



Centro Universitário SENAI CIMATEC
Curso de Bacharelado em Engenharia Elétrica

Projeto e Análise de Viabilidade para implantação de uma PCH

Cleber Couto Filho

Davi Costa

Matheus Faria

Rodrigo Sapucaia

Salvador-BA, 23 de agosto de 2018

Cleber Couto Filho

Davi Costa

Matheus Faria

Rodrigo Sapucaia

Projeto e Análise de Viabilidade para implantação de uma PCH

Relatório apresentado como requisito parcial
para obtenção de aprovação na disciplina
Geração de Energia Elétrica, no centro
universitário SENAI CIMATEC.

Docente: Ana Beatriz Martins Aguiar

Coordenadora: Ana Beatriz Martins
Aguiar

Centro Universitário SENAI CIMATEC

Salvador-BA

23 de agosto de 2018

Lista de ilustrações

Figura 1 – Quadro de classificação dos tipos de PCH	3
Figura 2 – Distribuição a vazão ao ano do rio alcobaça	6
Figura 3 – Mapa da área escolhida	7
Figura 4 – Mapa da área escolhida	7
Figura 5 – Projeto de barragem Homogênea	8
Figura 6 – Tabela para projeto da barragem	9
Figura 7 – Desenho técnico do vertedouro	10
Figura 8 – Desenho técnico do vertedouro	11
Figura 9 – Tabela de tensão de geração econômicamente viável	13
Figura 10 – Tabela de custos	15
Figura 11 – Cronograma	20

1 Introdução

O avanço da tecnologia está relacionado diretamente com a demanda de energia elétrica. A inserção de cada vez mais aparelhos eletrônicos, automatização de antigos processos e criação de novas tecnologias como carros elétricos implica um aumento constante na demanda de energia elétrica. “Em 2030, estima-se um consumo de energia elétrica entre 950 e 1.250 TWh/ano, sendo que o consumo atual situa-se em torno de 405 TWh” (ANEEL, Atlas de Energia Elétrica no Brasil 2006).

A perspectiva do aumento da demanda faz com que seja necessário um investimento maior no setor energético, de acordo com Bronzati essa grande diferença entre a demanda de 2030 que a demanda atual “exigirá investimentos pesados na expansão da oferta de energia elétrica. No caso deste fornecimento ser realizado por usinas hidrelétricas, mesmo com uma instalação adicional de 120 mil MW, o que eleva para 80% o uso do potencial, ainda assim poderia não ser suficiente para atender a demanda em 2030.

Mesmo com o aumento do uso do potencial hídrico, é notável que há uma necessidade de diversificação da matriz energética, onde essa diversificação deve buscar a inserção de fontes renováveis. Pequenas Centrais Hidrelétricas representam se mostram uma alternativa muito viável, possibilitando uma geração próxima da carga, um impacto ambiental menor que as grandes usinas, além de um maior custo.

1.1 Objetivo

Projetar uma PCH e realizar seu estudo de viabilidade.

1.1.1 Objetivos Específicos

- Escolher uma bacia hidrográfica que não possua nenhuma usina instalada;
- Determinar a potência gerada ao ano;
- Determinar as máquinas utilizadas;
- Descrever o maquinário e estruturas auxiliares;
- Realizar o estudo de payback;
- Avaliar o projeto técnico e financeiramente;

1.2 Fundamentação teórica

1.2.1 Pequena Central Hidrelétrica

Segundo a Aneel, Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH) são os empreendimentos hidrelétricos com potência superior a 1.000 kW e igual ou inferior a 30.000 kW e com área total de reservatório igual ou inferior a $3,0\text{ km}^2$. As PChs são normalmente instaladas em rios que possuam desníveis significativos que possam gerar potência hidráulica suficiente para movimentar as turbinas. Por operarem normalmente a fio d'água e serem em geral instalações de menor porte ao comparar com as usinas hidrelétricas elas acabam resultando em um menor impacto ambiental.

Conforme a Eletrobrás as PCHS são classificadas quanto sua capacidade de regularização por: a fio d'água, acumulação, com regulação mensal do reservatório ou acumulação com regulação diária do reservatório. Elas podem ser classificadas também quanto sua potência instalada quanto a queda do projeto, conforme mostra o quadro abaixo.

CLASSIFICAÇÃO DAS CENTRAIS	POTÊNCIA - P (kW)	QUEDA DE PROJETO - H_d (m)		
		BAIXA	MÉDIA	ALTA
MICRO	$P < 100$	$H_d < 15$	$15 < H_d < 50$	$H_d > 50$
MINI	$100 < P < 1.000$	$H_d < 20$	$20 < H_d < 100$	$H_d > 100$
PEQUENAS	$1.000 < P < 30.000$	$H_d < 25$	$25 < H_d < 130$	$H_d > 130$

Figura 1 – Quadro de classificação dos tipos de PCH

Fonte: Manual da Eletrobrás

1.2.2 Tipos de PCH de acordo com a capacidade de regularização

1.2.2.1 A fio d'água

Tipo de PCH mais adequada para quando as vazões de estiagem do rio são maiores que a descarga necessária para potência a ser instalada para suprir a demanda. Esse tipo de projeto é mais simples, pois não requer estudos de regularização de vazões e estudos de sazonalidade de carga elétrica do consumidor.

1.2.2.2 Acumulação diaria com regularização diária do reservatório

PCH utilizada em situações onde as vazões de estiagem do rio são inferiores a necessária para fornecer a potência requerida, por isso é necessário a acumulação. Nesse caso, tem que haver um estudo de qual volume d'água precisa ser acumulado diariamente para suprir a demanda.

1.2.2.3 Acumulação diaria com regularização mensal do reservatório

Semelhante ao tipo de PCH anterior, porém com a diferença do tempo de regularização, oriundo do estudo prévio do rio, que fornece informações dos estudos mensais do rio, e não diário.

Conhecendo os diferentes tipos de usina, pode-se analisar qual se adequa mais para o uso da implementação do referido artigo, que no caso seria a PCH de acumulação diária com regularização diária do reservatório, pois os dados coletados do rio que vai ser apresentado posteriormente foram coletados com um espaço amostral diário.

2 Estudos preliminares para a implantação de uma PCH

Os estudos preliminares representam todos os estudos que são feitos antes da implementação de uma PCH.

2.1 Estudos Topográficos

São feitas levantamentos topográficos da região, sendo elas: o estudo para determinação a queda natural do local, estudo das áreas de implantação das estruturas, local para empréstimo de solo, nivelamento a linha d'água do reservatório e cadastro jurídico das propriedades, todas de acordo com a norma a ABNT NBR 13133.

2.2 Estudo de Inventário

O estudo de inventário se dá pelo estudo de todo potencial do rio, afim de achar o lugar mais propício para instalação da PCH. Não sendo considerado somente o potencial hidráulico mas também os possíveis impactos da construção.

2.3 Estudos Geológicos e Geotécnicos

Têm o objetivo de investigar as condições das fundações da obra, buscando também áreas para recursos de construção, jazidas de minerais e também determinando locais para instalações de obra como o canteiro.

2.4 Estudos Ambientais

Os impactos ambientais envolve toda parte dos efeitos da inundação e da construção a natureza, o primeiro passo é a realização de um relatório ambiental preliminar - RAP e deve ser entregue para o órgão ambiental responsável. O documento deve conter os seguintes tópicos: Justificativas do empreendimento, caracterização do empreendimento, com os dados da usina e reservatório, diagnóstico ambiental preliminar, com os principais aspectos físicos, bióticos e antrópicos a região já levantados, identificação preliminar dos impactos, prováveis medidas mitigadoras e programas ambientais. No final, ao ser aprovado o RAP, obtém-se a Licença Prévia - LP que é a autorização para iniciar a construção da obra a usina.

3 Escolha do local para implantação da PCH

3.1 Método de Seleção

Além do estudo preliminar do rio, é necessário analisar 3 itens para saber a viabilidade a construção da PCH, são elas: recursos hídricos, queda d'água e linha de transmissão próxima. Não adianta possuir um rio com ótimo potencial hidrelétrico se não tiver uma linha de transmissão para transportar essa energia, que possui um grande custo de instalação.

3.2 Rio Itanhém

O rio escolhido foi o Rio Itanhém, que nasce na aldeia dos Machacalis no município de Fronteira dos Vales ,estado de Minas Gerais e corre de oeste para leste até a foz em Alcobaça na Bahia, onde deságua no Oceano Atlântico.Sua escolha se deu ao fato de que não possui até o momento nenhuma PCH instalada e possui vários municípios próximo como: Teixeira de Freitas, St. Antonio de Barcelona, Nova Lídice e São José de Alcobaça que poderão desfrutar e até mesmo ser alvo de investimento futuramente. O rio possui grande potencial hidrelétrico possuindo em média uma vazão de $35m^3/s$ sem muita variação durante o dia. Na imagem 2 descreve a vazão durante o ano:

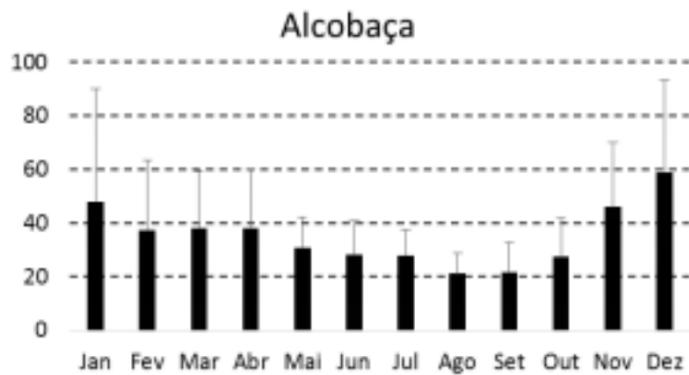


Figura 2 – Distribuição a vazão ao ano do rio alcobaça

Fonte: [10]

3.3 Área de Implantação da usina

Foi percorrida toda a excursão do rio e o melhor lugar possui as seguintes características: um corredor estreito que facilita a construção da barreira, queda natural de 5m, área

vizinha já degradada, poupando de desmatamento, área de empréstimo de solo contendo areia e cascalho e nenhuma população por perto. O local está indicado na imagem 3, onde o círculo vermelho ilustra a área de inundação, o círculo branco a área com construções e a linha vermelha indica o local da Barragem: O local para a barragem está mostrado na



Figura 3 – Mapa da área escolhida

Fonte: Google Earth Pro

figura 4, assim como o perfil de relevo.

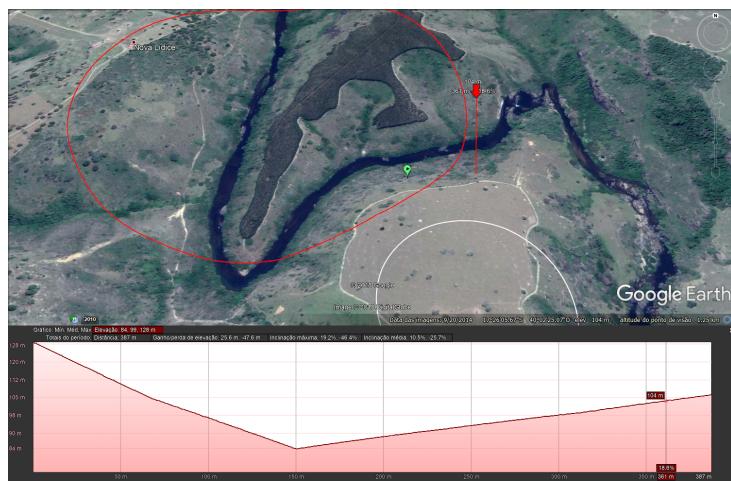


Figura 4 – Mapa da área escolhida

Fonte: Google Earth Pro

4 Especificações Técnicas

As especificações técnicas levaram em consideração os valores reais disponíveis para projeto, quando não encontrados, foram estipulados valores baseados em pesquisas e projetos semelhantes.

4.1 Barragem

A barragem é uma estrutura que tem a função de represar a água em uma determinada altura. Essa altura e a taxa na qual a água flui do reservatório através das turbinas determina quantidade de eletricidade que pode ser gerada. Isso pode ser calculado usando a equação de energia hidrelétrica. À medida que a altura da barragem aumenta a quantidade de eletricidade gerada também aumenta. No caso de hidrelétricas situadas em locais com baixa queda, a barragem tem também a função de criar o desnível necessário à produção da energia desejada. Atualmente no Brasil tem se adotados os seguintes tipos de barragem: de terra, enrocamento e concreto.

Para o projeto foi escolhido uma barragem de terra, pois o local escolhido para construção da PCH apresenta uma topografia suave e vales pouco encaixados. Como o solo da região é tipicamente arenoso selecionamos uma seção trapezoidal conforme a imagem abaixo.

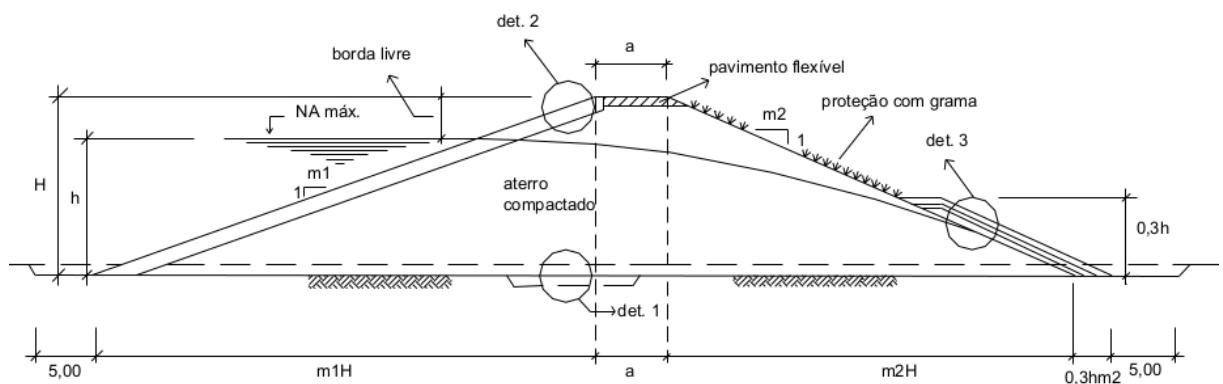


Figura 5 – Projeto de barragem Homogênea

Fonte: Manual da Eletrobrás

A largura da base da barragem é dimensionada conforme a equação de número 1. Onde a largura da crista (a) deverá ser de pelo menos 3 metros, a altura da barragem é dada por (H), a inclinação do talude de montante (m_1) e a inclinação de jusante (m_2) são

definidas pela tabela 1.

$$b = a + (m_1 + m_2) * H \quad (4.1)$$

Material do Corpo da Barragem	Talude	Altura da Barragem - H (m) (**)	
		H ≤ 5,00	5,00 < H ≤ 10,00
SOLOS ARGILOSOS	Montante (m_1)	2,00	2,75
	Jusante (m_2)	1,75	2,25
SOLOS ARENOSOS	Montante (m_1)	2,25	3,00
	Jusante (m_2)	2,00	2,25
AREIAS E CASCALHOS	Montante (m_1)	2,75	3,00
	Jusante (m_2)	2,25	2,50
PEDRAS DE MÃO (Barragens de encrocamento)	Montante (m_1)	1,35	1,50
	Jusante (m_2)	1,30	1,40

Figura 6 – Tabela para projeto da barragem

Fonte: Manual da Eletrobrás

Aplicando o cálculo no nosso projeto definindo a altura da crista como 3 metros e a altura da barragem como 10 metros obtém-se o se valor de comprimento:

$$b = 55,5m \quad (4.2)$$

4.2 Vertedouros

Vertedouro é uma estrutura que permite o controle do nível da água de um reservatório, principalmente em períodos de cheias. O vertedouro é uma das partes mais importante de uma usina hidrelétrica, pois se houver muita água passando pela barragem, elementos como as turbinas não podem funcionar adequadamente e podem ser danificados. Os vertedouros protegem essas outras partes de danos ou complicações.

Todo reservatório hidrelétrico tem certa capacidade ou quantidade de água que pode conter. Se o reservatório já estiver cheio, mas as águas da enchente entrarem no reservatório, o nível da água aumentará e isso poderá resultar na sobreposição da barragem. Os vertedouros são construídos para evitar isso, pois permitem que seja extraído um pouco de água do topo do reservatório para dar espaço à nova água. Quando um reservatório está cheio, seu nível de água será igual à altura do vertedouro. Assim que qualquer excesso de água entrar no reservatório, a água começará imediatamente a fluir através do vertedouro.

Para dimensionar a largura de um vertedouro em canal, com seção trapezoidal mostrado a figura 7, deverá ser levada em conta a vazão máxima de projeto (Q_{max}), a inclinação dos taludes (m), a lâmina d'água máxima (h_{max}), a velocidade máxima admissível no canal (V_{max}).

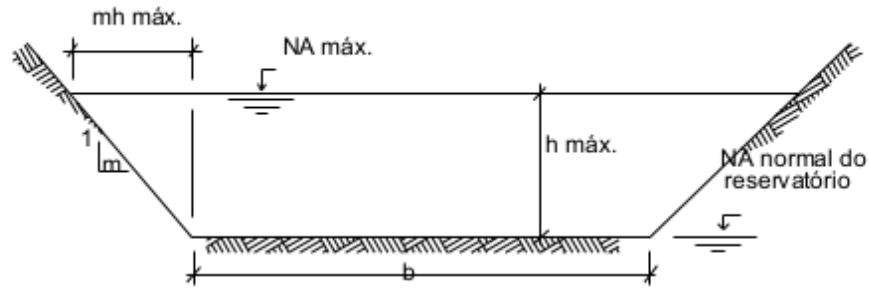


Figura 7 – Desenho técnico do vertedouro

Fonte: Manual da Eletrobrás

$$b = \frac{Q_{max} - V_{max}mh_{max}^2}{V_{max}Q_{max}} \quad (4.3)$$

Escolhendo um vertedouro com taludes de argila dura, temos um $m = 0,75$, considerando a velocidade máxima de $1,7m/s$ e uma altura de $1m$. É obtido um valor de :

$$b = 19,83 \quad (4.4)$$

4.3 Chaminé de Equilíbrio

A chaminé de equilíbrio é uma espécie de reservatório com eixo vertical, normalmente posicionado no final da tubulação de adução de baixa pressão e a montante do conduto forçado. Ele é usado para amortecer as variações de pressão que se propagam pelo conduto forçado e armazenar água para fornecer ao conduto forçado o fluxo inicial provocado pela nova abertura da turbina, até que se estabeleça o regime contínuo. Quando necessário, a chaminé de equilíbrio deve ser instalada o mais próximo possível da casa de força, para reduzir o comprimento do conduto forçado e diminuir os efeitos do golpe de aríete.

A verificação dessa necessidade é feito pelo cálculo do critério da constante de aceleração do escoamento no conduto forçado como mostrado abaixo.

$$t_h = \frac{V_{cf}L_{cf}}{gH_b} \quad (4.5)$$

$t_h = V_{cf}L_{cf}/gH_b$ Onde L_{cf} é o comprimento do conduto forçado, H_b queda bruta e V_{cf} a velocidade de escoamento no conduto forçado. Para $t_h < 3$ não há a necessidade de instalação da chaminé. Entre 3 e 6 é desejável mas não obrigatória. Para $t_h > 6$ é obrigatória a instalação da chaminé.

A instalação de uma válvula de alívio na entrada, ou na caixa espiral da turbina, pode evitar a necessidade da chaminé. No entanto, essa solução deve ser analisada criterio-

samente, considerando a segurança que deve haver na abertura da mesma, em caso de fechamento rápido do distribuidor.

4.4 Conduto Forçado

Conduto forçado é definido como uma tubulação de grande diâmetro, podendo ser composto de aço, concreto, fibra de vidro e PVC. São projetados para tolerar altas tensões por causa da pressão estática da coluna d'água e também por causa do golpe de aríete criado pelas mudanças bruscas no fluxo d'água, e pode ser realizado pelo fechamento e aberturas de válvulas e/ou distribuidor da turbina.

O conduto forçado pode ser projetado para ficar exposto ou enterrado. Se for exposto deve ser fundido em berços de concreto ou pedra. Vai depender da topografia da propriedade para delimitar o número de condutos, pode-se ter um conduto para cada máquina hidráulica ou ainda um com diâmetro maior que se ramifica em outros criando uma bifurcação de diâmetros menores de acordo com o número de máquinas. O diâmetro da tubulação é definido através do cálculo de diâmetro econômico pela fórmula de Bondshu.

$$D_e = 127 \sqrt[7]{\frac{Q^3}{H_b}} \quad (4.6)$$

Onde H_b é a queda bruta, Q a descarga máxima na tubulação e D_e o diâmetro econômico. Depois de feito esse cálculo deve-se verificar se a velocidade máxima admissível de acordo com a fórmula abaixo e para cada material está conforme a tabela 3.

$$V_{adm} = \frac{4Q}{nD_e^2} \quad (4.7)$$

MATERIAL	$V_{máx}$ admissível (m/s)
Aço	5,0
Concreto	3,0

Figura 8 – Desenho técnico do vertedouro

Fonte: Manual da Eletrobrás

Adotando um Conduto forçado de concreto com uma descarga máxima de $1m^3/s$ e uma queda bruta de $15m$. Obtém um valor de $D_e = 84,01$ cm e $V = 1,8$ m/s, a velocidade encontrada é aceitável, pois ela é inferior à máxima permitida.

4.5 Tomada D'água

A tomada d'água é responsável pela captação de água para fazer a turbinar gerar energia. A estrutura de tomada d'água deve ser localizada, sempre que possível, junto à

margem do reservatório, ao longo de trechos retos. Nos trechos em curva, a tomada d'água deve ser posicionada do lado côncavo, pois os sedimentos transportados pelo escoamento, na maior parte, se depositam na parte convexa. Ela é composta por três componentes essenciais: grade de proteção, comporta e tubo de aeração. A função da grade de proteção é evitar a entrada de detritos, folhas e lixo para evitar danos nas turbinas. Normalmente, ela é uma tela composta por várias barras de aço paralelas, preferencialmente na vertical, localizada na entrada da tomada de água.

4.6 Casa de força

A casa de força é o lugar onde se encontra as turbinas e os geradores. É essencial a existência de uma sala de controle dentro da casa de força, pois é onde os engenheiros podem regular as válvulas controlando o fluxo de água nas turbinas ou monitorar o desempenho de cada unidade até a rede elétrica principal. É calculada a sua dimensão baseada no tamanho necessário para armazenar todos os itens do seu inventário, essa perspectiva não foi abordada no projeto.

4.7 Subestação

A subestação será do tipo Conjunto de manobra e controle blindado, conforme definido pela norma ABNT NBR 6979, esse tipo de subestação proporciona melhores condições de segurança pessoal contra riscos de acidentes e maior rapidez na fase de instalação do equipamento na usina.

Devido que a PCH trabalhará em sistema isolado, a utilização de relés de sobrecorrente com características de tempo inverso associados a relés de sobrecorrente instantâneos é uma solução economicamente interessante.

Os elementos utilizados seguiram a suas respectivas normas no seu projetos, podemos citar: disjuntores, com a norma NBR 7118, Seccionadores, com a norma NBR 6935, para-raios, a norma NBR 5287 e IEC 99-4, transformadores de potencial indutivo, a norma NBR 6856, transformador de corrente, a norma NBR 6855, assim garantindo um sistema com alta confiabilidade.

4.8 Turbina

Para atender as especificações do projeto, foi escolhida a turbina francis, devido a sua faixa de operação boa para baixas quedas. “No âmbito destas Diretrizes, a turbina Francis atende a quedas de 15 a 250 m e potências de 500 a 15000 kW possuindo ótimas características de desempenho sob cargas parciais de até 70% da carga nominal,

funcionando ainda adequadamente entre 70 e 50% da carga, embora com perda progressiva do rendimento. Não é aconselhável o funcionamento da turbina”(ELETROBRÁS,2000).

Foram feitos os cálculos relativos à turbina, considerando uma potência desejada de 4500MW, sendo maior que a energia firme, assim sendo calculado uma velocidade de rotação de 181,79 rad/s, por meio da fórmula:

$$n_{rot} = \frac{K * H_{liq}^{0,75}}{P_{turb}^{0,5}} \quad (4.8)$$

4.9 Geradores

4.9.1 Potência nominal

A potência nominal do gerador deve ser maior que a da turbina, a mesma foi calculada levando em consideração um fator de potência de 0,8 e um rendimento de 97%, de acordo com a seguinte fórmula:

$$P_{gerador} = \frac{P_{turbina} * n_{gerador}}{fp} \quad (4.9)$$

Sendo encontrado um valor de potência para o gerador de $P_{gerador} = 5456,25$.

4.9.2 Tensão de Geração

A escolha da tensão de geração deve considerar não só os custos do gerador, mas também os custos da interligação gerador-transformador e dos equipamentos ligados à tensão de geração. É desejável maior tensão de geração para diminuir as perdas de transmissão, contudo. de acordo com o manual de Diretrizes, a tensão economicamente atraente está relacionada com a potência do gerador, como mostra tabela a seguir: Como

Tensão do Gerador	Potência do Gerador
220/380 ou 480 V	Até 2 MVA
2300 V	Até 3 MVA
4160 V	Até 5 MVA
6900 V	Até 15 MVA
13800 V	Acima de 10 MVA

Figura 9 – Tabela de tensão de geração econômicamente viável

Fonte: Manual da Eletrobrás

a potência encontrada foi maior que 5MVA a tensão do gerador será 6900V.

4.10 Transformador Elevador

Na casa de força será utilizado um transformador que eleva a tensão do gerador de 6900V para 13800V, para posteriormente essa energia passar por outro transformador elevador, que eleva a tensão de 13,8KV para 138KV pois esse é o valor utilizado para a transmissão na região.

4.11 Energia Firme e Potência Gerada ao ano

A energia firme se dá pela energia bruta gerada pela PCH, dependendo dos valores de altura de queda H_{queda} , vazão média $Q_{méd}$ e gravidade. No caso do rio Alcobaça a vazão média de $35m^3/s$ e queda livre de 15 metros, resultando em uma energia firme de:

$$EF = 5150,25KW \quad (4.10)$$

Para o cálculo da potência gerada ao ano, se levou em consideração a energia firme disponível, multiplicada pelo rendimento do conjunto turbina-gerador, e foi considerado um rendimento mecânico, referente às perdas nos túneis, vertedouro e canal. Foi considerado um rendimento mecânico fictício de 70% e rendimento do conjunto turbina-gerador de 90%.

$$P = g * (H * .Q_{méd} * n_{gerador} * n_{mecânico}) \quad (4.11)$$

Sendo assim encontrado um valor de potência gerada de $3,174MW$, representando uma energia anual de $27483,624KWh/Ano$

5 Estudo da viabilidade financeira

O estudo de custo foi feito de acordo com o custo de uma usina similar que será construída, sendo que os valores poderão mudar de acordo com a época do ano de construção. O valor total a usina foi de 98376740 reais, com o valor do MWh de 211 reais em aproximadamente 13 anos a PCH se pagará.

MEIO AMBIENTE	4950000
Programas ambientais	1750000
Compra de terra	1800000
Recuperação das areas degradadas	800000
Desmatamento do lago	60000
OBRAS CIVIS	51864610
Barragem/tomada d'agua	9000000
Casa de força	7150000
Subestação	286680
outros (estudos preliminares/ complementares)	4920000
Concretagem tunel e muretas	475000
Cimento, aço, brita, areia	6855000
Execução de tuneis	15700000
Chaminé de equilibrio	830000
Tratamentos (barramentos e encostas)	5300000
Serviços diversos não contratados	527930
EQUIPAMENTOS ELETROMECANICOS	28355788
Turbinas e geradores	12800000
Equipamentos hidromecanicos	4850000
Auxiliares mecanicos	1370000
Elétrica	5200000
Instalação e montagem	4135788
LINHA DE TRANSMISSAO	2841000
CONTIGENCIA	2865342
TOTAL	90876740

Figura 10 – Tabela de custos

6 Cronograma

O cronograma deve contemplar todas as etapas para a implantação de uma PCH. Foi tomado como base de tempo um projeto semelhante mas, vale ressaltar que a obra pode sofrer atrasos durante a sua implantação, devido a fatores externos. O cronograma relativo da obra está mostrado no Anexo A.

7 Conclusão

Referências

- [1] ELETROBRÁS. Diretrizes para estudos e projetos de Pequenas Centrais Hidrelétricas. Eletrobras, 2000.
- [2] WISSMANN, Leandro; GRANDO, Maurício Nelson. Estudo prévio da instalação de uma pequena central hidrelétrica no manancial do rio Pato Branco no estado do Paraná. 2012. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Disponível em: <<http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/442>>
- [3] ABREU, Thiago Modesto de. Proposta de Metodologia para definição de quantidade de grupos geradores de pequenas centrais hidrelétricas. 2015. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/documents/656835/14876412/Disserta%C3%A7%C3%A3o+Thiago+Abreu+2015.pdf/7d05c97f-4e45-054c-33c6-020884240fef>>
- [4] Mapa de linhas de transmissão e subestações - Sistema Interligado Nacional - Rede de Operação. Disponível em: <<http://sindat.ons.org.br/SINDAT/Home/ControleSistema>>
- [5] Características e requisitos técnicos básicos das instalações de transmissão - Subestação Teixeira de Freitas 2. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/editais_transmissao/documentos/Lote_L_Anexo_T%C3%A9cnico_Eun%C3%A1polis_Teixeira_de_Freitas_II_C2.pdf>
- [6] ANEEL, ANDEE. Atlas de energia elétrica do Brasil. Brasília, 2008.
- [7] BRONZATTI, Fabricio Luiz; IAROZINSKI NETO, Alfredo. Matrizes energéticas no Brasil: cenário 2010-2030. Encontro Nacional de Engenharia de Produção, v. 28, p. 13-16, 2008.
- [8] Revitalização da câmara de carga e do conduto forçado da usina hidrelétrica de rio branco do sul. Disponível em: <<http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/6766/1/CT_COELE_2015_1_14.pdf>>
- [9] Energy Education. Disponível em: <<<https://energyeducation.ca/encyclopedia/Spillway>>>
- [10] CUSSIOLI, Mariana Coppede. Dinâmica da desembocadura do rio Itanhém, Alcobaça, BA. 2010. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo - Disponível em: <<<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/21/21133/tde-14092012-133655/en.php>>>

ANEXO

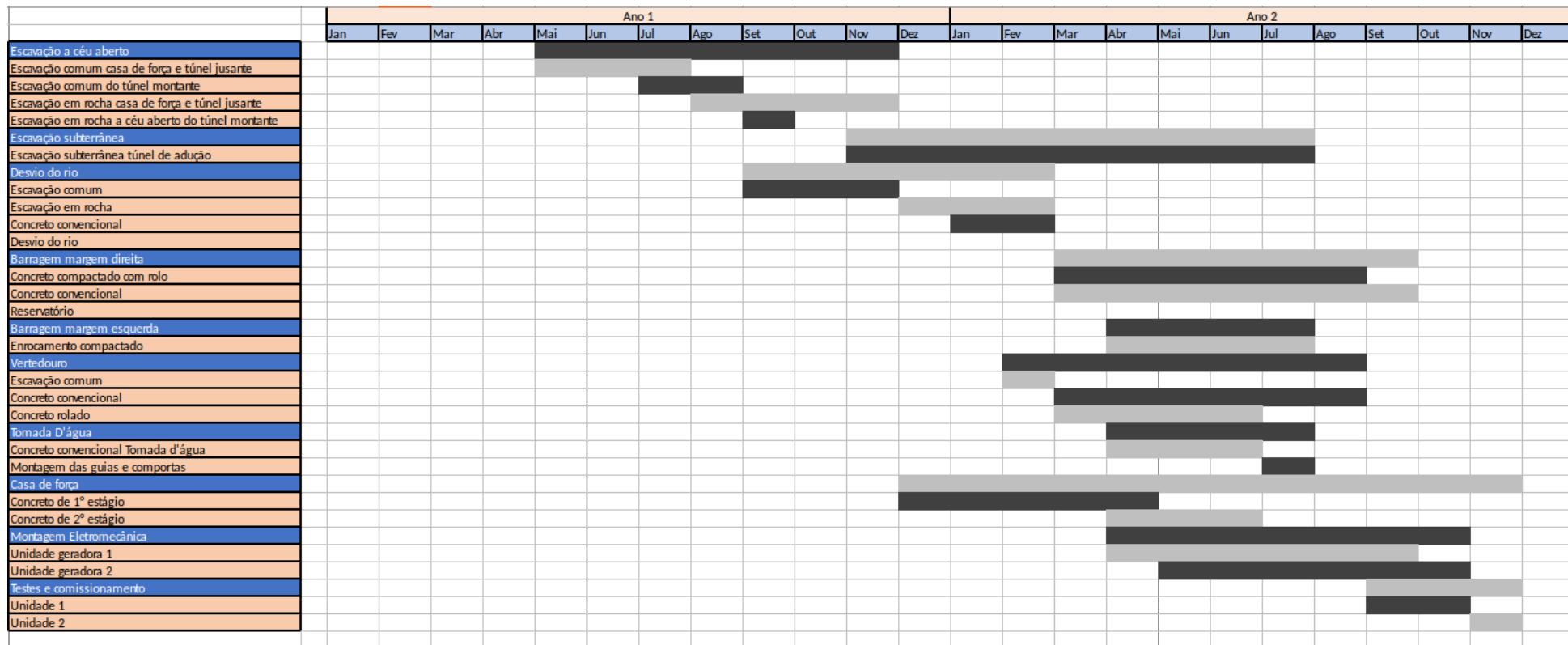


Figura 11 – Cronograma

Fonte: Cronograma do Projeto