

ESPECIFICAÇÕES DE ALGUNS EQUIPAMENTOS

BOMBAS

VARIÁVEIS DE PREÇO \Rightarrow $\left\{ \begin{array}{l} - \text{ TIPO DE MATERIAL} \\ - \text{ FACTOR CAPACIDADE} \left\{ \begin{array}{l} \text{CAUDAL} * \\ \Delta P \end{array} \right. \end{array} \right.$

ESPECIFICAR \Rightarrow $\left\{ \begin{array}{l} - \text{ CAUDAL} \\ - \text{ DIFERENÇA DE PRESSÃO} \\ - \text{ NATUREZA DO FLUID A TRANSPORTAR} \\ - \text{ MATERIAL DE CONSTRUÇÃO} \\ - \text{ TIPO DE SERVIÇO} \left\{ \begin{array}{l} \text{CONTÍNUO} \\ \text{DESCONTÍNUO} \end{array} \right. \\ - \text{ NPSH} \end{array} \right.$

TIPOS

- **CENTRÍFUGAS (+ UTILIZADAS)**
- **DESLOCAMENTO POSITIVO**

$\left\{ \begin{array}{l} \text{ALTERNATIVAS - DIAFRAGMA (PRECISAS)} \\ \text{ROTATIVAS} \left\{ \begin{array}{l} - \text{ CARRETOS (+ UTILIZADAS)} \\ - \text{ ÊMBOLO (PRECISAS)} \\ - \text{ PERISTALTICAS} \end{array} \right. \end{array} \right.$

APLICAÇÃO

SEMPRE QUE POSSÍVEL, UTILIZAR CENTRÍFUGAS

MAS SE:

- **ΔP ELEVADO**
- **CONSTÂNCIA DE CAUDAL (PRECISÃO)**

ENTÃO NÃO DEVEM SER USADAS

POTÊNCIA

$$\text{Pot (kW)} = (1.67) \frac{Q \left(\text{m}^3 \text{ min}^{-1} \right) [\Delta P(\text{bar})]}{\varepsilon_{\text{sh}}}$$

ALGUMAS REGRAS HEURÍSTICAS

▶ BOMBAS CENTRÍFUGAS

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{1 andar} \Rightarrow 0,057 - 18,9 \text{ m}^3 \text{ min}^{-1} \Rightarrow \text{max} = 152 \text{ m (liq)} \\ \text{multi} \Rightarrow 0,076 - 41.6 \text{ m}^3 \text{ min}^{-1} \Rightarrow \text{max} = 1675 \text{ m (liq)} \end{array} \right.$$

$$\varepsilon_{\text{sh}} = \left\{ \begin{array}{l} \text{até } 0,378 \text{ m}^3 \text{ min}^{-1} \Rightarrow 45 \% \\ \text{até } 1,89 \text{ m}^3 \text{ min}^{-1} \Rightarrow 70 \% \\ \text{até } 37,8 \text{ m}^3 \text{ min}^{-1} \Rightarrow 80 \% \end{array} \right.$$

▶ BOMBAS ROTATIVAS

$$\left\{ \begin{array}{l} 0,00378 - 18,9 \text{ m}^3 \text{ min}^{-1} \Rightarrow \text{max} = 12 \text{ m (liq)} \\ \varepsilon_{\text{sh}} = 65 - 85 \% \end{array} \right.$$

▶ BOMBAS ALTERNATIVAS (RECIPROCATING)

$$\left\{ \begin{array}{l} 0,00378 - 37,8 \text{ m}^3 \text{ min}^{-1} \Rightarrow \text{max} = 300 \text{ km (liq)} \\ \varepsilon_{\text{sh}} = \left\{ \begin{array}{l} \text{até } 7,46 \text{ kW} \Rightarrow 70 \% \\ \text{até } 37,3 \text{ kW} \Rightarrow 85 \% \\ \text{até } 373 \text{ kW} \Rightarrow 90 \% \end{array} \right. \end{array} \right.$$

▶ NPSH DEVE SER EM EXCESSO. VALORES COMUNS: 1,2 – 6,1 m (liq)

▶ **EFICIÊNCIA GLOBAL**

$$\epsilon_{ov} = \epsilon_{sh} \epsilon_{dr}$$

▶ **EFICIÊNCIA DE MOTORES (ϵ_{dr})**

- **A EFICIÊNCIA É > PARA MÁQUINAS >**
- **MOTORES ELÉCTRICOS \Rightarrow 85 – 95 %**
- **TURBINAS A VAPOR \Rightarrow 42 – 78 %**
- **MOTORES E TURBINAS A GÁS \Rightarrow 28 – 38 %**

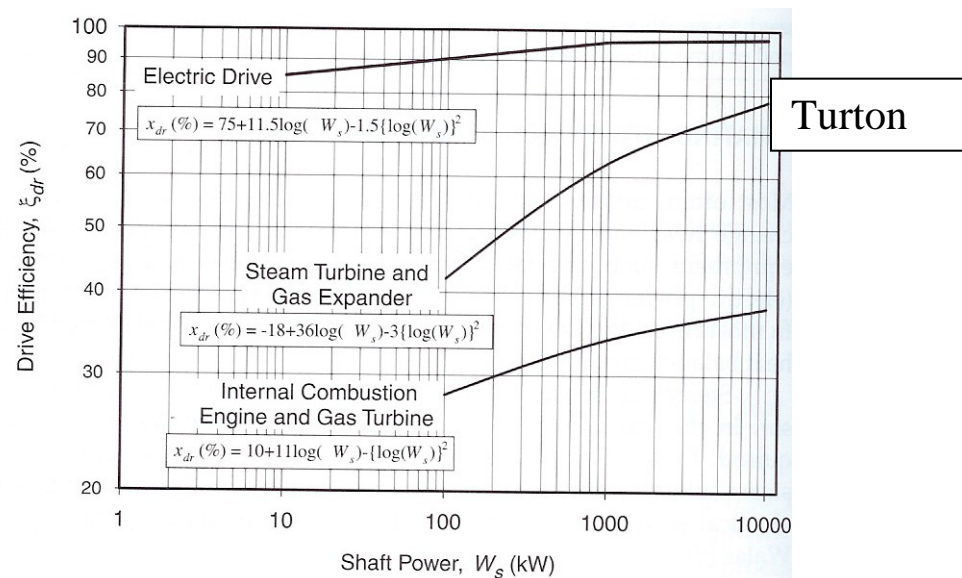


Figure 6.7 Efficiencies for Pumps and Compressor Drives (Data from Walas [9], Chapter 4)

- ▶ **ABAIXO DE 74,6 kW OS MOTORES ELÉCTRICOS SÃO USADOS QUASE EXCLUSIVAMENTE (PODEM SER USADOS ATÉ 14900 kW)**
- ▶ **TURBINAS A VAPOR SÃO COMPETITIVAS ACIMA DE 76,6 kW.**

TUBAGENS

VARIÁVEIS DE PREÇO \Rightarrow
 - TIPO DE MATERIAL
 - DIÂMETRO
 - CLASSE (ΔP)

CLASSE

Nº DE SCHEDULE

$$SCH = 1000 \frac{P_s}{S_s} \quad (\text{AÇO})$$

P_s – PRESSÃO NO INTERIOR DA TUBAGEM

S_s – TENSÃO DE ROTURA DO MATERIAL

(AS MAIS USADAS SÃO DE CLASSE 40)

ALGUMAS REGRAS HEURÍSTICAS

▶ **VELOCIDADES (u) e ΔP**

DESCARGA DE LÍQUIDOS \Rightarrow $\left\langle \begin{array}{l} u = 1,52 + 0,258 D \text{ (cm)} \text{ m s}^{-1} \quad (1 - 3 \text{ m s}^{-1}) \\ \Delta P = 452 \text{ Pa / m} = 0,452 \text{ bar/100 m} \end{array} \right.$

SUCÇÃO DE LÍQUIDOS \Rightarrow $\left\langle \begin{array}{l} u = 0,396 + 0,129 D \text{ (cm)} \text{ m s}^{-1} \\ \Delta P = 68,1 \text{ Pa / m} = 0,068 \text{ bar/100 m} \end{array} \right.$

GASES OU VAPOR \Rightarrow $\left\langle \begin{array}{l} u = 15,48 D \text{ (cm)} \text{ m s}^{-1} \quad (20 - 60 \text{ m s}^{-1}) \\ \Delta P = 113,1 \text{ Pa / m} = 0,113 \text{ bar/100 m} \end{array} \right.$

	Velocidade	ΔP
	m s^{-1}	kPa m^{-1}
Líquidos, bombeados (não viscosos)	1 – 3	0,5
Líquidos, fluxo por gravidade	–	0,05
Gases e vapores	15 – 30	0,02 % da pressão na linha
Vapor de água, $P > 8 \text{ bar}$	30 – 60	

VELOCIDADE ÓPTIMA

Massa específica do fluido	Velocidade
kg m^{-3}	m s^{-1}
1600	2,4
800	3,0
160	4,9
16	9,4
0,16	18,0
0,016	34,0

TANQUES DE ARMAZENAGEM

ESPECIFICAR \Rightarrow

- TIPO DE MATERIAL DE CONSTRUÇÃO
- CAPACIDADE
- TIPO DE MATERIAL A ARMAZENAR

LÍQUIDOS

- AÇO
- METAL EM GERAL

$< 3,8 \text{ m}^3 \Rightarrow$ verticais em 'pernas'

$3,8 - 38 \text{ m}^3 \Rightarrow$ horizontais em suporte de betão

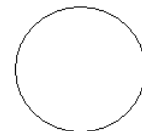
$> 38 \text{ m}^3 \Rightarrow$ verticais em sapatas de betão

- BETÃO

SÓLIDOS



GASES



VENTILADORES, COMPRESSORES

VARIÁVEIS DE PREÇO \Rightarrow - CAPACIDADE
- N° DE ANDARES (ΔP)

POTÊNCIA (Adiabática)

$$\text{Pot} = \frac{G_m z_1 R T_1}{(k-1)/k} \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{(k-1)/k} - 1 \right]$$

- $k = \frac{C_p}{C_v}$ (=1,4 para gases diatômicos; razão de compressão $\cong 4$)
 - G_m – Caudal molar
 - z – Factor de compressibilidade
 - $T_2 = T_1 \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{(k-1)/k}$
- ▶ A razão de compressão deve ser aproximadamente a mesma em cada andar = $\left(\frac{P_n}{P_1} \right)^{1/n}$ para n andares

EFICIÊNCIAS

ALTERNATIVOS		CENTRÍFUGOS	
RAZÃO DE COMPRESSÃO	ε (%)	CAUDAL NA SUCCÃO ($m s^{-1}$)	ε (%)
1,5	65	2,83 – 47,2	76–78
2,0	75		
3 – 6	80–85		

ALGUMAS REGRAS HEURÍSTICAS

- ▶ **VENTILADORES** são usados para subir a pressão de cerca de 3 % ($\cong 30$ cm coluna de água)
- ▶ **COMPRESSORES DE BAIXA PRESSÃO (Blowers)** aumentam a pressão a menos de 2,75 barg
- ▶ **COMPRESSORES** aumentam a pressão a valores mais elevados

BOMBAS DE VÁCUO

VARIÁVEIS DE PREÇO ⇒

- TIPO DE MATERIAL
- CAPACIDADE
- N° DE ANDARES (ΔP)

TIPOS

- ALTERNATIVAS
- ROTATIVAS - PISTÃO
- ROTATIVAS - ANEL LÍQUIDO
- ROTATIVAS - LÓBULOS
- EJECTORES

ALGUMAS REGRAS HEURÍSTICAS

- **ALTERNATIVAS DE PISTÃO** **ATÉ 1 Torr**
- **ROTATIVAS DE PISTÃO** **ATÉ 0,001 Torr**
- **ROTATIVAS DE 2 LÓBULOS** **ATÉ 0,0001 Torr**
- **EJECTORES A VAPOR**

1 ANDAR	ATÉ 100 Torr
3 ANDARES	ATÉ 1 Torr
5 ANDARES	ATÉ 0,05 Torr
- **EJECTORES DE 3 ANDARES GASTAM CERCA DE 100 kg DE VAPOR / KG DE AR PARA MANTER UMA PRESSÃO DE 1 Torr**
- **CAUDAL DE FUGA**

$$Q_f \text{ (kg/h)} = \frac{1,903 V \text{ (m}^3\text{)} \Delta P \text{ (kPa)}}{t \text{ (h)}}$$

BOMBAS DE ANEL LÍQUIDO

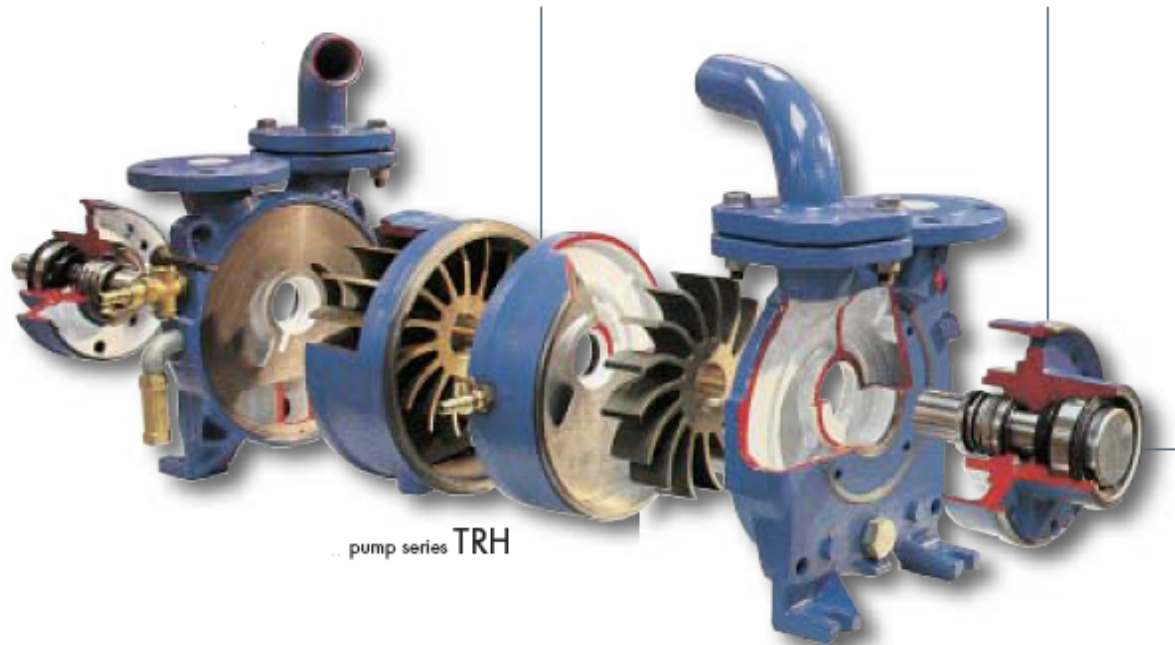
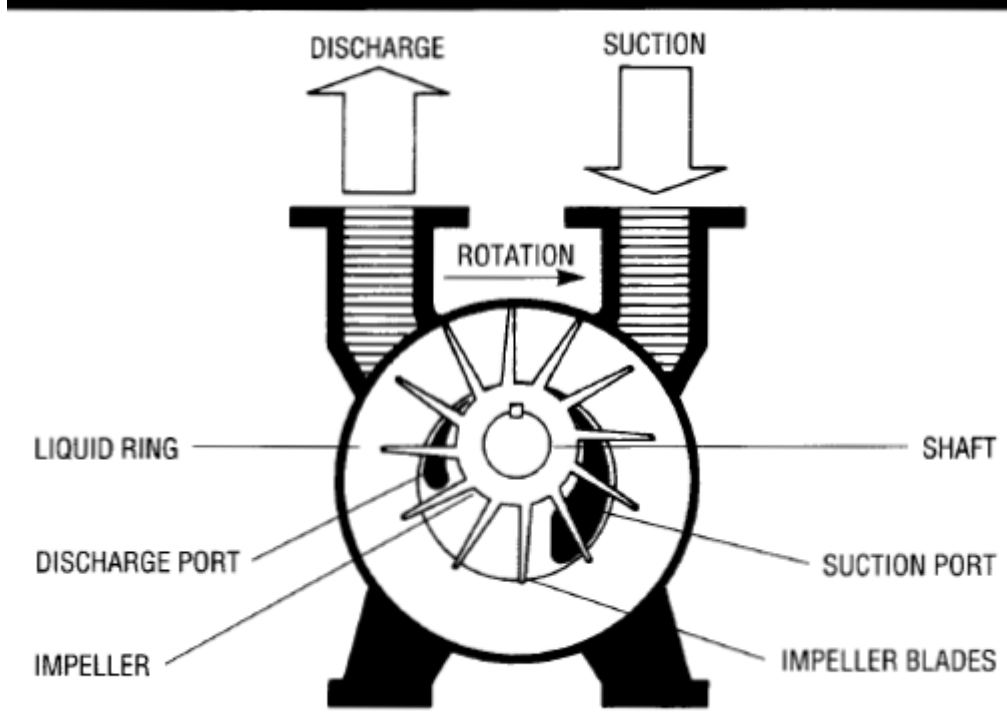
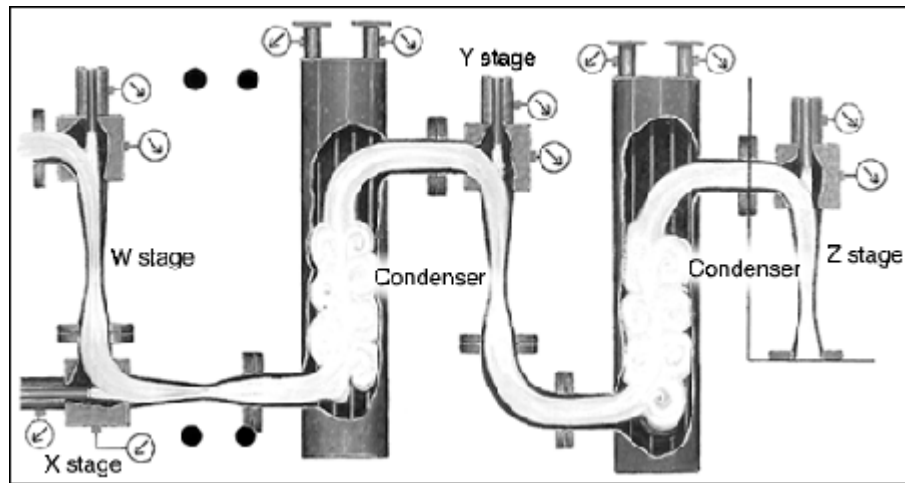
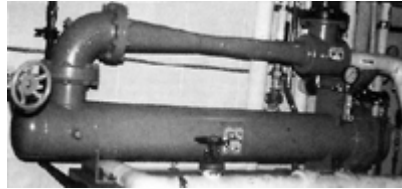


FIGURE 1. PRINCIPLE OF OPERATION



EJECTORES



DETERMINAÇÃO DO CAUDAL DE VAPOR PARA ACCIONAR OS EJECTORES

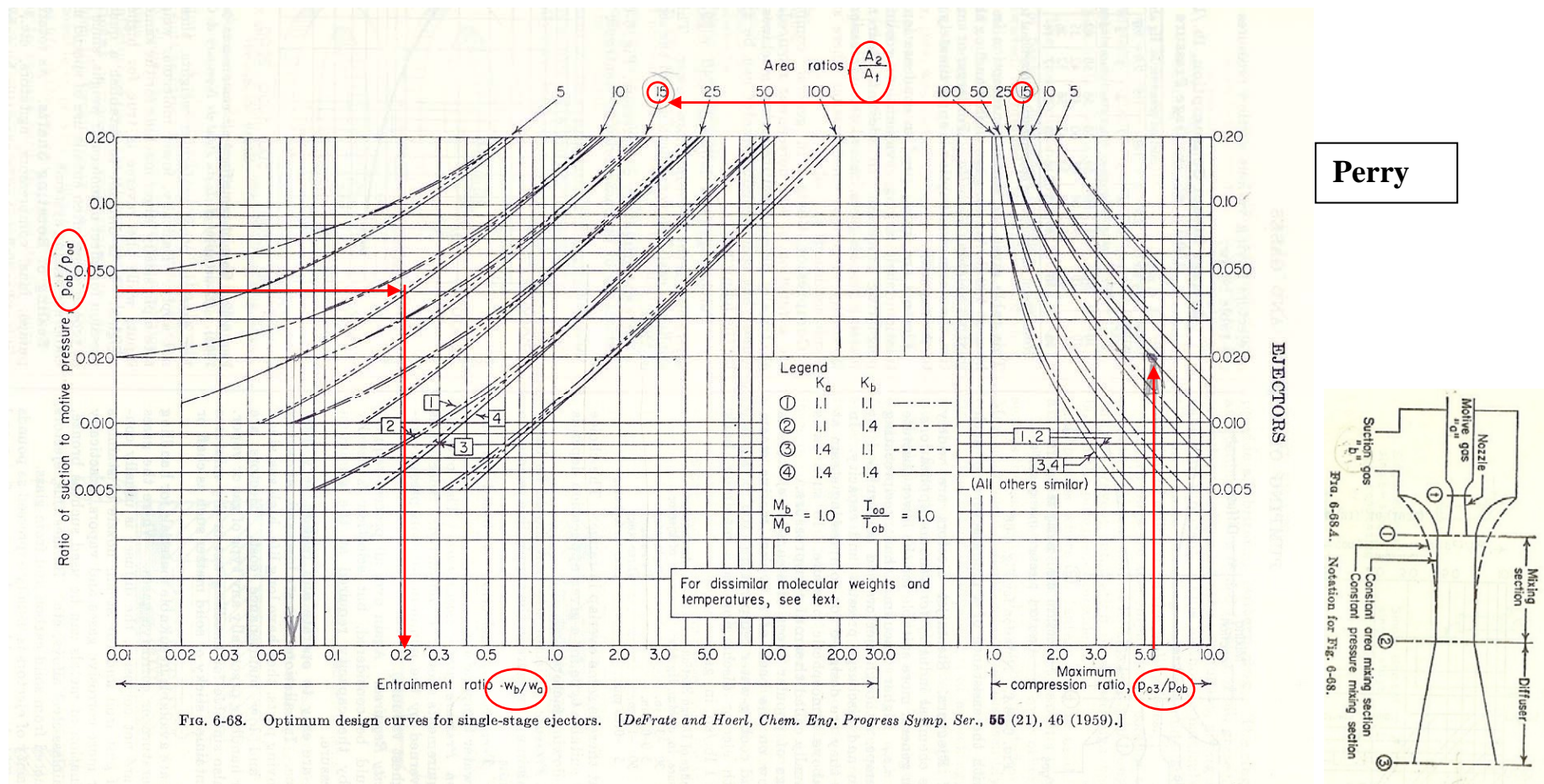


Fig. 6-68. Optimum design curves for single-stage ejectors. [DeFrate and Hoerl, Chem. Eng. Progress Symp. Ser., 55 (21), 46 (1959).]

FILTROS

ESPECIFICAR ⇒ $\left\{ \begin{array}{l} - \text{TIPO} \\ - \text{ÁREA DE FILTRAÇÃO} \end{array} \right.$

TIPO

$\left\{ \begin{array}{l} - \text{ROTATIVO DE VÁCUO} \left\{ \begin{array}{l} \text{TAMBOR} \\ \text{DISCOS} \end{array} \right. \\ - \text{TABULEIROS} \\ - \text{GRAVIDADE (FILTROS DE AREIA)} \\ - \text{PRESSÃO} \left\{ \begin{array}{l} \text{PRENSA} \\ \text{FOLHAS} \\ \dots \end{array} \right. \end{array} \right.$

MEDIDORES DE CAUDAL

$\left\{ \begin{array}{l} - \text{ROTÂMETROS – CAUDAL} \\ \\ - \text{ORIFÍCIO} \\ - \text{VENTURI} \\ - \text{TUBO DE PITOT} \end{array} \right\} - \Delta P$

TRANSPORTE DE SÓLIDOS

ESPECIFICAR ⇒

- TIPO
- CAPACIDADE
- DISTÂNCIA
- INCLINAÇÃO

TIPO

- CORREIAS – O ÂNGULO DE TALUDE NÃO PODE SER ULTRAPASSADO
- ALCATRUZES – PARA QUALQUER INCLINAÇÃO
- PARAFUSO SEM FIM
- CORRENTES (REDLER)
- PNEUMÁTICO



BUCKET ELEVATORS

PREÇO

FUNÇÃO DA	CAPACIDADE
	DISTÂNCIA
	DIMENSÃO
	MATERIAL

PERMUTADORES DE CALOR

PREÇO ⇒ ÁREA DE TRANFERÊNCIA PARA UMA DADA PRESSÃO

ESPECIFICAR ⇒

- TIPO
- MATERIAL
- ÁREA DE TRANSMISSÃO DE CALOR
- DIFERENÇA DE TEMPERATURAS
- PRESSÃO DE FUNCIONAMENTO
- PERDA DE CARGA MÁXIMA

CENTRÍFUGAS

PREÇO ⇒ CAPACIDADE PARA O MESMO g

ESPECIFICAR ⇒

- TIPO $\left\{ \begin{array}{l} \text{CONTÍNUAS - CESTO} \\ \text{DESCONTÍNUAS} \left\{ \begin{array}{l} \text{CESTO} \\ \text{CONES} \end{array} \right. \end{array} \right.$
- MATERIAL
- NÚMERO DE ACELERAÇÕES
- CAPACIDADE

COLUNAS

