



**Estudo Técnico-Económico de uma Microrrede Com Produção  
Fotovoltaica em Achada Lagoa (Cabo Verde)**

**ADEUSA SULAMITA CORREIA DE PINA**

Trabalho de Projeto submetido ao Instituto Politécnico de Bragança, Escola Superior de Tecnologia e Gestão para obtenção do grau de Mestre em Energias Renováveis e Eficiência Energética.

Orientador: Prof. Orlando Soares.

Bragança, Dezembro de 2024

## **Agradecimentos**

Em primeiro lugar agradeço a Deus pelo dom da vida. Agradeço também a minha família, em especial a minha mãe, meu pai, a quem dedico este trabalho, os meus irmãos, minha filha e meu noivo, por todo apoio e motivação durante a minha formação e na elaboração deste trabalho. De seguida, agradeço ao meu orientador Professor Orlando Soares pela paciência e dedicação na transferência e partilha de conhecimento. Agradeço ainda a todos os meus colegas e amigos, que me acompanharam durante esta etapa da minha vida, com os quais passei grandes e bons momentos. No fundo, um obrigado pela família que nos tornamos.

## **Resumo**

A energia elétrica produzida pelos painéis solares fotovoltaicos é atualmente de importância fundamental para o desenvolvimento das sociedades sobretudo nas zonas rurais isoladas. A radiação que vem do Sol pode ser captada e aproveitada através dos painéis solares fotovoltaicos, que convertem a energia solar em energia elétrica. Essa radiação chega a qualquer lugar do planeta, a energia elétrica gerada a partir da energia solar pode ser levada as aldeias distantes, da rede convencional de eletricidade. Nas aldeias isoladas, devido à ausência de rede elétrica convencional, necessita-se de alternativas para suprir as necessidades energéticas, considerando a diminuição da dependência relativamente aos combustíveis fósseis e redução das emissões de CO<sub>2</sub>, através de utilizações de fontes de energias renováveis. Achada Lagoa é uma aldeia rural do concelho de Tarrafal de Santiago e freguesia de Santo Amaro Abade, não possui eletricidade da rede convencional devido a grande distância da mesma. Desta forma, este projeto visa o planeamento de um sistema fotovoltaico para atender todas as necessidades energéticas na referida aldeia.

**Palavras-chaves:** Energias Renováveis; Energia Solar Fotovoltaica; Sistema isolado.

## **Abstract**

The electrical energy produced by photovoltaic solar panels is currently of fundamental importance for the development of societies, especially in isolated rural areas. Radiation from the sun can be captured and harnessed through photovoltaic solar panels, which convert solar energy into electricity. This radiation reaches anywhere on the planet, and the electricity generated from solar energy can be taken to villages far from the conventional electricity grid. In isolated villages, due to the absence of a conventional electricity grid, alternatives are needed to meet energy needs, taking into account the reduction of dependence on fossil fuels and the reduction of CO<sub>2</sub> emissions through the use of renewable energy sources. Achada Lagoa is a rural village in the municipality of Tarrafal de Santiago and parish of Santo Amaro Abade, which does not have electricity from the conventional grid due to its great distance from it. This project therefore aims to plan a photovoltaic system to meet all the energy needs of the village.

**Keywords:** Renewable Energies; Photovoltaic Solar Energy; Isolated System.

## Índice

Capítulo 1. Introdução .....	1
1.1 Introdução.....	1
1.1. Motivação .....	2
1.2. Objetivos.....	2
1.3. Estrutura Do Trabalho .....	3
Capítulo 2. Estado Da Arte.....	4
2.1 Energias Renováveis.....	4
2.2. Situação Atual De Energia Solar Fotovoltaica .....	4
2.3 Radiação Solar.....	11
2.4 Tipos De Sistemas Solares Fotovoltaicos.....	13
2.5 Componentes Do Sistema Solar Fotovoltaico Isolado .....	15
Capítulo 3. Contexto Energético Em Cabo Verde.....	20
3.1 Diagnóstico Do Setor Elétrico Cabo Verdiano .....	20
Capítulo 4 Metodologia De Dimensionamento Dos Sistemas De Micro-Geração .....	26
4.1 Sistema Off -Grid Com Armazenamento Para Autoconsumo.....	26
4.2 Levantamento Das Características Do Local Da Instalação.....	27
4.3 Estimativa Da Energia Elétrica Consumida .....	28
4.4 Estimativa Da Potência A Instalar.....	28
4.5 Seleção Do Módulo .....	29
4.6 Inversor.....	30
4.7 Bateria.....	31
4.8 Regulador De Carga .....	32
4.9 Número De Fileira Em Paralelo .....	33
4.10 Cabos .....	33
4.11 Proteção .....	35
Capítulo 5. Caso De Estudo.....	36
5.1 Levantamento Das Características Do Local.....	36
5.2 Recursos Energéticos Da Região.....	37
5.3 Área Disponível.....	38
5.4 Cálculo Consumo Diário .....	39

5.5 Potência Gerador Fotovoltaico .....	40
5.6 Seleção Do Módulo .....	41
5.7 Estrutura De Suporte Dos Painéis Solar .....	42
5.8 Dimensionamento Do Inversor.....	42
5.9 Dimensionamento De Bateria.....	43
5.10 Potência Do Regulador De Carga.....	43
5.11 Dimensionamento Do Cabo.....	44
5.12 Dimensionamento De Proteção .....	44
5.13 Distribuição Da Energia Elétrica .....	45
Capítulo 6. Análise Técnico-Económica Utilizando O Software Homer Energy .....	46
6.1 Configuração Do Sistema Fotovoltaico.....	46
6.2 Configuração Do Sistema Fotovoltaico.....	47
6.3 Resultados Da Simulação .....	47
6.4 Análise Económico Do Projeto .....	55
Capítulo 7. Conclusões .....	60
Referências .....	61
Anexos – Fichas Técnicas .....	65

## Lista de Figuras

Figure 1: Capacidade global de energia solar fotovoltaica e adições anuais, 2014-2023 [5].....	5
Figure 2: Capacidade global de energia solar fotovoltaica, 5 principais países e resto do mundo,2014-2023 [5] .....	5
Figura 3: Representação geográfica das ilhas de Cabo Verde com a radiações global em kWh/m <sup>2</sup> [9] .....	7
Figura 4: Parque fotovoltaico de Palmarejo na ilha de Santiago [10] .....	8
Figura 5: Parque fotovoltaico de Santa Maria na ilha do Sal [10] .....	8
Figura 6: Relação entre as dimensões do Sol e da Terra [15] .....	11
Figura 7: Órbita da Terra e declinação solar ao longo do ano [17] .....	12
Figura 8: Percurso da luz solar através da atmosfera [17].....	13
Figura 9: Sistema Solar Fotovoltaico On-Grid Sem Armazenamento [22].....	14
Figura 10: Sistema Isolado Com Armazenamento (a) e Sem Armazenamento (b) [22].....	15
Figura 11: Estrutura da oferta de energia para consumo em Cabo Verde [25] .....	21
Figure 12: Evolução anual da produção de energia elétrica por ilha (MWh) [26].....	21
Figura 13: Fluxograma explicativo da metodologia de dimensionamento .....	27
Figura 14: Tipo de cobertura das residências em Achada Lagoa .....	36
Figura 15: Radiação solar na ilha de Santiago .....	37
Figure 16: Radiação solar em Achada Lagoa.....	38
Figura 17: Local da instalação da minicentral FV.....	38
Figura 18: Exemplar da estrutura de suporte dos painéis .....	42
Figura 19: Mapa demonstrativo de lançamentos de cabos elétrico .....	45
Figura 20: Configuração do Sistema Fotovoltaico .....	46
Figura 21: Perfil diário de carga e Variação sazonal de carga gerado pelo HOMER .....	47
Figura 22: Potência de saída média mensal do gerador diesel .....	48
Figura 23: NPC por categoria durante a vida útil do projeto.....	49
Figura 24: Potência de saída do sistema.....	50
Figura 25: Curvas produções mensais fotovoltaico versus produção diesel versus carga .....	50
Figura 26: Custos do sistema - Caso 2 .....	51
Figura 27: Potência de saída média mensal de componente fotovoltaico .....	52
Figura 28: Curva de produção fotovoltaico versus curva de carga .....	53
Figure 29: Variação da carga da bateria Hoppecke caso 3.....	53

Figura 30: Custo de sistema caso 3 .....	54
Figura 31: Potência de saída média mensal de componente fotovoltaica e gerador diesel .....	55
Figura 32: Variação da carga da bateria Hoppecke .....	55
Figura 33: Horário de funcionamento de gerador diesel versus fotovoltaica.....	57



## Lista de Tabelas

Tabela 1: Classificação de Sistema Isolado em Cabo Verde.....	9
Tabela 2: Tarifas de energia em Cabo Verde [29].....	23
Tabela 3: Parâmetros principais dos módulos FV .....	30
Tabela 4: Potência estimada na aldeia .....	39
Tabela 5: Diagrama de Perdas Sistema Fotovoltaico [7] .....	40
Tabela 6: Características de painel selecionado para este projeto.....	41
Tabela 7: Secção de cabos calculado e normalizado .....	44
Tabela 8: Resultados da simulação - caso 1 .....	48
Tabela 9: Quantidade de emissões de poluentes por ano .....	48
Tabela 10: Custo presente líquido total .....	49
Tabela 11: Resultados obtidos ao considerar gerador diesel + solar fotovoltaico .....	49
Tabela 12: Parcela produzida por cada componente .....	50
Tabela 13: Emissões de poluentes anuais.....	51
Tabela 14: Custos presentes líquidos totais .....	51
Tabela 15: Resultados da simulação caso 3.....	52
Tabela 16: Custos presentes líquidos totais caso 3.....	53
Tabela 17: Resultados da simulação.....	54
Tabela 18: Tabela de emissões caso 4 .....	55
Tabela 19: Custo unitário dos componentes presentes na instalação .....	56
Tabela 20: Custo do sistema para o Caso1 .....	56
Tabela 21: Quantidade de emissões de poluentes por ano caso 1 .....	56
Tabela 22: Custo do sistema para o caso 2.....	57
Tabela 23: Emissões de poluentes anuais caso 2.....	57
Tabela 24: Custo do sistema para o caso 3.....	58
Tabela 25: Custo do sistema para o caso 4.....	58
Tabela 26: Custo de energia e receita.....	58
Tabela 27: Resumo de sistema solar fotovoltaico Achada Lagoa.....	59

## Abreviaturas

ARME	Agência reguladora multi sectorial da economia
B	Banco de bateria
CA	Corrente Alternada
CAD	Desenho assistido pelo computador
CBT	Capacidade de banco de bateria
COE	Cost of Energy - Custo de Energia
CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono
CC	Corrente Contínua
ECV	Escudos Cabo-Verdianos
ER	Energia Renovável
FER	Fontes de Energia Renovável
FV	Fotovoltaico
HOMER	Hybrid Optimization of Multiple Electric Renewables
INE	Instituto Nacional de Estatística
IRENA	International Renewable Energy Agency
MPP	Ponto de máxima potência
MPPT	Rastreamento do ponto de máxima potência
NPC	Net Present Cost-Custo presente líquido
NOCT	Temperatura normal de operação da célula em °C
O&M	Operação e Manutenção
PGF	Potência do gerador fotovoltaico
WD	Energia diária consumida
Subst	Substituição

## **Capítulo 1. Introdução**

### **1.1 Introdução**

Um dos maiores desafios para o futuro é obter a quantidade de energia limpa necessária para tentar diminuir, ou num cenário mais otimista, encerrar os efeitos do aquecimento global, reduzir a dependência de combustíveis fósseis e aliviar o impacto económico da subida dos preços do petróleo. Uma das melhores formas que se tem é a utilização de recursos de Fontes de Energias Renováveis (FER) [1].

Cabo Verde é um arquipélago de dez ilhas com cerca de 4.033 km<sup>2</sup> situado no Oceano Atlântico, a cerca de 455 km do ocidental africano. Nove das dez ilhas são habitadas, aproximadamente por cerca de 546.388 habitantes, maioritariamente em zonas urbanas e maioritariamente concentradas na ilha de Santiago onde fica a cidade da Praia, que é a capital administrativa.

Enquanto país insular, este apresenta desafios próprios de um mercado disperso e de dimensão reduzida. As consequências são, por um lado, dificuldades de acesso ao financiamento em condições satisfatórias e, por outro, custos de produção elevados. A dimensão do mercado não é atraente para grandes investidores o que impede que haja concorrência suficiente para gerar ganhos para o consumidor.

Logo é evidente que Cabo Verde apresenta dificuldades no setor energético, por causa da forte dependência externa para satisfação do consumo energético nacional. Portanto, é do total interesse do Governo nacional criar incentivos para adoção de tecnologias de produção de energia com base em energias renováveis, nomeadamente a energia eólica e a solar, com o objetivo de atrair investimentos externos e privados para melhorar o paradigma energético de Cabo Verde.

Deste modo, Cabo Verde apresenta um setor energético caracterizado pela insularidade e pelo recurso generalizado aos derivados do petróleo onde a energia consumida é maioritariamente constituída por Gás de Petróleo Liquefeito (GPL), gasolina, petróleo, gasóleo, fuelóleo e Jet A1. Só a biomassa, a energia solar e a energia eólica, fazem parte das fontes de energias renováveis exploradas no país.

O sistema elétrico tem uma taxa de cobertura territorial das redes de eletricidade na ordem dos 95% [2]. A restante percentagem (5%), está nas zonas afastadas da rede de

distribuição. Para essas zonas, afastadas da rede pública, pode-se utilizar o gerador a diesel no fornecimento de energia elétrica, mas, no entanto, este tipo de sistema apresenta um custo operacional significativo em função dos preços de combustível, manutenção do grupo gerador, e transporte de combustível frequentemente operando em condições precárias de manutenção com um alto impacto socioambiental. Como solução para este problema e, visando ter uma energia limpa, tem sido criado pequenas redes isoladas, utilizando recursos renováveis, uma vez que o país possui bons recursos energéticos renováveis (sol e vento). A utilização dessas fontes traz muitos benefícios, como o facto de serem fontes inesgotáveis, não poluem o meio ambiente, e são uma boa alternativa na eletrificação nas áreas rurais e remotas, sobretudo em países subdesenvolvido e em desenvolvimento.

Com um bom aproveitamento dos recursos naturais, neste caso se destaca a energia solar fotovoltaica, é possível dimensionar um sistema de micro geração descentralizada para o abastecimento da energia elétrica nas zonas afastadas da rede distribuição, visto que instalação da rede elétrica da concessionária se torna inviável devido ao alto custo de investimento para levar a energia elétrica nessas zonas. Achada Lagoa é uma pequena aldeia rural, localizado no município de Calheta, na ilha de Santiago, Cabo verde, que devido a seu afastamento da rede distribuição e dos centros urbanos, a zona enfrenta vários problemas, sendo uma delas a falta de energia elétrica.

### **1.1. Motivação**

Este trabalho teve como foco motivador responder um desafio pessoal após uma visita de lazer ao local e surgiu a ideia de fazer um dimensionamento de um sistema solar fotovoltaico na comunidade, de modo a mostrar que é possível ter um sistema para eletrificação na referida zona para satisfazer toda a demanda energética dos consumidores.

### **1.2. Objetivos**

O objetivo desse trabalho visa dimensionar um sistema de uma Microrede renovável fotovoltaica descentralizada, para garantir fiabilidade da energia elétrica numa zona afastada da rede distribuição, visto que custo para levar uma rede de distribuição para esta zona é elevado devido a grande distância e baixa densidade de cargas.

Assim pretende-se:

- ❖ Fazer o dimensionamento de um sistema solar fotovoltaico autónomo, onde pretende-se determinar a potência do sistema a instalar, a quantidade de módulos fotovoltaicos, quantidade de baterias e a potência do inversor;
- ❖ Quantificar a emissão de CO<sub>2</sub> que pode ser emitida;
- ❖ Avaliar viabilidade económica financeira do projeto.

### **1.3. Estrutura do trabalho**

O presente trabalho encontra-se dividido em 8 capítulos. O capítulo 1 faz uma introdução ao tema, apresenta os objetivos e as motivações para o tema, assim como a estrutura do relatório.

O capítulo 2 refere-se ao estado de arte, procura dar um pouco a conhecer sobre a história das energias renováveis, conceitos básicos sobre a mesma, sobretudo a energia solar fotovoltaica, os elementos básicos de sistemas fotovoltaicos, tipos de configurações dos sistemas fotovoltaicos e as tecnologias dos módulos fotovoltaicos e abordar um pouco sobre a radiação solar.

O capítulo 3 faz o contexto energético em Cabo Verde, apresentando dados referentes à matriz renovável, principalmente a energia solar fotovoltaica e o seu crescimento. Salientando também na capacidade instalada da mesma em Cabo Verde. Também faz referência ao regime para a microgeração e as leis em vigor.

O capítulo 4 apresenta as metodologias do dimensionamento e respetivos métodos e faz-se uma descrição individual de cada método.

Capítulo 5 apresenta o estudo de caso, os cálculos e os seus resultados.

O capítulo 6 apresenta os resultados das simulações no software HOMER, e análise de resultado respetivos a cada caso.

O capítulo 7 aborda a análise económica do projeto

O capítulo 8 aborda as conclusões finais de acordo com os resultados obtidos, e recomendações para trabalhos futuros.

## **Capítulo 2. ESTADO DA ARTE**

### **2.1 Energias Renováveis**

Desde começo da idade moderna nomeadamente 1400 d.C. as fontes de energias renováveis como vento, e a queda de água eram utilizadas para moer trigos e realizar outras tarefas, mas para produção de energia eram utilizados os recursos fósseis como por exemplo, o carvão. O uso mais frequente das tecnologias de recursos renováveis foi no final do século XIX, englobando energias Solar para produção de calor, pela invenção de *August Mouchot*, uma das primeiras caldeiras para produzir calor a partir da radiação solar [3].

As fontes de energias renováveis são aquelas que não esgota pelo seu uso continua, não provoca danos á natureza e não cria problemas à saúde humana.

Através das fontes renováveis podia-se obter uma parte considerável da energia elétrica sem queimar combustíveis fósseis ou criando reações de fissões nucleares. Portanto as fontes renováveis mostraram ser a tal alternativa. São técnicos e ambientalmente viáveis, estando cada vez mais competitiva devido aos constantes aperfeiçoamentos das tecnologias de conversões desses recursos.

Para utilizar as energias renováveis como fonte na produção da energia elétrica, é utilizado um conjunto de componentes interligados entre si. O desenvolvimento das sociedades humanas impulsionou a criação de tecnologias que possibilitam o aproveitamento das seguintes fontes na produção de energia elétrica [4].

### **2.2. Situação Atual De Energia Solar Fotovoltaica**

#### **2.2.1 Situação Mundial**

De acordo com o Relatório da REN 21 [5], pelo menos 407 GW de capacidade solar fotovoltaica entraram em funcionamento em todo o mundo em 2023. Esta adição recorde representou um aumento de 73% na capacidade acumulada em relação ao ano anterior e foi o maior aumento percentual desde 2011. De acordo com a mesma fonte, em 2023 foi instalada mais capacidade solar fotovoltaica do que toda a capacidade acumulada global de 2017. A capacidade total de energia solar fotovoltaica em funcionamento no final do ano atingiu uma estimativa de 1,6 terawatts (TW), acima dos 1,2 TW de 2022, como pode se verificar na figura 1.

Segundo dados da IRENA (International Renewable Energy Agency) [6], pode-se observar que de 2014 ao ano 2023 ouve um aumento gradual da quantidade de capacidade produzida de Energia FV a nível mundial.

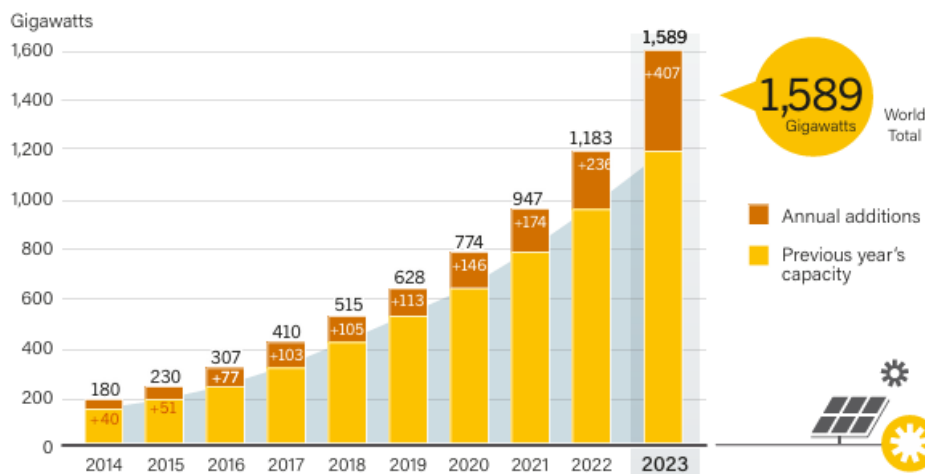


Figura 1: Capacidade global de energia solar fotovoltaica e adições anuais, 2014-2023 [5]

Os principais mercados de energia solar fotovoltaica foram a China, os Estados Unidos, a Índia, o Japão e a Alemanha, com a Índia a ultrapassar o Japão e a ocupar o terceiro lugar em comparação com a classificação de 2022, conforme se observa na figura 2. Os principais impulsionadores da implantação da energia solar fotovoltaica no mercado global incluíram os baixos custos de fabrico, o aumento da procura dos consumidores e os incentivos orientados para as políticas.

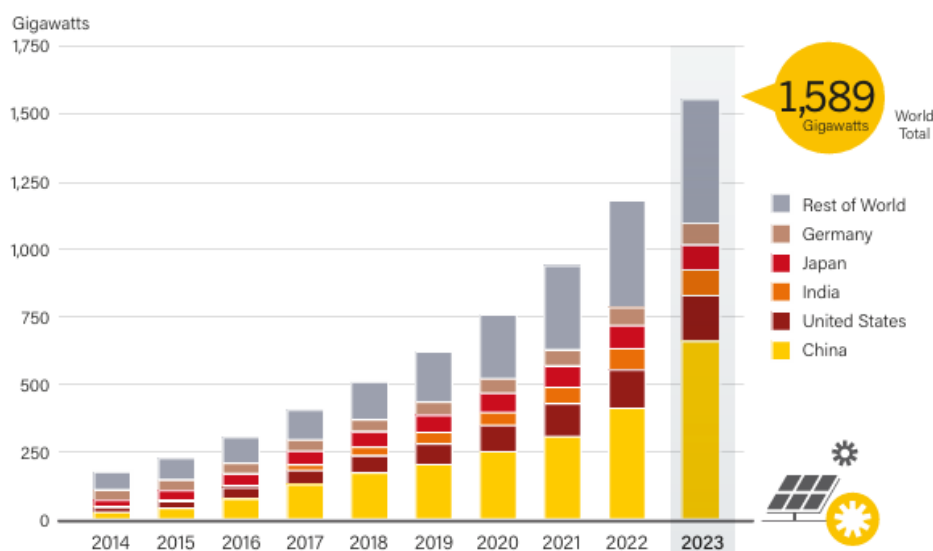


Figura 2: Capacidade global de energia solar fotovoltaica, 5 principais países e resto do mundo, 2014-2023 [5]

## **2.2.2 Energia Solar Fotovoltaica Em Cabo Verde**

As Energias Renováveis possuem uma grande importância no balanço energético do Cabo Verde e é cada vez mais uma necessidade, face à subida dos preços do petróleo no mercado mundial, por um lado, contribuindo para a redução dos níveis de emissão dos gases com efeito de estufa. Atualmente o país conta com larga experiência em energias renováveis, com a instalação de grandes parques solares, parques eólicos, projetos de microgeração em zonas isoladas, unidades de autoconsumo, sistemas de bombagem solar e sistemas de dessalinização solar. Em 2018 registou-se uma taxa de penetração das Energias Renováveis de 20,8%, proveniente dos parques públicos eólicos, 600 kW, e solares fotovoltaicos, 6.750 kW e parques privados eólicos, 23.450 kW, instalados nas ilhas de Santiago, São Vicente e Sal e Santo Antão.

Atualmente prevê-se a construção da maior central solar fotovoltaica do país, que vai ocupar uma área de cerca de 20 hectares na Calheta, ilha de Santiago.

A central solar visa a produção de uma energia mais limpa e sustentável, tornando o país menos dependente de combustíveis fósseis. A capacidade é de 10 MW para produzir cerca de 18 GW, e deverá evitar a emissão de cerca de 12.500 toneladas de dióxido de carbono. Estão ainda em curso mais dois projetos: a eólica em São Domingos (10 MW) e a solar na Boa Vista (5 MW). As três iniciativas deverão aumentar a capacidade de produção de energia renovável em cerca de 75% [7], [8].

### **2.2.2.1 Potencial da Energia Solar Fotovoltaica Em Cabo Verde**

De acordo com um estudo realizado, integrante do Plano Energético Renovável de Cabo Verde, pode afirmar-se que Cabo Verde tem um recurso solar abundante. Em termos de média anual, grande parte do território apresenta uma irradiação global entre os 1.800 e os 2.000 kWh/m<sup>2</sup>/ano, para a inclinação e exposição natural do terreno. De facto, mais de metade do território analisado (66%) apresenta radiações anuais nesta ordem de grandeza. Relativamente ao número de horas de sol, mais de metade do território apresenta um potencial superior a 3.750 horas de sol por ano, conforme se verifica na Figura 1 [9].

Conclui-se que todas as ilhas apresentam localizações com boas características para a instalação de centrais fotovoltaicas de várias gamas de potência, mas as ilhas de Santiago,



Boavista e Sal têm uma maior disponibilidade de áreas com boas condições para desenvolver estes projetos [9].

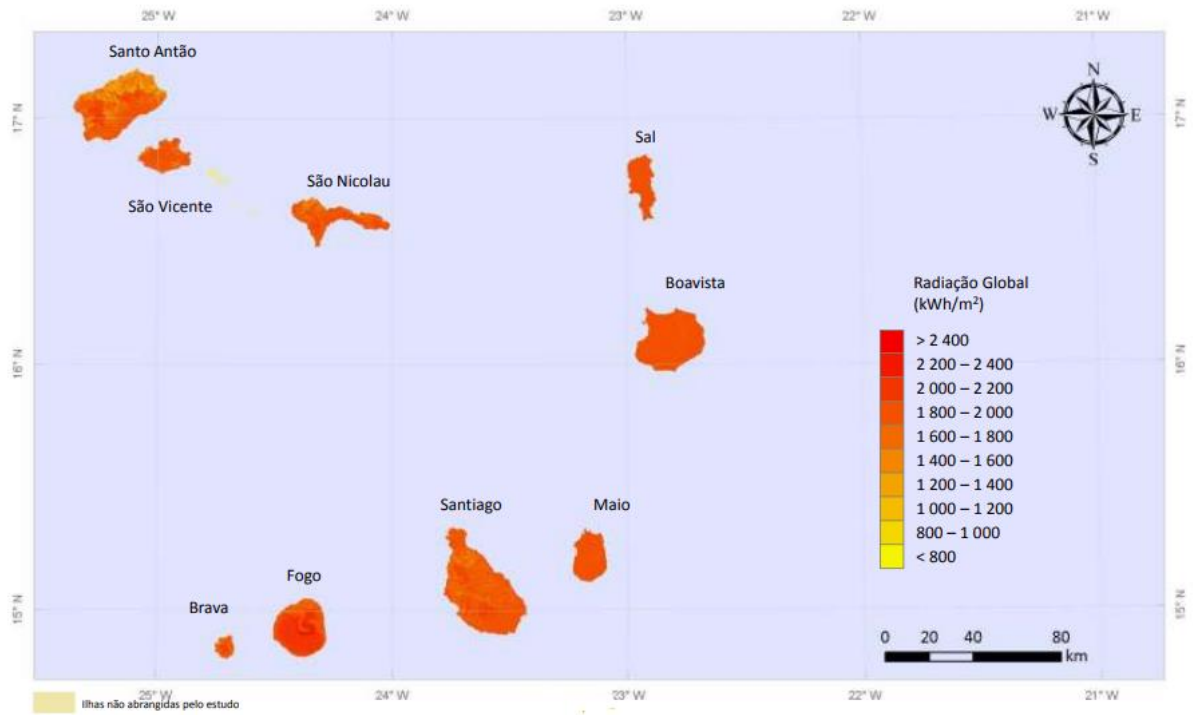


Figura 3: Representação geográfica das ilhas de Cabo Verde com a radiações global em kWh/m<sup>2</sup> [9]

### 2.2.2.2 Parques Solares em Cabo Verde

As energias renováveis apresentam-se, também, como atrativas oportunidades de negócios, como investimentos em parques energéticos renováveis na maioria das ilhas e a possibilidade de parcerias público-privadas. Cabo Verde tem instalado dois parques solares fotovoltaico, um na ilha do Sal e outro na ilha de Santiago.

O parque solar fotovoltaico da ilha de Santiago, fica instalado na cidade da Praia. A central solar do Palmarejo tem uma potência instalada de 4.5 MWp, e a produção durante o ano de 2018 foi de aproximadamente 5.948 MWh [7]. O parque é constituído por um total de 19.512 módulos solar do tipo MTS225P (8.568 unidades) e MTS230P (10.944 unidades), ocupando uma área de 13 hectares. A nível de conversão, o parque é constituído por 7 inversores de alta eficiência (~97%), sendo 1 inversor de 500 kW e 6 inversores de 630 kW. A central foi construída pela empresa portuguesa Martifer, e entrou em funcionamento a 2 de novembro de 2010 [10]. Na figura 4 representa a ilustração do campo caracterizado acima.



Figura 4: Parque fotovoltaico de Palmarejo na ilha de Santiago [10]

A central da ilha de Sal, está situada na cidade de Santa Maria, tem uma potência instalada de 2,25 MWh e a produção durante o ano de 2018 foi de aproximadamente 3.104 MWh. O parque é constituído por um total de 9.912 módulo solar do tipo MTS225P, cobrindo uma área de 8 hectares. A nível de conversão, o parque é constituído por 4 inversores de alta eficiência (~97%), sendo 1 inversor de 250 kW e 3 inversores de 630 kW. A central também foi construída pela empresa portuguesa Martifer, e entrou em funcionamento a 1 de outubro de 2010 [10]. Na figura 5 representa a ilustração do campo caracterizado acima.



Figura 5: Parque fotovoltaico de Santa Maria na ilha do Sal [10]

### 2.2.2.3 Sistemas isolados

Cabo Verde tem apostado muito em sistemas isolados (Microrede) principalmente para eletrificação das regiões geograficamente isoladas. O país já possui alguns projetos de sistema isolado em quatro ilhas com capacidade total instalada de 165,21 kWp. Os sistemas isolados

têm como principal objetivo eletrificação das localidades nas áreas rurais de difíceis acessos à energia elétrica da rede.

Tabela 1: Classificação de Sistema Isolado em Cabo Verde

<b>Localidade</b>	<b>Ilha</b>	<b>Solar (kWp)</b>	<b>Eólica (kWp)</b>	<b>Total (kWp)</b>
<b>Monte Trigo</b>	Santo Antão	27,3		27,3
<b>Vale da Custa</b>	Santiago	20,16	12	32,16
<b>Figueiras</b>	Santo Antão	30		30
<b>Cariçal</b>	São Nicolau	22		22
<b>Ribeiras Altas</b>	Santo Antão	22		22
<b>Sal</b>	Sal	20		20
<b>Xaxa</b>	Santiago	2,5	4	6,5
<b>Chã Feijoa</b>	Santo Antão	5		5
<b>Total</b>		<b>160,55</b>	<b>16</b>	<b>165,21</b>

Nos sistemas isolados predominam-se a tecnologia solar, o que é mais viável e tem maior rendimento em pequena escala para caso de Cabo Verde. Nos projetos de sistemas isolados cerca de 90% são baseadas em tecnologias solares. Abaixo faz-se referência a alguns dos sistemas descritos anteriormente.

#### **a. Sistema isolado de Monte trigo – Santo Antão**

A central fotovoltaica está projetada com 210 painéis solares com capacidades unitárias de 130 Wp, localizados no átrio da Escola Primária nº 8 de Monte Trigo e com uma potência nominal de 27,3 kWp. Os 210 painéis solares apoiados numa estrutura de madeira, que contorna o pátio da escola, abrigando-o do sol e conformando um novo espaço social para a comunidade. A energia elétrica produzida desde a radiação solar destina-se ao uso direto e para o carregamento das 48 baterias para armazenamento com capacidade de 370 kWh e quatro dias de autonomia da demanda nominal. Deste modo, as baterias permitem satisfazer o consumo de energia durante a noite e em períodos de menor radiação [11].

#### **b. Sistema isolado de Vale da Custa - Santiago**

O sistema solar fotovoltaico de Vale da Custa é o segundo sistema elétrico autónomo do país com recurso 100% renovável, baseia-se em geração híbrida eólica-fotovoltaica de 32 kWp para suprir uma demanda diária de 257,5 kWh. É composto por um campo eólico de 12 kW com três aerogeradores de 4 kWp, um campo fotovoltaico 20,16 kWp e é composto por 84 painéis de 240 Wp e um campo de armazenamento de 2500 Ah. O sistema de armazenamento é composto por 48 baterias de Eneisol T1250 com uma capacidade unitária de 1250 Ah e 2 V, configurada em 2 strings de 24 V a uma tensão de serviço de 48 V [12].

#### **c. Sistema isolado de Figueiras – Santo Antão**

O sistema solar fotovoltaico de Figueiras, em Santo Antão, é um projeto que conta com um parque fotovoltaico de 30 kWp, promovido pela Câmara Municipal da Ribeira Grande, em parceria com a Associação dos Municípios de Santo Antão, Programa das Pequenas Subvenções do Fundo Mundial para o Ambiente, Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial (UNIDO), Direção Nacional da Energia e o Centro da das Energias Renováveis e Eficiência Energética da CEDEAO (ECREEE).

#### **d. Sistema isolado de Xaxa – Santiago**

O micro gerador de Xaxa é um sistema híbrido eólico-solar com sistema de armazenamento de energia através de banco de bateria. É um projeto de eletrificação a 100% renovável com uma capacidade de 6,5 kW para uma comunidade de 17 família totalizando 70 pessoas. O sistema é composto por um parque eólico de 4 kW, com dois aerogeradores de 2 kW, e um parque solar de 2,5 kWp composto por painéis de 250 Wp.

#### **e. Sistema isolado de Feijoal – Santo Antão**

O Chã de Feijoal de Porto Novo em Santo Antão possui um sistema fotovoltaico de 5 kWp para o fornecimento da energia elétrica para suprir a demanda na localidade de 18 famílias durante 24 horas. O sistema é composto por um parque fotovoltaico de 5 kWp e um banco de bateria para o sistema de armazenamento.

#### **f. Sistema isolado Carriçal – São Nicolau**

O Micro central fotovoltaico de Carriçal Ribeira Brava, São Nicolau, onde vivem cerca de 50 famílias, à volta de 200 pessoas, baseia-se na geração de energia através da tecnologia solar fotovoltaica, com a instalação de um parque solar de 21 kWp de potência nominal [13].

### 2.3 Radiação solar

A intensidade de irradiação que chega até a atmosfera depende da distância entre o sol e a terra, que durante o decorrer do ano pode variar entre  $1,47 \times 10^8 \text{ km}$  e  $1,52 \times 10^8 \text{ km}$ . Devido a este facto, a radiância varia entre  $1,325 \text{ W/m}^2$  e  $1,412 \text{ W/m}^2$ , e o valor médio é designado por constante solar,  $E_0 = 1,367 \text{ W/m}^2$ .

Define-se, ainda, irradiação solar como a quantidade de energia solar incidente por unidade de área, expressando-se em  $\text{Wh/m}^2$ , também chamada de intensidade de radiação solar, que é a potência solar instantânea que atinge uma determinada área na superfície terrestre, sendo que geralmente, o seu valor irá depender da distância entre o Sol e a Terra, variando de acordo com a posição relativa entre ambos ao longo do ano devido ao movimento elíptico de translação que o planeta descreve. Na figura 6, está representada a distância entre a Terra e o Sol [14].

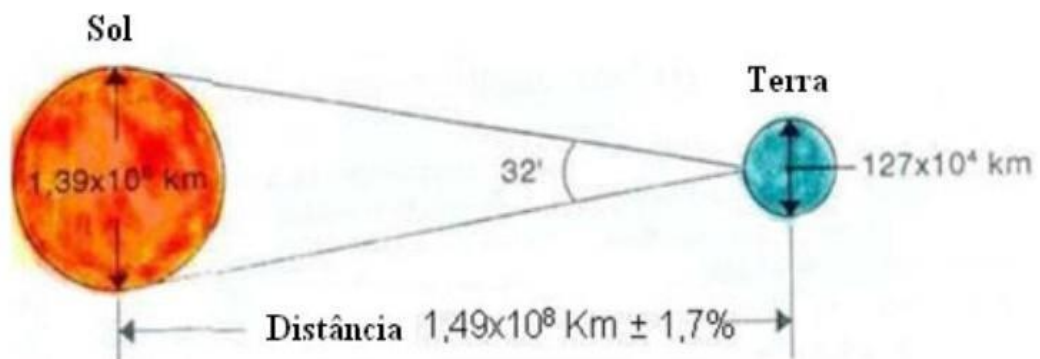


Figura 6: Relação entre as dimensões do Sol e da Terra [15]

O movimento da translação da Terra à volta do sol encontra-se esquematizado na figura 7. Pode observar-se o solstício de Verão (21- 22 de junho), em que a duração do dia é máxima, o solstício de inverno (21-22 de dezembro) em que a duração do dia é mínima e o equinócio de primavera (20-21 de abril) e o equinócio Outono (22-23 de setembro), com igual duração entre o dia e a noite.

Se estiver no hemisfério Norte, a declinação solar varia entre  $-23,45^\circ$ , no solstício do Inverno e  $+23,45^\circ$  no solstício do verão. A declinação solar é nula no equinócio da primavera, e no equinócio de outono, se refere o momento em que a duração do dia é igual à duração da

noite [16].

Apenas uma parte da quantidade total da radiação solar atinge a superfície terrestre devido aos fenômenos de reflexão, absorção e dispersão, uma vez que atmosfera reduz a radiação solar através da reflexão, absorção (ozono, vapor de água, oxigênio, dióxido de carbono) e dispersão (partículas de pó, poluição). A irradiação média que atinge a superfície da Terra, ao meio-dia, sem nuvens, é de aproximadamente  $1000 \text{ W/m}^2$ , em boas condições climáticas no plano horizontal, independentemente da localização.



Figura 7: Órbita da Terra e declinação solar ao longo do ano [17]

A luz solar que atinge a superfície terrestre, é composta por uma fração direta e por uma fração difusa tal como apresentado na figura 8. A radiação direta é a que chega segundo a direção do sol, sem sofrer processo de espalhamento ou reflexão. Por outro lado, radiação difusa é resultado do espalhamento da radiação direta, causado por nuvens e outros componentes da atmosfera, o albedo é a parcela da luz solar que sofre reflexão pela superfície da terra [18].



Figura 8: Percurso da luz solar através da atmosfera [17]

## 2.4 Tipos De Sistemas Solares Fotovoltaicos

O termo fotovoltaico teve origem do grego *phos* que significa luz. A energia solar fotovoltaica foi reconhecida em 1839 pelo francês Alexandre Edmond Becquerel, em 1883 Charles *Fritts* inventou a primeira célula fotovoltaica que converteu a luz solar em eletricidade com cerca de um por cento de eficiência, logo em 1940 a 1950 começaram a comercialização fotovoltaico em pequena escala. Com o decorrer de tempo e com a melhoria desta tecnologia hoje são capazes de transformar um quilowatt de energia solar em cerca de cem watts de eletricidade [19], [20].

Define-se sistemas de energia solar fotovoltaica como sistema que convertem a energia proveniente da radiação solar que atinge a superfície terrestre em energia elétrica a partir das células fotovoltaico que transforma radiação solar em energia elétrica através de efeitos fotovoltaicos, na maioria das vezes a energia gerado a partir do sistema fotovoltaico é entregue a rede de baixa tensão e rede de média tensão ou é utilizado para alimentar a carga em rede isolado [15].

Sistema de energia solar fotovoltaica são dimensionadas de modo a satisfazer a demandas nas zonas remotas e esse sistema divide em Sistemas On-Grid e Sistemas Off-Grid:

### 2.4.1 Sistema Ligado À Rede (On-Grid)

Para sistemas ligados à rede pública de distribuição, o gerador fotovoltaico entrega à



rede o excesso de energia gerada nos painéis fotovoltaicos.

Normalmente nos sistemas On-Grid de elevadas potências não se recorre ao armazenamento de energia elétrica, pois tornariam os sistemas bastante dispendiosos. No entanto, em pequenos sistemas On-grid é comum recorrer-se ao armazenamento em baterias cuja tendência será de aumentar devido à diminuição do custo das baterias, principalmente das baterias de lítio.

Este sistema também utiliza inversor para transformar a corrente contínua gerado pelos painéis solares em corrente alternada para alimentar as cargas, e também para ser injetada na rede de distribuição caso houver excesso na produção de energia, ou armazenamento em baterias, sendo o inverso designado de inverso híbrido. Entre o módulo e a rede existem equipamentos de regulação e interface que otimizam as condições de geração e adaptam-nas às condições de receção impostas pela rede sem armazenamento [21]. A figura 9 representa o sistema ligado à rede.

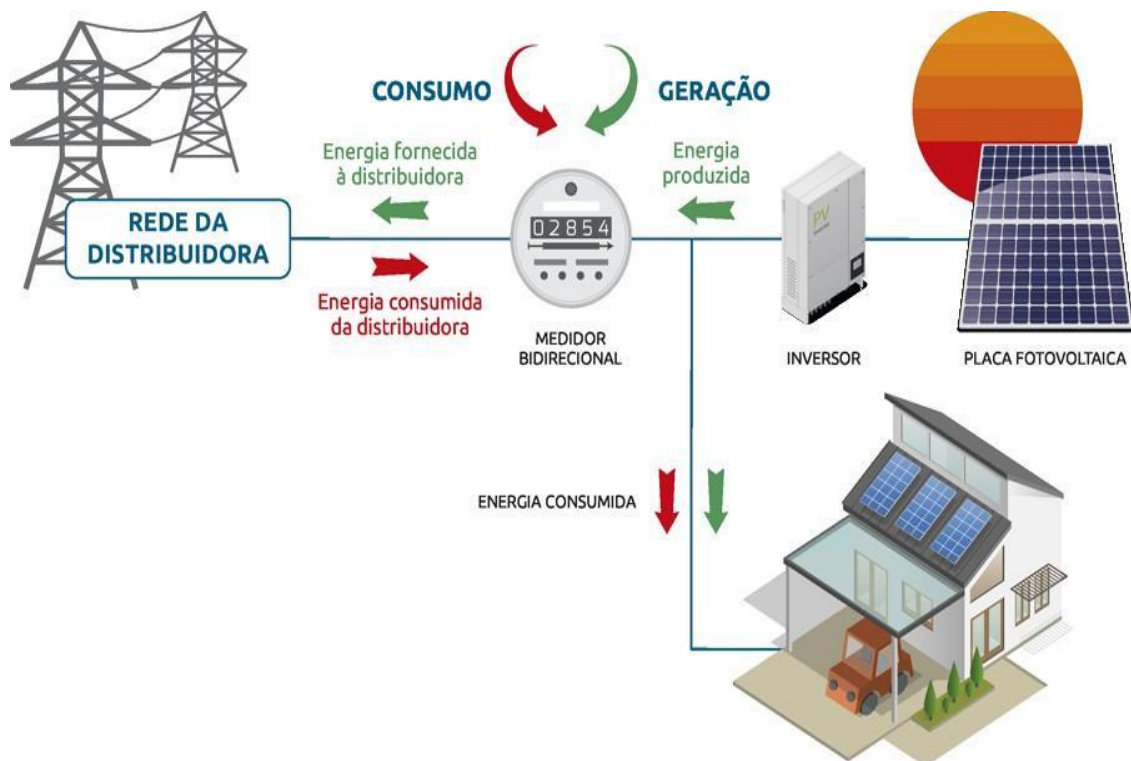


Figura 9: Sistema Solar Fotovoltaico On-Grid Sem Armazenamento [22]

#### 2.4.2 Sistemas Isolados Ou Autónomos (Off-Grid)

Um sistema fotovoltaico autónomo é fundamentalmente concebido para alimentar um



conjunto de cargas que operam isoladas da rede elétrica, ou seja, não tem ligação à rede de distribuição de eletricidade das concessionárias ou qualquer outra fonte da energia elétrica. Nesse tipo de sistema, o dimensionamento é efetuado através do conhecimento prévio da intensidade da radiação solar disponível, correspondente ao mês com menor número irradiação solar. Este sistema para além de integrar painéis solares também integram outros equipamentos tais como baterias, controlador e inversor. Estes sistemas também podem ser: com armazenamento e sem armazenamento.

O primeiro pode ser utilizado para alimentação de instalações domésticas, para carregamento de baterias dos carros elétricos, a iluminação pública. Já no sistema sem armazenamento são frequentemente utilizados em sistema de bombagem de água, onde toda a energia elétrica produzida pelos módulos fotovoltaicos será consumida, não sendo necessária a utilização de baterias para armazenamento da energia elétrica [21]. A figura 10 (a) representa um sistema isolado com armazenamento e a figura 10 (b) representa o sistema isolado sem armazenamento.

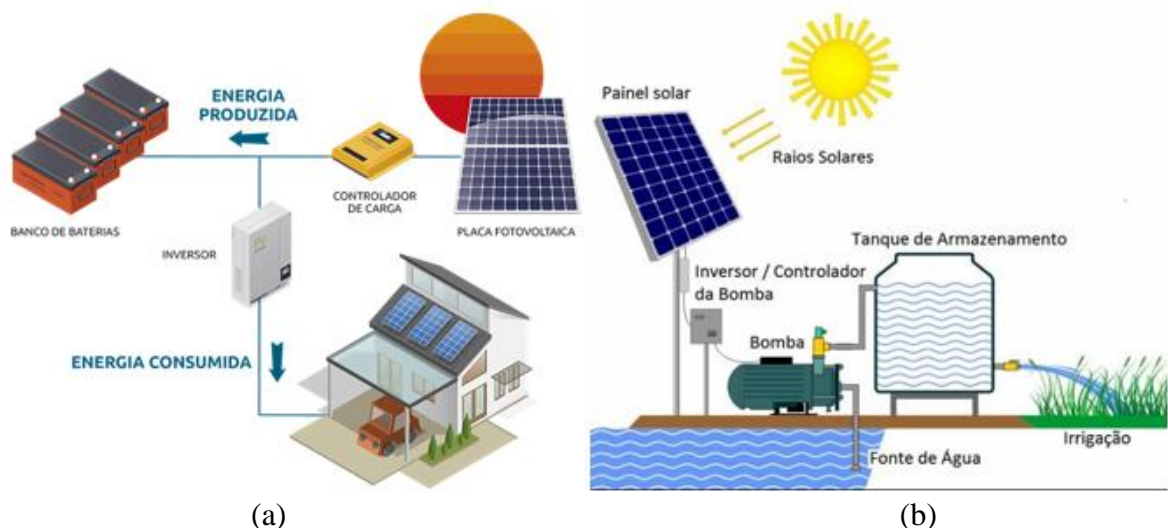


Figura 10: Sistema Isolado Com Armazenamento (a) e Sem Armazenamento (b) [22]

## 2.5 Componentes Do Sistema Solar Fotovoltaico Isolado

### 2.5.1 Painéis Fotovoltaicos

Os módulos fotovoltaicos são conjunto de células solares fotovoltaicas responsáveis por transformar a irradiação solar em energia elétrica na forma de corrente contínua (CC). O que distingue o sistema solar fotovoltaico são as tecnologias dos painéis fotovoltaicos onde se destacam os seguintes tipos.

a) Painel solar de silício monocristalino

A tecnologia monocristalina é a mais antiga e possuem a eficiência dentro das tecnologias comerciais entre 15-22%. Tem tendência a funcionar melhor do que os restantes painéis solares em condições de pouca luz e o tempo de vida útil normalmente é superior a 30 anos e com garantia de 25 anos. Tem como desvantagens, elevados resíduos de silício gerados no seu fabrico e elevados custo para aquisições dos módulos.

b) Painel solar de silício policristalino

Esta tecnologia apresenta a semelhança do monocristalino por serem feito de silício, mas diferem no método utilizado na fundição dos cristais estes são fundidos em blocos, cortados e fatiados, possível observar a formação múltiplas dos cristais, apresentam uma eficiência média do painel solar de 14-20%. A quantidade de silício residual gerado durante o processo de corte das células fotovoltaico é menor em comparação com painel solar monocristalino e o tempo de vida útil normalmente é superior a 30 anos e com garantia de 25 anos.

c) Painel solar Painel solar de filme fino ou película fino

São fabricados depositando uma ou várias camadas finas de matérias fotovoltaicas de filme fino. Os diferentes painéis solares de filme fino são:

- Silício amorfo (a-Si)
- Telureto de cádmio (CdTe)
- Seleneto de Cobre, índio e gálio (CIS / CIGS)
- Células solares fotovoltaicas orgânicas (OPV)

Atualmente os painéis fotovoltaicos que utilizam a tecnologia de filme fino apresentam eficiência média de 7-16%. Altas temperaturas e sombreamentos das árvores e outros obstáculos tem menos impactos sobre o desempenho do painel de filme fino. Geralmente eles vêm com uma garantia mais curto, porque tendem a degradar rapidamente do que os painéis solares monos e policristalinos e também esta tecnologia exige uma grande quantidade de espaços, geralmente não são utilizados na maioria das instalações de sistemas fotovoltaicos residenciais.

d) Painel solar híbrido (HJT)

Estas tecnologias aquece a água e gera eletricidade, aproveita tanto a energia captada pelas células fotovoltaicas como também consegue captar a energia térmica para aquecer a água. A eficiência dos painéis que utilizam esta tecnologia é de 21-24%, produzem mais energias por metro quadrado, funciona muito bem com temperatura mais alta em comparação com outras tecnologias. Esta tecnologia apresenta uma eficiência comercial de células fotovoltaicas de aproximadamente 24 % [23].

e) Painel solar Bi-facial (BI-PV)

Estas tecnologias possuem células fotovoltaicas com duas faces em vez de uma para absorver a energia solar radiante, eles se utilizam o efeito do Albedo, onde a luz solar refletida do solo ou de alguma superfície é absorvida e a partir da qual o painel bifacial é capaz de oferecer um aumento de potência em sua saída. Os painéis bifaciais podem gerar 30% a mais de energia, fazendo uso de sua superfície traseira, as células bifaciais foram direcionadas para aplicações nas áreas onde grande parte da energia solar disponível é a luz solar difusa proveniente do chão ou em objetos aos redores [23].

### **2.5.2 Inversor**

Os inversores são dispositivos utilizados para fazer a ligação entre o gerador fotovoltaico e a carga AC dos equipamentos. Têm por objetivo de converter o sinal elétrico CC proveniente do gerador fotovoltaico num sinal CA.

Estes inversores deverão ser capazes de alimentar um elevado número de equipamentos elétricos, pelo que a sua eficiência deverá rondar os 90%. A qualidade do inversor autónomo depende de um conjunto de características, como por exemplo [24]:

- Baixa flutuação da tensão e frequência de saída;
- Alta eficiência;
- Baixo consumo em stand-by com autodeteção da presença de uma carga;
- Capacidade de suportar curto-circuitos.

### **2.5.3 Bateria**

Para sistemas solares fotovoltaicos isolados, os sistemas de armazenamento de energia tornam-se importantes para compensar o período de fraca irradiação solar (por exemplo,

durante a noite ou em dias nublados). Neste contexto, recorre-se normalmente as baterias de ácido de chumbo, níquel-cádmio, hidreto metálico e de íões de lítio.

Para caraterizar uma bateria, é necessário ter em conta alguns fatores, entre eles a sua tensão, densidade e energia específica, rendimento energético, capacidade (quantidade máxima de energia elétrica que a bateria pode fornecer durante o seu processo de descarga), auto descarga (percentagem de descarga da bateria mesmo quando não é utilizada), ciclos de vida (número de vezes que bateria pode carregar/descarregar durante a sua vida útil) e profundidade de descarga [24].

#### **2.5.4 Regulador de carga**

O regulador de carga funciona como elo de ligação entre os módulos fotovoltaicos, o banco de baterias e a carga. Este controla o armazenamento de energia das baterias, evitando a sua sobrecarga ou a sua profundidade de descarga, através da análise da tensão na mesma [24].

As principais caraterísticas para bom funcionamento são:

- Apresentar um baixo consumo interno;
- Elevada eficiência, sendo recomendável de 96% a 98%;
- Cortar a ligação entre as baterias e o consumo em caso de uma descarga profunda;
- O carregamento deverá ser feito a altas tensões;
- A tensão de rutura dos componentes semicondutores deverá ser pelo menos duas vezes a tensão em circuito aberto do gerador solar;
- Proteção integrada no caso de sobretensão;
- Deve encontrar-se num local seguro e protegido.

#### **2.5.5 Cabos e Condutores Elétricos**

Numa instalação de um sistema solares fotovoltaicos devem ser usados cabos que cumpram os requisitos para esta aplicação. Basicamente existem 3 tipos de cabos para instalação de sistema solar fotovoltaicos: cabos de módulo ou de fileira, cabo principal CC e cabo do ramal CA.

Denominando-se por cabos de módulo ou de fileira os condutores que estabelecem a ligação elétrica entre os módulos individuais de um gerador solar e a caixa de junção, estes cabos são geralmente aplicados no exterior.

Designa-se por cabos principal CC, porque estabelece as ligações entre a caixa de junção e o inversor. Se a caixa de junção do gerador estiver localizada no exterior, estes cabos devem ser entubados, uma vez que, não são resistentes aos raios ultravioletas.

Designa-se por cabo do ramal CA, porque estabelece a ligação de quadro CC para quadro AC para alimentar as cargas que normalmente são alimentados em corrente alternada.

### **2.5.6 Proteções**

Como qualquer outro tipo instalação elétrica, os sistemas FV devem possuir dispositivos que assegurem a proteção das instalações, pessoas, bens e animais, garantindo a continuidade do serviço. Desta forma, os sistemas FV devem possuir vários níveis de proteção e seccionamento, estando equipados com interruptores (ou disjuntores), fusíveis e descarregadores de sobretensão, que seccionem as várias partes da instalação em CC e CA.

## **CAPÍTULO 3. CONTEXTO ENERGÉTICO EM CABO VERDE**

### **3.1 Diagnóstico do Setor Elétrico Cabo Verdiano**

O setor energético de Cabo Verde caracteriza-se pelo consumo de combustível fóssil, ou seja, derivados de petróleo (Gás de Petróleo Liquefeito (GPL), gasolina, petróleo, gasóleo, fuel oil e Jet A1), biomassa (lenha) e uma pouca expressiva utilização de energias renováveis, nomeadamente a energia solar e eólica. Uma parte dos combustíveis importados são reexportados no abastecimento de navios (banca internacional) e aviação internacional, conforme pode-se observar na figura 11.

Segundo o Plano de Ação Nacional para a Integração do Género no Acesso a Energia - Cabo Verde (PANGE-CV), a energia é considerada um serviço público, mas, nas sociedades modernas, ela pode ser vista como uma necessidade básica, para as atividades do dia-a-dia, económicas e de lazer [25].

Neste sentido, a política de Cabo Verde tem por objetivo construir um setor energético seguro, eficiente, sustentável e sem dependência de combustível fóssil, e está assente em 4 pilares:

- a) Segurança energética e redução da dependência das importações;
- b) Aposta nas energias renováveis;
- c) Sustentabilidade do setor;
- d) Eficiência no fornecimento, distribuição e consumo.

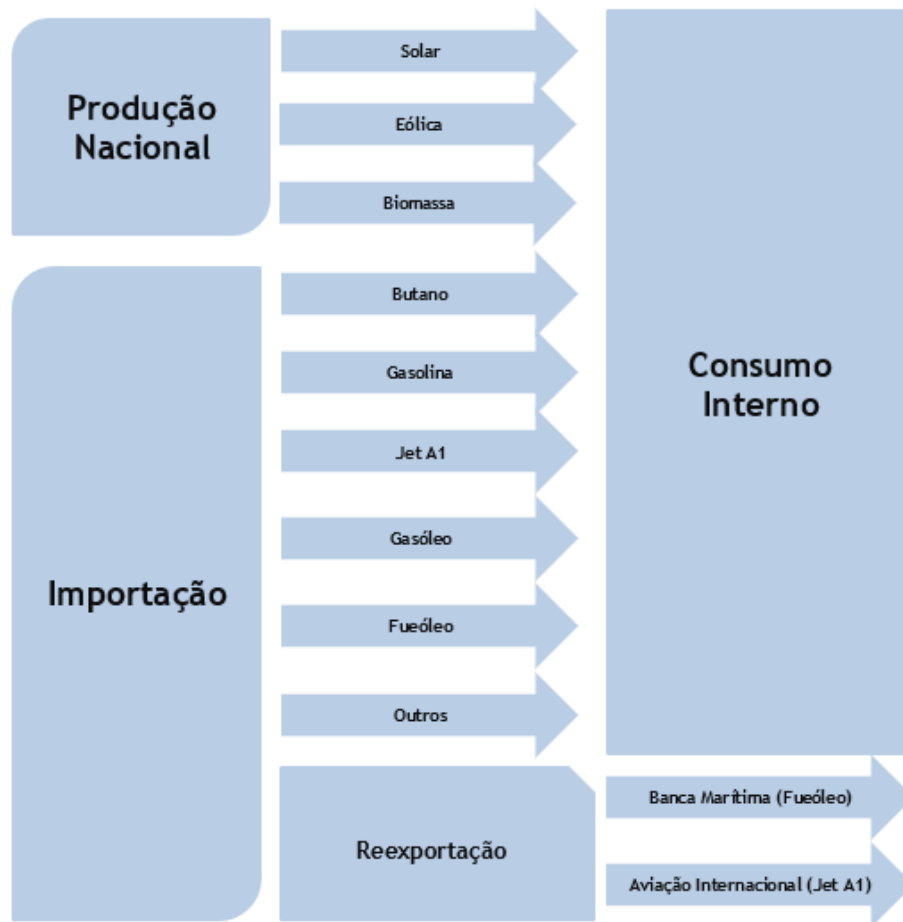


Figura 11: Estrutura da oferta de energia para consumo em Cabo Verde [25]

A figura 12, traduz a evolução anual de produção de energia elétrica em cada ilha, por fonte de energia primária.

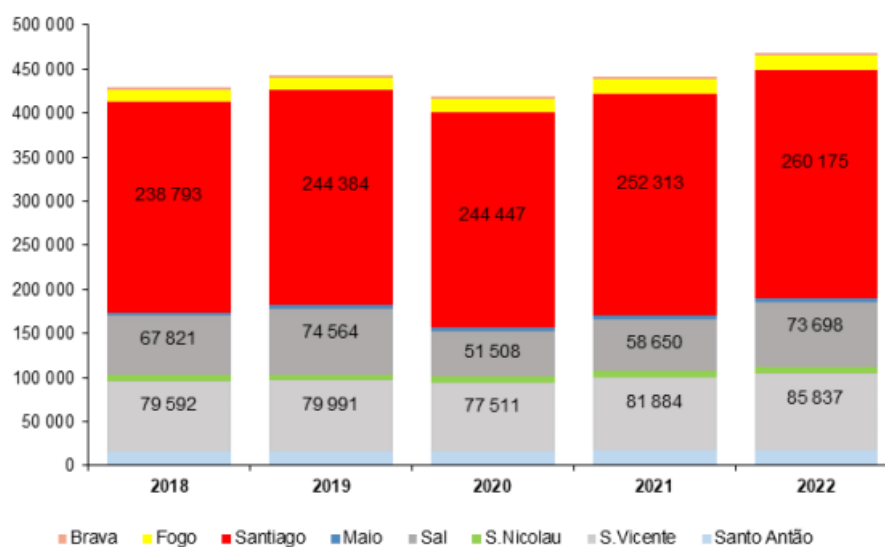


Figure 12: Evolução anual da produção de energia elétrica por ilha (MWh) [26]

### 3.1.1 Escalões de Eletricidade

Baixa tensão é um termo em engenharia elétrica utilizado para identificar as considerações de segurança de sistema de geração, distribuição e utilização de energia elétrica baseado no valor de tensão elétrica utilizado. Apesar das diferentes faixas de tensão utilizadas para definir a baixa tensão, ela é geralmente caracterizada por carregar um risco substancial de choque elétrico, mas um risco menor de arco elétrico no ar [27].

Conforme o Boletim Oficial [28] as categorias dos escalões de eletricidade estão definidas como:

- ✓ Baixa Tensão Normal (BTN), para potências contratadas iguais ou inferiores a 20,7 kVA. Destina-se a clientes residenciais, lojas, escritórios e pequenas empresas, alimentadas ao nível de tensão 230/400 V;
- ✓ Baixa Tensão (BT): tensão entre fases cujo valor eficaz é igual ou inferior a 1kV;
- ✓ Baixa Tensão Especial (BTE), para potências contratadas superiores a 20,7 kVA, aplicável a consumidores de energia elétrica em Baixa Tensão para produção de força motriz e outras utilizações industriais em fábricas, oficinas e instalações congêneres (funcionamento regular)
- ✓ Média Tensão (MT), para casos em que a tensão entre fases cujo valor eficaz é superior a 1 kV e igual ou inferior a 35 kV. Destina-se a grandes clientes industriais, hospitais, portos e aeroportos, entre outros

#### **i. Tarifas de Energia em Vigor**

A entidade responsável pela comercialização da eletricidade é a ELECTRA, S.A. Segundo a Agência Reguladora Multissetorial da Economia de Cabo Verde [29], que estabelece as tarifas de eletricidade aplicadas para a ELECTRA, S.A., as mesmas são caracterizadas da seguinte forma conforme pode-se verificar na Tabela 2.



Quadro 1

TARIFA DE ELECTRICIDADE			
Para ELECTRA a vigorar a partir de: 01/janeiro/2024			
Escalões			
Baixa Tensão Doméstica	Tarifa base	IVA (8%)*	Tarifa c/IVA
<= 60 KWh/mês	31,59	2,53	34,12
> 60 KWh/mês	38,45	3,08	41,53
Baixa Tensão Especial	34,60	2,77	37,37
Média Tensão	30,28	2,42	32,70
Iluminação Pública	31,59	2,53	34,12
Consumo Interno da Produção de Água	30,60		

Quadro 2

TARIFA DE ELECTRICIDADE			
Para AEB a vigorar a partir de: 01/janeiro/2024			
Escalões			
Baixa Tensão Doméstica	Tarifa base	IVA (8%)*	Tarifa c/IVA
<= 60 KWh/mês	34,79	2,78	37,57
> 60 KWh/mês	41,65	3,33	44,98
Baixa Tensão Especial	37,80	3,02	40,82
BTE_LAC	39,97	3,20	43,17
Média Tensão	33,48	2,68	36,16
Iluminação Pública	34,79	2,78	37,57
Consumo Interno da Produção de Água	31,35		

Tabela 2: Tarifas de energia em Cabo Verde [29],

### 3.1.2 Enquadramento legislativo – Microgeração

O Governo de Cabo Verde tem um plano bastante otimista para as Energias Renováveis e pretende impulsionar a microgeração a nível das famílias, pequenas indústrias e comércio. Como sendo, a microgeração constitui parte desta estratégia nacional para que em 2030 o país tenha cerca de 50% de taxa de penetração de Energias Renováveis. A participação da sociedade civil e das empresas cabo verdianas é imprescindível para o aumento da taxa de penetração de Energias Renováveis.

Neste sentido, foi criada o Decreto-Lei nº 1 de 2011, que estabelece as disposições relativas à promoção, ao incentivo e ao acesso, licenciamento e exploração inerentes ao

exercício da atividade de produção independente e de autoprodução de energia elétrica com base em fontes de Energias Renováveis [30].

### 3.1.3 Regime para microprodução

A microprodução consiste na produção de energia elétrica, através de instalações de baixa potência, usando fontes renováveis, ligadas em baixa tensão, baixa tensão especial e média tensão. Segundo o Decreto-Lei 54/2018, as energias renováveis no mix de produção em Cabo Verde, contribui de uma maneira incremental para o aumento do mercado de microprodução e, ao mesmo tempo, permitir a redução da fatura energética dos consumidores micro-produtores.

A atividade de produção de energia elétrica com base em fontes de energia renováveis pode ser exercida com base em 3 (três) regimes, cujos termos são [30]:

- a) *Regime Geral* – aplicável à produção independente e autoprodução com base em fontes de origem renovável não previstas nos restantes regimes;
- b) *Regime para microprodução* – aplicável à autoprodução com base em fontes de origem renovável e potência de ligação até 100 kVA;
- c) *Regime simplificado para eletrificação rural descentralizada*.

De acordo com o artigo 57, os sistemas instalados de microprodução com potência total instalada inferior ou igual a 400 W não carecem de qualquer autorização prévia para sua instalação desde que os equipamentos utilizados sejam certificados e instaladores acreditados, necessitando apenas de um registo no Sistema de Registo de Microprodução (SRM) [31].

Para sistemas instalados de microprodução com potência total superior a 400 W carecem de registo prévio no SRM, e deve ser integrada no local da instalação elétrica de utilização, respeitando os seguintes critérios:

- Ter uma potência de ligação à rede igual ou inferior a 100 kW;
- Produzir anualmente um valor igual ou inferior a 100% do consumo anual em kWh.

Para o caso dos consumidores não residenciais, a DNICE em acerto com a concessionária, pode autorizar o aumento de potências contratadas, desde que o nível de consumo de energia das atividades do micro produtor o justifique. A potência instalada de

sistema microprodução interligadas a um determinado posto de transformação não deve superar os 25% da carga máxima desse posto.

No caso das instalações com potência instalada superior a 400 W, a validação do registo é suficientemente para autorizar o início da instalação da central de microprodução sendo a veracidade das informações prestadas no momento do registo verificadas apenas no momento de inspeção. Estes devem ter um projeto assinado por um técnico responsável pela instalação elétrica de serviços particulares disponíveis no momento da inspeção, sendo que o registo da instalação só é válido após o pagamento de uma taxa a estabelecer e caduca-se no prazo de 6 meses se não for solicitada a inspeção da instalação.

## **CAPÍTULO 4 METODOLOGIA DE DIMENSIONAMENTO DOS SISTEMAS DE MICRO-GERAÇÃO**

### **4.1 Sistema Off -Grid Com Armazenamento Para Autoconsumo**

Para dimensionar os componentes dos sistemas solares fotovoltaicos (FV) devem ser escolhidos por forma a assegurarem um desempenho dos módulos fotovoltaicos. Fazer a escolha da melhor configuração elétrica do sistema FV é um dos passos muito importantes no dimensionamento deste tipo de sistemas. Hoje existem diversas ferramentas computacionais para simulação do sistema FV muito úteis que realizam uma análise do desempenho dos sistemas segundo condições reais de funcionamento, investigam o impacto de diferentes perfis de cargas, verificam o tamanho do sistema e determinam o tamanho ótimo dos componentes FV e a viabilidade em termos de produção de energia e de custo.

A metodologia seguida para dimensionamento da microgeração fotovoltaica é apresentada neste capítulo.

O fluxograma explicativo da metodologia seguida é apresentado na figura 13.

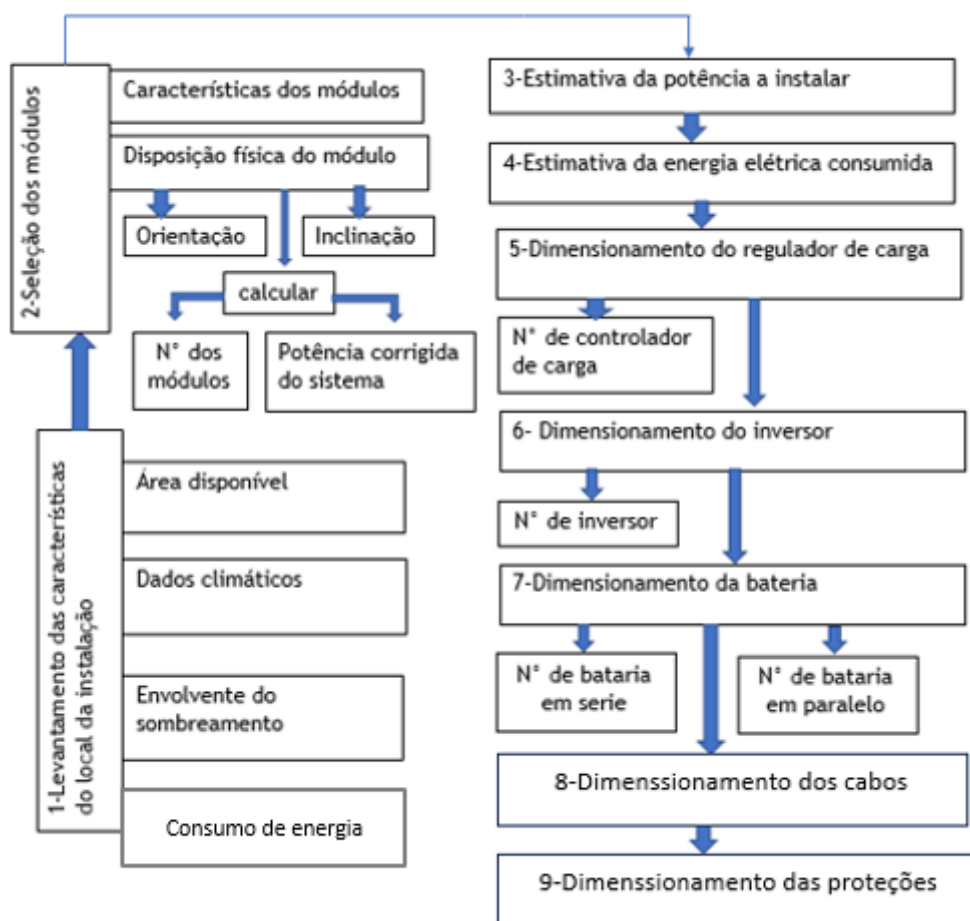


Figura 13: Fluxograma explicativo da metodologia de dimensionamento

## 4.2 Levantamento das Características do Local da Instalação

Para começar a planear um sistema fotovoltaico, é fundamental conhecer bem o local da instalação. A escolha do local para implementação da minicentral é, assim, o primeiro aspeto a ter em conta e, depois de escolhido o local da instalação, é necessário fazer o levantamento das suas características, nomeadamente:

- Área disponível para instalação dos módulos;
- Orientação e inclinação das estruturas disponíveis à colocação do sistema;
- Radiação média mensal;
- Envolvente com os obstáculos que podem causar sombreamento.

### 4.2.1 Área disponível

A área disponível é um parâmetro importante no dimensionamento de micro- geração fotovoltaicas, uma vez que irá limitar a potência a instalar e irá restringir a configuração física e elétrica do sistema. Ao definir a área disponível é efetuado o cálculo da potência previsível a instalar. A orientação e a inclinação da respectiva área disponível são também parâmetros a determinar.

#### **4.2.2 Dados climáticos do local**

No sistema FV isolado é fundamental conhecer a energia produzida por um ou vários módulos solares num determinado período de tempo. Assim, torna-se fundamental o conhecimento das condições climáticas do local em causa, dado que, o comportamento do módulo varia com a radiação incidente e com a temperatura ambiente, é necessário conhecer o gráfico da radiação e da temperatura média mensal para o local da instalação.

Os dados serão obtidos a partir bases de dados do Instituto de Meteorologia, de softwares de dimensionamento, tal como o PV\*SOL, ou ainda através do PV\*GIS, disponível gratuitamente online o SOLAR\*GIS, que disponibilizam as radiações média mensal e anual do local de instalação.

#### **4.3 Estimativa da Energia Elétrica Consumida**

Assim conhecendo a potência nominal dos aparelhos e sabendo a quantidade a ser instalado, levando em conta as horas de utilização por dia ou por mês que cada aparelho vai ser ligado, determinando-se a energia estimada através da fórmula.

$$W_D = \sum_n (P_n * t_n * n) \quad (4.1)$$

Onde:

$W_D$  - é energia diária consumida;

$P_n$  - é potência nominal individual dos aparelhos;

$n$  - é número de quantidade do aparelho;

$t_n$  - corresponde ao tempo em que cada aparelho vai ser ligado

#### **4.4 Estimativa da Potência a Instalar**

Para dimensionar um sistema solar fotovoltaico, tem-se que fazer um levantamento individuais das cargas, saber as potências individuais de cada aparelho, a quantidade por cada

tipo individual dos mesmos e o tempo de utilização, para que se possa dimensionar um sistema capaz de satisfazer a demanda energético de um determinado local de instalação do sistema. O cálculo da potência é feito através da seguinte expressão, que relaciona o somatório da potência nominal dos eletrodomésticos e a quantidade dos aparelhos.

$$P_{nt} = \sum (P_n * n) \quad (4.2)$$

Onde:

$P_{nt}$  - é potência total;

$P_n$  - é potência nominal individuais dos aparelhos

$n$  - é número de quantidade do aparelho.

#### 4.5 Seleção do módulo

A escolha do módulo é um aspeto muito importante no projeto do dimensionamento da microgeração fotovoltaica, e possui uma grande importância no rendimento global da instalação. Os módulos deverão ser escolhidos tendo em conta o tipo de células relacionado com rendimento e preço, assim como as características elétricas, físicas e o custo. Através da potência de pico do sistema e da potência máxima do módulo pode ser calculado o número de módulos fotovoltaicos necessários para o sistema. Para a escolha do módulo FV levou-se em conta a disponibilidade no mercado, bem com a questão do preço dos mesmos. este estudo de caso, escolheu-se o painel de 330W.

O cálculo para a determinação do número de módulos FV pode ser visualizado na seguinte expressão:

$$N^{\circ} \text{ módulo} = P_{\text{sist}}/P_{\text{máx}} \quad (4.3)$$

Em que:

$P_{\text{sist}}$  - é a potência de pico do sistema

$P_{\text{máx}}$  - a potência máxima do módulo fotovoltaico.

Algumas das características mais relevantes a ter em conta pelos projetistas na hora de escolher o módulo são apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3: Parâmetros principais dos módulos FV

Parâmetros	Unidades
Eficiência - $\eta$	%
Potência Nominal - $P_{m\acute{a}x}$	W.p
Dimensões (comprimento x largura)	mm x mm
Temperatura Nominal de funcionamento - $N_{OCT}$	°C
Corrente Nominal $I_{m\acute{a}x}$	A
Tensão Nominal - $V_{m\acute{a}x}$	V
Corrente de curto circuito - $I_{CC}$	A
Tensão de circuito aberto - $V_{OC}$	V
Coefficiente de temperatura de $V_{OC}$	%/°C
Coefficiente de temperatura de $I_{CC}$	%/°C
Preço	ECV
Garantia	Anos

#### 4.5.1 Disposição Física do Módulo

A posição dos módulos fotovoltaicos adota soluções diferentes entre eficiência e integração arquitetônica, que pode ser posicionada na vertical ou horizontal.

#### 4.5.2 Orientação e Inclinação do Módulo

A orientação da instalação, tem por resultado diferentes níveis de irradiação [12]. O módulo deve estar orientado para Sul se o local de instalação é localizado no hemisfério norte e com uma elevação correspondente à latitude do lugar como solução prática empírica com bons resultados. O ângulo de inclinação ótimo dos módulos fotovoltaicos pode também ser obtido na plataforma *online* PVGIS, ou através de um dos diferentes *softwares* de dimensionamento de sistemas fotovoltaicos.

#### 4.6 Inversor

O dimensionamento de um sistema isolado é feito com base no valor da potência total de carga CA e com um fator de segurança. Este dimensionamento é feito para alimentar as



cargas numa pequena residência, onde posteriormente poderá haver aumento de carga então é aplicado um fator de segurança para o dimensionamento do inversor. A expressão 4.4 mostra como é feito dimensionamento do inversor.

$$P_{Inv} \geq F_s \times P_{total} \quad (4.4)$$

Onde:

$P_{Inv}$  - Potência do inversor (W);

$P_{total}$  - Somatório das potências dos painéis (W)

$F_s$  - Fator de segurança

#### 4.7 Bateria

Deve-se dimensionar a bateria de modo a armazenar a energia necessária para consumo diário e mais alguns dias de reserva. Desta forma o sistema pode fornecer energia no período em que há pouca radiação solar, como por exemplo em dias nublados ou à noite. Para preservar a vida útil da bateria, deve-se compensar as perdas do sistema e assegurar que a carga da bateria não excede o nível de profundidade de descarga máximo permitido.

A capacidade da bateria pode ser calculada através da seguinte expressão.

$$C_{bt} = (W_D * N) / (V_{sist} * DOD * \eta_b) \quad (4.5)$$

Onde:

$C_{bt}$  é capacidade da bateria em Ah;

$W_D$  é a energia diária consumida em Wh;

$N$  é o número de dias de autonomia;

$V_{sist}$  é a tensão do sistema que pode ser 12V, 24 ou 48V;

DOD é o limite máximo permitido da profundidade de carga da bateria (0.3 a 0.9);

$\eta_b$  é o rendimento da bateria.

Uma boa regra para o número de dias de autonomia, é geralmente entre 3 a 5 dias e está relacionado com a possibilidade de ocorrência de dias de céu nublado ou pouca radiação solar. O dimensionamento da bateria para menos de 3 dias pode reduzir o seu ciclo de carga, diminuindo o seu tempo de vida útil. Por outro lado, o dimensionamento para mais de 5 dias

aumenta consideravelmente o custo do sistema, podendo comprometer a viabilidade econômica do projeto [17].

#### 4.7.1 Banco de bateria

Deve dimensionar-se o número de banco de bateria levando em consideração a capacidade total de baterias do sistema e a capacidade individual da bateria que é fornecida pelo fabricante. O número de banco de bateria é calculado da seguinte expressão.

$$B_{bat} = C_{bt} / C_{b.ind} \quad (4.6)$$

Em que:

$B_{bat}$  - é número de banco de bateria;

$C_{bt}$  - é capacidade total de bateria do sistema

$C_{b.ind}$  - é capacidade individual de bateria.

#### 4.8 Regulador de carga

Os reguladores de cargas são definidos pela tensão nominal do sistema e pela maior corrente exigida. A capacidade do regulador deve superar a corrente dos painéis, caso a corrente total ultrapasse a capacidade prevista, divide-se a instalação em duas ou mais fileiras, executando o mesmo princípio de balanceamento de carga de uma instalação elétrica convencional. A expressão 4.7 mostra como se pode calcular a corrente para a seleção do regulador de carga.

$$I_{rc} = [(P_{painel} * N^{\circ} \text{ painéis}) / V_s] \quad (4.7)$$

Onde:

$I_{rc}$  - Corrente do regulador de carga;

$P_{painel}$  - Potencia do painel (W)

$V_s$  - Tensão do sistema bateria (V).

A expressão 5.8 mostra como determinar o número de reguladores de carga que deve

ser instalado.

$$N^{\circ} \text{ reguladores} = I_{\text{máx. reg.}} / I_{\text{reg. disp.}} = 31,94\text{A} / 35\text{A} = 1 \quad (4.8)$$

$P_{cs}$  - Potência corrigida do sistema (kW)

O número de módulo máximo que o regulador suporta em serie é dado pela expressão 4.9.

$$N^{\circ} \text{ mod. serie} = V_{\text{máx RG}} / V_{oc} \quad (4.9)$$

$V_{\text{máx RG}}$  – tensão máxima do regulador de carga (V);

$V_{oc}$  – tensão de circuito aberto (V);

#### 4.9 Número de fileira em paralelo

Assim como é feito o cálculo de módulo em serie, também é feito cálculo de número de fileiras para saber o valor de corrente de entrada do regulador sem ultrapassar o valor estipulado pelo mesmo. A expressão 4.10 mostra como poderá ser feito o cálculo de fileira.

$$N^{\circ} \text{ fileira paralelo} = N^{\circ} \text{ mod} / N^{\circ} \text{ mod serie} \quad (4.10)$$

Onde:

$N^{\circ} \text{ mod}$ - Número de módulos;

$N^{\circ} \text{ modserie}$ - Número de módulos em serie.

#### 4.10 Cabos

O dimensionamento de cabagem do sistema solar fotovoltaico é um aspecto importante para o seu bom funcionamento. Os dimensionamentos de cabagem do sistema devem ser efetuados de acordo com as normas técnicas estabelecida, devendo ser capazes de suportar as condições climática, térmica e mecânica do local onde vão ser instalado, bem como a tensão e a corrente máxima admissível. A expressão 4.11 permite calcular secção de cabos CC e a expressão 4.12 permite calcular a secção do cabo CA, com queda de tensão de 1% e 3% para CC e CA, respetivamente.

$$S_{CC} = (2 \times L \times I_b) / (\Delta v \times V \times \gamma) \quad (4.11)$$

$$S_{CA} = (2 \times L \times I \times \cos \varphi) / (\Delta v \times V \times \gamma) \quad (4.12)$$

$S_{CC}$  - Secção do condutor CC ( $\text{mm}^2$ );

$S_{CA}$  - Secção do condutor CA ( $\text{mm}^2$ );

L - Comprimento da canalização (m);

$I_b$  - Corrente de serviço (A);

V - Tensão da canalização (V);

$\gamma$  - Condutividade ( $56 \text{ m}/(\Omega \cdot \text{mm}^2)$  para o cobre e  $43 \text{ m}/(\Omega \cdot \text{mm}^2)$  para o alumínio [32]);

$\Delta v$  - Queda de tensão (%);

$\cos \varphi$  - fator de potência do inversor ( $\cos \varphi = 0.8$ ).

O cabo de fileira estabelece as ligações entre vários números de módulos numa fileira com a caixa de junção. De acordo com a norma Europeia IEC 60364-7-712 [33], o cabo deve ser capaz de suportar 25% acima do valor da corrente de curto-circuito do gerador e estar protegido contra falhas de terra e de curto-circuitos.

$$I_z \geq I_{\text{cabo}} \geq 1.25 \times I_{\text{CC,painel}} \quad (4.13)$$

Onde:

$I_{\text{cabo}}$  - é a corrente que o cabo deverá ser capaz de transportar;

$I_{\text{CC,painel}}$  - é a corrente de curto-circuito do gerador;

$I_z$  - é a corrente máxima suportada pelo cabo.

O resultado obtido através das expressões 4.13, deve ser aproximado para as secções dos cabos normalizados como por exemplo  $2,5 \text{ mm}^2$ ;  $4 \text{ mm}^2$  e  $6 \text{ mm}^2$ .

As perdas nos cabos da instalação, podem ser determinadas através das expressões 4.14, para calcular as perdas nos cabos de fileira 4.15, para calcular as perdas no cabo CC e 4.16 para calcular as perdas nos cabos CA:

$$P_{CF} = (2 \times N \times L \times I_b^2) / (S_{\text{cabo}} \times \gamma) \quad (4.14)$$

$$P_{DC} = (2 \times L \times I^2) / (S_{CC} \times \gamma) \quad (4.15)$$

$$P_{AC} = (2 \times N \times L \times I^2 \times \cos \varphi) / (S_{CA} \times \gamma) \quad (4.16)$$

Onde:

$P_{CF}$  - é a potência de perdas no cabo de fileira CC

$P_{CC}$  - é a perdas no cabo CC

$P_{AC}$  - é a perdas no cabo CA e N é o número de fileiras do gerador.

#### **4.11 Proteção**

As instalações elétricas de sistemas FV devem integrar dispositivos que assegurem a proteção das instalações, bens, pessoas e animais, como qualquer outro tipo de instalações elétricas, para que possa garantir a continuidade dos serviços. Desta forma, os sistemas FV devem possuir vários níveis de proteção e seccionamento, estando equipados com interruptores e/ou disjuntores que seccionem as várias partes da instalação em CC e CA.

##### **4.11.1 Proteção contra sobretensão e ligação à terra**

A ligação à terra normalmente garante que qualquer parte metálica associada ao sistema permaneça sem tensão em caso de fugas ou descargas atmosféricas. Assim, todas as partes metálicas devem ser ligadas ao condutor de proteção que deve estar separado dos restantes cabos elétricos, devido aos riscos de descargas laterais e indução. A secção deve ser a mesma do cabo principal CC, com um mínimo de  $4 \text{ mm}^2$ . A ligação a um eléctrodo de terra vertical ou inclinado deve ser colocado, a um mínimo de 0,8 m de profundidade e a 1 m das fundações.

## CAPITULO 5. CASO DE ESTUDO

### 5.1 Levantamento das características do local

O Município de Tarrafal de Santiago está localizado no extremo norte da ilha de Santiago de Cabo Verde, confronta-se a Sudeste com o Concelho de São Miguel e a Sudoeste com o concelho de Santa Catarina, distando aproximadamente 70 km<sup>2</sup> da Cidade da Praia. O Conselho encontra-se dividido em vinte Zonas [34].

O local de estudo vai ser na zona de Achada Lagoa que é uma pequena aldeia rural cujas coordenadas são 15°23N e -23°70W, com cerca de 20 habitantes; com 16 moradias apenas 9 casas que são habitadas. Incluindo ainda uma escola, que atualmente não se encontra em funcionamento devido a poucos números de crianças.

Durante o levantamento de dados no terreno, foram coletadas informações necessárias para a elaboração do projeto do sistema solar fotovoltaico, tais como: levantamento de carga, consumo energético de cada residência e características do local da instalação do sistema solar fotovoltaico. As principais atividades económicas praticadas são a agricultura e criação de gados e constatou-se que as moradias são simples construídas de pedras e cobertos de telhas, como mostra a figura 14.



Figura 14: Tipo de cobertura das residências em Achada Lagoa

## 5.2 Recursos Energéticos da Região

Nesta seção, apresentam-se os dados obtidos relativos aos recursos solares em Achada Lagoa, onde utilizou-se os dados baseados em análises das imagens captadas através de software SOLARGIS como podemos ver na figura 15.

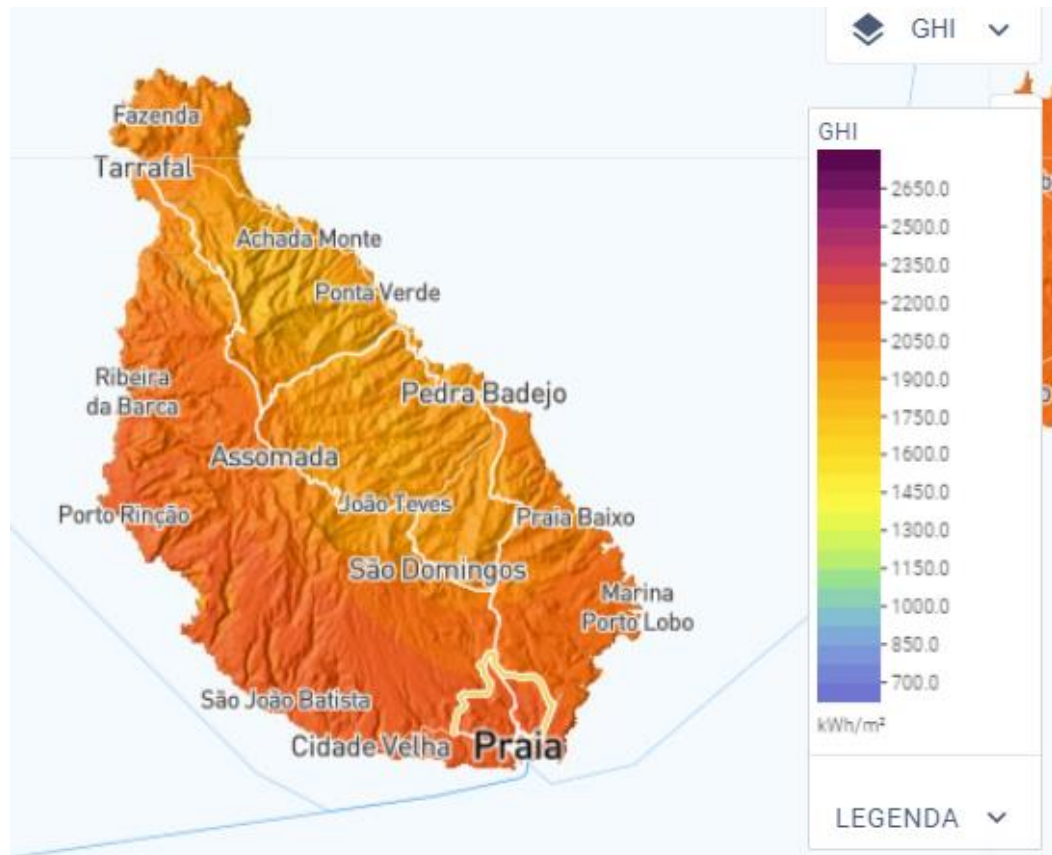


Figura 15: Radiação solar na ilha de Santiago

### 5.2.1 Recurso Solar

Para levantamento do recurso solar da aldeia, foi utilizado o software PVGIS e SOLAGIS. A aldeia possui uma boa condição meteorológica para a produção de energia elétrica a partir de energia solar. Os dados referentes ao recurso solar encontram-se sucintamente apresentados no gráfico da figura 15 apresentando uma irradiância solar média anual de 6 kWh/m<sup>2</sup> e um ângulo de inclinação ótimo de 16°, que é aproximadamente igual a latitude do local.

Conforme pode-se ver no gráfico, o valor de irradiância varia de mês para mês, atingindo assim o seu potencial de aproveitamento máximo 6.49 kWh/m<sup>2</sup> e mínimo de 4.48

kWh/m<sup>2</sup>.

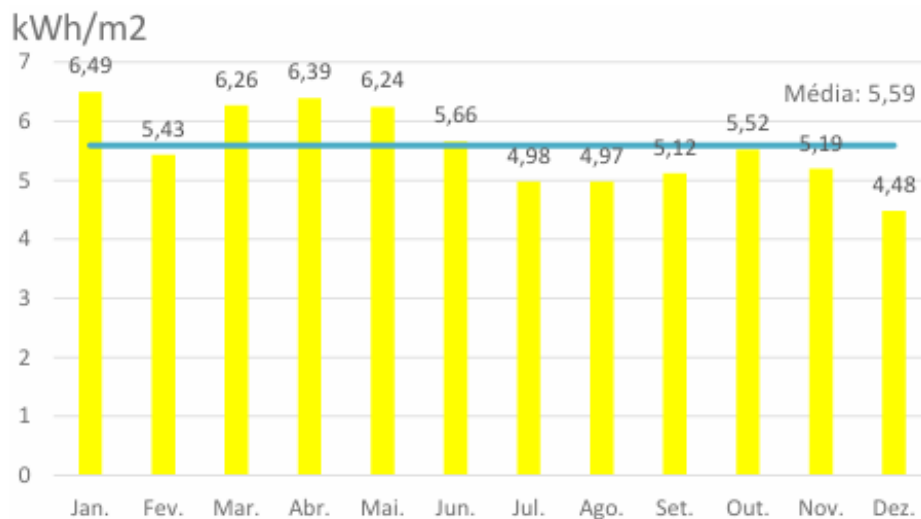


Figure 16: Radiação solar em Achada Lagoa

### 5.3 Área disponível

A primeira etapa do dimensionamento é a escolha apropriada do local para instalação dos módulos e recolha das suas características. O local escolhido para instalação dos módulos, no sentido de facilitar a instalação, por apresentar uma boa condição para implementação e diminuir os custos do sistema, foi na rua de escola que atualmente não está em funcionamento, devido a poucos números de crianças no local, como referido anteriormente.

A Figura 17 corresponde a imagem da área escolhida para a instalação da minicentral fotovoltaica.



Figura 17: Local da instalação da minicentral FV



Neste projeto a área total disponível é de 369.6m<sup>2</sup> conforme pode-se verificar na Figura 18. Para obtenção destes dados foi necessário recorrer à planta da rua da escola e cuidadosamente recriá-la numa ferramenta de AUTOCAD.

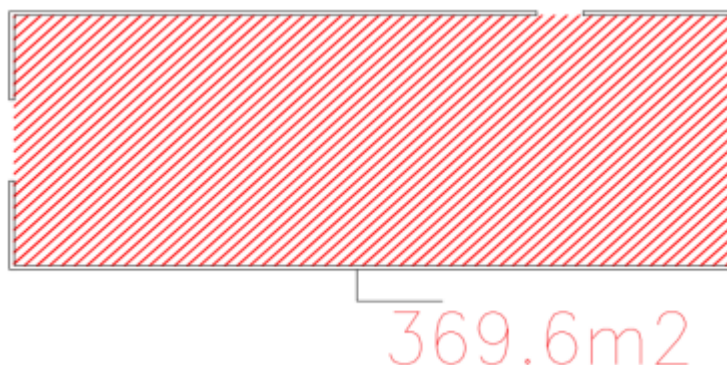


Figura 18: Desenho CAD da planta da rua da escola

#### 5.4 Cálculo Consumo Diário

Para dimensionamento desse projeto, partiu-se de um cenário básico que cada moradia possui os eletrodomésticos básicos que estão apresentados na tabela 4. Foi considerado o valor do consumo médio dos aparelhos, levando-se em considerações quantas horas por dias eles são utilizados. Vale ressaltar que estes valores são estimados, pois o uso do aparelho pode variar de um dia para outro ou pode ser diferente de acordo com a pessoa que o utiliza. Em relação à potência faz-se uma estimativa a partir dos aparelhos reais e potências presentes nas fontes [35].

Tabela 4: Potência estimada na aldeia

<b>Eletrodomésticos</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Pot. Unitário (W)</b>	<b>Pot. Total (W)</b>	<b>Hora de uso</b>	<b>Energia em Wh</b>
Lâmpadas LED	50	7	350	5	1.750
Televisão	9	250	2.250	5	11.250
Frigorífico Classe A+	9	150	1.350	10	13.500
Rádio	9	6	54	4	216
<b>Total</b>			<b>4.004</b>		<b>26.716</b>

Para calcular o consumo diário de energia, utilizou-se a equação 4.1.

Dessa forma, é considerado para o projeto um consumo diário de 26,72 kWh/dia e uma potência total de 4 kW.

### 5.5 Potência Gerador Fotovoltaico

Baseando nos consumos diários de 26,72 kWh/dia e as perdas considerados na tabela 5 e irradiação solar no plano com inclinação ótimo, neste caso foi escolhido o pior mês para dimensionar a potência do campo solar para garantir a demanda nos outros meses neste caso de estudo foi escolhido o mês de dezembro que possui a mais fraca irradiação, então é feito o cálculo da potência do campo solar para satisfazer o consumo diário usando a expressão 4.17.

Tabela 5: Diagrama de Perdas Sistema Fotovoltaico [7]

<b>Perdas</b>	
Tolerância dos módulos	0,97
Sujidade dos módulos	0,97
Temperatura	0,91
Inversor	0,90
Regulador de carga	0,98
Armazenamento	0,85
Cabo CC	0,98
Cabo CA	0,98

$$P_{gf} = W_D / (K_1 * PHS) \quad (5.1)$$

Onde:

$P_{gf}$  - Potência de campo solar em (kWp)

$W_D$  - Energia diária consumida em (Wh/dia ou em kWh/dia)

$K_1$  - Fator de perda

PHS – Peax Sun Hour em (h/dia)

Como sendo:

$$P_{gf} = (26.716 \text{ kWh/dia}) / (0,616 * 4,480 \text{ h/dia}) = \mathbf{9,68 \text{ kWp}} \quad (5.2)$$

## 5.6 Seleção do módulo

Foi selecionado o painel da tecnologia policristalina de 330W (encontra-se em anexo a ficha das características técnicas), por apresentar um preço estável no mercado Cabo Verdiano e apresenta um peso favorável que facilita no momento de transportar para o local de instalação. A tabela 6 apresenta algumas características principais dos painéis a serem selecionados.

Através da potência de pico do sistema e da potência máxima do módulo, pode-se calcular o número de módulos fotovoltaicos necessários para o sistema recorrendo à equação 4.3.

$$N^{\circ}_{\text{mód}} = P_{\text{sist}} / P_{\text{máx}} = 9,68 \text{ kW} / 0,33 \text{ kW} = 29,3 = \mathbf{30 \text{ módulos}} \quad (5.3)$$

Com o valor resultante da expressão 5.2 é calculado o novo valor de potência que designado de potência corrigida de sistema que é o valor real da potência produzida com os 30 módulos. A expressão abaixo assimila como é calculado a potência corrigido do sistema.

$$P_{\text{cs}} = N_{\text{mód}} \times P_{\text{máx}} = 30 * 330\text{W} = \mathbf{9,9 \text{ kWp}} \quad (5.4)$$

Em que:

$P_{\text{cs}}$  - Potência corrigida do sistema (kW)

Tabela 6: Características de painel selecionado para este projeto

Modulo	Amerisolar Policristalino 330W	PanasonicVBHN33 0SJ53	Talesun Policristalino 330W
Pmax (Wp)	330 Wp	330 Wp	330 Wp
Eficiência (%)	17%	19.7%	17%
Vmax (V)	37.3V	58.0V	37.7V
I <sub>max</sub> (A)	8.85A	5.70A	8.76 A
Voc (V)	45.9V	69.7V	45.9 V
I <sub>cc</sub> (A)	9.16A	6.07A	9.27 A
Coef.de temp. de I <sub>sc</sub>	0.056%/°C	+ 0.0334 %/°C	+0.06%/°C
Coef.de temp. de Voc	-0.33%/°C	-0.164%/°C	-0.31%/°C
NOCT (°C)	45°C±2°C	44.0°C	45±2°C
Dimensões (m × m)	1956x992 mm	1590x1053 mm	1960 x 992 mm
Preço Sites	17126,69ECV merkasol	24625,17ECV Suntech	17224,31 ECV autosolar

## 5.7 Estrutura de suporte dos painéis solar

Para o local propõe-se uma estrutura de suporte em viga de alumínio anodizado. A inclinação será aproximadamente igual à latitude do local onde serão instalados os módulos fotovoltaicos e ainda, como forma de conseguir uma melhor ventilação dos módulos fotovoltaicos e evitar poeira, sujidade e sombreamento. No que concerne a questão do acesso, o transporte dos equipamentos, bem como a necessidade de manutenções do GFV, preferiu-se fazer uma estrutura elevada para a fixação dos painéis, conforme pode-se verificar o layout dos suportes e implementação dos módulos na figura 19.

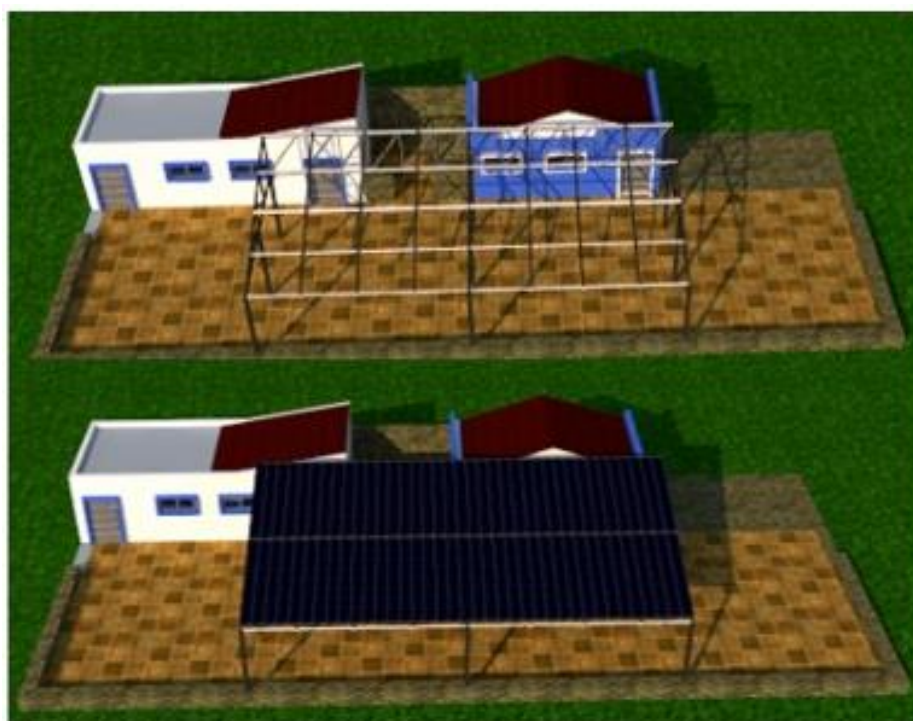


Figura 19: Exemplar da estrutura de suporte dos painéis

## 5.8 Dimensionamento do inversor

O dimensionamento do inversor é feito com base na carga CA a ser alimentada e com um fator de segurança de 25% de aumento de carga. O inversor selecionado foi o Inversor Victron Inverter/Charger - Multiplus II 48/10000/140-100A, que possui uma boa compatibilidade com baterias e possui uma garantia de modernidade segundo o fornecedor Autosolar. Encontra-se em anexo a ficha característica do inversor.

A potência foi determinada pela expressão seguinte:

$$P_{Inv} \geq F_s \times P_{total} = 1,25 * 4 \cong 5 \text{ kW} \quad (5.5)$$

## 5.9 Dimensionamento de bateria

A bateria selecionada para este projeto foi a bateria solar OPzS 1700Ah 2V Bauer que está preparada para trabalhar em sistema isolados que exigem armazenamento e autonomia.

### 5.9.1 Capacidade da bateria

A capacidade do banco de bateria é determinada pela expressão 5.6 e 5.7:

$$C_{bt} = (W_D * N) / (V_{sist} * DOD * \eta_b) = (26.716 * 3) / (48 * 0,8 * 0,85) = \mathbf{2.456 \text{ Ah}} \quad (5.6)$$

$$B_{bat} = C_{bt} / C_{b.ind} = (2.456 \text{ Ah}) / 1.700 \text{ Ah} = \mathbf{2 \text{ bancos de bateria 2V}} \quad (5.7)$$

Sendo que o número de baterias em série é dado pela expressão 5.8.

$$N^{\circ} \text{ bateria em serie} \Rightarrow V_{sist} / V_b = 48/2 = \mathbf{24 \text{ baterias}} \quad (5.8)$$

E onde  $V_b$  é a tensão de bateria

E o número de baterias em paralelo é dada pela expressão 5.9 e 5.10.

$$N^{\circ} \text{ bateria paralelo} \Rightarrow \text{capacidade total} / \text{capacidade da bateria} = 2.456 / 1700 = \mathbf{2 \text{ bateria}} \quad (5.9)$$

$$N^{\circ} \text{ total bat} = N^{\circ} \text{ bateria em serie} * N^{\circ} \text{ bateria paralelo} = 24 * 2 = \mathbf{48} \quad (5.10)$$

## 5.10 Potência do regulador de carga

Para o sistema com armazenamento propôs-se o controlador SmartSolar MPPT 250/70 da Victron, por apresentar um preço estável no mercado. Tem como principal vantagem o fato de se poder usar uma tensão mais alta em painéis solares e obter uma maior eficiência, minimizando as perdas por trabalhar em baixa tensão. É um regulador de carga solar com MPPT que fornece o desempenho máximo de qualquer tipo de painel para instalação de energia solar, fazendo as possíveis divisões de corrente, que estará dentro do valor estipulado para esse tipo de regulador. Encontra em anexo a ficha característica do regulador.

Para o cálculo desses valores, fez-se uso das expressões 5.11 e 5.12.

$$I_{rc} = P_{cs} / V_s = 9900 \text{ W} / 48\text{V} = 206 \text{ A} \quad (5.11)$$

$$N_{\text{reguladores}} = I_{\text{máx. reg.}} / I_{\text{reg. disp.}} = 206 \text{ A} / 70\text{A} = 3 \quad (5.12)$$

### 5.10.1 Número máximo de módulo que o regulador suporta em serie

O número máximo de painel em serie são 5, o que indica que cada regulador de carga irá receber uma fileira de 5 painéis.

$$N^{\circ}_{\text{mod. serie}} = V_{\text{máx RG}} / V_{\text{oc}} = 250\text{V}/45,9\text{V} = 5 \quad (5.13)$$

### 5.10.2 Número de fileira em paralelo

O número de fileira é determinado por

$$N^{\circ}_{\text{fileira paralelo}} = N^{\circ}_{\text{mod}} / N^{\circ}_{\text{mod serie}} = 30/5 = 6 \text{ fileiras} \quad (5.14)$$

## 5.11 Dimensionamento do cabo

A secção dos cabos e as perdas serão calculadas através expressão (4.11) a (4.16) da subsecção 4, e os valores são apresentados na tabela 7.

Tabela 7: Secção de cabos calculado e normalizado

Secção	Comprimento (m)	Secção calculado (mm <sup>2</sup> )	Secção normalizado (mm <sup>2</sup> )	Perdas (W)
Cabos de fileira	5	3.55 mm <sup>2</sup>	4 mm <sup>2</sup>	3.3
Modulo-Regulador de carga	15	15.25 mm <sup>2</sup>	16mm <sup>2</sup>	94
Regulador de carga-Bateria	6	31.25 mm <sup>2</sup>	35mm <sup>2</sup>	30
Bateria- inversor	4	31 mm <sup>2</sup>	35mm <sup>2</sup>	44
Cabos AC	575	51,73 mm <sup>2</sup>	70mm <sup>2</sup>	221.6

## 5.12 Dimensionamento de proteção

Nomeadamente serão dimensionados os fusíveis e os disjuntores

- a- Entre módulo e regulador de carga

No intuito de evitar cortes indesejado, a corrente nominal da proteção deve ser, pelo

menos, 25% maior do que a corrente nominal da fileira dos módulos.

$$I_N = 1,25 * I_{\text{fileira}} = 1,25 * 18,54A = 23,17 A \text{ foi selecionado um disjuntor de } 25A$$

b- Entre inversor e Quadro CA

$$I = P_{\text{Inv.}} / V_{\text{out}} = 5000/230 = 21,73A \text{ foi selecionado disjuntor de } 25A$$

c- Entre bateria e inversor

$$I = P_{\text{inv}} / V_{\text{sist}} = 5000/48 = 104,16 A \text{ foi selecionado fusível de } 125 A$$

d- Entre regulador e bateria

$$I = I_{\text{MPPT}} * N^{\circ}_{\text{mod paralelo}} = 8,85 * 6 = 53,1 A \text{ foi selecionado fusível de } 63A$$

### 5.13 Distribuição da Energia Elétrica

A energia elétrica gerada é distribuída para as unidades consumidoras através de rede de distribuição na tensão de 230 V, monofásica, com cabos de alumínio de secção 70 mm<sup>2</sup> para rede principal e 16 mm<sup>2</sup> para rede secundária. Apoiado por postes de madeira, com a distância entre ela de 35 m para uma rede de baixa tensão, segundo a configuração da empresa Electra S.A. A figura 20 mostra a área do estudo, local do parque solar e os caminhos de cabos elétrico para unidades consumidoras.

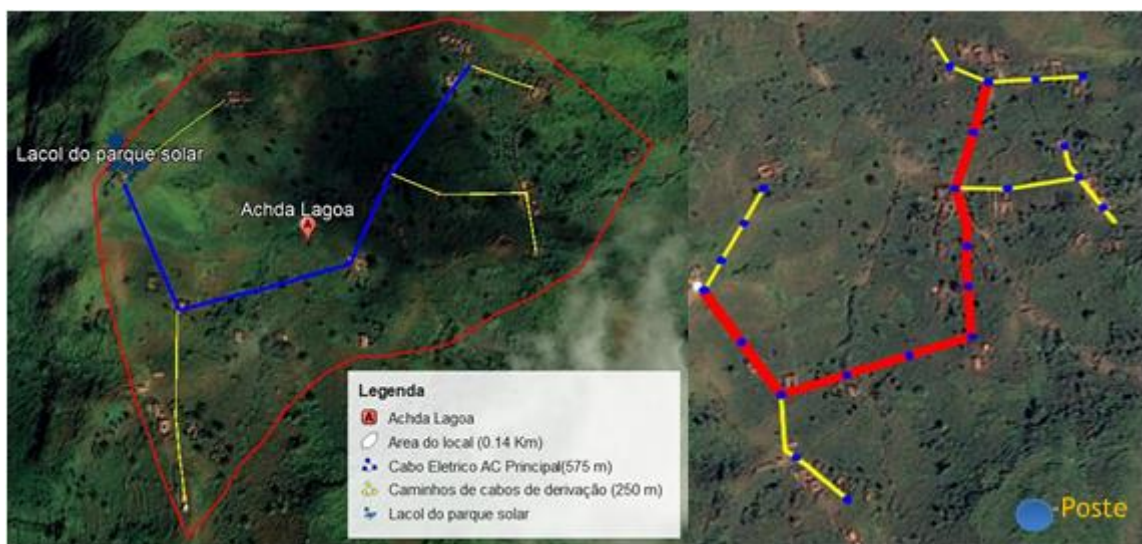


Figura 20: Mapa demonstrativo de lançamentos de cabos elétrico

## CAPITULO 6. ANÁLISE TÉCNICO-ECONÓMICA UTILIZANDO O SOFTWARE HOMER ENERGY

O Software HOMER - The Optimization Model for Distributed Power; é um software computacional disponibilizado pelo NREL (National Renewable Energy Laboratory) que permite o desenvolvimento de projetos para sistemas de geração de energia interligados ou não a rede elétrica, podendo associar diversas opções de geração de energia, tais como: solar-fotovoltaica, eólica, diesel, biogás, combustíveis alternativos, rede convencional e células a combustível [36]. As suas características únicas tornam-no no programa mais utilizado na modelação de sistemas renováveis atualmente. Realiza simulações cronológicas detalhadas, necessárias para modelar sistemas com fontes renováveis intermitentes de forma realista. O HOMER realiza simulações cronológicas detalhadas hora a hora ou minuto a minuto das configurações possíveis do sistema, usando informações específicas do local sobre cargas, recursos energéticos, custos e desempenhos dos componentes. Também classifica os resultados, mostrando a configuração ideal em primeiro lugar, permitindo fazer análises de sensibilidade perante as mudanças ou incertezas nos parâmetros de entrada. Possui uma interface interativa, com gráficos detalhados permitindo rápidas interpretações [37].

### 6.1 Configuração do Sistema Fotovoltaico

O dimensionamento do sistema foi baseado na potência estimada das cargas básicas, a fim de garantir um custo mínimo do sistema. A biblioteca do HOMER permite inserir diferentes componentes e cargas, que para o sistema em estudo terá a configuração da figura 20.

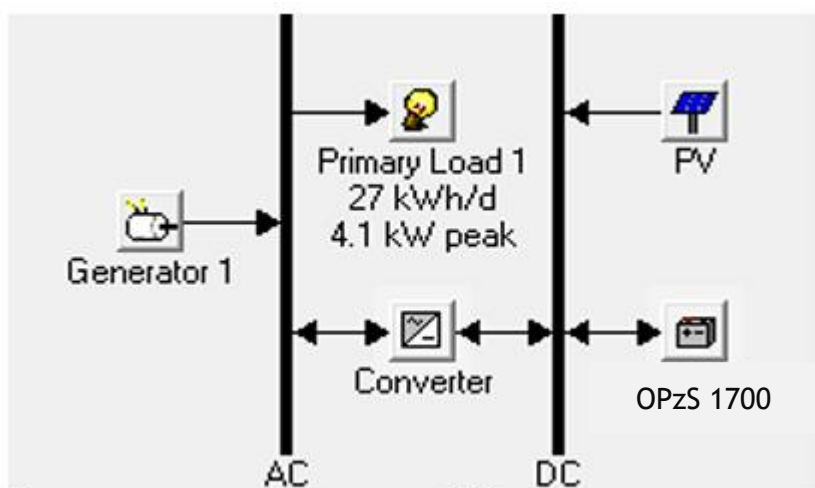


Figura 21: Configuração do Sistema Fotovoltaico



## 6.2 Configuração do Sistema Fotovoltaico

A curva de carga foi elaborada com base na potência estimado dos eletrodomésticos. A estimativa é feita com base nos estudos presentes nas fontes [37]. Visto que a curva não é constante, isto porque o uso dos aparelhos pode variar de hora para hora, ou dia para dia, ou pode ser diferente de acordo com a pessoa que o utiliza.

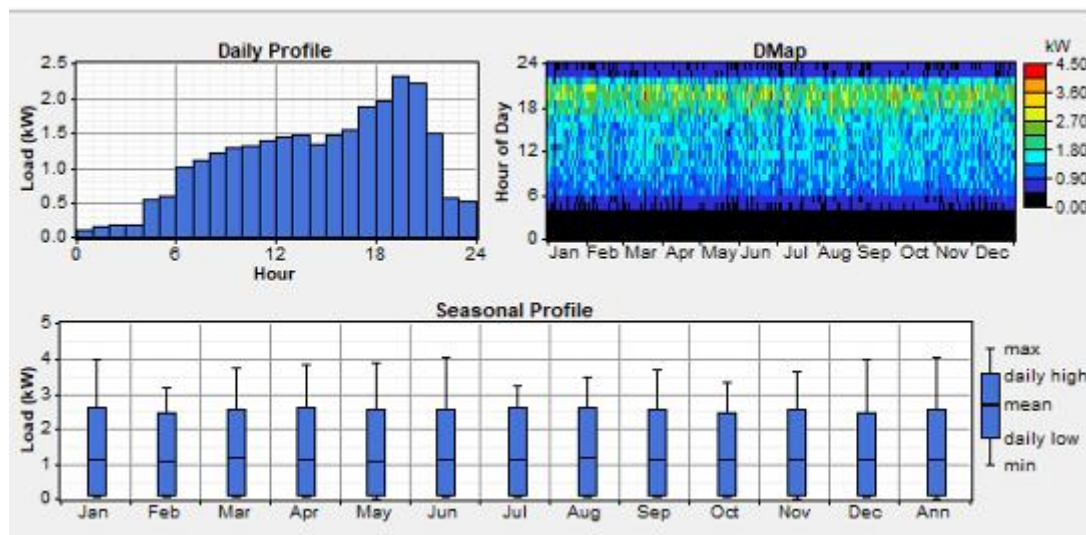


Figura 22: Perfil diário de carga e Variação sazonal de carga gerado pelo HOMER

## 6.3 Resultados da Simulação

Nesta secção vai-se analisar os resultados do sistema, simulado com componentes presentes, considerou-se os seguintes casos:

- ❖ Caso 1: Cargas alimentado só com gerador diesel;
- ❖ Caso 2: Gerador diesel + solar fotovoltaico;
- ❖ Caso 3: Gerador diesel + solar fotovoltaico + bateria.
- ❖ Caso 4: Resultado de simulação com aumento da demanda

### Caso 1: Cargas alimentado só com gerador diesel

Nesse caso 1 é analisado o sistema que possui o pico da demanda de 4.5 kW, que será alimentado apenas por gerador diesel de 7.5 kW com capacidade superior a pico da demanda, para não causar o desabastecimento. E isto pode ser bom para situações futuras de aumento da

demanda de carga. A tabela 8 mostra os resultados de simulação com a operação do gerador diesel diário e o consumo de combustível.

Tabela 8: Resultados da simulação - caso 1

Produção (kWh/ano)	19.926 kWh/ano
Fração de gerador diesel	100%
Consumo diesel	10237 Litros
Operação gerador diesel/ano	8759 horas
Total NPC	11.440.032ECV

A figura 22 mostra a produção média mensal e funcionamento do gerador diesel, durante o ano que corresponde a 8.760 horas, ou seja, durante todo o ano, equivalente a 10.237 Litros de diesel.

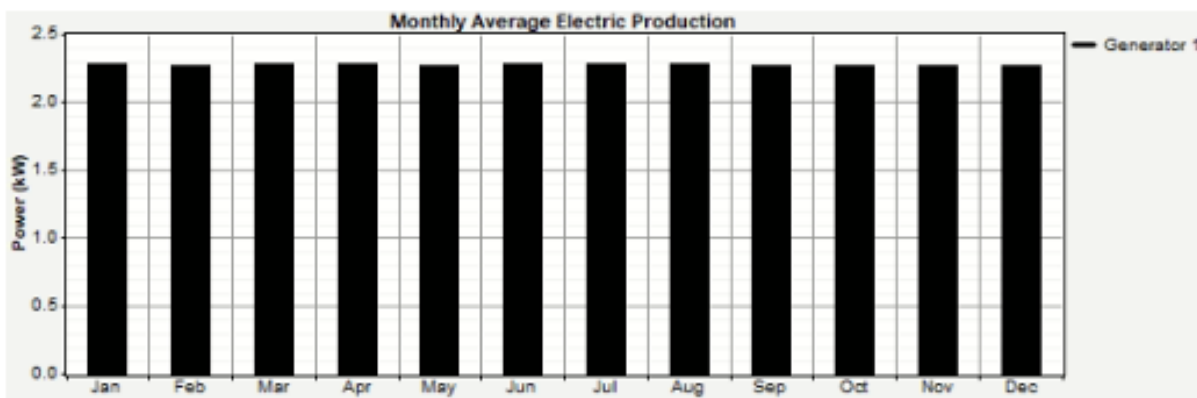


Figura 23: Potência de saída média mensal do gerador diesel

A tabela 9 mostra as quantidades de emissões libertado por ano, em que dióxido de carbóneo apresenta a maior quantidade em relação aos outros poluentes.

Tabela 9: Quantidade de emissões de poluentes por ano

Poluentes	Emissões (kg/ano)
Dióxido de carbono	26.957
Monóxido de carbono	66,5
Hidrocarbonetos não queimado	7,37
Matérias particulares	5,02
Dióxido de enxofre	54,1
Óxidos de nitrogénio	594

Os custos presentes líquidos totais do sistema estão indicados nas tabelas 10.

Tabela 10: Custo presente líquido total

Comp.&Custos	Capital (ECV)	Subst. (ECV)	O&M (ECV)	Diesel (ECV)	Total NPC(ECV)
P. Fotovoltaico	*	*	*	*	*
Gerador diesel	159.314	1.040.755	16.230	10.140.087	11.440.032
Baterias	*	*	*	*	*
Conversor	*	*	*	*	*
Sistema	159.314	1.040.755	16.230	10.140.087	11.440.032

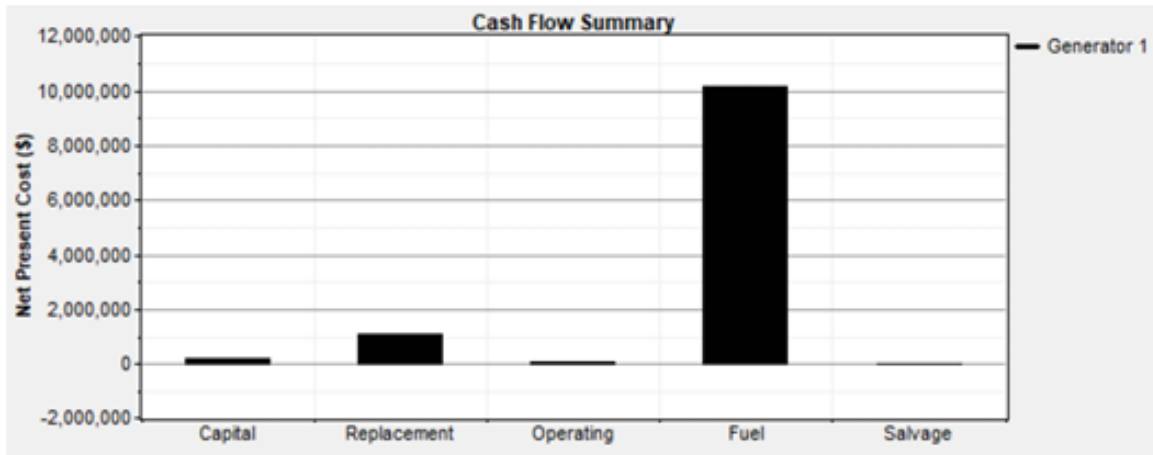


Figura 24: NPC por categoria durante a vida útil do projeto

### Caso 2 - Gerador diesel + solar fotovoltaico

A tabela 11 mostra os resultados obtidos ao considerar gerador diesel + solar fotovoltaico em funcionamento.

Tabela 11: Resultados obtidos ao considerar gerador diesel + solar fotovoltaico

Fração renovável	55%
Consumo diesel	6975litros
Operação gerador diesel/ano	5953 horas
Total NPC	8.750.557 ECV

A figura 24 mostra os componentes do sistema e a saída média de potência. Nesse caso houve a diminuição de fração de geração diesel de 100% para 45%, porque o sistema entra com uma fração fotovoltaica de 55%.

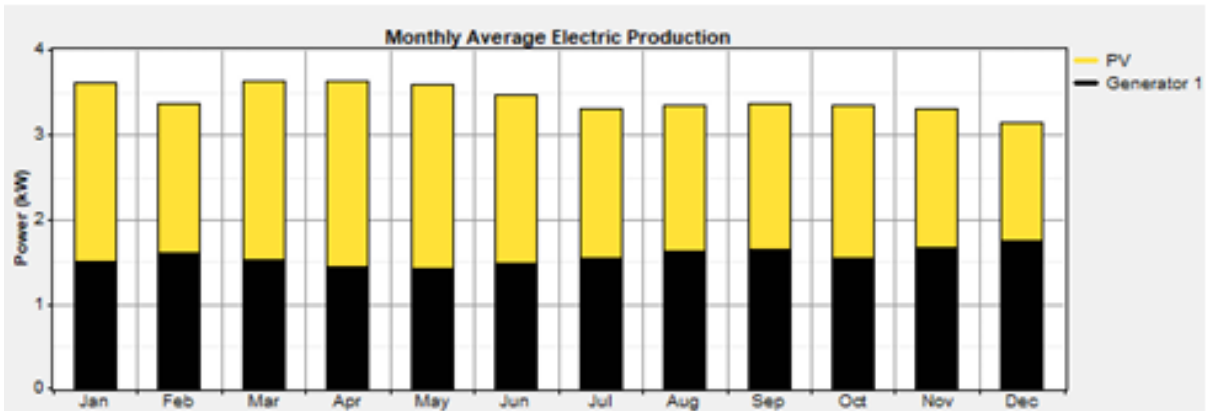


Figura 25: Potência de saída do sistema

A figura 25 mostra as curvas de produções mensais, fotovoltaico e diesel e a curva de carga alimentado pelos dois componentes.

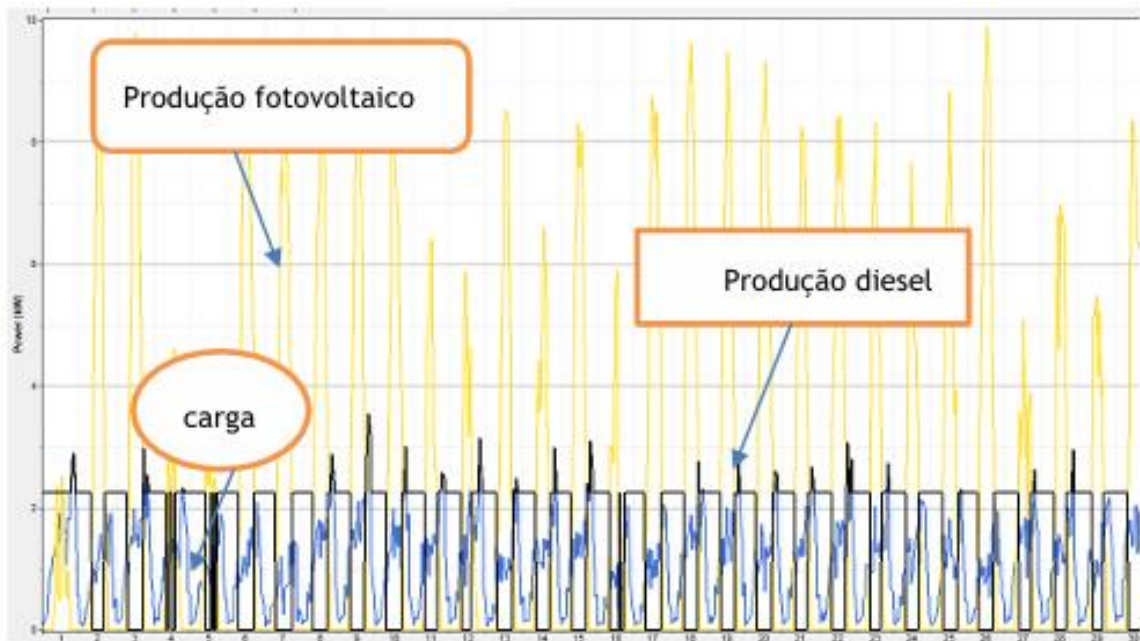


Figura 26: Curvas produções mensais fotovoltaico versus produção diesel versus carga

A energia total aumenta, enquanto que a geração diesel diminui, conforme tabela 12.

Tabela 12: Parcela produzida por cada componente

Componente	Produção (kWh/ano)	Fração (%)
P. Fotovoltaico	16.355	55
Gerador	13.611	45
Total	29.966	100

As emissões anuais de poluentes estão indicadas na tabela 13. O gerador a diesel passou a operar 5953 horas por ano, equivalente a 6.975 litros de diesel.

Tabela 13: Emissões de poluentes anuais

Poluentes	Emissões (kg/ano)
Dióxido de carbono	18.367
Monóxido de carbono	45,3
Hidrocarbonetos não queimado	5,02
Matérias particulares	3,42
Dióxido de enxofre	36,9
Óxidos de nitrogênio	405

A tabela 14 mostra os valores de sistema com entrada de 55 % de fração renovável, e com diminuição de diesel, o gerador diesel passou a funcionar cerca de 5.953 horas por ano que equivale a 6.975 litros de diesel.

Tabela 14: Custos presentes líquidos totais

Comp.&Custos	Capital (ECV)	Subst. (ECV)	O&M (ECV)	Diesel (ECV)	Total NPC (ECV)
P. Fotovoltaico	513.780	66.385	59.864	*	604.531
Gerador diesel	159.314	47.428	11.030	6.974.071	331.600
Conversor	261.711	672.308	30.497	*	7.814.423
Sistema	934.805	786.121	101.392	6.974.071	8.750.557

A figura 26 resume custo de cada componente do sistema no caso 2.

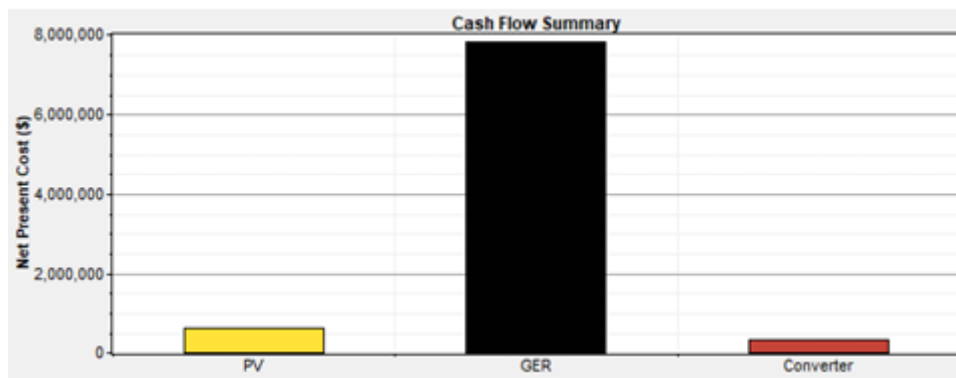


Figura 27: Custos do sistema - Caso 2

### Caso 3 - gerador diesel + solar fotovoltaico + bateria.

A tabela 15 mostra os resultados da simulação do caso 3. Com bancos de baterias para armazenar energia, nesse caso o gerador diesel deixa de operar, a alimentação das cargas são

através de gerador fotovoltaica e com armazenamento de energia para ser disponibilizado a noite. Neste caso 3 o custo centra nos bancos de baterias descartando o gerador que o maior custo centrava em diesel.

Tabela 15: Resultados da simulação caso 3

Fração renovável	100%
Consumo diesel	*
Operação gerador diesel/ano	*
Total NPC	4.773.496ECV

A figura 27 mostra a saída da potência média de saída do gerador fotovoltaica com uma fração 100% renovável sem a operação de gerador diesel, e com 28,1% de excesso na produção de energia.

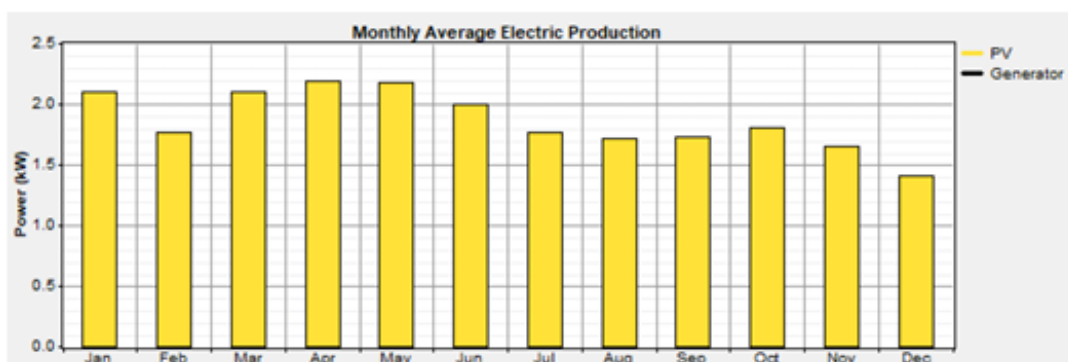


Figura 28: Potência de saída média mensal de componente fotovoltaico

A figura 28 mostra o comportamento da curva de produção mensal fotovoltaica versus curva de carga, neste caso a carga é alimentado pelo gerador fotovoltaica e a bateria, e o gerador diesel como backup que só entra em operação quando o sistema solar fotovoltaico + bateria não conseguiu cobrir a demanda.

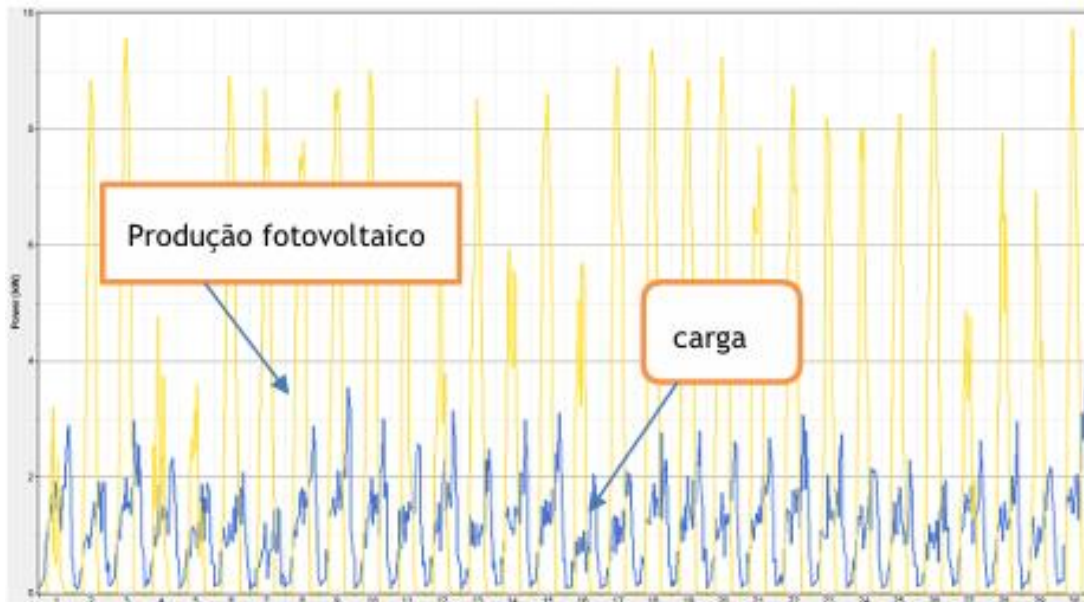


Figura 29: Curva de produção fotovoltaico versus curva de carga

Para este caso 3 os estados de cargas médios anuais da bateria Hoppecke OPzS 1700 situam-se entre 75% e 100%.

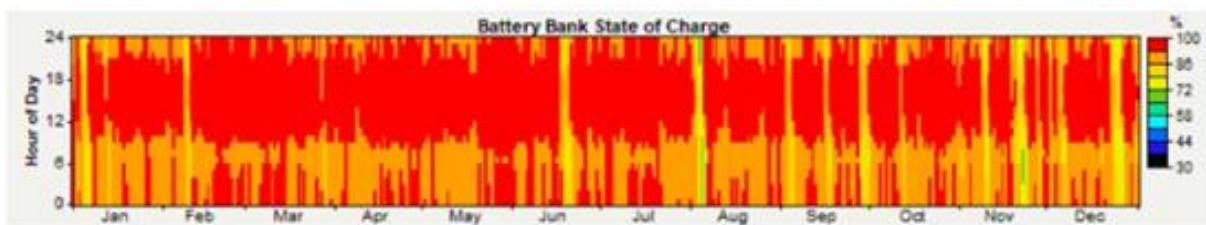


Figure 30: Variação da carga da bateria Hoppecke caso 3

A tabela 16 mostra os valores de custo do sistema do caso 3, que mostra o menor valor de NPC (custo presente líquido) em relação aos dois primeiros casos, em que o gerador diesel operava constantemente o que implica o consumo diário de diesel e faz com que preço seja, mas elevado. No caso 3 o maior custo concentra nas baterias para armazenamento de energia.

Tabela 16: Custos presentes líquidos totais caso 3

Comp. & Custos	Capital (ECV)	Subst. (ECV)	O&M (ECV)	Diesel (ECV)	Total NPC (ECV)
P. Fotovoltaico	513.780	172.880	100.292	*	669.515
Gerador diesel	159.314	*	*	*	64.314
Conversor	514.359	191.088	100.409	*	753.603
Bateria	2.521.392	848.413	492.263	*	3.285.742
Sistema	3.708.845	1.212.380	692.964	*	4.773.496



A figura 30 mostra o custo do sistema, e o maior custo está centrado na bateria.

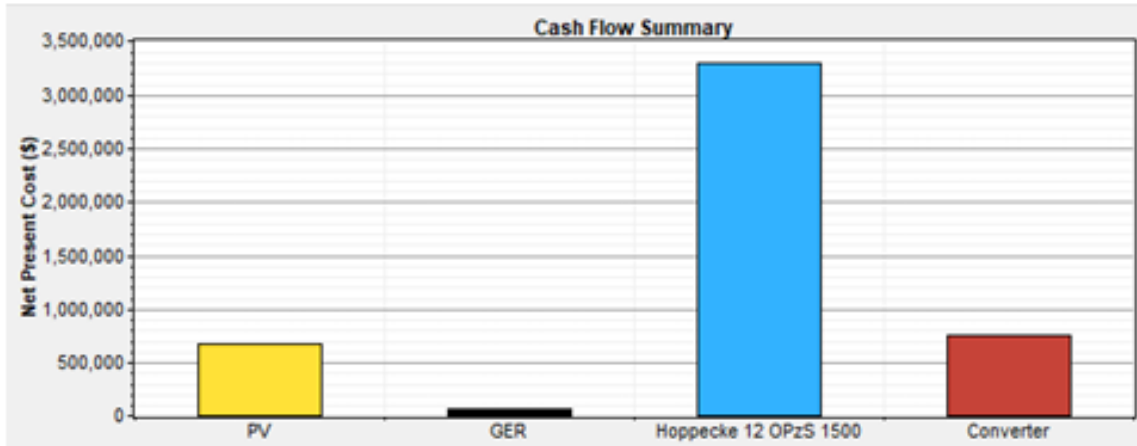


Figura 31: Custo de sistema caso 3

#### Caso 4: Resultado de simulação com aumento da demanda

Nesse subcapítulo é analisado o comportamento do sistema face ao aumento da demanda, para quantidades dos equipamentos que os moradores podem adquirir futuramente, também 48 com as casas não habitadas que poderá ser habitada, com implementação de algumas lâmpadas para iluminação pública. Esse caso 4 resulta do caso 3 por ser economicamente e ambientalmente viável, e é composto por componentes fotovoltaicas, gerador diesel e bateria.

#### Gerador Diesel + Solar Fotovoltaico + Bateria

Foi feito um aumento de consumo para 12% que equivale um consumo diário 30.93 kWh/d mantendo as configurações do caso 3. A tabela 17 mostra os resultados da simulação.

Tabela 17: Resultados da simulação

Fração renovável	99%
Fração diesel	1%
Consumo diesel	33.3 litros
Operação gerador diesel/ano	15 hr/ano
Total NPC	4.831.008ECV

A figura 31 mostra o caso ideal e a potência média para cada componente, com uma fração de 99 % de componente fotovoltaica e apenas 1% de fração diesel, e com excesso de 20 % de energia produzida por ano, e com 15 hora de operação do gerador diesel que equivale a 34.3 litros de diesel.



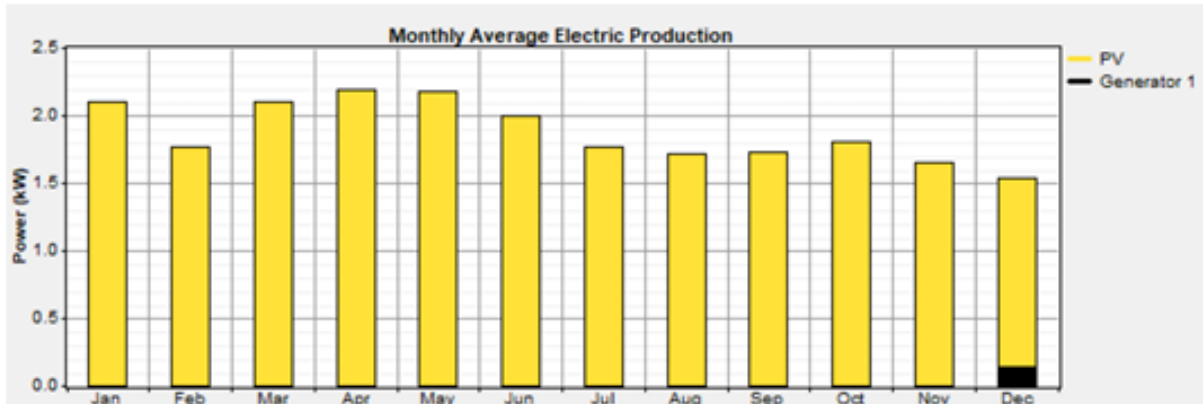


Figura 32: Potência de saída média mensal de componente fotovoltaica e gerador diesel

A figura 32 mostra os estados de cargas médios anuais da bateria Hoppecke OPzS 1700 situam-se entre 50% e 100%.

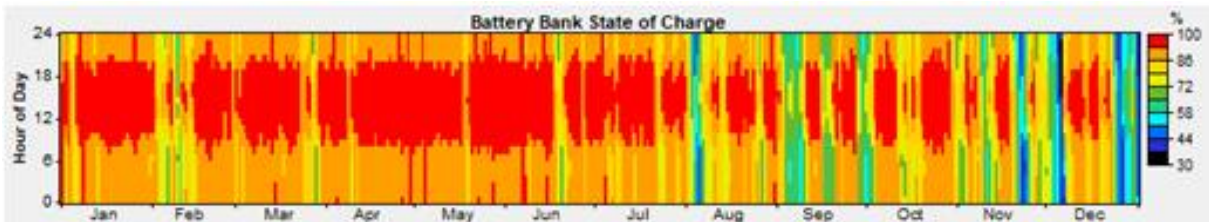


Figura 33: Variação da carga da bateria Hoppecke

A tabela 18 pautas os valores de emissões anuais durante a operação do gerador diesel.

Tabela 18: Tabela de emissões caso 4

Poluentes	Emissões (kg/ano)
Dióxido de carbono	90.3
Monóxido de carbono	0,223
Hidrocarbonetos não queimado	0,0247
Matérias particulares	0,0168
Dióxido de enxofre	0,181
Óxidos de nitrogênio	1,99

## 6.4 Análise Económico Do Projeto

A Tabela 19 pautas o custo unitário de cada componente. Para os custos O&M foram tomados 1% do custo do componente, uma vez que a unidade monetária do HOMER seja em dólar, e os resultados obtidos serão em escudos cabo-verdiano uma vez que os custos introduzidos já estão convertidos nessa unidade. Considerou-se que 1 litro de diesel equivale a

85,80 ECV [29].

Tabela 19: Custo unitário dos componentes presentes na instalação

Componentes (1 unidade)	Custo (ECV)
Painel solar 330 Wp IEC61215 (330 Wp)	17.126,00
GeradorDg11000se3 diesel (7.5 kW)	159.314
Bateria Hoppecke OPzS (2V, 1700 Ah)	52.529,00
Regulador de carga Victron MPPT (250 V)	84.216,00
Inversor Victron (5 kW)	261.711,00
Poste de madeira	9.978,00
Perfil IEP 80 / Calha U	4.850,00/6m
Cabos solar (6 mm <sup>2</sup> , 10 mm <sup>2</sup> , 16 mm <sup>2</sup> )	307,69/m
Cabos solar (25mm <sup>2</sup> , 35 mm <sup>2</sup> )	415,05/m

Descarta-se o caso 1 na análise da viabilidade, devido ao seu maior impacto ambiental por ser mais poluentes e menos viável tecnicamente e economicamente. A Tabela 20 representa os custos relacionados a esse caso.

Tabela 20: Custo do sistema para o Caso1

Compts & custos	Caso1				
	Capital (ECV)	Subst. (ECV)	O&M (ECV)	Diesel (ECV)	Total NPC (ECV)
Gerador	159.314	1.040.755	16.230	10.210.694	11.440.032
Sistema	159.314	1.040.755	16.230	10.210.694	11.440.032

A tabela 21 mostra os valores de poluentes durante o ano e com operação do gerador diesel diário, o que torna o Caso1 não viável devido ao alto consumo de diesel e elevado valores de poluente por ano.

Tabela 21: Quantidade de emissões de poluentes por ano caso 1

Poluentes	Emissões (kg/ano)
Dióxido de carbono	26.957
Monóxido de carbono	66,5
Hidrocarbonetos não queimado	7,37
Matérias particulares	5,02
Dióxido de enxofre	54,1
Óxidos de nitrogénio	594

Também descarta-se o caso 2 pela mesma razão que o caso 1, por não serem tecnicamente e economicamente viável e com elevado impacto ambiental. A tabela 22 representa os custos relacionado ao caso 2.

Tabela 22: Custo do sistema para o caso 2

Compts & custos	Caso2				Total NPC (ECV)
	Capital (ECV)	Subst. (ECV)	O&M (ECV)	Diesel (ECV)	
P. Fotovoltaico	513.780	66.385	59.864	*	604.531
Conversor	261.711	47.428	30.497	*	331.600
Gerador diesel	159.314	672.308	11.030	6.974.071	7.814.423
Sistema	934.805	786.121	101.392	6.974.071	8.750.557

A tabela 23 mostra as quantidades de poluentes no caso 2.

Tabela 23: Emissões de poluentes anuais caso 2

Poluentes	Emissões (kg/ano)
Dióxido de carbono	18.367
Monóxido de carbono	45,3
Hidrocarbonetos não queimado	5,02
Matérias particulares	3,42
Dióxido de enxofre	36,9
Óxidos de nitrogénio	405

A figura 33 mostra os horários da produção diesel e os horários da produção fotovoltaica. a produção diesel são das 0h as 6h e das 18h as 24h, e a produção fotovoltaica são de 6h a 18h dependendo de estação do ano.

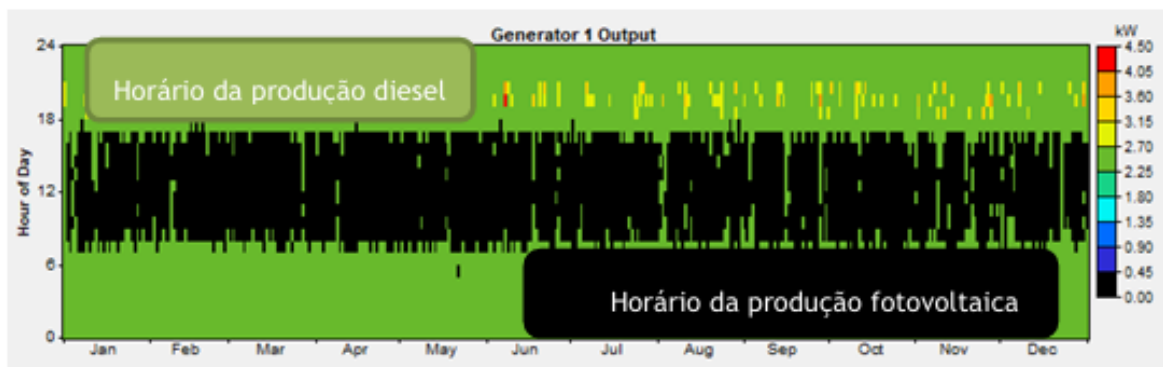


Figura 34: Horário de funcionamento de gerador diesel versus fotovoltaica

Analisando o caso 3 e caso 4 em simultâneo conclui-se que ambos são tecnicamente e economicamente viável, e com menor impacto ambiental. No caso 3 as demandas energéticas são atendidas apenas por gerador fotovoltaica, o que implica na não libertações gases poluentes para o meio ambiente. No caso 4 possui um aumento de carga, o que implica o funcionamento

do gerador diesel em alguns momentos, e liberta uma pequena quantidade de gases poluente. A tabela 24 e 25 mostra os valores custos para caso 3 e caso 4.

Tabela 24: Custo do sistema para o caso 3

Compts & custos	Caso3				
	Capital (ECV)	Subst. (ECV)	O&M (ECV)	Diesel (ECV)	Total NPC (ECV)
P. Fotovoltaico	513.780	172.880	100.292	*	669.515
Gerador diesel	159.314	*	*	*	64.314
Conversor	514.359	191.088	100.409	*	753.603
Bateria	2.521.392	848.413	492.263	*	3.285.742
Sistema	3.708.845	1.212.380	692.964	*	4.773.496

Tabela 25: Custo do sistema para o caso 4

Compts & custos	Caso 4				
	Capital (ECV)	Subst. (ECV)	O&M (ECV)	Diesel (ECV)	Total NPC (ECV)
P. Fotovoltaico	513.780	172.880	100.292	*	669.515
Gerador diesel	159.314	*	47	57.466	122.147
Conversor	514.359	191.088	100.409	*	753.742
Bateria	2.521.392	848.413	492.263	*	3.285.742
Sistema	3.708.845	1.212.380	413.631	57.466	4.831.008

A tabela 26 mostra o COE (custo de energia) por cada kWh e valor de Total NPC em ECV.

Tabela 26: Custo de energia e receita

Casos	Caso3	Caso 4
COE (ECV/kWh)	24,81	22,42
Total NPC (ECV)	4.773.496	4.831.008

A Tabela 27 mostra o resumo dos componentes para dimensionamento do sistema solar fotovoltaico.

Tabela 27: Resumo de sistema solar fotovoltaico Achada Lagoa

Sistema solar fotovoltaico Achada lagoa	
<b>Especificação geral</b>	
<b>GERADOR SOLAR FOTOVOLTAICO</b>	
Capacidade fotovoltaico	9.68kWp
Tipo de modulo	Amerisolar Policristalino 330W
Número de módulos	30
Inclinação	16°
Orientação	Sul
<b>REGULADOR DE CARGA DA BATERIA</b>	
Potência nominal	4000 W
Tipo de conversor	MPPT Smart Solar 250V 70A VICTRON
<b>GERADOR DE BACKUP</b>	
Capacidade avaliado	7.5 kVA monofásico /3 fásico
Combustível	Gasóleo
<b>BATERIA</b>	
Número bateria (tensão)	48 Bateria de 2V
Modelo	OPzS Solar 1700 Ah
Capacidade total (kWh)	117 kWh
Autonomia	3 dias
<b>INVERSOR</b>	
Tipo de inversor	Victron Quattro 48V 70A
Tensão in / out	48 Vcc / 230 Vac
Potência nominal	5000W
<b>DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA PARA CONSUMIDORES</b>	
Tipos de cabos	Cabo torçado LXS 2x70mm <sup>2</sup>
Poste de madeira	Atura: 8m; diâmetros: base 25 cm; cabeça 19 cm

## **CAPITULO 7. CONCLUSÕES**

O presente trabalho apresenta um dimensionamento e simulação fotovoltaica, especificamente em Achada Lagoa, uma aldeia isolada situada no interior de Santiago, com 9 unidades consumidoras de baixa renda.

Durante a realização deste trabalho, e pelas pesquisas realizadas chegou-se a conclusão que a aldeia possui excelentes condições naturais para implementação de um sistema solar fotovoltaico com uma radiação média anual de 5,59 kWh/m<sup>2</sup>.

No entanto não seria viável ter um sistema alimentado apenas com gerador diesel a operar durante 24h/dia, devido ao seu grande impacto para o meio ambiente e com grande quantidade de libertações de gases efeito de estufa: como dióxido de carbono, Monóxido de carbono e Dióxido de enxofre e entre outros.

Ainda, os resultados da simulação demonstraram que não seria viável ter um sistema alimentado apenas com gerador diesel, gerador fotovoltaico, e operação diesel durante 5705 horas/ano porque isso implica uma quantidade significativa de libertação de gases efeito estufa.

No entanto, a nível ambiental, técnico e financeiro conclui-se que é viável ter um sistema alimentado por gerador fotovoltaico com bateria e gerador diesel como backup, pois através deste sistema é possível satisfazer a demanda energética da aldeia, e ainda com excesso de 20% de energia produzida com apenas 15 hora de operação por ano.

No que respeita as recomendações para investigações futuras, considerando o facto de Achada lagoa possuir um furo de água e para aproveitar o excesso da produção verificada pode-se alimentar o sistema de bombagem de água para a irrigação.

Também, na mesmo linha do pensamento, como a atividade principal nessa localidade são agricultura e criação de gado e produzem muitos resíduos/biomassa (resto pastos), esses materiais podem ser utilizados para a geração de energia elétrica.

## REFERÊNCIAS

- [1] R. M. R. V. d. Ovelha, “Projeto, Dimensionamento e Instalação de Solução Fotovoltaica,” Lisboa, 2017.
- [2] M. Barreto, “PLANO ENERGETICO RENOVAVEL DE CABO VERDE,” CABO VERDE, 2011.
- [3] D. a. A. El-Nashar, “A Short Historical Renewable Energy. Wwater and eletricity authority,” Aghia, Laboratory for Solar and Other Energy Systems,, 2001.
- [4] NREL, “Energy efficiency and renewable energy,” 2001.
- [5] ENERGIA RENOVÁVEL REDE POLÍTICA PARA O SÉCULO 21. Disponível em: [http://www.ecowrex.org/system/files/repository/2011\\_decreto\\_lei\\_1\\_2011\\_promoção\\_energias\\_renováveis.pdf](http://www.ecowrex.org/system/files/repository/2011_decreto_lei_1_2011_promoção_energias_renováveis.pdf) , Acedido em fevereiro de 2024.
- [6] J. E. S. R. S. E. a. I. A. Adrian Whiteman, “IRENA 2023 Renewable capacity statistics 2019,” 2019.
- [7] ELECTRA, “RELATÓRIO & CONTAS,” 2018. Disponível em: <https://www.bcv.cv/pt/Supervisao/Mercado%20de%20Capitais/Sistema/Emitentes/Presta%C3%A7%C3%A3o%20de%20Contas/Paginas/RCELECTRA.aspx> Acedido em julho de 2024
- [8] S. Moutinho, “plataforma,” Disponível em: <https://www.plataformamedia.com/pt-pt/noticias/sociedade/interior/aposta-nasenergias-renovaveis-11031088.html>. Acedido em janeiro de 2024
- [9] Gestão Energia, S., “Plano Energético Renovável de Cabo Verde. Direção-Geral de Energia, Praia, Cabo Verde, Anexo A: Caracterização do Sector Elétrico Atual”, 2011
- [10] “Energias renováveis em Cabo Verde,” 2010. Disponível em: [http://www.portugalcaboverde.com/news\\_detail.php?id=361](http://www.portugalcaboverde.com/news_detail.php?id=361). acedido em fevereiro de 2024.
- [11] X. V. (. L. A. (. D. P. (. Matteo Briganti (1), “IMPLEMENTATION OF A PV RURAL MICRO GRID IN THE ISLAND OF SANTO ANTÃO (CAPE VERDE),” 2012.

- [12] “Notícia Cabo Verde, “Parque fotovoltaico na ilha de Santiago,” Energias Renováveis,” Disponível em: [pp.http://www.portugalcaboverde.com/news\\_detail.php?id=361](http://www.portugalcaboverde.com/news_detail.php?id=361), Acedido em Março de 2024.
- [13] “santiago magazine Parques fotovoltaicos em S. Nicolau. Vida nova para pescadores e agricultores de Carriçal e Praia Branca,” [Online]. Disponível em: <https://www.santiagomagazine.cv/index.php/sociedade/2310-parque-fotovoltaicos-em-s-nicolau-vida-nova-para-pescadores-e-agricultores-de-carrical-e-praia-branca>. acedido em julho de 2024.
- [14] E. d. S. João, “Metodologia de dimensionamento para instalações,” Lisboa, 2016.
- [15] S. S. A. Freitas, “Dimensionamento de sistemas fotovoltaicos,” Bragança, 2008.
- [16] A. F. O. Falcão, “Energia solar, Movimento e posicionamento relativos Terra-Sol,” Universidade Técnica de Lisboa.
- [17] F. A. d. S. P. . M. Â. S. d. Oliveira, CURSO TÉCNICO INSTALADOR DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA, Publindústria, Edições Técnicas, 2015.
- [18] R. H. FUSANO, “ANÁLISE DOS ÍNDICES DE MÉRITO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO,” PARANÁ, 2013.
- [19] D. G. P. o. Washington, “Basic Photovoltaic Principles and Methods Solar Information Modulo 6213,” Port Royal Road, United States of America, february 1982.
- [20] P. Reis, “Portal Energias Renováveis,” 19 Novembro 2018. Disponível em: <https://www.portal-energia.com/qual-a-percentagem-de-energia-renovavel/>. Acedido em 30 Março 2024].
- [21] JOAQUIM CARNEIRO, “DIMENSIONAMENTO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS,” Campus de Azurém Guimarães, 2009.
- [22] I. SOLAR, “Inovacare solar,” Disponível em: <http://www.inovacare.solar/tecnologia>. Acedido em 16 Abril 2024.
- [23] “Tipos de Painel Solar Fotovoltaico,”. Disponível em: [www.portalsolar.com](http://www.portalsolar.com). Acedido em



Junho de 2024

[24] R. M. R. V. d. Ovelha, “Projeto, Dimensionamento e Instalação de Solução Fotovoltaica,” Lisboa, 2017.

[25] MICE. (2020). Plano de Ação Nacional para a Integração do Género no Acesso à Energia (pp. 1–100). Ministério da Indústria, Comércio e Energia. Disponível em: [https://kb-wordpress.gov.cv/wp-content/uploads/2023/05/Resolucao-no-99\\_2021-PANGE\\_CV.pdf](https://kb-wordpress.gov.cv/wp-content/uploads/2023/05/Resolucao-no-99_2021-PANGE_CV.pdf)

Acedido em maio de 2024

[26] ELECTRA, “RELATÓRIO & CONTAS,” 2022. Disponível em: <https://www.bcv.cv/pt/Supervisao/Mercado%20de%20Capitais/Sistema/Emitentes/Presta%C3%A7%C3%A3o%20de%20Contas/Paginas/RCELECTRA.aspx> Acedido em julho de 2024

[27] EDP Distribuição, “Guia técnico e logístico de boas práticas,” Manual de Ligações à rede elétrica de serviço público, Disponível em: [p.https://provedordocliente.edp.pt/Files/PDF/Regul\\_Qualid\\_Servico\\_20060117.pdf](https://provedordocliente.edp.pt/Files/PDF/Regul_Qualid_Servico_20060117.pdf), acedido em julho de 2024.

[28] República de Cabo Verde, “Energias Renováveis,” Bultim Oficial II série número 194 Deliberação nº 50/CA/2021. Disponível em: [https://www.arme.cv/index.php?option=com\\_jdownloads&task=download.send&id=1096&catid=237&m=0&Itemid=782](https://www.arme.cv/index.php?option=com_jdownloads&task=download.send&id=1096&catid=237&m=0&Itemid=782) acedido em março de 2024

[29] Tarifas de Eletricidade para a ELECTRA,S.A. Disponível em: [https://www.arme.cv/index.php?option=com\\_jdownloads&task=download.send&id=1475&catid=460&m=0](https://www.arme.cv/index.php?option=com_jdownloads&task=download.send&id=1475&catid=460&m=0) Acedido em julho de 2024

[30] República de Cabo Verde, “Energias Renováveis,” Bultim Oficial, pp. Disponível em: [http://www.ecowrex.org/system/files/repository/2011\\_decreto\\_lei\\_1\\_2011\\_promoção\\_energias\\_renováveis.pdf](http://www.ecowrex.org/system/files/repository/2011_decreto_lei_1_2011_promoção_energias_renováveis.pdf), acedido em fevereiro de 2024.

[31] R. William “Setor Energético e Energias Renováveis em Cabo Verde;Dimensionamento de um sistema fotovoltaico ligado à rede elétrica (On-Grid) numa residência” 2021

[32] A. Sousa, “Autoconsumo fotovoltaico, um elemento de eficiência energética. Casode

estudo,” Instituto Superior de Engenharia do Porto, 2015.

[33] ALTENER, Energia Fotovoltaica - manual sobre tecnologias, projeto e instalação, 2004.

[34] Instituto Nacional de Estatísticas (INE), disponível em <https://ine.cv/censo-2021/> acessado em fevereiro de 2024.

[35] “Household Appliances Electricity Consumption”, disponível em <https://www.daftlogic.com/information-appliance-power-consumption.htm>, acessado em 09 de outubro de 2024

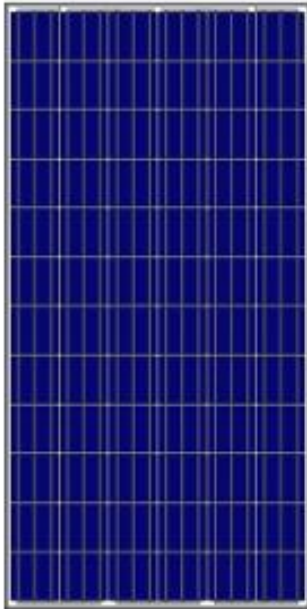
[36] “HOMER microgrid NEWS & INSIGHT,” [Online]. Available: <https://microgridnews.com/about-us/>. [Acedido em 11 Novembro 2019].

[37] T. G. a. P. Lilienthal, “Using HOMER® Software, NREL’s Micropower Optimization Model, to Explore the Role of Gen-sets in Small Solar Power Systems”.

## ANEXOS – Fichas Técnicas

### Regulador de carga

Controlador de carga SmartSolar	MPPT 250/60	MPPT 250/70	MPPT 250/85	MPPT 250/100
Tensión de la batería	Ajuste automático a 12, 24 ó 48V (Se precisa una herramienta de <i>software</i> para ajustar el sistema en 36V)			
Corriente de carga nominal	60A	70A	85A	100A
Potencia FV máxima, 12 V 1a,b)	860W	1000W	1200W	1450W
Potencia FV máxima, 24 V 1a,b)	1720W	2000W	2400W	2900W
Potencia FV máxima, 48 V 1a,b)	3440W	4000W	4900W	5800W
Máxima corriente de corto circuito FV 2)	35A (máx. 30A x con. MC4)		70A (max 30A x MC4 con.)	
Tensión máxima del circuito abierto FV	250V máximo absoluto en las condiciones más frías 245V en arranque y funcionando al máximo			
Eficacia máxima	99%			
Autoconsumo	Menos de 35mA a 12V / 20mA a 48V			
Tensión de carga de "absorción"	Valores predeterminados: 14,4 / 28,8 / 43,2 / 57,6V (Regulable con: selector giratorio, pantalla, VE.Direct o Bluetooth)			
Tensión de carga de "flotación"	Valores predeterminados: 13,8 / 27,6 / 41,4 / 55,2V (Regulable con: selector giratorio, pantalla, VE.Direct o Bluetooth)			
Algoritmo de carga	adaptativo multifase			
Compensación de temperatura	-16 mV / -32 mV / -68 mV / °C			
Protección	Polaridad inversa de la batería (fusible, no accesible por el usuario) Polaridad inversa/Cortocircuito de salida/Sobrettemperatura			
Temperatura de trabajo	-30 a +60°C (potencia nominal completa hasta los 40°C)			
Humedad	95%, sin condensación			
Puerto de comunicación de datos	VE.Direct o Bluetooth			
Interruptor on/off remoto	Sí (conector bifásico)			
Relé programable	DPST Capacidad nominal CA 240 V AC / 4 A Capacidad nominal CC 4 A hasta 35 V CC, 1 A hasta 60 V CC			
Funcionamiento en paralelo	Sí (no sincronizado)			



**Passionately  
committed to  
delivering innovative  
energy solution**



## POLYCRYSTALLINE MODULE

### ADVANCED PERFORMANCE & PROVEN ADVANTAGES

- High module conversion efficiency up to 17.01% through advanced manufacturing technology.
- Low degradation and excellent performance under high temperature and low light conditions.
- Robust aluminum frame ensures the modules to withstand wind loads up to 2400Pa and snow loads up to 5400Pa.
- Positive power tolerance of 0 ~ +3 %.
- High ammonia and salt mist resistance.
- Potential induced degradation (PID) resistance.

### CERTIFICATIONS

- IEC61215, IEC61730, IEC62716, IEC61701, UL1703, CE, ETL(USA), JET(Japan), J-PEC(Japan), MCS(UK), CEC(Australia), FSEC(FL-USA), CSI Eligible(CA-USA), Israel Electric(Israel), Kemco(South Korea), InMetro(Brazil), TSE(Turkey)
- ISO9001:2008: Quality management system
- ISO14001:2004: Environmental management system
- OHSAS18001:2007: Occupational health and safety management system

### SPECIAL WARRANTY

- 12 years limited product warranty.
- Limited linear power warranty: 12 years 91.2% of the nominal power output, 30 years 80.6% of the nominal power output.



### ELECTRICAL CHARACTERISTICS AT STC

Nominal Power ( $P_{max}$ )	295W	300W	305W	310W	315W	320W	325W	330W
Open Circuit Voltage ( $V_{oc}$ )	45.2V	45.3V	45.4V	45.5V	45.6V	45.7V	45.8V	45.9V
Short Circuit Current ( $I_{sc}$ )	8.60A	8.68A	8.76A	8.85A	8.93A	9.00A	9.08A	9.16A
Voltage at Nominal Power ( $V_{mp}$ )	36.6V	36.7V	36.8V	36.9V	37.0V	37.1V	37.2V	37.3V
Current at Nominal Power ( $I_{mp}$ )	8.07A	8.18A	8.29A	8.41A	8.52A	8.63A	8.74A	8.85A
Module Efficiency (%)	15.20	15.46	15.72	15.98	16.23	16.49	16.75	17.01
Operating Temperature	-40°C to +85°C							
Maximum System Voltage	1000V DC							
Fire Resistance Rating	Type 1(UL 1703)/Class C(IEC61730)							
Maximum Series Fuse Rating	15A							

STC: Irradiance 1000W/m<sup>2</sup>, Cell temperature 25°C, AM1.5

### ELECTRICAL CHARACTERISTICS AT NOCT

Nominal Power ( $P_{max}$ )	217W	221W	224W	228W	232W	236W	239W	243W
Open Circuit Voltage ( $V_{oc}$ )	41.6V	41.7V	41.8V	41.9V	42.0V	42.0V	42.1V	42.2V
Short Circuit Current ( $I_{sc}$ )	6.97A	7.03A	7.10A	7.17A	7.23A	7.29A	7.35A	7.42A
Voltage at Nominal Power ( $V_{mp}$ )	33.3V	33.4V	33.5V	33.6V	33.7V	33.8V	33.9V	34.0V
Current at Nominal Power ( $I_{mp}$ )	6.52A	6.62A	6.69A	6.79A	6.89A	6.98A	7.05A	7.15A

NOCT: Irradiance 800W/m<sup>2</sup>, Ambient temperature 20°C, Wind Speed 1 m/s

### MECHANICAL CHARACTERISTICS

Cell type	Polycrystalline 156x156mm (6x6inches)
Number of cells	72 (6x12)
Module dimensions	1956x992x50mm (77.01x39.06x1.97inches)
Weight	27kg (59.5lbs)
Front cover	4.0mm (0.16inches) low-iron tempered glass
Frame	Anodized aluminum alloy
Junction box	IP67, 3 diodes
Cable	4mm <sup>2</sup> (0.006inches <sup>2</sup> ), 1000mm (39.37inches)
Connector	MC4 or MC4 compatible

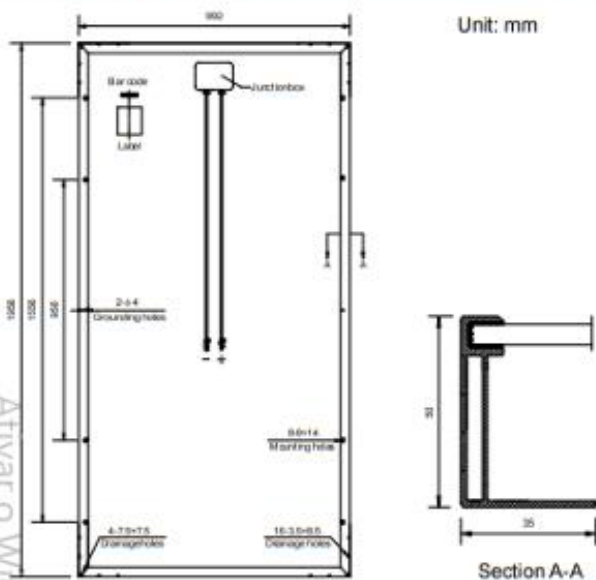
### TEMPERATURE CHARACTERISTICS

Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	45°C±2°C
Temperature Coefficients of $P_{max}$	-0.43%/°C
Temperature Coefficients of $V_{oc}$	-0.33%/°C
Temperature Coefficients of $I_{sc}$	0.056%/°C

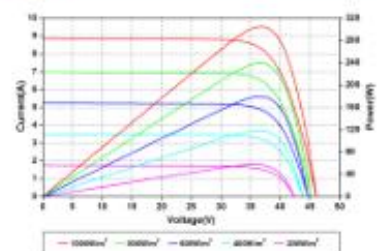
### PACKAGING

Standard packaging	21pcs/pallet
Module quantity per 20' container	210 pcs
Module quantity per 40' container	462 pcs

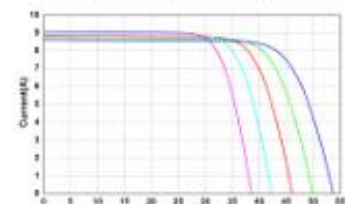
### ENGINEERING DRAWINGS



### IV CURVES



Current-Voltage and Power-Voltage Curves at Different Irradiances



Current-Voltage Curves at Different Temperatures

Ativar o Windows  
 Acenda a Definições

Specifications in this datasheet are subject to change without prior notice.





## BATERÍAS OPzS

### Características técnicas

#### Diseño

<b>Placas positivas</b>	Placas tubulares con aleación especial baja en antimonio ( $\leq 1.65$ % Sb).
<b>Placas negativas</b>	Placas negativas empastadas optimizadas con aleación de plomo baja en antimonio.
<b>Separadores</b>	Baja resistencia, PVC microporoso.
<b>Electrolito</b>	Ácido sulfúrico diluido.
<b>Contenedor, tapa</b>	Alto impacto, transparente SAN (estireno acrilonitrilo) para contenedor. Material robusto de ABS (acrilonitrilo butadieno estireno) para tapa.
<b>Polos</b>	Diseño premium insertado y sello de goma en la tapa, para mayor refuerzo y resistencia al ácido con M10 latón incrustado. Medida de imperancia.
<b>Conectores</b>	Mediciones de voltaje posibles gracias al diseño de tipo tornillo. Pernos de acero con cabezas encapsuladas de plástico. Conectores flexibles aislados.

#### Operación

<b>Número de ciclos</b>	4500 ciclos a 30% de DoD a 20°C.
<b>Diseño de vida</b>	20 años (en flotación 20°C).
<b>Mantenimiento</b>	Bajos requisitos de recarga.
<b>Temperatura de funcionamiento</b>	Temperatura recomendada de 10 a 30°C. Máx. 55°C.
<b>Tiempo de almacenamiento</b>	Máximo tiempo de vida en almacenamiento, tres meses a 20°C, dos meses a 30°C o un mes a 40°C.
<b>Tasa de descarga</b>	Aproximadamente 2,5 % al mes a 20 °C.

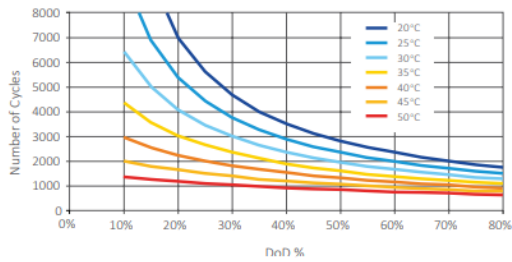
#### Calidad certificada

- Fabricación europea certificada con ISO 9001, ISO 14001, BS OHSAS 18001.
- Acorde con IEC 61427 (requisitos para sistemas de energía fotovoltaica).
- Conforme con las especificaciones DIN 40736-1 para las células OPzS.
- Acorde con IEC 60896-11 (requisitos para baterías de plomo ácido abiertas).
- Acorde con los requisitos de seguridad de EN 50272-2 (baterías estacionarias).

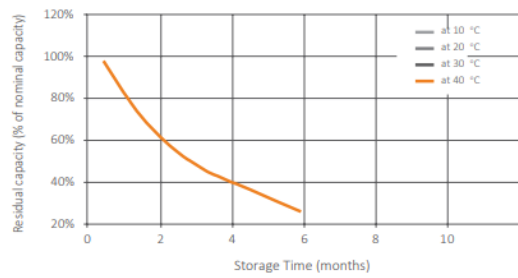
# BATERÍAS OPZS

## Curvas

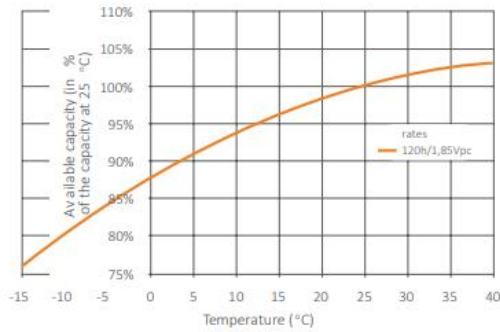
### Número de ciclos vs. DoD



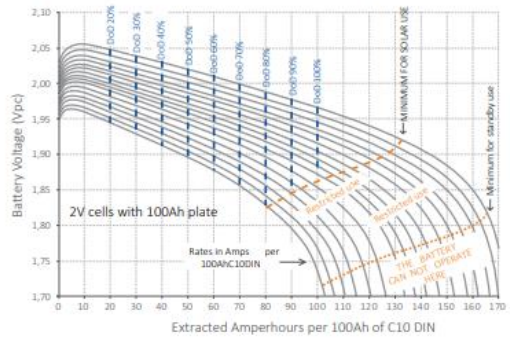
### Características de autodescarga



### Capacidad vs. Temperatura



### Ajustes desconexión baja tensión



## Ficha Característica Inversor

MultiPlus-II 230V	12/3000/120-32 24/3000/70-32 48/3000/35-32	24/5000/120-50 48/5000/70-50	48/8000/ 110-100	48/10000/ 140-100	48/15000/ 200-100
PowerControl y PowerAssist	Sí				
Conmutador de transferencia	32 A	50 A	100 A	100 A	100 A
Corriente máxima de entrada CA	32 A	50 A	100 A	100 A	100 A
<b>INVERSOR</b>					
Rango de tensión de entrada CC	12V - 9,5-17 V	24V - 19-33V	48V - 38-66 V		
Salida	Tensión de salida: 230 V CA ± 2 % Frecuencia: 50 Hz ± 0,1 % (1)				
Potencia cont. de salida a 25 °C (3)	3000 VA	5000 VA	8000 VA	10000 VA	15000 VA
Potencia cont. de salida a 25 °C	2400 W	4000 W	6400 W	8000 W	12000 W
Potencia cont. de salida a 40 °C	2200 W	3700 W	5500 W	7000 W	10000 W
Potencia cont. de salida a 65 °C	1700 W	3000 W	4000 W	6000 W	7000 W
Balace neto máximo aparente (corriente retornada a la red)	3000 VA	5000 VA	8000 VA	10000 VA	15000 VA
Pico de potencia	5500 W	9000 W	15000 W	18000 W	27000 W
Eficiencia máxima	93%/94%/95%	96%	95%	96%	95%
Consumo en vacío	13 / 13 / 11 W	18 W	29 W	38 W	55 W
Consumo en vacío en modo AES	9 / 9 / 7 W	12 W	19 W	27 W	39 W
Consumo en vacío en modo búsqueda	3 / 3 / 2 W	2 W	3 W	4 W	6 W
<b>CARGADOR</b>					
Entrada de CA	Rango de tensión de entrada: 187-265 V CA Frecuencia de entrada: 45 - 65 Hz				
Tensión de carga de "absorción"	14,4 / 28,8 / 57,6 V				
Tensión de carga de "flotación"	13,8 / 27,6 / 55,2 V				
Modo de almacenamiento	13,2 / 26,4 / 52,8 V				
Máxima corriente de carga de la batería (4)	120 / 70 / 35 A	120 / 70 A	110 A	140 A	200 A
Sensor de temperatura de la batería	Sí				
<b>GENERAL</b>					
Salida auxiliar	Sí (32 A)		Sí (50 A)		
Sensor de CA externa (opcional)	50 A		100 A		
Relé programable (5)	Sí				
Protección (2)	a - g				
Puerto de comunicación VE.Bus	Para funcionamiento paralelo (no para los modelos de 8k, 10k y 15k) y trifásico, control remoto e integración del sistema				
Puerto de comunicaciones de uso general	Sí, 2 puertos				
On/Off remoto	Sí				
Temperatura de trabajo	-40 a +65 °C (refrigerado por ventilador)				
Humedad (sin condensación)	máx. 95 %				
<b>CARCAZA</b>					
Material y color	acero, azul RAL 5012				
Grado de protección	IP22				
Conexión de la batería	Pernos M8		Cuatro pernos M8 (2 conexiones positivas y 2 negativas)		
Conexión 230 V CA	Bornes de tornillo de 13 mm <sup>2</sup> (6 AWG)		Pernos M6	Pernos M6	Pernos M6
Peso	19 kg	30 kg	42 kg	49 kg	80 kg
Dimensiones (al x an x p)	546 x 275 x 147 499 x 268 x 141 499 x 268 x 141	607 x 330 x 149 565 x 320 x 149	642 x 363 x 206	677 x 363 x 206	810 x 405 x 217
<b>NORMAS</b>					
Seguridad	EN-IEC 60335-1, EN-IEC 60335-2-29, EN-IEC 62109-1, EN-IEC 62109-2				
Emissiones, Inmunidad	EN 55014-1, EN 55014-2 EN-IEC 61000-3-2, EN-IEC 61000-3-3 IEC 61000-6-1, IEC 61000-6-2, IEC 61000-6-3				
Sistema de alimentación ininterrumpida	Puede consultar los certificados en nuestro sitio web				
Antiisla	Puede consultar los certificados en nuestro sitio web				
1) Puede ajustarse a 60 Hz	3) Carga no lineal, factor de cresta 3:1				
2) Claves de protección:	4) Hasta 25 °C de temperatura ambiente				
a) cortocircuito de salida	5) Relé programable que puede configurarse para las funciones de alarma general, subtensión CC o señal de arranque para				
b) sobrecarga	el generador. Capacidad nominal CA: 230 V/4 A, Capacidad nominal CC: 4 A hasta 35 VCC y 1 A hasta 60 VCC				
c) tensión de la batería demasiado alta					
d) tensión de la batería demasiado baja					
e) temperatura demasiado alta					
f) 230 VCA en la salida del inversor					
g) ondulación de la tensión de entrada demasiado alta					