

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

**Estudo de Caso PCH x Fotovoltaico aplicado a uma cooperativa
agrícola**

Apucarana

2025

1 Introdução

As Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) são empreendimentos de geração de energia elétrica que utilizam o potencial hidráulico de rios de pequeno ou médio porte. Segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), uma PCH possui potência instalada entre **1 MW e 30 MW** e área de reservatório inferior a **13 km²**, o que as diferencia das grandes usinas hidrelétricas em termos de escala e impacto ambiental [ANEEL 2023].

O funcionamento das PCHs é semelhante ao das grandes hidrelétricas: a água é desviada por canais ou condutos forçados até as turbinas, que convertem a energia cinética em energia mecânica, posteriormente transformada em eletricidade pelos geradores [Renk 2023].

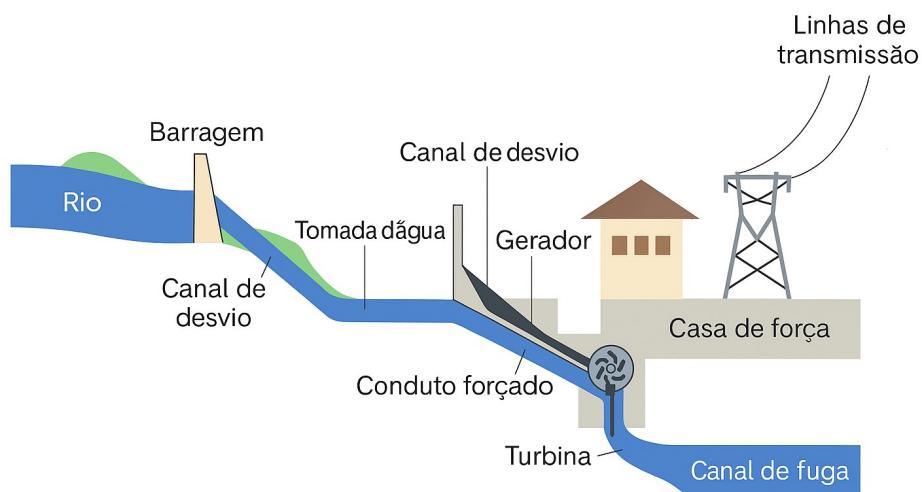


Figura 1 – Esquema simplificado de funcionamento de uma PCH.
Fonte: Zanini Renk (2023).

1.1 Vantagens das PCHs

- **Energia limpa e renovável:** contribuem para a matriz energética sustentável, com baixa emissão de gases de efeito estufa.
- **Menor impacto ambiental:** requerem áreas menores de alagamento, preservando parte da fauna e flora locais.
- **Flexibilidade de instalação:** podem ser implantadas em regiões remotas, melhorando a distribuição de energia.
- **Redução de perdas na transmissão:** por estarem próximas aos centros de consumo.

1.1.1 Desvantagens e Impactos Ambientais

Apesar de apresentarem menor impacto que grandes hidrelétricas, as PCHs não são isentas de efeitos adversos:

- **Alteração do curso dos rios:** mesmo pequenas barragens podem modificar a vazão e prejudicar ecossistemas aquáticos.
- **Fragmentação de habitats:** barreiras dificultam a migração de peixes e afetam a biodiversidade.
- **Supressão de vegetação nativa:** áreas alagadas, embora menores, ainda causam perda de cobertura vegetal.
- **Licenciamento ambiental complexo:** exige estudos detalhados e medidas mitigadoras para reduzir impactos.

Estudos apontam que os impactos mais significativos ocorrem na fase de implantação, sendo necessária compensação de áreas degradadas e monitoramento contínuo para garantir a viabilidade ambiental do empreendimento [Costa 2017].

1.2 Micro Centrais Hidrelétricas (MCH)

As **Micro Centrais Hidrelétricas (MCHs)** são sistemas de geração de energia elétrica em escala reduzida, projetados para aproveitar o potencial hidráulico de pequenos cursos d'água. Geralmente, possuem potência instalada inferior a **1 MW**, sendo indicadas para abastecimento local, especialmente em áreas rurais ou isoladas, onde a conexão à rede elétrica convencional é limitada [Energy 2023].

O princípio de funcionamento é semelhante ao das PCHs: a energia potencial da água é convertida em energia mecânica por meio de turbinas, e posteriormente transformada em energia elétrica por geradores. A água é conduzida por tubulações ou canais até a turbina, movimentando suas pás. A eletricidade gerada pode ser consumida localmente ou integrada à rede, dependendo da configuração do sistema [Energy 2023].

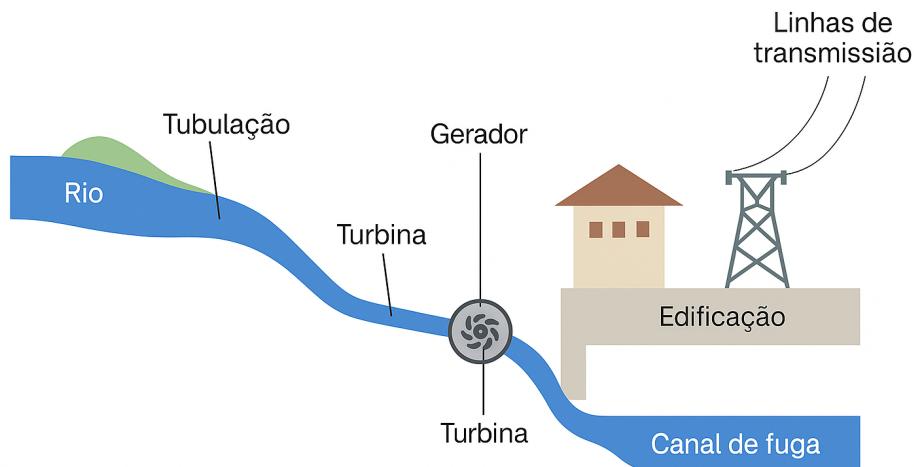


Figura 2 – Esquema simplificado de funcionamento de uma MCH. Fonte: Oak Energy (2023).

1.2.1 Vantagens das MCHs

- **Geração distribuída:** ideal para comunidades isoladas, reduzindo dependência da rede elétrica.
- **Baixo impacto ambiental:** não requer grandes reservatórios, preservando ecossistemas locais.
- **Energia limpa e renovável:** não emite poluentes durante a operação.
- **Custo reduzido:** menor investimento comparado a grandes usinas.

1.2.2 Desvantagens e Impactos Ambientais

Apesar de serem consideradas sustentáveis, as MCHs apresentam alguns desafios:

- **Dependência da vazão:** variações sazonais podem comprometer a geração.
- **Alteração do curso hídrico:** mesmo pequenas obras podem afetar habitats aquáticos.
- **Necessidade de manutenção especializada:** exige mão de obra qualificada.
- **Impacto cumulativo:** múltiplas MCHs em um mesmo rio podem fragmentar ecossistemas.

Estudos indicam que, embora os impactos sejam menores que os das PCHs, é essencial implementar medidas mitigadoras, como passagens para peixes e monitoramento da qualidade da água [Junior 2022].

2 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.

2.1 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.

2.1.1 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 3 – Curva de geração - produtor 1

2.1.2 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

2.2 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 4 – Curva de geração - produtor 2

2.3 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.

2.4 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:

$$P = \eta_{TOT} \times g \times Q \times H \quad (2.1)$$

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:

$$\eta_{TOT} = \eta_H \times \eta_T \times \eta_g \quad (2.2)$$

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]:

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2g} \quad (2.3)$$

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:

$$V = \frac{4Q}{\pi D^2} \quad (2.4)$$

2.4.1 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.

2.4.2 Análise de Carga

Após medição *in Loco*, as curvas de carga obtidas foram:

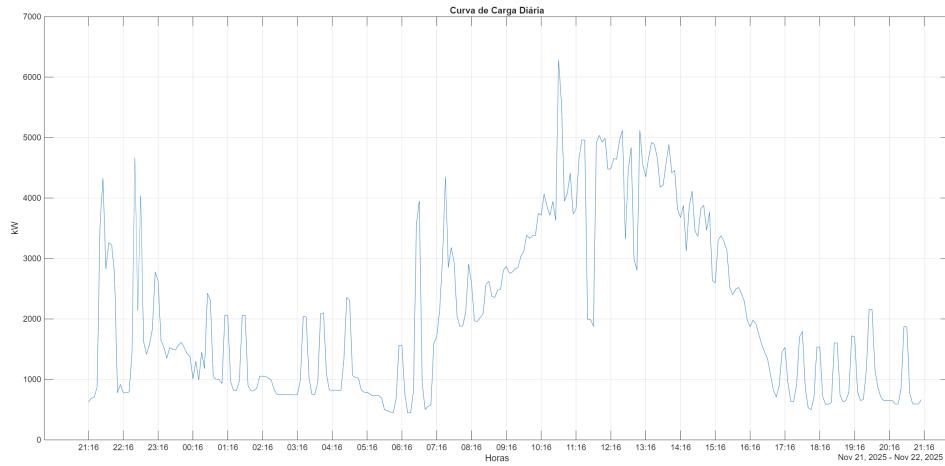


Figura 5 – Curva Produtor 1

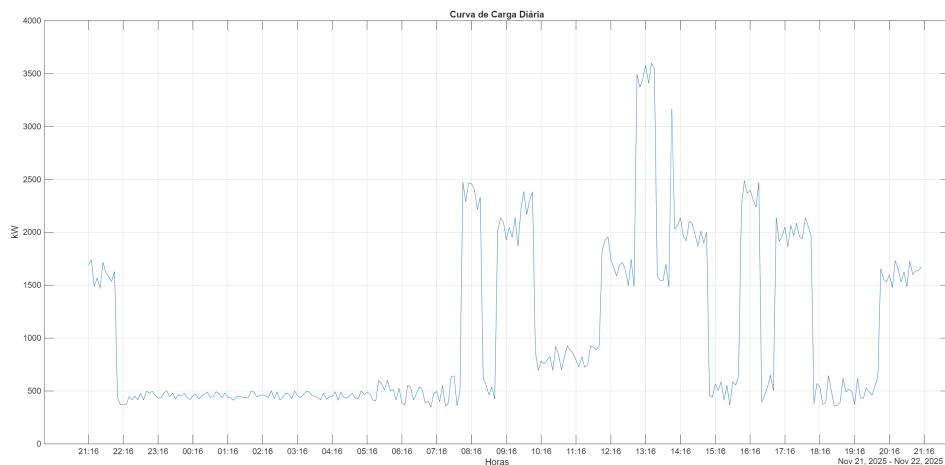


Figura 6 – Curva Produtor 2

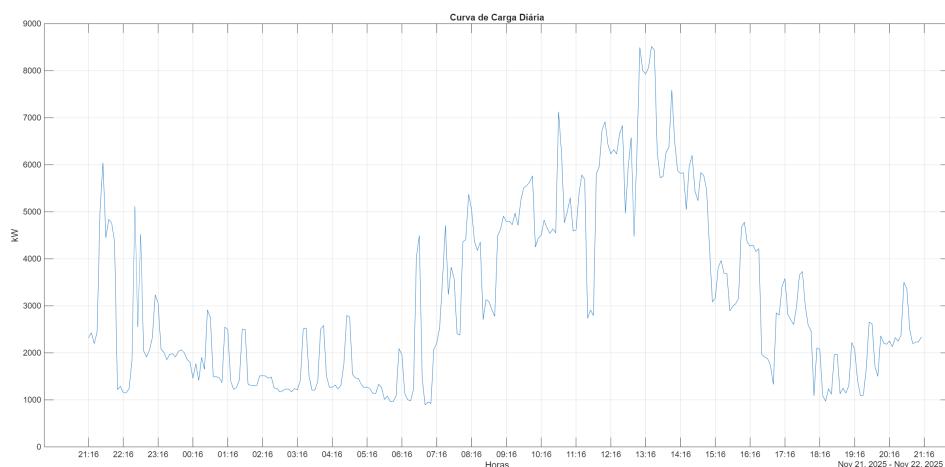


Figura 7 – Curva de Demanda a ser atendida

Além destas principais curvas também obtivemos informações importantes do consumidor, tais como Fator de potência e eventos na rede (Gráficos sem tratamento, retirados direto do aparelho):

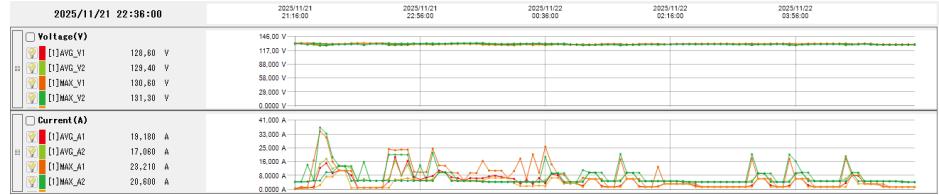


Figura 8 – Tensão e corrente



Figura 9 – Potências

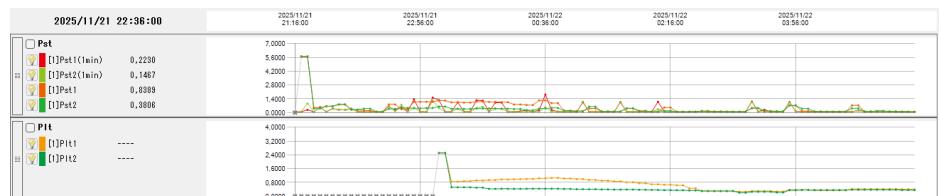


Figura 10 – Eventos (Flicker)

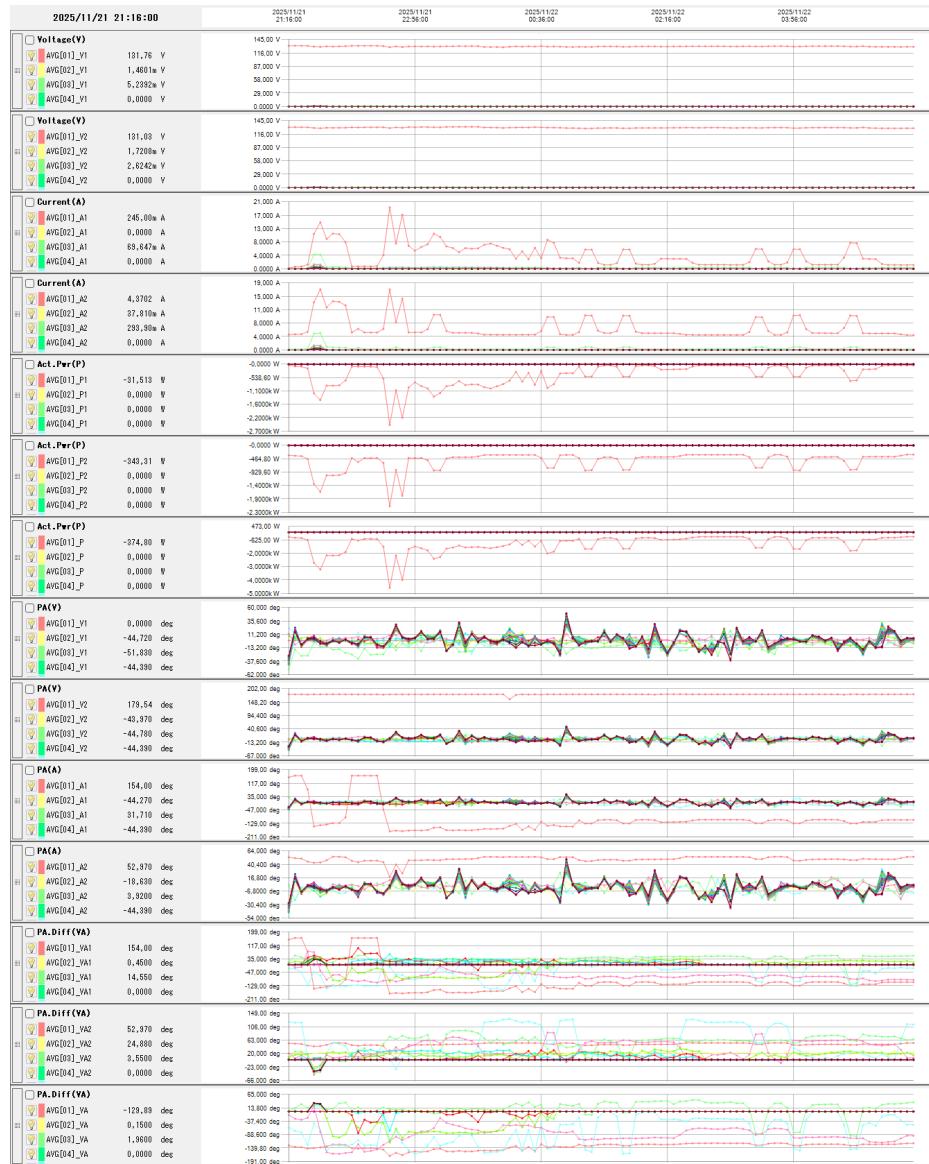


Figura 11 – Harmônicos

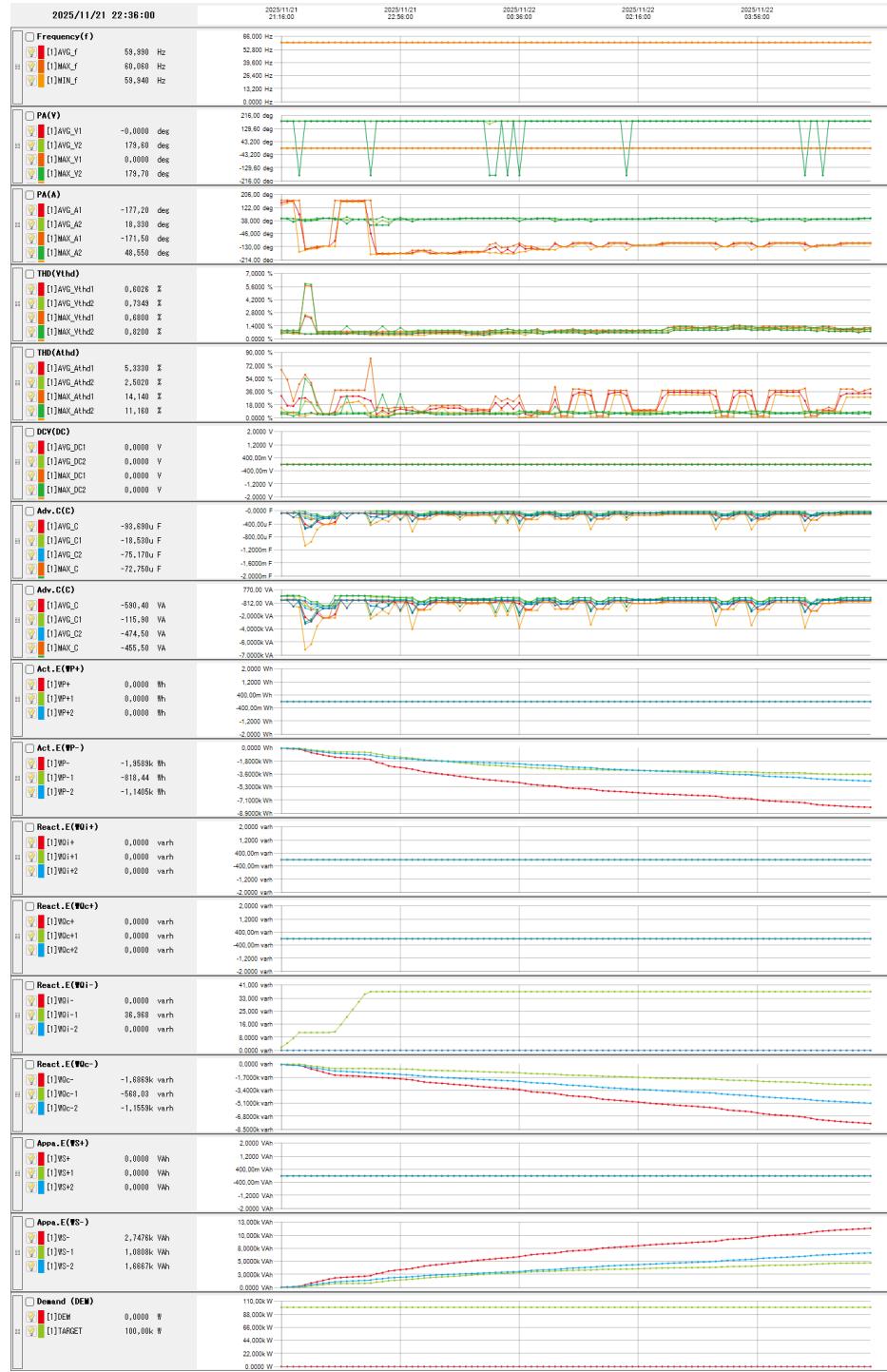


Figura 12 – Demais gráficos disponíveis

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:

$$\text{Fator de Carga (FC)} = \frac{\text{Demanda Média}}{\text{Demanda Máxima}} \quad (2.5)$$

3 Projeto da PCH

A PCH será projetada baseando-se na análise do rio e da demanda dos consumidores.

3.1 Demanda

Com base na curva de carga, as demandas obtidas são:

	Consumidor 1	Consumidor 2	Total
Demandra Média [kW]	1707,5	553,5	2529
Demandra Máxima [kW]	6282	3599,3	8517,3
Demandra Mínima [kW]	446,2	350,3	890,77

Tabela 3 – Demandas

Utilizando a eq. 2.5, o fator de carga pode ser calculado como:

$$FC = \frac{2529}{8517,3} = 0,3 \quad (3.1)$$

Utilizando um fator de segurança, definiu-se que a demanda a ser atingida é de 15 kW. Nota-se que, como o fator de carga é baixo é possível a utilização de uma geração bem inferior a demanda máxima e baterias para suprir a demanda de pico.

3.2 Capacidade Hidráulica

Após contato com o órgão responsável, SANEPAR, descobriu-se que o rio de interesse não possui captação, portanto não possui dados suficientes para a análise, porém o rio que dá origem ao rio Lontras, chamado Rio Corumbataí, possui estudos e, a partir destes, serão estimados os parâmetros para o rio Lontras.

Pelo estudo é possível verificar que a vazão do rio varia de 1 a 4 m^3/s , adotando-se 2 m^3/s como vazão típica e, pela análise do terreno, definiu-se uma máxima queda d'água de 2 m.

Portanto a energia potencial hídrica pode ser calculada utilizando a eq. 2.1:

$$P = 9,81 \times 2 \times 2 = 39,24kW \quad (3.2)$$

O valor de 39,24kW representa a potência bruta (ou máxima). Para estimar a potência real é necessário definir os parâmetros da turbina e do gerador.

3.3 Turbina e Gerador

A turbina a ser utilizada será do modelo Kaplan. O rendimento total para o conjunto de turbina e gerador é dado como $\eta_{TOT} = 0,7$, portanto a capacidade de geração é dada como:

$$P = 39,24 \times 0,7 = 27,5kW \quad (3.3)$$

Considerando a demanda de 15 kW existem 2 cenários que podem ser analisados, uma geração de 15 kW para suprir a demanda, ou uma geração de 25 kW para aproveitar a potência hídrica máxima.

3.4 Tubulação

É necessário ainda definir o tamanho da tubulação, para tal, definiu-se os parâmetros:

$$h_f = 10\% = 0,2 \text{ m}$$

Material = Aço Carbono

f = 0,02 (para o Aço Carbono)

L = 30 m

D = 1 m

Assim utilizando as equações 2.4 e 2.3, tem-se:

$$V = \frac{4 \times 2}{\pi \times 1^2} = 2,54 \text{ m/s} \quad (3.4)$$

$$h_f = \frac{0,02 \times 30 \times 2,54^2}{2 \times 9,81} = 0,198 \text{ m} \quad (3.5)$$

Portanto uma tubulação em aço carbono com diâmetro de 1 m atende as necessidades do projeto.

3.5 Análise ambiental

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

O projeto de uma MCH (Micro Central Hidrelétrica) deve seguir requisitos legais e regulatórios que assegurem a sustentabilidade ambiental, a segurança jurídica e a conformidade técnica do empreendimento. Esses requisitos estão fundamentados em legislações federais, estaduais e normas específicas do setor elétrico, conforme descrito a seguir:

1. Outorga de Uso da Água

A utilização dos recursos hídricos para geração de energia elétrica depende da obtenção da outorga de direito de uso da água, conforme previsto na Lei nº 9.433 [Brasil 1997]. Essa autorização é concedida pela Agência Nacional de Águas (ANA) ou pelo órgão gestor estadual, garantindo que o uso da água não comprometa outros usos múltiplos e a preservação do corpo hídrico.

2. Licenciamento Ambiental

O licenciamento ambiental é obrigatório e segue as diretrizes da Lei nº 6.938 [Brasil 1981]. Para MCHs, geralmente é possível utilizar procedimentos simplificados, como Relatório Ambiental Simplificado (RAS), devido ao menor impacto ambiental em comparação com grandes usinas.

3. Cadastro na Distribuidora e Conexão à Rede

Diferentemente das PCHs, as MCHs se enquadram como microgeração ou minigeração distribuída, conforme a Lei nº 14.300 [Brasil 2022] e a Resolução Normativa ANEEL nº 1.059 [ANEEL 2023]. Isso significa que não é necessária uma outorga específica da ANEEL para exploração do potencial hidráulico, mas sim o cadastro no Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE) e a adequação às normas do PRODIST para conexão segura à rede.

4. Normas Técnicas e Segurança

A instalação deve atender às normas técnicas aplicáveis, incluindo as normas NR-10 e NR-12 da ABNT [ABNT 2023], garantindo segurança elétrica e mecânica.

No mais, podem ser exigidas autorizações adicionais, como anuência do IPHAN (Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional) em áreas de relevância arqueológica e regularização fundiária da área do empreendimento. No entanto, o processo para MCHs é mais ágil que para PCHs, podendo ser concluído em poucos meses, dependendo da complexidade ambiental e da tramitação junto à distribuidora.

3.6 Análise Econômica

3.6.1 Composição do CAPEX

O CAPEX (Capital Expenditure) representa o investimento necessário para a implantação da Micro Central Hidrelétrica (MCH). Para este estudo, adotou-se um custo médio de R\$ 12.000 por kW instalado, baseado em benchmarks do setor e no simulador de empreendimentos da ANEEL [(ANEEL) 2025]. A distribuição do CAPEX entre as categorias foi estimada conforme percentuais típicos: Obras Civis (35%), Equipamentos Eletromecânicos (25%), Equipamentos Elétricos (10%), Conexão à Rede (5%), Engenharia e Projetos (8%), Licenciamento e Outorga (5%), Mobilização e Logística (7%) e Contingências (5%).

1. Obras Civis

Incluem a construção das estruturas físicas essenciais para o funcionamento da usina, como:

- Canal de adução ou tubulação forçada;
- Casa de força para abrigar turbina e gerador;
- Fundação e obras complementares (escavações, concreto, drenagem).

2. Equipamentos Eletromecânicos

Responsáveis pela conversão da energia hidráulica em elétrica:

- Turbina Kaplan (adequada para baixa queda e alta vazão);
- Gerador síncrono ou assíncrono;
- Sistema de acoplamento (eixo, acoplamentos, mancais);
- Sistema de controle e automação (painéis, sensores, reguladores).

3. Equipamentos Elétricos

Garantem a integração da geração com a rede elétrica:

- Quadros elétricos e painéis de comando;
- Transformador elevador para conexão à rede;
- Sistema de proteção e medição;
- Cabos e infraestrutura elétrica interna.

4. Conexão à Rede

Inclui:

- Linha de transmissão ou rede de distribuição até o ponto de conexão;
- Adequações exigidas pela concessionária (proteções, medidores homologados).

5. Engenharia e Projetos

Abrange:

- Projeto básico e executivo (civil, elétrico, mecânico);
- Estudos hidrológicos e topográficos;
- Consultoria técnica especializada.

6. Licenciamento e Outorga

Compreende:

- Estudos ambientais (EIA/RIMA ou simplificado);
- Taxas de licenciamento junto aos órgãos competentes;
- Outorga de uso da água.

7. Mobilização e Logística

Inclui:

- Transporte de equipamentos;
- Instalação e montagem;
- Custos de mobilização de equipe e máquinas.

8. Contingências

Corresponde a 5% a 10% do CAPEX total, destinado a cobrir imprevistos.

Tabela 4 – Composição do CAPEX por Categoria (R\$)

Categoria	Cenário 1 (15 kW)	Cenário 2 (25 kW)
Obras Civis	63.000	105.000
Equipamentos Eletromecânicos	45.000	75.000
Equipamentos Elétricos	18.000	30.000
Conexão à Rede	9.000	15.000
Engenharia e Projetos	14.400	24.000
Licenciamento e Outorga	9.000	15.000
Mobilização e Logística	12.600	21.000
Contingências	9.000	15.000
Total	180.000	300.000

O Cenário 2 (25 kW) apresenta maior investimento total, mas também maior aproveitamento do potencial hídrico, o que tende a melhorar indicadores econômicos como VPL e TIR. É possível observar que as categorias Obras Civis e Equipamentos Eletromecânicos representam juntas cerca de 60% do CAPEX, sendo os principais componentes do custo. Essa informação é relevante para estratégias de otimização e negociação com fornecedores.

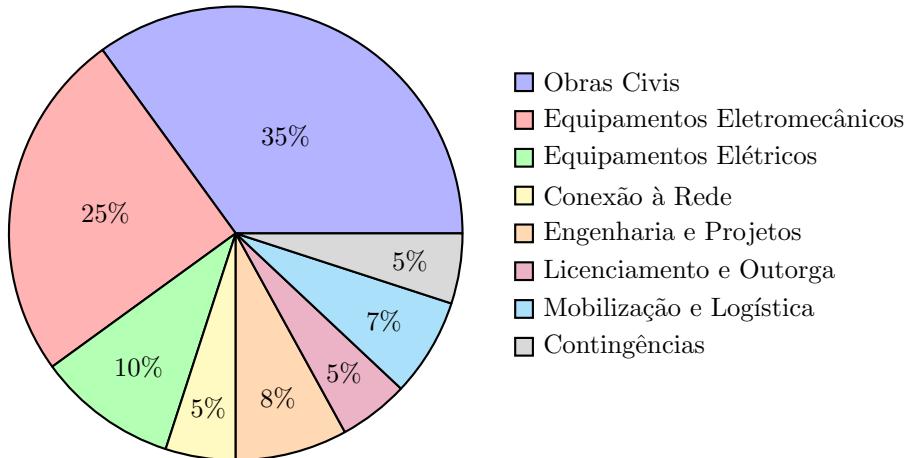


Figura 13 – Composição do CAPEX por Categoria (Cenário 25 kW)

3.6.2 Análise Financeira: VPL e TIR

Para avaliar a viabilidade econômica da implantação da Micro Central Hidrelétrica (MCH), foram calculados os indicadores financeiros Valor Presente Líquido (VPL) e Taxa Interna de Retorno (TIR) para os dois cenários apresentados: 15 kW e 25 kW. Ambos os cenários apresentam indicadores econômicos atrativos, com TIR superior à taxa de desconto e payback relativamente curto. O Cenário 2, apesar do maior investimento inicial, oferece maior VPL e melhor aproveitamento do potencial hídrico, tornando-se mais vantajoso para maximizar retorno financeiro.

Tabela 5 – Comparativo Econômico entre Cenários

Indicador	Cenário 1 (15 kW)	Cenário 2 (25 kW)
CAPEX (R\$)	180.000	300.000
Receita Anual (R\$)	49.275	82.125
VPL (R\$)	193.532,61	322.554,35
TIR (%)	24,05	24,05
Payback (anos)	5	5

O Cenário 2 é economicamente mais vantajoso, pois apresenta maior VPL e aproveita melhor o potencial hídrico disponível, mantendo uma TIR elevada e um payback aceitável.

3.7 Comparação com fotovoltaico

Existem duas análises que podem ser feitas:

3.7.1 Sistema equivalente

A primeira análise é um sistema fotovoltaico equivalente capaz de gerar 25 kW.

Levando em consideração que atualmente o preço que as empresas estipulam por Wp varia de R\$2,50 a R\$6,50, e que um sistema fotovoltaico não gera de noite, estipulamos para um sistema que gere equivalente a MCH de 25kW o preço de R\$320.000,00, ou seja, o valor considerado para um sistema que irá gerar em média 153,18kWh/ano.

3.7.2 Sistema baseado na demanda

A segunda análise é um sistema fotovoltaico capaz de suprir a demanda.

Neste cenário, devido a característica da geração coincidir a característica da demanda, o sistema fotovoltaico leva vantagem pois precisa ter apenas 9kWp, sendo assim, o custo de instalação seria algo em torno de R\$60.000,00, valor bem inferior ao da MCH equivalente.

4 Conclusão

Foi realizado um estudo sobre a viabilidade da utilização de PCH e a comparação com um sistema fotovoltaico para um aplicação agrícola. Para tal, realizou-se o levantamento de dados *in Loco* da demanda de dois produtores rurais, assim como uma análise do rio onde seria possivelmente construído a PCH.

Ao realizar a análise percebeu-se que a capacidade hídrica do rio é muito superior a geração desejada, sendo assim, foram analisados dos casos, um de geração máxima e outro de geração equivalente a demanda.

O sistema fotovoltaico leva vantagem no caso em que a geração precisa apenas suprir a demanda. Considerando o tipo de carga, a geração fotovoltaica coincide com a demanda horária, viabilizando ainda mais para o caso de apenas suprir a demanda.

No projeto de uma central hidroelétrica há altos custos de construção e diversas obrigações e impedimentos legais que devem ser considerados. Para uma visão econômica a PCH gerará lucro com o passar do tempo, porém deve-se observar a necessidade de adentrar o mercado de energia (ACL) para comércio de geração residual e maiores vantagens monetárias.

Referências

- [ABNT 2023]ABNT. *Normas Técnicas NR-10 e NR-12. Segurança em instalações elétricas e máquinas.* 2023. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Disponível em: <<https://www.abnt.org.br>>.
- [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.
- [ANEEL 2023]ANEEL. *Guia sobre PCHs.* 2023. Disponível em: <<https://canalsolar.com.br/pch-guia-completo/>>.
- [ANEEL 2023]ANEEL. *Resolução Normativa nº 1.059, de 2023. Regulamenta a geração distribuída no Brasil.* 2023. Agência Nacional de Energia Elétrica, Brasília. Disponível em: <<https://www.aneel.gov.br>>.
- [(ANEEL) 2025](ANEEL), A. N. de E. E. *Banco de Preços de Referência – Simulador oficial.* 2025. Acesso em: 30 nov. 2025. Disponível em: <<https://bprs simulador.aneel.gov.br/>>.
- [Brasil 1981]BRASIL. *Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente.* 1981. Diário Oficial da União, Brasília. Disponível em: <<https://www.planalto.gov.br/ccivil03/leis/l6938.htm>>.
- [Brasil 1997]BRASIL. *Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos.* 1997. Diário Oficial da União, Brasília. Disponível em: <<https://www.planalto.gov.br/ccivil03/leis/l9433.htm>>.
- [Brasil 2022]BRASIL. *Lei nº 14.300, de 6 de janeiro de 2022. Institui o Marco Legal da Geração Distribuída.* 2022. Diário Oficial da União, Brasília. Disponível em: <<https://www.planalto.gov.br/ccivil03/leis/l14300.htm>>.
- [Costa 2017]COSTA, F. F. *Impactos Ambientais das Pequenas Centrais Hidrelétricas do Estado de Rondônia.* [S.l.]: Universidade de Brasília, 2017.
- [Energy 2023]ENERGY, O. *O que é uma Micro Central Hidroelétrica (MCH)?* 2023. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=n5uZUwYy7s>>.
- [Junior 2022]JUNIOR, M. B. *Pequenas Centrais Hidrelétricas e Centrais Geradoras Hidrelétricas: Impactos Ambientais.* [S.l.]: UNILAB, 2022.
- [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. *RETSscreen 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>>.
- [Renk 2023]RENK, Z. *O que é PCH?* 2023. Disponível em: <<https://zarinirenk.com.br/o-que-e-pch>>.