

# Aproveitamento de Energia Excedente em Usinas Fotovoltaicas: Comparação de Eficiência entre Soluções de Armazenamento em Bateria e Hidrogênio Verde

**Beatriz Souza Horn, Paulo Brito e Orlando Soares**

Instituto Politécnico de Portalegre, Portugal. beatrizhorn16@gmail.com

## INTRODUÇÃO

No dimensionamento de usinas fotovoltaicas, é comum o sobredimensionamento de módulos DC em relação à potência nominal AC do inversor, o que pode gerar perdas por clipping em alta irradiância. Para aproveitar a energia excedente, soluções de armazenamento são buscadas, sendo as baterias as mais utilizadas. Entretanto, o hidrogênio verde, produzido por eletrólise da água a partir de fontes renováveis, surge como alternativa viável. O objetivo do trabalho é comparar a eficiência de baterias e do hidrogênio verde, ao longo de 25 anos, no armazenamento da energia excedente.

## MATERIAL E MÉTODOS

Estudo de Caso em usina fotovoltaica de 300 MWp. Relação de potência CC/CA de 1,3, resultando em 230 MW de potência transformada. Com um corte médio de 30%, após aplicar perdas climáticas e operacionais, apenas 5% da potência instalada está disponível para armazenamento. Isso significa 15 MW de potência não utilizada por hora ou 90 MWh por dia. O estudo considera 90 dias de clipping por ano, ressaltando dias de verão.

Atributo	Bateria	Hidrogênio Verde
Energia Inicial Armazenada Dia (MWh)	90	90
Dias de Clipping ao ano	90	90
Energia Inicial Armazenada Ano (MWh)	8100	8100
Eficiência de Carga e Descarga (%)	90%	43%
Eficiência Anual Ano 1 (%)	95,00%	98,68%
Eficiência Anual Ano 2 ao 20 (%)	97,00%	98,68%
Eficiência Anual Ano 21 ao 25 (%)	94,00%	98,68%

Tabela 1: Resumo de premissas.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a análise dos resultados, foram considerados dois cenários: um sem substituição do sistema de armazenamento e outro com substituição total dos equipamentos no 13º ano de operação, assumindo as mesmas eficiências iniciais.

No primeiro cenário (Figura 1), o sistema de hidrogênio verde armazena inicialmente cerca de metade da energia do sistema de bateria devido à sua menor eficiência (43% contra 90%), resultado das múltiplas transformações do processo, enquanto a taxa de autodescarga impacta a curva de energia da bateria.

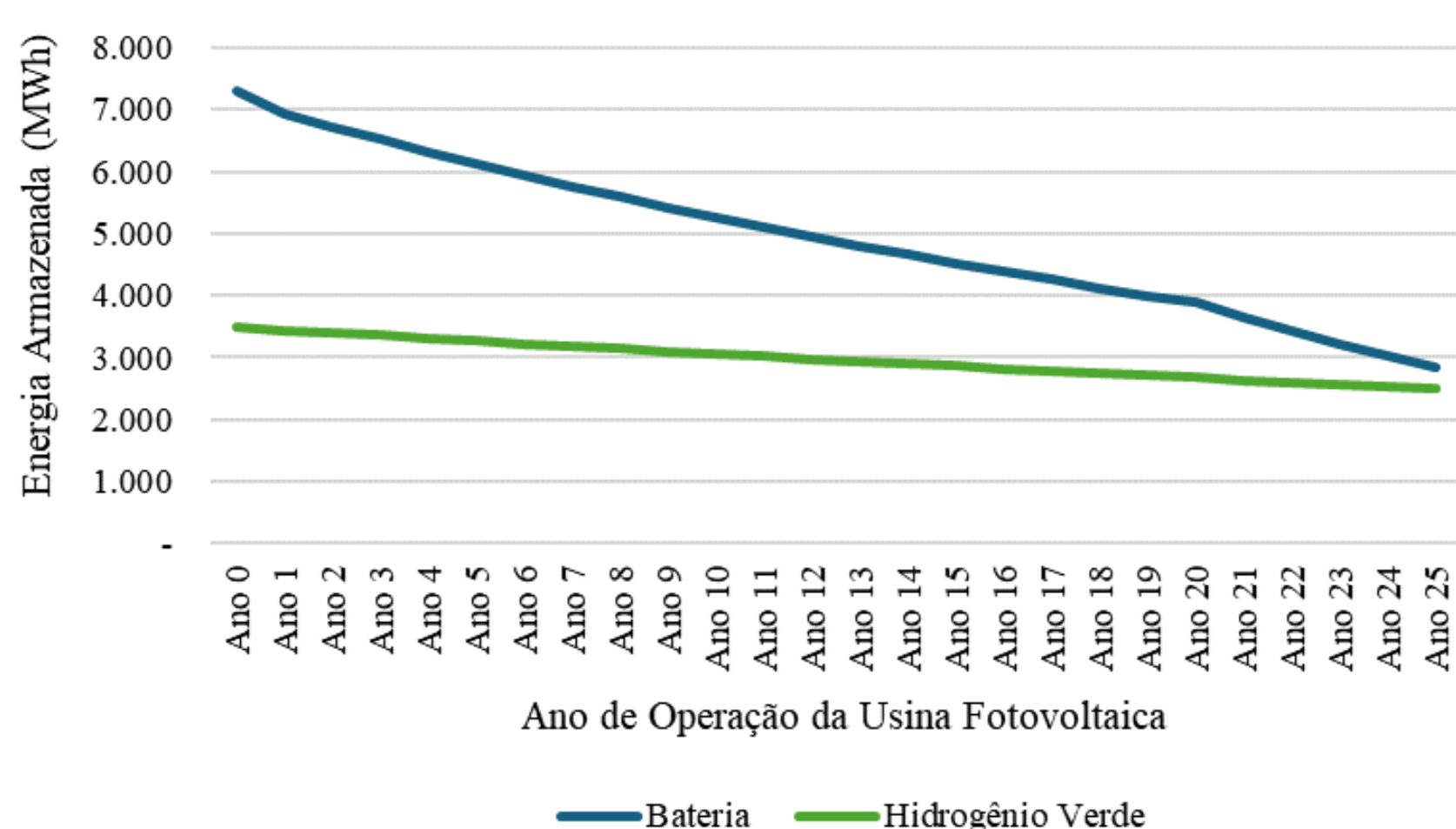


Figura 1: Comparação sem reposição dos sistemas (autor).

No ano 25, a bateria mantém 39% da energia inicial e o hidrogênio 72%, mas, apesar da diferença inicial, as curvas de desempenho convergem ao longo do tempo.

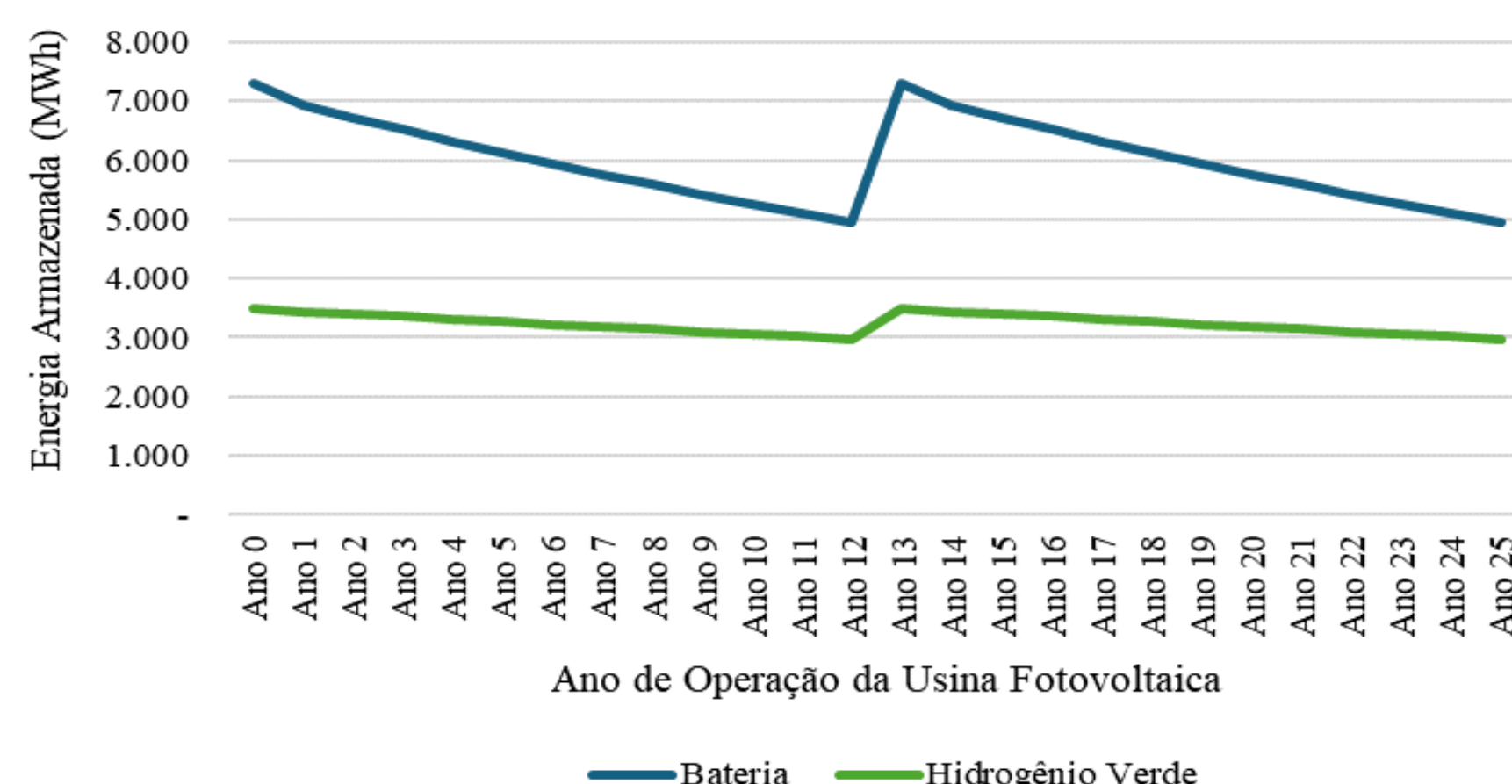


Figura 2: Comparação com reposição dos sistemas (autor).

No segundo cenário (Figura 2), com substituições no ano 13, a eficiência no ano 25 aumenta de 39% para 68% no sistema de bateria e de 72% para 85% no sistema de hidrogênio verde. Assim, a bateria apresenta maior ganho de eficiência com as reposições, enquanto o hidrogênio mantém desempenho mais estável ao longo do tempo.

Atributo	Bateria	Hidrogênio Verde
Energia Inicial Armazenada Dia (MWh)	90	90
Energia Final Armazenada Dia (MWh)	83,7	38,8
Eficiência de Carga e Descarga (%)	90%	43%
Energia Inicial Armazenada Ano 0 (MWh)	7290	3492
Eficiência em 25 anos sem reposição (%)	39%	72%
Eficiência em 25 anos com reposição (%)	68%	85%

Tabela 2: Resumo de resultados.

## CONCLUSÕES

O estudo concluiu que o armazenamento em bateria é atualmente mais eficiente que o hidrogênio verde, devido a menos transformações e perdas, embora este último ofereça maior vida útil, armazenamento de longo prazo e potencial para subprodutos. A escolha entre as duas tecnologias dependerá dos objetivos específicos da usina, da capacidade instalada, do excedente de energia, das tecnologias adotadas, além do CAPEX, OPEX e tempo de operação esperado.

## REFERÊNCIAS

- (Canadian Solar, 2021). Preliminary Technical Information Sheet BEES.
- (Ender Ozden, Ilker Tari, 2017). PEM fuel cell degradation effects on the performance of a standalone solar energy system.
- (Seddiq Sebbahi et al, 2022). Assessment of the three most developed water electrolysis technologies: Alkaline Water Electrolysis, Proton Exchange Membrane and Solid-Oxide Electrolysis.
- (Thyssenkrupp Nucera, 2022). Large-scale water electrolysis for green hydrogen production.
- (Pedro Farrancho, 2019). Operation of a fuel cell with biohydrogen obtained from food waste.