

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS
ENGENHARIA MECÂNICA
KEIVERSON HENRIQUE PEREIRA SILVA

**ANÁLISE DA INSTALAÇÃO DE SISTEMA DE RESFRIAMENTO DE ÓLEO EM
CIRCUITO HIDRÁULICO COM BOMBA DE ENGRELAGENS**

Varginha
2020

KEIVERSON HENRIQUE PEREIRA SILVA

**ANÁLISE DA INSTALAÇÃO DE SISTEMA DE RESFRIAMENTO DE ÓLEO EM
CIRCUITO HIDRÁULICO COM BOMBA DE ENGRENAGENS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel, sob orientação do Prof. Esp. Antônio Vital Lara Jr.

Varginha

2020

KEIVERSON HENRIQUE PEREIRA SILVA

**ANÁLISE DA INSTALAÇÃO DE SISTEMA DE RESFRIAMENTO DE ÓLEO EM
CIRCUITO HIDRÁULICO COM BOMBA DE ENGRENAGENS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel pela Banca Examinadora composta pelos membros:

Aprovado em: / /

Prof.

Prof.

Prof.

OBS.:

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, a Deus, pela minha vida, e por me ajudar a superar todos os obstáculos ao longo deste curso.

Aos meus pais e irmãos, que me incentivaram nos momentos difíceis e que sempre estiveram comigo durante toda essa trajetória.

Aos meus amigos e colegas de trabalho, que me sempre me apoiaram e contribuíram para a realização deste trabalho.

Aos mestres, pelas repreensões e ensinamentos que me permitiram desenvolver um melhor desempenho no meu processo de formação profissional.

“Para realizar grandes coisas, devemos não apenas agir, mas também sonhar, não apenas planejar, mas também acreditar.”

Jacques Anatole François Thibault.

RESUMO

O presente trabalho visa acompanhar o processo de implantação de um resfriador de óleo industrial em um sistema hidráulico, visando à eliminação do problema que se tornou recorrente devido ao superaquecimento do mesmo. O objetivo é explorado através da elaboração de um referencial teórico onde descreve e conceitua detalhadamente os principais componentes do sistema hidráulico, descrevendo suas características e a grande importância para o funcionamento adequado do equipamento. A garantia da necessidade de instalação do resfriador é buscada mediante cálculo do calor gerado pelo sistema quando comparado à quantidade de calor que o reservatório é capaz de dissipar. Para a implantação, também foram levadas em consideração as falhas operacionais causadas, visto que elas sobrecarregam o equipamento, ocasionando em paradas não programadas e prejuízos para a empresa. Do ponto de vista financeiro, foi realizada uma comparação entre os gastos relacionados com as paradas de máquina não programadas do equipamento no ano anterior, e os gastos gerados com a implantação do sistema de resfriamento, analisando os resultados satisfatórios. Após a instalação do equipamento e o acompanhamento do seu funcionamento por um período de tempo considerável, foram perceptíveis as melhorias e os benefícios transferidos ao sistema hidráulico, elevando seus índices de confiabilidade e disponibilidade.

Palavras-chave: Sistema hidráulico. Resfriador de óleo. Transferência de calor.

ABSTRACT

The present work aims to accompany the process of implantation of an industrial oil cooler in a hydraulic system, aiming at the elimination of the problem that has become recurrent due to its overheating. The objective is explored through the elaboration of a theoretical reference where it describes and conceptualizes in detail the main components of the hydraulic system, describing its characteristics and the great importance for the proper functioning of the equipment. The guarantee of the need to install the chiller is sought by calculating the heat generated by the system when compared to the amount of heat that the reservoir is capable of dissipating. For the implementation, the operational failures caused were also taken into account, since they overload the equipment, causing unscheduled downtime and losses for the company. From a financial point of view, a comparison was made between the expenses related to the equipment's unscheduled machine stops in the previous year, and the expenses generated with the implementation of the cooling system, analyzing the satisfactory results. After the installation of the equipment and the monitoring of its operation for a considerable period of time, improvements and benefits transferred to the hydraulic system were noticeable, increasing its availability and maintainability rates.

Keywords: *Hydraulic system. Oil cooler. Heat transfer.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Bomba com indicação de cargas	14
Figura 2 - Componentes e construção de uma bomba de engrenagem.....	15
Figura 3 - - Esquema de funcionamento de uma bomba de engrenagens	16
Figura 4 - Representação de reservatório hidráulico	18
Figura 5 - Esquemáticação de elemento filtrante	19
Figura 6 - Válvula limitadora de pressão	20
Figura 7 - Manômetro de Bourdon	21
Figura 8 - Acumulador do tipo bexiga	24
Figura 9 - Resfriador óleo-ar	26
Figura 10 - Esquemáticação de resfriador àgua-óleo.....	27
Figura 11 - Cilindros hidráulicos do acumulador de pressão	28
Figura 12 - Manômetro apresentando a pressão de trabalho.....	29
Figura 13 - Resfriador de óleo industrial	32
Figura 14 - Suporte para sustentação do resfriador	34
Figura 15 - Resfriador óleo-ar com instalação concluída	35

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1.....	18
Equação 2.....	22
Equação 3.....	25
Equação 4	25
Equação 5.....	25
Equação 6.....	29
Equação 7.....	30
Equação 8.....	31
Equação 9.....	32
Equação 10.....	32

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
2 REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1 Manutenção Industrial	13
2.2 Bombas hidráulicas	13
2.2.1 Princípio de hidrostática	14
2.2.2 Bombas de engrenagens	15
2.2.3 Princípio de funcionamento	16
2.2.4 Especificações gerais.....	16
2.3 Reservatórios e acessórios	17
2.3.1 Reservatórios	17
2.3.2 Medidores de nível e temperatura.....	19
2.3.3 Elemento filtrante ou filtro de ar.....	19
2.3.4 Válvula limitadora de pressão.....	20
2.4 Manômetros	20
2.4.1 Manômetro de Bourdon.....	20
2.5 Fluidos Hidráulicos.....	21
2.5.1 Viscosidade.....	22
2.5.2 Classificação ISO de viscosidade	22
2.6 Filtros de óleo hidráulico	23
2.7 Acumuladores hidráulicos.....	23
2.7.1 Acumuladores tipo bexiga	24
2.8 Resfriadores (trocadores de calor)	24
2.8.1 Resfriadores a ar.....	26
2.8.2 Resfriadores à água	27
3 AVALIAÇÃO DO SISTEMA HIDRÁULICO ATUAL.....	28
3.1 Capacidade ideal para o reservatório	28
3.2 Parâmetros para utilização de um resfriador.....	29
3.3 Tipo de resfriador a ser utilizado	32
3.3.1 Seleção dos materiais a serem utilizados.....	32
3.3.2 Processo inicial de instalação	33
3.3.3 Finalização da instalação	34
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	36

5 CONCLUSÃO..... 39

REFERÊNCIAS..... 41

1 INTRODUÇÃO

O setor de manutenção de ativos é um dos pilares mais importantes da estratégia de uma empresa que visa lucratividade e competitividade no mercado. Sendo assim, o refinamento dos custos em ativos e o custeio do ciclo de vida de um equipamento se tornam peças-chave para um futuro de boa produtividade e lucratividade dentro das empresas (KARDEC; NASCIF, 2009).

De acordo com Teles (2018) uma empresa que estimula um bom conhecimento da gestão de equipamentos, enxerga o setor de manutenção como aquele que possibilita investimentos que acabam retornando através do aumento dos indicadores de confiabilidade e disponibilidade da planta.

A ideia do projeto iniciou-se a partir da observação de um equipamento que vinha apresentando recorrentes falhas mecânicas durante a execução do processo que desempenhava no setor de Engomagem em uma empresa do ramo têxtil no Sul de Minas.

Acerca do problema, fez-se perceptível a causa através do superaquecimento do equipamento, tornando-se necessário um estudo de caso para chegar às causas raízes do problema. A princípio, tem-se a ideia de instalação de um sistema de refrigeração para a bomba hidráulica, realizando testes e acompanhando o procedimento com a máquina, para que possa impedir que as falhas se tornem cada vez mais frequentes.

O objetivo deste estudo é avaliar os resultados que serão obtidos através da implantação de um sistema de resfriamento no sistema hidráulico, observando como poderá influenciar no processo, trazendo benefícios para o equipamento.

A partir do histórico recente de falhas mecânicas do equipamento, consideradas prematuras para o tipo de processo, tornou-se necessária uma avaliação para confirmação das principais causas. Além disso, analisar o circuito hidráulico realizando pesquisas acerca do tipo de equipamento e de suas características fundamentais, como também identificar os problemas que ocorrem na bomba hidráulica e como a mudança irá surtir efeito no equipamento, tanto do ponto de vista financeiro, quanto de funcionamento do sistema.

Através da sucessão de manutenções devido a problemas ocasionados pelo equipamento em um intervalo de tempo considerado curto para tais serviços, tornou-se necessário uma análise acerca do que poderia ser feito.

Segundo a Hidrautec (2020) realizar a manutenção de equipamentos hidráulicos é de extrema importância para que estes produtos estejam sempre funcionando de maneira adequada, assim garantindo que estão sendo aproveitados com sua máxima eficiência.

Equipamentos danificados podem apresentar resultados ruins, gerando baixa produtividade, conseqüentemente, prejuízos financeiros e riscos de acidentes. Portanto, é preferível realizar regularmente a manutenção de equipamentos hidráulicos, ao invés de trabalhar com aparentes falhas no mecanismo.

A implantação de um sistema de resfriamento para o circuito hidráulico visa minimizar as falhas ocorridas anteriormente devido ao seu superaquecimento, o que ocasionou a troca constante do equipamento, rendendo gastos desnecessários.

A ideia inicial é garantir uma maior manutenibilidade e confiabilidade do equipamento, conservando sua vida útil, melhorando a qualidade das futuras manutenções e eliminando os prejuízos causados pelas recorrentes trocas de bombas.

Além disso, o óleo contido no reservatório da bomba não será perdido com a implantação do projeto, uma vez que ele vai perdendo as suas características funcionais com o seu superaquecimento e acaba sendo descartado, que mesmo sendo realizado de forma adequada, deixará de prejudicar o meio ambiente, pois terá sua vida útil prolongada.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Manutenção Industrial

As organizações, especialmente as industriais, precisam gerenciar recursos na elaboração de seus produtos e serviços. Para realizarem sua função, utilizam-se de máquinas, equipamentos, recursos materiais, recursos humanos, energia e tecnologias das mais diversas. Colocar em prática uma indústria requer um planejamento específico com base nas necessidades de produção. Da mesma forma, manter a organização funcionando também requer planejamento, além da elaboração de estratégias, aplicação de táticas e utilização de ferramentas (SELEME, 2015).

As máquinas hidráulicas acionam componentes móveis aplicando a força de um fluido sob pressão. Os sistemas variam de muito pequenos e simples para sistemas muito grandes e de alta pressão, com certa complexidade. Independente disso, a manutenção adequada tanto do sistema como do óleo hidráulico é fundamental para maximizar o tempo de operação e reduzir os custos com reparos (MOBIL, 2009).

Equipamentos bem ajustados consomem quantidades menores de recursos, apresentam menos desgaste em sua operação, rendem uma taxa de produtividade que pode ser planejada e demandam reinvestimentos menos frequentes. Qualquer um desses itens, por si só, já justificaria a necessidade de que as organizações, juntamente com seu processo produtivo, planejassem os processos de manutenção (SELEME, 2015).

2.2 Bombas hidráulicas

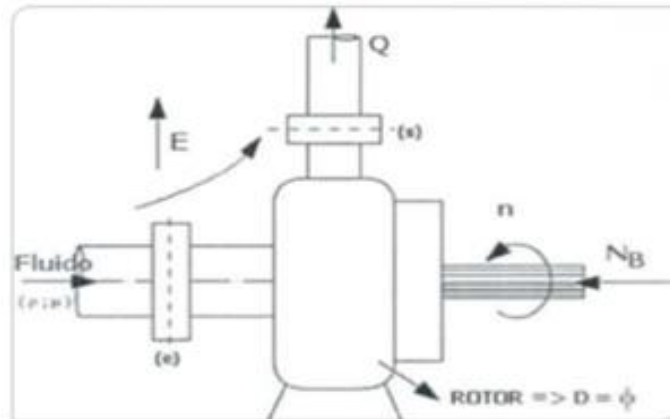
Bombas hidráulicas e seus componentes, em condições normais de trabalho, são submetidos a diversos tipos de situação e para conservá-los é necessário conhecer princípios que norteiam toda essa base (SANTOS, 2007).

Segundo Schneider (2006) bombas hidráulicas são máquinas operatrizes, isto é, máquinas que recebem energia potencial (força motriz de um motor ou turbina), e transformam parte desta potência em energia cinética (movimento) e energia de pressão (força), cedendo estas duas energias ao fluido bombeado, de forma a recirculá-lo ou transportá-lo de um ponto a outro.

Ressalta também, que o uso de bombas hidráulicas ocorre sempre que há necessidade de aumentar a pressão de trabalho de uma substância líquida contida em um sistema, à velocidade de escoamento, ou ambas.

De acordo com Santos (2007) uma bomba hidráulica é uma forma de fornecimento de energia. Na passagem pela bomba, a carga total (energia/peso) aumentará. Isso é possível ser visualizado com a obtenção de uma carga total a partir das cargas cinética, potencial e de pressão, representado na figura 1.

Figura 1 - Bomba com indicação de cargas



Fonte: (SANTOS, 2007).

De acordo com a Parker (2017) a ação mecânica cria um vácuo parcial na entrada da bomba e permite que a pressão atmosférica force o fluido do tanque, através da linha de sucção, a penetrar na bomba. A bomba passará o fluido para a abertura de descarga forçando-o através do sistema hidráulico. As bombas são classificadas, basicamente, em dois tipos: hidrodinâmicas e hidrostáticas.

A pesquisa aborda um tipo de bomba sendo classificada como hidrostática, do tipo de engrenagens.

2.2.1 Princípio de hidrostática

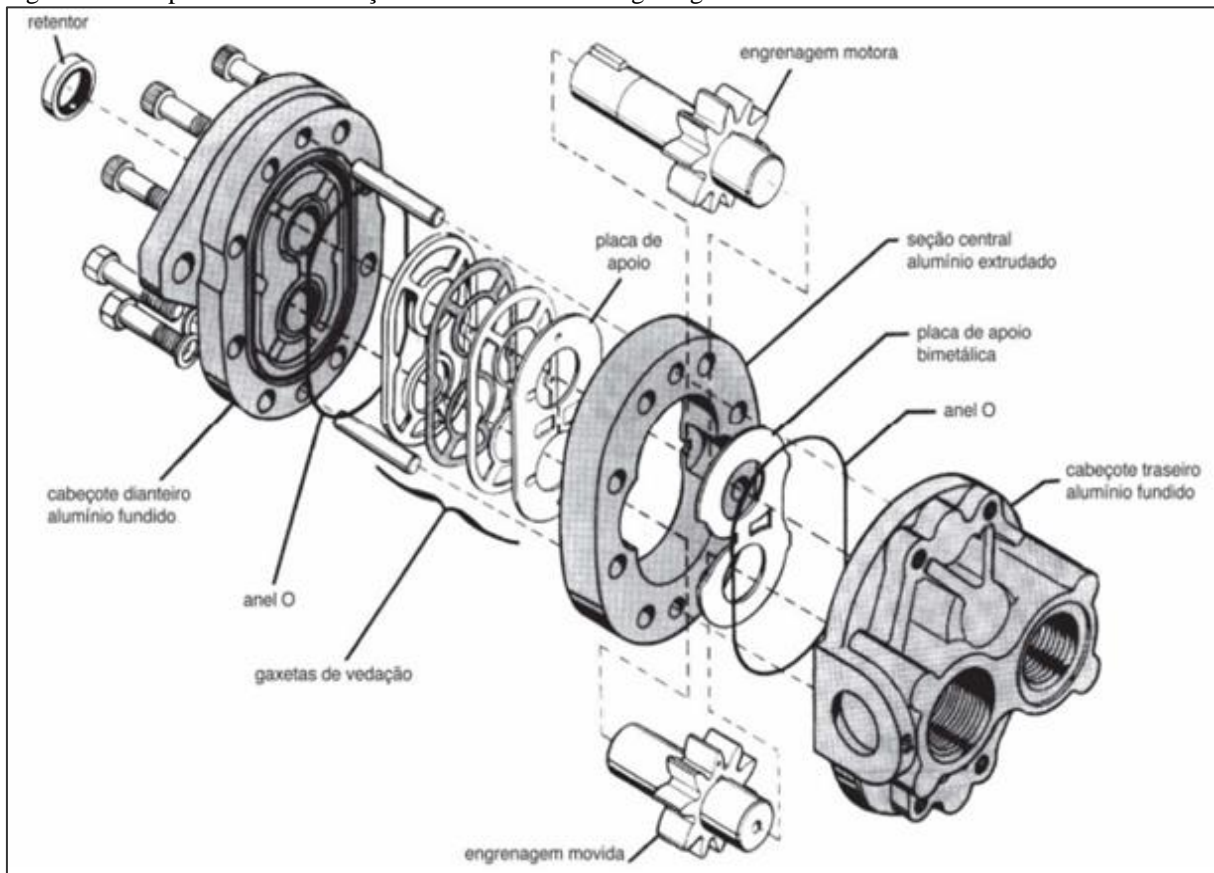
Hidrostática é a hidráulica em que a pressão exercida no fundo de um recipiente é originada da altura do fluido, tendo assim uma energia potencial. Com bombas hidráulicas conseguimos trabalhar com pressões mais elevadas em relação à pressão atmosférica. Nestas condições de trabalho com pressões altas, temos baixas vazões para termos um bom controle de movimento (PARKER, 2017).

“Bombas hidrostáticas são bombas de deslocamento positivo que fornecem determinada quantidade de fluido a cada rotação ou ciclo e como nas bombas hidrodinâmicas, a saída do fluido independe da pressão.” (PARKER, 2017).

2.2.2 Bombas de engrenagens

Segundo a Bosch Rexroth (2018) a bomba de engrenamento externo consiste essencialmente em um par de engrenagens, suportado por mancais de buchas ou rolamentos, dependendo da série e da carcaça, com tampa dianteira e traseira. O eixo de acionamento projeta-se pela tampa frontal, onde é vedado por um anel de vedação.

Figura 2 - Componentes e construção de uma bomba de engrenagem



Fonte: (PARKER, 2017, p. 79).

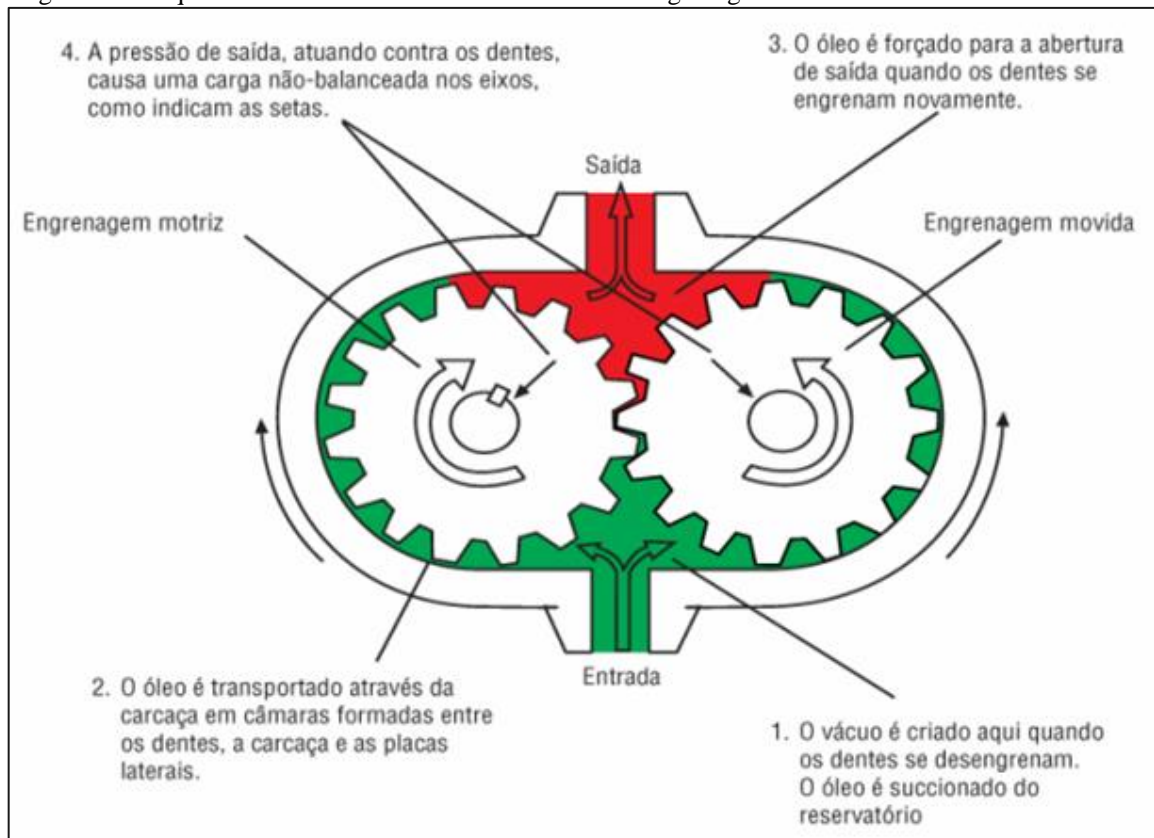
De acordo com a Parker (2017), algumas das vantagens desse tipo de bomba são:

- a) Projeto simples;
- b) Compacta e leve para sua capacidade;
- c) Eficiente para alta pressão de operação;
- d) Resistente em operações às baixas temperaturas;
- e) Compatibilidade com vários fluidos.
- f) Alta tolerância à contaminação dos sistemas;

2.2.3 Princípio de funcionamento

Segundo Parker (2017) no lado da entrada os dentes das engrenagens desengrenam, o fluido entra na bomba, sendo conduzido pelo espaço existente entre os dentes e a carcaça, para o lado da saída onde os dentes das engrenagens engrenam e forçam o fluido para fora do sistema.

Figura 3 - - Esquema de funcionamento de uma bomba de engrenagens



Fonte: (PARKER, 2017, p.80).

Uma vedação positiva neste tipo de bomba é realizada entre os dentes e a carcaça e entre os próprios dentes de engrenagem. As bombas de engrenagem têm geralmente um projeto não compensado (GOMES; ANDRADE; FERRAZ, 2008).

2.2.4 Especificações gerais

São especificadas na tabela 1 algumas das características gerais das bombas de engrenagens externas (BOSCH REXROTH, 2018).

Quadro 1 - Especificações sobre bombas de engrenagens externas

Geral	
Construção	Bomba de engrenamento externo
Montagem	Flange ou através de parafusos passantes com arrastador
Conexões	Flange ou rosca fêmea
Sentido de rotação (olhando para o eixo)	Horário ou anti-horário, a bomba pode ser acionada apenas no sentido indicado
Posição de instalação	Qualquer
Carga no eixo	Forças radiais e axiais sob consulta
Faixa de temperatura ambiente	-30 °C a +80 °C ou máx. +110 °C com vedações em FKM
Fluido hidráulico	- Óleo mineral conforme DIN 51524, 1-3, porém, sob cargas maiores, pelo menos um fluido HLP conforme DIN 51524 Parte 2 é recomendado - Conforme a Ficha Técnica RE 90220 - Outros fluidos são possíveis, sob consulta
Viscosidade	Faixa permitida: 12 a 800 mm ² /s Faixa recomendada: 20 a 100 mm ² /s Faixa permitida na partida: até 2000 mm ² /s
Faixa de temperatura do fluido	máx. +80 °C com vedações NBR*) máx. +110 °C com vedações em FKM**)
Filtragem ***)	Mínima classe de limpeza: 21/18/15 conforme ISO 4406 (1999)

Fonte: (BOSCH REXROTH, 2018, p.12).Legenda:*) NBR – Perbuna/ **) FKM – Viton/ ***) Quando da aplicação em sistemas de controle ou dispositivos com alteração do sentido do esforço, como unidades de direção ou válvulas de contrabalanço, o tipo de filtragem selecionado deverá ser adaptado à sensibilidade destes dispositivos. Requisitos de segurança do sistema como um todo, devem ser observados.

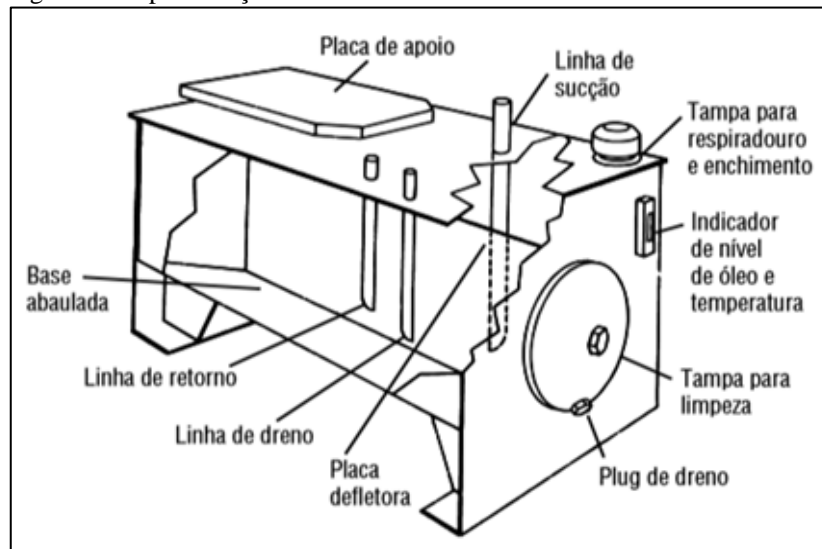
2.3 Reservatórios e acessórios

Em equipamentos de diferentes segmentos industriais, os componentes hidráulicos, como comandos e válvulas, são fundamentais para automatizar o funcionamento de máquinas em geral. Esses equipamentos são produzidos com o objetivo de flexibilizar os projetos de circuitos hidráulicos (HIDRAUTEC, 2020).

2.3.1 Reservatórios

Segundo a Parker (2017) os reservatórios hidráulicos consistem em quatro paredes (geralmente de aço), uma base abaulada, um topo plano com uma placa de apoio, quatro pés, linhas de sucção, retorno e drenos, plugue do dreno, indicador de nível de óleo, tampa para respiradouro e enchimento, tampa para limpeza e placa defletora, de acordo com a figura 4.

Figura 4 - Representação de reservatório hidráulico



Fonte: (PARKER, 2017, p. 38).

Quando o fluido retorna ao reservatório, a placa defletora impede que este fluido vá diretamente à linha de sucção. Isto cria uma zona de repouso onde as impurezas maiores sedimentam, o ar sobe à superfície do fluido e dá condições para que o calor, no fluido, seja dissipado para as paredes do reservatório (PARKER, 2017).

Segundo Pedrosa (2006) o reservatório ou tanque é utilizado para o armazenamento do fluido de trabalho e ele contribui para a troca de calor e para a decantação das partículas contaminantes. Devido a essas tarefas, o reservatório deverá ter a sua capacidade determinada de acordo com a equação:

$$C = (3 \times 5 \cdot Q) + V \quad (\text{Eq. 1})$$

Onde:

C = Volume do reservatório [L]

Q = Vazão máxima de trabalho [L/min]

V = Volume da haste dos cilindros hidráulicos [L]

Os reservatórios industriais têm uma variedade de estilos, dentre os quais estão os reservatórios em forma de L, os reservatórios suspensos e os reservatórios convencionais. Os convencionais são os mais comumente usados dentre os reservatórios hidráulicos industriais (PARKER, 2017).

2.3.2 Medidores de nível e temperatura

Assim como afirma Pedrosa (2006, p. 06), o nível e a temperatura do fluido precisam ser controlados sistematicamente por fatores inúmeros, a saber:

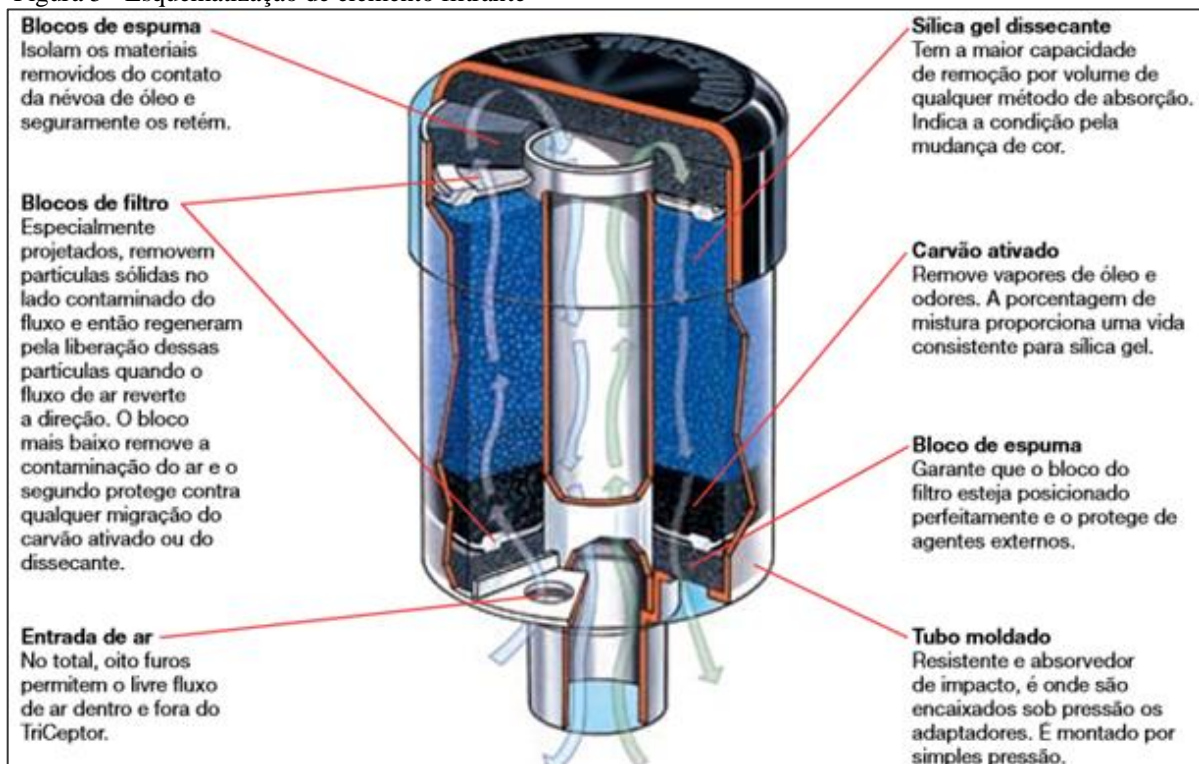
Sempre será necessário controlar o nível e a temperatura do fluido no reservatório. O nível é muito importante por diversos fatores, como a alimentação perfeita da bomba, a eficiência na troca de calor e a garantia de que não aparecerá espuma no fluido. Já a temperatura deve ser controlada, pois ela é uma ferramenta na análise preventiva e preditiva contra falhas no sistema hidráulico. (PEDROSA, 2006, p. 06).

2.3.3 Elemento filtrante ou filtro de ar

Segundo Pedrosa (2006) a alimentação da bomba é feita pela pressão atmosférica, ou seja, o ar empurra o fluido para o interior da bomba e para que o ar possa chegar ao interior do reservatório com a qualidade exigida pelo sistema hidráulico, utilizamos o filtro de ar.

“O filtro de ar retém partículas contaminantes que o ser humano não consegue enxergar e danificam prematuramente os componentes do sistema.” (PEDROSA, 2006).

Figura 5 - Esquematização de elemento filtrante



Fonte: (PARKER, 2017, p. 41).

2.3.4 Válvula limitadora de pressão

A sua utilização, no sistema hidráulico, tem como objetivo principal garantir a segurança do sistema e, conseqüentemente, das pessoas ao redor, evitando o rompimento de mangueiras e danos aos equipamentos instalados no sistema (DIRECIONAL, 2020).

De acordo com a Parker (2017) com a via primária da válvula conectada à pressão do sistema e a via secundária conectada ao tanque, o carretel no corpo da válvula é acionado por um nível predeterminado de pressão e neste ponto as vias primárias e secundárias são conectadas e o fluxo é desviado para o tanque.

Figura 6 - Válvula limitadora de pressão



Fonte: (LONTEVAR DOMINGUES PEDROSA, 2006, p. 18).

2.4 Manômetros

Segundo Pedrosa (2006, p. 19) “a pressão máxima deve ser ajustada quando o atuador estiver bloqueado, ou seja, no caso de um cilindro ele deverá estar parado no final de curso e no caso de um motor hidráulico ele deverá estar frenado pela carga. Esse valor deve ser lido por um manômetro”.

O manômetro é um aparelho que mede um diferencial de pressão. Dois tipos de manômetros são utilizados nos sistemas hidráulicos: o de Bourdon e o de núcleo móvel (PARKER, 2017).

2.4.1 Manômetro de Bourdon

Conforme a Parker (2017) o tubo de Bourdon consiste em uma escala calibrada em unidades de pressão e em um ponteiro ligado, através de um mecanismo, a um tubo oval em forma de "C". Esse tubo é ligado à pressão a ser medida.

Figura 7 - Manômetro de Bourdon



Fonte: (BOSCH REXROTH, 2018, p. 01).

Conforme a pressão aumenta no sistema, o tubo de Bourdon tende a endireitar-se devido às diferenças nas áreas entre os diâmetros interno e externo do tubo. Esta ação de endireitamento provoca o movimento do ponteiro, proporcional ao movimento do tubo, que registra o valor da pressão no mostrador. Os manômetros de Bourdon são instrumentos de boa precisão com valores variando entre 0,1 e 3% da escala total (PARKER, 2017).

2.5 Fluidos Hidráulicos

Segundo Alves (2020) o fluido hidráulico numa instalação hidráulica tem como função principal, transmitir forças e movimentos. Como não existe fluido hidráulico ideal para todos os campos de utilização, é necessário considerar características específicas na sua escolha. Só assim é possível uma operação econômica e sem falhas.

Parker (2017, p. 22) afirma que “O fluido hidráulico é o elemento essencial de um sistema hidráulico industrial. Ele é um meio de transmissão de energia, um lubrificante, um inibidor e um emissor de transferência de calor. O fluido hidráulico à base de petróleo é o mais comum.”

De acordo com a Parker (2017) a oxidação do óleo ocorre por causa de uma reação entre o óleo e o oxigênio do ar. A oxidação resulta em baixa capacidade de lubrificação na formação de ácido e na geração de partículas de carbono e aumento da viscosidade do fluido. A oxidação do óleo é aumentada por três fatores:

- a) Alta temperatura do óleo.
- b) Catalisadores metálicos, tais como cobre, ferro ou chumbo.
- c) O aumento no fornecimento de oxigênio.

2.5.1 Viscosidade

A característica mais importante na escolha de um fluido hidráulico é a viscosidade. Ela não caracteriza a qualidade de um fluido hidráulico, mas define o seu comportamento numa determinada temperatura de referência (ALVES, 2020).

Para Alves (2020, p. 07) “na escolha de componentes hidráulicos é importante considerar os valores máximos e mínimos de viscosidade, indicados nos catálogos dos fabricantes de componentes hidráulicos, devido ao limite de capacidade dos mesmos.”

2.5.2 Classificação ISO de viscosidade

O sistema ISO baseia-se na viscosidade cinemática (Stokes) a 40°C. Os números que indicam cada grau ISO representam o ponto médio de uma faixa de viscosidade compreendida entre 10% abaixo e 10% acima desses valores (PARKER, 2017).

Tabela 1 - Classificação ISO de viscosidade

ISO standard 3448 ASTM D-2422	Ponto médio de viscosidade cSt	Viscosidade cinemática, cSt		Equivalência aproximada SUS
		mínimo	máximo	
ISO VG 2	2,2	1,98	2,42	32
ISO VG 3	3,3	2,88	3,52	36
ISO VG 5	4,6	4,14	5,06	40
ISO VG 7	6,8	6,12	7,48	50
ISO VG 10	10	9,00	11,0	60
ISO VG 15	15	13,5	16,5	75
ISO VG 22	22	19,8	24,2	105
ISO VG 32	32	28,8	35,2	150
ISO VG 46	46	41,4	50,6	215
ISO VG 68	68	61,2	74,8	315
ISO VG 100	100	90,0	110	465
ISO VG 150	150	135	165	700
ISO VG 220	220	198	242	1000
ISO VG 320	320	288	352	1500
ISO VG 460	460	414	506	2150
ISO VG 680	680	612	748	3150
ISO VG 1000	1000	900	1100	4650
ISO VG 1500	1500	1350	1650	7000

Fonte: (PARKER, 2017, p. 24).

O sistema ISO, de acordo com a Parker (2017) é aplicada apenas aos lubrificantes industriais em que a viscosidade é o fator mais importante para a seleção, excluindo os óleos de corte, óleos de têmpera, óleos de transformador, entre outros.

Para conversão de viscosidades aproximadas utilizar a fórmula:

$$CSt = \frac{SUS}{4,635} \quad (\text{Eq. 2})$$

Segundo Alves (2020, p. 12) “a escolha de um fluido hidráulico, do ponto de vista econômico, poderá ser feita analisando os custos de operação e os custos das consequências. Por isso é importante estar informado sobre as características físicas e químicas do fluido.”

2.6 Filtros de óleo hidráulico

O filtro hidráulico industrial é um componente usado para controle da contaminação, sendo ele instalado de forma estratégica para proteção dos circuitos hidráulicos. Sua função é reter o contaminante, impedindo que este chegue aos componentes sensíveis do circuito (JOTAFLEX, 2020).

Segundo a Bosch Rexroth (2018) a maior parte das falhas prematuras em bombas de engrenagem é devido à contaminação do fluido hidráulico.

De acordo com a Parker (2017) o excesso de contaminação do fluido causa:

- a) Perda de produção;
- b) Custo de reposição de componentes;
- c) Trocas constantes de fluido;
- d) Custo no descarte do fluido;
- e) Aumento geral dos custos de manutenção.

O investimento em um filtro de óleo hidráulico de qualidade é o ponto chave, pois o óleo é um meio de passagem de energia, troca de calor e lubrifica os componentes otimizando-os. Dessa forma, o movimento e funcionamento dos componentes fecha as entradas e saídas de ar, completando as folgas entre eles (HIDRAUTEC, 2020).

Segundo a Parker (2017, p. 24) a localização do filtro no circuito é o que determina a pressão de trabalho. As carcaças são projetadas para três localizações em um circuito: sucção, pressão ou linhas de retorno.

2.7 Acumuladores hidráulicos

De acordo com Pedrosa (2006) os acumuladores são como reservatórios de energia que armazenam o fluido hidráulico sob pressão.

Segundo a Parker (2017) os acumuladores podem desempenhar uma gama muito grande de funções no sistema hidráulico. Algumas dessas funções são:

- a) Manter a pressão do sistema;
- b) Desenvolver o fluxo no sistema;

- c) Absorver choques no sistema;
- d) Absorver o aumento da pressão causado pela expansão térmica;
- e) Emergência para manter a pressão do sistema ou movimentar o atuador.

Os acumuladores hidráulicos são basicamente de 3 tipos: carregados por peso, carregados por mola e hidropneumáticos.

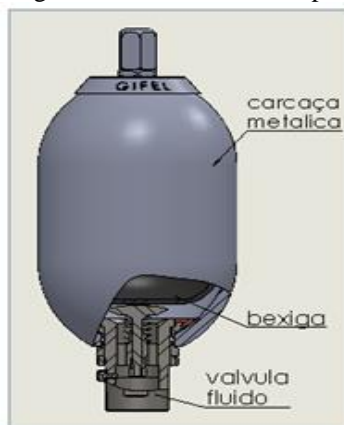
2.7.1 Acumuladores tipo bexiga

Este é o tipo mais utilizado em sistemas hidropneumáticos, consiste basicamente de uma bexiga dentro de uma carcaça de metal (GIFEL, 2020).

“O acumulador tipo bexiga é constituído por uma bexiga de borracha sintética dentro de uma carcaça de metal e mesma é cheia com gás comprimido.” (PARKER, 2017, p. 139).

Uma válvula do tipo assento, localizada no orifício de saída, fecha o orifício quando o acumulador está completamente vazio e evita que a bexiga seja extrudada para o sistema.

Figura 8 - Acumulador do tipo bexiga



Fonte: (GIFEL, 2020).

Numa pressão pré-determinada, quando um acumulador é carregado até um determinado nível específico, a bomba pode ser aliviada com o descarregamento de toda sua vazão ao tanque (ALVES, 2020).

2.8 Resfriadores (trocadores de calor)

De acordo com Parker (2017) todos os sistemas hidráulicos aquecem e se o reservatório não for suficiente para manter o fluido à temperatura normal, haverá um superaquecimento.

Se as superfícies de irradiação não forem suficientes, precisam ser previstos adicionalmente trocadores de calor (resfriadores) na instalação, para evitar superaquecimento da instalação e do fluido hidráulico (ALVES, 2020).

De acordo com Pedrosa (2006), para saber qual o calor gerado pelo sistema hidráulico deve-se utilizar a seguinte equação.

$$\mathbf{W = Q \times \Delta P \times 1,4} \quad (\text{Eq. 3})$$

Onde:

W = Potência transformada em calor [kcal/h]

Q = Vazão que gera o calor [L/min]

P = Pressão que gera o calor [bar]

Ainda de acordo com o mesmo autor, um dado que também pode ser calculado é o incremento na temperatura, ou seja, quantos graus a temperatura do fluido irá aumentar por hora, conforme a equação 4.

$$\Delta \mathbf{T} = \frac{\mathbf{W}}{\mathbf{V \times \rho \times \dot{C}}} \quad (\text{Eq. 4})$$

Onde:

T = Incremento de temperatura [°C/h]

W = Potência transformada em calor [kcal/h]

V = Volume do reservatório [m³]

ρ = Densidade do fluido [kg/m³]

\dot{C} = Calor específico do fluido [kcal/kg °C]

Com essas informações, pode-se avaliar se o reservatório dissipa todo o calor gerado ou se há a necessidade de utilizar um resfriador (PEDROSA, 2006).

$$\mathbf{q = s \times k \times \Delta T} \quad (\text{Eq. 5})$$

Onde: q = Calor dissipado pelo reservatório [kcal/h]

s = Superfície do reservatório [m²]

T = Incremento de temperatura [$^{\circ}\text{C}/\text{h}$]

k = Coeficiente global de troca de calor [kcal/kg]

Utilize: $k = 0$ (grande fluxo de ar sobre o reservatório)

$k = 10$ (pouco fluxo de ar sobre o reservatório)

Dessa forma, subtraindo o calor dissipado pelo reservatório da potência transformada em calor, há duas possibilidades:

- a) Se o resultado for maior que 0, será necessário escolher um trocador de calor para essa potência.
- b) Se o resultado for menor ou igual a 0, o reservatório dissipará todo o calor gerado e não há necessidade de utilizar um trocador de calor.

2.8.1 Resfriadores a ar

Segundo Parker (2017) nos resfriadores a ar, o fluido é bombeado através de tubos aletados, e para dissipar o calor, o ar é soprado sobre os tubos e aletas por um ventilador. Esse tipo de resfriador é mais utilizado em locais onde se encontram dificuldades para a obtenção de água.

Figura 9 - Resfriador óleo-ar



Fonte: (HYDAC, 2015, p. 19).

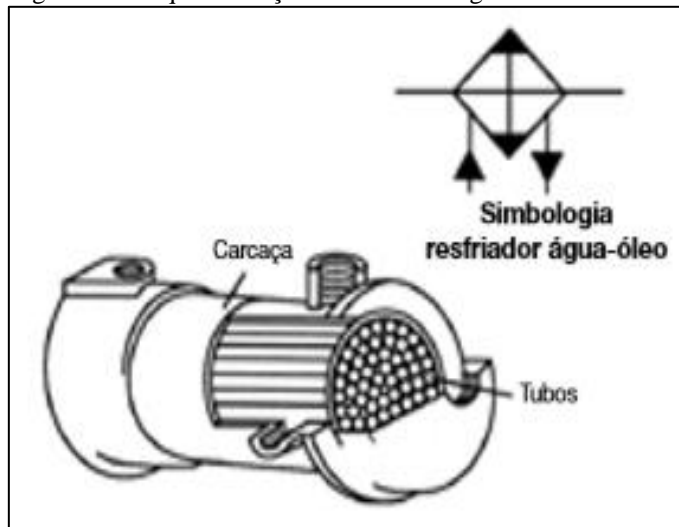
A aplicação permite um resfriamento e filtração eficiente do fluido hidráulico, independente dos tempos de ciclo do sistema hidráulico. Desta forma, evitam-se oscilações de vazão e com isso picos de pressão, que poderiam danificar o radiador (HYDAC, 2015).

2.8.2 Resfriadores à água

O resfriador à água consiste basicamente em um feixe de tubos encaixados em um invólucro metálico. Neste resfriador, o fluido do sistema hidráulico é geralmente bombeado através do invólucro e sobre os tubos que são refrigerados com água fria (PARKER, 2017).

Segundo Lopes (2007) os resfriadores de líquidos, ou unidades de água gelada, são equipamentos projetados para garantir o fornecimento contínuo de água com temperatura própria para o resfriamento de processos industriais.

Figura 10 - Esquemática de resfriador água-óleo



Fonte: (PARKER, 2017, p. 42).

3 AVALIAÇÃO DO SISTEMA HIDRÁULICO ATUAL

No decorrer da análise dos diversos componentes do equipamento e de suas funcionalidades, também se faz necessária uma avaliação, por meio de cálculos, levando em consideração tanto os parâmetros de operação do sistema hidráulico quanto do fluido utilizado, para que haja a confirmação da real necessidade de implantação do resfriador de óleo em que é proposto com a pesquisa.

3.1 Capacidade ideal para o reservatório

Primeiramente, será feito o cálculo onde irá definir a capacidade ideal do reservatório onde é armazenado o fluido hidráulico, em litros, de acordo com a equação 1.

O valor da vazão do sistema (20 L/min) foi fornecido pela empresa e o volume da haste dos cilindros (16,3809 L/min) foi descoberto através da medição no local com a utilização de um paquímetro, encontrando um valor de 58 mm de diâmetro. Os cilindros hidráulicos são apresentados com marcações na figura 11 a seguir.

Figura 11 - Cilindros hidráulicos do acumulador de pressão



Fonte: O autor.

Dessa forma, foram feitas as transformações necessárias aos valores, bem como a multiplicação do valor encontrado por 4, pois o sistema hidráulico de acumulador de pressão possui 4 cilindros.

O valor do volume considerado ideal é encontrado de acordo com a equação 1 proposta na seção 2.3.1, atribuindo os valores a ela.

$$C = (3 \times 5 \times 20) + 16,3809 \quad (\text{Eq. 6})$$

$$C = 316,3809 \text{ litros}$$

Após o cálculo da capacidade, em litros, que o reservatório deveria comportar, é perceptível que o dimensionamento do equipamento não havia sido feito corretamente quando projetado, uma vez que a sua capacidade real atualmente é de 90 litros, ou seja, o volume ideal possui valor superior a 3 vezes do reservatório atual.

3.2 Parâmetros para utilização de um resfriador

Para definir a quantidade de calor gerada pelo sistema hidráulico será utilizada a equação 3, apresentada anteriormente. A vazão de trabalho é de 20 L/min como também já foi apresentada e a pressão exercida é de 110 bar, aproximadamente, como é mostrada na figura 12 em foto tirada do manômetro no momento da operação de trabalho.

Figura 12 - Manômetro apresentando a pressão de trabalho



Fonte: O autor.

A quantidade de potência transformada em calor é dada pela equação 3 encontrada na seção 2.8.

$$W = 20 \times 110 \times 1,4 \quad (\text{Eq. 7})$$

$$W = 3080 \text{ kcal/hora}$$

Logo após, é utilizado o valor encontrado para a descoberta do parâmetro de acréscimo de temperatura do fluido pela equação 4, onde são utilizados dados diretamente ligados ao mesmo (Óleo hidráulico DTE 25), que por sua vez são fornecidos pelo fabricante Mobil no quadro 2, com a densidade aparecendo em destaque.

Quadro 2 - Tabela de propriedades do óleo hidráulico Mobil DTE 25

Propriedades e Especificações						
Propriedades	MOBIL DTE[®] 21 ULTRA	MOBIL DTE[®] 22 ULTRA	MOBIL DTE[®] 24 ULTRA	MOBIL DTE[®] 25 ULTRA	MOBIL DTE[®] 26 ULTRA	MOBIL DTE[®] 27 ULTRA
Grau ISO	10	22	32	46	68	100
Corrosão em Lâmina de Cobre, 3 h, 100 °C, Classificação, ASTM D130	A1	A1	A1	A1	A1	A1
Densidade a 15,6 °C, kg/l, ASTM D4052	0,8373	0,8524	0,8596	0,8667	0,8743	0,8797
cSt a 40° C	10,7	21,4	33,4	46,2	68,6	100,2
cSt a 100° C	2,8	4,4	5,8	7,1	8,9	11,9
Ponto de Fluidez, °C, ASTM D97	-45	-39	-36	-33	-30	-33
Proteção Anti-ferrugem, Procedimento B, ASTM D665	Passa	Passa	Passa	Passa	Passa	Passa
Índice de Viscosidade, ASTM D2270	106	115	115	110	104	108

Fonte: Adaptado de (MOBIL, 2020, p. 3)

O valor de 0,8667 kg/l é transformado em 866,7 kg/m³ para que atenda à fórmula.

Já o calor específico do fluido, segundo Richard E. Sonntag (2013) é definido como a quantidade de calor necessária para poder aumentar a temperatura de determinada massa de uma substância em um grau. Porém, como não foi encontrado, adotou-se um valor tido como base para os óleos (0,45 kcal/kg·°C).

A fórmula utilizada para calcular o acréscimo de temperatura é dada pela equação 4 da seção 2.8, exemplificada a seguir.

$$\Delta T = \frac{3080}{0,09 \times 866,7 \times 0,45} \quad (\text{Eq. 8})$$

$$\Delta T = 87,746^\circ \text{ C}$$

A seguir, é realizado o cálculo do calor dissipado pelo reservatório, levando em consideração que o equipamento recebe pouco fluxo de ar sobre ele, pois se situa na área interna da instalação da empresa, adotando o valor de k igual a 10.

A equação 5, encontrada também na seção 2.8 é utilizada, ficando da seguinte forma:

$$q = 0,09 \times 10 \times 87,746 \quad (\text{Eq. 9})$$

$$q = 78,971 \text{ kcal/hora}$$

O valor do calor dissipado pelo reservatório encontrado é subtraído da potência transformada em calor, ficando da seguinte forma:

$$\Delta Q = 78,971 - 3080 \quad (\text{Eq. 10})$$

$$\Delta Q = -3001,029 \text{ kcal/ hora}$$

Nesse caso, realmente será necessário instalar um trocador de calor para realizar o resfriamento do fluido hidráulico, pois o reservatório sozinho não consegue dissipar todo o calor gerado pelo sistema.

Além disso, também foram observadas falhas operacionais durante o trabalho da máquina, pois alguns operadores utilizavam da função do sistema hidráulico mesmo quando não era realmente necessário, apenas para agilizarem o processo da máquina. Dessa forma, seria bastante viável a instalação do resfriador de óleo, para não sobrecarregar o sistema de eventuais ocasionalidades.

3.3 Tipo de resfriador a ser utilizado

Após a percepção da real necessidade de implantação de um resfriador para o sistema hidráulico, foi levantado qual seria o melhor tipo de equipamento para efetivar a instalação.

Por questão de estratégia de layout, o resfriador seria instalado no ambiente externo à instalação da empresa, na parede logo atrás do acumulador de pressão hidráulico. Dessa forma, tornou-se mais viável a escolha de um resfriador do tipo óleo-ar, pois o local não possui fácil acessibilidade a água.

O equipamento a ser utilizado é o da figura 13 a seguir, sendo mostrado nas vistas frontal e traseira.

Figura 13 - Resfriador de óleo industrial



Fonte: O autor.

Este resfriador de óleo é da marca WUXI no modelo AH1417. Ele recebe 220 V na sua entrada em corrente alternada e converte para 24 V em corrente contínua.

3.3.1 Seleção dos materiais a serem utilizados

Foi realizada uma cotação com o levantamento de custos acerca dos materiais que seriam necessários para a conclusão da instalação do trocador de calor no sistema hidráulico.

Os componentes foram adquiridos em diferentes lugares, de forma que os mais acessíveis procurados em estabelecimentos da própria cidade e os mais complexos foram encontrados através de plataforma virtual.

Os materiais necessários para a implantação do trocador de calor, bem como a quantidade de cada um, estão relacionados no quadro 3 a seguir.

Quadro 3 - Relação de materiais para a instalação

MATERIAIS	QUANTIDADE
Mangueira prensada com curva 90° - 1/2"	2 unidades - 2 m cada
Niple de redução galvanizado 1" x 1/2"	2 unidades
Niple duplo galvanizado 1/2"	1 unidade
Fita veda rosca 18 mm x 50 m	1 unidade
Cantoneira 1" x 1/4"	1,5 metros
Parafuso sextavado 10 mm com porca	4 unidades
Chumbador com parafuso 1/4" x 2"	4 unidades
Resfriador de óleo industrial	1 unidade
Bomba de engrenagens - Modelo 07W13 - 7362	1 unidade

Fonte: O autor.

Os materiais listados para a realização do serviço de instalação foram levantados pelo gestor de manutenção da empresa, juntamente com os mecânicos envolvidos na execução.

3.3.2 Processo inicial de instalação

Após a compra dos materiais os manutentores iniciaram a instauração do radiador, sendo considerada com pouco grau de complexidade, de forma que ele ficasse do lado externo à instalação da empresa, porém ainda bem próximo do reservatório de óleo, separados apenas pela parede.

O resfriador foi colocado sobre os suportes que haviam sido elaborados utilizando as cantoneiras e instalados na parede atrás do reservatório, de maneira que deixasse o radiador na mesma altura que ele.

Cada um dos suportes foram fixos com 2 chumbadores de 1/4", servindo como apoios para as extremidades do resfriador, o qual foi fixado em quatro pontos por 4 parafusos e porcas de 10 mm. A parte inicial pode ser observada na figura 14.

Figura 14 - Suporte para sustentação do resfriador



Fonte: O autor.

A seguir, foi feito um furo na parede de aproximadamente 60 mm de diâmetro, utilizando uma marreta e talhadeira para que fosse suficiente à passagem das duas mangueiras prensadas de 1/2" do reservatório ao resfriador.

Tanto as roscas dos niples de redução 1" x 1/2", quanto as do bocal das mangueiras foram envolvidas com a fita veda rosca para que se tenha uma boa vedação do sistema e não ocorram vazamentos de óleo.

3.3.3 Finalização da instalação

A instalação, para ser concluída, foi necessária a utilização do niple de 1/2" na saída do óleo do reservatório (onde passará o óleo quente após a operação de trabalho) e conectado à mangueira prensada no lado da curva 90°.

Além disso, foi colocada a outra mangueira na saída do radiador (a qual dará passagem ao óleo já resfriado) e apenas encaixado sobre um bocal de entrada acima do reservatório, onde despejará o óleo.

Após a finalização, foi realizada uma inspeção para revisar os pontos de manutenção, se tudo estava dentro do que havia sido proposto inicialmente. O teste da máquina, após o serviço concluído, também foi fundamental para a certificação de que o mesmo havia sido realizado com êxito.

O resfriador de óleo, já instalado, ficou de acordo com a figura 15 a seguir..

Figura 15 - Resfriador óleo-ar com instalação concluída



Fonte: O autor.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

No setor de manutenção, os valores classificados como custos diretos são representados pelo consumo de recursos de componentes diretamente ligados ao setor de produção, como materiais, transporte, compras e armazenamento (ROBSON SELEME, 2015).

Através da relação de materiais que seriam necessários para a realização da instalação do trocador de calor, encontrado na seção 3.2.1 no quadro 3, foi elaborada a tabela com os custos totais da manutenção. Os valores estão relacionados na tabela 3 abaixo.

Tabela 2 - Relação de custos dos materiais utilizados

MATERIAIS	MARCA	QUANTIDADE	CUSTO UNITÁRIO	CUSTO TOTAL
Mangueira prensada com curva 90° - 1/2"	BelFit	2 unidades - 1,5 m cada	R\$ 150,00	R\$ 300,00
Niple de redução galvanizado 1" x 1/2"	Garden	2 unidades	R\$ 5,50	R\$ 11,00
Niple duplo galvanizado 1/2"	Garden	1 unidade	R\$ 1,80	R\$ 1,80
Fita veda rosca 18 mm x 50 m	Amanco	1 unidade	R\$ 15,90	R\$ 15,90
Cantoneira 1" x 1/4"	-	1,5 metros	R\$ 50,00	R\$ 50,00
Parafuso sextavado 10 mm com porca	Vonder	4 unidades	R\$ 2,65	R\$ 10,60
Chumbador com parafuso 1/4" x 2"	Vonder	4 unidades	R\$ 1,75	R\$ 7,00
Resfriador de óleo - Modelo AH1417 DC24V - 150 L	WUXI	1 unidade	R\$ 2.500,00	R\$ 2.500,00
Bomba de engrenagens - Modelo 07W13 - 7362	Rexroth	1 unidade	R\$ 1.200,00	R\$ 1.200,00
TOTAL	-	-	-	R\$ 4.096,30

Fonte: O autor.

Através da tabela de custos de materiais observa-se que o custo total com a instalação do sistema de resfriamento é de R\$ 4.096,30.

Entretanto, o custo com a bomba de engrenagens não deve ser levado em consideração no momento, uma vez essa compra do equipamento se dá pelo fato de que a antiga que estava sendo utilizada foi danificada devido à falha que ocorria e é o motivo da instauração do

trabalho para reparo da máquina. Dessa forma, o custo total passaria a ser de R\$ 2.896,30, ou seja, reduzindo praticamente 30% do valor anterior.

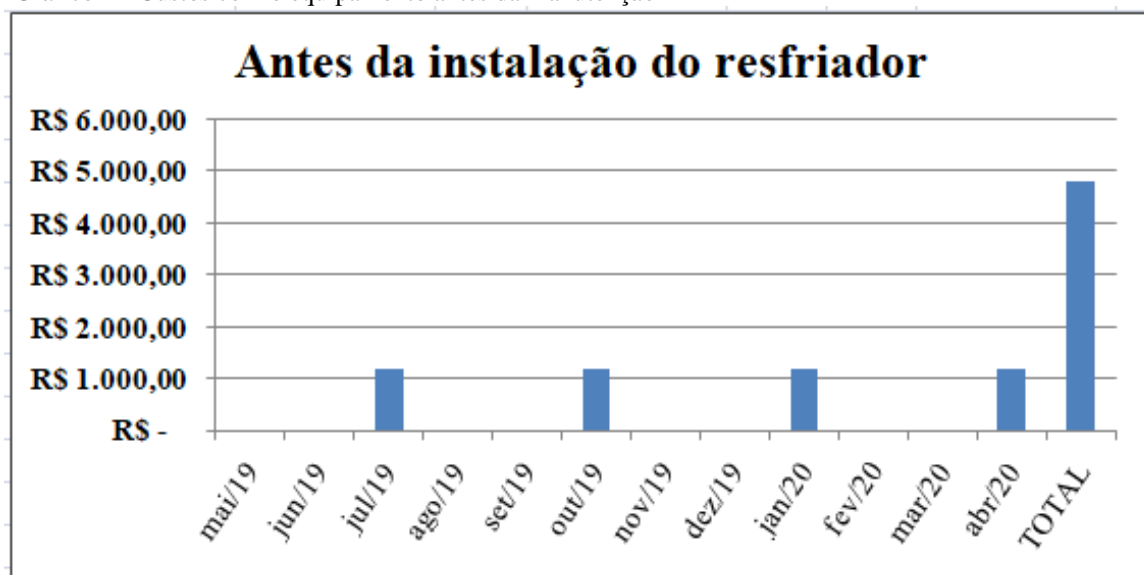
Em decorrência da rápida percepção da real necessidade de tomada de providências com certa agilidade por parte da empresa, o processo de avaliação do sistema foi realizado num curto período de tempo. Dessa forma, a conclusão de instalação do sistema de resfriamento e a colocação do equipamento hidráulico para funcionamento, operando em condições perfeitas de trabalho, ocorreu no início de maio de 2020.

Desde a finalização da instalação do trocador de calor a máquina não apresentou qualquer falha mecânica ou necessitou de alguma manutenção corretiva por parte dos mecânicos do setor, ou seja, são praticamente 7 meses operando sem gerar alguma ordem de serviço para a máquina.

Baseando-se em dados relacionados às manutenções geradas pelo sistema hidráulico do ano anterior, foi realizado um comparativo com os dados atuais, levando em consideração as paradas da máquina, como também os custos gerados para a empresa quanto a isso.

As informações da máquina no período de 1 ano antes da instalação do trocador de calor foram apresentados pelo gráfico 1 abaixo.

Gráfico 1 - Custos com o equipamento antes da manutenção



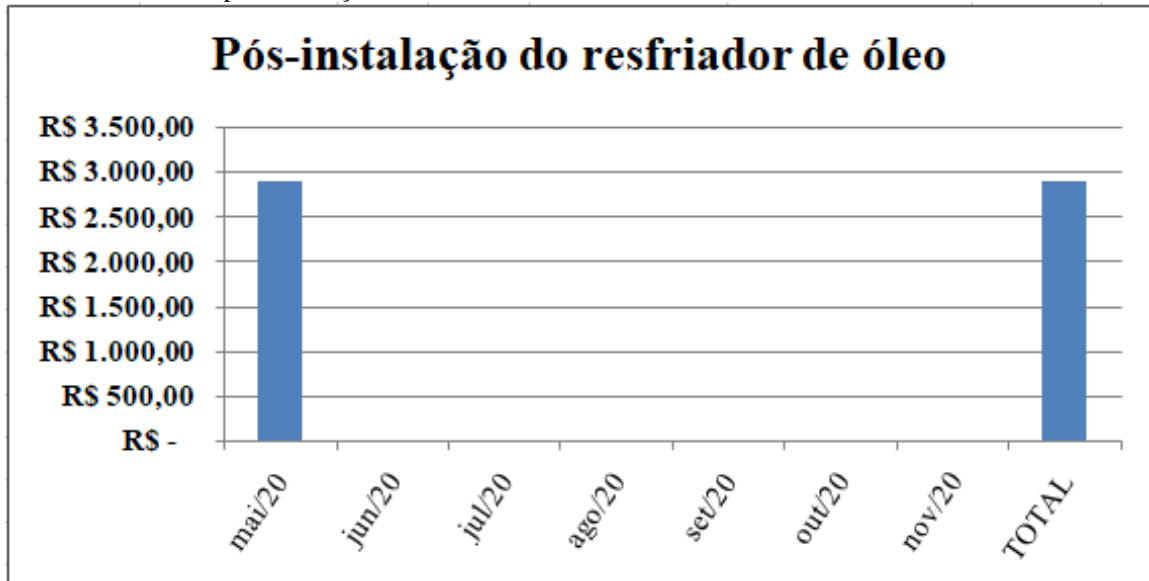
Fonte: O autor.

Os custos analisados com as manutenções corretivas e que estão em destaque no gráfico compreendem apenas pela substituição da bomba de engrenagens, uma vez que ela era a grande prejudicada com o superaquecimento do sistema hidráulico, gerando a falha e parada do equipamento.

Por se tratar de 4 falhas ocorridas no período apresentado, foi adotado um intervalo de 3 meses para cada manutenção, visto que este seria o tempo médio entre falhas, considerando os 12 meses.

Já os custos com equipamento hidráulico após a instalação do resfriador de óleo foram apresentados no gráfico 2 abaixo.

Gráfico 2 - Período pós-instalação do resfriador de óleo



Fonte: O autor.

Ao analisar o gráfico 2, observa-se que o equipamento hidráulico não gerou custos após a melhoria, expondo apenas os custos provocados pela aquisição e instalação dos materiais na instalação do resfriador de óleo na máquina.

5 CONCLUSÃO

A presente pesquisa científica abordou a questão de um sistema hidráulico que apresentava falhas recorrentes que eram consideradas inapropriadas para tal equipamento, principalmente por acontecerem em um curto período de tempo.

Neste trabalho, o autor buscou demonstrar o funcionamento e as propriedades principais do equipamento durante o referencial teórico, assimilando os conceitos de cada componente hidráulico e a sua importância para o sistema.

Além disso, foram explorados métodos em análises através de práticas e equações de transferência de calor, levando à confirmação da real necessidade de instalação de um trocador de calor para que realizasse o resfriamento do óleo hidráulico, visto que o seu superaquecimento era o principal fator causador da falha mecânica.

Como responsável por essa elevação anormal da temperatura do óleo hidráulico, verificou-se que o reservatório foi subdimensionado, em razão de que o mesmo deveria dissipar todo o calor gerado pelo funcionamento do presente sistema. Também foram levadas em consideração diversas falhas operacionais no decorrer da utilização da máquina, pois alguns operadores desfrutavam em desacordo com a funcionalidade natural da mesma, sobrecarregando o sistema hidráulico.

Após a conclusão de instalação do resfriador de óleo industrial, foi observado o decorrer do desempenho do conjunto hidráulico por inteiro, analisando os aspectos de parada da máquina, ou seja, se a modificação traria benefícios como o aumento da disponibilidade e confiabilidade do equipamento.

A partir deste panorama, o trabalho realizado já se mostrou bastante eficiente e trouxe resultados satisfatórios tanto do ponto de vista operacional, quanto financeiro. Desde a sua instalação, o equipamento não apresentou mais qualquer falha funcional, isto é, aumentou a sua manutenibilidade e disponibilidade, que antes possuía um tempo médio entre falhas de 3 meses e no momento, já são 7 meses em perfeitas condições de trabalho.

Agora do ponto de vista financeiro, que está diretamente relacionado com as paradas de máquina para manutenção, não houve mais custos para tais serviços. Além disso, observa-se que o equipamento trabalha com bem mais autonomia, sem sobrecargas em seu processo. Dessa forma, a vida útil do sistema hidráulico será prolongada ainda mais.

Como forma de dar prosseguimento ao projeto, determinados aspectos podem ser aprofundados em futuras pesquisas como a capacidade do reservatório para o sistema hidráulico. Pode-se investir na elaboração de um reservatório ideal, sendo dimensionado de

forma específica para tal máquina, suportando e dissipando todo o calor gerado ao fluido hidráulico. Entretanto, dessa maneira será demandado um maior investimento financeiro por parte da empresa.

REFERÊNCIAS

- AKAN, A. Osman; HWANG, Ned H.C.; Houghtalen, Robert J.. **Engenharia Hidráulica**. 4ªed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2012.
- ALVES, Edir dos Santos. **Introdução à Hidráulica**. Faculdade de Engenharia PUC – RS. Porto Alegre, 2020.
- ARCUS POWER. **Fundamentos de Reservatórios Hidráulicos**. São Paulo, 2020. Disponível em: <<http://www.arcuspower.com.br/fundamentos-de-reservatorios-hidraulicos/>>. Acesso em: 08 jun. 2020.
- BERNARDES, Ricardo J. **Eco-stand Desenvolvimento de uma máquina de testes de alto rendimento, para bombas óleo hidráulicas**. Dissertação (Mestrado) - Instituto Superior de Engenharia do Porto, Porto, 2018.
- BOSCH REXROTH LTDA. **Bombas de Engrenamento Externo Série N: catálogo**. Atibaia, 2018. 20 p.
- DIRECIONAL. **Válvula limitadora de pressão**. Direcional: Automação Industrial. Bauru, 2020. Disponível em: <<https://www.direcionalbauru.com.br/valvula-limitadora-pressao.php>>. Acesso em: 08 jun. 2020.
- FIALHO, Arivelto Bustamante. **Automação hidráulica: projetos, dimensionamento e análise de circuitos**. 7ªed. São Paulo: Editora Érica, 2019.
- GIFEL. **Tudo sobre acumuladores hidráulicos**. Gifel Cilindros & Sistemas. Cabreúva, 2020. Disponível em: <<https://www.gifel.com.br/tudo-sobre-acumuladores-hidraulicos/>>. Acesso em: 09 jun. 2020.
- HIDRAUTEC. **Componentes Hidráulicos**. São Paulo, 2020. Disponível em: <<https://www.hidrautec.com.br/componentes-hidraulicos>>. Acesso em: 07 jun. 2020.
- HYDAC FLUIDTECHNIK. **Regulação de Resfriamento: catálogo**. Rio de Janeiro, 2015. 22 p.
- JOTAFLEX. **Filtro hidráulico industrial para controle de contaminação**. Jotaflex. Jundiaí, 2020. Disponível em: <<https://www.jotaflex.com.br/filtro-hidraulico-industrial>>. Acesso em: 07 jun. 2020.
- LOPES, Marco Aurélio. **Projeto e simulação de resfriadores líquidos**. 2007. 158f. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.
- MELCONIAN, Sarkis. **Sistemas Fluidomecânicos: Hidráulica e Pneumática**. 1ªed. São Paulo: Editora Saraiva, 2014.
- EXXON MOBIL CORPORATION. **Cuidado e Manutenção do Sistema Hidráulico**. 2009. 3 p.

EXXON MOBIL CORPORATION. **Mobil DTE™ 20 Ultra Series: Óleos Hidráulicos.** 2020. 4 p.

MOREIRA, Ilo da Silva. **Sistemas hidráulicos industriais.** 2ª ed. São Paulo: SENAI-SP Editora, 2015.

PARKER HANNIFIN CORPORATION. **Manual de Filtragem Hidráulica.** São Paulo, 2017.39 p.

PARKER HANNIFIN CORPORATION. **Tecnologia Hidráulica Industrial: Apostila M2001-2 BR.** São Paulo, 2017.234 p.

PEDROSA, Lontever Domingues. **Hidráulica: Manual de consulta.** Fluipress Automação Industrial LTDA. Santa Catarina, 2006. 76 p.

SANTOS, Sérgio Lopes dos. **Bombas & Instalações Hidráulicas.** 1ª ed. São Paulo: LCTE Editora, 2007.

SCHNEIDER MOTOBOMBAS. **Manual Técnico de Moto bombas Schneider.** Santa Catarina, 2006. 44 p.

SELEME, Robson. **Manutenção industrial: mantendo a fábrica em funcionamento.** 1ª ed. Curitiba: Inter Saberes, 2015.

TELES, Jhonata. **Gestão de Custos de Manutenção.** Engeteles - Engenharia de Manutenção. Brasília, 2018. 5 p.