

PEDRO HENRIQUE CROCHIQUIA DOS SANTOS
RAFAEL DE SOUZA MACEDO
RAFAEL FERNANDES RAPOSO

Trabalho Final - PCH - Etapa I

Apucarana

2025

1 Caracterização da Proposta

Com a modernização do setor agropecuário o consumo de energia elétrica em fazendas e produtores rurais está cada dia maior, criando uma grande tendência da instalação de geração decentralizada, sendo as principais fontes a biomassa, solar e as pequenas centrais hidrelétricas (PCH).

O intuído deste projeto é analisar a demanda de um produtor rural e a viabilidade econômica assim como os impactos socioambientais da instalação de uma PCH. Para tal, será projetado uma PCH que atenda a um consumidor e feita comparação com outros tipos de geração.

1.1 Dados do produtor rural

A PCH será projetada para atender dois produtores rurais do município de Barbosa Ferraz do estado do Paraná. Ambos os produtores possuem instalação do tipo B2 e atualmente possuem geração fotovoltaica, o que permite a comparação econômica e socioambiental com a PCH.

O rio a ser analisado é o Rio Lontras localizado próximo aos produtores rurais.

1.1.1 Demanda Produtor 1

O produtor 1 possui lavoura de $1200m^2$ para produção de hortifrutícola. A geração fotovoltaica é de $4.5kWp$

Seu consumo mensal dos últimos 12 meses, assim como a geração fotovoltaica estão presentados na tabela:

Data	Consumo [kWh]	Geração [kWh]
10/24	594	708
11/24	439	498
12/24	449	509
01/25	657	588
02/25	671	466
03/25	604	502
04/25	678	431
05/25	630	428
06/25	546	466
07/25	553	759
08/25	335	239
09/25	582	549

Tabela 1 – Consumo Produtor 1



Figura 1 – Curva de geração - produtor 1

1.1.2 Demanda Produtor 2

O produtor 2 possui lavoura de $760000m^2$ para produção de soja, milho e demais agriculturas de larga escala. A geração fotovoltaica é de $5kWp$

Seu consumo mensal dos últimos 12 meses, assim como a geração fotovoltaica estão presentados na tabela:

Data	Consumo [kWh]	Geração [kWh]
10/24	647	649
11/24	647	727
12/24	497	765
01/25	505	685
02/25	467	857
03/25	581	671
04/25	577	642
05/25	802	723
06/25	413	387
07/25	732	451
08/25	882	448
09/25	570	461

Tabela 2 – Consumo Produtor 2

1.2 Proposta da PCH

Com base no caso analisado a proposta inicial é a construção de uma PCH a fio d'água para reduzir os impactos socioambientais, para tal, conhecendo a característica de demanda, projetar uma PCH capaz de atender a demanda e verificar a viabilidade para o rio analisado (Rio Lontras).



Figura 2 – Curva de geração - produtor 2

1.3 Estudo do caso

O produtor 1 utiliza 3 bombas de água e um compressor, sendo uma bomba para irrigação da lavoura, uma para encher a caixa d’água de irrigação, uma para circulação da água na estufa hidropônica e o compressor é utilizado no poço semi-artesiano. Ele também utiliza regularmente um triturador de milho e chocadeira de ovos.

O produtor 2 tem duas bombas de água, uma para poço semi-artesiano e uma de pequeno porte para mina d’água. Ele também possui diversos veículos de trabalho pesado, como tratores, colheitadeiras e caminhões, o que aumenta seu gasto elétrico e hídrico.

1.4 Fundamentação teórica

A potência que pode ser gerada em uma hidrelétrica está diretamente ligada com a altura da queda d’água e a vazão passando pelas turbinas [Natural Resources Canada 2005]. Pode ser calculada com a equação:

$$P = \eta_{TOT} \times g \times Q \times H \quad (1.1)$$

Onde:

η_{TOT} = Rendimento total do conjunto

g = Aceleração da gravidade = $9,8 [m/s^2]$

Q = Vazão $[m^3/s]$

H = Queda Bruta $[m]$

Por sua vez, o rendimento total pode ser dado por:

$$\eta_{TOT} = \eta_H \times \eta_T \times \eta_g \quad (1.2)$$

Onde:

η_H = Rendimento do Sistema Hidráulico

η_T = Rendimento da Turbina

η_g = Rendimento do Gerador

O dimensionamento da tubulação forçada pode ser calculado usando a equação de Darcy–Weisbach [AHEC-IITR 2012]:

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2g} \quad (1.3)$$

onde:

h_f = Perdas na tubulação

f = Coeficiente de atrito de Colebrook/Swamee–Jain

L = Comprimento do duto

D = Diâmetro do duto

g = Aceleração da gravidade

V = velocidade média no duto, dada por:

$$V = \frac{4Q}{\pi D^2} \quad (1.4)$$

1.4.1 Escolha da Turbina

Existem 3 principais tipos de turbina as Pelton, Francis e Kaplan [AHEC-IITR 2012] , elas são indicadas para:

Pelton - Queda alta / vazão baixa

Francis - Queda média a baixa / vazões médias

Kaplan - Queda pequena / vazões altas

Para as condições hídricas do caso de estudo, a turbina Kaplan é a mais indicada.

1.4.2 Análise de Carga

O estudo preliminar mostra que a potência que precisa ser atendida é $15kW$ de pico, que ocorre em alguns picos do dia. Será realizada uma medição *in loco* para determinar as curvas de demanda horária.

Outra análise importante é medir o fator de carga, para saber como a geração deve se comportar em relação a variação de carga. Pode ser calculado como:

$$\text{Fator de Carga (FC)} = \frac{\text{Demanda Média}}{\text{Demanda Máxima}} \quad (1.5)$$

1.4.3 Análise ambiental

No Brasil, a geração hidrelétrica é classificada segundo a potência instalada e capacidade da barragem. A Resolução Normativa 687/2015 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), classifica como micro central distribuidora a com potência instalada de até $100kW$. [LIMA Bruno Joaquin; Silva 2019]

O projeto de uma PCH ainda é sujeito a outorga pela ANEEL, tendo a necessidade de apresentar documentos de estudo técnico e ambiental.

Referências

[AHEC-IITR 2012] AHEC-IITR. *3.1 Electro-Mechanical– Selection of Turbine and Governing System*. Roorkee, India, 2012. Standard/Manual/Guideline with support from Ministry of New and Renewable Energy.

[LIMA Bruno Joaquin; Silva 2019] LIMA BRUNO JOAQUIN; SILVA, L. M. Micro e/ou mini central hidrelétrica na geração de energia distribuída. *Simpósio de TCC das faculdades FINOM e TecSoma*, v. 1, p. 1231–1248, 2019.

[Natural Resources Canada 2005] Natural Resources Canada. *RETScreen International Small Hydro Project Analysis*. Ottawa, Canada, 2005. Clean Energy Project Analysis: RETScreen Engineering & Cases Textbook. Disponível em: <<https://www.nrcan.gc.ca/maps-tools-publications/publications/energy-efficiency/clean-energy-project-analysis-retscreen-engineering-case-textbook/2013>>.