Encontro Nacional do Programa de Formação de Recursos Humanos da ANP - 2026

Análise numérica de um sistema *off-grid* híbrido solar-hidrocinético utilizando o *software* HOMER

Andrey mendes de Moraes; Dr. Silvio Bispo do Vale; Me. Jean Carlos de Almeida Nobre.

PRH 60/UFPA

Tipo de bolsa: Graduação

Universidade Federal do Pará (UFPA)

Gestão:

SUMÁRIO

1. CONTEXTUALIZAÇÃO, PROBLEMA E PROPOSTA Slide 3

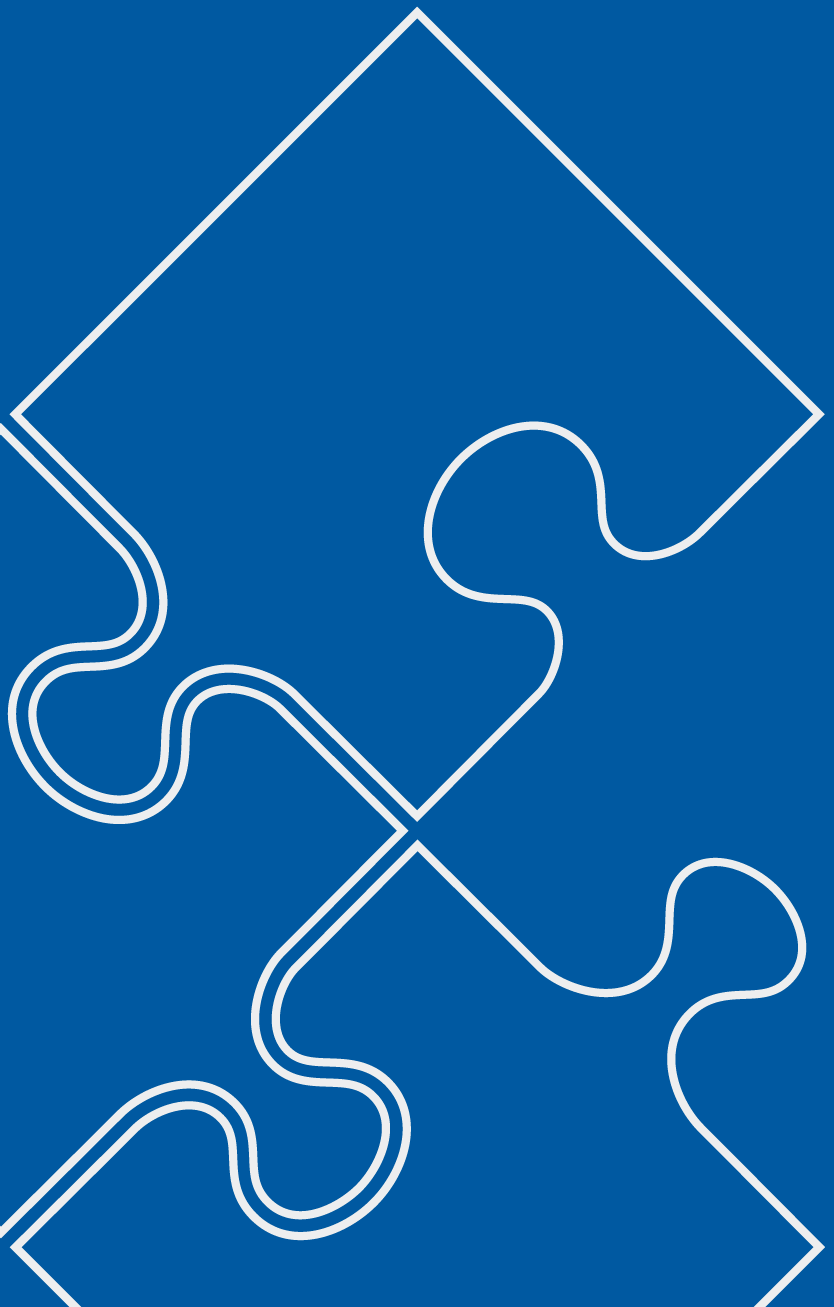
2. OBJETIVOS Slide 5

3. METODOLOGIA Slide 7

4. RESULTADOS OBTIDOS Slide 10

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES Slide 13

6. REFERÊNCIAS E AGRADECIMENTOS Slide 15



#1

Contextualização, Problema e Proposta

CONTEXTUALIZAÇÃO, PROBLEMA E PROPOSTA

- **Desafio amazônico:** Energia cara e de logística difícil;
- **Problema do diesel:** Altos custos financeiros e ambientais (emissões);
- **Proposta do projeto:** Sistema híbrido *off-grid* (solar-hidrocinético) em Mangará (Acará-PA);
- **Vantagem técnica:** Fontes complementares permitem um sistema mais compacto e eficiente;
- **Sustentabilidade:** Descarbonização alinhada aos ODS 7/13 (ONU) e à COP30.

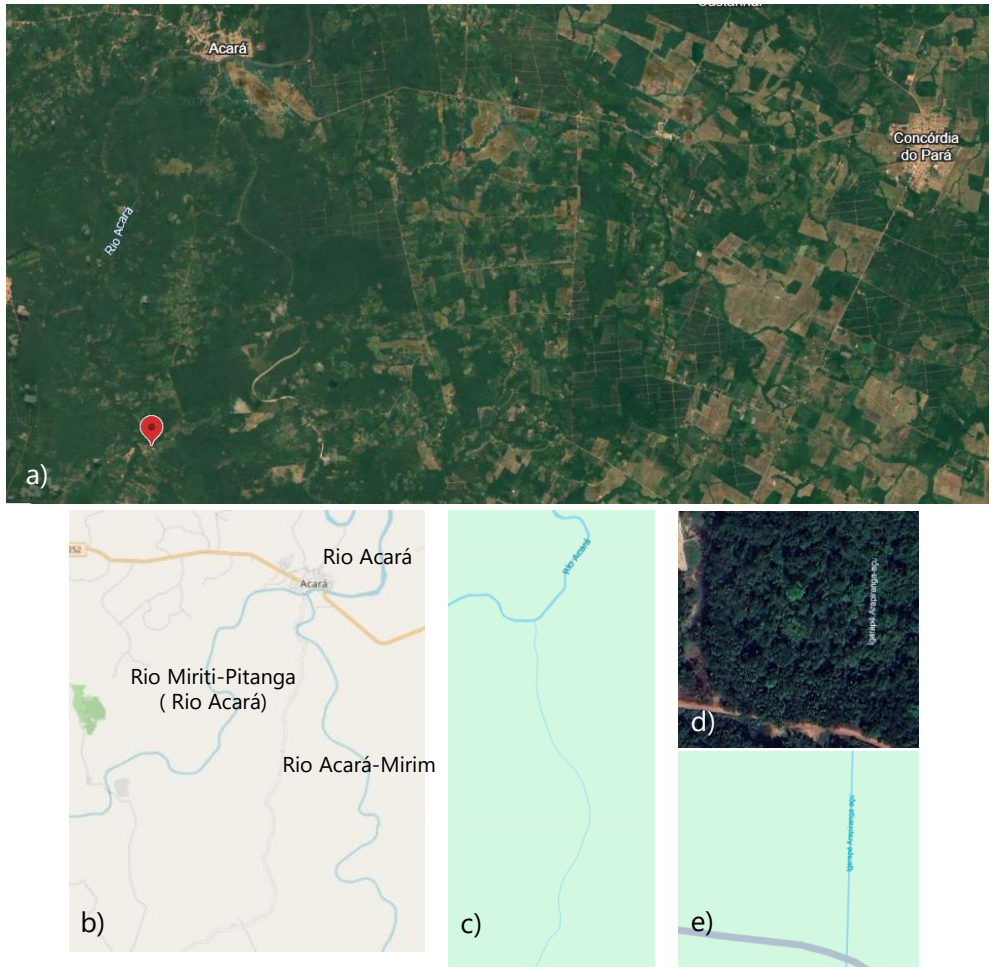
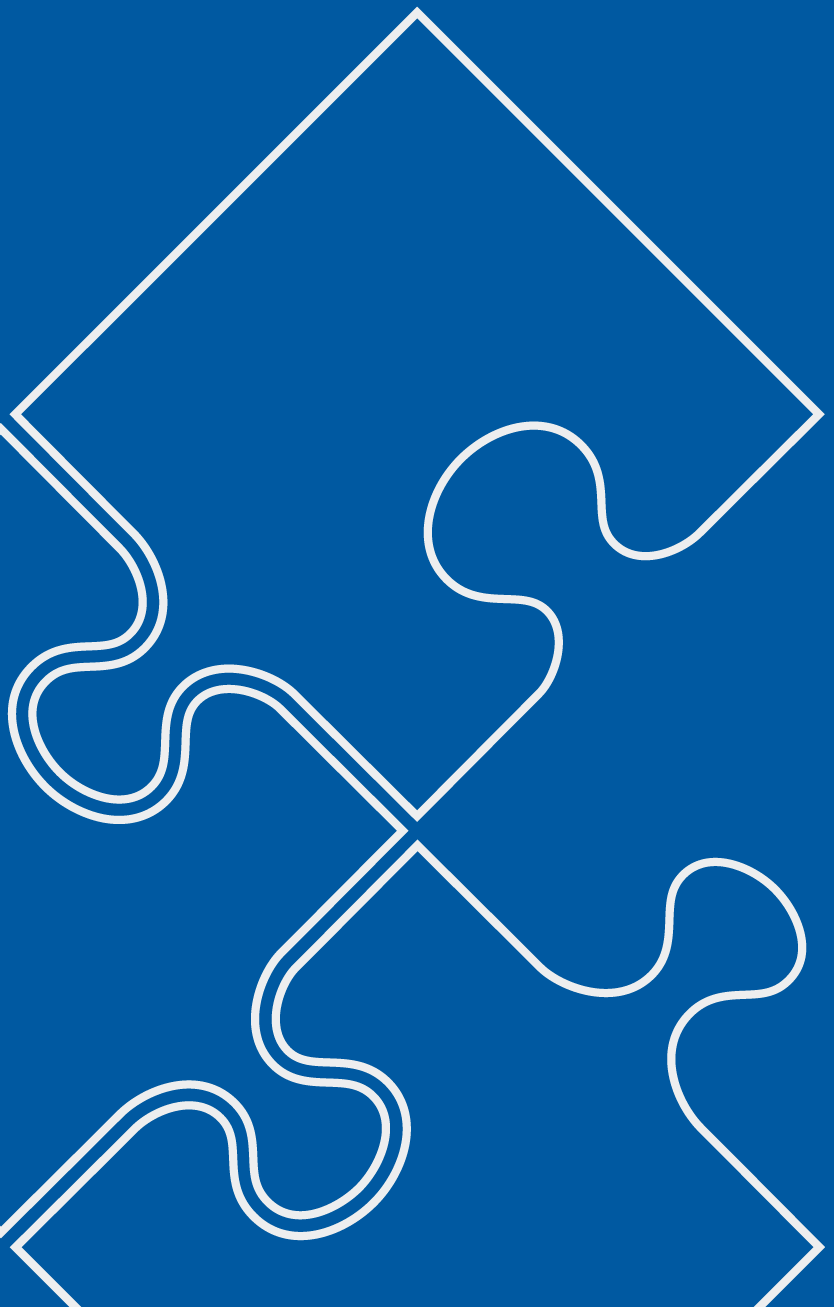


Figura 1: *Localização da Comunidade Mangará em Acará-PA (a) e detalhamento da rede fluvial local (b-e).* Fonte: Adaptado de Google Earth (2026).



#2

Objetivos

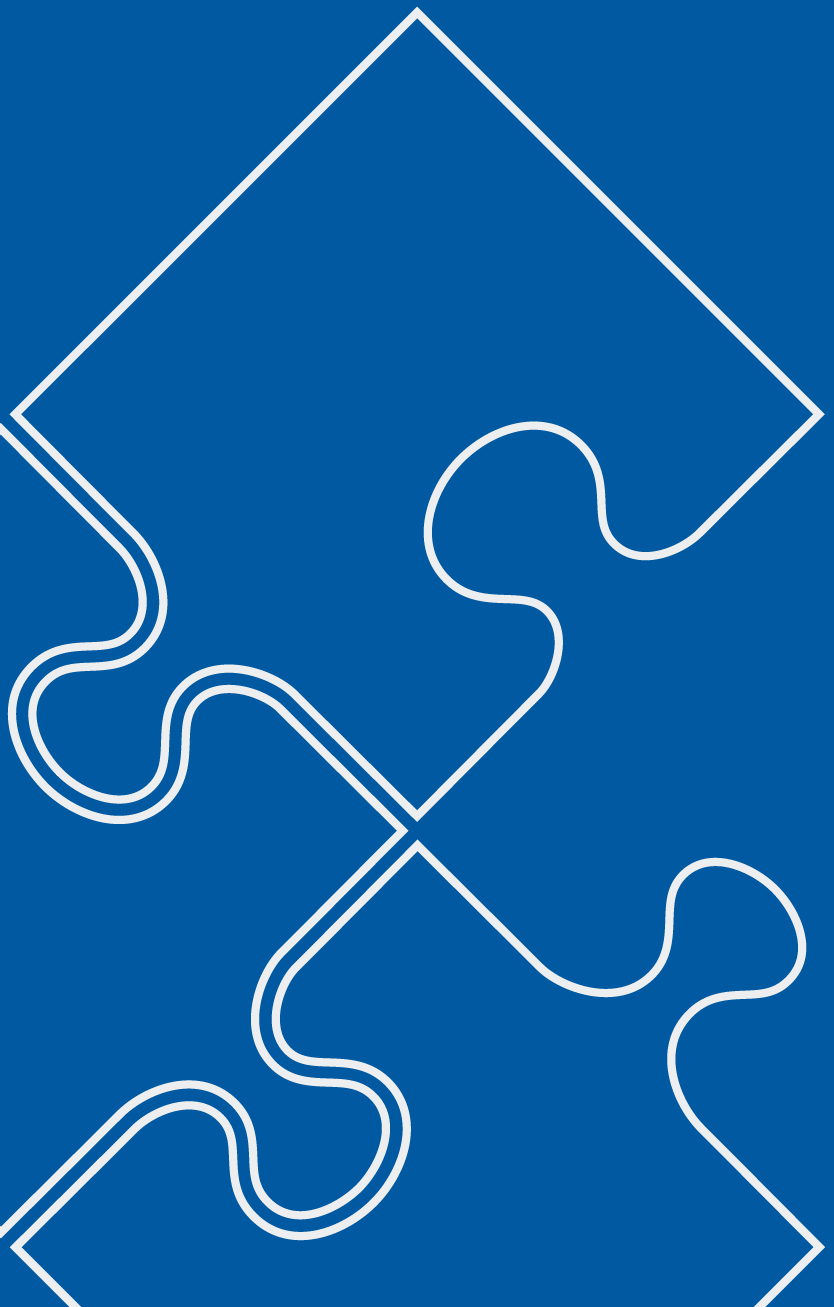
OBJETIVOS

Objetivo Geral:

Avaliar numericamente o desempenho técnico-econômico do sistema híbrido via simulações computacionais.

Objetivos Específicos:

- Recolher e avaliar dados climáticos e de escoamento;
- Estimar a curva de carga elétrica do perfil de consumo local;
- Dimensionar e simular os arranjos da microrrede;
- Realizar análise e formular recomendações;



#3

Metodologia

METODOLOGIA: RECURSOS CLIMÁTICOS E CARGA

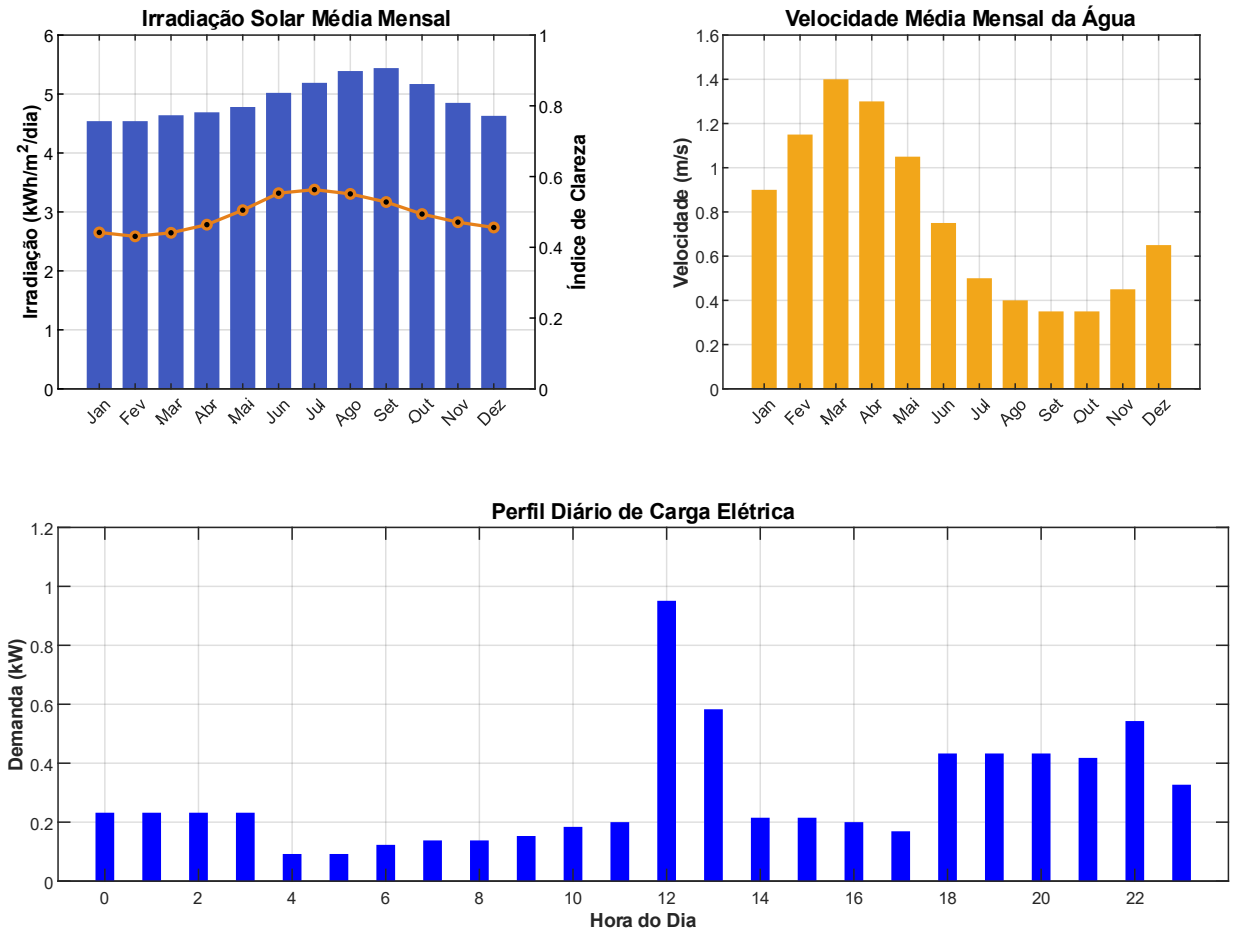


Figura 2: *Dados de entrada da simulação: disponibilidade sazonal dos recursos solar e hidrocinético e estimativa do perfil diário de carga elétrica.* Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

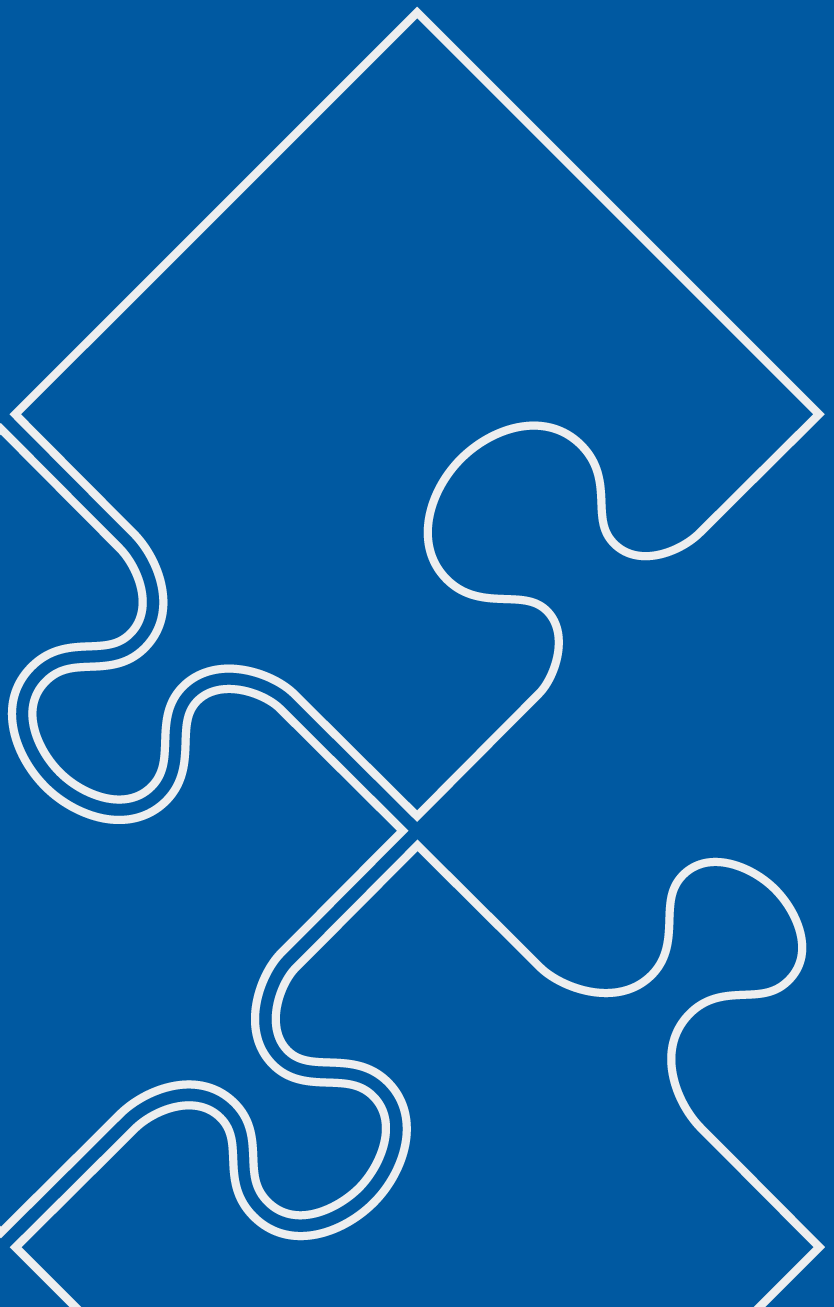
- **Potencial Climático (NASA/CRESESB):** Irradiação solar de 4,91 kWh/m²/dia e velocidade da água de 0,77 m/s;
- **Demanda de Energia:** Consumo médio de 6,97 kWh/dia (pico de 1,41 kW);
- **Projeção:** Margem de segurança de 10% para crescimento, considerando variabilidade aleatória (7,67 kWh/dia, 1,55 kWp).

METODOLOGIA: PARÂMETROS TÉCNICO-ECONÔMICOS

- **Variáveis Financeiras:** Taxa de desconto de 10% (FNO), inflação de 4,5% e custos de O&M em 5% do CAPEX;
- **Critérios Operacionais:** Horizonte de projeto de 25 anos (EPE, 2022) e escassez de suprimento (LPSP) restrita a 5%;
- **Configuração Física:** Módulos solares de 245 Wp, turbina hidrocinética de 0,5 kW, baterias de 105 Ah (estado mínimo de carga de 40%) e inversor de 2,00 kW.



Figura 3: *Hidroturbina DCO, modelo HTG1. Fonte: DCO Sustentável (2026).*



#4

Resultados Obtidos

RESULTADOS: DIMENSIONAMENTO DA ARQUITETURA

- **Restrição Técnica:** Arranjos subdimensionados são inviáveis por excederem o limite de 5% de déficit energético;
- **Configuração Definida:** 3,08 kWp em módulos fotovoltaicos, turbina de 0,5 kW, 8 baterias (105 Ah) e inversor de 2,00 kW;
- **Desempenho Operacional:** O dimensionamento assegura 20,2 horas de autonomia para a microrrede;
- **Análise Financeira:** Custo Presente Líquido (NPC) de R$ 102.373,00 e Custo Nivelado de Energia (LCOE) de R$ 2,79/kWh.

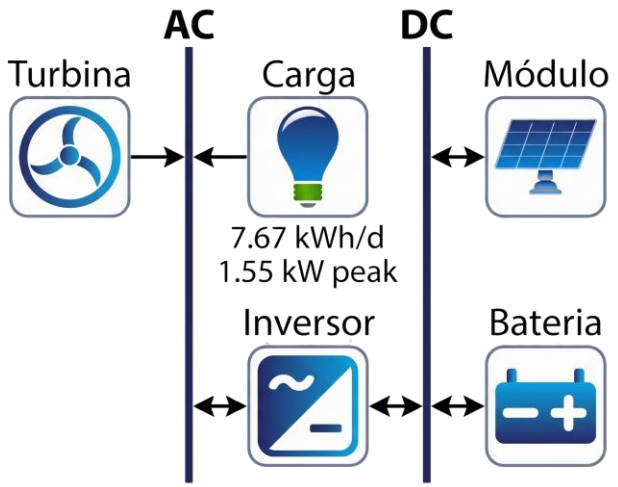


Figura 4: *Diagrama esquemático do arranjo híbrido.*
Fonte: Software HOMER Pro (2026).

RESULTADOS: DESPACHO, SAZONALIDADE E IMPACTO

- **Matriz Energética:** Fotovoltaica (87,4%) e Hidrocinética (12,6%);
- **Sazonalidade:** Aporte fotovoltaico supre a baixa vazão durante o período de estiagem;
- **Dimensionamento Crítico:** Baixa irradiação e escoamento exigem expansão do sistema (módulos e baterias);
- **Benefícios do Projeto:** Eliminação dos gastos logísticos com diesel e mitigação acumulada de 111,57 toneladas de emissões de CO_2.

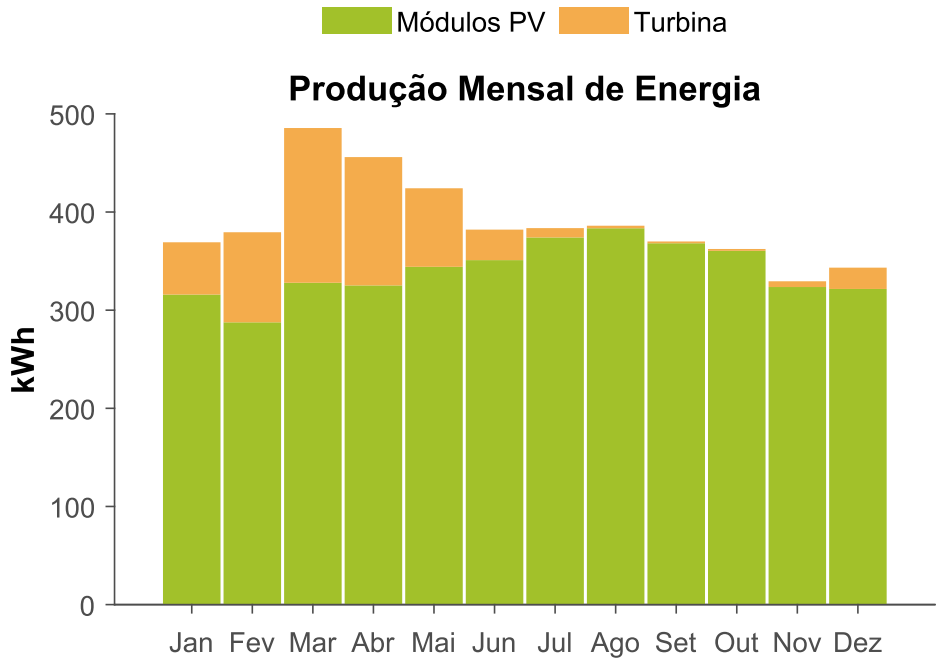
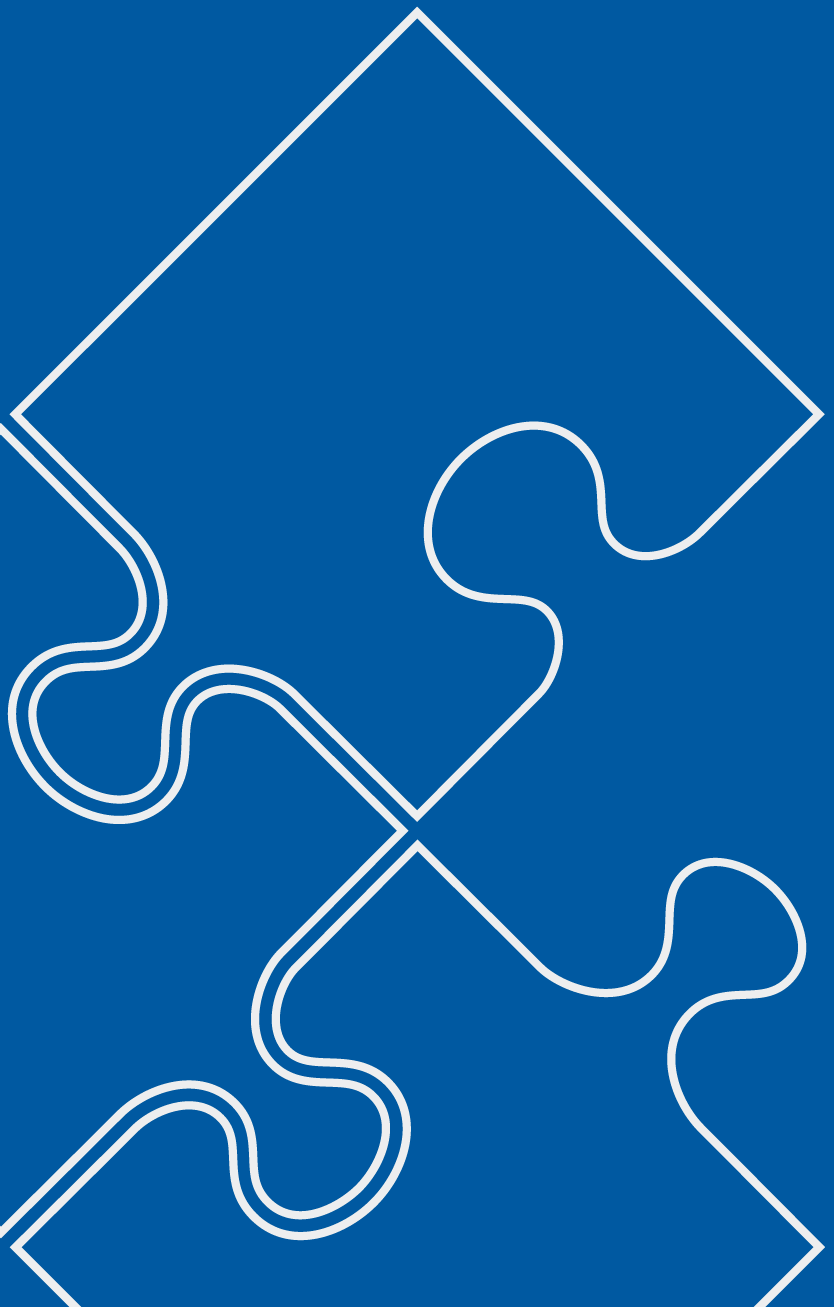


Figura 5: *Produção mensal de energia do sistema híbrido. Fonte: Elaborado pelo autor (2026).*



#5

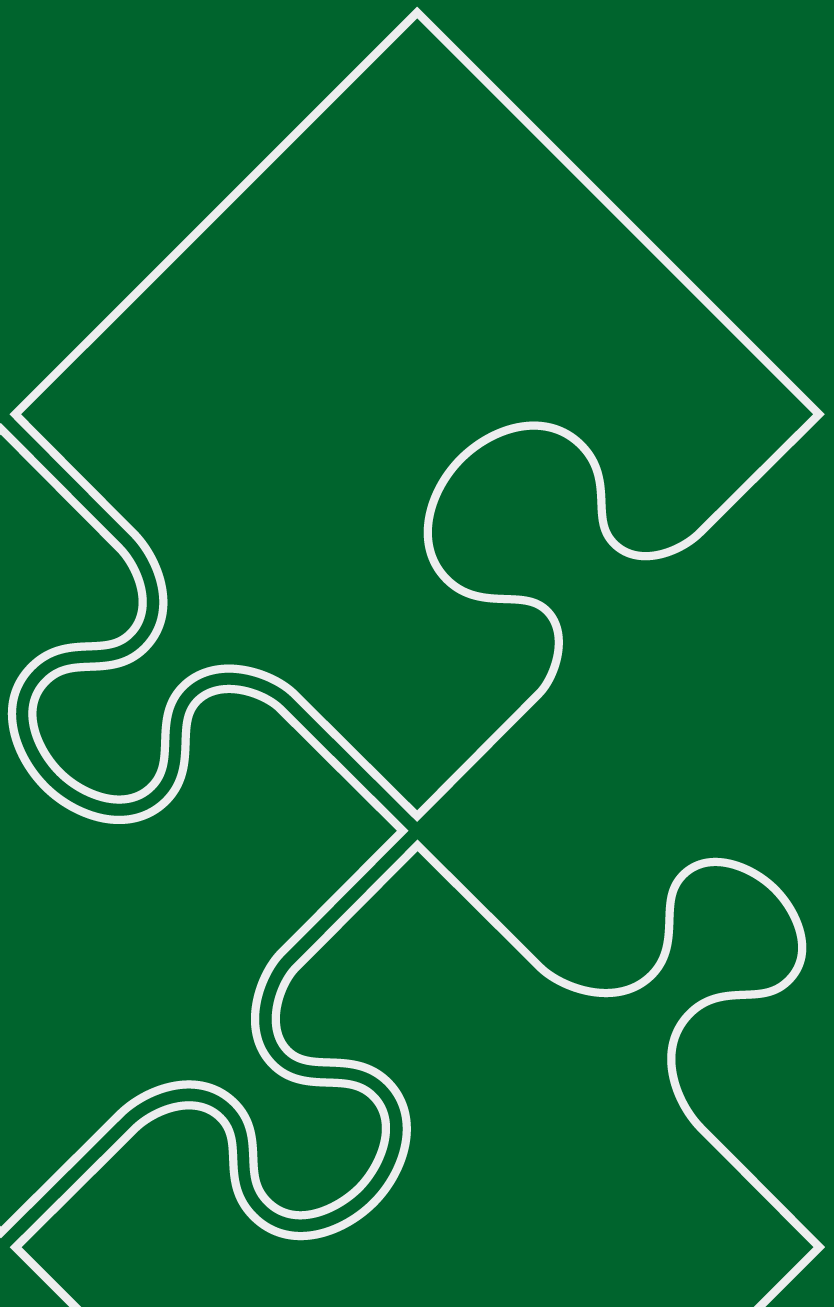
Conclusões e Recomendações

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

- **Viabilidade Técnica:** A otimização computacional atesta a aplicabilidade da hibridização para sistemas elétricos isolados;
- **Eficiência de Componentes:** Recomenda-se a adoção de equipamentos com alta eficiência certificada (selo PROCEL);
- **Mitigação Sazonal:** A compensação das variações hídricas exige o dimensionamento adequado da geração fotovoltaica e do sistema de baterias.



Figura 6: *Alinhamento dos resultados do arranjo híbrido aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Fonte: ONU (2026).*



#6

Referências e Agradecimentos

REFERÊNCIAS

ALVES, N. de S. **Mapeamento hidromorfodinâmico do complexo fluvial de Anavilhanas**: contribuição aos estudos de geomorfologia fluvial de rios amazônicos. 2015. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

BLASQUES, L. C. M.; VALE, S. B. do. Alternativas para a sustentabilidade de sistemas de geração de energia com fontes renováveis em comunidades isoladas. *In*: ENCONTRO NACIONAL SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS (ELECS), 6., 2011, Vitória. **Anais** [...]. Vitória: ANTAC, 2011.

BROWN, E. et al. Feasibility of hybrid in-stream generator–photovoltaic systems for Amazonian off-grid communities. **PNAS Nexus**, [S. l.], v. 1, n. 3, p. 1-9, 2022.

CRUZ, J. S.; BLANCO, C. J. C.; BRASIL JUNIOR, A. C. P. Flow-velocity model for hydrokinetic energy availability assessment in the Amazon. **Acta Scientiarum. Technology**, Maringá, v. 42, e45703, 2020.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. Plano Decenal de Expansão de Energia 2031. Brasília: MME/EPE, 2022.

FERREIRA, D. B. da S.; SOUZA, E. B. de; OLIVEIRA, J. V. de. Identificação de extremos de precipitação em municípios do estado do Pará e sua relação com os modos climáticos atuantes nos oceanos Pacífico e Atlântico. **Revista Brasileira de Climatologia**, [S. l.], v. 27, p. 197-222, 2020.

REFERÊNCIAS

FOFANG, T. F.; TANYI, E. Design and simulation of off-grid solar/mini-hydro renewable energy system using Homer Pro software: case of Muyuka rural community. **International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)**, [S. l.], v. 9, n. 9, p. 604-610, 2020.

ILEBERI, G. R.; LI, P. Integrating hydrokinetic energy into hybrid renewable energy system: optimal design and comparative analysis. **Energies**, [S. l.], v. 16, n. 8, p. 3403, 2023.

KUSAKANA, K.; VERMAAK, H. J. Hydrokinetic power generation for rural electricity supply: case of South Africa. **Renewable Energy**, [S. l.], v. 55, p. 467-473, 2013.

PINHO, J. T. et al. **Sistemas Híbridos**: soluções energéticas para a Amazônia. 1. ed. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2008. 396 p. (Série Soluções Energéticas para a Amazônia).

PINHO, J. T.; GALDINO, M. A. (org.). **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos**. Edição revisada e atualizada. Rio de Janeiro: CEPEL/CRESESB, 2014.

VERMAAK, H. J.; KUSAKANA, K.; KOKO, S. P. Status of micro-hydrokinetic river technology in rural applications: a review of literature. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [S. l.], v. 29, p. 625-633, 2014.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Faculdade de Engenharia de Energia da UFPA/CANAN, ao grupo de pesquisa ReTEC, aos orientadores, ao antigo e ao novo coordenador pelo suporte técnico e científico. Estendo o reconhecimento à ANP, ao PRH-ANP e à FAPESP pelo fomento que viabilizou este estudo.

RETEC
Renewable Energy Technology

Engenharia de Energia
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE ANANINDEUA

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
UFPA

UFPA CANAN
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE ANANINDEUA

prh anp 60/UFPA

anp

Gestão:

FAPESP



Andrey Mendes de Moraes

Dados para contato

Email: andrey.moraes@itec.ufpa.br

Linkedin: /in/andreymmoraes42/


prh anp


anp
Gestão:
FAPESP