



FACULDADE DE ENGENHARIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA  
LICENCIATURA EM ENGENHARIA MECÂNICA



**Dimensionamento de um sistema híbrido solar - eólico para  
geração de energia, com sistema de armazenamento de  
Hidrogénio Verde para o Posto Administrativo de Savane**

Autor:

Curima, Manuel Joaquim

Supervisor:

Prof. Doutor. Eng<sup>o</sup>. Jorge Olívio P. Nhambiu

Maputo, Setembro de 2022

# TÓPICOS

1. Introdução;
2. Objectivos;
3. Metodologias;
4. Sistema híbrido solar – eólico;
5. Sistema de armazenamento de energia;
6. Apresentação dos resultados;
7. Avaliação comparativa dos sistemas de armazenamento;
8. Conclusões;
9. Recomendações.

# 1. INTRODUÇÃO

A electricidade é a base dos processos productivos.

- Factor de desenvolvimento económico;

Pode-se implementar sistemas que aproveitam recursos renováveis.

- Sistemas autónomos ou conectados à rede;

Estes sistemas são:

- Aplicado em locais afastados da rede;
- Sustentáveis.

## 2. OBJECTIVOS

### GERAL

- Dimensionar um SHSE para geração de energia com SA de Hidrogénio Verde para o Posto Administrativo de Savane, distrito de Dondo.

### ESPECÍFICOS

- Dimensionar o SHSE;
- Dimensionar o SA de Hidrogénio Verde; e
- Avaliar a viabilidade do SA de Hidrogénio Verde comparado com o de baterias.

## 3. METODOLOGIAS

As metodologias empregues foram:

- Pesquisas bibliográficas;
- Uso de aplicativos informáticos;
- Consultas ao supervisor; e
- Brainstorming (Debates).

## 4. SISTEMA HÍBRIDO SOLAR - EÓLICO

Um sistema híbrido solar – eólico (SHSE):

- Usa conjuntamente duas fontes de energia, solar e eólica;
- Pode ou não estar ligado à rede de distribuição;
- Requer a disponibilidade de ambos recursos; e
- Agrupa vantagens de ambos subsistemas, solar e eólico.

## 4.1. CONSTITUIÇÃO DO SHSE

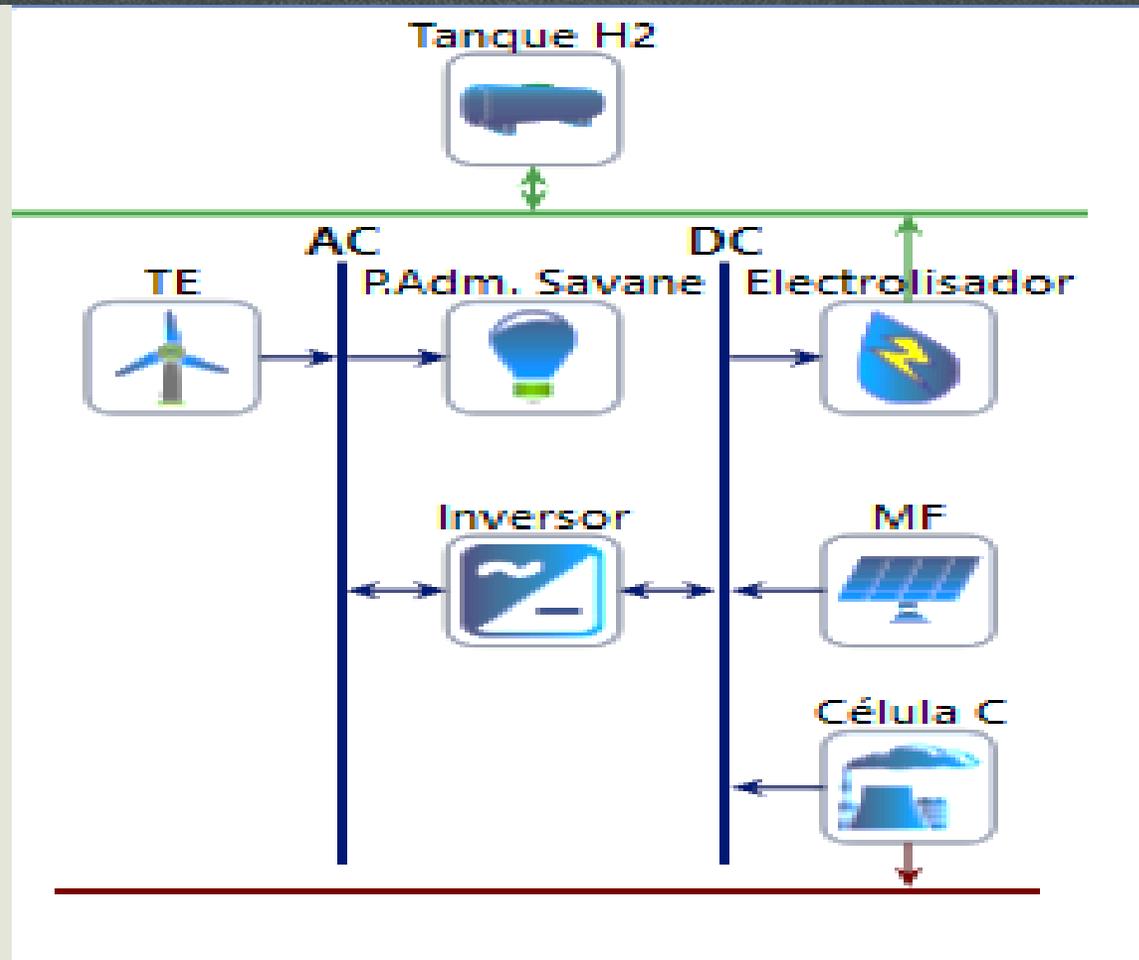


Figura 1. Constituição do sistema híbrido solar – eólico. Fonte:[Autor]

## 4.2. DIMENSIONAMENTO DO SHSE

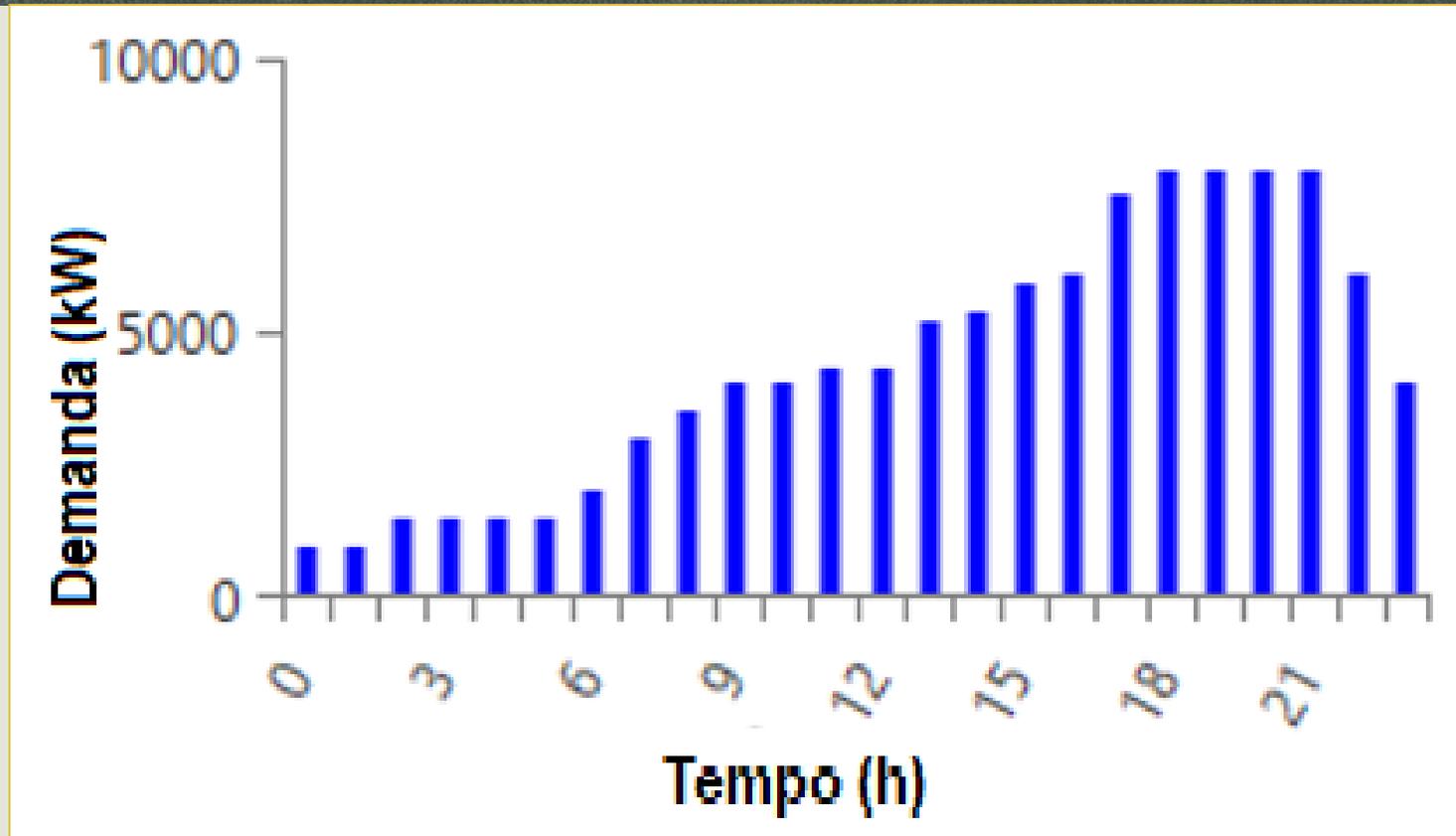


Figura 2. Perfil diário da demanda de potência. Fonte: [Adaptado pelo autor, de Homer Pro]

## 4.2. DIMENSIONAMENTO DO SHSE

### Subsistema Fotovoltaico

Usando Homer Pro, o subsistema FV foi otimizado para:

- Gerar 680 kW de potência;
- Utilizar MF de modelo Studer VarioTrack VT-65;
- Funcionar com mínima radiação ( $4,3 \text{ kW}/\text{m}^2 \text{ dia}$ ); e
- Utilizar inversores de modelo GS 10.0 RS da SUN GROUP.



Figura 3. Módulos FV. Fonte [52]

## 4.2. DIMENSIONAMENTO DO SHSE

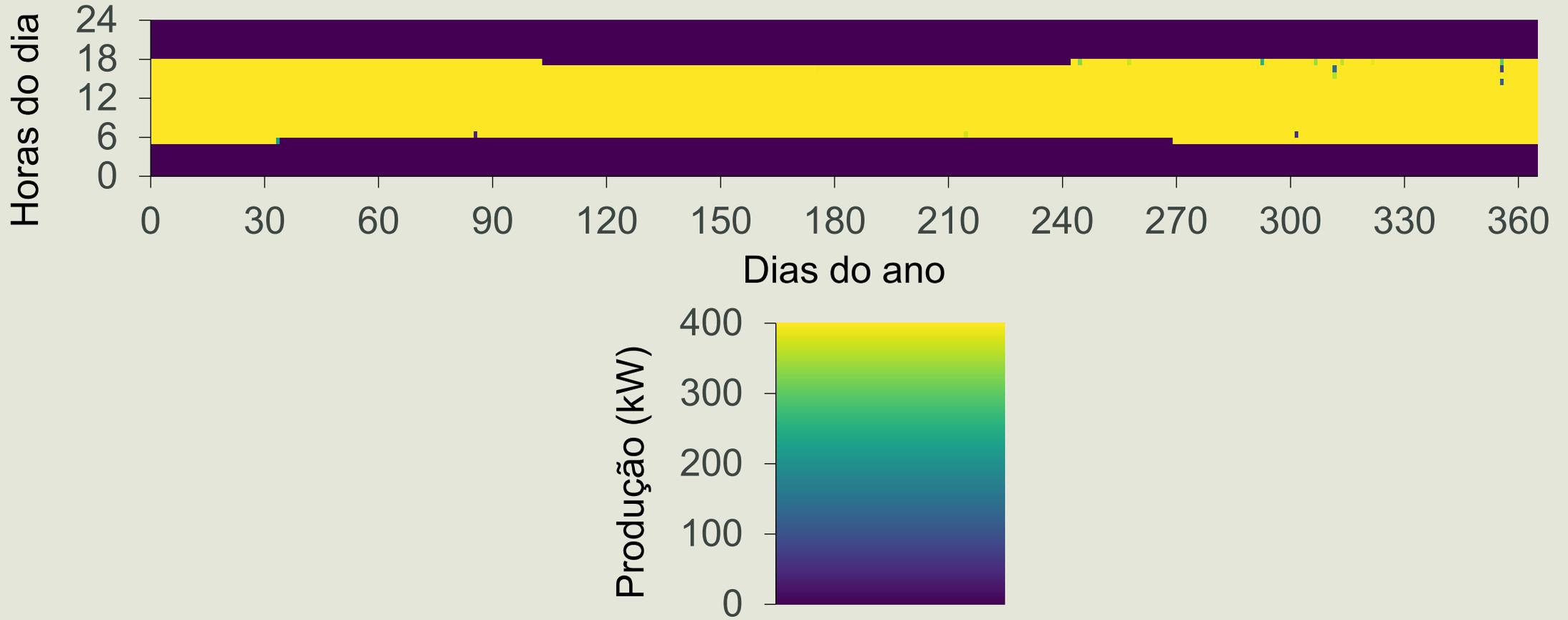


Figura 4. Características de geração do subsistema FV. Fonte:[Adaptado pelo autor, do Homer Pro]

## 4.2. DIMENSIONAMENTO DO SHSE

### Subsistema Eólico

Usando Homer Pro, o subsistema eólico foi otimizado para:

- Gerar 16 MW de potência; e
- Utilizar 4 turbinas horizontais, modelo Enercon de 4 MW.



Figura 5. Turbina eólica. Fonte [52] 9

## 4.2. DIMENSIONAMENTO DO SHSE

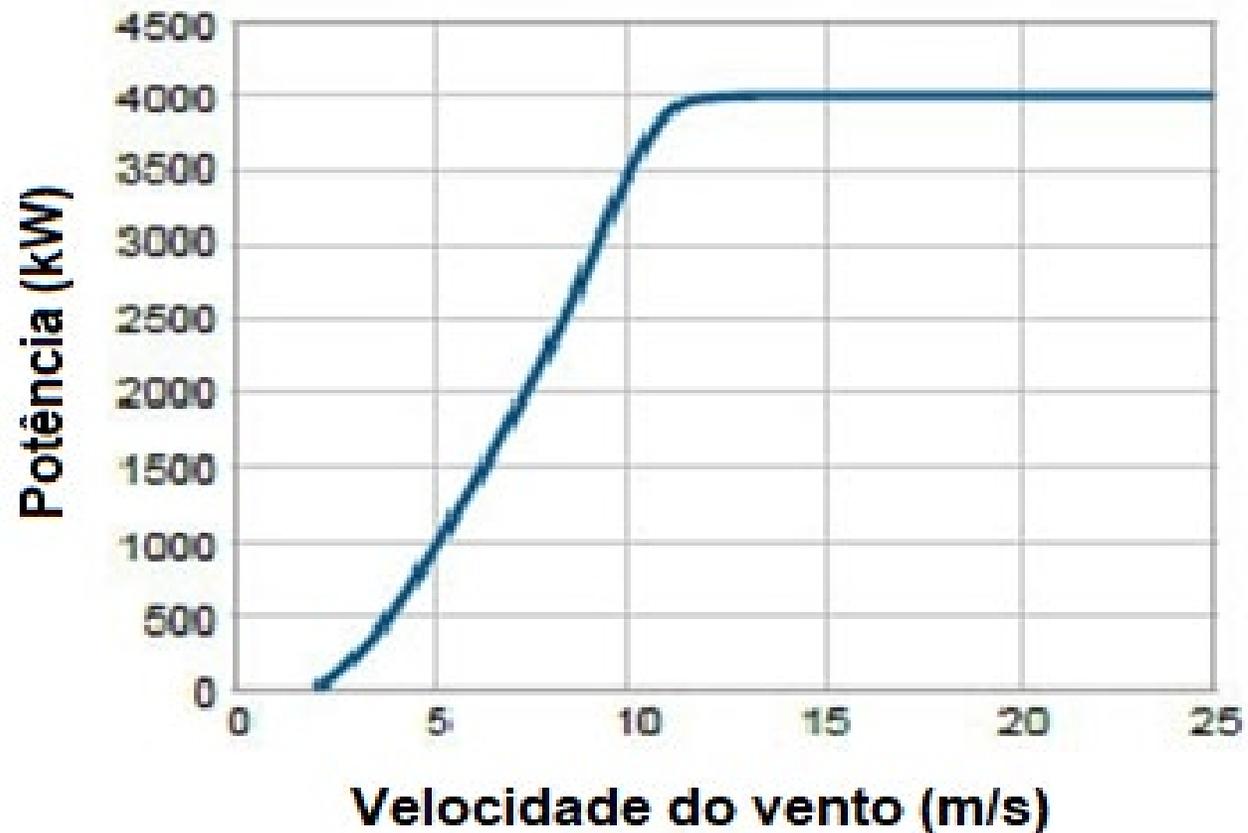


Figura 6. Características de funcionamento da TE. Fonte:[50]

## 4.2. DIMENSIONAMENTO DO SHSE

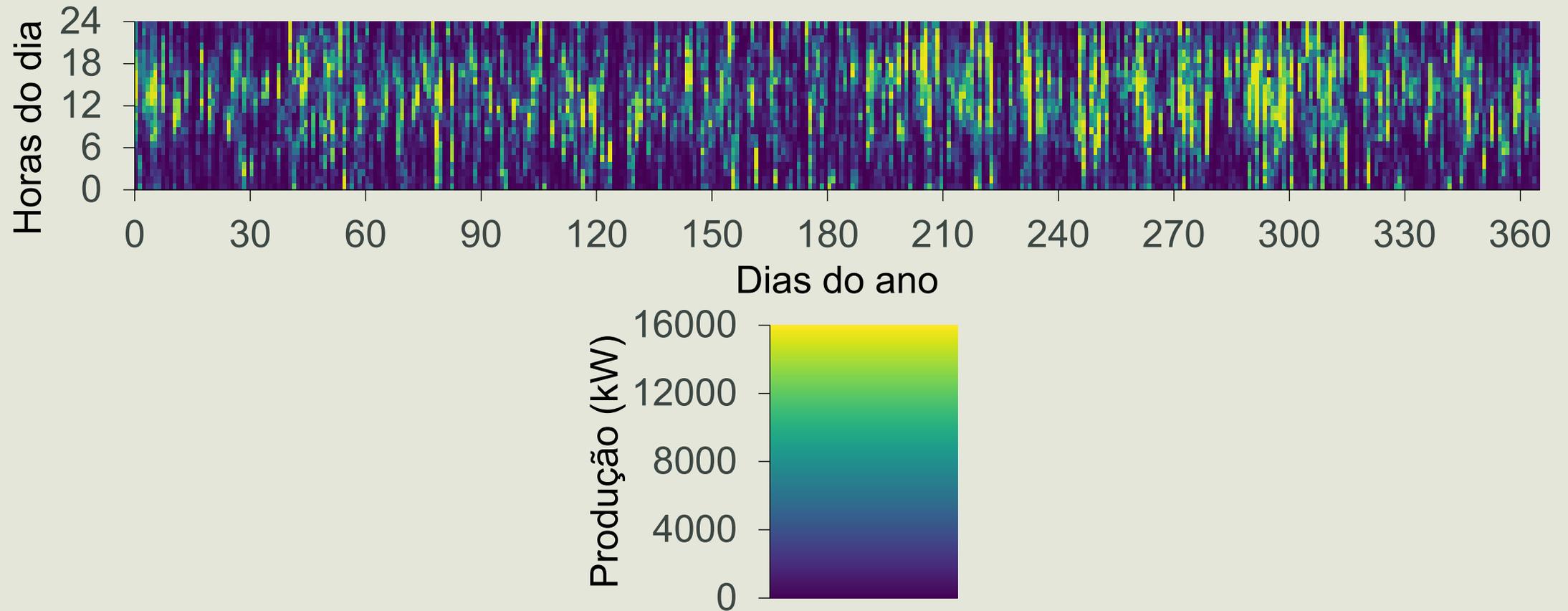


Figura 7. Características de geração do subsistema eólico. Fonte:[Adaptado pelo autor, do Homer Pro]

## 5. SISTEMA DE ARMAZENAMENTO DE ENERGIA

### Hidrogénio

É um gás incolor, inodoro, insípido e inflamável em CNTP, possui 120 kJ/g;

É um dos elementos mais abundantes da terra;

Para a sua obtenção, é necessário separa-lo;

A designação Hidrogénio Verde vem da sua forma de obtenção:

➤ A electricidade vem das fontes renováveis.

# 5. SISTEMA DE ARMAZENAMENTO DE ENERGIA

Electrolisador



Electrólise alcalina  
40° - 90° C

Cátodo -

Ânodo +

H<sub>2</sub>

H<sub>2</sub>O

OH<sup>-</sup>

½ O<sub>2</sub>

Diafragma

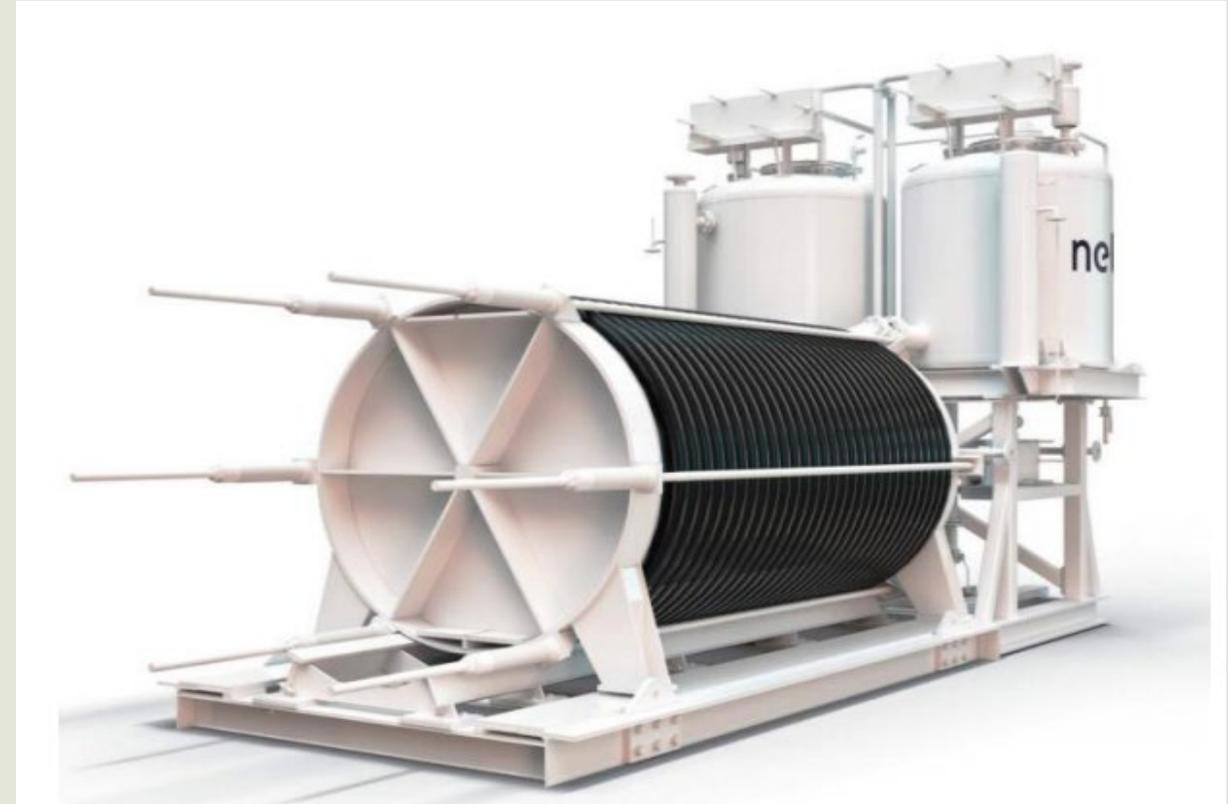


Figura 8. Processo de electrólise e electrolisador, respectivamente. Fonte:[38, 47] 13

## 5. SISTEMA DE ARMAZENAMENTO DE ENERGIA

### Tanques de armazenamento de hidrogénio



Figura 9. Tanques de armazenamento de hidrogénio. Fonte: [4]

## 5. SISTEMA DE ARMAZENAMENTO DE ENERGIA

### Célula de combustível

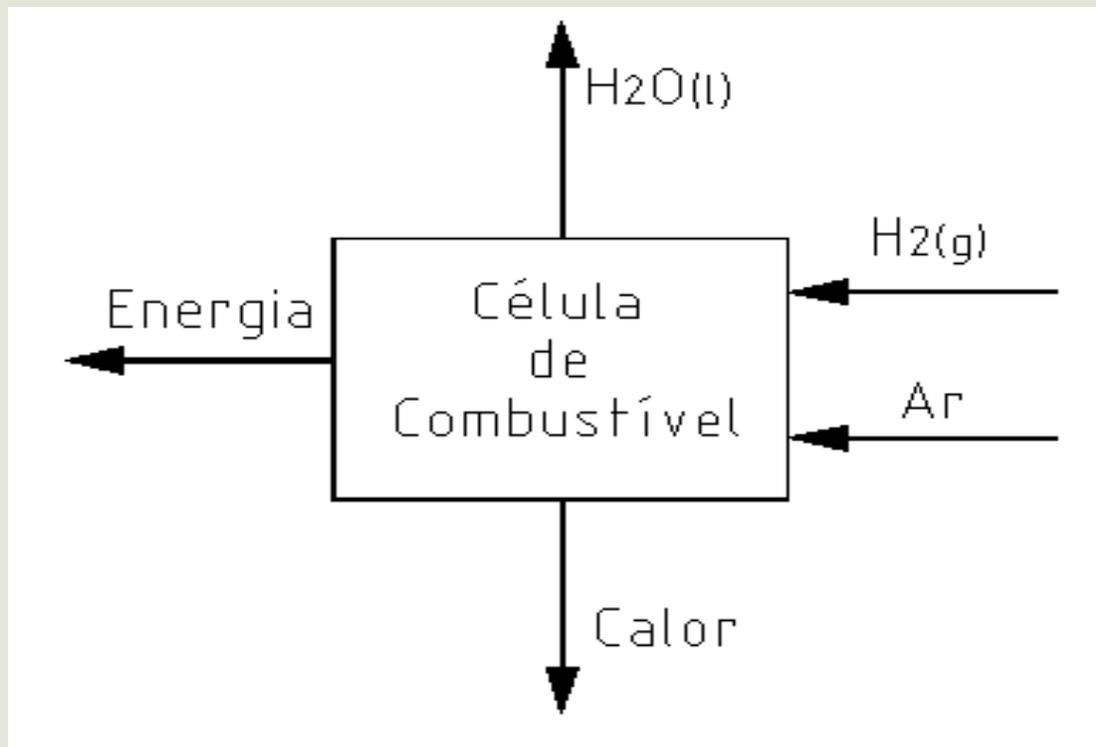


Figura 10. Funcionamento de célula de combustível. Fonte: [Autor, 50]

**Tabela 7.1. Apresentação dos resultados. Fonte: [Autor]**

<b>Parâmetro</b>	<b>Quantidade</b>
<b>Número de agregados</b>	2 584
<b>Potência total instalada</b>	16,68 MW
<b>Número de MF</b>	680
<b>Número Inversores</b>	100
<b>Número mínimo de MF em um inversor</b>	2
<b>Número máximo de MF em um inversor</b>	14
<b>Área ocupada pelos MF</b>	7 950 m <sup>2</sup>
<b>Número de TE</b>	4
<b>Distância de separação das TE</b>	300 m
<b>Número de electrolisadores</b>	5
<b>Número de células de combustível</b>	50
<b>Número de tanques para Hidrogénio</b>	6
<b>Número de tanques para Oxigénio</b>	8
<b>Número de tanques para água</b>	4
<b>Quantidade de Hidrogénio produzido por dia</b>	450 kg
<b>Quantidade de oxigénio produzido por dia</b>	860 kg
<b>Quantidade de água necessária por dia</b>	890 litros

# 7. AVALIAÇÃO ECONÓMICA COMPARATIVA

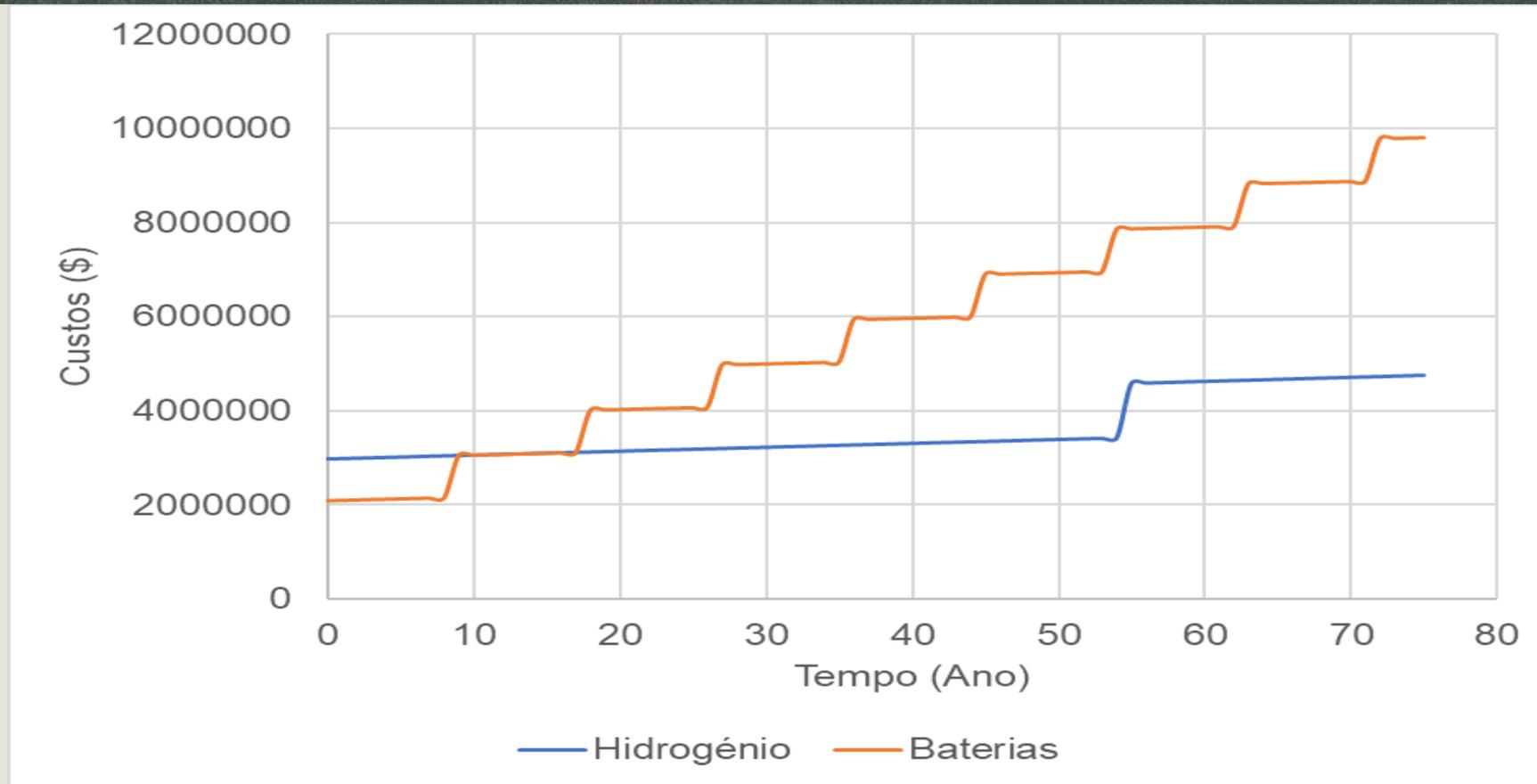


Figura 11. Avaliação comparativa entre o SA de hidrogénio e de baterias. Fonte:[Autor]

## 8. CONCLUSÕES

Depois de feito o trabalho, extrai-se seguintes conclusões:

- O investimento inicial é maior no SA de Hidrogénio Verde;
- A vida útil das baterias encarece o seu SA;
- Há menos reposições no SA de Hidrogénio Verde;
- Neste caso, o SHSE com SA de Hidrogénio Verde é mais viável do que com SA de baterias.

## 9. RECOMENDAÇÕES

- Ter informações precisas sobre o local de instalação;
- Confrontar os resultados usando outros aplicativos informáticos;
- Estudar formas de detectar vazamento do hidrogénio armazenado;

**OBRIGADO!**