



**UNIVERSIDADE DA INTEGRAÇÃO INTERNACIONAL DA LUSOFONIA
AFRO-BRASILEIRA
INSTITUTO DE ENGENHARIAS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL
CURSO ENGENHARIA DE ENERGIAS**

AJUMAR OMAR ALFAICA

**COMPARAÇÃO DO EMPREGO DE TURBINAS HIDRÁULICAS NO BRASIL E EM
MOÇAMBIQUE**

ACARAPE-CE

2020

AJUMAR OMAR ALFAICA

COMPARAÇÃO DO EMPREGO DE TURBINAS HIDRÁULICAS NO BRASIL E EM
MOÇAMBIQUE

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia de Energias da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, como pré-requisito para obtenção de grau de Bacharel em Engenharia de Energias.

Orientador: Prof. Dr. Sérgio Servilha de Oliveira

ACARAPE-CE

2020

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Sistema de Bibliotecas da UNILAB
Catalogação de Publicação na Fonte.

Alfaica, Ajumar Omar.

A385c

Comparação do emprego de turbinas hidráulicas no Brasil e em Moçambique / Ajumar Omar Alfaica. - Redenção, 2020.
93f: il.

Monografia - Curso de Engenharia De Energias, Instituto De Engenharias E Desenvolvimento Sustentável, Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Redenção, 2020.

Orientador: Profº Drº. Sérgio Servilha de Oliveira.

1. Brasil. 2. Moçambique. 3. Turbinas hidráulicas. 4. Usinas hidroelétricas. I. Título

CE/UF/BSCA

CDD 627.8

AJUMAR OMAR ALFAICA

COMPARAÇÃO DO EMPREGO DE TURBINAS HIDRÁULICAS NO BRASIL
E EM MOÇAMBIQUE

Monografia apresentada ao curso de Engenharia de Energias do Instituto de Engenharia e Desenvolvimento Sustentável da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, como requisito para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Energias.


Aprovado em 10/02/20.

BANCA EXAMINADORA



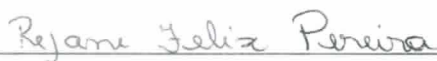
Prof. Sergio Servilha de Oliveira

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB)



Prof. George Leite Mamede

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB)



Profa. Rejane Felix Pereira

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB)

A Deus.

Aos meus pais, Maria Isabel e Arcanjo Alfaica.

A minha tia Carolina e irmão Vagner.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus e aos meus ancestrais pelo dom da vida e por me permitirem chegar até aqui.

A minha família por todo apoio e por acreditarem em mim a todo momento.

A UNILAB pela oportunidade de realizar os meus estudos e a todo corpo docente do Instituto de Engenharias e Desenvolvimento Sustentável – IEDS pela excelência, paciência e disponibilidade de transmitir os seus conhecimentos para comigo e com os colegas.

Ao meu orientador, Professor Doutor Sérgio Servilha pela orientação, a Professora Doutora Rejane Félix Pereira pelo acompanhamento ao longo do curso, iniciação a pesquisa e desenvolvimento de trabalhos acadêmicos e de extensão e ao meu amigo Djosef pela força e persistência ao longo dos trabalhos acadêmicos realizados juntos.

A minha prima Fausta pelo apoio e os momentos compartilhados durante a trajetória do curso.

A toda comunidade moçambicana na UNILAB pelo apoio e por serem uma segunda família na qual vivenciei momentos incríveis da minha graduação.

Aos colegas de curso pelos momentos de estudo, alegrias, tristezas e por todo aprendizado.

Aos amigos da capoeira e a capoeira pelos momentos de lazer, aprendizado e a disciplina na qual pode me trazer para a vida.

RESUMO

Perante a crescente demanda por energia e a busca por fontes de energia mais limpas e que possam diversificar as matrizes energéticas de um país, surge a energia hidroelétrica, que é uma energia limpa, e tem como um dos seus principais componentes a turbina hidráulica, que converte a energia hidráulica em mecânica motriz. O uso dos diferentes tipos de turbina varia de acordo com as condições de relevo e hidrografia de um país. Diante disso, comparou-se o emprego de turbinas hidráulicas no Brasil e em Moçambique. A partir de uma revisão bibliográfica mapeou-se a hidrografia, o relevo e enumerou-se os aproveitamentos hidroelétricos do Brasil e de Moçambique. Analisou-se o tipo de turbinas hidráulicas empregadas nos diversos aproveitamentos hidroelétricos existentes no Brasil e Moçambique, comparou-se e constatou-se a expertise do Brasil e o destaque a nível global no emprego de turbinas hidráulicas. Com base nas semelhanças existentes nas condições de relevo e hidrografia das duas nações, concluiu-se que Moçambique pode se espelhar nas soluções técnicas brasileiras para melhor desenvolver seu parque hidráulico e propôs-se o emprego de turbinas Pelton, Francis, Kaplan e as modernas turbinas Bulbo de acordo com as especificidades das bacias hidrográficas de Moçambique.

Palavras-chave: Brasil. Moçambique. Turbinas hidráulicas. Relevo. Hidrografia.

ABSTRACT

In view of the growing demand of energy and the search of clean energy sources that can diversify a country energetic matrices, arises hydroelectric energy, which is a clean energy, and one of the main component is the hydraulic turbine, that convert hydraulic energy into driving mechanic. The use of different types of hydraulic turbines varies according to the relief conditions and the hydrography of a country. Facing this thing, has been compared the employing of hydraulic turbines in Brazil and Mozambique. Has been realized a Bibliographic Revision that mapped the hydrography, relief and enumerated the hydroelectric plants in Brazil and Mozambique. Has been analyzed the type of hydraulic turbines employed in the diverse existing ventures in Brazil, has been compared with Mozambique and it was verified the expertise of Brazil and the global highlight in the use of hydraulic turbines. Based on the similarities in the relief and hydrographic conditions of the two nations, it was concluded that Mozambique can mirror itself in the Brazilian technical solutions to better develop its water park and it was proposed to apply Pelton, Francis, Kaplan and the modern Bulb turbine according to the specifics of the hydrographic basins of Mozambique.

Keywords: Brazil. Mozambique. Hydraulic turbines. Relief. Hydrography.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Produção de hidroeletricidade no mundo a partir de 1971 até 2017 (TWh).....	16
Figura 2 - Turbina Pelton com um injetor.	20
Figura 3 - Jato de água deixando o injetor e rotor Pelton.....	21
Figura 4 - Rotor de uma turbina Pelton.	22
Figura 5 - Vista transversal superior de uma concha Pelton.	23
Figura 6 - Injetor da turbina Pelton e seus componentes.....	24
Figura 7 - Esquema de uma turbina Francis e seus principais componentes.	25
Figura 8 - Rotor Kaplan da Usina Hidroelétrica Estreito.	28
Figura 9 - Curva rendimento versus vazão porcentual para o rotor hélice e Kaplan.	29
Figura 10 - vista 3D de uma turbina Bulbo.	31
Figura 11 - Hipsometria e bacias hidrográficas do Brasil.	33
Figura 12 - Regiões hidrográficas brasileiras.	34
Figura 13 - Mapa de Moçambique, fronteiras e a sua divisão administrativa.....	43
Figura 14 - Relevo de Moçambique e as suas altitudes.....	45
Figura 15 - Mapa da precipitação de Moçambique.	46
Figura 16 - Mapa das bacias hidrográficas de Moçambique.	48
Figura 17 - Atlas do potencial hidroelétrico de Moçambique.....	53
Figura 18 - Projetos hidroelétricos identificados.....	54
Figura 19 - Mapa de elevação da BH do Zambeze.....	72
Figura 20- Mapa de elevação da BH Amazônica	73
Figura 21 - Curvas de nível de Moçambique	74

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tipo de turbina e altura de aplicação.....	19
Tabela 2 - Valores mínimos para o coeficiente m, em função da altura topográfica.	21
Tabela 3 - Categorias dos rotores Francis.	26
Tabela 4 - Vantagens e desvantagens das TH. Bulbo em relação a Kaplan.....	31
Tabela 5 - Bacias hidrográficas e suas informações complementares.....	52
Tabela 6 - Tipo de usina e a sua respectiva escala de potência.....	55
Tabela 7 - Exemplos de empreendimentos hidroelétricos na RH Amazônica.	57
Tabela 8 - Exemplos de empreendimentos hidroelétricos na RH Tocantins-Araguaia.....	58
Tabela 9 - Exemplos de empreendimentos hidroelétricos na RH NE Ocidental.....	59
Tabela 10 - Exemplos de empreendimentos hidroelétricos na RH do São Francisco.....	60
Tabela 11 - Exemplos de empreendimentos hidroelétricos na RH do Sudeste.	61
Tabela 12 - Exemplos de empreendimentos hidroelétricos na RH do Paraná.....	61
Tabela 13 - Bacias hidrográficas brasileiras, suas altitudes e emprego de turbinas hidráulicas.	62
Tabela 14 - Síntese dos trechos, altitudes e turbinas a serem empregadas.....	68
Tabela 15 - Usinas hidrelétricas da região Norte.	81
Tabela 16 - Usinas hidrelétricas da região Nordeste.	82
Tabela 17 - Usinas hidrelétricas da região Centro-Oeste.	84
Tabela 18 - Usinas hidrelétricas da região Sudeste: “Continua”.....	85
Tabela 19 - Usinas hidrelétricas da região Sudeste:	86
Tabela 20 - Usinas hidrelétricas da região Sul.	87
Tabela 21 - Aproveitamentos com turbinas Pelton no Brasil.....	89
Tabela 22 - Empreendimentos Hidroelétricos em operação em Moçambique.....	89
Tabela 23 - Alguns empreendimentos Hidroelétricos planejados para Moçambique.	90
Tabela 24 - Descrição dos projetos de mini hídricas.....	92

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

TCC	Trabalho de conclusão de curso
UHE	Usina hidroelétrica
PCH	Pequena central hidroelétrica
CGH	Central geradora hidroelétrica
T.H.	Turbina hidráulica
FUNAE	Fundo de energia
B.H.	Bacia hidrográfica
R.H.	Região hidrográfica
IEA	International Energy Agency

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 Justificativa	15
1.2 Objetivos	15
<i>1.2.1 Objetivos Gerais</i>	15
<i>1.2.2 Objetivos específicos</i>	15
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1 Matriz energética no contexto mundial e nacional	16
<i>2.1.1 Matriz energética do Brasil</i>	16
<i>2.1.2 Matriz energética de Moçambique</i>	17
2.2 Turbinas hidráulicas	17
<i>2.2.1 Turbinas Pelton</i>	19
<i>2.2.2 Turbinas Francis</i>	24
<i>2.2.3 Turbinas axiais: Hélice e Kaplan</i>	27
<i>2.2.3.1 Turbina Kaplan operando com caracol</i>	29
<i>2.2.4 Turbinas Bulbo</i>	30
2.4 Morfologia do Brasil	32
2.5 Morfologia de Moçambique	43
3 METODOLOGIA	55
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	57
4.1 Emprego de turbinas hidráulicas no Brasil	57
4.2 Emprego de turbinas em Moçambique	63
4.3 Comparação do emprego de turbinas hidráulicas no Brasil e em Moçambique	69
4.3.1 Turbina hidráulica Pelton	69
4.3.2 Turbinas hidráulicas Francis	69
4.3.3 Turbinas hidráulicas Kaplan	70
4.3.4 Turbina hidráulica Bulbo	70

4.4 Análise via georreferenciamento	71
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	75
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	76
ANEXO A – Empreendimentos hidroelétricos do Brasil e Moçambique	81

1 INTRODUÇÃO

O mundo vem enfrentando uma demanda crescente do uso de energia e face a essa demanda, faz-se necessário pensar não só no crescimento, como também, no atendimento sem o comprometimento do meio ambiente e das gerações futuras.

Devido ao crescimento desenfreado das populações e da necessidade de atender à demanda por energia, as fontes de energia de matriz fóssil foram crescendo de tal maneira que começou a se tornar uma preocupação pelo elevado preço do petróleo e com a poluição do meio ambiente, devido a emissão de gases de efeito estufa e o forte impacto que as fontes de energia não renováveis possuem no seu processo de produção de energia elétrica.

Uma vez que a fonte de energia de matriz fóssil tem a sua taxa de recomposição em um período lento, fez-se necessário a busca por matrizes de energia renovável. Partindo desse pressuposto, começou a se investir em fontes alternativas de energia visando o atendimento da demanda a mínimo custo e considerando o baixo impacto ao meio ambiente.

Brasil e Moçambique têm relevo e hidrografia que permitem o aproveitamento hidráulico para a geração elétrica e há décadas esses países constroem e operam usinas hidroelétricas.

O Brasil, por seu tamanho, relevo, hidrografia e desenvolvimento econômico investiu em um grande parque de geração hidráulica com mais de 3000 empreendimentos hidroelétricos de diferentes técnicas de construção e aproveitamentos.

Moçambique, por seu relevo e hidrografia, a partir da década de 1960 iniciou a construção de aproveitamentos hidráulicos e hoje conta com 7 empreendimentos de grande e pequeno porte e 27 mini empreendimentos hidroelétricos, em que os mini empreendimentos visam o suprimento de energia elétrica em regiões remotas.

Pode o emprego de turbinas hidráulicas em empreendimentos hidroelétricos no Brasil ser um modelo positivo para um aproveitamento ainda mais eficiente do potencial hidráulico em Moçambique?

1.1 Justificativa

O Brasil tem como uma das fontes primárias de energia a hidráulica, cujo percentual de contribuição para o setor energético do país é de (64%) (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2019). Em sua extensão o Brasil tem uma infinidade de aproveitamentos hidroelétricos com diferentes dimensões e técnicas de construção.

Tendo em conta que o Brasil é uma das maiores referências quanto ao uso da energia hidráulica para a produção de energia elétrica e que Moçambique possui um alto potencial hidráulico e tem a perspectiva de expansão do seu parque hidroelétrico, é proposta a comparação do emprego de turbinas hidráulicas no Brasil e em Moçambique e a verificação da possibilidade do emprego das técnicas brasileiras em Moçambique, para que se possa proporcionar uma geração mais eficiente, maior acesso à energia e aplicação de novas técnicas, o que conseqüentemente consiste na variação dos tamanhos dos empreendimentos e variação dos tipos de turbinas hidráulicas empregadas.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivos Gerais

Comparar a experiência positiva do emprego de turbinas hidráulicas no Brasil com Moçambique.

1.2.2 Objetivos específicos

- Estudar os diferentes tipos de turbinas hidráulicas e suas condições de aplicação.
- Comparar as turbinas hidráulicas empregadas no Brasil e em Moçambique.
- Comparar a hidrografia e o Relevo do Brasil com o de Moçambique.
- Verificar a possibilidade de aplicação em Moçambique a experiência positiva do Brasil no emprego de turbinas hidráulicas.

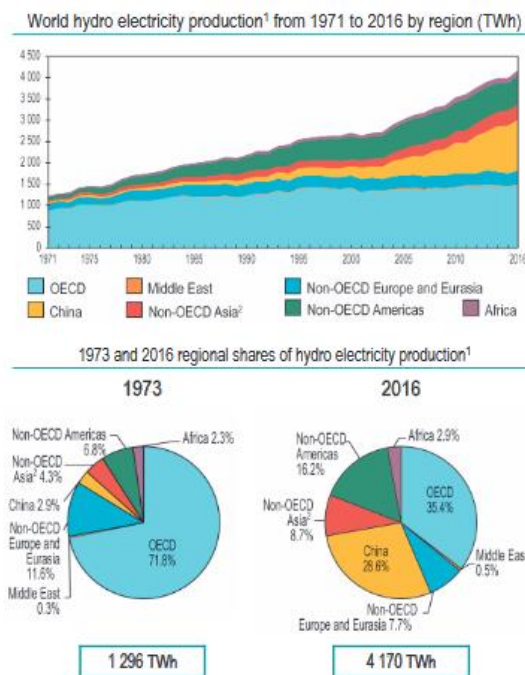
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Matriz energética no contexto mundial e nacional

De acordo com a International Energy Agency (IEA) (2018), a matriz energética mundial tem em sua maioria o uso de fontes não renováveis de energia. Em 2016 a sua distribuição se encontrava da seguinte maneira: Petróleo (31,9%), Carvão (27,1%), gás natural (22,1%), nuclear (4,9%), hidráulica (2,5%), biocombustíveis (9,8%) e outras fontes de energia (1,7%).

International Energy Agency (IEA) (2018) aponta que o mundo vem enfrentando uma crescente demanda do uso de energia a partir da hidroeletricidade, conforme pode ser visto na figura 1:

Figura 1 - Produção de hidroeletricidade no mundo a partir de 1971 até 2017 (TWh).



Fonte: IEA, 2018.

2.1.1 Matriz energética do Brasil

De acordo com a Empresa de Pesquisa Energética [EPE] (2019), o Brasil em sua capacidade instalada tem como fontes de energia a hidráulica (64%), nuclear (1,2%), eólica

(8,8%), solar (1,1%), biomassa (9,1%) e uma contribuição das fontes não renováveis de energia de 15,1%.

Como um todo o Brasil tem uma matriz energética bem diversificada e com o forte uso de fontes de energias de matriz renovável, onde a fonte hidráulica vem liderando e sendo uma referência a nível internacional.

2.1.2 Matriz energética de Moçambique

Moçambique possui enormes recursos energéticos ainda pouco explorados: carvão mineral e gás natural, potencial hídrico, recursos renováveis como a energia solar, eólica, hídrica, geotérmica, oceânica e fontes de biomassa florestais e agrícolas. Ao mesmo tempo, Moçambique é um dos Países com os níveis mais baixos de consumo de energia no Sul de África, com cerca de 80% do consumo energético do país baseado em biomassa (lenha e carvão) e cerca de 17% da população com acesso à energia eléctrica. (REPÚBLICA DE MOÇAMBIQUE, [2011], p. 5).

“A Rede Eléctrica Nacional (REN) abastece cerca de 17% da população Moçambicana e cobre 95 dos 128 distritos do país. A energia hídrica constitui a principal fonte de geração de electricidade, e planos existem para desenvolver o parque hidroeléctrico nacional.” (REPÚBLICA DE MOÇAMBIQUE, [2011], p. 6).

De acordo com República de Moçambique ([2011]), uma parte do território nacional, incluindo as zonas rurais e periurbanas se encontram isoladas da rede eléctrica nacional. Embora estejam em curso esforços para a expansão da rede eléctrica nacional, o autor aponta que se faz necessário a provisão de serviços de energia de alta qualidade para as zonas isoladas.

2.2 Turbinas hidráulicas

As turbinas hidráulicas são máquinas hidráulicas que “recebendo em sua porta de entrada energia mecânico-hidráulica de um fluido, converte essa energia em energia mecânico-motriz e a disponibiliza na ponta mecânica referida” (SIMONE, 2013, p. 31).

Dentre os diferentes tipos de turbinas hidráulicas é possível encontrar as seguintes:

- Turbinas hidráulicas de Ação;
- Turbinas hidráulicas de Reação.

- a) **Turbinas hidráulicas de ação:** de acordo com Husain, Abdullah e Alimuddin (2008) e Simone (2013) são conversores hidrodinâmicos que operam com a energia cinética da água, convertendo a energia mecânico-hidráulica em energia mecânico-motriz. A energia potencial do aproveitamento é transformada em energia cinética por meio de um jato de água as conchas do rotor da turbina. Se o atrito e a gravidade forem desprezíveis, a pressão do fluido e a velocidade relativa não muda quando passa pelas pás do rotor.

“Nas máquinas de ação, a função dos canais é simplesmente servir de guia ou desviadores de fluxo do fluido, não havendo variação de pressão do fluido que passa pelo rotor” (MACEDO, 2015).

“Na atualidade, a turbina de ação mais conhecida e empregada é a Pelton, que é uma turbina de ação de jato livre ou de livre desviação.” (SIMONE, 2013).

- b) **Turbinas hidráulicas de Reação:** “são máquinas hidráulicas que convertem energia mecânico-hidráulica, das formas cinética e de pressão, em energia mecânico-motriz. A água, à saída do rotor, pode estar a pressão positiva, negativa ou nula em relação à pressão atmosférica.” (SIMONE, 2013).

De acordo com Husain, Abdullah e Alimuddin (2008), as turbinas de reação são máquinas de médias e baixas quedas de altura e altas vazões e as mais usadas em escala comercial são as TH Francis, Kaplan e Bulbo.

Segundo Macedo (2015), na análise de turbinas hidráulicas, estas podem ter a sua classificação segundo a trajetória do fluxo do rotor, em que podem ser divididas por:

- Trajetória radial: no qual o fluido percorre uma trajetória predominantemente radial ao eixo do rotor. Exemplo: turbina Francis.

- Trajetória de fluxo axial: no qual o fluido percorre o caminho paralelo ao eixo do rotor. Exemplo: turbinas Kaplan e Bulbo.

- Trajetória de fluxo tangencial: o fluido escorre de forma tangencial ao rotor. Exemplo: turbina Pelton.

Devido a suas características operacionais algumas turbinas são mais adequadas para instalações onde poderá haver grandes variações de carga, porém há outras que apresentam um comportamento não muito bom para curvas variáveis (BARRETO; TIAGO FILHO, 2008). Como uma das características para a escolha do tipo de turbina tem-se a queda de altura, no qual não é apresentado na tabela 1:

Tabela 1 - Tipo de turbina e altura de aplicação.

Tipo de Turbina	Altura de Aplicação
Turbina Pelton	> 400 metros
Turbina Francis	$8 < H \text{ (m)} < 600$ metros
Turbina Kaplan	< 50 metros
Turbina Bulbo	≤ 20 metros

Fonte: Adaptado de Simone (2013); Souza, Santos e Bortoni (2009).

É importante ressaltar que as alturas não são absolutas, somente é tomado como um padrão, porém deve ser analisado caso a caso para a aplicação. A seguir segue a explicação das características e princípio de funcionamento de cada turbina.

2.2.1 Turbinas Pelton

De acordo com Simone (2013) e Souza, Santos e Bortoni (2009) as turbinas Pelton tem a característica de operar com injetor ou injetores que dirigem um jato de água contra as pás de um rotor, chamado “Roda Pelton”.

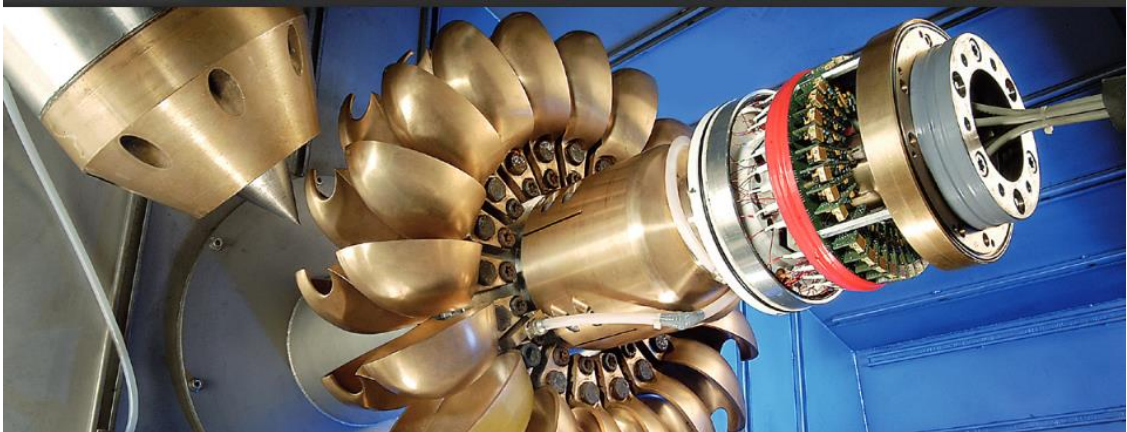
Husain, Abdullah e Alimuddin (2008) caracteriza que as rodas Pelton são de jatos simples, porém quando potências maiores são necessárias, a vazão necessária também aumenta, o que influencia na necessidade de mais de um bico injetor. O autor caracteriza que em condições ideais o jato de água deve ter espaçamento de tempo suficiente para atingir uma pá de cada vez.

“O número de pás da roda Pelton, o seu diâmetro e a sua velocidade angular estão intimamente ligados à altura topográfica do aproveitamento e à potência mecânica da turbina.” (SIMONE, 2013, p. 74).

Quanto ao número de injetores, as turbinas Pelton com eixo vertical podem ter um ou dois injetores, enquanto que as de eixo horizontal podem ter de três a seis injetores, alcançando potências de 150 MW por unidade de turbina (SIMONE, 2013, p. 74; SOUZA; SANTOS; BORTONI, 2009).

Na figura 2 segue o modelo de uma turbina Pelton com um injetor.

Figura 2 - Turbina Pelton com um injetor.



Fonte: VOITH, 2013.

Quanto ao suprimento de água da turbina Pelton:

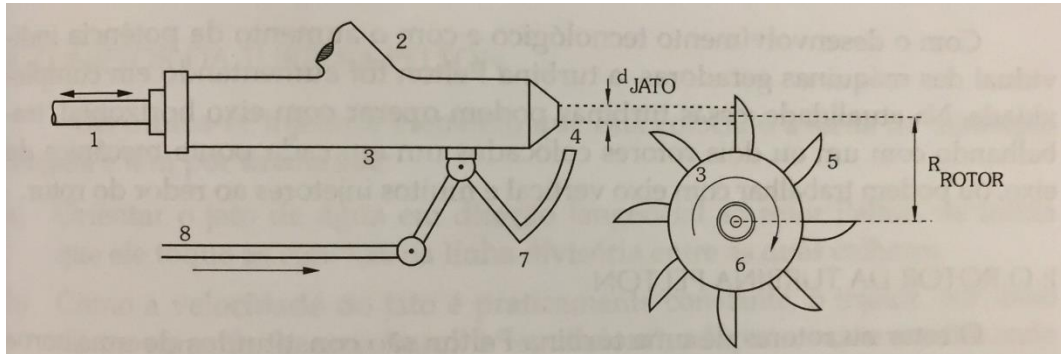
O suprimento de água acontece a partir de uma grande queda de água por um longo conduto chamado conduto forçado. A água é acelerada no bico injetor e a queda é convertida em alta velocidade de descarga em forma de jato à pressão atmosférica. O jato de água incide sobre as pás conectadas a uma roda rotativa. [...] A energia cinética do jato é perdida para as pás e a água descarregada em velocidade relativamente baixa cai no reservatório inferior. (HUSAIN; ABDULLAH; ALIMUDDIN, 2008, p. 101).

Segundo Simone (2013), com base em inúmeras experiências realizadas com rotores Pelton, nos mais variados aproveitamentos, estabeleceu-se a relação entre o raio do rotor Pelton (R_{Rotor}) e o diâmetro do centro do jato (d_{jato}), e constatou-se que essa relação não deve ser menor do que 8, conforme apresentado na equação 1:

$$m = \frac{R_{rotor}}{d_{jato}} \geq 8 \quad (1)$$

Na figura 3 segue um esquema meramente ilustrativo em que demonstra a relação do diâmetro do jato e o raio do rotor.

Figura 3 - Jato de água deixando o injetor e rotor Pelton.



Fonte: (SIMONE, 2013).

Onde:

- | | |
|-----------------------------------|-------------------------|
| 1: Eixo do Servomotor de Controle | 5: Concha ou Pá Pelton |
| 2: Tubulação Forçada | 6: Rotor Pelton |
| 3: Injetor de Água | 7: Desviador do Jato |
| 4: Injetor Pelton | 8: Comando do Desviador |

Segundo Simone (2013), o pesquisador Gerber determinou experimentalmente a relação entre a queda ou altura topográfica H_{TOP} e o mínimo valor para o coeficiente m . Essa relação é vista na tabela 2:

Tabela 2 - Valores mínimos para o coeficiente m , em função da altura topográfica.

H (m)	400	500	600	750	1000	1500	2000
M (mínimo)	8	9	10	11	14	19	24

Fonte: SIMONE, 2013.

O coeficiente “ m ” mínimo que é de 8, em que se encontra a uma altura topográfica de 400m é o mínimo ideal para aplicação das turbinas Pelton. Simone, (2013) faz entender que não quer dizer que não podem ser empregadas turbinas Pelton em alturas inferiores e sim que, existem turbinas com comportamentos mais adequados e com rendimentos melhores, que é o caso das turbinas Francis.

As turbinas hidráulicas Pelton tem como seus componentes principais o Rotor, Injetor e o Servomotor, no qual o seu princípio de funcionamento será descrito a seguir:

- a) **Rotor:** O rotor ou rotores de uma turbina Pelton são constituídos de uma coroa circular ao redor do qual são fixadas, por parafusos ou arrebites, as pás ou conchas. As conchas têm o formato de uma colher dupla e tem o objetivo de receber o jato de água, onde é recebido na linha divisória entre as duas colheres e se divide em duas metades, desenhando, cada um, um arco de pouco mais de 120° , contrabalançando, mutuamente, os empuxos axiais provenientes de cada ramo do jato, pela mudança de direção de cada metade da concha (SIMONE, 2013);

Husain, Abdullah e Alimuddin (2008) aponta que a superfície das pás do rotor é polida e lisa para que se reduza perdas hidráulicas.

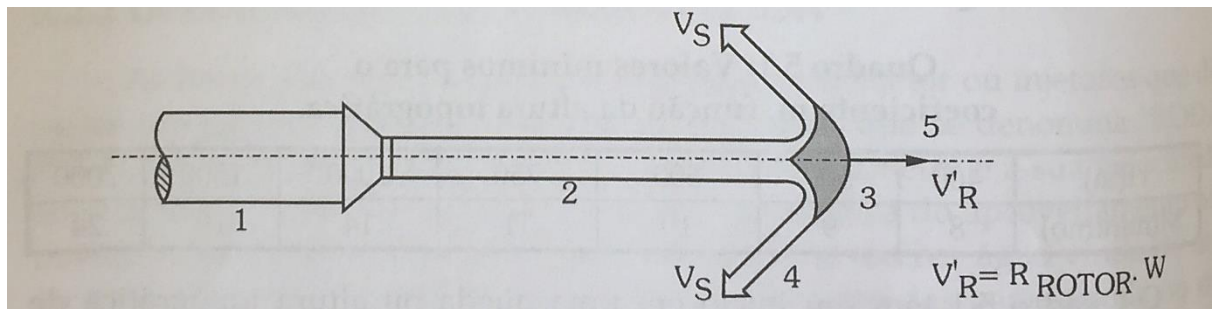
A figura 4 representa a ilustração do rotor de uma turbina Pelton e em seguida na figura 5 tem-se a vista transversal superior de uma concha Pelton e a direção tomada por cada metade do jato.

Figura 4 - Rotor de uma turbina Pelton.



Fonte: HIDROENERGIA, 2019.

Figura 5 - Vista transversal superior de uma concha Pelton.



Fonte: (SIMONE, 2013).

Onde:

1: Bico do injetor

4: Jato Bipartido

2: Jato de água

5: Sentido de movimento da pá

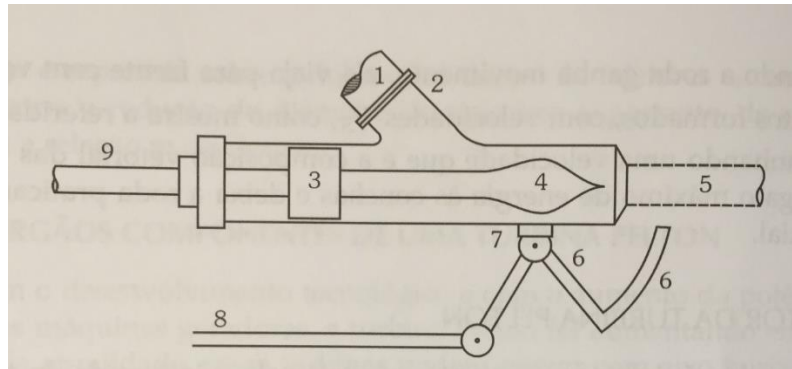
3: Pá do Rotor (Concha)

Quando a roda ganha movimento, ela viaja para frente com velocidade V'_R e os jatos formados, com velocidades V_S , como mostra a figura 4, e a água, ganhando uma velocidade que é a composição vetorial das velocidades, entrega o máximo de energia às conchas e deixa a roda praticamente na direção axial (SIMONE, 2013).

b) **Injetor da Turbina:** é um elemento da turbina Pelton que possui internamente a “agulha reguladora” que permite ajustar o diâmetro do jato de água às condições de potência e conseqüentemente, de vazão da turbina. A agulha reguladora é movimentada por um servomotor hidráulico. No eixo da agulha, existe um pistão cuja finalidade é equilibrar as forças de arrasto que atuam sobre a agulha, reduzindo a potência necessária para que o servomotor faça a sua tarefa (SIMONE, 2013);

De acordo com Simone (2013), juntamente com o injetor e fazendo parte do conjunto, existe um desviador de jato, que é regulado para que a água seja desviada em parte ou como um todo em casos de emergências tais como um curto-circuito no gerador ou nas proximidades dele. Na figura 6 é apresentado um esquema ilustrativo dos componentes que integram um injetor de uma turbina Pelton.

Figura 6 - Injetor da turbina Pelton e seus componentes.



Fonte: SIMONE, 2013.

Onde:

- | | |
|-------------------------|---------------------------------|
| 1: Tubulação forçada | 6. Desviador do jato |
| 2: Flanges | 7: Suporte do desviador |
| 3: Pistão de Equilíbrio | 8: Eixo de comando do desviador |
| 4: Agulha reguladora | 9: Eixo do servomotor |
| 5: Jato de Água | |

- c) **Servomotor da turbina Pelton:** “é um sistema hidráulico que, por meio da movimentação de um fluido (óleo hidráulico), desempenha um trabalho mecânico” (SIMONE, 2013). O servomotor da turbina Pelton tem como finalidade o acionamento do injetor da turbina.

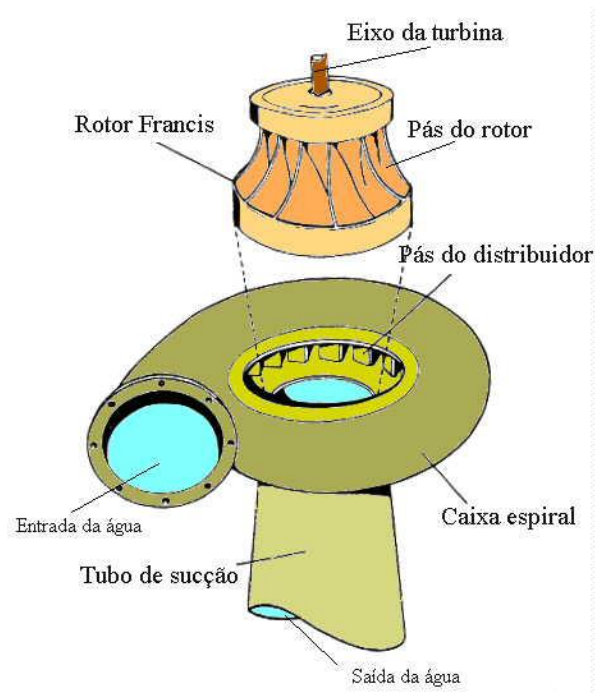
2.2.2 Turbinas Francis

A Turbina Francis foi desenvolvida pelo engenheiro americano Francis, por volta de 1847. Segundo Simone (2013), este engenheiro teve como proposta entregar a água ao rotor da turbina de forma radial centrípeta e retirar água de forma axial.

“As turbinas Francis são mais comuns em usinas hidroelétricas devido a sua flexibilidade e eficiência”. Quanto ao seu princípio de funcionamento, “a água entra pela caixa espiral, passa pelas pás fixas do pré-distribuidor, e chega radialmente no rotor, saindo no sentido axial para o tubo de sucção” (MACEDO, 2015, p. 23).

A turbina hidráulica Francis tem como componentes principais a carcaça/caracol, o distribuidor, o rotor e o tubo de sucção, conforme a figura 7.

Figura 7 - Esquema de uma turbina Francis e seus principais componentes.



Fonte: MELLO JUNIOR, 2000, p. 60.

- a) **Carcaça/caracol ou caixa espiral:** é o elemento que contém os componentes da turbina. O seu formato é o de um caracol e a água, ao percorrê-lo, forma uma espiral e é lançada, por meio das pás diretoras fixas no caracol (pré-distribuidor), ao rotor da turbina (ABREU, 2015; SIMONE, 2013). A água após deixar as pás diretoras fixas, dá de encontro a um conjunto de pás diretoras móveis (distribuidor);
- b) **Pré-Distribuidor ou pás fixas:** de acordo com Moura et al (2019), o mesmo direciona a água para a entrada do distribuidor. As palhetas fixas possuem um perfil hidrodinâmico de baixo arrasto para não gerar perda de carga e não provocar turbulência no escoamento. O mesmo é soldado na caixa espiral/caracol;
- c) **Distribuidor ou pás diretoras móveis:** segundo Abreu (2015) e Simone (2013), o distribuidor é nada mais do que pás que se movimentam em torno de um eixo, podendo ir da posição tangencial (fechando o fluxo hidráulico) a uma posição quase radial (vazão máxima). O distribuidor tem a finalidade de acelerar o fluxo de água, transformando a energia hidráulica em energia cinética, dirigir a água para o rotor e regular a vazão. O mesmo foi desenvolvido por “Fink”, construído

em aço fundido e exaustivamente trabalhado para ganhar um formato dinâmico de baixas perdas hidráulicas;

“O fluxo hidráulico pode ser variado quando a turbina não opera à sua plena carga alterando o ângulo de ataque das pás móveis.” (HUSAIN; ABDULLAH; ALIMUDDIN, 2008, p. 130).

As pás do distribuidor são controladas por um servomotor acionado a óleo hidráulico e após a água sair das pás diretoras móveis, entra de encontro como o rotor Francis (SIMONE, 2013, p. 100-101);

- d) **Rotor:** De acordo com Simone (2013), o rotor Francis tem como característica a presença de pás fixas e tem como princípio de funcionamento o recebimento da água de forma radial centrípeta e retirar a água de forma axial;

A escolha do tipo de rotor se dá com relação a queda e vazão. “Quanto maior for a queda e menor for a vazão, mais lento será o rotor. Por outro lado, quanto menor for a queda e maior for a vazão, mais rápido será o rotor” (SANTANDER, 2014, p. 11).

Para atender às grandes potências envolvidas em uma única máquina, deve-se ter grande capacidade de ‘engolimento’ de água. Desta forma, o tempo que a água deve permanecer no interior do rotor deve ser muito pequeno, o que faz com que o desenho básico do rotor Francis deva ser reanalisado para cada aproveitamento. (SIMONE, 2013, p. 98).

Segundo Simone, (2013) a reanálise do rotor Francis para cada aproveitamento foi basicamente dada a partir da velocidade específica necessitada para a altura disponível do aproveitamento hidráulico. Com isso a partir da equação (2), foi elaborada as categorias dos rotores Francis.

$$n_s = \frac{A_{FRA}}{\sqrt{H}} \quad (2)$$

Em que:

A: área do rotor Francis.

H: Altura topográfica.

Tabela 3 - Categorias dos rotores Francis.

Categoria do Rotor	Velocidade específica (rpm)
Francis Lentíssimo	$n_s \approx 60$ rpm

Francis Lento	$n_s \approx 100$ rpm
Francis Médio	$n_s \approx 160$ rpm
Francis Veloz	$n_s \approx 250$ rpm
Francis Ultra veloz	$n_s \approx 380$ rpm
Francis Velocíssimo	$n_s \approx 460$ rpm

Fonte: SIMONE, 2013.

De acordo com Santander, (2014), estas categorias do rotor sintetizam-se basicamente em função da relação entre os diâmetros de entrada e saída e a variação do diâmetro se dá da seguinte maneira:

Rotor Francis lento – quando o diâmetro de entrada é menor que o da saída;

Rotor Francis normal – quando diâmetro de entrada é igual ao de saída;

Rotor Francis rápido – quando o diâmetro de entrada é menor que o de saída.

- e) **Tubo de sucção:** “apresenta a forma de duto divergente e é instalado após o rotor nas turbinas de reação. Suas funções são de recuperar a altura entre a saída do rotor e o nível de água na descarga, além de restituir parte da energia cinética da velocidade residual da água na saída do rotor.” (ABREU, 2015, p. 47).

As turbinas hidráulicas Francis, no caso de eixo horizontal, estator ou carcaça em forma de espiral, e tubo de sucção com curva em cone é normalmente utilizada para alturas de $8 < H(m) < 600$ que, por unidade, tem alcançado as maiores potências, da ordem de 850MW (SOUZA; SANTOS; BORTONI, 2009).

As turbinas hidráulicas Francis têm como um grande diferencial o fato de serem simples de manusear, o que conseqüentemente requerem menor necessidade de manutenção, porém tem como desvantagem o fato de terem uma pequena faixa de variação da vazão quando comparadas com as turbinas Kaplan e Bulbo.

2.2.3 Turbinas axiais: Hélice e Kaplan

As turbinas axiais são constituídas basicamente por um rotor em forma de hélice que, conforme o caso pode ter pás fixas (turbinas hélice) ou pás móveis/ajustáveis (turbinas Kaplan). A característica principal dessa máquina é que o fluxo d'água entra no rotor na direção axial e este o orienta também

na direção axial para o tubo de sucção. (BARRETO; TIAGO FILHO, 2008, p. 43).

Segundo Barreto e Tiago Filho (2008), a maior diferença entre as turbinas Kaplan e Francis é o rotor. O rotor da turbina Kaplan assemelha-se a um propulsor de um navio (similar a uma hélice) e possui as suas pás móveis. Um servomotor montado normalmente dentro do cubo do rotor, é responsável pela variação do ângulo de inclinação das pás (ângulo de ataque), de forma a adequá-las ao ponto de operação do grupo gerador.

Na figura 8 é mostrada uma vista completa do rotor Kaplan empregado na Usina Hidroelétrica estreito.

As turbinas Kaplan foram desenhadas para a operação em pequenas alturas, $H < 50\text{m}$. Por possuírem pás ou aletas móveis no rotor, essas turbinas são indicadas para tarefas nas quais a vazão de água apresenta uma banda de variação bastante larga. Em vazões próximas de 70% da vazão nominal, o rendimento da turbina é máximo e é o ponto ótimo de operação dela (SIMONE, 2013).

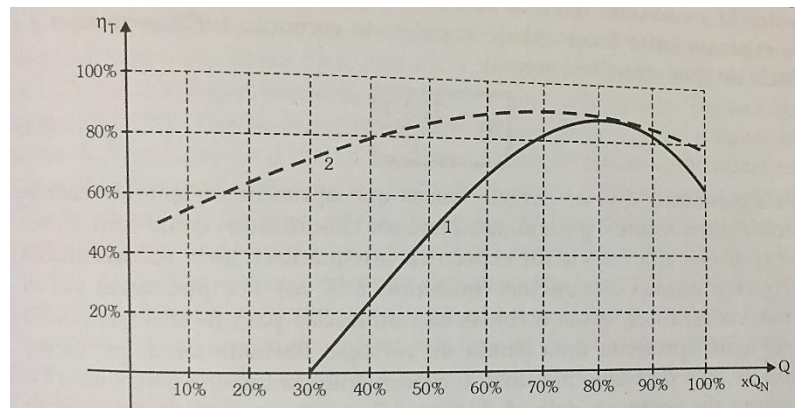
Figura 8 - Rotor Kaplan da Usina Hidroelétrica Estreito.



Fonte: VOITH, 2018.

Na figura 9 segue a curva de rendimento versus vazão porcentual para o rotor hélice fixa e rotor Kaplan.

Figura 9 - Curva rendimento versus vazão percentual para o rotor hélice e Kaplan.



Fonte: (SIMONE, 2013).

Onde cada curva representa:

1: Turbina hélice
Kaplan.

2: Turbina

Segundo Simone, (2013), uma das características principais, que difere das turbinas Francis e não é muito desejável nas turbinas Kaplan é o fato de que o sistema de movimentação das aletas/pás do rotor exige grande força que é suprida por um servomotor hidráulico no interior do eixo motor da turbina, o que a torna mais complexa e com maior necessidade de manutenção.

2.2.3.1 Turbina Kaplan operando com caracol

Segundo Simone, (2013), o rotor Kaplan pode operar com ou sem caracol. A existência ou presença do caracol permite a presença de pás diretoras fixas e móveis (pré-distribuidor e distribuidor) no caracol. Com o distribuidor de pás móveis a turbina que opera com o rotor Kaplan ganha dois sistemas para controle da potência em presença da variação da vazão. Esses dois sistemas podem atuar concomitantemente, produzindo um substancial aumento do rendimento da turbina em presença de vazões muito variadas.

Quanto ao servomotor, “o acionamento das pás é conjugado ao das palhetas do distribuidor, de modo que para uma determinada abertura do distribuidor corresponde um determinado valor de inclinação das pás do rotor.” (MOURA et al., 2019, p. 59).

Com a colocação do caracol, do distribuidor de pás móveis e do tubo de aspiração, a turbina, operando com rotor Kaplan, ganha melhor controle, elevação do rendimento em presença de vazões muito variadas e elevação do rendimento global do aproveitamento (SIMONE, 2013).

Com a colocação do tubo de aspiração controla-se o nível de pressão nas pás e à saída do rotor, atuando de forma energética sobre o fenômeno da cavitação (SIMONE, 2013).

2.2.4 Turbinas Bulbo

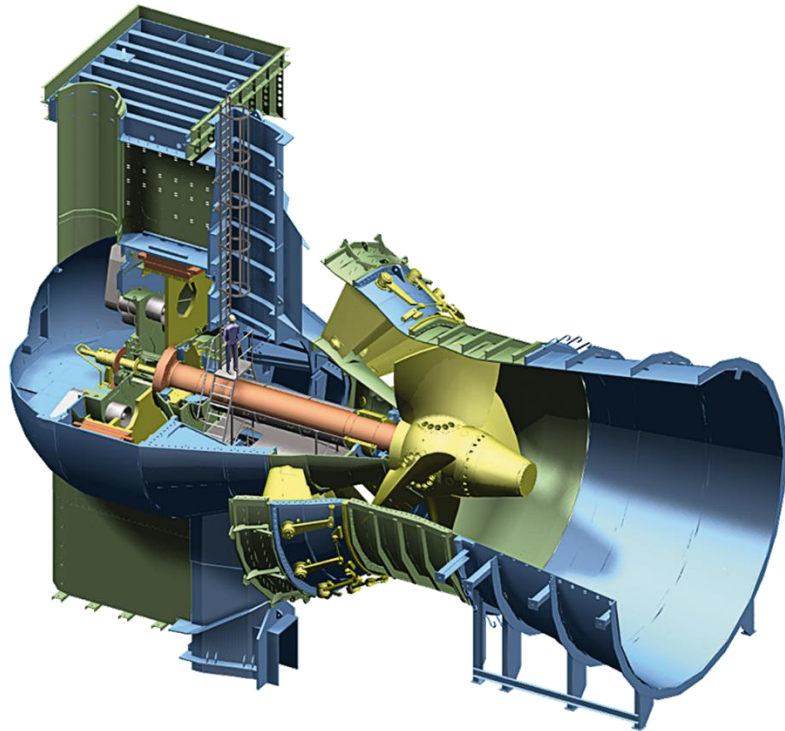
De acordo com Morais (2011) e Barreto e Tiago Filho (2008), as turbinas hidráulicas do tipo Bulbo são uma variação construtiva das turbinas axiais. Elas têm o escoamento do fluxo de água na direção axial e são caracterizadas por possuir o conjunto turbina-gerador de eixo horizontal no interior de uma cápsula denominada Bulbo que, geralmente opera submersa.

Quanto a sua composição, as turbinas Bulbo são constituídas por um rotor axial com:

Pás fixas ou móveis, acoplado a um gerador situado no interior de um bulbo blindado instalado no interior do tubo adutor de água. No interior do tubo, dependendo do porte da turbina, são instalados multiplicadores de velocidade, mecanismos de controle de pás do rotor, bem como o gerador. Nas turbinas bulbo de pequeno porte, o gerador pode ser instalado externamente ao bulbo e ao tubo de adução. Neste caso utiliza-se um multiplicador de velocidade com caixa de engrenagens ou com polias e correias para fazer o acoplamento entre o eixo da turbina com o eixo do gerador. (BARRETO; TIAGO FILHO, 2008, p. 44).

Na figura 10 segue a representação de uma turbina hidráulica do tipo Bulbo.

Figura 10 - vista 3D de uma turbina Bulbo.



Fonte: ANDRITZ HYDRO, [20--].

De acordo com Morais (2011):

As turbinas bulbo são empregadas, na maioria dos casos, em aproveitamentos de baixa queda e, quase sempre, a fio d'água. Sua concepção, uma versão compacta de uma turbina Kaplan, reduz consideravelmente o volume das obras civis. Em compensação, o custo do equipamento eletromecânico, turbina e gerador, é maior que o das turbinas convencionais, pela tecnologia e processos de fabricação aplicados em termos de ajustes e vedações.

Conforme Morais (2011), é apresentado que quando comparado com as turbinas hidráulicas Kaplan, a Bulbo tem como vantagens e desvantagens o seguinte:

Tabela 4 - Vantagens e desvantagens das TH. Bulbo em relação a Kaplan.

Vantagens	Desvantagens
Descarga direta permitindo grandes vazões e ótima eficiência quando comparado com TH Kaplan.	Limitação de potência devido ao diâmetro e a ventilação do gerador.
Distância entre eixos bem menor que a Kaplan de mesmas características.	Os mancais requerem cuidados na sua especificação e fabricação.

O bulbo apresenta um rotor com diâmetro, aproximadamente, 8% menor que a Kaplan, conseqüentemente tem-se a redução de vários equipamentos eletromecânicos.	O gerador é especial devido à limitação do diâmetro, o que implica um aumento da sua espessura e conseqüente diminuição da inércia das partes rotativas.
Instalando várias unidades em função de determinado espaço, a TH Bulbo permite instalar um número de máquinas até, aproximadamente 50% maior do que o sistema Kaplan.	Dificuldades quanto ao acesso ao gerador para realização de manutenção.

Fonte: Adaptado de Morais 2011, p. 11.

2.4 Morfologia do Brasil

Quanto ao relevo do Brasil, Ross (2011) apresenta que o relevo brasileiro é disposto em três tipos de unidades geomorfológicas, nomeadamente: planaltos, as depressões e planícies.

Ross (2011) descreve que as unidades de planícies correspondem geneticamente às áreas essencialmente planas geradas pela deposição de sedimentos recentes de origem marinha, lacustre ou fluvial. São destacadas grandes regiões de planícies os rios Amazonas, Guaporé, Araguaia e Paraguai e outras inúmeras pequenas planícies no interior do território brasileiro e uma vasta extensão de tabuleiros ao longo do litoral.

Quanto aos planaltos, Ross (2011) os divide em 4 grandes categorias, nomeadamente:

1. Planaltos em bacias sedimentares;
2. Planaltos em intrusões e coberturas residuais de plataforma;
3. Planaltos em núcleos cristalinos arqueados;
4. Planaltos em cinturões orogênicos.

Independente do aspecto estrutural que marca cada uma dessas unidades, elas assumem caráter de formas residuais, pois são circundadas por extensas áreas de depressões; por conseguinte, põe em evidência os relevos mais altos que ofereceram maior dificuldade ao desgaste erosivo. ” (ROSS, 2011).

Na figura 11 é possível conferir a disposição do relevo e as suas respectivas altitudes.

Figura 11 - Hipsometria e bacias hidrográficas do Brasil.



Fonte: Adaptado de (BRASIL, 1995).

De acordo com a Agência Nacional das Águas, a divisão hidrográfica do Brasil, instituída pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos estabelece as bacias hidrográficas - BH em doze, nomeadamente:

1. Bacia hidrográfica da Amazônia;
2. Bacia hidrográfica do Tocantins – Araguaia;
3. Bacia hidrográfica do Atlântico NE Ocidental;
4. Bacia hidrográfica da Parnaíba;
5. Bacia hidrográfica do Atlântico NE Oriental
6. Bacia hidrográfica do São Francisco;
7. Bacia hidrográfica do Atlântico Leste;
8. Bacia hidrográfica do Sudeste;
9. Bacia hidrográfica do Paraná;
10. Bacia hidrográfica do Paraguai;
11. Bacia hidrográfica do Uruguai;
12. Bacia hidrográfica do Atlântico Sul.

Dentre as bacias hidrográficas apresentadas, pode ser conferido na figura 12 a respectiva localização.

Figura 12 - Regiões hidrográficas brasileiras.



Fonte: (BRASIL, [20--]).

- a) **Bacia hidrográfica Amazônica:** de acordo com Brasil (2015) e Brasil (2020), esta bacia é a mais extensa rede hidrográfica do globo terrestre, sendo uma bacia internacional na qual abrange uma área de 6 milhões de km² e se estende por sete países: Brasil, Colômbia, Bolívia, Equador, Guiana, Peru e Venezuela. No território brasileiro a bacia hidrográfica amazônica possui uma área aproximada de 3.870 mil km² (45% do território nacional), abrangendo sete Estados (Acre, Amazonas, Rondônia, Roraima, Amapá, Pará e Mato grosso). A BH amazônica é caracterizada por extensa rede hidrográfica - RH, com grande disponibilidade hídrica e tem como seus principais rios: Purus, Juruá, Xingu, Solimões, Madeira, Negro e Guaporé;

Segundo dados do INMET, a precipitação média anual na RH Amazônica é de 2.205 mm, cerca de 25% a mais do que a média nacional (1.761 mm). A disponibilidade hídrica superficial é de 73.748 m³/s, o que corresponde a 81% da disponibilidade superficial do país (91.071 m³/s). A vazão média é de 132.145 m³/s, correspondendo a 74% da vazão média nacional (179.516 m³/s), e a vazão de retirada (demanda total) é 78,8 m³/s (3% da nacional). (BRASIL, 2015, p. 17).

“A região norte configura-se como uma provável fronteira para a exploração do potencial hidrelétrico brasileiro, dos quais mais de 60% ainda podem ser aproveitados. Esta é,

atualmente, a região brasileira menos explorada, apresentando apenas 5% do seu potencial hidroenergético instalado (usinas em operação). ” (BRASIL, 2015, p. 19).

Analisando este contexto, Brasil (2015) apresenta que a RH Amazônica tem uma grande importância no cenário hidroenergético brasileiro, em médio e longos prazos.

De acordo com Brasil (2015), recentes estudos de inventários hidroelétricos nas bacias hidrográficas da RH Amazônica, foram identificados mais de 30 aproveitamentos hidroelétricos planejados para as bacias hidrográficas dos rios Tapajós, Teles Pires, Jurema e Jamanxim.

Na BH Amazônica, segundo Brasil (2015) prevê-se a expansão do aproveitamento hidroelétrico e da navegabilidade dos rios, respeitando os usos múltiplos das águas por meio de um planejamento entre o setor elétrico e de transportes.

A maioria dos aproveitamentos hidroelétricos planejados para a RH Amazônica estão previstos para serem implementados na bacia hidrográfica do Rio Tapajós, totalizando mais de 17.500 MW de potencial hidroelétrico a serem aproveitados nos Rios Tapajós, Apiacás, Teles Pires, Jamanxim e Juruena. O Plano Decenal de Energia Elétrica 2019 (MME, 2010) prevê o aproveitamento de mais de 26.500 MW na bacia do Rio Tapajós, onde estão previstas análises técnicas para a instalação de várias PCHs e mais de 30 UHEs. É importante, entretanto, que o processo de planejamento do setor elétrico para a instalação dessas AHEs considere a garantia do uso múltiplo das águas, em especial, a viabilização da navegação comercial na região, além dos aspectos sociais e ambientais inerentes. A Hidrovia Tapajós-Teles Pires, presente nesta bacia hidrográfica, é estratégica para o país pela possibilidade de ser uma importante via de escoamento da produção agrícola da região Centro-Oeste. Esta viabilização, entretanto, depende da construção de eclusas em alguns dos aproveitamentos hidroelétricos previstos na bacia do Rio Tapajós. Na bacia do Rio Xingu, uma Resolução do Conselho Nacional de Política Energética (Resolução CNPE nº 6 de 03 de julho de 2008) definiu que o potencial hidroenergético a ser explorado será somente aquele situado no rio Xingu, entre a sede urbana do Município de Altamira e a sua foz, ou seja, apenas referente a UHE Belo Monte, já em operação. (BRASIL, 2015, p. 25).

- b) Bacia hidrográfica do Tocantins – Araguaia:** esta região hidrográfica “possui uma área de, aproximadamente, 920 mil km² (10,8% do território nacional) e abrange os estados de Goiás (21%), Tocantins (30%), Maranhão (4%), Mato Grosso (15%) e o Distrito Federal (0,1%). Grande parte se situa na região Centro-Oeste, desde as nascentes dos rios Araguaia e Tocantins até a sua confluência, e daí a jusante, adentra na região Norte até a sua foz. ” (BRASIL, 2015, p.143);

De acordo com Brasil (2015), o rio Tocantins tem como extensão 1.960km, enquanto que o rio Araguaia tem a sua extensão de 2.600km. Quanto a precipitação média anual, a região hidrográfica de Tocantins – Araguaia possui a precipitação de 1.774mm. A disponibilidade

hídrica é de 5.447 m³/s, o que corresponde a 6% da disponibilidade hídrica nacional, e a vazão média é de 13.779 m³/s, o que corresponde a 7,7 m³/s da vazão média nacional.

Segundo dados do Banco de Informações de Geração (Aneel, 2013), o potencial hidrelétrico aproveitado na região é de 13,14 GW (15% da capacidade da hidroeletricidade total instalada no país). No momento, estão instaladas e em operação na região 9 UHEs e 27 PCHs, sendo 7 UHEs e 3 PCHs em rios de domínio federal e 2 UHEs e 24 PCH em rios de domínio estadual. Em 2013, a UHE Estreito, no Rio Tocantins, incrementou 135,9 MW ao seu potencial hidrelétrico aproveitado. (BRASIL, 2015, p. 164).

- c) **Bacia hidrográfica do Nordeste Ocidental:** “A Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Ocidental possui uma área aproximada de 274.300 km² (3% do território nacional), abrangendo o estado do Maranhão e pequena parcela do Pará. ” (BRASIL, 2015, p. 43). De acordo com o referido autor, a região hidrográfica está inserida em cinco unidades hidrográficas: Itapecuru, Gurupi, Litorânea MA, Litorânea MA/PA e Mearim. Os principais rios da região são os rios Gurupi, Mearim, Itapecuru e Munim;

Segundo dados do Inmet, a precipitação média anual na RH é de 1.700mm, pouco abaixo da média nacional, de 1.761 mm. A disponibilidade hídrica da região é de 320,4 m³/s, equivale a menos de 0,5% da disponibilidade hídrica nacional e a vazão média da RH é de 2.608 m³/s, correspondendo a 1,45% da vazão média nacional (179.516 m³/s). A vazão de retirada (demanda total) é de 23,7 m³/s (cerca de 1% da demanda nacional) e a vazão específica é de 9,5 L/s/km² (equivale a 45% da vazão específica verificada para o país). (Brasil, 2015, p. 43).

- d) **Bacia hidrográfica da Parnaíba:** de acordo com Brasil (2015), a BH da Parnaíba é uma das mais importantes da região Nordeste do Brasil e é dividida em 4 estados, nomeadamente Piauí (77% da região hidrográfica), Maranhão (19%) e Ceará (4%). Quanto a sua extensão total, a bacia ocupa uma área de 333.056 km², equivalente a 3,9% do território nacional;

A RH está dividida em três grandes unidades hidrográficas: Parnaíba Alto; Parnaíba Médio e Parnaíba Baixo. Os principais rios da região são os rios Parnaíba, Canindé, das Balsas, Piauí, Poti, Longá, Itaueira e Uruçuí Preto. Suas águas atravessam diferentes biomas, como: o Cerrado, no Alto Parnaíba, a Caatinga, no Médio e Baixo Parnaíba; e o Costeiro, no Baixo Parnaíba, tornando diferenciadas as características hidrológicas de cada uma destas regiões.

“A RH da Parnaíba, em grande parte localizada no semiárido brasileiro, caracteriza-se pela intermitência das chuvas, e, segundo dados do Inmet, a precipitação média anual na região é de 1.064 mm, muito abaixo da média nacional, de 1.761mm. ” (BRASIL, 2015, p. 111).

Quanto a “disponibilidade hídrica superficial (considerando a vazão regularizada pelos reservatórios da região) é de 379 m³/s; equivalente a menos de 0,5% da disponibilidade hídrica nacional (91.071 m³/s), e a vazão média da RH é de 767 m³/s, correspondendo a 0,43% da vazão média nacional (179.516 m³/s). ” (BRASIL, 2015, p. 111).

De acordo com Brasil (2015), a região da BH da Parnaíba apresenta grandes diferenças inter-regionais, tanto em termos de desenvolvimento econômico e social quanto no que se refere à disponibilidade hídrica. Cerca de 16% da região hidrográfica apresenta criticidade seja qualitativa, quantitativa ou quali-quantitativa e os demais 84% da região hídrica é satisfatória. Na sua maioria, a disponibilidade hídrica é para fins de irrigação (73%) e os demais 27% se distribuem para o setor da indústria, urbano, animal, etc.

- e) **Bacia hidrográfica do Atlântico Nordeste Oriental:** “A Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Oriental possui uma área de cerca de 286.800 km² (3,4% do território nacional), abrangendo 874 municípios (destes, 739 possuem suas sedes na RH) e 6 Unidades da Federação: Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco e Alagoas. ” (BRASIL, 2015, p. 53);

A RH está dividida em treze unidades hidrográficas: Aracaú; Apodi Mossoró; Curu; Jaguaribe; Litorânea PE/PB/RN; Litorânea AL/PE; Litorânea CE; Litorânea CE/PI; Litorânea CE/RN; Litorânea PB/RN; Litorânea PE; Litorânea RN e Piranhas. Os principais rios da região são o Jaguaribe, Piranhas, Aracaú, Banabuiú, Paraíba, Ipojuca, Una, Apodi e Capibaribe. Os rios Jaguaribe e o Piranhas Açu abrigam os principais açudes da região. (BRASIL, 2015, p. 53).

“A região Atlântico Nordeste Oriental tem quase a totalidade de sua área pertencente à Região do Semiárido nordestino, caracterizada por apresentar períodos críticos de estiagens prolongadas, resultando em baixa pluviosidade e alta evaporação. ” (BRASIL, 2015, p. 53).

Quanto a precipitação, Brasil (2015) apresenta que a RH Atlântico NE Oriental tem uma precipitação média anual abaixo da média nacional, a nacional sendo 1.761 mm enquanto que a da BH Atlântico NE Oriental é de 1.052 mm. A vazão média da BH é de 774 m³/s, correspondendo a 0,43% da vazão média nacional (179.516 m³/s) e a vazão de retirada (demanda total) é 262 m³/s (11% da demanda nacional). Para além do fator da precipitação da RH ser abaixo da média, a região tem a forte característica de apresentar temperaturas elevadas durante o ano todo, baixas amplitudes térmicas, forte insolação e altas taxas de evapotranspiração. “Os elevados índices de evapotranspiração normalmente superam os totais pluviométricos irregulares, configurando taxas negativas no balanço hídrico da região. ” (BRASIL, 2015, p. 54).

- f) Bacia hidrográfica do São Francisco:** “A Região Hidrográfica São Francisco possui aprox. 638.466 km² de área (7,5% do território nacional), abrangendo sete Unidades da Federação: Bahia, Minas Gerais, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Goiás, e Distrito Federal.” (BRASIL, 2015, p. 125);

Brasil (2015) aponta que o rio São Francisco tem como sua extensão 2.800 km. O rio São Francisco nasce em Minas Gerais, na serra da Canastra e percorre até a sua foz, no oceano atlântico. A BH pode ser dividida em quatro partes/unidades, nomeadamente: Alto São Francisco, Médio São Francisco, Sub-médio São Francisco e Baixo São Francisco.

“A bacia hidrográfica do rio São Francisco tem grande importância para o país não apenas pelo volume de água transportado em uma região semi-árida, mas, também, pelo potencial hídrico passível de aproveitamento e por sua contribuição histórica e econômica para a região.” (COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO, 2020).

“Os principais rios da região são o São Francisco (2.637 km), das Velhas (689 km), Grande (502 km), Verde Grande (458 km), Paracatu (448 km), Urucuaia (381 km), Paramirim (345 km), Pajeú (333 km), Preto (315 km) e o Jacaré (297 km).” (BRASIL, 2015, p. 125).

Quanto a pluviosidade, de acordo com Brasil (2015, p. 125), é de 1.003 mm, muito abaixo da média nacional, que é de 1.761 mm. Quanto a disponibilidade hídrica superficial é de 1.886 m³/s, o que corresponde a 2,07% da disponibilidade superficial do país (91.071 m³/s). “A vazão média A vazão média é de 2.846 m³/s, correspondendo a 1,58% da vazão média nacional (179.516 m³/s), e a vazão de retirada (demanda total) é 278 m³/s (9,8% da demanda nacional).” (BRASIL, 2015, p. 125).

Quanto a geração hidroelétrica:

A Região do São Francisco tem importante papel na geração de energia elétrica, cujo potencial hidrelétrico instalado, em 2013, era de 10.708 MW (12% do total instalado 8no País). A Região possui 40 aproveitamentos hidrelétricos em operação: 28 PCHs, que contribuem com 140 MW e 12 UHEs, responsáveis pela geração de 10.568 MW. (BRASIL, 2015, p. 128).

- g) Bacia hidrográfica do Atlântico Leste:** de acordo com Brasil (2015), a RH possui aproximadamente 388.160 km², abrangendo 491 municípios com sedes inseridas na RH, distribuídos em quatro Unidades de Federação: Bahia (69%); Minas Gerais (26%); Sergipe (4%) e Espírito Santo (1%);

Essa RH está dividida em oito unidades hidrográficas: Vaza Barris; Litorânea BA-SE; Itapicuru; Litorânea BA, Paraguaçu; Contas; Pardo Jequitinhonha, e Litorânea ES-BA. Tem como principais rios: Vaza-Barris; Barba do Tubarão; Real; Itapicuru-açu; Itapicuru; Inhambupe; Jacuípe; Salgado; Pojuca; Capivari; Paraguaçu; São João; Salto; Gavião; Conguji; Contas; Pardo; Itacambiruçu; Araçá; Jequitinhonha; Prado

ou Jucuruçu; Alcobaça ou Itanhaém; Mucuri; Cibrão, e São Mateus. (BRASIL, 2015, p. 29).

Quanto a precipitação média, de acordo com Brasil (2015), a RH possui a precipitação de 1.018 mm, bem menor do que o valor da média nacional, de 1761 mm e uma grande parte da RH está situada na região do semiárido nordestino, caracterizada por apresentar longos períodos de estiagem, resultado da baixa pluviosidade e alta evapotranspiração.

“A vazão média é de 1.484 m³/s, correspondendo a 0,8% da vazão média nacional, e sua disponibilidade hídrica é de 305 m³/s, ou seja, 0,3% da disponibilidade hídrica nacional (considerando a vazão regularizada pelos reservatórios da região). [...] A vazão de retirada (demanda total) é de 112,3 m³/s (cerca de 5% da demanda nacional).” (BRASIL, 2015, p. 29).

De acordo com Brasil (2015), a RH Atlântico Leste é a segunda com menor disponibilidade hídrica, ficando à frente apenas da RH Atlântico Nordeste Oriental. Dentre os principais usos desta região hidrográfica destacam-se a irrigação (47%), abastecimento urbano (31%), uso industrial (10%), dessedentação animal (8%) e abastecimento da população rural, com 4%.

h) Bacia hidrográfica do Atlântico Sudeste: de acordo com Brasil (2015), a RH do Atlântico Sudeste drena uma das mais expressivas regiões hidrográficas brasileiras. A RH apresenta alta diversidade de atividades econômicas e significativo parque industrial, constituindo-se uma das regiões mais desenvolvidas do país. Os rios que compõem a BH desaguam no litoral sudeste brasileiro, do norte do estado do Espírito Santo ao norte do estado do Paraná e está dividida em cinco bacias hidrográficas, nomeadamente: Doce, Litorânea/RJ ES, Litorânea/SP, RJ, Paraíba do Sul e Ribeira de Iguape;

Quanto a sua extensão, precipitação e vazão:

Essa RH possui 214.629 km² de área (2,5% do país), abrangendo 595 municípios (506 sedes municipais) e cinco Unidades da Federação: Minas Gerais, Espírito Santo, Rio de Janeiro, São Paulo e Paraná. [...] segundo dados do Inmet, a precipitação média anual, na RH Atlântico Sudeste, é de 1.401 mm, abaixo da média nacional, que é de 1.761 mm. A vazão média é de 3.167 m³/s, correspondendo a 1,8% da vazão média do País, e sua disponibilidade hídrica é de 1.145 m³/s, ou seja, 1,2% da disponibilidade hídrica nacional. [...] A vazão de retirada (demanda total) é de 213,7 m³/s (cerca de 9% da demanda nacional). (BRASIL, 2015, p. 65).

Quanto a distribuição dos usos da água, de acordo com Brasil (2015, p. 66), majoritariamente a água serve para abastecimento urbano (49%), em seguida a irrigação (27%), indústria (20%), dessedentação animal (3%) e o abastecimento rural (1%).

i) Bacia hidrográfica do Paraná:

A Região Hidrográfica Paraná possui uma área de aprox. 879.873 km² (10% do território nacional), abrangendo sete Unidades Hidrográficas: São Paulo, Paraná,

Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Goiás, Santa Catarina e Distrito Federal. Apresenta grande importância no contexto nacional, pois representa a região de maior desenvolvimento econômico do país, bem como possui as maiores demandas por recursos hídricos do país, tendo como destaque o uso industrial. (BRASIL, 2015, p. 96).

Quanto a divisão da RH, Brasil (2015) aponta que a RH está dividida em 11 bacias, nomeadamente: Aguapeí Peixe, Grande, Iguaçu, Ivaí, Paranaíba, Paranapanema, Piquiri, Tietê, Bacias de contribuição ao reservatório Ilha Solteira, Bacias de contribuição ao reservatório Itaipu e Afluentes da Margem Direita do Rio Paraná.

“Os principais rios da região, com comprimento maior que 500 km, são o Paraná (1.405 km), Grande (1.270 km), Iguaçu (1008 km), Paranaíba (994 km), Tietê (947 km), Paranapanema (819 km), Ivaí (639 km) e Tibagi (522 km).” (BRASIL, 2015, p. 96).

Quanto a precipitação da região, Brasil (2015) aponta que a RH tem como precipitação 1.543 mm, pouco abaixo da média nacional, correspondente 87% da média nacional (1.761 mm).

“A disponibilidade hídrica superficial da RH é de 5.956 m³/s, o que corresponde a 6,5% da disponibilidade superficial do país (91.071 m³/s). A vazão média é de 11.831 m³/s, correspondendo a 6,6% da vazão média nacional (179.516 m³/s), e a vazão de retirada (demanda total) é de 736 m³/s (31% da demanda nacional).” (BRASIL, 2015, p. 97).

Quanto a geração hidroelétrica, “o potencial hidrelétrico aproveitado da região é de 41.560 MW (Aneel, 2013), correspondendo a 47,5% do total instalado do País. É a região que apresenta o maior aproveitamento do potencial hidráulico disponível (cerca de 68,4% do seu potencial hidrelétrico total já foi aproveitado).” (BRASIL, 2015, p. 101).

“Dentre as usinas hidrelétricas em operação na região, destacam-se: Itaipu, com 7.000 MW (parte brasileira), Ilha Solteira, com 3.444 MW, Itumbiara, com 2.082 MW, Porto Primavera (Eng. Sérgio Motta), com 1.540 MW, Marimbondo, com 1.440 MW, Salto Santiago, com 1.420 MW, e Furnas, com 1.216 MW.” (BRASIL, 2015, p. 101).

De acordo com Brasil (2015), para além da forte e boa geração de energia na bacia hidrográfica, alguns problemas são levantados tais como o uso competitivo entre irrigação e geração de energia; conflito entre geração de energia e ecossistemas aquáticos e o uso competitivo entre a hidrovia e a geração de energia.

j) Bacia hidrográfica do Paraguai: “A Região Hidrográfica do Paraguai, também chamada de Bacia do Alto Paraguai (BAP), possui uma área de 363.446 km² (4,3% do território nacional), abrangendo parte dos estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul.” (BRASIL, 2015, p. 89).

De acordo com Brasil (2015) e Brasil (2018), a BH se destaca pela macropartimentação em duas grandes unidades de relevo: o Planalto Paraguai e a Planície (36% da bacia). No planalto está presente o bioma Amazônico e Cerrado e a planície é marcada pelo Pantanal, maior área úmida do mundo e com valor universal pela sua beleza, biodiversidade e suporte as formas tradicionais de vida humana. Devido a umidade do pantanal e as características dela a região destaca-se da seguinte maneira:

As precipitações regulares e mais abundantes no planalto, associado às baixas declividades da planície, levam a inundações no Pantanal. As cheias naturais do Pantanal têm periodicidade anual, porém sua extensão e duração variam dependendo da localidade e curso d'água afetado. Essa dinâmica de inundações e vazantes são a base para manutenção dos processos ecológicos do Pantanal. (BRASIL, 2015, p. 91).

De acordo com Brasil (2015), a precipitação média anual da RH do Paraguai é de 1.359 mm, menor do que a média nacional, de 1761 mm. “A sua disponibilidade hídrica é de 782 m³/s, ou seja, menos de 1% da disponibilidade hídrica nacional, e a vazão média é de 2.359 m³/s, correspondendo a 1,3% da vazão média nacional. ”

“A geração hidrelétrica na bacia totaliza 1,2GW (cerca de 1% da produção hidrelétrica nacional) e é realizada através de 53 aproveitamentos (sendo 7 UHEs, 16 CGHs e 30 PCHs). Há ainda a previsão de instalação de 127 novos aproveitamentos hidrelétricos. ” (BRASIL, 2018, p. 11).

A RH já possui mais da metade de seu potencial hidrelétrico aproveitado (usinas em operação), restando aprox. 925 MW de potencial inventariado para aproveitamentos futuros. O grande número de aproveitamentos hidrelétricos, em operação e planejados, na região do planalto da RH Paraguai, tem sido identificado como um problema ambiental que pode gerar conflitos relacionados ao uso múltiplo das águas. Os impactos negativos do represamento dos rios, principalmente no Pantanal, envolvem, dentre outros aspectos, alterações nos pulsos de inundações que ocorrem naturalmente na região, o que pode levar, por exemplo, à redução das populações de peixes e da produção pesqueira. A implantação em sequência das hidrelétricas em um mesmo curso d'água tende a agravar ainda mais esta situação. No entanto, esta tem sido uma prática comum na RH, especialmente quanto às Pequenas Centrais Hidrelétricas - PCH. Além daquelas em operação, a RH possui mais 106 PCHs em diferentes estágios de planejamento. Destas, várias estão projetadas para localização em um mesmo curso d'água, como no Rio Ariranha (7 PCHs), no Rio Cabaçal (3 PCHs), no Rio Coxim (9 PCHs), no Rio Juba (5 PCHs) e no Rio Taquari (6 PCHs). (BRASIL, 2015, p. 92).

“Diante desse quadro, torna-se necessário um aperfeiçoamento no embasamento técnico que considere aspectos ambientais, sociais e de usos múltiplos da água, para garantir um melhor planejamento para instalação de usinas hidrelétricas, principalmente PCHs na RH. ” (BRASIL, 2015, p. 92-93).

k) Bacia hidrográfica do Uruguai: de acordo com Brasil (2015), a RH do Uruguai apresenta grande importância para o país em função das atividades agroindustriais desenvolvidas e do seu potencial hidroelétrico. A RH do Uruguai, em território brasileiro, possui aproximadamente, 274.300 km² (3% do território nacional) e abrange porções dos Estados do Rio Grande do Sul (74%) e Santa Catarina (26%).

O rio Uruguai possui 2.200 km de extensão; origina-se da confluência dos rios Pelotas e do Peixe e assume, nesse trecho, a direção leste-oeste, dividindo os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Após a sua confluência com o rio Peperi-Guaçu, apresenta direção sudoeste, servindo de fronteira entre Brasil e Argentina. Após receber a afluência do rio Quaraí, que limita o Brasil e o Uruguai, na região sudoeste do estado do Rio Grande do Sul, toma a direção sul, passando a dividir a Argentina e o Uruguai, até sua foz no rio da Prata. (BRASIL, 2015, p. 149).

Quanto a precipitação, Brasil (2015) aborda que a precipitação média anual da região é de 1.623 mm, pouco abaixo da média nacional, 1.761 mm. A disponibilidade hídrica é de 565 m³/s, ou seja, 0,6% da disponibilidade hídrica nacional (91.071 m³/s), a vazão média é de 4.103 m³/s, correspondendo a 2,3% da vazão média nacional (179.516 m³/s) e a vazão de retirada (demanda total) é de 155, 4 m³/s (cerca de 7% da demanda nacional).

A região hidrográfica do Uruguai apresenta um grande potencial hidrelétrico, com uma capacidade total, considerando os lados brasileiro e uruguaio, de produção de 40,5KW/km², uma das maiores relações energia/km² do mundo. Atualmente, estão instalados na RH, ao longo do Rio Uruguai e seus afluentes, aproximadamente, 6.000 MW. (BRASIL, 2015, p. 156).

“Apesar da grande quantidade de reservatórios, de forma geral, eles operam com pequenos volumes de espera, quando comparados aos grandes volumes afluentes, resultando em pequena capacidade de amortecimento de cheias. Essa porção da bacia apresenta trechos com alta vulnerabilidade a inundações.” (BRASIL, 2015, p. 156).

l) Bacia hidrográfica do Atlântico Sul: “Com uma área de 187.552 km² (2,2% do território nacional), abrange 464 municípios, em quatro Unidades da Federação: São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul.” (BRASIL, 2015, p. 79);

A precipitação média anual na RH Atlântico Sul é de 1.644 mm, muito próxima da média nacional, que é de 1.761 mm. A sua vazão média é de 4.055 m³/s, correspondendo a 3% da vazão média no País, e sua disponibilidade hídrica é de 647,4 m³/s, equivalente a 0,7% da disponibilidade hídrica nacional. [...]A vazão de retirada (demanda total) é 295,4 m³/s (cerca de 12 % da demanda nacional), a segunda maior dentre todas as regiões hidrográficas (ficando atrás apenas da RH Paraná). (BRASIL, 2015, p. 79).

2.5 Morfologia de Moçambique

Moçambique situa-se na costa Este da África e faz fronteira à norte com Tanzânia, à oeste com o Malawi, Zâmbia, Zâmbia, Zimbabwe e Suazilândia e a sul com a África do Sul, numa extensão de fronteira terrestre de 2470 km. Quanto a sua extensão territorial Moçambique possui uma área de 79,380 km², apresentando uma longa costa de 2770 km. (DNA, 2007, p. 4).

De acordo com Muchangos (1999), incluindo a capital de Maputo, província-capital, a República de Moçambique subdivide-se em 11 províncias, dentre as quais são: cidade de Maputo, Maputo, Gaza, Inhambane, Sofala, Manica, Tete, Zambeze, Nampula, Niassa e Cabo Delgado. Na figura 13 pode ser constatada a respetiva divisão administrativa e as fronteiras de Moçambique.

Figura 13 - Mapa de Moçambique, fronteiras e a sua divisão administrativa.



Fonte: KOEHNE, 2007.

O relevo de Moçambique dispõe-se em forma de anfiteatro onde se distingue uma zona montanhosa a Oeste, que decresce em degraus aplanados até a planície litoral a Leste. Assim, de acordo com a altitude, identificam-se em Moçambique, planícies, planaltos, montanhas e depressões. (AMADE, 2019, p. 70).

Cerca de metade (44%) do território moçambicano é constituído por planície, com altitudes inferiores a 200 metros. Esta planície se desenvolve ao longo da costa e é uma faixa estreita entre a foz do rio Rovuma e o delta do rio Zambeze. Alarga-se para o Sul do delta do rio Zambeze, abrangendo a quase totalidade da superfície situada ao sul do rio Save, constituindo a grande planície Moçambicana (MUCHANGOS, 1999, p. 23).

De acordo com Amade (2019) as planícies ocupam cerca de 250 mil km². Ao longo dos vales das principais bacias hidrográficas destacam-se as seguintes:

- Planície do Save: atravessada pelo rio Save;
- Planície do Incomati: atravessada pelo rio Incomati;
- Planície do Zambeze: atravessada pelo rio Zambeze;
- Planície do Limpopo: atravessada pelo rio Limpopo.

Segundo Amade (2019) e DNA (2007), quanto aos planaltos, as altitudes variam de 200 a 1000 metros, onde podem ser divididos em planaltos médios (200 a 500 metros) e planaltos altos (500 a 1000 metros). A sua maior extensão situa-se no norte e centro do país e podem ser divididos em duas categorias, nomeadamente planaltos médios e altos. Esta extensão compreende a cerca de 29% da área do país.

Quanto as montanhas, Amade (2019) e DNA (2007) caracteriza que possuem altitudes superiores à 1000 metros e como um todo Moçambique é um país caracterizado por altitudes que variam de 0 a mais de 2000 metros. A parcela referente as montanhas compreendem a cerca de 27% do território do país.

Muchangos (1999, p. 25) aponta que:

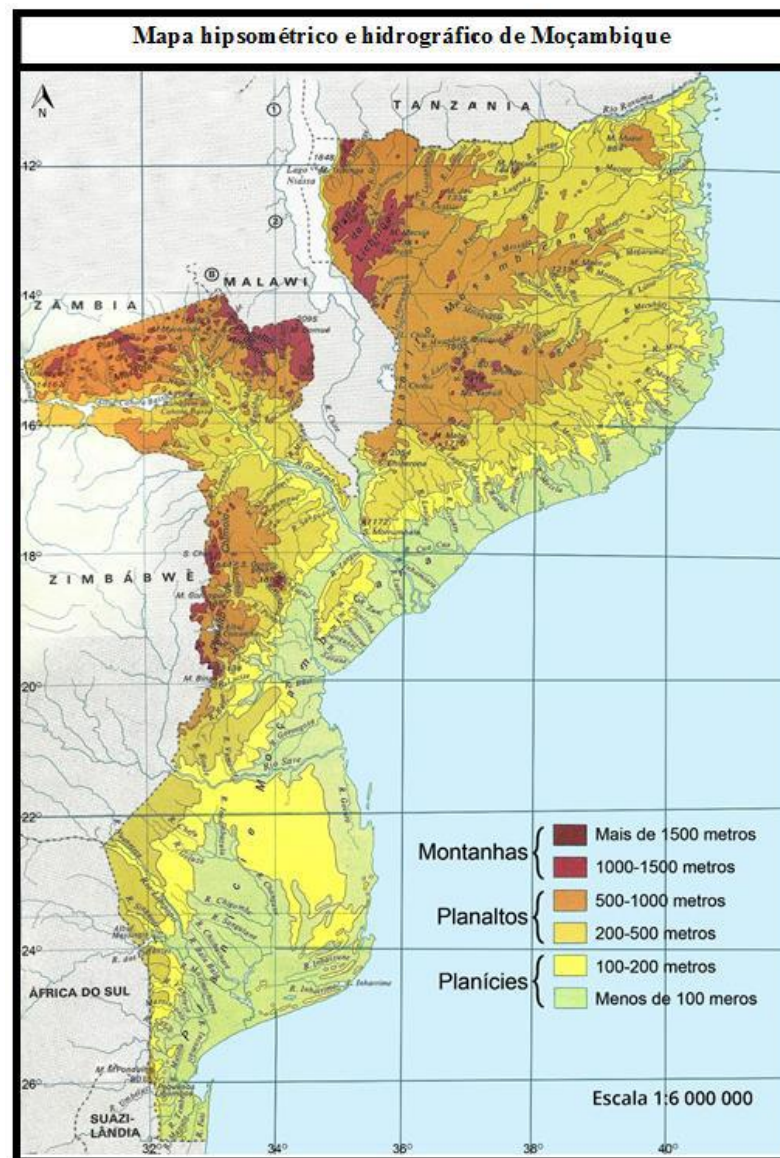
Em Niassa as montanhas agrupam um conjunto de elevações, formando um ípsilon, que acompanha a margem oriental do lago Niassa e se inflecte para Nordeste, nas cercanias do Lago Amaramba, cujo pé se prolonga através do Malawi. Neste conjunto destacam-se os montes Txingeia (1.787 m), Txitongo (1.848 m), Sanga (1.798 m), Chissindo (1.579 m), Chitagalo (1.803 m), Jeci (1.836 m) e Mitucue (1.803 m). Na Zambézia as montanhas caracterizam-se por uma certa dispersão de conjunto de montes-ilhas. As maiores altitudes registam-se nos montes Chiperone (2.054 m), Tumbine (1.542 m), Mabu (1.646 m), Derre (1.417 m), Mongue (1.043 m) e culminam nos montes Namuli onde os seus picos atingem 2.419 m.

Quanto as depressões:

Das principais depressões existentes em Moçambique destacam-se os vales dos rios e as formas de relevo negativas onde se instalaram os lagos e pântanos. Estas depressões interrompem frequentemente a continuidade das planícies, dos planaltos e das cadeias das montanhas. A depressão de maior significado geomorfológico é o *Vale do rio Zambeze*, não só por constituir um dos maiores do continente africano, como ainda por atravessar regiões de litologia e tectónica complicadas, às quais o rio teve que se adaptar. Em alguns pontos do seu percurso o rio Zambeze, dada a resistência de certas formações rochosas por onde atravessa, escava o seu leito, constituindo gargantas apertadas e profundas, com grande relevância para a topografia. (MUCHANGOS, 1999, p. 27).

Na figura 14 segue um mapa com a disposição do relevo de Moçambique.

Figura 14 - Relevo de Moçambique e as suas altitudes.

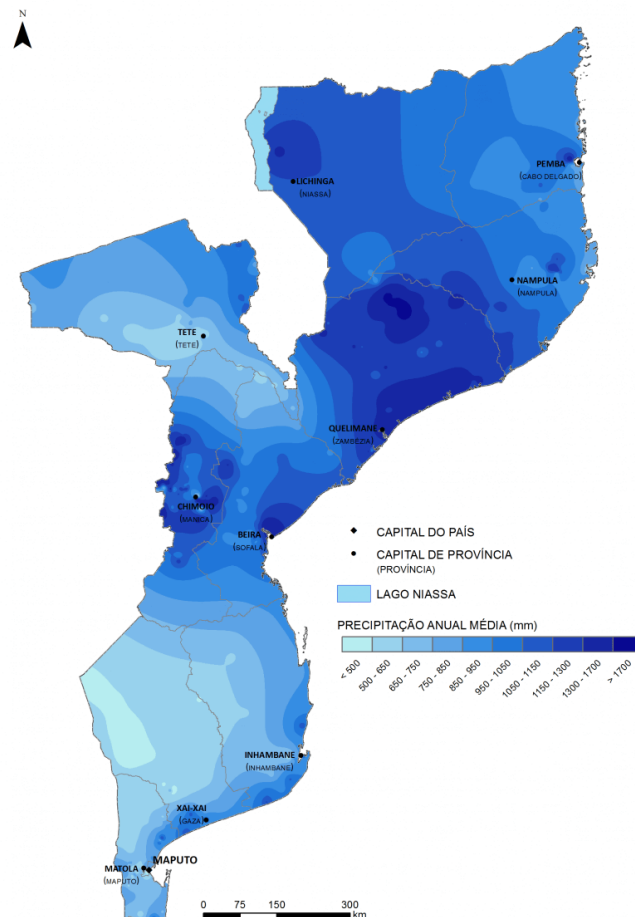


Fonte: (HAIRAZATE, 2018 Apud MINED, 1986, p. 14).

A precipitação média anual de Moçambique é de 1032 mm e a estação chuvosa varia de outubro a abril. A precipitação varia amplamente da costa para as zonas interiores e do norte para o sul. Ao longo da costa, a precipitação média anual varia de 800 mm a 1000 mm, com valores acima de 1200mm entre as cidades de Beira e Quelimane. A precipitação diminui no interior atingindo valores de 400 mm na fronteira com África do Sul e Zimbabwe. A zona norte e centro do país tem precipitação anual de 1000 mm até 2000 mm devido aos efeitos da monção nordeste e a existência de altas montanhas. Na região interior sul a variação média anual da precipitação encontra-se nos intervalos de 500 a 600 mm (ALER, 2017, apud FAO, 2016, p. 26).

Na figura 15 é possível observar a distribuição da precipitação de Moçambique por meio de um mapa.

Figura 15 - Mapa da precipitação de Moçambique.



Fonte: (FUNAE – ATLAS, 2013).

Segundo o Fundo Nacional de Energia de Moçambique - FUNAE (2013), a concentração de elevadas vazões em alguns meses se traduz invariavelmente em cheias nos meses de afluência e em rios relativamente secos nos restantes meses do ano. Assim sendo, apesar do regime hidrológico irregular, os rios tendem a ter vazões modulares muito elevados.

Segundo a Fundo Nacional de Energia de Moçambique - FUNAE (2013), as bacias hidrográficas que escoam para Moçambique têm uma área de 2.5 milhões de km². Para além de apresentarem precipitações médias consideráveis em algumas províncias, as bacias hidrográficas de Moçambique são muito extensas, destacando a bacia do Zambeze com 1.390.000 km², que escoam desde a Zâmbia e Angola, passando pelo Zimbabwe e Botswana.

Ao todo Moçambique possui treze bacias hidrográficas principais, em que de acordo com a Direção Nacional de Águas de Moçambique DNA (2007) e Amade (2019) distribuídas de Norte a Sul se enquadram da seguinte maneira:

Norte: Bacias hidrográficas de Licungo, Ligonha, Lúrio, Messalo e Rovuma.

Centro: Bacias hidrográficas de Búzi, Púnguè e Zambeze.

Sul: Bacias hidrográficas dos rios Maputo, Incomáti, Umbelúzi, Limpopo, Save e Govuro.

“A maior parte dos rios de Moçambique corre de oeste para leste, devido à configuração do relevo, e atravessam sucessivamente montanhas, planaltos e planícies, desaguando no Oceano Índico.” (AMADE, 2019, p. 60).

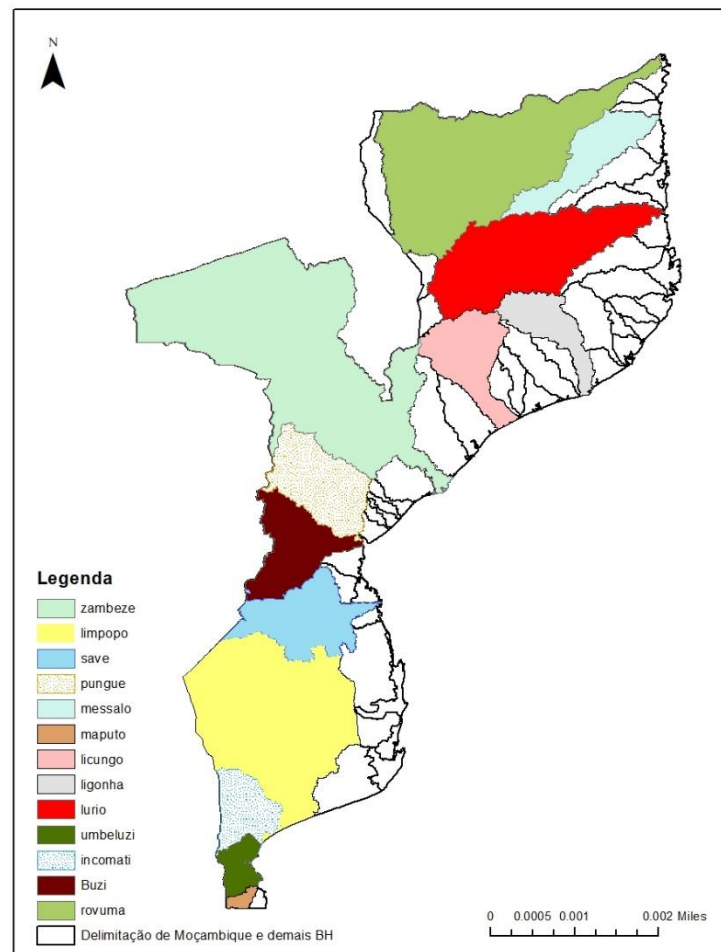
Pelo carácter morfológico da África Oriental e a situação geográfica de Moçambique nas regiões costeiras, os principais rios tem as suas nascentes nos países vizinhos, excetuando o Norte do país onde grande parte tem a sua bacia hidrográfica totalmente em Moçambique. O seu caudal é determinado essencialmente pelas complexas relações entre geofactores meteorológicos e não meteorológicos, nomeadamente a pluviosidade, a temperatura, a evaporação, o declive, a natureza dos solos bem como a intervenção humana. (MUCHANGOS, 1999, p. 41).

Quanto a hidrografia:

As oscilações do caudal dos rios ao longo do ano são condicionadas por fatores climáticos, registando os máximos na época das chuvas e os mínimos na estação seca. Nas terras altas os rios possuem grande capacidade erosiva e constituem cascatas, limitando por isso a navegabilidade. Nas planícies, formam meandros e depositam as suas aluviões ou formam lagoas e pântanos. (AMADE, 2019, p. 60).

Dentre as bacias principais, na figura 16 segue o respectivo mapa de localização e a descrição consoante a área no território nacional, internacional e a sua respetiva vazão:

Figura 16 - Mapa das bacias hidrográficas de Moçambique.



Fonte: autor, 2020.

- a) **Bacia hidrográfica do Rovuma:** cobre uma superfície total de 155 000 km². De acordo com Amade (2019) a bacia é partilhada por três países, nomeadamente Moçambique, Tanzania e Malawi. Quanto a proporção, Moçambique constitui 65,39% da bacia (99,530 km²), Tanzania 34,3% e Malawi 0,31%;

Quanto ao seu caudal médio, Amade (2019) apresenta que é de 356 m³/s, e que a bacia do Rovuma é a segunda maior de Moçambique. Muchangos (1999) destaca que os principais afluentes da bacia do Rovuma são Messinge, Lucherringo, Lugenda e que os mesmos têm origem nas terras altas do Niassa e possuem elevado potencial hidroelétrico.

“No curso inferior o rio apresenta ilhotas e numerosos bancos de areia, o que restringe a sua navegabilidade a cerca de 200 km, a partir da foz. ” (MUCHANGOS, 1999, p. 45).

- b) **Bacia hidrográfica do Messalo:** de acordo com Muchangos (1999) a bacia hidrográfica de Messalo é de 24000 km², nasce a noroeste de Mauá, em Niassa e possui uma extensão de aproximadamente 500km. Esta bacia atravessa áreas

pouco povoadas, mas com ótimas condições para um aproveitamento agrícola intenso nas suas margens;

- c) **Bacia hidrográfica do Lúrio:** “ o rio Lúrio cuja bacia hidrográfica de 60.800 km², é a maior totalmente moçambicana, nasce no monte Malema a mais de 1000 m de altitude, tem cerca de 1.000 km de comprimento [...] Dada a extensão da sua bacia hidrográfica, ele representa com os seus numerosos afluentes, a linha mestra da subdivisão do Planalto Moçambicano, mesmo que o seu curso principal se instale num vale estreito. ” (MUCHANGOS, 1999, p. 44). O referido autor aponta que devido ao desnível provocado pela passagem das terras altas para as mais baixas os cursos de água apresentam numerosas quedas, favoráveis à construção de represas;

“Próximo de Namapa, à sua entrada na planície litoral, o rio Lúrio tem os seus últimos rápidos, alargando-se a partir daí até atingir a foz em forma de estuário. Junto à foz as suas margens aluviais, cultiváveis estão parcialmente sujeitas a inundações durante as cheias e à influência das águas de origem marinha, dificultando a sua utilização. ” (MUCHANGOS, 1999, p. 45).

- d) **Bacia hidrográfica do Zambeze:** de acordo com Amade (2019) e Muchangos (1999) pelas suas características é o maior e mais importante rio que atravessa o território Moçambicano. A bacia nasce na Zâmbia e desagua no oceano Índico, possui cerca de 1.330.000 km², dos quais só 3000 km² estão em território moçambicano;

Na sua totalidade, o Zambeze é, hidrologicamente, um rio de regime periódico complexo, devido as variações que o seu caudal apresenta ao longo do percurso. Ao atingir o território moçambicano, no zumbo, a cerca de 450 m de altitude, o rio Zambeze recebe na sua margem esquerda o rio Aruângua. A partir daí até Cabora Bassa no Songo, onde as massas de água caem de uma altura de 200 m, ele constitui uma grandiosa albufeira onde, numerosas ilhas são habitadas por pescadores. (MUCHANGOS, 1999, p. 47).

“Entre as bacias dos rios Zambeze e Save, dado o grande desnível que se regista entre as terras altas e as planícies num espaço relativamente curto, os cursos de água registam nas suas secções superiores, intensa erosão e grande capacidade de transporte de materiais. Estas características favorecem a construção de barragens para a produção de energia hidroeléctrica, mas limitam grandemente a sua navegabilidade. ” (MUCHANGOS, p. 51).

- e) **Bacia hidrográfica do Púnguè:** de acordo com Muchangos (1999) o rio Púnguè é um rio internacional que nasce nas terras altas do Zimbábue e corta sucessivamente as cadeias montanhosas mais elevadas do país, até desaguar na

baía de Mazanzane no Oceano Índico. “Dos 29.500 km² do total da bacia hidrográfica do rio Púnguè 28.000 km² encontram-se em moçambicano. Após atingir o território moçambicano, ele atravessa regiões montanhosas em vales estreitos, até atingir a planície na depressão do Urema. Através desta depressão, durante as cheias do rio Zambeze, estabelece-se uma ligação temporária com aquele que transborda parte das suas águas, misturando-as, contribuindo assim para a elevação do caudal do rio Púnguè. ”

f) **Bacia hidrográfica do Búzi:** a bacia do Búzi é descrita como:

O rio Búzi possui uma bacia hidrográfica total de 28.800 km² dos quais 25.600 km² em Moçambique. O seu afluente mais importante é o rio Revué, na província de Manica, onde estão construídos a barragem de Chicamba e o açude de Mavuzi, para a produção de energia eléctrica. Com 75 m de altura a barragem de Chicamba tem totalmente uma capacidade de armazenamento de 2.000.000.000 m³ e uma potência instalada no pé da barragem de 40 MW. O açude de derivação de Mavuzi, situado a jusante de Chicamba, tem 8 m de altura e uma queda bruta de aproximadamente 190 m, permitindo a produção de 46 MW. (MUCHANGOS, 1999, p. 51)

g) **Bacia hidrográfica do Save:** de acordo com Amade (2019), esta bacia é uma bacia internacional partilhada por Zimbabwe e Moçambique, onde tem-se a sua área total de 106420 km², e encontra-se dividido com a parcela de 79% para o Zimbabwe, correspondente a 83845 km² e os restante 21 % para Moçambique, correspondente a 22575 km²;

h) **Bacia hidrográfica do Limpopo:** de acordo com Muchangos (1999), pela extensão da bacia é o rio mais importante do Sul de Moçambique. A bacia do Limpopo é uma bacia internacional que tem o seu comprimento total de 1170 km, dos quais 600 km estão em território moçambicano. Ao alcançar o território moçambicano, inicialmente ele possui uma altitude de 300m;

O rio Limpopo constitui um exemplo típico do desenvolvimento do perfil de um rio tropical de planície com forte tendência para a meandrização e para o desenvolvimento de lagoas e pântanos no seu curso inferior. Trata-se de um rio bastante caprichoso aparentemente devido a influencia da heterogeinidade hidrológica da sua bacia, caracterizando-se por um caudal extremananete variável, com o seu leito seco em estiagem e muito caudalosos na época das chuvas. Época das chuvas as suas águas chegam a atingir mais de 7 m de altura, relativamente ao chão do vale alagando grandes extensões das suas margens. (MUCHANGOS, 1999, p. 53-54).

“O rio Limpopo e seus afluentes são considerados como sendo perenes os rios Limpopo e Elefantas, e intermitentes os rios Changane e Nuanetze. ” (AMADE, 2019, p. 65).

i) **Bacia hidrográfica do Govuro:** de acordo com Muchangos (1999), o rio Govuro situa-se na província de Inhambane, corre do sentido Sul-Norte seguindo a depressão natural resultante da morfologia litoral e desagua por um estuário, a Norte

do Inhassoro. O rio tem um comprimento de 200km e em muitas partes do seu percurso a sua escorrência é subterrânea devido à permeabilidade dos terrenos do seu leito;

- j) **Bacia hidrográfica do Umbeluzi:** de acordo com Muchangos (1999), o rio Umbeluzi é um rio internacional que provém da Suazilândia, atravessa a cadeia dos Libombos e chega a Moçambique a sul da Vila da Namaacha. No território moçambicano o rio Umbeluzi tem como área 2.356 km². Ao atravessar os pequenos Libombos ele foi represado para a captação de água potável destinada a cidade de Maputo e para irrigação de mais de 12.000 há a jusante por gravidade a 1.500 ha a montante, por bombagem. Esta barragem também tem como função a regularização dos caudais, reforçando-os na época de estiagem;
- k) **Bacia hidrográfica do Incomati:** de acordo com Amade (2019) a bacia do incomati é uma bacia internacional, tendo a sua distribuição percentual da seguinte maneira: República da África do Sul (62%), Swazilândia (6%) e Moçambique (32%). O comprimento do rio em Moçambique é de 280km. De acordo com Muchangos (1999), a bacia tem como utilização intensiva no seu curso inferior para o regadio;

De acordo com Muchangos (1999), um dos seus afluentes é o rio Sabié, na região de Corumana, onde encontra-se situado um aproveitamento hidroelétrico com o nome da região. O aproveitamento possui a potência instalada de 15MW e opera com turbinas Kaplan.

- l) **Bacia hidrográfica do rio Maputo:** Amade (2019) aponta que é uma bacia internacional, partilhada por Moçambique e África do Sul. A bacia tem como extensão total 29030 km², dos quais a sua maior extensão está na África do Sul (27460 km²) e o restante 1570 km² se encontra em território Moçambicano. O rio nasce no território sul africano e desagua na baía de Maputo.

Muchangos (1999) aponta que este rio em Moçambique é totalmente de planície e não apresenta desníveis notáveis no seu perfil. Na época seca devido ao fraco declive, formam-se as suas margens numerosas lagoas, como braços mortos dos meandros dos rios.

A seguir, na tabela 5 segue a relação das bacias hidrográficas, sua área em Moçambique, área total, comprimento do rio e vazão.

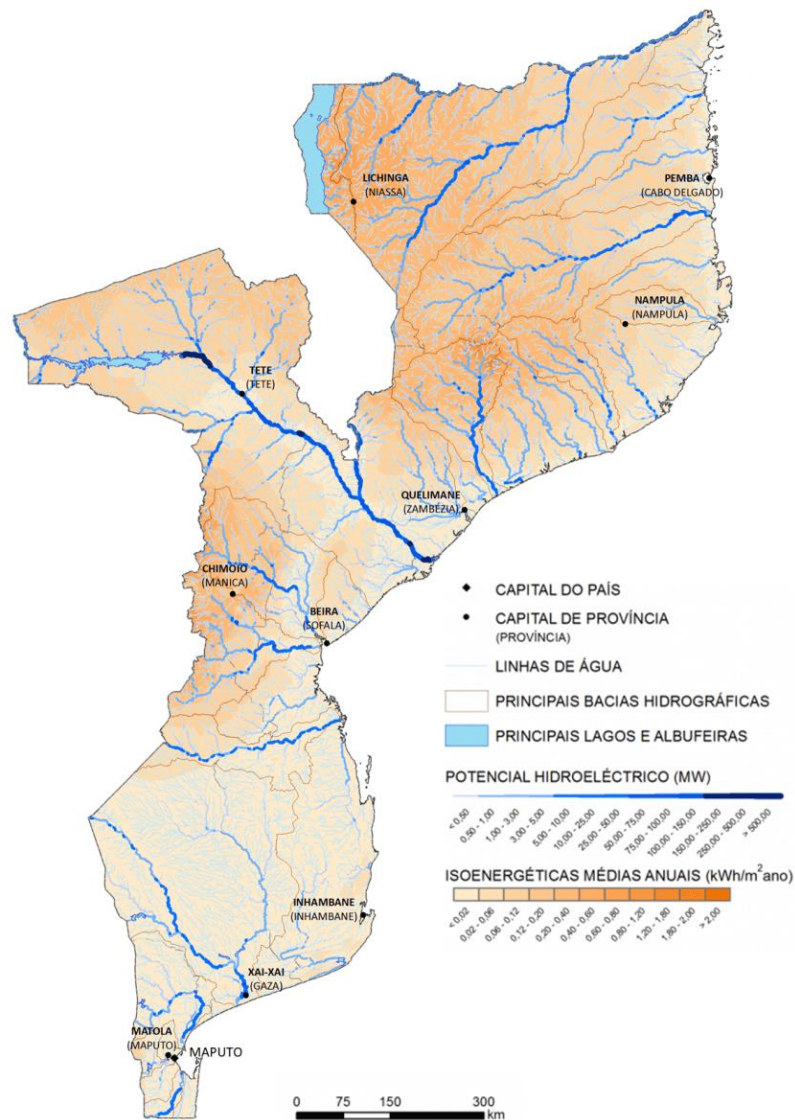
Tabela 5 - Bacias hidrográficas e suas informações complementares.

Região	Bacia Hidrográfica	Área em Moçambique [km²]	Área total [km²]	Comprimento do rio em Moçambique [km]	Vazão [m³/s]
Norte	Licungo	27.726	27 726	-----	-----
	Ligonha	16.299	16 299	400	-----
	Lúrio	60.800	60 800	1000	-----
	Messalo	24.000	24 000	500	-----
	Rovuma	155.400	99 530	650	356
Centro	Búzi	25.600	28 800	320	79
	Púnguè	28.000	29 500	322	120
	Zambeze	140.000	1 200 000	820	3558
Sul	Maputo	1.570	29 800	150	46
	Incomati	14.925	46 246	282	111
	Umbeluzi	2.356	5 600	100	-----
	Limpopo	79.600	41 2000	561	170
	Save	22.575	106420	330	-----

Fonte: Adaptado de (AMADE, 2019; MUCHANGOS, 1999; CUMBE, 2008; RIBEIRO, 2018).

O Fundo Nacional de Energia de Moçambique - FUNAE (2013) apresenta um atlas do potencial hidroelétrico de Moçambique na qual pode-se constatar as regiões com um alto potencial hidroelétrico ao longo do território moçambicano. O mesmo pode ser visto na figura 17.

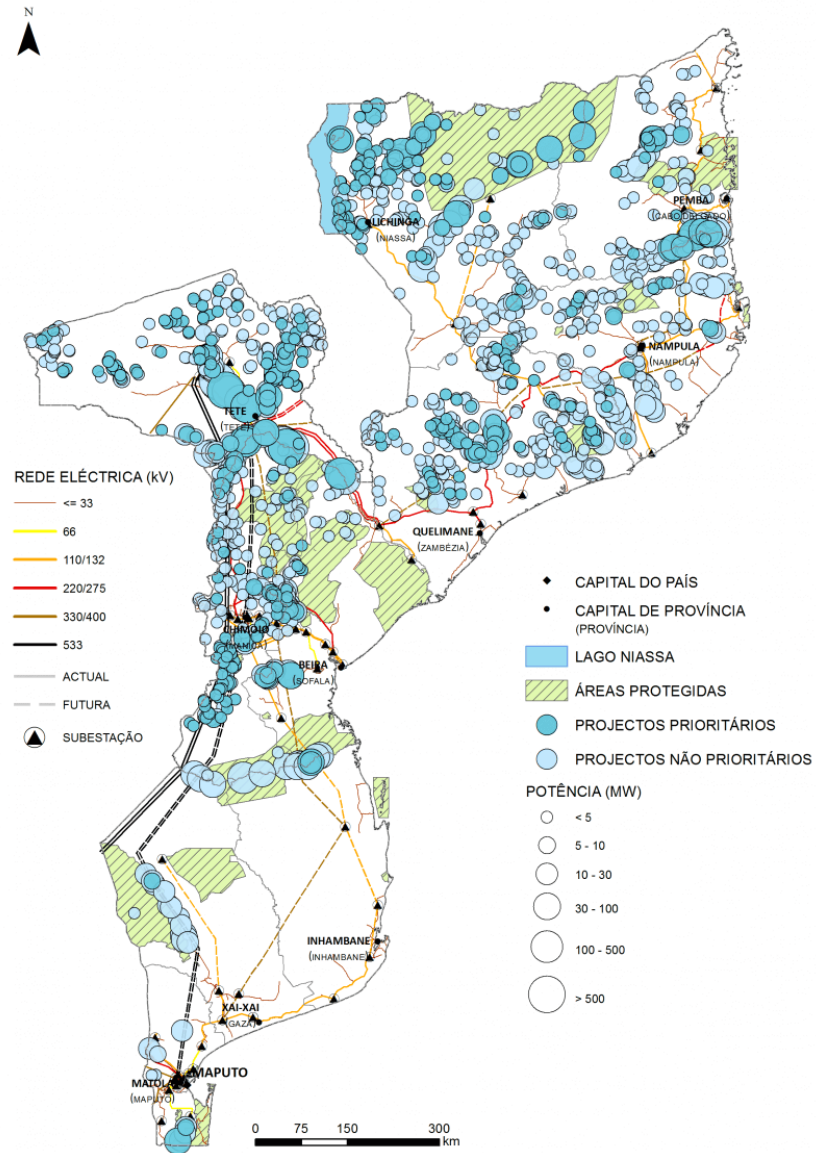
Figura 17 - Atlas do potencial hidroelétrico de Moçambique.



Fonte: (FUNAE, 2013).

Para além do potencial apresentado na figura 17, o Fundo Nacional de Energia de Moçambique - FUNAE (2013) também realizou uma pesquisa e identificou 1446 novos possíveis projetos hidroelétricos, com um potencial total de 18GW, dentre os quais os projetos foram caracterizados em prioritários e não prioritários, conforme apresenta a figura 18.

Figura 18 - Projetos hidroelétricos identificados.



Fonte: (FUNAE, 2013).

3 METODOLOGIA

Para a realização deste trabalho foi elaborada uma revisão bibliográfica tendo como base livros, dissertações e sites eletrônicos institucionais de empresas. Realizou-se um estudo sobre turbinas hidráulicas, na qual foram apresentados quatro (4) tipos de turbinas hidráulicas, nomeadamente Pelton, Francis, Kaplan e Bulbo.

Foram caracterizados os diferentes tipos de turbinas em turbinas de ação e turbinas de reação, os seus respectivos componentes principais, condições de aplicação e o seu princípio de funcionamento.

Foi feito um estudo a respeito das condições de relevo e a hidrografia do Brasil e de Moçambique para que se tivesse uma noção do relevo, as bacias hidrográficas de cada um dos países e a hipsometria do território para que posteriormente fosse realizada uma análise comparativa dos dois países na aplicação de turbinas hidráulicas.

Pesquisou-se a respeito dos empreendimentos hidroelétricos existentes no Brasil em Moçambique e caracterizaram-se os empreendimentos com base na nomenclatura empregada pela ANEEL, que define conforme a tabela 7:

Tabela 6 - Tipo de usina e a sua respectiva escala de potência.

Tipo de Usina	Potência
Central Geradora Elétrica (CGH)	$\leq 1 \text{ MW}$
Pequena Central Hidroelétrica (PCH)	$1 < \text{Potência} \leq 30 \text{ MW}$
Usina Hidroelétrica (UHE)	$30 \text{ MW} >$

Fonte: Adaptado de (ABRAPCH, 2014).

Para o caso específico do Brasil, o mapeamento dos empreendimentos existentes foi feito a partir da base de dados do Operador Nacional do Sistema (ONS), na base de dados denominada SINDAT-ONS. Nesta base de dados, ao acessar em camadas (Layers) foi possível fazer uma triagem das CGH's, PCH's e UHE em operação e em planejamento, o respectivo agente e a potência instalada. Em seguida pesquisou-se nos sites institucionais das usinas o respectivo tipo de turbina em operação e foi montado por meio de tabelas categorizando os empreendimentos de acordo com as diferentes regiões do Brasil.

A coleta de dados referente ao Brasil para as UHE's foi feita tendo como base aproveitamentos acima de 800MW, tendo em conta a infinidade de aproveitamentos existentes.

Quanto à Moçambique, a pesquisa sobre o tipo de usinas, o respectivo agente e o tipo de turbinas deram-se por meio de pesquisa em sítios eletrônicos institucionais do governo, por meio de relatórios da empresa Eletricidade de Moçambique (EDM) e por meio de um relatório da Associação Lusófona de Energias Renováveis (ALER).

Após a coleta de dados de empreendimentos brasileiros e moçambicanos, realizou-se uma análise das bacias hidrográficas dos dois países e caracterizou-se onde pode ser feito o emprego de cada turbina hidráulica.

Para a determinação do tipo de turbina analisou-se bacia por bacia, onde dividiu-se em trechos altos, médios e baixos, caracterizando-as de acordo com a sua respetiva altitude, relevo e potencial hidroelétrico e em seguida organizou-se a análise por meio de tabela.

Após ser feita a análise bacia por bacia hidrográfica fez-se uma síntese de onde pode ser empregado cada tipo de turbina hidráulica e em seguida fez-se uma análise comparativa do emprego de turbinas hidráulicas no Brasil e em Moçambique.

Para uma melhor visualização do lugar onde já se tem e onde pode ser feito o emprego de turbinas hidráulicas, usou-se o georeferenciamento (ARCMAP 10.3.) para a caracterização de uma sub-bacia e a delimitação de rede de drenagem e caracterizou-se a altimetria através do mapa de elevação do terreno.

Inicialmente foi pega uma bacia hidrográfica na qual já se tem determinado tipo de turbina empregada e em seguida uma região com o potencial de ser feito um aproveitamento hidroelétrico e serem empregadas turbinas hidráulicas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Emprego de turbinas hidráulicas no Brasil

Ao longo do seu território, o Brasil possui uma infinidade de aproveitamentos hidroelétricos de diferentes escalas de potência, técnicas construtivas e possui regiões com potencial hidráulico ainda não aproveitado. No anexo A encontram-se disponíveis tabelas que apresentam alguns aproveitamentos hidroelétricos coletados e a seguir segue uma análise de cada BH e o exemplo de alguns empreendimentos e suas características técnicas:

a) **Bacia hidrográfica Amazônica:** possui um alto potencial hidroelétrico na qual ainda não foi totalmente aproveitado. Caracteriza-se por ser uma região majoritariamente de planície, com altitudes variando de 0 a 100m e ao sul tendo uma transição de planície para planalto com altitudes de 100 a 500m.

Como um todo a região é propícia para a instalação de turbinas hidráulicas do tipo Bulbo, Kaplan e quando a possibilidade de instalação de um grande reservatório turbinas Francis. Devido as especificidades da região faz-se necessário um estudo aprofundado a respeito dos usos múltiplos da água para que se possa fazer melhor o aproveitamento do potencial hidroelétrico.

Na tabela 8 é apresentado alguns exemplos de empreendimentos onde já se fazem presente o emprego de turbinas hidráulicas do tipo Francis e Bulbo, tendo destaque para as turbinas Bulbo da UHE de Jirau por serem uma das maiores do mundo, com potência de 75MW.

Tabela 7 - Exemplos de empreendimentos hidroelétricos na RH Amazônica.

Estado	Categoria	Potência instalada [MW]	Empreendimento	Tipo de Turbina	Quantidade e potência das turbinas	Vazão [m ³ /s]
Pará (PA)	UHE	11233,1	Belo Monte	Francis e Bulbo	18 de 611,11MW	733
					6 de 38,85MW	403
Pará (PA)	UHE	1820	Teles Pires	Francis	5 de 364MW	-----

Rondonia (RO)	UHE	3568,3	Santo Antonio	Bulbo	26 de 69,59MW	
					24 de 73,29MW	
	UHE	3750	UHE Jirau	Bulbo	50 de 75MW	-----

Fonte: Brasil (2020), Energia Sustentável do Brasil (2019), Hidrelétrica Teles Pires (2019).

b) Bacia hidrográfica do Tocantins-Araguaia: destaca-se pelo seu alto potencial hidroelétrico e precipitações médias elevadas. De acordo com a figura 11, tem como característica ser uma região de planalto alto e ter uma pequena extensão de planície. Ao longo da RH tem-se o exemplo de alguns empreendimentos onde pode-se constatar o emprego de turbinas hidráulicas de tipo Francis e Kaplan.

Tabela 8 - Exemplos de empreendimentos hidroelétricos na RH Tocantins-Araguaia.

Estado	Categoria	Potência instalada [MW]	Empreendimento	Tipo de Turbina	Quantidade e potência das turbinas	Vazão [m ³ /s]
Pará (PA)	UHE	8370	Tucuruí	Francis	12 de 350MW	575
					2 de 22,5MW	679
					11 de 375MW	
Maranhão (MA)	UHE	1087	Estreito	Kaplan	8 de 135,88MW	----
Goias (GO)	UHE	1275	Serra da Mesa	Francis	3 de 425MW	----

Fonte: Brasil (2020), Cidade Tucuruí (2019).

c) Bacia hidrográfica do Atlântico NE Ocidental: ao analisar a figura 11, constata-se que se caracteriza por ser uma região de planície com altitudes variando de 0 a

100m e de 100 a 200m. Na tabela 9 é apresentado o exemplo de um empreendimento no qual se tem o emprego de turbinas hidráulicas do tipo Kaplan.

Tabela 9 - Exemplos de empreendimentos hidroelétricos na RH NE Ocidental.

Estado	Categoria	Potência instalada [MW]	Empreendimento	Tipo de Turbina	Quantidade e potência das turbinas	Vazão [m³/s]
Maranhão (MA)	UHE	1087	Estreito	Kaplan	8 de 135,88MW	----

Fonte: Brasil, 2020.

- d) Bacia hidrográfica da Parnaíba:** analisando a figura 11, a BH se encontra em uma região de altitudes com variações de em torno de 200 a 800 metros. Consoante a revisão bibliográfica maior parte desta região localiza-se no semiárido Brasileiro, onde tem-se baixa pluviosidade e um alto índice de evaporação. Com isso, contata-se a não viabilidade da instalação de um empreendimento hidroelétrico nesta região;
- e) Bacia hidrográfica do Atlântico NE Oriental:** tem como característica principal o fato de estar inserida majoritariamente na região do semiárido nordestino, que tem longos períodos de estiagem devido à baixa pluviosidade, alta evapotranspiração e temperaturas elevadas durante todo o ano. Analisando a figura 11, a região é caracterizada por ser de planície e planalto, porém devido aos longos períodos de estiagem não é estratégica a construção de empreendimentos hidroelétricos;
- f) Bacia hidrográfica do São Francisco:** possui um alto potencial hidroelétrico. Quanto a altitudes, de acordo com a figura 11, inicialmente possui altitudes em torno dos 1200 metros e vai decrescendo até aos 0 m. A BH tem um papel importante para a região do Nordeste, uma vez que uma parcela da BH se encontra inserida na região do semiárido nordestino. Ao longo da sua extensão, a BH possui empreendimentos no qual é feito o emprego de turbinas hidráulicas Francis ou Kaplan conforme pode ser visto nos exemplos da tabela 10.

Tabela 10 - Exemplos de empreendimentos hidroelétricos na RH do São Francisco.

Estado	Categoria	Potência instalada [MW]	Empreendimento	Tipo de Turbina	Quantidade e potência das turbinas	Vazão [m ³ /s]
Alagoas (AL)	UHE	3162	Xingó	Francis	6 de 535MW	500
Bahia (BA)	UHE	2462,4	Paulo Afonso IV	Francis	6 de 410,400MW	385
	UHE	1050,3	Sobradinho	Kaplan	6 de 175,050MW	710
Pernambuco (PE)	UHE	1479,6	Luiz Gonzaga	Francis	6 de 250MW	457,43

Fonte: Brasil (2020), Companhia Hidrelétrica do São Francisco (CHESF) (2019).

- g) Bacia hidrográfica do Atlântico Leste:** caracteriza-se por estar na costa leste e possuir uma região de transição de planície para planalto. Como característica principal a BH é a segunda com a menor disponibilidade hídrica, situa-se na região do semiárido nordestino com longos períodos de estiagem e alta evaporação, o que acaba sendo inviável o uso dos corpos hídricos para a instalação de empreendimentos hidroelétricos;
- h) Bacia hidrográfica do Atlântico Sudeste:** caracteriza-se por possuir uma região de transição de planície para planalto com variações de altitude de 0 metros a aproximadamente 1000m. As menores altitudes se encontram na região costeira e a precipitação da região apresenta o nível um pouco abaixo da média. A RH apresenta uma alta diversidade de atividades econômicas desenvolvidas na região e na BH tem-se alguns empreendimentos no qual são empregues as turbinas hidráulicas Francis, Kaplan e Pelton conforme pode ser visto na ilustração de alguns exemplos na tabela 11;

Tabela 11 - Exemplos de empreendimentos hidroelétricos na RH do Sudeste.

Estado	Categoria	Potência instalada [MW]	Empreendimento	Tipo de Turbina	Quantidade e potência das turbinas	Vazão [m ³ /s]
São Paulo (SP)	UHE	889MW	Cubatão 1	Pelton	9 de 98,8MW	12
Rio de Janeiro (RJ)	PCH	28	Anta	Kaplan	2 de 14MW	----

Fonte: Brasil (2020), adaptado de (MOURA, 2019, p. 57).

- i) Bacia hidrográfica do Paraná:** tem como característica o fato de ter um alto potencial hidroelétrico, porém com boa parte já aproveitado. Situa-se em uma região de planalto com variações de altitudes de 200 m a pouco mais de 1000 metros. Apesar do seu alto potencial hidroelétrico se faz presente a preocupação com os usos múltiplos da água.

Dentre os tipos de turbinas empregues na região, são usadas as do tipo Francis e Kaplan. É de destacar que a usina hidroelétrica de Itaipu é uma das maiores do mundo e se encontra na referida BH. Na tabela 12 tem-se o exemplo de alguns empreendimentos hidroelétricos nessa região.

Tabela 12 - Exemplos de empreendimentos hidroelétricos na RH do Paraná.

Estado	Categoria	Potência instalada [MW]	Empreendimento	Tipo de Turbina	Quantidade e potência das turbinas	Vazão [m ³ /s]
Paraná (PR)	UHE	14000	Itaipu	Francis	20 de 700MW	----
São Paulo (SP)	UHE	1540	Porto Primavera	Kaplan	14 de 111,800MW	651,60

Fonte: Brasil (2020).

- j) **Bacia hidrográfica do Paraguai:** possui um alto potencial hidroelétrico no qual metade dele já foi aproveitado. A RH é dividida em uma região de planície inundável (Pantanal) e região de planalto com variações de 200 a 800m (Planalto Paraguai). Na região encontram-se alguns empreendimentos instalados, porém com problemas relacionados ao meio ambiente e aos usos múltiplos da água, uma vez que a região de pantanal as inundações ocasionam renovação da biosfera. Com esse fator para o potencial ainda não aproveitado recomenda-se um estudo aprofundado sobre questões ambientais para que se vise a produção de energia com o mínimo impacto possível.

Quanto aos aproveitamentos hidroelétricos instalados, dentre os constatados somente teve-se o registro do emprego de turbinas hidráulicas do tipo Kaplan.

- k) **Bacia hidrográfica do Uruguai:** caracteriza-se por ter um alto potencial hidroelétrico pela região possuir uma média da precipitação elevada. A tipologia da região é de planície e planalto, com altitudes dos 0 a 200m e de 200m a aproximadamente 1000m. Quanto aos dados coletados constatou-se a presença de empreendimentos com o emprego de turbinas hidráulicas Francis.
- l) **Bacia hidrográfica do Atlântico Sul:** tem como característica ser uma região de planície e planalto, no qual as suas altitudes variam de 0 a 200m e de 200m a aproximadamente 1000m. De acordo com os dados coletados, nesta região é feito o emprego de turbinas hidráulicas do tipo Francis.

Tabela 13 - Bacias hidrográficas brasileiras, suas altitudes e emprego de turbinas hidráulicas.

Bacia hidrográfica	Varição de Altura	Turbinas empregues
Amazônia	0 a 100m e 100 a 500m	Francis e Bulbo
Tocantins – Araguaia	0 a 800m	Francis e Kaplan
Atlântico NE Ocidental	0 a 100m e 100 a 200m	Kaplan
Parnaíba	200 a 500m e 500 a 800m	-----
Atlântico NE Oriental	0 a 200m e 200 a 800m	-----
São Francisco	0 a 1200m	Francis e Kaplan
Atlântico Leste		-----
Sudeste	0 a 200m e 200 a 1000m	Pelton, Francis e Kaplan

Paraná	200 a 1000m	Francis e Kaplan
Paraguai	0 a 200m 200 a 800m	Kaplan
Uruguai	0 a 200m e 200 a 1000m	Francis
Atlântico Sul	0 a 200m e 200 a 1000m	Francis

Fonte: Próprio autor.

4.2 Emprego de turbinas em Moçambique

Ao longo da sua extensão, Moçambique possui 7 aproveitamentos hidroelétricos de médio e grande portes, 27 mini-empresendimentos (CGH's) e 27 aproveitamentos em estudo de viabilidade, conforme pode ser constatado no Anexo A.

Uma vez que o país possui um elevado potencial hidroelétrico, de acordo com os tipos de turbinas e condições de aplicação apresentadas na revisão bibliográfica, analisando as bacias hidrográficas de Moçambique e a sua respetiva hipsometria, serão descritas para cada bacia hidrográfica por meio de trechos os tipos de turbinas possíveis de serem implementadas.

A caracterização será dada consoante a localização que pode ser vista na figura 13, altitudes expressas na figura 14 e a escolha de turbinas de acordo com o potencial estimado por região apresentado na figura 17. Para a maioria das bacias dividiu-se consoante a altitude em 3 partes, nomeadamente parte alta, parte média e parte baixa.

- Bacia hidrográfica do Rovuma:

A parte alta situa-se a noroeste da província do Niassa, com uma pequena característica de região de montanhas (1000 a 1500metros) e característica de região de planalto alto (500 a 1000metros). É sugerido o emprego de turbinas hidráulicas do tipo Pelton nos seus afluentes (rios Messinge e Lucheringo).

A parte média situa-se a norte, aproximadamente na divisa das duas províncias (Cabo delgado e Niassa). Ela é expressa por regiões de planície de altitudes de 100 a 200 metros e planaltos de altitudes de 200 a 500 metros, conforme a figura 14, e tem como seu afluente principal o rio Lugenda, com um alto potencial hidroelétrico, que é sugerido o uso de turbinas hidráulicas Francis.

A parte baixa situa-se a nordeste da província de Cabo Delgado, é expressa por regiões de planície, em que de acordo com a figura 14, uma pequena extensão na divisa do rio

se caracteriza por ser de planície com altitudes variando de 100 a 200 metros e a região até a foz do rio Rovuma caracteriza-se por ter altitudes até 100 metros. Para o trecho caracterizado por altitudes até 100 metros é sugerido o emprego de turbinas Kaplan ou Bulbo.

- Bacia hidrográfica do Messalo: a bacia pode ser melhor visualizada a partir da fig. 13.

A parte alta da bacia encontra-se na província de Niassa, é caracterizada por transição de planalto alto para planalto alto e possui altitudes de 500 a 1000m. Para esta região é sugerido o uso de turbinas Pelton quando a existência de grandes quedas.

A parte média da bacia caracteriza-se por ser de planalto baixo (altitudes de 200 a 500m) e se encontra na província de Cabo Delgado. Para esta região é sugerido o emprego de turbinas Francis.

A parte baixa da bacia caracteriza-se por possuir regiões de planície com altitudes de 100 a 200m e uma transição para região de planície com altitudes até 100m. Para este trecho é sugerido o emprego de turbinas Bulbo ou Kaplan e Francis quando possível o represamento da água.

- Bacia hidrográfica do Lúrio:

A parte alta da bacia hidrográfica do Lúrio situa-se ao sul da província de Niassa, onde de acordo com a figura 14 caracteriza-se por ser uma região de planalto alto com variação de altura de 500 metros à 1000 metros. Quanto ao emprego de turbinas hidráulicas é sugerido o uso de turbinas Pelton.

A parte média da bacia hidrográfica do rio Lúrio é caracterizada pela transição de planalto alto para o planalto médio. De acordo com a revisão bibliográfica apresenta numerosas quedas e é favorável para o represamento, com isso, é sugerido o emprego de turbinas hidráulicas Pelton ou Francis.

A parte baixa da bacia hidrográfica do rio Lúrio é caracterizada por regiões de planície, variando com altitudes de 100 a 200 metros, e a região até a foz com altitudes de até 100 metros. Pela característica da região é sugerido o emprego de turbinas hidráulicas do tipo Bulbo, Kaplan ou Francis para os trechos mais altos e com capacidade de represamento de água.

- Bacia hidrográfica do Ligonha:

A parte alta da bacia hidrográfica do Ligonha é caracterizada por ter uma pequena extensão de montanhas (1000 a 1500m) e a maior extensão de planalto alto (500 a 1000m). Para esta região é sugerido o emprego de turbinas hidráulicas do tipo Pelton.

A parte média da bacia hidrográfica do Ligonha é caracterizada por ser de planalto baixo e planície alta, tendo como altitudes de 200 a 500m e de 100 a 200m. Nesta região é proposto o emprego de turbinas Francis.

A parte baixa da bacia hidrográfica do Ligonha é caracterizada por ser região de planície com altitudes abaixo de 100m, com isso é proposto o emprego de turbinas Kaplan ou Bulbo.

- **Bacia hidrográfica do Licungo:** na figura 13 pode ser vista a localização da bacia hidrográfica do Licungo e na figura 17 o seu respetivo potencial hidroelétrico. Esta bacia se encontra em um local de alto potencial hidroelétrico e majoritariamente se encontra numa região de planície com altitudes de até 100m. Para a presente bacia é proposto o uso de turbinas hidráulicas do tipo Bulbo ou Kaplan.

- **Bacia hidrográfica do Zambeze:** de acordo com a figura 17, praticamente toda a extensão do rio Zambeze possui um alto potencial hidroelétrico. Nesta figura pode ser visto em destaque pontos cruciais de maior potencial de geração hidroelétrica.

A parte alta da bacia hidrográfica do Zambeze, que integra a extensão moçambicana se encontra a província de Tete. A região é característica de planalto baixo (200 a 500metros), a água é represada e está instalada a hidroelétrica de Cahora Bassa, cuja operação é predominante com turbinas hidráulicas Francis.

A parte média da bacia hidrográfica do Zambeze se encontra dentro da província de Tete. Nele pode ser constatado a presença de planícies com altitudes dos 100 a 200 metros e com altitudes menores que 100 metros, porém a última tem uma menor extensão. No trecho da província de Tete até Sena conforme a figura 17, se pode constatar um ponto de alto potencial hidroelétrico na qual podem ser instaladas turbinas hidráulicas Francis.

A parte baixa da bacia hidrográfica do Zambeze se encontra basicamente na divisa da província de Sofala e Zambézia. Esta região é característica de planície baixa (0 a 100 metros) e se sugere o emprego de turbinas hidráulicas Kaplan ou Bulbo.

- **Bacia hidrográfica do Púnguè:**

A parte alta da bacia é composta inicialmente por altitudes de 500 a 1000 metros e vai decrescendo até a uma superfície de planalto baixo, com altitudes de 200 a 500 metros. Analisando o potencial da região conforme a figura 16, sugere-se o emprego de turbinas Pelton.

A parte média da bacia hidrográfica do Púnguè é composta por uma transição de planalto médio à planície alta, tendo assim com faixa de altitude de 100 a 500 metros. Analisando o potencial conforme a figura 17, sugere-se o emprego de turbinas Francis.

A parte baixa da bacia hidrográfica do Púnguè corresponde a praticamente toda província de Sofala. Ao longo da bacia hidrográfica tem-se altitudes de até 100 metros, conforme a figura 14 e de acordo com o potencial constatado na figura 17, sugere-se o emprego de turbinas Kaplan ou Bulbo.

- Bacia hidrográfica do Búzi:

A parte alta da bacia do Búzi é onde se encontra o seu afluente e a usina hidroelétrica de Chicamba e Mavuzi, onde em ambas é feito o emprego de turbinas Francis. Esta região é característica de planaltos altos (500 a 1000m) e planaltos baixos (200 a 500m).

A parte média da bacia do Búzi é caracterizada por planícies com altitudes de 0 a 100m e planície com altitudes de 100 a 200m. Nelas pode-se estimar o uso de turbinas hidráulicas do tipo Francis, Kaplan ou Bulbo.

A parte baixa da bacia do Búzi de acordo com a figura 14 é caracterizada por ser de planície, com altitudes até 100m. Nela é sugerido o emprego de turbinas hidráulicas do tipo Kaplan ou Bulbo.

- Bacia hidrográfica do rio Save: o rio Save é caracterizado em toda a sua extensão por ser de planície, tendo variações nas altitudes inicialmente de 100 a 200 metros e em seguida por possuir alturas até 100 metros. Pelas suas características é proposto o emprego de turbinas Francis, Kaplan ou Bulbo.

- Bacia hidrográfica do Govuro: tem como característica por ser constituído somente em região de planície com altitudes de até 100m. Para esta região é proposto o emprego de turbinas Bulbo.

- Bacia hidrográfica do Limpopo: da bacia hidrográfica do Limpopo pode ser dividida em duas partes (alta e baixa). Como um todo, a bacia é caracterizada por ser de planície, com regiões com altitudes variando de 100 a 200m e a sua maior extensão com altitude inferior a

100m. Devido à forte variação do seu caudal, é proposto o emprego de turbinas Kaplan ou Bulbo.

- **Bacia hidrográfica do Umbeluzi:** a bacia hidrográfica do Umbeluzi tem como característica o fato de estar em uma região de planície em que se tem uma transição de planície alta para baixa, com altitudes de 100 a 200m e de 0 a 100m. Nesta região já se tem um empreendimento hidroelétrico na qual é usado turbinas Kaplan.

- **Bacia hidrográfica do Incomati:** a bacia do Incomati pode ser melhor visualizada a partir da figura 13, a mesma apresenta a bacia como estando em uma região de planície com altitudes até 100m. De acordo com a revisão bibliográfica o curso inferior do rio é usado para o regadio de terras, tendo em conta esta finalidade é proposto o uso de turbinas hidráulicas do tipo bulbo. Nesta região de acordo com a revisão bibliográfica e os dados coletados já se tem um aproveitamento existente na qual é empregada a turbina hidráulica Kaplan.

- **Bacia hidrográfica de Maputo:** a bacia tem como característica ser uma região totalmente de planície, tendo variações de altitude de 0 à 100m e uma pequena parcela de 100 a 200m. Para esta região é proposto o emprego de turbinas Kaplan ou Bulbo.

Na tabela 14 segue a síntese dos trechos, altitudes e turbinas a serem empregues em Moçambique.

Tabela 14 - Síntese dos trechos, altitudes e turbinas a serem empregadas.

Bacia	Trecho/parte	Variação de Altitude	Turbina a empregar
Rovuma	Alta	1000 a 1500m e 500 a 1000m	Pelton
	Média	200 a 500 m	Francis
	Baixa	100 a 200m e < 100m	Kaplan ou Bulbo
Messalo	Alta	500 a 1000m	Pelton
	Média	200 a 500m	Francis
	Baixa	100 a 200m e < 100m	Francis, Kaplan ou Bulbo
Lúrio	Alta	500 a 1000m	Pelton
	Média	500 a 1000m e 200 a 500m	Pelton ou Francis
	Baixa	100 a 200 m e < 100m	Francis, Kaplan ou Bulbo
Ligonha	Alta	500 a 1000m e 1000 a 1500m	Pelton
	Média	200 a 500m e 100 a 200m	Francis
	Baixa	< 100m	Kaplan ou Bulbo
Licungo	Baixa	< 100m	Kaplan ou Bulbo
Zambeze	Alta	200 a 500m	Francis (já empregue)
	Média	100 a 200m	Francis
	Baixa	< 100m	Kaplan ou Bulbo
Púnguè	Alta	500 a 1000m e 200 a 500m	Pelton
	Média	100 a 200m	Francis
	Baixa	< 100m	Kaplan ou Bulbo
Búzi	Alta	1000 a 500m e 500 a 200m	Francis (já empregue)
	Média	100 a 200m e < 100m	Francis, Kaplan ou Bulbo
	Baixa	< 100m	Kaplan ou Bulbo
Save	Média e Baixa	100 a 200m e < 100m	Francis, Kaplan ou Bulbo
Govuro	Baixa	< 100m	Bulbo
Limpopo	Alta e Baixa	100 a 200m e < 100m	Kaplan ou Bulbo
Umbeluzi	Baixa	100 a 200m e < 100m	Kaplan (já empregue)
Incomati	Baixa	< 100m	Kaplan (já empregue) ou Bulbo
Maputo	Baixa	100 a 200m e < 100m	Kaplan ou Bulbo

Fonte: Autor, 2020.

4.3 Comparação do emprego de turbinas hidráulicas no Brasil e em Moçambique

4.3.1 Turbina hidráulica Pelton

Conforme os dados coletados, no Brasil constatou-se a existência de turbina hidráulicas do tipo Pelton na região Sul e Sudeste do país. Esta região por possuir condições favoráveis para aplicação tem empregue este determinado tipo de turbina.

De acordo com os dados coletados, constatou-se que em Moçambique não se tem ainda o emprego de turbinas hidráulicas do tipo Pelton, porém tem-se regiões com o potencial de aplicação. As regiões com potencial de aplicação são as partes altas da zona Norte e centro de Moçambique, que de acordo com o analisado possuem altitudes variando de 200 a 1500m e em alguns trechos tem-se grandes quedas de altura onde pode ser realizado o emprego deste tipo de turbinas.

As bacias hidrográficas possíveis de aplicação são as partes altas da bacia do Rovuma (nos rios Messinge e Lucherringo), BH do Messalo, BH do Lúrio, BH de Ligonha e BH do Púnguè.

4.3.2 Turbinas hidráulicas Francis

As turbinas Francis são empregues com alta frequência em aproveitamentos onde se tem uma considerável queda de altura e grande capacidade de represamento de água. Ao longo de quase todas as bacias hidráulicas do Brasil podem ser constatados aproveitamentos que se tem o emprego de turbinas hidráulicas do tipo Francis.

Conforme os dados disponíveis no anexo A, Moçambique possui somente três empreendimentos na qual são empregues turbinas hidráulicas do tipo Francis, nomeadamente a parte alta da UHE de Cahora Bassa, a UHE de Chicamba Real e UHE de Mavuzi.

Em Moçambique para além dos empreendimentos que já possuem turbinas Francis, ao longo das suas bacias hidrográficas existem áreas propícias para o emprego de turbinas Francis.

As bacias na qual podem ser empregues são:

Parte média da bacia hidrográfica do Ligonha, Púnguè, Zambeze, Búzi, Save e Rovuma (rio lugenda);

Parte média e baixa da bacia hidrográfica do Messalo e Lúrio.

Pelo facto de o Brasil já possuir uma vasta aplicação e experiência no emprego deste tipo de turbina, podem ser aplicadas em Moçambique as técnicas empregadas no Brasil.

4.3.3 Turbinas hidráulicas Kaplan

De acordo com a análise realizada, no Brasil ao longo das BH do Tocantins, BH do Atlântico NE Oriental, BH do Sudeste, BH do São Francisco, BH do Paraná e BH do Paraguai em alguns empreendimentos nestas bacias hidrográficas é feito o emprego de turbinas hidráulicas do tipo Kaplan.

Quanto a Moçambique, o emprego de turbinas hidráulicas do tipo Kaplan já se faz presente em duas pequenas centrais hidroelétricas, nomeadamente a de Corumana e pequenos Libombos, conforme as tabelas disponíveis no anexo A. Estes empreendimentos se encontram nas bacias do Umbeluzi e Incomati.

Quanto ao potencial de aplicação, em Moçambique é sugerido um estudo aprofundado de viabilidade podem ser empregues turbinas hidráulicas do tipo Kaplan nas seguintes bacias hidrográficas:

Parte baixa das bacias do Rovuma, Messalo, Lúrio, Ligonha, Zambeze, Save, Limpopo e Maputo.

Assim como na parte baixa e média da bacia hidrográfica do Búzi.

4.3.4 Turbina hidráulica Bulbo

As TH Bulbo têm como características o facto de serem empregadas em regiões típicas de planície com baixas quedas de altura. De acordo com os dados coletados, no Brasil, mais precisamente na região hidrográfica Amazônica é possível constatar o emprego de turbinas hidráulicas Bulbo, na qual tem-se como um marco e fator positivo por serem uma das maiores empregues no mundo.

De acordo com os dados coletados, Moçambique não possui nenhum empreendimento com o emprego de turbinas hidráulicas do tipo Bulbo. Toda a costa moçambicana é constituída por região de planície, com altitudes de 0 a 100m e de 100 à 200m, em que no caso de baixas altitudes e pequenos desníveis podem ser empregues turbinas hidráulicas do tipo Bulbo.

Dentre as bacias hidrográficas em que podem ser empreguadas as turbinas do tipo Bulbo são a parte baixa das bacias hidrográficas do Rovuma, Messalo, Lúrio, Ligonha, Licungo, Zambeze, Púnguè, Búzi, Save, Govuro, Limpopo, Incomati e Maputo.

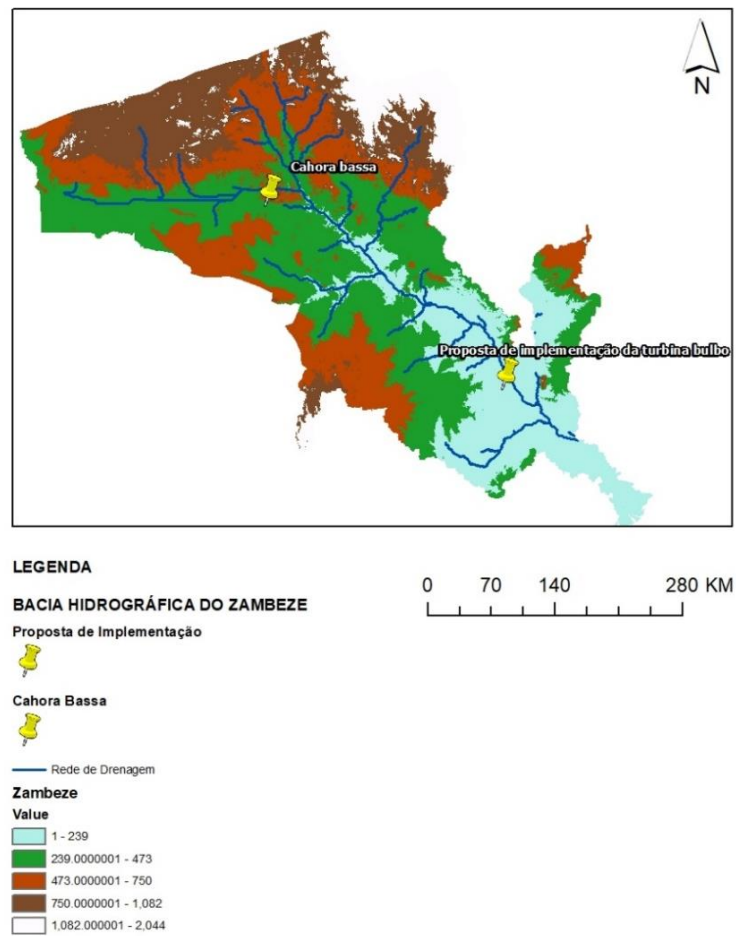
A região Amazônica é uma região característica de planície e quando comparado com o território moçambicano pode ser visto que Moçambique tem uma vasta área de planície na qual pode ser replicada a experiência positiva do Brasil em Moçambique.

4.4 Análise via georreferenciamento

Como forma de conferir a respectiva altura de aplicação de determinada turbina, delimitou-se a bacia hidrográfica do Zambeze, tratou-se os dados e marcou-se o ponto onde situa-se a barragem da usina hidroelétrica de Cahora bassa. Na figura 19 pode-se constatar que a barragem se encontra em uma região de planalto com altitudes de aproximadamente 200 a 400metros e uma média queda de altura, o qual justifica-se na usina o emprego de turbinas hidráulicas do tipo Francis.

Em seguida, prosseguiu-se com a representação de um ponto em uma região de planície com baixas quedas de altura e variação de altitudes de 0 a aproximadamente 200metros e neste trecho propôs-se o uso de turbinas hidráulicas do tipo Bulbo.

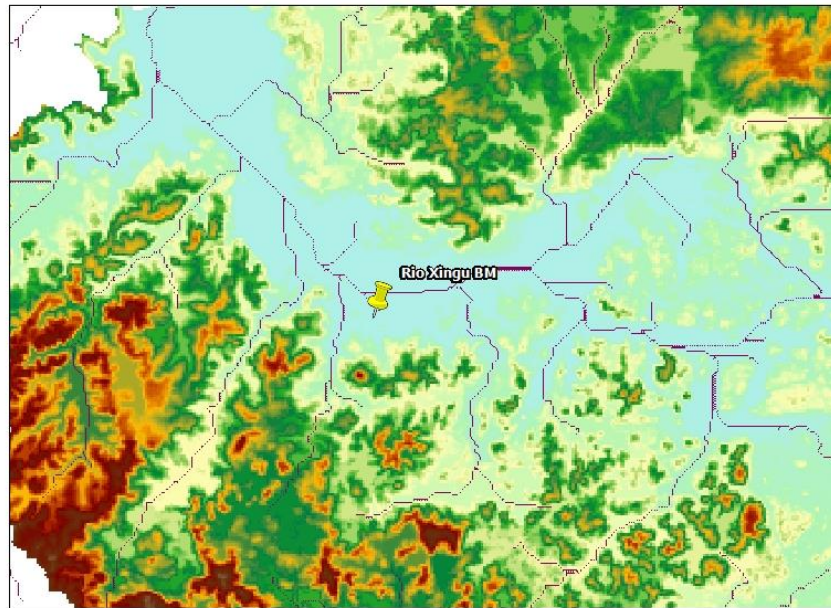
Figura 19 - Mapa de elevação da BH do Zambeze.



Fonte: autor, 2020.

Em seguida realizou-se o mesmo procedimento para a usina hidroelétrica de Belo Monte, localizada no rio Xingu. Delimitou-se a bacia hidrográfica, tratou-se os dados e marcou-se um ponto próximo de onde se situa a barragem. Caracterizou a altitude da região e constatou-se que a usina localiza-se em uma região característica de planalto, com desníveis favoráveis ao emprego de turbinas hidráulicas do tipo Francis, conforme a figura 20.

Figura 20- Mapa de elevação da BH Amazônica



LEGENDA

ENTRADA DA BARRAGEM



0 2.5 5 10 KM

Mapa de Elevação

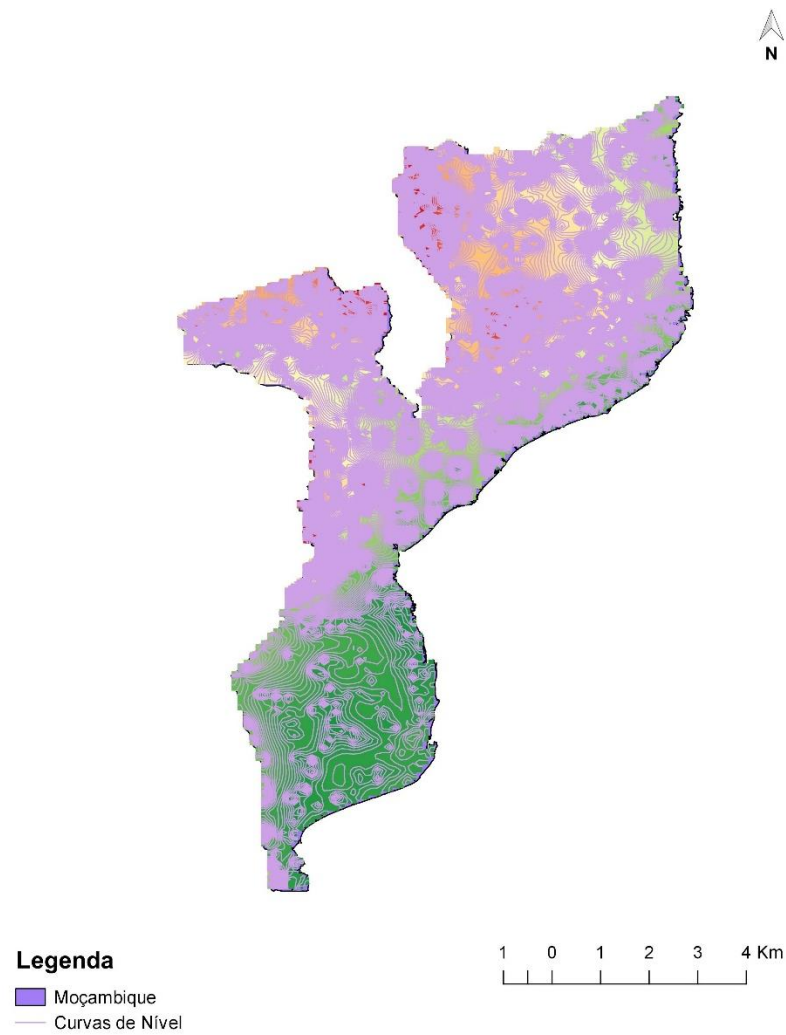


— Rede de Drenagem

Fonte: autor, 2020.

Para Moçambique, pelo fato de se ter conseguido obter pontos de altimetria de todo território, foi possível representar as curvas de nível do território, que ajudam a situar quanto à quedas de altura de uma região. Pode ser visto na figura 21:

Figura 21 - Curvas de nível de Moçambique



Fonte: autor, 2020.

O procedimento realizado por meio do geoprocessamento pode ser feito para que seja conferido nas demais bacias hidrográficas por meio da altimetria e curvas de nível os tipos de turbinas adequadas de acordo com a recomendação da faixa de elevação específica de cada uma e se os empreendimentos já instalados se encontram dentro dos padrões.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A comparação entre o emprego de turbinas hidráulicas no Brasil e em Moçambique permite concluir que as duas nações possuem relevo e hidrografia adequados e favoráveis para a construção de aproveitamentos hidroelétricos que garantam ou possam garantir o suprimento de suas demandas crescentes de energia.

Ambos os países já fazem a exploração desse recurso há décadas, porém o Brasil, pelo porte de seu território, diversidade de mais de 3000 empreendimentos, escala de produção econômica de geração é uma das nações mais avançadas a nível global na complexidade, diversidade e em escala de produção energética a partir da fonte hidráulica.

Moçambique, apesar de já contar com empreendimentos de pequeno, médio e grande porte na área, pode, baseado em semelhanças de relevo e hidrografia, se espelhar nas soluções técnicas brasileiras para melhor desenvolver seu parque hidráulico.

Para que seja feita a escolha do tipo de turbina, quanto ao relevo, faz-se necessário constatar as variações de altura da região e quanto a hidrografia a vazão do corpo hídrico e sua variação consoante a curva de variação de cada tipo de turbina.

Assim, tendo em conta as condições de relevo e potencial hidroelétrico pode-se constatar que turbinas Pelton em Moçambique podem ser utilizadas na parte alta da bacia hidrográfica do Rovuma (rios Messinge e Lucherringo), BH do Messalo, BH do Lúrio, BH de Ligonha e BH do Púnguè; Turbinas Francis podem ser usadas nas bacias hidrográficas do Ligonha, Púnguè, Zambeze, Búzi, Save e Rovuma (rio Iugenda), assim como na parte média e baixa da BH do Messalo e Lúrio; Turbinas Kaplan podem ser usadas na parte baixa das BH do Rovuma, Messalo, Lúrio, Ligonha, Zambeze, Save, Limpopo e Maputo, assim como na parte média e baixa da BH do Búzi e o emprego moderno de turbinas tipo Bulbo em rios de grande vazão, mas com baixo desnível, pode ser aplicado na parte baixa das bacias hidrográficas do Rovuma, Messalo, Lúrio, Ligonha, Licungo, Zambeze, Púnguè, Búzi, Save, Govuro, Limpopo, Incomati e Maputo.

Por isso, o modelo brasileiro de emprego de turbinas hidráulicas mostra-se capaz de apresentar muito boas condições para aperfeiçoar e ampliar o emprego de TH em Moçambique.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, Thiago Modesto de. **Proposta de Metodologia para definição de quantidade de grupos geradores de pequenas centrais hidrelétricas**. 2015.

AMADE, Sualé. **Geografia Física de Moçambique**. 2019. Acesso em: 16 de Janeiro de 2020.

ANDRITZ HYDRO (Austria). **Bulb Turbines Technology - Fit for the Future**. [20--]. Disponível em: <<https://www.andritz.com/hydro-en/hydroneews/hydro-news-29/hy-news-hn29-13-bulb-turbines-hydro>>. Acesso em: 03 fev. 2020.

Aneel autoriza operação das turbinas da usina Santo Antônio do Jari. **Jornal de Beltrão**, Francisco Beltrão, 01, jan. 2015. Disponível em: <https://www.jornaldebeltroa.com.br/noticia/204894/aneel-autoriza-operacao-das-turbinas-da-usina-santo-antonio-do-jari>. Acesso em: 17 de Outubro de 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PCHs E CGHs (ABRAPCH). **O que são PCHs e CGHs**. 17 de Março de 2014. Disponível em: <https://abrapch.org.br/2014/03/17/o-que-sao-pchs-e-cghs/>. Acesso em: 18 de Outubro de 2019.

ASSOCIAÇÃO LUSÓFONA DE ENERGIAS RENOVÁVEIS. **Energias Renováveis em Moçambique – Relatório Nacional do Ponto de Situação (Segunda Edição)**. 2017. Disponível em: http://www.aler-renovaveis.org/contents/activitiesdocuments/aler_mz-report_oct2017_web.pdf Acesso em: Outubro de 2019.

Barragem terá apenas 35 m de altura. Disponível em: <https://revistaoe.com.br/barragem-tera-apenas-35-m-de-altura/>. Acesso em 13 de Novembro de 2019.

BARRETO, Eduardo José Fagundes; TIAGO FILHO, Geraldo Lúcio. **Pequenos aproveitamentos hidroelétricos: Soluções energéticas para a amazônia**. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2008.

BRASIL. AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. **Divisões hidrográficas do Brasil**. [20--]. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/aguas-no-brasil/panorama-das-aguas/copy_of_divisoes-hidrograficas>. Acesso em: 30 jan. 2020.

BRASIL. AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS (ANA). **Plano estratégico de recursos hídricos dos afluentes da margem direita do rio Amazonas**. Disponível em: <http://biblioteca.ana.gov.br/asp/download.asp?codigo=21661&tipo_midia=2&iIndexSrv=1&iUsuario=0&obra=6663&tipo=1&iBanner=0&iIdioma=0>. Acesso em: 16 fev. 2020.

BRASIL. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **PLANO DE RECURSOS HÍDRICOS DA REGIÃO HIDROGRÁFICA DO PARAGUAI - PRH Paraguai: Resumo executivo**. 2018. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/portal/SAS/PRH_Paraguai/PF-02_PRH_Paraguai_Resumo_Executivo.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2020.

BRASIL. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: regiões hidrográficas brasileiras – Edição Especial**. -- Brasília: ANA, 2015. Acesso em 29 de Janeiro de 2020.

BRASIL. IBGE. (Ed.). **Hipsometria e bacias hidrográficas do Brasil**. 1995. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/biblioteca-catalogo.html?id=66396&view=detalhes>>. Acesso em: 02 fev. 2020.

BRASIL. ITAIPU BINACIONAL. **Geração**. Disponível em: <<https://www.itaipu.gov.br/energia/geracao>>. Acesso em: 16 fev. 2020.

BRASIL. OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO - ONS. **Sistema Interligado Nacional - rede de operação - Horizonte 2023**. Disponível em: <<http://sindat.ons.org.br/SINDAT/Home/ControleSistema>>. Acesso em: 15 fev. 2020.

ÇENGEL, Yunus A., MICHAEL, A. Boles, Termodinâmica [recurso eletrônico]. Tradução: Paulo Maurício Costa Gomes; Revisão Técnica: Antonio Pertence Júnior – 7. Ed. Dados eletrônicos. – Porto Alegre: AMGH, 2013.

CESP. **Usina hidrelétrica Porto Primavera**. Disponível em: http://www.cesp.com.br/portalCesp/portal.nsf/V03.02/Empresa_UsinaPPrimavera_Dados?OpenDocument. Acesso em: Setembro de 2019.

CESP. **Usina hidrelétrica Jupia**. Disponível em: http://www.cesp.com.br/portalCesp/portal.nsf/V03.02/Empresa_UsinaJupia_Dados?OpenDocument. Acesso em: Setembro de 2019.

CESP. **Usina hidrelétrica Ilha solteira**. Disponível em: http://www.cesp.com.br/portalCesp/portal.nsf/V03.02/Empresa_UsinaIlhaDados?OpenDocument. Acesso em: Setembro de 2019.

CIDADE TUCURUI (Brasil). **Usina hidrelétrica de Tucuruí**. Disponível em: <http://cidadedetucuruí.com/INICIO/USINA_HIDRELETRICA_TUCURUI/USINA_HIDRELETRICA_TUCURUI.htm>. Acesso em: 30 set. 2019.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO (Brasil). **A bacia: Principais Características**. Disponível em: <<https://cbhsaofrancisco.org.br/a-bacia/>>. Acesso em: 16 fev. 2020.

COMPANHIA HIDRELÉTRICA DO SÃO FRANCISCO (CHESF) (Brasil). **Luiz Gonzaga**. Disponível em: <<https://www.chesf.gov.br/SistemaChesf/Pages/SistemaGeracao/LuizGonzaga.aspx>>. Acesso em: 30 set. 2019.

COMPANHIA HIDRELÉTRICA DO SÃO FRANCISCO (CHESF) (Brasil). **Sobradinho**. Disponível em: <<https://www.chesf.gov.br/SistemaChesf/Pages/SistemaGeracao/Sobradinho.aspx>>. Acesso em: 30 set. 2019.

COMPANHIA HIDRELÉTRICA DO SÃO FRANCISCO (CHESF) (Brasil). **Paulo Afonso IV**. Disponível em: <<https://www.chesf.gov.br/SistemaChesf/Pages/SistemaGeracao/PauloAfonsoIV.aspx>>. Acesso em: 30 set. 2019.

COMPANHIA HIDRELÉTRICA DO SÃO FRANCISCO (CHESF) (Brasil). **Xingó**. Disponível em: <<https://www.chesf.gov.br/SistemaChesf/Pages/SistemaGeracao/Xingo.aspx>>. Acesso em: 30 set. 2019.

CUMBE, Ângelo Nhapacho Francisco et al. **O património geológico de Moçambique: Proposta de metodologia de inventariação, caracterização e avaliação**. 2008. Tese de Doutorado.

DIREÇÃO NACIONAL DAS ÁGUAS - DNA. **Estratégia Nacional de Gestão de Recursos Hídricos**. Moçambique, 2007. http://www.dnaguas.gov.mz/lib/legislacao/Estrategia_Naciona_Gestao_Recursos_Hidricos%20-%20Brochura.pdf. Acesso em: 18 de Outubro de 2019.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA [EPE] (Brasil). **Balço Energético Nacional 2019**: Ano base 2018. 2019. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-377/topico-494/BEN%202019%20Completo%20WEB.pdf>>. Acesso em: 15 fev. 2020.

ENERGIA SUSTENTÁVEL DO BRASIL (Brasil). **Usina hidrelétrica de Jirau**. Disponível em: <<https://www.esbr.com.br/a-usina>>. Acesso em: 25 set. 2019.

ENGIE. **Usina Hidrelétrica Estreito**. Disponível em: <https://www.engie.com.br/complexo-gerador/usinas/usina-hidreletrica-estreito/>. Acesso em 24 de Setembro de 2019.

FOZ DO CHAPECÓ. **Usina Fóz do Chapecó**. Disponível em: <http://www.fozdochapeco.com.br/usina/#caracteristicas>. Acesso em: 18 de Outubro de 2019.

FUNAE. **Atlas das Energias Renováveis de Moçambique**. Moçambique, 2013. Disponível em: <https://www.funae.co.mz/index.php/en/recursos/recursos-hidricos>. Acesso em: Outubro de 2019.

FURNAS CENTRAIS ELÉTRICAS S.A. - **Usinas de FURNAS**. Disponível em: <https://www.furnas.com.br/subsecao/120/usina-de-furnas---1216-mw>. Acesso em: Setembro de 2019.

HAIRAZATE, Abdurramane. **Georreferenciação e interpretação de fotografias aéreas das províncias de Niassa e Cabo Delgado, Moçambique**. 2018. 129 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geomateriais e Recursos Geológicos, Departamento de Geociências, Universidade do Aveiro, Aveiro, 2018.

HIDROELÉTRICA DE CAHORA BASSA - **Usina hidroelétrica de Cahora Bassa**. Disponível em: <https://www.hcb.co.mz/pt-pt/hidroelectricidade/>. Acesso em: Setembro de 2019.

HIDROENERGIA. **TURBINA PELTON**. 2019. Disponível em: <https://www.hidroenergia.com.br/produtos/turbinas/turbina-pelton/>. Acesso em 12 de Dezembro de 2019.

HIDRELÉTRICA TELES PIRES (Brasil). **Hidrelétrica Teles Pires: Energia Eficiente.** Disponível em: <http://www.uhetelespires.com.br/site/?page_id=94#body>. Acesso em: 25 set. 2019.

HUSAIN, Zueb; ABDULLAH, Mohd. Zulkifly; ALIMUDDIN, Zainal. **BASIC FLUID MECHANICS AND HYDRAULIC MACHINES.** Giriraj Lane, Sultan Bazar: Bs Publications, 2008. 231 p.

International energy agency (IEA). **Key world energy statistics.** 2018. Disponível em: <https://webstore.iea.org/download/direct/2291?fileName=Key_World_2018.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2020.

KOEHNE, André. **Mozambique map cities.** 2007. Disponível em: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mozambique_map_cities.png. Acesso em: 23 de Janeiro de 2020.

MACEDO, Rodrigo de. **DIMENSIONAMENTO, PROJETO E SIMULAÇÃO DE UM ROTOR HIDRÁULICO TIPO FRANCIS SIMPLES.** 2015. 78 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Mecânica, Departamento de Ciências Exatas e Engenharias, Unijuí - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Panambi, 2015.

MALANÇO, José Álvaro. **GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS.** 2015.

Mavuzi and Chicamba hydroelectric power plants rehabilitation. United Kingdom. Disponível em: https://www.hydrokarst.fr/wp-content/uploads/2017/11/FicheDeChantierMozambique_UK.pdf. Acesso em 14 de Outubro de 2019.

MELLO JUNIOR, Antonio Gonçalves de. **A Turbina de Fluxo (Michell-Banki) como Opção para Centrais Hidráulicas de Pequeno Porte.** 2000. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

MORAIS, Emanuel José Peloso de. **Modelo de turbinas do tipo bulbo para estudos de estabilidade eletromecânica de sistemas elétricos de potência.** 2011. 199 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2011.

MOURA, Ailson P. et al. **Engenharia de Sistemas de Potência: geração hidroelétrica e elioelétrica.** Fortaleza-ce: Edições Ufc, 2019. 291 p.

MUCHANGOS, Aniceto dos. **Paisagens e Regiões Naturais de Moçambique.** Maputo: Tipografia globo, 1999. Acesso em: 22 de Janeiro de 2020.

REPÚBLICA DE MOÇAMBIQUE. MINISTÉRIO DA ENERGIA. **ESTRATÉGIA DE DESENVOLVIMENTO DE ENERGIAS NOVAS E RENOVAVEIS(EDENR): PARA O PERÍODO DE 2011 -2025.** [2011]. Disponível em: <https://energypedia.info/images/f/fa/PT-Estrategias_de_Deenvolvimento_de_E._Novas_e_Renovaveis-Ministerio_da_Energia.pdf>. Acesso em: 13 fev. 2020.

RIBEIRO, Shakil Bonnet Jossob. **GESTÃO DE INUNDAÇÕES: COMO AMENIZAR SEUS EFEITOS EM MOÇAMBIQUE.** 2018. 104 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia

de Energias, Instituto de Engenharias e Desenvolvimento Sustentável, Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-brasileira, Acarape-ce, 2018.

ROSS, Jurandy Luciano Sanches (Org.). **Geografia do Brasil**. 6. ed. São Paulo: EDUSP, 2011. 549 p. ISBN 9788531402425. Acesso em: 02 de fev. 2020.

SANTANDER, Olga Lucia Sánchez. Montagem e instrumentação de uma bancada para turbina hidráulica. 2014. Acesso em 30 de Dezembro de 2019.

Seminário sobre barragens no espaço da CPLP. Disponível em: <http://barragens-cplp.lnec.pt/EDM%20-%20Antonio%20Januario%20-%20Exploracao%20das%20Barragens%20da%20EDM.pdf>. Acesso em: 16 de Outubro de 2019.

Sistema de Informações Geográficas Cadastrais do SIN (SINDAT/ONS). Disponível em: <http://sindat.ons.org.br/SINDAT/Home/ControleSistema>. Acesso em: Setembro de 2019.

SIMONE, Gilio Aluisio. **Centrais e aproveitamentos hidrelétricos: uma introdução ao estudo**. 1ª edição. São Paulo: Ed Érica, 2013.

SOUZA, Zulcy de; SANTOS, Afonso Henriques Moreira; BORTONI, Edson da Costa. **Centrais hidrelétricas: implantação e comissionamento**. Rio de Janeiro: Interciência, v. 483, p. B2767, 2009.

Usina hidrelétrica de Balbina. Disponível em: <http://www.elektrobrasamazonasgt.com/cmsgt/utes/uhe-balbina/>. Acesso em: 30 de setembro de 2019.

Usina Hidrelétrica de Mascarenhas. Disponível em: <http://www.evolvedoc.com.br/silusba/download-2015-UEFQMDIxNDA4LnBkZg>. Acesso em: Setembro de 2019.

Usina Hidrelétrica Machadinho. Memória Técnica. Disponível em: <http://www.machadinho.com.br/novo/imprensa/publicacoes/1399986308.pdf>. Acesso em: 20 de Novembro de 2019.

Usina Hidrelétrica Santo Antônio do Jari (Brasil). Disponível em: <https://uhejari.com.br/pt-br/a-usina-2> Acesso em: Outubro de 2019.

VOITH. **PELTON TURBINES**. Disponível em: http://voith.com/corp-en/2013-05-27_voith_pelton_turbines.pdf. Acesso em: 16 de Janeiro de 2020

VOITH. **KAPLAN TURBINES**. Disponível em: https://voith.com/corp-en/Kaplan_Turbine.pdf. Acesso em: 17 de Janeiro de 2020.

ANEXO A – Empreendimentos hidroelétricos do Brasil e Moçambique

Tabela 15 - Usinas hidrelétricas da região Norte.

Região	Estado	Categoria	Potência instalada [MW]	Agente	Nome do empreendimento	Tipo de Turbina	Quantidade e potência das turbinas	Vazão [m ³ /s]
Norte	Acre (AC)	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	Amapá (AP)	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	Amazonas (AM)	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	Pará (PA)	UHE	8370	Eletronorte - Centrais Elétricas do Norte do Brasil S/A	Tucuruí	Francis	12 de 350MW 2 de 22,5MW 11 de 375MW	575m ³ /s e 679 m ³ /s
		UHE	11233,1	Norte Energia SA - Norte Energia SA	Belo Monte	Francis e Bulbo	18 de 611,11MW 6 de 38,85MW	733 m ³ /s e 403 m ³ /s

	Rondônia (RO)	UHE	3568,3	Saesa - Santo Antônio Energia SA	Santo Antônio	Bulbo com rotor Kaplan	26 de 69,59MW e 24 de 73,29MW	-----
		UHE	3750	Energia Sustentável - Energia Sustentável do Brasil S.A	UHE Jirau	Bulbo	50 de 75MW	82600 Vazão de projeto/sistema extravazador
	Roraima (RR)	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	Tocantins (TO)	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Fonte: Brasil (2020), Energia Sustentável do Brasil (2019), Hidrelétrica Teles Pires (2019), Cidade Tucuruí (2019).

Tabela 16 - Usinas hidrelétricas da região Nordeste.

Região	Estado	Categoria	Potência instalada [MW]	Agente	Nome do empreendimento	Tipo de Turbina	Quantidade e potência das turbinas	Vazão [m³/s]
Nordeste	Alagoas (AL)	UHE	3162	Chesf	Xingó	Francis	6 de 535MW	500

	Bahia (BA)	UHE	2462,4	Chesf	Paulo Afonso IV	Francis	6 de 410,400MW	385
		UHE	1050,3	Chesf	Sobradinho	Kaplan	6 de 175,050MW	710
	Ceará (CE)		-----	-----	-----	-----	-----	-----
	Maranhã o (MA)	UHE	1087	CE Estreito - Companhia Energética Estreito	Estreito	Kaplan	8 de 135,875MW	
	Paraíba (PB)		-----	-----	-----	-----	-----	-----
	Piauí (PI)		-----	-----	-----	-----	-----	-----
	Pernamb uco (PE)	UHE	1479,6	Chesf	Luiz Gonzaga	Francis	6 de 250MW	457,43
	Rio Grande do Norte (RN)		-----	-----	-----	-----	-----	-----
	Sergipe (SE)		-----	-----	-----	-----	-----	-----

Fonte: Brasil (2020), Companhia Hidrelétrica do São Francisco (chesf) (2019).

Tabela 17 - Usinas hidrelétricas da região Centro-Oeste.

Região	Estado	Categoria	Potência instalada [MW]	Agente	Nome do empreendimento	Tipo de Turbina	Quantidade e potência das turbinas	Vazão [m³/s]
Centro-Oeste	Distrito Federal (DF)	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	Goiás (GO)	UHE	1275	Furnas - Furnas Centrais Elétricas S.A.	UHE S. da Mesa	Francis	3 de 425MW	-----
	Mato Grosso (MT)	PCH	30	PCH Telegráfica - Telegráfica Energia S.A.	Telegráfica	Kaplan		104,4
		PCH	12,999	PCH Rondon - Rondon Energia S.A.	PCH RONDON			198,7
		PCH	15,399	PCH Parecis - Parecis Energia S.A.	PCH Parecis			187,5
		PCH	15,999	PCH Sapezal - Sapezal Energia S.A.	PCH Sapezal			165,7
		PCH	17,001	Cidezal - Campos de Júlio Energia S.A.	PCH Cidezal			158,6
	PCH	10,8	Divisa - Divisa Energia S.A.	PCH Divisa MT			34,2	
	Mato Grosso do Sul (MS)	PCH	29,5	Energisa MS - Energisa MATO GROSSO DO SUL - DISTRIBUIDORA DE ENERGIA S.A.	U.Mimoso			-----

Fonte: Brasil, 2020.

Tabela 18 - Usinas hidrelétricas da região Sudeste: “Continua”

Região	Estado	Categoria	Potência instalada [MW]	Agente	Nome do empreendimento	Tipo de Turbina	Quantidade e potência das turbinas	Vazão [m³/s]
Sudeste	Espírito Santo (ES)	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	Minas Gerais (MG)	UHE	1192	CEMIG GT - Cemig Geração e Transmissão S.A	Emborcação	Francis	4 de 298MW	239,5
		UHE	2082	FURNAS - Furnas Centrais Elétricas S.A.	Itumbiara	Francis	6 de 347MW	-----

		UHE	1710	SSIMAO ENERGIA - UHE São Simão Energia S.A.	São Simao-US	Francis	6 de 285MW	425

Tabela 19 - Usinas hidrelétricas da região Sudeste:

		UHE	1488	FURNAS - Furnas Centrais Elétricas S.A.	Marimbondo	Francis de eixo vertical	8 de 180MW	1488
		UHE	1216	FURNAS - Furnas Centrais Elétricas S.A.	Furnas	Francis de eixo vertical	8 de 152MW	-----
	Rio de Janeiro (RJ)	PCH	28	FURNAS - Furnas Centrais Elétricas S.A.	Anta	Kaplan	2 de 14MW	
	São Paulo (SP)	UHE	1540	CESP - Companhia Energética de São Paulo	Porto Primavera	Kaplan (eixo vertical)	14 de 111,800MW	651,60
		UHE	1551,2	RIO PARANA ENERGIA - Rio Paraná Energia SA	Jupia	Kaplan	14 de 103MW	727

		UHE	3444	RIO PARANA ENERGIA - Rio Paraná Energia SA	Ilha Solteira	Francis	4 de 181MW 5 de 179MW 11 de 175MW	502
		UHE	1396,2	AES TIETÊ - AES Tietê S.A.	Água Vermelha	Francis	6 de 230MW	-----
		UHE	1050	FURNAS - Furnas Centrais Elétricas S.A.	Luiz Carlos Barreto de Carvalho	Francis	6 de 175MW	-----

Fonte: Brasil, 2020.

Tabela 20 - Usinas hidrelétricas da região Sul.

Região	Estado	Categoria	Potência instalada [MW]	Agente	Nome do empreendimento	Tipo de Turbina	Quantidade e potência das turbinas	Vazão [m³/s]
Sul	Paraná (PR)	UHE	1820	TELES PIRES - Companhia Hidroelétrica Teles Pires	Teles Pires	Francis de eixo vertical		-----
	Rio Grande do Sul (RS)	UHE	855,2	FOZ CHAPECÓ - Foz do Chapecó Energia S.A.	U. Foz Chapeco	Francis	4 de 213,75MW	-----

	Santa Catarina (SC)	UHE	1140	ENGIE - Engie Brasil Energia SA	U.Machadinho	Francis	3 de 380MW	435
--	---------------------	-----	------	---------------------------------	--------------	---------	------------	-----

Fonte: Brasil, 2020.

Tabela 21 - Aproveitamentos com turbinas Pelton no Brasil.

Aproveitamento	N° de turbinas	H top (m)	Vazão (m³/s)	Local (Estado)	Categoria	Potência
Cubatão 1	9	720	12.0	São Paulo	UHE	889MW
Cubatão 2	6	684	12.7	São Paulo		
Parigot de Souza	4	715	10.0	Paraná	UHE	260MW
Fontes	9	310	6.3	Rio de Janeiro	UHE	131,98MW
Macabu	5	317	1.3	Rio de Janeiro	PCH	21MW

Fonte: Adaptado de (MOURA, 2019, p. 57).

Tabela 22 - Empreendimentos Hidroelétricos em operação em Moçambique.

Categoria	Província	Potência instalada [MW]	Agente	Nome do empreendimento	Tipo de Turbina	Quantidade e potência das turbinas	Vazão [m³/s]
UHE	Tete	2075	Companhia Hidroelétrica de Cahora Bassa (HCB)	Hidroelétrica de Cahora Bassa	Francis	5 de 415 MW	
UHE	Manica	52	Eletricidade de Moçambique (EDM)	Hidroelétrica de Mavúzi	Francis	2 de 5 MW 3 de 13,3 MW	

UHE	Manica	44	Eletricidade de Moçambique (EDM)	Hidroelétrica de Chicamba	Francis	2 de 24 MW	
PCH	Maputo	16,6	Eletricidade de Moçambique (EDM)	Hidroelétrica de Corumana	Kaplan	2 de 8,2 MW	20
PCH	Maputo	2	Eletricidade de Moçambique (EDM)	Hidroelétrica de Pequenos Libombos	Kaplan		60
PCH	Niassa	1,09	Eletricidade de Moçambique (EDM)	Hidroelétrica de Cuamba (mini-hídrica)		2 de 0,5 MW	
PCH	Niassa	0,76	Eletricidade de Moçambique (EDM)	Lichinga (mini-hídrica)		1 de 0,73 MW	

Fonte: Adaptado de (ALER, 2017, p. 119).

Tabela 23 - Alguns empreendimentos Hidroelétricos planejados para Moçambique.

Categoria	Província	Potência instalada [MW]	Agente	Nome do empreendimento	Tipo de Turbina	Quantidade e potência das turbinas	Situação
UHE	Tete	1500	EDM, CCMZ, INSITEC	Mphanda Nkuwa			Estudo de viabilidade

UHE	Tete	1245	Hidroelétrica de Cahora Bassa	Cahora Bassa Norte			Estudo de Viabilidade
PCH	Maputo	28	ARA SUL, SHP	Massingir			Estudo de pré-viabilidade
UHE	Tete	600	EDM, Sonipal, Hydroparts Holding, Cazembe Holding	Lupata			Estudo de viabilidade
UHE	Tete	200	EDM, Sonipal, Hydroparts Holding, Cazembe Holding	Boroma			Estudo de viabilidade
PCH	Maputo	16	EDM, Rutland Holding, Soni-pal de Moçambique	Moamba - Major			Início dos trabalhos de construção
UHE	Manica	50	EDM, Hydroparts Holding, Cazembe Holding, Sonipal de Moçambique	Tsate			Estudo de pré-viabilidade

Fonte: Adaptado de (ALER, 2017, p. 119).

Em Moçambique, ao todo são 24 empreendimentos sob análise de viabilidade de implantação.

Para além das Usinas Hidroelétricas - UHE (potência > 30MW) e pequenas centrais hidroelétricas – PCH (1 a 30 MW), Moçambique possui projetos de mini-hídricas, na qual no Brasil são denominadas como Centrais Geradoras Hidroelétricas - CGH (potência < 1MW).

Tabela 24 - Descrição dos projetos de mini hídras.

	Categoria	Nome do Projeto	Proponente/Parceiros	Local	Capacidade [kW]
01	CGH	Mini-hídrica de Rotanda	Proponente: FUNAE	Manica - Sussundenga	630
02	CGH	Mini-hídrica de Majaua	Proponente: FUNAE	Zambézia – Milange	595
03	CGH	Mini-hídrica de Sembezia	Proponente: FUNAE	Manica - Sussundenga	62
04	CGH	Mini-hídrica de Muhoa	Proponente: FUNAE	Manica - Sussundenga	100
05	CGH	Mini-hídrica de Chiurairue	Proponente: FUNAE	Manica - Mossurize	23,1
06	CGH	Mini-hídrica de Chitofu			30
07	CGH	Mini-hídrica de Honde	Parceiro: GIZ	Manica – Barue	75
08	CGH	Mini-hídrica de Ndiriri	Parceiro: GIZ, Practical Action	Manica – Chua	20
09	CGH	Mini-hídrica de Ngwaral	Parceiro: GIZ, AKSM	Manica – Chua	25
10	CGH	Mini-hídrica de Tendayi			14
11	CGH	Mini-hídrica de Chua (Sr. Jimmy Pondo)	Parceiro: GIZ	Manica - Maridza	18
12	CGH	Mini-hídrica de Chua (Sr. Beijamim Mucheca)	Parceiro: GIZ	Manica – Maridza	18
13	CGH	Mini-hídrica de Chua (Sr. Lino Ndacada)	Parceiro: GIZ	Manica – Maridza	22
14	CGH	Mini-hídrica de Chua	Parceiro: GIZ	Manica – Maridza	22

15	CGH	Mini-hídrica de Chimucono (Darue)	Parceiro: GIZ	Manica – Darue	26
16	CGH	Mini-hídrica de Ganhira	Parceiro: GIZ	Manica – Maridza	16
17	CGH	Mini-hídrica de Mangunda	Parceiro: GIZ	Manica – Maridza	26
18	CGH	Mini-hídrica de Mudododo I	Parceiro: GIZ	Manica – Maridza	16
19	CGH	Mini-hídrica de Mudododo II	Parceiro: GIZ	Manica – Maridza	16
20	CGH	Mini-hídrica de Mussapa	Parceiro: GIZ	Manica – Mussapa	20
21	CGH	Mini-hídrica de Nhancuarara	Parceiro: GIZ	Manica – Maridza	26
22	CGH	Mini-hídrica de Rotanda	Parceiro: Chinhakata	Manica - Rotanda	2,5
23	CGH	Mini-hídrica de Chua	Parceiro: Practical Action	Manica – Maridza/Machipanda	18
24	CGH	Mini-hídrica de Ndirire	Parceiro: Practical Action	Manica – Maridza/Machipanda	26
25	CGH	Mini-hídrica de Nerfunde	Parceiro: Practical Action	Manica – Chitunga	16
26	CGH	Mini-hídrica de Chitunga	Parceiro: Practical Action	Manica – Chitunga	30
27	CGH	15 Pico-hídricas	Proponente: AKSM Parceiro: VSO, GIZ, Practical Action	Manica, Sussundenga, Machaz	18 (cada unidade)

Fonte: Adaptado de (ALER, 2017, p. 117).