

**MARINHA DO BRASIL**  
**CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE GRAÇA ARANHA - CIAGA**  
**CURSO DE APERFEIÇOAMENTO PARA OFICIAIS DE MÁQUINAS - APMA**

**GISELE SOUSA DE SIQUEIRA**

**SISTEMA DE AQUECIMENTO DE ÓLEO TÉRMICO EM NAVIOS**

**RIO DE JANEIRO**

**2014**

**GISELE SOUSA DE SIQUEIRA**

**SISTEMA DE AQUECIMENTO DE ÓLEO TÉRMICO EM NAVIOS**

Monografia apresentada ao Curso de Aperfeiçoamento para Oficiais de Máquinas do Centro de Instrução Almirante Graça Aranha como parte dos requisitos para obtenção de Certificado de Competência Regra III/2 de acordo com a Convenção STCW 78 Emendada.

Orientador: Profº José Carlos Fernandes Leão.

**RIO DE JANEIRO**

**2014**

**GISELE SOUSA DE SIQUEIRA**

**SISTEMA DE AQUECIMENTO DE ÓLEO TÉRMICO EM NAVIOS**

Monografia apresentada ao Curso de Aperfeiçoamento para Oficiais de Máquinas do Centro de Instrução Almirante Graça Aranha como parte dos requisitos para obtenção de Certificado de Competência Regra III/2 de acordo com a Convenção STCW 78 Emendada.

Data da Aprovação: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Orientador: Profº José Carlos Fernandes Leão.

---

Assinatura do Orientador

NOTA FINAL: \_\_\_\_\_

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus pelo dom da vida e pela proteção em todas as horas.

A meus pais pela lição de vida e apoio.

A minha irmã Adriane pela amizade.

Ao meu namorado Cristiano por estar ao meu lado em tudo e por me incentivar a ser melhor sempre.

Ao meu orientador, Professor José Carlos Fernandes Leão pelo apoio, pelo conhecimento e profissionalismo transmitidos.

A todos os professores do curso APMA pelo incentivo e motivação.

Aos colegas de turma pelo companheirismo e união durante todo curso.

## RESUMO

Os fluidos térmicos de transferência de calor são fluidos orgânicos sintéticos que podem ser aquecidos e elevados a temperaturas com acréscimo de pressão muito pequeno e, por possuírem essa e outras vantagens técnicas, vêm substituindo o vapor nos serviços de aquecimento em geral nos navios mercantes. Este trabalho tem o objetivo de familiarizar os profissionais da Marinha Mercante que trabalham nesses navios e que utilizam esse sistema bem como esclarecer sobre sua condução segura. O sistema de aquecimento de óleo térmico consta basicamente de um aquecedor, tanque de expansão, bombas de circulação de óleo térmico, resfriador, redes de distribuição, serpentinas de aquecimento de tanques, tanque de armazenamento e tanque de dreno para o fluido térmico. Através da análise dos procedimentos de operação do sistema e de planos de distribuição de redes será avaliada a viabilidade desse moderno sistema de aquecimento e também suas vantagens em relação ao sistema de caldeira a vapor.

**Palavras-chave:** Óleo térmico. Aquecimento. Navio

## **ABSTRACT**

The heat transfer thermal fluids are synthetic organic fluids that can be heated reaching very high temperatures on small pressure raise. And because of that set of technical advantages, is replacing the steam in merchant vessels' general heating services. This present work was made in order to habituate the professionals that deal with that heating system as well as to elucidate about its safe conduction. The thermal oil heating system is composed, basically, by a thermal oil heater, a thermal oil expansion tank, circulating pumps, oil cooler, thermal oil distribution network, heating coils for the tanks, a storage tank and a thermal oil drain tank. Through the system operational procedures interpretation and system diagrams it will be evaluated the system viability and its advantages over the steam boilers system.

**Keywords:** Thermal oil. Heating. Vessel.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Faixa de Aplicação dos Fluidos	12
Figura 2 -	Diagrama Esquemático da automação do sistema de óleo térmico	17
Figura 3 -	Diagrama de circuito em malha fechada	18
Figura 4 -	Diagrama de sensor de temperatura controlado eletricamente	19
Figura 5 -	Controle de Alimentação da caldeira por temperatura	21
Figura 6 -	Circuito de Comando que permuta bombas de alimentação	22
Figura 7 -	Circuito Mecânico de Proteção	24
Figura 8 -	Indicador de Temperatura	25
Figura 9 -	Comparação das pressões de trabalho entre fluido térmico e vapor de água saturado	30

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Dados técnicos da caldeira auxiliar	13
Tabela 2 -	Dados técnicos do economizador	14

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>09</b>
1.1	O fluido térmico	10
1.2	Descrição do sistema	12
1.2.1	Caldeira auxiliar e economizador	13
1.3	Sistema de suprimento de óleo térmico	15
<b>2</b>	<b>OPERAÇÃO DO SISTEMA</b>	<b>17</b>
2.1	Automação do sistema de óleo térmico	17
2.1.1	Controle dos Consumidores: controle de temperatura em circuito de malha aberta	17
2.1.2	Controle dos Consumidores: controle de temperatura em circuito de malha fechada	18
2.2	Partida do sistema	20
2.3	Operação do queimador com óleo combustível pesado	21
2.4	Operação das bombas	22
2.5	Operação do economizador	23
2.6	Circuito auxiliar de controle	24
2.7	Indicadores de temperatura	25
2.8	Acendimento da caldeira auxiliar	26
2.9	Transferência de MDO para óleo combustível pesado	27
<b>3</b>	<b>PRINCIPAIS VANTAGENS DO SISTEMA DE AQUECIMENTO DE FLUIDO TÉRMICO</b>	<b>29</b>
3.1	Principais normas de projeto e fabricação	31
<b>4</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>32</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>33</b>
	<b>ANEXOS</b>	
	Anexo 1 - Diagrama Esquemático do Sistema de Óleo Térmico (Redes de óleo)	34
	Anexo 2 - Diagramas de Distribuição e Suprimento de Óleo Térmico	35
	Anexo 3 - Diagramas de Redes de Combustível para a Caldeira Auxiliar	38

## 1 INTRODUÇÃO

A máquina térmica geradora de vapor, popularmente conhecida como caldeira, tem sua origem histórica no século II a.C. quando, em Alexandria, Heron usou água vaporizada para girar uma esfera em torno de seu próprio eixo. Milhares de anos mais tarde, isto viria a se tornar o conjugado caldeira e turbina a vapor.

O emprego de caldeiras para gerar trabalho só veio a evidenciar-se na época da revolução industrial e em meados de 1835 já havia cerca de 6 mil teares operantes a vapor.

Pode-se dizer que o pós 1º guerra mundial veio para acentuar ainda mais a utilização de caldeiras a vapor, e, por se tratar de tecnologia nova e também pelas elevadas pressões utilizadas, os acidentes eram muito comuns.

Nos dias atuais, os serviços de aquecimento em instalações da indústria em geral, vêm sendo, cada vez mais, substituídos por equipamentos que utilizam fluidos térmicos ao invés de vapor, pois o aquecedor de fluido térmico agrega mais vantagens sobre a caldeira a vapor. Como benefício podemos citar o seu alto calor específico e o elevadíssimo ponto de vaporização inerente aos óleos térmicos. Suas desvantagens, que também merecem destaque, envolvem o custo alto, a exigência de mão de obra mais especializada, entre outros.

O objetivo deste trabalho é apresentar as vantagens e desvantagens desse sistema de aquecimento de fluido térmico, mostrando etapas do seu funcionamento e descrição completa de seus componentes, sempre fazendo um paralelo com as tradicionais caldeiras a vapor e evidenciando sua operação segura.

Através de planos elétricos, esquema de redes de tubulações, descrição de manutenção e manuseio do equipamento e seu principal uso a bordo, analisaremos a viabilidade deste equipamento para fins de uso em embarcações mercantes.

## 1.1 O fluido térmico

Os fluidos de transferência de calor são fluidos orgânicos sintéticos que podem ser aquecidos a altos valores de temperatura com uma elevação de pressão muito pequena.

Os fluidos térmicos possuem elevado calor específico, baixo peso específico, elevada condutividade térmica, pequena viscosidade, ponto de ebulição elevado e são quimicamente inertes. São em sua maioria derivados do petróleo com bases parafínica ou naftênica.

Os principais tipos de fluidos orgânicos térmicos são:

- a) Hidrocarbonetos sintéticos, usados para temperaturas até 400 ° C;
- b) Éteres Poliaromáticos, usados para temperaturas até 400 ° C;
- c) Ésteres Orgânicos, usados para temperaturas até 232° C;
- d) Glicóis Polialquilênicos usados para temperaturas até 260° C;
- e) Ésteres de Silicatos usados para temperaturas até 350° C.

O critério fundamental na escolha do fluido é o da máxima temperatura de operação e do ponto de ebulição, pois dos mesmos dependerá a durabilidade do fluido.

A utilização do óleo térmico para fins de aquecimento oferece uma série de vantagens, tais como:

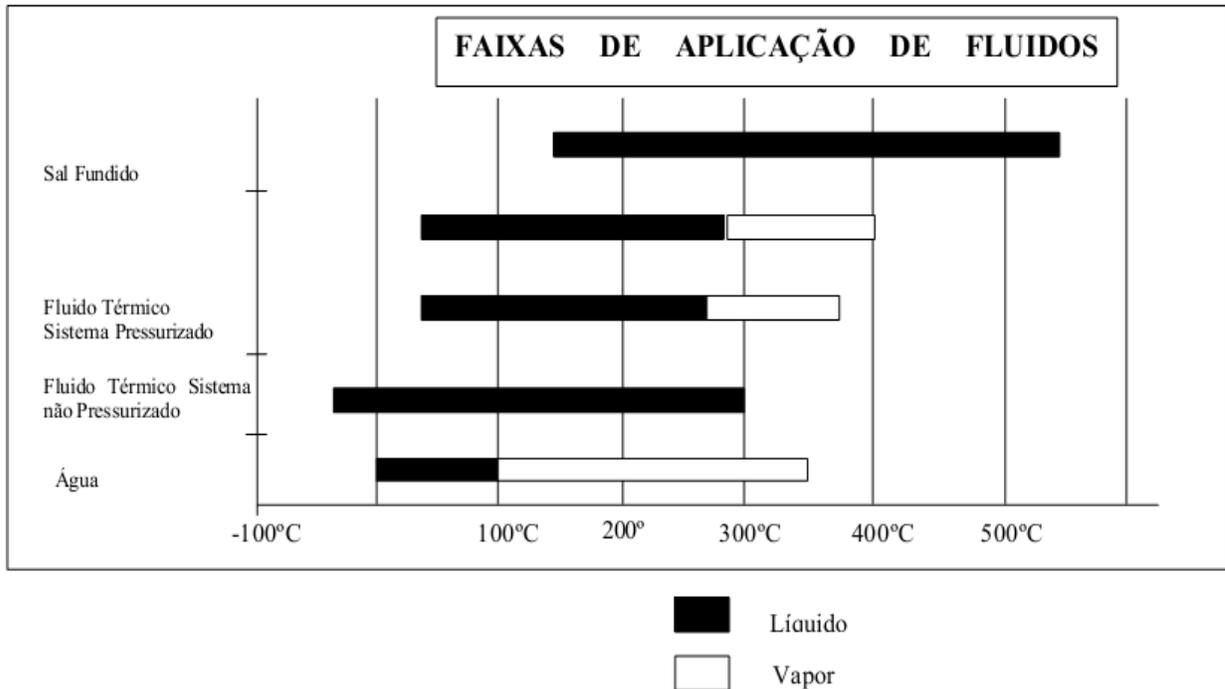
- a) pode alcançar elevadas temperaturas, com elevação mínima de pressão;
- b) não há ocorrências de corrosão na serpentina da caldeira, na tubulação e nos equipamentos;
- c) o fluido térmico é de grande estabilidade e durabilidade, desde que o sistema seja projetado dentro das normas, e o fluido tenha sido corretamente especificado para a temperatura desejada;
- d) consegue-se uma regulação de temperatura fácil e precisa graças à vazão de fluido bombeado e não pela mudança na temperatura de saída do fluido do aquecedor;
- e) não há necessidade de purgadores, e não há perdas do fluido como nos sistemas a vapor;
- f) não há necessidade de tratamento do fluido, como acontece com a água, existente nas instalações de caldeira a vapor.

Pode-se dizer que o processo de oxidação de um fluido térmico pode ocorrer por contato do óleo com o ar, onde a taxa de oxidação aumenta se houver bolhas de ar passando através do fluido. No sistema que estamos estudando, o fluido térmico funciona em um circuito fechado, o que dificulta a formação de oxidação e corrosão nas linhas.

Quanto à estabilidade térmica, os fluidos térmicos de baixa e média viscosidade são considerados muito bons, pois a alteração da estrutura química, ou pirólise, provocada por aquecimento não ocorre para temperaturas abaixo de 320 °C, mas aumenta acentuadamente quando a temperatura ultrapassa os 350 °C. Para os óleos de elevada viscosidade, a pirólise ocorre a temperaturas menores. No processo de pirólise dá-se a desvolatilização dos componentes de menor peso molecular, diminuindo o ponto de inflamação do óleo, seguida da formação de produtos de elevado peso molecular que podem dar origem a lamas e também carvão. O perigo de ocorrência da pirólise existe sobretudo nas tubulações da caldeira e é de grande importância evitar qualquer sobreaquecimento do óleo nesses pontos, devendo-se garantir que este circule nos tubos com uma velocidade superior ao mínimo estipulado pelo fabricante do equipamento, e em regime de escoamento turbulento. Por esse motivo, torna-se mais indicada a utilização de fluidos de baixa viscosidade a baixas temperaturas, pois são as relevantes durante o arranque do sistema de fluido térmico.

Nos fluidos térmicos, a variação da pressão de saturação de acordo com a variação da temperatura deve ser baixa para permitir que o óleo trabalhe a temperaturas elevadas com uma pressão baixa no sistema, de modo a evitar a necessidade de pressurização da instalação. Os óleos de baixa viscosidade podem, em alguns casos, ter uma pressão de vapor mais elevada que os óleos de média e alta viscosidade, à temperatura ambiente.

Figura 1 - Faixa de Aplicação dos Fluidos



Fonte: OIL gas-fired thermal oil heater type HE

## 1.2 Descrição do sistema

O processo de aquecimento do fluido térmico consiste em fazê-lo passar pelo interior de uma serpentina de um aquecedor que queime óleo combustível pesado ou óleo Diesel e siga, em circuito fechado, até o equipamento a ser aquecido (trocador de calor, reator, etc.).

Uma bomba localizada no trecho da tubulação onde o fluido térmico se encontra em temperatura mais baixa, após haver cedido seu calor ao equipamento, bombeia o fluido, de modo a possibilitar uma circulação contínua.

O aquecedor de óleo térmico é composto de uma caldeira auxiliar e de um economizador, controles, regulagens e monitoração, tanque de serviço, tanques de dreno e armazenagem, bem como de bombas de circulação.

### 1.2.1 Caldeira auxiliar e economizador

A caldeira auxiliar apresenta os seguintes dados técnicos de operação:

Tabela 1 - Dados técnicos da caldeira auxiliar

<b>Fabricante</b>	Hoch-emperatur-Industrianlagen GmbH
<b>Modelo</b>	HE17,4 V40 Vertical Óleo Tubular, Baixa Pressão
<b>Ano de Construção</b>	1986
<b>Nº de Série</b>	17.5.408
<b>Área de Troca</b>	78m <sup>2</sup>
<b>Vazão</b>	90m <sup>3</sup> /h
<b>Pressão de Operação</b>	10bar (max)
<b>Temperatura de Saida</b>	200°C
<b>Temperatura do Retorno</b>	160°C
<b>Consumo de Óleo Combustível</b>	220 kg/h
<b>Capacidade</b>	1.750.000 kcal/h
<b>Volume</b>	1470 litros
<b>Peso da Caldeira</b>	6250 kg

Fonte: Manual Hoch de Caldeira de Fluido Térmico tipo Óleo-Tubular.

O sistema, em operação normal, atua de forma completamente automática, suprindo óleo térmico aos consumidores a uma temperatura aproximada de 180°C. A fonte de aquecimento do óleo térmico pode ser a caldeira auxiliar, que possui um queimador a óleo combustível, ou um economizador que utiliza gases de descarga do motor de combustão principal (MCP) da embarcação, ambos instalados em série.

Em viagem, com o decréscimo da carga térmica, a caldeira auxiliar sairá de operação automaticamente, ficando o economizador responsável pelo aquecimento do óleo térmico. Se o calor proveniente dos gases de descarga do MCP não for suficiente para, somente com a utilização do economizador, suprir a carga térmica do navio, a caldeira auxiliar entrará em operação automaticamente. O queimador funciona até que a temperatura do óleo térmico, na saída da caldeira auxiliar, atinja a temperatura de

ajuste (aproximadamente 180°C). Esta temperatura poderá ser alcançada através da operação do queimador ou devido ao aumento da temperatura dos gases de descarga do MCP.

O economizador citado, possui os seguintes dados técnicos de operação:

Tabela 2 - Dados técnicos do economizador

<b>Fabricante</b>	Hoch-emperatur-Industrianlagen GmbH
<b>Modelo</b>	AHE 04 V 30
<b>Tipo</b>	Vertical, Óleo tubular
<b>Ano de Construção</b>	1986
<b>Área de Troca</b>	190,65m <sup>2</sup>
<b>Pressão de Operação</b>	10bar (max)
<b>Temp. dos Gases de Descarga do Motor</b>	270 °C
<b>Temperatura do Óleo de Operação</b>	220°C (max)
<b>Capacidade Térmica</b>	465 kW
<b>Volume</b>	1.400 litros
<b>Peso do Economizador (Vagão)</b>	5.400 kg
<b>Nº de série</b>	1704.409

Fonte: Manual Hoch de Caldeira de Fluido Térmico tipo Óleo-Tubular.

O volume de óleo térmico suprido ao economizador que representa 100% de sua capacidade é 1/3 do volume total em circulação e o ajuste dos 2/3 que são supridos á caldeira é feito por meio de uma válvula de regulação (A10-120/1).

No início da operação, a válvula de "by-pass" (A10-145) abre, comandada pelo termostato na descarga das bombas de circulação, de modo que o óleo térmico aqueça rapidamente até atingir a temperatura de operação.

Em operação normal, a válvula A10-120/2 deverá estar fechada. Só deverá ser aberta ao se retirar a caldeira auxiliar da linha.

Vale ressaltar que o óleo térmico não deverá ser operado a temperaturas superiores á especificada, sob risco de sofrer oxidação e perder suas propriedades físicas. Para evitar esta condição, a planta possui um vaso limitador de temperatura,

que foi projetado de forma a manter um diferencial de temperatura da ordem de 100°C, entre o vaso e o tanque de expansão, aumentando a vida útil do óleo térmico.

São feitas as seguintes considerações:

- a) O sistema de suprimento de óleo térmico já está em operação, circulando o óleo pela caldeira auxiliar, economizador e equipamentos da planta de gás;
- b) O queimador da caldeira auxiliar já está em operação, queimando óleo combustível pesado;
- c) No painel da caldeira auxiliar e economizador, selecionar a temperatura de operação desejada para o óleo térmico como no indicador e regulador de temperatura na sala da caldeira auxiliar;
- d) O queimador funcionará automaticamente, comandado pelos sinais dos controladores de temperatura.

Para a parada do sistema teremos:

- a) No painel da caldeira auxiliar e economizador do queimador em "DESLIGADO";
- b) Só retirar a bomba de circulação de óleo térmico de operação quando ocorrer uma significativa queda de temperatura no sistema.

No anexo 1, pode-se observar um desenho esquemático do sistema caldeira auxilia/economizador.

### **1.3 Sistema de suprimento de óleo térmico**

O sistema de suprimento de óleo térmico é constituído por uma bomba de suplementação e por bombas de circulação, um vaso controlador de temperatura, um tanque de armazenamento, tanque de dreno e um tanque de expansão de óleo térmico. O sistema possui também um tanque de decantação na aspiração das bombas de circulação e vasos de desgaseificação instalados na entrada da caldeira auxiliar e economizador de forma a efetuar a purga da planta.

O sistema deverá ser colocado em operação para circular o óleo térmico pela caldeira, pelo economizador e equipamentos da planta. O enchimento inicial da planta deverá ser efetuado pela bomba de suplementação e dreno, de modo a aspirar do tanque de dreno ou diretamente do tanque de armazenamento de óleo térmico. A

bomba deverá permanecer em operação até a luz indicadora de "falta de óleo" apagar no painel da caldeira auxiliar e economizador.

Após o enchimento inicial, uma das bombas de circulação de óleo térmico será colocada em operação para recircular e a outra ficará em "stand-by". A bomba deverá ficar em operação por 2 ou 3 minutos. Neste intervalo de tempo, o queimador não deverá ser operado; a luz indicadora de "falta de óleo" deverá acender novamente e a operação de enchimento com a bomba de suplementação e dreno deverá ser reposta. A válvula A10 - 145 controlará automaticamente a recirculação no sistema, mantendo-se a temperatura na descarga das bombas de circulação até atingir aproximadamente 190° C.

Constam no Anexo 2 os diagramas de distribuição e suprimento de óleo térmico.

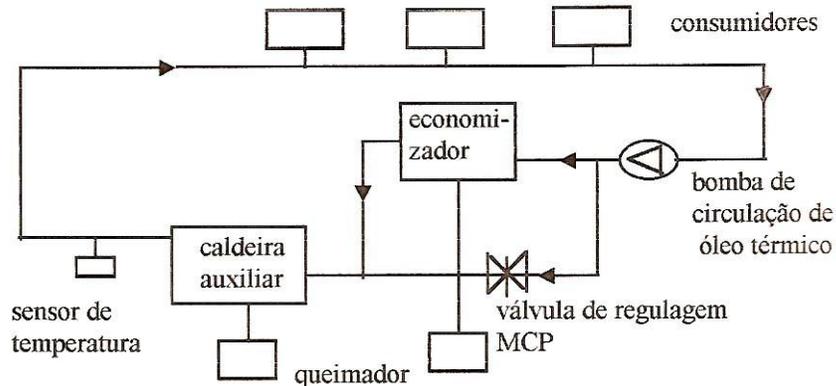
## 2 OPERAÇÃO DO SISTEMA

### 2.1 Automação do sistema de óleo térmico

O sistema de óleo térmico é o principal sistema de geração e transmissão de calor. Sempre que a bordo for requerido calor, este sistema fornece o aquecimento necessário.

Como citado anteriormente, se o calor proveniente dos gases de descarga do motor não for suficiente para, somente com utilização do economizador, suprir a carga térmica, a caldeira auxiliar parte automaticamente. O queimador funciona até que a temperatura do óleo atinja a temperatura de ajuste. Esta temperatura de ajuste pode ser alcançada através da operação do queimador ou devido ao aumento da temperatura dos gases de descarga do motor. Um diagrama esquemático é mostrado abaixo:

Figura 2 - Diagrama esquemático da automação do sistema de óleo térmico.



Fonte: Desenho próprio.

#### 2.1.1 Controle dos Consumidores: controle de temperatura em circuito de malha aberta

Entre os consumidores que possuem este tipo de controle de temperatura estão os tanques de sedimentação de óleo lubrificante, tanque de esgoto, tanque de borra de purificadores, tanque de resíduos de óleo, poceto de óleo lubrificante do motor principal, tanques de armazenamento de óleo combustível, aquecedores de compartimentos de motores elétricos e aquecedores de tubulações de passagem de óleo combustível.

O sistema de circuito em malha aberta é aquele em que não há feedback (realimentação), ou seja, mede-se o valor de entrada da variável controlada (temperatura), para estabelecer o valor de saída desta variável (abertura da válvula), ou seja, executamos uma ação de controle antecipativo.

Por isso, o controle de circuito aberto no sistema de aquecimento é constituído por uma válvula de operação para o óleo térmico e um indicador de temperatura para informação da temperatura.

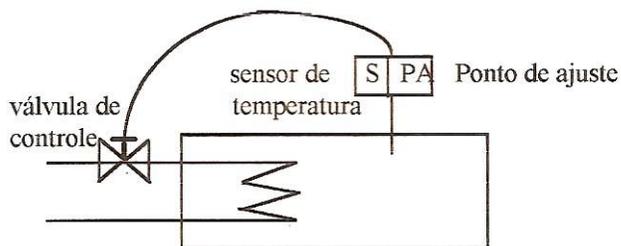
### 2.1.2 Controle dos Consumidores: controle de temperatura em circuito de malha fechada

Existem dois tipos conforme descritos a seguir:

- Controlados mecanicamente por controladores de temperatura.

Nesse caso, nenhuma energia externa é necessária para a operação. Este tipo de controle por circuito fechado é constituído por um sensor de temperatura que contém um líquido, o qual dilata com o aumento de temperatura. Esta dilatação é levada através do tubo capilar para a válvula de controle que a opera. Dependendo da posição em que o sensor está colocado no óleo térmico e do ponto de ajuste escolhido, a dilatação permanecerá tanto tempo quanto a temperatura real e ajustada forem diferentes.

Figura 3 - Diagrama de circuito em malha fechada de controle de válvula



Fonte: Desenho próprio.

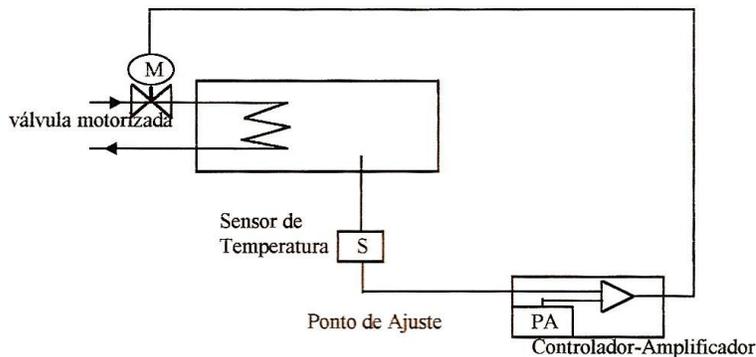
Esse tipo de controle será observado nos aquecedores de óleo combustível pesado para a caldeira auxiliar, nos pré-aquecedores de unidade de ar condicionado, no separador de água e óleo e nos tanques de serviço e sedimentação de óleo combustível

pesado.

- Controlados eletricamente por controladores de temperatura. Compostos de um sensor de temperatura, um controlador-amplificador e uma válvula motorizada.

Este tipo de controle por circuito fechado é constituído por um sensor resistivo que sente a temperatura. As variações de temperatura são proporcionais às variações de resistência. Esta variação de resistência é enviada para o controlador-amplificador, onde este valor é comparado com o valor de ajuste. Enquanto existir uma diferença entre ambos os valores, existirá um sinal de saída que aciona o motor da válvula motorizada. O motor é reversível por mudanças de polaridade, portanto, ele seguirá o sinal de saída do controlador-amplificador na magnitude e polaridade. Se o sinal do sensor e o sinal de ajuste são iguais não haverá nenhuma saída do amplificador e o motor da válvula parará.

Figura 4 - Diagrama do sensor de temperatura controlado eletricamente.



Fonte: Desenho próprio.

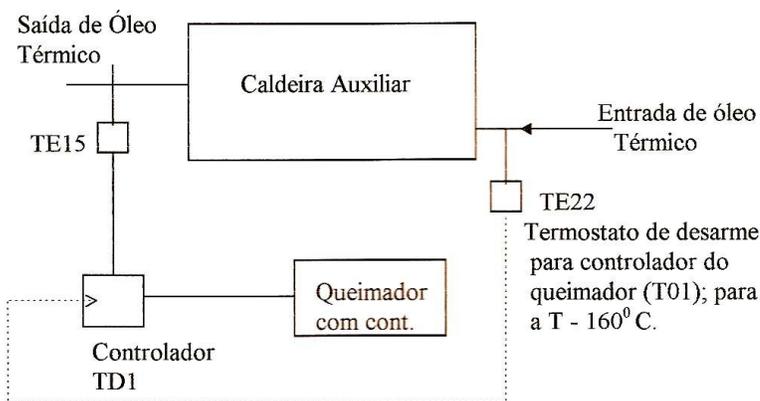
Os consumidores controlados por esse tipo de sistema são o aquecedor primário de água doce para acomodações, aquecedor de óleo lubrificante para purificador de óleo lubrificante para motores auxiliares e principal, aquecedor de óleo diesel para purificador, aquecedor de óleo combustível pesado para purificador de óleo combustível pesado, aquecedor de óleo combustível pesado para o motor principal.

## 2.2 Partida do sistema

Para que se possa dar partida no sistema de óleo térmico com temperaturas abaixo de 50°C, deve-se partir o sistema utilizando MDO para suprir os queimadores, com todas as manobras de válvulas feitas. Primeiramente é necessário partir uma bomba de circulação de MDO, deixando a outra em stand-by e logo em seguida partir a bomba de alimentação de MDO, quando serão observados valores de pressão crescentes. Enquanto a temperatura de fluido térmico for menor que 50°C a chave que controla o fluxo deve estar pressionada, fazendo com que o manômetro diferencial seja desativado, criando assim uma diferença de pressão na chave auxiliar do manômetro passando o mesmo de normalmente fechado para normalmente aberto, assim o relé de retardo de tempo se fechará. Deve-se em seguida acionar o sistema de proteção e o controle de voltagem do queimador e resetar o mesmo. Então liga-se o controle do queimador. Quando a chave está posicionada no modo desligado não quer dizer que a caldeira esteja completamente parada, esse modo faz com que ela opere em regime de baixa carga, isso é feito para manter o óleo térmico sempre aquecido.

Falamos sobre os pré-requisitos para o acendimento da caldeira. Explicaremos agora o controle automático da seqüência de queima do óleo. Como a caldeira ainda não está em operação normalmente o óleo que está na saída da caldeira auxiliar está abaixo da temperatura de funcionamento, um termostato TE15 lê esta informação e envia para um controlador de temperatura TD1 e para o controlador automático 11U1.

Figura 5 - Controle de alimentação da caldeira por temperatura



Fonte: Desenho próprio.

Deve-se acionar a pré-purga no painel, dando partida ao motor do soprador do queimador, habilita os dispositivos de controle da pressão e também os contactores para o ar de combustão e para o ar de otimização. O servo-motor para o controlador de carga é assim acionado, movendo-se para a posição aberta, dando assim início à pré-purga.

Quando a posição de ignição é confirmada, o circuito de memória é energizado e o relé de controle é acionado e a ignição do sistema é, assim, confirmada. A bomba de suprimento de óleo Diesel para ignição da caldeira auxiliar entra em funcionamento, o transformador de ignição entra em operação e as válvulas e o servo-motor movem-se para a posição "ignição". Simultaneamente, é desenergizado o elemento temporizador de pré-purga e, depois de um tempo, o sistema de ignição é desligado.

Temos assim o sistema automático da seqüência de queima de óleo em operação. Se o detector de chama não for acionado antes do final do período de segurança do sistema de controle da seqüência de queima, o mesmo trava na posição "falha" e as válvulas de combustível são fechadas imediatamente, para evitar que o óleo derrame no fundo da caldeira, o que poderia ocasionar uma explosão. Para dar nova partida, o circuito de proteção do queimador tem que ser resetado.

Um controlador automático estando em operação controla o combustível entre as capacidades de 580kw e 2035 kw.

### 2.3 Operação do queimador com óleo combustível pesado

O queimador da caldeira auxiliar também pode ser operado com óleo combustível pesado (HFO), mas para esta alteração é necessário que a temperatura do óleo combustível seja no mínimo de cerca de 80° C. Devido ao fato de o óleo combustível pesado somente poder ser aquecido pelo sistema de óleo térmico, conclui-se que o sistema de óleo térmico "frio" sempre terá que partir com óleo Diesel marítimo (MDO).

Para isso as seguintes condições devem ser preenchidas:

- a) O óleo combustível deve ser aquecido no mínimo até 80° C. no aquecedor de óleo combustível pesado para caldeira auxiliar;

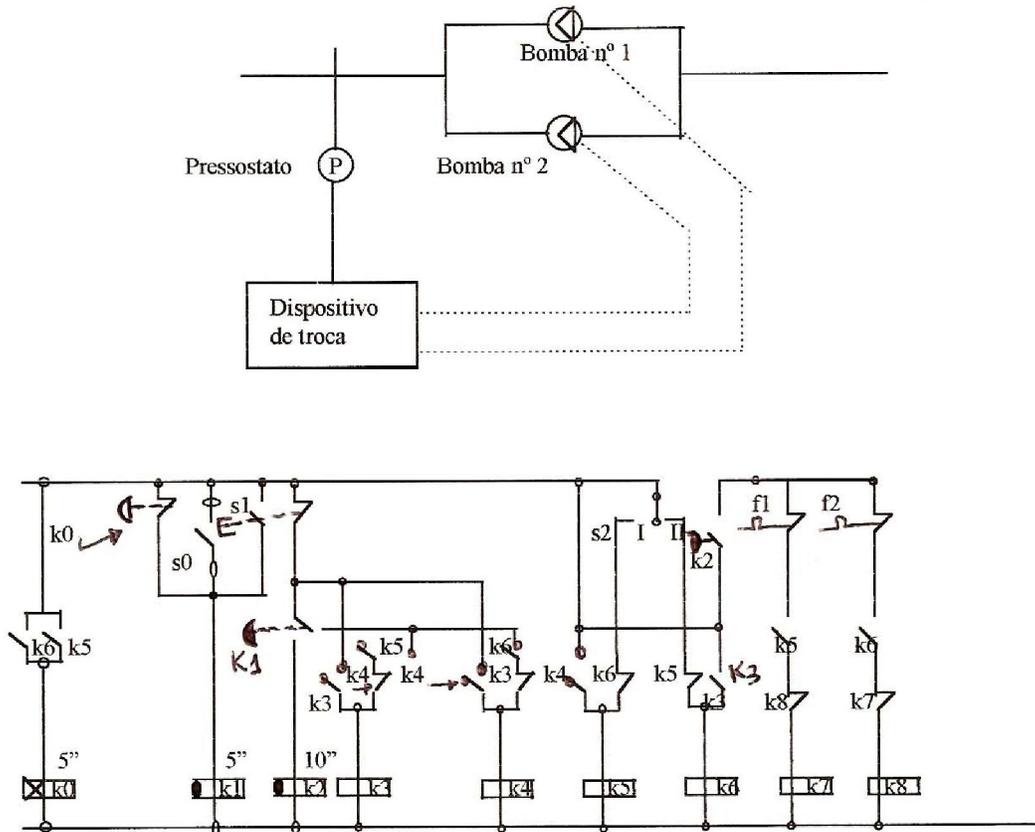
- b) Uma das bombas de suprimento de óleo combustível pesado para caldeira auxiliar partirá, ficando a segunda em stand-by;
- c) Trocar a alavanca, na entrada de combustível do queimador, de “MDO” para “HFO”;
- d) Pressionar se necessário, a chave para resetar do circuito de falha de fluxo.

## 2.4 Operação das bombas

O óleo térmico precisa da atuação de bombas para sua circulação, por isso existem duas bombas em paralelo, dentre as quais uma estará na posição liga e a outra na posição stand by, no caso de perda de pressão por qualquer motivo existe dispositivos automáticos que acionam a bomba stand by.

A perda de pressão por um tempo de até 30s, não será considerada devido à ação do relé de tempo de retardo (K1 e K2).

Figura 6 - Circuito de comando que permuta as bombas de alimentação



Fonte: Manual Hoch de Caldeira de Óleo Térmico.

## 2.5 Operação do economizador

Para que o óleo térmico entre na caldeira ele precisa estar na temperatura de 60°C. Para que ele atinja essa temperatura uma pequena tubulação de óleo térmico passa no tanque de armazenagem. Quando a caldeira não está acesa não há óleo térmico aquecido, por isso precisamos do economizador que é uma caldeira auxiliar que aquece o óleo térmico aproveitando os gases de escape do MCP, sua capacidade é de um terço da caldeira principal.

Existe um controle de circuito fechado para o controle de temperatura do Economizador, que consiste de um sensor de temperatura e de um controlador-amplificador. A operação do flap é feita por um motor pneumático que transforma um movimento retilíneo em um movimento de rotação. Este motor pneumático é acionado por duas válvulas solenóides. Estas válvulas solenóides recebem sinal elétrico do controlador-amplificador. No caso de um "black-out" a bordo do navio, automaticamente o flap do economizador abre para evitar sobretemperatura no sistema de óleo térmico.

Uma pequena válvula de estrangulamento na tubulação de dreno tem a função de amortizar a operação de controle e deverá evitar uma oscilação no circuito de controle através de um amortecimento definido.

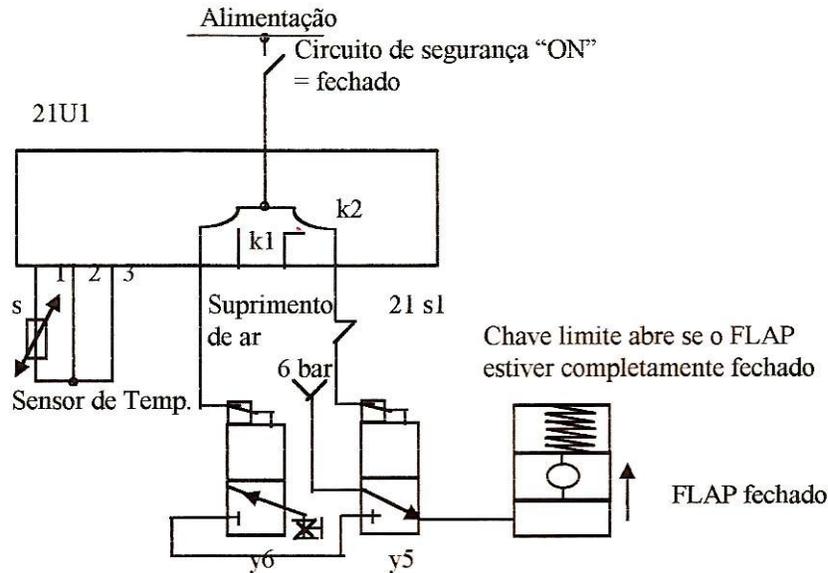
Se o controlador do flap está na posição "fechado", existe uma chave limite que desconecta a válvula solenóide do controlador-amplificador.

Enquanto existir uma demanda de calor sentida pelo sensor de temperatura, existirá um sinal em ambas as saídas do controlador de temperatura, girando o controle do flap para a posição fechado.

AT significa diferença de temperatura entre os valores real e ajustado, ou seja, mais ou menos graus, respectivamente acima ou abaixo, do valor de ajuste. Portanto, temos que:

- a) K1 para "ligado", se o valor real é aproximadamente igual a 1,5°C acima do valor de ajuste;
- b) K2 para "desligado", se o valor real é igual ao valor de ajuste.

Figura 7 - Circuito mecânico de proteção



Fonte: OIL gas-fired thermal oil heater type HE.

## 2.6 Circuito auxiliar de controle

Existem duas condições possíveis no sistema de óleo térmico que requerem este controle auxiliar:

- a) Quando poucos consumidores estão conectados pelos seus controles ao sistema. Isto é sentido pelo transmissor de pressão TG 18. Quanto menos consumidores estão conectados, mais a pressão irá aumentar. A pressão normal no TG 18 será aproximadamente 3 bar. O aumento de pressão fará com que o controlador DTS de um sinal de saída para o atuador (motor) M11 que abrirá a válvula by-pass TC2;
- b) Durante a partida de sistema de óleo térmico a temperaturas menores ou iguais a 140' C., é mais conveniente aquecer o óleo térmico num pequeno circuito. O termostato TE24 (19S1) fará com que o motor-atuador M11 abra completamente a válvula by-pass TC2, de modo a circular o óleo térmico, aquecendo-o mais rapidamente.

## 2.7 Indicadores de temperatura

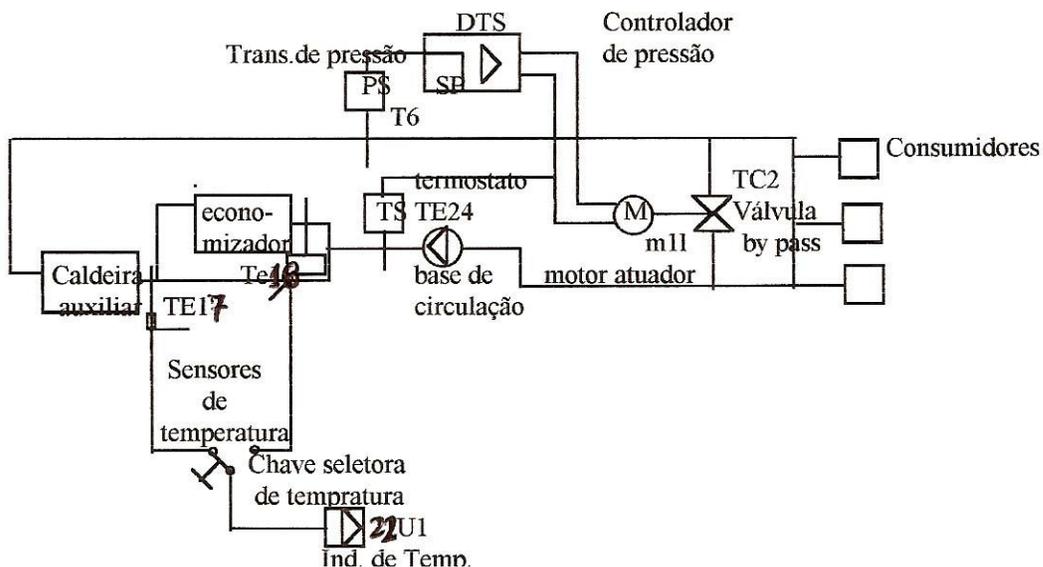
As temperaturas de entrada da caldeira auxiliar e do economizador podem ser monitoradas do painel de controle do sistema de óleo térmico.

Para ser possível esta monitoração, dois indicadores de temperatura estão instalados nas entradas da caldeira auxiliar e do economizador:

- a) TE17: sente a temperatura de entrada da caldeira auxiliar;
- b) TE 18: sente a temperatura de entrada do economizador.

Ambos os sensores estão conectados, através da chave seletora 22S1, com um indicador de temperatura 22U1. Devido ao fato de que a temperatura de saída da caldeira auxiliar é também monitorada no controlador de temperatura 10U2 e a temperatura de saída do economizador no controlador de temperatura 21U1, é fácil comparar as temperaturas de entrada e saída para ambas as caldeiras e com isso verificar a eficiência das caldeiras.

Figura 8 - Indicador de temperatura e entrada



Fonte: OIL gas-fired thermal oil heater type HE.

## 2.8 Acendimento da caldeira auxiliar

O queimador da caldeira auxiliar opera pelo princípio da atomização efetuada por um cone rotativo com a função de pulverizar o óleo combustível e queimá-lo com o auxílio do ar de combustão fornecido pelo ventilador de tiragem forçada. O ar de combustão, ao ser introduzido na caixa de ar, se divide em 3 partes: primário, secundário e terciário, respectivamente. Cada uma dessas partes possui uma função e uma forma de controle específica.

**Ar primário:** Perfaz 15% do fluxo total de ar de combustão requerido. É responsável pelo correto ângulo de atomização do óleo combustível. É controlado por um damper, localizado na entrada do queimador, acionado por um elemento de controle, constituído por um cabo flexível e uma alavanca. Este sistema de controle é comandado. O ar primário será conduzido para o interior do queimador e compelido por um impelidor, montado no eixo do queimador, de forma a regular o ângulo de atomização do óleo combustível.

**Ar secundário:** Compreende a maior parte do ar fornecido pelo ventilador de tiragem forçada. É o ar que efetivamente será utilizado na combustão. É controlado por um damper, localizado na caixa de ar, acionado por um cabo flexível comandado, automaticamente, pelo regulador de compressão de óleo combustível.

**Ar terciário:** Uma parte do ar secundário será desviada para o interior do queimador, como ar terciário, para evitar depósitos de carbono nos componentes do mesmo. O óleo combustível suprido ao queimador, via regulador de composição de óleo combustível, passa no atomizador do cone rotativo e, através do efeito da força centrífuga do cone girando a alta velocidade (acionado por um motor elétrico), é distribuído uniformemente na parede interior do cone. O óleo flui em direção à borda do cone e o fino filme de óleo, então criado, é distribuído radialmente e transformado em pequenas gotículas pela ação do ar primário, atuando no filme de óleo naquele ponto. Ao mesmo tempo, as gotículas são dirigidas axialmente ao ângulo de atomização desejado.

O regulador de composição de óleo combustível é um elemento de controle que regula o óleo combustível e o ar de combustão para o queimador na proporção mais eficiente e variável, de acordo com a faixa de controle do queimador. O controle é efetuado automaticamente por um servo-motor acoplado, através de uma haste, ao regulador de composição de óleo combustível. O regulador não poderá efetuar o corte de suprimento de óleo combustível para a caldeira auxiliar. Para esta função foram instaladas duas válvulas solenóides, na rede de admissão de óleo combustível para o queimador, que cortarão automaticamente o suprimento de óleo combustível no caso de falhas na ignição ou no sistema de suprimento de ar de combustão. O acendimento inicial da caldeira deverá ser feito lentamente a fim de evitar danos no material refratário e nos tubos da caldeira, devido ao aumento brusco de temperatura.

## **2.9 Transferência de MDO para óleo combustível pesado na caldeira auxiliar**

Com a caldeira auxiliar na temperatura normal de operação e comunicada à rede de óleo térmico, será feita a transferência de queima de óleo Diesel para queima de óleo combustível pesado.

O óleo combustível pesado deverá ser aquecido de forma a obter uma viscosidade de 37 a 59 mm<sup>2</sup>/s ou 5 a 8°E (graus Engler).

Isto possibilitará uma correta pulverização do óleo combustível e também que o mesmo flua normalmente pela tubulação. A temperatura de aquecimento dependerá do tipo de óleo combustível utilizado e será automaticamente controlada pela válvula 8 de controle de temperatura do aquecedor de óleo combustível pesado para a caldeira auxiliar. Durante a operação inicial de acendimento com MDO, o óleo combustível pesado será recirculado, através da bomba de suprimento de óleo combustível pesado que irá aspirar diretamente do tanque de serviço (a válvula de troca de combustível deverá estar posicionada para operação com MDO). Quando o óleo combustível atingir a temperatura de operação, a transferência poderá ser efetuada.

A pressão de abastecimento de óleo combustível pesado será mantida por válvulas de controle de pressão (aprox. 2,0 bar).

A caldeira deverá ser apagada no momento da transferência. Após a

transferência, a caldeira passará a operar normalmente com o óleo combustível pesado. Mesmo que a demanda de calor caia e a caldeira apague automaticamente, a bomba deverá permanecer em operação, recirculando, de modo que, se necessário, a caldeira venha a acender automaticamente, já queimando óleo combustível pesado.

Os Procedimentos para a transferência são os seguintes:

- a) No painel das caldeiras auxiliares, colocar uma das bombas de suprimento de óleo combustível pesado em operação e a outra em stand-by
- b) Posicionar a válvula de troca de combustível para operação com óleo combustível pesado;
- c) Retirar de operação a bomba de suprimento de óleo Diesel para caldeira auxiliar.

No anexo 3 está o diagrama esquemático do sistema de cambagem de combustível para a caldeira auxiliar.

### 3 PRINCIPAIS VANTAGENS DO SISTEMA DE AQUECIMENTO A FLUIDO TÉRMICO

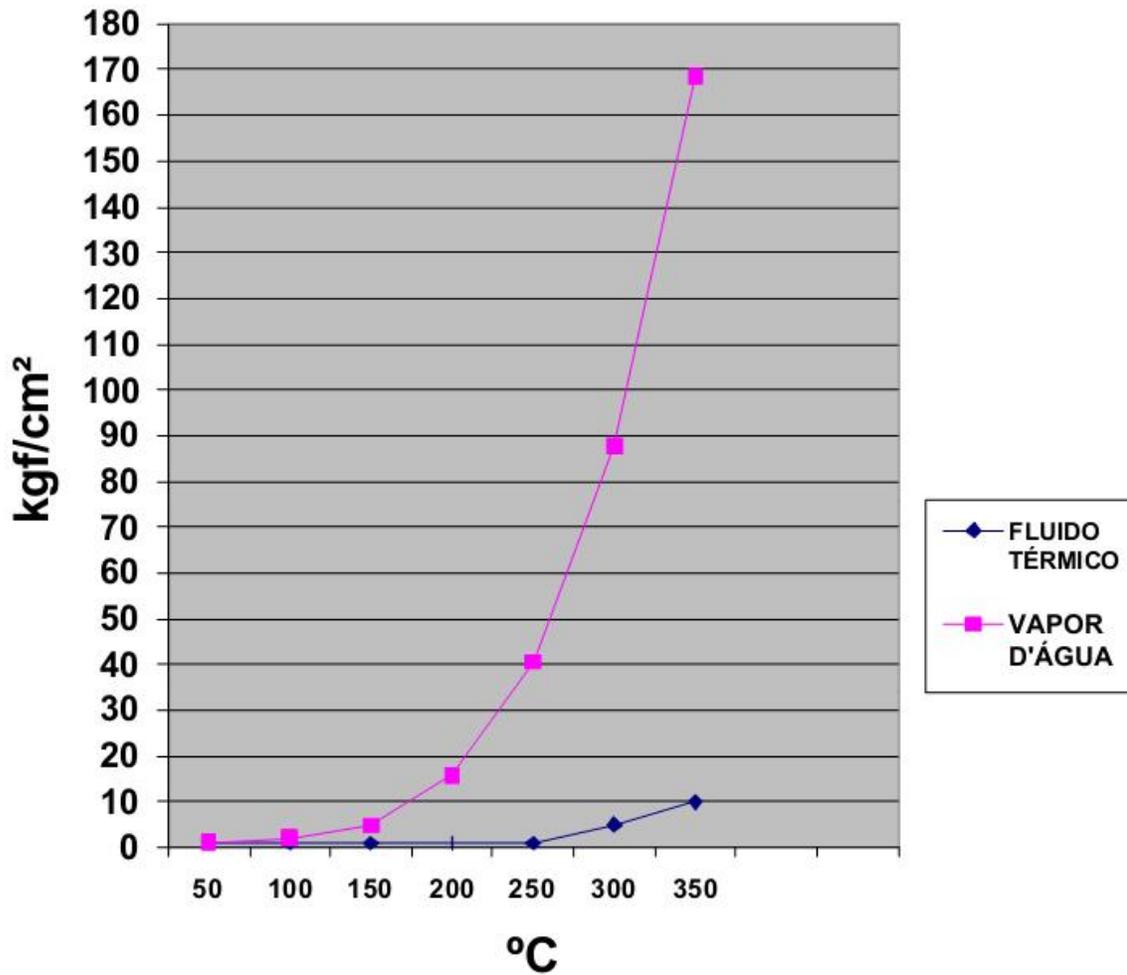
Destacamos as principais vantagens do sistema de aquecimento a fluido térmico:

- a) 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, supraaquecimentos localizados;
- b) 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;
- c) O custo operacional e de manutenção é muito inferior, se compararmos com o de um sistema de vapor para a mesma temperatura;
- d) As condições de transferência de calor podem ser otimizadas caso a caso dentro de um mesmo sistema;
- e) O mesmo sistema de fluido térmico pode trabalhar ora aquecendo ora resfriando um determinado produto e/ou equipamento;
- f) O armazenamento de calor é possível e especialmente vantajoso quando existe uma grande variação de consumo e picos de demanda por curtos períodos;
- g) O calor gerado no aquecedor de fluido térmico pode ser transformado central ou localmente nos consumidores em água quente, água supraaquecida, vapor ou ar quente, de acordo com a necessidade do processo produtivo;
- h) 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.

Figura 9 - Comparação das pressões de trabalho entre o fluido térmico e o vapor de água saturado

FF



Fonte: OIL gas-fired thermal oil heater type HE.

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.

### 3.1 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:

- a) O fluido térmico utilizado, seja ele qual for, deve ter uma vida útil de no mínimo um ano;
- b) 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;
- c) 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.

#### **4 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Inúmeros acidentes de trabalho já foram registrados devido à má condução em uma caldeira convencional que utiliza vapor em altíssimas pressões, sendo que em muitos casos estes acidentes são gerados por falhas elétricas, humanas ou de componentes.

A utilização do óleo térmico como fonte geradora de vapor reduz sensivelmente a probabilidade de ocorrência de explosões, pois o óleo térmico atinge elevadíssimas temperaturas a baixas pressões.

Conforme foi observado no presente trabalho, os sistemas de aquecimento de óleo térmico possuem enormes vantagens sobre os sistemas de geração de vapor tanto por ser um processo mais seguro, com menos risco de ocorrência de acidentes, quanto pela facilidade de condução. Por tais motivos, muitos navios da marinha mercante já vêm substituindo seus sistemas de aquecimento pelo sistema a óleo térmico.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

HALTON, Roger, E. Use and application synthetic organic heat transfer fluid. Monsanto Industrial Chemicals Co., 2º Seminário de Utilidades, ABP, nov. 77

HARMS gmbh. Disponível em: <<http://www.harms-gmbh.de>>. Acesso em: 20014.

OIL gas-fired thermal oil heater type HE. Disponível em: <<http://www.hti-ellerau.de/en/bereiche-und-anwendungen.php>>. Acesso em: 2014.

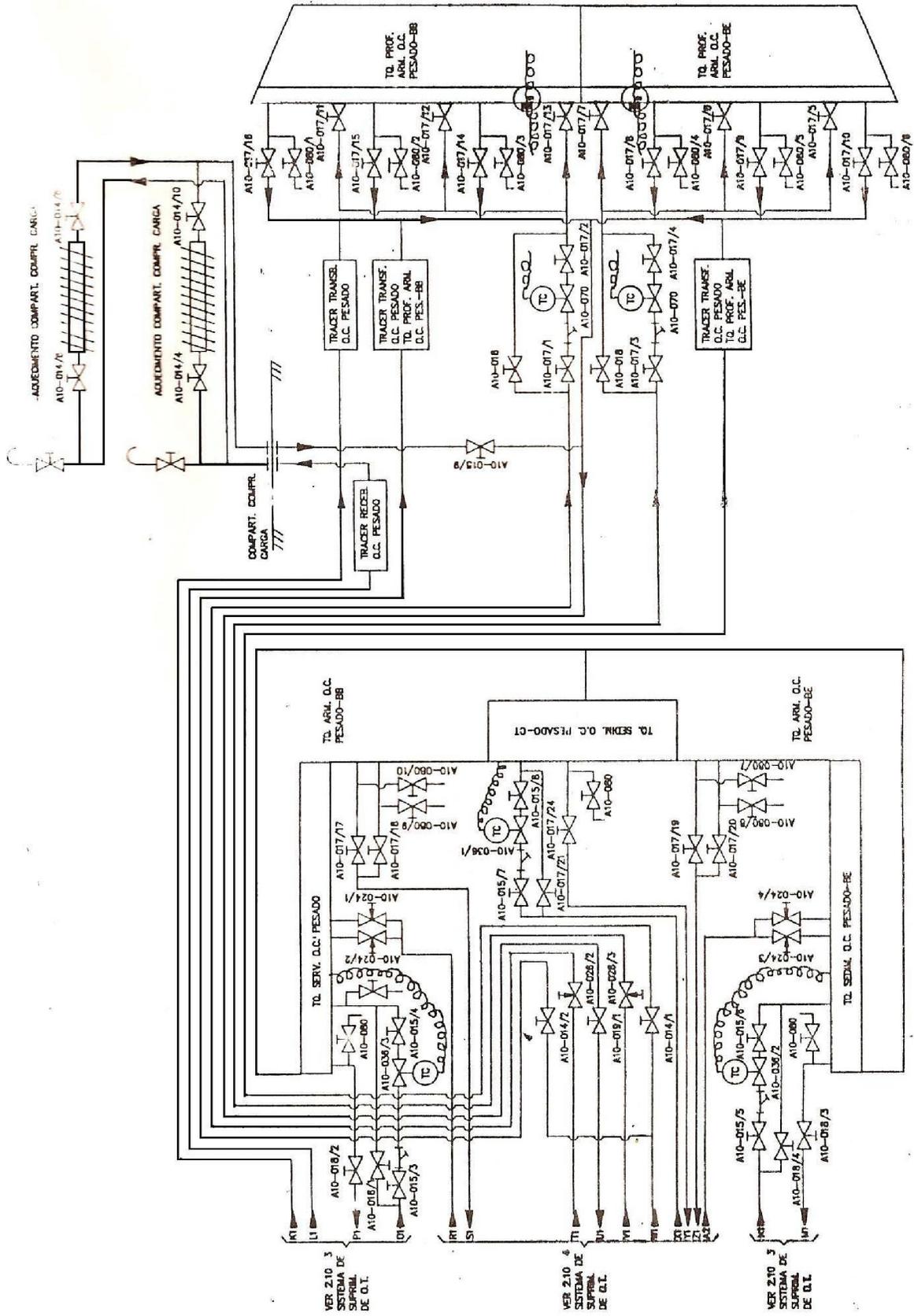
SANTOS, Gilson M. Aquecedores de Fluido Térmico. Operação, manutenção e Segurança. Instituto Municipal de Administração Pública. Curitiba, 2011.

ZIGMANTAS, P. V. M. Sistema de Óleo Térmico para Navios Petroleiros Nacionais. Belém. Centro de Instrução Almirante Braz de Aguiar. 1996 (Apostla)









Anexo 3 - Diagramas de Redes de Combustível para a Caldeira Auxiliar

