

**ACADEMIA MILITAR DAS AGULHAS
NEGRAS ACADEMIA REAL MILITAR (1810)**

**Victor Hugo Velasque
Cardozo**

**O ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICO, ECONÔMICO E AMBIENTAL DE
MICROCENTRAIS HIDRELÉTRICAS PARA REGIÕES DE PEF**

Orientador: Major QEM Fábio Luis França de Faria

**Resende
2019**

Victor Hugo Velasque Cardozo

**O ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICO, ECONÔMICO E AMBIENTAL DE
MICROCENTRAIS HIDRELÉTRICAS PARA REGIÕES DE PEF**

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Ciências Militares, da Academia Militar das Agulhas Negras (AMAN, RJ), como requisito parcial para obtenção do título de **Bacharel em Ciências Militares**.

Orientador: Major QEM Fábio Luis França de Faria

Resende
2019

Victor Hugo Velasque Cardozo

**O ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICO, ECONÔMICO E AMBIENTAL DE
MICROCENTRAIS HIDRELÉTRICAS PARA REGIÕES DE PEF**

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Ciências Militares, da Academia Militar das Agulhas Negras (AMAN, RJ), como requisito parcial para obtenção do título de **Bacharel em Ciências Militares**.

Aprovado em ____ de _____ de 2019

Banca examinadora:

Fábio Luis França de Faria, Major QEM
(Presidente/orientador)

Avaliador

Avaliador

Resende
2019

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por me proporcionar saúde e proteção todos esses anos.

A minha família por total apoio durante esses anos difíceis na Academia, devo tudo a eles.

Ao Major Faria e Major Rachid por serem exemplos de competência técnico profissional dentro da Engenharia Militar.

RESUMO

O ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICO, ECONÔMICO E AMBIENTAL DE MICROCENTRAIS HIDRELÉTRICAS PARA REGIÕES DE PEF

AUTOR: Victor Hugo Velasque Cardozo
ORIENTADOR: Fábio Luis França de Faria

O Brasil conta com um vasto território de longas fronteiras que necessitam ser vigiadas e monitoradas para salvaguardar a integridade do país. Com isso, o Exército Brasileiro viu a necessidade de criar bases nas fronteiras com um efetivo próximo de uma Companhia, 150 homens, chamados Pelotões Especiais de Fronteira (PEF). Porém o Estado brasileiro não provém de toda infraestrutura necessária para manter um PEF, deixando a população local e os integrantes da base em situação de desconforto e necessidade.

Buscou-se neste trabalho fazer uma varredura do panorama e contexto das microcentrais de hidrelétricas no Brasil pontuando a necessidade e disponibilidade de empresas e material no mercado, com a finalidade de instalar microcentrais hidrelétricas nas bases militares fronteiriças isoladas na região amazônica (PEF), proporcionando energia 24h e maior bem-estar para a família militar, melhorando, também, o rendimento dos militares nas operações.

A partir dessa ideia, o presente trabalho trata sobre fazer um estudo de viabilidade para implementação de uma Microcentral hidrelétrica para regiões de PEF como forma de fornecer melhores condições de vida para a população civil-militar das regiões. Os principais objetivos do trabalho são: demonstrar as formas alternativas de energia (com foco na Microcentral hidrelétrica), apresentar o que é um PEF e analisar a viabilidade da instalação de uma central hidrelétrica nele e comparar dois projetos, um civil e um militar, para demonstrar a dificuldade e o custo que é manter uma base militar na fronteira.

Palavras-chave: Estudo de Viabilidade, MicroCentrais Hidrelétricas (MCH), Pelotão Especial de Fronteira (PEF).

ABSTRACT

THE TECHNICAL, ECONOMIC AND ENVIRONMENTAL VIABILITY STUDY OF HYDROELECTRIC MICROCENTRALS FOR PEF REGIONS

AUTHOR: Victor Hugo Velasque Cardozo

ADVISOR: Fábio Luis França de Faria

Brazil has a vast territory with long borders that need to be monitored and monitored to safeguard the integrity of the country. As a result, the Brazilian Army saw the need to create bases at the borders with a company close to one company, 150 men, called Special Frontier Platoons (PEF). However, the Brazilian State does not provide all the necessary infrastructure to maintain a PEF, leaving the local population and the members of the base in a situation of discomfort and need.

This work sought to scan the panorama and context of micro hydroelectric plants in Brazil by punctuating the need and availability of companies and material in the market, with the purpose of installing hydroelectric power plants in isolated military bases in the Amazon region (PEF), providing 24h energy and greater well-being for the military family, also improving the income of the military in operations.

Based on this idea, the present work deals with making a feasibility study for the implementation of a hydroelectric microcentral for PEF regions as a way of providing better living conditions for the civil-military population of the regions. The main objectives of the work are: to demonstrate alternative forms of energy (with a focus on the hydroelectric plant), to present what is a PEF and to analyze the feasibility of installing a hydroelectric plant in it and to compare two projects, one civil and one military, to demonstrate the difficulty and cost of maintaining a military base on the border.

Keywords: Feasibility Study, Micro Hydropower Plants (MCH), Special Frontier Squad (PEF).

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: PCH Cristina – Rio Lambari – Cristina/MG	8
Figura 2: Microcentral Hidrelétrica e componentes.....	11
Figura 3: Ilustrando a visita do Ministro da defesa no Município de Tiriós (Pará).....	14
Figura 4: Figura 4 Gerador a Diesel.....	26
Figura 5: PEF Tiriós.....	28
Figura 6: Militares brasileiros e militares de Suriname.....	28
Figura 7: Crianças e Militares brasileiros em Tiriós.....	29
Figura 8 – PEF Tiriós.....	29
Figura 9- Local onde será construída a barragem.....	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Classifica PCH em relação à potência e queda de Projeto (Energisa S/A (2014)).....	7
Tabela 2: Microcentral adotada em relação ao rendimento do equipamento (Fonte: Memorial MCH tiriós).....	14
Tabela 3: Dados referentes ao Trafo Elevador de 112, 5KVA.....	16
Tabela 4: Dados referentes ao Trafo Abaixador de 45Kva.....	17
Tabela 5: Dados referentes ao Trafo Abaixador de 15kVA.....	17
Tabela 6: Dados referentes ao Trafo Abaixador- 5kVA.....	18
Tabela 7: Parâmetros referentes a Microcentral adotada.....	30

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
DNAEE	Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica
DNPM	Departamento Nacional de Produção Mineral
LD	Linha de Distribuição
MCH	Micro Central Hidrelétrica
MMCH	Mini Central Hidrelétrica
PEF	Pelotão Especial de Fronteira
PCH	Pequena Central Hidrelétrica
PEF	Pelotão Especial de Fronteira
PRFV	Poliéster reforçado com fibra de vidro

SUMÁRIO

1	Introdução.....	1
1.1	Objetivos.....	2
1.1.1	Objetivo Geral.....	2
1.1.2	Objetivos Específicos.....	2
1.2	Referencial teórico metodológico.....	3
1.2.1	Referencial teórico procedimental.....	4
2	Centrais Hidrelétricas.....	6
2.1	Pequena Central Hidrelétrica.....	6
2.2	Microcentral Hidrelétrica.....	9
2.3	Minicentral Hidrelétrica.....	12
2.4	Estimativa de potência.....	13
2.5	meios de transmissão/equipamentos elétricos.....	15
2.5.1	Sistema de Excitação.....	16
2.5.2	Subestações.....	16
2.5.3	Linha de Distribuição – LD.....	18
2.5.4	Disjuntores de grupo e barramento.....	19
2.5.5	Painéis Elétricos.....	20
2.6	Equipamentos Mecânicos Principais.....	20
2.6.1	Turbinas Hidráulicas.....	20
2.6.2	Válvula Borboleta.....	21
2.6.3	Conduitos Forçados.....	22
2.6.4	Comportas da Tomada d'Água e Desarenador.....	23
2.6.5	Grade da tomada d'Água.....	23
3	Energia Solar.....	23
4	Gerador a Dese.....	24
5	Pelotão Especial de Fronteira de Tiriós-PA.....	27
6	Comparação do Projeto de MCH Roncador e do Projeto MCH Tiriós.....	31
6.1	Microcentral Hidrelétrica Roncador.....	31
6.1.2	Estrutura da Microcentral de Roncador.....	33
6.2	Microcentral Tiriós.....	33
6.2.1	Justificativa do projeto.....	33
6.2.2	Estudos Hidro Energéticos.....	34
6.2.3	Estrutura da MCH Tiriós.....	35

6.2.4 Estimativa de Potência.....	37
6.2.5 Descrição dos prováveis impactos ambientais.....	38
7 CONCLUSÃO.....	39
8 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	40

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, diversas áreas afastadas do meio urbano, no Brasil, demandam energia elétrica, em especial, nas áreas onde não há disponibilidade dela por meio da infraestrutura do governo em especial em regiões de fronteiras (COSTA, 2017). Neste contexto, encontram-se fazendas, pequenas cidades e, militarmente falando, áreas de atuação dos chamados Pelotões Especiais de Fronteira (PEF).

São 24 pelotões especiais de fronteira sob égide do Comando Militar da Amazônia, que são bases avançadas nas regiões mais inóspitas do Brasil. Os militares baseados nos estados de Rondônia, Acre, Amazonas e Roraima atuam no limite com cinco países: Peru, Bolívia, Venezuela, Colômbia e Guiana. Cada pelotão é formado por cerca de 60 homens onde trabalham com diversas missões de reconhecimento de fronteira, proteção e vigia das fronteiras e ações cívicas sociais nas comunidades carentes. Estes militares, em sua maioria, possuem família nestas bases isoladas que, por sua vez, não recebem infraestrutura por parte do Governo para realizarem suas missões (FILHO, 1985).

Inserida nesse contexto, um dos principais problemas estruturais é a falta de autonomia energética em grande parte dos PEF's, pois não há estrutura cabeada que chegue aos limites das fronteiras e também, por conta da distância, haveria muita dissipação da energia elétrica durante o percurso (SANTOS, 2010). Com isso, levanta-se a ideia de realizar um estudo de viabilidade técnica, econômica e ambiental de microcentrais hidrelétricas em regiões de PEF.

Como alternativas de suprimento energético há três tipos de centrais hidrelétricas que podem ser utilizadas para autonomia de regiões isoladas, cada uma com diferentes potencialidades (TOMASQUIM, 2005). Com base neste contexto faz-se necessário um estudo prévio a cerca da viabilidade e distribuição das matrizes energéticas do país (MOTA, 2011). De acordo com Diretrizes para estudos e projetos de Pequenas Centrais Hidrelétricas Eletrobrás, a resolução de Agência Nacional de Energia Elétrica, ANEEL 394, de 04/12/98 estabelece que os aproveitamentos com características de PCH são aqueles que têm potência entre 1 e 30 MW e área inundada até 3,0 km² para cheia centenária. De acordo com Manual de Microcentral hidrelétrica da Eletrobrás, as microcentrais hidrelétricas (MCH) abrangem a faixa de potência até 100kW e de acordo com o manual de minicentrais hidrelétricas (MMCH) estas usinas abrangem a faixa de potência de 100kW até 1000kW. Além delas, há também, geradores e placas solares.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Fazer uma análise de Varredura de área e estudo da Viabilidade técnica, econômico e ambiental a respeito da implementação de Centrais de hidroelétrica na região de PEF

1.1.2 Objetivos específicos

Fazer uma explicação do que é uma central hidrelétrica e avaliar suas variações, mostrar sucintamente outras formas de fornecer energia e comparar uma Microcentral hidrelétrica instalada no meio civil e outra, a partir do estudo de viabilidade, que, após ser revisado e estudado pelo Governo e pelo Exército, possa ser instalada no meio militar.

1.2 REFERENCIAL TEÓRICO – METODOLÓGICO

O estudo a ser realizado analisará a viabilidade de implementação de centrais hidrelétricas (PCH, MCH OU MMCH) (Manual Eletrobrás) e analisará o “projeto Microcentral hidrelétrica em Tiriós-PA” (Abril de 2014) com a finalidade de suprir energeticamente bases militares isoladas.

1.2.1 Referencial Metodológico e Procedimentos

O objetivo geral desta pesquisa é descrever as principais formas de energia alternativa que possam ser utilizadas num PEF, mostrar as vantagens e desvantagens de cada uma delas e, por fim, demonstrar a viabilidade da implementação da MCH.

Para atingi-lo, foram traçados os seguintes objetivos específicos: descrever os tipos de centrais hidrelétricas, geradores e placas solares. Comparar os potenciais energéticos de cada fonte de energia, de forma que se tenha uma base técnica para implementação do equipamento gerador de eletricidade.

O PEF de Tiriós-PA será utilizado como referência de estudo, visto que é uma das bases mais isoladas atualmente, não possui luz elétrica vinte e quatro horas por dia e está localizado próxima fronteira com Suriname.

Referente à instrumentalização da pesquisa, adotamos como procedimento metodológico a análise técnica. Os resultados técnicos do material, acoplado com o estudo do terreno, irá mostrar a viabilidade da fonte de energia elétrica para a região de Tiriós-PA.

A realização da presente pesquisa faz-se importante por visar fornecer alternativas para o funcionamento logístico, e bem-estar social, da população residente do PEF. As conclusões desse trabalho, buscarão demonstrar a necessidade e a viabilidade das MCH para as regiões de PEF, contribuindo para melhor funcionamento das unidades e o bem-estar da família militar.

A presente monografia está assim estruturada:

A primeira parte apresenta a introdução e o referencial teórico-metodológico da pesquisa, no qual são apresentados os objetivos. Também é apresentada a metodologia adotada para realização da pesquisa e as justificativas para a realização do trabalho.

A segunda parte versa sobre informações básicas para se compreender o que é uma central hidrelétrica, as configurações que elas podem ter e suas necessidades. Também são apresentadas informações relativas à composição do terreno, bem como se deve configurar seus afluentes para produção de energia. A elaboração deste capítulo teve como base o manual “Manual de microcentrais hidrelétricas Eletrobrás D.N.A.E.E.” e “Manual de minicentrais hidrelétricas Eletrobrás D.N.A.E.E.”, das Centrais Hidrelétricas Brasileiras S.A – ELETROBRÁS, com o apoio técnico e administrativo da ENGEVIX, Estudos e Projetos de

Engenharia, através do Contrato nº ECE- 409/85 e com a interveniência do Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica – DNAEE, mediante o contrato 37/84 nº do DNAEE, e 184/84, nº da ELETROBRÁS, entre este Órgão e a ELETROBRÁS. Do manual “Diretrizes para Estudos e Projetos de Pequenas Centrais Hidrelétricas”, o qual foi constituído, em fevereiro de 1998, um Grupo de Trabalho, para a Revisão do Manual de Pequenas Centrais Hidrelétricas, composto por técnicos da ELETROBRÁS e de empresas do Setor Elétrico Brasileiro, para efetuar a revisão, segundo as diretrizes do Grupo de Trabalho, a ELETROBRÁS contratou, como força tarefa, a COPPETEC, no âmbito do Contrato ECV939-97. Também foi utilizado o Projeto técnico “Memorial MCH Tiriós” Tenente-Coronel José Carlos de Almeida Queiroz Júnior, Capitão Marcus do Nascimento Rachid e do 2º Tenente Whilison Bentes da Costa.

A terceira parte traz as definições e explicações acerca do emprego e da estrutura de um Pelotão Especial de Fronteira (Tiriós-PA), abordando as missões as quais efetuam, a importância estratégica, a história de criação para que se possa compreender a necessidade de alternativas energéticas para a área. Para confecção deste capítulo, foi utilizado o site do exército.

A quarta parte traz análises comparativas entre os meios de energia alternativa e os projetos de inserção de uma MCH no meio civil e no meio militar, com objetivo de levantar as diferenças e dificuldades de implementação de cada uma delas. As principais fontes utilizadas para elaboração deste capítulo foram o trabalho “Projeto de Implantação da Microcentral Hidrelétrica de Roncador” de Josirene Aparecida Arcie Polli, Gilberto Manoel Alves e Paulo Cicero Fritzen; “Memorial MCH Tiriós” do Tenente-Coronel José Carlos de Almeida Queiroz Júnior, Capitão Marcus do Nascimento Rachid e do 2º Tenente Whilison Bentes da Costa.

A quinta e última parte traz a conclusão do trabalho. São feitas considerações e retirados os ensinamentos em torno da análise dos dados fornecidos pela pesquisa.

2 CENTRAIS HIDRELÉTRICAS

(Segundo Atlas Aneel, cap 3, parte 2) A energia hidrelétrica é gerada pelo aproveitamento do fluxo das águas em usina na qual as obras civis – que envolvem tanto a construção quanto o desvio do rio e a formação do reservatório- são tão ou mais importantes que os equipamentos instalados. As principais variáveis utilizadas na classificação de uma usina hidrelétrica são: altura da queda d'água, vazão, capacidade ou potência instalada, tipo de turbina empregada, localização, tipo de barragem e reservatório. Todos são fatores interdependentes. Assim, a altura da queda d'água e a vazão dependem do local de construção e determinarão qual será a capacidade instalada – que, por sua vez, determina o tipo de turbina, barragem e reservatório. Existem dois tipos de reservatórios: acumulação e fio d'água. Os primeiros, geralmente localizados na cabeceira dos rios, em locais de altas quedas d'água, dado o seu grande porte permitem o acúmulo de grande quantidade de água e funcionam como estoques a serem utilizados em períodos de estiagem. Além disso, como estão localizados a montante das demais hidrelétricas, regulam a vazão da água que irá fluir para elas, de forma a permitir a operação integrada do conjunto de usinas. As unidades a fio d'água geram energia com fluxo de água do rio, ou seja, pela vazão com mínimo ou nenhum acúmulo do recurso hídrico (SILVA, 2013)

2.1 Pequena Central Hidrelétrica

Na primeira edição do Manual (ELETROBRÁS, 1982), uma PCH é quando potência instalada total estivesse compreendida entre 1,0 mW e 10mW, capacidade do conjunto turbina-gerador estivesse compreendida entre 1,0 mW e 5,0 mW. Segundo as Diretrizes para estudos e projetos de Pequenas centrais Hidrelétricas (Aneel, 2000) A altura máxima das estruturas de barramento do rio (barragens, diques, vertedouro, tomada d'água, etc.) não ultrapassem 10 m; a vazão do dimensionamento da tomada d'água fosse igual ou inferior a 20m³/s.

Esse tipo de PCH é empregado quando as vazões de estiagem do rio são iguais ou maiores que a descarga necessária à potência a ser instalada para atender à demanda máxima prevista. Nesse caso, despreza-se o volume do reservatório criado pela barragem. O Sistema

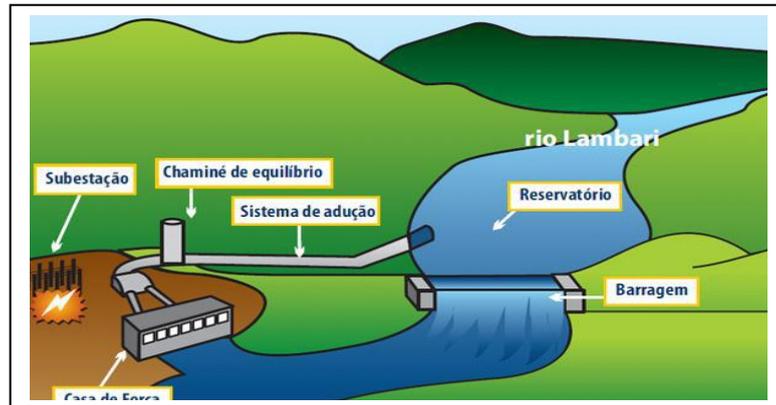
de adução deverá ser projetado para conduzir a descarga necessária para fornecer a potência que atenda à demanda máxima. O aproveitamento energético local será parcial e o vertedouro funcionará na quase totalidade do tempo, extravasando o excesso de água. Esse tipo de PCH apresenta, dentre outras, as seguintes simplificações: dispensa estudos de regularização de vazões; dispensa estudos de sazonalidade da carga elétrica do consumidor; e facilidade os estudos e a concepção da tomada d'água (LOREZON, 2018). No Projeto: não havendo flutuações significativas no NA do reservatório, não é necessário que a tomada d'água seja projetada para atender as depleções do NA; o mesmo modo, quando a adução primária é projetada através de canal aberto, a profundidade do mesmo deverá ser a menor possível pois não haverá a necessidade de atender às depleções; pelo mesmo motivo, no caso de haver necessidade de instalação de chaminé de equilíbrio, a sua altura será mínima, pois o valor da depleção do reservatório, o qual entra no cálculo dessa altura, é desprezível; as barragens serão, normalmente, baixas, pois têm a função apenas desviar a água para o circuito de adução; como as áreas inundadas são pequenas, os valores despendidos com indenizações serão reduzidos.

Tabela 1: Classifica as PCH em relação à potência e queda de Projeto (Energisa S/A (2014))

CLASSIFICAÇÃO DAS CENTRAIS	POTÊNCIA - P (kW)	QUEDA DE PROJETO - Hd (m)		
		BAIXA	MÉDIA	ALTA
MICRO	$P < 100$	$Hd < 15$	$15 < Hd < 50$	$Hd > 50$
MINI	$100 < P < 1000$	$Hd < 20$	$20 < Hd < 100$	$Hd > 100$
PEQUENAS	$1000 < P < 30000$	$Hd < 25$	$25 < Hd < 130$	$Hd > 130$

*Segundo as Diretrizes para estudos e projetos de Pequenas centrais Hidrelétricas (Aneel, 2000)

Figura 1: PCH Cristina – Rio Lambari – Cristina/MG



Fonte: Grupo Energisa S/A (2014)

Segundo as Diretrizes para estudos e projetos de Pequenas centrais Hidrelétricas (ANEEL, 2000), os componentes de uma PCH e suas obras.

Obras:

Barragem
 Vertedouro
 Tomada d'água
 Canal de adução
 Tubulação de adução em baixa pressão
 Câmara de carga
 Chaminé de equilíbrio
 Conduto forçado
 Túnel de adução
 Casa de força
 Canal de fuga

Equipamentos:

Turbinas hidráulicas
 Equipamentos hidromecânicos
 Equipamentos do levantamento
 Geradores
 Transformadores elevadores
 Sistema de proteção
 Sistema de supervisão e controle
 Sistemas auxiliares elétricos
 Subestação
 Interligação gerador-transformador
 Aterramento
 Linha de transmissão
 Sistema de telecomunicações.

2.2 Microcentral Hidrelétrica

Segundo a Eletrobrás e DNAEE (1985), para microcentrais hidrelétricas (MCHs) existem dois arranjos básicos a se considerar: Central Hidrelétrica a Fio D'água e Central Hidrelétrica de Acumulação com regularização diária de reservatório.

Central a fio d'água aquela que não dispõem de uma bacia de acumulação d'água significativa e cuja produção é inconstante, dependendo da oscilação da vazão do rio. A Eletrobrás e DNAEE (1985) esclarecem que o volume do reservatório criado é desprezado e projeta-se todo o sistema de adução para conduzir a descarga necessária à potência que atenda a demanda máxima.

No caso de centrais de acumulação, a Eletrobrás e DNAEE (1985) afirmam que este tipo de central é empregado quando a vazão mínima do rio não é suficiente para atender à descarga necessária à potência para suprir a demanda máxima do mercado consumidor e recorre-se à contribuição de reservatório. As centrais hidrelétricas também podem ser classificadas de acordo com sua potência e a queda de projeto. Válido convir que antes de qualquer implementação é preciso checar a viabilidade estrutural e conduzir de maneiras satisfatórias as burocracias e adversidades sobretudo em área de interesse de conflito de forma a sanar problemas futuros referentes ao Projeto alinhado (JAYAPALANA, 2019).

As principais estruturas a serem estudadas para uma MCH são: Barragens, vertedouro, tomada d'água, sistema de adução (canal de adução e tubulação em baixa pressão), câmara de carga/chaminé de equilíbrio, tubulação forçada, casa de máquinas e canal de fuga. De acordo com o manual de Microcentrais Hidrelétricas, editado pela ELETROBRÁS (1985), os parâmetros necessários para instalação de uma Microcentral hidrelétrica:

- Altura de queda disponível (estimada);
- Potência necessária (kW);
- Extensão aproximada da linha de alimentação;
- Comprimento aproximado da tubulação forçada;
- Comprimento e altura de barragem vertedouro (caso necessário);
- Distância aproximada, para avaliação da influência do custo de transporte no custo de equipamentos.

(Eletrobrás 1985) A composição do arranjo pela associação das diversas estruturas deve levar em consideração alguns dos fatores listados a seguir:

- **Tomada d'água:** a captação da água feita pela tomada d'água será implantada o mais próximo possível da casa de máquinas, diminuindo o trecho de adução para a mesma altura de queda. Sua implantação será feita sobre terreno firme, em posição tal que capte as vazões do curso d'água entre os níveis máximo e mínimo de tal modo que atenda às cargas necessárias.
- **Barragem:** caso seja necessária a construção de uma barragem para garantir a operacionalidade da tomada d'água, deve-se escolher o tipo de barragem levando em consideração os seguintes fatores: Barragem de Terra, Barragem de Alvenaria de Pedra Argamassada, Barragem de Concreto e Barragem de Ambursen.
- **Casa de Máquinas:** Toda energia hidráulica é convertida em energia elétrica na casa de máquinas. As variações de níveis d'água a jusante da casa de máquinas (oscilações entre os níveis máximo e mínimo) condicionam o funcionamento da turbina. Desta forma, a escolha da cota de piso da casa de máquinas deverá ser por um valor suficientemente alto para ficar protegido das vazões de cheia, sem prejudicar, contudo, a altura de queda conveniente ao grupo gerador.

Outro aspecto a ser considerado no posicionamento da casa de máquinas consiste na estrutura do terreno onde será implantada. A natureza deste terreno irá determinar fundações mais robustas em áreas escavadas maiores e até mesmo tratadas estruturalmente. Assim sendo, a escolha inicial afeta fundamentalmente o custo final.

Figura 2: Microcentral Hidrelétrica e componentes



Esta estrutura geradora de energia mostra-se mais adequada para a estrutura de um PEF, pois, mais a frente será melhor abordado, a demanda energética deste é menor do que 100 kW. Além disso, por ser uma estrutura com menor aparato ela se adequa melhor para as condições fisiográficas da área, as quais serão abordadas no tópico sobre Tiriós, bem como facilita o transporte para esses destacamentos fronteiriços.

2.3 Minicentral Hidrelétrica

Os estudos para pesquisas de locais, segundo Manual de Minicentrals Hidrelétricas Eletrobrás 1985, propícios ao aproveitamento hidrelétrico visam a localização e a coleta de dados básicos, feitos no campo, e são constituídos das seguintes principais atividades.

Trabalho iniciais, deverá ser feito o trabalho de planejamento e organização de rotina para a realização dos estudos. Coleta de dados, no caso em que o local do aproveitamento não tenha sido ainda determinado, um estudo de pesquisa na área de interesse deve ser elaborado e, para isso, recomenda-se um levantamento em órgãos ou empresas, como DNAEE, Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), Portobrás, Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER), Ministério da Agricultura, órgãos dos governos estaduais, prefeituras, Serviço Geográfico do Exército e outros, do máximo de dados existentes sobre a bacia a ser estudada, tais como:

- Mapas diversos: cartográficos, divisão territorial, rodoviários, ferroviários e outros;
- Perfis dos rios, já disponíveis;
- Sistema energético existente na região;
- Dados hidrométricos observados e estudos hidrológicos já realizados, além do histórico e fichas descritivas de estações fluviométricas e climatológicas;
- Dados topográficos;
- Dados geológico-geotécnicos

Após analisar os dados técnicos obtidos, citados acima, será traçado o perfil dos rios, localização de possíveis quedas naturais, identificação das limitações para formação dos reservatórios em diversas áreas como: terras e benfeitorias urbanas e rurais, áreas sob reserva federal etc.

As centrais hidrelétricas tem a mesma definição, como já fora citado em tópicos anteriores, e o que diferencia cada uma delas é a potência que cada uma gera e a estrutura de material que cada uma necessita, assim como o curso d'água/barragem que cada uma precisa (ou não, no caso das microcentrais) para gerar a energia necessária para as instalações que conectadas aos meios de transmissão, como: disjuntores de grupo e barramento, linhas de distribuição, subestações, sistemas de excitação, geradores elétricos.

Por fim, cabe ao engenheiro e sua equipe fazer o estudo do terreno e da hidrografia do local para definir qual melhor central hidrelétrica junto com o estudo de viabilidade ambiental e econômica para a área.

2.4 Estimativa da Potência

Segundo Memorial MCH Tiriós, TC Almeida;

A potência disponível nos bornes do gerador neste aproveitamento hidrelétrico é dada por:

$$P = K \times Q \times H \text{ [kW]}$$

Para o cálculo da potência instalada, deve ser considerado o rendimento do sistema de adução, turbina, transmissão e gerador, em que K pode ser expresso em:

$$K = 9,81 \times \rho \times \mu_t \times \mu_{tr} \times \mu_g$$

onde:

μ_t = rendimento da turbina

μ_{tr} = rendimento da transmissão

μ_g = rendimento do gerador

ρ = densidade da água (1.000 kg/m³)

No caso do presente estudo por tratar-se de uma Microcentral ($P \leq 100$ kW), adotar-se-á para K um valor de 6,00 mostrado no texto na tabela 2 abaixo que está condizente com os rendimentos dos equipamentos a serem utilizados. Os padrões adotados são tirados como modelo o existe no Município de Tiriós (Pará) como ilustrado na Figura 2 em um registro da visita do Ministro da defesa no mesmo Município. Desta forma, na utilização das vazões de projeto de 280 litros/s e 440 litros/s, a potência dos geradores, com um F.P.=0,80 será:

Tabela 2: Microcentral adotada em relação ao rendimento do equipamento (Fonte: Memorial MCH tiriós)

H (m)	Q(m ³ /s)	S(kVA)	S(kVA) adotado
28	0,28	58,8	60
28	0,44	92,4	100

Figura 3: Ilustrando a visita do Ministro da defesa no Município de Tiriós (Pará)



ministro da Defesa, Aldo Rebelo, visitou a localidade de Tiriós, No Pará

Fonte: google acesso a palavra Ministro da defesa no Município de Tiriós (Pará)

2.5 Meios de Transmissão/ Equipamentos Elétricos

No estudo de terreno feito em Tiriós (MEMORIAL MCH, TC Almeida), optou-se por gerador síncrono trifásico, tipo industrial, grau de proteção IP21, classe de isolamento B (130° C), com alta capacidade de arranque de motores elétricos, que funcionem em qualquer sentido de rotação (bidirecional), com 2 (dois) mancais, auto excitado e autorregulado por sistema compensador baseado em enrolamento de excitação, com transformador de corrente e ponte retificadora. Carcaça de chapas de aço laminado, soldada e com tratamento anticorrosivo. Circuito eletromagnético constituído por discos estampados em chapa laminada de aço silício ou aço baixo carbono tratado, e fios eletromagnéticos de classe H (180° C). Fabricado conforme prescrições das normas ABNT, IEC e NEMA, com as seguintes características:

1. Gerador síncrono do grupo nº 1:

- a. Potência nominal: 100 kVA
- b. Rotação nominal: 1.800 rpm
- c. Frequência: 60 Hz
- d. Tensão nominal: 127/220 V ou 220/380 V (disponível nos terminais)
- e. Fator de potência: 0,8
- f. Regime de serviço: S1
- g. Grau de proteção: IP 21
- h. Forma construtiva: mancal duplo
- i. Ambiente: 40
°C – 1.000 m

7.1.2. Gerador síncrono do grupo nº 2:

- a. Potência nominal: 60 kVA
- b. Rotação nominal: 1.800 rpm
- c. Frequência: 60 Hz
- d. Tensão nominal: 127/220 V ou 220/380 V (disponível nos terminais)
- e. Fator de potência: 0,8
- f. Regime de serviço: S1
- g. Grau de proteção: IP 21
- h. Forma construtiva: mancal duplo
- i. Ambiente: 40

°C – 1.000 m

2.5.1 Sistema de Excitação

Os geradores descritos no item anterior deverão ser providos de sistema de auto excitação, em que a energia de excitação, em fase com o principal, passa pelo secundário do transformador de corrente e por ponte retificadora, de forma a alimentar as escovas do campo. A corrente de carga gerada no principal, passa pelo primário do transformador e libera excitação para manter a tensão de saída constante, com tolerância de $\pm 8 \%$ (variação de tensão). Poderá haver um reostato para ajuste.

2.5.2 Subestações

As subestações serão do tipo aéreas com transformador instalado em poste de poliéster reforçado com fibra de vidro (PRFV), protegidas por para-raios e chaves elo-fusíveis, conforme as normas técnicas da ABNT, e detalhadas por ocasião da elaboração do projeto básico. Os transformadores deverão apresentar as seguintes características técnicas principais:

1. Trafo Elevador – 112,5 kVA:

Tabela 3: Dados referentes ao Trafo Elevador de 112, 5KVA

Quantidade	1
Nível de Isolamento (kV)	15
Potência (kVA)	112,5
Número de Fases	3 - trifásico
Frequência (Hz)	60
Tensão Primária (V)	220
Tensão Secundária (V)	13800
Ligação Primária (3 buchas)	Delta
Ligação Secundária (4 buchas)	Estrela - neutro aterrado
Grupo de Ligação	DA 30°
Acessórios	ABNT - EB91
Tipo de Transformador	Líquido isolante (130°C)

Impedância a 75°C	3,50%
Local de Instalação	Exterior

2. Trafo Abaixador – 45 kVA:

Tabela 4: Dados referentes ao Trafo Abaixador de 45kVA

Quantidade	1
Nível de Isolamento (kV)	15
Potência (kVA)	45
Número de Fases	3 - trifásico
Frequência (Hz)	60
Tensão Primária (V)	13.800
Tensão Secundária (V)	220/127
Ligação Primária	Delta
Ligação Secundária	Estrela - neutro aterrado
Grupo de Ligação	DA 30°
Acessórios	ABNT - EB91
Tipo de Transformador	Líquido isolante (130°C)
Impedância a 75°C	3,50%
Local de Instalação	Exterior

3. Trafo Abaixador – 15 kVA:

Tabela 5: Dados referentes ao Trafo Abaixador de 15kVA

Quantidade	1
Nível de Isolamento (kV)	15
Potência (kVA)	15
Número de Fases	3 - trifásico
Frequência (Hz)	60
Tensão Primária (V)	13.800
Tensão Secundária (V)	220/127

Ligação Primária	Delta
Ligação Secundária	Estrela - neutro aterrado
Grupo de Ligação	DA 30°
Acessórios	ABNT - EB91
Tipo de Transformador	Líquido isolante (130°C)
Impedância a 75°C	3,50%
Local de Instalação	Exterior

4. Trafo Abaixador – 5 kVA:

Tabela 6: Dados referentes ao Trafo Abaixador- 5kVA

Quantidade	1
Nível de Isolamento (kV)	15
Potência (kVA)	5
Número de Fases	1 - monofásico
Frequência (Hz)	60
Tensão Primária (V)	$13800/\sqrt{3}$
Tensão Secundária (V)	220/110
Ligação Primária	MRT
Ligação Secundária	220/110
Acessórios	ABNT - EB91
Tipo de Transformador	Líquido isolante (130°C)
Impedância a 75°C	3,50%
Local de Instalação	Exterior

2.5.3 Linha de Distribuição - LD

Para a tensão de transmissão da rede elétrica será adotada a tensão de transmissão de 13,8 kV, em linha trifásica, em postes de PRFV (POLIÉSTER REFORÇADO COM FIBRA DE VIDRO), no trecho compreendido da MCH ao PEF, com cruzetas de PRFV de 2.400 mm de comprimento com seção de 90 x 115 mm, e de madeira tratada de 5.000 mm de comprimento com seção de 90 x 115 mm. Com vão médio de 80 m e estruturas tipo N1, N2, N3, N4, HT, U1, U2, U3 e U4 conforme norma ABNT NBR 5433.

O comprimento da linha de transmissão da MCH até a subestação de PEF é estimada em 15 km, e do PEF a Comunidade Missão Nova em 3 km. Também serão construídas linhas de distribuição do tipo Monofilar com Retorno pela Terra (MRT), para suprir as demais comunidades existentes, com Subestações de 5 kVA, conforme levantamento e projeto específico.

Será utilizado cabo de alumínio 4 AWG, com alma de aço - modelo CAA. O projeto da LT será executado por ocasião da elaboração do projeto básico. Destacamos que a utilização de postes de “fibra de vidro” (PRFV) é a melhor alternativa, pois devido ao peso médio do poste a ser utilizado (120 kg), que facilita o transporte por aeronaves, como, também a montagem da linha.

2.5.4 Disjuntores de grupo e barramento

Os geradores deverão serem protegidos por um disjuntor trifásico do tipo termomagnético, dotado de relé de proteção ajustável, com ajuste térmico e ajuste magnético, com as seguintes características técnicas:

1. Conjunto Gerador n°1:

- a. tensão nominal: 600 V
- b. corrente nominal: 250 A
- c. frequência: 60 Hz
- d. capacidade de interrupção: 42 a 65 kA em 240 Vca
- e. faixa de ajuste térmico: 3 a 5 x In

2. Conjunto Gerador n°2:

- a. tensão nominal: 600 V
- b. corrente nominal: 160 A
- c. frequência: 60 Hz
- d. capacidade de interrupção: 42 a 65 kA em 240 Vca
- e. faixa de ajuste térmico: 3 a 5 x In

7.5.3. O painel de disjuntores será provido do barramento principal das unidades geradoras, com as seguintes características:

- a. tensão nominal: 600 V
- b. Icc (térmico): 5,0 kA
- c. material: barra de cobre eletrolítico
- d. temperatura ambiente: 40 °C

2.5.5 Painéis elétricos

Os instrumentos do comando, controle e proteção do gerador necessários para operação será montado em painel de chapas de aço bitola 14, grau de proteção IP 55, proteção contra pó e respingos de água, próprio para instalação abrigada, auto-sustentável, pintura e acabamento na cor cinza claro RAL 7032, nas dimensões sugeridas de 1000 x 600 x 250 mm (altura x largura x profundidade). Os instrumentos básicos do comando, controle e proteção serão os seguintes, conforme diagrama de proteção:

- a. voltímetro: 03 unidades
- b. amperímetro: 03 unidades
- c. frequencímetro: 01 unidades
- d. TC com relação compatível: 03 unidades
- e. disjuntor: 01 unidades
- f. fusíveis tipo D de 6 A: 03 unidades

2.6 Equipamentos Mecânicos Principais

2.6.1 Turbinas Hidráulicas

Neste estudo preliminar em Tiriós (MEMORIAL MCH, TC Almeida), em função da disponibilidade de mercado, optou-se por uma turbina hidráulica do tipo MICHELL-BANKI ou INDALMA®, porém, não está descartado a utilização de outro tipo de turbina, do tipo a reação, desde que o equipamento seja robusto e de fácil manutenção. No fornecimento das turbinas hidráulicas deverá ser incluso os seguintes componentes:

- a. volante de inércia ou sistema equivalente;
- b. regulador automático de velocidade ou sistema equivalente;
- c. conjunto de polias ou sistema equivalente;
- d. base metálica para o gerador;
- e. correia de acionamento do gerador;
- f. termômetros para os mancais da turbina;
- g. dispositivo de sobre velocidade ou sistema equivalente.

As características principais das turbinas propostas são:

Conjunto Gerador n°1:

- a. Potência no eixo: 100 kVA (80 kW)
- b. Altura de queda líquida: 27,3 m
- c. Vazão nominal: 0,44 m³/s
- d. Tempo de fechamento: 2 a 4 segundos

Conjunto Gerador n°2:

- a. Potência no eixo: 60 kVA (48 kW)
- b. Altura de queda líquida: 27,2 m
- c. Vazão nominal: 0,28 m³/s
- d. Tempo de fechamento: 2 a 4 segundos

2.6.2 Válvula Borboleta

Devido à ligação operacional da válvula borboleta com a turbina hidráulica, o seu dimensionamento e detalhamento ficarão a cargo do fabricante da turbina, com diâmetro compatível com a tubulação de transição da turbina para os condutos forçados, com possibilidade de operação manual e automática, na possibilidade de se implantar um sistema automatizado no futuro. Deverão ser sugeridos modelos por ocasião da elaboração do termo de referência para contratação do objeto.

2.6.3 Condutos Forçados

As duas linhas de conduto forçado, com comprimento estimado em 135 m, serão constituídas de segmentos flangeados com comprimento unitário de 3,00 m, construídos em aço carbono com costura ASTM-A-53, possuindo 550 mm de diâmetro interno, para primeira linha, e a segunda linha com 450 mm de diâmetro, ambas confeccionadas em chapa de ¼” (6,35 mm) de espessura.

A dimensão aqui apresentada deve-se ao fato de facilitar o transporte da tubulação por meio de aeronaves, e ao local do aproveitamento, visto que cada tubo pesará em média 260 kg, para a tubulação de maior diâmetro, e 212 kg para a de diâmetro menor. Deverá ser previsto na instalação na tomada d'água, na parte embutida no concreto, um anel metálico, soldado diretamente no conduto, para conter a água de percolação e também para a ancoragem do referido conduto.

Os condutos serão apoiados em blocos de apoio de concreto ciclópico espaçados conforme planta anexa, podendo variar conforme os desníveis do terreno, com largura de 0,80 x 0,80m e comprimento de 0,80m. Na área de contato concreto/conduto deverá ser utilizado chapa de aço para permitir pequenos deslocamentos do conduto, proveniente de mudanças de temperatura. Observamos aqui um superdimensionamento da estrutura de apoio, mas que não acarreta oneração nos custos, e aliado ao fato da necessidade de robustez neste tipo de obra.

Na entrada da casa de máquinas deverá haver uma curva de concordância para o acoplamento com a turbina e será construído um bloco de ancoragem de concreto para absorver os esforços resultantes. Nos trechos entre os dois blocos de ancoragem será instalada uma junta de dilatação. As superfícies do conduto forçado deverão receber tratamento anticorrosivo e pintura a base de epóxi - alcatrão de hulha numa espessura mínima de 0,4 mm.

2.6.4 Comportas da Tomada d'Água e Desarenador

As comportas da tomada d'água e do desarenador serão construídas em aço. O acionamento será manual. As guias das comportas e vedação serão de cantoneiras de aço, embutidas no concreto. Todas as superfícies metálicas deverão receber tratamento anticorrosivo através de pintura à base de tinta epoxi e alcatrão de hulha. A comporta da tomada d'água terá dimensões de 0,60 x 0,60 m (largura x altura) e a do desarenador terá dimensões de 0,30 x 0,30 m (largura x altura).

2.6.5 Grade da Tomada d'Água

A grade da tomada d'água a ser instalada para que seja evitada a passagem de detritos que possam danificar os grupos geradores. Esta grade será fabricada em aço soldado, com barras chatas verticais de seção de 3/8" x 1 1/2 ". A grade será montada lateralmente, com inclinação entre 70° e 80°. E espaçamento entre barras de 30 mm.

3 Energia Solar

A energia solar fotovoltaica é obtida através da conversão da radiação solar em eletricidade por intermédio de materiais semicondutores. Esse fenômeno é conhecido como Efeito Fotovoltaico. A energia fotovoltaica possui apenas células solares, responsáveis pela geração de energia, e de um conversor CC-CA para estabelecer a tensão e frequência para os valores nominais dos aparelhos. Este processo é mais simples, sem emissão de gases poluentes ou ruídos e com uma necessidade mínima de manutenção.

Quanto às vantagens, a energia solar fotovoltaica apresenta diversas. Trata-se de uma energia limpa, pois não gera nenhum tipo de poluição. A vida útil dos módulos é superior a 25 anos, requerendo mínima manutenção. A instalação é simples e não há consumo algum de combustível. A principal: não há conta de luz, afinal, o Sol nasce para todos, e de graça.

As vantagens fundamentais são:

- Não consome combustível;
- Não produz poluição nem contaminação ambiental;
- É silencioso;
- Tem uma vida útil superior a 25 anos;
- É resistente a condições climáticas extremas (granizo, vento, temperatura e umidade);

- Não possui peças móveis e, portanto, exige pouca manutenção (só a limpeza do painel);
- Permite aumentar a potência instalada através de incorporação de módulos adicionais;
- Gera energia mesmo em dias nublados.

As principais desvantagens:

- As células fotovoltaicas necessitam de tecnologia sofisticada para a sua fabricação;
- O custo de investimento é elevado;
- O rendimento real de conversão de um módulo é reduzido, face ao custo de investimento;
- Seu rendimento é atrelado ao índice de radiação, temperatura, quantidade de nuvens, dentre outros.

4- Gerador a Diesel

O combustível diesel tem a característica marcante de queimar a uma temperatura bem mais elevada que os outros, por isso é mais eficiente e garante maior potencial ao gerador. Seus únicos pontos fracos são o barulho que faz e alguma poluição, se não tiver manutenção regular. Por este modo, sempre faça manutenções no seu aparelho.

Os geradores funcionam com um motor a combustão (gasolina ou diesel) e possuem um alternador, que irá transformar a energia mecânica, ou seja, da rotação do motor, em energia elétrica.

Para o dimensionamento correto do grupo gerador, algumas perguntas devem ser respondidas antecipadamente, tais como:

a) Qual o tipo de carga? (Iluminação, motores de indução, fornos, canteiro de obras, retificadores de corrente, equipamentos de telecomunicações)

b) Qual o local de serviço? (mar, terra, ambientes com atmosfera explosiva ?)

c) Quais as características do local? (Temperatura ambiente dominante, altitude, nível de contaminação do ar por partículas sólidas?)

d) Qual o regime de operação? (o grupo gerador é a única fonte de energia elétrica? É reserva da rede local ou de outro grupo gerador? Quantas horas de operação por dia?)

e) Quanto tempo os consumidores podem ficar desligados?

f) Quais os riscos envolvidos no caso de uma interrupção do fornecimento de energia por defeito no equipamento?

Uma vez definida as necessidades, é o momento de calcular a potência do grupo gerador. O cálculo de consumo de gerador a diesel é baseado na potência e carga utilizada durante o funcionamento. Cada potência de gerador consome uma quantidade de combustível por hora de trabalho. Para efeito de comparação, é como calcular o consumo de um carro de motor 1.0 com um de motor 2.0. Para escolher a potência é necessário analisar para o que será destinado o gerador de energia, pois uma loja normalmente consome bem menos energia do que uma indústria, por exemplo:

Existem diversas potências de geradores a diesel disponíveis no mercado. Um gerador em carga máxima com potência de 25 kVA consome em média 8 litros por hora. Se o tanque tiver capacidade para 50 litros de combustível, o gerador pode trabalhar fornecendo energia por aproximadamente 8 horas sem interrupção. Um modelo com potência 170 kVA consome aproximadamente 40 litros de diesel por hora, e poderá trabalhar até 6 horas seguidas com um tanque de 290 litros. A Figura 4 ilustra bem o aspecto desses geradores.

Nota-se que cada potência consome uma diferente quantidade de litro de combustível por hora de funcionamento. Portanto, é sempre recomendável consultar os dados de consumo com o fabricante do equipamento.

Figura 4 Gerador a Diesel.



Fonte: tiveageradores.com.br

5 Pelotão Especial de Fronteira de Tiriós-PA

Segundo o site do Exército Brasileiro, O 1º Pelotão Especial de Fronteira (1º PEF) é um exemplo do amálgama que o Exército Brasileiro cultua desde Guararapes, quando brasileiros de diferentes etnias se uniram em prol da Nação. Nossos brasileiros de etnia indígena atuam lado a lado com a Força Terrestre, na defesa da Pátria, missão constitucional do Exército e fundamental para manter a soberania do Brasil. Conhecedores da selva, converteram-se no combatente ideal para uma região com as peculiaridades da Amazônia, com uma extensa fronteira externa e dificuldades logísticas exacerbadas.

Atualmente, são 12 militares da etnia Tiriós no 1º PEF, organização militar localizada no Parque do Tumucumaque, sem acesso por rios ou estradas. A área abriga cerca de dois mil índios e 50 militares do Exército Brasileiro e da Força Aérea Brasileira (FAB). Tiriós está a cerca de 10 km da fronteira com o Suriname (com quem faz divisa), dista 594 km de Macapá (AP) e 940 km de Belém (PA). Seus moradores têm como dialeto o Tiryio e vivem do plantio, colheita, pesca e caça.

A região encontra-se em uma área de segurança nacional e está isolada do restante do Brasil, sendo que a única opção de ligação é feita pelo modal aéreo. O PEF de Tiriós localiza-se na região norte do Estado do Pará, próximo da fronteira com o Suriname. A instalação da tropa, nessa posição estratégica, iniciou-se em 1985. Está em andamento a construção de diversas instalações, porém o acesso à energia elétrica é fundamental para que o pelotão possa instalar e operar todas as suas capacidades. Esta faixa de fronteira está sob jurisdição da Terra Indígena Parque do Tumucumaque, sendo que há áreas pertencentes à Força Aérea Brasileira e ao Exército Brasileiro. No caso do empreendimento, será construído na Terra Indígena e a autorização da Comunidade dos Tiryios foi obtida por meio de consulta realizada em 8 de maio de 2014. Estão sendo feitas as tratativas necessárias com a FUNAI para viabilizar o empreendimento (MEMORIAL MCH). Pode-se viazualizar a área referida como ilustrado na Figura 5 abaixo. Em seguida, na figura 6 ilustra-se o grupamento do exército na região de fronteira com o Suriname. Na Figura 7 viu-se militares com grupos indígenas e na Figura 8 uma imagem panorâmica da região de Tirós.

Figura 5 – PEF Tiriós



Fonte: eb.mil.br

Figura 6 - Militares brasileiros e militares de Suriname.



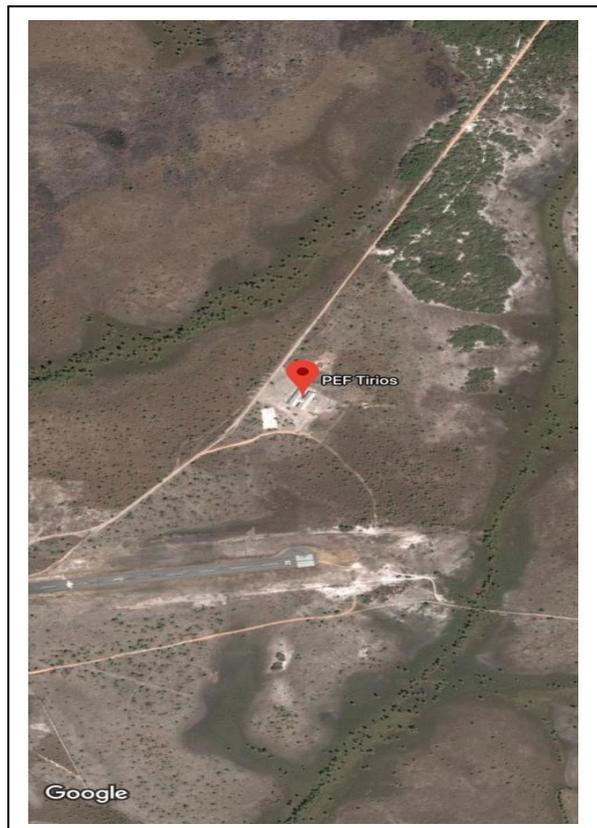
Fonte: eb.mil.br

Figura 7 – Crianças e Militares brasileiros em Tiriós



Fonte: eb.mil.br

Figura 8 – PEF Tiriós



Fonte: Google Maps

Segundo o site do Exército Brasileiro, O Marechal Cândido Mariano Rondon, Patrono da Arma de Comunicações, é descendente das etnias Bororó, Terena e Guará. Como desbravador da fronteira oeste brasileira e da Amazônia, no final da década de 1920, em viagem de inspeção, estabeleceu o primeiro contato com os índios Tiriós. Dez anos depois, a Comissão Brasileira Demarcadora de Limites, chefiada por Brás Dias de Aguiar, encontrou os índios Tiriós nas margens do Rio Paru do Oeste.

A partir da segunda metade da década de 1940, começou uma série de contatos com garimpeiros e mineradores. De 1959 a 1969, iniciou-se a chamada “fase missionária”, com a implantação do trinômio FAB-Missão-Índio, que aumentou o contato com os índios, principalmente com a assistência provida pela FAB.

Em 1985, uma expedição composta de um grupo de militares do 2º Batalhão de Infantaria de Selva (2º BIS) recebeu a missão de ir à fronteira do Brasil com o Suriname, na região próxima da aldeia dos Tiriós, tendo, então, implantado um destacamento. Em 2002, iniciou-se a construção das instalações do Pelotão Especial de Fronteira e, no ano seguinte, sua ocupação propriamente dita, nascendo o 1º PEF.

Na Comunidade Indígena Missão Nova, a atividade missionária junto aos índios prossegue, tendo, ainda entre eles, a presença do Frei Paulo, que atua na área desde abril de 1969, antes da criação do 1º PEF. Para ele a situação por lá melhorou bastante com a chegada do Exército. “Eu sou testemunha de coisas negativas que vieram de fora, a gente pensava que era invasão. Eram coisas que a gente não podia resolver. E quando chegou o Exército, as coisas melhoraram”, explicou. Ele se refere à vinda de drogas pela fronteira e de garimpeiros, sem que pudessem impedir. Ele explica ainda que, “depois que o Exército fez as primeiras prisões de garimpeiros, as coisas se modificaram”.

6 Comparação do Projeto de MCH Roncador e do Projeto MCH Tiriós

Neste tópico será abordado dois trabalhos de análise técnica, o primeiro da Microcentral hidrelétrica de Roncador em Bocaíuva do Sul, Leste do Estado do Paraná e o segundo, principal motivo do trabalho apresentado, o Memorial MCH do PEF de Tiriós-PA. Ambos abordam as especificidades técnicas da central hidrelétrica, porém a principal diferença entre os dois é a logística, pois, por exemplo, Tiriós fica a 925 KM da capital do Estado do Pará, enquanto Bocaíuva do Sul fica a 50 KM da capital do Paraná.

Tiriós fica na Fronteira com Suriname em meio a Floresta Amazônica, não há como comparar os meios empregados para instalação das MCH em cada local e muito menos o nível de investimento que se deve aplicar. O PEF recebe suprimento aéreo com apoio da FAB.

6.1 Microcentral Hidrelétrica Roncador

Segundo Josirene Aparecida Arcie Polli, Gilberto Manoel Alves e Paulo Cicero Fritzen, A Central Hidrelétrica Roncador localiza-se no município de Bocaíuva do Sul, ao Leste do Estado do Paraná, distante 44,6 km de Curitiba. De acordo com o Instituto das Águas do Paraná, o início de operação da usina de Roncador ocorreu em 1953, composto de dois geradores, sendo um de 200 kW e outro de 30 kW, ambos utilizando a turbina do tipo Francis. A usina de roncador é classificada como microcentral hidrelétrica à fio d'água, de acordo com as especificações da Eletrobrás e DNAEE (1985), apresentando uma queda bruta (Hb) de 14,8 m, com uma vazão máxima medida de 2,08 m³/s. Sua funcionalidade ocorre de acordo com as Normas técnicas e registros de boas práticas segundo a normas vigilantes de Usinas Hidrelétricas (KAHSANANA, 2019; MARGARETA, 2011

6.1.2 Estrutura da Microcentral de Roncador

- Barragem

A barragem deve elevar o nível das águas do rio, permitindo o afogamento da tomada de água.

A barragem da MCH Roncador é do tipo muro-gravidade e de concreto, com base de pedras argamassadas. Apresenta-se em boas condições de uso e tem as seguintes dimensões: Altura: 2,57 m; Largura: 58 m; Crista: 0,55 m.

- Vertedouro

O vertedouro existente na MCH é incorporado pela barragem, a estrutura tem um comprimento de 7,08 m, crista de 0,54 m e altura da lâmina d'água medida de 0,47 m, em condições de uso.

- Tomada D'água

Na MCH Roncador a tomada d'água está ligada diretamente a tubulação forçada, não há nesta MCH tubulação de adução em baixa pressão. A estrutura encontra-se em condições de utilização e suas dimensões são 1,2 m de largura e 3,5 m de altura.

- Tubulação Forçada

O conduto forçado é a estrutura que conduz a água à casa de máquinas, pode estar ligado a chaminé de equilíbrio ou câmara de carga, ou conectado diretamente à tomada d'água. No caso da MCH Roncador, a tubulação forçada conecta diretamente a tomada d'água à casa de máquinas, tendo em um ponto determinado uma chaminé de equilíbrio.

O dimensionamento do sistema do conduto forçado depende do número de turbinas, vazão turbinada e do comprimento da tubulação (BALARIM, 1996). A estrutura existente está muito danificada e deve ser totalmente refeita. As dimensões da estrutura atual são 0,70 m de diâmetro e 225 m de comprimento.

- Casa de Máquinas

A instalação existente possui aproximadamente 75 m², mas encontra-se totalmente degradada, sendo necessária a revitalização na sua totalidade. Atualmente não há na MCH nenhum tipo de equipamento dentro da casa de força. O estudo de implantação prevê a instalação de quatro tipos de turbinas diferentes e seus respectivos geradores. As turbinas escolhidas para o estudo foram: Banki, Pelton, Francis e Hélice.

- Canal de Fuga

O canal de fuga é a estrutura que faz recondução da água ao rio, após a passagem pela turbina (ELETROBRÁS e DNAEE, 1985). As estruturas do canal de fuga deverão ser totalmente reconstruídas, um canal de fuga para cada turbina instalada na casa de máquinas.

6.2 Microcentral Hidrelétrica Tiriós

Segundo Memorial Tiriós, foram dimensionados dois grupos geradores, sendo um de 100 kVA e outro de 60 kVA, de forma a atender nos períodos de chuvas e estiagem, respectivamente, podendo, também, admitir a hipótese de operação em paralelo dos geradores em situação futura. No desenvolvimento deste trabalho foram dimensionados os principais componentes desta nova alternativa, de forma a balizar a contratação e execução por administração direta de parte do objeto.

6.2.1 Justificativa do projeto

Acesso à energia elétrica estável, perene e segura. A implementação do 1º PEF/2º BIS iniciou-se em 1985. A primeira previsão de se concluir o Projeto de Implantação do PEF foi estimada para o ano de 1998. Atualmente, o fornecimento de energia elétrica é feito por grupo-gerador, causando dependência de apoio aéreo para o transporte do combustível. Dessa forma, energia estável, perene e segura é o principal empecilho para que o pelotão possa tornar-se autônomo.

Dignidade aos militares e à população local. A localidade de Tiriós-PA situa-se na Terra Indígena Parque do Tumucumaque, no Norte do Pará, e dista 8 km da fronteira com o SURINAME. As comunidades a serem contempladas com o excedente de energia totalizam 198 habitações, além de um Posto de Saúde e de uma Escola de Ensino Fundamental. O acesso à energia elétrica é tido como um bem fundamental ao ser humano, visto que pode servir para conservar alimentos, melhorar o estado sanitário da localidade e possibilitar a instalação de equipamentos que facilitem a educação e o acesso à informação.

Economicidade do empreendimento. O custo estimado da MCH de Tiriós é de 6 milhões de reais, sendo que 2 milhões de reais serão destinados à contratação de horas de voo em aeronave de carga civil, que complementarão as horas de voo em aeronaves militares. Assim, o custo real da obra será de, aproximadamente, 4 milhões de reais. O estudo da

estimativa de custo e viabilidade das ações é de suma importância para a implementação do projeto (FILHO, 2017)

O custo atual da energia consumida no 1º PEF pode ser medido, empiricamente, por meio do somatório do custo do combustível e pelo custo da logística em levar o combustível a Tiriós. Dessa forma há duas situações a serem analisadas: geração de 10 horas de energia ao dia, durante um ano: cerca de R\$ 116.000,00 serão gastos em combustíveis, filtros e lubrificantes e outros R\$ 421.000,00 para cobrir o custo do transporte do combustível, por meio de aeronave de carga. Assim, estima-se o gasto próximo de R\$ 537.000,00 ao ano. geração de 24 horas de energia ao dia: o custo anual de combustível, filtros e lubrificantes será perto de R\$ 286.000,00.

Quanto ao custo de horas de voo, o valor será em torno de R\$ 1.182.000,00, perfazendo um total de R\$ 1.468.000,00 anual.

A obra de construção da MCH de Tiriós poderá ser paga em 12 anos, no caso da comparação de 10 horas de energia gerada ao dia, ou 3 anos e 6 meses na situação de se gerar 24 horas de energia ao dia. Como o prazo de funcionamento mínimo de uma MCH é de 50 anos, verifica-se que o empreendimento se justifica pelo aspecto econômico.

6.2.2 Estudos Hidro Energéticos

É comum que nos PEF implantados pelo Projeto Calha Norte a demanda máxima dos referidos pelotões não ultrapassem os 20 kVA. Acreditamos que a potência do PEF em estudo esta demanda poderá estar próxima de 30 kVA devido a utilização de fogões elétricos por questões ambientais. Destaca-se que estudos concomitantes com a implantação da MCH, tais como de eficiência energética e sistema fotovoltaico de apoio (sistema híbrido) deverão ser realizados de forma que o consumo de energia do PEF seja otimizado de forma que a potência disponível seja a maior possível.

Estima-se que a população local se situa na faixa 1.800 habitantes, e em levantamento recente foi quantificada a existência de aproximadamente 263 (duzentas e sessenta e três) unidades habitacionais. Se considerar que cada unidade habitacional tenha uma demanda individual de 0,3 kVA, e um fator de diversidade de 1,47 para todos os consumidores, teremos uma demanda total de 108,90 kVA e uma demanda total diversificada de 74,08 kVA, o que estaria próximo das motorizações adotadas de 100 kVA e 60 kVA.

Porém, deve-se destacar que o que existe hoje em Tiriós é uma demanda reprimida pela falta de fornecimento de energia elétrica, que poderia facilmente se expandir com a

possibilidade de energia elétrica 24 horas/dia. Mas, devido as características de consumo serem nitidamente rurais, desse modo, a situação aqui proposta poderá atender a população local, desde que não ocorra transformações substanciais no que tange ao aumento de cargas advindas do crescimento da população ou utilização de aparelhos elétricos de consumo maior, distinto do usual (televisão, lâmpadas, geladeiras e pequenos ventiladores)

6.2.3 Estrutura da MCH Tiriós

Será considerado a motorização de duas turbinas do tipo ação (MICHELLI-BANKI) ou INDALMA® por apresentarem uma faixa considerável de operação (vazão x queda), e aliado ao fato da simplicidade, robustez e manutenção destas máquinas. Estes equipamentos já foram testados em vários aproveitamentos na Região Norte, principalmente no entorno de Santarém-PA, onde existem MicroCentrais, com potência similar ao proposto neste trabalho. A definição das características da motorização ficará a cargo do Projeto Básico. Serão utilizado dois grupos geradores de potência próxima de 100 kVA e 60 kVA, respectivamente.

- Tomada d'água/ Desarenador

No corpo do barramento, próximo às margens direita, será implantada a tomada d'água com desarenador a montante. A tomada d'água consistirá em uma estrutura de gravidade, autoportante, em concreto ciclópico, separada estruturalmente da casa de máquinas, destinada a captar as vazões a serem aduzidas pelo conduto forçado até a casa de máquinas. A entrada da tomada d'água deverá ser colocada com inclinação de 60° com relação ao curso d'água, de modo a evitar o acúmulo de folhas e restos vegetais na frente da grade de proteção. O bloco da tomada d'água deverá possuir paramento de montante com inclinação de 1,0V: 0,25H e paramento de jusante com inclinação de 1,0V: 0,75H.

A embocadura de entrada da tomada d'água possuirá seção retangular, com bordo inferior em cota a definir por ocasião da sua construção, bem como o bordo superior. O sistema de controle de adução deverá prever a utilização de comporta de aço com 0,60 x 0,60 m. A jusante da comporta será feita a transição entre a seção retangular do sistema de adução de concreto para as seções circulares de 550 mm e 450 mm, respectivamente para cada linha de tubulação forçada.

Com o objetivo de eliminar as partículas de areia em suspensão na água, impedindo-as de entrar no sistema de adução, será construído na parte de montante da tomada d'água um

dispositivo de desarenação. Este dispositivo terá uma largura e comprimento conforme planta anexa. A evacuação da areia decantada será feita através de uma descarga de fundo, localizada do lado esquerdo da tomada d'água, com uma comporta de aço de 0,30 x 0,30 m.

- Barragem e Vertedouro

Para a sobrelevação do nível d'água do igarapé no local do aproveitamento deve ser prevista a implantação de uma estrutura de represamento, fechando o curso d'água de uma margem à outra, em pedra argamassada. Nesta estrutura está prevista a construção de um vertedouro e sobre a crista da barragem será construído uma laje que servirá de tabuleiro de ponte de passagem sobre o igarapé. O vertedouro retangular, com contração lateral, com largura estimada em 30,0 m.

Figura n° 9 - Local onde deverá ser construída a barragem



- Tubulação Forçada

As tubulações forçadas terão o diâmetro de 550 mm e 450 mm, com previsão de utilização de 4 (quatro) juntas de dilatação, em cada linha de tubulação, respectivamente.

- Casa de Máquinas

A casa de máquinas deverá ser do tipo abrigada, possuindo uma área de aproximadamente 27 m², e foi dimensionada para abrigar dois grupos hidrogeradores, quadros de comando e equipamentos acessórios. Sua localização deverá ser na parte inferior da queda,

a margem direita, e ligada à tomada d'água pelo conduto forçado que estimamos em 135 m de comprimento. A casa de máquinas terá o piso principal a 2,50 m do nível d'água do canal de fuga, ou conforme orientação do fabricante da turbina.

Canal de Fuga

A restituição da água turbinada ao curso d'água será feita através de um canal de fuga a ser dimensionado por ocasião da elaboração do projeto executivo pelo fabricante da turbina. Em grande parte do ano, a parte da vazão do igarapé será extravasada pelo vertedouro. No período de estiagem rigorosa, o fluxo do igarapé será mantido por meio do Canal de Fuga. Assim, sempre será mantida a vazão ecológica, e não haverá quaisquer mudanças do curso natural do igarapé.

- 6.2.4 Estimativa de Potência

A potência disponível nos bornes do gerador neste aproveitamento hidrelétrico é dada por:

$$P = K \times Q \times H \text{ [kW]}$$

Para o cálculo da potência instalada, deve ser considerado o rendimento do sistema de adução, turbina, transmissão e gerador, em que K pode ser expresso em:

$$K = 9,81 \times \rho \times \mu_t \times \mu_{tr} \times \mu_g$$

onde:

μ_t = rendimento da turbina

μ_{tr} = rendimento da transmissão

μ_g = rendimento do gerador

ρ = densidade da água (1.000 kg/m³)

No caso do presente estudo por tratar-se de uma Microcentral ($P \leq 100$ kW), adotaremos para K um valor de 6,00, que está condizente com os rendimentos dos equipamentos a serem utilizados. Desta forma, na utilização das vazões de projeto de 280 litros/s e 440 litros/s, a potência dos geradores, com um F.P.=0,80 será:

Tabela 7: Parâmetros referentes a Microcentral adotada

H (m)	Q(m ³ /s)	S(kVA)	S(kVA) adotada
28	0,28	58,8	60
28	0,44	92,4	100

6.2.5 Descrição dos prováveis impactos ambientais

Os principais impactos ambientais deste empreendimento será a formação de uma pequena área inundada a montante da estrutura da barragem, em cerca de 0,30 hectares, ou menos, que não atingirá quaisquer populações, pois inexistente comunidade neste local, trata-se de um trecho de acentuada queda d'água (28,00 m de desnível), este pequeno represamento ajudará na regularização do igarapé. Não foi observada a existência de fauna íctica na parte superior da queda d'água. É provável a existência dela após o desnível, pois com 28,00 m de queda é improvável a existência de migração a montante da cachoeira. Portanto entendemos que a construção do barramento, que mais uma vez, ressaltamos que sua finalidade é de apenas afogar a tubulação forçada, não afetará a fauna íctica no ponto do barramento, bem como a jusante dele.

Salienta-se que a posteação será de PRFV (poliéster reforçado com fibra de vidro), a ser transportado ao local, em que este material é não poluente, imune a micro-organismos. Desta forma, não haverá a obtenção da posteação através de poda de árvores no local. Por tratar-se de Microcentral, entendemos que os danos deste empreendimento são desprezíveis, e os materiais de construção como areia, brita e pedra não serão retirados do local do aproveitamento, sendo este local preservado ao máximo

Após estudo inicial abrangente percebeu-se a sua viabilidade diante das boas práticas de planejamento, respeito aos recursos naturais enquadrado dentro dos recursos de implementação da Usina Hidrelétrica não causando qualquer lesão direta ou indireta que não descrita no espcoco do projeto a população humana local mais próxima que por sua vez se beneficiará também dos recursos elétricos gerados. As boas práticas foram levantadas por meio dos estudos de YUCESAN, 2019; SILVÈRIO, 2018 e também descrita por JÚNIOR, 2014.

7. CONCLUSÃO

Foram apresentadas neste trabalho diversas fontes de energias alternativa com suas devidas subdivisões, como foi no caso da central hidrelétrica, as quais são essências manter o equilíbrio no meio ambiente e disponibilizar a energia elétrica para áreas onde o governo não consegue atuar com esta infraestrutura.

O principal estudo foi das centrais hidrelétricas, visto a tamanha capacidade de produção energética do equipamento e a utilização de um meio abundante da área em questão, que é o rio em Tiriós-PA. A necessidade de levar este recurso extrapola o campo operacional e tático do assunto, falando em termos militares. A população da área ao redor e o público civil que se encontra em Tiriós tem a carência do bem-estar porque o governo não consegue assistir as pessoas e a área citada.

Com a utilização do projeto realizado pelo Tc Almeida e Maj Rachid, os quais foram analisados e comparados com um projeto civil, terá uma melhoria significativa na vida das pessoas de Tiriós, pois poderão utilizar de seus fogões elétricos para fazer uma refeição melhor, poderão utilizar aparelhos de ar condicionado com frequência, pois é um lugar com a média de temperatura de 30°C a 35°C com características equatoriais.

Na questão econômica e ambiental se mostra viável para instalação, pois os materiais e a sua obtenção não irão gerar impactos relevantes na área de atuação. Além disso, a estimativa de preço ao longo dos anos se mostrou economicamente viável desde que aja manutenção da instalação.

8 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

COSTA, M. K. B., **Políticas de Segurança e defesa da fronteira brasileira no Contexto de Integração Regional: os casos das fronteiras Brasil-Paraguai e Brasil-Uruguai**, Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Relações Internacionais (PPGRI) em Política Internacional da Universidade de Brasília (UnB), Instituto de relações Internacionais, 2017

FILHO, C. R. G., **O Sistema de Defesa da Amazônia e a fronteira: Uma avaliação do Arco Norte**, cap. 3, p. 37-52, 1985

SANTOS, A. F.P., Anjos, J. N. S., Senhoras, E. M., **Securitização energética na fronteira Brasil-Venezuela: uma discussão sobre o complexo de Guri.**, 2010

TOMASQUIM, M. T., **Geração de Energia Elétrica no Brasil**, Rio de Janeiro: Interciência, 2005

MOTA, H. S., **Análise técnico econômico de unidades geradoras de energia distributiva, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares\IPEN**, Dissertação de Mestrado Ciências em tecnologia Nucleares, 2011

SILVA, L. C., Rodrigues, D. A., Von randow, R. C. S., **Análise da operação dos reservatórios das bacias dos rios madeira e Tocantins e a sua relação com o clima atual e Projeções futuras**, Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais junto ao Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento (CNPq), 2013

ELETROBRÁS. **Diretrizes para estudos e projetos de pequenas centrais hidrelétricas**, 2000.

LORENZON, A. S. et. al. **A new methodology for royalties distribution of the Itaipu hydroelectric plant: The hydrographic basin as the unit of analysis.** *Journal of Environmental Management*, pp. 710-717., 2018

ELETROBRÁS. **Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica.** *Manual de minicentraís hidrelétricas*. Rio de Janeiro: [sn], 1985.

JAYAPALANA, C. L.S. Ganesh., **Environmentalists and their conflicts with Energy Justice – Concept of “Power-Environ” in the Athirappilly HEPP in Kerala.** *Energy Policy*, pp. 215-229., 2019

PAGNUSSATT, D. et. al., **What do local stakeholders think about the impacts of small hydroelectric plants? Using Q methodology to understand different perspectives.** *Energy Policy*, 112, pp. 372-380., 2018

FILHO, G. L. T., DOS SANTOS, I. F. S., BARRO, R. M.,, **Cost estimate of small hydroelectric power plants based on the aspect factor.** *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 77, pp. 229-238., 2017

GALVIS, J. C., alvis, A. PADILHA-FELTRIN, J.M. Yusta Loyo., **Cost assessment of efficiency losses in hydroelectric plants.** *Electric Power Systems Research*, 81, pp. 1866–1873, 2011

KAHRAMANA, G., Halit Lütü Yücel, Yahya Taşgin. **Identification of optimum working conditions in hydroelectric power plants for cavitation.** *Engineering Failure Analysis*, pp. 168-174., 2019

MARGETA, J., GLASNOVIC, Z., **Exploitation of temporary water flow by hybrid PV-hydroelectric plant.** *Renewable Energy*, pp. 2268-2277, 2011

YUCESAN, M, GÖKHAN, K., **Risk evaluation and prevention in hydropower plant operations: A model based on Pythagorean fuzzy AHP.** *Energy Policy*, 126, pp. 343-351, 2019

Multi-criteria risk assessment: Case study of a large hydroelectric project. *Journal of Cleaner Production*, 227, pp. 237-247, 2019

SILVÈRIO, A., N. M. et. al., **Use of floating PV plants for coordinated operation with hydropower plants:** Case study of the hydroelectric plants of the São Francisco River basin. *Energy Conversion and Management*, pp. 339-349, 2018

JÚNIOR, Q.A.J.; RACHID, N.M.; COSTA, B. W., **Projeto Micro central Hidrelétrica em Tiriós-PA**, Potência: 100/60 kVA, *Memorial Descritivo*. - Departamento de Engenharia e Construção, Diretoria de Obras Militares, Exército Brasileiro, Ministério da Defesa, 2014.

ARCIE, J. A., Polli1, ALVES, G. M.2, FRITZEN, P. C., **Projeto de Implantação da Microcentral Hidrelétrica de Roncador. 2015**

Acesso ao site em: 15 Jun. 2019.

CCOMSEX, https://www.eb.mil.br/web/noticias/noticiario-do-exercito/-/asset_publisher/MjaG93KcunQI/content/1-pelotao-especial-de-fronteira-militares-e-indios-formam-amalgama-do-povo-brasileiro-na-defesa-do-pais-, Acesso ao site em: 15 Jun. 2019.

RENATA MARIZ, <https://oglobo.globo.com/brasil/na-imensidao-amazonica-militares-vivem-isolamento-dos-pelotoes-de-fronteira-20839629>, Acesso ao site em: 1 Jun. 2019.

CCOMSEX, **Estrutura e história do PEF de tiriós:** https://www.eb.mil.br/web/noticias/noticiario-do-exercito/-/asset_publisher/MjaG93KcunQI/content/1-pelotao-especial-de-fronteira-militares-e-indios-formam-amalgama-do-povo-brasileiro-na-defesa-do-pais-, Acesso ao site em: 25 de Maio 2019., Acesso ao site em: 25 de Maio 2019.

JOSÉ CLÁUDIO PEREIRA, **Geradores**, <https://pantheon.ufrj.br/handle/11422/7372geradores>, Acesso ao site em: 25 de Maio 2019.