

***CENTRO PAULA SOUZA***  
***ETEC “PREFEITO ALBERTO FERES”***



***USINAS***  
***HIDROELÉTRICAS E***  
***TERMOELÉTRICAS***

***Janeiro 2015.***

***PROFº. ENGº. MARCO ANTÔNIO PRIMIANI***

# *CLASSIFICAÇÃO DAS HIDRELÉTRICAS*

- As usinas hidrelétricas apresentam uma característica típica em presença da curva de carga.
- A classificação corrente que se utiliza é a seguinte:
  - a) Usina de base;
  - b) Usina de ponta.

# *CLASSIFICAÇÃO DAS HIDRELÉTRICAS*



## ■ a) Usina de base:

Denomina-se usina de base aquela que mantém capacidade firme durante cerca de 100 % do tempo, a característica principal desta classe de central é o elevado fator de capacidade que oscila entre 70 e 100 %. Significa este alto fator de capacidade que a usina opera praticamente com plena carga, durante a maior parte do ano.

Com característica a usina preenche a base da curva de carga.

# *CLASSIFICAÇÃO DAS HIDRELÉTRICAS*

- **b) Usina de ponta:**

Usina de ponta é aquela que tem por função atender os picos da curva de carga, e só estes, porque a sua plena capacidade não pode ser utilizada em caráter permanente, mas só por tempo escasso, o suficiente para cobrir as necessidades do mercado nas horas de máxima solicitação.

# *CLASSIFICAÇÃO DAS HIDRELÉTRICAS*

$$F_{cp} = \frac{\text{Demanda média}}{\text{Potência Instalada}}$$

# *CLASSIFICAÇÃO DAS HIDRELÉTRICAS*

- A classificação está intimamente ligada ao plano de aproveitamento de uma fonte de potencial hidráulico.

Assim, as usinas são denominadas, ainda, de:

- **A). Usina a fio d' água.**
- **B). Usina com reservatório.**

# ***CLASSIFICAÇÃO DAS HIDRELÉTRICAS***

- **A classificação mais generalizada das usinas hidrelétricas:**
  - a) Usinas a fio d' água, sem reservatório;**
  - b) Usinas a fio d' água, com reservatório;**
  - c) Usinas com reservatório por bombeamento;**
  - d) Usinas com bacia de acumulação.**

# CLASSIFICAÇÃO DAS HIDRELÉTRICAS

- **a) Usina a fio d' água sem reservatório:**

- É sempre uma usina de base.

Utiliza a descarga mínima do rio, garantindo a plena capacidade durante todo o período. É claro que há desperdício de água sempre que a descarga ultrapassar a mínima, sendo que o vertedor alivia a maior parte da potência e da energia disponível nesse período. A posição de uma usina de base sem reservatório está indicada na curva de duração das descargas.

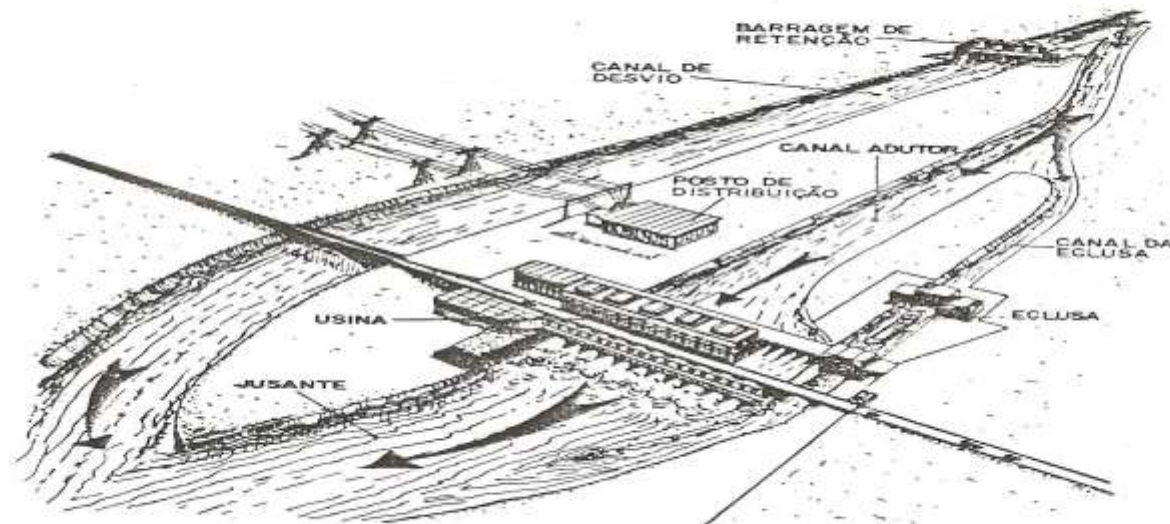
A usina de base sem reservatório é equipada com turbinas hidráulicas até o limite da descarga mínima do rio.

Conforme figura abaixo:



# USINA A FIO D'AGUA, SEM RESERVATÓRIO

Exemplo de uma usina fio d'água sem reservatório.



# ***CLASSIFICAÇÃO DAS HIDRELÉTRICAS***

## **▪ b) Usina a fio d' água com reservatório:**

Participa de ambas as funções já referidas, base e ponta, predominando uma ou outra segundo a capacidade do reservatório seja avultada ou pequena.

Caso a usina seja isolada, deverá ser equipada de modo a atender integralmente a curva de carga, operando, pois, a fio d' água na base e cobrindo a ponta à custa do reservatório.

Por exemplo, considerando que a descarga mínima do rio é superior à carga média da curva de carga diária.

# ***USINAS A FIO D'AGUA COM RESERVATÓRIO***



***Furnas***



***L. C. B. de Carvalho (Estreito)***



***Marimbondo***



***Itumbiara***

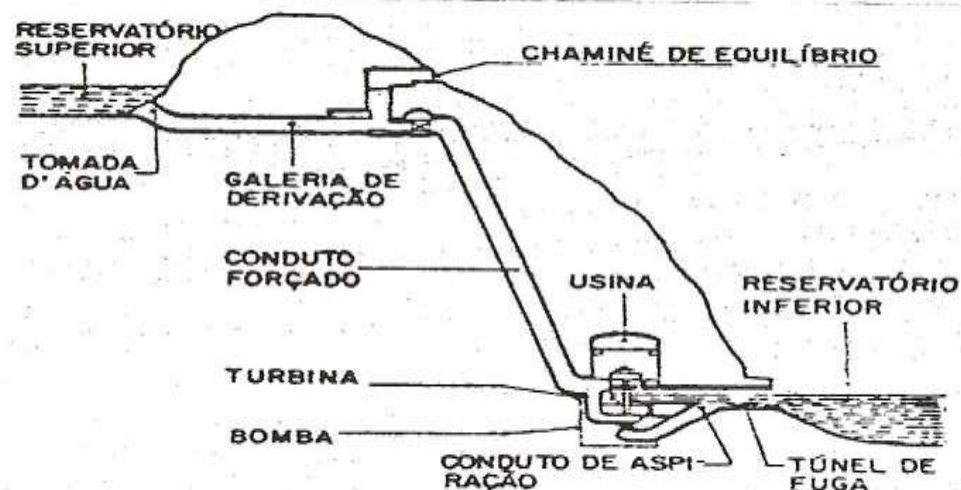
# CLASSIFICAÇÃO DAS HIDRELÉTRICAS

- **c) Usina a fio d' água com reservatório obtido por bombeamento:**

Este tipo de aproveitamento é bastante comum na Europa, principalmente na Suíça e na Itália. São usinas hidrelétricas que operam nas pontas de carga, utilizando a água em ciclo fechado, por meio de dois reservatórios, um a montante abastecendo as turbinas e outro à jusante recolhendo e retendo água de descarga. A água deste reservatório é recalçada para o de montante nas horas de mínima carga do sistema, por bombas cuja energia é suprida por outras usinas durante os períodos de pequena demanda (madrugada), alimentando os motores das bombas.

A água aproveitada de retorno volta a acionar as turbinas na ocasião conveniente.

# USINAS A FIO D'ÁGUA COM RESERVATÓRIO OBTIDO POR BOMBEAMENTO



# CLASSIFICAÇÃO DAS HIDRELÉTRICAS



## ▪ d) Usinas com bacia de acumulação:

Estas usinas retêm, por meio de grandes barragens, a descarga natural do rio, formando enormes reservatórios denominados bacia de acumulação.

A bacia de acumulação pode ser dimensionada para uma regulação anual ou plurianual, sendo que, no primeiro caso, é tomada por base a potência da usina e a descarga média anual do rio, e no segundo caso leva-se em conta a descarga média de vários anos. A bacia de acumulação com regulação anual convêm quando se trata de um rio cujo ciclo hidrológico é muito regular, enquanto a bacia de acumulação com regulação plurianual é utilizada quando o ciclo hidrológico é muito irregular.



# USINAS COM BACIA DE ACUMULAÇÃO



Porto Colômbia

# ***BARRAGENS***



## ▪ **Definição:**

Definimos barragens como sendo uma estrutura hidráulica destinada a obstruir um curso d' água.

No caso de aproveitamento hidrelétrico, a função primária da barragem é o aumento do nível d' água que, por consequência, criará um reservatório que poderá atender a outras finalidades.



# ***BARRAGENS***

- Na escolha do tipo de barragem a ser construída, levam-se em consideração estes fatores:
  - 1- Segurança;
  - 2- Custo da estrutura;
  - 3- Disponibilidade dos materiais de construção;
  - 4- Características do local.

# ***TIPOS DE BARRAGENS***

- **Quanto ao material:**

As barragens, consideradas sob o ponto de vista do material empregado, podem ser:

- **a) Barragem de concreto;**
- **b) Barragem de terra;**
- **c) Barragem de enrocamento.**

# TIPOS DE BARRAGENS



Fig. 14

Fig. 15



# ***TIPOS DE BARRAGENS***

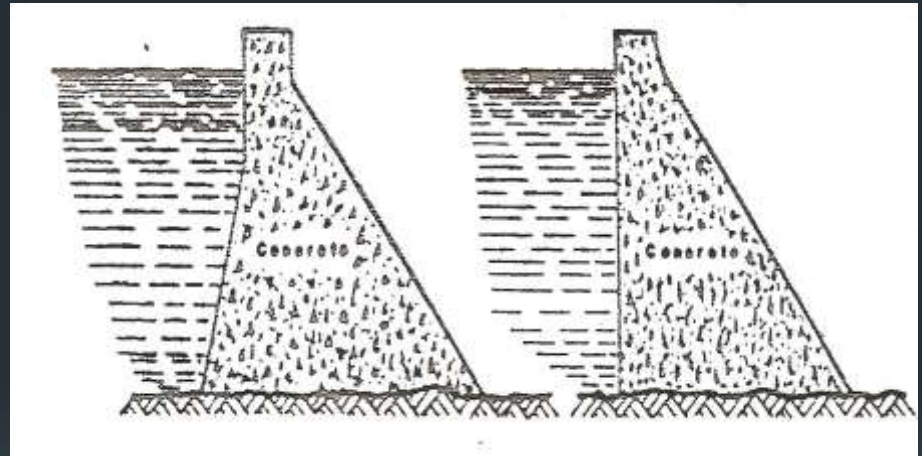
- **Quanto à forma:**

Quanto ao comportamento estático das estruturas, elas são classificadas em:

- **a) Barragem de gravidade;**
- **b) Barragem de abóbada;**
- **c) Barragem de gravidade abóbada;**
- **d) Barragem abóbada múltiplas.**

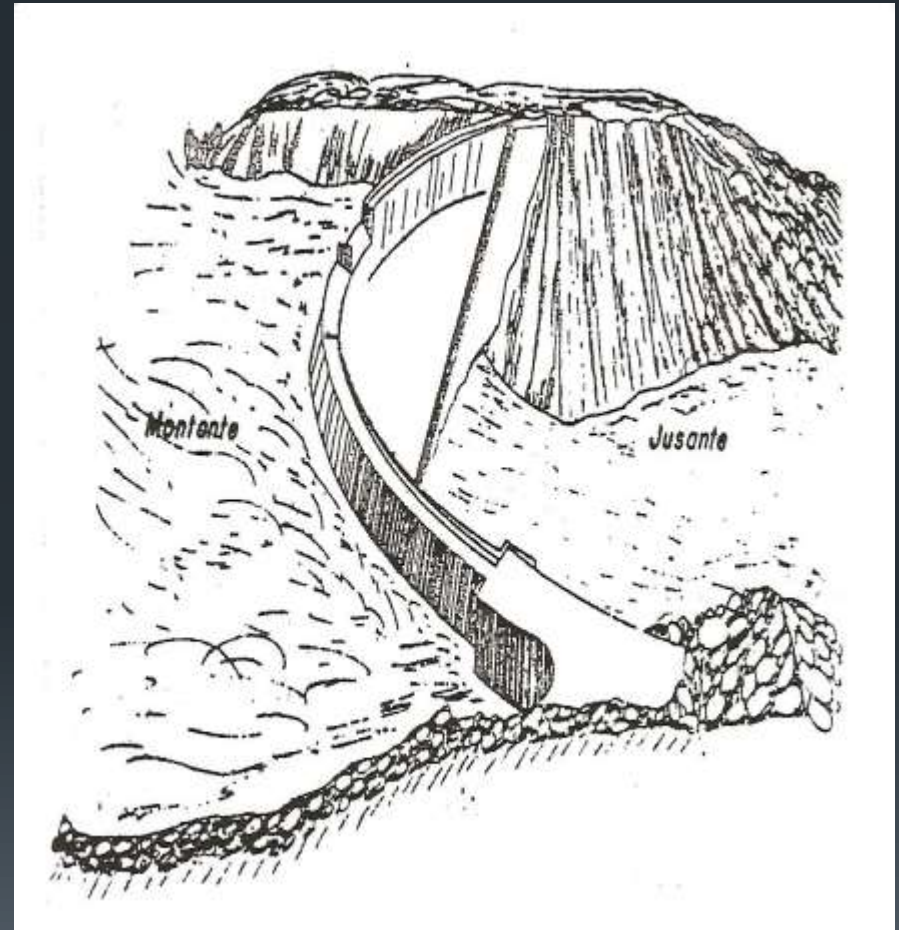
# ***BARRAGEM DE GRAVIDADE***

- É aquela que resiste às forças nela aplicadas, devido, exclusivamente, ao próprio peso. A expressão “Barragem de gravidade” é, na prática, empregada para designar barragens de alvenaria ou de concreto.



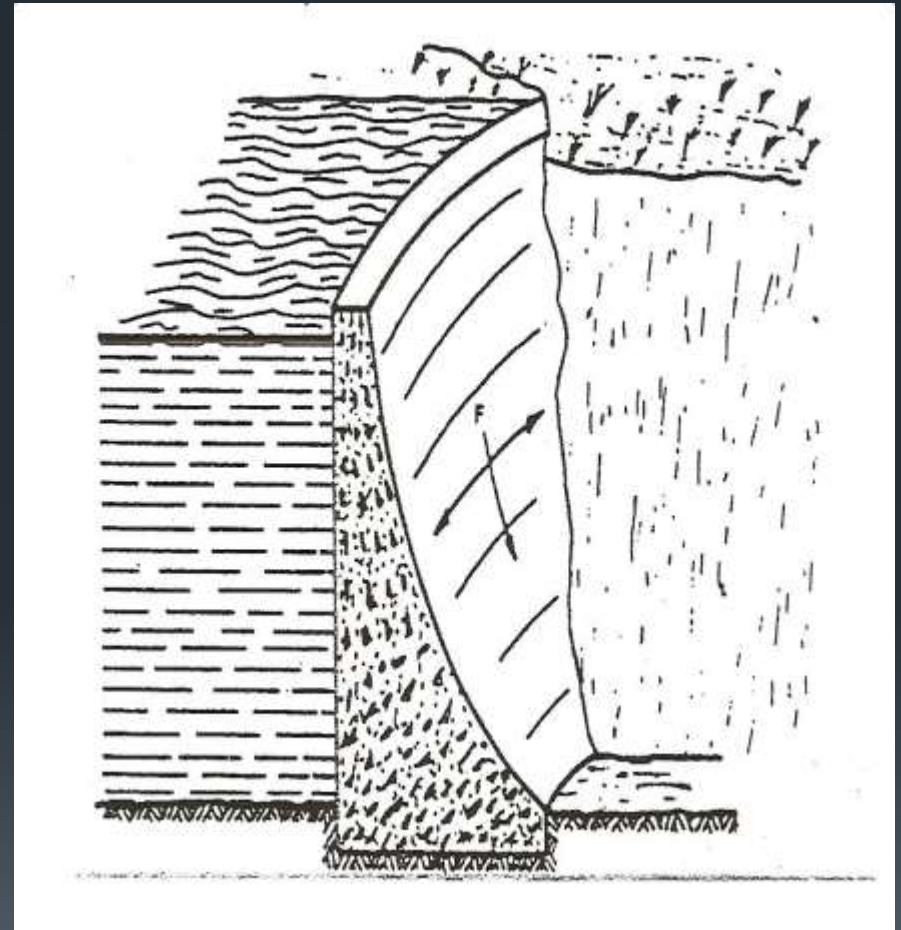
# ***BARRAGEM EM ABÓBADA***

- São barragens curvas, em formas de arco de círculo, que repartem todos os esforços de pressão horizontal da água sobre as bordas laterais, sobre as quais ela se apóia. São instaladas em regiões montanhosas.



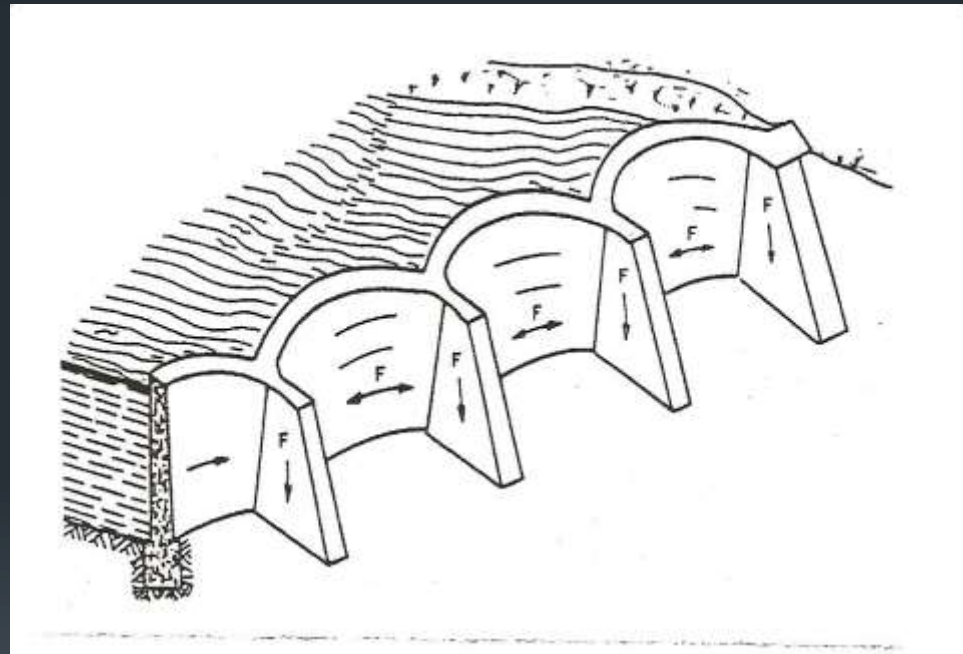
# ***BARRAGEM DE GRAVIDADE ABÓBADA***

- De perfil triangular, mas construída em arco de círculo, de maneira a transferir a parte dos esforços para as bordas laterais e parte a ser absorvida pelo próprio peso.



# ***BARRAGEM DE ABÓBADA MÚLTIPLAS***

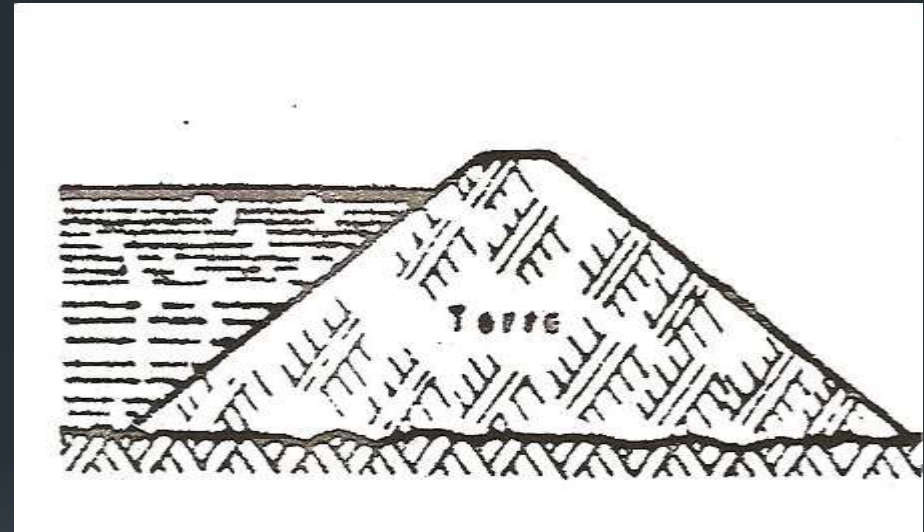
- São construídas em concreto armado, formadas de diversas barragens em abóbadas que se apoiam sobre os contrafortes maciços, cuja função é transmitir o peso da própria estrutura e o empuxo da água às fundações normalmente instaladas em regiões de planícies.





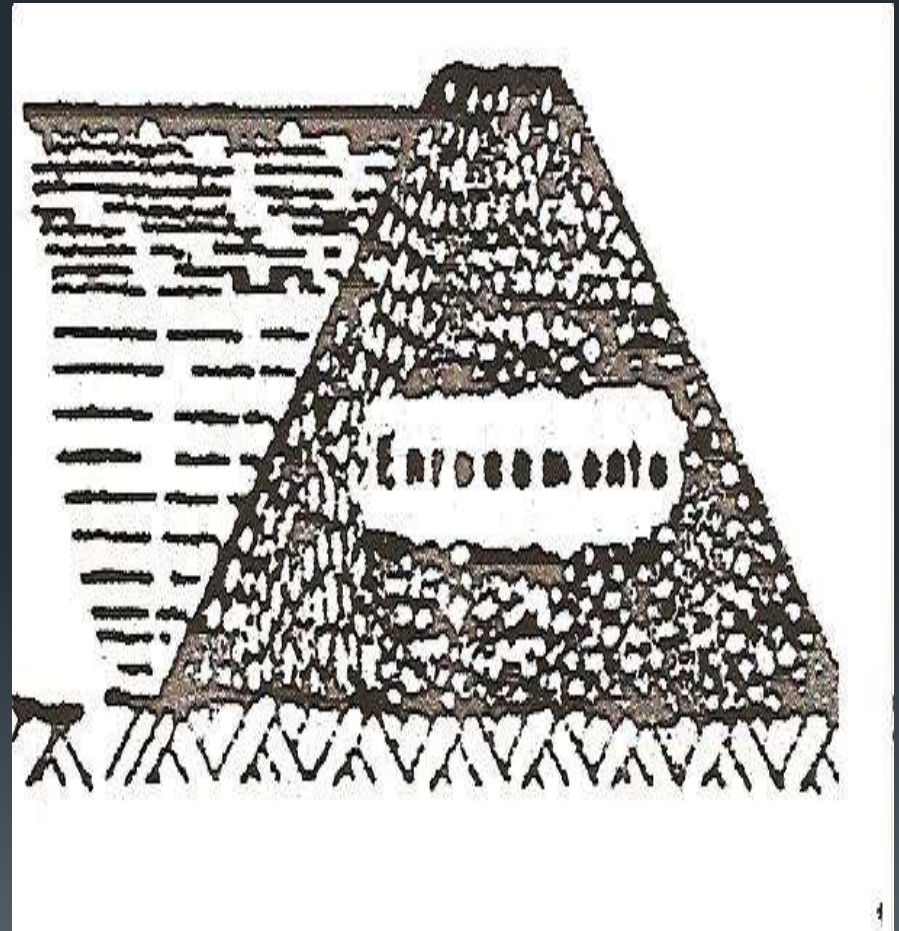
# ***BARRAGEM DE TERRA***

- É a mais antiga e mais elementar, conhecida e construída desde séculos. A barragem de terra, embora mais econômica que a de concreto, requer uma constante manutenção, se bem que irá diminuindo à medida que a estrutura adquire sua posição final. Esse tipo de barragem se presta a qualquer tipo de fundação, mesmo que não seja rocha compacta.



# BARRAGEM DE ENROCAMENTO

- É formada de pedra e terra. Tal como a barragem de terra, possui o núcleo impermeável de argila. Nas barragens de enrocamento, aludes montante e jusante construídos com terra e pedra (*enrocamento*).



# ***VERTEDORES***

## ▪ **GENERALIDADES:**

Vertedores são estruturas hidráulicas, destinadas a deixar passar a carga excessiva das cheias, no local da barragem, sem perigo de danificá-la e de modo que o nível do reservatório não ultrapasse a cota máxima permissível.

Um vertedor deve permitir o escoamento do excesso da água sem obstáculos.

# *CLASSIFICAÇÃO DOS VERTEDORES*

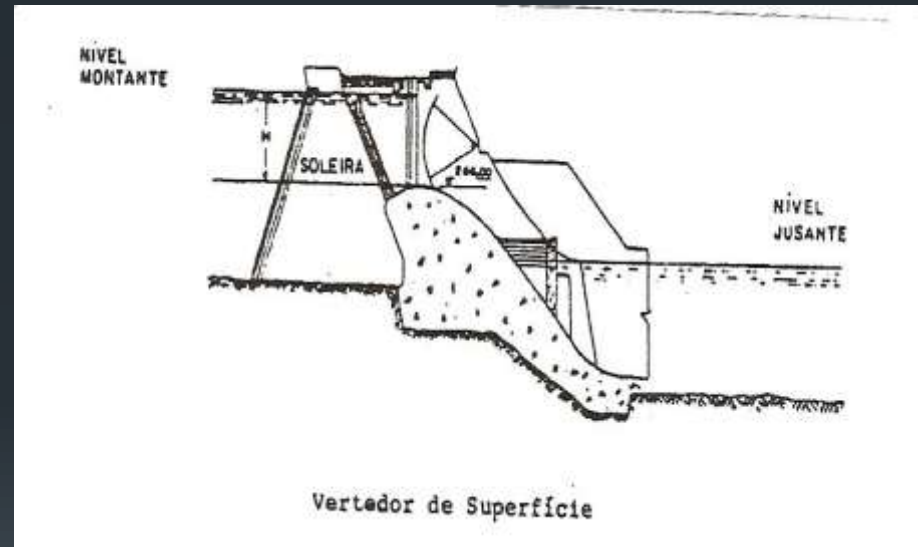


- Os vertedores são classificados em dois tipos:
  - a) Vertedor de superfície;
  - b) Vertedor de fundo.

# *VERTEDOR DE SUPERFÍCIE*

- **Vertedor de superfície:**

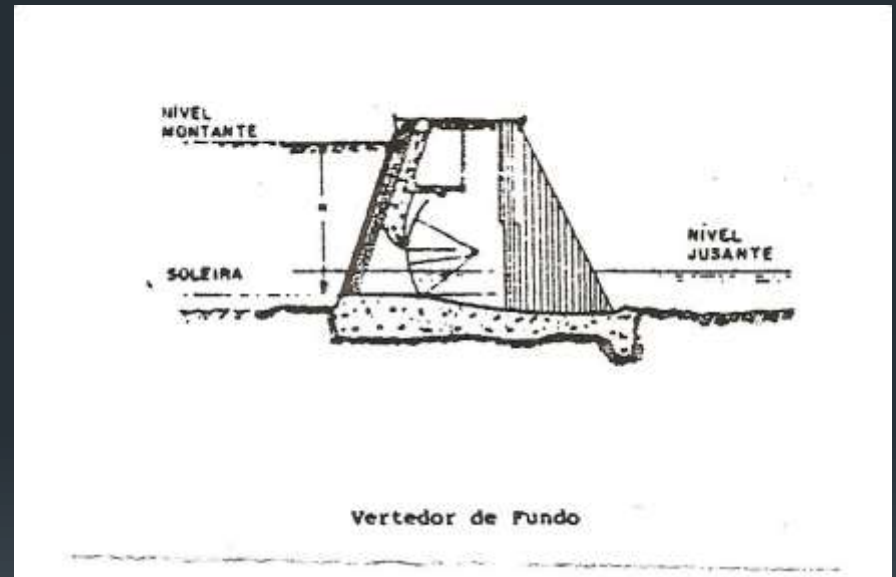
É o tipo de vertedor onde o nível da soleira está situado acima do nível da jusante.



# VERTEDOR DE FUNDO

- **Vertedor de fundo:**

É o tipo de vertedor onde o nível da soleira está situado abaixo do nível da jusante.



# COMPORTAS

## ■ GENERALIDADES:

São dispositivos indispensáveis numa usina hidrelétrica. Tem a finalidade de impedir a passagem da água, ou regular essa descarga quando necessário.

As comportas são utilizadas em diversos locais numa usina hidrelétrica, tais como:

Vertedores, Tomadas d' água, Canal de Fuga, etc.

# COMANDO DAS COMPORTAS

- Quanto ao comando, as comportas podem ser:
  - a) Comando manual mecânico;
  - b) Comando elétrico local;
  - c) Comando elétrico a distância;
  - d) Comando automático.



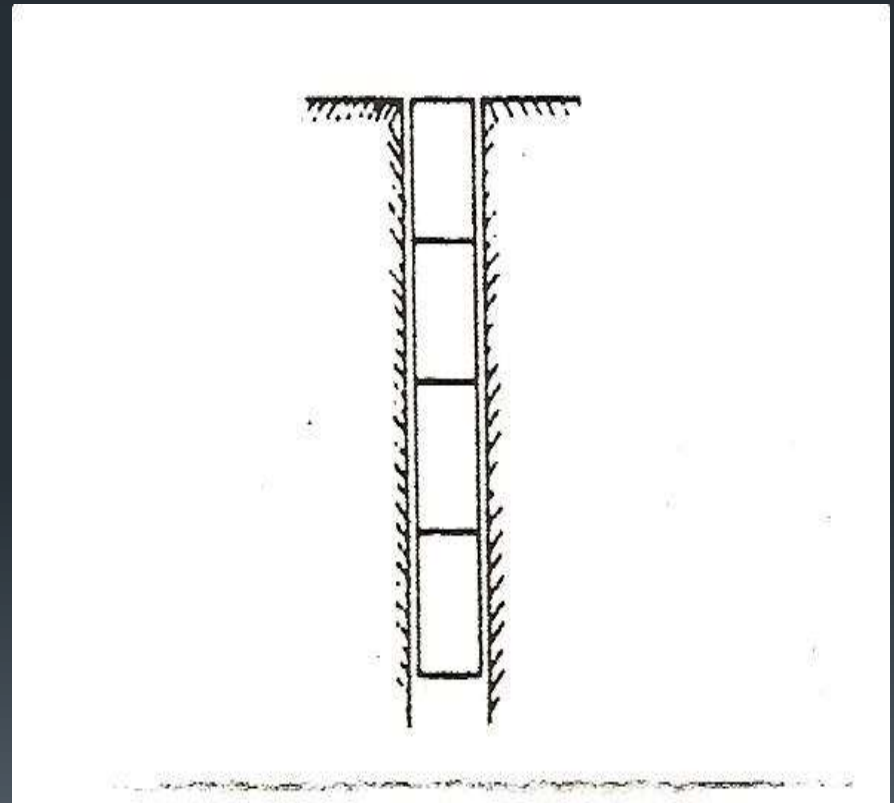
# ***TIPOS DE COMPORTAS***



- Existem diversos tipos de comportas. Entre elas, as principais são:
- **Comporta Deslizantes;**
- **Comporta Stoney;**
- **Comporta Wagon;**
- **Comporta Setor ou Segmento.**

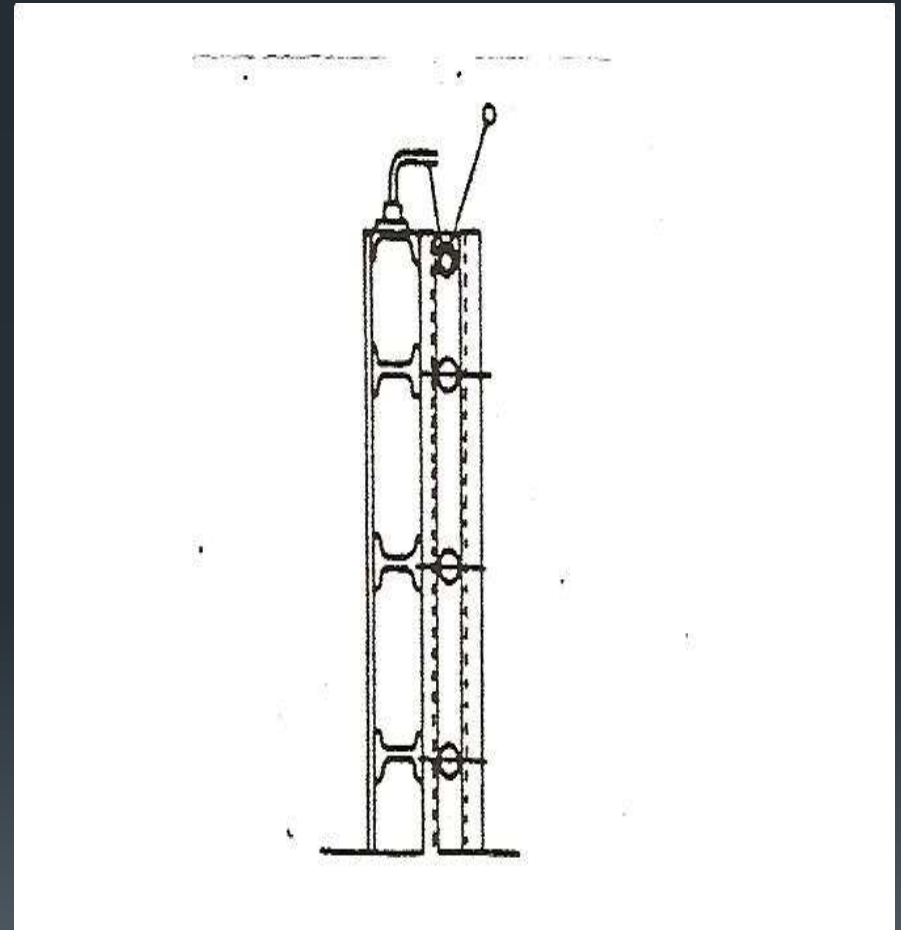
# COMPORTA DESLIZANTE

- Este é o tipo mais primitivo de comporta. Provavelmente teve origem na necessidade de criar, num rio, uma diferença de nível e, ao mesmo tempo, deixar passar a água em excesso, quando necessário.



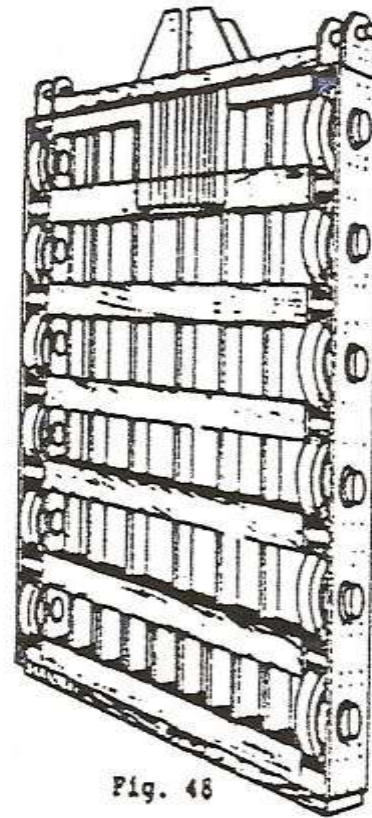
# COMPORTA STONEY

- Utilizada como comporta de segurança ou emergência, pois não possui posições intermediárias, portanto, não servem para regular a passagem de água.



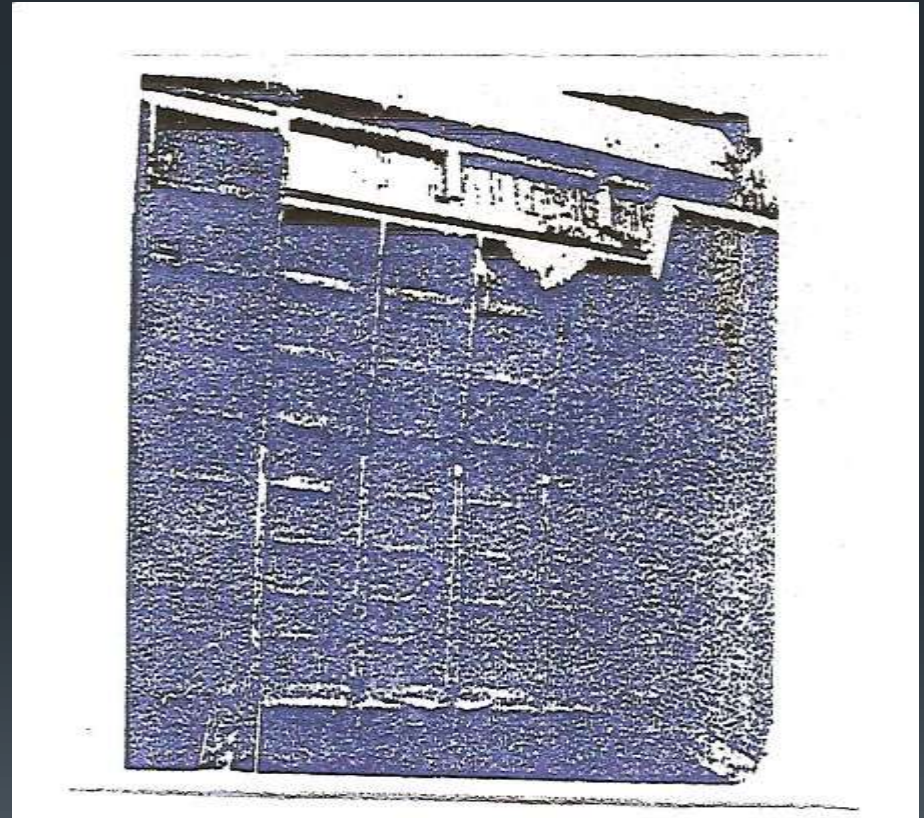
# COMPORTA WAGON

- Também é utilizada como comporta de segurança ou emergência, por não possuir posições intermediárias, não servindo para regular a passagem de água.



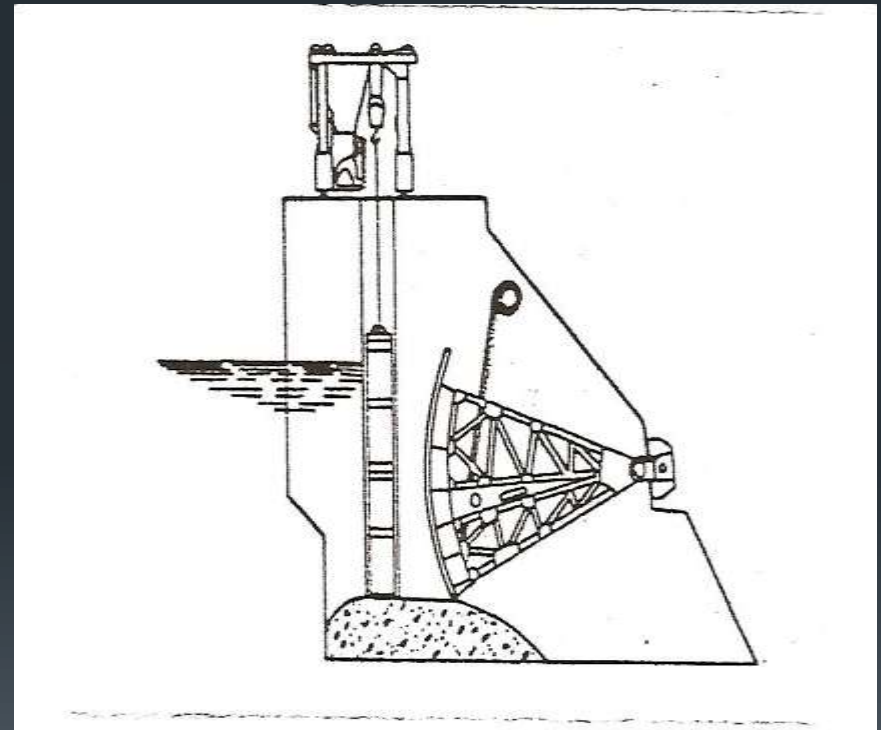
# COMPORTA SETOR OU SEGMENTO

- É uma estrutura metálica, constituída de dois braços que articulam em dois munhões e suportam nas extremidades o tabuleiro em forma de arco.



# COMPORTA DE MANUTENÇÃO-(STOP-LOGS)

- Para a manutenção das comportas, torna-se necessária a presença de uma outra comporta que a substituirá.



# ***TOMADA D'ÁGUA***

- As tomadas d' água destinam-se a retirar de um curso d' água ou de um reservatório a descarga necessária para a alimentação das turbinas com o mínimo possível de perda de carga.
- Existem duas classificações de tomadas d' água:
  - a) Tomada d' água à superfície livre;
  - b) Tomada d' água em carga.

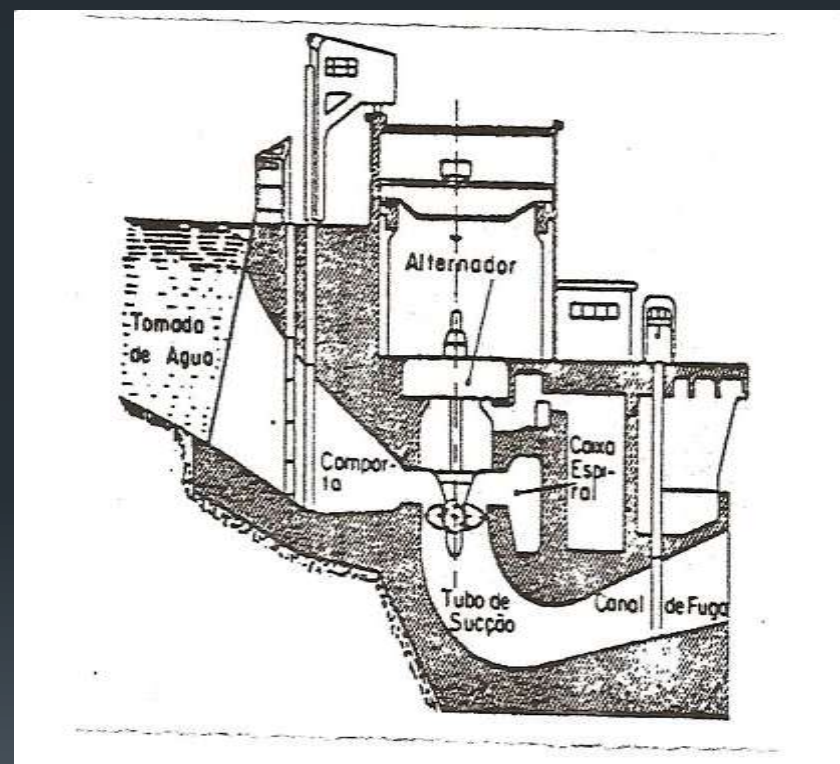
# ***TOMADA D'ÁGUA À SUPERFÍCIE LIVRE***

- Não nos deteremos no estudo de tomadas d' água à superfície livre porque atualmente quase não são mais construídas usinas com esse tipo de tomada d' água.



# ***TOMADA D' AGUA EM CARGA***

- Também chamadas Tomada de Pressão, é obra característica de barragens com reservatório. Deve ficar a uma profundidade tal que fique submersa, apesar das variações de nível do reservatório, a fim de que possa captar água, em quantidade suficiente para satisfazer a demanda da potência variável. Também deve possuir formato que evite o máximo de atrito com a água, tal como mostra a figura.



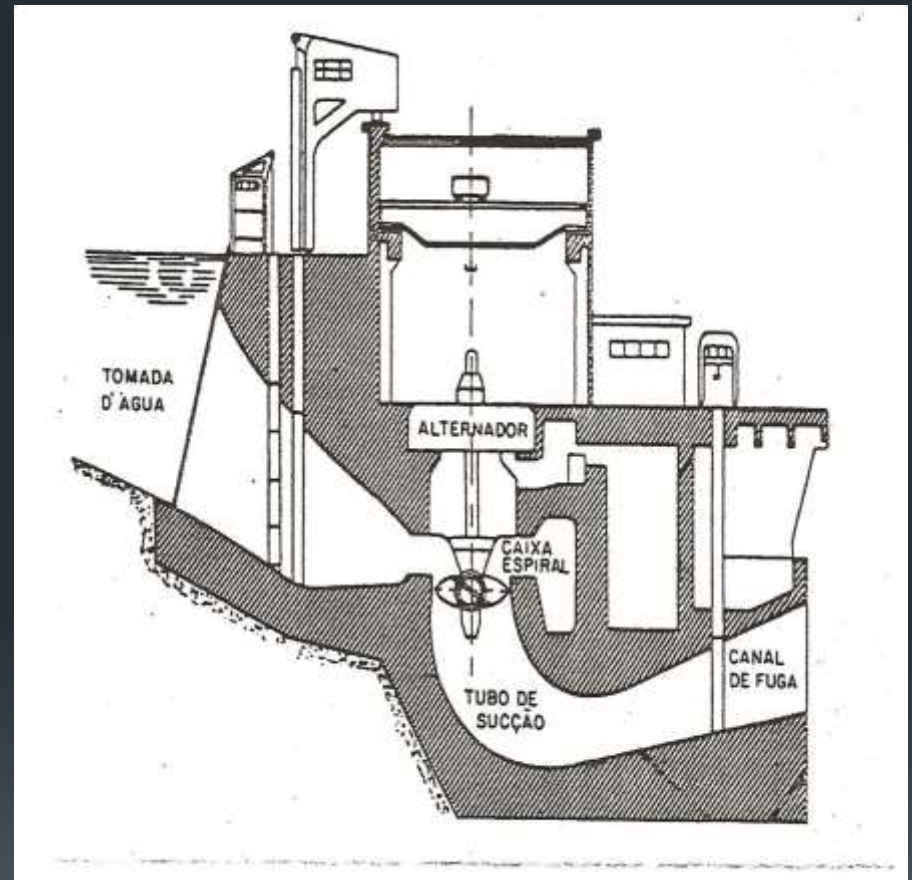
# GRADES



- As grades não são elementos montados à montante e fixadas através de vigas horizontais denominadas pingos d' água de cada vão e dos pilares laterais e centrais.
- A finalidade das grades é impedir a passagem de corpos sólidos de dimensões consideráveis, que porventura venham em suspensão, sem atrapalhar o fluxo d' água.

# CANAL DE FULGA

- Nas usinas, são os canais de fuga os responsáveis pela condução da água depois que passa pela turbina. Funcionam com uma descarga variável de acordo com a descarga da turbina.
- Possuem comportas, cuja finalidade é impedir o retorno da água na turbina quando a mesma estiver em manutenção.



# *CASA DE MÁQUINAS*



- Na casa de máquinas de uma central hidrelétrica são montados os grupos geradores para a produção de energia elétrica, bem como o maquinário auxiliar necessário para o seu funcionamento.

# ***NA CASA DE MÁQUINAS FAZEM PARTE:***

- **a) Máquinas hidráulicas:** (turbinas) que transformarão a energia hidráulica em mecânica.
- **b) Máquinas elétricas:** (alternadores) que transformarão a energia mecânica em elétrica.
- **c) Máquinas secundárias:** (turbina e alternador) para a produção de energia destinada ao serviço interno da usina.
- **d) Máquinas e aparelhos auxiliares:** (controle e segurança) para a operação da usina.

# *DISPOSIÇÃO GERAL DAS CASAS DE MÁQUINAS PODEM SER:*



- **a)** Centrais Externas;
- **b)** Centrais Subterrâneas.

# ***DISPOSIÇÃO GERAL DAS CASAS DE MÁQUINAS PODEM SER:***

- **CENTRAIS EXTERNAS:**

A casa de máquinas, os transformadores, disjuntores, seccionadores e os equipamentos auxiliares são exteriores, ou seja, não ficam sob as escavações das montanhas nem abaixo do leito do rio.

- **CENTRAIS SUBTERRÂNEAS:**

Nessas centrais não existem edifícios externos, a casa de máquinas fica no interior da montanha, escavada em rocha.

# ***TURBINAS***



- A turbina hidráulica é uma máquina que transforma a energia hidráulica em energia mecânica.
- Ela recebe a energia da água do reservatório, descontadas todas as perdas hidráulicas do sistema adutor, e mediante alto rendimento, fornece-a no eixo, onde está acoplado o alternador, que transforma a energia mecânica em elétrica.



# *CLASSIFICAÇÃO DAS TURBINAS HIDRAÚLICAS*



- As turbinas podem ser classificadas segundo vários aspectos:
- **a)** Atuação da água;
- **b)** Sentido do movimento da pá;
- **c)** Posição do eixo;
- **d)** Número específico de rotações.

# ATUAÇÃO DA ÁGUA



- **TURBINAS DE REAÇÃO:**

A água entra na turbina sob pressão e sofre mudança de direção e aceleração. Exemplo: Turbina Francis e Kaplan.

- **TURBINAS DE AÇÃO:**

A água entra sem pressão, ou seja, sob a pressão atmosférica e sofre mudança de direção. Exemplo: Turbina Pelton.

# ***SENTIDO DO MOVIMENTO DA PÁ***



- **AXIAL:**

Quando a água se move paralelamente ao eixo. Exemplo Turbina Kaplan.

- **RADIAL:**

Quando a água se move no sentido do raio da turbina. Exemplo Turbina Pelton.

- **MISTA:**

Quando a água entra radialmente e sai axialmente. Exemplo Turbina Francis.

# *POSIÇÃO DO EIXO*

- **HORIZONTAL OU VERTICAL:**

As turbinas Francis, Pelton e Kaplan podem ser instaladas na posição horizontal ou vertical.

# ***NÚMERO ESPECÍFICO DE ROTAÇÕES***

- **PELTON:**

Todas são consideradas lentas;

- **FRANCIS:**

Divide-se nos seguintes tipos:

- Lentas;
- Normais;
- Rápidas;
- Extra-rápidas.

- **KAPLAN:**

São consideradas como velozes.

# ESCOLHA DO TIPO DE TURBINA

- A escolha do tipo de turbina a ser adotada em uma instalação hidrelétrica não é feita conforme o desenho do projetista, mas em função das características de aproveitamento, isto é, altura de queda, vazão do rio, velocidade desejada e potência através da rotação específica, que é determinada pela seguinte fórmula:

$$\text{■ } ns = \frac{n}{H} \frac{\sqrt{N}}{\sqrt{H}} \quad \text{ou,} \quad ns = 3,164 \frac{n}{H} \sqrt{\frac{Q}{H}}$$

- **Onde:**

$n$  = Rotação por minuto (RPM);

$H$  = Queda em metros;

$N$  = Potência em CV;

$Q$  = Vazão em m<sup>3</sup>/s.

# ESCOLHA DO TIPO DE TURBINA

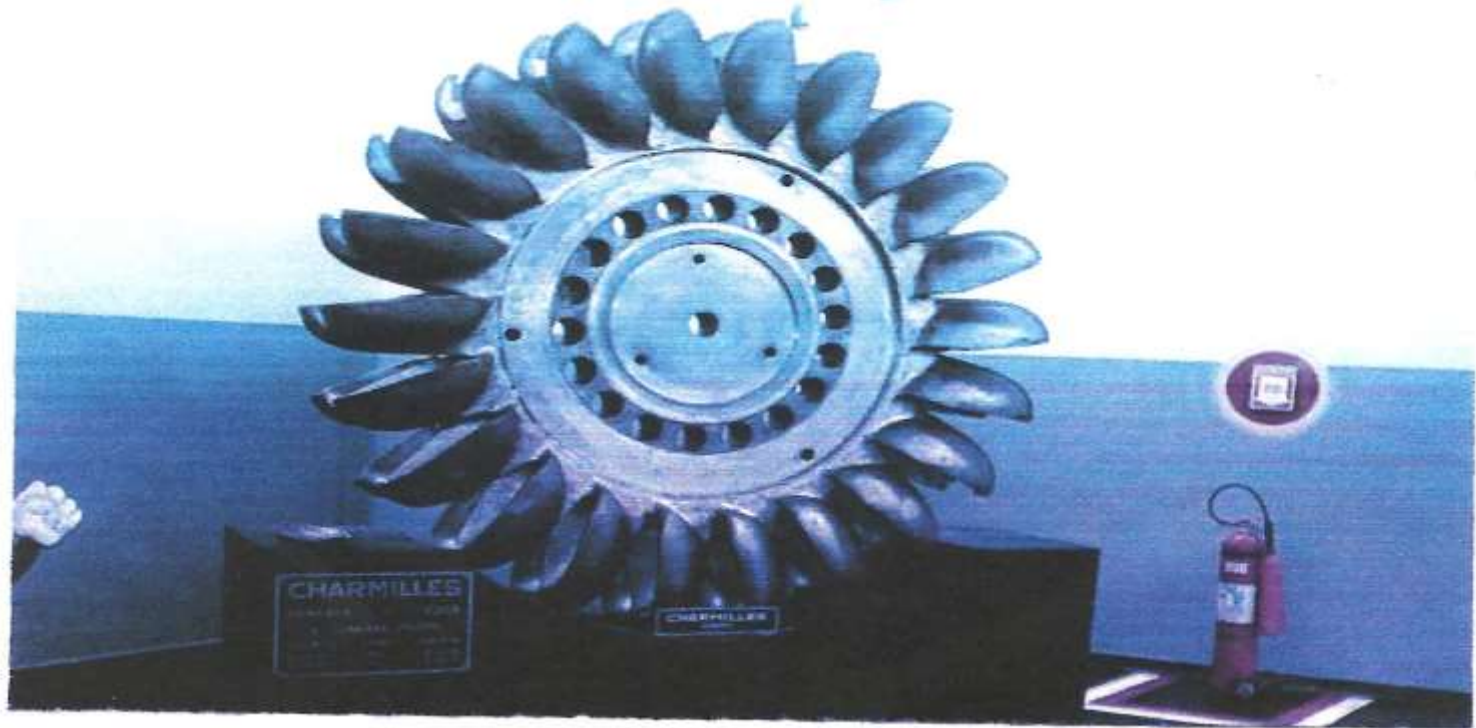
ns	TIPO DE TURBINA	H. MÁX. DE QUEDA
02 a 34	Pelton com um jato	1800 a 300 m
31 a 37	Pelton com vários jatos	
60 a 150	Francis lenta (FL)	350 a 150 m
125 a 250	Francis normal (FN)	150 a 80 m
200 a 350	Francis rápida (FR)	80 a 20 m
300 a 500	Francis extra-rápida (FER)	
400 a 550	Hélice	
400 a 1100	Kaplan	35 a 5 m

# ***TURBINA PELTON***

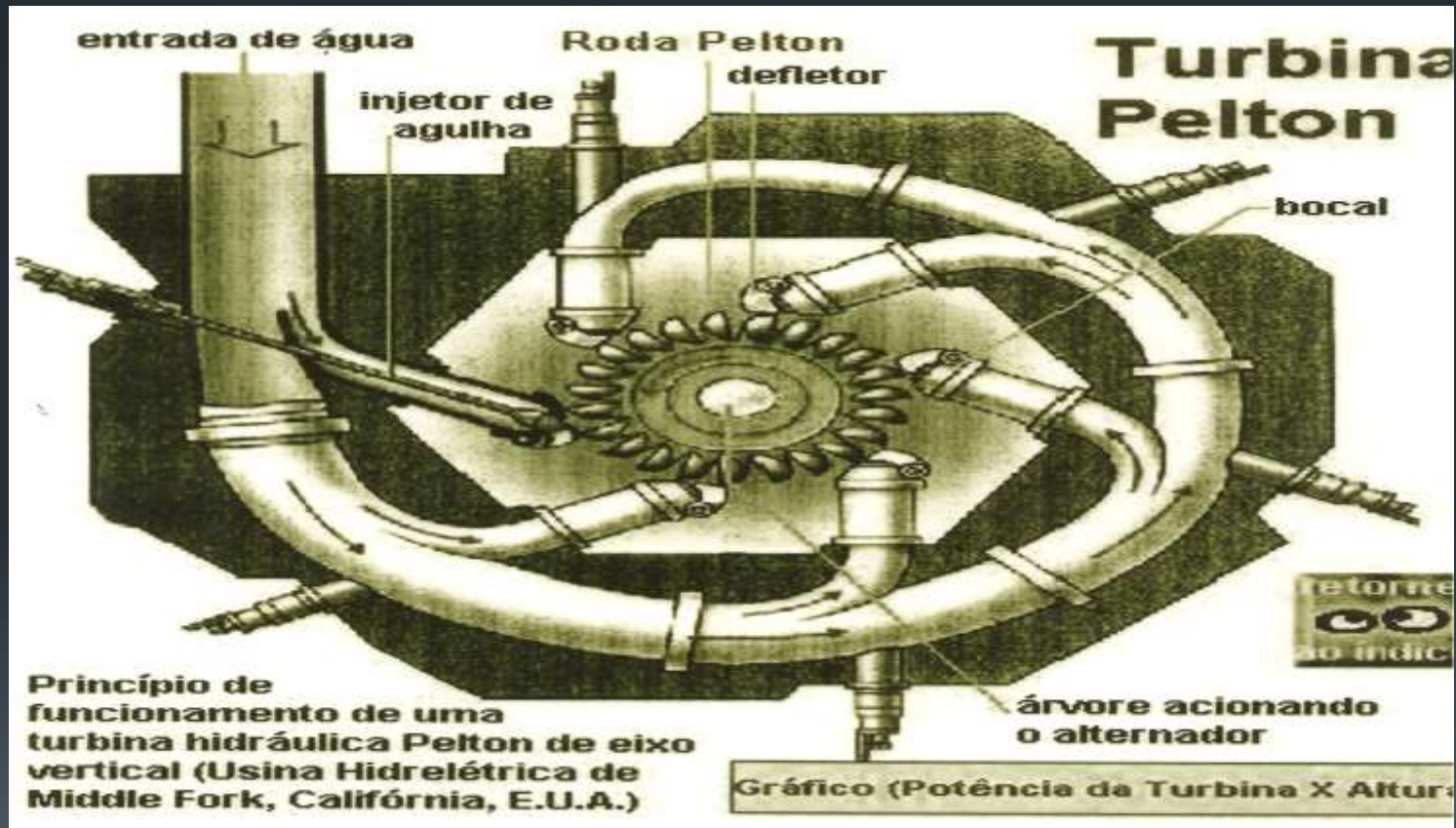
- É uma turbina de ação, pois utiliza somente a energia cinética da água.
- A Pelton é composta de uma série de conchas distribuídas sobre sua circunferência.
- Para cada Pelton, podemos encontrar 1, 2, 4, 6 ou 8 bicos ejetores.
- A água é conduzida até a turbina pelo condutor forçado até o bico ejetor, o qual faz com que a água saia sob a forma de um forte jato em alta velocidade (energia cinética).



# ***TURBINA PELTON***



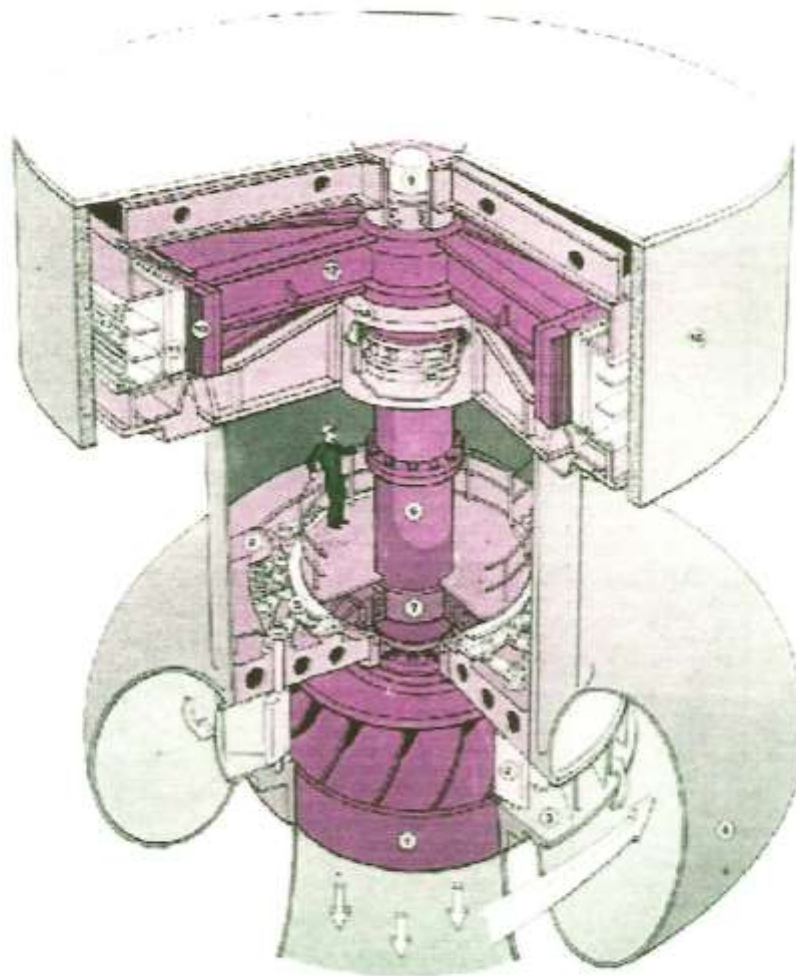
# TURBINA PELTON



# ***TURBINA FRANCIS***

- É uma turbina de reação, pois utiliza a energia da água em forma de energia cinética e em forma de energia de pressão.
- A turbina Francis também é denominada turbina mista, devido aos movimentos das pás em relação à admissão de água, pois a entrada se dá radialmente, isto é, no sentido do raio da turbina, e a saída se dá axialmente, isto é, paralelamente ao eixo da turbina.
- Quanto a sua instalação, pode ser de eixo horizontal ou vertical, sendo este último mais comum nas instalações de turbinas de grande potência.

# ***TURBINA FRANCIS***



# *CLASSIFICAÇÃO DAS TURBINAS FRANCIS*

- Quanto à rotação, são classificadas como: lentas, normais, rápidas e extra-rápidas.
- A diferença entre Francis lenta, normal, rápida e extra-rápida está entre o diâmetro de entrada  $D_E$  e diâmetro de saída  $D_S$  de água na turbina. Assim temos:

# CLASSIFICAÇÃO DAS TURBINAS FRANCIS

- **FRANCIS LENTA:**

O diâmetro de entrada é bem maior que o diâmetro de saída.

- **FRANCIS NORMAL:**

O diâmetro de entrada é pouco maior que o diâmetro de saída.

- **FRANCIS RÁPIDA:**

O diâmetro de entrada é semelhante ao diâmetro de saída.

- **FRANCIS EXTRA-RÁPIDA:**

O diâmetro de entrada é menor que o diâmetro de saída.

# ***ELEMENTOS ESSENCIAIS DA TURBINA***



- Caixa espiral;
- Distribuidor;
- Aletas móveis;
- Aletas fixas;
- Tubo de sucção.



# ***ELEMENTOS ESSENCIAIS DA TURBINA***

- **CAIXA ESPIRAL:**

Também chamada de caracol, cuja a função é formar uma completa passagem de água ao redor de toda a turbina.

- **DISTRIBUIDOR:**

O distribuidor é um equipamento cuja finalidade é transmitir para a turbina a energia da água.

O distribuidor é constituído de uma série de aletas móveis em forma de peixe, ligadas em círculo chamado anel de regulação, que ao girar em um sentido ou em outro, abre ou fecha as aletas móveis.



# ***ELEMENTOS ESSENCIAIS DA TURBINA***

- **ALETAS MÓVEIS:**

É talvez um dos elementos mais importantes da turbina, pois a velocidade e o rendimento da mesma são regulados pelas aletas móveis.

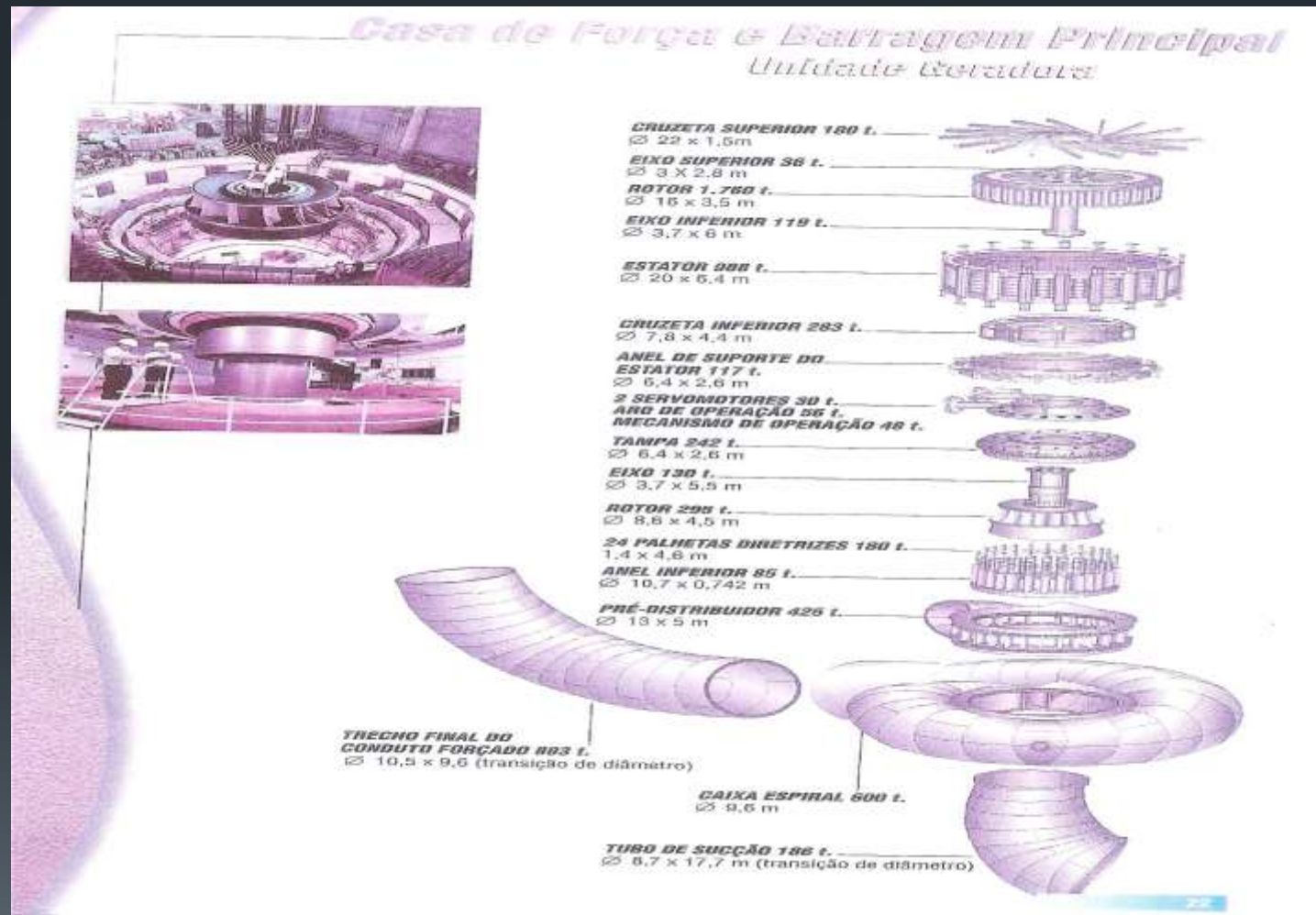
- **ALETAS FIXAS:**

Junto ao caracol existe uma série de perfis de aço, cujo o papel é dirigir os filetes de água na melhor direção para as aletas móveis. Estes perfis são as aletas fixas.

- **TUBO DE SUCÇÃO:**

O Tubo de sucção transporta a água descarregada da turbina para deságue na jusante. O tubo de sucção faz parte do canal de fuga e possui a forma de um cachimbo.

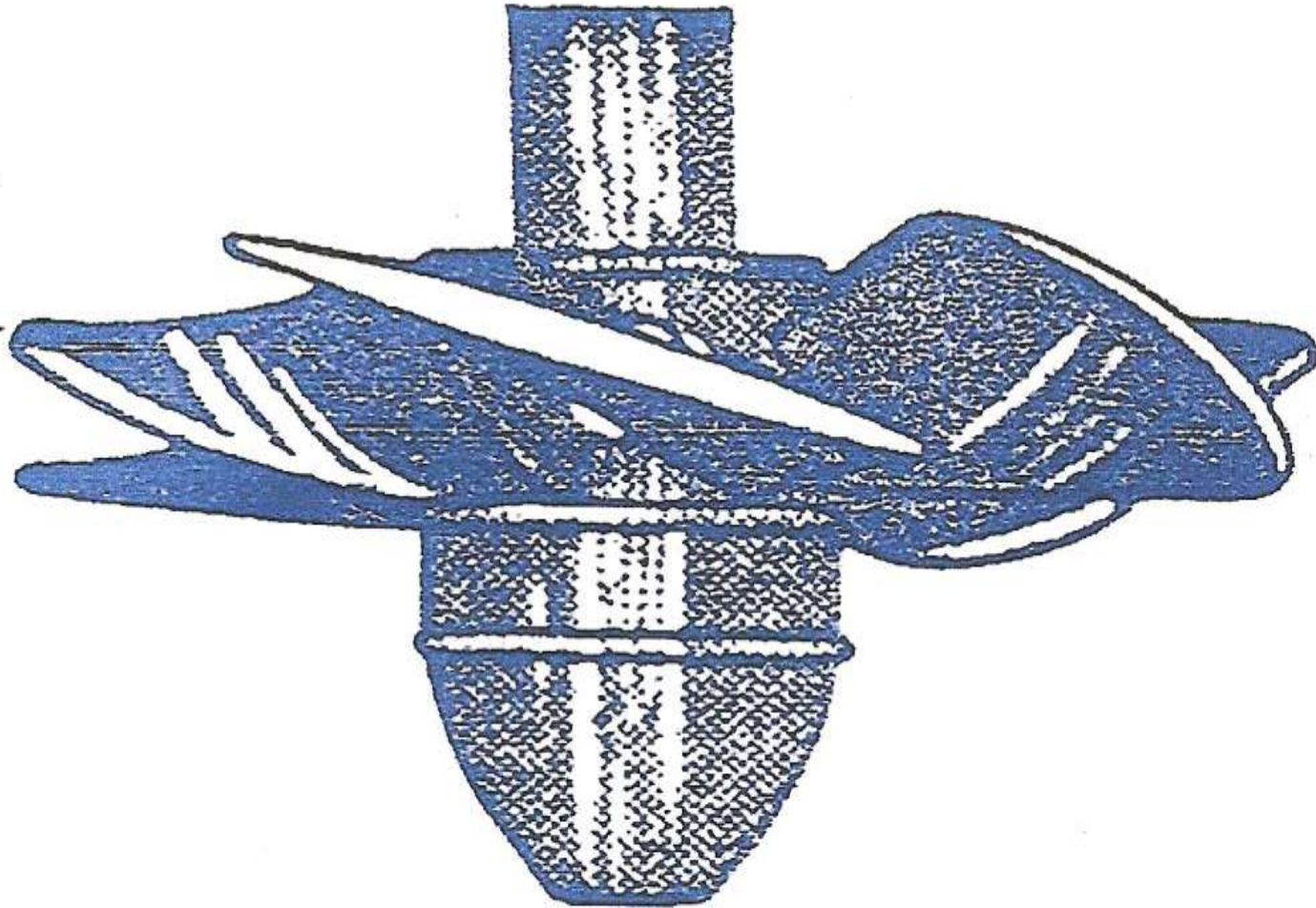
# ELEMENTOS ESSENCIAIS DA TURBINA



# ***TURBINA KAPLAN***

- É também uma turbina de reação por utilizar a energia da água sob a forma de energia cinética e de pressão.
- Quanto ao sentido de movimento da pá, é denominada de turbina axial porque a água se move paralelamente ao eixo da turbina.
- A turbina Kaplan, possui a forma de uma hélice possuindo entre 4 a 8 pás móveis em torno de um eixo.
- A turbina Kaplan que as pás não são móveis, é chamada de turbina HÉLICE.

# ***TURBINA KAPLAN***



# *USINAS TERMELÉTRICAS*



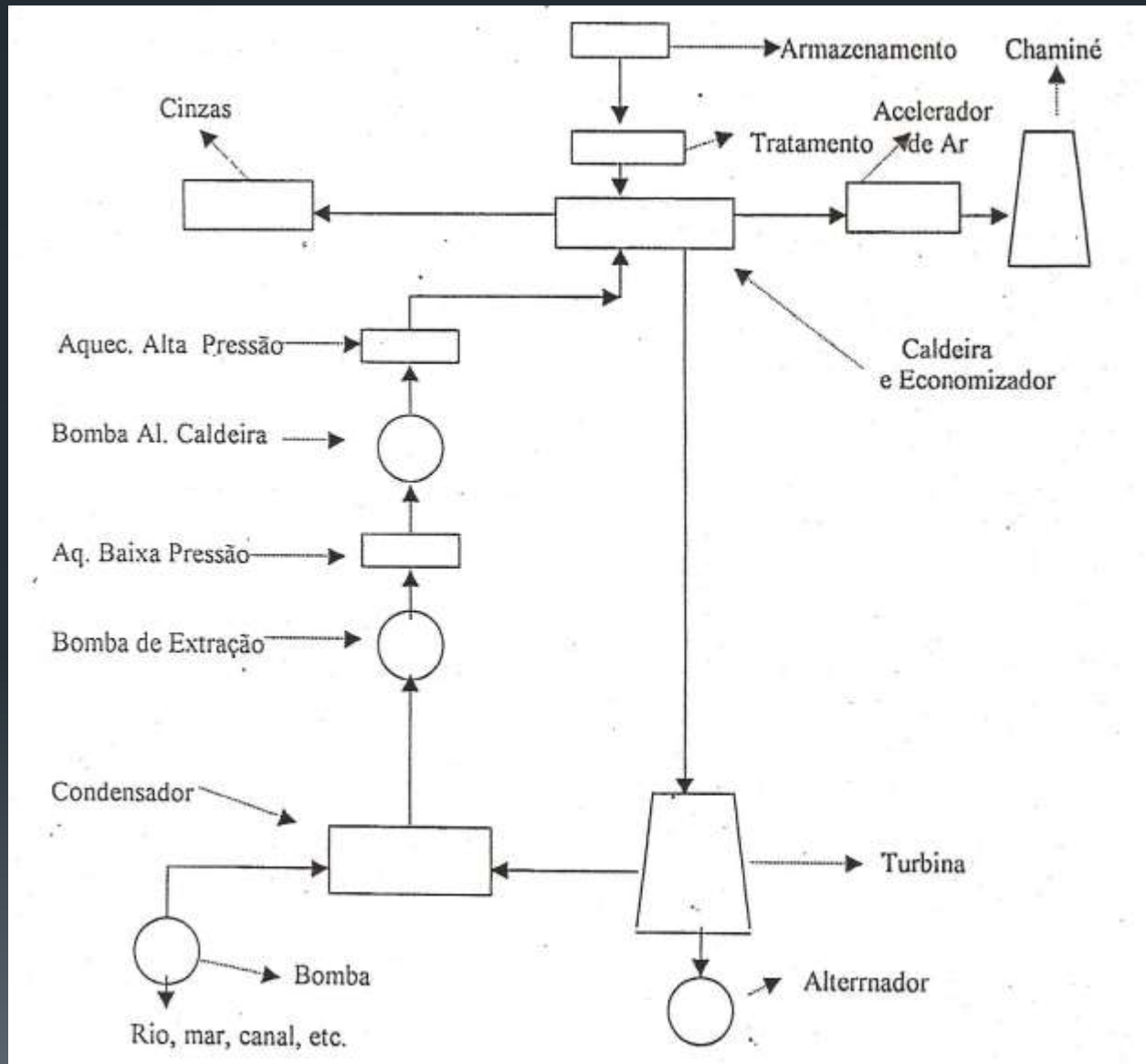
## ■ **INTRODUÇÃO:**

Uma usina termelétrica é aquela que gera energia elétrica, aproveitando a energia mecânica de um ciclo termodinâmico. Aqui nos ateremos às usinas termoelétricas convencionais, a vapor.

# *CARACTERÍSTICAS*

- Queimam carvão ou óleo para a produção de vapor d' água.
- Necessitam: Espaço suficiente para armazenamento e processamento de combustível;
- Grande quantidade de água, para o condensador;
- Equipamentos de controle complexos;
- Cuidados especiais na operação, notadamente na partida das unidades (várias horas para dar partida (16 h), limitando o funcionamento como “socorro”.
- Geralmente são construídas perto da carga, não sendo necessário de grandes sistemas de transmissão.

# CICLO TERMODINÂMICO





# ***PRINCIPAIS EQUIPAMENTOS DO CICLO TERMODINÂMICO***



- ***Caldeira;***
- ***Turbina – Gerador;***
- ***Condensador;***
- ***Bombas;***
- ***Aquecedores.***



# *CALDEIRA*

- É um trocador de calor que produz vapor, aproveitando energia de um combustível (óleo, carvão, gás, etc.)
- Ela se constitui de diversos equipamentos associados, perfeitamente integrados, para permitir a obtenção do maior rendimento térmico possível.

# *ELEMENTOS DE UMA CALDEIRA*

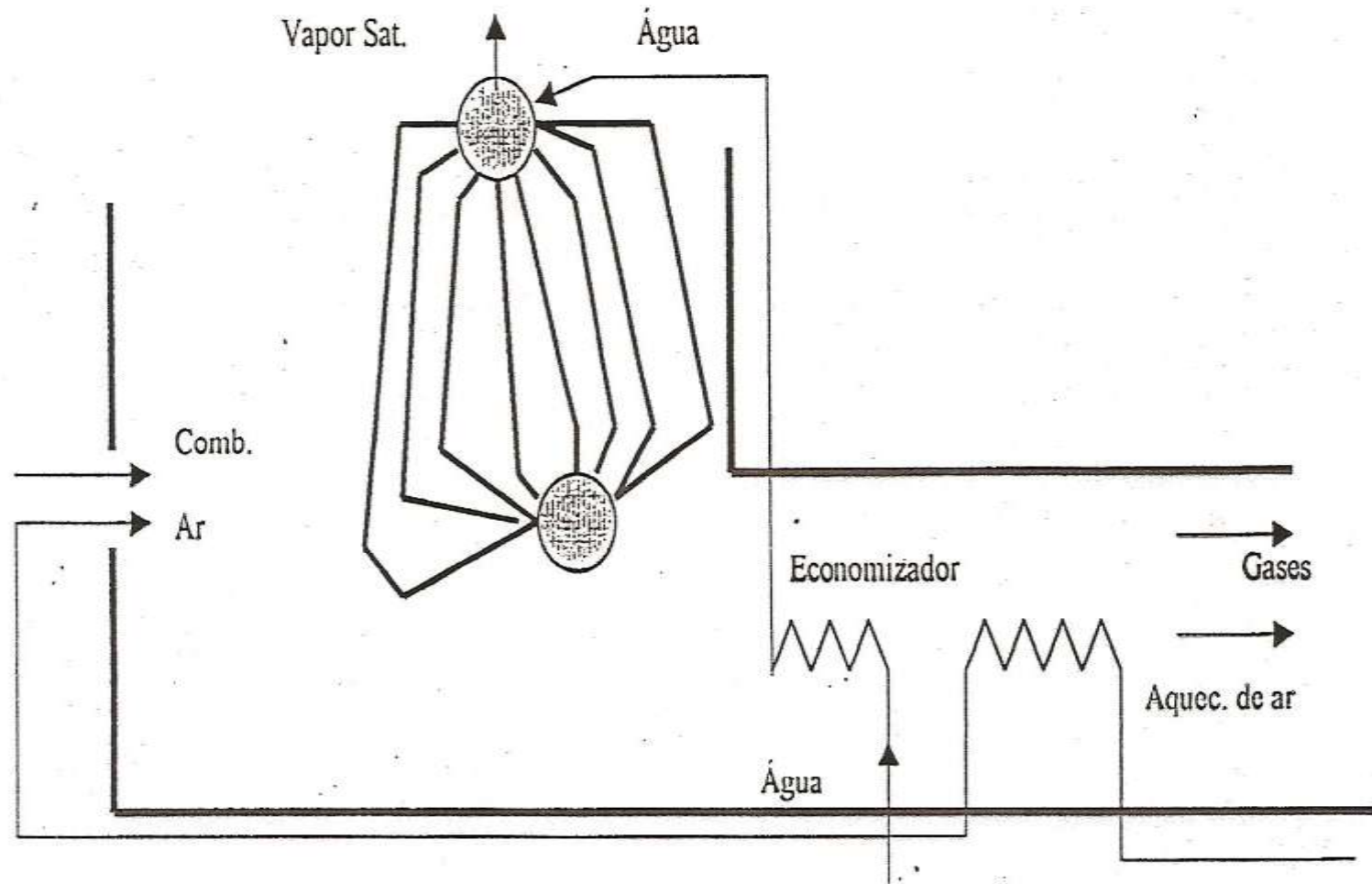
- **Fornalha:** Onde se dá a combustão e a vaporização da água.
- **Tubulação de vapor:** Onde o vapor é separado da água.
- **Superaquecedor:** Onde o vapor é aquecido acima da temperatura de saturação.
- **Reaquecedor:** Onde o vapor sofre um aumento de temperatura após ter sofrido uma expansão na zona de alta pressão da turbina.
- **Economizador:** Onde a água de alimentação da caldeira é aquecida às custas dos gases de combustão.
- **Queimadores:** Onde o óleo combustível é atomizado e injetado na caldeira, processando-se a combustão.
- **Aquecedor de ar:** Onde o ar da combustão é aquecido pelos gases da combustão.

# *ELEMENTOS DE UMA CALDEIRA*



- **Pré-aquecedor de ar:** Onde o ar é aquecido em uma série de serpentinas a vapor, antes de passar pelo aquecedor de ar.
- **Auxiliares:** Os principais equipamentos auxiliares são:
- **Ventiladores forçados:** Insuflam o ar necessário à combustão.
- **Ventiladores induzidos:** São responsáveis pela tiragem dos gases da fornalha.
- **Chaminé:** Cuja função é dirigir os gases da combustão para camadas mais altas da atmosfera.
- **Sistema de óleo combustível:** Constituído de bombas, filtros, aquecedores, válvulas, etc., cuja função é suprir os maçaricos com óleo combustível.

# CALDEIRA



# ***TURBINA A VAPOR***



- A turbina transforma a energia cinética e de pressão do vapor em energia mecânica no eixo.

# *TIPOS DE TURBINAS*



- Existem dois tipos principais de turbinas:
- Impulso (Curtiss);
- Reação (Parsons).

# ***TURBINAS A VAPOR***



- **Na turbina de reação (A):**

As pás são, alternadamente, fixas e móveis. A pressão atua sobre as pás móveis, causando uma reação e daí uma rotação.

- **Na turbina de ação (B):**

Toda a energia do vapor é convertida em velocidade; o ar passa pelas pás móveis e, com a mudança de direção, cria um impulso.

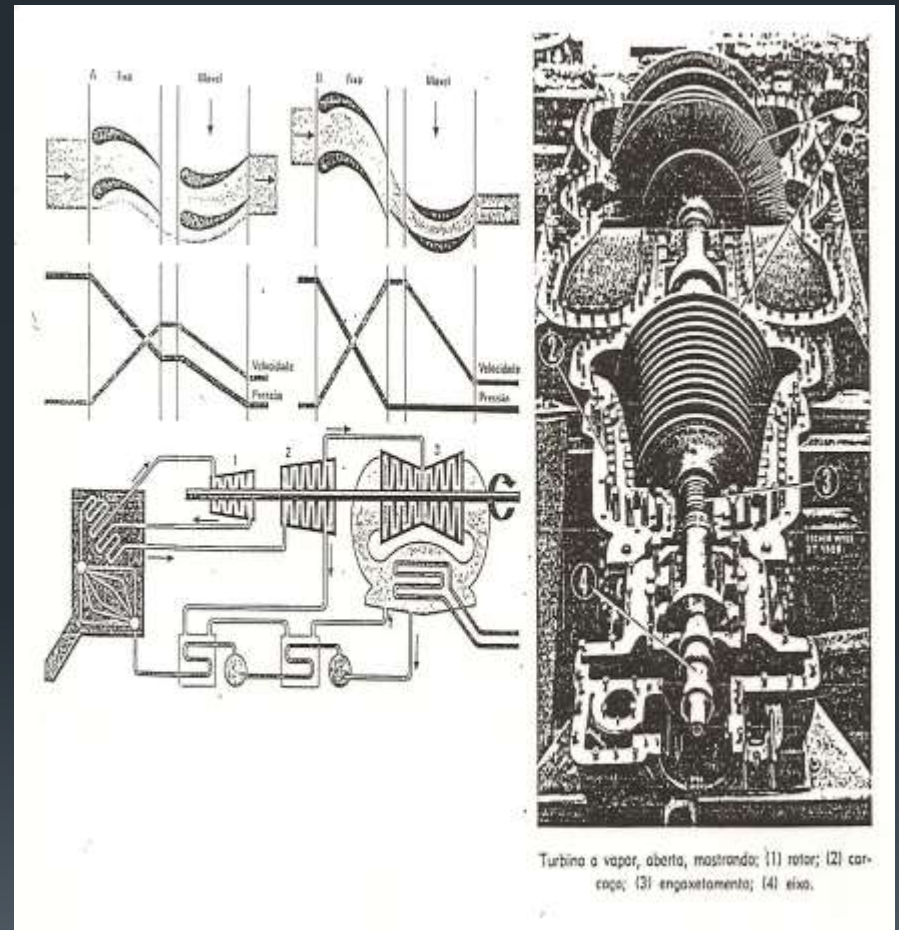
# TURBINAS A VAPOR

- **Na turbina de reação (A):**

As pás são, alternadamente, fixas e móveis. A pressão atua sobre as pás móveis, causando uma reação e daí uma rotação.

- **Na turbina de ação (B):**

Toda a energia do vapor é convertida em velocidade; o ar passa pelas pás móveis e, com a mudança de direção, cria um impulso.

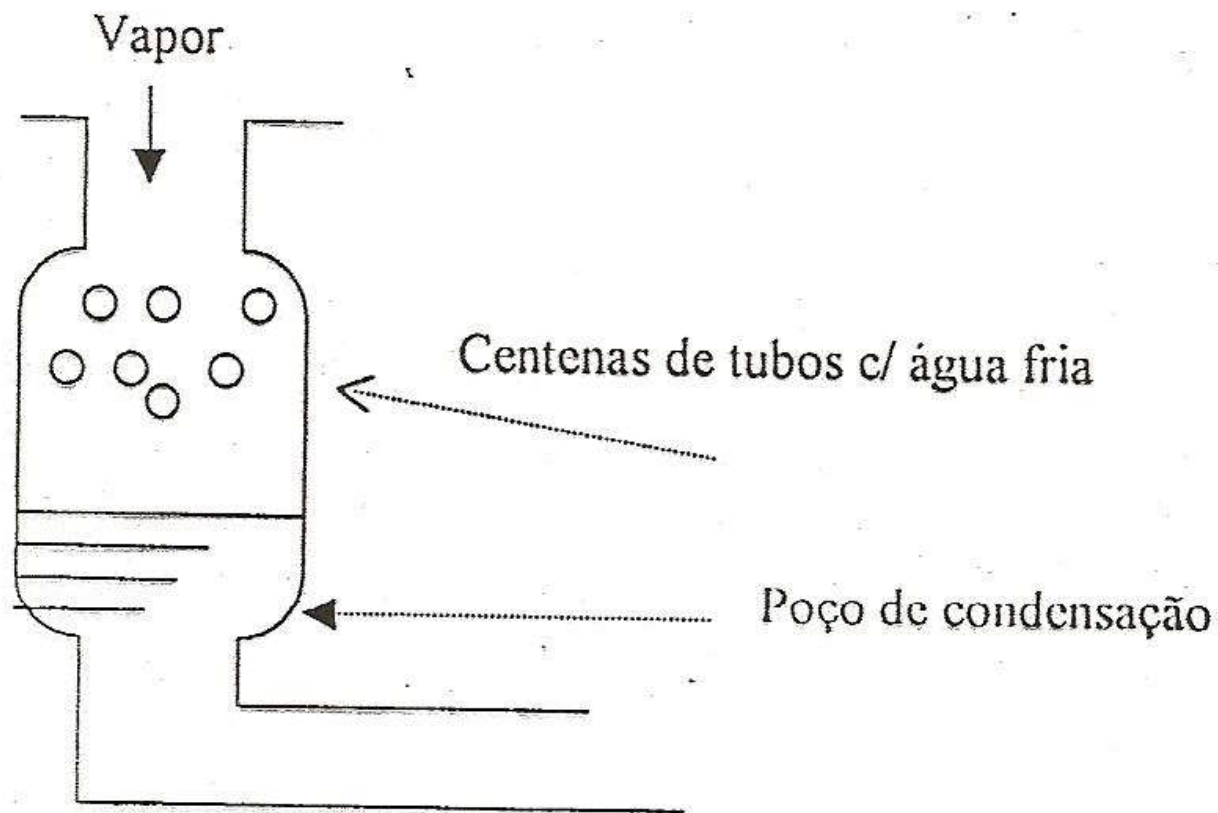




# CONDENSADOR

- É um trocador de calor, cuja finalidade é resfriar e condensar o vapor proveniente da turbina. O vapor sai da turbina a uma pressão bem baixa, entrando num condensador e retornando ao estado líquido.

# CONDENSADOR



# ***BOMBAS***

- **Bombas de Extração do Condensado:**

Aquela que secciona a água diretamente do condensador.

- **Bomba de Alimentação da Caldeira:**

Aquela que eleva a pressão do condensado.

Dependendo do ciclo, podem existir uma ou mais bomba intermediárias, denominadas de:

- **Bombas de Recalque do Condensado.**

# *AQUECEDORES DE ÁGUA*

- Os aquecedores utilizados podem ser de dois tipos:
- **Aquecedor de Superfície;**
- **Aquecedor de Contato direto.**

# AQUECEDORES DE ÁGUA

- **AQUECEDORES DE SUPERFÍCIE:**

O vapor de extração e a água de alimentação não se misturam, podendo o condensado resultante ser enviado para a linha de água de alimentação, ou drenado para um aquecedor de pressão menor, ou para o condensador.

- **AQUECEDORES DE CONTATO DIRETO:**

O vapor de extração entra em contato direto com a água de alimentação. Tem a vantagem de oferecer melhores condições de transferência de calor e menor custo, porém tem a desvantagem de necessitar sempre de uma bomba para transferir o condensado para um outro aquecedor.

# *USINA PIRATININGA*



- Para se ter uma noção das dimensões de uma usina termoeétrica, damos algumas características dos principais equipamentos existentes nas unidades 3 e 4 da Usina Termoeétrica Piratininga (a Usina contém ao todo 4 unidades).

# USINA PIRATININGA

## ■ *CALDEIRA – CONDIÇÕES de PLENA CARGA:*

- Produção do vapor – 545 ton/h;
- Pressão efetiva – 133,6 Kg/cm<sup>2</sup>;
- Temp. do vapor – 537,8° C;
- Fluxo de ar – 380 ton/h;
- Altura da caldeira – 40 m;
- Queima de óleo – 32 ton/h.

# USINA PIRATININGA

## ■ TURBINA:

- 19 estágios;
- 5 extrações de vapor para os aquecedores e uma rotação de 3600 rpm;
- Temperatura do vapor na entrada da turbina:  $537,8^{\circ}\text{C}$ ;
- Pressão efetiva  $126,6\text{ Kg/cm}^2$ ;
- A velocidade periférica do último estágio é supersônica (cerca de 1525 Km/h).



# *USINA PIRATININGA*

- **GERADOR:**
- Há uma capacidade de geração máxima de 136 MW, uma tensão de 14,4 KV.
- O resfriamento do gerador é feito a hidrogênio, cuja circulação é forçada. Para isso existem ventiladores montados no próprio rotor do gerador. Todo o ciclo de hidrogênio é feito dentro da carcaça. O hidrogênio retira o calor das partes do gerador, sendo que, por outro lado, resfriadores, montados no gerador retiram o calor do hidrogênio.

# USINA PIRATININGA

## RENDIMENTO:

Em relação à energia liberada pelo óleo combustível gasto:

- Perda na caldeira: 11,1 %;
- Perda no condensador: 48,47%;
- Pré-aquecimento do ar p/ combustão: 1,58%;
- Energia Elétrica consumida: 1,74%;
- Vapor auxiliar: 1,74%;
- Perda no turbo gerador: 0,54%;
- Perda total: 65,7%;
- Assim o rendimento do projeto da unidade é de: 34,83%.

# *REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA*

- CPFL – Companhia Paulista de Força e Luz;
- CTEEP (Companhia de Transmissão de Energia Elétrica Paulista);
- ELEKTRO Eletricidade e Serviços S.A.
- CEMIG – Companhia Energética de Minas Gerais;
- FURNAS CENTRAIS ELÉTRICAS S.A;
- ELETROBRAS;
- CESP – Companhia Energética de São Paulo.



# ***OBRIGADO !***

***PROFº. ENGº. MARCO ANTONIO PRIMIANI***  
***e-mail:marco.primiani@etec.sp.gov.br***