

Geração de energia elétrica

Escopo de projeto - Etapa 1

Diego Adriano Bovo Ceola
Murilo da Silva Franciscato
Victor Farineli Barbosa

Apucarana
2025

1 Tema proposto

Desenvolvimento de um sistema de microgeração híbrido Solar-Diesel para uma comunidade isolada na Amazônia, focando na confiabilidade e na redução do consumo de combustíveis fósseis

1.1 Análise do tema proposto

Para uma análise da problemática nos basearemos em uma dissertação de mestrado, esta foi desenvolvida para realizar: Avaliação de desempenho dos sistemas isolados no estado do Amazonas a partir de um estudo de caso: o município de Uarini (AM). Do trabalho usaremos alguns dados como, a curva de carga da usina termelétrica de Uarini (Soares, 2008).

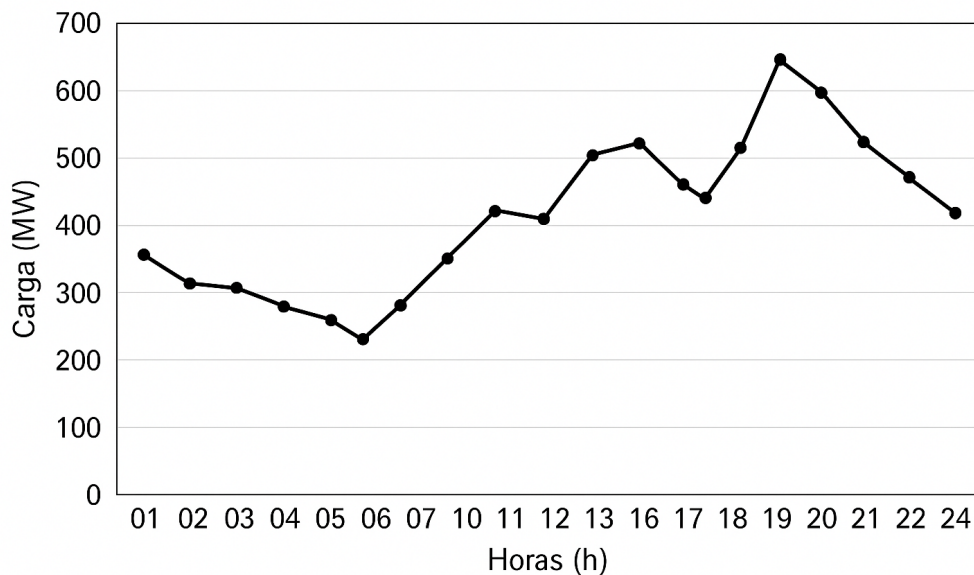
2 Obtenção da curva de carga

A curva de carga obtida através do estudo de caso do município de Uarini, no estado do Amazonas. O presente município possui em seu território mais de 46 comunidades isoladas. A usina termelétrica de Uarini tem seu funcionamento a base de óleo diesel (Soares, 2008).

O consumo específico da Usina de Uarini é medido através do acompanhamento do consumo diário de diesel e da produção de energia elétrica. Para o acompanhamento do gasto de combustível desconta-se o volume atual indicado nas trenas do volume das oito horas precedentes e se obtém o montante total de diesel consumido ao longo de um turno. Realiza-se este procedimento nos três turnos da usina. Assim, ao final do terceiro turno determina-se a quantidade de óleo durante as vinte e quatro horas (Soares, 2008).

Na figura 1, apresenta-se a curva de carga para o mês de junho de 2007. Conforme se pode notar, o pico do sistema ocorre entre as dezenove horas e as vinte e três horas. Há também importante variação no perfil da curva, no intervalo entre treze e dezesseis horas. Segundo o agente da CEAM, este comportamento está ligado ao consumo de ar condicionado que durante os períodos de maior temperatura e ao longo do dia se altera (Soares, 2008).

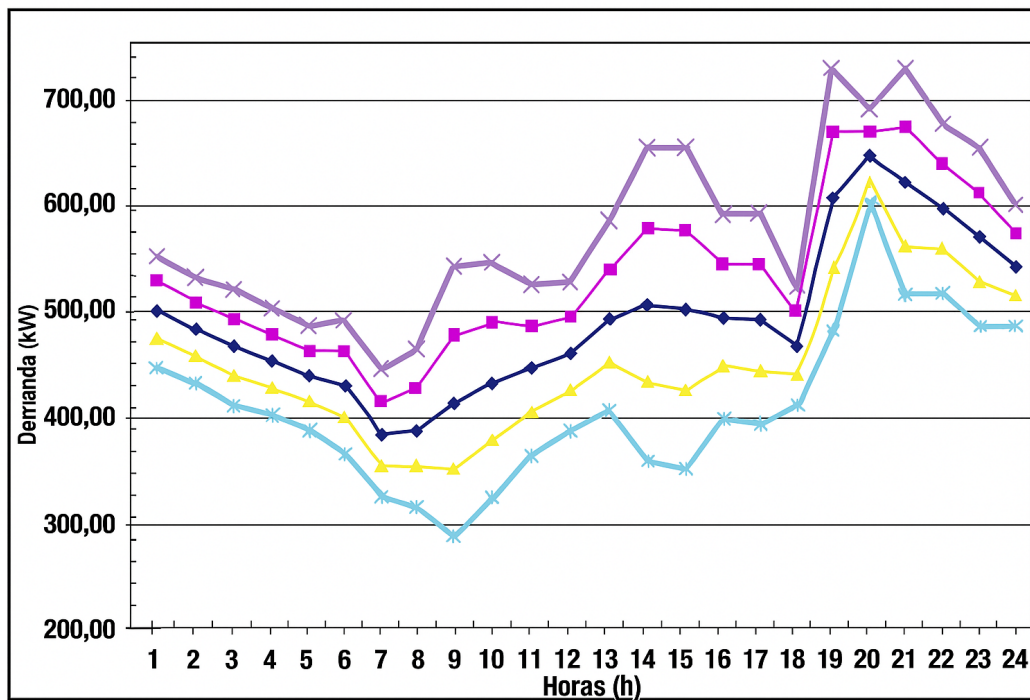
Figura 1: Curva de carga - junho de 2007



(Soares, 2008)

A partir dos valores das curvas de cargas mensais, construiu-se uma curva de carga hipotética da média dos valores máximos para cada hora. Além disso, a partir do desvio padrão, traçou-se o intervalo de confiança para valores máximos e mínimos. A curva central é a composição média das demandas máximas para os meses de análise; as curvas acima e abaixo da média representam um intervalo de confiança de 68%; e as curvas mais externas, tanto acima quanto abaixo, representam um intervalo de confiança de 95% (Figura 2) (Soares, 2008).

Figura 2: Curva de carga média a partir das demandas máximas para os meses de análise



(Soares, 2008)

3 Escolha das tecnologias a serem comparadas

A escolha das tecnologias analisadas neste estudo fundamenta-se nas condições específicas dos sistemas isolados do estado do Amazonas, com foco no município de Uarini (AM). A região apresenta desafios particulares relacionados à sua geografia, economia e infraestrutura, o que influencia diretamente as opções tecnológicas disponíveis para a geração de energia elétrica (Soares, 2008).

Figura 3: Grupo de geradores pertencentes à CAEM de Uarini



Figura 5.4: Grupos geradores pertencentes à CEAM de Uarini (1.600 kW efetivos)¹⁸.
Fonte: (Munir Soares, junho de 2007).

(Soares, 2008)

Foram selecionadas para comparação as centrais termelétricas a diesel e os sistemas fotovoltaicos, por representarem, respectivamente, o modelo convencional e o modelo alternativo de atendimento energético nas comunidades amazônicas. As termelétricas a diesel predominam nos sistemas isolados, respondendo por cerca de 50% da potência instalada na região Norte. Essa tecnologia, embora amplamente difundida, apresenta sérios problemas de eficiência e operação: grande parte dos grupos geradores encontra-se em estado precário, com equipamentos antigos, manutenção deficiente e consumo elevado de combustível. Além disso, o transporte do óleo diesel é logisticamente complexo e oneroso, devido à necessidade de deslocamento fluvial por longas distâncias, o que aumenta os custos e o risco de interrupções no fornecimento (Soares, 2008).

Por outro lado, o município de Uarini está localizado em uma região entre rios e áreas de várzea, caracterizada por grande incidência solar ao longo do ano e dificuldade de acesso por via terrestre. Essas condições tornam o uso da energia solar fotovoltaica uma alternativa técnica e ambientalmente viável. A região apresenta uma radiação solar global média de até 5,5 kWh/m² por dia, segundo o Atlas Solarimétrico do Brasil (INPE, 2017), o que demonstra um alto potencial para geração solar. A instalação de sistemas solares descentralizados reduz a dependência de combustíveis fósseis e da logística de transporte de diesel, além de proporcionar maior autonomia energética às comunidades locais (Soares, 2008).

Dessa forma, a comparação entre as duas tecnologias permite uma avaliação ampla, considerando não apenas os aspectos técnicos e econômicos, mas também os impactos sociais, ambientais e logísticos do fornecimento de energia na região. A análise evidencia a necessidade de transição gradual para alternativas renováveis, como a energia solar, capazes de garantir maior eficiência, confiabilidade e sustentabilidade no atendimento às populações dos sistemas isolados da Amazônia.

4 Metodologia de cálculo

$$E_{\text{gerado}} = \sum_{i=1}^n P_{i,\text{média}} \cdot t_i \quad (1)$$

onde:

- E_{gerado} = energia total gerada [kWh];
- $P_{i,\text{média}}$ = potência média do gerador i [kW];
- t_i = tempo de operação do gerador i [h].

$$c_{\text{esp}} = \frac{V_{\text{diesel}}}{E_{\text{gerado}}} \quad (2)$$

onde:

- c_{esp} = consumo específico de combustível [L/kWh];
- V_{diesel} = volume total de óleo diesel consumido [L];
- E_{gerado} = energia elétrica gerada [kWh].

$$\eta = \frac{E_{\text{gerado}}}{V_{\text{diesel}} \cdot PCI_{\text{diesel}}} \quad (3)$$

onde:

- η = eficiência global da conversão;
- PCI_{diesel} = poder calorífico inferior do diesel (aproximadamente 9,8 kWh/L).

$$FC = \frac{E_{\text{gerado}}}{P_{\text{inst}} \cdot T} \quad (4)$$

onde:

- FC = fator de carga (load factor);

- P_{inst} = potência instalada total [kW];
- T = tempo total do período analisado [h].

$$P_{\text{instalada}} \geq D_{\text{max}} \cdot (1 + M) \quad (5)$$

onde:

- D_{max} = demanda máxima observada [kW];
- M = margem de reserva (geralmente entre 10% e 20%).

$$C_{\text{gen}} = \frac{C_{\text{comb}} + C_{\text{O\&M}} + C_{\text{transp}}}{E_{\text{gerado}}} \quad (6)$$

onde:

- C_{gen} = custo total de geração [R\$/kWh];
- $C_{\text{comb}} = V_{\text{diesel}} \cdot c_{\text{diesel}}$ = custo de combustível;
- $C_{\text{O\&M}}$ = custo de operação e manutenção;
- C_{transp} = custo de transporte/logística do diesel.

$$P_{\text{total}}(t) = \sum_{i=1}^n P_i(t) \geq D(t) \quad (7)$$

onde:

- $P_i(t)$ = potência gerada pelo grupo i no instante t [kW];
- $D(t)$ = demanda do sistema no instante t [kW].

$$E_{\text{PV}} = G_{\text{média}} \cdot A_{\text{painel}} \cdot \eta_{\text{sistema}} \quad (8)$$

onde:

- E_{PV} = energia elétrica gerada pelo sistema fotovoltaico [kWh/dia];
- $G_{\text{média}}$ = radiação solar média diária [kWh/m².dia];
- A_{painel} = área total dos módulos fotovoltaicos [m²];
- η_{sistema} = eficiência global do sistema (tipicamente 0,7–0,8).

5 Divisão de tarefas

Tabela 1: Divisão de tarefas entre os integrantes do grupo

Integrante	Responsabilidades
Diego Adriano Bovo Ceola	Caracterização da curva de carga; Definição do escopo do projeto.
Murilo da Silva Franciscato	Escolha das tecnologias a serem comparadas; Revisão bibliográfica inicial.
Victor Farineli Barbosa	Metodologia de cálculo.

6 Próximos passos

Tabela 2: Divisão de tarefas entre os integrantes do grupo

Integrante	Responsabilidades
Diego Ceola	Dimensionamento do sistema de geração.
Murilo Franciscato	Dimensionamento do sistema de geração.
Victor Barbosa	Análise geográfica da cidade de Uarini.

Referências

SOARES, Munir Younes. **Avaliação do desempenho dos sistemas isolados no Estado do Amazonas a partir de um estudo de caso: o Município de Uarini (AM)**. 2008. Dissertação de Mestrado – Universidade de São Paulo, São Paulo. Acesso em: 11 nov. 2025. DOI: 10.11606/D.86.2008.tde-07082008-130606. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/86/86131/tde-07082008-130606/pt-br.php>.