma grande simplicidade em seu conceito, o que levou a sua grande difusão, as instalações de fluido térmico apresentam no entanto uma certa sofisticação e complexidade na integração e no dimensionamento dos seus diversos componentes, que exige a aplicação de princípios físicos e de engenharia multidisciplinar.

Podemos destacar como os principais pontos da Norma DIN 4757, os seguintes:

- O fluido térmico utilizado, seja ele qual for, deve ter uma vida útil de no mínimo um ano.
- O sistema de aquecimento, seja através de combustão ou elétrico, deve ter um controle de temperatura de tal modo que o mesmo seja preciso e permita um desligamento imediato em caso de superaquecimento.
- O aquecedor deve ser dimensionado e fabricado de tal forma que a temperatura de saída do fluido térmico e a temperatura de película (temperatura do fluido em contato com a parede dos tubos internos do aquecedor) estejam dentro do limite permitido para o fluido

aplicado e que o fabricante tenha domínio destas temperaturas através de cálculos matemáticos.

A seguir apresentaremos, somente em caráter ilustrativo, as principais Normas utilizadas no Brasil para o dimensionamento, especificação e/ou fabricação dos principais componentes do sistema de fluido térmico. Vale a pena esclarecer sobre a existência de diversas outras normas adotadas, dependendo da origem tecnológica dos fabricantes de cada um dos diversos itens do sistema de fluido térmico:

Aquecedor

Dimensionamento Térmico - DIN 4754

Dimensionamento Mecânico - ASME SEL. VIII DIV I

Tanque de Expansão, Tanque de Dreno, Selo Térmico e Separador de Gás

Dimensionamento Térmico - DIN 4754

Dimensionamento Mecânico - ASME SEC. VIII DIV. I

Queimadores

Fabricação conforme Norma DIN 4787

Chaminé

Cálculo estrutural conforme DIN 4133 e materiais conforme Norma ASTM (ASTM A 285-C)

Bombas

Construção Dimensional – Norma DIN 24256 / ISSO 2858

Cálculos Mecânicos – Norma ANSI B 73.1

Válvulas

Materiais – Norma ASTM

Padrões de fabricação – Norma ANSI B16.9

Tubulação

Para os tubos internos do aquecedor usa-se ASTM A 178-A e para a tubulação externa da instalação utiliza-se ASTM A 106-B.

2.7. Evolução Histórica

Os sistemas de aquecimento de fluido térmico são utilizados mundialmente há mais de setenta anos. A sua utilização foi sendo aos poucos ampliadas e as instalações foram ficando cada vez mais complexas. Porém cada vez mais bem projetadas, fabricadas, montadas e também melhor monitoradas / operadas e conseqüentemente muito mais seguras. A seguir apresentamos um resumo da evolução histórica dos sistemas de aquecimento de fluido térmico.

ANO

1930 - primeiras aplicações nas indústrias químicas européias.

1940 – uso crescente nos demais processos industriais.

1970 – surgem as primeiras instalações com queima de combustíveis sólidos.

1974 – emissão da norma DIN 4754, na Alemanha, como “Regulamento para Tecnologia” de instalações de fluido térmico.

1980 – cresce a utilização de sistemas de fluido térmico no Brasil, acarretando com isto, importação de equipamentos e de tecnologia, assim como a implantação de fabricantes no eixo Rio – São Paulo.

1985 – cresce a importância da automação, início do uso de controladores programáveis.

1990 – utilização cada vez maior de sistemas supervisórios, para um maior controle e segurança dos sistemas.

2000 – início da utilização em escala industrial, de energias alternativas (ex.: energia solar) como armazenamento de energia.

2.8.Mercado Brasileiro de Fluido Térmico

O mercado brasileiro de sistemas de aquecimento de fluido térmico, possui aproximadamente 650 instalações em funcionamento, algumas com mais de um aquecedor operando de forma interligada. Conforme poderemos verificar, estes sistemas estão distribuídos nas diversas regiões do nosso país e aplicados aos mais diversos ciclos produtivos, que necessitam de aquecimento indireto. Logicamente , devido à sua aplicação, a maior quantidade de aquecedores encontram-se nas regiões Sudeste e Sul do país, uma vez que estas áreas são as mais industrializadas do Brasil. A seguir apresentaremos uma figura que mostra a distribuição geográfica das instalações no território nacional, onde poderemos constatar que realmente os sistemas de aquecimento de fluido térmico já se encontram operando em várias plantas instaladas nas mais diversas regiões do nosso país.

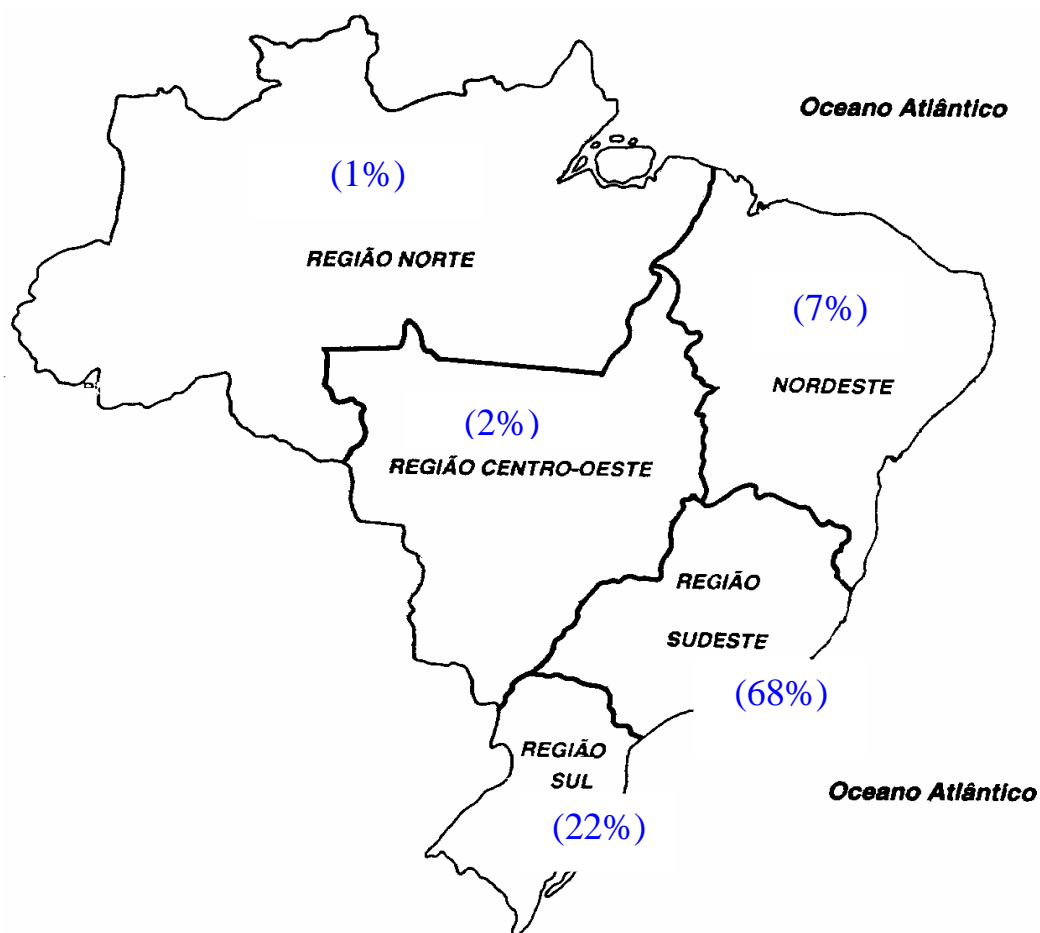


Fig. 2.7 – Distribuição geográfica das instalações de fluido térmico no território brasileiro.

Para auxiliar no perfeito entendimento e numa visão correta da importância e da utilização destes sistemas, apresentamos a seguir uma figura indicando a divisão percentual da aplicação do fluido térmico, nos variados setores produtivos da indústria nacional.

Cabe ressaltar que a utilização do aquecimento de fluido térmico é feito não só em grandes indústrias, mas também em pequenas plantas químicas, têxteis e em variadas aplicações.

Pode-se verificar também que os setores químico e têxtil em conjunto correspondem pela grande e expressiva utilização (66%) dos sistemas em nosso país. Isto se dá, principalmente pelo fato de a maioria das indústrias têxteis, da região Sul do Brasil, serem provenientes de empresas e/ou famílias européias que estavam acostumadas a esta tecnologia na Europa.

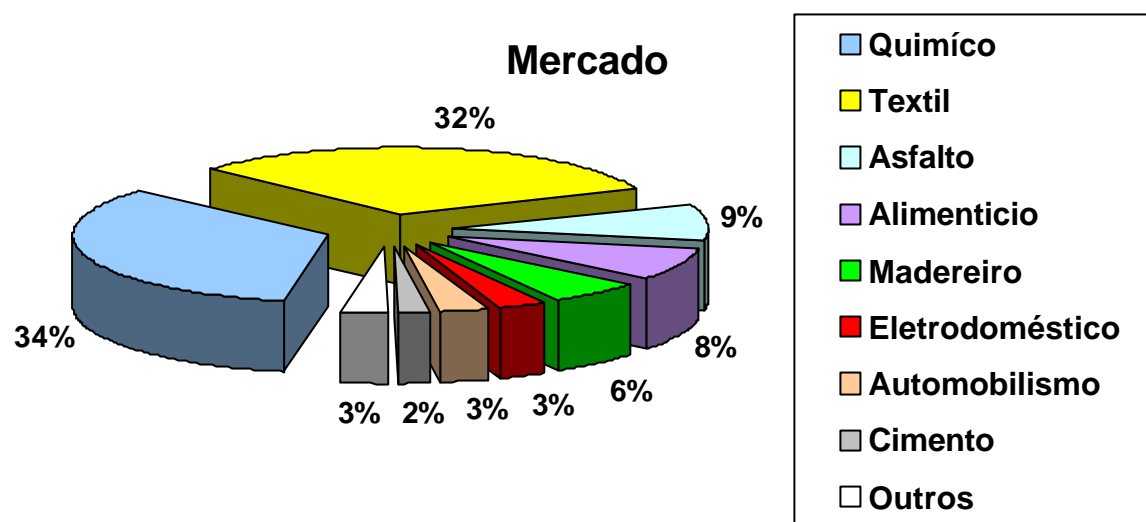


Fig. 2.8- Distribuição do mercado brasileiro de fluido térmico por setores produtivos.

3- SISTEMAS DE GERAÇÃO DE ÁGUA QUENTE OU ÁGUA SUPERAQUECIDA

Sistemas de geração de água quente e/ou água superaquecida, são bastante utilizados nos diversos processos produtivos no Brasil e no mundo, principalmente na indústria alimentícia.

Classificamos como sistemas de água quente, aqueles que aquecem a água a uma temperatura acima da ambiente, porém abaixo da temperatura de vaporização à pressão atmosférica, ou seja, na prática a uma temperatura menor que 100°C. Estes sistemas podem ter circuitos fechados ou abertos e não trabalham pressurizados.

Sistemas de água superaquecida, são aqueles que trabalham com a água a uma temperatura maior que a sua temperatura de vaporização à pressão atmosférica ($t > 100^\circ\text{C}$). Para tanto estes sistemas são pressurizados por um meio externo e normalmente são projetados como um circuito fechado.

A pressurização é feita no tanque de expansão normalmente através de um gás inerte, como por exemplo o nitrogênio. Porém em alguns sistemas a pressão externa é realizada através de ar comprimido no tanque de expansão ou por uma bomba de pressão, que injeta água no circuito fechado sempre que a pressão atinge um valor pré especificado.

Os aquecedores, assim como nos sistemas padrões de fluido térmico, podem fornecer a energia térmica para a água através da queima de óleos combustíveis, gases combustíveis, queima de madeira ou biomassa, elétricos ou recuperativos.

Cabe ressaltar que os principais componentes deste sistema operam de forma idêntica ao apresentado no item 2.2 deste trabalho.

Apresentamos abaixo exemplos de fluxogramas de sistemas de água quente e água superaquecidas.

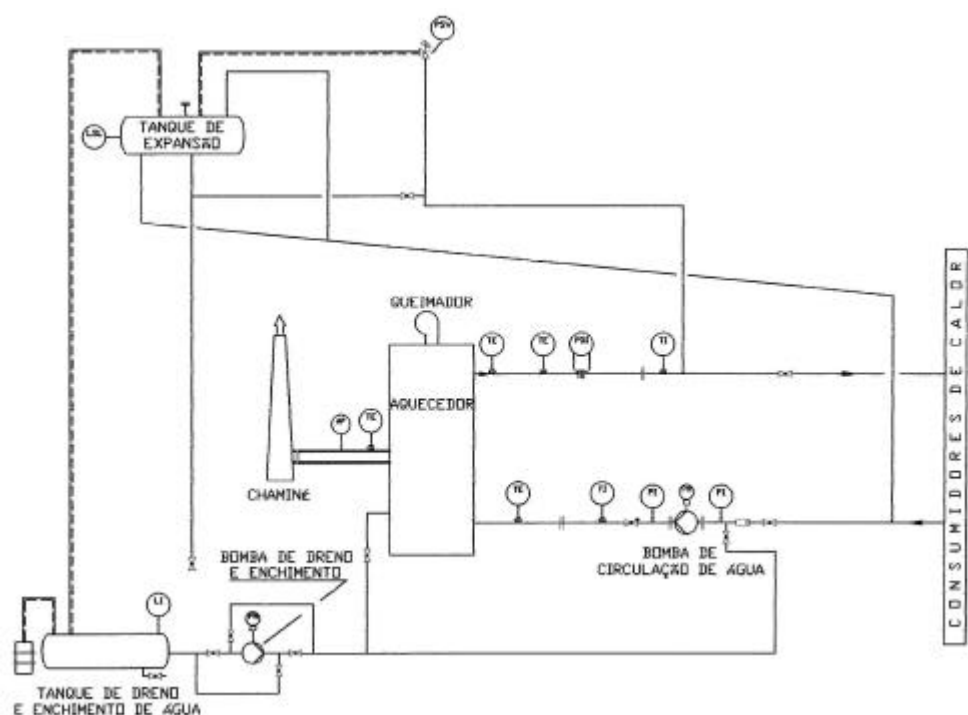


Fig. 3.1- Sistema de Água Quente.

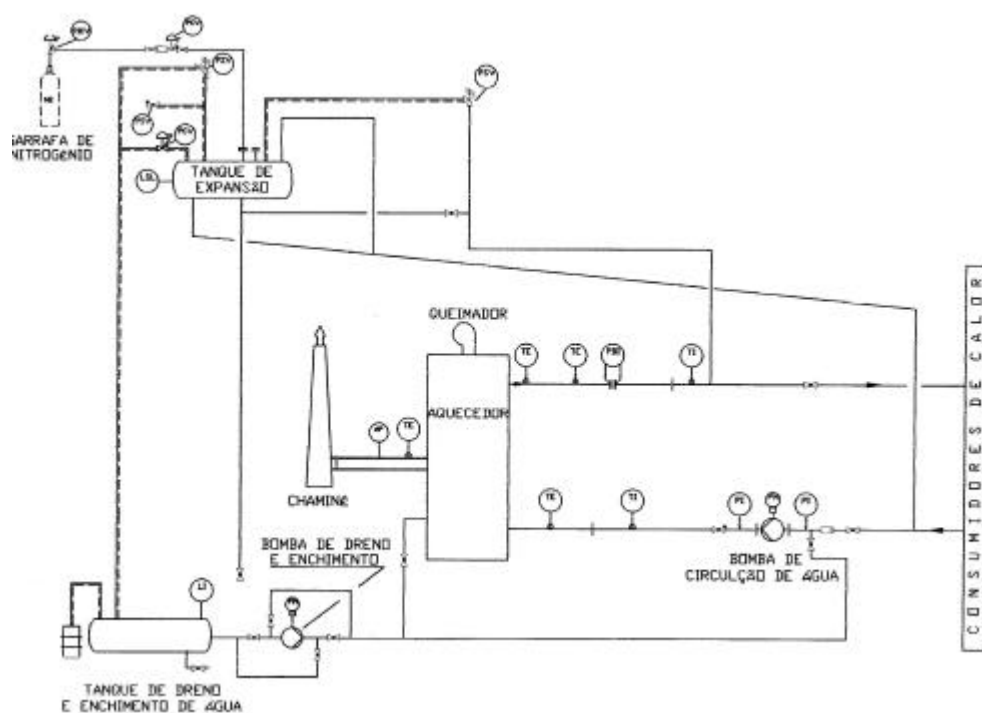


Fig. 3.2 – Sistema de Água superaquecida.

Cabe ressaltar, que em todos os casos acima a água deve ser tratada adequadamente, para evitar incrustações, corrosões ou depósitos indesejados nas diversas partes do sistema. Para

algumas aplicações especiais, além de tratada, a água deve se desaerada e toda a tubulação e componentes devem ser de aço inoxidável polido e decapado, evitando assim toda e qualquer possibilidade de contaminação.

Outra forma bastante usual de se gerar água quente e/ou superaquecida, quando já se possui um sistema de aquecimento de fluido térmico operando em uma instalação e com reserva de capacidade térmica é através de um trocador de calor fluido térmico/água e um circuito independente somente para água.

O equipamento que gera água quente a partir da energia do fluido é um trocador de calor e como tal, pode de forma tecnicamente correta e segura, ser instalado próximo ao ponto de consumo ou próximo ao aquecedor dependendo das condições de espaço e das necessidades da planta.

O controle da temperatura da água quente é feita através de uma válvula modulante de 3 vias, que controla o fluxo de fluido térmico no trocador de calor de acordo com a demanda de água quente necessária.

Na figura abaixo apresentamos um fluxograma exemplificando o modelo deste tipo de instalação, que possui como principal vantagem ter somente uma fonte de aquecimento, que pode ser montada em uma sala específica aumentando a segurança e confiabilidade da instalação produtiva e do processo.

Cabe por último ressaltar que todas as observações já feitas a respeito da pressurização do sistema para o caso de se trabalhar com água superaquecida e também em relação ao tratamento da água se aplicam totalmente nestes casos.

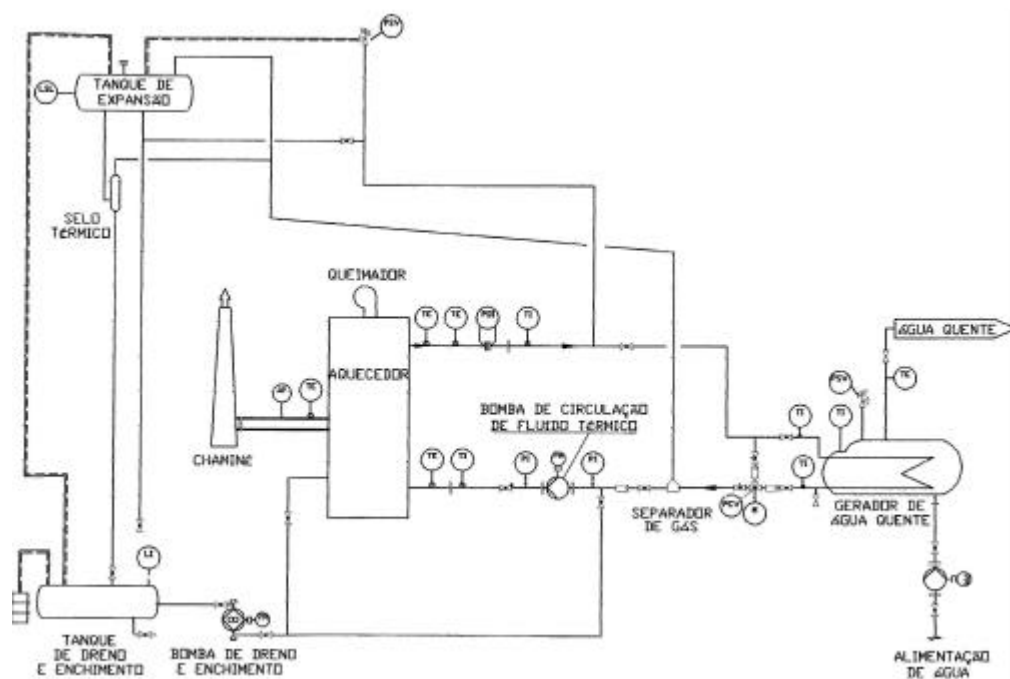


Fig.3.3- Sistema de Aquecimento de Fluido Térmico com trocador água/fluido térmico.

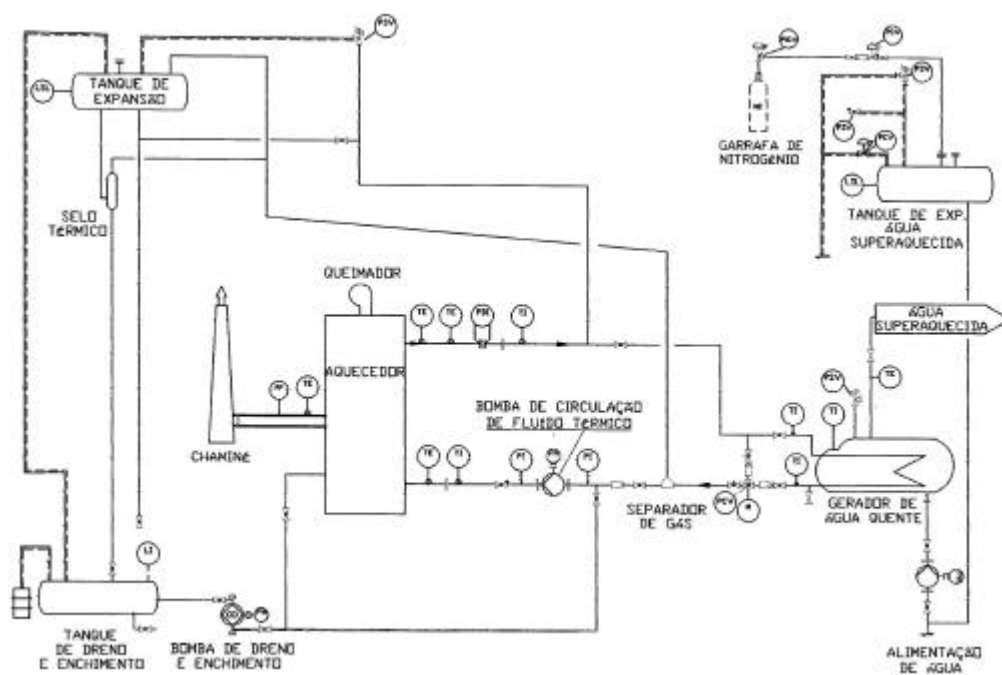


Fig.3.4- Sistema de Aquecimento de Fluido Térmico com trocador água/fluido térmico, para geração de água superaquecida.

4- GERAÇÃO DE VAPOR DE ÁGUA

A geração de vapor de água através do aquecimento com fluido térmico, se processa através de um trocador de calor de fluido térmico/água-vapor. Esta é uma aplicação que começa a ser bastante utilizada em nossa indústria.

Esta aplicação é especialmente vantajosa nos sistemas de aquecimento de fluido térmico, onde o consumo térmico é menor do que a capacidade instalada e que se necessita em paralelo também de vapor d'água para o processo produtivo.

Este tipo de gerador de vapor tem algumas vantagens em relação a uma caldeira tradicional, pois não tem o queimador (fogo) e com isto pode trabalhar próximo ao ponto de consumo, sem problemas de segurança e/ou operacionais. Outro grande bom motivo em se utilizar este tipo de equipamento, se encontra no fato de que o gerador de vapor é classificado como um trocador de calor e não uma caldeira. Com isto, não existe a necessidade legal de um operador e uma vez que seu funcionamento é todo automático através de válvulas de controle e demais instrumentos não existe também a necessidade de um funcionário específico para sua operação.

O funcionamento deste equipamento é bastante simples, tanto em sua concepção, quanto em sua operacionalidade. Este gerador é na realidade um trocador casco/tubo com acumulação de água onde o fluido térmico circula internamente a um feixe tubular e a água/vapor pelo casco do equipamento. Através de uma válvula de 3 vias comandada por um sensor de pressão instalado no casco trocador, consegue-se controlar a vazão de fluido térmico no feixe tubular do trocador, fazendo com que o mesmo gere vapor d'água saturado na pressão estabelecida.

O sistema de alimentação de água é o mesmo utilizado em uma caldeira tradicional.

Abaixo apresentamos um fluxograma de um sistema de aquecimento de fluido térmico com geração de vapor d'água saturado.

Cabe por último salientar que uma vez que, como o sistema de fluido térmico trabalha com temperaturas elevadas, conseguimos gerar vapor d'água, caso necessário, em pressões bem elevadas sem grandes problemas.

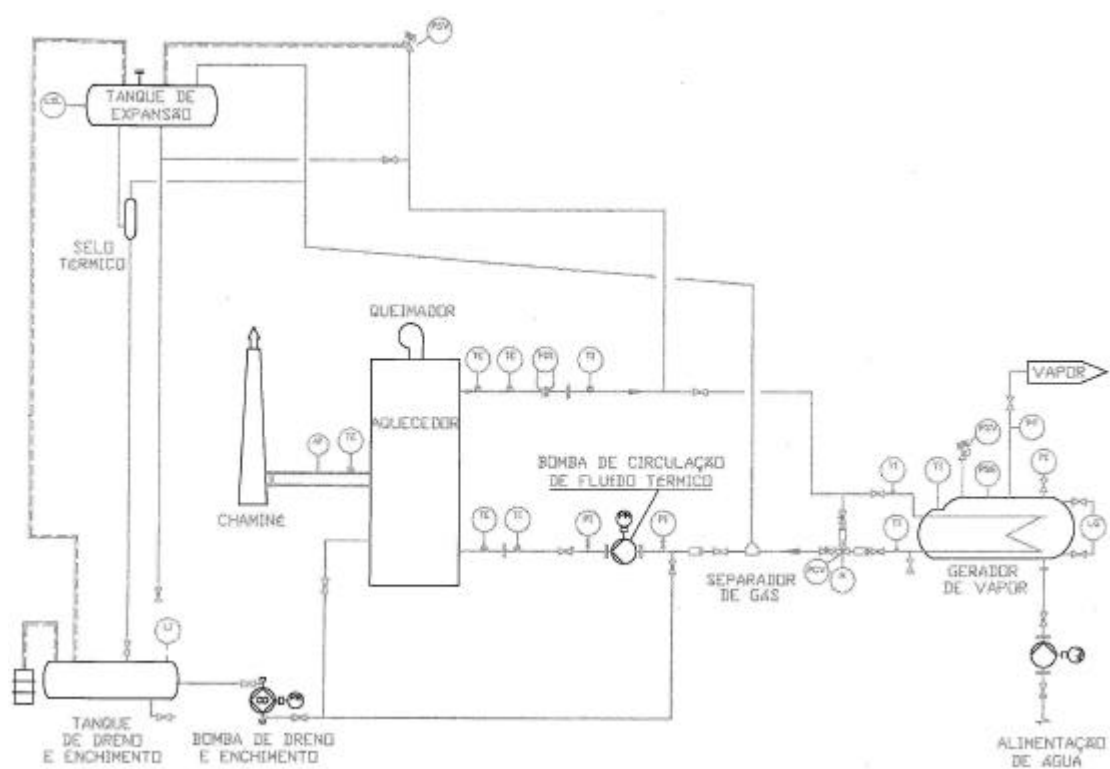


Fig.4.1- Sistema de Aquecimento de Fluido Térmico com geração de vapor d'água saturado.

5- SISTEMAS FLEXÍVEIS COM QUEIMA DE DIVERSOS COMBUSTÍVEIS

Os sistemas de aquecimento de fluido térmico podem ser projetados para a queima de combustíveis sólidos (biomassa), líquidos (óleos combustíveis), gasosos (gás combustível) ou elétricos.

Existe no Brasil, a Konus Icesa S/A, um tradicional fabricante de aquecedores de fluido térmico que desenvolveu um equipamento bastante eficiente e interessante, que opera com diversos combustíveis. Este equipamento possui em sua parte inferior uma câmara de combustão projetada para queima de biomassa (madeira em tora, cavaco de madeira, papel, bagaço de cana, pó de madeira, etc). O mesmo equipamento possui em sua parte superior um queimador dual, que pode trabalhar com combustíveis líquidos ou gasosos. Desta forma temos em um único equipamento a possibilidade de se queimar diversos combustíveis, tornando totalmente flexível a matriz energética e flexibilizando a utilização dos combustíveis, conforme as condições econômicas ou de mercado.

Apresentamos abaixo em caráter ilustrativo um figura que representa esquematicamente este tipo de aquecedor de fluido térmico.

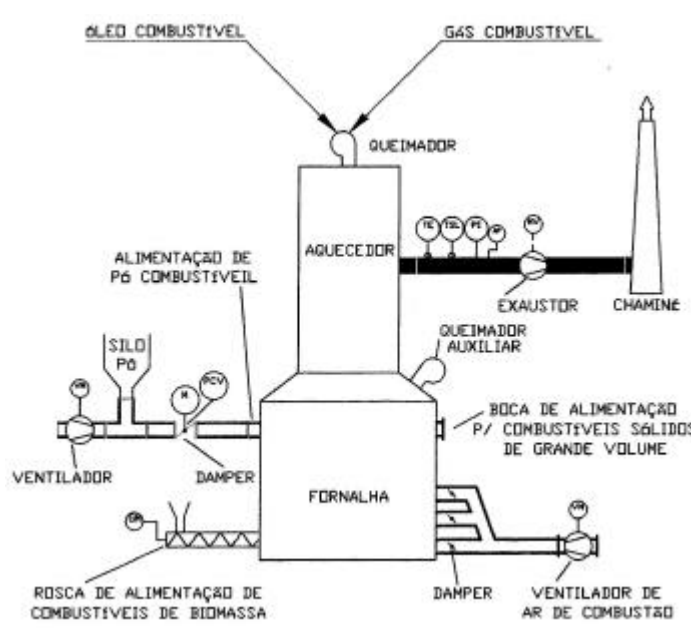


Fig. 5.1- Aquecedor de Fluido Térmico para queima de combustíveis sólidos, líquidos e gasosos.

A instalação completa de um sistema de aquecimento de fluido com um aquecedor para combustíveis sólidos/líquidos e gasosos não difere muito de uma instalação tradicional. A grande diferença se dá na necessidade de se instalar um sistema de emergência que possui uma bomba de circulação de fluido térmico com motor à gasolina ou óleo diesel e um tanque trocador de calor de emergência. Isto é necessário, pois no caso de falta de energia elétrica na instalação, a bomba de circulação de fluido térmico irá parar, o queimador também se desligará, porém se a fornalha estiver repleta de combustível teremos um superaquecimento do aquecedor e do próprio fluido térmico. Neste caso então liga-se a bomba de emergência e circula-se o fluido térmico até que o combustível da fornalha tenha sido consumido.

Apresentamos abaixo um fluxograma onde apresenta detalhadamente este tipo de instalação.

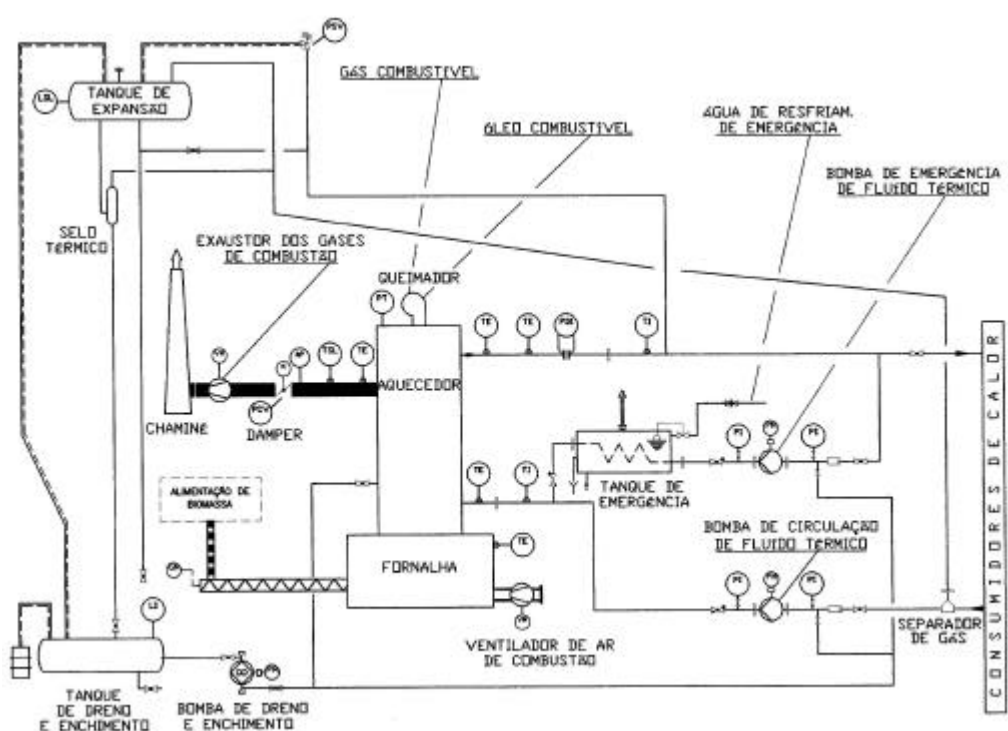


Fig.5.2- Sistema de aquecimento de fluido térmico com queima de combustíveis sólidos, líquidos e gasosos.

6- SISTEMAS RECUPERATIVOS

Este tipo de equipamento/sistema é utilizado em indústrias que possuem fornos, das mais diversas formas e com isto geram gases quentes que são lançados na atmosfera.

O sistema recuperativo, como o próprio nome indica, recupera o calor dos gases quentes antes de lança-los na atmosfera, aquecendo o fluido térmico e com isto utilizando esta energia gratuita gerada no processo produtivo. Consideramos como energia gratuita, devido ao fato de que os gases seriam lançados na atmosfera, logo esta recuperação de calor não acrescenta nenhum consumo adicional de combustível ao sistema.

Para que o processo seja tecnicamente e economicamente viável os gases devem ter uma temperatura acima de 220°C e uma vazão compatível com a necessidade de calor a ser fornecida pelo sistema de fluido térmico.

Apresentamos abaixo um fluxograma típico de uma instalação de aquecimento de fluido térmico tipo recuperativa.

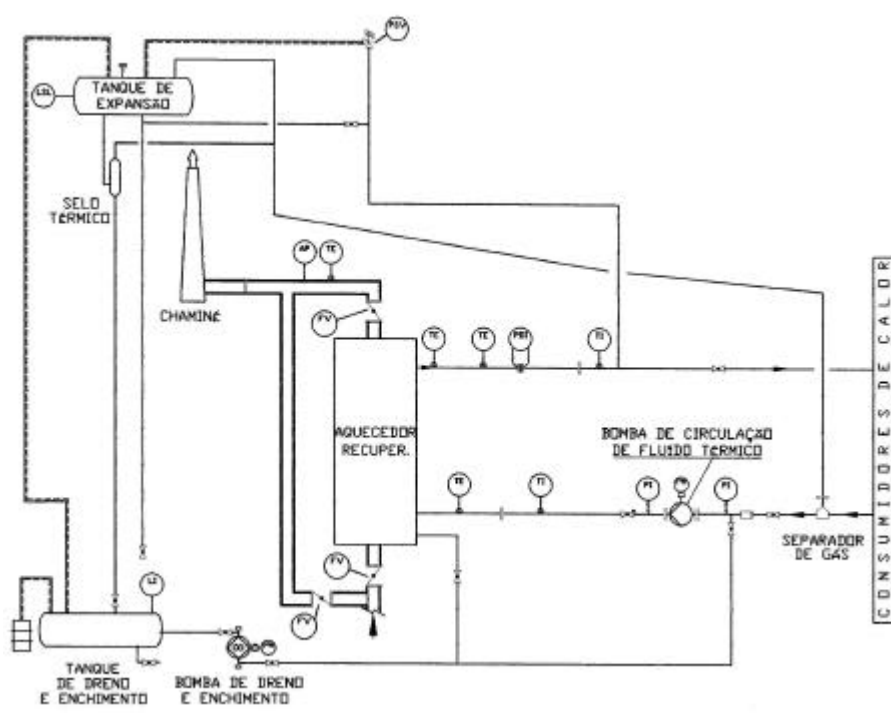


Fig.6.1- Instalação de aquecimento de fluido térmico tipo recuperativa.

Por último cabe lembrar que em muitos casos a quantidade de energia retirada dos gases de exaustão do forno não é suficiente para fornecer o calor total que o processo necessita. Neste caso usa-se instalar em paralelo ou em série com o aquecedor recuperativo, um aquecedor convencional com queima de combustível sólido, líquido, gasoso ou elétrico, dependendo da disponibilidade e dos custos de cada planta.

Normalmente utiliza-se um sistema recuperativo em série com um sistema convencional, quando a temperatura dos gases quentes disponíveis não é suficiente para aquecer o fluido térmico no patamar desejado. Com isto, aquece-se o fluido térmico ao máximo possível com o recuperador e completa-se até a temperatura desejada com um aquecedor convencional. A seguir apresentamos um exemplo deste tipo de instalação.

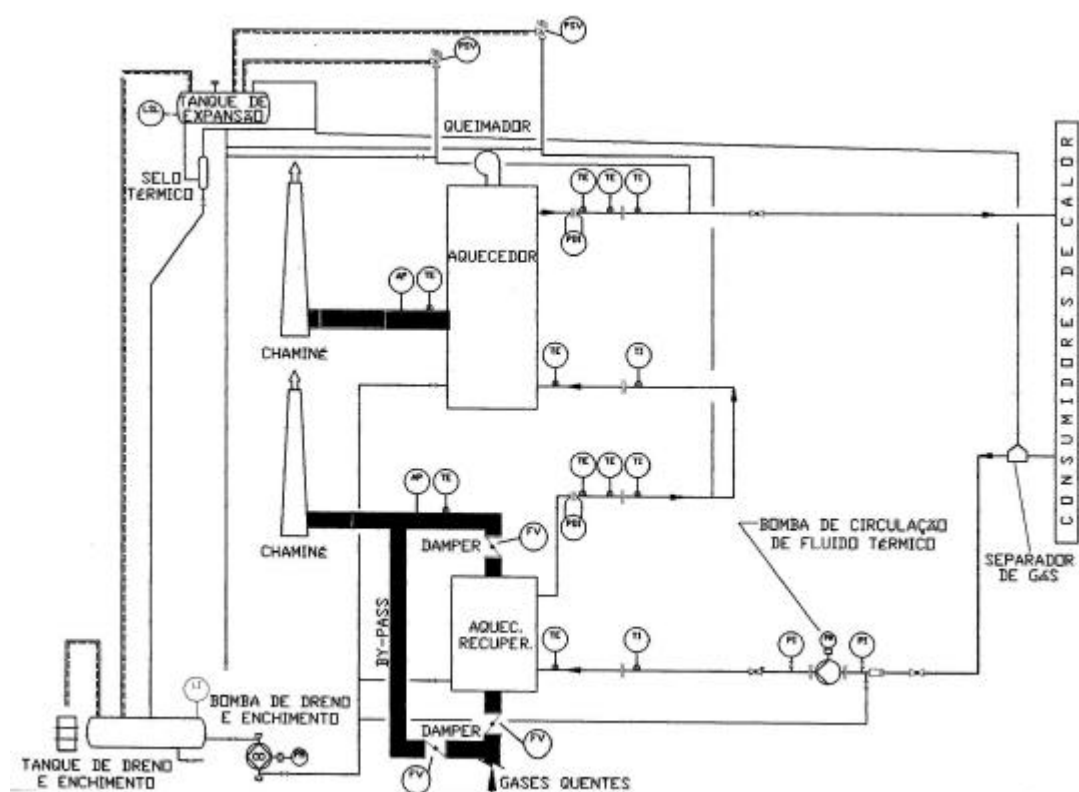


Fig.6.2- Sistema de aquecimento de fluido com aquecedor recuperativo interligado em série com um aquecedor convencional.

A interligação em paralelo entre um aquecedor recuperativo e um convencional, normalmente é realizada quando a energia disponível nos gases quentes não é suficiente em relação a necessidade térmica total da instalação. Com este tipo de interligação o aquecedor convencional fornece o complemento de energia necessária à instalação que não conseguimos mais retirar dos gases quentes.

A seguir apresentamos um fluxograma típico deste tipo de instalação.

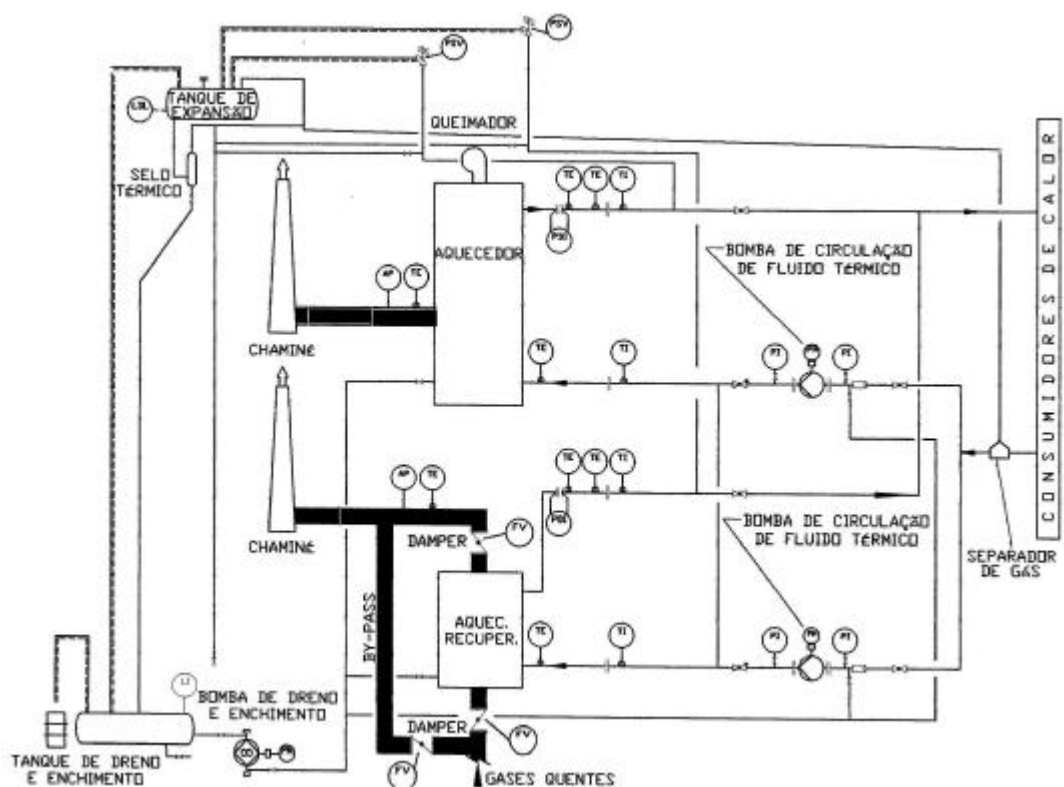


Fig.6.3- Sistema de aquecimento de fluido térmico com aquecedor recuperativo interligado em paralelo com um aquecedor convencional.

Por último cabe ressaltar também que em muitos casos utiliza-se a interligação de aquecedores recuperativos com convencionais, quando a geração de gás quente não é contínua ou quando sua variação não é sincronizada com a demanda de carga térmica da planta.

7- GERAÇÃO DE ÁGUA GELADA ATRAVÉS DO SISTEMA DE ABSORÇÃO

Sistemas de absorção, são resfriadores de líquidos que utilizam-se de fontes de calor para ajudar a separar o brometo de lítio da água, por meio de ebulição da solução e destilação da água (condensador). Neste caso utilizamos como a fonte de calor o fluido térmico na vazão e temperatura especificada pelo fabricante do sistema de absorção.

A seguir, para uma melhor compreensão, apresentaremos uma figura ilustrativa e uma sucinta descrição dos principais componentes de um ciclo de refrigeração por absorção utilizando-se fluido térmico.

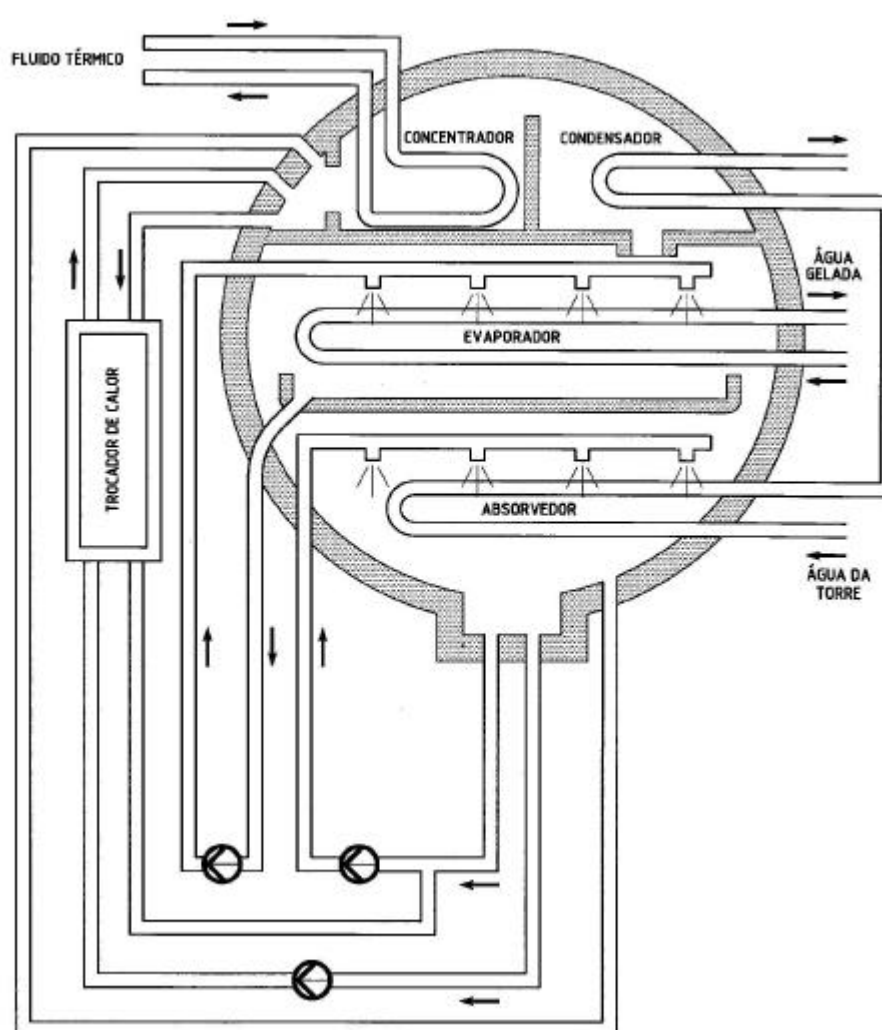


Fig.7.1- Ciclo de refrigeração por absorção

Concentrador – A energia do calor do fluido térmico é usada para evaporar uma solução diluída de brometo de lítio e água, resultando em liberação de vapor d'água e na concentração da solução restante de brometo de lítio.

Condensador – O vapor de água ou refrigerante liberado no concentrador é levado para o condensador. A água da torre que passa pelo condensador resfria e condensa o refrigerante.

Evaporador – O líquido refrigerante flui por um orifício no evaporador. Conforme o refrigerante passa pelo evaporador de baixa pressão, ocorre a expulsão de gases residuais. Que gela o líquido refrigerante restante à temperatura de saturação .

O líquido refrigerante no tanque evaporador é continuamente circulado para os troncos de spray do evaporador por uma bomba. O refrigerante em contato com os tubos de feixe ao evaporador, resfria a água do sistema. A transferência de calor da água do sistema faz com que o refrigerante evapore. O vapor refrigerante gerado nesse processo de congelamento evaporativo migra para baixo no absorvedor.

Absorvedor – O vapor refrigerante é succionado para a seção do absorvedor pela baixa pressão resultante da absorção do refrigerante no absorvente. A água gelada da torre é usada para remover o calor de absorção que é liberado quando o vapor refrigerante retorna ao estado líquido.

Trocador de Calor – Troca calor entre a solução relativamente gelada e diluída que está sendo transferida do absorvedor para a seção do concentrador e a solução quente e concentrada que está sendo devolvida do concentrador para o absorvedor. A transferência de calor da solução

concentrada para a solução diluída reduz a quantidade de calor que deve ser acrescida para levar a solução diluída à vaporização.

Uma vez entendido o ciclo de refrigeração por absorção é fácil compreender que o mesmo se integra perfeitamente ao sistema de aquecimento de fluido térmico, como mais uma aplicação do mesmo.

Abaixo apresentaremos um fluxograma apresentando um sistema de absorção para geração de água gelada, integrado ao sistema de aquecimento de fluido térmico.

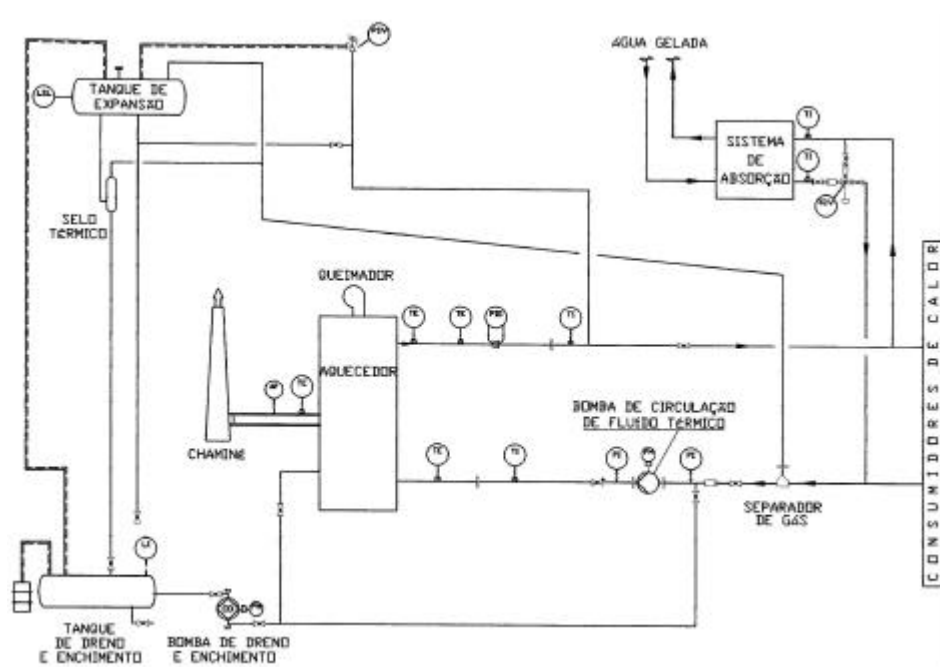


Fig.7.2- Sistema de absorção integrado a um sistema de aquecimento de fluido térmico.

8- COGERAÇÃO

Na realidade o sistema de cogeração, utilizando-se fluido térmico, trata-se de uma união do sistema recuperativo apresentado no capítulo 6 com o sistema de geração de água gelada apresentado no capítulo 7 desta monografia.

O único ponto que deve ser ressaltado, neste caso, é o fato de os gases quentes não serem provenientes da exaustão de fornos e sim de motores ou turbinas.

Neste tipo de instalação os motores ou turbinas são normalmente à gás e fornecem energia mecânica a um gerador, que por sua vez produz energia elétrica para a planta e/ou sistema.

Os motores ou turbinas, através da combustão geram gases quentes que são utilizados no sistema recuperativo para aquecimento do fluido térmico. O fluido térmico aquecido pode fornecer calor para máquinas e/ou sistemas e também gera água gelada para um sistema de refrigeração e/ou ar condicionado, fechando o ciclo da cogeração.

Cabe lembrar que temos como conceito de cogeração a produção associada de energia mecânica, elétrica e térmica a partir da mesma instalação e com o objetivo de se aproveitar ao máximo a energia de um determinado combustível.

Desta forma, podemos concluir que a cogeração, associada a processos industriais se adequam perfeitamente dentro dos modelos tecnicamente viáveis e economicamente e energeticamente eficientes.

Este fato nos leva a acreditar que a utilização deste modelo, deve aumentar de forma significativa nos próximos anos.

A cogeração em processos produtivos, pode ajudar numa maior independência energética da planta, tornando-a mais flexível e menos vulnerável à fatores externos. Pode também auxiliar na redução do custo da energia elétrica, principalmente nos “horários de pico” onde o preço da mesma é, em muitos casos bastante elevado.

Apresentamos abaixo uma instalação de fluido térmico que utiliza o conceito de cogeração.

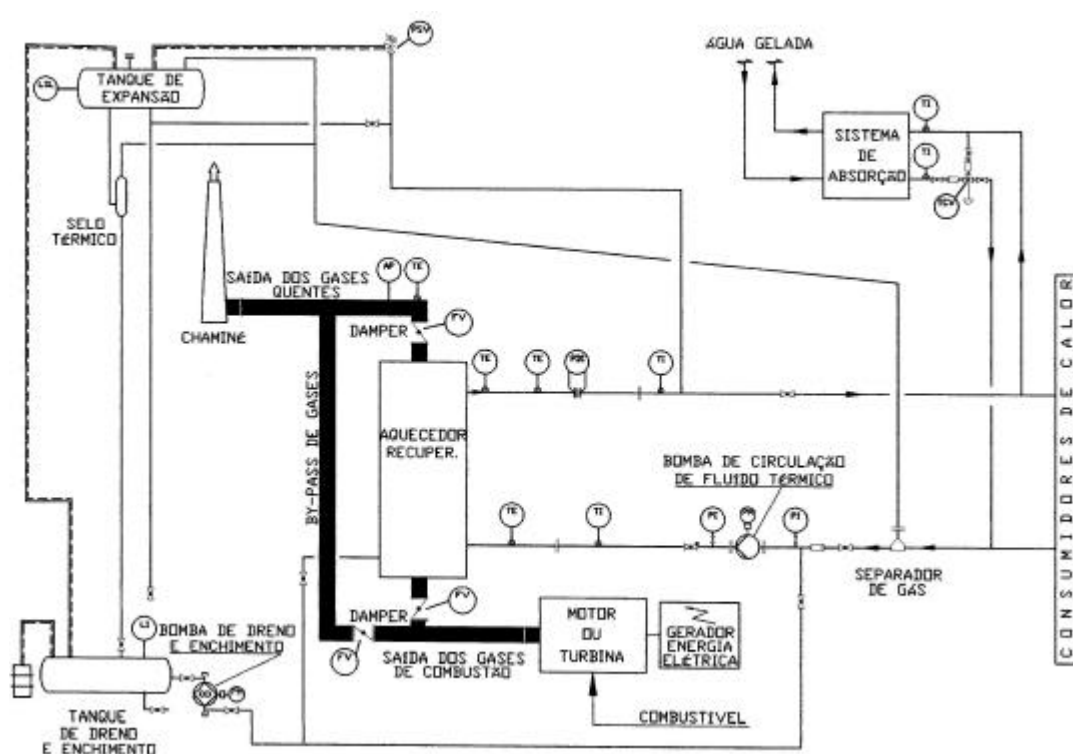


Fig.8.1- Sistema de fluido térmico com cogeração.

9- CONCLUSÃO

No Brasil, conforme apresentado neste trabalho, existem centenas de instalações de aquecimento de fluido térmico em funcionamento. Muitas destas instalações são bastantes antigas e a grande maioria delas não são integradas totalmente ao processo produtivo e as necessidades térmicas da planta a qual pertence.

Isto deve-se ao fato de, na maioria dos casos, a necessidade térmica de um ou vários processos produtivos de uma mesma planta industrial, não ser analisada de forma global e integrada e também pela falta de conhecimento pelos clientes e pelas empresas de engenharia da flexibilidade e das diversas aplicações que o sistema de fluido térmico oferece. Outro ponto que pode acarretar em uma má ou sub-utilização destes sistemas e com isto baixa eficiência energética dos mesmos, é a mudança dos parâmetros operacionais e/ou ampliação do processo produtivo e a não atualização da instalação e dos seus dados técnicos de operação.

Até bem pouco tempo atrás o custo energético não era um fator preponderante na formação do preço de venda da maioria dos produtos, salvo raras exceções. Com isto, e devido a uma visão praticamente coletiva de que a energia disponível era abundante, fez com que durante um grande espaço de tempo os estudos de balanços energéticos globais de plantas, os diagnósticos energéticos e a integração de processos e de utilidades fossem vistos como “custos elevados” e não como investimentos.

O mundo mudou e o Brasil que possui a oitava economia mundial também mudou. Com isto, a consciência em se utilizar corretamente e eficientemente a energia disponível, já faz parte do “dia a dia” de grande parte de nossa sociedade e dos nossos empresários.

Um dos grandes responsáveis por esta mudança foi o processo de globalização, que fez com que, independentemente do que se está produzindo e aonde é produzido, todo e qualquer

produto, tenha que ter um preço e uma qualidade compatível com o padrão mundial. Isto fez com que se desse mais valor aos custos de produção e conseqüentemente aos custos dos diversos insumos, entre os quais a energia utilizada.

Outro fator responsável pela mudança na tratativa com a energia , se deu através dos movimentos ecológicos e das leis mais severas em relação a poluição ambiental. Fazendo com que o custo da má utilização da energia se tornasse algo expressivo e gerando portanto dentro de diversas empresas um investimento maciço em conservação e eficiência energética.

Por último, o nosso país passou nos últimos meses por um racionamento de energia. Esta nova realidade mostrou que ninguém está imune ao problema energético e que existem várias soluções para este ponto, passando logicamente por uma maior oferta na geração de energia, porém e não menos importante, na utilização de toda e qualquer energia existente de uma forma mais inteligente e eficiente.

Com base no acima apresentado e conforme já exposto na introdução desta monografia, este trabalho pretende modestamente, ser uma fonte auxiliar de consulta para técnicos, engenheiros e empresários que possuem , pretendem possuir ou estão especificando sistemas de aquecimento de fluido térmico para as mais diversas aplicações.

Por último e no intuito de facilitar ainda mais a compreensão dos diversos pontos abrangidos, apresentamos no anexo deste trabalho diversas fotos de equipamentos e instalações de aquecimento de fluido térmico.

Esperamos então com a gama de informações apresentadas nesta monografia, auxiliar de forma tecnicamente construtiva a todos que tenham interesse ou necessidade de especificar e/ou operar sistemas de aquecimento de fluido térmico.

10- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- WAGNER, Walter – Heat Transfer Technique With Organic Media. Graejelfing – Germany: Verlag Dr. Ingo Resch GMBH (1997)
- INCROPENA, Frank P. , DEWITT, David P. Fundamentals of Heat Transfer. New York: John Wiley & Sons (1981)
- TELLES, Pedro C. Silva. Tubulações Industriais. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A. (1982)
- DAUB J. Jurgen , Michaelles G. Alfred. Sistemas de Aquecimento a Fluidos Térmicos. Rio de Janeiro: Revista Têxtil, p. 59-62 (1988).
- WAGNER, Walter . Fluido Térmico e o Futuro Energético. São Paulo: Wagner Technik Service (1997)
- DAUB J. Jurgen . Projeto Térmico para Aquecedores de Fluido Térmico, conforme DIN 4754/94 . Rio de Janeiro: Konus Icesa S.A. (1998)
- VANWYLEN, Gordon, Sonntag, Richard, BORGNAKKE Glaus . Fundamentos da Termodinâmica Clássica. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda. (1995)