



XVII SICTI
Seminário de Iniciação Científica,
Tecnológica e Inovação
X SIMIT
Simpósio de Inovação Tecnológica

**CIÊNCIA e
COOPERAÇÃO
na AMAZÔNIA**
**16 a 19 de
Setembro**
IFPA Campus Bragança

SIMULAÇÕES E TESTES LABORATORIAIS DE UM SISTEMA HÍBRIDO INOVADOR: ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA (CC) E REDE ELÉTRICA (CA)

WERDESON MESSIAS LOPES SOARES¹, WELDON CARLOS ELIAS TEIXEIRA²

¹ Acadêmico(a) do Tecnologia em Eletrotécnica Industrial, sem bolsa, campus Marabá Industrial.

² Docente do Curso de Tecnologia em Eletrotécnica Industrial, campus Marabá Industrial, E-mail autor correspondente: weldon.carlos@ifpa.edu.br

Área de conhecimento/Subárea: Engenharias/Engenharia Elétrica
ODS vinculado(s): ODS07, ODS09.

RESUMO: Este artigo propõe e valida um sistema híbrido inovador que integra energia solar fotovoltaica em corrente contínua (CC) com a rede elétrica convencional em corrente alternada (CA), sem a necessidade de inversores. A abordagem visa reduzir custos e perdas por conversão, aumentando a eficiência energética e viabilizando a alimentação direta de cargas em CC e CA, como fornos, ferros elétricos e sistemas de iluminação. Por meio de simulações e testes laboratoriais, comprova-se a viabilidade técnica, apresenta instalação simplificada e baixos custos. Sua topologia elétrica simples, permite sua aplicação em parte das instalações elétricas, principalmente para populações mais vulneráveis, contribuindo para o acesso à energia elétrica econômica e ecologicamente sustentável. Os resultados indicam que a solução proposta pode suprir grande parte da demanda energética residencial, promovendo economia, eficiência e apoio à transição energética com tecnologias de baixo custo e alta aplicabilidade.

PALAVRAS-CHAVE: energia solar fotovoltaica; sistema híbrido cc/ca; economia de energia; baixo custo; transição energética.

INTRODUÇÃO

Segundo o Balanço Energético Nacional de 2024, a energia solar fotovoltaica atingiu 7,0% da oferta interna de energia elétrica no Brasil, sendo a terceira maior fonte renovável, atrás da eólica e hidráulica (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2024). O crescimento gerou excesso de energia injetada na rede em algumas áreas específicas, levando a ANEEL a publicar a Resolução Normativa nº 1.098/2024, que regula novos projetos para evitar inversão de fluxo. Para contornar essas limitações, este trabalho propõe um sistema híbrido de baixo custo que combina energia solar e da concessionária, operando no modo “zero grid” (sem injeção na rede) (WEG, 2023), sem necessidade de sistemas microprocessados para alternância entre fontes. Simulações computacionais e testes em laboratório validaram a proposta. No entanto, a legislação atual pode restringir essa modalidade, e estudos adicionais sobre qualidade da energia, como harmônicos, são necessários.

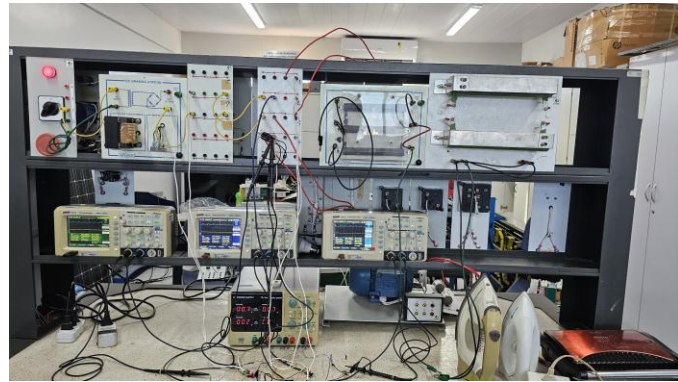
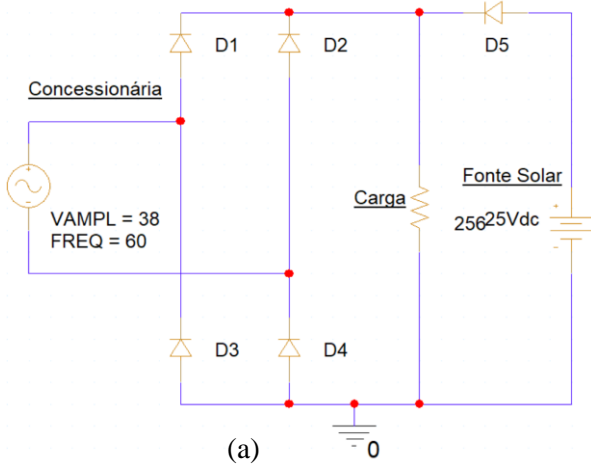
METODOLOGIA

Propõe-se desenvolver a pesquisa em duas etapas principais. A primeira consiste em realizar simulações computacionais para verificar sua funcionalidade e eficiência teórica (LOTFI; ZOHIR, 2017). As simulações consistem em variar a carga elétrica equivalente para diversos aparelhos elétricos e condições diferentes de tensão da fonte de corrente contínua, que corresponde às variações da quantidade de placas solares em série e diferentes níveis de iluminação incidentes nas placas devido as variações de horário ou nebulosidade. A segunda etapa, consiste em testes experimentais em tensão eficaz reduzida (24 V) através de um transformador monofásico para fins de segurança e adequação experimental para uso de duas placas solares de 95 Wp conectadas em série (tensão máxima de 40 V). A Figura 1 (a) mostra o



circuito simplificado para simulações, com uma ponte completa para retificação. A Figura 1 (b) mostra a bancada para realizar os testes experimentais. As simulações foram realizadas com o Orcad X 24.1.

Figura 1 – (a) Topologia proposta para simulação. (b) Bancada de testes.



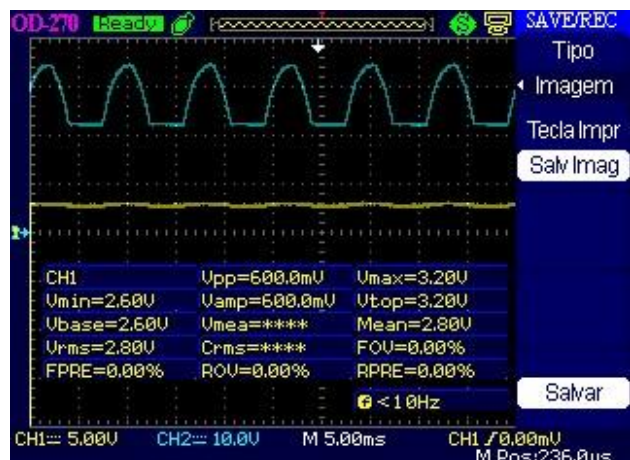
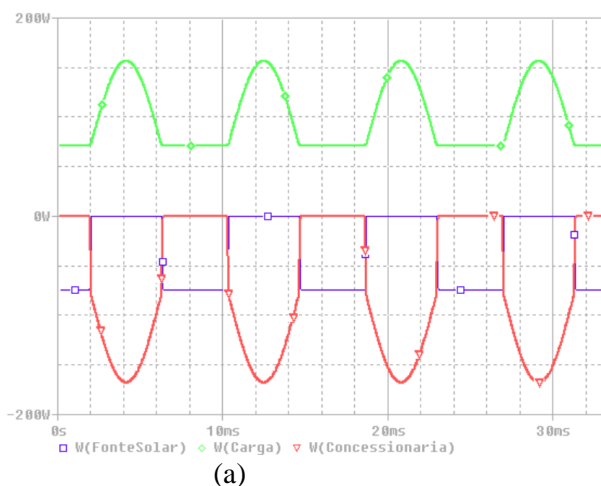
Fonte: autoria própria.

Para os testes experimentais foram propostas variações de carga que podem funcionar tanto em corrente alternada quanto em corrente contínua, tais como: ferro de passar roupas, *grill* elétrico e banco de resistores. As cargas devem ser adicionadas progressivamente até atingir a carga máxima em que todos os eletrodomésticos estejam conectados. Para determinar o percentual de economia de energia, é calculada a razão entre a potência média da fonte solar pela potência média dissipada pelas cargas elétricas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 (a) mostra as medições das potências negativas da fonte solar e da concessionária e da potência carga elétrica (positiva). Nota-se que cada fonte assume toda a potência dissipada pela carga elétrica em momentos distintos. A Figura 2 (b) mostra a forma de onda de tensão e da corrente elétrica. Para medição das correntes foram utilizados sensores (AC e DC) ACS712 (30 A) e osciloscópios.

Figura 2 – (a) Simulação com as medições de potência, (b) Medições experimentais da tensão e da corrente.





XVII SICTI
Seminário de Iniciação Científica,
Tecnológica e Inovação
X SIMIT
Simpósio de Inovação Tecnológica

**CIÊNCIA e
COOPERAÇÃO
na AMAZÔNIA**
**16 a 19 de
Setembro**
IFPA Campus Bragança

A Tabela 1 apresenta os percentuais de economia para diferentes tensões do conjunto fotovoltaico e cargas. À noite ou sem geração solar (0 V), não há economia, enquanto com tensão acima da rede (40 V), a economia é máxima (100%). Nota-se que, para a mesma tensão, a redução da carga diminui levemente a eficiência. Qualquer tensão acima da condução dos diodos reduz o consumo da rede da concessionária.

Tabela 1 – Economia em simulações com variações da tensão da entrada solar (colunas) e variações da carga elétrica (linhas).

	0 V	5 V	10 V	15 V	20 V	25 V	30 V	35 V	40 V
2 Ω	0,00%	0,31%	2,56%	8,55%	19,42%	35,25%	55,53%	84,47%	100,00%
4 Ω	0,00%	0,30%	2,47%	8,26%	18,78%	34,15%	53,80%	79,97%	100,00%
8 Ω	0,00%	0,29%	2,43%	8,11%	18,46%	33,59%	52,94%	78,01%	100,00%
16 Ω	0,00%	0,29%	2,40%	8,03%	18,28%	33,29%	52,49%	77,16%	100,00%
32 Ω	0,00%	0,29%	2,39%	7,99%	18,18%	33,12%	52,24%	76,71%	100,00%
64 Ω	0,00%	0,29%	2,38%	7,96%	18,13%	33,02%	52,09%	76,44%	100,00%
128 Ω	0,00%	0,29%	2,38%	7,94%	18,09%	32,95%	51,98%	76,26%	100,00%
256 Ω	0,00%	0,29%	2,37%	7,93%	18,05%	32,90%	51,90%	76,12%	100,00%

Fonte: autoria própria.

CONCLUSÕES

O sistema híbrido CC/CA proposto, que combina energia solar e rede elétrica sem inversores, mostrou viabilidade técnica e econômica em simulações e testes, com alta eficiência (até 100% de economia). Sua arquitetura modular e de baixo custo favorece a transição energética, reduzindo perdas. Apesar de limitações regulatórias e necessidade de estudos em qualidade de energia, o sistema tem potencial para expandir o uso da energia solar. Pesquisas futuras devem avaliar integração com baterias, geradores e testes em escala real, reforçando sua aplicabilidade para um futuro energético mais sustentável.

Referências

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balanco Energético Nacional 2024: Ano base 2023**. Rio de Janeiro: [s.n.]. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br>>.

LOTFI, M.; ZOHIR, D. Modeling, simulation and implementation of PV cell/modules using PSpice. **Journal of Nano- and Electronic Physics**, v. 9, n. 3, 2017.

WEG. **Projetos grid zero: afinal, como são homologados?** Disponível em: <<https://www.weg.net/solar/blog/projetos-grid-zero-afinal-como-sao-homologados/>>. Acesso em: 11 maio. 2025.