



UNILAB

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

DJOSEF DIOGO AMADO DE DEUS

**PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS NA MATRIZ ELÉTRICA
DA REPÚBLICA DE SÃO TOMÉ E PRÍNCIPE: O POTENCIAL DA
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IÔ GRANDE**

**ACARAPE
2021**

DJOSEF DIOGO AMADO DE DEUS

PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS NA MATRIZ ELÉTRICA DA REPÚBLICA
DE SÃO TOMÉ E PRÍNCIPE: O POTENCIAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IÔ
GRANDE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia de Energias na
Universidade da Integração Internacional da
Lusofonia Afro-Brasileira.

Orientadora: Prof.^a Rejane Felix Pereira

**ACARAPE
2021**

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

Deus, Djozef Diogo Amado de.

A481p

Pequenas centrais hidrelétricas na matriz elétrica da República de São Tomé e Príncipe: o potencial da bacia hidrográfica do rio Iô Grande / Djozef Diogo Amado de Deus. - Redenção, 2021.

62f: il.

Monografia - Curso de Engenharia de Energias, Instituto de Engenharias e Desenvolvimento Sustentável, Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Redenção, 2021.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Rejane Félix Pereira.

1. Potencial hídrico. 2. Hidrelétrica. 3. São Tomé e Príncipe. I. Título

CE/UF/BSCA

CDD 621

DJOSEF DIOGO AMADO DE DEUS

PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS NA MATRIZ ELÉTRICA DA REPÚBLICA
DE SÃO TOMÉ E PRÍNCIPE: O POTENCIAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IÔ
GRANDE

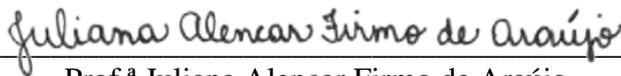
Trabalho de Conclusão de curso apresentado no curso de Engenharia de Energias da
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB), como
requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia.

Aprovada em: 12/04/2021.

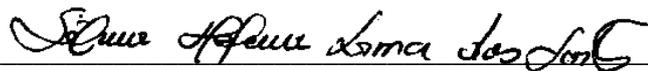
BANCA EXAMINADORA:



Orientadora: Prof.^a Rejane Félix Pereira
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB)



Prof.^a Juliana Alencar Firmo de Araújo
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB)



Prof.^a Silvia Helena Lima dos Santos
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB)

Dedico este trabalho aos meus pais Albano de Deus e a Maria Helena Amado, pelo apoio incondicional, pelo carinho, compreensão, atenção e por terem doado um pouco de si mesmos na contribuição dos meus estudos.

A minha irmã Vina, por estar sempre ao meu lado, minha confidente e leal, em todos os momentos ruins e agradáveis.

A minha Avó Firmina, meu amor incondicional

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus ancestrais pela sabedoria, por todas as minhas conquistas e dificuldades enfrentadas que contribuíram para a minha formação profissional.

Aos meus pais, Albano Germano de Deus e Maria Helena de Ceita Diogo Amado, pelo incentivo e apoio incondicional.

A minha orientadora, Prof.^a Rejane Felix Pereira, pelo apoio e pela disponibilidade do seu tempo.

A minha irmã, Vina Rosa Amado de Deus, que sempre esteve presente em todos os momentos de dificuldades.

Aos meus amigos/as, Aguilzildo Leopoldino, Dimas Teixeira, Angel de Boa Esperança, Catharina Maia e Jezabel Gertrudes, pelo companheirismo e irmandade durante o meu percurso.

A UNILAB, o seu corpo docente, direção e administração que me deram oportunidade para esta conquista.

E a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação e estadia no Brasil, o meu muito obrigado.

Todo grande sonho começa com um sonhador. Lembre-se sempre, você tem dentro de você a força, a paciência e a paixão para alcançar as estrelas para mudar o mundo.

Harriet Tubman

RESUMO

A República Democrática de São Tomé e Príncipe (STP) é um arquipélago situado no Golfo da Guiné, a 350 km da costa ocidental de África, composto por duas ilhas principais e diversos ilhéus, dividindo-se em sete distritos, seis na ilha de São Tomé e uma na Região Autónoma do Príncipe. Em São Tomé e Príncipe a matriz elétrica é pouco diversificada, com a conformação predominante de seis centrais termoelétricas a gásóleo e apenas uma pequena central hidrelétrica. Com isso, o objetivo principal desta pesquisa é mostrar a participação das pequenas centrais hidrelétricas na matriz elétrica de São Tomé e Príncipe, destacando o potencial hidroelétrico da bacia hidrográfica do Rio Iô Grande, que se configura como a maior bacia Hidrográfica do país. Para tal, utilizou-se dados secundários, obtidos de Relatórios Técnicos e referências como artigos e livros. Assim, constatou-se que São Tomé e Príncipe possui alto potencial para geração de energia elétrica por fontes hídricas, com projetos previstos para as diversas bacias, principalmente para a bacia do Rio Iô Grande. Com os projetos previstos, o maior desafio é a disponibilidade de recursos para implementação desses procedimentos, cujas recomendações foram: promulgação de leis específicas que responsabilize os gestores para solucionar o problema de crise energética no país, incentivos para geração por meio de micro e minicentrais hidrelétricas e a formação de consórcios e parcerias com outros países para construção de empreendimentos hidrelétricos.

Palavras-chave: Potencial hídrico. Pequenas centrais hidrelétricas (PCHs). Rio Iô Grande.

Abstract

The Democratic Republic of São Tomé and Príncipe (STP) is an archipelago located in the Gulf of Guinea, 350 km off the west coast of Africa, consisting of two main islands and several islets, divided into seven districts, six on the island of São Tomé and one in the Autonomous Region of Príncipe. In São Tomé and Príncipe, the electrical matrix is not very diversified, with the predominant conformation of six diesel-fired thermoelectric plants and only a small hydroelectric plant. With this, the main objective of this research is to show the participation of small hydroelectric plants in the electrical matrix of São Tomé and Príncipe, highlighting the hydroelectric potential of the hydrographic basin of Iô Grande river, which is configured as the largest hydrographic basin in the country. For this, secondary data, obtained from Technical Reports and references such as articles and books, were used. Thus, it was found that São Tomé and Príncipe has high potential for generating electricity from water sources, with projects planned for the various basins, mainly for the Iô Grande river basin, the largest hydrographic basin in the country. With the planned projects, the biggest challenge is the availability of resources to implement these procedures, whose recommendations were: the enactment of specific laws that hold managers responsible for solving the problem of the energy crisis in the country, incentives for generation through micro and mini hydroelectric plants. and the formation of consortia and partnerships with other countries for the construction of hydroelectric projects.

Keywords: Water potential. Small hydroelectric plants. Iô Grande river.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Matriz Energética Mundial, 2018	16
Figura 2 - Matriz Elétrica Mundial, 2018	17
Figura 3 - Repartição do consumo de energia primária, 2014	20
Figura 4 - Distribuição do consumo de gásóleo por setores, 2014	20
Figura 5 - Usina solar de Villanueva-Mexico	21
Figura 6 - Usina hidrelétrica de Itaipu	24
Figura 7 - Parque eólico Koutsoutis-Grécia	25
Figura 8 - Bagaço da cana-de-açúcar usado para a geração de energia elétrica na Usina de Santa Adélia em Jaboticabal, São Paulo Fernando Cavalcanti	27
Figura 9 - Estrutura típica de uma tomada d'água	34
Figura 10 - Turbina Pelton	35
Figura 11 - Turbina Francis	36
Figura 12 - Turbina Michel-Banki	36
Figura 13 - Turbina Kaplan	37
Figura 14 - Mapa de localização de São Tomé e Príncipe	39
Figura 15 - Distritos de São Tomé e Príncipe	41
Figura 16 - Propostas para implementação de PCHs	44
Figura 17 - Comparação da matriz elétrica em 1980 e 2017	45
Figura 18 - Pontos das instalações hidrelétricas	46
Figura 19 - Central Hidrelétrica do Contador	47
Figura 20 - Rio Iô Grande	49
Figura 21 - Mapa da bacia hidrográfica do rio Iô Grande e os seus afluentes	50
Figura 22 - Locais com potencial hidrelétrico em STP	52
Figura 23 - Plano e projetos de execução em curto prazo de PCHs	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Centrais elétricas ligadas à rede	19
Tabela 2 - Centrais Hidrelétricas em STP	46
Tabela 3 - Aproveitamento da bacia hidrográfica do rio Iô Grande	49
Tabela 4 - Turbinas	51
Tabela 5 - Estudos do potencial hidrelétrico em STP	53
Tabela 6 - Potencial de energia hidrelétrica nas bacias hidrográficas em STP	53
Tabela 7 - Projetos hidrelétricos em curso, STP	55

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ALER - Associação Lusófona de Energias Renováveis

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica

BAfD - Banco Africano para o Desenvolvimento

EMAE - Empresa de Água e Energia

EPE - Empresa de Pesquisa Energética

INDES - Instituto Nacional de Desenvolvimento Económico e Social

IRENA - International Renewable Energy Agency

PCH - Pequena Central Hidrelétrica

PNUD - Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento

RAP - Região Autónoma do Príncipe

RDSTP - República Democrática de São Tomé e Príncipe

STP - São Tomé e Príncipe

TEP - Tonelada Equivalente De Petróleo

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 Objetivos.....	14
1.1.1 Objetivo Geral	14
1.1.2 Objetivos específicos.....	14
1.2 Justificativa.....	14
1.3 Estrutura do Trabalho	15
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
2.1 A Matriz Elétrica Mundial.....	16
2.1.1 A Matriz Elétrica em São Tomé e Príncipe	18
2.2 Fontes Renováveis de Energias Elétrica.....	21
2.2.1 Energia Solar	21
2.2.2 Energia Hídrica.....	23
2.2.3 Energia Eólica.....	24
2.2.4 Bioenergia.....	26
2.3 Pequenas Centrais Hidrelétricas	29
2.3.1 Histórico	30
2.3.2 Elementos de uma PCH.....	32
2.3.2.1 Reservatório	32
2.3.2.2 Tomada D'água	33
2.3.2.3 Turbinas Hidráulicas.....	34
2.3.3 Impactos Ambientais Provocados por PCHs.....	38
3 METODOLOGIA	39
3.1 Caracterização das ilhas de São Tomé e Príncipe	39
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
4.1 Pequenas Centrais Hidrelétricas na Matriz Elétrica de São Tomé e Príncipe	44
4.1.1 Potencialidades Hídricas Identificadas	44
4.2 Bacia Hidrográfica do Rio Iô Grande.....	48
4.2.1 Potencial e Aproveitamento Hídrico	51
4.2.2 Projetos Previstos e em Execução na Bacia do Rio Iô Grande	54
4.2.3 Recomendações	56
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	58
REFERÊNCIAS	59

1 INTRODUÇÃO

A República de São Tomé e Príncipe, sendo independente desde 1975, localizada na zona equatorial do Golfo da Guiné é constituída por duas ilhas, com origem vulcânica, apresentando maciços montanhosos e grandiosas particularidades, com revestimento vegetal exuberante e abundância de cursos de água, dá às ilhas uma paisagem singular que encanta e atrai seus visitantes. Contudo, por traz dessa singularidade, como todo país pós-colonial e em desenvolvimento, existem muitas dificuldades tanto sociais, ambientais quanto econômicas.

A adaptação ao pós-colonialismo na maioria dos países africanos foi marcada por insegurança em diversos setores da sociedade, os quais, pode-se destacar a falta de mão de obra adequada em diferentes segmentos, tais como, gestão, agricultura e infraestrutura. Hoje, a falta de manutenção e/ou o estado degradado das infraestruturas básicas se configura como um dos maiores desafios para o desenvolvimento célere desses países.

Em São Tomé e Príncipe, país de estudo nesta pesquisa, não foi diferente, a carência de mão de obra qualificada no setor de infraestrutura provocou uma degradação das estruturas existentes, dentre elas, as hidrelétricas, que, ao longo dos anos, pela falta de manutenção e operação adequadas, foram perdendo o destaque na participação da matriz elétrica do País. Assim, a energia hídrica, foi cedendo lugar para a energia térmica.

O aumento da demanda por energia elétrica no arquipélago e o insucesso na reabilitação das usinas hidrelétricas existentes contribuíram para celeridade da implantação das termelétricas no país, que hoje, lideram a matriz elétrica. Contudo, uma das metas governamentais a ser atingida até 2030 é proporcionar à toda população o acesso a uma energia segura e sustentável (ALER, 2020).

Considerando a atual ascensão do país em estudo, e ainda os impactos provocados pelas termelétricas, conforme o tipo de combustível utilizado para gerar energia, e ainda assinatura do Acordo de Paris, em que, São Tomé e Príncipe se compromete a reduzir a produção de gases que provocam o efeito estufa, e conseqüentemente, as mudanças climáticas, torna-se iminente a necessidade de diversificação da matriz elétrica do país incluindo a participação de fontes renováveis de geração de energia.

São Tomé e Príncipe é banhado por diversos rios, possui mais de 100 bacias hidrográficas que associadas ao relevo, resultam em quedas d'águas que podem proporcionar um potencial hídrico considerável. Hoje, o país possui apenas uma central hidrelétrica funcionando e passa por constantes crises de energias, cuja solução é a implementação de novas

fontes de geração, em que, o principal desafio hoje é a obtenção de financiamento para o avanço dos projetos.

O governo da República Democrática de São Tomé e Príncipe vem desenvolvendo políticas governamentais para fechamento de acordos e cooperações internacionais para melhorar a situação do sistema elétrico do país, no entanto esses acordos não se concretizam de modo ágil, e assim, os projetos apenas têm previsões de iniciar.

Esta pesquisa foi pautada na revisão bibliográfica de artigos, livros e relatórios técnicos que descrevem a situação energética do país, com destaque para Pequenas Centrais Hidrelétricas e para desenvolvimento sustentável.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho é mostrar a participação das pequenas centrais hidrelétricas na matriz elétrica da República Democrática de São Tomé e Príncipe, com ênfase no potencial hidroelétrico da bacia hidrográfica do Rio Iô Grande.

1.1.2 Objetivos específicos

- Apresentar a atual situação da matriz elétrica mundial e o do arquipélago de São Tomé e Príncipe;
- Mostrar as principais fontes renováveis de energias;
- Identificar as potencialidades hídricas em São Tomé e Príncipe;
- Apresentar os estudos sobre potencial e aproveitamento da bacia hidrográfica do Rio Iô Grande.

1.2 Justificativa

A crise do petróleo no cenário mundial em conjunto com a vulnerabilidade que o seu uso traz para geração de energia elétrica de um país, incluindo, os fortes impactos

ambientais adversos, são fatores que contribuem para que um país realize um novo planejamento de curto, médio e longo prazos para o seu setor energético.

Essa nova visão no planejamento em São Tomé e Príncipe, e o impulso fornecido pelo crescimento populacional com conseqüente aumento na demanda por energia elétrica, estimulou o Governo dessa República a concentrar a busca por investimentos para as fontes de geração de energias renováveis. Dessas fontes, a energia hídrica se destaca, principalmente, porque o país possui um alto potencial hidrelétrico, dada a sua alta pluviosidade e relevo. Assim, buscou-se realizar um estudo sobre as pequenas centrais hidrelétricas e o potencial hidrelétrico estimado na bacia hidrográfica do Rio Iô Grande, que hoje, abriga a principal fonte de geração de energia renovável do país.

1.3 Estrutura do Trabalho

Este trabalho busca apresentar de forma sucinta o tema mencionado sobre as Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) e apresentando o potencial da bacia hidrográfica do Rio Iô Grande, e divide-se em tópicos que iniciam conceituando as matrizes elétricas, as fontes renováveis de energias no mundo e em São Tomé e Príncipe, seguindo com a apresentação dos componentes das PCHs, dando ênfase, posteriormente, aos reservatórios, tomada de água e os principais tipos de turbina.

No tópico seguinte, as PCHs são conceituadas, em relação a sua potência em São Tomé e Príncipe desde a sua necessidade para suprir a crise energética no país, até a análise e a viabilidade das PCHs em atividade e em inatividade.

A seguir, foi apresentada uma breve caracterização da maior bacia hidrográfica do país, a do Rio Iô Grande e a apresentação das propostas para implementação de novos projetos de PCHs ativos e inativos no arquipélago.

No final, foram sugeridas recomendações para melhoria nas propostas dos futuros projetos de PCHs, tanto na esfera social, econômico e ambiental.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

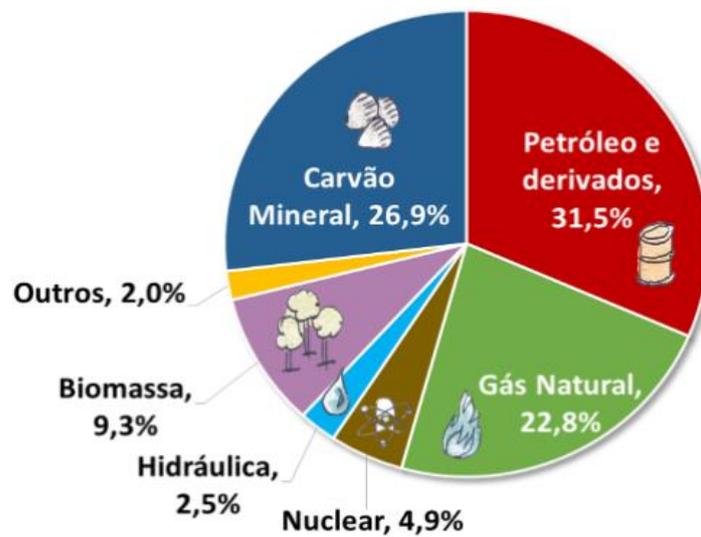
2.1 A Matriz Elétrica Mundial

A matriz energética retrata todo o conjunto de fontes de energias disponíveis, englobando os meios de transportes para se deslocar e geração eletricidade (CBIE, 2020).

De acordo com a Empresa de Pesquisa Energética - EPE (2020), a energia utilizada mundialmente provém de um conjunto de fontes denominadas matriz energética, sendo classificadas por fontes renováveis e não renováveis.

Na Figura 1, tem-se a ilustração da matriz energética mundial, dividida em fontes renováveis como solar, eólica e geotérmica, que juntas apontam apenas 2% dessa matriz. Em suma, à participação das energias renováveis, hidráulica e da biomassa, com aproximadamente 14%.

Figura 1 - Matriz Energética Mundial, 2018



Fonte: EPE, 2020

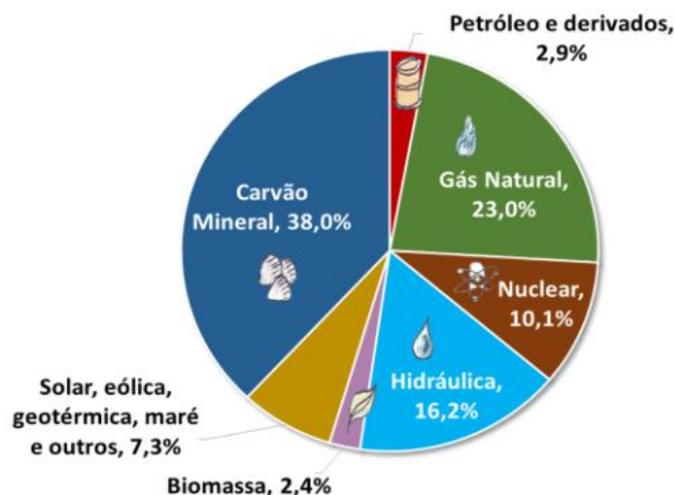
Segundo a Fundação Getulio Vargas Energias (2020), as transições energéticas mundiais têm urgência pela ampliação na participação das fontes de energias renováveis, na diminuição do uso do carvão e a utilização do gás natural como combustível de transição por ser menos poluente e importante para a segurança energética. O carvão até o presente, tem uma atuação convincente para um momento de transição como o atual.

A matriz elétrica é formada pelo conjunto de fontes disponíveis apenas para a geração de energia elétrica, sendo assim, a matriz elétrica é um subconjunto da matriz energética (CBIE, 2020).

Segundo Borges (2013), as matrizes elétricas assumiram as exigências dirigidas pelo plano estratégico na geopolítica mundial, e os modelos competitivos utilizados para vantagens na exploração desses recursos de forma permanentemente proporcionaram a essas matrizes representações nas relações internacionais de poder. Consoante a isso, a matriz elétrica retrata um importante mecanismo de análise estratégica para o desenvolvimento sustentável. Quanto mais desenvolvido um país, mais energia elétrica ele é capaz de produzir.

De acordo com a EPE (2020), a matriz elétrica é constituída por conglomerados de fontes disponíveis apenas para a geração de energia elétrica em um país, estado ou no mundo. Como ilustra na Figura 2, a geração de energia elétrica no mundo é baseada, sobretudo, em fontes não renováveis como carvão, óleo e gás natural, em termelétricas. Com cerca de 74% no total das fontes não renováveis capaz de fornecer o consumo elétrico e as fontes renováveis com cerca de 25,9%, em maior destaque para fontes hidráulicas.

Figura 2 - Matriz Elétrica Mundial, 2018



Fonte: EPE, 2020

Segundo Bicalho (2019), a admissão da fonte de energias renováveis na matriz elétrica dos países desenvolvidos simboliza uma mudança decisiva na base de regularização do setor elétrico, que até então, era sustentada por termoelétricas. Sendo que, essa mudança é

definida precisamente pela demanda crescente por regularização que, por questões ambientais, exige o aumento da participação de fontes de energias renováveis, tais como a eólica e solar.

Ainda, de acordo com Bicalho (2019), a idealização para essa regularização, inicialmente, era utilizar o parque térmico existente, contudo, essa ideia foi de encontro com questões de preservação ambiental, técnicas e econômicas, pois, a mudança do papel das térmicas tradicionais como elementos de sustentação para elementos de regularização expôs inadequações técnicas e econômicas que tornavam a energia elétrica mais cara e o mercado de energia elétrica mais complexo.

Essas desvantagens das térmicas associada à consolidação das energias renováveis no mercado e o avanço da tecnologia de armazenamento proporcionaram uma conjuntura indispensável para o desenvolvimento de uma nova base de regularização baseada em geração de energia renovável, reduzindo o papel dos combustíveis fósseis, tanto nas térmicas tradicionais que é a base primária quanto nas térmicas flexíveis que é a base secundária.

2.1.1 A Matriz Elétrica em São Tomé e Príncipe

De acordo com a Associação Lusófona de Energias Renováveis - ALER (2020), a matriz elétrica de São Tomé e Príncipe é pouco diversificada, com a conformação predominante de seis centrais termoelétricas a gásóleo, sendo que cinco estão instaladas na ilha São Tomé e uma na Região Autónoma de Príncipe, e apenas uma central hidroelétrica na ilha de São Tomé, com um total de 59,68 MVA de potência instalada, destas, tem-se 35,22 MW disponíveis. Além das centrais térmicas e hídricas ativas, também se tem no país as inativas.

Na Tabela 1, pode-se observar as instalações elétricas localizadas tanto nas ilhas de São Tomé (ST) e na Região Autónoma do Príncipe (RAP). O tipo de geração como as termelétricas em São Tomé, que 5 instaladas são operadas pela Empresa de Água e Energia (EMAE), como as centrais térmicas de Santo Amaro I, II e III, e a central de Bobô Forro II atualmente inativa desde 2016, e 1 sendo operada pela empresa Italbrvettiti, que é a central de Bobô Forro I que mesmo estando em atividade, alguns dos seus centros de produção se encontram inativos e 1 central térmica instalada na RAP em atividade, a central de Príncipe.

Todavia, mesmo com um número maior de termelétricas instaladas, a central hídrica tem um certo destaque para produção de energia durante anos nas duas ilhas, atualmente se tem 1 central hidrelétrica em atividade situada em São Tomé, operada pela EMAE e em

funcionamento desde 1967, a central hidrelétrica do Contador. Além disso, tem-se instalada 2 centrais hídras na RAP, as centrais hídras de Guegue e Papagaio, atualmente inativas.

Tabela 1 - Centrais elétricas ligadas à rede

Tipo de geração	Operador/Dono	Ano de entrada/situação de cada centro produtor	Capacidade total instalada (MVA)	Capacidade total disponível (MW)
ST-Térmica	EMAE - Santo Amaro 1	2010 / serviço	10,63	8,13
ST-Térmica	EMAE - Santo Amaro 2	2016 / serviço	7,5	6
ST-Térmica	EMAE - Anto Amaro 3	2020 / serviço	11,25	9
ST-Térmica	Italbrvettiti - Bobô Forro I	2008 / serviço	2,7	1,65
ST-Térmica	Italbrvettiti - Bobô Forro I	2008 / 2011	3,6	0
ST-Térmica	EMAE - Bobô Forro II	2015 / 2016	4,25	0
ST-Hídrica	EMAE - Contador	1967 / serviço	2,5	1,8
RAP-Hídrica	EMAE - Guege	1945 / 2009	0,44	0,9
RAP-Hídrica	EMAE - Papagaio	1945 / 1993	0,1	0
RAP-Térmica	EMAE - Príncipe	2014 / serviço	2,7	2,16
RAP-Térmica	EMAE - Príncipe	2000 / serviço	2,02	1,62

Fonte: Adaptado da ALER, 2020

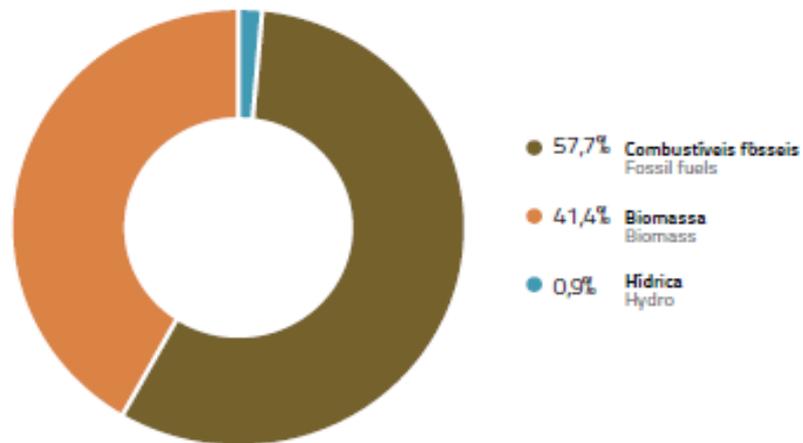
No ano de 2014, o consumo de energia total de São Tomé e Príncipe, foi de 72.241,78 tep, distribuído por repartições de consumo da energia primária com 57,7% de combustíveis fósseis, seguidos da biomassa (lenha e carvão vegetal) com 41,4% e uma pequena parcela relativa à energia hídrica correspondente a apenas 0,9% (RAMOS et al, 2016 apud ALER, 2020).

Os combustíveis fósseis, como ilustra a Figura 3, é a principal fonte de energia primária consumida em São Tomé e Príncipe. Com a localização do país no Golfo da Guiné, próximo a uma zona petrolífera, atualmente o país não é produtor de petróleo, sendo que os países que o circundam, tem os seus recursos petrolíferos explorados, como a Nigéria, Camarões, Guiné Equatorial e Angola. Embora, ainda que se tenha sido identificado potenciais recursos petrolíferos a nível arquipélago, tem tornado improvável a concretização da exploração petrolífera, devido a sua profundidade, para comercialização em um futuro a curto prazo, fazendo com que o país seja dependente das importações e flutuações de preços a nível internacional deste recurso (ALER, 2020).

De acordo com a Associação Lusófona de Energia Renováveis (ALER, 2020), no que diz respeito ao consumo de gásóleo, verifica-se que o país está fortemente dependente deste combustível fóssil para a produção de eletricidade, com relação a segunda fonte de energia mais utilizada em São Tomé e Príncipe, tem-se à biomassa com um consumo de 29,8 ktep em 2014. Como ilustra a Figura 4, a distribuição do consumo de gásóleo por setores, em 2014, tem-se

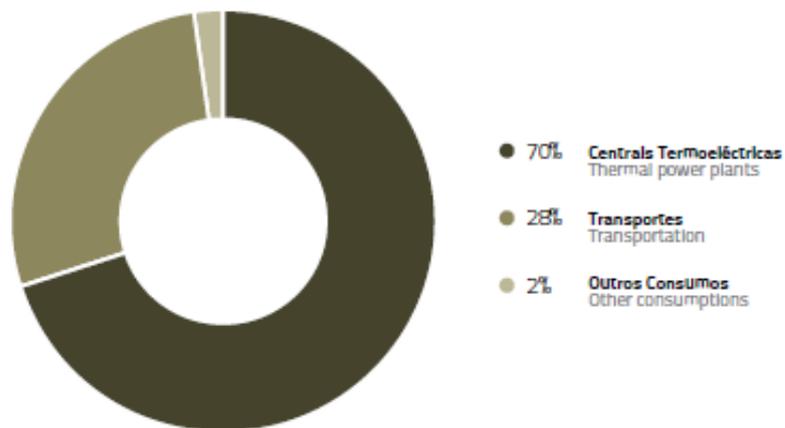
demonstrado que o setor da produção de eletricidade representou 70% do consumo, retratados em 20,9 ktep, seguido do setor dos transportes representando 28%, com um consumo de 8,4 ktep, e por fim verifica-se outros consumos diversos que representam 2% (ALER, 2020).

Figura 3 - Repartição do consumo de energia primária, 2014



Fonte: (adaptado de RAMOS et al, 2016 apud ALER, 2020).

Figura 4 - Distribuição do consumo de gasóleo por setores, 2014



Fonte: (adaptado de RAMOS et al, 2016 apud ALER, 2020)

2.2 Fontes Renováveis de Energias Elétrica

2.2.1 Energia Solar

A energia solar fotovoltaica tem a sua ascensão inicial a partir da pesquisa de um físico francês, Alexandre Edmond Becquerel, em 1839, que inicializou os seus estudos a respeito do efeito fotovoltaico. Consoante a isso, Charles Fritts, um inventor de Nova York, concebeu a primeira célula fotovoltaica produzida por selênio revestido de ouro. O momento importante que marca tecnologia fotovoltaica, em 1883, sendo possível a geração de uma corrente contínua e constante para a conversão elétrica máxima de 1%. Posteriormente, os cientistas do Bell Laboratories foram os precursores na fabricação de células de silício que possuíam 6% de conversão, sendo mais eficientes que as anteriores (PORTAL SOLAR, 2016).

Ainda, segundo o Portal Solar (2016), o que se conhece hoje e fazendo parte do nosso dia a dia como energia solar, surgiu em 1954 por Russell Shoemaker Ohl, em seguida a descoberta do efeito fotovoltaico e começando à utilização dos painéis solares em 1958. Sendo que umas das primeiras utilizações de painéis solares decorreu em 1958 no espaço, quando o satélite Vanguard I teve o seu lançamento, com o auxílio de um painel de 1 W para alimentar seu rádio na viagem. Mais tarde, tem-se construídas as primeiras instalações solares para casas, estabelecimentos e inclusive para meios de transportes, como ônibus, navio e avião.

Sendo uma fonte renovável abundante e com possibilidades de ser utilizada de várias formas, simplificando o seu aproveitamento pelo meio de soluções de arquitetura que beneficiam a iluminação solar ou o manejo natural da temperatura, como o sistema de captação de energia solar para depois utilizá-la. Podemos encontrar três tipos principais de sistemas de energia solar: sistema solar térmico, sistema solar fotovoltaico e sistema termo solar. Além de ser extremamente ecológico, tem incontáveis vantagens e inúmeras opções de utilização em pequena e grande escala, como sendo renovável e gratuita, não emitindo qualquer tipo poluição ou gases de efeito estufa (SCHERER et al., 2015).

Os sistemas de captação de energia solar são silenciosos, não interferindo acusticamente no meio ambiente. Além disso, os painéis solares são comumente instalados na cobertura das residências, não ocupando espaços que seriam imprescindíveis para outros fins, sendo o sistema de captação de energia solar perfeitamente adaptável a urgências de quem as utiliza, caso seja necessária maior quantidade de energia adicionando mais painéis ao sistema solar existente. Outras vantagens é que são resistentes e fiáveis, o sistema de captação de energia solar não demanda grandes intervenções em termos de manutenção e tem uma vida de

longa duração, apesar de que os equipamentos solares exijam um investimento inicial mais considerável, esse investimento é recuperado, graças ao dinheiro economizado nas contas de eletricidade, água e gás (SCHERER et al., 2015).

Figura 5 - Usina solar de Villanueva-Mexico



Fonte: ENEL GREEN POWER, 2020

Embora a energia solar apresente inúmeras vantagens, também apresentam desvantagens, com os custos iniciais para montagem de um sistema solar levando em consideração, os seus equipamentos. Caso não houver sol, não haverá energia solar. Consoante a isso, num país com horas de sol limitadas ao durante o ano, esta pode não ser uma opção viável e sendo necessário que se tenha energia elétrica durante à noite também e ter um sistema de armazenamento, para que nesses horários se possa utilizar da energia que foi captada durante o dia (SCHERER et al., 2015).

Durante a construção de uma usina fotovoltaica, os locais de instalação estarão comprometidos a partir de alterações da fauna, como o processo de reprodução, perda de habitat natural e alimentação, mudança dos padrões de movimentação. Além do mais, a possibilidade de outros riscos de degradação da área em questão como terraplanagem, retirada de cobertura vegetal e alteração dos níveis de lençol freático. Tem-se também, o impacto visual que será prejudicado pelo ofuscamento consequentemente da reflexão da luz solar sobre as placas solares instaladas. Consoante a isso, as usinas fotovoltaicas também originam o crescimento temporário da densidade demográfica da região, sendo como a produção de resíduos sólidos e líquidos, inclusive o crescimento da especulação imobiliária (PORTAL SOLAR, 2020).

Segundo a ALER (2020), a localização geográfica de São Tomé e Príncipe concede condições favoráveis para a produção de eletricidade por meio de painéis PV. O país, no que diz respeito à energia solar térmica, possui uma multiplicidade de microclimas, o que pode afetar o seu rendimento, sendo que esta fonte de energia depende da radiação solar direta. A energia solar PV tem sido utilizada em São Tomé e Príncipe como fonte alternativa, para o

fornecimento de eletricidade a estações de telecomunicações, sinalização militar, estações de tratamento de água e em iniciativas privadas.

De acordo com o Global Solar Atlas (2021), em São Tomé e Príncipe, o potencial solar representa valores de 4 kWh/kWp para as áreas susceptíveis de desenvolvimento de centrais solares PV, com foco para as regiões norte e nordeste do país.

2.2.2 Energia Hídrica

No Egito, 100 anos antes cristo, precisamente na cidade de Alexandria, as primeiras engrenagens das rodas deslocadas pelos rios movimentavam pedras para moagem, essas como amplificadores de energia, sendo uma tecnologia simples, mas vigorosa e permitindo obter o aproveitamento da água corrente, assim extraíndo a sua energia (ENEL GREEN POWER, 2020).

Ao passar dos anos, em 1848 surgiu a turbina hidráulica, capaz de transformar a energia cinética da água em movimento em energia mecânica, que mais tarde pode ser convertida em energia elétrica, foi inventada por James B. Francis, conhecida pelo seu nome de turbina Francis, foi a mais utilizada em usinas hidrelétricas. Sendo que anos mais tarde, em 1913, Viktor Kaplan inventa a turbina conhecida pelo seu nome de turbina Kaplan, capaz de fazer o melhor uso possível de pequenas diferenças de altura de água, no máximo algumas dezenas de metros, enquanto gerencia grandes fluxos de água ao mesmo tempo (ENEL GREEN POWER, 2020).

Em 2009, a gigante chinês em Yangtze, na China, é concluída a gigantesca Barragem das Três Gargantas, com capacidade de 22,5 GW e 98,8 TWh gerados todos os anos, sendo a usina mais vigorosa do mundo (ENEL GREEN POWER, 2020).

A energia hidrelétrica representa hoje na matriz elétrica mundial como fonte renovável, contribuindo com 16,2% da capacidade instalada total no mundo (EPE, 2020).

A energia hídrica corresponde à energia produzida pelas águas. Essa energia é transformada em energia mecânica, que faz o rotor de uma turbina hidráulica girar o qual transmite essa energia, por meio de um eixo, ao gerador elétrico que faz a conversão de da energia mecânica em energia elétrica.

Este processo de geração causa impactos tanto socioeconômicos, proporcionando desenvolvimento para região no entorno e em outras que serão abastecidas com o incremento de energia, quanto ambientais, relevância varia de acordo com o porte do empreendimento.

Quanto maior o empreendimento hidrelétrico, maiores serão os impactos ambientais adversos, pois, quando dependem da construção de barragens, e assim, grandes

reservatórios para armazenamento de água, resultam em desmatamentos, com destruição da fauna e a flora, causando um desequilíbrio no meio ambiente. Outrora, quando evidenciando que, essa energia terá que ser transportada por centenas de quilômetros, os custos da energia serão elevados, pois além dos custos da construção, tem-se o incremento com os custos na transmissão de energia. Sendo que o custo de construção de uma usina hidrelétrica pode variar dependendo do seu porte, entre 20 (vinte) e 30 (trinta) bilhões de reais (OLIVEIRA; PINHEIRO, 2020).

Figura 6 - Usina hidrelétrica de Itaipu



Fonte: AGÊNCIA BRASIL, 2020

Embora, tendo as suas desvantagens, como a destruição do ecossistema, extinção de espécies no local e a desocupação de comunidades ribeirinhas, quilombolas e indígenas, o seu alto custo de construção e transmissão de energia, pode-se considerar as suas vantagens como uma fonte renovável de energia, sendo também utilizada para irrigação de lavouras e a coleta da água das chuvas considerada potável para utilização e consumo humano (OLIVEIRA; PINHEIRO, 2020).

Segundo a ALER (2020), o plano Geral de Desenvolvimento de Recurso de Água de São Tomé e Príncipe, executado pela CECI Engineering Consultants em 2008, tem-se que apenas 8,4% dos recursos de águas superficiais (rios e lagos) e 3,8% de águas subterrâneas são explorados. De entre as águas superficiais aproveitadas, 4,93% são para irrigação agrícola, 2,98% para geração de eletricidade e 0,45% para abastecimento de água potável.

2.2.3 Energia Eólica

A energia eólica surge com os moinhos de ventos que tiveram sua popularidade na região da costa ocidental Europeia nos Países Baixos, onde mais tarde, o bombeamento de água com esses moinhos teve outras funções, como por exemplo, a produção de óleos vegetais, drenagem de terrenos alagados, produção de pigmentos e tinturas, e assim por diante. Com a novidade da criação da mília em papel e a ampla necessidade de produção, foi construído um moinho para impulsionar a produção de papel (OLIVEIRA; PINHEIRO, 2020).

Oliveira e Pinheiro (2020) também informam que, foram instituídas leis para a construção de moinhos, e essas leis proibiam a plantação de árvores próximas às usinas eólicas, propiciando o “direito ao vento”, o que trouxe o desenvolvimento do sistema de controle, eixos e pás e as atividades foram otimizadas devido à força motriz produzida pelo vento. No final do século XIX iniciou o ajuste dos cata-ventos para produção de eletricidade com primeiro cata-vento, que gerou 12 KW em corrente contínua e foi projetado por Charles F. Brush para alimentação de um campo contendo trezentos e cinquenta lâmpadas por meio de baterias armazenadoras de energia, sendo um marco do uso do cata-vento na geração de energia elétrica

A conversão do vento em energia elétrica, pode de ser obtida de diversas formas, sendo que, a mais convencional ocorre por meio de geradores inseridos próximo às pás girantes, convertendo assim a energia eólica em energia elétrica.

Esta tecnologia para geração de energia pode ser implementada tanto na terra, que são os parques eólicos *onshore*, quanto no mar que são os parques eólicos *offshores*, com a abundância dos ventos, lhe é implementado um conjunto de aerogeradores conectados a uma rede de transmissão de energia elétrica.

Figura 7 - Parque eólico Koutsoutis-Grécia



Fonte: ENEL GREEN POWER, 2020

Segundo a International Renewable Energy Agency – IRENA (2012), em projetos de parques eólicos a potência elétrica gerada se destaca pela geração de energia elétrica que se inicia a partir de certa velocidade do vento. As turbinas eólicas normalmente começam a gerar eletricidade à velocidade do vento de 3 a 5 metros por segundo (m/s), com o alcance máximo potência a 15 m/s e geralmente desligada a uma velocidade do vento de cerca de 25 m/s. Outra observação é que com valores abaixo de 3 m/s, a potência elétrica é igual a zero.

Deste modo, tem-se duas principais características: o eixo da turbina e a localização. Sendo o eixo da turbina podendo ser vertical ou horizontal e a localização pode ser onshore ou offshore. De fato, quase todas as turbinas eólicas onshore são turbinas de eixo horizontal e os elementos necessários para determinar a quantidade de eletricidade gerada por uma turbina eólica são a sua capacidade nominal em kW ou MW, a qualidade e as características do recurso do vento, a altura do cubo e o diâmetro do rotor (IRENA, 2016).

A energia eólica possui várias vantagens, tais como, fonte inesgotável, gera pouca quantidade de resíduos e não emite gases poluentes, e tem baixo custo. Contudo, também possui suas desvantagens, dentre outras, impactos durante a construção, ruídos e interferências em telefonia e rádio, e ainda a descontinuidade na geração em períodos de alta e de baixa incidência de ventos, e não sendo capaz de armazenar energia.

De acordo ALER (2020), os estudos e levantamentos de dados sobre o potencial eólico em São Tomé e Príncipe são insuficientes, tem-se necessidade de se elaborar estudos e medições no país de forma a demonstrar e identificar, o potencial de energia eólica a nível nacional. Sendo uma ilha com ventos dominantes oceânicos, poderá manifestar um bom potencial eólico, no entanto com a existência de montanhas e florestas com árvores de grande porte podem originar grandes variações tanto na intensidade como na direção do vento que não permitem um aproveitamento deste recurso energético.

“A zona sul da ilha de São Tomé está referenciada como a mais ventosa e a gravana é a época do ano em que ocorrem mais ventos no território de São Tomé e Príncipe, juntamente com o período compreendido entre maio e agosto” (ALER, 2020, p.138).

2.2.4 Bioenergia

A Bioenergia se obtém por meio da biomassa, que é a matéria orgânica produzida pelos seres vivos, sendo utilizada para geração energia por meio da sua queima. Todavia, a biomassa é uma fonte de energia renovável que gera poucos poluentes, assim sendo, uma boa

alternativa para as fontes de energias convencionais, na qual regem a matriz energética mundial (SOUSA, 2018).

A partir do princípio de que o homem se torna agricultor, se alimenta cada vez menos de matérias orgânicas de espécies selvagens e cada vez mais de matérias orgânicas provenientes de espécies domésticos conseqüentemente pelos seus cuidados em todos os tipos de ecossistemas cultivados (MAZOYER; ROUDART, 2010).

Embora, todas essas matérias orgânicas produzidas não são consumíveis e entre as partes importantes da matéria orgânica provenientes de plantas e de animais domésticos são subprodutos difíceis de serem utilizados ou eliminados como resíduos de cultura, dejetos animais etc. Também, um ecossistema tem a possibilidade de ser cultivado constituindo muitas plantas e animais selvagens, sendo às vezes úteis, porém constantemente inúteis e inclusive prejudiciais (MAZOYER; ROUDART, 2010).

Consoante a isso, a fertilidade global de um ecossistema cultivado, é medido pela sua capacidade de produzir biomassa vegetal, sendo muito superior à sua fertilidade útil, como sendo a sua capacidade em produzir sustentavelmente matérias orgânicas de vegetais úteis ao homem ou aos animais domésticos, ou seja, das colheitas (MAZOYER; ROUDART, 2010).

Figura 8 - Bagaço da cana-de-açúcar usado para a geração de energia elétrica na Usina de Santa Adélia em Jaboticabal, São Paulo.



Fonte: VEJA, 2016

De acordo com Chen et al., (2021) as atividades humanas que provêm da queima de combustíveis fósseis ainda executam um papel importante no consumo de energia, embora que muitos esforços tenham sido feitos na geração de energia a partir da energia solar e eólica. Sendo que diferente da energia solar e eólica, que são utilizadas exclusivamente para geração

de eletricidade, a bioenergia visa principalmente a produção de biocombustíveis que podem ser aplicados na geração de calor e energia, bem como no setor de transportes.

Esses biocombustíveis são gerados a partir da conversão da biomassa produzida a partir do dióxido de carbono e da água por meio da fotossíntese. Além disso, a bioenergia é uma fonte de energia livre de intermitência na natureza, uma vez que os biocombustíveis da biomassa podem ser armazenados adequadamente nas formas sólida, líquida ou gasosa. Inclusive, isso implica, que a bioenergia é um recurso de energia de reserva estável (CHEN et al., 2021).

Segundo IRENA (2012), ao se analisar a utilização da biomassa para geração de energia, tem-se a importância em considerar três componentes deste processo, como:

- **Matérias-primas da biomassa:** Designadas por terem uma variedade de formas e propriedades diferentes que impactam seu uso para geração de energia.
- **Conversão da biomassa:** O processo na qual as matérias-primas da biomassa são transformadas em forma de energia que será usada para gerar calor ou eletricidade.
- **Tecnologias de geração de energia:** Tem-se uma ampla variedade de potência no mercado e comercialmente comprovada. Essas tecnologias para geração de energia, usam a biomassa como insumo de combustível.

Esse tipo de energia tem diversas vantagens, dentre elas, o baixo custo, não contribuindo para o efeito estufa, menos destrutivo ao meio ambiente e baixa corrosão dos seus equipamentos. Embora, sendo uma fonte renovável, tem as suas desvantagens e impactando o meio ambiente, como o desmatamento de uma vasta área, seu péssimo armazenamento e possui uma baixa quantidade de calor liberado (OLIVEIRA; PINHEIRO, 2020).

Segundo ALER (2020), a biomassa é de suma importância na matriz energética de São Tomé e Príncipe principalmente devido ao consumo doméstico para fins alimentares, representando 41,4% do consumo de energia primária e 55% do consumo de energia primária em 2014, o que implica uma enorme pressão nos recursos de bioenergia. Constantemente de modo efetivo, considerando o valor na produção energética da biomassa em São Tomé e Príncipe, seria possível aproveitar diferentes tipos de resíduos, desde resíduos agrícolas (os resíduos gerados na produção de óleo de palma, resíduos de cana de açúcar na produção de aguardente, resíduos de restos de cacau, etc.), resíduos florestais (os resíduos gerados nas serrações de materiais de construção), Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) e oleaginosas não comestíveis.

A biomassa vegetal para fins energéticos é a segunda maior fonte de energia primária no arquipélago, resultante dos abundantes recursos florestais e do fato de maior parte da população faz uso da lenha como energia doméstica, tendo um papel significativo na vida quotidiana da sociedade em termos de balanço energético e económico dos agregados familiares. A lenha e o carvão vegetal constituem assim a principal fonte de energia para o consumo em São Tomé e Príncipe (ALER, 2020).

2.3 Pequenas Centrais Hidrelétricas

Uma central hidrelétrica corresponde a um empreendimento formado por um conjunto de obras civis e equipamentos hidromecânicos e elétricos que atuam em conjunto para geração de energia elétrica a partir da energia hídrica.

Segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL (2015), a Resolução Normativa nº 673, de 4 de agosto de 2015, designa que os aproveitamentos de potencial hidráulico com características de PCHs, para produção energia elétrica, sendo a potência superior a 3.000 kW e igual ou inferior a 30.000 kW e com área de reservatório de até menor ou próximo 13 km², excluindo a calha do leito regular do rio.

De acordo com Moura, Moura e Rocha (2019), as centrais hidrelétricas podem ser classificadas considerando quanto a sua potência. Estabelecendo dados como:

- Microcentrais – potências menores ou iguais a 100 kW;
- Minicentrais – potências entre 100 kW e 1.000 kW;
- Pequenas Centrais – potências entre 1 MW e 10 MW;
- Médias Centrais – potências entre 10 MW e 100 MW;
- Grandes Centrais – potências maiores do que 100 MW

Microcentrais hidrelétricas, tem a capacidade de fornecer eletricidade a comunidades rurais que vivem longe, não sendo abastecidas economicamente pela rede elétrica por causa da distância. Esses projetos de engenharia para sistemas micro hídricos inclina-se a ser simples e padronizado ao máximo possível para facilitar a operação e a manutenção de comunidades locais com suporte técnico limitado de fora.

Mini hidrelétricas e pequenas centrais hidrelétricas têm potencial para fornecer energia a cidades rurais isoladas ou possibilitando o desenvolvimento para o fornecimento da

energia á rede. Deste modo, os projetos que vendem energia para a rede são projetados e construídos para tornarem-se financeiramente viáveis e para fornecer retorno comercial sobre o investimento.

Pequenas centrais hidrelétricas e Médias Centrais hidrelétricas, são projetadas como projetos run-of-river (R-o-R) ou seja, a fio de água. Sendo, esses projetos do R-o-R, utilizam um açude de desvio da água para o consumo, porém não armazenam água. Tendendo a apresentar impactos ambientais menos destrutivos do que projetos com represas e reservatórios.

Grandes centrais hidrelétricas são projetadas para construção de uma represa em que se concebe um reservatório. Em alguns casos, os reservatórios são pequenos e são usados para armazenar água para suprir cargas de pico diárias ou semanais. Acerca disso, outros reservatórios são enormes o suficiente para armazenar água em longos meses chuvosos para estarem disponíveis durante a estação seca e em alguns casos, tem-se vários anos para atender às necessidades em anos secas. Os reservatórios têm inúmeras funções, incluindo irrigação, controle de enchentes, recreação e fornecimento água para centrais de energia.

2.3.1 Histórico

A história remota das barragens não é popular e muitas com registros antes de 10.000 a.C, podendo ser somente estimadas, em particular no que diz respeito ao Egito antigo, das quais a sua própria cronologia se tem pouco conhecimento sobre diversas dinastias apenas e as suas realizações em engenharia. Essas obras têm evidência por meio de ruínas de obras na Índia e no Sri Lanka (Ceilão) e ofereciam algumas demonstrações de como os reservatórios de água foram criados pelas civilizações antigas. Um dos seus métodos comuns durante as construções envolvia barreiras de terra nos rios, sendo que alguns dos lagos formados passavam a ocupar vastas áreas (PEREIRA, 2015).

A queda de água tem sido usada a milhares de anos para realização de trabalhos, com ação direta do jato proveniente de uma queda sobre uma roda de água, tal como a produção da energia mecânica. Sendo que os romanos anteriormente conheciam esses dispositivos desde o século 1 a.C. Entretanto, as rodas só passaram a ser usadas extensivamente a partir do século XIV em trabalhos de moagem, nas serrarias, e para a alimentação de fábricas têxteis, entre outras utilizações.

No fim do século XVIII, existiam cerca de 10 mil rodas de água na Nova Inglaterra. No decorrer dos séculos XVIII e XIX, surgiu tecnologias como a máquina a vapor, motor, o

dínamo, a lâmpada e a turbina hidráulica, tornou-se admissível converter a energia mecânica em energia elétrica. Os moinhos e fábricas eram construídos juntos aos sítios das hidrelétricas planejados para utilizar diretamente a energia disponível (PEREIRA, 2015).

Em 1883, na Irlanda do Norte, foi construída a primeira micro central hidrelétrica, a qual por meio de duas turbinas de 52hp forneceu energia a um trem elétrico. Sendo esse micro central antecedida somente pelo primeiro conjunto turbina-gerador, que se tem conhecimento, com cerca de 8hp, na qual foi acionado de uma queda bruta de 10 m de água, com a finalidade de atender a algumas lâmpadas com filamentos de carvão, em 1882 (FARRET, 2014).

De acordo com Flórez (2014), a ampliação comercial da energia elétrica no século XIX, foi uma das causas imprescindíveis para a melhoria na economia e o desenvolvimento, para este efeito a ponto de vista histórico, viu-se que a eletricidade no início como aproveitamento apenas para os sistemas de iluminação pública das principais cidades, substituindo o petróleo e o gás, posto a isso no mesmo período que se transformou na força motriz de que a indústria e o comércio necessitavam, também constituiu uma ferramenta necessária para o conforto nas residências.

No início, conhecidas por pequenas centrais de geração de energia elétricas eram hidráulicas de baixa potência com geradores de corrente contínua, designadas à iluminação pública e residências próximas dos centros de consumo, devido ao pouco desenvolvimento da geração elétrica em corrente alternada foi possível aumentar a potência e a capacidade de transmissão.

Permitindo até meados do século XX, a maioria dos municípios tivesse uma pequena central hidrelétrica (PCH) e microcentrais, construídas com os seus próprios recursos econômicos e aproveitando da experiência regional da engenharia de projetos e de construção. Essas centrais de geração eram dirigidas por empresas de energia elétrica concebidas e consolidadas como criação dos esforços locais, crescendo sem uma diretriz e sem uma visão de planejamento unificada em âmbito nacional (FLÓREZ, 2014).

Durante esse tempo de prestação do serviço de energia elétrica, foi dispersa e ficando a cargo de distintas entidades oficiais, de ordem nacional, regional e municipal, com níveis variados de especialização e de participação na capacidade de geração, transformação e transporte de energia. Embora, a fim de somar esforços, interligar seus sistemas, fazer um planejamento integral e uma operação conjunta, as inúmeras empresas de energia se conectaram em sistemas (FLÓREZ, 2014).

A energia elétrica, ao longo da história, se consolidou como um fator decisivo para melhoria da qualidade de vida, tanto na medida em que estimula a produtividade econômica,

como sendo fundamental para educação, alimentação, saúde e igualdade entre gêneros (FLÓREZ, 2014).

2.3.2 Elementos de uma PCH

Uma PCH possui os mesmos elementos de Usina Hidrelétrica ou de uma grande central hidrelétrica, no entanto, essas estruturas possuem um porte menor, por exemplo, um reservatório menor, um diâmetro menor do rotor da turbina e etc.

Em geral, uma PCH é composta por reservatório, sendo que quando existente é de pequeno porte, barragem, vertedores, turbinas, geradores elétricos, sistemas de adução, incluindo tomada d'água, e a casa de máquinas, a qual abriga os grupos geradores.

2.3.2.1 Reservatório

Segundo Farret (2014), centrais hidrelétricas são representados como a fio d'água ou com reservatório de acumulação. Sendo as hidrelétricas a fio d'água construídas ao longo dos rios ou riachos sem constituição de lagos para tomada de água, deste modo, o curso do rio não é alterado e a sua vazão mínima tem de ser igual ou maior do que a vazão necessária para a potência projetada das turbinas. Consoante a isso, o excesso de água necessita de ser desviado e conseqüentemente o aproveitamento do volume de água não é total, o que torna menor o custo de implantação da usina, e simultaneamente, menores impactos ambientais adversos.

A implantação de uma central hidrelétrica com reservatório de acumulação exige levantamentos hidrológicos e topográficos, com a finalidade de determinar os desníveis do terreno. Deste modo, apresentam dados de enorme relevância, visto que são utilizados de forma direta no estabelecimento da vazão do curso de água que porventura, será usado no cálculo de potência, das quais, será gerada pela central e consoante o aproveitamento da água é total. Assim, dependendo do tamanho da construção, causa impacto ao meio ambiente, com um potencial de geração maior do que a hidrelétrica a fio de água, compensando o maior investimento de capital. Logo, o lago composto pela acumulação de água tem-se a possibilidade de ser utilizado para outras finalidades, como a recreação, criação de peixes, irrigação e urbanismo (FARRET, 2014).

Segundo Farret (2014), menciona que em um projeto das pequenas centrais hidrelétricas, são importantes dados como:

- A disponibilidade de materiais precisos na região para a construção da barragem, como pedras e madeiras;
- A disponibilidade local de mão de obra necessária para diminuição de custos;
- A distância da rede pública até a central, com a possibilidade de uma futura interligação á rede de distribuição por linha monofásica (MRT), bifásica, trifásica ou em corrente contínua de baixa tensão (CCBT).

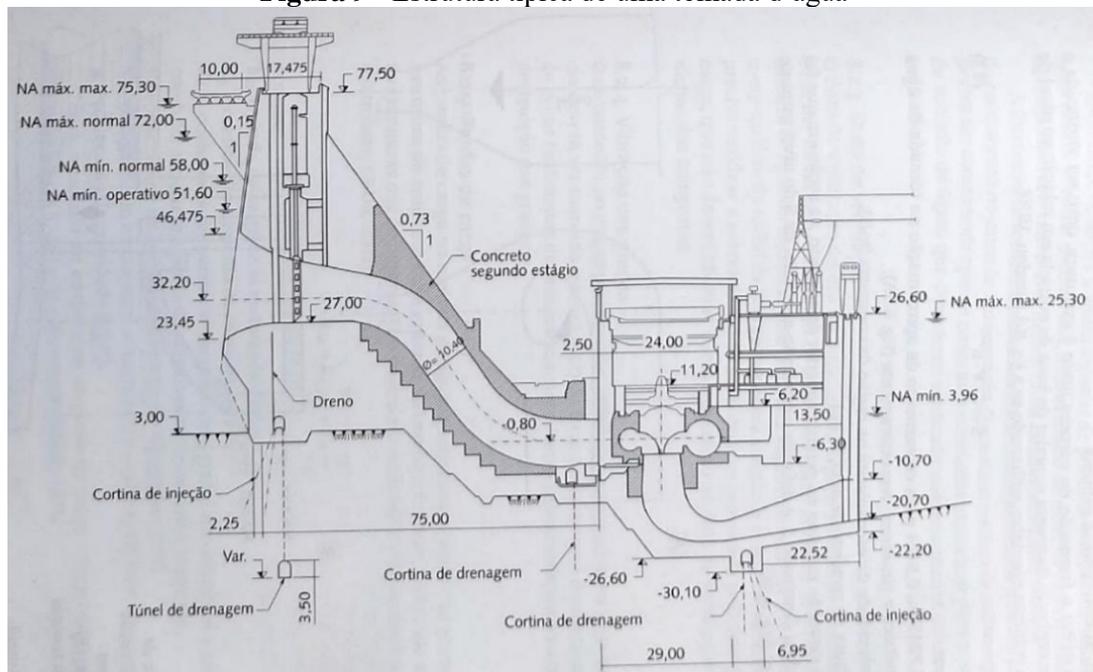
2.3.2.2 Tomada D'água

A tomada de água é uma estrutura de transição entre um escoamento livre no reservatório e um escoamento comprimido no conduto forçado, da qual secção a velocidade deve ser diminuída no sentido de limitar os esforços e a perda de carga. Na concepção da tomada de água, recomenda-se procurar uma estrutura com geometria que receba e possa alojar o escoamento de forma uniforme, sem vorticidades, promovendo uma aceleração progressiva e gradual no fluxo, sem fenômenos de separação ou deslocamento, tanto que se obtenha o melhor rendimento nas turbinas fornecida pelos fabricantes. Em especial importância para as usinas de baixa queda que utilizam máquinas horizontais, nas quais as distâncias entre a tomada e a turbina são curtas (PEREIRA, 2015).

De acordo o Pereira (2015), menciona que as tomadas de água são estruturas típicas, em torre ou em seção gravidade, sendo incorporado como padrão de projeto no sentido de se obter um escoamento com o mínimo de perda de carga. Consoante essas estruturas, tem-se as grades de proteção e posteriormente a entrada, as ranhuras de comportas antes do conduto forçado. Essa estrutura em planta e em profundidade, as áreas de interações com o escoamento de aproximação às estruturas vizinhas, como as barragens, vertedouro, escadas de peixe e desarranjadores, o ângulo de aproximação do escoamento, a compressão do escoamento literalmente e entre outros aspectos, tornam os projetos dessas estruturas muito complexos.

A Figura 9 a seguir, apresenta a estrutura típica de uma tomada d'água interliga diretamente ao penstock da hidrelétrica.

Figura 9 - Estrutura típica de uma tomada d'água



Fonte: Pereira (2015)

2.3.2.3 Turbinas Hidráulicas

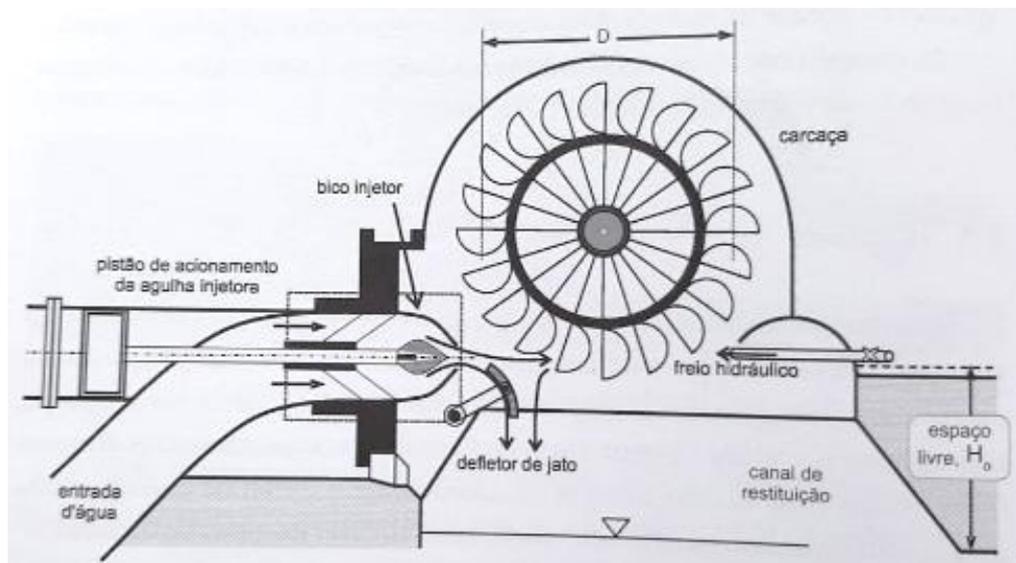
De acordo com Pereira (2015), as turbinas hidráulicas são responsáveis por converter a energia hidráulica, em energia mecânica no eixo da turbina. Sendo o seu fluxo contido pela abertura de um mecanismo a montante do rotor. Deste modo, em geral, o eixo da turbina é diretamente conectado a um gerador, que em seguida converte a energia mecânica em energia elétrica.

Pereira (2015) menciona que existem dois tipos de turbinas, sendo classificadas em dois princípios diferentes de conversão de energia, que são: turbinas de ação e turbinas de reação.

Em uma turbina de ação, o rotor dessa turbina é instalado onde opera próximo da pressão atmosférica, deste modo trabalhando fora da água, não lhe permitindo usar integralmente a energia da instalação, visto que a altura livre sobre o rotor não tem a possibilidade de ser utilizada na geração de energia. Uma turbina de reação, o rotor é alojado e mergulhado na água, sujeitos a uma contrapressão da jusante, o que lhe permite a utilização completa da energia da instalação.

Um exemplo de turbina de ação é a turbina Pelton, conforme Figura 10, utilizadas em centrais hidrelétricas em que a energia potencial da água se converte em energia cinética, consoante a injetores que possibilitam o impulso da água sobre as pás da roda motriz, funcionando aproximadamente sob condições de pressão atmosférica. Em casos de perda rápida de carga, podem reagir mais rapidamente, em que se usa um contra jato em direção ao dorso das pás, contrariando de forma extrema o que tende ao sentido de rotação da roda. A aplicabilidade das turbinas Pelton nas pequenas centrais hidrelétricas, podem resultar em uma economia razoável, operando com vazões a partir de 10 L/s e quedas desde 20 m (FARRET, 2014).

Figura 10 - Turbina Pelton

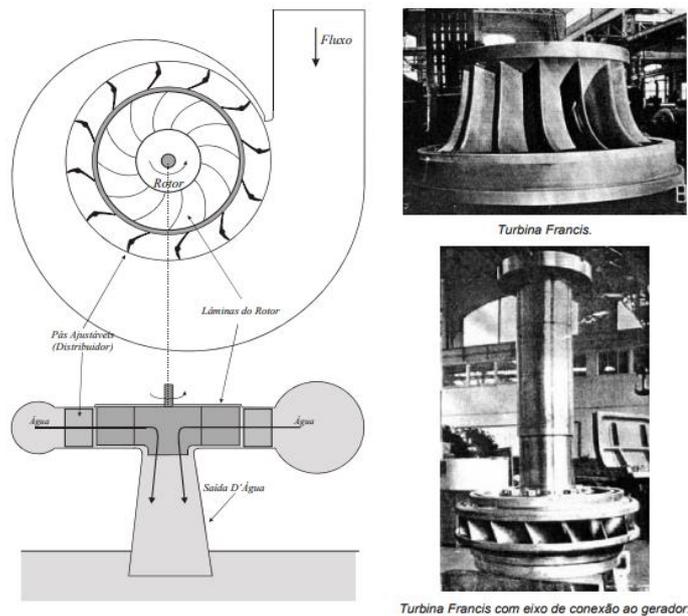


Fonte: Farret, (2014)

Uma turbina Francis (ver Figura 11) é uma turbina radial de reação, a sua aplicabilidade em uma pequena central hidrelétrica, é de 2 m a 150 m de altura, a partir de 100 L/s de vazão do projeto de água motriz. As condições de instalação, o eixo da turbina tem a possibilidade de ter uma posição horizontal ou vertical. Sendo a posição horizontal a mais indicada, dado que, facilita a conexão direta dos geradores de fabricação usual, como os geradores síncronos ou de indução. Já com os eixos verticais requerem árduos trabalhos de reparação e manutenção, ao mesmo tempo exigindo mais espaços acima da máquina para conectar os geradores, assim ocasionando em um peso elevado e tendo a necessidade de meios de içamento (FARRET, 2014).

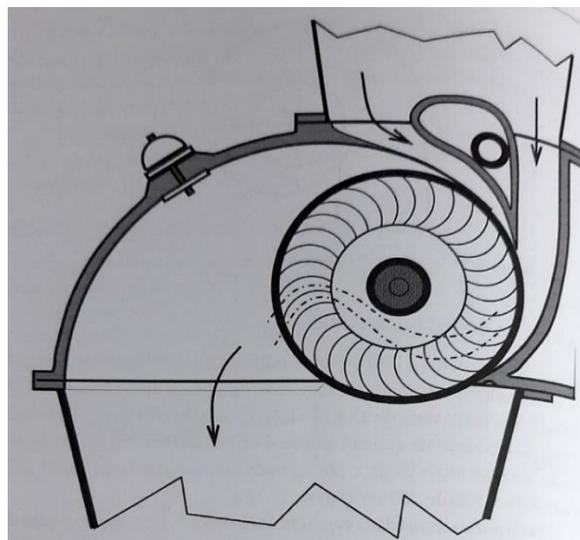
Mais um exemplo de turbina de ação, é a turbina Michel-Banki (ver Figura 12), que podem atualmente atingir uma potência de 800 kW, com uma vazão variando de 25 a 700 L/s e alturas de queda desde 1 a 200 m. Deste modo o número de pás instalados no rotor tem a possibilidade de variar de 26 a 30 pás, decorrente da circunferência da roda, sendo o diâmetro da ordem de 200 a 600 mm. Também podendo ser instalado na saída livre da água ou tubo de sucção, onde é aproveitado todo o desnível da água (FARRET, 2014).

Figura 11 - Turbina Francis



Fonte: Silva Filho (2003)

Figura 12 - Turbina Michel-Banki

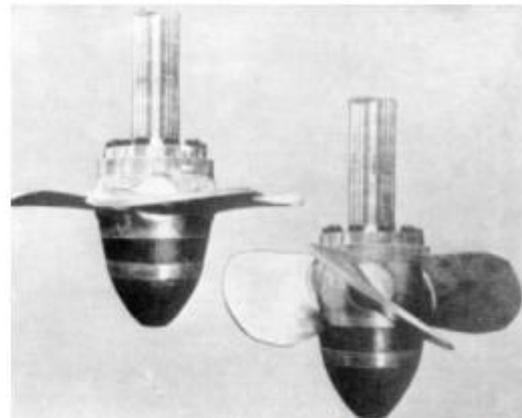
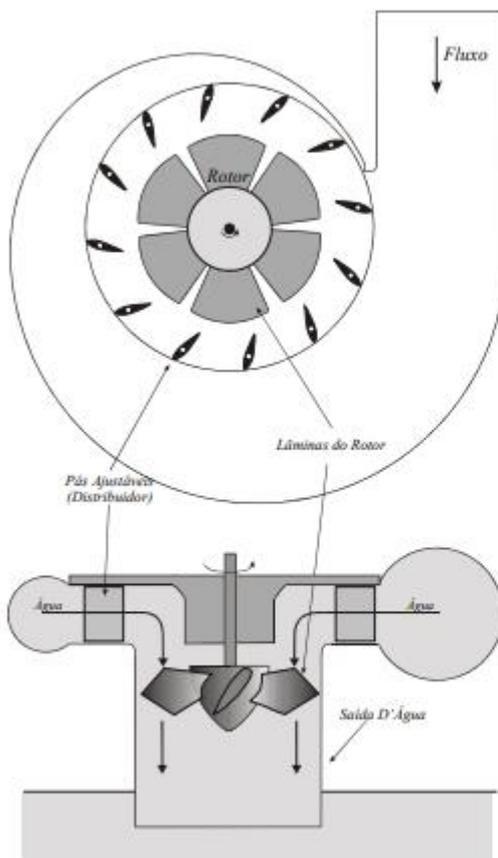


Fonte: Farret (2014)

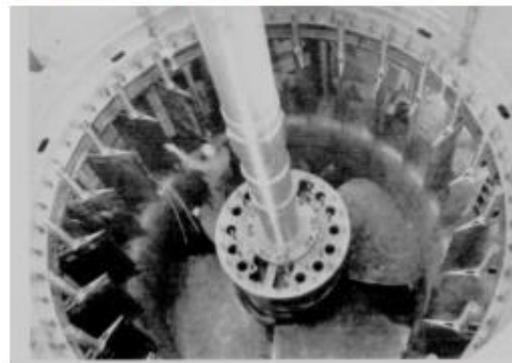
Uma turbina Kaplan, é do tipo de turbina de reação axial na forma de sifão, trabalhando a baixa quedas ou a fio de água, com pequenas potências e altas variações de vazão ao longo do ano, sendo assim, recomendado para quedas em torno de 0,8 a 5 m. O funcionamento inicial desta turbina se dá por uma bomba a vácuo, permitindo o enchimento do sifão com água e formando um desnível entre montante e jusante.

Todavia, para ser parada, esse tipo de turbina, requer que se pare o fluxo de água, ligando-se a válvula de alívio na parte do distribuidor. Essas turbinas têm vantagens de manter todos os equipamentos eletromecânicos fora da água, proporcionando não só a inspeção e a manutenção, como também a segurança em caso de cheias. A sua instalação não necessita de um reservatório de água ou obras civis complexas, o seu impacto ambiental é desprezível. O esquema desse tipo de turbina está apresentado na Figura 13.

Figura 13 - Turbina Kaplan



Turbinas Kaplan com as pás do rotor fechadas e abertas.



Montagem do distribuidor de uma turbina Kaplan.

Fonte: Silva Filho (2003)

2.3.3 Impactos Ambientais Provocados por PCHs

Em particularidades de PCHs, com área máxima de reservatório de 3 km², são consideradas como tendo um impacto ambiental menor, deve ser visto como uma certa medida de precaução, uma vez que as pequenas centrais hidrelétricas com áreas de alagamento que chegam a afetar áreas de atividades ou produção agrícolas, densamente habitadas, têm importância para a conservação da biodiversidade. Sendo que um conjunto de PCHs numa mesma bacia hidrográfica, tem a possibilidade de causar danos sociais e ambientais comparáveis aos das centrais hidrelétricas de maior porte (BORGES, 2009).

Essas pequenas centrais hidrelétricas são instaladas em locais com cachoeiras, em situações de enormes desníveis nos rios e a sua construção acaba interferindo significativamente na paisagem, secando grande parte do leito do rio e findando inclusive com as próprias cachoeiras. Consoante ao desaparecimento das cachoeiras e a diminuição da vazão dos rios, interferem de forma imediata no abastecimento de água para outras atividades, prejudicando o desenvolvimento de funcionalidades econômicas importantes, como o ecoturismo (BORGES, 2009).

De acordo com Flórez (2014), o planejamento e decisão, em que a dimensão ambiental tende a ser avaliada em conjunto com outras variáveis do projeto de implementação de uma PCH, se deve considerar as diretrizes vigentes da gestão demandada e a oferta de energia. Consoante a isso, se tem a relação em um excelente custo ou benefício ambiental da implementação do projeto para geração de impactos permanentes e impactos transitórios, nas quais Flórez (2014) menciona que os impactos permanentes, acontecem durante as mudanças nas condições nas jusantes em termos de vazão e qualidade da água descarregada e outros com a possibilidade de surgir em ocasiões do aumento da disponibilidade de energia, uso múltiplo do recurso de hídrico e o consequente desenvolvimento regional. Sendo os impactos transitórios, surgindo pela alteração das condições físicas, bióticas, sociais, culturais e econômicas na área de influência no decorrer da construção da PCH e no começo da sua operação.

3 METODOLOGIA

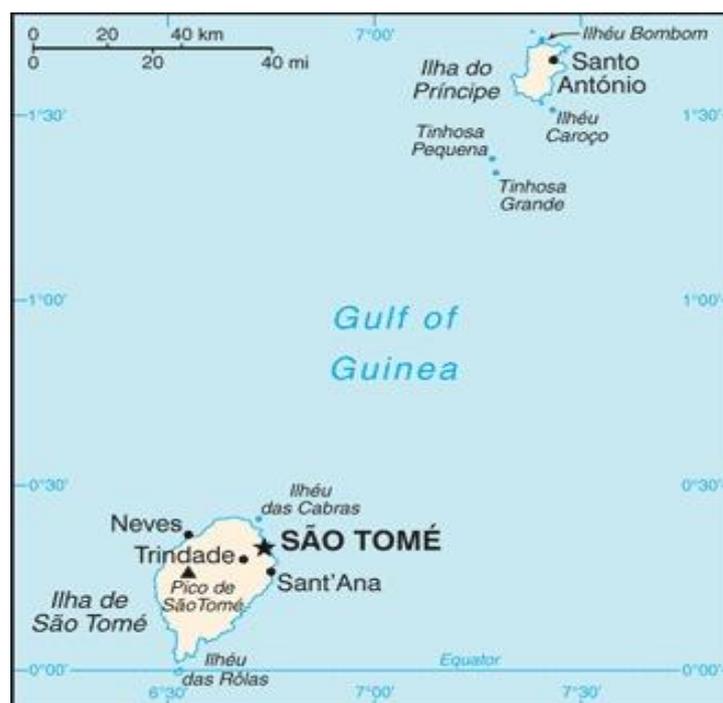
Para realização desta pesquisa foi realizado um levantamento bibliográfico sobre a situação de geração de energias a nível mundial. Em seguida, buscou-se dados relacionados a geração em São Tomé e Príncipe, o que se conseguiu por meio do Relatório Nacional do Ponto de Situação das Energias Renováveis e Eficiência Energética de São Tomé e Príncipe publicado em novembro de 2020 pela Associação Lusófona de Energias Renováveis.

Os dados obtidos foram compilados e associados à outras referências, tais como, livros, artigos e projetos, o que possibilitou, uma análise detalhada da atuação das PCHs na matriz elétrica do País em estudo.

3.1 Caracterização das ilhas de São Tomé e Príncipe

A República Democrática de São Tomé e Príncipe (STP), é um arquipélago localizado no Golfo da Guiné, a 350 km da costa ocidental de África. É formado por duas ilhas principais e pequenos ilhéus, que juntos, dividem-se em sete distritos, seis na ilha de São Tomé e uma na Região Autónoma do Príncipe. A Figura 14 apresenta a localização desse País.

Figura 14 - Mapa de localização de São Tomé e Príncipe



Fonte: CIA (2021)

Com uma área superficial de 1.001 km², São Tomé e Príncipe é considerado um país pequeno e ainda em desenvolvimento e uma economia considerada frágil, com uma população em torno de 215 mil habitantes, segundo o Banco Mundial (2020). O País apresentou um Produto Nacional Bruto (PNB) per capita de US\$1.960 em 2019, com um Produto Interno Bruto (PIB) crescente a uma taxa média de 4,5% entre os anos de 2010 a 2018, no entanto, em 2018 e 2019, o crescimento da economia foi afetado pela escassez de combustível e de energia, com atrasos dos pagamentos do governo aos fornecedores locais e pelo o abandono do investimento interno (WORLD BANK, 2020).

De acordo com Fonseca (2017), os recursos hídricos, alimentados pelas chuvas regulares e abundantes no país, são avaliados em cerca de 2 bilhões de m³/ano o que representa 12.000 m³ por ano/habitante, mas são aproveitados apenas em 0,045%, sendo que parte desses recursos correspondem às cheias dos rios e são totalmente inexploráveis. Dessa forma, os recursos exploráveis correspondem ao caudal regularizado pela vegetação e os lençóis aquíferos, representando entre 300 e 600 milhões de m³ por ano.

Esses recursos têm a sua distribuição de modo desigual, sendo que a queda das chuvas é mais abundante nas regiões Sul e Oeste (6000 mm/ano) e menos chuvosa nas regiões Norte e Leste (1000 mm/ano), é nos locais com menos abundância de chuvas que possuem recursos mais limitados, como além ser as zonas mais povoadas, é onde a demanda de água é maior. No país o sistema hidrográfico é composto por 116 bacias hidrográficas e 223 cursos de água (FONSECA, 2017).

A sua principal linha de elevações de S. Tomé está orientada no sentido aproximado de norte ao sul, em curva alongada com alguma saliência e reentrância, sendo formada pelos montes ou picos, o Pico de S. Tomé, com 2,024 m de altitude, ligado ao Rio Contador e seus afluentes, a um sistema cónico formado pelo Pico de São Tomé. Em que ao seu redor e de cima para baixo concentra a maior parte das nascentes que irriga a ilha de São Tomé. Tem-se ainda, na ilha de São Tomé os picos de Cão Grande, Cão Pequeno, Maria Fernandes e na região Autónoma do Príncipe os picos de Príncipe e do Papagaio (SOUTO, 2016).

Com um clima do tipo equatorial, Souto (2016) menciona, que sendo quente e húmido, com temperaturas médias anuais que variam entre os 22° C e os 31° C, se tem uma multiplicidade de microclimas, definidos, em função da pluviosidade, da temperatura e da localização. A temperatura tem a sua variação em função da altitude e do relevo. As pluviometrias existem quatro principais estações do ano em São Tomé e Príncipe, nomeadamente:

A primeira é a Gravana, que é a maior estação de seca que tem a duração do mês de junho a setembro, nesta estação as precipitações são baixas e o caudal dos cursos de água atingem o mínimo anual. A segunda estação de chuvas, que se inicia no mês de setembro a fim de dezembro, com intensos temporais, provocando cheias muito fortes e rápidas. O terceiro, uma pequena estação de seca, chamada de Gravanita, de apenas 1 mês, entre os meses de janeiro e fevereiro, e é menos intensa comparada a Gravana. A quarta estação, é considerada a segunda estação de chuvas que tem o seu início no mês de março até junho, com intensas tempestades ocasionando cheias extremamente violentas e rápidas.

As duas Ilhas São Tomé e Príncipe são divididas em sete distritos administrativos, como ilustrado na Figura 15. Sendo que seis desses distritos se encontram localizados na ilha de São Tomé enquanto o outro distrito abrange a menor ilha, a de Príncipe, também designada por Região Autónoma do Príncipe. A Figura 15 mostra a divisão administrativa por distrito no país e as suas distintas capitais (SOUTO, 2016).

Figura 15 - Distritos de São Tomé e Príncipe



Fonte: Mundo (2014)

As recentes estimativas do Banco Mundial para o país mostram que cerca de um terço da população vive com menos de US\$1,90 por dia, abaixo da linha internacional de pobreza, e que mais de dois terços da população é pobre, seguindo os parâmetros de pobreza mais elevada do Banco Mundial de US\$3,20 por dia. Sendo as áreas urbanas e bairros do sul, nos distritos de Caué e Lembá, têm níveis mais elevados de incidência da pobreza (WORLD BANK, 2020).

De uma área total de 1001 km², a ilha de São Tomé possui 859 km² e a ilha do Príncipe localizada a 160 km ao nordeste da ilha de São Tomé, possui 142 km², entretanto os seus recursos hídricos estão bem distribuídos em mais de 50 bacias hidrográficas. De modo que, dos recursos hídricos disponíveis no país, cerca de 4,93% são usados na agricultura, 2,98% em geração hidroelétrica e 0,45% em abastecimento de água para a população. Os 91,64% restantes não são aproveitados de forma direta pela população (SÃO TOMÉ E PRÍNCIPE, 2020).

O país dispõe de 16 Sistemas de abastecimento de água, com 15 em São Tomé e 1 na Região Autónoma do Príncipe, em que é gerido pela Empresa pública de Água e Eletricidade (EMAE). Sendo que desses 16 sistemas, 8 são de água das nascentes e 8 de água de superfície de rios e produzem em média 1.830 m³/h de volume de água, cerca de 44.000 m³/dia, provenientes predominantemente de água das nascentes com cerca de 80% da produção (SÃO TOMÉ E PRÍNCIPE, 2020).

Segundo a Lei n.º 07/2018:

A Lei nacional dos Recursos Hídricos a Lei-Quadro dos Recursos Hídricos (Lei nº7/2018), teve a aprovação e a sua publicação no Diário da República nº 55 de 02 de maio de 2018. Considerando a crescente importância da proteção e da fiscalização das águas, como um recurso escasso, o Governo adoptou no seu Programa, uma forte política de desenvolvimento e planeamento de gestão integrada dos recursos hídricos, visando a sua conservação, uso racional, assim como manutenção dos sistemas de abastecimento de água (SÃO TOMÉ E PRÍNCIPE, 2018, s/p).

Conforme pode-se observar o potencial hidrelétrico constitui no país um dos valiosos recursos naturais de S. Tomé e Príncipe. Souto (2016), menciona que as condições propícias para a produção de energia hidroelétrica em STP são explicadas, entre outros aspetos, por:

- Chuvas muito abundantes;

- Chuvas durante todo o ano em zonas montanhosas, que mantêm um caudal mínimo durante o ano inteiro;
- Águas pouco carregadas com sedimentos, devido a cobertura vegetal muito densa que cobre o arquipélago.

No país apontam até 34 pontos com potencial de produção instalada no total de 63,000 kW e uma produção anual total de 244,000,000 kWh. Sendo esse potencial hidroelétrico que o país integra ainda têm a necessidade de melhores estudos. Entretanto, apenas 11% de toda energia elétrica produzida e consumida, vem sendo desta fonte e concentrada numa única unidade, precisamente a de Contador, que se tem como referência na produção de energia e os novos projetos futuros para a sua reabilitação. Consoante a isso, a bacia hidrográfica do Rio Iô Grande, que é a maior do país, é vista como uma forte candidata para implementação de centrais hídricas e com maior potencial de geração de energia elétrica (SOUTO, 2016).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

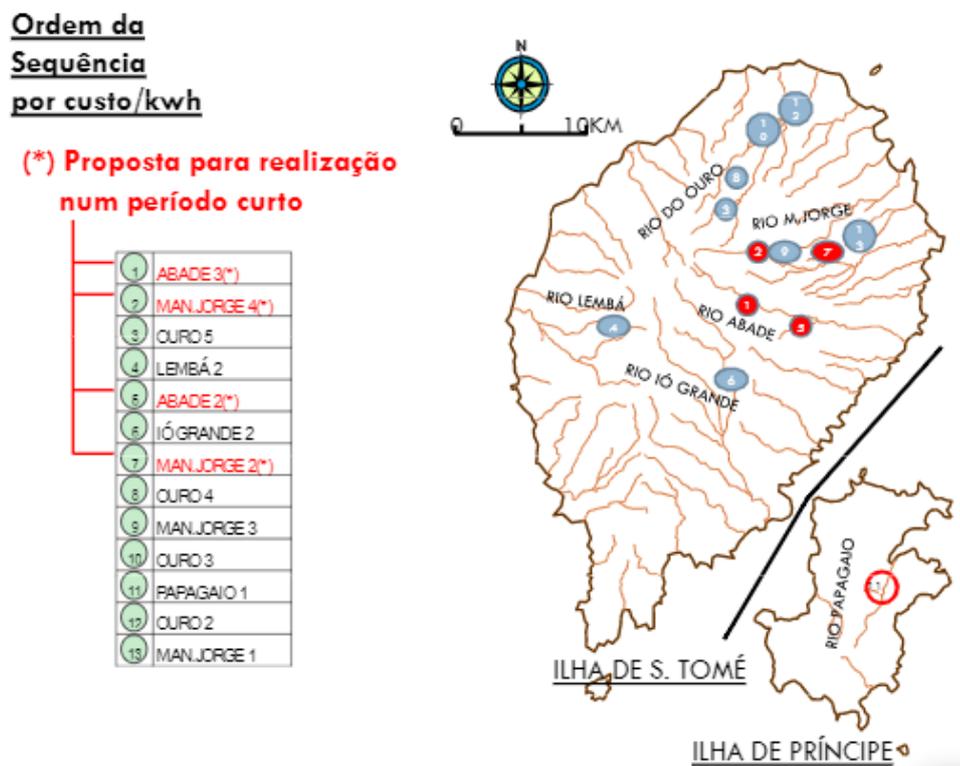
4.1 Pequenas Centrais Hidrelétricas na Matriz Elétrica de São Tomé e Príncipe

4.1.1 Potencialidades Hídricas Identificadas

De acordo com a Associação Lusófona de Energias Renováveis (ALER, 2020), potencial hídrico representa o aproveitamento dos diversos rios e ribeiras que correm nas ilhas e apresenta-se como um dos maiores recursos energéticos de São Tomé e Príncipe, em que prevalece os relevos acentuados e de uma precipitação regular e abundante.

De origem vulcânica as ilhas de São Tomé e Príncipe, são caracterizadas pelas suas inclinações em terreno muito elevado e uma faixa costeira relativamente pequenas. Na ilha de São Tomé, o pico mais alto atinge a altura de 2024 m e na ilha do Príncipe 948 metros (LIMA; OLIVEIRA, 2017). Em um passado de exploração hídrica, além do país possuir recursos em abundância, têm várias infraestruturas antigas que poderão ser reaproveitadas e bacias a serem analisadas para os novos projetos de produção de energia (ver Figura 16).

Figura 16 - Propostas para implementação de PCHs



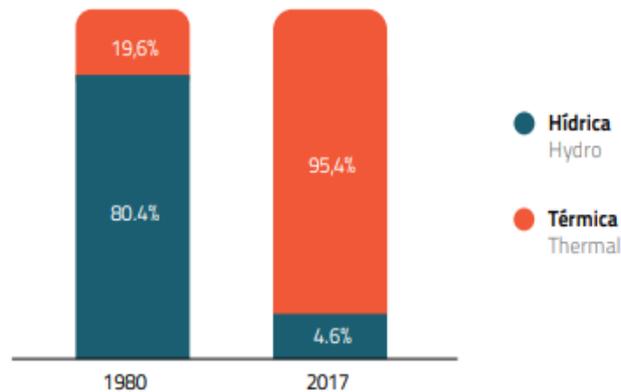
Fonte: Ministério das Obras Públicas e de Recursos Naturais, (2017)

Atualmente, a Central Contador é a única central hidrelétrica funcionando no país e assegura a produção de apenas 4,6% injetada na rede elétrica da ilha de São Tomé como ilustrado na Figura 17, sendo que esta central, que tinha uma potência inicial de 2 MW, na qual atualmente apenas 1,8 MW estão disponíveis, está localizada no norte da ilha de São Tomé e funciona há mais de 50 anos (ALER, 2020).

Todavia, ao longo das últimas décadas, verificou-se que as energias renováveis têm vindo a perder expressão na matriz elétrica de São Tomé e Príncipe, fruto de deterioração das centrais hídricas construídas durante a época colonial e deste modo, vem a necessidade de aumentar a produção das termoelétricas para dar uma rápida resposta ao aumento da procura. Conforme a isso, em termos de consumo de energia primária no país, a contribuição das energias renováveis é bastante superior, com 42% em 2014, por causa do alto consumo de biomassa a nível doméstico (ALER, 2020).

A Figura 17 mostra uma comparação entre o percentual de fontes hídricas e o percentual de fontes térmicas na matriz elétrica do país, em que se percebe que no período de 37 anos a participação das fontes hídricas caiu de 80,4% para 4,6%, corroborando com a falta de investimentos e de mão de obra qualificada.

Figura 17 - Comparação da matriz elétrica em 1980 e 2017



Fonte: Adaptado da EMAE at el, 2017 apud ALER, (2020)

Segundo ALER (2020), a energia renovável tem colaborado de forma pouco expressiva durante anos na matriz elétrica do país, sendo que em 2017, totalizando de 5.045,61 MWh). Com uma representação de 4,6% da produção do país, o que corresponde ao funcionamento da central hídrica do Contador, sendo que as restantes fontes de energias renováveis ainda não têm um satisfatório destaque na matriz elétrica, porém o país possui recursos suficientes para sua exploração, como a Solar e a Biomassa.

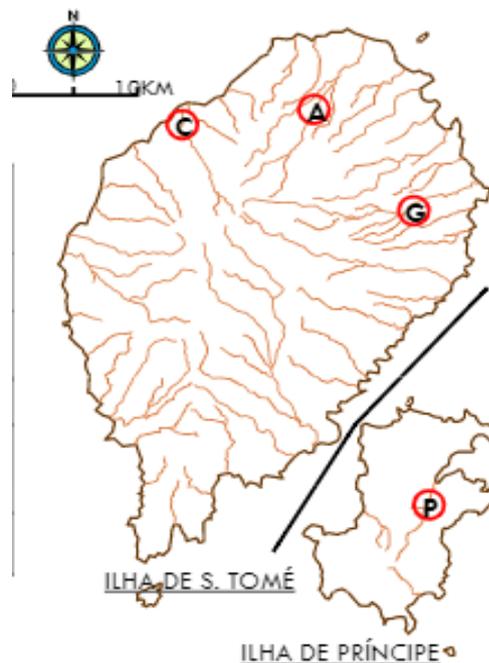
Em meados de 1980, ressaltando que São Tomé e Príncipe, chegou a ter 80% da sua energia renovável de origem hídrica na sua matriz elétrica proveniente das pequenas e minicentrals hídricas do Contador, Guegue, Agostinho Neto e Papagaio. Conforme a Tabela 2 (ver a localização na Figura 18), na atualidade apenas a central do Contador está em operação, o que implica que a geração de eletricidade de origem hídrica tem uma representação de baixa percentagem da eletricidade fornecida no país, com 4,6% em 2017 (ALER, 2020).

Tabela 2 - Centrais Hidrelétricas em STP

Nome da Central	Rio	Local da instalação	Potência (kW)	Ano de instalação	Operador	Estado atual
Ilha de São Tomé						
Contador	Contador	Ponta Figo	2*1000	1967	EMAE	Ativa
Guegue	Manuel Jorge	Guegue	320	1945	EMAE	Inativa
Agostinho Neto	Rio de Ouro	Agostinho Neto	37 + 307	1968	EMAE	Inativa
Ilha do Príncipe						
Papagaio	Papagaio	Bela Vista	80	1993	EMAE	Inativa

Fonte: Ministério das Obras Públicas e Recursos Naturais (2017).

Figura 18 - Pontos das instalações hidrelétricas



Fonte: Ministério das Obras Públicas e de Recursos Naturais (2017).

Fazendo uma análise da Tabela 2, se percebe que a central hidrelétrica do Contador é a única em funcionamento atualmente e operando a mais de 50 anos. Essa central explora o potencial do Rio Contador por meio de um projeto hidroelétrico de aproximadamente 500 metros de altura de água e de pequeno fluxo nominal, sendo compatível com a sua área de drenagem. Deste modo, tem-se a existência de seis captações de água que desviam pequenos cursos de água à cota aproximada de 590 m para o canal principal, na qual alimenta uma câmara de carga (NRV, 2019).

Com uma conduta forçada em ferro fundido de cerca de 0,6 m de diâmetro e 1.500 m de comprimento, e sua altura nominal de 477 m, impulsionando a água da câmara de carga para a central onde duas turbinas Pelton, de 1,1 MW cada, geram a energia para alimentar a rede (NRV, 2019). Essa energia elétrica gerada, somente uma pequena parte é consumida na cidade de Neves, localizada no Distrito de Lembá e onde a central se estabelece, sendo que a maioria é enviada para grandes centros de carga fora do Distrito, através de uma linha de transmissão aérea de 30 kV com 29 km de comprimento (ALER, 2020).

Além disso, a central hidrelétrica do Contador (ver Figura 19) está localizada na área do Parque Nacional de Obô, considerada uma das mais importantes unidades de conservação da biodiversidade em África. O alto valor de conservação dessa área, combinado com os seus problemas de erosão acentuados e instabilidade de taludes, representam desafios significativos para o desenvolvimento de projetos, sua execução e gestão de seus potenciais impactos ambientais e sociais (JPG, 2018).

Figura 19 - Central Hidrelétrica do Contador



Fonte: ALER, (2016)

A central de Guegue, não obstante de ser uma central hídrica com uma imprescindível importância na estabilidade do sistema elétrico em São Tomé e Príncipe, encontra-se atualmente inativa. Sendo localizada no rio Manuel Jorge e a sua operação foi interrompida no início de 2012. A aquisição de novas turbinas e geradores necessários (PNUD, 2016).

A central de Agostinho Neto, tem sua origem na era colonial e a sua fonte de alimentação vem do Rio de Ouro. Sendo construída inicialmente para o fornecimento da eletricidade para a produção de cacau, além disso reformada depois com conjuntos de turbina-gerador de 1x307 kW e 1x37 kW (PNUD, 2016).

A central de Papagaio está localizada na bacia hidrográfica do rio Papagaio, situada Região Autónoma do Príncipe, a maior bacia da ilha. Sendo inaugurada em meados em 12 de julho de 1993 e teve a sua operação de somente duas semanas, devido ao dimensionamento do grupo turbina-gerador de 400 kW, que até então, sendo substituída por uma unidade de 80 kW e funcionando durante algumas semanas, até que o transformador foi recolocado numa estação elétrica a gás na ilha do Príncipe (PNUD, 2016).

Consoante a todos esses fatores, é de suma importância a reabilitação desses empreendimentos que visam melhorar o sistema elétrico do país, contudo pode-se identificar que a participações das pequenas centrais e minicentrais hídricas têm uma relevância significativa para o crescimento econômico do país, todavia é necessário melhoria nas políticas governamentais para área de energias renováveis e ganhar a confiança de órgãos internacionais para cooperação e avanço nas alternativas renováveis de energias, nesse caso destacaria as centrais hidrelétricas.

4.2 Bacia Hidrográfica do Rio Iô Grande

A bacia hidrográfica do Rio Iô Grande (ver Figura 20), é a maior do país e a sua nascente se localiza a 2,5 km, a Sudoeste da Lagoa Amélia, no declive meridional em monte Calvário que tem uma altitude de 1595 m. Sendo situada no distrito de Caué, indo desaguar na praia Iô Grande aos 24 km de percurso (PPA, 2020).

De acordo com Tecnic (2013), como uma área de 106 km², comprimento de 24 km, com queda total de 1440 m e o seu escoamento médio na foz de 12,6 m³/s. No rio Iô Grande, tem-se dois afluentes de extrema importância na região, são o rio Ana Chaves com 27,5 km² e o rio Umbugu de 25 km² que desagua no início das planícies, sendo formada por terrenos

alagadiços e pantanosos. Deste modo, todas as bacias na região são cobertas com vegetação densa, com a limitação em chegar na zona da foz que dificulta o acesso ao local.

Figura 20 - Rio Iô Grande



Fonte: Autor desconhecido, sd

<https://www.repository.utl.pt/bitstream/10400.5/4155/1/Dissertação.pdf>

Pode-se observar na Tabela 3, o estudo dos três rios que fazem parte da bacia hidrográfica do Rio Iô Grande em relação ao seu aproveitamento hídrico.

Tabela 3 - Aproveitamento da bacia hidrográfica do rio Iô Grande

Aproveitamento	NPA (m)	Cota a Jusante (m)	Queda Bruta (m)	Caudal modular (m ³ /s)	Canal comprimento (m)	Conduto comprimento (m)
Iô Grande III	312	258	54	3,4	680	168
Iô Grande II	200	90	110	4,5	8600	240
Iô Grande I	74	15	15	9,45	1730

Fonte: TECNIC, (2013)

A bacia do rio Iô Grande se destaca pela sua dimensão e a sua capacidade de produzir energia previstas em projetos, o seu maior aproveitamento evidência no Iô Grande 2, composta por duas captações, sendo uma no rio Ana Chaves e a outra no Iô Grande (ver Figura 21), das quais esses canais convergem numa câmara de carga, com sua localização no topo da encosta que separa as duas bacias geográficas (TECNIC, 2013).

A proposta da central hidroelétrica é de um edifício no formato L, com dois blocos retangulares e a cota da restituição da central 72, 198, e 210 m, sendo que cada central terá dois grupos com turbinas Francis duplas e geradores síncronos (TECNIC, 2013). Conforme a Tabela

Tabela 4 - Turbinas hidráulicas

Item das Turbinas	Rios		
	Iô Grande I	Iô Grande II	Iô Grande III
Queda Bruta	59 m	102 m	54 m
Vazão nominal	9,45 m ³ /s	4,7 m ³ /s	3,4 m ³ /s
Potência nominal	8042,89HP	5361,93HP	2010,72HP
Velocidade	500 rpm	500 rpm	500 rpm

Fonte: TECNIC, (2013)

Ligação de redes: Linha aérea de 30 KV, com 33 km até a subestação na cidade capital, São Tomé.

4.2.1 Potencial e Aproveitamento Hídrico

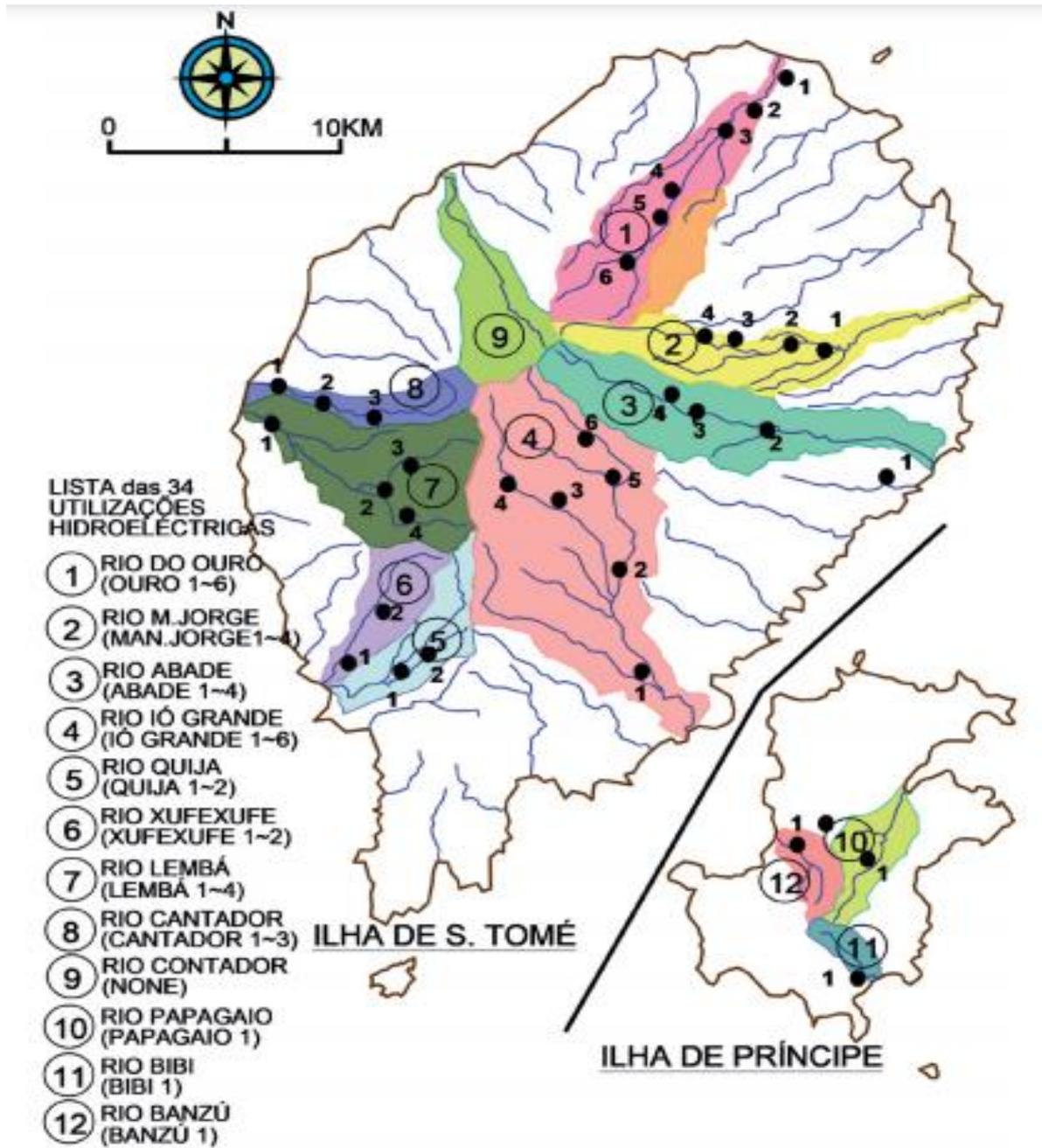
A partir do ano 1981, tem vindo a ser feitos estudos sobre o potencial técnico e económico para o aproveitamento dos seus recursos hídricos, tanto para centrais ligadas à rede, bem como para micro centrais hidroelétricas em locais isolados da rede (ALER, 2020).

Na representação da cartografia das bacias e os relevantes rios com potencial para barragens hidrelétricas nas ilhas de São Tomé e do Príncipe, tem-se em destaque na Figura 22, a bacia hidrográfica do rio Iô Grande como a maior do país, possuindo forte potencial de geração de energia elétrica, avaliado em 21 MW na sua totalidade (URSS et al. 1981, apud ALER, 2020).

Pode-se observar na Tabela 5, os estudos do potencial hidrelétrico já feito no país, mostrando que a exploração hídrica sempre fez parte de projetos ambiciosos para melhoria do sistema elétrico do país.

Todavia, as análises e pesquisas durante os estudos dessas bacias permitiu que fossem identificados 34 pontos com um potencial para instalação de centrais hidrelétricas. Além disso, os estudos mais antigos de 1981 mencionava uma capacidade total de 61 MW e uma produção anual total estimada em 244 GWh nas doze bacias hidrográficas do arquipélago, sendo nove em São Tomé e três no Príncipe (ALER, 2020). Conforme a Tabela 6, se tem o potencial de energia hidrelétrica nas bacias hidrográficas já estudadas a sua área de captação e o seu potencial para produção de energia.

Figura 22 - Locais com potencial hidrelétrico em STP



Fonte: Adaptado UE et al., 2012 apud ALER, (2020)

Tabela 5 - Estudos do potencial hidrelétrico em STP

Nº	Estudos de aproveitamento hídrico	Ano de realização	Autor
1	Recomendações para o aproveitamento dos Recursos Hidrelétricos da RDSTP	1981	TECHNOPROMEXPORT (URSS)
2	Central Hidrelétrica de Iô Grande - Leninigrado	1986	GUIDROPROJEKT
3	Estudos do potencial hidrelétrico de São Tomé e Príncipe	1996	INDES – Instituto Nacional de Desenvolvimento
4	Plano Geral do Desenvolvimento de Recursos de Água da RDSTP	2008	CECI Engineering Consultants
5	Plano Diretor da Água e Saneamento	2009	Hydro Conseil
6	Estudo de Inventário Hidroelétrico da ilha do Príncipe – Relatório Final	2016	Aqualogus – EDP
7	Inventário hidrológico da ilha do Príncipe	2016	PNUD/EDP
8	Relatório de Missão – Programa estratégico de promoção de investimento em energias renováveis e eficiência energética no setor elétrico de São Tomé e Príncipe	2018	Rudolf Huepfn
9	HIDRORUMO, Projetos e Gestão S.A	Não consta	HIDRORUMO
10	INTERNEL – EDP, Eletricidade de Portugal	Não consta	EDP

Fonte: ALER, (2020)

Tabela 6 - Potencial de energia hidrelétrica nas bacias hidrográficas em STP

Rio	Área de captação (km ²)	Potenciais de utilização	
		Capacidade Disponível (kW)	Produção anual total (MWh)
De Ouro	41,6	4.785	18.900
Manuel Jorge	36,4	2.676	11.200
Abade	51,3	7.773	32.300
Iô Grande	106	21.008	85.900
Quija	20,9	5.020	19.450
Xufexufe	16,5	4.262	16.470
Lembá	45,2	9.990	38.450
Cantador	12,2	4.317	16.860
Contador	23,5	-	-
Subtotal (São Tomé)		59.831	239.530
Papagaio	13	563	2.200
Rebeiro Banzú	7,4	286	1.120
Bibi	4,7	388	1500
Subtotal (Príncipe)		1.237	4.820
Total		61.068	244.350

Fonte: Adaptado da ALER, (2020)

Ao analisar a Tabela 6, tanto o seu aproveitamento hídrico nas bacias hidrográficas e quanto o seu potencial hidrelétrico para geração de energia, nota-se que a maior bacia do país o Rio Iô Grande, tem um potencial de maior produção comparado as demais bacias com uma capacidade disponível de 21.008 kW, deste modo com uma produção anual prevista de 85.900 MWh no total, vale salientar que a sua exploração hídrica depende das ações governamentais, visto que tem-se um valioso potencial hídrico que tem a possibilidade de suprir a crise energética no país.

4.2.2 Projetos Previstos e em Execução na Bacia do Rio Iô Grande

De acordo com a Associação Lusófona de Energias Renováveis (ALER, 2020), o potencial hídrico no país e os projetos em curso, tem o objetivo de promover alguns deles, particularmente a recuperação das antigas centrais.

Além disso, se tem necessidade de estudar e divulgar mais detalhadamente o potencial energético no arquipélago, para o que irá contribuir em um futuro atlas com o potencial de energias renováveis e na identificação de projetos prioritários, bem como o Plano Nacional de Investimento em Energia Sustentável que incluirá um pipeline de projetos para ser apresentado a possíveis investidores, para que possa atingir as metas definidas de acesso à energia e de energias renováveis.

Com objetivo de uma efetiva e sustentável implementação das energias renováveis, sendo também necessário, tanto o reforço as infraestruturas do sistema elétrico, quanto as unidades de produção como as redes de distribuição, que se encontram num estado crítico e conduzem a elevadas perdas.

Deste modo, como se observa na Tabela 7, a combinação dos vários projetos internacionais tem-se a previsão em medidas para suprir esta situação, incluindo atividades de reabilitação das componentes da rede elétrica e a instalação de um plano de melhoria da gestão para a única Empresa de Água e Energia (EMAE), estando par de um sistema de gestão de informação, assim como a elaboração de relatórios na caracterização da rede elétrica (ALER, 2020).

Tabela 7 - Projetos hidrelétricos em curso, STP

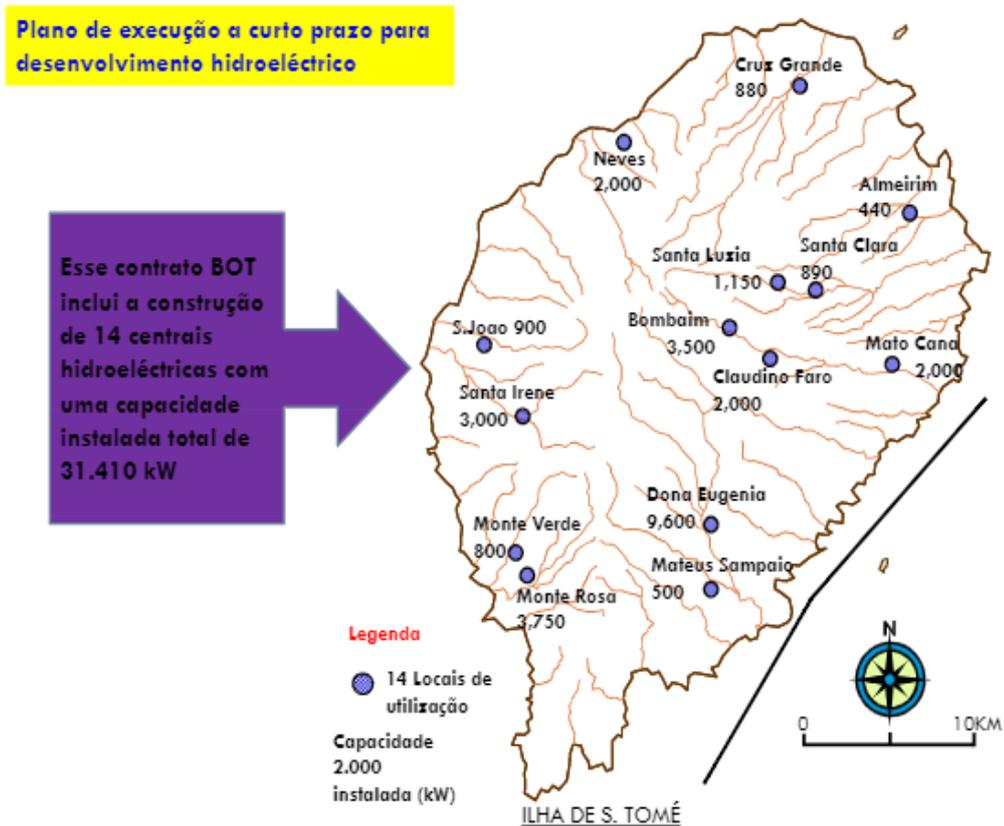
Central	Capacidade instalada	Financiador/Promotor	Estado
Guege (reabilitação)	1 MW	Governo de STP Empresa-STP Urbano	Aguarda a assinatura do CAE
Agostinho Neto (reabilitação)	1,2 MW		
Contador (reabilitação)	2 MW	BM/BEI	Em preparação do lançamento de concurso
Papagaio (reabilitação)	1,09 MW	GEF/PNUD com co-financiamento do BAfD	Concurso para estudo de viabilidade lançado
Santa Luísa	1,15 MW	GEF/PNUD	Estudos de viabilidade técnica e económica em elaboração
Mato Cana	2 MW		
Claudino Faro	2 MW		
Bombaim (reabilitação)	4 MW	BAfD/SEFA	Concurso para construção, operação e transferência (BOT)
Iô Grande	9,6 MW		
Rio Xufe-xufe	0,8 MW		Em preparação do lançamento de concurso
Rio Lembá	3 MW		
Rio Quija	3,75 MW		
Diogo Vaz Micro, Monte Café, outros locais na RAP	5 MW	GEF/ONUDI	Em avaliação/análise

Fonte: ALER, (2020)

O Banco Africano para o Desenvolvimento, incluirá o Rio Iô Grande, ao programa de apoio institucional e à transição energética em São Tomé e Príncipe, considerando o seu atraso, no projeto BAfD/SEFA (Fundo Africano de Energia Sustentável) e que a disponibilidade de financiamento do Fundo Africano para o Desenvolvimento de São Tomé e Príncipe, seria concluído em breve, a ALER ainda menciona que o BAfD deu ao início a preparação deste projeto para aproveitar a verba disponível. Sendo que este projeto tem um propósito que se pretende apoiar os esforços a partir de políticas governamentais para aumento da capacidade de geração de energia renovável (ALER, 2020).

Conforme a Figura 23, pode-se se ver ilustrada futuras propostas para o plano de execução em curto prazo para construção de 14 centrais hidrelétricas, totalizando uma capacidade disponível de 31.410 kW, em São Tomé.

Figura 23 - Plano e projetos de execução em curto prazo de PCHs



Fonte: Ministério das Obras Públicas e de Recursos Naturais, (2017)

4.2.3 Recomendações

Avaliando a necessidade de identificar medidas para a mitigação da crise energética em São Tomé e Príncipe, a partir do potencial hídrico, em benefício da sociedade em geral e na preservação da biodiversidade do país, recomenda-se:

- Criação de diretrizes para projetos de micro, mini e pequenas centrais hidrelétricas, com o propósito de criar normas, instruir e estabelecer planos de ação;
- Existência de estudos para viabilidade econômica e de impacto ambiental durante a implementação de PCHs;

- Existência de estudos e bancos dados sobre a gestão dos recursos hídricos no país;
- Melhoria nas políticas governamentais para o incentivo dos investidores na área de energias renováveis, particularmente as hídricas;
- Existência de leis que responsabilize o Governo na administração do país pela manutenção e reabilitação das centrais produtoras de energias, renováveis e não renováveis;
- Difundir o conhecimento da população acerca das energias renováveis e suas vantagens;
- Existência de um atlas para centrais hidrelétricas e suas respectivas bacias hidrográficas;
- Existência de bancos de dados da precipitação e vazão das bacias hidrográficas.

É importante salientar a importância das micro e minicentrais hidrelétricas, que além do custo benefício para a sua aquisição, é de fácil implementação e manutenção, para acesso da população a energia elétrica que vivem nas áreas mais isoladas do país.

Por último, implementação de novas políticas de transição energética para que o sistema elétrico deixe de sustentado por termoeletricidade e passe por uma transição energética de energias renováveis na sustentabilidade do sistema elétrico do país, sendo substituída gradualmente por centrais hídricas.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pode-se concluir que, diante dos estudos do potencial hídrico em São Tomé e Príncipe, verifica-se uma crescente demanda por energia elétrica, para fins de suprir a crise energética que assola o país. Deste modo, com possíveis incentivos na implementação das pequenas centrais hidrelétricas, tem-se a possibilidade de considerar uma melhoria na geração de energia hídrica, como a reabilitação das centrais hídricas existentes e novos projetos de pequenas e minicentrais hidrelétricas.

As PCHs, vem trazendo grandes benefícios para as comunidades que vivem próximas, como o acesso à energia elétrica, melhoria na economia e maior ofertas de empregos, porém a sua implementação vem sofrendo críticas a décadas, como os alagamentos resultando na destruição da biodiversidade, afetando não só as espécies de animais no local como a sociedade que vive próximo da região e depende do rio para sobrevivência. Além disso, se percebe que o país possui mercado para exploração tanto de PCHs para grandes cidades, quanto para minicentrais hídricas para redes isoladas de energia em locais com maiores distâncias, levando o acesso à energia a todo o território nacional.

Os estudos feitos para o aproveitamento hídrico das bacias hidrográficas, se identificou que nessas bacias, o maior rio do país, o Iô Grande tem um potencial imprescindível para produção de energia, fazendo parte em destaque dos futuros projetos hidrelétricos em curso no país. Consoante a isso vê-se a necessidade de políticas governamentais e cooperações internacionais, com o propósito de traçar planos ou programas com o intuito de explorar esses recursos hídricos.

Todavia, devido a pandemia provocada pelo COVID-19 e a falta disponibilidade dos dados para pesquisa no arquipélago, o trabalho se direcionou para uma revisão mais bibliográfica do que para um estudo de campo.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA BRASIL. **Energia acumulada por Itaipu abastecerá o mundo por 43 dias**. 2020. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2020-02/energia-acumulada-por-itaipu-abastecer-a-o-mundo-por-43-dias>. Acesso em: 26 mar. 2021.

ALER, Associação Lusófona de Energias Renováveis (ed.). **Energias Renováveis e Eficiência Energética em São Tomé e Príncipe**: relatório nacional do ponto de situação. Lisboa: ALER, 2020.

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. **RESOLUÇÃO NORMATIVA N° 673**: Estabelece os requisitos e procedimentos para a obtenção de outorga de autorização para exploração de aproveitamento de potencial hidráulico com características de Pequena Central Hidrelétrica – PCH. Brasília: Brasil, 2015.

BICALHO, Ronaldo. **Os elementos cruciais para a reconstrução do setor elétrico brasileiro**. 2019. Disponível em: <https://www.ilumina.org.br/os-elementos-cruciais-para-a-reconstrucao-do-setor-eletrico-brasileiro-artigo/>. Acesso em: 12 mar. 2021.

BORGES, Fabricio Quadros. **Matrizes Elétricas na Economia Mundial**: um estudo sobre os posicionamentos na Alemanha, Estados Unidos e China. UM ESTUDO SOBRE OS POSICIONAMENTOS NA ALEMANHA, ESTADOS UNIDOS E CHINA. 2013. Disponível em: <https://www.eumed.net/ce/2013/matriz-electrica.html>. Acesso em: 01 mar. 2021.

BORGES, Rafael Rivelto; MEIRA, Renata Leite. Impactos Socioambientais de Pequenas Centrais Hidrelétricas e Estudo de Caso PCH-Queluz-SP e Lavrinhas-SP no Rio Paraíba do Sul. **Cadernos UniFOA**, Volta Redonda, Edição Especial, p. 23-35, ago. 2009.

CBIE, Centro Brasileiro de Infraestrutura. **O Que é Matriz Energética?** 2020. Disponível em: <https://cbie.com.br/artigos/o-que-e-matriz-energetica/>. Acesso em: 01 mar. 2021.

CHEN, Wei-Hsin *et al.* Progress in biomass torrefaction: principles, applications and challenges. **Progress In Energy And Combustion Science**, [S.L.], v. 82, p. 100887, jan. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.peccs.2020.100887>.

CIA, Central Intelligence Agency. **Mapa de São Tomé e Príncipe com as ilhas que compõem este país no Golfo da Guiné**. 2021. Disponível em: <https://www.cia.gov/the-world-factbook/countries/sao-tome-and-principe/map>. Acesso em: 11 mar. 2021.

ENEL GREEN POWER. **Renewable energies**. 2020. Disponível em: <https://www.enelgreenpower.com/learning-hub/renewable-energies/hydroelectric-energy>. Acesso em: 11 fev. 2021.

EPE, Empresa de Pesquisa Energética. **Matriz Energética e Elétrica**. Brasil: 2020. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica#ELETRICA>. Acesso em: 10 de mar. de 2020.

FARRET, Felix Alberto. **Aproveitamento de pequenas fontes de energia elétrica**. Santa Maria: Ed. da UFSM, 2014.

FGV ENERGIA. **Dados - Matriz Energética**. 2020. Disponível em: <https://fgvenergia.fgv.br/dados-matriz-energetica>. Acesso em: 05 mar. 2021.

FLÓREZ, Ramiro Ortiz. **Pequenas centrais hidrelétricas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.

IRENA, International Renewable Energy Agency. **Renewable Energy Technologies: cost analysis series**. Power Sector, 2012.

_____. **The Power to Change: solar and wind cost reduction potential to 2025**. Irena, 2016.

JPG, Consultoria e Participações Ltda. **JGP was selected to conduct the ESIA for the Rehabilitation / Expansion of Contador Hydropower Plant in São Tomé e Príncipe**. 2018. Disponível em: http://www.jgpconsultoria.com.br/en/noticias/not_dec2018_en.php?marcabusca=rio+contador+em+S%E3o+Tom%E9#marcabusca. Acesso em: 13 mar. 2021.

LIMA, Dudene; OLIVEIRA, Rodrigo Proença de. **Caracterização dos recursos hídricos, dos serviços de água de São Tomé e Príncipe, dos cenários de alteração climática e dos seus impactos**. In: SILUSBA – Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Expressão Portuguesa. Porto, 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/321527363_Caracterizacao_dos_recursos_hidricos_dos_servicos_de_agua_de_Sao_Tome_e_Principe_dos_cenarios_de_alteracao_climatica_e_dos_seus_impactos. Acesso em: 4 mar. 2021.

MAZOYER, Marcel; ROUDART, Laurence. **História das agriculturas no mundo: do neolítico à crise contemporânea**. São Paulo: Editora Unesp, 2010. Tradução: Cláudia F. Falluh Balduino Ferreira.

MORPINA, Ministério das Obras Públicas e Recursos Naturais. **Workshop sobre Mecanismo Desenvolvimento Limpo “MDL”**: panorama energético nacional. São Tomé: MORPINA, 2017.

MOURA, Ailson P. de; MOURA, Adriano Aron F. de; ROCHA, Ednardo P. da. **Engenharia de Sistemas de Potência**: geração hidroelétrica e eolioelétrica. Fortaleza: Edições UFC, 2019.

MUNDO, Mapas do. **São Tomé e Príncipe Mapa**. 2014. Disponível em: <https://pt.mapsofworld.com/sao-tome-principe/>. Acesso em: 15 abr. 2021.

NRV. **Central Hidroelétrica do Contador**: levantamento topográfico. 2019. Disponível em: <https://www.norvia.pt/pt/projetos/central-hidroeletrica-do-contador-levantamento-topografico>. Acesso em: 2 abr. 2021.

OLIVEIRA, Aretha Manoella Queiroz; PINHEIRO, José Guilherme Leitão. ENERGIA RENOVÁVEL COM UTILIZAÇÃO DA ENERGIA EÓLICA: tecnologia ambiental e avaliação do crescimento no âmbito global com interface da produção brasileira de energia. **Episteme Transversalis**, Volta Redonda, v. 11, n. 1, p. 242-267, jan. 2020.

PEREIRA, Geraldo Magela. **Projeto de usinas hidrelétricas passo a passo**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

PORTAL SOLAR. **História e origem da Energia Solar**. 2016. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/blog-solar/energia-solar/historia-origem-da-energia-solar.html>. Acesso em: 20 mar. 2021.

_____. **Energia Solar Fotovoltaica: Impactos Ambientais**. 2020. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/energia-solar-fotovoltaica-impactos-ambientais#sub-title-nv3>. Acesso em: 20 mar. 2021.

PNUD, Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. **Promotion of environmentally sustainable and climate-resilient grid/isolated gridbased hydroelectric electricity through an integrated approach in Sao Tome and Principe**. São Tomé, 2016.

PPA, Parceria Portuguesa para a Água. **Diagnóstico de Necessidades e GAPS de Capacidades nas Entidades Gestoras de Serviços de Águas**: São Tomé e Príncipe. Portugal, 2020.

SÃO TOMÉ E PRÍNCIPE. Lei nº 07/2018, de 2 de maio de 2018. São Tomé, 2018.

_____. **Análises das Barreiras e Identificação da Estrutura Favorável para Transferência e Difusão de Tecnologias de Adaptação**. São Tomé, 2020.

SCHERER, Lara Almeida *et al.* Fonte Alternativa de Energia: energia solar. In: XX SEMINÁRIO INTERINSTITUCIONAL DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, 2015, Cruz Alta. **Anais [...]**. Cruz Alta: UNICRUZ, 2015.

SILVA FILHO, Donato da. **Dimensionamento de usinas hidroelétricas através de técnicas de otimização evolutiva**. 2003. 398 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Elétrica, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

SOUSA, Rafaela. **Bioenergia**. 2018. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/bioenergia.htm>. Acesso em: 20 mar. 2021.

SOUTO, Mário. **Quadro de Gestão Ambiental e Social (QGAS): projeto de energia/power sector recovery project**. São Tomé: Ministério das Finanças e da Administração Pública, 2016.

TECNIC. **Projecto dos Aproveitamentos Hidroeléctricos do Iô Grande**. São Tomé: Mini Hydros, 2013.

VEJA. **Biomassa pode prover 20% da energia do mundo sem comprometer alimentação, dizem pesquisadores ingleses**. 2016. Disponível em: <https://veja.abril.com.br/ciencia/biomassa-pode-prover-20-da-energia-do-mundo-sem-comprometer-alimentacao-dizem-pesquisadores-ingleses/>. Acesso em: 26 mar. 2021.

WORLD BANK GROUP. **Global Solar Atlas**. 2021. Disponível em: <https://globalsolaratlas.info/detail?c=6.009459,7.734375,5&s=0.087891,6.591797&m=site>. Acesso em: 20 mar. 2021.

WORLD BANK. **The World Bank In Sao Tome and Principe**. 2020. Disponível em: <https://www.worldbank.org/en/country/saotome/overview>. Acesso em: 20 mar. 2021.