

## TIPOS DE TECNOLOGIAS DE TURBINAS UTILIZADAS NAS CENTRAIS MINI-HÍDRICAS

### RESUMO

*De todos os elementos que constituem uma central mini-hídrica as turbinas e os geradores são os que mais dizem respeito à engenharia electrotécnica. Este artigo pretende apresentar os tipos de turbinas utilizadas nas centrais mini-hídricas. Estas podem ser classificadas por duas tecnologias distintas: turbinas de acção ou turbinas de reacção. As turbinas de acção podem ser do tipo Pelton ou Banki-Mitchell. As turbinas de reacção podem ser do tipo Francis, Kaplan ou Hélice.*

### 1 INTRODUÇÃO

De entre os elementos constituintes de uma central mini-hídrica, as turbinas são dos equipamentos que mais dizem respeito à área da engenharia electrotécnica.

A escolha da turbina é crucial para o bom rendimento da central e deverá ter sempre em conta três parâmetros: a queda, o caudal e a potência.

As turbinas podem ser divididas em turbinas de acção (ou impulso) ou de reacção, consoante o seu princípio de operação. Estas são máquinas primárias que têm por missão converter a energia potencial gravítica e/ou cinética em energia mecânica e necessitam de uma grande manutenção periódica uma vez que sofrem um grande desgaste devido à acção da água.

A turbina hidráulica corresponde a uma parcela muito significativa do custo de uma central mini-hídrica pelo que se torna essencial e se reveste de particular interesse estudar criteriosamente qual o tipo de tecnologia de turbina a implementar em cada solução [1].

### 2 TURBINAS DE ACÇÃO OU IMPULSO

Como turbinas de acção para aproveitamentos hidroeléctricos de pequena escala, referem-se as turbinas Pelton e Banki-Mitchell, as quais se adequam a uma utilização caracterizada por quedas relativamente elevadas e baixos caudais [2]. Nestas, a roda é actuada pela água à pressão atmosférica.

As turbinas de acção em comparação com as de reacção apresentam um maior número de vantagens: são mais tolerantes a areias e outras partículas existentes na água; a sua estrutura permite maior facilidade de fabrico e melhor acesso em caso de manutenção; são menos sujeitas ao fenómeno de cavitação (embora em aproveitamentos com grandes quedas torna-se difícil evitar tal fenómeno).

Aquando a existência de um dispositivo regulador de fluxo ou variador do número de jactos, estas possuem um rendimento mais elevado e uniforme.

A maior desvantagem das turbinas de acção é que são, na maioria dos casos, desadequadas para aproveitamentos de pequena queda [4].

#### 2.1 TURBINAS PELTON

As turbinas Pelton são turbinas de acção porque utilizam a velocidade do fluxo da água para provocar o movimento de rotação.

A sua constituição física consiste num rotor, em torno do qual estão fixadas as conchas, por uma tubagem forçada de adução contendo um ou mais injectores e por blindagens metálicas. O jacto de água que incide nas conchas é tangencial, motivo que leva a que estas turbinas se denominem tangenciais. Os injectores podem ser reguláveis.

A figura 1 apresenta o esquema e uma fotografia de uma turbina Pelton no seu campo de trabalho.

As vantagens deste tipo de turbinas são a facilidade com que se pode trocar peças, a facilidade de reduzir as sobrepressões nas tubagens e a exigência de pouco caudal. A potência mecânica fornecida por estas turbinas é regulada pela actuação nas válvulas de agulha dos injectores [5].

As turbinas Pelton podem ser de eixo vertical ou horizontal e são utilizadas em aproveitamentos hidroeléctricos caracterizados por pequenos caudais e elevadas quedas úteis. Nos pequenos aproveitamentos hidroeléctricos costuma-se utilizar turbinas de eixo horizontal, porque assim utiliza-se um gerador de eixo que tem um custo menor.

São caracterizadas por terem um baixo número de rotações, tendo, no entanto, um rendimento até 93%.

## 2.2 TURBINAS BANKI-MITCHELL

Este tipo de turbina é usado principalmente na gama de baixas potências [3].

O seu rendimento é inferior aos das turbinas de projecto convencional, mas mantém-se elevado ao longo de uma extensa gama de caudais. Esta característica torna-a adequada à operação num espectro largo de caudais.

Estas turbinas apenas apresentam veios horizontais e uma velocidade de rotação diminuta, sendo frequente a necessidade de utilização de multiplicadores de velocidade entre elas e os geradores.

Em máquinas mais sofisticadas alcançam-se eficiências na ordem dos 85 % e nas máquinas mais simples na ordem dos 60 a 75%. A sua eficiência pode ser mantida elevada em situações de caudal parcial, até cerca de 50% do caudal [6]. Para tal é necessária ou a inclusão de um dispositivo repartidor de caudal, que determina que partes da turbina são usadas ou através da orientação de um direccionador de caudal, que poderá fazer uma gestão do caudal que será turbinado.

É possível afirmar que esta máquina se torna bastante apelativa para aproveitamentos de pequena escala devido a dois motivos. Apresenta um design ajustado para uma vasta gama de quedas e potências, e são de fácil construção. Ao poderem ser implementadas recorrendo a técnicas simples de construção tornam-se uma solução interessante para países em desenvolvimento.

O seu design simples torna-a barata e fácil de reparar, especialmente no caso de o rotor ser danificado devido ao elevado stress mecânico a que é sujeito.

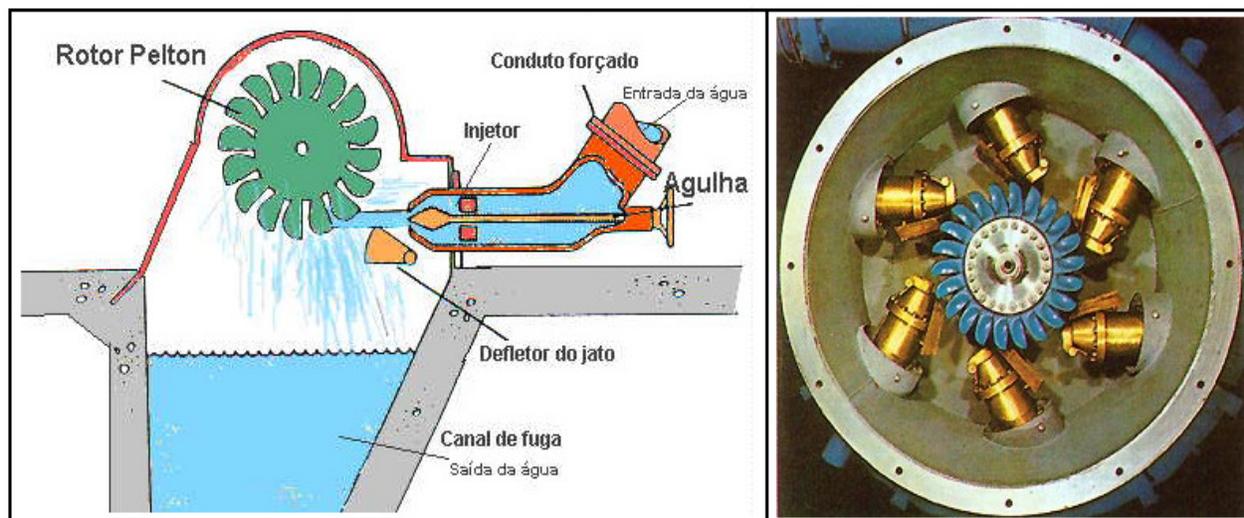


Figura 1 – Turbina Pelton

As turbinas Banki-Mitchell possuem uma baixa eficiência quando comparadas com outras turbinas, e a elevada perda de queda útil, devido ao espaço entre o rotor e a água a jusante. Estes factores devem ser tidos em conta quando se lida com quedas baixas ou médias. No caso de altas quedas as turbinas podem também sofrer problemas de fiabilidade, devido ao ainda mais elevado stress mecânico a que são sujeitas.

Representam uma alternativa interessante para quando se possui água suficiente, necessidades de potência bem definidas e fracos poderes de investimento, como no caso de programas de electrificação rural [6].

A figura 2 apresenta o esquema de uma turbina Banki-Mitchell.

### 3 TURBINAS DE REACÇÃO

Neste tipo de turbinas, a água circula entre as pás, variando a velocidade e a pressão. Esta, por não ser constante, obriga a variação da secção transversal aproveitando-se, assim, a energia da água, uma parte na forma de energia cinética e o resto na forma de energia de pressão.

Nas turbinas de reacção distinguem-se dois grandes grupos:

**Turbinas radiais**, do tipo Francis, que são turbinas adequadas para operação com condições intermédias de queda e de caudal;

**Turbinas axiais**, do tipo Kaplan e Hélice, que são indicadas para funcionamento sob queda baixa e caudais elevados.

Em comparação com as turbinas de acção, as de reacção possuem alguns elementos comuns, como a câmara de entrada, o distribuidor, o rotor e o difusor. No entanto, o seu fabrico é mais sofisticado devido ao facto da alta qualidade nas lâminas. No entanto, a despesa extra é compensada pela elevada eficiência e pelas altas velocidades de rotação obtidas em aproveitamentos de pequenas quedas e com máquinas relativamente compactas.

As turbinas de reacção possuem por norma uma velocidade específica elevada, advindo daí uma vantagem, visto que permitem o acoplamento directo ao gerador, tornando-se desnecessários os sistemas reguladores de velocidade.

As turbinas de reacção estão no entanto sujeitas ao fenómeno de cavitação, contribuindo para o decréscimo da sua eficiência se não forem tomadas medidas resolução.

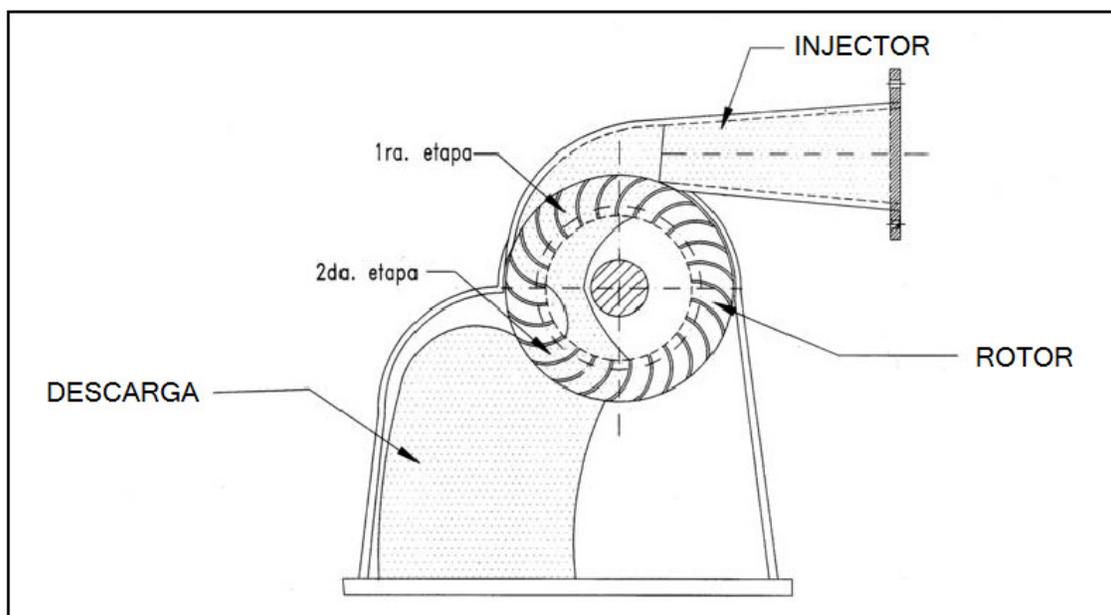


Figura 2 – Turbina Banki-Mitchell

### 3.1 TURBINAS FRANCIS

As turbinas Francis são turbinas de reacção porque o escoamento na zona da roda se processa a uma pressão inferior à pressão atmosférica.

Esta turbina caracteriza-se por ter uma roda formada por uma coroa de aletas fixas, que constituem uma série de canais hidráulicos que recebem a água radialmente e a orientam para a saída do rotor numa direcção axial. Os outros componentes desta turbina são a câmara de entrada, o distribuidor, constituído por uma roda de aletas fixas ou móveis, que regulam o caudal, e o tubo de saída da água.

Estas turbinas utilizam-se em quedas úteis superiores aos 20 metros, e possuem uma grande adaptabilidade a diferentes quedas e caudais e, relativamente às Pelton, têm um rendimento máximo mais elevado, velocidades maiores e menores dimensões [5].

A figura 3 apresenta o esquema de uma turbina Francis.

### 3.2 TURBINAS KAPLAN E HÉLICE

São turbinas de reacção, adaptadas às quedas fracas e caudais elevados.

São constituídas por uma câmara de entrada que pode ser aberta ou fechada, por um distribuidor e por uma roda com quatro ou cinco pás em forma de hélice.

Quando estas pás são fixas diz-se que a turbina é do tipo Hélice.

Se as pás são móveis o que permite variar o ângulo de ataque por meio de um mecanismo de orientação que é controlado pelo regulador da turbina, diz-se que a turbina é do tipo Kaplan.

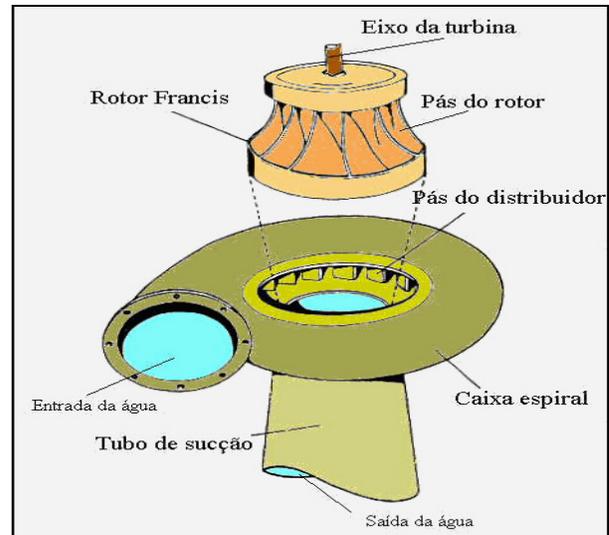


Figura 3 - Turbina Francis

As turbinas Kaplan são reguladas através da acção do distribuidor e com auxílio da variação do ângulo de ataque das pás do rotor o que lhes confere uma grande capacidade de regulação.

As turbinas Kaplan e Hélice têm normalmente o eixo vertical, mas podem existir turbinas deste tipo com eixo horizontal, as quais se designam por turbinas Bolbo [5].

A figura 4 apresenta o esquema de uma turbina Kaplan.

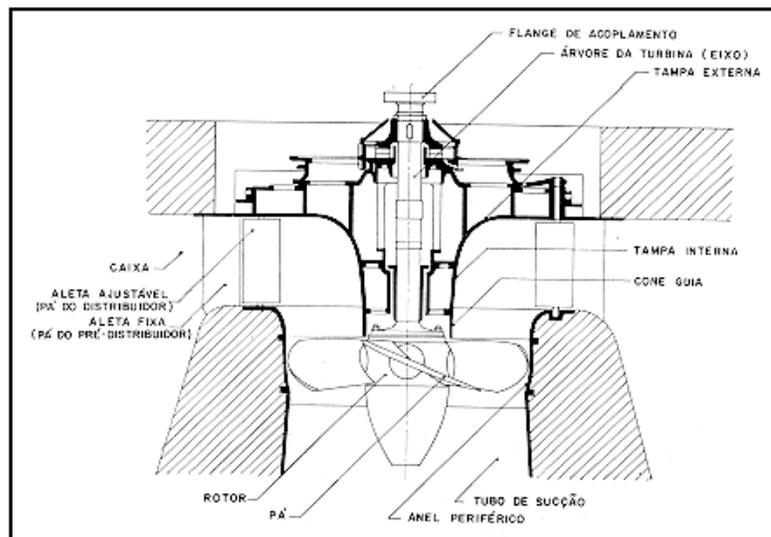


Figura 4 - Turbina Kaplan

#### 4 SÍNTESE GRÁFICA DE APLICAÇÃO DE CADA TURBINA

Na figura 5, apresenta-se um gráfico que resume o campo de aplicação de cada tipo de turbina e que relaciona a altura da queda com o caudal disponível.

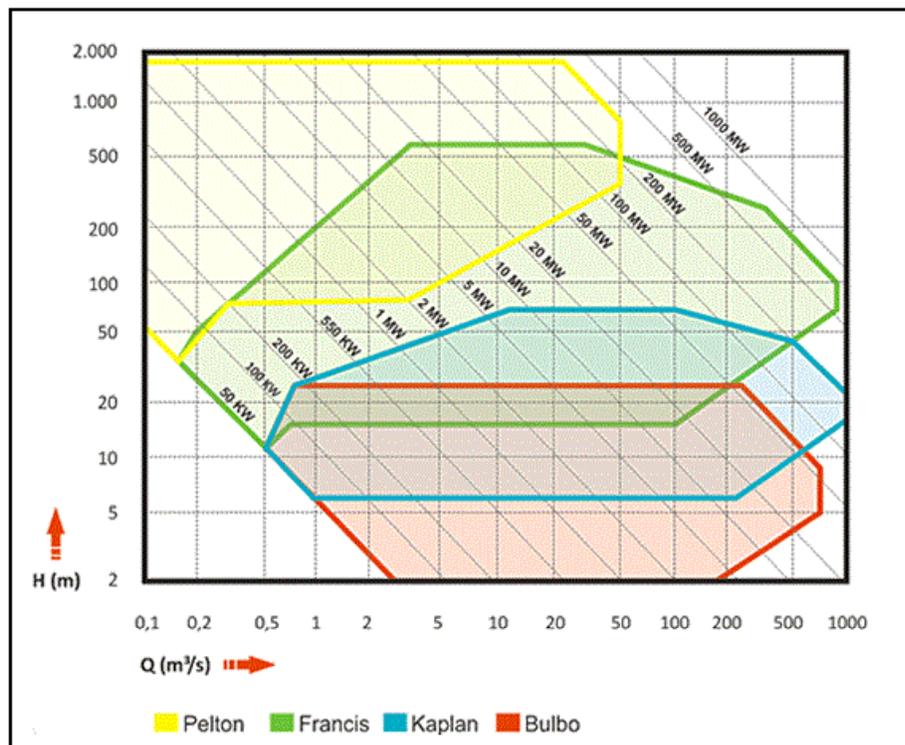


Figura 5 - Campo de aplicação de cada tipo de turbina

#### 5 CONCLUSÕES

As turbinas são máquinas primárias que têm por missão converter a energia (potencial gravítica e/ou cinética) armazenada na água ou em qualquer outro fluido em energia mecânica.

Necessitam de uma grande manutenção periódica uma vez que sofrem um grande desgaste devido à acção da água, deixando em alguns anos de funcionar de forma rentável.

A escolha da turbina é crucial para o bom rendimento da central. Cada caso terá que ser estudado ao pormenor para não se cometer erros na escolha da turbina.

As turbinas podem ser de acção ou reacção.

No que diz respeito a turbinas de acção estas podem ser do tipo Pelton ou Banki-Mitchell. As turbinas Pelton são utilizadas em aproveitamentos hidroelétricos caracterizados por pequenos caudais e elevadas quedas úteis.

As turbinas Banki-Mitchell aplicam-se numa gama de baixas potências. As turbinas de reacção podem ser do tipo Francis, Kaplan ou Hélice.

As turbinas Francis têm aplicação nos aproveitamentos hidroelétricos com condições intermédias de queda e caudal e o seu rendimento é maior quanto maior for a potência.

As turbinas Kaplan e Hélice são turbinas aplicáveis em condições de queda baixa e caudal elevado.

#### Bibliografia

- [1] Rui M. G. Castro, "Energias Renováveis e Produção Descentralizada – Introdução à Energia Mini-Hídrica", Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Março 2008
- [2] Teixeira da Costa, David Santos e Rui Lança, "Turbo Máquinas Hidráulicas (Turbinas)", Escola Superior de Tecnologia da Universidade do Algarve, Fev. 2001
- [3] Teresa Nogueira, "Estudo da Energia Mini-Hídrica – Produção Distribuída e Mercados de Energia", Instituto Superior de Engenharia do Porto, 2010
- [4] Anibal Traça de Almeida, "Hidroelectricidade – Desenvolvimento Sustentável", Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra
- [5] Paulo Moisés Almeida da Costa, "As Máquinas Primárias", Escola Superior de Tecnologia de Viseu, 1999
- [6] João P. Rocha, "Metodologia de projecto de sistemas de produção de electricidade descentralizada baseados em Energia Hídrica", FEUP, Julho de 2008