

UFPb  
CCT

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

**DEM**

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECANICA  
PROGRAMA DE INTEGRAÇÃO UNIVERSIDADE/EMPRESA  
CURSO INTEGRADO

CURSO INTEGRADO  
CURSO INTEGRADO  
CURSO INTEGRADO  
CURSO INTEGRADO  
CURSO INTEGRADO  
CURSO INTEGRADO  
CURSO INTEGRADO  
CURSO INTEGRADO  
CURSO INTEGRADO  
CURSO INTEGRADO  
CURSO INTEGRADO  
CURSO INTEGRADO

CURSO INTEGRADO  
CURSO INTEGRADO  
CURSO INTEGRADO  
CURSO INTEGRADO  
CURSO INTEGRADO  
CURSO INTEGRADO  
CURSO INTEGRADO  
CURSO INTEGRADO  
CURSO INTEGRADO  
CURSO INTEGRADO  
CURSO INTEGRADO  
CURSO INTEGRADO

Rua Aprégio Veloso, s/n - Telefone: (083) 321.7222 - Ramais 620 e 611.  
Campina Grande - Paraíba

CURSO INTEGRADO  
CURSO INTEGRADO  
CURSO INTEGRADO  
CURSO INTEGRADO

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

RELATÓRIO FINAL

ESTÁGIO SUPERVISIONADO

TRABALHO APRESENTADO POR:

DAUTON LUIZ DE ARRUDA SANTIAGO

MATRÍCULA: 4821324-3

LOCAL DO ESTÁGIO: CCB- CAMAÇARI-BAHIA

ORIENTADOR: PROFESSOR JOSÉ DA SILVA QUIRINO

CAMPINA GRANDE, 08 de abril de 1983.



Biblioteca Setorial do CDSA. Abril de 2021.

Sumé - PB

Campina Grande(PB), 28 de março de 1983

II<sup>MS</sup>. SR.

COORDENADOR DO CURSO DE GRADUAÇÃO  
EM ENGENHARIA MECÂNICA DO CCT-UFPb

N E S T A

Em anexo, estou enviando a Vossa Senhoria, o relatório referente ao meu estágio supervisionado, realizado na COMPANHIA DE CELULOSE DA BAHIA - CCB, tendo como supervisor, o professor MARCINO DIAS DE OLIVEIRA JÚNIOR e orientador, o professor JOSÉ DA SILVA QUIRINO.

Atenciosamente

*Dauton Luiz de Arruda Santiago*  
DAUTON LUIZ DE ARRUDA SANTIAGO -



companhia de celulose da bahia

DECLARAÇÃO

Declaramos para os devidos fins, que DAUTON LUIZ DE ARRUDA SANTIAGO, estagiou nesta Empresa no período de Agosto/82 a Janeiro/83, desenvolvendo tarefas relativas à área de Engenharia.

Camaçari, 02 de fevereiro de 1983.

companhia de celulose da bahia

*Da Silva*  
DAUTON LUIZ DE ARRUDA SANTIAGO

Coordenação de Seleção e Treinamento

CAMAÇARI-BA (FÁBRICA)  
VIA ALFA S/Nº - ÁREA IND. NORTE - COPEC  
TEL.: (071) 932 1066  
CAIXA POSTAL Nº 0002  
TELEX: (071) 1588 - CEBA - BR  
CEP. 42400



SALVADOR - BA. (ESCRITÓRIO)  
RUA PINTO MARTINS, 11  
ED. COMENDADOR PEDREIRA, S/305  
TEL.: 243 4311  
TELEX: (071) 1103 - CEBA - BR  
CEP. 40.000



RIO DE JANEIRO - RJ  
AV. ALMIRANTE BARROSO, 13  
ED. CIDADE DO RIO DE JANEIRO S/1317  
TEL.: (021) 262 2219  
CEP. 20.031

## APRESENTAÇÃO

Este trabalho surgiu para dar uma visão geral das tarefas e dos estudos feitos no período do estágio.

O estágio foi realizado na COMPANHIA DE CELULOSE DA BAHIA - CCB - CAMAÇARI - BAHIA, nas seguintes áreas: PROJETO e MANUTENÇÃO.

Devido a extensão dos assuntos, foi feita uma seleção de tópicos, os quais foram desenvolvidos de maneira clara e objetiva.

Sempre que possível, foram feitos os desenhos, de maneira que, será imediatamente discernido pelo leitor que perceberá a harmonia texto-figura.

O ESTAGIÁRIO

## AGRADECIMENTOS

Tenho a agradecer:

Em primeiro lugar, a DEUS, por ter me concedido condições físicas e psíquicas normais.

O apoio e compreensão da parte dos meus pais e irmãos.

A CCB, por ter me aceitado em sua área.

Aos professores: JOSÉ DA SILVA QUIRINO e MARCINO DIAS OLIVEIRA JÚNIOR, nos quais, encontrei incentivo e orientação.

Finalmente, a todos os meus mestres, amigos e profissionais da CCB, que muito contribuíram para o meu êxito.

## RESUMO

O capítulo 1, descreve a COMPANHIA DE CELULOSE DA BAHIA - CCB, a celulose e sua utilidade e o processo industrial pelo qual chega-se a obter a celulose. A celulose é usada para fabricar papel de diversos tipos. É originada do sisal e da madeira.

O capítulo 2, descreve as atividades desenvolvidas na área de projeto. Foi feito também um estudo referente ao dimensionamento de transmissão por correias. Suas equações, foram deduzidas baseadas nos conceitos físicos e matemáticos. A relação de transmissão  $w_1 d = w_2 D$ , é uma equação que tem como base: a definição de velocidade linear num movimento circular, ou seja,  $v = w \cdot d$ , onde:  $w$  é a velocidade angular do móvel,  $d$  é o raio da trajetória descrita pelo corpo, e, com a suposição de que não haja deslizamento entre as correias e as polias.

Neste capítulo, também encontram-se os fatores que devem ser levados em conta, quando se vai montar uma transmissão por correias.


No capítulo 3, foi descrito o funcionamento de alguns equipamentos, tais como: Forno de cal, filtro de lama de cal, pontes rolantes, picadores de sisal, caldeira de força, digestor, compressores, etc. Relatou-se também as suas funções, suas dimensões e material.

Falou-se também, no emprego das válvulas em geral. No emprego dos purgadores, como os mesmos devem ser instalados e como funcionam. Encontram-se, também o emprego dos filtros numa tubulação e os cuidados que se devem tomar para que os mesmos não causem grandes perdas de cargas. O emprego das curvas em linhas de vapor, o isolamento térmico das mesmas e o material dos tubos para diversos tipos de líquidos, também podem ser vistos




nesta parte. Mostrou-se o funcionamento de bombas centrífugas e bombas submersas.

# LISTA DE SÍMBOLOS

 ..... válvula de gaveta

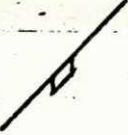
 ..... válvula de controle


---

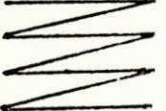
 ..... filtro

 ..... purgador

 ..... dreno

 ..... purgador instalado na linha

 ..... significa continuação da linha.

 ..... serpentina

## ÍNDICE

### CAPÍTULO 1

1.1	- A Indústria.....	02
1.2	- Celulose.....	03
1.3	- Descrição do Processo Industrial.....	04
1.3.1	- Manuseio de Sisal.....	04
1.3.2	- Cozimento.....	04
1.3.3	- Lavagem.....	05
1.3.4	- Branqueamento.....	06
1.3.5	- Soda Cáustica.....	06
1.3.6	- Dióxido de Cloro.....	07
1.3.7	- Processo de Branqueamento.....	07
1.3.8	- Depuração.....	08
1.3.9	- Secagem e Enfardamento.....	08
1.3.10	- Evaporação.....	09
1.3.11	- Caldeira de Recuperação.....	09
1.3.12	- Caustificação.....	09
1.3.13	- Forno de Cal.....	10

### CAPÍTULO 2

2.1	- Introdução.....	11
2.2	- Atividades.....	11
2.2.1	- Estudos de Projetos Existentes.....	11
2.2.2	- Croquis.....	11
2.2.3	- Medições das Dimensões de Peças.....	11
2.2.4	- Correção de Desenhos.....	11
2.2.5	- Desenhos.....	11
2.2.6	- Consulta de Catálogos.....	11

2.2.7	- Cálculo de Transmissão por Correia.....	11
1	- Introdução.....	11
2	- Fundamentos Teóricos.....	12
3	- Comprimento da Correia.....	12
4	- Distância entre as Árvores.....	14
5	- Quando se vai instalar uma Transmissão por correias em "V", deve-se ter em mente os seguintes pontos.....	14
2.3	- Projetos.....	15
2.3.1	- Gancho para Corte.....	15
2.3.2	- Transportador de Esteira e Roletes.....	15

### CAPÍTULO 3

3.1	- Introdução.....	17
3.2	- Montagem de Rolamentos com Interferência.....	17
3.3	- Soldagem de Tubos de Aço Carbono.....	17
3.3.1	- Passos a serem seguidos.....	17
3.3.2	- Material Usado.....	18
3.4	- Sistema de Acionamento do Filtro de Lama.....	18
3.5	- Gaxeta.....	19
3.6	- Redutores de Velocidade.....	20
3.6.1	- Rolamentos de Alta Capacidade.....	21
3.6.2	- Eixos.....	21
3.6.3	- Vedadores de Lábios Duplos.....	21
3.6.4	- Carcaça Reforçada.....	21
3.6.5	- Engrenagens de Precisão Falk.....	21
3.6.6	- Aplicações Típicas.....	22
3.6.7	- Temperatura de Operação.....	22
3.6.8	- Montagem na Horizontal.....	22
3.6.9	- Manutenção dos Redutores.....	23
3.7	- Forno de Cal.....	23

3.7.1	- Material e Dimensões.....	23
3.7.2	- Funcionamento.....	24
3.7.3	- Combustão.....	24
3.8	- Sistema de Transmissão de Potência.....	25
3.9	- By-Pass.....	25
3.10	- Válvulas.....	26
3.10.1	- Definição.....	26
3.10.2	- Válvulas de Gaveta.....	26
3.10.3	- Válvulas de Macho.....	27
3.10.4	- Válvulas de Esfera.....	29
3.10.5	- Válvulas de Globo.....	30
3.10.6	- Válvulas de Retenção.....	31
3.10.7	- Válvulas de Segurança e Alívio.....	32
3.10.8	- Válvulas de Controle.....	34
3.11	- Purgadores de Vapor.....	36
3.11.1	- Definição e Finalidades dos Purgadores de vapor.....	36
3.11.2	- Casos Típicos de Emprego de Purgadores....	36
3.11.3	- Purgadores Termodinâmicos.....	39
3.12	- Coletores de Vapor.....	41
3.13	- Filtros para Tubulações.....	42
3.14	- Ficador.....	43
3.14.1	- Definição.....	43
3.14.2	- Montagem da Máquina.....	43
3.14.3	- Alimentação da Máquina.....	43
3.14.4	- Acionamento.....	44
3.15	- Bombas Submersas.....	44
3.16	- Pontes Rolantes.....	45
3.17	- Digestor.....	46
3.18	- Tubulação.....	46
3.19	- Compressores.....	47

3.19.1-	Definição.....	47
3.19.2-	Compressor de Pistão.....	47
3.20	- Bombas Centrífugas.....	48
3.20.1-	Introdução.....	48
3.20.2-	Classificação das Bombas Centrífugas.....	49
1 -	Quanto ao tipo de Rotor.....	49
2 -	Quanto ao tipo de Carcaça.....	50
3 -	Quanto a alimentação.....	50
4 -	Quanto ao número de Estágios.....	51
3.20.3-	Informações Gerais.....	51
3.20.4-	Rendimento das Bombas Centrífugas.....	52
3.21	- Caldeira de Força - CBC .....	54
	Conclusão.....	55
	Bibliografia.....	56
	Apêndice.....	57

## INTRODUÇÃO GERAL

A celulose, é um carboidrato abundante na natureza, é encontrada na madeira e no sisal. A celulose do sisal, possui qualidades superiores a da madeira. A CCB, desenvolveu um projeto para extrair do sisal a celulose. Os resultados, até o momento, foram agradáveis, mas, o estudo nesse campo continua, devido a sua importância para humanidade.

O processo, para obtenção da celulose, começa com o plantio do sisal. Estando o mesmo no ponto de corte, é cortado, desfibrado e levado para o estoque de sisal. Daí para frente, o sisal sofre várias transformações, até chegar a celulose.

O processo, exige elementos químicos e grande quantidade de equipamentos mecânicos. Os detalhes do processo e o estudo de vários equipamentos, foram o alvo deste trabalho que se segue.

## CAPÍTULO 1

## 1.1 - A INDÚSTRIA

A CCB, (COMPANHIA DE CELULOSE DA BAHIA), está localizada na Área Industrial Norte - COPEC - CLIMAÇARI - BA. O seu produto é a celulose e sua matéria prima é o sisal. Atualmente, a CCB não dispõe de equipamentos para transformar a celulose em papel, por essa razão, a celulose é vendida para as fábricas de papel. Futuramente, a CCB também estará fabricando o papel, pois, essa parte da Indústria já encontra-se em projeto. A sua área é relativamente grande, possui espaço suficiente para estocar: sisal, celulose e equipamentos em geral. A água que abastece a Indústria vem de poços artesianos; sua energia é gerada através de caldeiras e turbina na própria Indústria. A Indústria possui vários Departamentos, esses, desenvolvem trabalhos relacionados com suas áreas. O Departamento de Engenharia desenvolve novos projetos, modifica os projetos existentes e redimensiona as peças quebradas. O Departamento de Manutenção executa: montagens de equipamentos, manutenção corretiva e manutenção preventiva. O Departamento de Planejamento é responsável pelo almoxarifado e pelas paralisações para manutenção preventiva. O Departamento do Projeto Fibra desenvolve projetos agrícolas para atender as várias usinas que abastecem de sisal a CCB.

Na oficina mecânica é feita: usinagem de peças, ajustagem e montagem. A caldeiraria é responsável pelos serviços de solda e oxicorte.

A CCB possui equipamentos e homens treinados para apagar incêndio.



## 1.2 - CELULOSE

A celulose é um carboidrato abundante na natureza, constitue cerca de 1/3 de toda a matéria vegetal existente. Suas moléculas alongadas agrupam-se em fibras e são componentes básicos das paredes das células dos vegetais superiores. São responsáveis pela consistência e tenacidade da madeira, bem como pela resistência a tração das fibras vegetais.

A celulose é um polímero da glicose constituindo uma longa cadeia de moléculas de glicose unidas por ligações moleculares.

Ao construir as paredes celulares, a celulose forma um sistema contínuo com espaços intercalados por poros. Nos espaços depositam-se constituintes amorfor sendo os mais importantes as hemiceluloses e a lignina e que apresentam problemas na purificação da celulose por não serem facilmente solúveis.

Atualmente existem processos industriais de purificação da celulose, dando origem estas as chamadas pastas químicas.

Sob o ponto de vista específico de qualidade do produto obtido, o sisal propicia a elaboração de pastas celulósicas que por suas características físico-mecânicas, gozam de características específicas.

Como celulose de fibra longa de alta resistência ao rasgo, ao estouro, de média resistência a auto-ruptura e altíssima capacidade de drenagem, o sisal permite a fabricação de um tipo de celulose de que o Brasil apresenta forte dependência, visto que a celulose de eucalipto de qual já somos grande produtores, possuem fibra curta, não apropriada a fabricação de certos tipos de papel.

A pequena produção de celulose de fibra longa entre nós,

é obtida a partir da Araucaria Augustiplia (hoje quase em extinção) observando-se que as variedades exóticas introduzidas para o mesmo fim, Pinus Caribaen, Pinus Taeda e outras exigem um período de 12 a 15 anos para seu corte. Utilizar portanto, a fibra de sisal como matéria-prima de uso permanente, é somente um problema de definir uma equação favorável no seu custo de produção e industrialização nas áreas agrícolas.

### 1.3 - DESCRIÇÃO DO PROCESSO INDUSTRIAL

A CCB, usa como matéria prima o sisal para obter a celulose com o processo à-soda.

#### 1.3.1 - MANUSEIO DE SISAL

O sisal produzido nas áreas agrícolas é estocado nesse local em forma de fardos.

O transporte das fazendas até a fábrica é efetuado em caminhões. Cada caminhão, após ser pesado em uma balança instalada na entrada da fábrica, é dirigido para a área de estocagem de sisal. A descarga dos caminhões é feita manualmente e os fardos são estocados em pilhas. Estes são colocados sobre as esteiras transportadoras de velocidade variável que os levam até o tambor abridor de fardos, antes de entrarem nas correias alimentadoras são retiradas as cordas que amarram os mesmos. No abridor de fardos, que consiste em um tambor rotativo cheio de picos, os fardos de sisal são desmanchados. As fibras de sisal soltas, são transportadas do abridor de fardos até os pre-impregna-dores por meio de correias transportadoras.

#### 1.3.2 - COZIMENTO

As fibras soltas de sisal são tratadas com solução de soda quente dentro dos dois pre-impregna-

res a pressão interna existente e a temperatura de  $90^{\circ}\text{C}$ , após esta operação, é descarregado o sisal embebido em solução de soda e levado até o impregnador de baixa pressão, por meio de um elevador de palhetas. Do impregnador, o sisal passa para o alimentador de baixa pressão e depois vai para o pre-aquecimento, efetuado no impregnador de alta pressão, onde é adicionado vapor de  $1,5 \text{ kg/cm}^2$ . Do impregnador de alta pressão, o sisal e o licor preto passam para o alimentador de alta pressão e entram no digestor contínuo, onde a pressão é de  $7 \text{ kg/cm}^2$  e a temperatura de  $165^{\circ}\text{C}$  a  $170^{\circ}\text{C}$ . No digestor o material fibroso é delignificado, isto é, a lignina que é a substância cimentante das fibras é dissolvida. O tempo de retenção pode variar de 60 a 90 minutos, conforme o tipo de celulose desejado.

Após o cozimento a celulose passa através da zona de lavagem, onde é adicionado licor preto de lavagem. O licor preto que lava a celulose, é depois extraído das peneiras centrais do digestor, indo uma parte para o processo e a outra parte para a evaporação.

A celulose é descarregada pelo fundo do digestor, após passar pela zona de resfriamento. Este resfriamento é obtido por meio do licor que sai do primeiro filtro a vácuo rotativo do setor de lavagem de massa escura.

Do digestor a massa vai para o tanque de descarga.

### 1.3.3 - LAVAGEM

Do tanque de descarga, a massa é bombeada para o setor de lavagem de massa escura. A massa aqui la

vada por meio de filtros rotativos, com o princípio de contra corrente, isto é, a água de lavagem é colocada acima do segundo filtro lavador, o licor que sai através da manta de celulose é bombeado para o primeiro filtro lavador e o licor que sai deste filtro é bombeado para a zona de resfriamento do digestor. Do segundo filtro lavador, a massa vai para a torre de alta consistência.

#### 1.3.4 - BRANQUEAMENTO

A celulose assim obtida seria muito escura para alguns tipos de papeis, portanto, é necessário que ela seja submetida ao processo de branqueamento.

O processo de branqueamento usado na CCB é o de 5 estágios DC.EDE.

DC - dióxido de cloro

E - extração alcalina (soda)

Os produtos químicos usados no branqueamento são:

ácido sulfúrico

cloro

dióxido de cloro

ácido sulfuroso (solução aquosa de  $SO_2$ )

O cloro em forma líquida é estocado em dois tanques. A pressão de trabalho destes tanques é de 5,5 a 7,0  $kg/cm^2$ .

O cloro líquido é gasificado por meio de um gasificador ou evaporador de cloro, pois é na forma gasosa que o cloro é usado no branqueamento. A gasificação é obtida por meio de aquecimento.

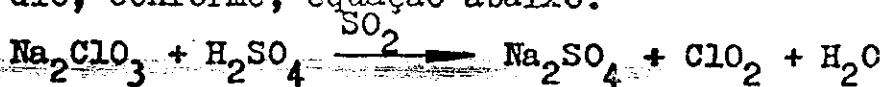
#### 1.3.5 - SODA CÁUSTICA

A soda chega na forma líquida concentrada a 50% e é usada no cozimento como também no branqueamento;

esta é armazenada em um tanque de onde sai para o processo.

### 1.3.6 - DIÓXIDO DE CLORO

É produzido na fábrica a partir do clorato de sódio, conforme, equação abaixo:



A preparação do dióxido de cloro em solução, é feita em reatores com processo semi-automático. Os reatores operam sob vácuo.

### 1.3.7 - PROCESSO DE BRANQUEAMENTO

O branqueamento da celulose é feito da seguinte maneira:

#### CLORAÇÃO (DC)

A massa, após acidificada em ácido sulfúrico, é tratada com dióxido de cloro em solução e água clorada. Possui uma ação oxidante sobre a lignina.

#### EXTRAÇÃO ALCALINA (E)

A massa clorada, depois de lavada no filtro rotativo lavador é tratada com uma solução de soda cáustica e vapor para retirar em solução as cloro ligninas formadas.

#### DIÓXIDO DE CLORO I (D<sub>I</sub>)

Depois de lavada, a massa que sai da extração alcalina é tratada com uma solução de dióxido de cloro e vapor para oxidar ulteriormente os resíduos de lignina e branquear assim a celulose.

#### EXTRAÇÃO ALCALINA II (E<sub>II</sub>)

Depois de lavada a massa que sai do tratamento com dióxido de cloro é tratada novamente com solução de soda cáustica e vapor.

### DIÓXIDO DE CLORO II ( $D_{II}$ )

Aqui a massa é novamente tratada com solução de dióxido de cloro.

### TRATAMENTO COM $SO_2$

Este tem como função eliminar os traços de cloro eventualmente presentes na celulose branqueada.

#### 1.3.8 - DEPURAÇÃO

A massa branqueada deve ser liberada das partículas que não forem delignificadas no processo de cozimento e das impurezas.

No caso da CCB, como o material fibroso é o sisal que dá pouco rejeito após o cozimento, a depuração por isto foi instalada após o branqueamento. Aqui a celulose é submetida a dois tipos de depuradores e selectifire (peneira) hidrociclones. A massa depurada passa por um filtro rotativo em grossador, indo para uma torre de estocagem de alta consistência.

#### 1.3.9 - SECAGEM E ENFARDAMENTO

Esta é a última operação da linha de preparação da celulose.

Da torre de estocagem de alta consistência, a celulose é novamente diluída e por meio de uma bomba vai para uma caixa de alimentação da máquina de secagem. A celulose em suspensão sai da caixa da máquina e forma um lençol em cima da tela desaguadora, para através de uma série de rolos que extraem o líquido contido no lençol de celulose, este possa sair no último rolo com uma consistência aproximada de 40 a 42%, para logo após entrar no sistema de secagem.

O sistema de secagem é constituído de 32 rolos se

cadores, aquecidos por vapor com pressão de 2,5 kg/cm<sup>2</sup>. A folha de celulose na saída do último cilindro secador possui uma consistência de aproximadamente 90% e 10% de umidade.

O lençol é cortado longitudinalmente e transversalmente para formar folhas e depois prensadas, empacotadas e amarradas em fardos.

#### 1.3.10- EVAPORAÇÃO

Aqui, o licor preto é evaporado utilizando-se vapor de 2,5 kg/cm<sup>2</sup>, operação efetuada nos evaporadores, nos quais o licor entra com 12 a 13% de sólidos totais e sai com 63% de sólidos.

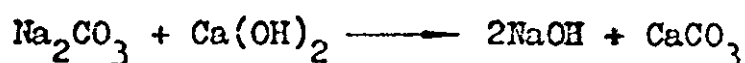
Este licor preto concentrado ou forte é bombeado para caldeira de recuperação.

#### 1.3.11- CALDEIRA DE RECUPERAÇÃO

O licor preto é injetado dentro da fornalha da caldeira de recuperação através de bicos oscilantes. Aqui, o licor preto composto de lignina (carbono, hidrogênio e oxigênio) e soda cáustica é queimado. A soda cáustica contida no licor, durante o processo de queima é transformada em carbonato de sódio. Este sai da fornalha em forma de cinzas fundidas e vai para um tanque dissolvente, onde o líquido forma o chamado licor verde. As substâncias orgânicas queimadas produzem o vapor necessário a fábrica. Os gases da combustão antes de passarem a chaminé, entram nos precipitadores eletrostáticos, onde são retiradas as partículas de carbonato de sódio.

#### 1.3.12- CAUSTIFICAÇÃO

Aqui, o licor verde é tratado com leite de cal, obtendo-se:



O licor branco, isto é, o produto obtido no setor de caustificação é usado novamente no cozimento do sisal.

Depois de decantado o licor branco, adicionado de soda cáustica é bombeado para os tanques de estocagem.

O carbonato de cálcio é enviado para um filtro rotativo afim de retirar a soda cáustica eventualmente presente, logo a seguir é enviado para o forno de cal.

### 1.3.13- FORNO DE CAL

O carbonato de cálcio obtido da caustificação, entra no forno de cal, que é do tipo usado na indústria de cimento, e aqui o carbonato de cálcio por meio de combustão (queima de óleo) divide-se em dióxido de cálcio.



Este dióxido de cálcio dissolvido em água produz o leite de cal usado na caustificação para tratar o licor verde.



## CAPÍTULO 2

### 2.1 - INTRODUÇÃO

O presente capítulo, descreve as atividades e os projetos desenvolvidos no Departamento de Engenharia no período de agosto/82 a setembro/82.

### 2.2 - ATIVIDADES

Estudo de projeto existente, croquis, medições das dimensões de peças, correção de desenhos, desenhos, consulta de catálogos e cálculo de transmissão por correia.

#### 2.2.1 - ESTUDOS DE PROJETOS EXISTENTES

Estudo do funcionamento, do custo, dos desenhos, do material. Contato direto com os equipamentos e montagem.

#### 2.2.2 - CROQUIS

Representação das vistas de determinadas peças. Representação de vistas em corte para se ver com clareza os detalhes.

#### 2.2.3 - MEDIÇÕES DAS DIMENSÕES DE PEÇAS

Dispondo da peça, suas medidas são tiradas diretamente.

#### 2.2.4 - CORREÇÃO DE DESENHOS

Verificação das cotas, escala e detalhes.

#### 2.2.5 - DESENHOS

Representação da forma geométrica de peças num plano. No apêndice encontram-se alguns desenhos.

#### 2.2.6 - CONSULTA DE CATÁLOGOS

Informações sobre equipamentos e fornecedores.

#### 2.2.7 - CÁLCULO DE TRANSMISSÃO POR CORREIA

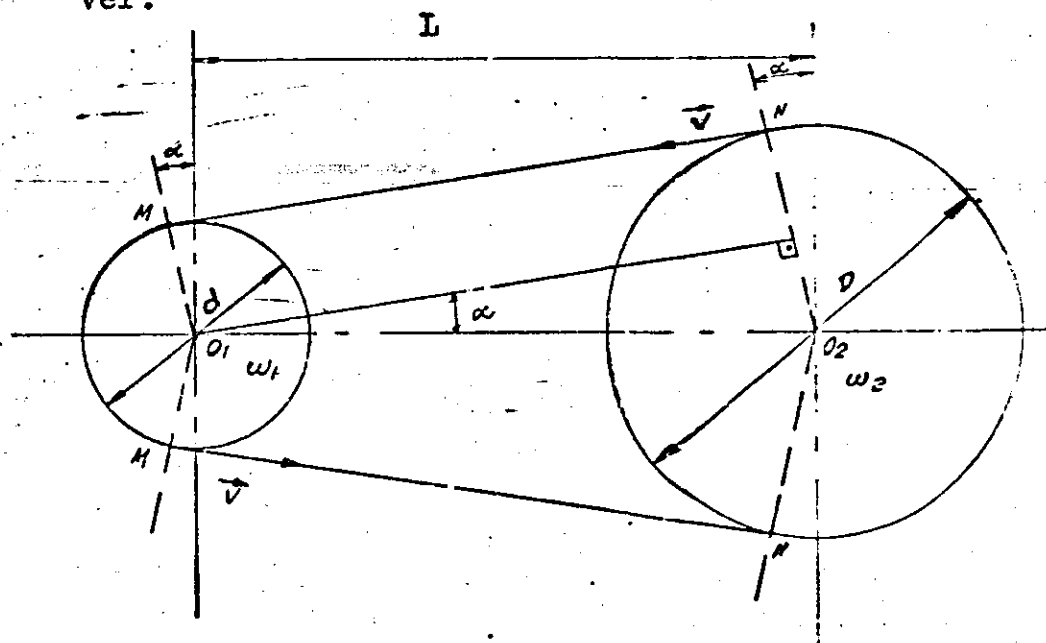
##### 1 - INTRODUÇÃO

Uma transmissão bem projetada, equipada com tipos

e tamanhos corretos de correia em "V", proporciona um método de transmitir força econômico e livre de problemas. Nestas transmissões uma larga gama de relações de transmissão são possíveis e quando necessário, estas relações podem ser facilmente modificadas com a vantagem de baixo custo e fácil adaptabilidade, fatores estes não apresentados por nenhum outro método de transmissão de força. Não transmite choques.

## 2-- FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Sejam duas polias de diâmetros  $d$  e  $D$ , tendo seus eixos distantes de  $L$ . Como a velocidade linear  $\bar{V}$  é a mesma ao longo de toda correia. Pode-se escrever:



$$V = \omega_1 d / 2 = \omega_2 D / 2 \therefore \omega_1 d / 2 = \omega_2 D / 2 \therefore \omega_1 d = \omega_2 D \therefore$$

$$\therefore \omega_1 / \omega_2 = D / d$$

## 3 - COMPRIMENTO DA CORREIA

O comprimento  $C$  da correia aberta é:

$$C = 2L \cos \alpha + d\pi/2 + D\pi/2 + 2 \cdot D/2 \cdot \alpha - 2 \cdot d/2 \cdot \alpha$$

$$C = \pi/2 \cdot (D + d) + \alpha \cdot (D - d) + 2L \cos \alpha \text{ equação 1}$$

tem-se ainda:

$$\text{Sen} \alpha = (D/2 - d/2)/L \therefore 1/2 \cdot (D - d) = L \text{Sen} \alpha \therefore$$

$$D - d = 2L \text{Sen} \alpha \therefore \text{Sen} \alpha = (D - d)/2L$$

$$\text{Cos}^2 \alpha + \text{Sen}^2 \alpha = 1 \therefore \text{Cos} \alpha = \sqrt{1 - [(D - d)/2L]^2}, \text{Cos} \alpha$$

na equação 1, vem:

$$C = \pi/2(D + d) + \alpha(D - d) + 2L \sqrt{1 - (D - d)^2/4L^2}$$

Nas correias abertas, o ângulo  $\alpha$  é geralmente muito pequeno, de sorte que se pode considerar, sem erro apreciável,  $\text{Sen} \alpha = \alpha$ .

$$C = \pi/2(D + d) + \text{Sen} \alpha (D - d) + 2L \sqrt{1 - (D - d)^2/4L^2}$$

$$C = \pi/2(D + d) + 1/2L(D - d)^2 + 2L \sqrt{1 - (D - d)^2/4L^2}$$

$$C = \pi/2(D + d) + 2L \left[ (D - d)^2/4L^2 + \sqrt{[(2L)^2 - (D - d)^2]/4L^2} \right]$$

Desenvolvendo o radical em série, considerando-se apenas os dois primeiros termos,

$$C = \pi/2(D + d) + 2L \left[ (D - d)^2/4L^2 + 1 - (D - d)^2/8L^2 \right]$$

$$C = 1,57 \cdot (D + d) + 2 \cdot L + (D - d)^2/4 \cdot L$$

#### 4 - DISTÂNCIA ENTRE AS ÁRVORES

A distância na qual os eixos geométricos de duas polias devem ser montados pode ser calculada por meio da seguinte equação.

$$L = \left[ b + \sqrt{b^2 - 32\Delta} \right] / 16$$

L - distância entre os eixos geométricos

$$b = 4.C - 6,28.(D + d)$$

$$\Delta = (D - d)^2$$

HP de projeto=HP exigido.Fator de serviço=HP.Fs  
O número de correias na transmissão será obtido pela divisão do HP de projeto pelo HP efetivo. Então:

$$\text{Nº de correias} = \text{HPp}/\text{HPe}$$

O fator de serviço pode ser encontrado nas tabelas que se encontram no apêndice.

#### 5 - QUANDO SE VAI INSTALAR UMA TRANSMISSÃO POR CORREIAS EM "V", DEVE-SE TER EM MENTE OS SEGUINTE PONTOS:

- mantenha os canais das polias limpos de óleo, graxa, tinta, ou qualquer sujeira;
- na montagem, faça recuar a polia móvel, aproximando-a da polia fixa, de modo que a correia possa ser montada suavemente sem ser forçada com qualquer tipo de ferramenta;
- verifique e assegure-se de que as polias estejam corretamente alinhadas, os eixos paralelos, que exista espaço suficiente para movimentar as correias e polias, sem tocar em suportes, proteções

etc, e de que haja lubrificação nos mancais e ro-  
lamentos;

- após montadas as correias e antes de tensioná-las corretamente, faça-as girar manualmente na instalação, de modo que o lado bambo de todas as correias fique para cima ou que o lado bambo de todas as correias fique para baixo;
- tensionamento das correias na transmissão.

A tensão ideal é a mais baixa tensão sob a qual a correia trabalha sem deslizar, mesmo na ocorrência de "picos de carga".

Tensão alta, encurta a vida das correias e dos ro-  
lamentos.

A vida da correia diminui a medida que a temperatura aumenta. O gráfico: vida da correia em função da temperatura pode ser visto no apêndice.

## 2.3 - PROJETOS

### 2.3.1 - GANCHO PARA CORTE

Este tem a função de cortar as cordas que amarram os fardos de sisal. As informações restantes podem ser vistas no desenho de número 29001008 - 00.

### 2.3.2 - TRANSPORTADOR DE ESTEIRA E ROLETES

Será acionado por meio de um motor elétrico de 440 V e um redutor de velocidade. A esteira, possuirá movimento contínuo e desenvolverá uma velocidade de aproximadamente 10 m/min. O transportador de roletes, possuirá movimento descontínuo o qual será controlado pelo operador através de um sistema de embreagem.

Será usado para transportar sisal em forma de fardos com as seguintes dimensões: 1.600 por 800 por 600 mm e peso, aproximadamente igual a 600 kg.

O sisal, em forma de fardos, será colocado sobre o transportador de roletes; neste, as cordas que amarram os mesmos serão cortadas manualmente, em seguida, o material será lançado na esteira do transportador a qual levará para a esteira do abridor de fardos.

As informações restantes podem ser vistas no desenho de número 31 00 10 11 - 00.

## CAPÍTULO 3

## 3.1 - INTRODUÇÃO

O presente capítulo, relata as atividades, o que foi visto e o que foi estudado na área industrial da CCB no período de outubro/82 a janeiro/83.

## 3.2 - MONTAGEM DE ROLAMENTOS COM INTERFERÊNCIA

É feita fundamentada no conceito de dilatação térmica. O rolamento é aquecido no óleo diesel por meio de resistência elétrica até atingir uma temperatura de aproximadamente 150°C. Com esse acréscimo de temperatura, as moléculas que constituem o material do rolamento se chocam com maior intensidade, resultando um aumento no diâmetro interno do mesmo. Em seguida, o mecânico com suas mãos protegidas com luvas de amianto retira-o do óleo e monta no eixo. Na montagem, o rolamento não pode levar pancadas e o local do eixo no qual o rolamento vai ser montado não pode ter poeira. A equação que rege esse fenômeno físico é:

$$d_f = d_o (1 + \alpha \cdot \Delta t)$$

$d_f$  - diâmetro interno final do rolamento

$d_o$  - diâmetro interno inicial do rolamento

$\alpha$  - coeficiente de dilatação térmica do material

$\Delta t$  - acréscimo de temperatura

## 3.3 - SOLDAGEM DE TUBOS DE AÇO CARBONO

## 3.3.1 - PASSOS A SEREM SEGUIDOS

- chanfrar os tubos (chanfro em V). O chanfro é feito com o esmeril.
- alinhar e juntar os tubos de tal maneira que fique uma distância de um para o outro de aproxima-

damente 2mm.

- pontear os tubos
- fazer o primeiro passe de solda.
- retirar a escória do primeiro cordão de solda. Isso pode ser feito por meio de talhadeira e escova de aço ou esmerilhando.

~~fazer o segundo passe de solda.~~ De agora por diante o processo se repete até ser feito o último passe de solda.

- limar o último cordão de solda.

### 3.3.2 - MATERIAL USADO

- esmeril
- talhadeira
- martelo
- punção
- borracha para marcar o corte dos tubos
- cavaletes para apoiar os tubos
- maçarico
- garrafa de oxigênio
- garrafa de acetileno
- nível
- óculo
- máscara
- avental
- luvas
- eletrodo
- lima
- carro para o transporte das garrafas.

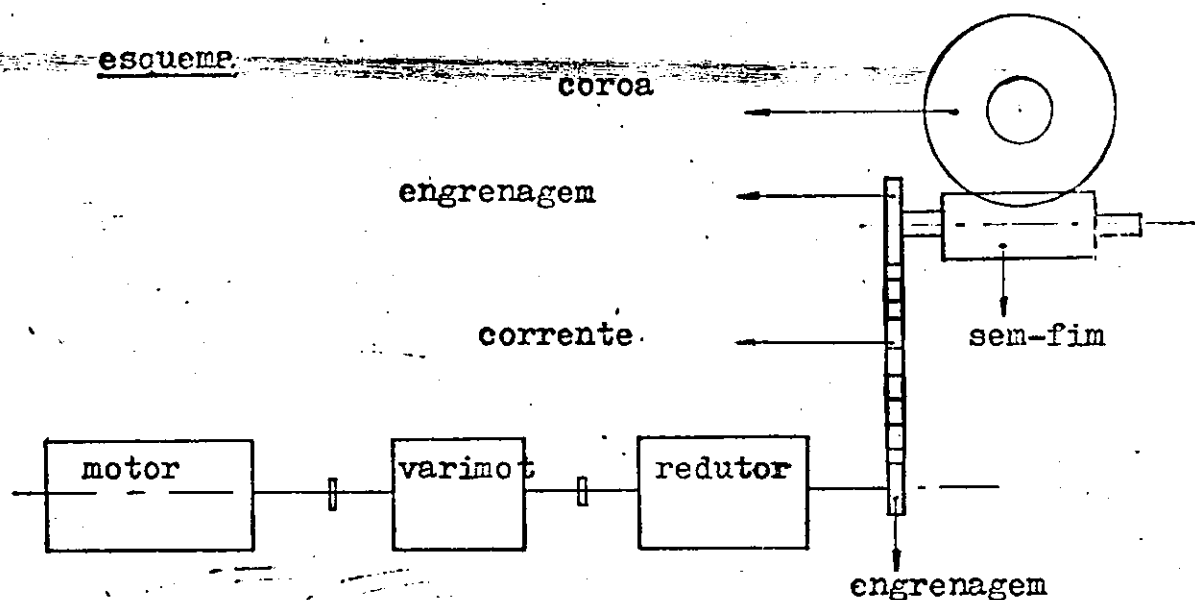
### 3.4 - SISTEMA DE ACIONAMENTO DO FILTRO DE LAMA

O motor de 1/2hp coloca em movimento todo sistema. O variomotor varia a velocidade do motor de tal maneira que satisfaz a relação de redução do redutor. A engrenagem acopla-



da ao redutor aciona por meio de uma corrente a engrenagem que está acoplada ao sem-fim, este, por sua vez aciona a coroa. A coroa aciona o filtro de lama.

A coroa e o sem-fim não podem ser do mesmo material. Neste caso, a coroa é de bronze e o sem-fim de aço carbono.



### 3.5 - GAXETA

É um vedante muito usado em: bombas, compressores rotativos de baixa pressão e válvulas globo.

Gaxeta azul anti-ácida - gaxeta de amianto azul, trançada em camadas sobrepostas, resistente a substâncias ácidas e álcalis, tais como nítrico, sulfúrico, clorídico. É indicada para temperaturas até  $500^{\circ}\text{C}$ , poderá ser fornecida: seca, grafitada ou teflonada. A figura abaixo mostra uma gaxeta.



### 3.6 - REDUTORES DE VELOCIDADE

São fabricados no Brasil, em vários modelos e tamanhos, conforme se indica:

TIPO Y Eixos paralelos - capacidades até 10.000 HP - capacidade em torque até 70.000 kg.m - relações de redução de 1:1,84 até 1:291,90.

~~TIPO TCD~~ Capacidade em torque de 65.665 kg.m até 307.000' kg.m.

TIPO YB Eixos em ângulo reto, saída horizontal - capacidades até 2.500 HP relações de redução de 1:5,06 até 1:1207,00.

TIPO YBX Eixos em ângulo reto, saída vertical - capacidades até 2.500 HP - relações de redução de 1:5,06 até 1:194,6.

COAXIAIS E MOTOREDUTORES Capacidade até 350 HP

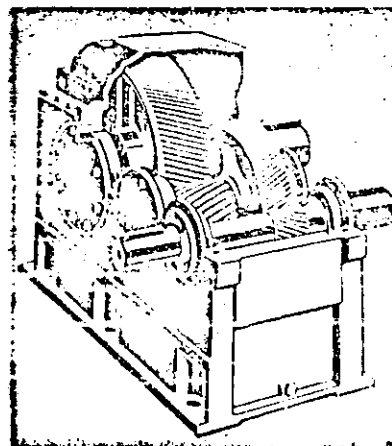
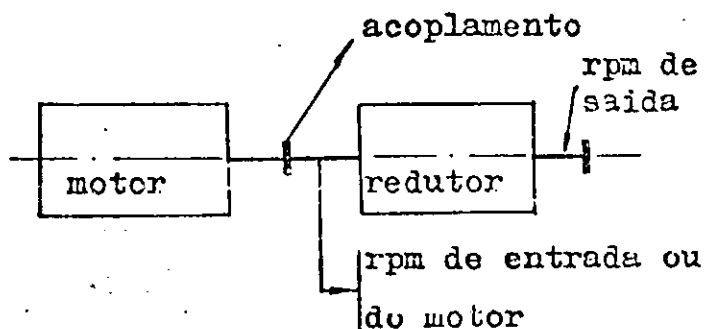
Relações de redução de 1:1,49 até 1:970,00.

UNIVERSAIS PARA MONTAGEM SOBRE O EIXO:

Capacidades até 125 HP

Relações de redução: de 1:4 até 1:24.

A função dos redutores de velocidades é reduzir a velocidade do motor. Na montagem, o eixo do motor é acoplado ao eixo do redutor. O esquema de montagem e um redutor estão mostrados abaixo:



### 3.6.1 - ROLAMENTOS DE ALTA CAPACIDADE

Os rolamentos de rolos foram projetados para as mais severas condições de carga, mínimo atrito, partida suave, vida média bem acima da vida mínima especificada para a maioria das aplicações. Os suportes de todos rolamentos foram cuidadosamente projetados e construídos afim de assegurar um apoio apropriado para todos os elementos rotativos.

### 3.6.2 - EIXOS

São projetados para manter apoio acurado e alinhamento dos engrenamentos sob as condições mais adversas de carga, e proporcionar grandes capacidades de carga externa axial e radial.

### 3.6.3 - VEDADORES DE LÁBIOS DUPLOS

Vedadores de lábios duplos, com alto desempenho comprovado no campo, retém, efetivamente, óleo e evitam a entrada de poeira e água sob pressão. O material é altamente inerte, sendo um composto sintético com alta qualidade de vedação e resistência ao desgaste. Uma mola espiral de precisão garante uma pressão uniforme ao elemento vedante e compensa algum desgaste do lábio assegurando um contato contínuo.

### 3.6.4 - CARCAÇA REFORÇADA

As carcaças de aço reforçadas proporcionam grande resistência e rigidez. Uma acurada fabricação assegura alinhamento preciso de todos os elementos rotativos. As superfícies externas são protegidas com cromato de zinco de alta qualidade.

### 3.6.5 - ENGRENAGENS DE PRECISÃO FALK

Fabricadas em aço-liga especial sob rígido controle de qualidade. A profundidade de dente FALK, e

o alto ângulo de pressão asseguram grande durabilidade superficial, grande resistência a abrasão e ruptura e maior capacidade de carga. A alta eficiência de engrenamento helioidal de 98,5% por par permanece constante durante toda a vida das engrenagens.

### 3.6.6 - APLICAÇÕES TÍPICAS - São aplicados em:

alimentador, forno industrial, máquina de papel, linha de embalagem, transportador de toras, puxador de toras, filtro de lama.

### 3.6.7 - TEMPERATURA DE OPERAÇÃO

Os redutores projetados de acordo com os padrões AGMA podem encontrar-se a 55°C (100°F) acima da temperatura ambiente, com temperatura de reservatório até 93°C (200°F) ou acima em áreas localizadas. Desde que a unidade produza sensação de calor à mão humana para temperatura acima de 49°C (120°F), deve ser usado termômetro portátil para medição de temperatura.

### 3.6.8 - MONTAGEM NA HORIZONTAL

Embora os vedadores de óleo possam operar sob óleo, todas unidades devem ser montadas numa base horizontal a menos que pedido especificamente de outro modo. Exceto aprovado pela FALK, montagem inclinada pode baixar o óleo para um nível que não lubrificará suficientemente as engrenagens e rolamentos; um excesso de óleo na unidade pode causar agitação e espuma no óleo, vindo a aquecer demasiadamente.

Qualquer uma das duas condições pode resultar em danos nas engrenagens e rolamentos.

### 3.6.9 - MANUTENÇÃO DOS REDUTORES

Cada redutor é testado na FALK. Para proteger os elementos girantes contra umidade durante o transporte, é usado um lubrificante preventivo contra ferrugem, solúvel em óleos. Antes de dar partida no redutor, abastecer de óleo canaletas e represas e encher o redutor até o nível marcado na vareta de nível. Usar um lubrificante que tenha as especificações da plaqueta. Depois do primeiro mês de funcionamento do redutor, drenar e limpar e reabastecê-lo com óleo novo. Depois disso, verificar periodicamente o nível estático através da vareta de nível. Trocas de óleo são recomendadas semestralmente ou a cada 2500 horas de serviço, o que ocorrer primeiro. Se um redutor for armazenado, esborrifar em todas as partes internas óleo preventivo contra ferrugem, como descrito no Manual de Serviço e estocar a unidade em um lugar seco. Também, se uma unidade for instalada vários meses antes do início de seu funcionamento, ou se programas de produção exigem uma interrupção, evitar oxidação pondo o redutor em movimento pleno uma vez por mês para circular o óleo.

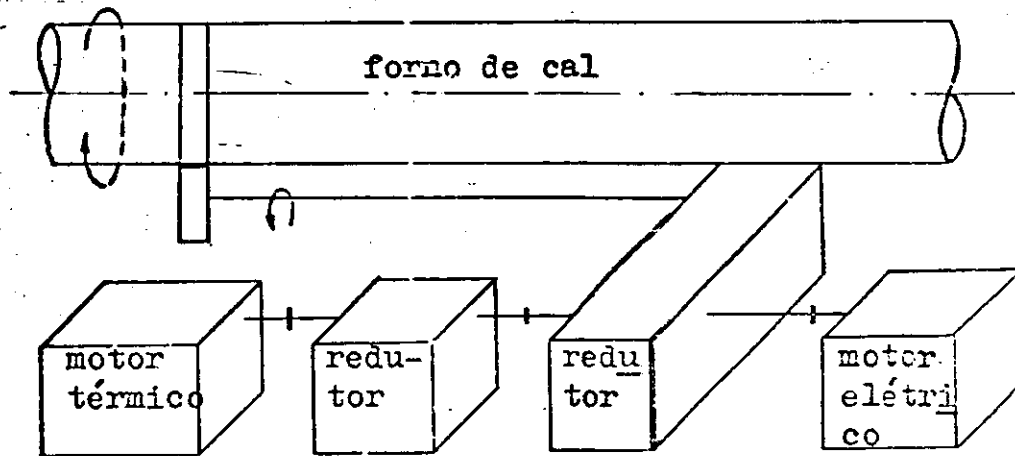
## 3.7 - FORNO DE CAL

### 3.7.1 - MATERIAL E DIMENSÕES

O forno de cal é um cilindro de aço carbono. É revestido internamente com tijolos refratários e externamente é pintado com uma tinta de cor branca. Suas dimensões são aproximadamente: 30m de comprimentos e 2m de diâmetro.

### 3.7.2 - FUNCIONAMENTO

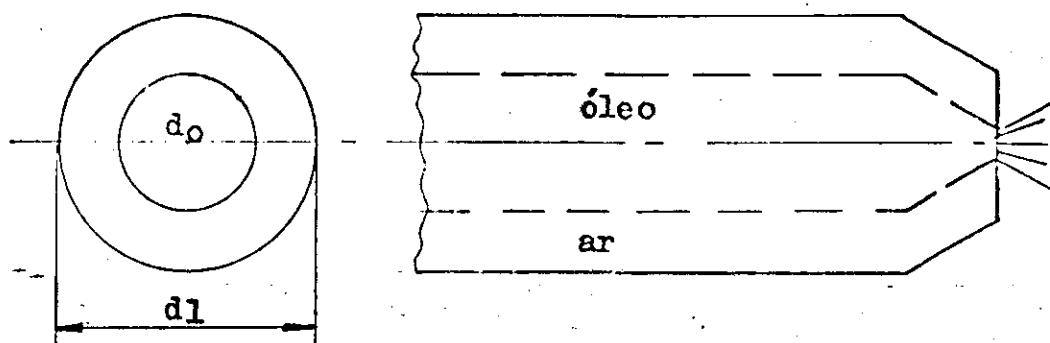
O movimento é giratório. Dois motores: um térmico (motor diesel), entra em funcionamento quando falta energia ou quando necessita parar o forno e, um elétrico, responsável pelo movimento do forno durante todo processo. Na parada do forno, é retirada a combustão, mas mesmo assim, a temperatura da cal continua muito alta durante um longo tempo e para evitar contrações térmicas nas partes que não estão em contato com a cal, é necessário que o forno continue com o seu movimento giratório, isso é feito com o motor diesel que possui rotação mais baixa comparado com o motor elétrico. Em consequência desse movimento lento, as contrações são uniformes e o forno fica fora do perigo de empeno. O esquema do sistema de funcionamento está mostrado abaixo.



### 3.7.3 - COMBUSTÃO

O óleo BPT é armazenado num recipiente cilíndrico. Nesse, o combustível é preaquecido com vapor circulando dentro da serpentina, em seguida, sai do reservatório passando por um filtro do qual é bombeado para um aquecedor onde é novamente aquecido,

desse, sai por gravidade para o maçarico do forno. Um ventilador de ar primário, injeta ar no maçarico e uma chama é introduzida na ponta do mesmo. A ponta do maçarico tem a forma abaixo.



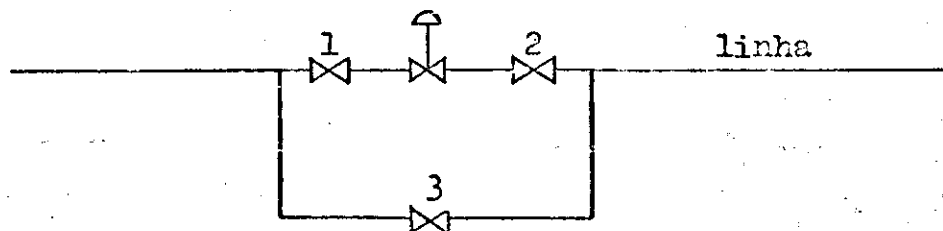
O óleo sai pelo furo de diâmetro  $d_0$  e o ar pelo furo de diâmetro  $d_1$ , ambos encontram-se com a chama e dar-se a combustão.

### 3.8 - SISTEMA DE TRANSMISSÃO DE POTÊNCIA

O sistema de transmissão de potência de toda Indústria é fundamentado em: motor elétrico, correia chata, correia em V, polia, engrenagem, sem-fim, redutor de velocidade, variomot, cilindros, corrente, árvore de transmissão, biela, manivela, cursor, cremalheira, cames e motor diesel.

### 3.9 - BY-PASS

Para controlar, vazão e pressão numa linha de vapor, geralmente usa-se a válvula de controle. A sua manutenção exige isolamento da linha, para que o fluxo não seja interrompido, usa-se o by-pass. A figura abaixo mostra a montagem de um by-pass.



Fechando as válvulas 1 e 2 e abrindo a válvula 3 é possível fazer manutenção na válvula de controle.

### 3.10- VÁLVULAS

#### 3.10.1 - DEFINIÇÃO

São dispositivos destinados a estabelecer, controlar e interromper o fluxo em uma tubulação. São os acessórios mais importantes existentes nas tubulações, e que por isso devem merecer o maior cuidado na sua especificação, escolha e localização. Em qualquer instalação deve haver sempre o menor número possível de válvulas, compatível com o funcionamento da mesma, porque as válvulas são peças caras, onde sempre há possibilidade de vazamentos (em juntas, gaxetas) e que introduzem perdas de carga, às vezes de grande valor. A localização das válvulas deve ser estudada com cuidado, para que a manobra e a manutenção das mesmas sejam fáceis, e para que as válvulas possam ser realmente úteis.

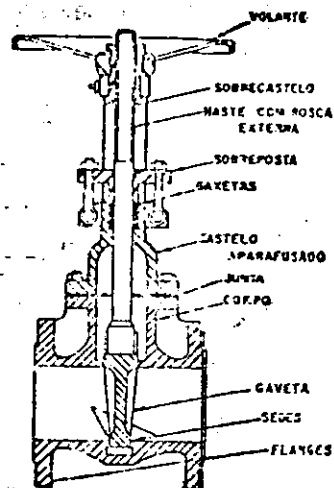
#### 3.10.2 - VÁLVULAS DE GAVETA

São empregadas para todos os serviços de bloqueio do fluxo em linhas de água, óleos e líquidos em geral, desde que não sejam muito corrosivos, nem deixem muitos sedimentos ou tenham grande quantidade de sólidos em suspensão. Também são usadas em: linhas de vapor e linhas de ar.

Esses tipos de válvulas suportam altas pressões e grandes temperaturas. O fechamento nessas válvulas é feito pelo movimento de uma peça chamada de gaveta, que se desloca paralelamente ao orifício das válvulas, e perpendicularmente ao sentido geral de escoamento do fluido. A operação é



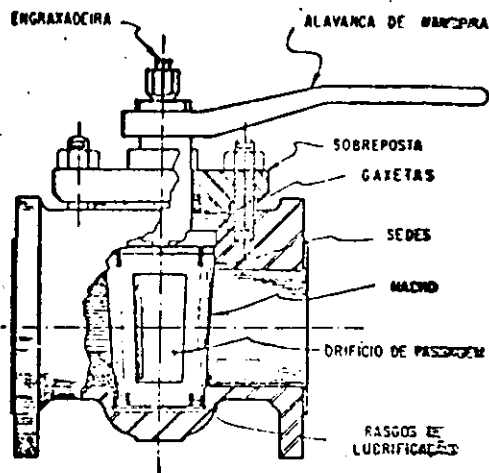
manual, por meio de volante. Devem trabalhar completamente abertas ou completamente fechadas, pois, trata-se de válvulas de bloqueio e não de regulagem. A figura abaixo mostra os seus detalhes.



### 3.10.3 - VÁLVULAS DE MACHO

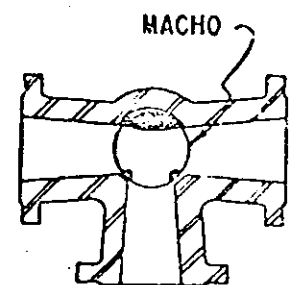
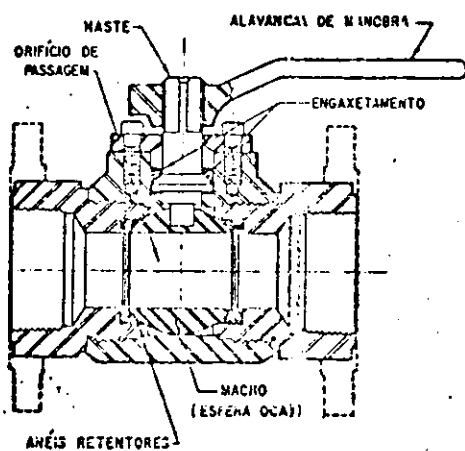
São empregadas no bloqueio de gases (em quais - quer diâmetros, temperaturas e pressões), e também no bloqueio rápido de água, vapor e líquidos em geral (em pequenos diâmetros e baixas pressões). As válvulas de macho são recomendadas também para serviços com líquidos que deixem sedimentos ou que tenham sólidos em suspensão. Nessas válvulas o fechamento é feito pela rotação de uma peça (macho), onde há um orifício broqueado, no interior do corpo da válvula. São válvulas de fecho rápido, porque fecham-se com 1/4 de volta do macho ou da haste. Devem funcionar completamente abertas ou completamente fechadas. O macho geralmente é uma peça cônica. Existem dois

tipos gerais de válvulas de macho: válvulas com e sem lubrificação. Nas válvulas com lubrificação há um sistema de injeção de graxa lubrificante sob pressão através do macho para melhorar a vedação e evitar que o macho possa ficar preso; são as válvulas geralmente empregadas em serviços com gases. O lubrificante usado deve ser tal que não se dissolva nem contamine o fluido conduzido. O macho tem sempre rasgos para a distribuição do lubrificante por toda superfície de contato com as sedes. As válvulas sem lubrificação, de boa qualidade, usada para gases, tem sedes removíveis de um material resistente (borracha, neoprene, teflon), dando ótima vedação absolutamente estanque. Essas válvulas, entretanto, não são à prova de fogo, e só podem ser empregadas até o limite de temperatura permitido pelo material das sedes. As válvulas sem lubrificação são de uso mais raro do que as com lubrificação; empregam-se, por exemplo, para temperaturas muito altas (acima do limite tolerado pelos lubrificantes), ou também em serviços com fluidos para os quais não haja lubrificante adequado. São comuns também válvulas de macho pequenas e baratas, não lubrificadas, chamadas de torneiras, nas quais o macho é integral com a haste; empregam-se as torneiras para drenos e outros serviços secundários com água, vapor e óleos. A figura seguinte mostra os seus detalhes.



3.10.4- VÁLVULAS DE ESPERA

O macho nessas válvulas é uma esfera, que gira sobre um diâmetro, deslizando entre anéis retentores de material resiliente (borracha, neopreno, teflon), tornando a vedação absolutamente estanque. São usadas para bloqueio do fluxo e devem funcionar completamente abertas ou completamente fechadas. As vantagens da válvula de esfera sobre as de gaveta são o menor tamanho, peso, custo, melhor vedação e maior facilidade de operação. A figura abaixo mostra os seus detalhes.



POSIÇÃO ABERTA  
CORTE EM PROJEÇÃO HORIZONTAL

### 3.10.5- VÁLVULAS DE GLOBO

Nas válvulas de globo o fechamento é feito por meio de um tampão que se ajusta contra a sede da válvula, cujo orifício está geralmente em posição paralela ao sentido geral de escoamento do fluido. As válvulas de globo podem trabalhar em qualquer posição de fechamento, isto é, são válvulas de regulação. Causam, entretanto, em qualquer posição, fortes perdas de carga.

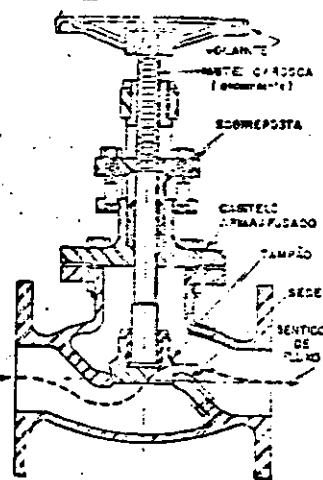
As válvulas de globo dão uma vedação bem melhor do que as válvulas de gaveta podendo-se conseguir principalmente em válvulas pequenas, uma vedação absolutamente estanque.

Na maioria das válvulas de globo o fechamento é de metal contra metal, o que torna essas válvulas à prova de fogo desde que todos os metais sejam de alto ponto de fusão. Em algumas válvulas, de tamanhos pequenos, tem-se o tampão com um anel não metálico, de borracha, couro, neoprene, plásticos. Essas válvulas, que estão limitadas às temperaturas de trabalho dos materiais não metálicos do tampão, dão uma vedação muito boa e destinam-se, entre outras aplicações, a serviços com fluidos corrosivos.

As válvulas de globo devem ser instaladas de forma que o fluido entre sempre pela face inferior do tampão. Essa disposição tem a vantagem de poupar as gaxetas, porque a pressão não fica agindo permanentemente sobre elas, e também de permitir, em muitos casos, o reengaxetamento com a válvula em serviço.

As válvulas de globo são usadas principalmente pa

ra serviços de regulagem e de fechamento estanque em linhas de água, óleos, líquidos em geral (não muito corrosivos), e para o bloqueio e regulagem em linhas de vapor e de gases. Para todos esses serviços as válvulas de globo são empregadas para quaisquer pressões e temperaturas, em diâmetros até 8". Não se fabricam válvulas de globo em diâmetros maiores porque seriam muito caras e dificilmente dariam uma boa vedação. A figura abaixo mostra os seus detalhes.



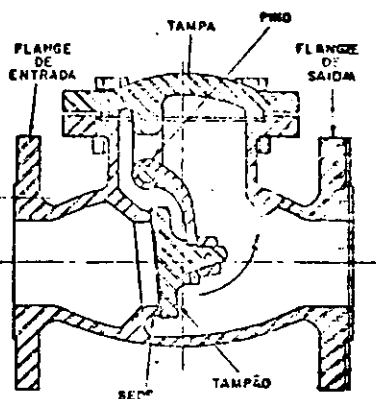
### 3.10.6 - VÁLVULAS DE RETENÇÃO

Essas válvulas permitem a passagem do fluido em um sentido apenas, fechando-se automaticamente por diferença de pressões, exercidas pelo fluido em consequência do próprio escoamento, se houver tendência à inversão no sentido do fluxo. São, portanto, válvulas de operação automática.

Empregam-se as válvulas de retenção quando se quer impedir em determinada linha qualquer possibilidade de retorno do fluido por inversão do sentido de escoamento.

As válvulas de retenção devem sempre ser instala-

das de tal maneira que a ação da gravidade tenda a fechar a válvula. Em tubos verticais, por exemplo, as válvulas de retenção só podem ser colocadas se o fluxo for ascendente. São usadas em: linhas de recalque de bombas, linhas de ar comprimido logo na saída dos compressores e em linhas d'água. A figura abaixo mostra os seus detalhes.



### 3.10.7 - VÁLVULAS DE SEGURANÇA E ALÍVIO

Essas válvulas controlam a pressão a montante abrindo-se automaticamente, quando essa pressão ultrapassar um determinado valor para o qual a válvula foi ajustada, e que se denomina "pressão de abertura" da válvula. A válvula fecha-se em seguida, também automaticamente, quando a pressão cair abaixo da pressão de abertura.

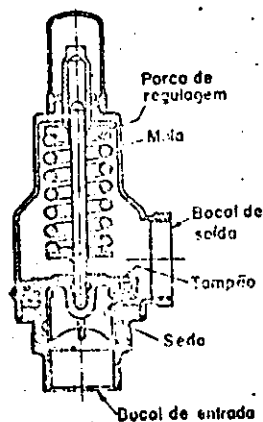
O tampão é mantido fechado contra a sede pela ação de uma mola, com porca de regulagem. Regula-se a tensão da mola de maneira que a pressão de abertura da válvula tenha o valor desejado.

A mola pode ser interna, dentro do castelo da válvula, ou externa, preferindo-se essa última disposição para serviços com fluidos corrosivos ou viscosos, para que o fluido não fique em contato com a mola. Todas essas válvulas são chamadas "de se-

gurança" quando destinadas a trabalhar com fluidos elásticos (vapor, ar, gases), e "de alívio" quando destinadas a trabalhar com líquidos, que são fluidos incompressíveis.

Devido à compressibilidade e à força elástica, para fazer cair a pressão de um gás é necessário que um grande volume de gás possa escapar em um tempo muito curto. Por essa razão, o desenho dos perfis da sede e do tampão nas válvulas de segurança é feito de tal forma que a abertura total se dê imediatamente após ser atingida a pressão de abertura. Nas válvulas de alívio, pelo contrário, a abertura é gradual, atingindo o máximo com 110 a 125% da pressão de abertura, porque uma pequena quantidade de líquido que escape faz logo abaixar muito a pressão.

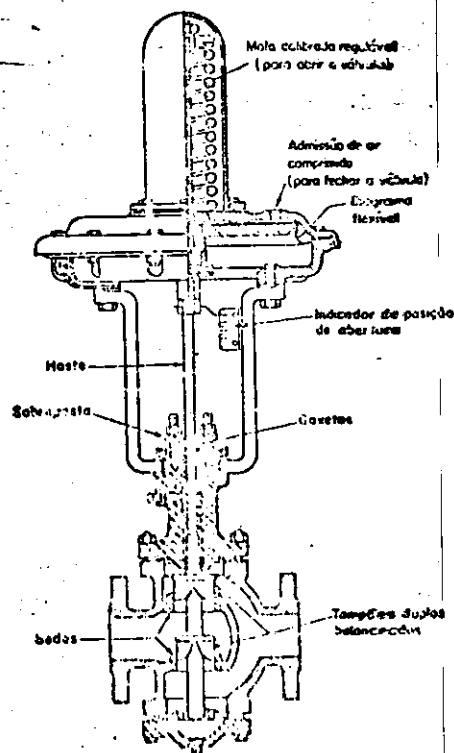
As válvulas de segurança são instaladas sempre acima do nível do líquido, para que não sejam atravessadas pelo líquido. O disparo da válvula para este é feito manualmente por meio de uma alavanca. A figura abaixo mostra os seus detalhes.



### 3.10.8 - VÁLVULAS DE CONTROLE

Essas válvulas são usadas em combinação com instrumentos automáticos, e comandadas à distância por esses instrumentos, para controlar a vazão ou a pressão de um fluido. A operação da válvula é sempre motorizada, a maioria das vezes por meio de um diaphragma sujeito à pressão de ar comprimido. Há um instrumento automático que comanda a pressão do ar que por sua vez faz variar a posição de abertura da válvula.

A válvula em si é quase sempre semelhante a uma válvula de globo. Para diminuir o esforço necessário à operação, e assim facilitar o controle, essas válvulas tem frequentemente dois tampões superpostos na mesma haste, que se assentam em duas sedes colocadas de tal maneira que a pressão do fluido exercida sobre um tampão contrabalança a pressão exercida sobre o outro (veja a figura abaixo).





É evidente que para qualquer tipo de válvula a percentagem de fluxo permitido é função da percentagem de abertura da válvula, isto é, existe sempre uma relação de interdependência entre o fluxo permitido e a posição de abertura. Quando a abertura é zero o fluxo também é zero; quando a abertura é 100% o fluxo é 100%. Nas posições intermediárias a percentagem de fluxo pode ser maior ou menor do que a percentagem da abertura, dependendo do tipo de válvula e dos perfis da sede e da peça de fechamento. A curva 1 da Fig. 3.1 representa a referida função para uma válvula de gaveta comum. No caso das válvulas de controle, essa relação de interdependência é muito importante, por se tratar de válvulas destinadas à regulação rigorosa do fluxo em qualquer posição. Os tampões e sedes dessas válvulas tem por isso perfis especialmente desenhados e cuidadosamente construídos para resultar em funções predeterminadas. Os perfis mais comuns são os de igual percentagem (curva 2) e os de abertura rápida (curva 3).

A operação nas válvulas de controle é feita geralmente pelo diafragma em um sentido (para abrir ou para fechar) e por uma mola regulável no outro sentido. Na válvula representada na figura anterior a pressão do ar sobre a face superior do diafragma faz fechar a válvula, enquanto que a mola faz abrir.

As válvulas de controle, embora dificilmente dêem uma vedação perfeita, são sempre de construção e usinagem cuidadosas, e de materiais da melhor qualidade.

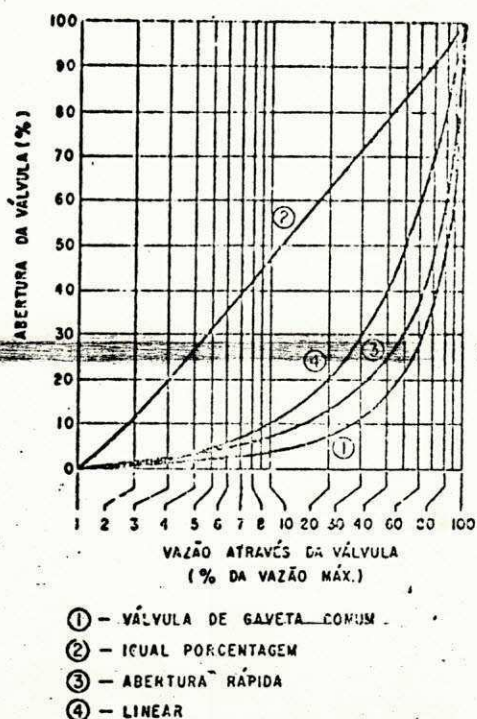


Fig. 3.1

### 3.11- PURGADORES DE VAPOR

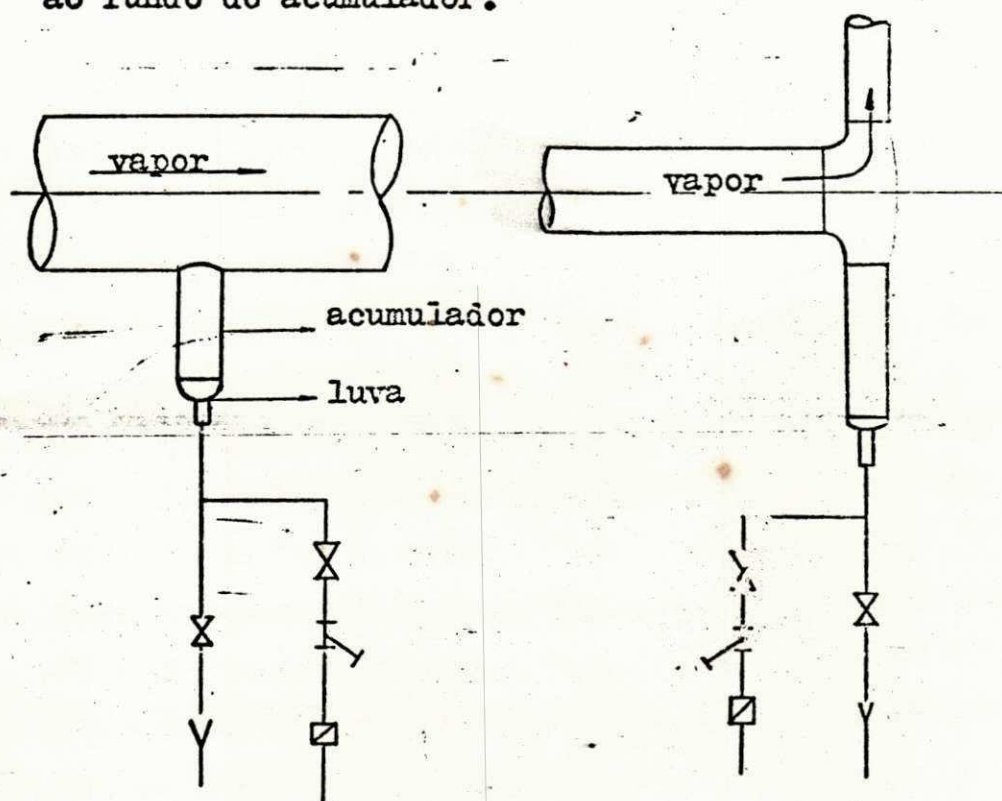
#### 3.11.1 - DEFINIÇÃO E FINALIDADES DOS PURGADORES DE VAPOR

Os purgadores de vapor são dispositivos automáticos que separam e eliminam o condensado formado nas tubulações de vapor e nos aparelhos de aquecimento, sem deixar escapar o vapor. Os bons purgadores, além de removerem o condensado, eliminam também o ar e outros gases incondensáveis ( $\text{CO}_2$ , por exemplo) que possam estar presentes. Os purgadores de vapor são os dispositivos de separação mais importantes e de emprego mais comum em tubulações industriais.

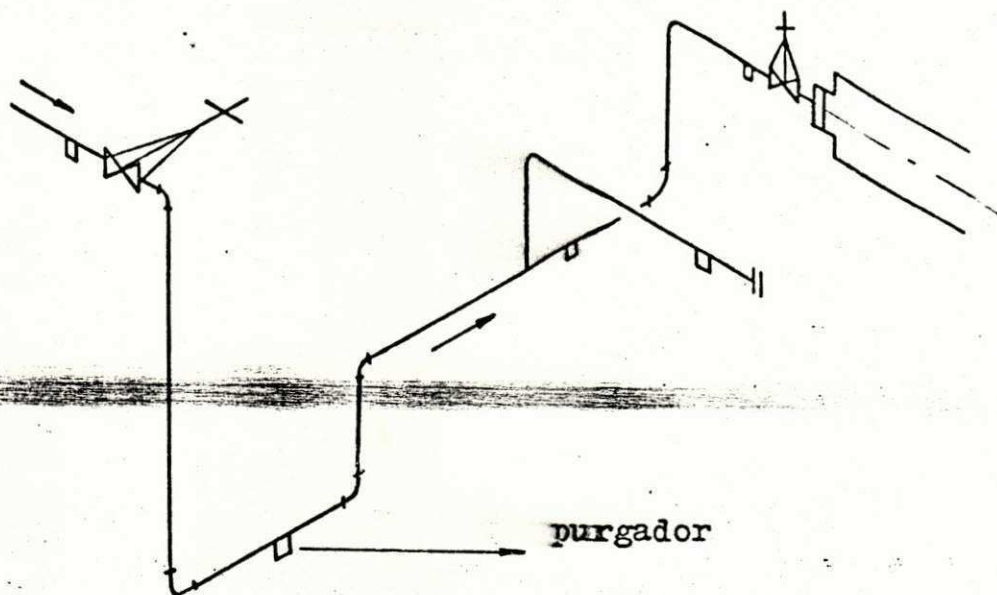
#### 3.11.2 - CASOS TÍPICOS DE EMPREGO DE PURGADORES

- a) Para eliminar o condensado formado nas linhas de vapor;
- b) Para reter o vapor nos aparelhos de aquecimento a vapor, deixando sair apenas o condensado.

Quando instalados com a finalidade de drenar linhas de vapor, os purgadores são colocados em uma derivação da tubulação, como mostra a figura abaixo. Essa derivação deve sair do fundo de uma bacia denominada "acumulador de condensado" instalada na parte inferior da tubulação de vapor. O condensado deve sempre ser capaz de correr por gravidade para dentro do acumulador. A tubulação de entrada do purgador deve estar ligada diretamente ao fundo do acumulador.



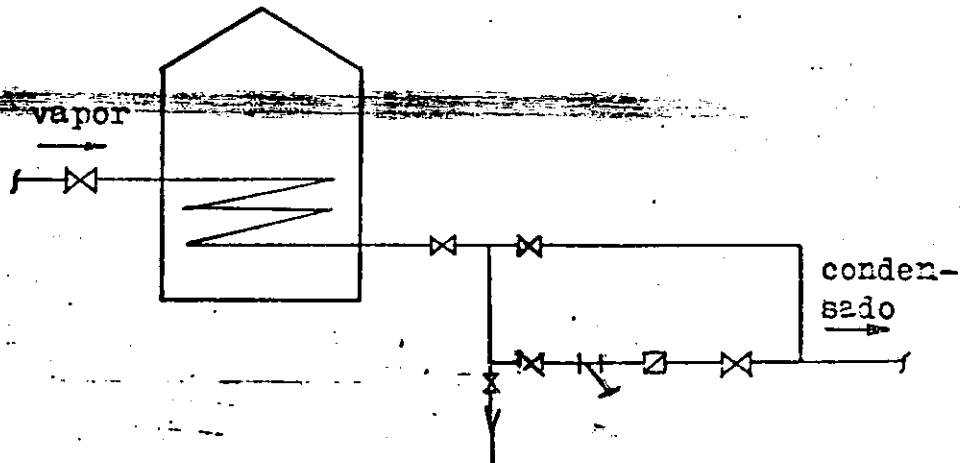
Devem ser colocados obrigatoriamente purgadores para drenagem de condensado nos seguintes pontos de todas as tubulações de vapor, como mostra a figura seguinte:



- Todos os pontos extremos (no sentido do fluxo) fechados com tampões, flanges cegos e bujões.
- Todos os pontos baixos e todos os pontos de aumento de elevação (colocados, nesses casos, na elevação mais baixa).
- Nos trechos de tubulação em nível, deve ser colocado um purgador em cada 100 m a 250 m; quanto mais baixa for a pressão do vapor mais numerosos deverão ser os purgadores.
- Imediatamente antes de todas as válvulas de bloqueio, válvulas de retenção, válvulas de controle e válvulas redutoras de pressão. Os purgadores destinam-se nesse caso a eliminar o condensado que se forma quando a válvula estiver fechada.
- Próximo à entrada de qualquer máquina a vapor, para evitar a penetração do condensado na máquina.

Os purgadores instalados com a finalidade de reter o vapor em aparelhos de aquecimento, devem ser in-

tercalados na própria tubulação de vapor e colocados o mais próximo possível da saída do aparelho (figura abaixo).



A finalidade desses purgadores é aumentar, ao máximo o tempo de permanência do vapor dentro do aparelho, para que o vapor possa ceder todo o seu calor. Se não houvesse o purgador, o vapor circularia continuamente à alta velocidade, e para que a troca de calor fosse a mesma, o comprimento da tubulação de vapor dentro do aparelho teria de ser enorme. Não havendo o purgador, seria grande o consumo com desperdício de vapor e, conseqüentemente, um baixo rendimento global do sistema de aquecimento. A instalação do purgador representa sempre considerável economia de vapor e, portanto, de combustível e de dinheiro.

### 3.11.3- PURGADORES TERMODINÂMICOS

Tamanho reduzido, porém com alta capacidade de descarga do condensado, operam eficientemente em todos níveis de pressão, dentro dos limites de sua capacidade, de  $0,25 \text{ kg/cm}^2$  (3,5 psi) até  $42,0 \text{ kg/cm}^2$  (600 psi) e temperatura de até  $450^\circ\text{C}$ . Tra-

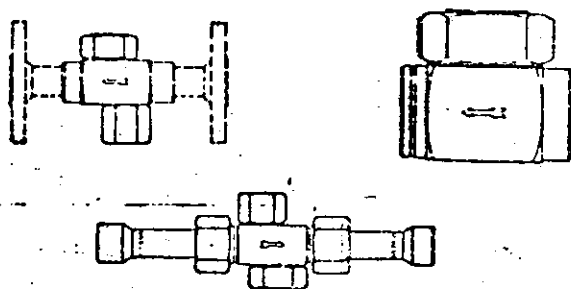
balhando eficientemente em qualquer posição. Apresenta somente uma parte móvel, um disco de aço inoxidável, o que lhe garante uma vida útil muito grande, chegando em condição normal de funcionamento a 10 anos.

Atualmente além dos já tradicionais: TD-50, TD-52 e TDS-52 (com filtro incorporado), a família dos termodinâmicos hoje conta também com o TD-LC para baixas vazões em linhas de aquecimento; TD-1464 para altas pressões e o TD-E para vapor superaquecido que opera a  $17^{\circ}\text{C}$  abaixo da temperatura de saturação.

O funcionamento é o seguinte: O condensado ou o ar chegando aos purgadores, empurrados pela pressão do vapor, levantam o disco e escapam para fora. Chegando o vapor, a princípio ele escapa também; mas logo em seguida, o jato de vapor em alta velocidade passando por baixo do disco, cria uma zona de baixa pressão e o disco abaixa-se tendendo a fechar a saída do vapor. Assim que o disco começa a se baixar, o vapor passa para a câmara acima do disco, e a pressão do vapor força então o disco para baixo. Ao mesmo tempo, esse movimento do disco causa uma redução na seção de saída do vapor; em consequência, a velocidade aumenta e a depressão causada aumenta também, até que o disco encosta-se na sede, fechando a saída do vapor. Como a área útil da face superior do disco é muito maior do que a área útil da face inferior, a pressão do vapor retido acima do disco mantém os purgadores fechado, com o disco apertado contra a sede, enquanto houver vapor quente nos purgadores.

Com a chegada do condensado (mais frio do que o vapor), o vapor retido acima do disco começa a se condensar, perde a pressão e o disco levanta-se, repetindo-se todo o ciclo novamente. A figura abaixo mostra um purgador termodinâmico.

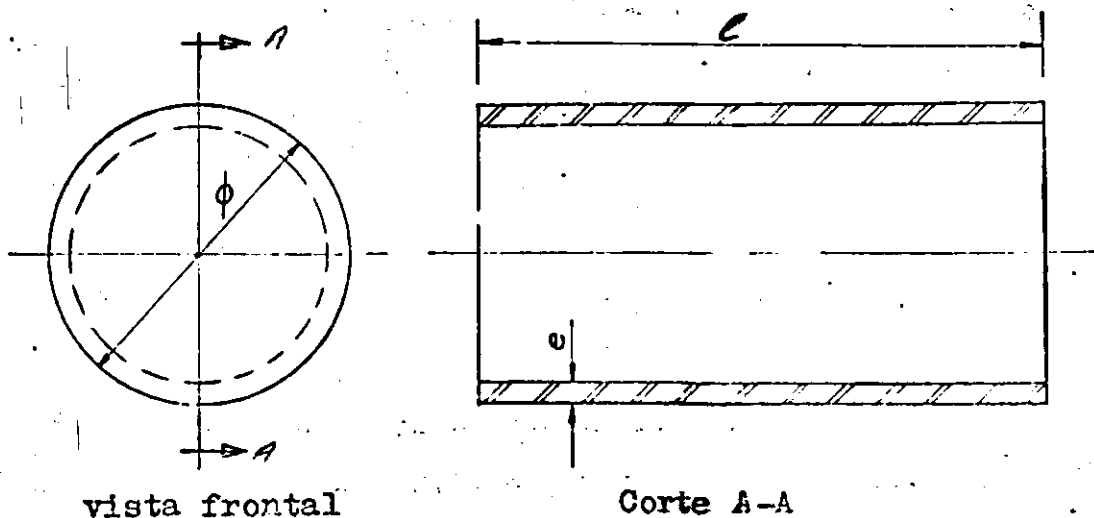
### TERMODINÂMICOS



### 3.12 - COLETORES DE VAPOR

São reservatórios cilíndricos nos quais são armazenado vapor. A pressão interna nesses coletores é muito alta, por essa razão é que se usa a válvula de segurança.

Os coletores são isolados termicamente, em consequência disso, a perda de calor é mínima. O isolante mais usado é a lã de vidro; por cima da mesma é colocada uma camada de alumínio.



### 3.13 - FILTROS PARA TUBULAÇÕES

Indicados para separação de partículas sólidas, nos sistemas de vapor, água quente e fria, ar comprimido, gases, óleos combustíveis, lubrificantes, enfim toda tubulação que necessita ser bem protegida bem ou como equipamentos nelas instalados que podem ser danificados por detritos. Podem ser fornecidos em semi-aço, bronze fundido, aço carbono e inox, nos diâmetros de 3/8" a 16". Com conexões rosqueadas, soldadas ou flangeadas, dependendo da bitola. As telas podem ser em chapas perfuradas ou revestidas com malha, normalmente em aço inox AISI 304.

Na montagem da tubulação usam-se os filtros provisórios, esses são instalados próximos aos bocais de entrada dos equipamentos, tais como bombas, compressores, turbinas. Assim, os equipamentos não recebem a ferrugem, a terra, a poeira, a rebarba de solda, e os pedaços de eletrodos que se encontram no interior dos tubos. Os filtros provisórios devem ser retirados depois que as linhas estiverem completamente limpas.

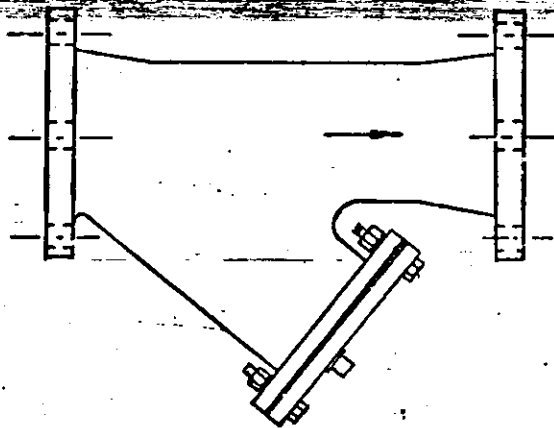
Os filtros permanentes são instalados na tubulação de um modo definitivo. Os principais casos de emprego são:

- Tubulações com fluidos sujos que sempre possam apresentar corpos estranhos.
- Tubulações de entrada de equipamentos muito sensíveis a corpos estranhos, tais como bombas de engrenagens, medidores volumétricos e purgadores.
- Casos em que se deseje uma purificação rigorosa e controlada do fluido circulante.

A área do elemento filtrante deve ser maior do que a área da seção transversal do tubo. Os filtros devem ser mantidos limpos para evitar entupimento e perda de carga.



Para facilitar a limpeza, todos os filtros permanentes tem um dreno no ponto mais baixo e são desmontáveis, podendo-se retirar, limpar ou trocar os elementos filtrantes sem ser preciso desconectar o filtro da tubulação. A figura abaixo mostra um filtro.



### 3.14 - PICADOR

#### 3.14.1- DEFINIÇÃO

É um sistema mecânico que tem como função picar o sisal.

#### 3.14.2- MONTAGEM DA MÁQUINA

A máquina deve ser montada numa estrutura metálica, cu base de concreto, e fixada com chumbadores de acordo com a carga dinâmica. Devendo-se deixar um espaço livre suficiente para efetuar a troca da faca e da contrafaca.

#### 3.14.3- ALIMENTAÇÃO DA MÁQUINA

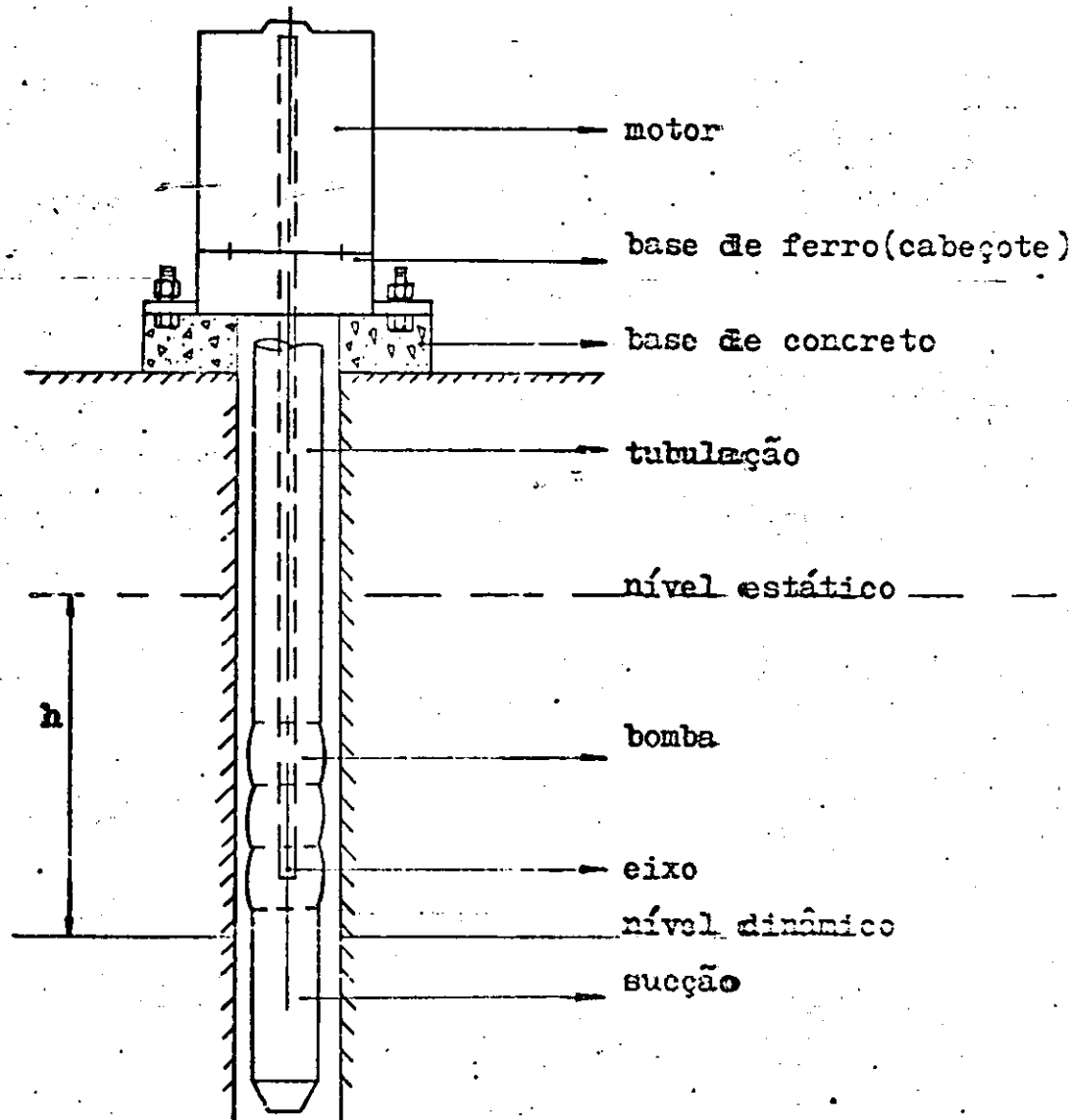
A alimentação da máquina Standard é feita através de uma esteira transportadora com 2 metros de comprimento e 0,5 metros de largura. O sisal colocado sobre a esteira é levado ao encontro das facas e contrafacas onde é totalmente picado. O sisal picado cai em uma esteira na qual é levado para o pre-impregnador e depois segue o processo normal.

### 3.14.4- ACIONAMENTO

O rotor é acionado por um motor elétrico WEG- 50 CV-4 pólos - 380 V 660 VZ através de correias em V. Na montagem da máquina deverá ser colocada uma proteção nas correias, evitando futuros acidentes. Todas as correias devem ser esticadas igualmente, para que tanto na partida como no funcionamento normal da máquina, não ocorra um deslizamento das resmas.

### 3.15 - BOMBAS SUBMERSAS

São usadas para bombear água de poços artesianos. A figura abaixo mostra o esquema de uma bomba submersa.



Um motor elétrico de 100 CV aciona o eixo da bomba o qual faz girar os seus rotores. A água é deslocada do fundo do poço ao longo de uma tubulação e, na saída do poço, a água é conduzida para um reservatório por meio de uma tubulação horizontal na qual existe uma válvula de retenção, essa válvula não permite a volta da coluna d'água para o poço.

Vários centralizadores são usados para centralizar o eixo. As buchas dos centralizadores são de borracha, evitando assim a oxidação. O lubrificante do eixo é a própria água.

Os eixos são emendados com luvas de aço inoxidáveis. Na partida, enche-se a tubulação na qual está o eixo com água, essa não desce para o poço devido existir no final da tubulação uma válvula de retenção. A tubulação com água lubrifica o eixo e diminui a carga do motor.

Existem bombas submersas de vários estágios.

A tubulação é de aço carbono e a carcaça da bomba é de ferro fundido. Os rotores são de bronzes. A montagem é feita com auxílio de um guincho.

3.16 - PONTES ROLANTES

São sistemas mecânicos destinados a elevar e transportar cargas. Possuem três movimentos a saber: movimento vertical, movimento transversal e movimento longitudinal. No movimento vertical, a carga é elevada por meio de cabos de aços, ganchos e roldanas. Nos movimentos transversais e longitudinais a carga é deslocada para o local desejado. As pontes rolantes deslizam longitudinalmente sobre duas vigas de concreto armado ou sobre dois perfis em I de aço carbono. O carro desloca-se transversalmente sobre perfis de aço carbono.

### 3.17 - DIGESTOR

É um sistema mecânico no qual a fibra de sisal é cozida. O vapor é injetado no seu interior fornecendo calor necessário e suficiente para o cozimento da fibra. O digestor é isolado termicamente com lã de vidro e envolto por uma carcaça de alumínio. A fibra, no seu interior, é mexida por um sistema de pás acionado por um motor elétrico juntamente com um redutor de velocidade.

### 3.18 - TUBULAÇÃO

A tubulação d'água é de aço carbono, a sua cor é verde e seu diâmetro varia de 8" a 1/2". A tubulação de ar comprimido e de vapor são de aço carbono, a cor da tubulação de ar comprimido é azul, a tubulação de vapor é isolada termicamente com lã de vidro e envolta com alumínio. É comum um grande número de curvas nas tubulações de vapor. Essas curvas estão ligadas ao fenômeno de dilatação térmica e são elas que dão espaços para a dilatação linear dos tubos.

Quanto maior for a tubulação, maior será a curva, pois, a variação linear devido um acréscimo de temperatura é diretamente proporcional ao comprimento da tubulação. A equação abaixo comprova fisicamente:

$$\Delta l = l_0 \alpha \Delta t$$

$\Delta l$  - variação linear da tubulação

$l_0$  - comprimento inicial (antes do acréscimo de temperatura)

$\alpha$  - coeficiente de dilatação linear do material

$\Delta t$  - acréscimo de temperatura.

Sendo  $l$  o comprimento final da tubulação (depois do acréscimo de temperatura), fica:

$$\Delta l = l - l_0 \quad \Rightarrow \quad l_0 \alpha \Delta t = l - l_0 \quad \Rightarrow$$

$$\Rightarrow l = l_0 + l_0 \alpha \cdot \Delta t \quad \Rightarrow \boxed{l = l_0 (1 + \alpha \Delta t)}$$

Os líquidos corrosivos são conduzidos em tubos de aço inoxidáveis e em tubos de fibras de vidro. Esses, são construídos com fibras de vidro e com resina especial de grande resistência mecânica.

Os tubos são ligados por solda, por flange, e a maioria deles são de costura longitudinal.

### 3.19 - COMPRESSORES

#### 3.19.1- DEFINIÇÃO

Compressores são estruturas mecânicas industriais destinadas, essencialmente, a elevar a energia utilizável dos fluidos elásticos, pelo aumento de sua pressão.

#### 3.19.2- COMPRESSOR DE PISTÃO

Num compressor de pistão a compressão é realizada em um ou mais cilindros nos quais os pistões movem-se para cima e para baixo, variando periodicamente o volume da câmara de compressão acima e abaixo do pistão. A câmara de compressão é periodicamente ligada às tubulações de admissão e de descarga por meio de válvulas. Este tipo de compressor é o mais comum, e assim continuará sendo por muitos anos. É especialmente adequado para trabalho em pressões normalmente necessárias nas indústrias, 6 - 8 kg/cm<sup>2</sup> (85 - 115 lb/in<sup>2</sup>). Além disso, adapta-se perfeitamente ao trabalho em pressões mais baixas ou mais elevadas. O limite natural de capacidade para compressores de pistão é 100 m<sup>3</sup>/min (3.500 ft<sup>3</sup>/min). Compressores maiores teriam dimensões externas exageradas, seriam de fabricação mais cara e requereriam fun

dações muito grandes.

Compressores especiais com anéis de pistão de teflon ou grafite pode fornecer ar comprimido livre de óleo.

Uma das maiores vantagens do compressor de pistão é que podem ser facilmente controlados de acordo com a demanda de ar comprimido. Podem operar em plena carga, meia carga, ou em vazio, mediante abertura automática das válvulas de sucção, de sorte que não há compressão durante os períodos em que cai a demanda de ar comprimido. O compressor de pistão é também de operação econômica. A manutenção, relativamente simples, pode ser efetuada por mecânicos da própria indústria. Além disso, deve se dizer que 60 a 80% da energia fornecida ao eixo de compressor pode ser aproveitada em forma de calor. Pelo acima exposto, torna-se claro que o compressor de pistão é, sem dúvida, o modelo mais econômico e mais versátil para as aplicações industriais do ar comprimido.

### 3.20 - BOMBAS CENTRÍFUGAS

#### 3.20.1- INTRODUÇÃO

Constam essencialmente de uma carcaça e um rotor provido de pás. O líquido é succionado no centro do rotor e a forma das pás é apropriada para transferir a energia mecânica do eixo, em energia cinética ao fluido. O líquido flui para a periferia entre os espaços das pás e deixam a periferia do rotor com grande velocidade sendo coletado pela carcaça que geralmente apresenta um canal para recolher o líquido. Esse coletor está

ligado à boca de saída. Na periferia da carcaça' (voluta) a energia cinética é transformada em pressão. O eixo do rotor recebe energia do motor elétrico de velocidade constante, e estão acoplados diretamente. São usuais as rotações de 1750 e 3500 rpm.

As bombas centrífugas cobrem uma faixa de vazão' e pressão muito larga. Assim, existem bombas com vazão de 15 l/min com pressão diferencial (entre saída e entrada) de 0,15 a 0,30 atm e outras com 1200 l/min e pressão de 200 atm. Podem trabalhar com líquidos quente (450°C) e lamas. Algumas bombas especiais para aquedutos atingem 350 m<sup>3</sup>/min com 135 metros de coluna de água (m.c.a.) e ou tras 2200 m<sup>3</sup>/min com 95 m.c.a. para irrigação.

### 3.20.2- CLASSIFICAÇÃO DAS BOMBAS CENTRÍFUGAS

As bombas centrífugas são classificadas em diversos critérios.

#### 1- QUANTO AO TIPO DE ROTOR

Rotor radial. Dirige o fluido para a periferia ; as pás são curvadas para trás, a curva é uma superfície simples. É o tipo mais comum. Quando a sucção, isto é, a entrada de água se dá por um só lado, a faixa de rotação é de 500 a 3000 rpm. Quando a sucção se dá por dois lados do rotor, o que ocorre para bombas de grande vazão, a rotação pode ir até 600rpm. Os rotores radiais podem ser abertos, semi-abertos e fechados. Os rotores abertos são baratos, entopem menos, dão pressão ' mais baixa e são de rendimento menor. Os rotores fechados são de difícil limpeza, pressão

mais elevada e de maior rendimento.

Rotor de fluxo misto. A pá é de dupla curvatura e a rotação varia de 4500 a 9000 rpm. A entrada do fluxo é axial e a saída é radial.

Rotor do tipo axial ou hélice. O fluido entra e sai na direção axial. Gira normalmente em altas rotações: 9000 rpm. Produz baixa pressão diferencial, mas dá elevada vazão. Muitas vezes esta bomba não é classificada como centrífuga.

Rotor tipo turbina. Esse tipo de bomba é também chamada de bomba tipo turbina. O rotor se assemelha a um disco plano com ranhuras frezadas, radiais, de ambos os lados da extremidade do disco.

## 2- QUANTO AO TIPO DE CARCAÇA

A carcaça pode ser bipartida no sentido vertical ou no sentido horizontal. As bombas de grandes dimensões possuem a carcaça bipartida horizontalmente, enquanto que as pequenas, verticalmente.

## 3- QUANTO A ALIMENTAÇÃO

O líquido entra pelo centro da carcaça e sai pela periferia, tangencialmente. A posição da descarga pode variar para  $45^\circ$  ou  $90^\circ$  da vertical. As chamadas bombas petroquímicas possuem entrada e saída suportadas por pedestal de modo que a tensão da linha não é transmitida à carcaça. Além do mais, essas bombas, tendo entrada e saída para cima, evitam a necessidade do purgador de incondensáveis. Esses detalhes construtivos da bomba petroquímica facilitam a manutenção. A carcaça das mesmas é refrigerada, o que permite trabalhar com fluidos quente sem os rolamentos serem danificados.



#### 4- QUANTO AO NÚMERO DE ESTÁGIOS

As bombas centrífugas podem ser de simples ou múltiplo estágio dependendo da pressão que se deseja fornecer ao fluido. Acima da pressão diferencial de 200 m.c.a. se usam as bombas de múltiplo estágio. Constam de dois ou mais rotores presos a um mesmo eixo, ligados em série, de modo que a saída de uma voluta é ligada à entrada da carcaça do estágio seguinte. Existem difusores internos que convertem a carga cinética em pressão e então o fluido é alimentado no estágio seguinte. Por questões de balanceamento do eixo (a pressão cresce de um estágio para o seguinte), os estágios frequentemente são alternados (1º, 3º, 2º, 4º). Desse modo, um rotor produz esforço no sentido longitudinal do eixo da esquerda para direita, por exemplo, e o outro, da direita para esquerda.

#### 3.20.3- INFORMAÇÕES GERAIS

As bombas destinadas a bombear líquidos corrosivos são revestidas internamente com fibra de vidro.

A rotação de uma bomba, pode ser no sentido horário ou anti-horário. Esse sentido é definido por convenção, colocando-se o observador do lado do motor e olhando para o rotor.

A forma da carcaça pode ser circular ou ter forma apropriada para diminuir as perdas por atrito. Normalmente, para baixas pressões e bombas de simples estágio, a carcaça é circular. As bombas com voluta possuem menor perda interna de pressão. Quando a bomba é de múltiplo estágio, além

da voluta, são colocados difusores na carcaça para diminuir a turbulência entre a saída de um estágio e a entrada no seguinte.

### 3.20.4- RENDIMENTO DAS BOMBAS CENTRÍFUGAS

O rendimento de uma bomba centrífuga é definido pela relação entre a potência absorvida pelo fluido e a potência fornecida pelo eixo. A potência fornecida pelo motor ao eixo é denominada potência no freio ou B.H.P.

A potência fornecida pelo eixo do motor não é absorvida totalmente pelo fluido devido a diversas perdas que ocorrem:

- perdas por atrito nos rolamentos e gaxetas;
- perdas por fugas internas. O fluido da periferia do disco, que se acha numa zona de pressão mais alta, retorna para a entrada da bomba;
- perdas no disco. Nos rotores fechados ou semi-abertos, ocorre atrito entre o disco que suporta as pás e o líquido preso entre ele e a carcaça;
- perdas por turbulência. O fluido que sai do rotor se encontra com o que circula na voluta provocando grande turbulência e perdas de carga.

As bombas com difusores diminuem esse efeito, pois, orientam o fluido que sai do rotor.

A potência hidráulica em HP (WHP) é a potência que o fluido (de peso específico  $\gamma$ , expresso em  $\text{kgf/m}^3$ ) deve receber do rotor, para que na vazão  $Q(\text{m}^3/\text{s})$  exista disponível a altura manométrica total  $H$  (metros de coluna de fluido).

$$\text{WHP} = Q\gamma H/75$$

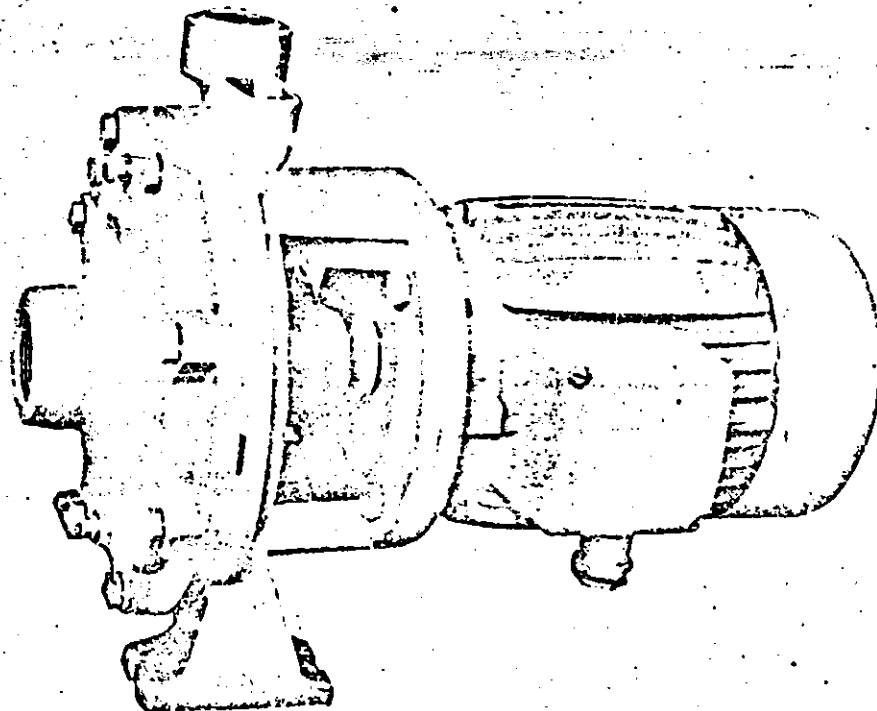
O rendimento mecânico é a relação entre a potência convertida em potência útil e a fornecida pelo eixo da bomba, isto é:

$$\eta = \text{WHP} / \text{BHP} , \text{ dai: } \text{BHP} = \text{Q}\gamma\text{H} / 75\eta$$

O rendimento total das bombas de múltiplo estágio é dado por:

$$\eta_{\text{total}} = (\eta_{\text{simples estágio}})^n$$

sendo  $n$  o número de estágios. A figura abaixo mostra uma bomba centrífuga.



### 3.21 - CALDEIRA DE FORÇA - CBC

É um gerador de vapor. O ar é injetado na fornalha por meio de um ventilador, o óleo diesel é bombeado de um recipiente que se encontra ao lado da caldeira para o maçarico que o injeta na fornalha, a mistura: ar e óleo diesel é inflamada quando entra em contato com uma centelha provocada pelo operador. Quando a combustão estiver controlada, o óleo diesel é cortado e a caldeira passa a ser alimentada com óleo BPF. O óleo BPF é um derivado de petróleo, é muito viscoso e sua cor é preta. O óleo BPF é aquecido antes de sair do recipiente, com esse aquecimento, a viscosidade baixa o que facilita o seu bombeamento.

No interior da caldeira, o calor provocado pela combustão é trocado com a água a qual transforma-se em vapor. O vapor sai da caldeira para os coletores de vapor de onde é distribuído para toda Indústria.

A caldeira está montada sobre perfis em I de aço carbono, está isolada termicamente com lã de vidro e envolta por uma carcaça de alumínio.

No topo da caldeira existe uma válvula de segurança que controla a pressão interna, evitando assim, futuros acidentes. A pressão pode ser verificada instantaneamente pelo manômetro instalado no seu corpo.

## CONCLUSÃO

Com os estudos feitos e as observações, foi possível entender vários equipamentos no que se refere a: funcionamento, utilidade, material, dimensionamento e manutenção. Foi possível, entender grande parte da prática através dos conceitos teóricos, como foi o caso das curvas de linhas de vapor, que foi explicado com base no conceito de dilatação térmica dos sólidos e pode ser visto no texto. Por outro lado, a prática abriu o horizonte, sendo possível, entender conceitos que pareciam obscuros.

## BIBLIOGRAFIA

- 1 - TELLES, Pedro Carlos da Silva. "Tubulações Industriais". Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos, 1976.
- 2 - ALBUQUERQUE, Olavo A. L. Fires e . "Elementos de Máquinas". Rio de Janeiro, Guanabara Dois, 1980.
- 3 - TORLONI, Maurício. "Informações sobre Bombas". Instituto Brasileiro de Petróleo.
- 4 - FALK do Brasil. "Redutores de velocidade". São Paulo.
- 5 - ATLAS Copco Brasileira. "Manual de Instalação de Compressores". São Paulo.
- 6 - GODYEAR. "Cálculos e Recomendações para correias multi - V 3-T.

APÊNDICE

Tabelas, gráficos e desenhos.

---

---

---

# Tabela 1 - Fator de Serviço

TIPO DE TRABALHO	FATOR DE CORREÇÃO	CONDIÇÕES DE TRABALHO
Trabalho Leve	1	Trabalho intermitente. Funcionamento $\leq$ a 6 horas diárias. Sem sobrecargas.
Trabalho Normal	1,2	Sobrecarga máxima momentânea ou carga no arranque inicial $\leq$ 150% da carga normal. Funcionamento de 6-16 horas diárias.
Trabalho pesado	1,4	Sobrecarga máxima momentânea ou carga no arranque inicial $\leq$ 250% da carga normal. Funcionamento contínuo de 16-24 horas diárias.
Trabalho extra-pesado	1,6-2	Sobrecarga máxima momentânea ou carga no arranque inicial $>$ 250% da carga normal. Frequentes sobrecargas momentâneas ou frequentes arranques. Funcionamento contínuo de 24 horas diárias, 7 dias por semana.

**NOTAS:** Deve-se usar o mais alto fator de serviço, quando qualquer outra condição de trabalho couber na categoria mais alta.  
Usar-se-á eventualmente o fator de serviço, interpolado entre aqueles da tabela para condições de trabalho intermediárias.

# Tabela 2 - Adicional

Adicional para correção do fator de serviço a acrescentar aqueles das tabelas 1, 3 e 3a nas condições de trabalho abaixo relacionadas.

CONDIÇÕES DE FUNCIONAMENTO	ADICIONAL	
Ambiente poeirento . . . . .	+ 0,1	
Ambiente úmido . . . . .	+ 0,1	
Uso de polias tensoras	na parte frouxa { internamente . . . . .	+ 0,1
		{ externamente . . . . .
	na parte tensa { internamente . . . . .	+ 0,1
		{ externamente . . . . .
Polia motriz com diâmetro maior que o da polia conduzida . . . . .	+ 0,2	



# Tabela 3 - Fator de Serviço

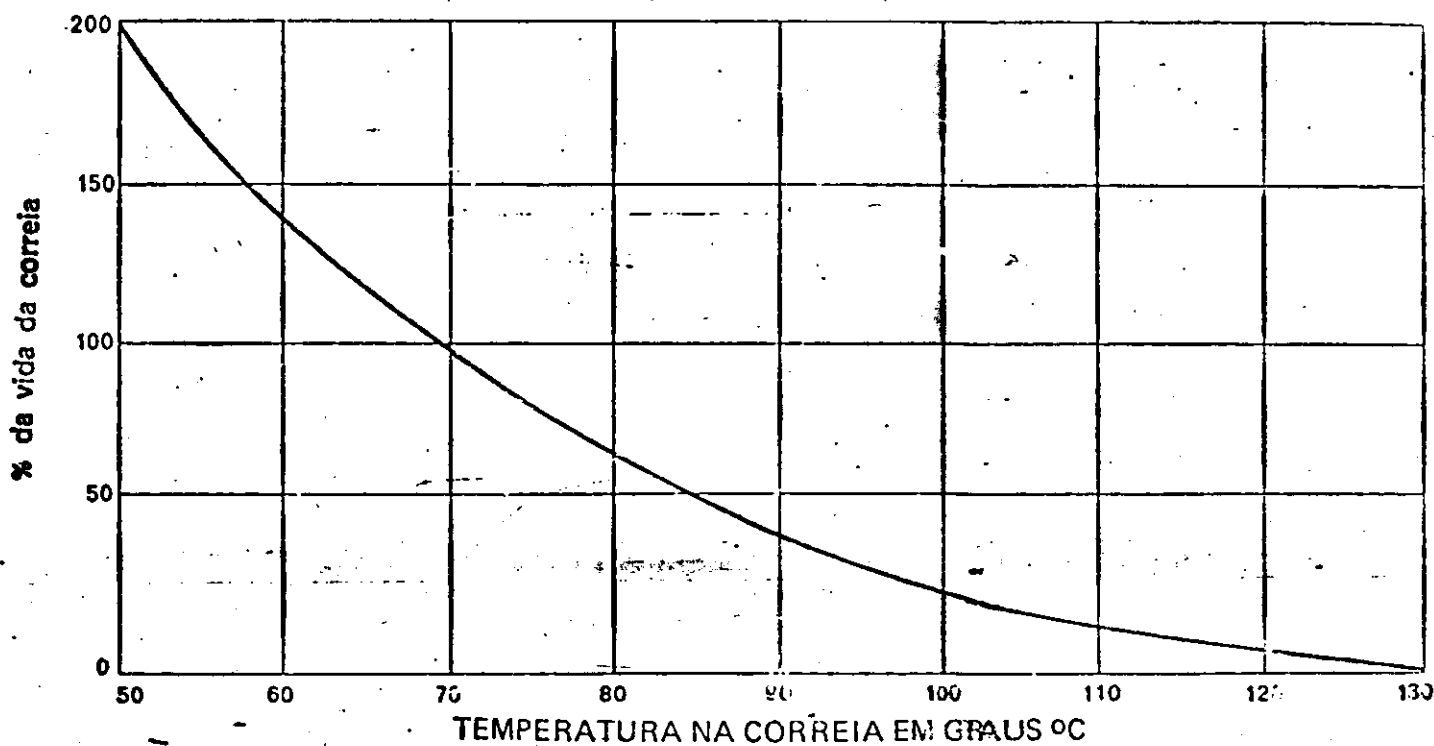
APLICAÇÕES	MOTORES ELÉTRICOS												
	Corrente alternada						Corrente contínua		Motores a explosão Gás-Diesel				
	Gaiola de esquilo			Rotor enrolado	Síncronos	Monofásico		Excitação em derivação	Excitação em compound	4 ou mais cilindros com mais de 700 rotações	4 ou mais cilindros com menos de 700 rotações	Máquinas a vapor	Com ligação direta ou com eixo intermediário
	Arranque normal	Arranque estrela ou triângulo	De alta potência de arranque (dupla gaiola)			A repulsão com fase auxiliar de arranque	A indução com arranque a 110%						
<b>AGITADORES</b>													
Para líquidos . . . . .	1,0	1,0	1,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Para semilíquidos . . . . .	1,2	1,0	1,4	1,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<b>BOMBAS</b>													
Centrífugas, de engrenagens, rotativas . . . . .	1,2	1,2	1,4	1,4	—	1,2	1,2	1,2	—	1,2	—	—	—
De pistão: de 3 ou mais cilindros . . . . .	1,2	1,2	—	1,4	1,6	—	—	—	—	1,8	—	1,8	—
De pistão: de 1 ou 2 cilindros . . . . .	1,4	1,4	—	1,6	1,8	—	—	—	—	2,0	—	2,0	—
De pistão: para dragagem . . . . .	1,4	1,4	—	1,4	—	—	—	—	—	2,0	—	2,0	—
<b>COMPRESSORES</b>													
Centrífugos e rotativos . . . . .	1,2	1,2	—	1,4	1,4	1,2	1,2	1,2	—	1,2	—	—	—
Alternativos com 3 ou mais cilindros . . . . .	1,2	1,2	—	1,4	1,4	—	—	1,2	—	—	—	—	—
Alternativos com 1 ou 2 cilindros . . . . .	1,4	1,4	—	1,5	1,5	—	—	1,2	—	—	—	—	—
<b>EIXOS DE TRANSMISSÃO</b> . . . . .	1,4	1,4	—	1,4	1,8	1,4	1,4	1,4	1,4	1,6	—	1,6	1,5
<b>EXAUSTORES E VENTILADORES</b>													
Centrífugos e sucção indireta . . . . .	1,2	1,2	—	1,4	—	—	—	1,4	—	1,2	—	1,5	1,5
Helicoidais . . . . .	1,4	1,4	2,0	1,6	2,0	—	—	1,4	—	1,4	—	—	—
Sopradores . . . . .	1,6	1,6	—	2,0	2,0	—	—	—	—	1,6	—	—	—
<b>GRUPOS GERADORES</b> . . . . .	1,4	—	—	—	—	—	—	1,4	—	—	—	1,6	1,5
<b>MÁQUINAS PARA INDÚSTRIA DA BORRACHA</b>													
Calandra, "Bambury", Misturadores . . . . .	1,4	1,4	1,4	1,4	1,8	—	—	—	—	—	—	—	—
<b>MÁQUINAS PARA INDÚSTRIA DE CERÂMICA E OLARIAS</b>													
Cortadeiras, Granuladeiras . . . . .	—	1,2	1,4	1,4	—	—	—	1,4	—	—	—	—	2,0
Amassadoras, Esfareladeiras . . . . .	1,5	1,3	1,8	1,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Misturadores, Prensas . . . . .	—	1,2	1,6	1,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<b>MÁQUINAS PARA INDÚSTRIA GRÁFICA</b>													
Rotat., Offset, Dobradeiras, Cortadeiras, Prensa plana, Linotipo . . . . .	1,2	1,2	—	1,2	—	—	—	1,2	—	—	—	—	—
<b>MÁQUINAS PARA INDÚSTRIA DE PAPEL</b>													
Máquinas Jordan - holandesas . . . . .	1,5	1,3	1,8	1,5	1,8	—	—	1,5	1,5	—	—	—	1,5
Trituradeiras . . . . .	1,4	1,4	—	1,4	—	—	—	1,5	1,5	—	—	—	1,5
Calandras, Secadores, Enroladeiras . . . . .	1,2	1,2	—	1,2	—	—	—	1,2	1,2	—	—	—	1,2

# Tabela 3A - Fator de Serviço

APLICAÇÕES	MOTORES ELÉTRICOS								Motores a explosão Gás-Diesel		Máquinas a vapor	Com ligação direta ou com eixo intermediário	
	Corrente alternada						Corrente contínua		4 ou mais cilindros com mais de 700 rotações	4 ou mais cilindros com menos de 700 rotações			
	Gaiola de esquilo			Rotor Enrolado	Sincronos	Monofásico		Excitação em derivação					Excitação em compound
	Arranque normal	Arranque estrela ou triângulo	De alta potência de arranque (dupla gaiola)			A repulsão com fase auxiliar de arranque	A indução com arranque a condensador						
<b>MÁQUINA PARA INDÚSTRIA PETROLÍFERA</b>													
Bombas para barro, central de bombagem, bombas centr., para oleodutos . . . . .	1,2	1,2	1,4	—	—	—	—	1,4	—	1,4	1,6	1,4	1,6
Bombas de sucção e descarga . . . . .	—	—	—	—	—	—	—	1,3	—	1,2	1,2	—	—
<b>MÁQUINAS PARA INDÚSTRIA TEXTIL</b>													
Maçaqueiras e Torcedeiras . . . . .	1,6	—	1,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Teares, Urdideiras, Espuladeiras . . . . .	1,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<b>MÁQUINAS PARA LAVANDERIAS</b>													
Lavadeira, Centrífuga, Humidific. . . . .	1,2	—	—	—	—	—	—	—	1,2	—	—	—	—
<b>MÁQUINAS PARA MOINHOS DE FARINHA E CEREAIS</b>													
Peneiras, Moínhos de cilindros, de martelos, Depuradores . . . . .	1,0	1,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Comando do eixo principal . . . . .	1,4	1,4	1,6	1,4	1,4	—	—	—	—	1,8	—	—	—
<b>MÁQUINAS OPERATRIZES</b>													
Tornos, Limatrizes, Furadeiras, etc. . . . .	1,0	—	—	1,2	—	1,0	1,0	1,0	1,0	—	—	—	—
Retificadoras, Plainas, Alisadoras, Fresas . . . . .	1,2	—	—	1,4	—	1,2	1,2	1,2	1,2	—	—	—	—
<b>MÁQUINAS PANIFICADORAS</b>													
Amassadeiras . . . . .	1,2	—	—	—	—	1,2	1,0	—	—	—	—	—	—
<b>MOINHOS</b>													
De barras, de bolas . . . . .	—	1,6	1,6	1,4	—	—	—	—	1,4	—	—	—	1,6
<b>PENEIRAS</b>													
Alternativas, de impulsos e oscilantes . . . . .	1,2	1,2	1,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Rotativas . . . . .	1,2	1,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<b>TRANSPORTADORES</b>													
De correia metálica, canecas, elevadores . . . . .	—	1,4	1,6	—	—	—	—	1,4	—	—	—	—	1,6
De correia de borracha (material pesado) . . . . .	—	1,2	1,4	—	—	—	—	1,2	—	—	—	—	1,4
De correia de borracha (material leve) . . . . .	—	1,0	1,1	—	—	—	—	1,0	—	—	—	—	1,2
<b>TRITURADORES</b>													
De cilindros, de bolas, de mandíbulas . . . . .	—	1,4	1,6	1,4	1,6	—	—	—	1,4	1,6	—	—	1,6

## EFEITO DA TEMPERATURA NA VIDA DA CORREIA

100% = 70 °C  
(EM TRABALHO)



### BREVE EXPLANAÇÃO SOBRE CLASSIFICAÇÃO DE HP

A classificação de HP para correia Multi-V 3-T Goodyear, leva em **consideração**:

- Quanto menor o diâmetro da polia, mais severa a flexão.
- O tamanho da segunda polia de uma transmissão afeta a vida em **serviço** menos que o diâmetro da polia maior seja substancialmente maior que o da polia pequena.
- A severidade de uma transmissão por correias em "V", depende do **comprimento**, pois, quanto mais curta a correia mais frequentemente ela flexiona ao redor das polias e maior é a severidade.
- Esses fatores de severidade podem ser avaliados como se seu efeito **fosse** combinado e a classificação de HP deveria ser ajustada de acordo: quanto mais severa a transmissão, **mais** baixa a classificação de HP, inversamente, classificações de HP mais altas são atribuídas às transmissões em condições menos severas.

As classificações de HP nas tabelas, são estabelecidas para 180° de arco de contato em 2 polias de mesmo canal e mesmo diâmetro, para comprimentos médios e um fator de serviço = 1,0.