

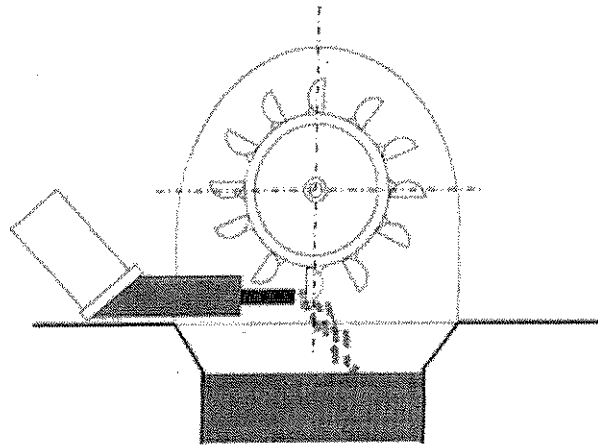


UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE CIÊNCIAS
Departamento de Física

Curso de Física Aplicada

Exame de Estado

Tecnologia de Aproveitamento da energia hídrica



Autor

Stélio Manhique

Maputo , julho de 2012

Resumo

Atualmente a implementação de projectos de utilização e de conversão de fontes de energia renováveis estão a ser elaborados com o fim de alimentar as necessidades energéticas e sustentar o desenvolvimento económico e social e garantir a sobrevivência do homem no planeta terra que esta seriamente ameaçada devido ao aquecimento global. As fontes de energia renováveis têm características ambientais e tecnológicas, uma dessas energias é a energia hídrica .

Neste trabalho iremo estudar a produção de energia atravez da água e as tecnologias para maior aproveitamento dessa mesma energia .

Primeiro iremos falar dos recursos hídricos e dos processos naturais que transformam a água num recurso renovável e nos mecanismos de produção da energia hídrica nas centrais hidroeléctricas. Numa segunda fase do trabalho iremos referenciar as tecnologias usadas para a produção da energia hídrica . numa treceira fase teremos a conclusão do trabalho .

Índice

1. INTRODUÇÃO.....	2
2. OBJECTIVOS.....	2
3. FUNDAMENTOS TEORICOS.....	3
3.1 RECURSOS HIDRÍCO	3
3.1.1 Disponibilidade de recursos hídricos	3
3.1.2 Bacia Hidrográfica.....	3
3.2 CICLO HIDROLÓGICO.....	4
3.3 ENERGIA HÍDRICA	5
3.4 CENTRAIS HIDROELÉCTRICAS.....	6
3.4.1 Principias elementos de uma central hidroeléctrica.....	7
3.4.2 Principal Classificação de centrais Hidroelectricas	8
3.4.3 Transformações de energias.....	8
3.4.4 Potencia de uma central hidroeléctrica	8
3.4.5 Potencial Hidroeléctrico em Moçambique.....	9
3.5 EQUAÇÕES CARACTERISTICAS DO MOVIMENTO DO LÍQUIDO	10
3.5.1 Equações da continuidade.....	10
3.5.2 principio de Bernoulli	11
3.5.3 equação de Darcy-Weisbach.....	12
3.6 TECNOLOGIA DE APROVEITAMENTO DA ENERGIA HÍDRICA.....	13
3.6.1 Turbinas Hidráulicas.....	13
3.6.2 Principais componentes e Funcionamento de uma turbina Hidráulica	13
3.6.3 Potência de uma turbina.....	14
3.6.4 Velocidade específica da turbina	15
3.6.5 Energia utilizada por uma turbina.....	15
3.6.6 Classificação das turbinas Hidráulicas.....	15
3.6.7 Os Principais Tipos de turbinas	16
3.6.7.1 turbina de Pelton	16
3.6.7.2 Turbina de Francis	17
3.6.7.3 Turbina de Kaplan.....	18
3.6.7.4 Turbina de Bulbo	19
3.6.7.5 A turbina Axial.....	20
3.6.7.6 Turbina de fluxo cruzado.....	21
3.6.7.7 Turbina Turgo	21
3.6.7.8 Mapa de operacionalidade das turbinas Hídricas.....	22
3.7 VANTAGENS E DESVANTAGENS DA ENERGIA HÍDRICA.....	22
3.7.1. VANTAGENS	22
3.7.2. DESVANTAGENS.....	23
4. METODOLOGIA.....	23
5. CONCLUSÃO.....	24
6. BIBLIOGRAFIA	25

1. INTRODUÇÃO

A água é o recurso mais abundante no nosso planeta com cerca de um volume de 1,36 km³ recobre 2/3 do nosso planeta em forma de colotes polares, oceanos, rios, lagos e lagoas, além disso pode ser encontrado em forma de aquíferos subterrâneos. A água é também uma das fontes de produção de energia que não contribui para o aquecimento global e é renovável. neste presente trabalho falaremos das tecnologias aplicadas na produção da energia hídrica que é a energia produzida através da água. Moçambique está dotado de fontes abundantes de energia. Estas incluem recursos hidroelétricos, carvão, gás e fontes renováveis tais como vento, biomassa, biocombustíveis e o sol. Estes recursos tanto podem fornecer a Moçambique uma energia que seja essencial para o desenvolvimento económico a curto e longo prazo, como também podem prover energia de exportação e servirem para o crescimento das receitas do estado. atualmente o potencial hidroelétrico explorado em Moçambique é de 2,5 GW sendo que o país tem um potencial hidroelétrico que varia dos 12 a 14 GW. segundo a estratégia de energia aprovado em março de 2009 pretende-se aumentar a exploração da energia hídrica em Moçambique até 4,5 GW até 2013. uma maior exploração da energia hídrica pode desempenhar um papel significativo na satisfação energética das comunidades isoladas e distantes.

2. OBJECTIVOS

- Estudar a produção da energia eléctrica através da energia hídrica.
- Analisar as tecnologias para o aproveitamento da energia hídrica.

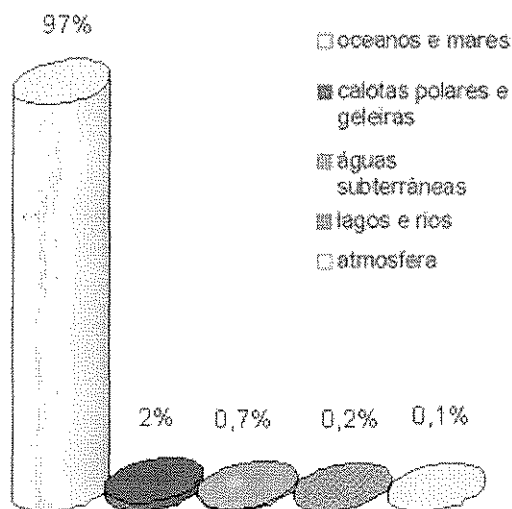
3. FUNDAMENTOS TEORICOS

3.1 RECURSOS HIDRÍCO

são as águas superficiais ou subterrâneas disponíveis para qualquer tipo de uso de região ou bacia. As terras subterrâneas são os principais reservatórios de água doce disponíveis para os seres humanos (aproximadamente 60% da população mundial tem como principal fonte de água os lençóis freáticos ou subterrâneos).

À partida, sendo a água um recurso renovável estaria sempre disponível para o homem utilizar. No entanto, como o consumo tem excedido a renovação da mesma, atualmente verifica-se um stress hídrico, ou seja, falta de água doce principalmente junto aos grandes centros urbanos e também a diminuição da qualidade da água, sobretudo devido à poluição hídrica por esgotos domésticos e industriais.

3.1.1 Disponibilidade de recursos hídricos



Fonte: Correio da Unesco, 1993, p. 12.

3.1.2 Bacia Hidrográfica

Uma bacia hidrográfica de um curso de água é o conjunto de terras que fazem a drenagem da água das precipitações para esse curso de água e seus afluentes.A

formação da bacia hidrográfica dá-se através dos desníveis dos terrenos que orientam os cursos da água, sempre das áreas mais altas para as mais baixas.

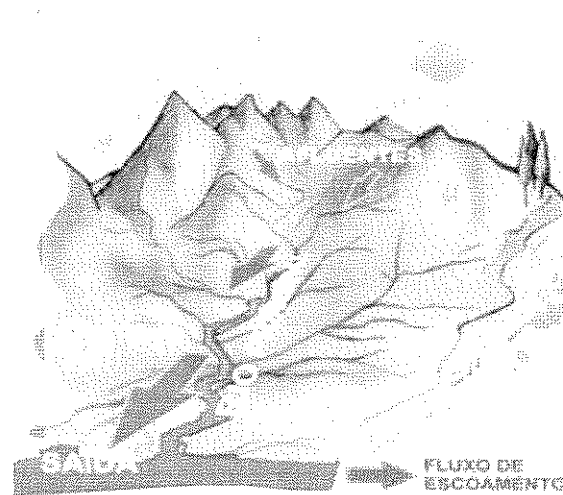


Figura 1: Bacia hidrográfica

3.2 Ciclo hidrológico

Ciclo hidrológico é a circulação da água dos oceanos através da atmosfera para o continente, e seu retorno a para oceano através do escoamento superficial ou subterrâneo e em parte pela propia atmósfera segundo a figura1. O calor radiante do sol é a energia motora do ciclo hidrológico. A superfície terrestre ao ser aquecida torna-se fonte emissora a radiação longa, onde o fluxo de radiação será expresso por:

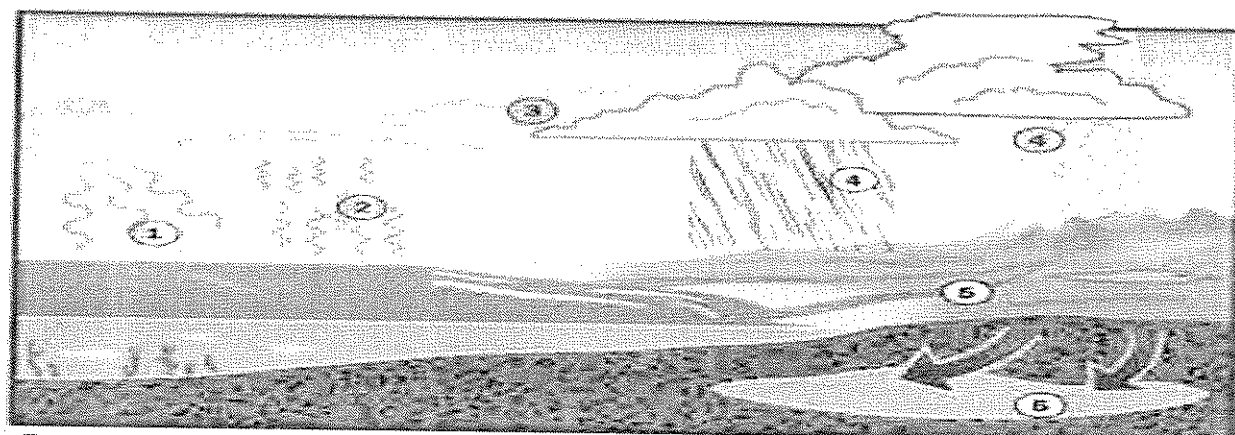
$$I = \epsilon \sigma T^4 \quad (1)$$

E o fluxo de radiação será medida em watt por metros quadrado (W/m²)

σ =constante de boltzman

ϵ =emissividade

A maior parte desta radiação está na faixa do infravermelho com comprimento de onda de (4 μ á 5 μ) e com pico mais alto de comprimento de onda á 10 μ .



- 1 O sol aquece o oceano.
- 2 A água do oceano evapora e sobe para o ar
- 3 O vapor d'água esfria e se condensa na forma de gotículas, que formam as nuvens
- 4 Se muita água se condensa, as gotas se tornam pesadas e caem no solo nas formas de chuva e neve
- 5 Um pouco da chuva é coletada pelo solo. O resto volta para o oceano através dos rios

Figura 2 : descreve o ciclo hidrológico da água

Onde qualquer transformação dentro do ciclo hidrológico pode ser descrita pela equação hidrológica;

$$I - O = \Delta S \quad (2)$$

I= Precipitação de entrada sobre a superfície (volume de água afluente)

O=Saída da água do volume de controle devido ao escoamento superficial ou subterrâneo

ΔS = É variação do volume de armazenamento

3.3 Energia hídrica

Energia hídrica é a energia gerada através da energia potencial criada por um fluxo de uma certa massa de água que existem na natureza em forma de rios, lagos e lagoas. A energia hídrica é gerada nas centrais hidroelétricas. A energia primária de uma hidroelétrica é a energia potencial gravitacional da água contida numa reservatório elevado. Antes de se tornar energia elétrica, a energia primária deve ser convertida em energia cinética de rotação. O dispositivo que realiza essa transformação é a turbina

3.4 Centrais Hidroelétricas



Figura 3 : Barragem de cahorra baça

Em uma instalação hidrelétrica, a uma barragem as águas de um rio formando um reservatório. Esta água é conduzida por meio de tubulações até uma turbina (roda com pás).

A energia potencial, existente entre o nível do reservatório antes da barragem e o nível do rio após a barragem transforma-se em energia cinética, através da água que faz girar a turbina. A turbina está ligada por um eixo a um gerador de energia elétrica que, conseqüentemente, também entra em movimento. No gerador a energia cinética, ou energia mecânica, é transformada em energia elétrica.

A energia elétrica produzida vai para uma subestação de onde é transmitida para os centros de consumo.

As turbinas, em função da sua forma, podem ser de 3 tipos: Kaplan, Francis e Pelton. A escolha do tipo depende da altura da queda d'água e do regime de operação da usina.

O gerador é composto de um rotor (ímã), que gira no interior de uma bobina (estator), provocando o aparecimento de uma corrente elétrica.

3.6 Tecnologia de aproveitamento da energia hídrica

O aproveitamento da energia hidráulica para geração de energia elétrica é feito por meio do uso de turbinas hidráulicas, devidamente acopladas a um gerador. Com eficiência que pode chegar a 90%, as turbinas hidráulicas são atualmente as formas mais eficientes de conversão de energia primária em energia secundária. As turbinas hidráulicas apresentam uma grande variedade de formas e tamanhos. O modelo mais utilizado é o Francis, uma vez que se adapta tanto a locais com baixa queda quanto a locais de alta queda. Como trabalha totalmente submerso, seu eixo pode ser horizontal ou vertical.

3.6.1 Turbinas Hidráulicas

É uma roda com pás. A água faz a turbina girar ao atingi-la, transformando energia hidráulica em energia mecânica. Turbinas são máquinas modernas que acionam geradores elétricos de modo a transformar a energia mecânica em energia elétrica. Ela consiste basicamente em uma roda dotada de pás, que é posta em rápida rotação ao receber a massa de água.

3.6.2 Principais componentes e Funcionamento de uma turbina Hidráulica

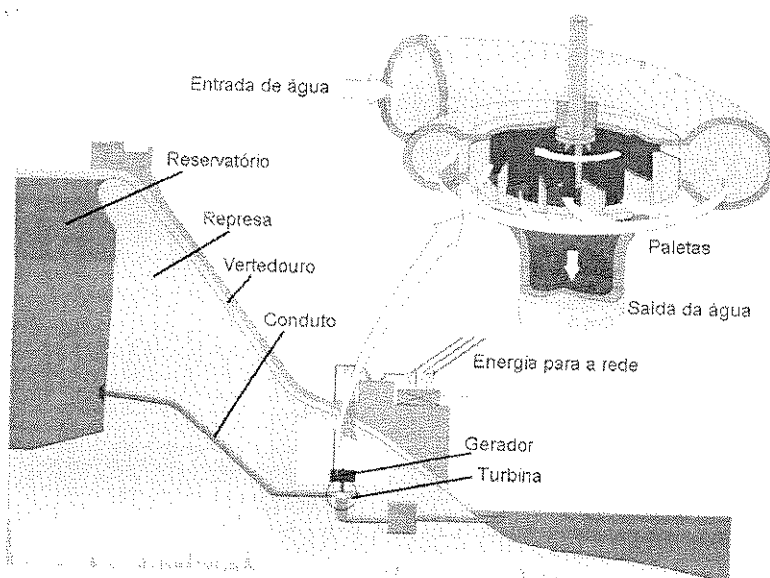


Figura 6 : Turbina hidráulica numa central hidroelétrica

- **Caixa espiral:** É uma tubulação em forma de toróide que envolve a região do rotor, faz com que a água se distribua uniformemente na entrada da turbina.
- **Pré-distribuidor:** É composto de dois anéis, entre os quais são montados um conjunto de palhetas fixas, que direcionam a água na entrada do distribuidor.
- **Distribuidor:** É composto por uma série de palhetas móveis, que regulam a vazão da água e assim controlam a potência da turbina.
- **Rotor e Eixo:** É onde ocorre a conversão da energia potencial da massa de água para energia cinética rotacional.
- **Tubo de Sucção:** É o canal por onde a água sai da turbina e retorna ao curso de água.

Em toda turbina a água entra vinda de um reservatório elevado (e portanto com maior pressão) e escapa pelo canal de nível mais baixo (e portanto com menor pressão). A água de entrada é levada através de um duto até um conjunto de lâminas curvas, que transferem a energia da água para um rotor. Em consequência a pressão e a velocidade da água na saída são menores do que na entrada. A água que sai da turbina é conduzida por um duto de volta ao rio.

3.6.3 Potência de uma turbina

Para determinar a potência que uma turbina pode extrair de um fluxo de água usa-se a seguinte expressão :

$$P = \rho \cdot Q \cdot H \cdot g \cdot \eta \quad (9)$$

Onde :

P- potência da turbina (KW)

ρ -densidade (kg/m³)

Q-vazão volumétrica (m³/s)

H-queda de nível (m)

g- gravidade (m/s²)

η - eficiência

3.6.4 Velocidade específica da turbina

velocidade específica (N_s) é a velocidade com que pode girar uma turbina e pode ser calculada usando a expressão :

$$N_s = \frac{N \cdot \sqrt{P}}{H^{1.25}} \quad (10)$$

onde :

N_s - velocidade específica (m/s)

N - velocidade de rotação (rpm)

H - queda de nível (m)

P - potência da turbina (KW)

3.6.5 Energia utilizada por uma turbina

Quando um fluxo de água passa por uma turbina hidráulica , a turbina extrai a energia da água , se não considerarmos a fricção a diferença da energia da água entre o ponto 1 (E_1) e a energia da água no ponto 2 (E_2) representa a energia total da água (E_d) que chega a turbina entre os dois pontos .

$$E_d = E_1 - E_2 \quad (11)$$

Onde

E_d - energia total da água entre dois pontos

E_1 - energia da água no ponto 1

E_2 - energia da água no ponto 2

3.6.6 Classificação das turbinas Hidráulicas

As turbinas podem ser classificadas como : **turbinas de impulso** e **turbinas de reacção** . esta classificação depende do modo como a água exerce a sua força sobre a turbina e como causa a sua rotação .

✓ Turbinas de impulso

A turbina de impulso gira quando a água que atinge a turbina tem uma pressão e velocidade muito alta e por isso a água tem uma grande quantidade de energia cinética .o grande exemplo deste tipo de turbina é a turbina de Pelton .

✓ Turbina de reacção

A turbina de reacção atua quando a velocidade e a pressão da água são relativamente baixas e por isso a água tem uma baixa quantidade de energia cinética .um dos exemplos deste tipo de turbina é a turbina de francis .

3.6.7 Os Principais Tipos de turbinas

Existem varios tipos de turbinas hidráulicas :

- Turbinas de Pelton
- Turbinas de francis
- Turbinas de kaplan
- Turbinas de bulbo
- Turbinas Axial
- Turbinas de fluxo cruzado
- Turbna Turgo

3.6.7.1 turbina de Pelton

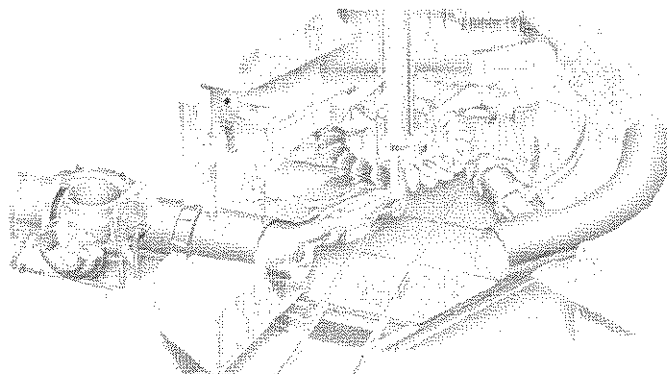


Figura 7: turbina de pelton

Nas turbinas Pelton não há palhetas estáticas e sim um conjunto de bocais ou injectores, cada qual com uma agulha móvel (semelhante a uma válvula) para controlar a vazão. Nessas turbinas, a pressão da água é primeiro transformada em energia cinética pelo

bocal, que acelera a água até uma alta velocidade. O jato d'água é dirigido para uma série de conchas curvas montadas em torno do rotor. Turbinas Pelton trabalham com velocidades de rotação mais alta que os outros tipos. Elas são adequadas para operar entre quedas de 350 m até 1100 m, sendo por isto muito mais comuns em países montanhosos. Elas tem eficiência constante dentro de uma ampla gama de condições de operação. Os elementos de uma turbina de kaplan estão mostradas na figura abaixo .

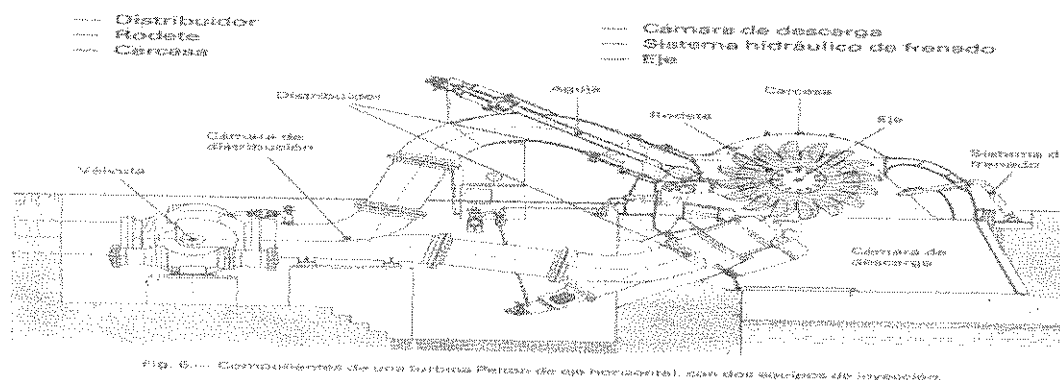


Figura 8 : componentes de uma turbina de Pelton

3.6.7.2 Turbina de Francis

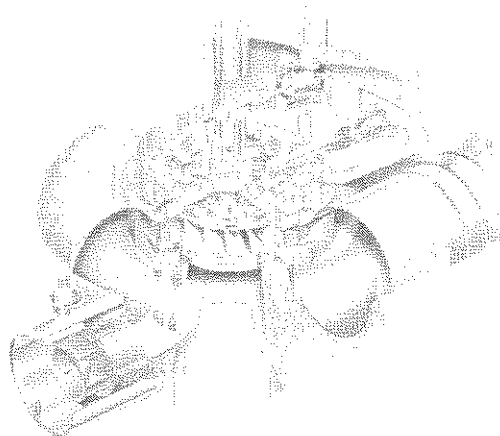


Figura 9 Turbina de Francis

As turbina Francis possuem um rotor na forma de um cilindro vazado com a parede lateral formada por palhetas curvas. A água de entrada é dirigida por um tubo em espiral e um sistema de palhetas estáticas que a forçam a atravessar radialmente a parede do rotor, empurrando as palhetas deste. A água sai pela base do rotor praticamente com pressão e velocidade muito reduzidas. Turbinas Francis são adequadas para operar entre quedas de 40 m até 400 m.

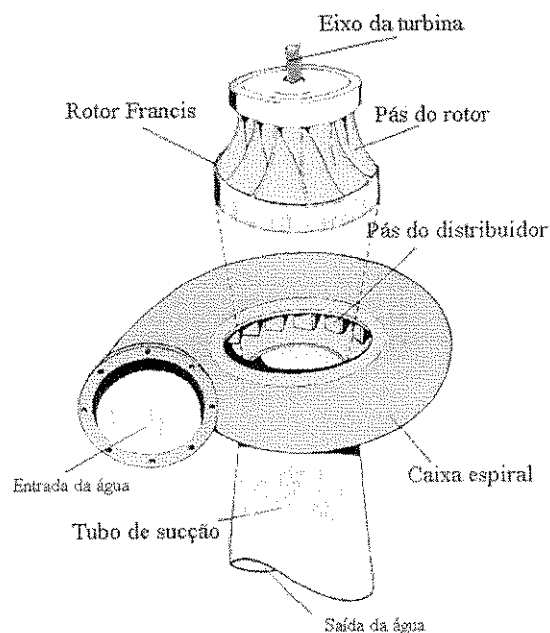


Figura 10: componentes de uma Turbina de francis

As turbina Francis possuem um rotor na forma de um cilindro vazado com a parede lateral formada por palhetas curvas. A água de entrada é dirigida por um tubo em espiral e um sistema de palhetas estáticas que a forçam a atravessar radialmente a parede do rotor, empurrando as palhetas deste. A água sai pela base do rotor praticamente com pressão e velocidade muito reduzidas. Turbinas Francis são adequadas para operar entre quedas de 40 m até 400 m.

3.6.7.3 Turbina de Kaplan

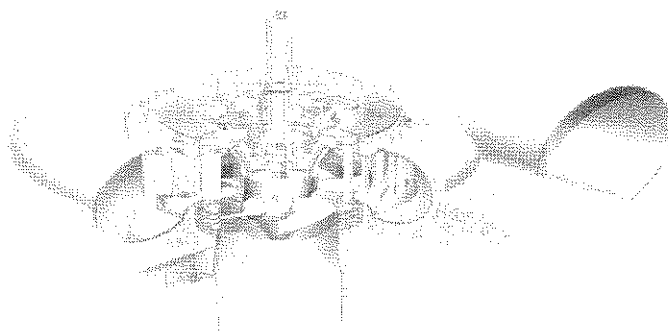


Figura 11 Turbina de kaplan

A única diferença entre as turbinas Kaplan e Francis é o rotor, que se assemelha a um propulsor de navio. O ângulo de inclinação das pás é controlado por pistões hidráulicos, normalmente em conjunto com as palhetas de distribuição. Turbinas Kaplan são adequadas para operar em quedas até 60 m. Elas apresentam eficiência constante em ampla faixa de operação.

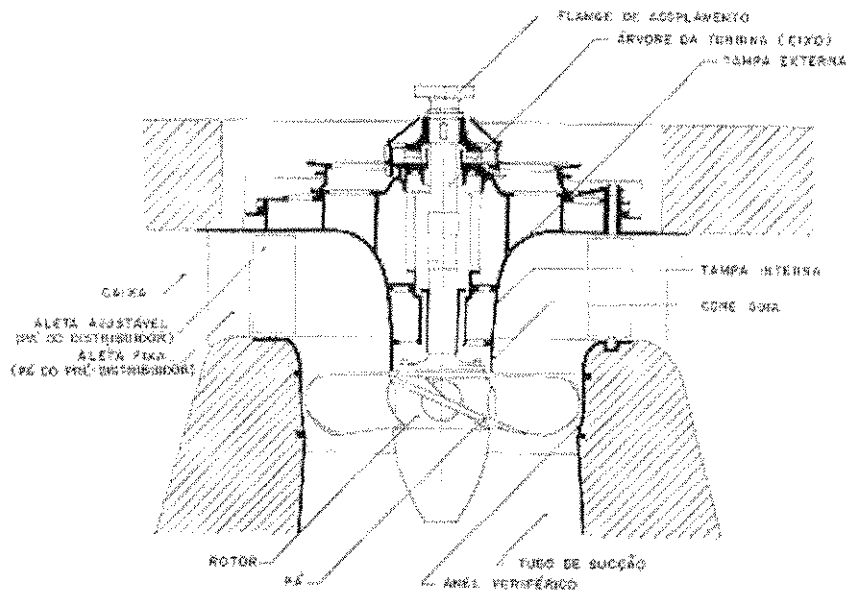


Fig. 3.13 Corte longitudinal de uma turbina Kaplan.

Figura 12 : Componentes de uma turbina de kaplan

3.6.7.4 Turbina de Bulbo

A turbina bolbo (ou bulbo) é uma combinação integral coaxial de uma turbina hidráulica de tipo Kaplan com um gerador elétrico, este último envolto em uma cápsula selada imersa no centro do fluxo da água. O eixo do conjunto é geralmente horizontal. Turbinas bolbo são geralmente usadas em usinas hidrelétricas com quedas de água abaixo de 20 m e fluxo rápido, onde elas apresentam vantagens sobre outros tipos; mas exigem uma vedação cuidadosa do gerador e sua manutenção é mais difícil. A figura a baixo mostra uma turbina bulbo.

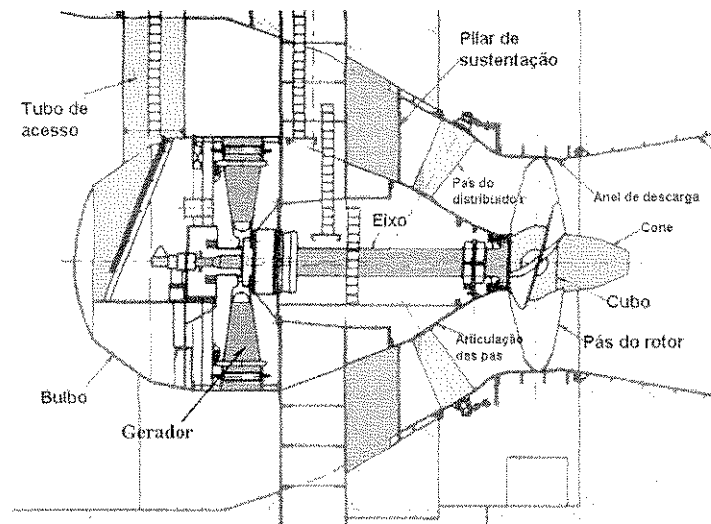


Figura 13: componentes de uma turbina bulbo

3.6.7.5 A turbina Axial

A turbina axial tradicional também chamada de propeller consiste basicamente de um rotor, similar a hélice de navio, ajustada internamente na continuação de um conduto, com o eixo saindo do conjunto no ponto em que a tubulação muda de direção. Normalmente três ou quatro pás são utilizadas quando a altura de queda é relativamente baixa, podendo ter até oito pás para maiores alturas. A entrada da água é regulada por palhetas .

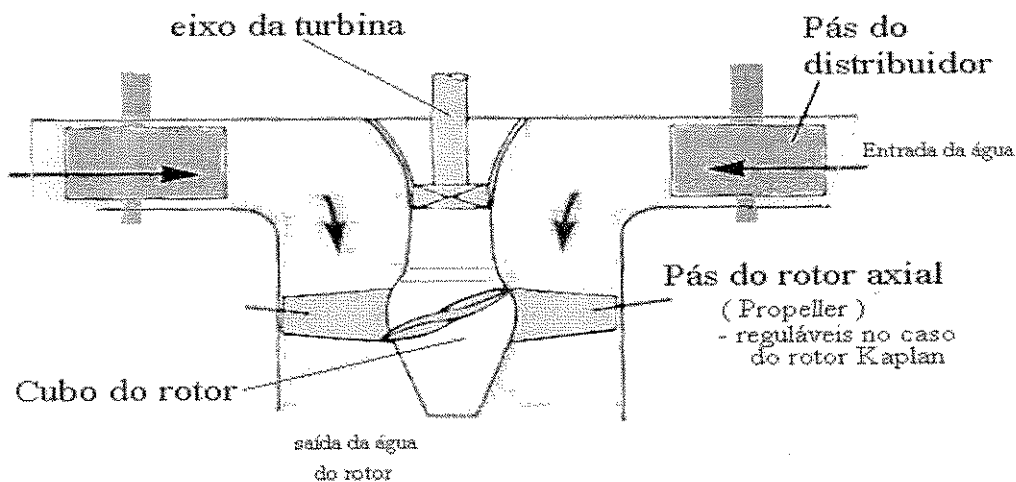


Figura 14 : componentes de uma Turbina Axial

3.6.7.6 Turbina de fluxo cruzado

A turbina de fluxo cruzado, também chamada de fluxo transversal, Michel-Banki, Michel – Ossberger, ou simplesmente Banki, tem o comportamento de uma turbina de ação, estando no mesmo nível de classificação das turbinas Pelton e Turgo.

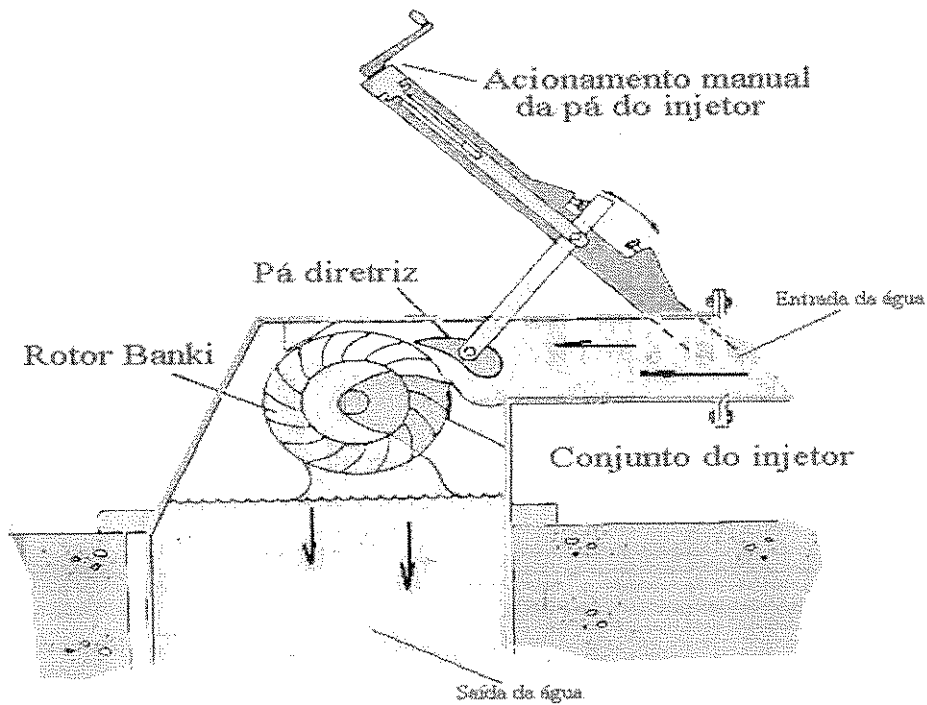


Figura 15 : componentes de uma turbina de fluxo cruzado

3.6.7.7 Turbina Turgo

A turbina Turgo é uma máquina de impulso similar a turbina Pelton. Entretanto, o jato é desenhado para atingir o plano do rotor em um determinado ângulo (na prática se usa normalmente 20°).

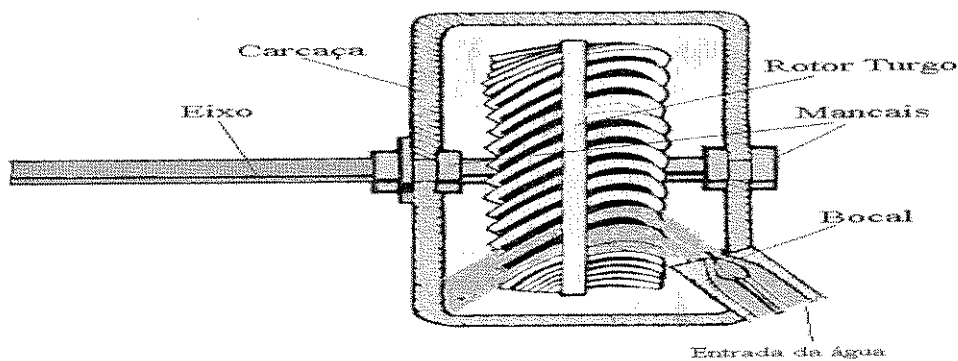


Figura 16 : componentes de uma turbina Turgo

3.6.7.8 Mapa de operacionalidade das turbinas Hídricas

A figura abaixo mostra o campo de operação dos vários tipos de turbina tendo em conta a vazão, a altura de queda e a potência.

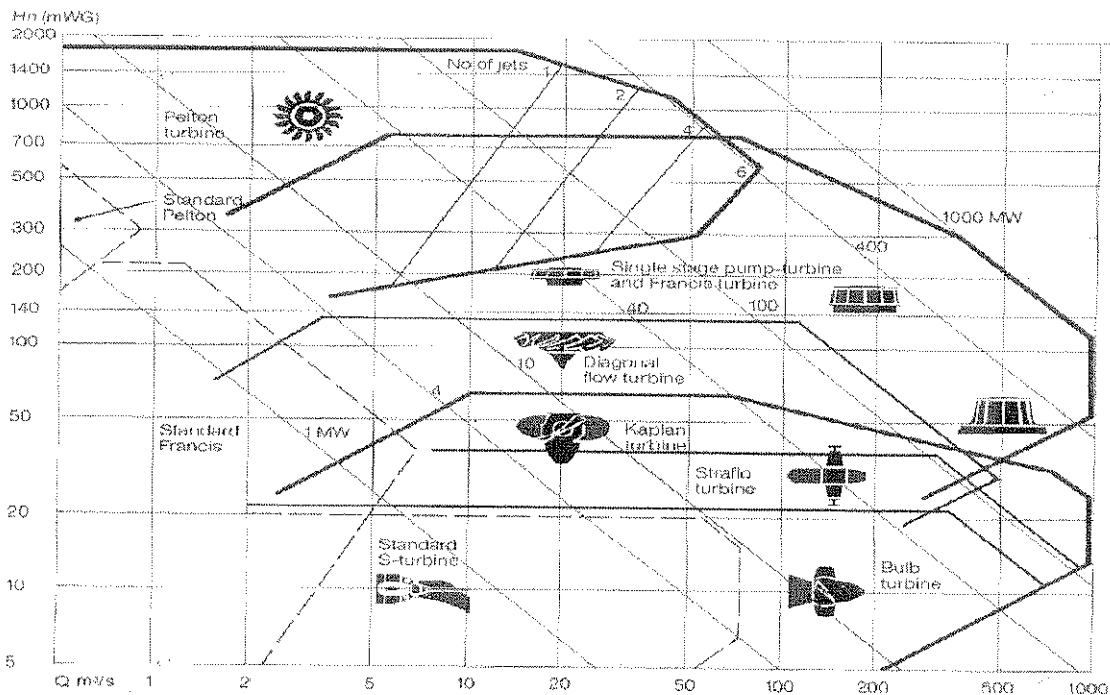


Figura 17 : Esquema do campo de operação das Turbinas hídricas

3.7 Vantagens e desvantagens da Energia hídrica

3.7.1. Vantagens

- É uma energia limpa, ou seja, não emite gases poluentes da queima de combustível
- É uma energia renovável, ele se renova eternamente, assim não há preocupações com o seu esgotamento.
- E Moçambique, por exemplo, é uma boa opção por causa da quantidade de recursos hídricos disponíveis com grande vazão e por causa dos vários acidentes geográficos (montanhas, cachoeiras...).
- Não há gasto com combustível.

3.7.2. Desvantagens

- Para Construir uma hidrelétrica é necessário fazer um lago artificial, o que inunda grandes áreas de biomas naturais (florestas, savanas...)
- Devido à decomposição da vegetação submersa são emitidas consideráveis quantidades de metano que contribui para aquecimento global que o metano.
- Altera levemente alguns detalhes no ambiente como a umidade e o ciclo das chuvas o que pode causar problemas ao ecossistema local.

4. Metodologia

A realização deste trabalho baseou-se em pesquisa de matéria disponível nos livros e em alguns artigos na internet e em artigos disponíveis no Ministério da Energia (M E).

5. Conclusão

O aproveitamento da energia hidráulica para geração de energia elétrica é feito por meio do uso de turbinas hidráulicas, devidamente acopladas a um gerador. As turbinas hidráulicas são atualmente as formas mais eficientes de conversão de energia primária em energia secundária. As turbinas hidráulicas apresentam uma grande variedade de formas e tamanhos. O modelo mais utilizado é o Francis, uma vez que se adapta tanto a locais com baixa queda quanto a locais de alta queda. Como trabalha totalmente submerso, seu eixo pode ser horizontal ou vertical.

Entre outros modelos de turbinas hidráulicas, destacam-se o Kaplan, adequado a locais de baixa queda (10 m a 70 m), e o Pelton, mais apropriado a locais de elevada queda (200 m a 1.500 m).

Os seguintes aspectos podem ser usados na classificação das usinas hidrelétricas:

i) altura efetiva da queda d'água; ii) capacidade ou potência instalada; iii) tipo de turbina empregada; iv) localização, tipo de barragem, reservatório etc. Contudo, esses fatores são interdependentes. Geralmente, a altura da queda determina os demais e uma combinação entre esta e a capacidade instalada determina o tipo de planta e instalação.

6. Bibliografia

1. ESTRATÉGIA DE DESENVOLVIMENTO DE ENERGIAS NOVAS E RENOVAVEIS (EDENR) (2011) .
2. UFFIE & BECKMAN (1991), Solar **engineering of thermal processes**. Second edition.
3. ANEEL.**Energia Hídrica**.
<[http://www.aneel.gov.br/aplicações/pdf/06-Energia-Hídrica \(3\).pdf](http://www.aneel.gov.br/aplicações/pdf/06-Energia-Hídrica%20(3).pdf)>
4. Prof. Ing. Cesar Sanabria MAQUINAS HIDRÁULICAS CLASSE 2.pdf
5. “Tecnología hídrica”. M. Ibañez Plana, J. R. Rossell Polo, J. I. Rossell Urrutia