



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA

Área Departamental de Engenharia Eletrotécnica Energia e Automação

Otimização da potência instalada e da capacidade de armazenamento em aproveitamentos fotovoltaicos para autoconsumo

TERESA MARIA CIDADE DO CÉU CALÇADA JORDÃO

(Licenciada em Engenharia Eletrotécnica)

Trabalho Final de Mestrado para obtenção do grau de Mestre
em Engenharia Eletrotécnica – Ramo de Energia

(Documento Final)

Orientador:

Doutor Fernando Manuel Duarte Oliveira Nunes

Júri:

Presidente:

Doutor Luís Manuel dos Santos Redondo

Vogais:

Doutor Francisco Alexandre Ganho da Silva Reis

Fevereiro de 2023

Dissertação realizada sob orientação de:

Doutor Fernando Manuel Duarte Oliveira Nunes

Professor Coordenador do Departamento de Engenharia Eletrotécnica de Energia e
Automação

fernando.nunes@isel.pt

Learn from yesterday, live for today, hope for tomorrow. The important thing is not to stop questioning.

Albert Einstein

14/03/1879 – 18/04/1955

Resumo

No atual contexto de transição energética a implementação de sistemas de produção de energia através de recursos renováveis é cada vez mais a opção natural, e em particular, a dos sistemas de produção fotovoltaica, muito em resultado da contínua redução dos custos dos equipamentos envolvidos.

Como qualquer projeto de investimento também as instalações de produção de energia elétrica com o recurso a energias renováveis, necessitam de uma avaliação técnico-económica que possa servir de base à decisão de investimento.

O presente trabalho vai basear-se no estudo de caso de uma instalação de serviços técnicos de uma câmara municipal, suportado no seu diagrama de cargas anual. O estudo começará por dimensionar a potência a instalar utilizando ferramentas de análise de projetos de investimento e os dados de insolação recolhidos do site do *PVGIS*.

A capacidade de armazenamento ótima será calculada utilizando um algoritmo de gestão dos ciclos carga-descarga das baterias em função das potências de consumo e de produção horárias ao longo do ano, de forma a maximizar a rentabilidade do projeto de investimento.

Verificou-se que a implementação de um sistema de produção fotovoltaico é viável para a instalação em estudo, e que não existe a necessidade de alteração no comportamento do consumo, pois não é acrescido nenhum tipo de benefício.

Com a inclusão de um sistema de armazenamento, verificou-se a viabilidade da implementação deste tipo de sistemas até a um valor de armazenamento de 61,6 kWh. Contudo, aos preços atuais destes sistemas, nenhuma das soluções seria economicamente mais vantajosa comparativamente com a solução ótima sem armazenamento. Este tipo de soluções só seria viável até a uma capacidade máxima de armazenamento de 30,8 kWh e caso o custo associado aos sistemas de armazenamento reduzisse em cerca de 75%.

Palavras-Chave: Energias Renováveis, Avaliação Económica, Energia Fotovoltaica, Sistemas de Armazenamento, Baterias, Algoritmo de Gestão de Energia, Autoconsumo

Abstract

In the current context of energy transition, the implementation of energy production systems through renewable resources is increasingly the natural option, and that of photovoltaic production systems, much as a result of the continuous reduction of the costs of the equipment involved.

Like any investment project, electricity production facilities with the use of renewable energy also require a technical and economic assessment that can serve as the basis for the investment decision.

The present work was based on the case study of a technical services installation of a town hall, supported by its annual load diagram. The study will begin by scaling the power to be installed using investment project analysis tools and heat stroke data collected from the *PVGIS* website.

The optimum storage capacity was calculated using an algorithm of management of the charge-discharge cycles of the batteries according to the consumption and production powers hourly throughout the year, in order to maximize the profitability of the investment project.

It was found that the implementation of a photovoltaic production system is feasible for the installation under study, and that there is no need for change in the behavior of consumption since no kind of benefit has been added.

With the inclusion of a storage system, it was verified the feasibility of implementing this type of systems up to a storage value of 61.6 kWh. However, at the current prices of these systems, none of the solutions would be economically more advantageous compared to the optimal solution without storage. This type of solutions would only be feasible up to a maximum storage capacity of 30.8 kWh and if the cost associated with storage systems reduced by about 75%.

Keywords: Renewable Energy, Economic Evaluation, Photovoltaic Energy, Storage Systems, Batteries, Energy Management Algorithm, Self-Consumption

Agradecimentos

Como primeiro agradecimento, quero agradecer ao Instituto Superior de Engenharia de Lisboa pela experiência proporcionada, e a todos os professores e engenheiros que dela fizeram parte.

Quero agradecer ao meu orientador Doutor Fernando Manuel Duarte Oliveira Nunes pela oportunidade, disponibilidade, ajuda e ideias partilhadas na realização desta tese e de todo o conhecimento que partilhou durante o desenvolvimento desta dissertação.

Quero agradecer à minha família pelo apoio que sempre me deram, em especial à minha mãe, ao meu irmão, ao meu pai e aos meus avós maternos e restante família. Agradeço do fundo do coração ao meu padrasto por me ter motivado a entrar neste curso. Não poderia deixar de agradecer ao meu namorado, Manuel, pela paciência, motivação, apoio e carinho demonstrado ao longo deste percurso. Um agradecimento também para todos os meus amigos, que caminharam ao meu lado, desde muito cedo, durante esta minha vida académica, mas também aos de longa data, aqueles que cresceram comigo. Em especial, um agradecimento ao Mihai Lucian, que me acompanhou e motivou durante toda a elaboração desta dissertação.

Uma grande obrigada a todos!

Teresa Maria Jordão

Índice Geral

Resumo.....	ii
Abstract	iv
Capítulo 1	3
1. Introdução	3
1.1. Enquadramento e Motivação.....	3
1.2. Objetivo.....	4
1.3. Objeto de Estudo	5
1.4. Estrutura do Documento.....	5
1.5. Notação	6
Capítulo 2.....	9
2. Estado da Arte	9
2.1. Energia solar.....	9
2.1.1. Energia solar fotovoltaica.....	9
2.2. Componentes do Sistema Solar Fotovoltaico.....	10
2.2.1. Painéis Solares Fotovoltaicos	12
2.2.2. Inversores	15
2.3. Autoconsumo	18
2.3.1. Gestão da Procura.....	18
2.3.2. Tecnologias de armazenamento	19
2.4. Energias Renováveis	24
2.4.1. Em Portugal.....	24
2.4.2. Energia Solar	27
2.5. Avaliação de Projetos.....	28
2.5.1. Avaliação técnica	28
2.5.2. Avaliação Económica.....	29
Capítulo 3.....	35
3. Metodologia	35
3.1. Informação	35
3.1.1. Fontes de dados/informação.....	35
3.1.2. Tratamento de dados/informação	35
3.2. Desenvolvimento do Software de apoio.....	36
3.2.1. 1 – Introdução.....	36
3.2.2. 2 – Dados de Radiação	36
3.2.3. 3 – Dados de Consumo.....	37
3.2.4. 4 – Seleção de Equipamentos	37
3.2.5. 5 – Cálculo da Instalação	43

3.2.6.	6 – Algoritmo	44
3.2.7.	7 – Avaliação do investimento	52
3.2.8.	8 – Balanço Final.....	54
3.3.	Resumo da metodologia	55
Capítulo 4	.....	59
4.	Caso de Estudo	59
4.1.	Características do local.....	59
4.1.1.	Radiação Solar em Almada	60
4.2.	Diagrama de cargas e consumos	60
4.3.	Abordagens Analisadas	62
4.3.1.	Solução ótima sem armazenamento	64
4.3.2.	Solução ótima com armazenamento.....	69
4.3.3.	Solução ótima com redução de custo no armazenamento	71
4.3.4.	Alteração do comportamento de consumo	73
4.3.5.	Solução ótima com Alteração do comportamento – inclusão de armazenamento 77	
4.3.6.	Solução ótima com Alteração do comportamento – redução de custo no armazenamento.....	79
4.4.	Resultados do Caso de Estudo	80
Capítulo 5	.....	85
5.	Conclusões	85
5.1.	Desenvolvimentos Futuros.....	87

Índice de Tabelas

Tabela 3.1 - Tabela resumo de módulos fotovoltaicos selecionados para o estudo	42
Tabela 4.1 - Coordenadas geográficas de Almada [39]	59
Tabela 4.2 - Ciclo semanal (com e sem feriados) [37].....	61
Tabela 4.3 - Custo por período horário - informação extraída de fatura emitida em 2018 pelo fornecedor de energia.....	61
Tabela 4.4 - Informação relativa à numeração das soluções estudadas	63
Tabela 4.5 - Tabela resumo das variações entre potências homólogas para diferentes inclinações de módulos - Soluções de maior eficiência	65
Tabela 4.6 - Tabela resumo das variações entre potências homólogas para diferentes inclinações de módulos - Soluções de menor custo	66
Tabela 4.7 - Resumo das 10 primeiras soluções com maior Valor Atual Líquido, com destaque na solução ótima.....	67
Tabela 4.8 - Características do inversor utilizado na solução 134	68
Tabela 4.9 - Características do painel solar fotovoltaico utilizado na solução 134.....	68
Tabela 4.10 - Características gerais da solução 134	68
Tabela 4.11 - Avaliação energética e económica da solução 134	69
Tabela 4.12 - Resumo das soluções com armazenamento em comparação com a solução ótima 134.....	71
Tabela 4.13 - Comparação do VAL para diferentes capacidades de armazenamento e respetiva redução de custo com destaque nas soluções com VAL superior à solução 134.	72
Tabela 4.14 - Resumo das soluções obtidas para diferentes potências considerando consumo médio, inclinação de 34° e equipamentos de menor custo – destaque na solução ótima	74
Tabela 4.15 - Características do inversor utilizado na solução 609	75
Tabela 4.16 - Características do painel solar fotovoltaico utilizado na solução 609.....	75
Tabela 4.17 - Características gerais da solução 609	75
Tabela 4.18 - Avaliação energética e económica da solução 609	76
Tabela 4.19 - Resumo das soluções com armazenamento em comparação com a solução ótima 609.....	78
Tabela 4.20 - Resultados obtidos para as soluções de armazenamento com redução do custo original com um consumo médio (hipotético)	80
Tabela 4.21 - Comparação entre soluções 134 e 609	81
Tabela 4.22 - Comparação de Avaliação energética e económica das soluções 134 e 609	81
Tabela 5.1 - Resumo da solução ótima sem armazenamento	86
Tabela 5.2 - Resumo da solução ótima sem armazenamento e com consumo médio.....	87

Índice de Gráficos

Gráfico 2.1 - Evolução da Potência Instalada em Solar fotovoltaica entre 2008 e 2021 – Adaptado de [35].....	27
Gráfico 3.1 - Relação entre custo por unidade de potência de pico e potência de pico de diversos fabricantes - Módulos Solares Fotovoltaicos	40
Gráfico 3.2 - Relação entre custo por unidade de potência e potência nominal de diversos fabricantes - Inversores de Rede e Inversores Híbridos	40
Gráfico 3.3 - Relação entre custo por unidade de energia armazenada e capacidade de armazenamento de diversos fabricantes - Baterias de Lítio	41
Gráfico 3.4 - Relação entre eficiência e potência de pico em módulos fotovoltaicos de diversos fabricantes	41
Gráfico 3.5 - Relação entre eficiência e potência de inversores de rede e inversores híbridos de diversos fabricantes	42
Gráfico 4.1 - Diagramas de carga mensais ao longo do ano	60
Gráfico 4.2 - Exemplo de consumos horários para o mês de Agosto de 2018.....	62
Gráfico 4.3 - Exemplo de consumos horários para o mês de Janeiro de 2019.....	62
Gráfico 4.4 - Soluções obtidas através de equipamentos de maior eficiência.....	64
Gráfico 4.5 - Soluções obtidas através de equipamentos de menor rácio custo/capacidade.	65
Gráfico 4.6 - Comparação entre hipóteses de soluções de menor custo e de maior eficiência. ..	66
Gráfico 4.7 - Recorte da Gráfico 4.6, para aproximação do pico observado entre os 90 kW e o 110 kW.	67
Gráfico 4.8 - Comparação entre as soluções da primeira abordagem com VAL superior a 36 000€ e novas soluções para afinar o valor da potência instalada.	68
Gráfico 4.9 - Exemplo de Energia Produzida e de Energia Consumida através da solução 134 para o mês de Agosto de 2018	69
Gráfico 4.10 - Exemplo de Energia Produzida e de Energia Consumida através da solução 134 para o mês de Janeiro de 2019	69
Gráfico 4.11 - Comparação do VAL entre a solução ótima sem armazenamento, e com armazenamento com variações entre 15,4 kWh e 61,6 kWh.	70
Gráfico 4.12 - Comparação entre a autossuficiência e o VAL para as soluções com e sem armazenamento.	70
Gráfico 4.13 - Solução ótima com armazenamento com representação da redução de custo dos equipamentos de armazenamento.....	72
Gráfico 4.14 - Exemplo de conversão de consumos para o mês de Março.....	73
Gráfico 4.15 - Exemplo de conversão de consumos para um dia do mês de Março.....	73

Gráfico 4.16 - Hipótese de soluções para um diagrama de carga com consumo médio, inclinação de 34° e soluções de menor custo.....	74
Gráfico 4.17 - Estudo de otimização de potência para um consumo médio	75
Gráfico 4.18 - Exemplo de Energia Produzida e de Energia Média Consumida através da solução 609 para o mês de Agosto de 2018	76
Gráfico 4.19 - Exemplo de Energia Produzida e de Energia Média Consumida através da solução 609 para o mês de Janeiro de 2019	76
Gráfico 4.20 - Comparação do VAL entre a solução ótima 609 sem armazenamento, e com armazenamento com variações entre 15,4 kWh e 61,6 kWh	77
Gráfico 4.21 - Comparação entre a autossuficiência e o VAL para as soluções com e sem armazenamento – considerando o consumo médio da instalação	78
Gráfico 4.22 - Solução ótima 609 com armazenamento e representação da redução de custo dos equipamentos de armazenamento.....	79

Índice de Figuras

Figura 2.1 – Representação do efeito fotovoltaico numa célula fotovoltaica	9
Figura 2.2 - Representação de um sistema de maior dimensão ligado à rede [8]	10
Figura 2.3 - Representação de um sistema isolado da rede com armazenamento de energia através de baterias [8].....	11
Figura 2.4 - Representação de um sistema solar fotovoltaico Híbrido [11]	11
Figura 2.5 - Processo hierarquizado de agrupamento: célula → módulo → painel fotovoltaico [12]	12
Figura 2.6 - Módulos solares fotovoltaicos de 1ª geração [14]	12
Figura 2.7 - Modulo fotovoltaico com tecnologia de filme fino [15]	13
Figura 2.8 - Célula polimérica [16].....	13
Figura 2.9 - Evolução das eficiências das células fotovoltaicas para as diversas tecnologias disponíveis [17].....	14
Figura 2.10 - Representação de Inversor string - Adaptado [19]	17
Figura 2.11 - Representação de Inversor string com otimizadores de energia - Adaptado [19]	17
Figura 2.12 - Representação de microinversores - Adaptado [19].....	17
Figura 2.13 - Exemplos de estratégias de Gestão da Procura ou Demand Side Management [21]	19
Figura 2.14 - Gama de aplicações de diferentes tecnologias de armazenamento de energia	21
Figura 2.15 - Relação entre volume e densidade de energia para os diferentes tipos de bateria [27]	22
Figura 2.16 - Evolução da dependência energética de Portugal [30]	25
Figura 2.17 - Evolução da potência instalada nas diversas fontes de energia em Portugal desde 2000 até 2021 [31]	25
Figura 2.18 - Dependência energética na UE-27 em 2020 [30].....	26
Figura 2.19 - Mapa de radiação horizontal na Europa [34].....	27
Figura 2.20 - Representação gráfica da Taxa Interna de Rentabilidade [13]	31
Figura 3.1 - Folha de Cálculo “2 – Dados de Radiação”, onde é possível inserção de dados de radiação	36
Figura 3.2 - Folha de Cálculo “2 – Dados de Consumo”, onde é possível inserção de dados de consumo	37
Figura 3.3 - Folha de cálculo - " 4 – Seleção de Equipamentos" - resumo da solução	38
Figura 3.4 - Folha de cálculo - " 4 – Seleção de Equipamentos" - 4.4 Seleção de Inversores	38
Figura 3.5 - Folha de cálculo - " 4 – Seleção de Equipamentos" - 4.5 Seleção de Módulos Fotovoltaicos	39
Figura 3.6 - Folha de cálculo - "4 – Seleção de Equipamentos" - 4.6 Seleção de Baterias.....	39

Figura 3.7 - Folha de Cálculo “5 – Cálculo da Instalação” - resumo geral dos equipamentos selecionados e considerações adotadas	43
Figura 3.8 - Folha de Cálculo “5 – Cálculo da Instalação” - Seleção e verificação da solução ótima.....	43
Figura 3.9 - Folha de Cálculo "6 – Algoritmo de Gestão" - Resumo da informação relevante proveniente das folhas anteriores	45
Figura 3.10 - Folha de Cálculo "6 – Algoritmo de Gestão" - Determinação da Produção individual de energia por módulo através dos dados do PVGIS	46
Figura 3.11 - Folha de Cálculo "Algoritmo de Gestão" - Variáveis do Algoritmo de Gestão de Energia	48
Figura 3.12 - Excerto do fluxograma associado às variáveis excedente e déficit de energia	49
Figura 3.13 - Excerto do fluxograma associado à variável descarga de bateria.....	50
Figura 3.14 - Excerto do fluxograma associado à variável carga de bateria	50
Figura 3.15 - Excerto do fluxograma associado à variável estado de bateria	51
Figura 3.16 - Excerto do fluxograma associado à variável energia comprada.....	51
Figura 3.17 - Folha de Cálculo "7 – Avaliação do Investimento" - Cálculo dos custos associados à energia comprada, desperdiçada e produzida	52
Figura 3.18 - Folha de Cálculo "7 – Avaliação do Investimento" - Resumo dos indicadores financeiros	53
Figura 3.19 - Folha de Cálculo "8 - Balanço Final", resumo das considerações e equipamentos selecionados	54
Figura 3.20 - Folha de Cálculo "8 - Balanço Final", Resumo económico e balanço energético. 54	
Figura 3.21 - Folha de Cálculo "8 - Balanço Final", visualização gráfica do consumo, produção, desperdício de energia e estado de bateria do mês de março	54
Figura 4.1 - Localização geográfica da cidade de Almada	59

Lista de Acrónimos

AC	<i>Alternate Current</i>
AM	<i>Air Mass</i>
APREN	Associação Portuguesa de Energias Renováveis
CF	Cash-Flow
CPV	<i>Concentrated Photovoltaics</i>
DSSC	<i>Dye-Sensitized solar Cell</i>
OPV	<i>Organic Photovoltaics</i>
DC	<i>Direct Current</i>
DSM	<i>Demand Side Management</i>
FC	Fator de carga
GEE	Gases de Efeito de Estufa
GPS	<i>Global Positioning System</i> , ou Sistema de Posicionamento Global
IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>
MPPT	<i>Maximum Power Point Tracker</i> ou Seguidor de Potência Máxima
MPP	<i>Maximum Power Point</i>
NOCT	<i>Nominal Operating Cell Temperature</i>
NREL	<i>National Renewable Energy Laboratory</i>
PVF	<i>Present value function</i>
PVGIS	<i>Photovoltaic Geographical Information System</i>
PNEC	Plano Nacional de Energia e Clima
REN	Redes Energéticas Nacionais
RESP	Rede Elétrica de Serviço Público
ROI	Retorno do Investimento
SMES	<i>superconducting magnetic energy storage</i>
STC	<i>Standard Test Conditions</i>
TIR	Taxa Interna de Rentabilidade
UE	União Europeia
UPS	<i>Unit Power Supply</i>
UTC	<i>Coordinated Universal Time</i> , ou Tempo Universal Coordenado
VAL	Valor Atual Líquido
PP	<i>Payback Period</i>
p.p.	Pontos percentuais - diferença, em valores absolutos, entre duas percentagens

Lista de Símbolos

Símbolo	Significado	Unidade
p	Ano de investimento	Ano
$Q_{\text{útil}}$	Carga de armazenamento útil no sistema de armazenamento	kWh
CF_p	Cash-flows de exploração para cada ano p	€
γ	Coeficiente de temperatura	%/%
$E_{\text{desperdiçada}}$	Energia não aproveitada pelo sistema	kWh
$E_{\text{Produzida DC}}$	Energia produzida em DC	kWh
E_t	Energia produzida no espaço temporal de 1 ano	kWh/ano
$E_{\text{produzida total}}$	Energia Produzida total	kWh
$E_{\text{produzida aproveitada}}$	Energia produzida utilizada pelo sistema	kWh
$E_{\text{total consumida}}$	Energia total consumida pelo sistema	kWh
$E_{\text{Produzida AC}}$	Energia útil produzida convertida em AC	kWh
$Q(h-1)$	Estado da bateria para o instante h-1 (anterior)	kWh
$PVF(n, i)$	Função valor atualizado (presente value function)	-
$I_{\text{Autoconsumo}}$	Índice de Autoconsumo	%
$I_{\text{Autossuficiência}}$	Índice de Autossuficiência	%
$h-1$	Instante anterior ao instante h	Data/hora
h	Instante h	Data/hora
I_0	Investimento inicial do projeto	€
S	Irradiação	W/m ²
$P_{MP}(STC)$	Potência em condições padrão produzida pelo módulo	W
$P_{MP}(T_{mod})$	Potência real produzida pelo módulo	W
P_{DD}	Profundidade de descarga – característica das baterias	%
η_{Inv}	Rendimento do inversor selecionado	%
i	Taxa de atualização	%
T_{amb}	Temperatura ambiente/ar em graus Centígrados	°C
T_{mod}	Temperatura do módulo em graus Centígrados	°C
n	Tempo de investimento	Anos
t	Tempo em horas	Horas
P	Valor da potência instalada no sistema	kW
$Q_{\text{máx}}$	Valor de carga máximo admissível do sistema de armazenamento	kWh
$Q_{\text{mín}}$	Valor de carga mínimo admissível do sistema de armazenamento	kWh
ΔT	Variação da temperatura	°C

Lista de unidades

Unidade	Nome	Grandeza
€	Euro	Unidade Monetária
°C	Grau Centígrado	Temperatura
°	grau de ângulo	Medida angular
MWh	Megawatt-hora	Energia
m ²	Metro quadrado	Área
m/s	Metros por segundo	Velocidade
%	Porcentagem	Proporção
Kg	Quilograma	Massa
kW	Quilowatt	Potência
kWh	Quilowatt-hora	Energia
W	Watt	Potência
Wp	Watt de pico	Potência
Wh	Watt-hora	Energia

Capítulo I

Introdução

Neste capítulo apresenta-se a introdução ao tema da dissertação, onde é realizado um enquadramento do tema em estudo, declarando os pontos essenciais que motivaram a execução deste trabalho, e, são apresentados os objetivos e objetos de estudo. Também será exposta a organização do documento, bem como a notação utilizada.

Capítulo 1

1. Introdução

1.1. Enquadramento e Motivação

A História da humanidade e da Energia muitas vezes são confundidas, sem se saber ao certo, qual delas foi a propulsora. A certeza que se pode ter é de que, uma influenciou diretamente a evolução da outra. Com o decorrer do tempo, o modo como o ser humano utiliza energia e os seus meios de obtenção foram-se alterando, influenciando profundamente o modo como se vive.

Por muito tempo, o uso da energia ficou limitado à energia obtida de alimentos e da queima de combustíveis, até que se passou a utilizar a energia da tração animal para a realização de atividades diárias, o que causou um aumento da capacidade produtiva da sociedade em geral, permitindo até o desenvolvimento de atividades como o artesanato, a engenharia e a escrita.

As mudanças causadas na sociedade pela disponibilidade de energia ficam cada vez mais evidentes e alcançou o seu auge com o surgimento das máquinas a vapor, automatizando processos e permitindo um deslocamento muito mais rápido de pessoas, o que tornou muitos produtos da época mais acessíveis.

Com a descoberta da energia elétrica em 1879, agora podendo ser transmitida a longas distâncias por meio de “fios”, deu-se início ao surgimento de novos meios de comunicação, entretenimento, iluminação, dentre inúmeros outros aspetos que moldam o mundo em que vivemos hoje. [1]

Atualmente, a utilização de energia é marcada pelo uso crescente e pela procura de novas fontes, e, cada vez mais, as energias renováveis contribuem como fonte de energia na rede elétrica, uma vez que as fontes tradicionais de energia, como o petróleo ou o gás são finitas e a queima de combustíveis fósseis é uma das principais causas do efeito de estufa.

A nível da UE, as energias renováveis constituem a parcela mais importante da produção de eletricidade, seguidas dos combustíveis fósseis e da energia nuclear. A percentagem de energias renováveis e de outros tipos de energia utilizadas para produzir eletricidade é diferente em cada país da UE. [2]

Apesar de as energias renováveis não apresentarem emissões de GEE (Gases de Efeito de Estufa) diretamente, o seu custo inicial de investimento ainda é elevado e estas criam impactos visuais negativos no meio ambiente [3].

Contudo, apesar da necessidade de investimento inicial apresentar um custo elevado, o recurso a energias renováveis tem vindo a aumentar, o que tem conduzido à investigação em novas tecnologias que permitam melhor eficiência, à evolução tecnológica dos equipamentos e a

redução significativa do seu custo tem permitido a massificação das instalações fotovoltaicas, ao longo dos últimos anos, causando um impacto positivo.

O setor da indústria constitui um dos setores com maiores consumos energéticos, representando uma boa parte do consumo final de energia do País. [4]

Tendo em conta que o consumo por parte da indústria coincide maioritariamente com as horas de luz solar, o aproveitamento fotovoltaico tem vindo a ser cada vez mais procurado neste setor.

Assim sendo, estes consumidores tornam-se bons candidatos à implementação de instalações fotovoltaicas.

Como complemento a este tipo de instalações, existe a possibilidade de implementação de um sistema de armazenamento de energia elétrica. Este tipo de tecnologia existe há décadas e são inúmeras as vantagens que este tipo de sistema proporciona quando conjugado com um sistema de produção de energia através do solar fotovoltaico. [5]

Uma das vantagens ao complementar um sistema de produção fotovoltaico com um sistema de armazenamento é, a possibilidade de fazer frente à elevada intermitência da energia fotovoltaica gerada em excesso, ou seja, este processo torna possível que a energia produzida nas horas de menor procura, baixo custo de geração ou por fontes intermitentes possa ser consumida nas horas de maior procura ou de alto custo de geração, conseguindo assim tirar o melhor partido das fontes de energia intermitente, reduzindo desta forma a dependência das energias fósseis. [6]

Contudo, tal como os equipamentos de uma instalação fotovoltaica, os equipamentos utilizados em armazenamento, mais especificamente, baterias solares, apresentam um custo de aquisição elevado, a sua inclusão no sistema aumentará a complexidade na instalação do sistema exigindo mais manutenção num equipamento que poderá ter um tempo de vida útil equivalente ao sistema solar.

1.2. Objetivo

Esta dissertação tem como principal objetivo determinar qual a melhor solução de instalação fotovoltaica e seus componentes que seja a mais favorável e economicamente viável numa instalação de serviços técnicos de uma câmara municipal, suportada no seu diagrama de cargas anual.

1.3. Objeto de Estudo

Como objeto de estudo, irá efetuar-se um estudo económico sobre a viabilidade de implementação de uma instalação fotovoltaica numa instalação de serviços técnicos de uma câmara municipal, suportada no seu diagrama de cargas anual.

Foi desenvolvido um algoritmo de gestão de energia e criado um sistema de monitorização e simulação de gestão de energia para uma instalação real.

O desenvolvimento do algoritmo, permitiu efetuar um estudo energético e económico, com dados horários e com diversas variáveis, tais como: Produção de energia solar, Consumo da instalação, equipamentos selecionados, potência instalada. E permitiu definir a potência a instalar mais adequada ao consumo energético e mais economicamente viável, na situação onde não existirá armazenamento de energia.

Numa segunda fase, será estudada a viabilidade económica de aplicação de equipamentos para armazenamento de energia para a solução ótima encontrada anteriormente.

Por último será efetuado novamente, o estudo económico da melhor potência, mas desta vez a instalação terá uma alteração de comportamento no diagrama de carga, que será novamente conjugada com auxílio de equipamentos para armazenamento de energia.

1.4. Estrutura do Documento

No presente documento, é apresentada uma estrutura composta por cinco capítulos principais – Introdução, Estado de Arte, Metodologia, Caso de Estudo, e, Conclusões e desenvolvimento.

Em cada capítulo é efetuado uma pequena introdução por forma a contextualizar o leitor na temática presente nesta dissertação.

Precedente ao desenvolvimento do documento, estão presentes três índices, o índice geral, o índice de figuras, o índice de tabelas e o índice de gráficos. Seguidamente a estes, são também apresentadas, as listas de acrónimos e de símbolos.

No primeiro capítulo, Introdução, é realizado o enquadramento da temática presente nesta dissertação e as problemáticas envolventes, e qual a motivação para a execução deste trabalho, e quais os objetivos para o mesmo. Por fim é apresentada também qual a estrutura do documento escrito e qual a notação adotada no mesmo.

No segundo capítulo, Estado de Arte, será abordado o estado atual de conhecimento sobre a temática desta dissertação através de artigos científicos e documentação, revelando a sua importância para o documento realizado.

No terceiro capítulo, Metodologia, é apresentada a metodologia adotada para a realização desta dissertação. Quais as considerações tomadas, e a forma como foi efetuado o estudo económico.

Serão mostradas as equações para cálculo da produção de energia horária e a forma como o algoritmo efetua a gestão de energia no sistema com e sem armazenamento.

No quarto capítulo, intitulado Caso de Estudo, é apresentado o caso de estudo, as suas características e a sua localização geográfica. São simuladas diversas abordagens possíveis para o caso em questão, gerando várias avaliações económicas. Posteriormente, estes resultados serão analisados e comparados, dando origem às conclusões obtidas.

No quinto capítulo, Conclusões e Desenvolvimento, são apresentadas as conclusões retiradas do estudo elaborado anteriormente, e indicando possíveis desenvolvimentos futuros na forma de obtenção da solução ótima e para a instalação.

No final do documento são presentes os apêndices e os anexos referentes ao mesmo.

1.5. Notação

Neste documento a numeração das expressões matemáticas é apresentada através de “Equação.” Seguido de dois algarismos sendo que o primeiro diz respeito ao capítulo em questão e o segundo à ordem sequencial das expressões. A mesma numeração foi dada às tabelas, gráficos e figuras. Seguidamente ao índice de tabelas, índice de gráficos e ao índice de figuras é apresentada a lista de acrónimos, de símbolos e de variáveis. É também importante referir que as expressões estrangeiras estão apresentadas em formato itálico.

As referências bibliográficas estão apresentadas de acordo com a norma do *Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE*, sendo estas apresentadas através de parênteses retos []. As siglas referentes aos acrónimos encontram-se apresentadas entre parênteses curvos ().

Capítulo II

Estado da Arte

Resumo:

Neste capítulo apresenta-se o Estado da Arte onde é apresentada a pesquisa realizada em documentos e artigos científicos. É exposta a atualidade da temática da energia fotovoltaica e de tecnologias de armazenamento, bem como a sua relevância para o documento realizado.

2. Estado da Arte

2.1. Energia solar

O sol fornece energia sob a forma de radiação, sem a qual a vida na Terra não poderia existir.

Como o Sol está tão longe da Terra, apenas uma pequena proporção (cerca de dois milionésimos) da radiação solar atinge a superfície da Terra. Esta pequena quantidade de radiação corresponde a $1 \times 10^{18} kWh/ano$, sendo que apenas 0,01% desta energia seria necessária para satisfazer as necessidades energéticas da Humanidade. [7]

2.1.1. Energia solar fotovoltaica

A Energia Solar Fotovoltaica é a energia obtida através da conversão direta da radiação solar em energia.

O efeito fotovoltaico, relatado por Edmond Becquerel, em 1839, é o aparecimento de uma diferença de potencial nos extremos de uma estrutura de material semiconductor, produzida pela absorção da irradiação solar.

A célula é a unidade fundamental dum sistema fotovoltaico e encontra-se representada através da Figura 2.1:

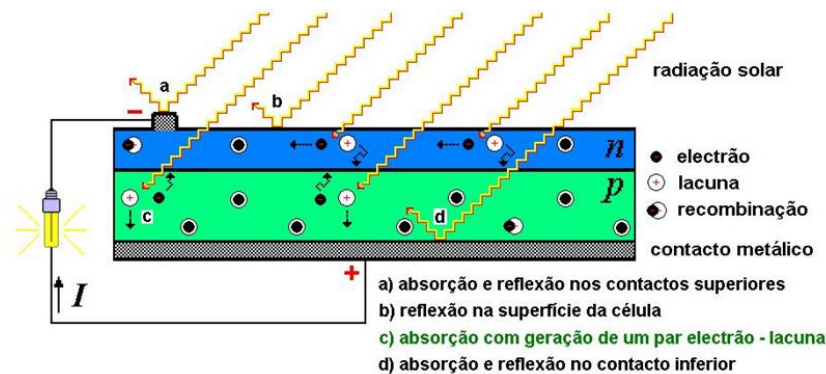


Figura 2.1 – Representação do efeito fotovoltaico numa célula fotovoltaica

A irradiação solar incidente no material semiconductor da célula gera pares electrão-lacuna em ambos os lados da junção p-n, que se movem por ação do campo elétrico da junção em sentidos contrários. [8]

As lacunas no material do tipo p movem-se para a base da célula, enquanto os elétrons no material do tipo n se movem para a superfície superior. A corrente gerada no interior do semiconductor é recolhida através de uma rede de contactos metálicos colocados no topo e base da célula fechando o circuito.

2.2. Componentes do Sistema Solar Fotovoltaico

Um sistema solar fotovoltaico é composto essencialmente por um parque solar e um inversor. O parque solar é constituído pelo agrupamento de painéis solares fotovoltaicos, e, é responsável pela produção de energia eléctrica em corrente contínua. Ao passar pelo inversor a energia eléctrica é convertida para corrente alternada, ficando assim disponível para utilização na instalação eléctrica associada.

Em termos de instalação, existem duas possibilidades associadas a este tipo de sistemas, sendo a ligação à rede o fator que as distingue. Deste modo são definidos dois tipos de sistemas solares fotovoltaicos, um modo onde não existe ligação à rede, denominando-se de “*off-grid*” ou “*stand-alone*”, e outro em que existe ligação, denominando-se de “*on-grid*”, tal como se pode observar nas Figura 2.2 e Figura 2.3, respetivamente.

Estas duas tipologias que se apresentam ainda tem a possibilidade de se subdividirem:

Os sistemas ligados à rede podem ser divididos em duas categorias, tendo por base a localização do contador:

Em sistemas de dimensão relativamente pequena, normalmente instalações em telhados, a instalação é alimentada diretamente pelo sistema sem passar pelo contador, e, a rede atua como um complemento ao consumo quando se verificar a necessidade. Este tipo de sistema define-se como “*Behind the meter*” e competem com o preço de retalho da rede eléctrica, beneficiando a sua economia.

Para sistemas de maior dimensão, classificados como “*on the utility side of the meter*” os seus proprietários vendem energia no mercado grossista de electricidade. Estes sistemas são mais propensos a utilizar sistemas de rastreio de eixo único ou duplo, com ou sem luz solar concentrada, do que sistemas de telhado que dominam sistemas “*behind the meter*”. [9]

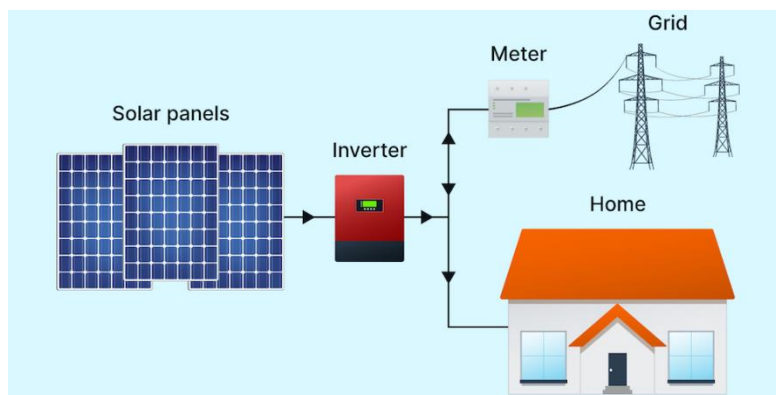


Figura 2.2 - Representação de um sistema de maior dimensão ligado à rede [8]

Os sistemas que não são ligados à rede também são divididos em duas categorias:

Uma das categorias descreve sistemas que usam tipicamente baterias para armazenamento de energia. Este tipo de sistemas abrange desde a alimentação de lanternas e carregadores de telemóvel, até ao fornecimento de energia em habitações, escolas e pequenas empresas, especialmente em economias emergentes em todo o mundo.

A outra categoria é aplicada em cargas que se encontram diretamente ligadas ao sistema solar fotovoltaico sem intermediário de equipamento eletrónico ou de armazenamento de energia. A aplicação deste tipo de sistemas é efetuada principalmente em sistemas de bombagem de água para os quais, é possível substituir a necessidade de armazenamento de energia por armazenamento de água. [9]

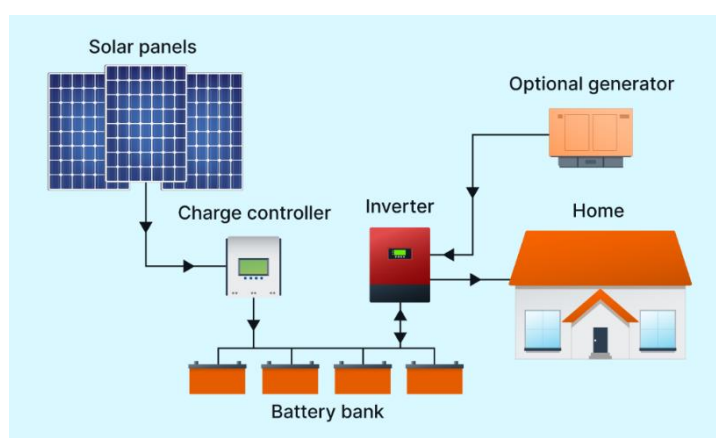


Figura 2.3 - Representação de um sistema isolado da rede com armazenamento de energia através de baterias [8]

Existe ainda uma terceira tipologia de sistema, designada como sistema solar híbrido, que resulta da combinação dos dois tipos de sistema descritos previamente. Este tipo de sistema encontra-se representado na Figura 2.4 e pode ser descrito um sistema de geração solar conectado à rede elétrica (*on-grid*) integrado com um sistema de armazenamento de energia (*sistema off-grid*). [10]

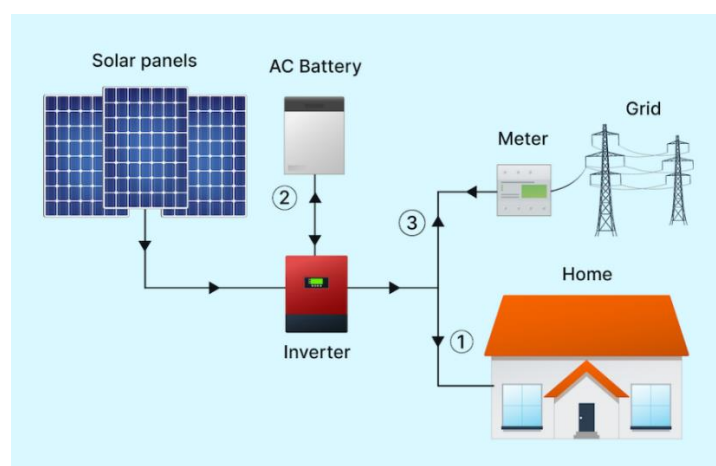


Figura 2.4 - Representação de um sistema solar fotovoltaico Híbrido [11]

2.2.1. Painéis Solares Fotovoltaicos

O painel Solar fotovoltaico é o elemento que efetua a transformação da energia solar em energia elétrica.

O agrupamento de vários módulos fotovoltaicos é denominado por painel fotovoltaico (do inglês, *array*). A Figura 2.5 mostra esquematicamente a sequência do agrupamento conducente à obtenção de um painel fotovoltaico. [12]

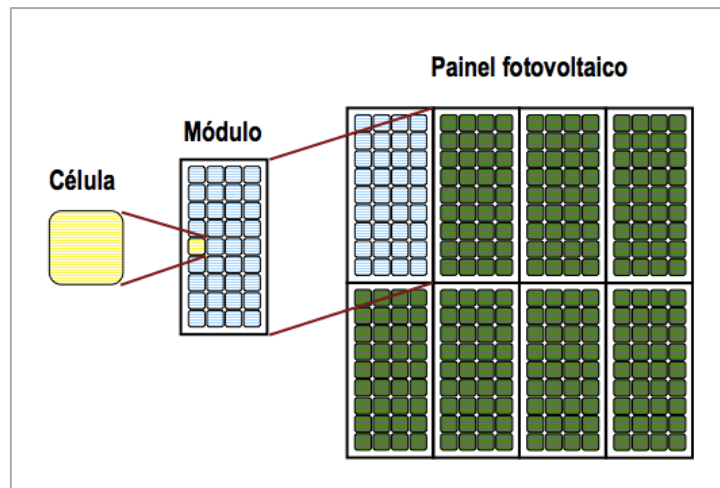


Figura 2.5 - Processo hierarquizado de agrupamento: célula → módulo → painel fotovoltaico [12]

As células fotovoltaicas, em termos de tecnologia aplicada na sua produção podem ser classificadas em três gerações: [13]

Primeira geração:

Representa mais de 85% do mercado, pois é considerada uma tecnologia consolidada e fiável e por possuir a melhor eficiência comercialmente disponível, sendo esta dividida em duas cadeias produtivas: silício monocristalino e silício policristalino – Figura 2.6.



Figura 2.6 - Módulos solares fotovoltaicos de 1ª geração [14]

Segunda geração:

É denominada por filmes finos, apresenta menos eficiência do que a primeira geração e representa uma modesta participação no mercado. Apesar de poderem ser integradas em superfícies envidraçadas existem dificuldades associadas a este tipo de tecnologia, tais como a disponibilidade de materiais, a vida útil e rendimento das células – Figura 2.7.



Figura 2.7 - Modulo fotovoltaico com tecnologia de filme fino [15]

Terceira geração:

Em relação às tecnologias de terceira geração, existem três tipos de células associadas a esta geração: células fotovoltaicas multijunção para concentradores (*CPV – Concentrated Photovoltaics*), células sensibilizadas por corante (*DSSC – Dye-Sensitized solar Cell*) e células poliméricas (*OPV – Organic Photovoltaics*) – Figura 2.8.

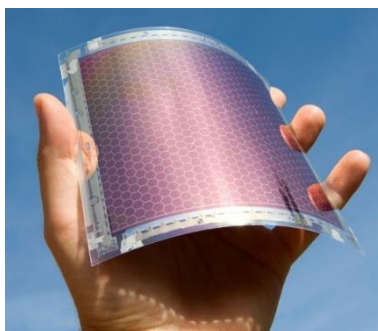


Figura 2.8 - Célula polimérica [16]

Na Figura 2.9 abaixo é possível observar a evolução da eficiência de diferentes células fotovoltaicas desde 1976. Verifica-se que houve uma tendência constante de aumento da eficiência ao longo dos anos, com picos ocasionais de melhoria significativa.

Alguns destaques incluem a primeira demonstração de uma célula solar com eficiência acima de 20% em 1989 e acima de 40% em 2020.

Em 2022 registou-se a eficiência máxima, 47,1%, sendo esta obtida através de células fotovoltaicas multijunção, com 4 junções usada para concentradores.

Best Research-Cell Efficiencies

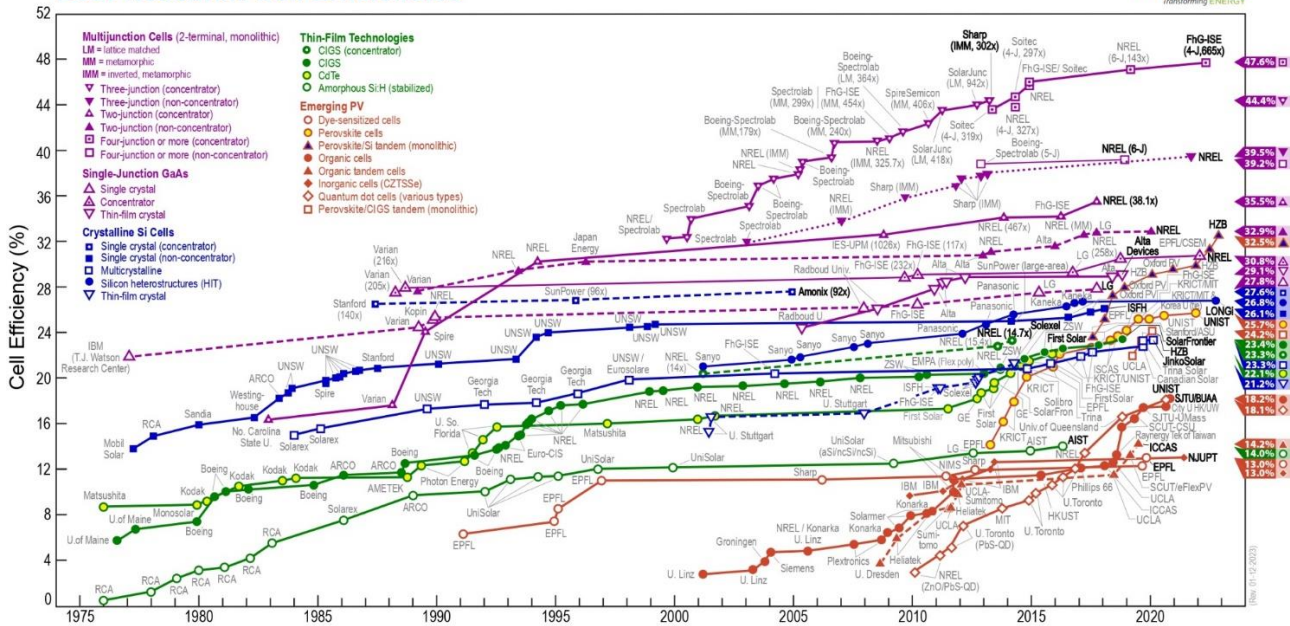


Figura 2.9 - Evolução das eficiências das células fotovoltaicas para as diversas tecnologias disponíveis [17]

2.2.1.1. Condições de Referência

Um módulo é geralmente identificado pela sua potência elétrica de pico (Wp), mas deve ser observado um conjunto de características compatíveis com a sua aplicação específica. A definição da potência de pico de um módulo fotovoltaico é feita nas condições-padrão de ensaio (*STC*, do inglês *Standard Test Conditions*), com uma irradiação standard de 1000 W/m², sob uma distribuição espectral padrão AM 1,5 e uma temperatura da célula de 25 °C.

A incidência da radiação solar e a variação da temperatura ambiente provocam uma variação da temperatura de funcionamento das células que compõem os módulos – Equação 2.1.

Para representar o efeito da temperatura nas características dos módulos utilizam-se coeficientes de temperatura que relacionam as variações da potência (entre outras), com a variação da temperatura ($\Delta T = T_{mod} - 25$): [13]

$$\gamma = \frac{\Delta P_{MP}}{\Delta T} \rightarrow P_{MP}(T_{mod}) = P_{MP}(STC)[1 + \gamma(T_{mod} - 25)] \quad \text{Equação 2.1}$$

Onde:

T_{mod} – Temperatura do módulo em graus Centígrados;

$P_{MP}(T_{mod})$ – Potência real produzida pelo módulo;

$P_{MP}(STC)$ – Potência em condições padrão produzida pelo módulo;

γ – Coeficiente de temperatura relaciona a variação de potência com a variação de temperatura.

Uma vez que as condições-padrão de ensaio (*STC*) não representam, na maioria dos casos, condições operacionais reais, as normas definem uma temperatura nominal em condições de

operação das células nos módulos, na qual as características elétricas podem aproximar-se mais das características efetivas verificadas em funcionamento.

Cada módulo tem uma temperatura nominal para as suas células, que é obtida quando o módulo é exposto em circuito aberto a uma irradiância de 800 W/m² num ambiente com uma temperatura do ar de 20°C e sofrendo a ação do vento incidindo com uma velocidade de 1 m/s. Esta temperatura também é muitas vezes encontrada nas folhas de características técnicas dos módulos, normalmente identificada pela sigla *NOCT* (*Nominal Operating Cell Temperature*), que se situa normalmente entre 40 e 50°C.

A *NOCT* está ligada às propriedades térmicas e óticas dos materiais utilizados na fabricação do módulo. A partir da *NOCT* fornecida pelo fabricante, e através da Equação 2.2 pode-se calcular a temperatura do módulo (T_{mod}) para outras condições da temperatura ambiente (T_{amb}) e irradiação S (em kW/m²): [13]

$$T_{mod} = T_{amb} + \frac{NOCT - 20}{0,8} \times S \quad \text{Equação 2.2}$$

Onde:

T_{amb} – Temperatura ambiente/ar em graus Centígrados;

NOCT – *Nominal Operating Cell Temperature*, ou temperatura nominal de funcionamento da célula;

S – Irradiação.

A *NOCT* permite assim calcular a temperatura de operação do módulo que por sua vez permite calcular as variações da potência (e de outras variáveis associadas ao módulo), com a variação da temperatura, utilizando os coeficientes de temperatura.

2.2.2. Inversores

O módulo fotovoltaico transforma energia solar em energia elétrica, porém esta é gerada em *DC*, existindo assim a necessidade de um inversor para efetuar a compatibilidade entre a produção em *DC* dos módulos e o consumo rede elétrica à qual se liga em *AC*, efetuando o ajuste da amplitude, do argumento e da frequência da tensão de saída aos valores da rede elétrica à qual se liga.

As condições de funcionamento dos painéis solares - intensidade da luz solar e temperatura do painel - flutuam ao longo do dia. Isto significa que a possível tensão e corrente do painel solar também estão sempre a mudar. [18]

Alguns inversores possuem uma outra função, designada por seguidor de potência máxima – *Maximum Power Point Tracker (MPPT)* – que permite o inversor solar agir como controlador de carga que otimiza a produção de energia do painel solar, seguindo o ponto de máxima potência

(*MPPT*) do painel. Quando a carga na saída do painel é ajustada para corresponder à tensão e corrente do *MPP*, a potência gerada é maximizada.

O *MPPT* (Maximum Power Point Tracking) não é uma parte integrante do inversor solar, mas é frequentemente incluído em sistemas de energia solar.

Em outros casos, o *MPPT* pode ser um dispositivo autónomo que é instalado entre o painel solar e o inversor.

Ao seleccionar inversores para um sistema de produção fotovoltaica, é necessário ter em consideração dois tópicos: [18]

- A tecnologia do inversor;
- O tipo de sistema que o inversor vai integrar.

2.2.2.1. Tipo de Sistema

O inversor a seleccionar terá de ser compatível com o tipo de sistema adotado.

Inversores de Rede – tem como finalidade a utilização em sistema ligados à rede eléctrica, trata-se do tipo de inversor mais comum. Este equipamento efetua a gestão bidirecional da energia, exportando a energia produzida ou consumindo da rede conforme a necessidade.

Inversores Híbridos – São equipamentos utilizados em sistemas híbridos de produção fotovoltaica, tal como referido em 2.2, este tipo de instalação funciona como um sistema ligado à rede, no entanto existe armazenamento de energia associado. Este tipo de equipamentos para além de terem o mesmo comportamento que um inversor de rede, ainda possibilitam a carga e descarga do sistema de armazenamento.

Inversor-carregador fora da rede – Os inversores carregador fora da rede ou inversores carregadores *off-grid* são os equipamentos utilizados em sistemas de produção de energia fotovoltaica que se encontrem isolados da rede eléctrica. Sendo totalmente independentes requerem armazenamento para normal funcionamento.

2.2.2.2. Tecnologia do inversor

Em relação ao tipo de tecnologias disponíveis, é possível a caracterização de três categorias:

Inversor de *string* – Como se pode observar na Figura 2.10, um inversor de *string* é uma unidade única e autónoma que converte energia de uma *string* inteira (ou *strings*) de painéis solares. Os inversores *string* são baratos e convenientes, mas tendem a ser os menos eficientes.

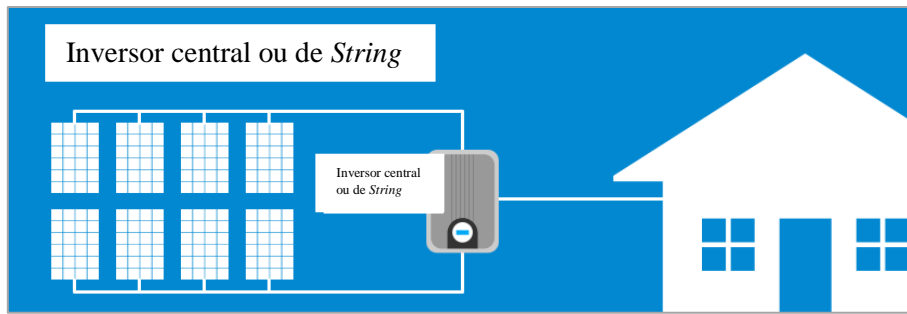


Figura 2.10 - Representação de Inversor string - Adaptado [19]

Inversor de *string* + otimizador de energia: Como se pode observar na Figura 2.11, otimizadores de energia são acoplados a cada painel individual. Executam o rastreamento *MPP* ao nível do módulo; a energia *DC* otimizada é então enviada ao inversor de *string* para conversão em energia *AC*. A combinação de inversores de *string* com otimizadores de energia aumentará o custo, mas permitirá que o sistema lide melhor com problemas como sombreamento.

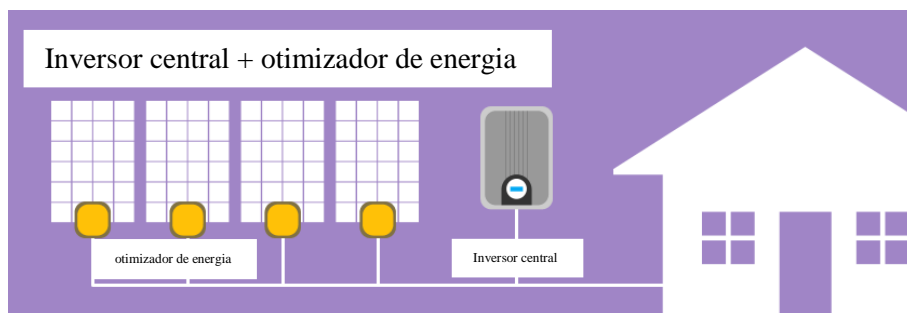


Figura 2.11 - Representação de Inversor string com otimizadores de energia - Adaptado [19]

Microinversor: Como se pode observar na Figura 2.12, os microinversores também são conectados a painéis individuais. Executam o rastreamento *MPP* e conversão de energia no próprio módulo, permitindo que cada painel produza energia *AC* utilizável. Tem boa capacidade em lidar com a sombra (como otimizadores de energia) e têm a vantagem adicional de facilitar a expansão do sistema solar. São, no entanto, o tipo mais caro de inversor.

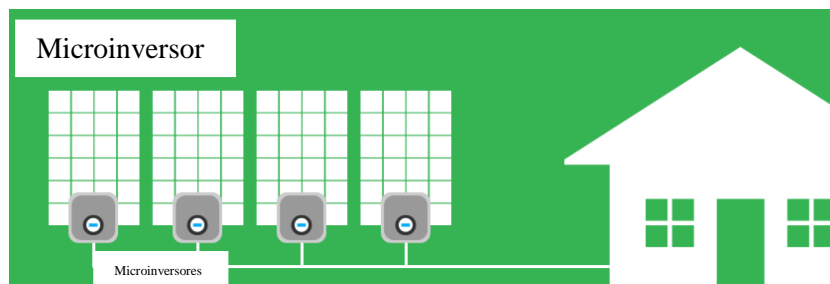


Figura 2.12 - Representação de microinversores - Adaptado [19]

2.3. Autoconsumo

A produção em autoconsumo consiste na atividade de produção destinada à satisfação de necessidades próprias de abastecimento de energia elétrica do próprio produtor, sem prejuízo do excedente de energia produzida ser injetado na rede elétrica.

É de referir que a rentabilidade de um sistema de autoconsumo não resulta tanto da venda do excedente de eletricidade produzida, mas principalmente da poupança gerada na fatura de eletricidade anual, através da redução da necessidade de aquisição de energia ao comercializador de eletricidade contratado.

Contudo, apesar da sua possível relevância, a venda do excedente de energia produzida não será tema nesta dissertação.

Existem dois métodos para melhorar o autoconsumo, um dos métodos trata-se da alteração do comportamento do consumo da instalação, também denominado como Gestão da Procura ou *Demand Side Management*, o outro método trata-se de incluir armazenamento de energia.

Estas duas técnicas podem ser combinadas ou utilizadas individualmente. Seguidamente cada método é descrito com maior detalhe.

2.3.1. Gestão da Procura

A Gestão da Procura, também conhecida como Gestão do Lado da Procura (*Demand Side Management - DSM*), envolve a implementação de estratégias e um planeamento cuidadoso para otimizar o consumo de energia num sistema de consumidores de energia. Esta mudança no comportamento de consumo de energia está a tornar-se cada vez mais importante, pois permite deslocar o uso de energia para fora dos períodos de maior consumo, resultando em poupanças de custos.

A DSM também incentiva os consumidores a reduzirem o seu consumo de energia durante os períodos de maior procura e a ajustarem a sua utilização de energia para suavizar a curva de carga.

Existem várias técnicas amplamente utilizadas para a gestão da carga e a alteração da sua forma, incluindo o deslocamento de carga (*load shifting*), a redução de picos de procura (*peak clipping*), o preenchimento de vales de procura (*valley filling*), estratégias de crescimento da carga (*load growth strategies*), medidas de conservação (*strategies conservation*) e a flexibilidade na forma da carga (*flexible load shape*)., tal como se pode verificar na Figura 2.13: [20]

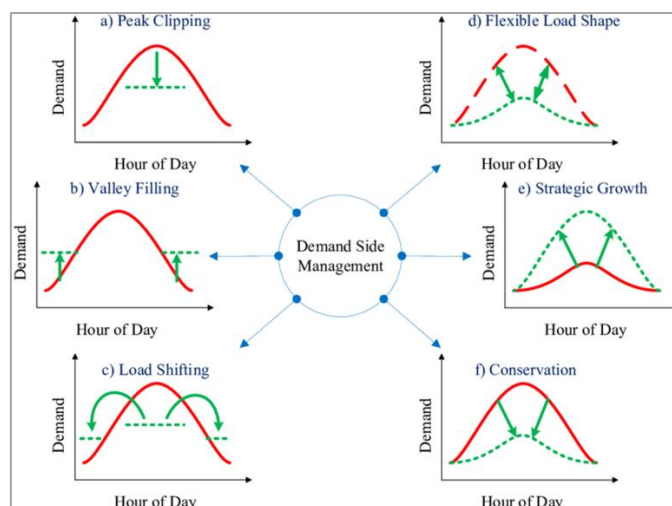


Figura 2.13 - Exemplos de estratégias de Gestão da Procura ou Demand Side Management [21]

Redução de picos de procura - Esta estratégia visa reduzir o pico máximo de consumo de energia, eliminando os picos na curva de carga. No entanto, é importante notar que este método tem um impacto limitado na redução do consumo total de energia.

Preenchimento de vales de procura - Nesta estratégia, os períodos de baixa procura são aproveitados, ou seja, os momentos em que a curva de carga está mais baixa são usados para criar novas fontes de energia fora dos períodos de pico.

Deslocamento de carga - Esta estratégia permite a transferência das cargas ou do consumo do período de pico, ou seja, dos momentos de maior procura, para os períodos de menor procura. Contribuindo assim, para uma distribuição mais uniforme da carga ao longo do tempo, suavizando a carga na rede elétrica durante os horários de maior procura, reduzindo a necessidade de construção de infraestrutura adicional para atender a esses picos.

Estratégia de Conservação - Com esta estratégia, é possível modificar a forma da curva de carga, direcionando o consumo de acordo com as preferências do utilizador e alterando o padrão normal de utilização.

Estratégia de Crescimento de Carga - Nesta estratégia, ocorre inicialmente um aumento nas vendas, seguido da opção de preencher os períodos de menor procura na curva de carga.

Forma Flexível de Carga - Nesta estratégia, os clientes podem obter vantagens específicas se permitirem que as cargas sejam ajustadas ou reduzidas de acordo com as necessidades do sistema.

No contexto de um sistema fotovoltaico numa instalação industrial ou de serviços, é relevante destacar a estratégia de Deslocamento de carga como especialmente pertinente.

Algumas maneiras de implementar o Deslocamento de carga incluem:

- **Armazenamento de Energia:** Utilização de sistemas de armazenamento de energia, como baterias, para armazenar eletricidade durante os períodos de baixa procura e descarregar durante os picos.
- **Sistemas de climatização inteligentes:** Programação de sistemas de aquecimento, ventilação e ar-condicionado para funcionar com eficiência durante os horários de menor procura.
- **Carregamento Inteligente de Veículos Elétricos:** Adoção de sistemas de carregamento de Veículos Elétricos que ajustam automaticamente o processo de carregamento para evitar sobrecarregar a rede elétrica durante os picos de procura.
- **Programas de Tarifas Dinâmicas:** Implementação de tarifas que incentivam os consumidores a usar energia durante os períodos de menor procura, oferecendo preços mais baixos nesses horários.
- **Controlo de Procura Industrial:** Empresas industriais podem programar os seus processos de produção para operarem durante horários de menor procura ou usar sistemas de armazenamento de energia para reduzir a carga durante os picos de consumo.
- **Iluminação Inteligente:** Sistemas de iluminação controlados automaticamente que ajustam o brilho com base nas condições de luz natural e na procura de energia.

Estas estratégias deslocamento de carga, ajudam a melhorar a eficiência operacional, a estabilidade da rede elétrica e a redução de custos para consumidores e fornecedores de energia. Também desempenham um papel importante na promoção da sustentabilidade energética, ajudando a otimizar o uso de recursos energéticos disponíveis. [22] [23] [24]

2.3.2. Tecnologias de armazenamento

Outro método para melhorar ao autoconsumo de uma instalação consiste no armazenamento do excedente de energia.

O armazenamento de energia consiste na conversão da energia elétrica através de uma rede de alimentação numa outra forma de energia, sendo esta depois novamente convertida em energia elétrica. Este processo torna possível que a energia produzida nas horas de menor procura, baixo custo de geração ou por fontes intermitentes possa ser consumida nas horas de maior procura ou de alto custo de geração, conseguindo assim tirar o melhor partido das fontes de energia intermitente, reduzindo desta forma a dependência das energias fósseis. [6]

Existem diversas tecnologias de armazenamento, sendo as mais importantes os reservatórios de água de bombagem, as albufeiras, os volantes de inercia, o armazenamento de energia em ar comprimido, a produção de hidrogénio, os supercondensadores, o armazenamento magnético de

energia em bobinas com enrolamentos supercondutores (*superconducting magnetic energy storage - SMES*), os reservatórios térmicos, as baterias, etc.

A Figura 2.14 mostra a gama de aplicações de diferentes tecnologias de armazenamento de energia, com base na energia armazenada e na produção de energia.

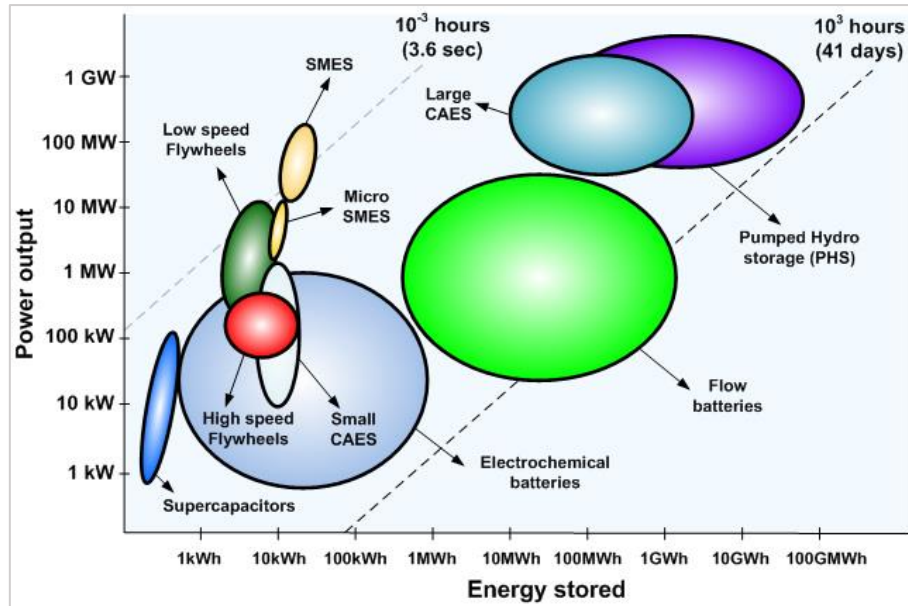


Figura 2.14 - Gama de aplicações de diferentes tecnologias de armazenamento de energia

Para serem altamente eficientes, as tecnologias de armazenamento precisam de ser adaptadas para cada tipo de aplicação: redes de média potência em áreas remotas, redes interligadas com geração distribuída, etc. Além disso, o tipo de produção de energia, por meio de recursos renováveis ou fósseis, deve ser considerado. Por isso: [25]

- Considerando aplicações permanentes de baixa potência em que o fenómeno chave é a possível autodescarga, as baterias de iões-lítio apresentam-se como a tecnologia de maior sucesso.
- Em pequenos sistemas elétricos, de até poucos kWh, localizados em áreas isoladas e baseados em recursos renováveis, a característica mais importante é a autonomia. Com base nisso, e como um compromisso entre desempenho elétrico e custo, a bateria de chumbo-ácido pode ser considerada a tecnologia mais adequada.
- Para sistemas elétricos de até algumas centenas de kWh, a bateria de chumbo-ácido ainda é a melhor, melhor do que a bateria de iões-lítio, devido ao custo. Outras tecnologias de armazenamento podem ser pequenas baterias de ar comprimido e fluxo, mas são menos eficientes ou mais caras.
- Em sistemas elétricos de muitos MWh, são necessárias tecnologias de armazenamento de alta energia, como grandes baterias de ar comprimido e de fluxo.

- Em relação às aplicações de qualidade de energia, as características mais importantes são a velocidade de descarga de energia e a capacidade de ciclagem. Nesse sentido, volantes e supercondensadores são os mais indicados.
- Finalmente, certas tecnologias devem ser consideradas para atender às necessidades de armazenamento de recursos intermitentes de energia. Neste contexto, destacam-se o bombeamento de água para sistemas de grande porte e *SMES* para sistemas de pequeno porte.

No entanto, para aplicação em sistema de produção de energia solar, o melhor tipo de armazenamento é através de baterias. [26]

As baterias podem ser classificadas através da sua tecnologia, existindo baterias de chumbo-ácido (*Lead acid*), baterias de sais fundidos de cloreto de sódio-níquel e de sódio-enxofre, baterias de níquel-cádmio (Ni-Cd), baterias de níquel-molibdênio (Ni-MH) e baterias de íões de lítio (Li-ion). Como se observa na Figura 2.15, é possível identificar a relação entre volume e densidade de energia para os diferentes tipos de bateria.

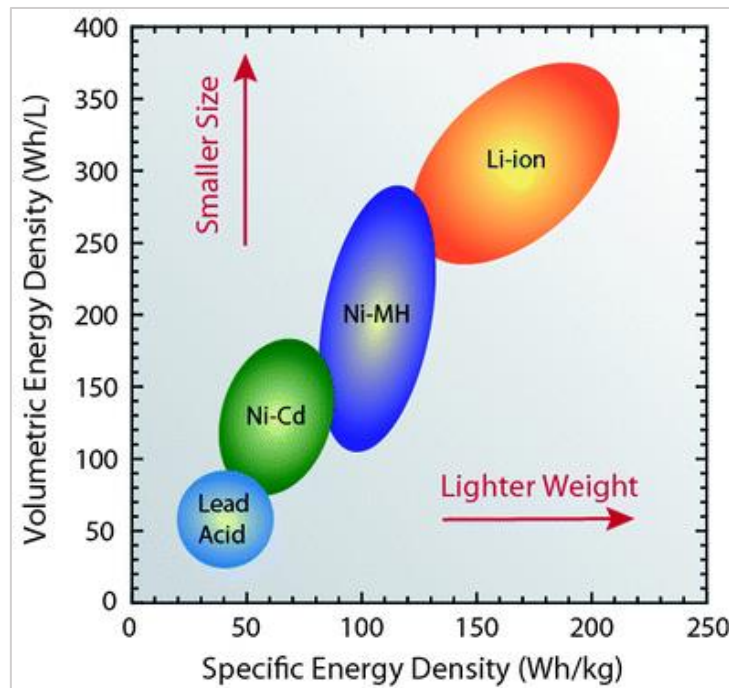


Figura 2.15 - Relação entre volume e densidade de energia para os diferentes tipos de bateria [27]

Baterias de chumbo-ácido

A tecnologia das **baterias de chumbo-ácido** é a tecnologia de armazenamento eletroquímico com a maior capacidade instalada em todo o mundo. Muitas aplicações diferentes, como baterias de arranque em veículos com motores de combustão, fontes de alimentação ininterrupta (*UPS*), empilhadores e outras aplicações de tração, são asseguradas por baterias de chumbo-ácido.

A densidade de energia de 25 a 35 Wh/kg é baixa, enquanto a eficiência energética do ciclo carga-descarga, de 80 a 90%, é razoável. As baterias de chumbo-ácido estacionárias de alta qualidade

podem atingir tempos de vida de 6 a 12 anos e 2.000 ciclos de carga-descarga, e em casos especiais, mais de 7.000 ciclos completos equivalentes. As baterias industriais têm taxas de reciclagem próximas dos 100%.

Embora as baterias de chumbo-ácido tenham uma baixa densidade de energia e vida útil limitadas, os custos dos materiais para o seu fabrico são muito baixos e, portanto, a tecnologia deverá continuar a manter uma posição dominante no mercado das baterias estacionárias nos próximos anos. [13]

Baterias de sais fundidos de cloreto de sódio-níquel (NaNiCl₂) e de sódio-enxofre (NaS)

A tecnologia das baterias de **sais fundidos de cloreto de sódio-níquel (NaNiCl₂) e de sódio enxofre (NaS)** é diferente das outras tecnologias de baterias, devido à elevada temperatura de funcionamento em torno de 300 °C

As baterias de sódio-enxofre (NaS) são a tecnologia mais promissora para sistemas estacionários de armazenamento em grande escala. O número de ciclos carga-descarga é da ordem dos 10.000 e os custos dos materiais são muito baixos.

Baterias de níquel-cádmio (NiCd)

A tecnologia das baterias de **níquel-cádmio (NiCd)** é uma tecnologia de baterias tradicional com elevada robustez mecânica e que atingem uma vida útil de vários milhares de ciclos carga-descarga completos. Além disso, têm o melhor desempenho de todas as tecnologias de baterias recarregáveis em baixas temperaturas. No entanto, as baterias de níquel-cádmio são significativamente mais caras e têm uma menor eficiência em comparação com as baterias de chumbo-ácido. Acresce que, o cádmio tóxico contido nas baterias é um grande obstáculo para a sua penetração no mercado das baterias estacionárias.

Baterias de níquel-molibdénio (NiMH)

As baterias de **níquel-molibdénio (NiMH)** foram desenvolvidas para substituir o cádmio tóxico. A tecnologia de níquel-molibdénio resultante tem uma densidade de energia melhor e melhor eficiência energética.

Devido ao elevado número de ciclos de carga-descarga que suportam e ao comportamento com temperaturas baixas esta tecnologia lidera as aplicações em veículos elétricos híbridos, devido às exigências resultantes das constantes descargas para auxiliar os motores de combustão em aceleração e das cargas resultantes das travagens regenerativas. No entanto, os custos dos materiais utilizados são altos e seriam necessárias reduções significativas nos custos para aplicações como baterias estacionárias em grande escala.

Baterias de íões de lítio

As baterias de íões de lítio têm a densidade de energia mais alta (mais de 200 Wh/kg) de todas as tecnologias de baterias recarregáveis e também apresentam eficiências muito altas de 90 a 95%, podendo também atingir densidades de potência muito elevadas.

Além dos mercados de equipamentos portáteis e de ferramentas elétricas, a mobilidade elétrica é atualmente o principal impulsionador do desenvolvimento das tecnologias de baterias de íões de lítio. As melhorias na tecnologia das células e os efeitos de economia de escala causados pelo mercado da mobilidade elétrica também estão a apoiar a penetração das baterias de íões de lítio em aplicações estacionárias. Um foco especial está atualmente na dupla utilização das baterias dos veículos elétricos, para a mobilidade e para o suporte da rede elétrica, reutilizando as baterias dos veículos elétricos como baterias estacionárias, após terem perdido parte da sua eficiência. [13]

2.4. Energias Renováveis

O mundo enfrenta dois problemas energéticos: a maior parte da nossa produção de energia continua a produzir emissões de gases com efeito de estufa e centenas de milhões de pessoas não têm acesso à energia. [28]

As energias renováveis são o presente e, ao mesmo tempo, o previsível futuro da produção mundial de eletricidade. O termo "renovável" incorpora a essência desse tipo de energia: a capacidade de estar disponível na natureza e de se regenerar continuamente, sem intervenção humana, espontaneamente e numa quantidade inesgotável. [29]

2.4.1. Em Portugal

Durante várias décadas Portugal tem apresentado uma dependência energética entre 70% e 93%, consequência da inexistência de produção nacional de fontes de energia fósseis, como o petróleo ou gás natural, que têm um peso muito significativo no consumo total de energia primária.

Como se observa na Figura 2.16, em 2020, Portugal atingiu um valor de dependência energética historicamente baixo, situando-se em 65,8%. A redução de 8,4 p.p. em 2020 face a 2019, teve três contributos significativos: [30]

- A quebra do consumo final de energia em 7,4% devido ao impacto da pandemia COVID-19 na economia e comportamentos sociais;
- A inexistência de importação de carvão para produção de eletricidade;
- E o aumento da produção doméstica de energia a partir de fontes renováveis (+2,6% face a 2019). [30]

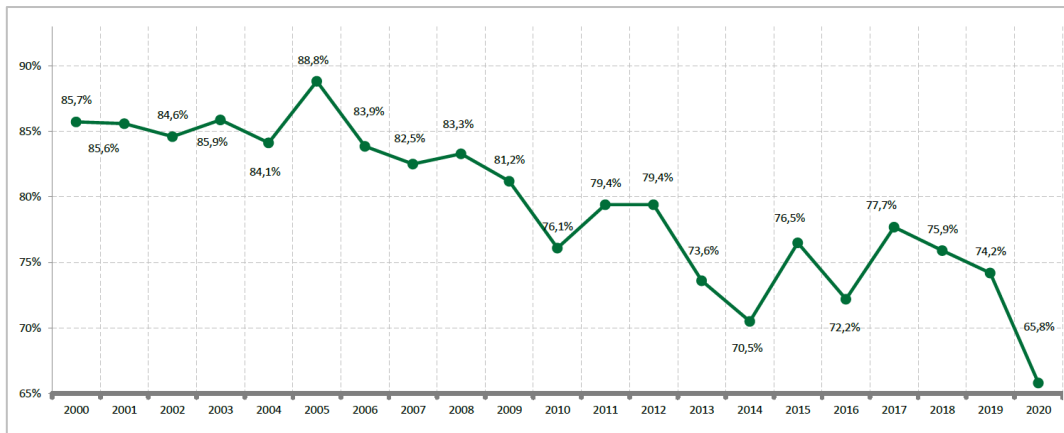


Figura 2.16 - Evolução da dependência energética de Portugal [30]

Desde 2000 que a capacidade de produção de energia elétrica a partir de fontes renováveis tem vindo a aumentar, como se verifica na Figura 2.17. Verifica-se também que desde 2011 a potência instalada associada a produção de energia com origem em combustíveis fósseis tem vindo a reduzir, sendo que em 2021 verifica-se uma redução acentuada devida à desativação das centrais a carvão de Sines e do Pego. [31]

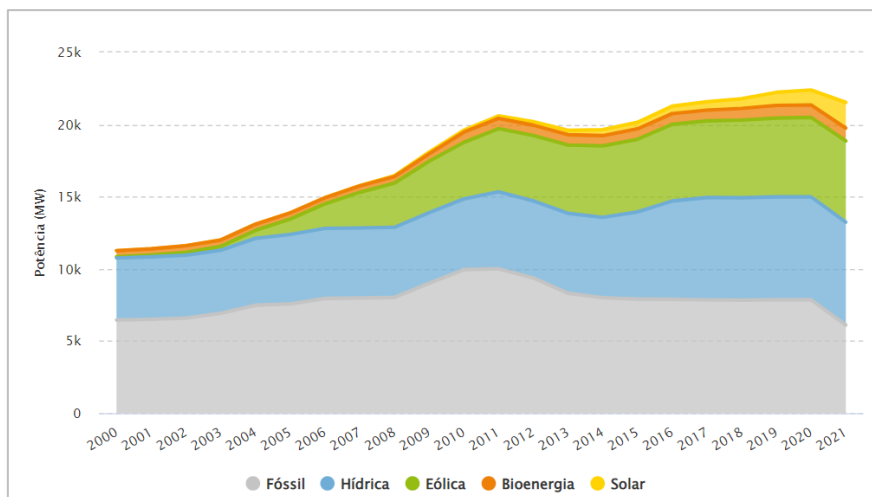


Figura 2.17 - Evolução da potência instalada nas diversas fontes de energia em Portugal desde 2000 até 2021 [31]

Em 2021 a produção renovável nacional abasteceu 59% do consumo. A principal fonte renovável foi a eólica que, com um índice de produtividade de 1,01, abasteceu 26% do consumo, enquanto a hidroelétrica, com um índice de produtividade de 0,93, abasteceu 23% do consumo. Nas restantes fontes renováveis a biomassa abasteceu cerca de 7% do consumo e as fotovoltaicas 3,5%. Nas não-renováveis o gás natural, incluindo ciclo combinado e cogeração, abasteceu 29% do consumo e o carvão, já relativamente residual, abasteceu 1,4%. [32]

Comparando a dependência energética entre os países da UE-27, através da Figura 2.18, verificou-se que em 2020 Portugal foi o 11º país com a maior dependência energética, cerca de

7,8 p.p. acima da média da UE-27. O comparativo da dependência energética nos vários países da EU exclui as utilizações não energéticas. [30]

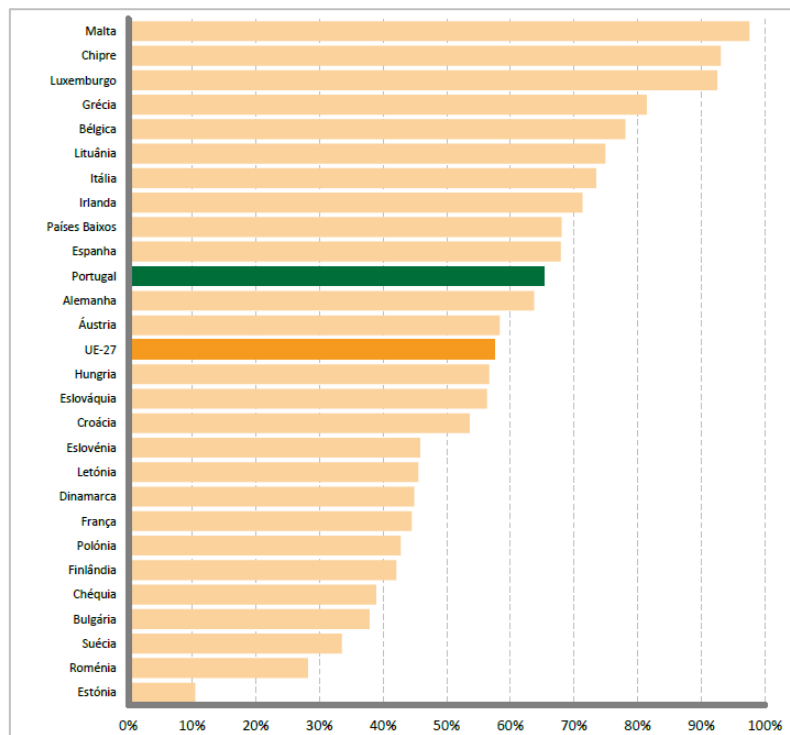


Figura 2.18 - Dependência energética na UE-27 em 2020 [30]

2.4.2. Energia Solar

Portugal mostra-se no panorama europeu como um dos mercados mais promissores para o desenvolvimento da energia solar fotovoltaica, tanto pela localização geográfica privilegiada em termos de irradiação solar – Figura 2.19 – como recurso renovável, como pela visão estratégica de desenvolvimento do setor renovável incluída no Plano Nacional de Energia e Clima para 2030 [33](PNEC 2030).

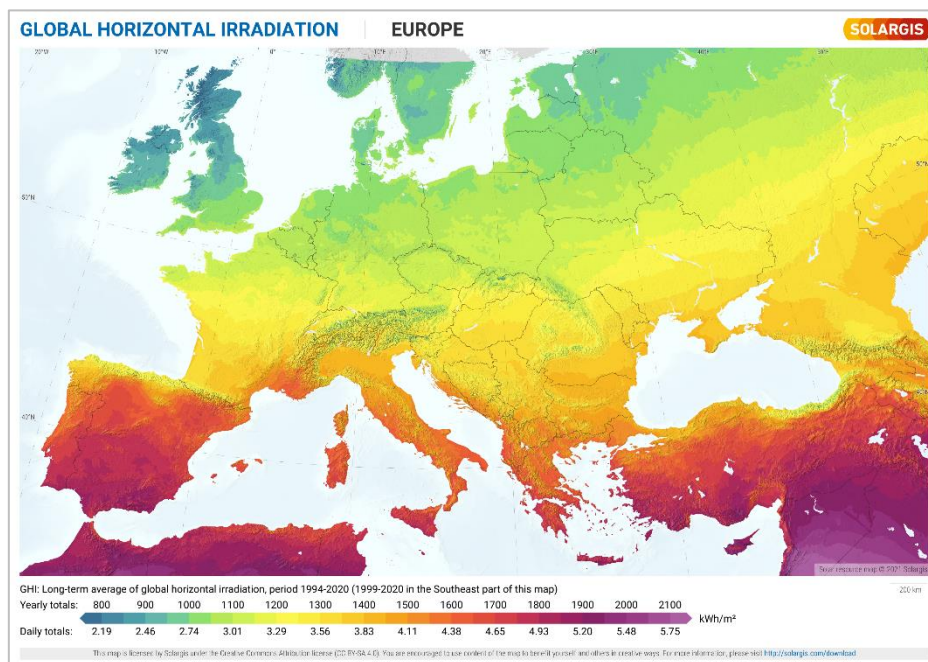


Figura 2.19 - Mapa de radiação horizontal na Europa [34]

O Gráfico 2.1 permite acompanhar a evolução da potência instalada em Portugal em produção renovável fotovoltaica, notando um crescimento significativo e tendência constante de aumento.

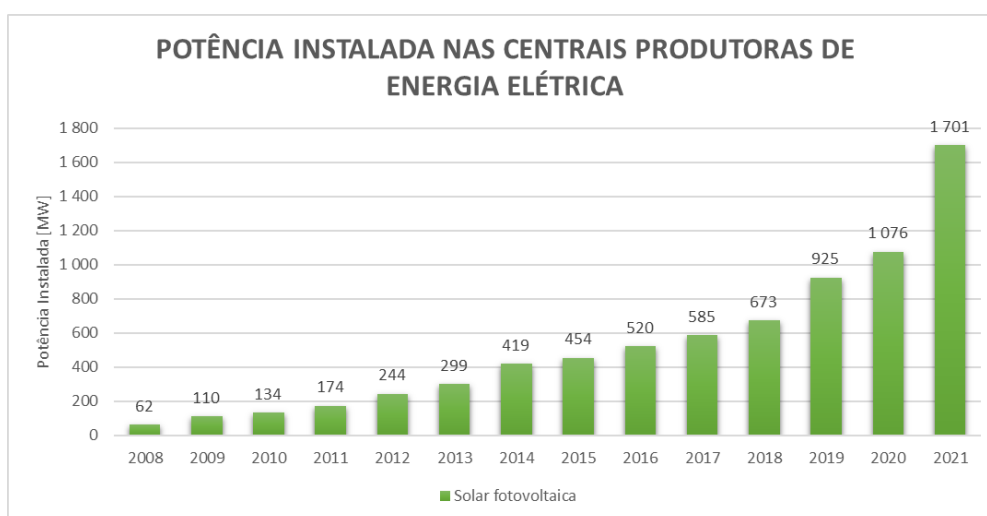


Gráfico 2.1 - Evolução da Potência Instalada em Solar fotovoltaica entre 2008 e 2021 – Adaptado de [35]

2.5. Avaliação de Projetos

2.5.1. Avaliação técnica

A avaliação técnica desempenha um papel fundamental na análise da eficiência, confiabilidade e desempenho geral de instalações de geração de energia solar. Com o crescente interesse neste tipo de tecnologia, a avaliação técnica tornou-se essencial para garantir que os sistemas fotovoltaicos alcancem o potencial máximo de produção de energia de forma sustentável.

2.5.1.1. Fator de carga

Trata-se de um indicador de desempenho dos sistemas de geração de energia elétrica, e define a relação entre a energia produzida e a capacidade de produção instalada.

O fator de carga é calculado através da Equação 2.3:

$$FC = \frac{E_t}{P \times t} = \frac{\text{Energia}_{\text{produzida anual}}}{\text{Potência}_{\text{instalada}} \times 8760} \quad \text{Equação 2.3}$$

Onde:

- E_t – Energia produzida no espaço temporal de um ano;
- P – Potência instalada do sistema;
- t – Número de horas de um ano comum – 8760 horas.

2.5.1.2. Indicadores de Autoconsumo e de Autossuficiência

Dois dos indicadores que permitem avaliar a eficiência da instalação trata-se do índice de autoconsumo e do índice de autossuficiência. O autoconsumo trata-se da percentagem de energia produzida que é efetivamente utilizada para consumo, tal como definido em Equação 2.4:

$$I_{\text{Autoconsumo}} = \frac{E_{\text{produzida total}} - E_{\text{desperdiçada}}}{E_{\text{produzida total}}} = \frac{E_{\text{produzida aproveitada}}}{E_{\text{produzida total}}} \quad \text{Equação 2.4}$$

Relativamente à autossuficiência, trata-se do grau de independência da rede pública e obtém-se através de (Equação 2.5):

$$I_{\text{Autossuficiência}} = \frac{E_{\text{produzida aproveitada}}}{E_{\text{total consumida}}} \quad \text{Equação 2.5}$$

Para ambos os indicadores, é utilizada a $E_{\text{produzida aproveitada}}$, que se trata da energia realmente aproveitada no sistema de produção. Esta energia aproveitada, trata-se da diferença entre a energia total produzida pela instalação e a energia não aproveitada para consumo ou, quando disponível, para armazenamento.

Ambos os indicadores devem ser o mais elevados possível, querendo dizer que se tem um sistema com poucas exportações e ineficiências (se $I_{Autoconsumo}$ for elevado) ou um sistema com um elevado grau de autonomia face à RESP, com poucas importações e uma fatura de eletricidade de menor valor (se $I_{Autossuficiência}$ for elevado). [36]

2.5.2. Avaliação Económica

Os sistemas energéticos de energia renovável são geralmente caracterizados por investimentos de capital intensivo, baixos custos de operação e manutenção e custos nulos de combustível.

A análise da viabilidade financeira de um projeto de investimento obriga a levar em conta o valor do dinheiro ao longo do tempo. [13]

Existem diversas formas de avaliar a viabilidade económica de projetos de investimento em eficiência energética e em geração de energia descentralizada.

Os que serão estudados neste caso o Valor Atual Líquido (VAL), a Taxa Interna de Rentabilidade (TIR) e o Período de Recuperação do Capital Investido (*Payback Period*)

2.5.2.1. Fluxo de Caixa (Cash-flow)

O cash-flow representa o saldo entre as entradas e as saídas de capital de uma empresa, durante um determinado período.

2.5.2.2. Função Valor Atualizado

Um investimento em eficiência energética ou em produção descentralizada de energia trará benefícios financeiros, ano após ano.

Para encontrar o valor atual de fluxo de caixa (*cash-flow*) anual, para *nanos* no futuro, com uma taxa de atualização i , é conveniente introduzir um fator de conversão designado por *função valor atualizado* (*present value function – PVF*) dada pela Equação 2.6:

$$PVF(n, i) = \frac{(1 + i)^n - 1}{i(1 + i)^n} \quad \text{Equação 2.6}$$

Em que:

n – Tempo de investimento;

i – Taxa de atualização.

2.5.2.3. Valor Atual Líquido

O método do Valor Atual Líquido baseia-se na comparação entre dois investimentos através do seu VAL. Quanto maior o VAL maior será a rentabilidade do investimento.

O valor atual líquido é a soma de todos os cash-flows durante o período de vida útil do projeto, atualizada para o presente, e é dado por (Equação 2.7) e (Equação 2.8):

$$VAL = \sum_{p=1}^n \frac{CF_p}{(1+i)^p} - I_0 = \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} CF_p - I_0 \quad \text{Equação 2.7}$$

Ou seja:

$$VAL = PVF(n, i) \times CF_p - I_0 \quad \text{Equação 2.8}$$

Em que:

n – Tempo de investimento;

p – Ano de investimento;

i – Taxa de atualização;

CF_p – cash-flows de exploração para cada ano p no valor constante CF_p ;

I_0 – Investimento inicial do projeto.

Com este valor é possível avaliar se o projeto é rentável, ou seja, caso VAL seja superior a zero então o projeto é rentável.

2.5.2.4. Retorno do Investimento

O método do Retorno do Investimento (ROI) fornece um índice de rentabilidade (índice benefício/custo), isto é, a rentabilidade efetiva por unidade de capital investido. Como tal o seu cálculo é efetuado pela razão entre os cash-flows atualizados (Equação 2.6 e Equação 2.8) e o valor do investimento de acordo com a equação (Equação 2.9).

$$ROI = \frac{\sum_{p=1}^n \frac{CF_p}{(1+i)^p}}{I_0} = \frac{PVF(n, i) \times CF_p}{I_0} \quad \text{Equação 2.9}$$

Quanto maior for este índice melhor será a rentabilidade efetiva por unidade de capital investido.

2.5.2.5. Período de Recuperação do Capital Investido

O método do Período de Recuperação do Capital Investido (“*Payback Period*”) fornece o número de anos necessário para recuperar o investimento efetuado.

$$PP = \frac{I_0}{\frac{\sum_{p=1}^n \frac{CF_p}{(1+i)^p}}{n}} \quad \text{Equação 2.10}$$

Através de (Equação 2.10) é possível simplificar o modo como se obtém o *Payback Period*:

$$PP = \frac{n \times I_0}{PVF(n, i) \times CF_p} = \frac{n}{ROI} \quad \text{Equação 2.11}$$

Este é um critério de avaliação de projetos que permite visualizar quantos anos é necessário até o projeto começar a gerar lucro, recuperando assim o capital investido. [3]

2.5.2.6. Taxa Interna de Rentabilidade

A TIR pode ser interpretada como a taxa de juro máxima a que um investidor pode contrair um empréstimo sem perder dinheiro. Visto de outra forma, serve para avaliar se a rentabilidade do projeto é a que convém a um investidor com capitais próprios, ou seja, se a taxa de remuneração do capital investido é aceitável para o investidor.

A Taxa Interna de Rentabilidade (TIR) representa o valor da taxa de atualização - i para a qual o VAL é nulo, tal como se pode verificar na Figura 2.20 e na Equação 2.12.

$$VAL = \sum_{p=1}^n \frac{CF_p}{(1+i)^p} - I_0 \leftrightarrow VAL = \sum_{p=1}^n \frac{CF_p}{(1+TIR)^p} - I_0 = 0 \quad \text{Equação 2.12}$$

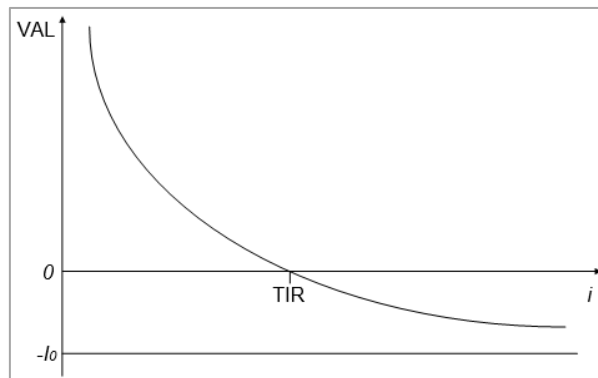


Figura 2.20 - Representação gráfica da Taxa Interna de Rentabilidade [13]

2.5.2.7. Comparação entre o VAL e a TIR

A informação fornecida pelos dois métodos descritos é complementar. A TIR permite eliminar projetos que se situem abaixo de um nível mínimo estabelecido pela taxa de atualização. O VAL com uma determinada taxa de atualização, permite a comparação entre dois projetos que tenham TIR iguais.

Capítulo III

Metodologia

Resumo:

Neste capítulo apresenta-se a metodologia adotada nesta dissertação e todas as considerações necessárias à adoção da metodologia descrita. Ou seja, é indicada a forma como é efetuado o tratamento de dados: Radiação e Consumo energético, a forma como o algoritmo foi construído, quais as suas variáveis de simulação.

Seguidamente é indicada a forma como foi realizada a avaliação económica de cada simulação efetuada e as considerações adotadas.

3. Metodologia

De forma a auxiliar e facilitar a concretização do objetivo desta dissertação foi criada uma ferramenta de apoio através do *software* Microsoft Office Excel. Com a criação deste documento, promoveu-se a facilidade no tratamento de informação relativa à radiação, na seleção e verificação do sistema fotovoltaico, na aplicação do algoritmo de gestão de energia, na avaliação económica de cada solução e na criação de relatórios individuais por cada solução encontrada.

3.1. Informação

3.1.1. Fontes de dados/informação

Permite a gestão de energia decorrente do consumo da instalação e da produção de energia a partir do parque fotovoltaico dimensionado com ou sem a presença de um sistema de armazenamento, considerando o consumo e produção horária num espaço temporal de 1 ano.

Como fontes de dados para que seja possível correr o algoritmo, introduziram-se as seguintes:

- Radiação de acordo com as coordenadas *GPS* do local.
- Consumos de energia em quartis horários;

A informação recolhida encontra-se em anexo – Anexo I e Anexo II.

3.1.2. Tratamento de dados/informação

i) Dados de consumo

Os dados de consumo são fornecidos em intervalos de quartis horários, como tal, como indicado no apêndice I efetuou-se o seu processamento por forma a converter esta informação em intervalos horários.

i) Dados de radiação

Os dados provenientes do *PVGIS* contém informação relativa à insolação horária do local selecionado, a orientação do Sol, a temperatura do ar e a velocidade do vento.

Os dados recolhidos encontram-se no período coincidente com os dados de consumo.

3.2. Desenvolvimento do Software de apoio

Tal como referido anteriormente, foi desenvolvido uma ferramenta de apoio através do *software* Microsoft Office Excel. Esta ferramenta de apoio efetua o controlo da energia produzida, da variação da energia armazenada, e do desperdício de energia. É possível também dimensionar a instalação de produção fotovoltaica, sendo que o documento apresenta um separador onde é possível selecionar módulos fotovoltaicos, inversores e baterias por forma a construir uma solução. Apresenta também um separador onde é feito um resumo da solução selecionada e onde é feito o dimensionamento e verificação da instalação. O livro de cálculo criado é ordenado da seguinte forma:

- 1 – Introdução
- 2 – Dados de Radiação
- 3 – Dados de Consumo
- 4 – Seleção de Equipamentos
- 5 – Cálculo da Instalação
- 6 – Algoritmo
- 7 – Avaliação do investimento
- 8 – Balanço Final

3.2.1. 1 – Introdução

Efetua uma introdução geral do livro de cálculo, e nas possibilidades deste. É possível ler um curto resumo de cada folha do livro, e fornece também algumas dicas para a utilização destas.

3.2.2. 2 – Dados de Radiação

Permite a introdução dos dados de radiação obtidos através do *PVGIS*, tal como referido na alínea ii) do ponto 3.1.2. Como é possível observar na Figura 3.1, a folha efetua a preparação dos dados.

2. Dados de Radiação e Temperatura					
Colar aqui dados					
time	Gb(j)	H_sun	T2m	WS10m	Int
20180101	0,0	0,0	11,69	2,62	0,0
20180101	0,0	0,0	10,67	2,21	0,0
20180101	0,0	0,0	10,58	1,31	0,0
20180101	0,0	0,0	11,81	0,34	0,0
20180101	0,0	0,0	11,98	1,1	0,0
20180101	0,0	0,0	11,87	1,31	0,0
20180101	0,0	0,0	9,54	1,86	0,0
20180101	0,0	0,0	9,98	2,48	0,0
20180101	0,0	0,0	10,43	2,62	0,0

Introduzir os seguintes dados no Algoritmo:	
Radiação global [W/m ²]	Temperatura do ar [°C]
Gb(j)	T2m
0,00	11,69
0,00	10,67
0,00	10,58
0,00	11,81
0,00	11,98
0,00	11,87
0,00	9,54
0,00	9,98
0,00	10,43

Figura 3.1 - Folha de Cálculo “2 – Dados de Radiação”, onde é possível inserção de dados de radiação

3.2.3. 3 – Dados de Consumo

Permite a introdução dos dados de consumo da instalação, e a sua transformação caso esta informação seja fornecida fora do formato horário, tal como referido na alínea i) do ponto 3.1.2.

Analogamente à inserção de dados de radiação, a folha de cálculo “Dados de Consumo” permite preparar os dados para que estes sejam compatíveis com o algoritmo, tal como se pode observar na Figura 3.2.

Data Hora	Potência Ativa [kW]
2018/03/01 00:15	39
2018/03/01 00:30	40
2018/03/01 00:45	43
2018/03/01 01:00	43
2018/03/01 01:15	39

Data Hora	Energia [kWh]
2018/03/01 00:15	41,25
2018/03/01 01:15	39,25
2018/03/01 02:15	40,25
2018/03/01 03:15	41,25
2018/03/01 04:15	40,75
2018/03/01 05:15	40,25
2018/03/01 06:15	45,75
2018/03/01 07:15	65,75

Figura 3.2 - Folha de Cálculo “2 – Dados de Consumo”, onde é possível inserção de dados de consumo

3.2.4. 4 – Seleção de Equipamentos

O dimensionamento do sistema começa pela seleção dos equipamentos e, esta folha de cálculo fornece a possibilidade ao utilizador de selecionar os equipamentos desejados na instalação - Inversores, Painéis Fotovoltaicos, e, no caso de a instalação necessitar de armazenamento, são fornecidas algumas possibilidades de armazenamento através de baterias. Com a Figura 3.3 é possível apresentar o início da folha, que permite a apresentação resumida dos resultados obtidos, após a seleção dos equipamentos.

No que diz respeito aos inversores, estabeleceu-se que a potência destes poderia variar de 80% a 120% da potência instalada nos módulos, e que o número máximo de equipamentos poderia variar de dois a quatro, inclusivamente.

Considerou-se também associado aos equipamentos de produção de energia solar (painéis solares fotovoltaicos e inversores), tal como se pode observar na Figura 3.3 um custo de instalação de 5% sobre o custo total do conjunto.

4. Seleção equipamentos

4.1 Resumo da solução

VAL [€]	Armazenamento [kWh]	Indisponibilidade da bateria [%]	Autosuficiência [%]	Autoconsumo [%]	Desperdício [%]	ROI	Payback Period [anos]	TIR [%]
3 260	30,8	69%	48,1%	70,3%	29,7%	1,03	19,51	0,36%

4.2 Seleção de Potência do Parque

Solução	Insira a Potência Desejada para o Parque [kWp]
1	150

Acrescentar Solução
Voltar a Início

4.3 Opções de simulação

Preço das baterias - Redução [%]	Tipo de dados de consumo	Inclinação dos Módulos	Custos de instalação [%]
0%	Real	0°	5

Guardar

Figura 3.3 - Folha de cálculo - " 4 – Seleção de Equipamentos" - resumo da solução

No documento de apoio é possível a seleção de diversos equipamentos, é possível a seleção de painéis de variadas potências, e também existirão inversores de rede de diversas potências. No caso de existência de armazenamento, serão disponibilizados equipamentos inversores adequados.

Por cada categoria de equipamento foi efetuada uma classificação através de gamas de potência, e ainda, foi criada uma coluna de apoio, como se pode observar nas Figura 3.4, Figura 3.5 e Figura 3.6 com um auxiliar de seleção – preço por potência e eficiência dos equipamentos.

- Relativamente aos inversores, inicialmente para soluções sem armazenamento foram considerados inversores de rede e na hipótese de existir armazenamento existirão soluções de inversores híbridos.

4.4 Seleção Inversor														
Gama	Seleção	Marca	Modelo	Preço [€]	Apoio [€/kWh]	Rated AC Active Power [kW]	Max. Input Voltage [V]	Max. Current per MPPT [A]	Number of MPP trackers	Max. number of inputs	Eficiência [%]	Rated AC Active Power [W]	Nominal AC voltage [V]	Max. output current [A]
[20 e 50[	Sim	Huawei	SUN2000-40KTL-M3	4337,29	108,43	40	1100	26	4	2	0,98	40000	400	63,8
[100 e 500[[50 e 100[	Não	Huawei	SUN2000-36KTL-M3	4114,23	114,28	36	1100	26	4	2	0,98	36000	400	58
[20 e 50[[10 e 20[	Não	Huawei	SUN2000-30KTL-M3	3616,63	120,55	30	1100	26	4	2	0,98	30000	400	47,9
[5 e 10[[0 e 5[	Não	Huawei	SUN2000-20KTL-M2	3132,38	156,62	20	1080	22	2	2	0,98	20000	400	33,5
	Não	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Figura 3.4 - Folha de cálculo - " 4 – Seleção de Equipamentos" - 4.4 Seleção de Inversores

- Relativamente aos módulos fotovoltaicos adotaram-se soluções com equipamentos de primeira geração - silício monocristalino e silício policristalino. Os equipamentos serão instalados com eixo fixo. A seleção deste tipo de equipamentos deve-se à sua ampla disponibilidade no mercado, confiabilidade e eficiência comprovada.

4.5 Seleção Painel Solar																					
Gama	Seleção	Marca	Preço [€]	Apoio [€/Wp]	Pmax [Wp]	Voc [V]	Isc [A]	Vmpp [V]	Imppp [A]	Eficiência [%]	Área [m²]	Dados NOTC/NMOT					Coeficiente de temperatura				
												Pmax [Wp]	Voc [V]	Isc [A]	Vmpp [V]	Imppp [A]	NMOT [°C]	Δ NMOT [%]	Voc [%/°C]	Isc [%/°C]	Pmax [%/°C]
[450 e 475]	Não	Q-Cells	276,01	0,600	460	53,25	10,70	44,89	10,25	20,60	2,23	344,5	50,22	8,62	42,64	8,08	43,0	+3%	-0,270	0,040	-0,350
[500 e 1000]	Sim	Longi	228,78	0,497	460	49,70	11,73	41,90	10,98	21,20	2,17	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	45,0	±2%	-0,270	0,048	-0,350
[475 e 500]	Não	Luxor	249,94	0,549	455	50,03	11,44	42,02	10,83	21,23	2,17	337,3	46,22	9,24	38,83	8,69	45,0	±2%	-0,285	0,049	-0,360
[450 e 475]	Não	Luxor	249,94	0,543	460	50,38	11,49	42,32	10,88	21,46	2,17	341,7	46,56	9,28	39,11	8,74	45,0	±2%	-0,285	0,049	-0,360
[425 e 450]	Não	Luxor	249,94	0,555	450	49,68	11,39	41,73	10,79	21,00	2,17	333,2	45,89	9,2	38,56	8,64	45,0	±2%	-0,285	0,049	-0,360
[400 e 425]	Não	Q-Cells	276,01	0,607	455	53,22	10,67	44,61	10,20	20,40	2,23	340,7	50,18	8,6	42,41	8,03	43,0	+3%	-0,270	0,040	-0,350
[375 e 400]	Não	Longi	228,78	0,508	450	49,30	11,60	41,50	10,85	20,70	2,17	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	45,0	±2%	-0,270	0,048	-0,350
[350 e 375]	Não	Recom	255,84	0,550	465	49,40	12,03	40,90	11,37	20,70	2,24	350,0	47,10	9,69	39,00	8,98	42,3	±2%	-0,270	0,040	-0,340
[0 e 350]	Não	JA	253,30	0,557	455	49,85	11,41	41,82	10,88	20,40	2,23	344,0	47,15	9,29	39,44	8,72	45,0	±2%	-0,272	0,044	-0,350
	Não	Recom	255,84	0,544	470	49,40	12,07	40,90	11,49	20,90	2,24	354,0	47,10	9,72	39,00	9,08	42,3	±2%	-0,270	0,040	-0,340
	Não	Recom	255,84	0,556	460	49,30	11,90	40,70	11,30	20,50	2,24	346,0	46,90	9,66	38,90	8,92	43,2	+3%	-0,270	0,040	-0,340

Figura 3.5 - Folha de cálculo - "4 – Seleção de Equipamentos" - 4.5 Seleção de Módulos Fotovoltaicos

- O tipo de bateria utilizada neste sistema é a bateria de íões de lítio. Sendo que a folha de cálculo permite ainda variar a quantidade de módulos de armazenamento dentro da seleção efetuada, caso seja possível.

4.6 Seleção Bateria																
Instalação com armazenamento?		Sim		Paralelo de baterias:		✓		Quantidade		2		Máximo		64		
Gama	Seleção	Marca	Modelo	Preço [€]	Apoio [€/kWh]	Capacidade [kWh]	Usable energy [kWh]	Observações	Paralelo	Máximo de paralelo	Tecnologia	nº de módulos	Profundidade de descarga (DOD) [%]	tensão nominal [V]	Eficiência do carregamento	
[15;20]	Não	LG	RESU16H	9 255,58	578,47	16,00	16,00	Até dois equipamentos em paralelo	Sim	2	Individual	-	100	350/450	90	
até 5 kWh [5;10]	Sim	BYD	LVL 15.4	9 322,17	605,34	15,40	15,36	Possibilidade de efetuar paralelo de até 64 unidades	Sim	64	Modular	2	100	51,2	95	
[10;15]	Não	BYD	LVS 16.0	10 941,96	683,87	16,00	16,00	Possível empilhamento até 4 módulos, é possível paralelo até 64 unidades	Sim	64	Modular	4	100	51,2	95	
[15;20]	Não	BYD	HVM 19.3	13 775,39	713,75	19,30	19,32	Nº de módulos mínimo:3, Nº de módulos máximo:8, é possível o paralelo de até 3	Sim	3	Modular	7	100	358	96	
[20;25]	Não	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

Figura 3.6 - Folha de cálculo - "4 – Seleção de Equipamentos" - 4.6 Seleção de Baterias

• Preço do sistema

O preço do sistema solar irá basear-se no preço dos equipamentos selecionados e na quantidade de cada um. O preço tem origem em <https://www.solarshop.pt/> com os preços atualizados a 17/09/2022.

A primeira avaliação feita aos dados terá sido ao seu valor de custo por unidade de capacidade, para os painéis solares terá sido o rácio €/Wp, para os inversores terá sido €/kW e para as baterias de lítio terá sido €/kWh.

Como segunda avaliação às possibilidades de seleção de equipamentos para a instalação, considerou-se os equipamentos com melhor eficiência.

Como base para efetuar a seleção efetuou-se uma comparação de custos e de eficiências de equipamentos entre diferentes fabricantes, como se pode observar do Gráfico 3.1 ao Gráfico 3.5.

Relativamente aos módulos fotovoltaicos, através do Gráfico 3.1, é possível identificar os equipamentos com menor custo por potência de pico, respetivos à marca Longi, mais detalhadamente, com uma potência de pico de 460 Wp.

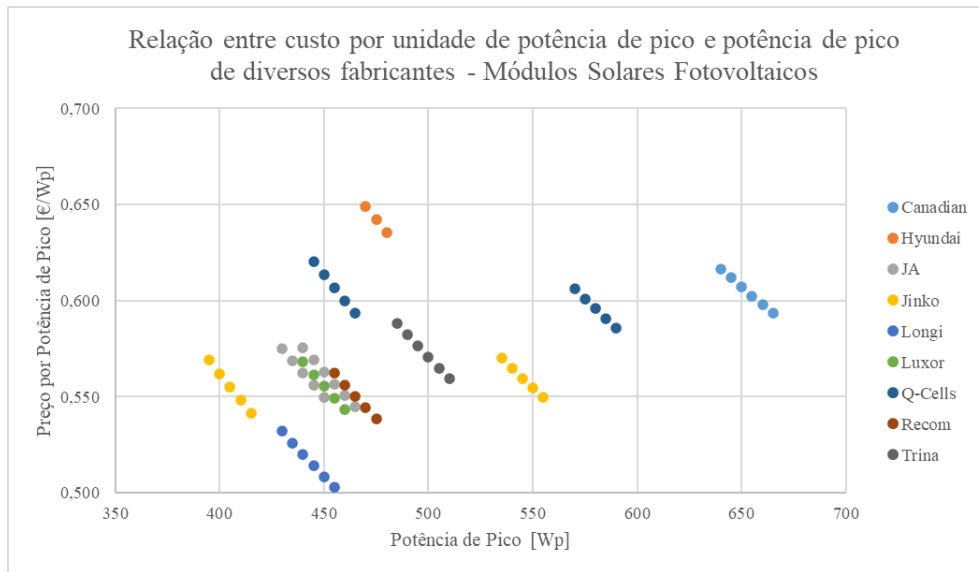


Gráfico 3.1 - Relação entre custo por unidade de potência de pico e potência de pico de diversos fabricantes - Módulos Solares Fotovoltaicos

Em relação ao custo dos inversores de rede e híbridos, pode-se observar que a relação entre o custo por unidade de potência destes equipamentos, apresenta uma relação semelhante ao comportamento de uma função logarítmica. Quanto maior a capacidade destes equipamentos, menor será o seu custo por unidade de capacidade, como se pode observar no Gráfico 3.2.

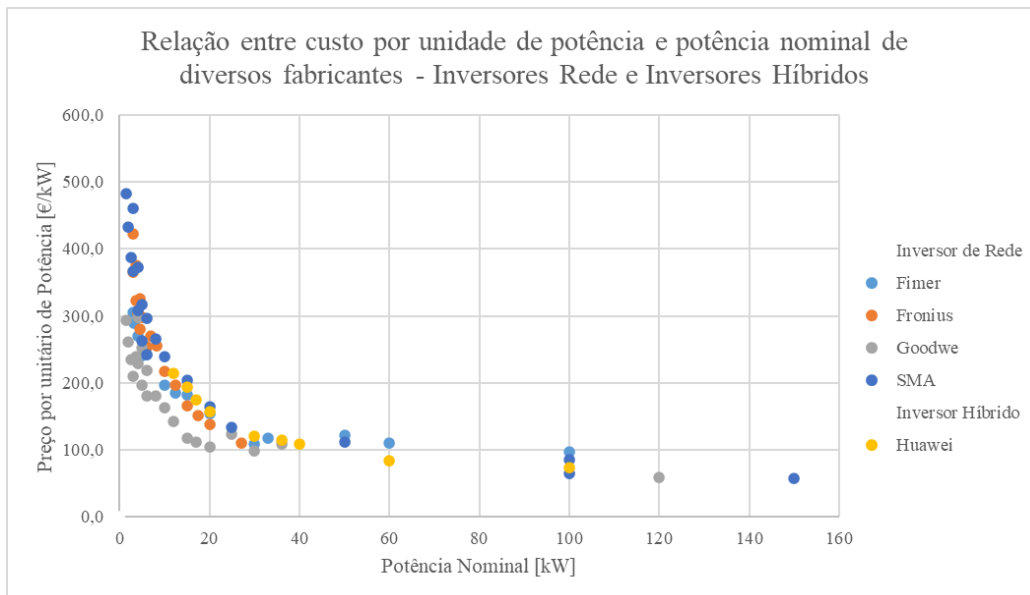


Gráfico 3.2 - Relação entre custo por unidade de potência e potência nominal de diversos fabricantes - Inversores de Rede e Inversores Híbridos

No que toca ao custo dos equipamentos de armazenamento, não existe grande variação do custo em função da capacidade de armazenamento, contudo verifica-se o custo elevado por cada unidade de energia armazenada, tal como se pode verificar no Gráfico 3.3.

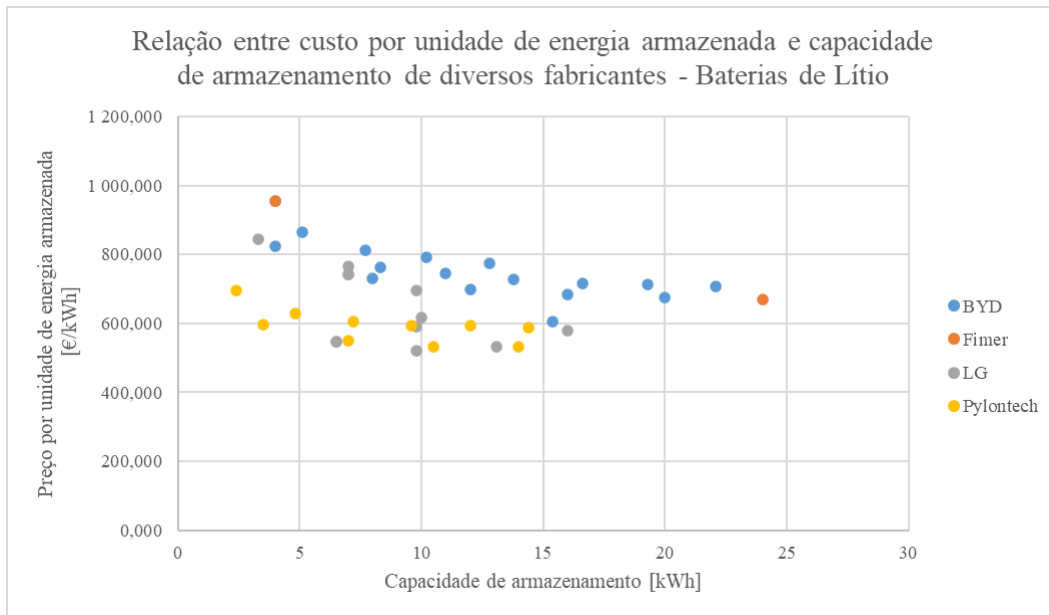


Gráfico 3.3 - Relação entre custo por unidade de energia armazenada e capacidade de armazenamento de diversos fabricantes - Baterias de Lítio

Em termos de melhor eficiência, são apresentadas os Gráfico 3.4 e Gráfico 3.5, onde se encontram representadas as eficiências dos diversos equipamentos, módulos fotovoltaicos e inversores de rede e híbridos respetivamente.

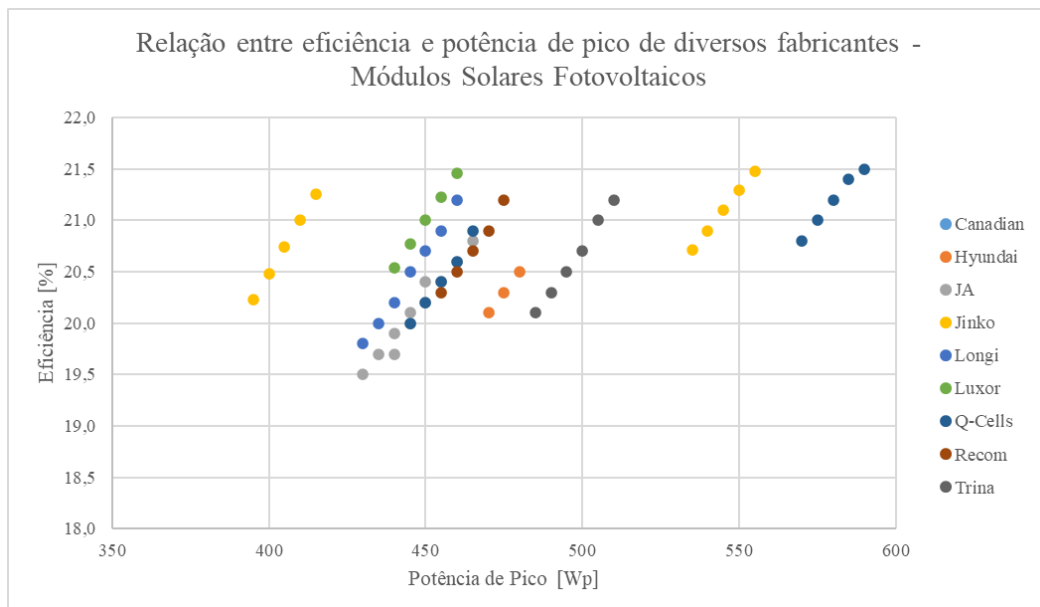


Gráfico 3.4 - Relação entre eficiência e potência de pico em módulos fotovoltaicos de diversos fabricantes

Em relação aos Inversores, detalha-se que a variação de eficiência nestes equipamentos também ronda os 2 a 3%, tal como se verifica no Gráfico 3.5.

Através do Gráfico 3.4, verifica-se que os equipamentos, apesar de diferentes potências de pico, apresentam eficiências semelhantes, com variações entre 19,50% e 21,50%, como equipamento mais eficiente dentro da seleção efetuada, tem-se o módulo fotovoltaico da marca *Q-Cells*, com 590 Wp e eficiência de 21,50%.

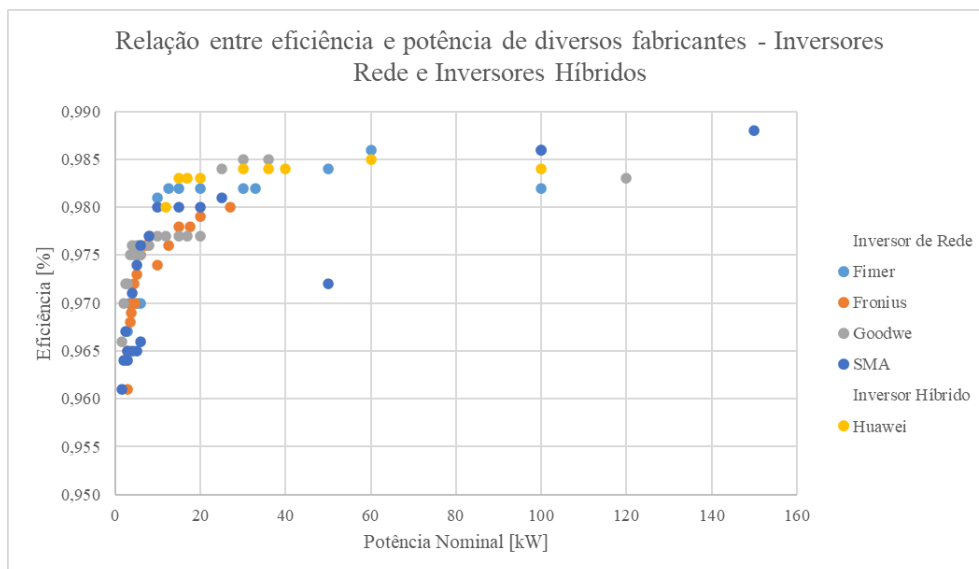


Gráfico 3.5 - Relação entre eficiência e potência de inversores de rede e inversores híbridos de diversos fabricantes

Resumidamente, em relação aos Módulos fotovoltaicos selecionados, a Tabela 3.1 resume as opções tomadas:

Tabela 3.1 - Tabela resumo de módulos fotovoltaicos selecionados para o estudo

Marca	Potência [Wp]	Custo [€/Wp]	Eficiência [%]	Tipo
Longi	460	0,497	21,20	Modelo com menor custo
Q-Cells	590	0,586	21,50	Modelo de maior eficiência

Em relação aos inversores e sistema de armazenamento, optou-se por utilizar variados equipamentos adequados ao valor de potência a instalar do sistema.

3.2.5. 5 – Cálculo da Instalação

Após a seleção dos equipamentos, é possível, para além de efetuar a verificação dos equipamentos selecionados, a seleção da melhor solução, que neste estudo, consiste na solução de menor custo.

O início da folha consiste num resumo geral dos equipamentos selecionados e considerações adotadas tal como apresentado na Figura 3.7.

5.Cálculo instalação																						
5.1 Informação geral da Solução																						
Potência do Parque [kWp]	Tipo de dados de consumo	Inclinação dos Módulos	Custos de instalação [%]	VAL [€]																		
150	Real	0°	5	3 259,97																		
5.2 Equipamentos Selecionados																						
Inversor de Rede	Potência AC [kW]	Catálogo	Marca	Modelo	Preço [€]	Tensão Máxima de entrada [V]	Corrente Máxima MPPT [A]	Quantidade de MPP trackers	Número máximo de entradas	Eficiência [%]	Potência Ativa Máxima [W]	Tensão Nominal AC [V]	Corrente Máxima de Saida [A]	Coeficiente de temperatura								
	40	IR_9	Huawei	2000-40KT	4337,29	1100	26	4	2	0,984	40000	400	63,8	Voc [%/°C]	Isc [%/°C]	Pmax [%/°C]						
														-0,27	0,048	-0,35						
Panel fotovoltaico	Potência [Wp]	Catálogo	Marca	Modelo	Preço [€]	Pmax [Wp]	Voc [V]	Isc [A]	Vmpp [V]	Impp [A]	Eficiência [%]	Área [m²]	Pmax [Wp]	Voc [V]	Isc [A]	Vmpp [V]	Impp [A]	NMOT [°C]	Δ NMOT [%]	Voc [%/°C]	Isc [%/°C]	Pmax [%/°C]
	460	2	Longi	0	228,78	460	49,7	11,73	41,9	10,88	21,2	2,17	-	-	-	-	-	-	-	-0,27	0,048	-0,35
Instalação com armazenamento?		Sim																				
Baterias	Catálogo	Marca	Modelo	Preço [€]	Capacidade [kWh]	Usable energy [kWh]	Observações	Paralelo	Máximo de paralelo	Tecnologia	nº de módulos	Profundidade de descarga (DOD)	Tensão nominal [V]	Eficiência do carregamento								
	BAT_LIT_1	BYD	LVL 15.4	9322,2	15,4	15,36	Possibilidade de efetuar paralelo de até 64 unidades	Sim	64	Modular	2	100	51,2	95								
Paralelo de baterias:		<input checked="" type="checkbox"/>																				
Quantidade		2																				

Figura 3.7 - Folha de Cálculo “5 – Cálculo da Instalação” - resumo geral dos equipamentos selecionados e considerações adotadas

Seguidamente é efetuada uma verificação do sistema, que consiste no ponto 5.3 que é explicado em maior detalhe no Apêndice I.

Após feita a verificação, é selecionada a solução viável de menor custo e avaliado se esta cumpre os requisitos determinados pelos equipamentos, tal como o total de strings permitidas por inversor, tal como se pode observar na Figura 3.8.

5.4 Seleção da Instalação final									
Quantidade de painéis na instalação [un]	Quantidade de inversores [un]	Quantidade de baterias [un]	Preço Painéis [€]	Preço inversores [€]	Preço das baterias [€]	Custo de instalação [%]	Total [€]	Solução final	
-	-	-	249,94	3898,49	-	5,00	-	Não	
-	-	-	-	-	-	-	-	Não	
416	4,0	2	95 172,48	17 349,16	18 644,34	5 626,08	136 792,06	Não	
400	4,0	2	91 512,00	17 349,16	18 644,34	5 443,06	132 948,56	Não	
384	4,0	2	87 851,52	17 349,16	18 644,34	5 260,03	129 105,05	Sim	
5.5 Verificação da Solução									
Máximo de corrente por string [A]	Corrente estimada por string I Str. (A)	Quantidade de rastreadores MPP trackers	Max. number of inputs	Total de strings permitidas no equipamento	Quantas strings previstas por inversor	Max. output current [A]	I Inv. (A)	Cumpre requisitos?	
-	-	-	-	-	-	-	-	não	
-	-	-	-	-	-	-	-	não	
-	-	-	-	-	-	-	-	não	
-	-	-	-	-	-	-	-	não	
26	11,71	4	2	8	4,0	63,8	46,8	ok	

Figura 3.8 - Folha de Cálculo “5 – Cálculo da Instalação” - Seleção e verificação da solução ótima

3.2.6. 6 – Algoritmo

O presente algoritmo efetua o controlo da energia produzida, da variação da energia armazenada, e do desperdício de energia.

É de referir que o controlo será feito de forma horária. E que a variável denominada “desperdício” refere-se a energia que não será utilizada pela instalação nem armazenada pelo sistema de armazenamento quando possível. Apesar de não ser objeto de estudo neste trabalho, a energia “desperdiçada” encontra-se relacionada com energia que apresenta a possibilidade de ser vendida para a rede.

A gestão de energia no sistema tem por base a seguinte consideração:

- A utilização de energia produzida é instantânea, ou seja, mesmo com armazenamento de energia, não é tido em conta o período horário de produção de energia e o seu custo associado;
- Por forma a dar início ao algoritmo assumiu-se que, na situação onde haja uma solução de armazenamento, para a primeira hora $Q(h - 1) = Q_{min}$, ou seja, inicializa-se o sistema como se a bateria estivesse descarregada;
- Quando não existir armazenamento no sistema, todas as variáveis associadas ao armazenamento permanecerão com um valor nulo;
- A poupança estimada no sistema está relacionada com a energia não consumida através da rede, sendo que o custo de cada unidade de energia consumida nos diferentes períodos horários terá por base uma fatura de energia do consumidor;
- Assumiu-se que o tempo de vida útil dos equipamentos de armazenamento de energia será o mesmo tempo de vida útil para os equipamentos de produção de energia fotovoltaica.
- O fator de depreciação dos painéis não será considerado, ou seja, a produção de energia não sofrerá redução ao longo do tempo de vida útil.

O algoritmo tem presente a informação da instalação do parque fotovoltaico e de seus equipamentos, tal como:

- Q_{min} – Valor mínimo admissível de armazenamento;
- Q_{max} – Valor máximo admissível de armazenamento;
- Dados dos módulos fotovoltaicos – Quantidade, Potência de pico e o coeficiente de temperatura;
- Dados dos inversores – rendimento do equipamento.

O algoritmo de gestão de energia, no campo de armazenamento de energia irá ter em consideração as seguintes variáveis:

- Capacidade da Bateria em kWh;
- Profundidade de Descarga em percentagem/energia utilizável.

Após o tratamento de dados de consumo e de produção, dá-se início aos cálculos presentes no algoritmo. Tal como referido, são recolhidos os dados de maior relevância e enunciados no início da folha de cálculo tal como se pode observar na Figura 3.9.

6.Algoritmo de Gestão					
6.1 Resumo de informação relevante dos equipamentos para aplicação no algoritmo					
Módulos fotovoltaicos		Inversor		Armazenamento?	Parque
Eficiência [%]	0,212	Eficiência [%]	0,984	Sim	Pinst = 176,64 kWp
Coef. Temp. potência [%/°C]	-0,35	Potência [kW]	40		Inclinação dos Módulos
NOTC [°C]	45				0°
Pmp(stc) [W]	460				
Nº de Módulos	384				
		Bateria			
		Capacidade [kWh]	30,80		
		Usable energy [kWh]	30,72		
		Qo =	0,08 kWh		
		Qmax =	30,80 kWh		
		%desc =	- %		
		Qmin =	0,08 kWh		

Figura 3.9 - Folha de Cálculo "6 – Algoritmo de Gestão" - Resumo da informação relevante proveniente das folhas anteriores

A primeira parte do algoritmo consiste na determinação da produção de energia de cada módulo de acordo com a radiação e temperatura. Por forma a auxiliar o algoritmo de gestão, é necessário fornecer informação sobre a produção horária de energia.

A Figura 3.10 apresenta os dados utilizados para a determinação da produção de energia por módulo.

6.2 Cálculo Produção Real dos Módulos Fotovoltaicos						
	P _{máx} [W/m ²]	T _{máx} [°C]				
	1028,01	37,73				
	Dados PVGIS		Por módulo			
Data Hora	Radiação global [W/m ²]	Temperatura do ar [°C]	Radiação média total [kW/m ²]	P _{MP(STC)} [W]	Temperatura módulo [°C]	P _{MP(T_{mod})} [W]
2018/03/01 00:15	0	13,58	0,00	0,00	-	-
2018/03/01 01:15	0	13,44	0,00	0,00	-	-
2018/03/01 02:15	0	13,40	0,00	0,00	-	-
2018/03/01 03:15	0	13,30	0,00	0,00	-	-
2018/03/01 04:15	0	13,01	0,00	0,00	-	-
2018/03/01 05:15	0	12,95	0,00	0,00	-	-
2018/03/01 06:15	0	12,99	0,00	0,00	-	-
2018/03/01 07:15	0	13,06	0,00	0,00	-	-
2018/03/01 08:15	22	12,97	0,02	10,12	13,66	10,52
2018/03/01 09:15	124	13,10	0,12	57,04	16,98	58,64
2018/03/01 10:15	149	13,74	0,15	68,54	18,40	70,12
2018/03/01 11:15	589,01	13,87	0,59	270,94	32,28	264,04
2018/03/01 12:15	225	13,73	0,23	103,50	20,76	105,04
2018/03/01 13:15	672,01	13,82	0,67	309,12	34,82	298,50
2018/03/01 14:15	518,01	13,59	0,52	238,28	29,78	234,30
2018/03/01 15:15	545,01	13,27	0,55	250,70	30,30	246,05
2018/03/01 16:15	294	13,14	0,29	135,24	22,33	136,51
2018/03/01 17:15	145	12,55	0,15	66,70	17,08	68,55
2018/03/01 18:15	9	12,43	0,01	4,14	12,71	4,32
2018/03/01 19:15	0	12,02	0,00	0,00	-	-
2018/03/01 20:15	0	11,73	0,00	0,00	-	-
2018/03/01 21:15	0	11,63	0,00	0,00	-	-
2018/03/01 22:15	0	11,70	0,00	0,00	-	-
2018/03/01 23:15	0	11,77	0,00	0,00	-	-

Figura 3.10 - Folha de Cálculo "6 – Algoritmo de Gestão" - Determinação da Produção individual de energia por módulo através dos dados do PVGIS

Esta informação é obtida, por meio da seleção de equipamentos, e cálculos baseados na informação horária de radiação e de temperatura do ar, utilizando a Equação 3.1:

$$E_{Produzida AC} = E_{Produzida DC} \cdot \eta_{Inv} \quad \text{Equação 3.1}$$

Onde:

- $E_{Produzida AC}$ – Energia útil produzida convertida em AC;
- $E_{Produzida DC}$ – Energia produzida em DC pelo conjunto de painéis solares fotovoltaicos;
- η_{Inv} – Rendimento do inversor selecionado.

Após verificada a solução adotada, cujo método de verificação se encontra em anexo, é determinada a energia produzida em AC através da produção individual de cada módulo.

O primeiro passo consistiu no cálculo da temperatura real do Módulo Fotovoltaico selecionado, adaptou-se, utilizando a equação 3.2, de forma a demonstrar que este cálculo será realizado hora a hora no algoritmo.

$$T_{mod}(h) = T_{amb}(h) + \frac{NOTC - 20}{0.8} \cdot S(h) \quad \text{Equação 3.2}$$

Considerando a temperatura real do módulo, foi possível representar o efeito da temperatura nas características do módulo através da equação 3.3, e assim determinar qual a produção real de um módulo:

$$P_{MP}(T_{mod}(h)) = P_{MP}(STC) \cdot (1 + \alpha[T_{mod}(h) - 25]) \quad \text{Equação 3.3}$$

Conhecendo a produção individual de cada módulo pode-se assim determinar a produção horária total do parque, através da equação 3.4:

$$E_{Produzida\ DC}(h) = P_{MP}(T_{mod}(h)) \cdot n_{mod} \quad \text{Equação 3.4}$$

E finalmente, conhecendo o rendimento do(s) inversor(es) selecionado(s) é possível, através da equação 3.1, obter a equação 3.5, determinando a energia produzida em AC para cada hora com:

$$E_{Produzida\ AC}(h) = E_{Produzida\ DC}(h) \cdot \eta_{Inversor} \quad \text{Equação 3.5}$$

Após determinada a produção real dos módulos, no que toca à gestão de energia, o algoritmo irá considerar as seguintes variáveis:

- a) Energia Consumida – $E_C(h)$;
- b) Energia produzida – $E_P(h)$;
- c) Excedente de energia – $E_{Exc}(h)$;
- d) Défice de energia – $E_{Def}(h)$;
- e) Capacidade mínima de armazenamento – $Q_{mín}$;
- f) Capacidade máxima de armazenamento – $Q_{máx}$;
- g) Descarga da bateria – $D_{BAT}(h)$;
- h) Carga da bateria – $C_{BAT}(h)$;
- i) Estado da bateria – $Q_{BAT}(h-1)$;
- j) Desperdício de Energia – $E_{desp}(h)$;
- k) Energia comprada – $E_{Comp}(h)$.

Seguidamente cada variável irá ser caracterizada em maior detalhe, e é possível observar na Figura 3.11 a forma como se apresentam no algoritmo.

6.3 Algoritmo de Gestão

Balanzo de Energia [kWh]										
Hora	Consumo	Produção total DC	Produção total AC	Défice energia	Excedente de energia	Energia Comprada	Estado Bateria	Descarga da Bateria	Carga da Bateria	Desperdicio
0	41,25	0,00	0,00	41,25	0,00	41,25	0,08	0,00	0,00	0,00
1	39,25	0,00	0,00	39,25	0,00	39,25	0,08	0,00	0,00	0,00
2	40,25	0,00	0,00	40,25	0,00	40,25	0,08	0,00	0,00	0,00
3	41,25	0,00	0,00	41,25	0,00	41,25	0,08	0,00	0,00	0,00
4	40,75	0,00	0,00	40,75	0,00	40,75	0,08	0,00	0,00	0,00
5	40,25	0,00	0,00	40,25	0,00	40,25	0,08	0,00	0,00	0,00
6	45,75	0,00	0,00	45,75	0,00	45,75	0,08	0,00	0,00	0,00
7	65,75	0,00	0,00	65,75	0,00	65,75	0,08	0,00	0,00	0,00
8	110,50	4,04	3,98	106,52	0,00	106,52	0,08	0,00	0,00	0,00
9	111,50	22,52	22,16	89,34	0,00	89,34	0,08	0,00	0,00	0,00
10	100,75	26,93	26,50	74,25	0,00	74,25	0,08	0,00	0,00	0,00
11	106,75	101,39	99,77	6,98	0,00	6,98	0,08	0,00	0,00	0,00
12	90,00	40,33	39,69	50,31	0,00	50,31	0,08	0,00	0,00	0,00
13	92,25	114,62	112,79	0,00	20,54	0,00	20,62	0,00	20,54	0,00
14	86,75	89,97	88,53	0,00	1,78	0,00	22,40	0,00	1,78	0,00
15	77,75	94,48	92,97	0,00	15,22	0,00	30,80	0,00	8,40	0,00
16	64,25	52,42	51,58	12,67	0,00	0,00	18,13	12,67	0,00	0,00
17	53,75	26,32	25,90	27,85	0,00	9,80	0,08	18,05	0,00	0,00
18	44,00	1,66	1,63	42,37	0,00	42,37	0,08	0,00	0,00	0,00
19	42,50	0,00	0,00	42,50	0,00	42,50	0,08	0,00	0,00	0,00
20	41,00	0,00	0,00	41,00	0,00	41,00	0,08	0,00	0,00	0,00
21	41,75	0,00	0,00	41,75	0,00	41,75	0,08	0,00	0,00	0,00
22	41,50	0,00	0,00	41,50	0,00	41,50	0,08	0,00	0,00	0,00
23	38,75	0,00	0,00	38,75	0,00	38,75	0,08	0,00	0,00	0,00

Figura 3.11 - Folha de Cálculo "Algoritmo de Gestão" - Variáveis do Algoritmo de Gestão de Energia

O primeiro passo a efetuar é determinar se, de acordo com o consumo e produção de uma determinada hora h , existe défice ou excedente de energia.

Em apêndice encontra-se um diagrama de fluxo representativo do algoritmo – Apêndice III.

Défice e excedente de Energia

Trata-se da classificação da energia, através da diferença entre a produção $E_P(h)$ e o consumo $E_C(h)$. Para o algoritmo definiram-se as variáveis como $E_{Def}(h)$ para a variável défice de energia e $E_{Exc}(h)$ para excedente de Energia, para o instante horário, h .

Na situação em que a energia produzida é superior à energia consumida então este será o valor que a variável “Excedente de energia” assumirá, senão, no caso em que a energia produzida é inferior ou igual à energia consumida então deixará de existir excedente de energia, e o valor desta variável será definido como zero para este instante h .

A Figura 3.12 demonstra as condições aplicadas a esta variável.

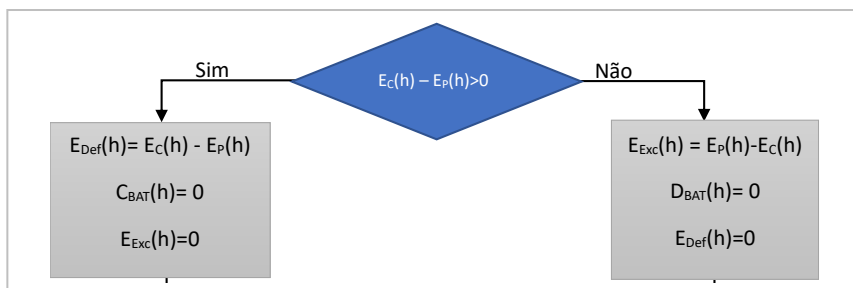


Figura 3.12 - Excerto do fluxograma associado às variáveis excedente e déficit de energia

Capacidade mínima de armazenamento

O valor de capacidade mínima de armazenamento é obtido através da informação proveniente das fichas técnicas de cada equipamento. A capacidade mínima poderá ser uma característica fornecida, poderá ter de ser calculada através do valor de Profundidade de Descarga (Eq 3.6 e Eq 3.7), ou então, através do valor de energia útil do equipamento (Eq 3.8):

Através da característica Profundidade de descarga (P_{DD}):

$$\Delta Q = Q_{m\acute{a}x} \times P_{DD} \quad \text{Equação 3.6}$$

$$Q_{m\acute{i}n} = Q_{m\acute{a}x} - \Delta Q \quad \text{Equação 3.7}$$

Através da carga mínima:

$$Q_{\acute{u}til} = Q_{m\acute{a}x} - Q_{m\acute{i}n} \quad \text{Equação 3.8}$$

Carga e descarga da bateria

A variável “Descarga da bateria” – $D_{BAT}(h)$ – consiste no valor de energia fornecido ao sistema através do sistema de armazenamento existente.

A variável “Carga da Bateria” – $C_{BAT}(h)$ – Consiste no valor de energia fornecido ao sistema de armazenamento, através do sistema de produção existente.

Tal como demonstrado na Figura 3.13, no caso de ocorrer déficit de energia, irá ocorrer descarga de bateria e a carga de bateria assumirá o valor de zero, no caso de ocorrer excedente de energia vice-versa.

Na situação de déficit de energia, o valor a atribuir à variável “descarga da bateria” irá depender de outra variável do sistema, a “Capacidade Mínima de armazenamento” – Q_{min} .

Considerando o valor de carga anterior em “Estado da Bateria” – $Q_{BAT}(h-1)$ – se for possível descarregar a bateria com o valor de déficit de energia, sem comprometer o valor mínimo de bateria, então é feita a descarga com o valor total necessário. Senão, só é feita a descarga até ao valor de carga mínimo.

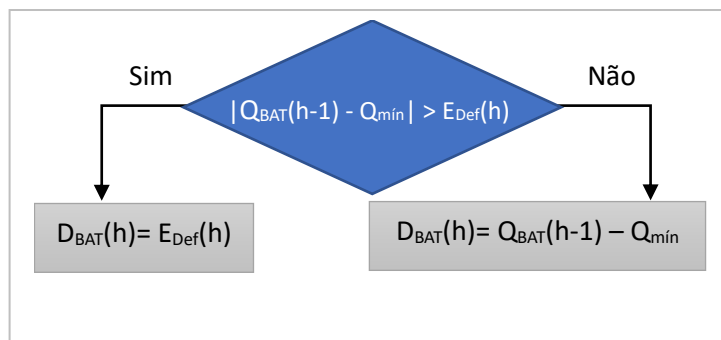


Figura 3.13 - Excerto do fluxograma associado à variável descarga de bateria

No caso de ocorrer excedente de energia, será averiguado se o excedente de energia existente pode ser armazenado ou não.

Ou seja, considerando o valor anterior em “Estado da Bateria” – $Q(h-1)$ – e o valor de “Capacidade da Bateria”, se a diferença entre estes for maior que o excedente, esta energia será armazenada. Se esta diferença for menor, significa que a totalidade do excedente não será possível de armazenar. Será apenas armazenada a diferença. (ou seja, irá apenas armazenar o excedente deste instante até ao valor de carga máximo – ocorrendo assim desperdício).

A Figura 3.14 demonstra as condições aplicadas a esta variável.

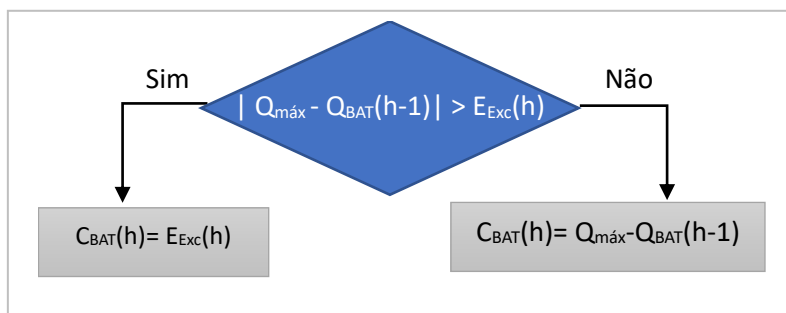


Figura 3.14 - Excerto do fluxograma associado à variável carga de bateria

Estado da Bateria

A variável “Estado da Bateria” – $Q_{BAT}(h)$ – efetua o controlo da carga e descarga de energia da bateria do sistema existente.

Se ocorreu descarga, este garante que o valor de descarga de energia não ultrapassa o valor mínimo de energia armazenado. Como tal, é sempre feita a verificação se existe a possibilidade da descarga de acordo com a necessidade de consumo e energia armazenada no instante anterior (h-1) ou se é necessária a imposição de limitação de carga mínima.

Se ocorreu carga, o mesmo se verifica, no entanto, a limitação associada à carga de energia trata-se do valor máximo de energia possível de armazenar.

No caso de não existir a possibilidade de efetuar descarga ou carga devido à restrição imposta pelos valores mínimos ou máximos, respetivamente, o estado da bateria irá manter-se nestes extremos até que ocorra nova carga ou descarga, respetivamente.

No caso de não ocorrer carga ou descarga, o estado da bateria irá manter-se igual ao estado anterior $h-1$.

A Figura 3.15 demonstra as condições aplicadas a esta variável.

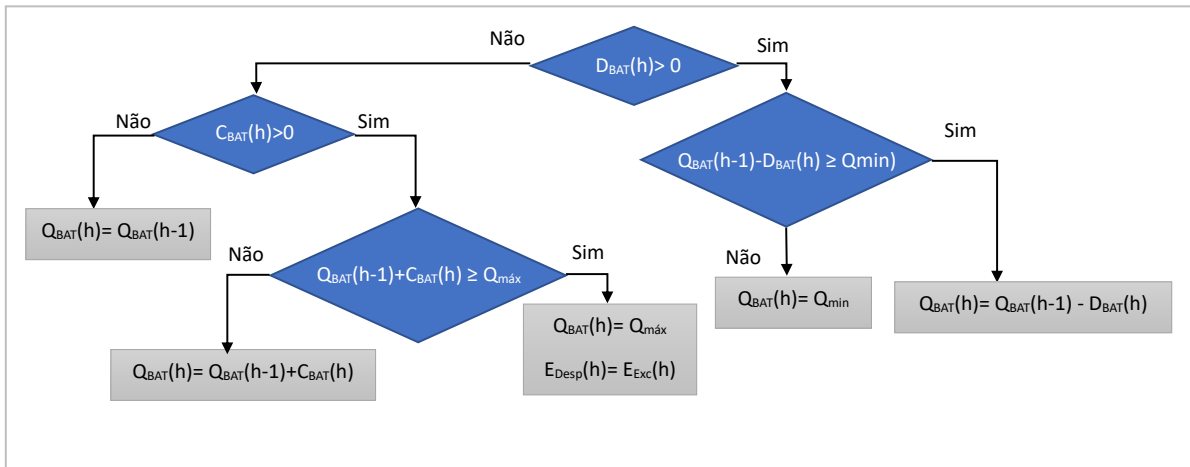


Figura 3.15 - Excerto do fluxograma associado à variável estado de bateria

Energia Desperdiçada

O termo desperdício, como já referido anteriormente tem o objetivo de definir a energia não utilizada pela instalação – $E_{desp}(h)$.

Irá ocorrer desperdício de energia quando ocorrer excedente de energia e o armazenamento apresentar indisponível devido à restrição existente de capacidade máxima, tal como se pode verificar na Figura 3.15.

Energia Comprada

É necessário comprar energia – $E_{Comp}(h)$ – à rede quando existe défice de energia e quando o armazenamento se encontra indisponível, ou seja, quando não é possível descarregar mais as baterias e quando a produção não é suficiente de forma a satisfazer as necessidades de consumo.

A Figura 3.16 demonstra as condições aplicadas a esta variável.

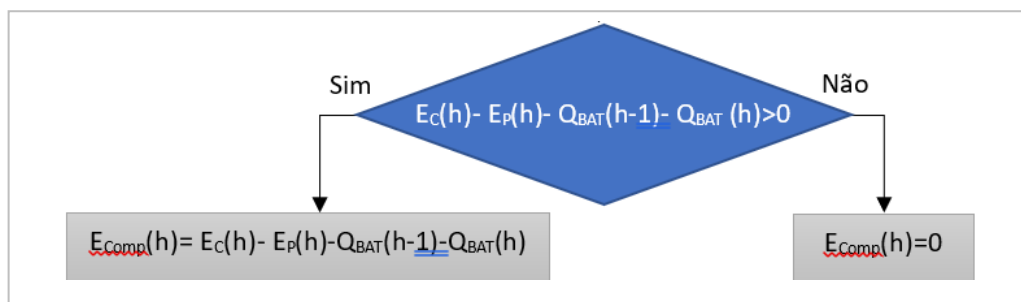


Figura 3.16 - Excerto do fluxograma associado à variável energia comprada

3.2.7. 7 – Avaliação do investimento

Como já referido em 2.5 efetuou-se a avaliação do investimento, para começar com esta avaliação foi necessário determinar o cash-flow de cada solução entre outras variáveis.

- **Custo de Energia**

Na folha de cálculo “avaliação do Investimento” existe, como se pode observar na Figura 3.17, associado a cada período horário, o custo respetivo em Euros por unidade de energia em kW tornando possível a determinação do cash-flow.

7. Avaliação do Investimento					
7.1 Cálculo horário de custo de energia					
		Custos de energia [€]			
Período Horário		Comprada	Poupada através de baterias	Poupada através de produção	Desperdício
Designação	[€/kWh]				
Cheia	0,0635	2,62	0,00	0,00	0,00
Vazio Normal	0,0508	1,99	0,00	0,00	0,00
Super Vazio	0,0472	1,90	0,00	0,00	0,00
Super Vazio	0,0472	1,95	0,00	0,00	0,00
Super Vazio	0,0472	1,92	0,00	0,00	0,00
Super Vazio	0,0472	1,90	0,00	0,00	0,00
Vazio Normal	0,0508	2,32	0,00	0,00	0,00
Vazio Normal	0,0508	3,34	0,00	0,00	0,00
Cheia	0,0635	6,76	0,00	0,25	0,00
Cheia	0,0635	5,67	0,00	1,41	0,00
Cheia	0,0635	4,72	0,00	1,68	0,00
Cheia	0,0635	0,44	0,00	6,34	0,00
Cheia	0,0635	3,19	0,00	2,52	0,00
Cheia	0,0635	0,00	0,00	7,16	0,00
Cheia	0,0635	0,00	0,00	5,62	0,00
Cheia	0,0635	0,00	0,00	5,90	0,00
Cheia	0,0635	0,00	0,80	3,28	0,00
Ponta	0,0687	0,67	1,24	1,78	0,00
Ponta	0,0687	2,91	0,00	0,11	0,00
Ponta	0,0687	2,92	0,00	0,00	0,00
Ponta	0,0687	2,82	0,00	0,00	0,00
Ponta	0,0687	2,87	0,00	0,00	0,00
Cheia	0,0635	2,64	0,00	0,00	0,00
Cheia	0,0635	2,46	0,00	0,00	0,00

Figura 3.17 - Folha de Cálculo "7 – Avaliação do Investimento" - Cálculo dos custos associados à energia comprada, desperdiçada e produzida

Admitiu-se que para este estudo o cash-flow resultará na diferença entre o valor poupado através da produção e o desperdício.

Considerando uma fatura representativa do custo energético mensal da instalação, é possível caracterizar o custo de cada período horário na instalação.

Através do site do Operador de Rede de Distribuição, conhece-se a distribuição horária dos períodos tarifários em tempo de Inverno e Verão, permitindo assim conhecer o custo de cada intervalo de tempo em estudo no algoritmo. [37]

A tarifa contratada pelo cliente trata-se de uma tarifa semanal, onde os períodos horários diferem entre dias úteis, sábados e domingos, assim como entre Verão e Inverno.

A distinção entre tempo de verão e inverno teve como base a mudança de hora legal. A hora legal coincide com o tempo universal coordenado aumentado de sessenta minutos no período compreendido entre a 1 hora *UTC* do último domingo de março e a 1 hora *UTC* do último domingo de outubro (hora de Verão). [38]

Seguidamente efetua-se análise da viabilidade financeira do investimento em estudo, em que a folha de cálculo “7 – Avaliação do investimento” efetua um balanço energético e económico da solução em estudo.

Este balanço efetuado como se pode verificar na Figura 3.18, auxilia no cálculo dos indicadores financeiros.

7.2 Análise Económica		
Totais	Balanço de energia [kWh]	Custo de energia [€]
Consumo	456 527	27 098
Produção	311 960	18 890
Comprada	243 659	13 965
Desperdício	92 540	5 408
CashFlow	219 421	13 482

Potência instalada [kWp]	176,64
Pparque a instalar [kWp]	150

Taxa de Amortização [i]	8%
Anos [n]	20
Investimento [€]	129 105,05
Função Valor Atualizado - PVF	9,82
Cash Flow [€]	13 481,67
VAL [€]	3 259,97
ROI	1,03
Payback Period [Anos]	19,51
TIR	0,358%

TIR	
Ano	VAL [€]
1	-116 622,03
2	11 558,36
3	10 702,18
4	9 909,43
5	9 175,40
6	8 495,74
7	7 866,42
8	7 283,73
9	6 744,19
10	6 244,62
11	5 782,06
12	5 353,76
13	4 957,18
14	4 589,98
15	4 249,98
16	3 935,17
17	3 643,68
18	3 373,77
19	3 123,87
20	2 892,47
-	-

Figura 3.18 - Folha de Cálculo "7 – Avaliação do Investimento" - Resumo dos indicadores financeiros

3.2.8. 8 – Balanço Final

Finalmente, a última folha deste livro de cálculo efetua o balanço final da solução, permitindo ao utilizador obter um resumo de todas as opções e considerações todas, dos equipamentos constituintes, e da análise económica efetuada, tal como se pode verificar com as Figuras: Figura 3.19, Figura 3.20 e Figura 3.21.

8. Resumo da Solução						
8.1 Resumo da Solução utilizada						
Solução					Potência instalada [kW]	
801_Pot_150_Cons_Inc 0°_Inst_176,64_armaz._30,8_3 260_Bat_0					176,64	
Armazenamento	Capacidade de armazenamento instalada [kWh]			Autosuficiência	Autoconsumo	Desperdício
Sim	30,8			48,1%	70,3%	29,7%
Inversor Potência	Inversor Marca	Inversor Modelo	Inversor Quantidade	Inversor Custo total [€]		
40 kW	Huawei	SUN2000-40KTL-M3	4	17 349		
Painéis Fotovoltaicos Potência	Painéis Fotovoltaicos Marca	Painéis Fotovoltaicos Modelo	Painéis Fotovoltaicos Quantidade	Painéis Fotovoltaicos Custo total [€]		
460 Wp	Longi	0	384	87 852		
Baterias Capacidade [kWh]	Baterias Marca	Baterias Modelo	Baterias Quantidade	Baterias Custo Total [€]	Indisponibilidade da Bateria [h]	Indisponibilidade da Bateria [%]
15,4	BYD	LVL 15.4	2	18 644	6 085	69%

Figura 3.19 - Folha de Cálculo "8 - Balanço Final", resumo das considerações e equipamentos selecionados

8.2 Resumo Económico e Balanço Energético					
CashFlow [€]	Investimento [€]	VAL [€]	ROI	Payback Period [anos]	TIR [%]
13 482	129 105	3 260	1,03	19,51	0,358%
		Energia [kWh]	Custos [€]		
Energia produzida Energia		311 960	18 890		
Energia produzida desperdiçada		92 540	5 408		
Energia consumida obtida pela produção		219 421	13 482		
Energia Comprada à Rede - com produção		243 659	13 965		
Energia consumida totalmente pela rede - sem produção:		456 527	27 098		

Figura 3.20 - Folha de Cálculo "8 - Balanço Final", Resumo económico e balanço energético

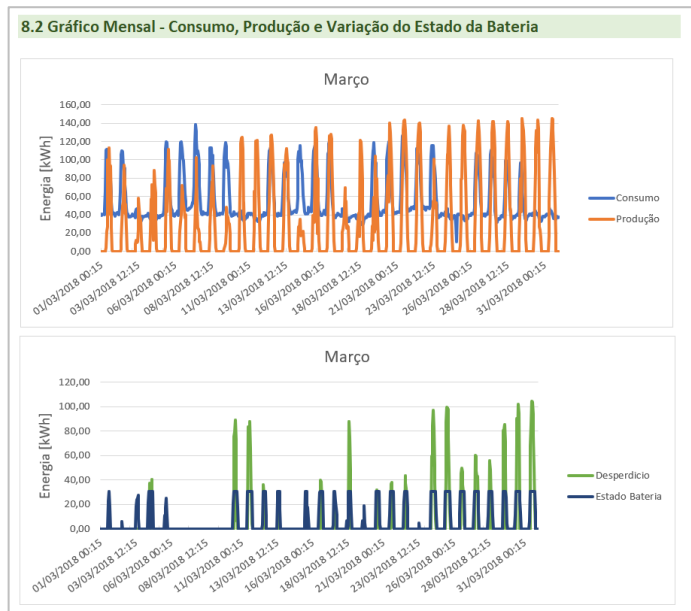


Figura 3.21 - Folha de Cálculo "8 - Balanço Final", visualização gráfica do consumo, produção, desperdício de energia e estado de bateria do mês de março

3.3. Resumo da metodologia

Resumindo a metodologia descrita tem-se que:

Os dados a serem inseridos no algoritmo tem de ser adaptados por forma a serem compatíveis com intervalos horários – Radiação e Consumo.

Previamente ao algoritmo é prioritária a definição da instalação, – custo de instalação, inclinação dos módulos – de equipamentos – Módulos, inversores e armazenamento quando necessário – e verificar a sua adequação às características desejadas da instalação de produção de energia fotovoltaica.

Com base nas características dos equipamentos selecionados e nos dados inseridos de radiação e consumo, caso a seleção destes seja viável, o algoritmo de gestão efetua a gestão de energia entre a energia produzida, consumida, armazenada/descarregada e a não aproveitada.

Paralelamente a esta gestão existe, para cada hora, os custos associados a cada variável de energia do algoritmo – provenientes de uma fatura real da instalação.

Após cada simulação é possível gerar um ficheiro resumo da solução definida.

Capítulo IV

Caso de Estudo

Resumo:

Neste capítulo apresenta-se o caso de estudo, as abordagens estudadas e os resultados obtidos decorrentes de todos os estudos efetuados.

Capítulo 4

4. Caso de Estudo

4.1. Características do local

A implementação deste caso de estudo terá lugar na cidade de Almada, localizada no distrito de Setúbal, e apresenta as seguintes características geográficas:

Tabela 4.1 - Coordenadas geográficas de Almada [39]

Latitude: 38.6803	Longitude: -9.15845
38° 40' 49" Norte	9° 9' 30" Oeste



*Figura 4.1 - Localização geográfica da cidade de Almada
(Fonte: Google Maps)*

Para além da localização geográfica, serão considerados outros aspetos e características para caso de estudo, tais como a temperatura do ar e radiação global.

4.1.1. Radiação Solar em Almada

Por forma a determinar a produção real dos módulos fotovoltaicos, foi tido em consideração a radiação solar global e a temperatura do ar em intervalos horários para a cidade de Almada.

A informação de radiação global e de temperatura considerada tem como origem o software *PVGIS*, e foi considerado o mesmo espaço temporal dos dados de consumo, desde o mês de março de 2018 até o mês de fevereiro de 2019 como referência.

4.2. Diagrama de cargas e consumos

A instalação em estudo trata-se de uma instalação de serviços técnicos de uma câmara municipal.

Para realizar as várias abordagens de estudo, o diagrama de cargas revela-se fundamental para dimensionar a potência do sistema fotovoltaico a ser instalado.

Os dados apresentados correspondem ao período de Março de 2018 a Fevereiro de 2019, e este intervalo de dados foi assim considerado para que estes que não fossem afetados ou influenciados pela Pandemia ocorrida a partir de Março de 2019.

No Gráfico 4.1 é apresentado os diagramas de carga de Janeiro a Dezembro de forma que seja possível entender a variação do consumo de energia, e as necessidades energéticas ao longo do ano:

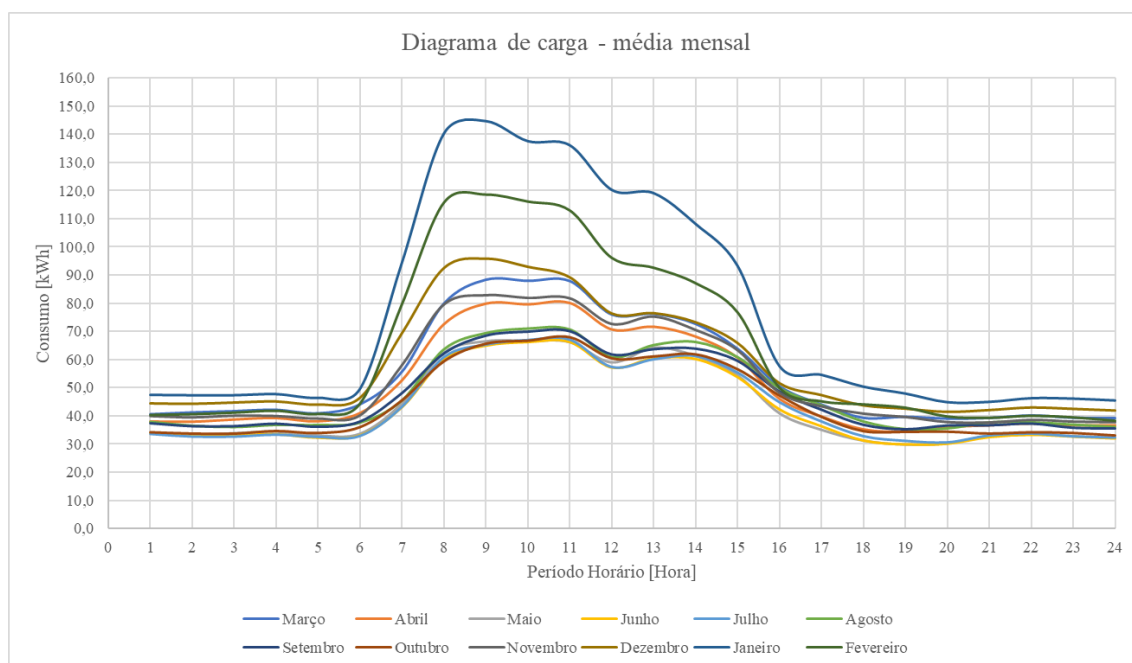


Gráfico 4.1 - Diagramas de carga mensais ao longo do ano

Através do Gráfico 4.1, é possível efetuar a análise, de que, apesar de existirem variações ao longo do ano no consumo médio mensal de energia, existe um consumo médio base da instalação em torno de 50 kW aproximadamente.

A instalação de serviços apresenta, em termos de informação contratual, um ciclo semanal com feriados, no qual apresenta 4 períodos horários – Vazio, ponta, cheia e super vazio – que variam consoante o período de hora legal de Verão e Inverno e consoante o dia de semana, tal como se verifica na Tabela 4.2, segundo informação fornecida pela entidade contratada:

Tabela 4.2 - Ciclo semanal (com e sem feriados) [37]

Ciclo Semanal para todos os fornecimentos em Portugal Continental (Com e Sem Feriados)		
De Segunda-Feira a Sexta-Feira		
	Horário Inverno	Horário Verão
Ponta	17:00 - 22:00	14:00 - 17:00
Cheias	00:00 - 00:30	00:00 - 00:30
	07:30 - 17:00	07:30 - 14:00
	22:00 - 00:00	17:00 - 24:00
Vazio Normal	00:30 - 02:00	00:30 - 02:00
	06:00 - 07:30	06:00 - 07:30
Super Vazio	02:00 - 06:00	02:00 - 06:00
Sábado		
	Horário Inverno	Horário Verão
Cheias	10:30 - 12:30	10:00 - 13:30
	17:30 - 22:30	19:30 - 23:00
Vazio Normal	00:00 - 03:00	00:00 - 03:30
	07:00 - 10:30	07:30 - 10:00
	12:30 - 17:30	13:30 - 19:30
	22:30 - 24:00	23:00 - 00:00
Super Vazio	03:00 - 07:00	03:30 - 07:30
Domingo		
	Horário Inverno	Horário Verão
Vazio Normal	00:00 - 04:00	00:00 - 04:00
	08:00 - 24:00	08:00 - 24:00
Super Vazio	04:00 - 08:00	04:00 - 08:00

Através de uma fatura mensal representativa (excerto encontra-se em anexo – anexo III), é possível extrair informação relativa ao custo de energia por período horário, esta informação encontra-se resumida na Tabela 4.3:

Tabela 4.3 - Custo por período horário - informação extraída de fatura emitida em 2018 pelo fornecedor de energia.

Período Horário	Preço unitário
	[€/kWh]
Vazio Normal	0,0508
Ponta	0,0687
Cheias	0,0635
Super Vazio	0,0472

Observando o Gráfico 4.2 e o Gráfico 4.3 são visualizados dois exemplos de consumo da instalação em estudo. Os meses apresentados correspondem ao mês de Agosto e ao mês de Janeiro, de forma a se poder representar a variação dos picos de consumos da instalação. O que também se pode verificar no comportamento de consumo da instalação é que este apresenta um consumo noturno aproximadamente constante, e que ocorre um pico de consumo durante o período diurno.

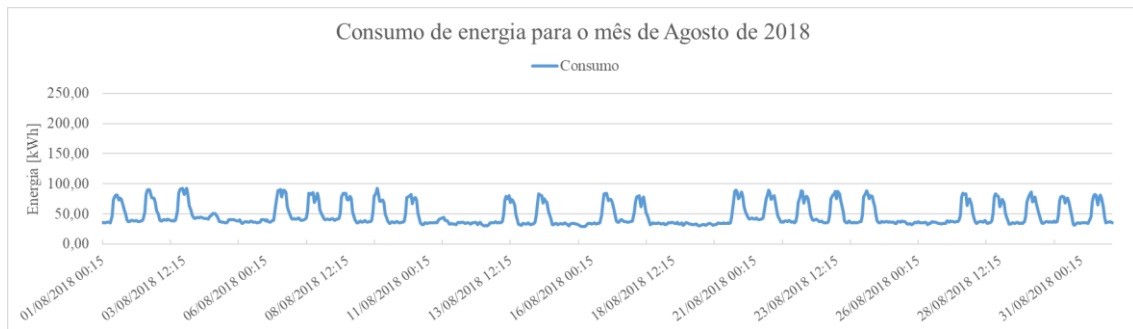


Gráfico 4.2 - Exemplo de consumos horários para o mês de Agosto de 2018

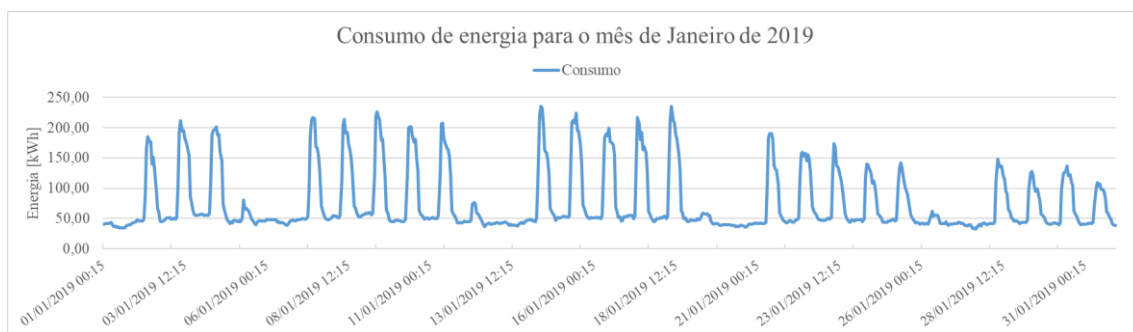


Gráfico 4.3 - Exemplo de consumos horários para o mês de Janeiro de 2019

4.3. Abordagens Analisadas

Com o intuito de otimizar a instalação de produção e armazenamento, foram exploradas diversas abordagens viáveis. A avaliação dessas abordagens considerará três variáveis principais:

- Potência a instalar do parque fotovoltaico;
- Inclinação dos Módulos;
- Capacidade de Armazenamento.

As simulações realizadas serão comparadas com base, inicialmente, no seu Valor Atual Líquido (VAL).

O primeiro enfoque analisado visa determinar a potência ideal a ser instalada e definir a inclinação mais adequada para os módulos fotovoltaicos, visando maximizar a rentabilidade da instalação. Foram adotadas duas metodologias para comparação: abordagens com seleção

de equipamentos de menor relação custo/capacidade e abordagens que apresentem a melhor eficiência, sempre considerando as soluções mais apropriadas para cada potência instalada.

Após identificar a possível solução, tanto para a potência como para a inclinação ideal, que resulte no maior VAL, foi realizado um estudo mais detalhado sobre esses dois parâmetros. O objetivo consistiu em determinar alguma alternativa que possa apresentar um desempenho superior em comparação com a primeira abordagem.

A partir da segunda abordagem, além de avaliar o VAL de cada possibilidade, também serão considerados os valores de autoconsumo e autossuficiência.

Na segunda abordagem, a intenção é identificar a melhor solução de armazenamento a ser incorporada na instalação, com base na solução ótima previamente determinada.

A terceira abordagem visa analisar o impacto do custo de armazenamento na solução global e se existe alguma abordagem viável ao reduzir esse custo.

Por fim, na quarta abordagem estudada, será avaliada a hipótese de distribuir o consumo da instalação ao longo de todo o dia, reduzindo o efeito de pico de energia durante as horas de expediente.

Este estudo foi dividido em diferentes fases, cada uma numerada sequencialmente de acordo com as abordagens acima referidas. De uma forma geral, as soluções são identificadas por três dígitos, sendo que o primeiro dígito da numeração se refere à fase, enquanto os dois dígitos seguintes indicam a ordem das soluções dentro de cada fase. A Tabela 4.4 resume a numeração das soluções estudadas, sendo que para o estudo deste caso, foram criadas 168 soluções de forma a que fosse possível concretizar o objetivo desta dissertação.

Tabela 4.4 - Informação relativa à numeração das soluções estudadas

Designação	Informação	Quantidade de soluções	Numeração
Fase 1	Estudo inicial com soluções de menor custo, sem armazenamento e com variação da inclinação.	48	101 a 148
Fase 2	Estudo inicial com soluções mais eficientes, sem armazenamento e com variação da inclinação	48	201 a 248
Fase 3	Novas soluções onde é feito a otimização do sistema considerando as melhores soluções obtidas na Fase 1 e 2	8	301 a 308
Fase 4	Estudo para a solução ótima com inclusão de armazenamento	7	401 a 407
Fase 5	Estudo para a solução ótima com inclusão de armazenamento com variação do custo do sistema de armazenamento	24	501 a 524
Fase 6	Estudo efetuado por forma a determinar a solução ótima na situação em que a instalação sofre uma alteração no comportamento	9	601 a 609
Fase 7	Estudo para inclusão de sistemas de armazenamento com a redução de custo associada	24	701 a 724
Total			168

Relativamente à avaliação económica considerou-se para período de investimento, $n=20$ anos e uma taxa de atualização, $i=8\%$.

4.3.1. Solução ótima sem armazenamento

Como já referido, esta abordagem consiste na determinação da melhor solução economicamente viável através da variação de dois dos três parâmetros, a inclinação dos módulos e a potência instalada do parque.

Para o valor da inclinação do módulo, os valores considerados, tem como valor inicial, o valor da latitude do caso em estudo, sendo esta de $38,635^\circ$, efetuou-se uma aproximação e definiu-se a inclinação de 39° .

Sendo assim, foram consideradas seis possibilidades de estudo, começando nos 39° , em variações de 5° até a uma inclinação de 24° , para além destes valores ainda foi tido em conta a radiação para uma hipótese sem inclinação, a 0° , e uma hipótese indicada pelo *PVGIS* de acordo com as coordenadas do local, sendo esta solução a inclinação e azimute otimizados sugeridos pelo software, obtendo-se uma inclinação de 34° e um azimute de 4° .

Relativamente ao segundo parâmetro, a potência instalada, foram determinadas soluções para o intervalo de potências de 10kW, a partir do valor médio de consumo da instalação, 50 kW, até aproximadamente 120 a 130 kW.

Considerando soluções de equipamentos mais eficientes, obteve-se os seguintes VAL, para as diferentes inclinações para diferentes potências instaladas, tal como se pode visualizar no Gráfico 4.4:

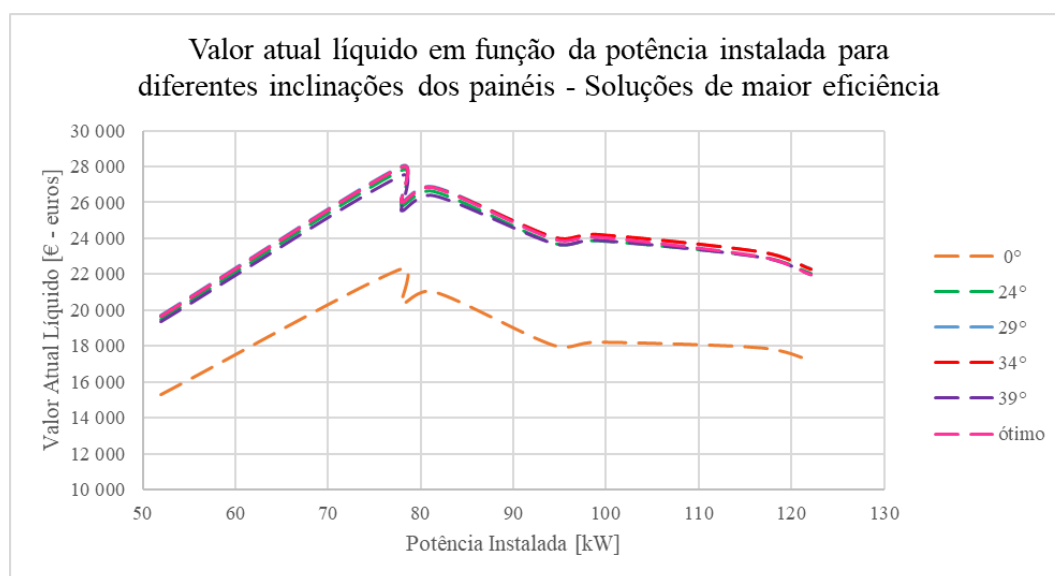


Gráfico 4.4 - Soluções obtidas através de equipamentos de maior eficiência.

Através da Tabela 4.5 é possível quantificar, as variações de VAL que se observam no Gráfico 4.4. Este resumo quantitativo permite analisar as variações de VAL, para um valor aproximado de potência instalada, mas para diferentes inclinações dos módulos, sendo que o maior VAL verificado, se encontra destacado pela cor amarela. Verifica-se a maior variação de VAL ao colocar no sistema os painéis solares com uma inclinação de 0°, demonstrando que de todas as inclinações estudadas, esta será a menos favorecedora economicamente.

Tabela 4.5 - Tabela resumo das variações entre potências homólogas para diferentes inclinações de módulos - Soluções de maior eficiência

Potência a instalar [kWp]	VAL [€] Inclinação 0°	VAL [€] Inclinação 24°	ΔVAL [%]	VAL [€] Inclinação 29°	ΔVAL [%]	VAL [€] Inclinação 34°	ΔVAL [%]	VAL [€] Inclinação 39°	ΔVAL [%]	VAL [€] Inclinação ótima	ΔVAL [%]
50	15 292 €	19 492 €	27,5%	19 692 €	1,0%	19 643 €	-0,2%	19 346 €	-1,5%	19 668 €	1,7%
60	22 304 €	27 788 €	24,6%	28 030 €	0,9%	27 942 €	-0,3%	27 517 €	-1,5%	27 979 €	1,7%
70	20 345 €	25 829 €	27,0%	26 071 €	0,9%	25 982 €	-0,3%	25 558 €	-1,6%	26 020 €	1,8%
80	21 026 €	26 613 €	26,6%	26 871 €	1,0%	26 799 €	-0,3%	26 392 €	-1,5%	26 829 €	1,7%
90	18 030 €	23 733 €	31,6%	24 039 €	1,3%	24 035 €	0,0%	23 708 €	-1,4%	23 954 €	1,0%
100	18 219 €	23 872 €	31,0%	24 184 €	1,3%	24 194 €	0,0%	23 900 €	-1,2%	24 080 €	0,8%
110	17 897 €	22 969 €	28,3%	23 219 €	1,1%	23 217 €	0,0%	22 941 €	-1,2%	22 977 €	0,2%
120	17 195 €	22 055 €	28,3%	22 286 €	1,0%	22 256 €	-0,1%	21 972 €	-1,3%	21 984 €	0,1%

Considerando soluções de equipamentos de menor rácio custo/capacidade, neste caso para painéis o menor rácio €/Wp e para os inversores, €/kW, obteve-se os seguintes VAL, para as diferentes inclinações para diferentes potências instaladas, Gráfico 4.5:

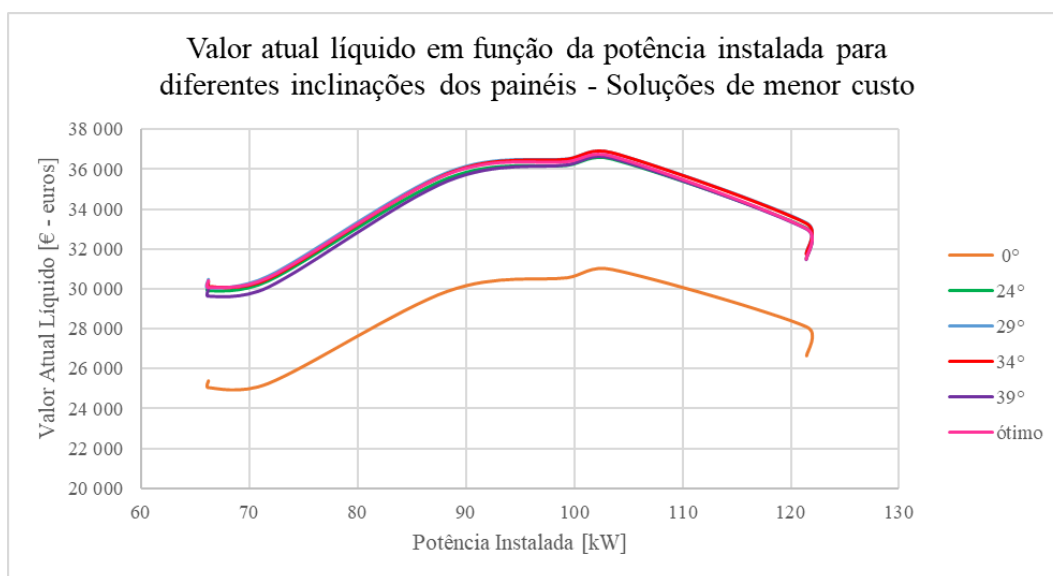


Gráfico 4.5 - Soluções obtidas através de equipamentos de menor rácio custo/capacidade.

Através da Tabela 4.6 é possível quantificar, as variações de VAL que se observam no Gráfico 4.6. Este resumo quantitativo permite analisar as variações de VAL, para um valor aproximado de potência instalada, mas para diferentes inclinações dos módulos, sendo que o maior VAL verificado, se encontra destacado pela cor amarela. Verifica-se a maior variação de VAL ao colocar no sistema os painéis solares com uma inclinação de 0°, demonstrando que de todas as inclinações estudadas, esta será a menos favorecedora economicamente.

Tabela 4.6 - Tabela resumo das variações entre potências homólogas para diferentes inclinações de módulos - Soluções de menor custo

Potência a instalar [kWp]	VAL [€] Inclinação 0°	VAL [€] Inclinação 24°	ΔVAL [%]	VAL [€] Inclinação 29°	ΔVAL [%]	VAL [€] Inclinação 34°	ΔVAL [%]	VAL [€] Inclinação 39°	ΔVAL [%]	VAL [€] Inclinação ótima	ΔVAL [%]
50	25 394 €	29 925 €	17,8%	30 462 €	1,8%	30 366 €	-0,3%	29 643 €	-2,4%	30 398 €	2,5%
60	25 054 €	30 268 €	20,8%	30 023 €	-0,8%	30 119 €	0,3%	29 985 €	-0,4%	30 055 €	0,2%
70	25 259 €	30 417 €	20,4%	30 617 €	0,7%	30 511 €	-0,3%	30 094 €	-1,4%	30 549 €	1,5%
80	29 879 €	35 540 €	18,9%	35 820 €	0,8%	35 773 €	-0,1%	35 392 €	-1,1%	35 763 €	1,0%
90	30 554 €	36 187 €	18,4%	36 495 €	0,9%	36 500 €	0,0%	36 201 €	-0,8%	36 390 €	0,5%
100	30 967 €	36 502 €	17,9%	36 807 €	0,8%	36 825 €	0,0%	36 542 €	-0,8%	36 675 €	0,4%
110	28 093 €	33 057 €	17,7%	33 296 €	0,7%	33 284 €	0,0%	33 003 €	-0,8%	33 031 €	0,1%
120	26 645 €	31 542 €	18,4%	31 775 €	0,7%	31 752 €	-0,1%	31 470 €	-0,9%	31 489 €	0,1%

De modo a ser possível a comparação entre todas as soluções, efetuou-se a junção de todas as soluções num só gráfico, como se observa no Gráfico 4.6:

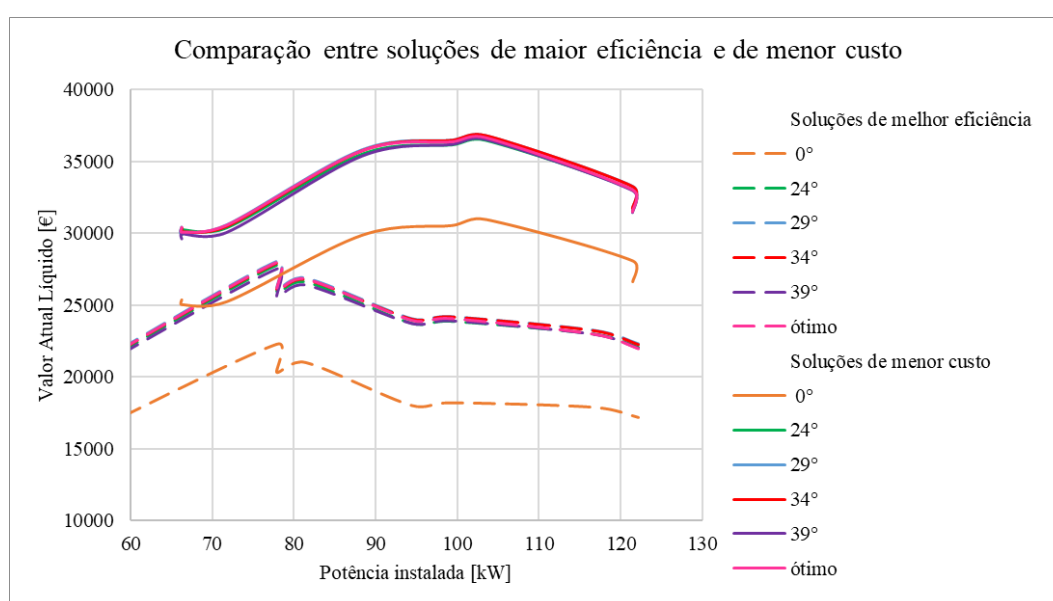


Gráfico 4.6 - Comparação entre hipóteses de soluções de menor custo e de maior eficiência.

Como se verifica, as soluções de menor custo, destacam-se com maior VAL comparativamente às soluções de melhor eficiência.

O Gráfico 4.7, representa uma aproximação ao pico observado no Gráfico 4.6 entre os 90 kW e os 110 kW de potência instalada:

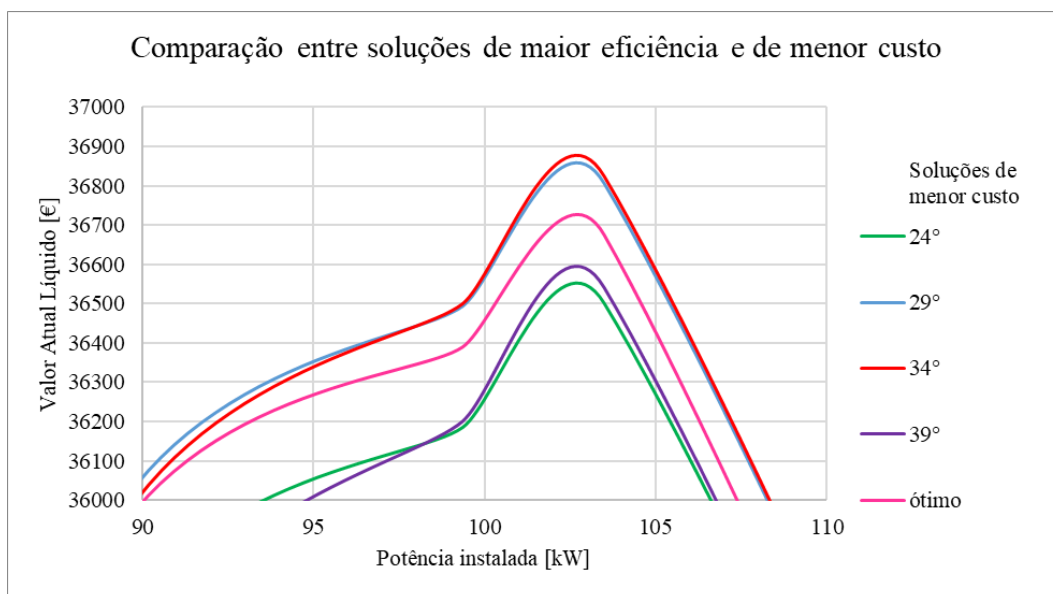


Gráfico 4.7 - Recorte da Gráfico 4.6, para aproximação do pico observado entre os 90 kW e o 110 kW.

Os picos verificados encontram-se representados na Tabela 4.7, e são as seguintes soluções:

Tabela 4.7 - Resumo das 10 primeiras soluções com maior Valor Atual Líquido, com destaque na solução ótima

Solução	Inclinação dos módulos	Potência instalada [kW]	VAL [€]
134	34°	103,5	36 825
133	29°	103,5	36 807
136	Inclinação ótima	103,5	36 675
135	39°	103,5	36 542
132	24°	103,5	36 502
104	34°	99,36	36 500
103	29°	99,36	36 495
106	Inclinação ótima	99,36	36 390
105	39°	99,36	36 201
102	24°	99,36	36 187

A solução ótima, para esta primeira abordagem, será a solução 134.

Após definida qual poderá ser a solução ótima, efetua-se um estudo mais fino de modo a confirmar que esta será a melhor solução possível, ou se poderá existir ainda, uma solução mais otimizada. Como se verifica no Gráfico 4.8, mesmo efetuando soluções onde a potência instalada variou apenas 5 kW, a solução ótima manteve-se, com um VAL de 36 825€.

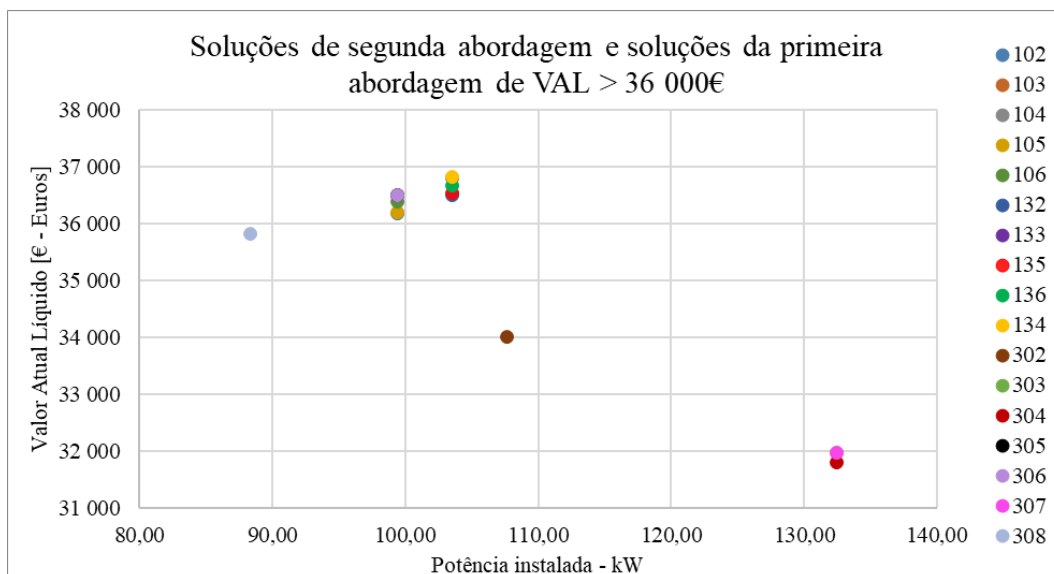


Gráfico 4.8 - Comparação entre as soluções da primeira abordagem com VAL superior a 36 000€ e novas soluções para afinar o valor da potência instalada.

Assim, a solução ótima, a solução 134, encontra-se resumida nas tabelas Tabela 4.8 a Tabela 4.11, e é constituída por:

Tabela 4.8 - Características do inversor utilizado na solução 134

Inversor				
Potência	Marca	Modelo	Quantidade	Custo total [€]
30 kW	Goodwe	GW30K-MT	3	8 896

Tabela 4.9 - Características do painel solar fotovoltaico utilizado na solução 134

Painéis Fotovoltaicos			
Potência	Marca	Quantidade	Custo total [€]
460 Wp	Longi	225	51 476

E é caracterizada por:

Tabela 4.10 - Características gerais da solução 134

Solução	Armazenamento	Potência instalada [kW]	Armazenamento ¹ [kWh]	CashFlow [€]	Investimento [€]	Fator de Carga
134	Não	103,50	-	10 207	63 391	21,96%

¹ Por "Armazenamento" entende-se Capacidade de Armazenamento instalada

Tabela 4.11 - Avaliação energética e económica da solução 134

Autossuficiência [%]	Autoconsumo [%]	Desperdício ² [%]	VAL [€]	ROI	Payback Period [anos]	TIR [%]
36,3%	83,3%	16,7%	36 825	1,58	12,65	7,935%

Através do Gráfico 4.9 e Gráfico 4.10, é possível visualizar o comportamento de consumo e de produção de energia para dois meses distintos, Agosto e Janeiro.

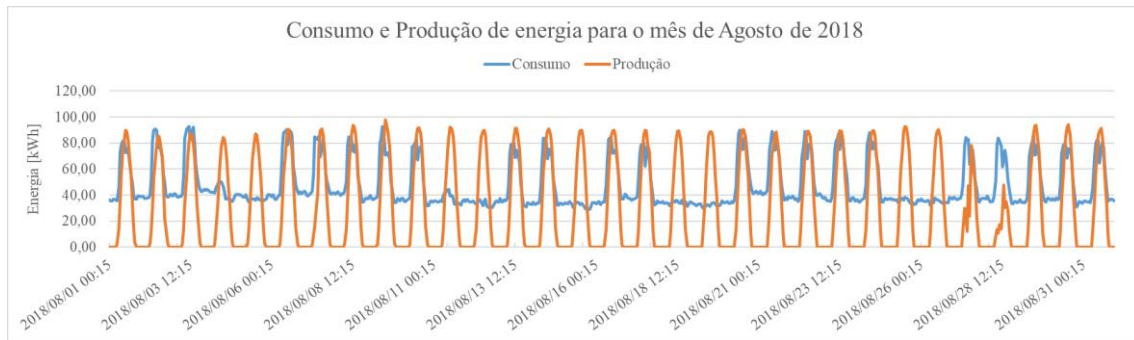


Gráfico 4.9 - Exemplo de Energia Produzida e de Energia Consumida através da solução 134 para o mês de Agosto de 2018

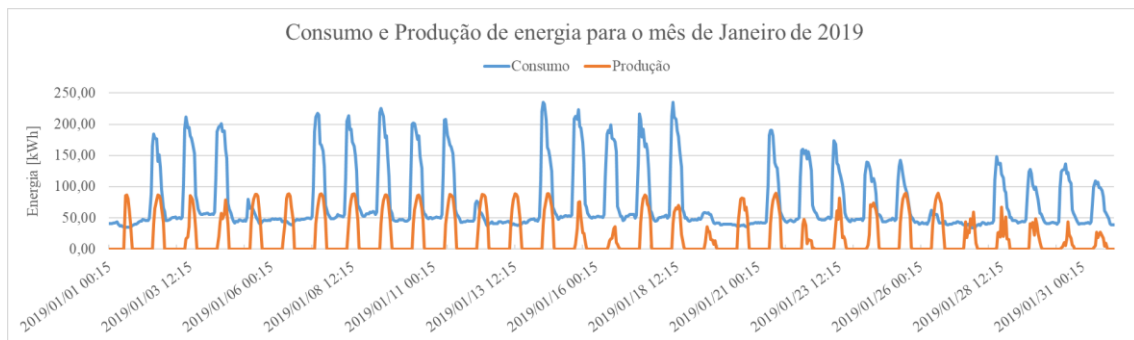


Gráfico 4.10 - Exemplo de Energia Produzida e de Energia Consumida através da solução 134 para o mês de Janeiro de 2019

4.3.2. Solução ótima com armazenamento

Após definida a solução ótima para a instalação em estudo, determina-se qual a melhor solução de armazenamento a incorporar que valorize economicamente a solução ótima. Adicionalmente, irá ser avaliada a autossuficiência da instalação perante a inclusão de diferentes capacidades de armazenamento de energia.

Em comparação à solução ótima definida, foram simuladas algumas soluções com armazenamento de energia, entre a capacidade de 15,4 kWh até 61,6 kWh, como se observa no

² A variável denominada “desperdício” refere-se apenas a energia que não será utilizada pela instalação nem armazenada pelo sistema de armazenamento quando possível. Apesar de não ser objeto de estudo neste trabalho, a energia “desperdiçada” encontra-se relacionada com energia que apresenta a possibilidade de ser vendida para a rede.

Gráfico 4.11. Relacionando a capacidade de armazenamento e o valor atual líquido das soluções, pode-se verificar, uma diminuição do VAL à medida que a capacidade de armazenamento aumenta.

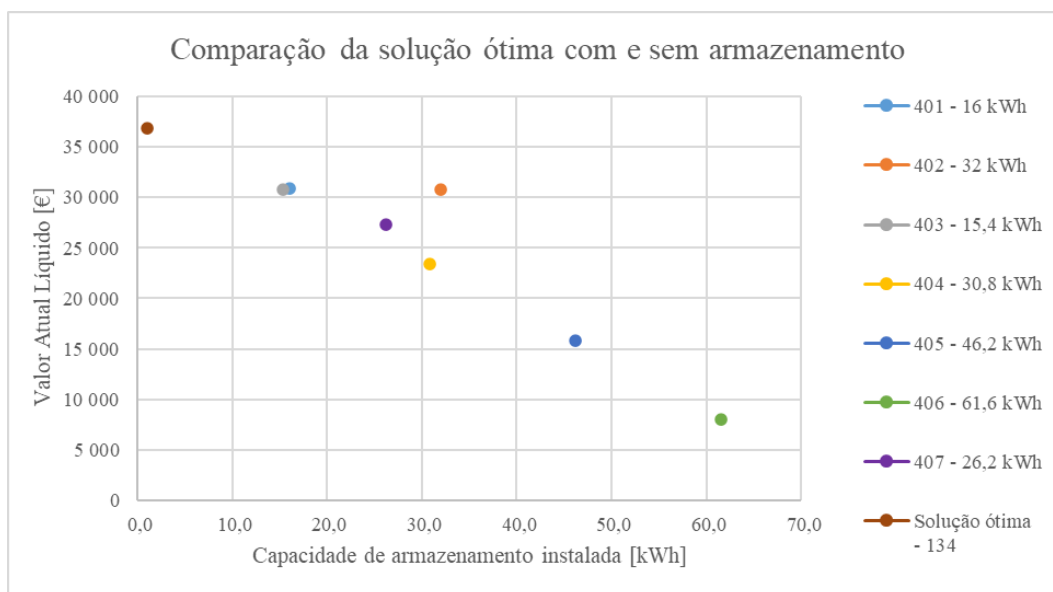


Gráfico 4.11 - Comparação do VAL entre a solução ótima sem armazenamento, e com armazenamento com variações entre 15,4 kWh e 61,6 kWh.

Uma outra comparação que se poderá fazer, e que se pode observar no Gráfico 4.12, será a relação entre o VAL e a autossuficiência da instalação.

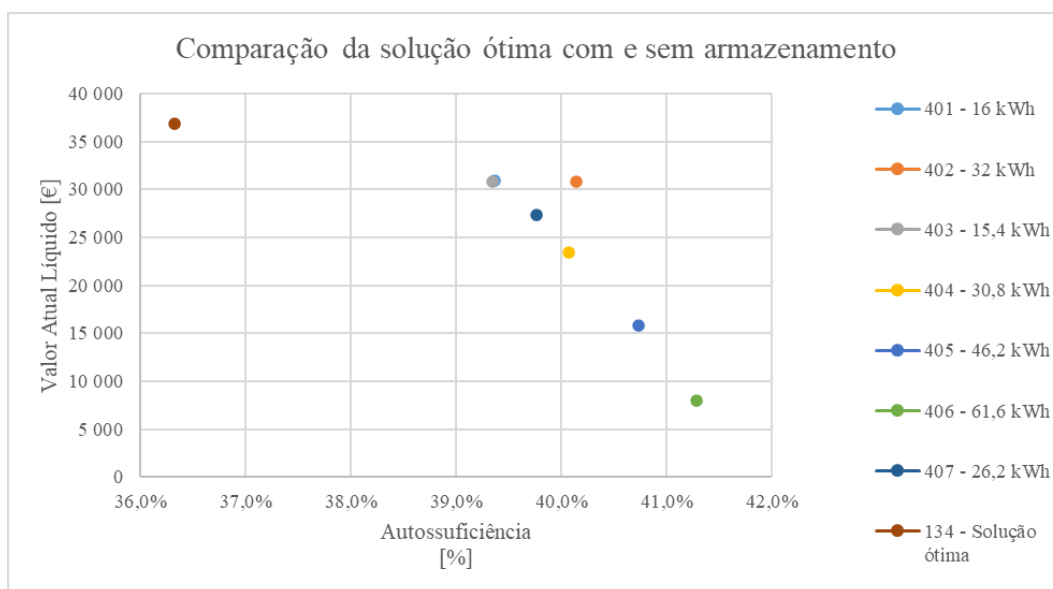


Gráfico 4.12 - Comparação entre a autossuficiência e o VAL para as soluções com e sem armazenamento.

Verifica-se que a inclusão de armazenamento, pelo menos até aos 61,6 kWh, mantém a viabilidade económica da solução, contudo, economicamente não foram obtidas soluções melhores em comparação à solução ótima.

A inclusão de armazenamento, apesar de aumentar a autossuficiência da instalação, o mesmo não se verifica no comportamento da variável de VAL. Ao incluir armazenamento, o VAL apresenta tendência a diminuir quanto mais autossuficiente for a instalação.

Em comparação à solução ótima 134 sem armazenamento, apesar de o Valor atual líquido ter diminuído com a inclusão de armazenamento, através da Tabela 4.12, verifica-se que a inclusão de armazenamento aumenta o autoconsumo da instalação e conseqüentemente reduz a energia não aproveitada pelo sistema denominada como “desperdício”.

Tabela 4.12 - Resumo das soluções com armazenamento em comparação com a solução ótima 134

Solução	Armazenamento ³ [kWh]	Investimento [€]	Autossuficiência [%]	Autoconsumo [€]	Desperdício ⁴ [%]	VAL [€]
401	16,0	77 526	39,4%	84,6%	15,4%	30 907
402	32,0	86 781	40,1%	86,3%	13,7%	23 673
403	15,4	77 592	39,3%	84,6%	15,4%	30 766
404	30,8	86 915	40,1%	86,2%	13,8%	23 372
405	46,2	96 237	40,7%	87,6%	12,4%	15 800
406	61,6	105 559	41,3%	88,8%	11,2%	7 956
407	26,2	82 204	39,8%	85,5%	14,5%	27 287
134	-	63 391	36,3%	83,3%	16,7%	36 825

4.3.3. Solução ótima com redução de custo no armazenamento

Contudo, apesar de a inclusão de armazenamento não ser economicamente melhor que a solução ótima definida, esta opção continua a ser uma hipótese viável, pois armazena o excedente de produção enquanto a capacidade o permitir e fornece a energia armazenada quando necessário.

Nesta abordagem é considerada a hipótese de avaliar a situação em que o custo dos equipamentos de armazenamento sofre uma redução. Consideraram-se algumas das soluções de armazenamento apresentadas anteriormente – armazenamento de 15,4 kWh (solução 403), 26,2 kWh (solução 407), 30,8 kWh (solução 404), 46,2 kWh (solução 405) e 61,6 kWh (solução 406).

O Gráfico 4.13 demonstra a influência que a redução do custo dos equipamentos de armazenamento teria no VAL com reduções de 25%, 50% e 75%.

³ Por “Armazenamento” entende-se Capacidade de Armazenamento instalada

⁴ A variável denominada “desperdício” refere-se apenas a energia que não será utilizada pela instalação nem armazenada pelo sistema de armazenamento quando possível. Apesar de não ser objeto de estudo neste trabalho, a energia “desperdiçada” encontra-se relacionada com energia que apresenta a possibilidade de ser vendida para a rede.

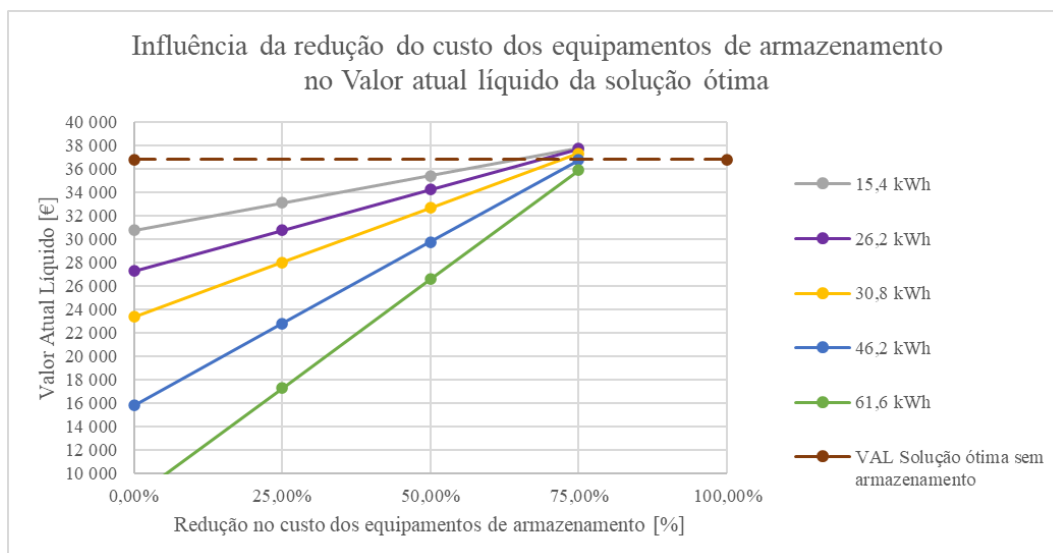


Gráfico 4.13 - Solução ótima com armazenamento com representação da redução de custo dos equipamentos de armazenamento.

Como complemento, pode-se confirmar através da Tabela 4.13, que as soluções atuais com armazenamento só se tornariam melhores economicamente em relação à solução ótima sem armazenamento, se o custo destes equipamentos reduzisse cerca de 75% em relação ao seu custo original.

Adicionalmente, para o consumo da instalação em estudo, a redução de custo dos equipamentos de armazenamento a 75% só seria viável até uma capacidade de 30,8 kWh, como se pode verificar em destaque na Tabela 4.13.

Tabela 4.13 - Comparação do VAL para diferentes capacidades de armazenamento e respetiva redução de custo com destaque nas soluções com VAL superior à solução 134.

Solução	Capacidade de armazenamento instalada [kWh]	VAL [€]	Redução de custo [%]
403	15,4	30 766	0%
501	15,4	33 096	25%
507	15,4	35 427	50%
516	15,4	37 757	75%
407	26,2	27 287	0%
522	26,2	30 771	25%
523	26,2	34 254	50%
524	26,2	37 737	75%
404	30,8	23 372	0%
502	30,8	28 033	25%
508	30,8	32 694	50%
517	30,8	37 355	75%
405	46,2	15 800	0%
503	46,2	22 792	25%
509	46,2	29 783	50%
518	46,2	36 775	75%
406	61,6	7 956	0%
504	61,6	17 278	25%
510	61,6	26 600	50%
519	61,6	35 922	75%

4.3.4. Alteração do comportamento de consumo

Uma outra abordagem estudada, foi a avaliação da influência do consumo da instalação não ser concentrado durante as horas de luz solar. Para que fosse possível este estudo, foi necessário converter o consumo real num consumo médio. Esta conversão consistiu na obtenção do total de consumo diário e na repartição deste valor de forma constante ao longo das 24 horas, tal como se pode verificar no Gráfico 4.14, o exemplo do consumo do mês de Março:

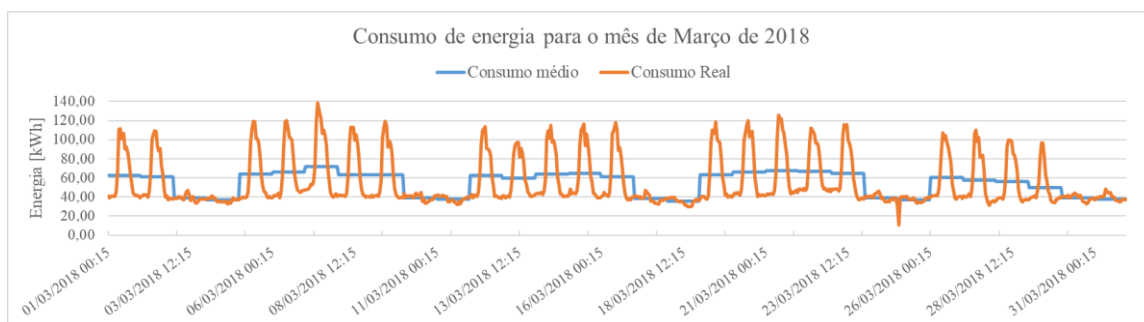


Gráfico 4.14 - Exemplo de conversão de consumos para o mês de Março.

O restante diagrama hipotético encontra-se em apêndice – Apêndice II.

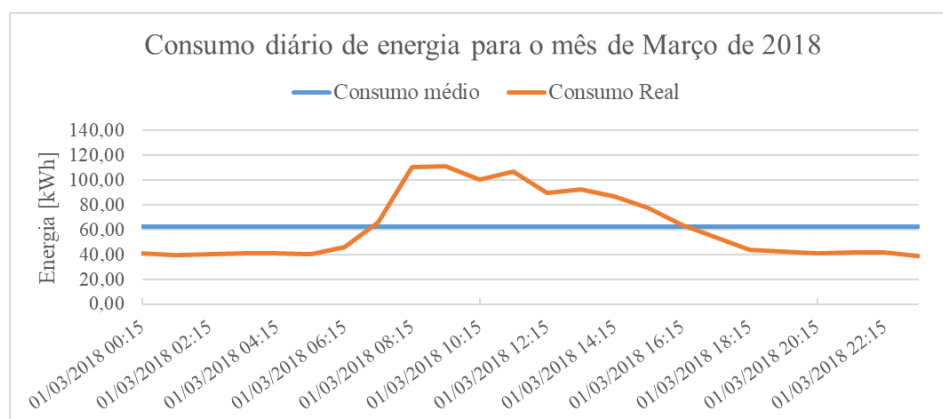


Gráfico 4.15 - Exemplo de conversão de consumos para um dia do mês de Março

Passando a assumir que a instalação apresenta consumos constantes ao longo do dia, tal como se pode verificar no Gráfico 4.15, é tomado o mesmo procedimento inicialmente referido em 4.3.1. No entanto, considerou-se a inclinação ótima definida na solução ótima inicial de 34° e as soluções de menor rácio custo/capacidade, de forma a determinar para o novo diagrama de cargas, a potência instalada ótima.

Como se pode observar no Gráfico 4.16 e na Tabela 4.14, com a alteração do comportamento de consumo, o valor ótimo de potência instalada sofre uma redução, passando a ser em torno dos 70 kWp.

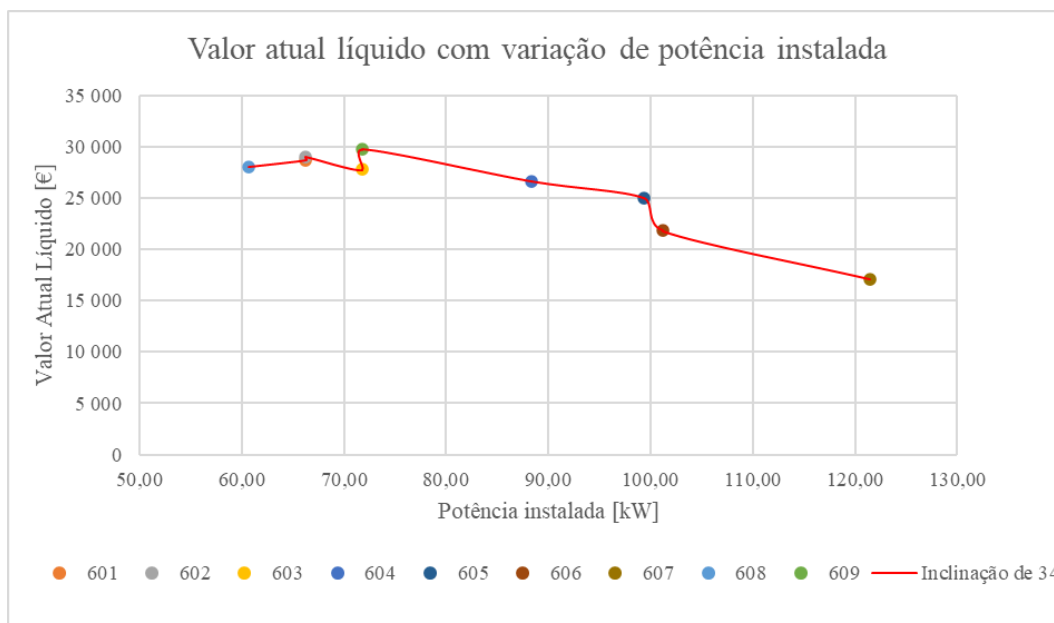


Gráfico 4.16 - Hipótese de soluções para um diagrama de carga com consumo médio, inclinação de 34° e soluções de menor custo

Tabela 4.14 - Resumo das soluções obtidas para diferentes potências considerando consumo médio, inclinação de 34° e equipamentos de menor custo – destaque na solução ótima

Solução	Potência instalada [kW]	VAL [€]
608	60,72	27 995
601	66,24	28 683
602	66,24	29 012
603	71,76	27 757
609	71,76	29 717
604	88,32	26 641
605	99,36	24 957
606	101,20	21 798
607	121,44	17 117

Tal como efetuado anteriormente no Gráfico 4.8, efetuou-se o mesmo procedimento, criando soluções onde a potência instalada variou em intervalos de 5 kW. Como se verifica no Gráfico 4.17, mesmo com intervalos menores de variação de potência, a solução ótima manteve-se, com um VAL de 29 717€ associado à solução 609.

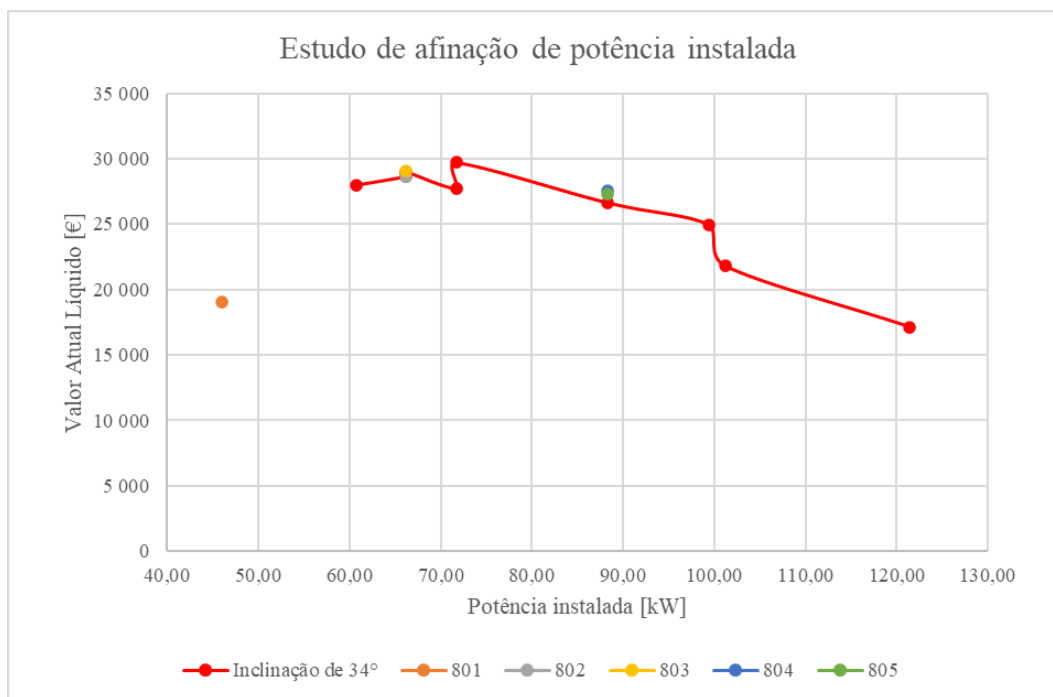


Gráfico 4.17 - Estudo de otimização de potência para um consumo médio

Sendo assim, para uma situação hipotética em que mantendo o consumo, mas onde não existem picos de consumo durante as horas disponíveis de energia solar, a solução ótima encontra-se resumida entre as tabelas Tabela 4.15 a Tabela 4.18, e é alcançada com a seguinte instalação:

Tabela 4.15 - Características do inversor utilizado na solução 609

Inversor				
Potência	Marca	Modelo	Quantidade	Custo total [€]
30 kW	Goodwe	GW30K-MT	2	5 931

Tabela 4.16 - Características do painel solar fotovoltaico utilizado na solução 609

Painéis Fotovoltaicos			
Potência	Marca	Quantidade	Custo total [€]
460 Wp	Longi	156	35 690

E é caracterizada por:

Tabela 4.17 - Características gerais da solução 609

Solução	Armazenamento	Potência instalada [kW]	Armazenamento ⁵ [kWh]	CashFlow [€]	Investimento [€]	Fator de Carga
609	Não	71,76	-	7 478	43 702	21,96%

⁵ Por "Armazenamento" entende-se Capacidade de Armazenamento instalada

Tabela 4.18 - Avaliação energética e económica da solução 609

Autossuficiência [%]	Autoconsumo [%]	Desperdício ⁶ [%]	VAL [€]	ROI	Payback Period [anos]	TIR [%]
26,9%	88,8%	11,2%	29 717	1,68	11,90	9,276%

Através do Gráfico 4.18 e da Gráfico 4.19, é possível visualizar o comportamento de consumo e de produção de energia para dois meses distintos, Agosto e Janeiro.

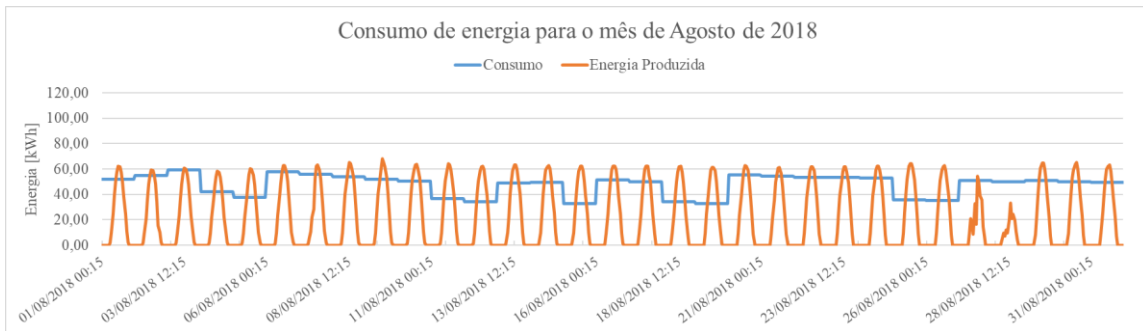


Gráfico 4.18 - Exemplo de Energia Produzida e de Energia Média Consumida através da solução 609 para o mês de Agosto de 2018

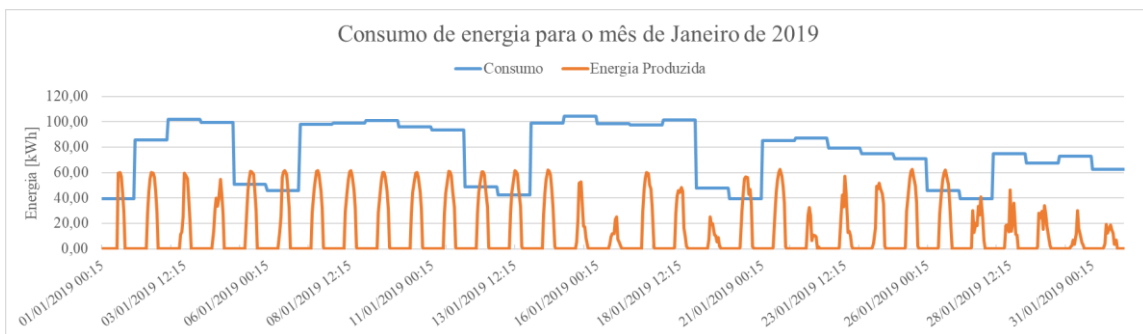


Gráfico 4.19 - Exemplo de Energia Produzida e de Energia Média Consumida através da solução 609 para o mês de Janeiro de 2019

⁶ A variável denominada “desperdício” refere-se apenas a energia que não será utilizada pela instalação nem armazenada pelo sistema de armazenamento quando possível. Apesar de não ser objeto de estudo neste trabalho, a energia “desperdiçada” encontra-se relacionada com energia que apresenta a possibilidade de ser vendida para a rede.

4.3.5. Solução ótima com Alteração do comportamento – inclusão de armazenamento

Como comparação à solução estudada em 4.3.2, irá ser feita a avaliação relativamente à inclusão de armazenamento e seguidamente será feita a avaliação de redução de custo do armazenamento.

Utilizaram-se algumas das capacidades de armazenamento referidas em 4.3.2 e obtiveram-se os resultados apresentados no Gráfico 4.20:

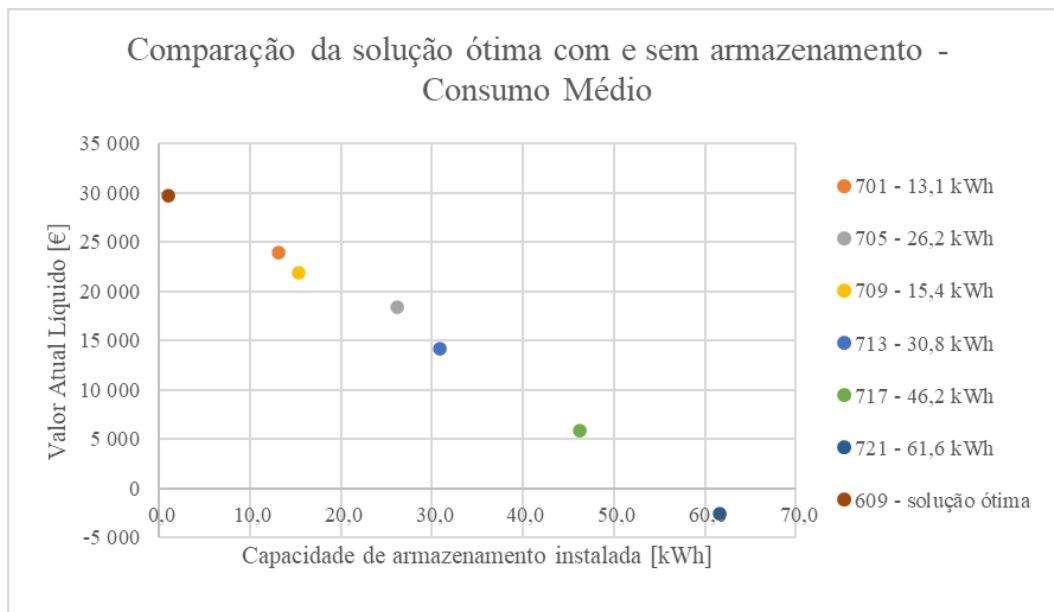


Gráfico 4.20 - Comparação do VAL entre a solução ótima 609 sem armazenamento, e com armazenamento com variações entre 15,4 kWh e 61,6 kWh

O comportamento observado é igual ou semelhante ao verificado com o consumo real da instalação, verifica-se que, com a inclusão de armazenamento o Valor Atual Líquido irá ser sempre inferior à solução ótima sem armazenamento. No entanto já se verifica que, para uma solução com a capacidade de armazenamento de 61,6 kWh, o VAL apresenta valores negativos.

Analisando o Gráfico 4.21 e a Tabela 4.19, são obtidos resultados semelhantes á abordagem de armazenamento considerando o consumo real, quanto maior a capacidade da bateria menor será o VAL da solução, no entanto maior será autossuficiência desta.

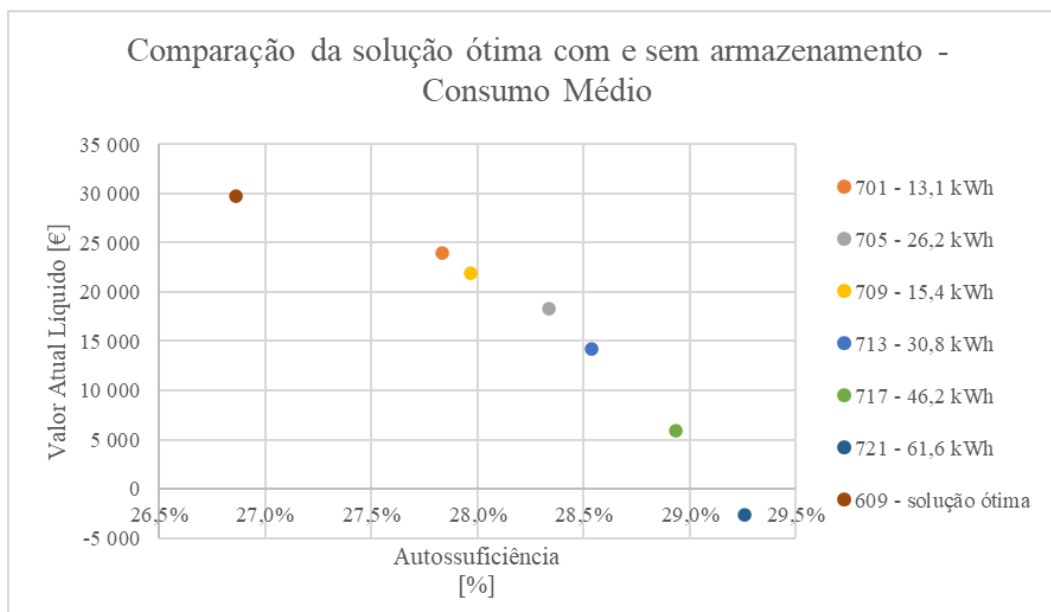


Gráfico 4.21 - Comparação entre a autossuficiência e o VAL para as soluções com e sem armazenamento – considerando o consumo médio da instalação

Tabela 4.19 - Resumo das soluções com armazenamento em comparação com a solução ótima 609

Solução	Armazenamento ⁷ [kWh]	Investimento [€]	Autossuficiência [%]	Autoconsumo [€]	Desperdício ⁸ [%]	VAL [€]
701	13,1	52 036	27,8%	92,1%	7,9%	23 948
705	26,2	59 003	28,3%	93,7%	6,3%	18 353
709	15,4	54 391	28,0%	92,5%	7,5%	21 949
713	30,8	63 713	28,5%	94,4%	5,6%	14 163
717	46,2	73 036	28,9%	95,7%	4,3%	5 877
721	61,6	82 358	29,3%	96,8%	3,2%	-2 609
609	-	43 702	26,9%	88,8%	11,2%	29 717

⁷ Por “Armazenamento” entende-se Capacidade de Armazenamento instalada

⁸ A variável denominada “desperdício” refere-se apenas a energia que não será utilizada pela instalação nem armazenada pelo sistema de armazenamento quando possível. Apesar de não ser objeto de estudo neste trabalho, a energia “desperdiçada” encontra-se relacionada com energia que apresenta a possibilidade de ser vendida para a rede.

4.3.6. Solução ótima com Alteração do comportamento – redução de custo no armazenamento

Acompanhando o procedimento tomado para análise da abordagem com consumo real, analisou-se a influência da redução de custo dos equipamentos de armazenamento de energia.

Para termo de comparação, utilizaram-se as mesmas soluções selecionadas em 4.3.3 – armazenamento de 15,4 kWh (solução 709), 26,2 kWh (solução 705), 30,8 kWh (solução 713), 46,2 kWh (solução 717) e 61,6 kWh (solução 721).

Analisando o Gráfico 4.22 verifica-se que, apesar da redução de custo dos equipamentos de armazenamento, nesta abordagem onde os consumos passam a ser distribuídos de forma equivalente ao longo do dia, não é encontrada uma solução que passe a ser economicamente melhor em relação à solução ótima sem armazenamento – solução 609.

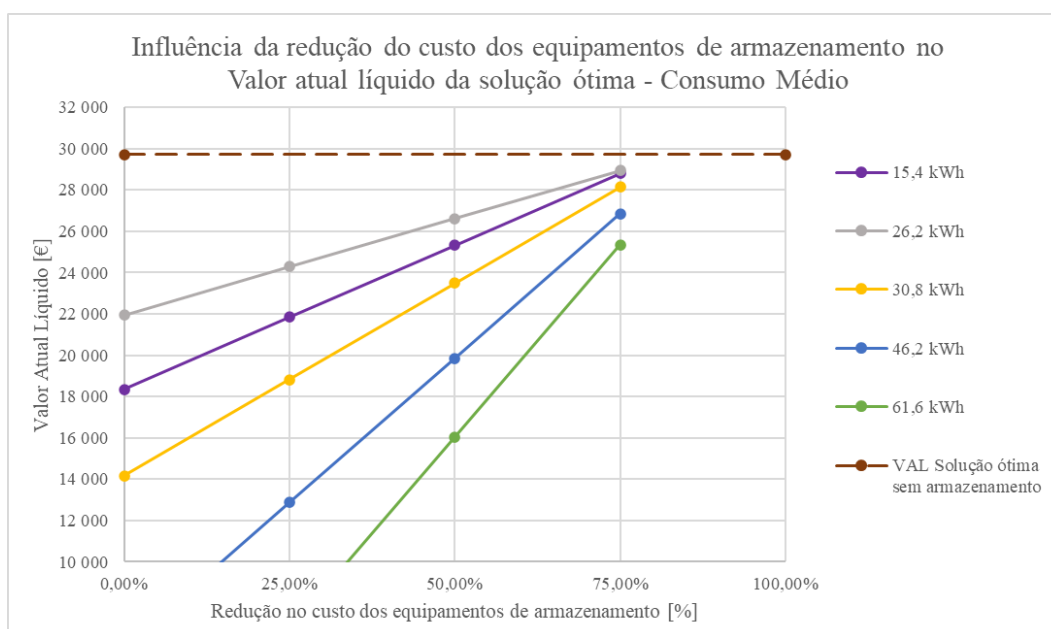


Gráfico 4.22 - Solução ótima 609 com armazenamento e representação da redução de custo dos equipamentos de armazenamento

Através da Tabela 4.20, confirma-se que nenhuma das soluções com redução de custo nos equipamentos de armazenamento se torna economicamente melhor em relação à solução ótima 609 sem armazenamento.

Tabela 4.20 - Resultados obtidos para as soluções de armazenamento com redução do custo original com um consumo médio (hipotético)

Solução	Capacidade de armazenamento instalada [kWh]	VAL [€]	Redução de custo [%]
709	15,4	21 949	0%
710	15,4	24 279	25%
711	15,4	26 610	50%
712	15,4	28 940	75%
705	26,2	18 353	0%
706	26,2	21 836	25%
707	26,2	25 319	50%
708	26,2	28 803	75%
713	30,8	14 163	0%
714	30,8	18 824	25%
715	30,8	23 485	50%
716	30,8	28 146	75%
717	46,2	5 877	0%
718	46,2	12 869	25%
719	46,2	19 860	50%
720	46,2	26 852	75%
721	61,6	-2 609	0%
722	61,6	6 713	25%
723	61,6	16 036	50%
724	61,6	25 358	75%
609	-	29 717	-

4.4. Resultados do Caso de Estudo

Com as diversas simulações foi possível determinar qual a potência ótima instalada para a instalação em estudo.

Foram adotadas duas metodologias de forma a definir qual poderia ser a solução ótima, que consistiram na seleção de equipamentos de menor custo e na seleção de equipamentos de melhor eficiência, sendo que a potência ótima foi obtida através de equipamentos de menor custo.

Após confirmação, verificou-se claramente que a solução 134, com uma potência instalada de 103,5 kW, seria a solução de maior Valor Atual Líquido.

Seguidamente averiguou-se a influência da inclusão de um sistema de armazenamento na solução ótima 134. Verificou-se que apesar de todas as soluções de armazenamento estudadas serem viáveis e reduzirem o valor do VAL em relação à solução ótima, o índice de autossuficiência e o Índice de autoconsumo foram sempre superiores à referência obtida com a solução 134.

Após verificado que a inclusão de um sistema de armazenamento com os custos de armazenamento atuais, torna-se economicamente pior que uma solução sem armazenamento, avaliou-se uma situação hipotética, onde apenas os custos destes equipamentos de armazenamento de energia sofrem uma redução de custo em relação ao seu custo original. Foram estudadas as hipóteses onde estes sistemas têm reduções de custo de 25%, 50% e de 75% em

relação ao custo original. Verificou-se que, até à capacidade de armazenamento de 30,8 kWh e a partir de 75% de redução de custos nos equipamentos de armazenamento, as soluções estudadas passariam a ser uma hipótese de solução economicamente viável e de VAL superior à solução ótima sem armazenamento.

Uma outra avaliação efetuada consistiu, novamente considerando uma situação hipotética, onde o consumo da instalação sofre uma transformação – os consumos de energia diários deixam de apresentar um pico de consumo durante as horas de exposição solar e a instalação passa a ter um consumo constante ao longo das 24 horas, mantendo o consumo total diário de energia.

Com a alteração do comportamento de consumo da instalação, em que, esta apresentaria consumos dispersos ao longo de todo o dia, invés de se concentrar durante as horas de luz solar, a necessidade de potência instalada seria inferior em comparação à solução ótima para o consumo real da instalação.

Após a verificação, confirmou-se que a solução 609 seria a solução ótima para esta abordagem hipotética considerada.

As tabelas 4.21 e 4.22 resumem as soluções 134 e 609.

Tabela 4.21 - Comparação entre soluções 134 e 609

Solução	Armazenamento	Potência instalada [kW]	Armazenamento ⁹ [kWh]	CashFlow [€]	Investimento [€]	Fator de carga
134	Não	103,50	-	10 207	63 391	21,96%
609	Não	71,76	-	7 478	43 702	21,96%

Tabela 4.22 - Comparação de Avaliação energética e económica das soluções 134 e 609

Autossuficiência [%]	Autoconsumo [%]	Desperdício ¹⁰ [%]	VAL [€]	ROI	Payback Period [anos]	TIR [%]
36,3%	83,3%	16,7%	36 825	1,58	12,65	7,935%
26,9%	88,8%	11,2%	29 717	1,68	11,90	9,276%

Em relação a esta situação hipotética de alteração do comportamento de consumo também foi estudada a hipótese de inclusão de armazenamento de energia. Verificou-se novamente os mesmos resultados que na abordagem com armazenamento e consumos reais – a inclusão de

⁹ Por “Armazenamento” entende-se Capacidade de Armazenamento instalada

¹⁰ A variável denominada “desperdício” refere-se apenas a energia que não será utilizada pela instalação nem armazenada pelo sistema de armazenamento quando possível. Apesar de não ser objeto de estudo neste trabalho, a energia “desperdiçada” encontra-se relacionada com energia que apresenta a possibilidade de ser vendida para a rede.

armazenamento reduz o Valor Atual Líquido e aumenta o índice de autossuficiência e o índice de autoconsumo.

Finalizando o estudo da abordagem com o consumo hipotético, avaliou-se, tal como na abordagem de consumo real da instalação, a influência da redução do custo dos equipamentos de armazenamento de energia.

As soluções de armazenamento, ao terem uma redução no seu custo apresentaram um comportamento semelhante ao demonstrado nas hipóteses de solução consideradas na abordagem de consumo real e ao terem também, uma redução no seu custo. Ou seja, ambas as soluções demonstraram que se tornariam melhores economicamente ao ser reduzido o custo associado aos equipamentos de armazenamento de energia.

Contudo, ao comparar ambas as abordagens, observou-se uma diferença crucial, a solução de consumo hipotético, sendo este um consumo constante, não apresentou, mesmo com a redução de custo dos equipamentos de armazenamento de energia, uma solução que fosse economicamente melhor que a solução ótima sem armazenamento.

Capítulo V

Conclusões e

Desenvolvimentos Futuros

Resumo:

Neste capítulo apresenta-se as conclusões relativas às abordagens estudadas e também são enunciados desenvolvimentos futuros do tema desenvolvido.

Capítulo 5

5. Conclusões

Esta dissertação teve como principal objetivo definir qual a melhor solução de instalação fotovoltaica e seus componentes, que seja a mais favorável e economicamente viável numa instalação de serviços técnicos de uma câmara municipal, suportada no seu diagrama de cargas anual.

Sendo a produção de energia fotovoltaica um recurso em crescimento, surge a necessidade de tirar o máximo proveito desta. Nesta dissertação foram referidos dois métodos de otimizar o aproveitamento desta tecnologia, sendo que, os métodos referidos surgem com o conceito do autoconsumo. Ambos os métodos servem então, para beneficiar o consumidor/produzidor de energia, evitando o excedente de energia produzida de duas formas – através da alteração do comportamento de consumo e/ou através da inclusão de um sistema de armazenamento.

Foram também abordadas algumas das tecnologias de armazenamento existentes, comparando as suas características técnicas e económicas, indicando que para aplicação em sistemas de produção de energia fotovoltaica, a utilização de baterias será a mais indicada.

O estudo efetuado permitiu identificar parâmetros essenciais na definição dos elementos constituintes de um parque fotovoltaico, tais como, por exemplo, a potência a instalar de acordo com o diagrama de cargas da instalação em estudo, a variação da produção de energia com diferentes inclinações dos módulos, a influência da temperatura na produção de energia, e a relação entre optar por equipamentos de menor rácio custo/capacidade ou equipamentos de melhor eficiência.

Pela forma como este estudo foi executado, ou seja, com base na análise horária de consumo e produção de energia, a criação do algoritmo e de uma folha de cálculo auxiliar por forma a complementar e estruturar toda a informação necessária foi fundamental. O facto de este algoritmo ser executado de forma horária permitiu simular o comportamento do sistema de armazenamento de forma mais exata, considerando sempre o consumo real e evitando estimativas, médias ou a consideração de um mês que exija maior necessidade de consumo em relação aos restantes.

Com as abordagens estudadas e respetivas análises económicas foram diversas as conclusões possíveis de retirar:

Com o estudo efetuado na primeira abordagem, tendo esta o objetivo de determinar a solução ótima para o diagrama de cargas em análise, foi possível observar que adotando equipamentos com menor rácio de custo/capacidade, atingem-se Valores Atuais Líquidos superiores a soluções onde a seleção de equipamentos teve por base os melhores valores de eficiência.

Com isto a solução ótima é descrita através da Tabela 5.1:

Tabela 5.1 - Resumo da solução ótima sem armazenamento

Solução	Potência instalada [kW]	CashFlow [€]	Investimento [€]	Fator de Carga	Autossuficiência [%]	Autoconsumo [%]	VAL [€]	ROI	Payback Period [anos]	TIR [%]
134	103,50	10 207	63 391	21,96%	36,3%	83,3%	36 825	1,58	12,65	7,935%

A segunda abordagem permitiu efetuar a avaliação da inclusão de armazenamento. Apesar das soluções implementadas de armazenamento – desde os 15,4 kWh até 61,6 kWh – demonstrarem que beneficiariam a instalação aumentando a sua autossuficiência da rede, o mesmo não se verifica no VAL.

Tanto o custo elevado dos sistemas de armazenamento, como o facto do consumo se concentrar durante as horas de luz solar poderão ser fatores decisivos no dimensionamento da instalação.

Sendo assim, avaliou-se o qual dos fatores poderá ter mais influência, a alteração do comportamento de consumo ou a redução no custo das baterias.

A terceira abordagem avaliou um destes fatores – redução no custo das baterias – onde para a solução ótima encontrada se incluíram as mesmas capacidades de armazenamento utilizadas na segunda abordagem, mas com reduções no custo original dos equipamentos de armazenamento de 25%, 50% e 75%.

Verificou-se que, até à capacidade de armazenamento de 30,8 kWh e a partir de 75% de redução de custos nos equipamentos de armazenamento, as soluções estudadas passariam a ser uma hipótese de solução economicamente melhor, com VAL superior à solução ótima sem armazenamento.

Novamente, com a quarta abordagem efetuou-se a avaliação de inclusão de sistema de armazenamento e posterior redução no custo deste equipamento. Verificou-se que o mesmo comportamento que na segunda abordagem - a inclusão de armazenamento reduz o Valor Atual Líquido e aumenta o índice de autossuficiência e o índice de autoconsumo.

Sendo assim, a quarta abordagem, com a alteração do comportamento de consumo da instalação, em que, esta apresentaria consumos dispersos ao longo de todo o dia, invés de se concentrar durante as horas de luz solar, demonstrou que a necessidade de potência instalada seria inferior em comparação à solução ótima para o consumo real da instalação.

Com isto a solução ótima para um consumo médio é descrita através da Tabela 5.2:

Tabela 5.2 - Resumo da solução ótima sem armazenamento e com consumo médio

Solução	Potência instalada [kW]	CashFlow [€]	Investimento [€]	Fator de Carga	Autossuficiência [%]	Autoconsumo [%]	VAL [€]	ROI	Payback Period [anos]	TIR [%]
609	71,76	7 478	43 702	21,96%	26,9%	88,8%	29 717	1,68	11,90	9,276%

Novamente, com a quinta abordagem efetuou-se a avaliação da redução no custo dos equipamentos de armazenamento. Verificou-se que o mesmo comportamento que na segunda abordagem - a inclusão de armazenamento reduz o Valor Atual Líquido e aumenta o índice de autossuficiência e o índice de autoconsumo.

Ou seja, ambas as soluções demonstraram que se tornariam melhores economicamente ao ser reduzido o custo associado aos equipamentos de armazenamento de energia.

A alteração no comportamento de consumo da instalação irá reduzir a necessidade de potência instalada e assim, irá haver menos excedente de produção, ao introduzir um sistema de armazenamento, a sua utilização não será tão intensiva, não compensando o investimento para aproveitamento do excedente. Não foi verificada nenhuma solução economicamente superior à solução sem armazenamento, mesmo após a redução do custo dos sistemas de armazenamento.

Com os consumos atuais, a instalação beneficiará tanto de um sistema de produção de energia sem armazenamento como de um sistema de produção com armazenamento. Não se verificou a necessidade de alteração no diagrama de cargas para beneficiação económica do sistema.

A decisão de inclusão de armazenamento, ainda não se verifica como uma opção economicamente superior a uma solução sem armazenamento. Contudo, esta afirmação é verdadeira considerando os custos de armazenamento atuais.

É bastante importante ressaltar que os resultados obtidos dependem de diversos fatores económicos, que vão desde os custos dos sistemas de armazenamento, custos de operação e manutenção, a taxa de juro aplicada, bem como o preço da energia adquirida à rede elétrica que pode experimentar alterações ano após ano, assim como a variação dos perfis de consumo.

Com os resultados obtidos, pode-se afirmar que os objetivos desta dissertação foram atingidos.

5.1. Desenvolvimentos Futuros

Durante o desenvolvimento do trabalho foram frequentemente identificadas oportunidades para aprofundar diferentes aspetos do tema.

As soluções estudadas com armazenamento tiveram em consideração que o tempo de vida útil do equipamento de armazenamento fosse equivalente ao tempo de vida útil dos equipamentos de

produção, o que não representa a realidade. Para que fosse ainda mais representativo da realidade, o algoritmo deveria ter em conta a perda de rendimento de todos os equipamentos e a renovação do armazenamento após o seu fim de vida útil.

O algoritmo apresentado foi desenvolvido através da ferramenta Microsoft Office Excel, e um dos trabalhos que se poderia desenvolver em torno deste algoritmo seria a sua implementação num software que fosse mais *user-friendly*. Uma outra sugestão consiste à mesma na implementação deste algoritmo numa folha de cálculo, no entanto, seria necessário existirem bases de dados de apoio à folha por forma a que a sua utilização fosse fluída.

Fora a melhor forma como este algoritmo poderia ser implementado, o método associado poderia experimentar algumas alterações com o objetivo de melhorar o algoritmo e de o tornar mais próximo à realidade, e tais alterações poderiam ser:

- Introdução de uma ferramenta no algoritmo para otimização da solução – Com o intuito de determinar automaticamente a potência a instalar e a capacidade de armazenamento ótimas em conjunto com os equipamentos a selecionar;
- Definição do parâmetro “área” como restrição;
- Nova opção no algoritmo que consiste na decisão de venda do excedente de energia à rede elétrica;
- Inclusão do parâmetro “tarifa horária” como fator de decisão aquando da existência de excedente de energia, ou seja, gerir a carga e descarga da bateria com base também na tarifa praticada no mercado de energia.
- Incorporação de mais um fator que pudesse influenciar a produção de energia – Velocidade do vento.
- Consideração do parâmetro associado à produção de energia anual – fator de depreciação dos módulos fotovoltaicos.
- Integrar a renovação do sistema de armazenamento na solução adotada após fim de vida útil deste.

Finalmente, seria interessante, caso fosse implementada a solução ótima, identificar a melhoria real da instalação em termos de redução de consumo energético.

Referências Bibliográficas

Bibliografia

- [1] E. M. Costa e C. R. Cangussú, “Matriz Energia,” 11 Setembro 2020. [Online]. Available: <https://www.matrizenergia.com/post/energia-ao-longo-do-tempo>. [Acedido em 2022].
- [2] “Infografia – Como é produzida e vendida a eletricidade da UE?,” Conselho Europeu, [Online]. Available: <https://www.consilium.europa.eu/pt/infographics/how-is-eu-electricity-produced-and-sold/>.
- [3] A. C. C. MONTEIRO, *Aplicação de painéis solares em edifícios públicos para autoconsumo fotovoltaico*, 2018.
- [4] ADENE, “Eficiência Energética na Indústria,” [Online]. Available: <https://www.adene.pt/industria/>.
- [5] F. Jesus, “Vantagens e desvantagens das baterias nos sistemas solares fotovoltaicos,” Portal da Energia - Energias Renováveis, 5 Maio 2019. [Online]. [Acedido em 2022].
- [6] D. F. C. S. Monteiro, *Dimensionamento de um Sistema de Armazenamento de Energia para Edifícios Residenciais Utilizando Energia Solar Fotovoltaica*, Universidade de Coimbra, 2017.
- [7] D. Moor, *Planning and Installing Photovoltaic Systems*, The German Energy Society, 2008.
- [8] C. R. –. LNEG/UEREE, *Sistemas Eléctricos (Solar Fotovoltaico)*, https://www.lneg.pt/wp-content/uploads/2022/05/LIFE-ReNatural-NZEB_Sistemas_PV_20220518_CRodrigues_18-maio.pdf, 2022.
- [9] G. M. Masters, “Renewable and Efficient Electric Power Systems,” *Photovoltaic Systems*, pp. 291 - 372, 2004.
- [10] P. Reis, “Vantagens e desvantagens dos sistemas solares híbridos,” Portal Energia - Energias Renováveis, 11 Junho 2018. [Online]. Available: <https://www.portal-energia.com/vantagens-desvantagens-sistemas-solares-hibridos/>. [Acedido em 2022].
- [11] Z. Hyder, “Compared: Grid-tied, off-grid, and hybrid solar systems,” 2022. [Online]. Available: <https://www.solarreviews.com/blog/grid-tied-off-grid-and-hybrid-solar-systems>. [Acedido em 2022].
- [12] J. Carneiro, “Módulos fotovoltaicos Características e associações,” Universidade do Minho, Escola de Ciências, Departamento de Física, Guimarães, 2010.
- [13] F. M. D. O. Nunes, *Fontes de Energia Renovável*, 2021.
- [14] Hepel Energia Solar, “Monocristalino VS Policristalino,” 2019. [Online]. Available: <https://hepel.com.br/monocristalino-vs-policristalino>. [Acedido em 2022].

- [15] A. Sendy, “What are thin film solar panels, how do they work and why aren’t they used for residential solar systems?,” 2021. [Online]. Available: <https://www.solarreviews.com/blog/thin-film-solar-panels>.
- [16] Y. G. a. R. Andriessen, *Third Generation Photovoltaics*, Vasilis Fthenakis, 2012.
- [17] National Renewable Energy Laboratory, “Best Research-Cell Efficiency Chart,” [Online]. Available: <https://www.nrel.gov/pv/cell-efficiency.html>. [Acedido em 2022].
- [18] SolarReviews, “Best solar inverters,” [Online]. Available: <https://www.solarreviews.com/solar-inverter-reviews>. [Acedido em Janeiro 2023].
- [19] K. Tanwar, “Micro-Inverters Vs Central Inverters, Which Is Better?,” Novembro 2021. [Online]. Available: <https://news.loomsolar.com/utility-scale/microinverter-and-string-inverters/>. [Acedido em Janeiro 2023].
- [20] B. J. M. F. d. Silva, *Gestão do Lado da Procura numa Rede Elétrica de Distribuição Inteligente Incluindo Energias Renováveis*, 2018.
- [21] S. I. Qurat-Ul- Ain, *User Comfort Enhancement in Home Energy Management Systems using Fuzzy Logic*, 2019.
- [22] P. Z. e. L. Z. L. Zhang, "Load Shifting: A Review of Strategies and Benefits," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2023.
- [23] Y. W. e. Z. W. M. Wang, "The Impact of Load Shifting on Power Grid Stability," *Energies*, 2022.
- [24] S. K. a. S. K. S. Kumar, “Load Shifting for Sustainable Energy Systems,” *Journal of Cleaner Production*, 2021.
- [25] I. Z. J. S. M. V. A. P. E. J.I. San Martín, “Energy Storage Technologies for Electric Applications,” 2011.
- [26] Portal Solar, “Armazenamento de energia solar fotovoltaica,” [Online]. Available: <https://www.portalsolar.com.br/armazenamento-de-energia-solar-fotovoltaica>. [Acedido em Janeiro 2023].
- [27] EPECTEC, “BATTERY CELL COMPARISON,” [Online]. Available: <https://www.epectec.com/batteries/cell-comparison.html>.
- [28] M. Roser, “The world’s energy problem,” Our World in Data, Dezembro 2020. [Online]. Available: <https://ourworldindata.org/worlds-energy-problem>. [Acedido em 2022].
- [29] ENEL Green Power, “Energia Verde: o presente e o futuro da eletricidade,” [Online]. Available: <https://www.enelgreenpower.com/pt/learning-hub/energias-renoveveis>. [Acedido em 2023].
- [30] Observatório da Energia, DGEG, ADENE, “Energia em Números - Edição 2022,” ADENE, 2022.
- [31] APREN, “Evolução da Potência Instalada em Portugal,” [Online]. Available: <https://www.apren.pt/pt/energias-renovaveis/potencia>. [Acedido em 2022].

- [32] REN, “Dados Técnicos de 2021,” https://www.ren.pt/files/2022-06/2022-06-22100141_7a820a40-3b49-417f-a962-6c4d7f0373537319a1b4-3b92-4c81-98d7-fea4bfefafcd31ffe8fd-387e-419a-a3b7-03196e074cc3FileSpt1.pdf, 2021.
- [33] P. J. Amaral, “Notícias APREN - Evolução do Solar PV em Portugal: Mitos e factos,” [Online]. Available: <https://www.apren.pt/contents/communicationpressrelease/artigo-de-opiniao--evolucao-energia-solar-em-portugal-4283.pdf>.
- [34] S. r. m. ©. 2. Solargis, “SOLARGIS,” [Online]. Available: <https://solargis.com>.
- [35] DGEG, “Produção anual e potência instalada,” 2021. [Online]. Available: <https://www.dgeg.gov.pt/pt/estatistica/energia/eletricidade/producao-anual-e-potencia-instalada/>.
- [36] P. M. R. d. S. Costa, *Simulação de Soluções de Autoconsumo Fotovoltaico - Viabilidade do Armazenamento no Sector Residencial*, 2016.
- [37] GALP, “Fornecimento de energia,” [Online]. Available: <https://www.galp.com/pt/pt/empresas/eletricidade-e-gas/Apoio-ao-Cliente/Centro-de-Informacao/Fornecimento-de-Energia>. [Acedido em 2022].
- [38] *Diário da República - DL nº17/96 de 8 de março*.
- [39] “DB City - Almada,” [Online]. Available: <https://pt.db-city.com/Portugal--Set%C3%BAbal--Almada>. [Acedido em 2022].
- [40] *Gestão do Lado da Procura numa Rede Elétrica de Distribuição Inteligente Incluindo Energias Renováveis*.
- [41] GALP, “Fornecimento de Energia,” [Online]. Available: <https://www.galp.com/pt/pt/empresas/eletricidade-e-gas/Apoio-ao-Cliente/Centro-de-Informacao/Fornecimento-de-Energia>. [Acedido em 2022].

Apêndices

Resumo:

Neste segmento estão apresentados os cálculos efetuados através da folha de cálculo de apoio ao algoritmo. É demonstrada a forma como é feita a validação da solução de equipamentos adotada. Consta também nos apêndices, os diagramas de cargas considerados, são apresentados os consumos reais e os hipotéticos. Como complemento e resumo, existe um apêndice com a informação de todas as simulações efetuadas e referidas nesta dissertação.

Índice dos Apêndices

Apêndice I

Cálculos de apoio à definição e verificação da Instalação

Apêndice II

Diagramas de carga hipotético da instalação de serviços técnicos de uma câmara municipal

Apêndice III

Fluxograma representativo do algoritmo de gestão de energia

Apêndice IV

Listagem das soluções obtidas

Apêndice I

Cálculos de apoio à definição e verificação da Instalação

Anexo - Definição e Verificação da Instalação

A. Tratamento de dados

Por forma a dar início ao tratamento de dados de consumos de uma instalação existe a necessidade de que estes sejam apresentados em intervalos horários, e não em intervalos de quartis horários. Como tal, efetuou-se a média do consumo dos quartis em cada hora por forma a determinar o consumo médio em cada hora, tal como se pode observar em exemplo na Tabela a:

Tabela a - Exemplo de transformação de dados de quartis horários para dados horários

Data	Hora	Data Hora	Potência Ativa [kW]	Dados horários [kW]
2018/03/01	00:15	2018/03/01 00:15	39	41
2018/03/01	00:30	2018/03/01 00:30	40	-
2018/03/01	00:45	2018/03/01 00:45	43	-
2018/03/01	01:00	2018/03/01 01:00	43	-

Na tabela anterior, pode-se ter como exemplo, em que ao efetuar a média das potências nos quatro quartis resultará em 41 kW, por forma a determinar qual a energia consumida nesta hora poderá utilizar-se a seguinte expressão (Equação A):

$$E = P \times \Delta t \quad \text{Equação A}$$

Onde E representa Energia em kWh, P Potência ativa em kW e Δt o intervalo de tempo definido, que neste tratamento de dados trata-se de $\Delta t = 1 h$.

B. Dimensionamento e verificação das condições na instalação

Através da folha de cálculo de apoio ao algoritmo, após a seleção dos equipamentos e da definição de potência a instalar é necessário determinar a adequabilidade destes à potência definida.

Para que esta folha de apoio efetue a verificação são necessários os seguintes dados:

Tabela b - Tabela resumo proveniente da folha de cálculo auxiliar que resume os dados necessários à definição da instalação

Potência a instalar no parque [KWp]	Potência de cada Painel [KWp]	Radiação global máxima fornecida pelo pvgis [kW]	Potência escolhida do[s] inversores [kW] AC
Pot. UPP [KWp]	Pot. Mod. [KWp]	Pmax [W]	Pot. Inv. [KW]
100,0	0,460	1122,5	30,0

Tabela c – Continuação da tabela resumo proveniente da folha de cálculo auxiliar que resume os dados necessários à definição da instalação

Tensão do Inversor - Umpp [V]	Tensão no painel solar - Umpp [V]	Informação relativa à tensão de circuito aberto dos módulos	Temperatura máxima do ar	Coefficiente de temperatura Voc
Umpp Inv. [V]	Umpp Mod. [V]	U Mod OC [V]	[°C]	[%/°C]
1100,0	41,9	49,7	37,7	-0,3

A estrutura de verificação da instalação apresenta a seguinte organização, e cada variável será posteriormente explanada:

Tabela d - Determinação de soluções viáveis para constituição do parque fotovoltaico

Quantidade de Módulos	Quantidade de Inversores	Quantidade de módulos por inversor	Quantidade de Módulos por String	Quantidade de String por inversor	Arredondar por defeito Str./Inv.	Quantidade de módulos por inversor	Tensão real no inversor (V)	Valor máximo de input do inversor
n.º Mod.	Inversores	Mod/Inv.	Mod/Str	Str./Inv.	Str/Inv calc.	Mod/Inv calc.	U Inv (V)	U Inv OC (V)
217,4	3,0	72,46	26,3	2,8				
217,4	3,0	72,46	28,0	2,6	3,0	84,0	1173,2	1343,8
217,4	3,0	72,46	27,0	2,7	3,0	81,0	1131,3	1295,8
217,4	3,0	72,46	26,0	2,8	3,0	78,0	1089,4	1247,8
217,4	3,0	72,46	25,0	2,9	3,0	75,0	1047,5	1199,8
217,4	3,0	72,46	24,0	3,0	4,0	96,0	1005,6	1151,8

Após seleção dos modelos e potências/capacidade do(s) Inversor(es) e dos Painéis fotovoltaicos efetua-se o cálculo de:

a. Quantidade de prevista de módulos fotovoltaicos

A quantidade prevista de módulos fotovoltaicos na instalação terá como base o rácio entre a potência do parque desejada e a potência de pico do módulo selecionado:

$$n_{Mod} = \frac{P_{Parque}}{P_{Mod}} \quad \text{Equação B}$$

b. Quantidade de prevista de Inversores

A quantidade prevista de Inversores na instalação terá como base o rácio entre a potência do parque desejada e a potência do inversor selecionado:

$$n_{Inv} = \frac{P_{Parque}}{P_{Inv}} \quad \text{Equação C}$$

Após a determinação da quantidade prevista de inversores e de módulos fotovoltaicos, determina-se a quantidade prevista de módulos por inversor:

$$n_{Mod/Inv} = \frac{n_{Mod}}{n_{Inv}} \quad \text{Equação D}$$

Considerando a tensão do ponto de máxima potência de ambos equipamentos U_{MPP} , determina-se a quantidade prevista de módulos por fileira/string do inversor:

$$n_{Mod/fileira} = \frac{U_{MPP-Inv}}{U_{MPP-Mod}} \quad \text{Equação E}$$

c. Quantidade real de Inversores

Após determinado a quantidade prevista de inversores no sistema, efetua-se a variação deste termo em ± 2 , criando diversos cenários de quantidades de módulos por fileira.

Considerando cada quantidade de painéis por fileira simulados, determina-se a tensão real no inversor:

$$U_{Inv} = U_{MPP-Inv} \times [n \pm 2]_{Mod/fileira} \quad \text{Equação F}$$

Após o cálculo de várias quantidades de painéis por fileira e da respectiva tensão real no inversor efetua-se o cálculo da quantidade real¹ de fileiras por inversor:

$$n_{fileira/Inv} = \frac{n_{Mod/Inv}}{n_{Mod/fileira}} \quad \text{Equação G}$$

d. Quantidade real de Módulos fotovoltaicos

A quantidade real de módulos por inversor irá ser determinado para cada $[n \pm 2]$ possíveis soluções:

$$N_{Mod/Inv_real} = n_{fileira/Inv} \times [n \pm 2]_{Mod/fileira} \quad \text{Equação H}$$

e. Tensão real no Inversor

Concluindo a definição de quantidades de Módulos por fileira e de inversores calcula-se a tensão real no inversor para cada solução de painéis:

$$U_{inv} = U_{MPP-Mod} \times [n \pm 2]_{\frac{Mod}{fileira}} \quad \text{Equação I}$$

¹ Por quantidade real entende-se o arredondamento por excesso a número inteiro.

f. Verificação dos equipamentos selecionados

Após determinação dos equipamentos que constituem soluções viáveis efetua-se o orçamento associado a cada solução:

Tabela e - Definição do custo total das soluções viáveis - com destaque na solução de menor custo

Quantidade de painéis na instalação [un]	Quantidade de inversores [un]	Quantidade de baterias [un]	Preço Painéis [€]	Preço inversores [€]	Preço das baterias [€]	Custo de instalação [%]	Total [€]	Solução final
			228,78	2965,48	-	5,00		
-	-	-	-	-	-	-	-	Não
-	-	-	-	-	-	-	-	Não
234	3,0	-	53 534,52	8 896,44	-	3 121,55	65 552,51	Não
225	3,0	-	51 475,50	8 896,44	-	3 018,60	63 390,54	Sim
288	3,0	-	65 888,64	8 896,44	-	3 739,25	78 524,33	Não

De seguida efetua-se a análise da solução de menor custo, verificando se cumprem todos os requisitos:

- Tensão do inversor nominal – verificação observada na Tabela d;
- Máximo de corrente por fileira/string;
- Máximo de fileiras/strings permitidas pelo equipamento;
- Corrente máxima admissível.

A corrente estimada no inversor tem de se verificar inferior à corrente máxima admissível do equipamento, e é obtida através da Equação J:

$$I_{Inv} = \frac{P_{Inv_{prevista}}}{U_{inv}} \quad \text{Equação J}$$

A corrente estimada por fileira/string tem de se verificar inferior ao valor máximo de corrente por string é determinada através da Equação K:

$$I_{Str} = \frac{P_{fileira}}{U_{inv}} \leftrightarrow I_{fileira} = \frac{(P_{Inv_{prevista}} / n_{fileira/Inv})}{U_{inv}} \quad \text{Equação K}$$

Obtém-se assim a verificação efetuada na folha de cálculo de apoio ao algoritmo:

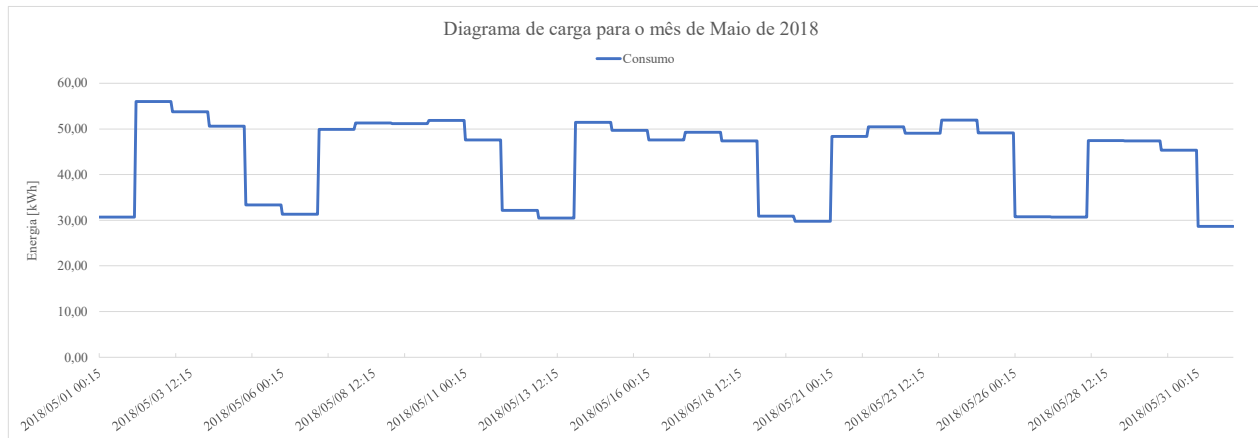
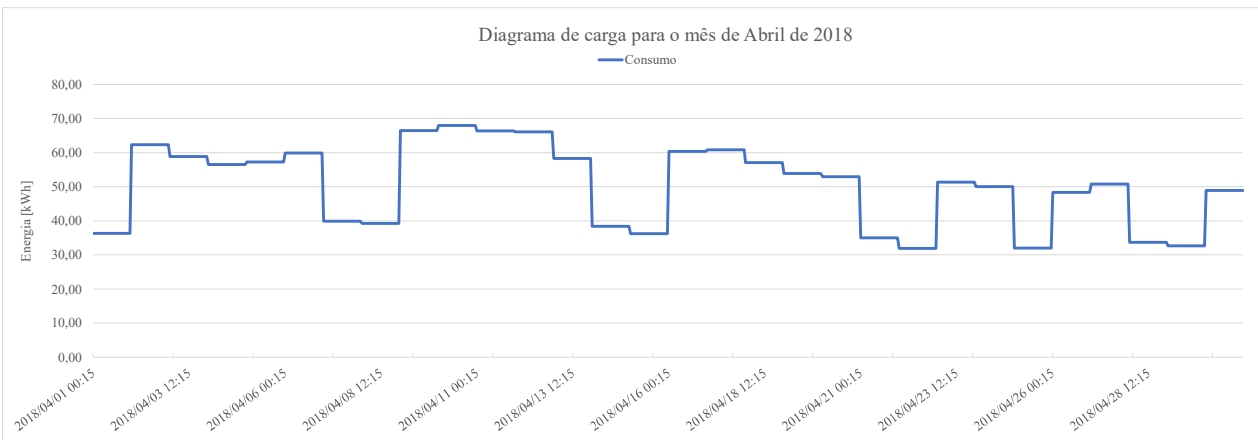
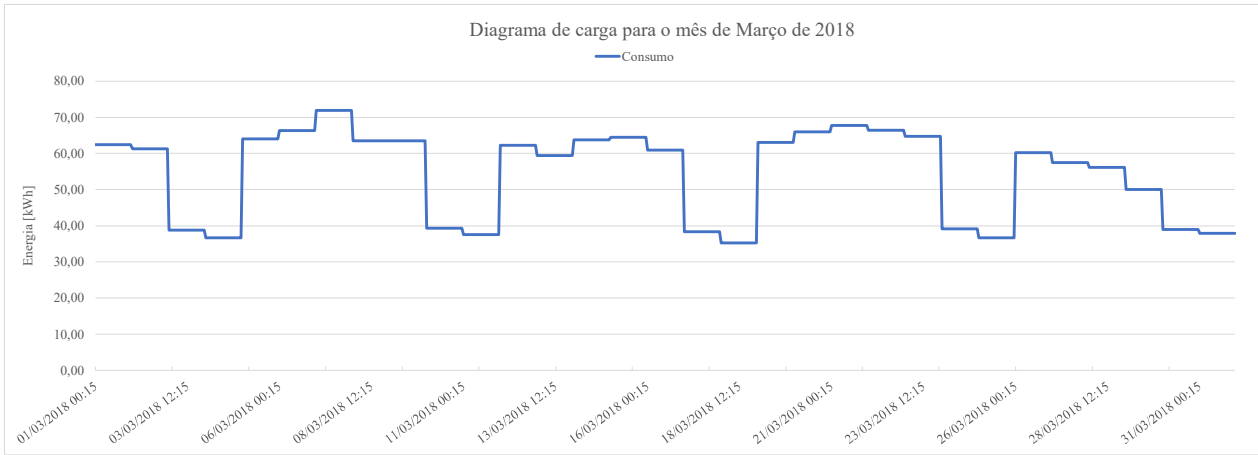
Tabela f - verificação das condições para cumprimento de requisitos – destaque nos dois parâmetros calculados

Máximo de corrente por string [A]	Corrente estimada por string I Str. (A)	Quantidade de rastreadores MPP	Número máximo de strings/fileiras	Total de strings permitidas no equipamento	Quantas strings previstas por inversor	Corrente máxima admissível [A]	I Inv. (A)	Cumpre requisitos?
-	-	-	-	-	-	-	-	não
-	-	-	-	-	-	-	-	não
-	-	-	-	-	-	-	-	não
25	9,88	3	2	6	3,0	48	29,6	ok
-	-	-	-	-	-	-	-	não

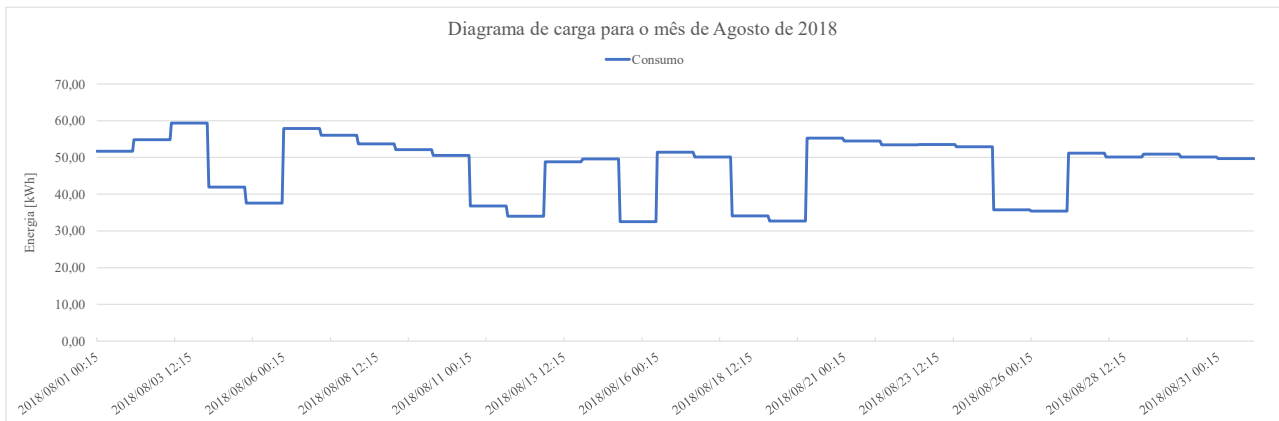
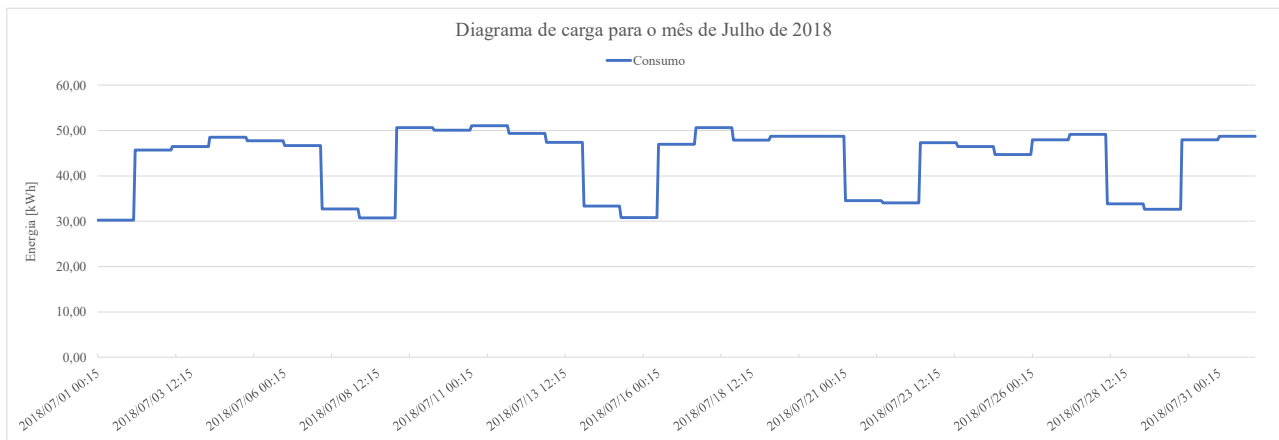
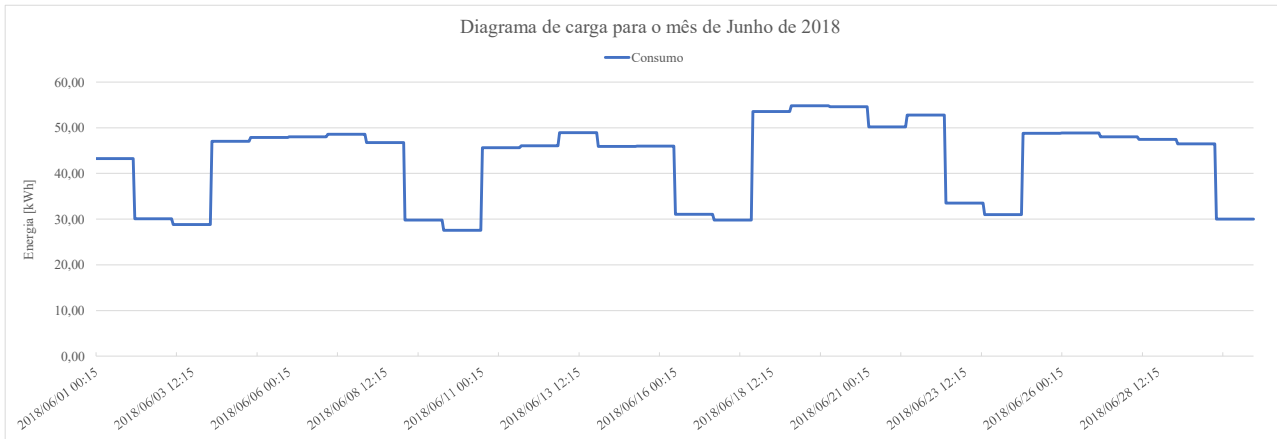
Apêndice II

Diagramas de carga hipotético da instalação de serviços técnicos de uma câmara municipal

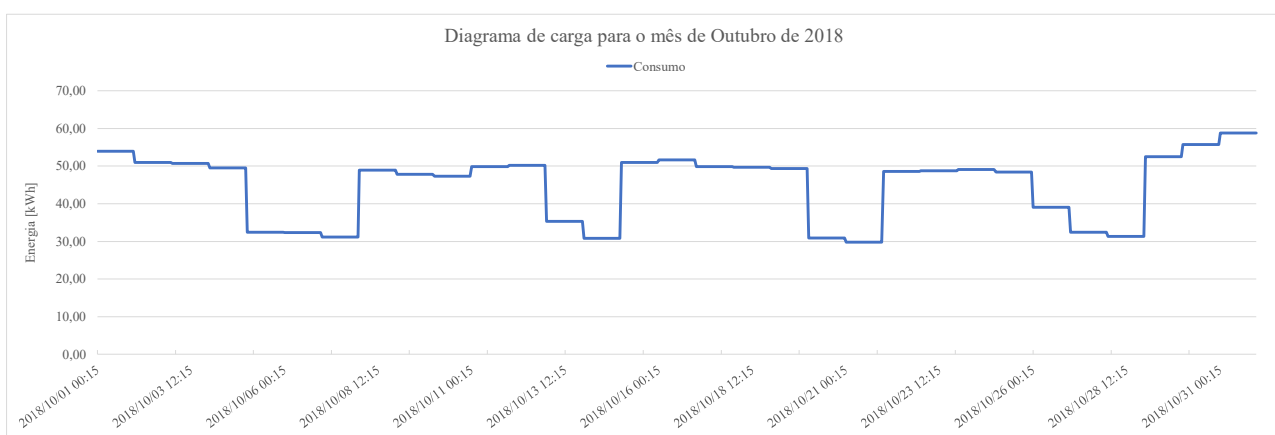
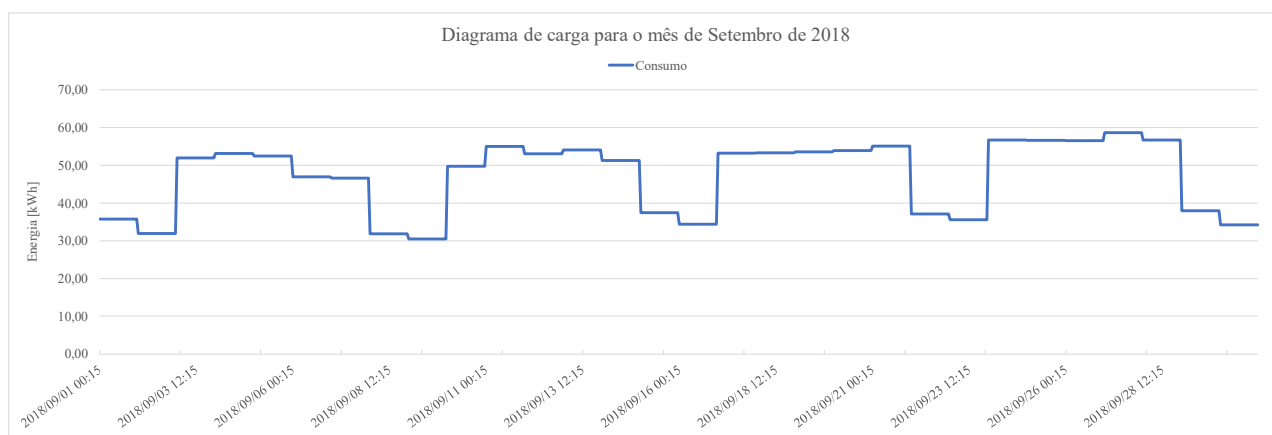
Dados de consumo hipotético (médio diário) relativos ao caso de Estudo - Almada



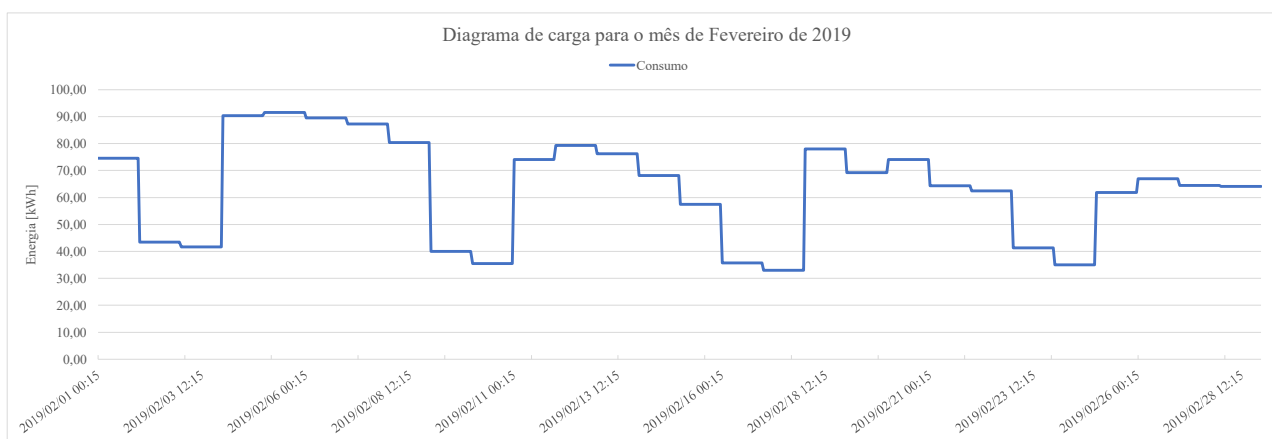
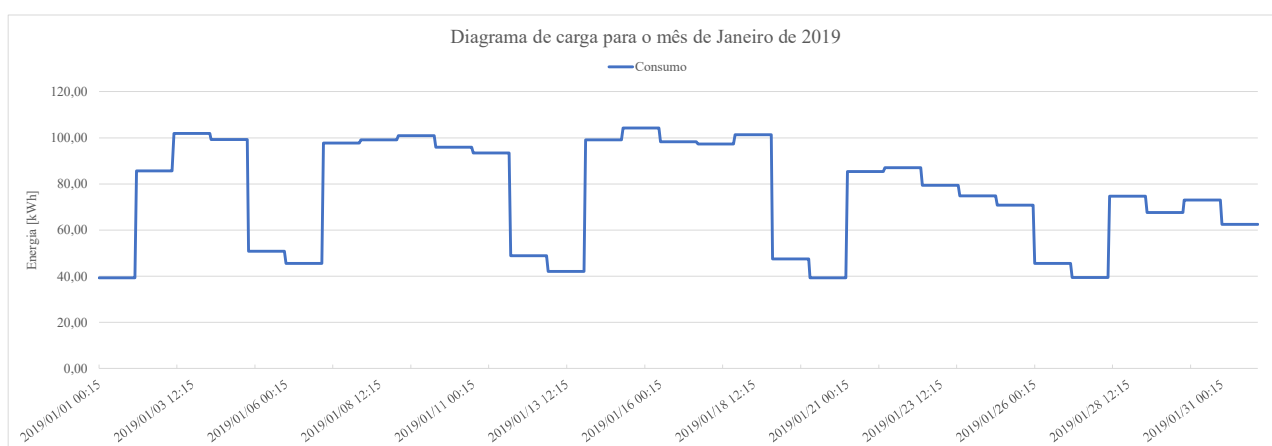
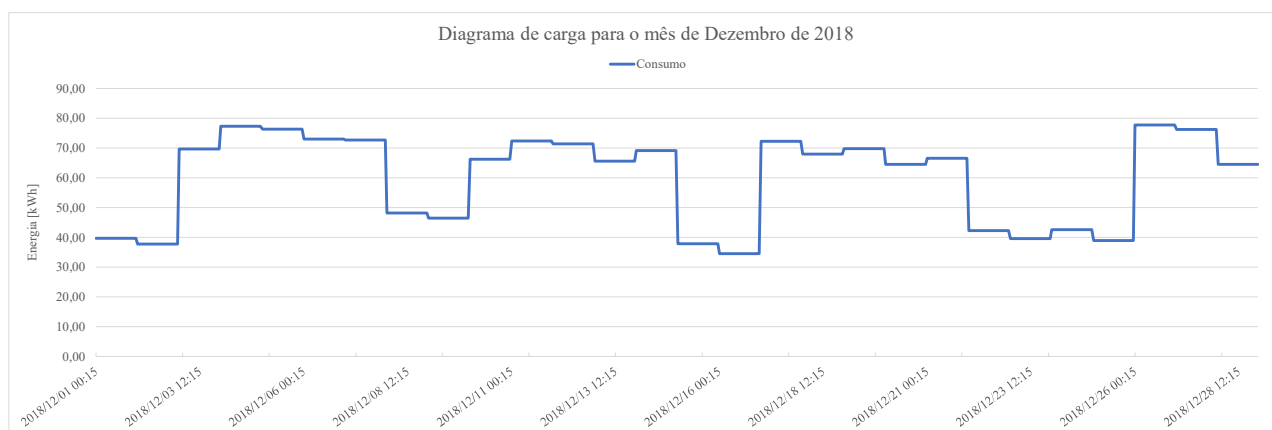
Dados de consumo hipotético (médio diário) relativos ao caso de Estudo - Almada



Dados de consumo hipotético (médio diário) relativos ao caso de Estudo - Almada



Dados de consumo hipotético (médio diário) relativos ao caso de Estudo - Almada

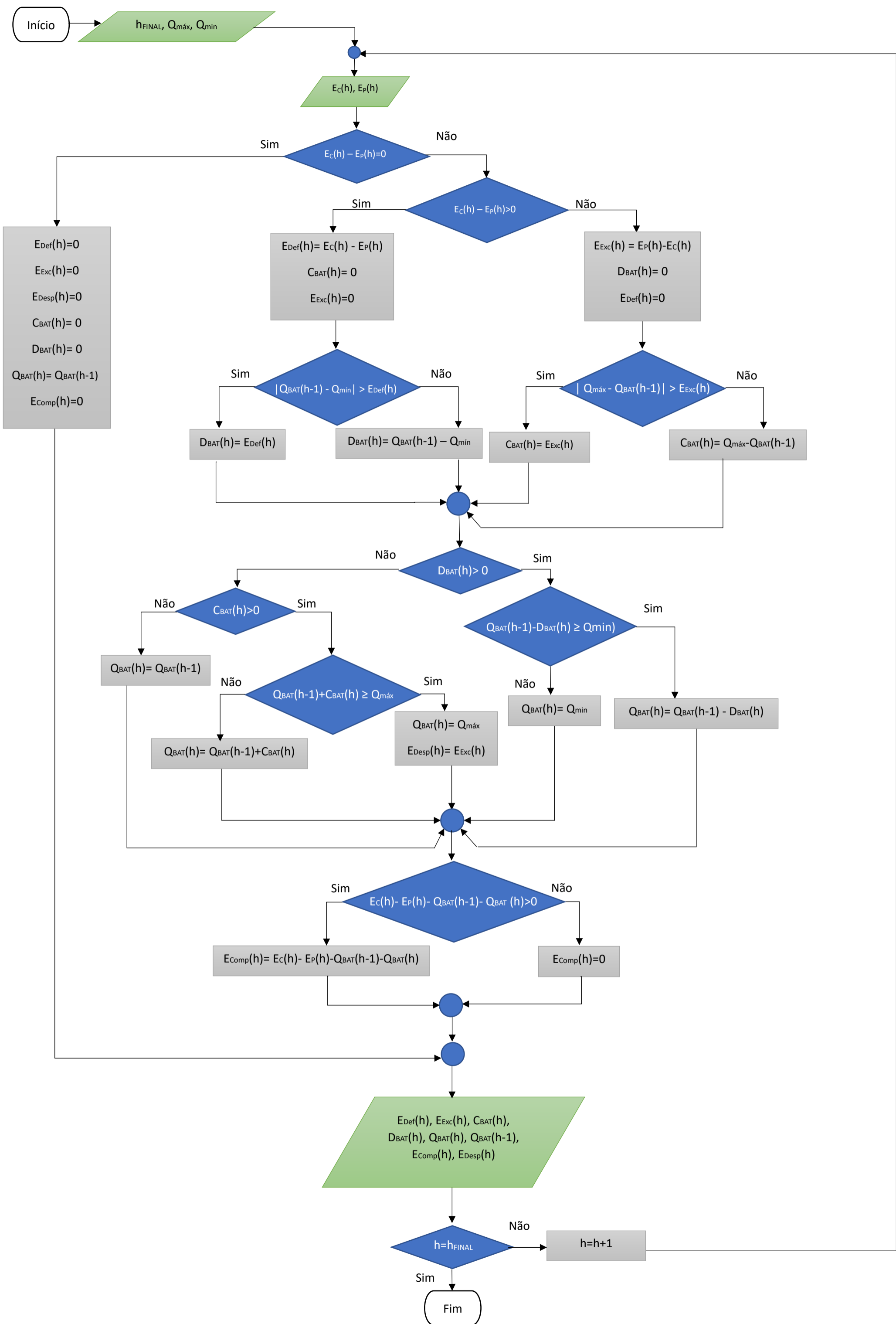


Apêndice III

Fluxograma representativo do algoritmo de gestão de energia

Listagem de variáveis

Q_{\min}	Valor mínimo admissível de armazenamento
Q_{\max}	Valor máximo admissível de armazenamento
$P(h)$	Energia Produzida
$C(h)$	Energia Consumida
h	Instante h
$Def(h)$	Défice de energia
$Exc(h)$	Excedente de energia
$Db(h)$	Descarga da bateria
$Cb(h)$	Carga da bateria
$Q(h)$	Estado da bateria
$Q(h-1)$	Estado da bateria no instante anterior
$Cp(h)$	Energia comprada
$Desp(h)$	Desperdício de Energia.
fim	Contabiliza o número de horas total em análise



Apêndice IV

Listagem das soluções obtidas

Listagem das Soluções

Hipótese	Solução
101	101 Pot 90 Rad Inc 0° Inst 99,36 armazen. 0 30 554
102	102 Pot 90 Rad Inc 24° Inst 99,36 armazen. 0 36 187
103	103 Pot 90 Rad Inc 29° Inst 99,36 armazen. 0 36 495
104	104 Pot 90 Rad Inc 34° Inst 99,36 armazen. 0 36 500
105	105 Pot 90 Rad Inc 39° Inst 99,36 armazen. 0 36 201
106	106 Pot 90 Rad Inc e azm ótimo Inst 99,36 armazen. 0 36 390
107	107 Pot 80 Cons Inc 0° Inst 88,32 armazen. 0 29 879
108	108 Pot 80 Cons Inc 24° Inst 88,32 armazen. 0 35 540
109	109 Pot 80 Cons Inc 29° Inst 88,32 armazen. 0 35 820
110	110 Pot 80 Cons Inc 34° Inst 88,32 armazen. 0 35 773
111	111 Pot 80 Cons Inc 39° Inst 88,32 armazen. 0 35 392
112	112 Pot 80 Cons Inc e azm ótimo Inst 88,32 armazen. 0 35 763
113	113 Pot 70 Rad Inc 0° Inst 71,76 armazen. 0 25 259
114	114 Pot 70 Rad Inc 24° Inst 71,76 armazen. 0 30 417
115	115 Pot 70 Rad Inc 29° Inst 71,76 armazen. 0 30 617
116	116 Pot 70 Rad Inc 34° Inst 71,76 armazen. 0 30 511
117	117 Pot 70 Rad Inc 39° Inst 71,76 armazen. 0 30 094
118	118 Pot 70 Rad Inc e azm ótimo Inst 71,76 armazen. 0 30 549
119	119 Pot 60 Rad Inc 0° Inst 66,24 armazen. 0 25 394
120	120 Pot 60 Rad Inc 24° Inst 66,24 armazen. 0 30 268
121	121 Pot 60 Rad Inc 29° Inst 66,24 armazen. 0 30 462
122	122 Pot 60 Rad Inc 34° Inst 66,24 armazen. 0 30 366
123	123 Pot 60 Rad Inc 39° Inst 66,24 armazen. 0 29 985
124	124 Pot 60 Rad Inc e azm ótimo Inst 66,24 armazen. 0 30 398
125	125 Pot 50 Rad Inc 0° Inst 66,24 armazen. 0 25 054
126	126 Pot 50 Rad Inc 24° Inst 66,24 armazen. 0 29 925
127	127 Pot 50 Rad Inc 34° Inst 66,24 armazen. 0 30 023
128	128 Pot 50 Rad Inc 29° Inst 66,24 armazen. 0 30 119
129	129 Pot 50 Rad Inc 39° Inst 66,24 armazen. 0 29 643
130	130 Pot 50 Rad Inc e azm ótimo Inst 66,24 armazen. 0 30 055
131	131 Pot 100 Rad Inc 0° Inst 103,5 armazen. 0 30 967
132	132 Pot 100 Rad Inc 24° Inst 103,5 armazen. 0 36 502
133	133 Pot 100 Rad Inc 29° Inst 103,5 armazen. 0 36 807
134	134 Pot 100 Rad Inc 34° Inst 103,5 armazen. 0 36 825
135	135 Pot 100 Rad Inc 39° Inst 103,5 armazen. 0 36 542
136	136 Pot 100 Rad Inc e azm ótimo Inst 103,5 armazen. 0 36 675
137	137 Pot 110 Cons Inc 0° Inst 121,44 armazen. 0 28 093
138	138 Pot 110 Cons Inc 24° Inst 121,44 armazen. 0 33 057
139	139 Pot 110 Cons Inc 29° Inst 121,44 armazen. 0 33 296
140	140 Pot 110 Cons Inc 34° Inst 121,44 armazen. 0 33 284
141	141 Pot 110 Cons Inc 39° Inst 121,44 armazen. 0 33 003
142	142 Pot 110 Cons Inc e azm ótimo Inst 121,44 armazen. 0 33 031
143	143 Pot 120 Cons Inc 0° Inst 121,44 armazen. 0 26 645
144	144 Pot 120 Cons Inc 24° Inst 121,44 armazen. 0 31 542
145	145 Pot 120 Cons Inc 29° Inst 121,44 armazen. 0 31 775
146	146 Pot 120 Cons Inc 34° Inst 121,44 armazen. 0 31 752
147	147 Pot 120 Cons Inc 39° Inst 121,44 armazen. 0 31 470
148	148 Pot 120 Cons Inc e azm ótimo Inst 121,44 armazen. 0 31 489
201	201 Pot 50 Cons Inc 0° Inst 51,92 armazen. 0 15 292
202	202 Pot 50 Cons Inc 24° Inst 51,92 armazen. 0 19 492
203	203 Pot 50 Cons Inc 29° Inst 51,92 armazen. 0 19 692

Hipótese	Solução
204	204 Pot 50 Cons Inc 34° Inst 51,92 armazen. 0 19 643
205	205 Pot 50 Cons Inc 39° Inst 51,92 armazen. 0 19 346
206	206 Pot 50 Cons Inc e azm ótimo Inst 51,92 armazen. 0 19 668
207	207 Pot 60 Cons Inc 0° Inst 77,88 armazen. 0 22 304
208	208 Pot 60 Cons Inc 24° Inst 77,88 armazen. 0 27 788
209	209 Pot 60 Cons Inc 29° Inst 77,88 armazen. 0 28 030
210	210 Pot 60 Cons Inc 34° Inst 77,88 armazen. 0 27 942
211	211 Pot 60 Cons Inc 39° Inst 77,88 armazen. 0 27 517
212	212 Pot 60 Cons Inc e azm ótimo Inst 77,88 armazen. 0 27 979
213	213 Pot 70 Cons Inc 0° Inst 77,88 armazen. 0 20 345
214	214 Pot 70 Cons Inc 24° Inst 77,88 armazen. 0 25 829
215	215 Pot 70 Cons Inc 29° Inst 77,88 armazen. 0 26 071
216	216 Pot 70 Cons Inc 34° Inst 77,88 armazen. 0 25 982
217	217 Pot 70 Cons Inc 39° Inst 77,88 armazen. 0 25 558
218	218 Pot 70 Cons Inc e azm ótimo Inst 77,88 armazen. 0 26 020
219	219 Pot 80 Cons Inc 0° Inst 81,42 armazen. 0 21 026
220	220 Pot 80 Cons Inc 24° Inst 81,42 armazen. 0 26 613
221	221 Pot 80 Cons Inc 29° Inst 81,42 armazen. 0 26 871
222	222 Pot 80 Cons Inc 34° Inst 81,42 armazen. 0 26 799
223	223 Pot 80 Cons Inc 39° Inst 81,42 armazen. 0 26 392
224	224 Pot 80 Cons Inc e azm ótimo Inst 81,42 armazen. 0 26 829
225	225 Pot 90 Cons Inc 0° Inst 94,4 armazen. 0 18 030
226	226 Pot 90 Cons Inc 24° Inst 94,4 armazen. 0 23 733
227	227 Pot 90 Cons Inc 29° Inst 94,4 armazen. 0 24 039
228	228 Pot 90 Cons Inc 34° Inst 94,4 armazen. 0 24 035
229	229 Pot 90 Cons Inc 39° Inst 94,4 armazen. 0 23 708
230	230 Pot 90 Cons Inc e azm ótimo Inst 94,4 armazen. 0 23 954
231	231 Pot 100 Cons Inc 0° Inst 99,12 armazen. 0 18 219
232	232 Pot 100 Cons Inc 24° Inst 99,12 armazen. 0 23 872
233	233 Pot 100 Cons Inc 29° Inst 99,12 armazen. 0 24 184
234	234 Pot 100 Cons Inc 34° Inst 99,12 armazen. 0 24 194
235	235 Pot 100 Cons Inc 39° Inst 99,12 armazen. 0 23 900
236	236 Pot 100 Cons Inc e azm ótimo Inst 99,12 armazen. 0 24 080
237	237 Pot 110 Cons Inc 0° Inst 116,82 armazen. 0 17 897
238	238 Pot 110 Cons Inc 24° Inst 116,82 armazen. 0 22 969
239	239 Pot 110 Cons Inc 29° Inst 116,82 armazen. 0 23 219
240	240 Pot 110 Cons Inc 34° Inst 116,82 armazen. 0 23 217
241	241 Pot 110 Cons Inc 39° Inst 116,82 armazen. 0 22 941
242	242 Pot 110 Cons Inc e azm ótimo Inst 116,82 armazen. 0 22 977
243	243 Pot 120 Cons Inc 0° Inst 122,13 armazen. 0 17 195
244	244 Pot 120 Cons Inc 24° Inst 122,13 armazen. 0 22 055
245	245 Pot 120 Cons Inc 29° Inst 122,13 armazen. 0 22 286
246	246 Pot 120 Cons Inc 34° Inst 122,13 armazen. 0 22 256
247	247 Pot 120 Cons Inc 39° Inst 122,13 armazen. 0 21 972
248	248 Pot 120 Cons Inc e azm ótimo Inst 122,13 armazen. 0 21 984
302	302 Pot 105 Cons Inc 34° Inst 107,64 armazen. 0 34 015
303	303 Pot 115 Cons Inc 34° Inst 132,48 armazen. 0 31 982
304	304 Pot 115 Rad Inc 34° Inst 132,48 armazen. 0 31 807
305	305 Pot 95 Rad Inc 29° Inst 99,36 armazen. 0 36 495
306	306 Pot 95 Rad Inc 34° Inst 99,36 armazen. 0 36 500
307	307 Pot 115 Cons Inc 34° Inst 132,48 armazen. 0 31 982
308	308 Pot 85 Rad Inc 29° Inst 88,32 armazen. 0 35 820
401	401 Pot 100 Cons Inc 34° Inst 110,4 armazen. 16 30 907 Bat 0
402	402 Pot 100 Cons Inc 34° Inst 110,4 armazen. 32 23 673 Bat 0

Hipótese	Solução
403	403 Pot 100 Cons Inc 34° Inst 110,4 armazen. 15,4 30 766 Bat 0
404	404 Pot 100 Cons Inc 34° Inst 110,4 armazen. 30,8 23 372 Bat 0
405	405 Pot 100 Cons Inc 34° Inst 110,4 armazen. 46,2 15 800 Bat 0
406	406 Pot 100 Cons Inc 34° Inst 110,4 armazen. 61,6 7 956 Bat 0
407	407 Pot 100 Cons Inc 34° Inst 110,4 armazen. 26,2 27 287 Bat 0
501	501 Pot 100 Cons Inc 34° Inst 110,4 armazen. 15,4 33 096 Bat 0,25
502	502 Pot 100 Cons Inc 34° Inst 110,4 armazen. 30,8 28 033 Bat 0,25
503	503 Pot 100 Cons Inc 34° Inst 110,4 armazen. 46,2 22 792 Bat 0,25
504	504 Pot 100 Cons Inc 34° Inst 110,4 armazen. 61,6 17 278 Bat 0,25
505	505 Pot 100 Cons Inc 34° Inst 110,4 armazen. 77 11 831 Bat 0,25
506	506 Pot 100 Cons Inc 34° Inst 110,4 armazen. 92,4 6 006 Bat 0,25
507	507 Pot 100 Cons Inc 34° Inst 110,4 armazen. 15,4 35 427 Bat 0,5
508	508 Pot 100 Cons Inc 34° Inst 110,4 armazen. 30,8 32 694 Bat 0,5
509	509 Pot 100 Cons Inc 34° Inst 110,4 armazen. 46,2 29 783 Bat 0,5
510	510 Pot 100 Cons Inc 34° Inst 110,4 armazen. 61,6 26 600 Bat 0,5
511	511 Pot 100 Cons Inc 34° Inst 110,4 armazen. 77 23 483 Bat 0,5
512	512 Pot 100 Cons Inc 34° Inst 110,4 armazen. 92,4 19 989 Bat 0,5
513	513 Pot 100 Cons Inc 34° Inst 110,4 armazen. 107,8 16 192 Bat 0,5
514	514 Pot 100 Cons Inc 34° Inst 110,4 armazen. 123,2 12 351 Bat 0,5
515	515 Pot 100 Cons Inc 34° Inst 110,4 armazen. 138,6 8 756 Bat 0,5
516	516 Pot 100 Cons Inc 34° Inst 110,4 armazen. 15,4 37 757 Bat 0,75
517	517 Pot 100 Cons Inc 34° Inst 110,4 armazen. 30,8 37 355 Bat 0,75
518	518 Pot 100 Cons Inc 34° Inst 110,4 armazen. 46,2 36 775 Bat 0,75
519	519 Pot 100 Cons Inc 34° Inst 110,4 armazen. 61,6 35 922 Bat 0,75
520	520 Pot 100 Cons Inc 34° Inst 110,4 armazen. 77 35 136 Bat 0,75
521	521 Pot 100 Cons Inc 34° Inst 110,4 armazen. 92,4 33 972 Bat 0,75
522	522 Pot 100 Cons Inc 34° Inst 110,4 armazen. 26,2 30 771 Bat 0,25
523	523 Pot 100 Cons Inc 34° Inst 110,4 armazen. 26,2 34 254 Bat 0,5
524	524 Pot 100 Cons Inc 34° Inst 110,4 armazen. 26,2 37 737 Bat 0,75
601	601 Pot 50 Cons Médio Inst 66,24 armazen. 0 28 683 Bat 0
602	602 Pot 60 Cons Médio Inst 66,24 armazen. 0 29 012 Bat 0
603	603 Pot 70 Cons Médio Inst 71,76 armazen. 0 27 757 Bat 0
604	604 Pot 80 Cons Médio Inst 88,32 armazen. 0 26 641 Bat 0
605	605 Pot 90 Cons Médio Inst 99,36 armazen. 0 24 957 Bat 0
606	606 Pot 100 Cons Médio Inst 101,2 armazen. 0 21 798 Bat 0
607	607 Pot 110 Cons Inc 34° Inst 121,44 armazen. 0 17 117 Bat 0
608	608 Pot 40 Cons Médio Inst 60,72 armazen. 0 27 995 Bat 0
609	609 Pot 70 Cons Médio Inst 71,76 armazen. 0 29 717 Bat 0
701	701 Pot 70 Cons Inc 34° Inst 71,76 armazen. 13,1 23 948 Bat 0
702	702 Pot 70 Cons Inc 34° Inst 71,76 armazen. 13,1 25 689 Bat 0,25
703	703 Pot 70 Cons Inc 34° Inst 71,76 armazen. 13,1 27 431 Bat 0,5
704	704 Pot 70 Cons Inc 34° Inst 71,76 armazen. 13,1 29 173 Bat 0,75
705	705 Pot 70 Cons Inc 34° Inst 71,76 armazen. 26,2 18 353 Bat 0
706	706 Pot 70 Cons Inc 34° Inst 71,76 armazen. 26,2 21 836 Bat 0,25
707	707 Pot 70 Cons Inc 34° Inst 71,76 armazen. 26,2 25 319 Bat 0,5
708	708 Pot 70 Cons Inc 34° Inst 71,76 armazen. 26,2 28 803 Bat 0,75
709	709 Pot 70 Cons Inc 34° Inst 71,76 armazen. 15,4 21 949 Bat 0
710	710 Pot 70 Cons Inc 34° Inst 71,76 armazen. 15,4 24 279 Bat 0,25
711	711 Pot 70 Cons Inc 34° Inst 71,76 armazen. 15,4 26 610 Bat 0,5
712	712 Pot 70 Cons Inc 34° Inst 71,76 armazen. 15,4 28 940 Bat 0,75
713	713 Pot 70 Cons Inc 34° Inst 71,76 armazen. 30,8 14 163 Bat 0
714	714 Pot 70 Cons Inc 34° Inst 71,76 armazen. 30,8 18 824 Bat 0,25
715	715 Pot 70 Cons Inc 34° Inst 71,76 armazen. 30,8 23 485 Bat 0,5
716	716 Pot 70 Cons Inc 34° Inst 71,76 armazen. 30,8 28 146 Bat 0,75

Hipótese	Solução
717	717 Pot 70 Cons Inc 34° Inst 71,76 armazen. 46,2 5 877 Bat 0
718	718 Pot 70 Cons Inc 34° Inst 71,76 armazen. 46,2 12 869 Bat 0,25
719	719 Pot 70 Cons Inc 34° Inst 71,76 armazen. 46,2 19 860 Bat 0,5
720	720 Pot 70 Cons Inc 34° Inst 71,76 armazen. 46,2 26 852 Bat 0,75
721	721 Pot 70 Cons Inc 34° Inst 71,76 armazen. 61,6 -2 609 Bat 0
722	722 Pot 70 Cons Inc 34° Inst 71,76 armazen. 61,6 6 713 Bat 0,25
723	723 Pot 70 Cons Inc 34° Inst 71,76 armazen. 61,6 16 036 Bat 0,5
724	724 Pot 70 Cons Inc 34° Inst 71,76 armazen. 61,6 25 358 Bat 0,75
801	801 Pot 45 Cons Inc 0° Inst 46 armazen. 0 19 054 Bat 0
802	802 Pot 55 Cons Inc 24° Inst 66,24 armazen. 0 28 657 Bat 0
803	803 Pot 65 Cons Inc 29° Inst 66,24 armazen. 0 29 037 Bat 0
804	804 Pot 75 Cons Inc 34° Inst 88,32 armazen. 0 27 587 Bat 0
805	805 Pot 85 Cons Inc 39° Inst 88,32 armazen. 0 27 267 Bat 0

Características da Solução

Avaliação económica e energética

Hipótese	Armazenamento	Inclinação	Consumo	Redução no custo do armazenamento [%]	Potência instalada [kW]	Capacidade de armazenagem instalada [kWh]	CashFlow [€]	Investimento Custos [€]	Autosuficiência [%]	Autoconsumo [€]	Desperdício [%]	VAL [€]	ROI	Payback Period [anos]	TIR [%]	Fator de Carga [%]
101	Não	0°	Real	Não Aplicável	99,36	-	9 348	61 229	33,4%	86,7%	13,3%	30 554	1,50	13,34	6,831%	20,18%
102	Não	24°	Real	Não Aplicável	99,36	-	9 922	61 229	35,3%	84,6%	15,4%	36 187	1,59	12,57	8,071%	21,90%
103	Não	29°	Real	Não Aplicável	99,36	-	9 953	61 229	35,4%	84,6%	15,4%	36 495	1,60	12,53	8,139%	21,98%
104	Não	34°	Real	Não Aplicável	99,36	-	9 954	61 229	35,4%	84,7%	15,3%	36 500	1,60	12,53	8,141%	21,96%
105	Não	39°	Real	Não Aplicável	99,36	-	9 923	61 229	35,3%	84,9%	15,1%	36 201	1,59	12,57	8,075%	21,83%
106	Não	ótimo	Real	Não Aplicável	99,36	-	9 943	61 229	35,4%	84,5%	15,5%	36 390	1,59	12,54	8,116%	21,96%
107	Não	0°	Real	Não Aplicável	88,32	-	8 575	54 309	30,7%	89,7%	10,3%	29 879	1,55	12,90	7,520%	20,18%
108	Não	24°	Real	Não Aplicável	88,32	-	9 151	54 309	32,7%	88,0%	12,0%	35 540	1,65	12,09	8,929%	21,90%
109	Não	29°	Real	Não Aplicável	88,32	-	9 180	54 309	32,8%	87,9%	12,1%	35 820	1,66	12,05	8,999%	21,98%
110	Não	34°	Real	Não Aplicável	88,32	-	9 175	54 309	32,7%	88,0%	12,0%	35 773	1,66	12,06	8,987%	21,96%
111	Não	39°	Real	Não Aplicável	88,32	-	9 136	54 309	32,6%	88,1%	11,9%	35 392	1,65	12,11	8,892%	21,83%
112	Não	ótimo	Real	Não Aplicável	88,32	-	9 174	54 309	32,7%	87,9%	12,1%	35 763	1,66	12,06	8,984%	21,96%
113	Não	0°	Real	Não Aplicável	71,76	-	7 223	45 661	25,9%	93,3%	6,7%	25 259	1,55	12,88	7,561%	20,18%
114	Não	24°	Real	Não Aplicável	71,76	-	7 749	45 661	27,8%	92,0%	8,0%	30 417	1,67	12,00	9,088%	21,90%
115	Não	29°	Real	Não Aplicável	71,76	-	7 769	45 661	27,8%	91,9%	8,1%	30 617	1,67	11,97	9,147%	21,98%
116	Não	34°	Real	Não Aplicável	71,76	-	7 758	45 661	27,8%	91,9%	8,1%	30 511	1,67	11,99	9,116%	21,96%
117	Não	39°	Real	Não Aplicável	71,76	-	7 716	45 661	27,6%	91,9%	8,1%	30 094	1,66	12,05	8,992%	21,83%
118	Não	ótimo	Real	Não Aplicável	71,76	-	7 762	45 661	27,8%	91,9%	8,1%	30 549	1,67	11,98	9,127%	21,96%
119	Não	0°	Real	Não Aplicável	66,24	-	6 744	40 819	24,2%	94,5%	5,5%	25 394	1,62	12,33	8,492%	20,18%
120	Não	24°	Real	Não Aplicável	66,24	-	7 240	40 819	26,0%	93,3%	6,7%	30 268	1,74	11,48	10,112%	21,90%
121	Não	29°	Real	Não Aplicável	66,24	-	7 260	40 819	26,0%	93,2%	6,8%	30 462	1,75	11,45	10,177%	21,98%
122	Não	34°	Real	Não Aplicável	66,24	-	7 250	40 819	26,0%	93,2%	6,8%	30 366	1,74	11,47	10,145%	21,96%
123	Não	39°	Real	Não Aplicável	66,24	-	7 212	40 819	25,9%	93,2%	6,8%	29 985	1,73	11,53	10,018%	21,83%
124	Não	ótimo	Real	Não Aplicável	66,24	-	7 254	40 819	26,0%	93,2%	6,8%	30 398	1,74	11,46	10,156%	21,96%
125	Não	0°	Real	Não Aplicável	66,24	-	6 738	41 101	24,2%	94,5%	5,5%	25 054	1,61	12,43	8,322%	20,16%
126	Não	24°	Real	Não Aplicável	66,24	-	7 234	41 101	26,0%	93,3%	6,7%	29 925	1,73	11,57	9,929%	21,88%
127	Não	29°	Real	Não Aplicável	66,24	-	7 244	41 101	26,0%	93,2%	6,8%	30 023	1,73	11,56	9,962%	21,93%
128	Não	34°	Real	Não Aplicável	66,24	-	7 254	41 101	26,0%	93,2%	6,8%	30 119	1,73	11,54	9,994%	21,96%
129	Não	39°	Real	Não Aplicável	66,24	-	7 205	41 101	25,8%	93,2%	6,8%	29 643	1,72	11,62	9,836%	21,80%
130	Não	ótimo	Real	Não Aplicável	66,24	-	7 247	41 101	26,0%	93,2%	6,8%	30 055	1,73	11,55	9,972%	21,94%
131	Não	0°	Real	Não Aplicável	103,50	-	9 611	63 391	34,3%	85,6%	14,4%	30 967	1,49	13,44	6,689%	20,18%
132	Não	24°	Real	Não Aplicável	103,50	-	10 174	63 391	36,2%	83,3%	16,7%	36 502	1,58	12,69	7,866%	21,90%
133	Não	29°	Real	Não Aplicável	103,50	-	10 205	63 391	36,3%	83,2%	16,8%	36 807	1,58	12,65	7,932%	21,98%
134	Não	34°	Real	Não Aplicável	103,50	-	10 207	63 391	36,3%	83,3%	16,7%	36 825	1,58	12,65	7,935%	21,96%
135	Não	39°	Real	Não Aplicável	103,50	-	10 178	63 391	36,2%	83,6%	16,4%	36 542	1,58	12,69	7,875%	21,83%
136	Não	ótimo	Real	Não Aplicável	103,50	-	10 192	63 391	36,3%	83,1%	16,9%	36 675	1,58	12,67	7,903%	21,96%
137	Não	0°	Real	Não Aplicável	121,44	-	10 514	75 133	37,5%	80,7%	19,3%	28 093	1,37	14,56	5,144%	19,91%
138	Não	24°	Real	Não Aplicável	121,44	-	11 019	75 133	39,2%	77,8%	22,2%	33 057	1,44	13,89	6,035%	21,61%
139	Não	29°	Real	Não Aplicável	121,44	-	11 044	75 133	39,3%	77,7%	22,3%	33 296	1,44	13,86	6,078%	21,69%
140	Não	34°	Real	Não Aplicável	121,44	-	11 043	75 133	39,2%	77,7%	22,3%	33 284	1,44	13,86	6,076%	21,67%
141	Não	39°	Real	Não Aplicável	121,44	-	11 014	75 133	39,1%	78,0%	22,0%	33 003	1,44	13,90	6,026%	21,54%
142	Não	ótimo	Real	Não Aplicável	121,44	-	11 017	75 133	39,1%	77,5%	22,5%	33 031	1,44	13,89	6,031%	21,67%
143	Não	0°	Real	Não Aplicável	121,44	-	10 598	77 405	37,8%	80,2%	19,8%	26 645	1,34	14,88	4,744%	20,20%
144	Não	24°	Real	Não Aplicável	121,44	-	11 096	77 405	39,4%	77,2%	22,8%	31 542	1,41	14,21	5,597%	21,92%
145	Não	29°	Real	Não Aplicável	121,44	-	11 120	77 405	39,5%	77,1%	22,9%	31 775	1,41	14,18	5,638%	22,00%
146	Não	34°	Real	Não Aplicável	121,44	-	11 118	77 405	39,5%	77,1%	22,9%	31 752	1,41	14,18	5,634%	21,98%

Características da Solução

Avaliação económica e energética

Hipótese	Armazenamento	Inclinação	Consumo	Redução no custo do armazenamento [%]	Potência instalada [kW]	Capacidade de armazenamento instalada [kWh]	CashFlow [€]	Investimento Custos [€]	Autosuficiência [%]	Autoconsumo [€]	Desperdício [%]	VAL [€]	ROI	Payback Period [anos]	TIR [%]	Fator de Carga [%]
147	Não	39°	Real	Não Aplicável	121,44	-	11 089	77 405	39,4%	77,4%	22,6%	31 470	1,41	14,22	5,585%	21,85%
148	Não	ótimo	Real	Não Aplicável	121,44	-	11 091	77 405	39,4%	76,9%	23,1%	31 489	1,41	14,22	5,588%	21,98%
201	Não	0°	Real	Não Aplicável	51,92	-	5 473	38 446	19,7%	97,6%	2,4%	15 292	1,40	14,31	5,466%	20,31%
202	Não	24°	Real	Não Aplicável	51,92	-	5 901	38 446	21,3%	96,7%	3,3%	19 492	1,51	13,27	6,938%	22,06%
203	Não	29°	Real	Não Aplicável	51,92	-	5 921	38 446	21,3%	96,7%	3,3%	19 692	1,51	13,23	7,008%	22,14%
204	Não	34°	Real	Não Aplicável	51,92	-	5 916	38 446	21,3%	96,7%	3,3%	19 643	1,51	13,24	6,991%	22,11%
205	Não	39°	Real	Não Aplicável	51,92	-	5 886	38 446	21,2%	96,8%	3,2%	19 346	1,50	13,30	6,887%	21,98%
206	Não	ótimo	Real	Não Aplicável	51,92	-	5 919	38 446	21,3%	96,7%	3,3%	19 668	1,51	13,23	7,000%	22,12%
207	Não	0°	Real	Não Aplicável	77,88	-	7 785	54 133	27,9%	91,9%	8,1%	22 304	1,41	14,16	5,659%	20,33%
208	Não	24°	Real	Não Aplicável	77,88	-	8 344	54 133	29,8%	90,4%	9,6%	27 788	1,51	13,22	7,024%	22,08%
209	Não	29°	Real	Não Aplicável	77,88	-	8 369	54 133	29,9%	90,3%	9,7%	28 030	1,52	13,18	7,084%	22,16%
210	Não	34°	Real	Não Aplicável	77,88	-	8 359	54 133	29,9%	90,3%	9,7%	27 942	1,52	13,19	7,062%	22,13%
211	Não	39°	Real	Não Aplicável	77,88	-	8 316	54 133	29,7%	90,4%	9,6%	27 517	1,51	13,26	6,956%	22,00%
212	Não	ótimo	Real	Não Aplicável	77,88	-	8 363	54 133	29,9%	90,3%	9,7%	27 979	1,52	13,19	7,071%	22,14%
213	Não	0°	Real	Não Aplicável	77,88	-	7 785	56 093	27,9%	91,9%	8,1%	20 345	1,36	14,68	4,993%	20,33%
214	Não	24°	Real	Não Aplicável	77,88	-	8 344	56 093	29,8%	90,4%	9,6%	25 829	1,46	13,69	6,311%	22,08%
215	Não	29°	Real	Não Aplicável	77,88	-	8 369	56 093	29,9%	90,3%	9,7%	26 071	1,46	13,65	6,370%	22,16%
216	Não	34°	Real	Não Aplicável	77,88	-	8 359	56 093	29,9%	90,3%	9,7%	25 982	1,46	13,67	6,348%	22,13%
217	Não	39°	Real	Não Aplicável	77,88	-	8 316	56 093	29,7%	90,4%	9,6%	25 558	1,46	13,74	6,246%	22,00%
218	Não	ótimo	Real	Não Aplicável	77,88	-	8 363	56 093	29,9%	90,3%	9,7%	26 020	1,46	13,66	6,357%	22,14%
219	Não	0°	Real	Não Aplicável	81,42	-	8 077	58 270	28,9%	91,1%	8,9%	21 026	1,36	14,70	4,968%	20,33%
220	Não	24°	Real	Não Aplicável	81,42	-	8 646	58 270	30,9%	89,6%	10,4%	26 613	1,46	13,73	6,261%	22,08%
221	Não	29°	Real	Não Aplicável	81,42	-	8 672	58 270	31,0%	89,5%	10,5%	26 871	1,46	13,69	6,321%	22,16%
222	Não	34°	Real	Não Aplicável	81,42	-	8 664	58 270	30,9%	89,5%	10,5%	26 799	1,46	13,70	6,304%	22,13%
223	Não	39°	Real	Não Aplicável	81,42	-	8 623	58 270	30,8%	89,6%	10,4%	26 392	1,45	13,77	6,210%	22,00%
224	Não	ótimo	Real	Não Aplicável	81,42	-	8 668	58 270	30,9%	89,5%	10,5%	26 829	1,46	13,69	6,311%	22,14%
225	Não	0°	Real	Não Aplicável	94,40	-	9 049	70 819	32,3%	87,9%	12,1%	18 030	1,25	15,94	3,528%	20,31%
226	Não	24°	Real	Não Aplicável	94,40	-	9 630	70 819	34,3%	85,9%	14,1%	23 733	1,34	14,98	4,620%	22,06%
227	Não	29°	Real	Não Aplicável	94,40	-	9 661	70 819	34,4%	85,9%	14,1%	24 039	1,34	14,93	4,679%	22,14%
228	Não	34°	Real	Não Aplicável	94,40	-	9 661	70 819	34,4%	85,9%	14,1%	24 035	1,34	14,93	4,678%	22,11%
229	Não	39°	Real	Não Aplicável	94,40	-	9 628	70 819	34,3%	86,1%	13,9%	23 708	1,33	14,98	4,616%	21,98%
230	Não	ótimo	Real	Não Aplicável	94,40	-	9 653	70 819	34,4%	85,8%	14,2%	23 954	1,34	14,94	4,663%	22,12%
231	Não	0°	Real	Não Aplicável	99,12	-	9 364	73 722	33,4%	86,6%	13,4%	18 219	1,25	16,04	3,427%	20,31%
232	Não	24°	Real	Não Aplicável	99,12	-	9 940	73 722	35,4%	84,4%	15,6%	23 872	1,32	15,11	4,467%	22,06%
233	Não	29°	Real	Não Aplicável	99,12	-	9 972	73 722	35,5%	84,3%	15,7%	24 184	1,33	15,06	4,525%	22,14%
234	Não	34°	Real	Não Aplicável	99,12	-	9 973	73 722	35,5%	84,4%	15,6%	24 194	1,33	15,06	4,526%	22,11%
235	Não	39°	Real	Não Aplicável	99,12	-	9 943	73 722	35,4%	84,7%	15,3%	23 900	1,32	15,10	4,472%	21,98%
236	Não	ótimo	Real	Não Aplicável	99,12	-	9 961	73 722	35,4%	84,3%	15,7%	24 080	1,33	15,08	4,505%	22,12%
237	Não	0°	Real	Não Aplicável	116,82	-	10 393	84 139	37,0%	81,3%	18,7%	17 897	1,21	16,49	2,957%	20,33%
238	Não	24°	Real	Não Aplicável	116,82	-	10 909	84 139	38,8%	78,4%	21,6%	22 969	1,27	15,71	3,778%	22,08%
239	Não	29°	Real	Não Aplicável	116,82	-	10 935	84 139	38,9%	78,3%	21,7%	23 219	1,28	15,67	3,819%	22,16%
240	Não	34°	Real	Não Aplicável	116,82	-	10 934	84 139	38,9%	78,3%	21,7%	23 217	1,28	15,67	3,818%	22,13%
241	Não	39°	Real	Não Aplicável	116,82	-	10 906	84 139	38,8%	78,6%	21,4%	22 941	1,27	15,72	3,774%	22,00%
242	Não	ótimo	Real	Não Aplicável	116,82	-	10 910	84 139	38,8%	78,1%	21,9%	22 977	1,27	15,71	3,780%	22,14%
243	Não	0°	Real	Não Aplicável	122,13	-	10 654	87 405	37,9%	79,7%	20,3%	17 195	1,20	16,71	2,738%	20,33%
244	Não	24°	Real	Não Aplicável	122,13	-	11 149	87 405	39,6%	76,6%	23,4%	22 055	1,25	15,97	3,498%	22,08%

Características da Solução

Avaliação económica e energética

Hipótese	Armazenamento	Inclinação	Consumo	Redução no custo do armazenamento [%]	Potência instalada [kW]	Capacidade de armazenamento instalada [kWh]	CashFlow [€]	Investimento Custos [€]	Autosuficiência [%]	Autoconsumo [€]	Desperdício [%]	VAL [€]	ROI	Payback Period [anos]	TIR [%]	Fator de Carga [%]
245	Não	29°	Real	Não Aplicável	122,13	-	11 172	87 405	39,7%	76,5%	23,5%	22 286	1,25	15,94	3,533%	22,16%
246	Não	34°	Real	Não Aplicável	122,13	-	11 169	87 405	39,7%	76,5%	23,5%	22 256	1,25	15,94	3,529%	22,13%
247	Não	39°	Real	Não Aplicável	122,13	-	11 140	87 405	39,6%	76,7%	23,3%	21 972	1,25	15,98	3,485%	22,00%
248	Não	ótimo	Real	Não Aplicável	122,13	-	11 142	87 405	39,6%	76,3%	23,7%	21 984	1,25	15,98	3,486%	22,14%
302	Não	34°	Real	Não Aplicável	107,64	-	10 441	68 491	37,1%	81,9%	18,1%	34 015	1,50	13,36	6,799%	21,96%
303	Não	34°	Real	Não Aplicável	132,48	-	11 555	81 463	41,0%	73,5%	26,5%	31 982	1,39	14,36	5,397%	21,96%
304	Não	34°	Real	Não Aplicável	132,48	-	11 555	81 638	41,0%	73,5%	26,5%	31 807	1,39	14,39	5,356%	21,96%
305	Não	34°	Real	Não Aplicável	99,36	-	9 953	61 229	35,4%	84,6%	15,4%	36 495	1,60	12,53	8,139%	21,98%
306	Não	34°	Real	Não Aplicável	99,36	-	9 954	61 229	35,4%	84,7%	15,3%	36 500	1,60	12,53	8,141%	21,96%
307	Não	34°	Real	Não Aplicável	132,48	-	11 555	81 463	41,0%	73,5%	26,5%	31 982	1,39	14,36	5,397%	21,96%
308	Não	34°	Real	Não Aplicável	88,32	-	9 180	54 309	32,8%	87,9%	12,1%	35 820	1,66	12,05	8,999%	21,98%
401	Sim	34°	Real	0%	110,40	16	11 044	77 526	39,4%	84,6%	15,4%	30 907	1,40	14,30	5,479%	21,96%
402	Sim	34°	Real	0%	110,40	32	11 250	86 781	40,1%	86,3%	13,7%	23 673	1,27	15,71	3,776%	21,96%
403	Sim	34°	Real	0%	110,40	15	11 037	77 592	39,3%	84,6%	15,4%	30 766	1,40	14,32	5,449%	21,96%
404	Sim	34°	Real	0%	110,40	31	11 233	86 915	40,1%	86,2%	13,8%	23 372	1,27	15,76	3,723%	21,96%
405	Sim	34°	Real	0%	110,40	46	11 411	96 237	40,7%	87,6%	12,4%	15 800	1,16	17,18	2,292%	21,96%
406	Sim	34°	Real	0%	110,40	62	11 562	105 559	41,3%	88,8%	11,2%	7 956	1,08	18,60	1,061%	21,96%
407	Sim	34°	Real	0%	110,40	26	11 152	82 204	39,8%	85,5%	14,5%	27 287	1,33	15,02	4,577%	21,96%
501	Sim	34°	Real	25%	110,40	15	11 037	75 262	39,3%	84,6%	15,4%	33 096	1,44	13,89	6,032%	21,96%
502	Sim	34°	Real	25%	110,40	31	11 233	82 253	40,1%	86,2%	13,8%	28 033	1,34	14,92	4,697%	21,96%
503	Sim	34°	Real	25%	110,40	46	11 411	89 245	40,7%	87,6%	12,4%	22 792	1,26	15,93	3,539%	21,96%
504	Sim	34°	Real	25%	110,40	62	11 562	96 237	41,3%	88,8%	11,2%	17 278	1,18	16,96	2,503%	21,96%
505	Sim	34°	Real	25%	110,40	77	11 719	103 228	41,9%	90,0%	10,0%	11 831	1,11	17,94	1,607%	21,96%
506	Sim	34°	Real	25%	110,40	92	11 838	110 220	42,3%	91,0%	9,0%	6 006	1,05	18,97	0,769%	21,96%
507	Sim	34°	Real	50%	110,40	15	11 037	72 931	39,3%	84,6%	15,4%	35 427	1,49	13,46	6,652%	21,96%
508	Sim	34°	Real	50%	110,40	31	11 233	77 592	40,1%	86,2%	13,8%	32 694	1,42	14,07	5,784%	21,96%
509	Sim	34°	Real	50%	110,40	46	11 411	82 253	40,7%	87,6%	12,4%	29 783	1,36	14,68	4,985%	21,96%
510	Sim	34°	Real	50%	110,40	62	11 562	86 915	41,3%	88,8%	11,2%	26 600	1,31	15,31	4,227%	21,96%
511	Sim	34°	Real	50%	110,40	77	11 719	91 576	41,9%	90,0%	10,0%	23 483	1,26	15,92	3,553%	21,96%
512	Sim	34°	Real	50%	110,40	92	11 838	96 237	42,3%	91,0%	9,0%	19 989	1,21	16,56	2,889%	21,96%
513	Sim	34°	Real	50%	110,40	108	11 926	100 898	42,6%	91,7%	8,3%	16 192	1,16	17,23	2,241%	21,96%
514	Sim	34°	Real	50%	110,40	123	12 009	105 559	43,0%	92,4%	7,6%	12 351	1,12	17,90	1,641%	21,96%
515	Sim	34°	Real	50%	110,40	139	12 118	110 220	43,4%	93,3%	6,7%	8 756	1,08	18,53	1,118%	21,96%
516	Sim	34°	Real	75%	110,40	15	11 037	70 601	39,3%	84,6%	15,4%	37 757	1,53	13,03	7,313%	21,96%
517	Sim	34°	Real	75%	110,40	31	11 233	72 931	40,1%	86,2%	13,8%	37 355	1,51	13,23	7,009%	21,96%
518	Sim	34°	Real	75%	110,40	46	11 411	75 262	40,7%	87,6%	12,4%	36 775	1,49	13,44	6,691%	21,96%
519	Sim	34°	Real	75%	110,40	62	11 562	77 592	41,3%	88,8%	11,2%	35 922	1,46	13,67	6,345%	21,96%
520	Sim	34°	Real	75%	110,40	77	11 719	79 923	41,9%	90,0%	10,0%	35 136	1,44	13,89	6,031%	21,96%
521	Sim	34°	Real	75%	110,40	92	11 838	82 253	42,3%	91,0%	9,0%	33 972	1,41	14,15	5,672%	21,96%
522	Sim	34°	Real	25%	110,40	26	11 152	78 720	39,8%	85,5%	14,5%	30 771	1,39	14,38	5,374%	21,96%
523	Sim	34°	Real	50%	110,40	26	11 152	75 237	39,8%	85,5%	14,5%	34 254	1,46	13,74	6,242%	21,96%
524	Sim	34°	Real	75%	110,40	26	11 152	71 754	39,8%	85,5%	14,5%	37 737	1,53	13,11	7,194%	21,96%
601	Não	34°	Médio	Não Aplicável	66,24	-	7 108	41 101	25,6%	91,6%	8,4%	28 683	1,70	11,78	9,518%	21,93%
602	Não	34°	Médio	Não Aplicável	66,24	-	7 112	40 819	25,6%	91,5%	8,5%	29 012	1,71	11,69	9,693%	21,96%
603	Não	34°	Médio	Não Aplicável	71,76	-	7 478	45 661	26,9%	88,8%	11,2%	27 757	1,61	12,44	8,300%	21,96%
604	Não	34°	Médio	Não Aplicável	88,32	-	8 309	54 941	29,8%	80,7%	19,3%	26 641	1,48	13,47	6,641%	21,78%
605	Não	34°	Médio	Não Aplicável	99,36	-	8 778	61 229	31,5%	75,1%	24,9%	24 957	1,41	14,21	5,599%	21,96%
606	Não	34°	Médio	Não Aplicável	101,20	-	8 796	64 563	31,5%	74,8%	25,2%	21 798	1,34	14,95	4,654%	21,67%
607	Não	34°	Médio	Não Aplicável	121,44	-	9 396	75 133	33,6%	66,6%	33,4%	17 117	1,23	16,29	3,163%	21,67%
608	Não	34°	Médio	Não Aplicável	60,72	-	6 646	37 257	23,9%	94,2%	5,8%	27 995	1,75	11,42	10,247%	21,78%

Características da Solução

Avaliação económica e energética

Hipótese	Armazenamento	Inclinação	Consumo	Redução no custo do armazenamento [%]	Potência instalada [kW]	Capacidade de armazenamento instalada [kWh]	CashFlow [€]	Investimento Custos [€]	Autosuficiência [%]	Autoconsumo [€]	Desperdício [%]	VAL [€]	ROI	Payback Period [anos]	TIR [%]	Fator de Carga [%]
609	Não	34°	Médio	Não Aplicável	71,76	-	7 478	43 702	26,9%	88,8%	11,2%	29 717	1,68	11,90	9,276%	21,96%
701	Sim	34°	Médio	0%	71,76	13	7 739	456 075	27,8%	92,1%	7,9%	23 948	1,46	13,70	6,308%	21,93%
702	Sim	34°	Médio	25%	71,76	13	7 739	456 075	27,8%	92,1%	7,9%	25 689	1,51	13,24	6,989%	21,93%
703	Sim	34°	Médio	50%	71,76	13	7 739	456 075	27,8%	92,1%	7,9%	27 431	1,56	12,78	7,720%	21,93%
704	Sim	34°	Médio	75%	71,76	13	7 739	456 075	27,8%	92,1%	7,9%	29 173	1,62	12,32	8,507%	21,93%
705	Sim	34°	Médio	0%	71,76	26	7 879	456 075	28,3%	93,7%	6,3%	18 353	1,31	15,25	4,295%	21,93%
706	Sim	34°	Médio	25%	71,76	26	7 879	456 075	28,3%	93,7%	6,3%	21 836	1,39	14,35	5,406%	21,93%
707	Sim	34°	Médio	50%	71,76	26	7 879	456 075	28,3%	93,7%	6,3%	25 319	1,49	13,45	6,663%	21,93%
708	Sim	34°	Médio	75%	71,76	26	7 879	456 075	28,3%	93,7%	6,3%	28 803	1,59	12,55	8,102%	21,93%
709	Sim	34°	Médio	0%	71,76	15	7 775	456 075	28,0%	92,5%	7,5%	21 949	1,40	14,25	5,544%	21,93%
710	Sim	34°	Médio	25%	71,76	15	7 775	456 075	28,0%	92,5%	7,5%	24 279	1,47	13,64	6,391%	21,93%
711	Sim	34°	Médio	50%	71,76	15	7 775	456 075	28,0%	92,5%	7,5%	26 610	1,54	13,03	7,317%	21,93%
712	Sim	34°	Médio	75%	71,76	15	7 775	456 075	28,0%	92,5%	7,5%	28 940	1,61	12,42	8,336%	21,93%
713	Sim	34°	Médio	0%	71,76	31	7 932	456 075	28,5%	94,4%	5,6%	14 163	1,22	16,36	3,088%	21,93%
714	Sim	34°	Médio	25%	71,76	31	7 932	456 075	28,5%	94,4%	5,6%	18 824	1,32	15,17	4,399%	21,93%
715	Sim	34°	Médio	50%	71,76	31	7 932	456 075	28,5%	94,4%	5,6%	23 485	1,43	13,97	5,925%	21,93%
716	Sim	34°	Médio	75%	71,76	31	7 932	456 075	28,5%	94,4%	5,6%	28 146	1,57	12,77	7,734%	21,93%
717	Sim	34°	Médio	0%	71,76	46	8 037	456 075	28,9%	95,7%	4,3%	5 877	1,08	18,51	1,133%	21,93%
718	Sim	34°	Médio	25%	71,76	46	8 037	456 075	28,9%	95,7%	4,3%	12 869	1,19	16,74	2,713%	21,93%
719	Sim	34°	Médio	50%	71,76	46	8 037	456 075	28,9%	95,7%	4,3%	19 860	1,34	14,97	4,636%	21,93%
720	Sim	34°	Médio	75%	71,76	46	8 037	456 075	28,9%	95,7%	4,3%	26 852	1,52	13,19	7,057%	21,93%
721	Sim	34°	Médio	0%	71,76	62	8 123	456 075	29,3%	96,8%	3,2%	-2 609	0,97	20,65	-0,452%	21,93%
722	Sim	34°	Médio	25%	71,76	62	8 123	456 075	29,3%	96,8%	3,2%	6 713	1,09	18,32	1,292%	21,93%
723	Sim	34°	Médio	50%	71,76	62	8 123	456 075	29,3%	96,8%	3,2%	16 036	1,25	15,98	3,489%	21,93%
724	Sim	34°	Médio	75%	71,76	62	8 123	456 075	29,3%	96,8%	3,2%	25 358	1,47	13,64	6,389%	21,93%
801	Não	34°	Médio	Não Aplicável	46,00	-	4 836	28 432	17,5%	98,9%	1,1%	19 054	1,67	11,97	9,142%	20,02%
802	Não	34°	Médio	Não Aplicável	66,24	-	7 055	40 611	25,4%	91,8%	8,2%	28 657	1,71	11,73	9,624%	21,72%
803	Não	34°	Médio	Não Aplicável	66,24	-	7 115	40 819	25,6%	91,5%	8,5%	29 037	1,71	11,69	9,702%	21,98%
804	Não	34°	Médio	Não Aplicável	88,32	-	8 341	54 309	29,9%	80,3%	19,7%	27 587	1,51	13,26	6,952%	21,96%
805	Não	34°	Médio	Não Aplicável	88,32	-	8 309	54 309	29,8%	80,5%	19,5%	27 267	1,50	13,32	6,872%	21,83%

Avaliação económica e energética

Hipótese	Energia produzida Energia [kWh]	Energia produzida Poupança - fatura [€]	Energia produzida desperdiçada [kWh]	Energia produzida desperdiçada [€]	Energia Comprada à Rede - com produção [kWh]	Energia Comprada à Rede - com produção [€]	Energia consumida obtida pela produção [kWh]	Energia consumida obtida pela produção [€]	Energia consumida totalmente pela rede - sem produção: Energia [kWh]	Energia consumida totalmente pela rede - sem produção: [€]	Redução energética [kWh]	Redução energética [%]	Redução energética [€]
101	175 656	10 636	23 280	1 288	304 151	17 750	152 376	9 348	456 527	27 098	152 376	33%	9 348
102	190 625	11 552	29 266	1 630	295 168	17 177	161 359	9 922	456 527	27 098	161 359	35%	9 922
103	191 315	11 596	29 485	1 642	294 697	17 145	161 830	9 953	456 527	27 098	161 830	35%	9 953
104	191 102	11 584	29 290	1 630	294 715	17 145	161 812	9 954	456 527	27 098	161 812	35%	9 954
105	189 979	11 518	28 679	1 594	295 227	17 175	161 300	9 923	456 527	27 098	161 300	35%	9 923
106	191 130	11 591	29 584	1 649	294 981	17 156	161 546	9 943	456 527	27 098	161 546	35%	9 943
107	156 139	9 454	16 128	880	316 516	18 524	140 011	8 575	456 527	27 098	140 011	31%	8 575
108	169 444	10 269	20 362	1 118	307 444	17 947	149 083	9 151	456 527	27 098	149 083	33%	9 151
109	170 058	10 307	20 544	1 128	307 013	17 919	149 514	9 180	456 527	27 098	149 514	33%	9 180
110	169 869	10 297	20 453	1 122	307 112	17 923	149 415	9 175	456 527	27 098	149 415	33%	9 175
111	168 870	10 238	20 097	1 102	307 753	17 962	148 774	9 136	456 527	27 098	148 774	33%	9 136
112	169 894	10 303	20 579	1 129	307 213	17 924	149 314	9 174	456 527	27 098	149 314	33%	9 174
113	126 863	7 682	8 480	458	338 145	19 875	118 382	7 223	456 527	27 098	118 382	26%	7 223
114	137 674	8 343	10 960	595	329 813	19 350	126 714	7 749	456 527	27 098	126 714	28%	7 749
115	138 172	8 375	11 153	606	329 508	19 329	127 019	7 769	456 527	27 098	127 019	28%	7 769
116	138 018	8 366	11 192	608	329 701	19 340	126 826	7 758	456 527	27 098	126 826	28%	7 758
117	137 207	8 318	11 080	603	330 400	19 383	126 127	7 716	456 527	27 098	126 127	28%	7 716
118	138 039	8 371	11 220	609	329 709	19 336	126 818	7 762	456 527	27 098	126 818	28%	7 762
119	117 104	7 091	6 419	347	345 842	20 355	110 685	6 744	456 527	27 098	110 685	24%	6 744
120	127 083	7 702	8 500	461	337 944	19 858	118 583	7 240	456 527	27 098	118 583	26%	7 240
121	127 544	7 731	8 661	470	337 645	19 838	118 882	7 260	456 527	27 098	118 882	26%	7 260
122	127 401	7 723	8 695	473	337 820	19 848	118 707	7 250	456 527	27 098	118 707	26%	7 250
123	126 653	7 678	8 584	467	338 458	19 887	118 069	7 212	456 527	27 098	118 069	26%	7 212
124	127 420	7 728	8 726	474	337 833	19 845	118 694	7 254	456 527	27 098	118 694	26%	7 254
125	116 985	7 084	6 395	346	345 937	20 360	110 590	6 738	456 527	27 098	110 590	24%	6 738
126	126 954	7 694	8 471	460	338 044	19 864	118 483	7 234	456 527	27 098	118 483	26%	7 234
127	127 272	7 715	8 665	471	337 920	19 854	118 607	7 244	456 527	27 098	118 607	26%	7 244
128	127 414	7 723	8 631	469	337 744	19 845	118 783	7 254	456 527	27 098	118 783	26%	7 254
129	126 524	7 671	8 555	465	338 557	19 893	117 970	7 205	456 527	27 098	117 970	26%	7 205
130	127 291	7 720	8 696	472	337 933	19 851	118 594	7 247	456 527	27 098	118 594	26%	7 247
131	182 975	11 079	26 407	1 469	299 959	17 488	156 568	9 611	456 527	27 098	156 568	34%	9 611
132	198 568	12 034	33 188	1 859	291 147	16 924	165 380	10 174	456 527	27 098	165 380	36%	10 174
133	199 287	12 079	33 442	1 874	290 682	16 893	165 845	10 205	456 527	27 098	165 845	36%	10 205
134	199 065	12 067	33 220	1 860	290 683	16 891	165 844	10 207	456 527	27 098	165 844	36,3%	10 207
135	197 895	11 998	32 538	1 819	291 170	16 920	165 357	10 178	456 527	27 098	165 357	36,2%	10 178
136	199 094	12 074	33 580	1 882	291 013	16 907	165 514	10 192	456 527	27 098	165 514	36,3%	10 192
137	211 857	12 828	40 852	2 314	285 521	16 585	171 006	10 514	456 527	27 098	171 006	37,5%	10 514
138	229 911	13 933	51 052	2 914	277 668	16 079	178 859	11 019	456 527	27 098	178 859	39,2%	11 019
139	230 744	13 986	51 534	2 942	277 317	16 055	179 210	11 044	456 527	27 098	179 210	39,3%	11 044
140	230 487	13 972	51 334	2 929	277 375	16 056	179 152	11 043	456 527	27 098	179 152	39,2%	11 043
141	229 132	13 891	50 472	2 878	277 867	16 085	178 660	11 014	456 527	27 098	178 660	39,1%	11 014
142	230 521	13 980	51 869	2 963	277 876	16 082	178 651	11 017	456 527	27 098	178 651	39,1%	11 017
143	214 909	13 013	42 561	2 415	284 180	16 501	172 347	10 598	456 527	27 098	172 347	37,8%	10 598
144	233 223	14 134	53 133	3 038	276 437	16 002	180 090	11 096	456 527	27 098	180 090	39,4%	11 096
145	234 067	14 187	53 638	3 067	276 097	15 978	180 430	11 120	456 527	27 098	180 430	39,5%	11 120
146	233 806	14 173	53 453	3 055	276 173	15 981	180 354	11 118	456 527	27 098	180 354	39,5%	11 118

Avaliação económica e energética

Hipótese	Energia produzida Energia [kWh]	Energia produzida Poupança - fatura [€]	Energia produzida desperdiçada [kWh]	Energia produzida desperdiçada [€]	Energia Comprada à Rede - com produção [kWh]	Energia Comprada à Rede - com produção [€]	Energia consumida obtida pela produção [kWh]	Energia consumida obtida pela produção [€]	Energia consumida totalmente pela rede - sem produção: Energia [kWh]	Energia consumida totalmente pela rede - sem produção: [€]	Redução energética [kWh]	Redução energética [%]	Redução energética [€]
147	232 433	14 092	52 573	3 002	276 667	16 009	179 860	11 089	456 527	27 098	179 860	39,4%	11 089
148	233 841	14 181	54 003	3 090	276 689	16 007	179 838	11 091	456 527	27 098	179 838	39,4%	11 091
201	92 356	5 592	2 196	119	366 367	21 625	90 160	5 473	456 527	27 098	90 160	20%	5 473
202	100 311	6 079	3 280	178	359 496	21 197	97 031	5 901	456 527	27 098	97 031	21%	5 901
203	100 681	6 102	3 331	181	359 177	21 177	97 350	5 921	456 527	27 098	97 350	21%	5 921
204	100 571	6 097	3 312	180	359 268	21 182	97 259	5 916	456 527	27 098	97 259	21%	5 916
205	99 978	6 061	3 218	175	359 767	21 212	96 760	5 886	456 527	27 098	96 760	21%	5 886
206	100 587	6 100	3 338	181	359 278	21 179	97 249	5 919	456 527	27 098	97 249	21%	5 919
207	138 675	8 397	11 298	612	329 150	19 313	127 377	7 785	456 527	27 098	127 377	28%	7 785
208	150 620	9 128	14 414	784	320 321	18 755	136 206	8 344	456 527	27 098	136 206	30%	8 344
209	151 175	9 163	14 595	794	319 947	18 730	136 580	8 369	456 527	27 098	136 580	30%	8 369
210	151 010	9 154	14 597	795	320 114	18 739	136 413	8 359	456 527	27 098	136 413	30%	8 359
211	150 119	9 101	14 419	785	320 827	18 782	135 700	8 316	456 527	27 098	135 700	30%	8 316
212	151 034	9 160	14 635	796	320 128	18 735	136 399	8 363	456 527	27 098	136 399	30%	8 363
213	138 675	8 397	11 298	612	329 150	19 313	127 377	7 785	456 527	27 098	127 377	28%	7 785
214	150 620	9 128	14 414	784	320 321	18 755	136 206	8 344	456 527	27 098	136 206	30%	8 344
215	151 175	9 163	14 595	794	319 947	18 730	136 580	8 369	456 527	27 098	136 580	30%	8 369
216	151 010	9 154	14 597	795	320 114	18 739	136 413	8 359	456 527	27 098	136 413	30%	8 359
217	150 119	9 101	14 419	785	320 827	18 782	135 700	8 316	456 527	27 098	135 700	30%	8 316
218	151 034	9 160	14 635	796	320 128	18 735	136 399	8 363	456 527	27 098	136 399	30%	8 363
219	144 978	8 779	12 942	702	324 491	19 022	132 036	8 077	456 527	27 098	132 036	29%	8 077
220	157 466	9 543	16 449	897	315 510	18 453	141 017	8 646	456 527	27 098	141 017	31%	8 646
221	158 047	9 580	16 634	908	315 114	18 427	141 413	8 672	456 527	27 098	141 413	31%	8 672
222	157 874	9 570	16 599	906	315 252	18 434	141 275	8 664	456 527	27 098	141 275	31%	8 664
223	156 943	9 515	16 353	892	315 937	18 475	140 590	8 623	456 527	27 098	140 590	31%	8 623
224	157 899	9 576	16 655	909	315 283	18 431	141 244	8 668	456 527	27 098	141 244	31%	8 668
225	167 920	10 168	20 327	1 118	308 935	18 049	147 592	9 049	456 527	27 098	147 592	32%	9 049
226	182 384	11 053	25 680	1 423	299 822	17 468	156 705	9 630	456 527	27 098	156 705	34%	9 630
227	183 057	11 095	25 882	1 434	299 352	17 437	157 175	9 661	456 527	27 098	157 175	34%	9 661
228	182 857	11 085	25 714	1 424	299 384	17 437	157 143	9 661	456 527	27 098	157 143	34%	9 661
229	181 778	11 021	25 190	1 393	299 939	17 471	156 588	9 628	456 527	27 098	156 588	34%	9 628
230	182 885	11 091	25 959	1 439	299 600	17 446	156 927	9 653	456 527	27 098	156 927	34%	9 653
231	176 316	10 676	23 690	1 312	303 901	17 734	152 626	9 364	456 527	27 098	152 626	33%	9 364
232	191 504	11 606	29 862	1 666	294 886	17 158	161 641	9 940	456 527	27 098	161 641	35%	9 940
233	192 210	11 650	30 090	1 678	294 408	17 127	162 119	9 972	456 527	27 098	162 119	36%	9 972
234	192 000	11 639	29 891	1 666	294 418	17 125	162 109	9 973	456 527	27 098	162 109	36%	9 973
235	190 867	11 572	29 262	1 629	294 922	17 155	161 605	9 943	456 527	27 098	161 605	35%	9 943
236	192 029	11 646	30 193	1 685	294 691	17 137	161 836	9 961	456 527	27 098	161 836	35%	9 961
237	208 012	12 596	38 952	2 203	287 467	16 706	169 060	10 393	456 527	27 098	169 060	37%	10 393
238	225 930	13 692	48 836	2 783	279 433	16 189	177 094	10 909	456 527	27 098	177 094	39%	10 909
239	226 763	13 745	49 300	2 810	279 064	16 164	177 463	10 935	456 527	27 098	177 463	39%	10 935
240	226 515	13 731	49 093	2 797	279 104	16 164	177 423	10 934	456 527	27 098	177 423	39%	10 934
241	225 179	13 652	48 239	2 746	279 587	16 192	176 940	10 906	456 527	27 098	176 940	39%	10 906
242	226 550	13 740	49 607	2 830	279 584	16 188	176 943	10 910	456 527	27 098	176 943	39%	10 910
243	217 467	13 168	44 231	2 514	283 291	16 445	173 236	10 654	456 527	27 098	173 236	38%	10 654
244	236 200	14 315	55 279	3 166	275 607	15 950	180 920	11 149	456 527	27 098	180 920	40%	11 149

Avaliação económica e energética

Hipótese	Energia produzida Energia [kWh]	Energia produzida Poupança - fatura [€]	Energia produzida desperdiçada [kWh]	Energia produzida desperdiçada [€]	Energia Comprada à Rede - com produção [kWh]	Energia Comprada à Rede - com produção [€]	Energia consumida obtida pela produção [kWh]	Energia consumida obtida pela produção [€]	Energia consumida totalmente pela rede - sem produção: Energia [kWh]	Energia consumida totalmente pela rede - sem produção: [€]	Redução energética [kWh]	Redução energética [%]	Redução energética [€]
245	237 070	14 369	55 816	3 197	275 272	15 926	181 255	11 172	456 527	27 098	181 255	40%	11 172
246	236 811	14 355	55 643	3 186	275 359	15 929	181 168	11 169	456 527	27 098	181 168	40%	11 169
247	235 414	14 273	54 744	3 132	275 857	15 958	180 670	11 140	456 527	27 098	180 670	40%	11 140
248	236 848	14 364	56 212	3 223	275 891	15 957	180 636	11 142	456 527	27 098	180 636	40%	11 142
302	207 027	12 550	37 467	2 109	286 967	16 658	169 560	10 441	456 527	27 098	169 560	37%	10 441
303	254 803	15 446	67 476	3 891	269 200	15 544	187 327	11 555	456 527	27 098	187 327	41%	11 555
304	254 803	15 446	67 476	3 891	269 200	15 544	187 327	11 555	456 527	27 098	187 327	41%	11 555
305	191 315	11 596	29 485	1 642	294 697	17 145	161 830	9 953	456 527	27 098	161 830	35%	9 953
306	191 102	11 584	29 290	1 630	294 715	17 145	161 812	9 954	456 527	27 098	161 812	35%	9 954
307	254 803	15 446	67 476	3 891	269 200	15 544	187 327	11 555	456 527	27 098	187 327	41%	11 555
308	170 058	10 307	20 544	1 128	307 013	17 919	149 514	9 180	456 527	27 098	149 514	33%	9 180
401	212 336	12 871	32 610	1 827	280 295	16 243	179 726	11 044	456 527	27 098	179 726	39%	10 855
402	212 336	12 871	29 109	1 621	276 710	16 019	183 227	11 250	456 527	27 098	179 817	39%	11 079
403	212 336	12 871	32 738	1 835	280 448	16 253	179 598	11 037	456 527	27 098	176 079	39%	10 846
404	212 336	12 871	29 405	1 639	276 981	16 036	182 931	11 233	456 527	27 098	179 546	39%	11 062
405	212 336	12 871	26 375	1 460	273 849	15 840	185 960	11 411	456 527	27 098	182 678	40%	11 258
406	212 336	12 871	23 881	1 310	271 087	15 668	188 455	11 562	456 527	27 098	185 440	41%	11 430
407	212 336	12 871	30 808	1 720	278 267	16 116	181 528	11 152	456 527	27 098	178 260	39%	10 982
501	212 336	12 871	32 738	1 835	280 448	16 253	179 598	11 037	456 527	27 098	176 079	39%	10 846
502	212 336	12 871	29 405	1 639	276 981	16 036	182 931	11 233	456 527	27 098	179 546	39%	11 062
503	212 336	12 871	26 375	1 460	273 849	15 840	185 960	11 411	456 527	27 098	182 678	40%	11 258
504	212 336	12 871	23 881	1 310	271 087	15 668	188 455	11 562	456 527	27 098	185 440	41%	11 430
505	212 336	12 871	21 219	1 152	268 671	15 519	191 117	11 719	456 527	27 098	187 856	41%	11 579
506	212 336	12 871	19 179	1 034	266 490	15 386	193 157	11 838	456 527	27 098	190 037	42%	11 713
507	212 336	12 871	32 738	1 835	280 448	16 253	179 598	11 037	456 527	27 098	176 079	39%	10 846
508	212 336	12 871	29 405	1 639	276 981	16 036	182 931	11 233	456 527	27 098	179 546	39%	11 062
509	212 336	12 871	26 375	1 460	273 849	15 840	185 960	11 411	456 527	27 098	182 678	40%	11 258
510	212 336	12 871	23 881	1 310	271 087	15 668	188 455	11 562	456 527	27 098	185 440	41%	11 430
511	212 336	12 871	21 219	1 152	268 671	15 519	191 117	11 719	456 527	27 098	187 856	41%	11 579
512	212 336	12 871	19 179	1 034	266 490	15 386	193 157	11 838	456 527	27 098	190 037	42%	11 713
513	212 336	12 871	17 663	946	264 587	15 271	194 673	11 926	456 527	27 098	191 940	42%	11 828
514	212 336	12 871	16 190	862	262 889	15 170	196 146	12 009	456 527	27 098	193 638	42%	11 928
515	212 336	12 871	14 234	753	261 323	15 080	198 102	12 118	456 527	27 098	195 204	43%	12 019
516	212 336	12 871	32 738	1 835	280 448	16 253	179 598	11 037	456 527	27 098	176 079	39%	10 846
517	212 336	12 871	29 405	1 639	276 981	16 036	182 931	11 233	456 527	27 098	179 546	39%	11 062
518	212 336	12 871	26 375	1 460	273 849	15 840	185 960	11 411	456 527	27 098	182 678	40%	11 258
519	212 336	12 871	23 881	1 310	271 087	15 668	188 455	11 562	456 527	27 098	185 440	41%	11 430
520	212 336	12 871	21 219	1 152	268 671	15 519	191 117	11 719	456 527	27 098	187 856	41%	11 579
521	212 336	12 871	19 179	1 034	266 490	15 386	193 157	11 838	456 527	27 098	190 037	42%	11 713
522	212 336	12 871	30 808	1 720	278 267	16 116	181 528	11 152	456 527	27 098	178 260	39%	10 982
523	212 336	12 871	30 808	1 720	278 267	16 116	181 528	11 152	456 527	27 098	178 260	39%	10 982
524	212 336	12 871	30 808	1 720	278 267	16 116	181 528	11 152	456 527	27 098	178 260	39%	10 982
601	127 272	7 715	10 735	607	339 538	19 636	116 537	7 108	456 075	26 744	116 537	26%	7 108
602	127 401	7 723	10 786	610	339 459	19 631	116 616	7 112	456 075	26 744	116 616	26%	7 112
603	138 018	8 366	15 516	889	333 573	19 266	122 502	7 478	456 075	26 744	122 502	27%	7 478
604	168 489	10 214	32 588	1 904	320 174	18 434	135 901	8 309	456 075	26 744	135 901	30%	8 309

Avaliação económica e energética

Hipótese	Energia produzida Energia [kWh]	Energia produzida Poupança - fatura [€]	Energia produzida desperdiçada [kWh]	Energia produzida desperdiçada [€]	Energia Comprada à Rede - com produção [kWh]	Energia Comprada à Rede - com produção [€]	Energia consumida obtida pela produção [kWh]	Energia consumida obtida pela produção [€]	Energia consumida totalmente pela rede - sem produção: Energia [kWh]	Energia consumida totalmente pela rede - sem produção: [€]	Redução energética [kWh]	Redução energética [%]	Redução energética [€]
605	191 102	11 584	47 647	2 806	312 620	17 965	143 455	8 778	456 075	26 744	143 455	31%	8 778
606	192 072	11 643	48 330	2 847	312 333	17 947	143 742	8 796	456 075	26 744	143 742	32%	8 796
607	230 487	13 972	77 093	4 576	302 681	17 348	153 394	9 396	456 075	26 744	153 394	34%	9 396
608	115 836	7 022	6 741	376	346 980	20 097	109 095	6 646	456 075	26 744	109 095	24%	6 646
609	138 018	8 366	15 516	889	333 573	19 266	122 502	7 478	456 075	26 744	122 502	26,9%	7 478
701	137 878	8 358	10 929	619	330 776	19 100	126 950	7 739	456 075	26 744	125 299	27%	7 644
702	137 878	8 358	10 929	619	330 776	19 100	126 950	7 739	456 075	26 744	125 299	27%	7 644
703	137 878	8 358	10 929	619	330 776	19 100	126 950	7 739	456 075	26 744	125 299	27%	7 644
704	137 878	8 358	10 929	619	330 776	19 100	126 950	7 739	456 075	26 744	125 299	27%	7 644
705	137 878	8 358	8 636	479	328 466	18 959	129 242	7 879	456 075	26 744	127 609	28%	7 784
706	137 878	8 358	8 636	479	328 466	18 959	129 242	7 879	456 075	26 744	127 609	28%	7 784
707	137 878	8 358	8 636	479	328 466	18 959	129 242	7 879	456 075	26 744	127 609	28%	7 784
708	137 878	8 358	8 636	479	328 466	18 959	129 242	7 879	456 075	26 744	127 609	28%	7 784
709	137 878	8 358	10 325	583	330 188	19 064	127 553	7 775	456 075	26 744	125 887	28%	7 679
710	137 878	8 358	10 325	583	330 188	19 064	127 553	7 775	456 075	26 744	125 887	28%	7 679
711	137 878	8 358	10 325	583	330 188	19 064	127 553	7 775	456 075	26 744	125 887	28%	7 679
712	137 878	8 358	10 325	583	330 188	19 064	127 553	7 775	456 075	26 744	125 887	28%	7 679
713	137 878	8 358	7 716	426	327 481	18 899	130 162	7 932	456 075	26 744	128 594	28%	7 845
714	137 878	8 358	7 716	426	327 481	18 899	130 162	7 932	456 075	26 744	128 594	28%	7 845
715	137 878	8 358	7 716	426	327 481	18 899	130 162	7 932	456 075	26 744	128 594	28%	7 845
716	137 878	8 358	7 716	426	327 481	18 899	130 162	7 932	456 075	26 744	128 594	28%	7 845
717	137 878	8 358	5 918	321	325 365	18 770	131 960	8 037	456 075	26 744	130 710	29%	7 973
718	137 878	8 358	5 918	321	325 365	18 770	131 960	8 037	456 075	26 744	130 710	29%	7 973
719	137 878	8 358	5 918	321	325 365	18 770	131 960	8 037	456 075	26 744	130 710	29%	7 973
720	137 878	8 358	5 918	321	325 365	18 770	131 960	8 037	456 075	26 744	130 710	29%	7 973
721	137 878	8 358	4 433	235	323 721	18 672	133 445	8 123	456 075	26 744	132 354	29%	8 071
722	137 878	8 358	4 433	235	323 721	18 672	133 445	8 123	456 075	26 744	132 354	29%	8 071
723	137 878	8 358	4 433	235	323 721	18 672	133 445	8 123	456 075	26 744	132 354	29%	8 071
724	137 878	8 358	4 433	235	323 721	18 672	133 445	8 123	456 075	26 744	132 354	29%	8 071
801	80 662	4 884	869	48	376 282	21 907	79 793	4 836	456 075	26 744	79 793	17%	4 836
802	126 051	7 639	10 326	584	340 350	19 688	115 725	7 055	456 075	26 744	115 725	25%	7 055
803	127 544	7 731	10 871	616	339 402	19 629	116 673	7 115	456 075	26 744	116 673	26%	7 115
804	169 869	10 297	33 453	1 956	319 659	18 402	136 416	8 341	456 075	26 744	136 416	30%	8 341
805	168 870	10 238	33 005	1 929	320 210	18 435	135 865	8 309	456 075	26 744	135 865	30%	8 309

	Inversor					Painéis Fotovoltaicos					Armazenamento						
Hipótese	Potência/ Capacidade	Marca	Modelo	Quantidade	Custo total [€]	Potência/ Capacidade	Marca	Modelo	Quantidade	Custo total [€]	Capacidade	Marca	Modelo	Quantidade	Custo total [€]	Indisponibilidade da Bateria Horas [h]	Indisponibilidade da Bateria [%]
101	30 kW	Goodwe	GW30K-MT	3	8 896	460 Wp	Longi	460 Wp	216	49 416	-	-	-	-	-	0	0
102	30 kW	Goodwe	GW30K-MT	3	8 896	460 Wp	Longi	460 Wp	216	49 416	-	-	-	-	-	0	0
103	30 kW	Goodwe	GW30K-MT	3	8 896	460 Wp	Longi	460 Wp	216	49 416	-	-	-	-	-	0	0
104	30 kW	Goodwe	GW30K-MT	3	8 896	460 Wp	Longi	460 Wp	216	49 416	-	-	-	-	-	0	0
105	30 kW	Goodwe	GW30K-MT	3	8 896	460 Wp	Longi	460 Wp	216	49 416	-	-	-	-	-	0	0
106	30 kW	Goodwe	GW30K-MT	3	8 896	460 Wp	Longi	460 Wp	216	49 416	-	-	-	-	-	0	0
107	36 kW	Goodwe	GW36K-MT	2	7 797	460 Wp	Longi	460 Wp	192	43 926	-	-	-	-	-	0	0
108	36 kW	Goodwe	GW36K-MT	2	7 797	460 Wp	Longi	460 Wp	192	43 926	-	-	-	-	-	0	0
109	36 kW	Goodwe	GW36K-MT	2	7 797	460 Wp	Longi	460 Wp	192	43 926	-	-	-	-	-	0	0
110	36 kW	Goodwe	GW36K-MT	2	7 797	460 Wp	Longi	460 Wp	192	43 926	-	-	-	-	-	0	0
111	36 kW	Goodwe	GW36K-MT	2	7 797	460 Wp	Longi	460 Wp	192	43 926	-	-	-	-	-	0	0
112	36 kW	Goodwe	GW36K-MT	2	7 797	460 Wp	Longi	460 Wp	192	43 926	-	-	-	-	-	0	0
113	36 kW	Goodwe	GW36K-MT	2	7 797	460 Wp	Longi	460 Wp	156	35 690	-	-	-	-	-	0	0
114	36 kW	Goodwe	GW36K-MT	2	7 797	460 Wp	Longi	460 Wp	156	35 690	-	-	-	-	-	0	0
115	36 kW	Goodwe	GW36K-MT	2	7 797	460 Wp	Longi	460 Wp	156	35 690	-	-	-	-	-	0	0
116	36 kW	Goodwe	GW36K-MT	2	7 797	460 Wp	Longi	460 Wp	156	35 690	-	-	-	-	-	0	0
117	36 kW	Goodwe	GW36K-MT	2	7 797	460 Wp	Longi	460 Wp	156	35 690	-	-	-	-	-	0	0
118	36 kW	Goodwe	GW36K-MT	2	7 797	460 Wp	Longi	460 Wp	156	35 690	-	-	-	-	-	0	0
119	30 kW	Goodwe	GW30K-MT	2	5 931	460 Wp	Longi	460 Wp	144	32 944	-	-	-	-	-	0	0
120	30 kW	Goodwe	GW30K-MT	2	5 931	460 Wp	Longi	460 Wp	144	32 944	-	-	-	-	-	0	0
121	30 kW	Goodwe	GW30K-MT	2	5 931	460 Wp	Longi	460 Wp	144	32 944	-	-	-	-	-	0	0
122	30 kW	Goodwe	GW30K-MT	2	5 931	460 Wp	Longi	460 Wp	144	32 944	-	-	-	-	-	0	0
123	30 kW	Goodwe	GW30K-MT	2	5 931	460 Wp	Longi	460 Wp	144	32 944	-	-	-	-	-	0	0
124	30 kW	Goodwe	GW30K-MT	2	5 931	460 Wp	Longi	460 Wp	144	32 944	-	-	-	-	-	0	0
125	25 kW	Goodwe	GW25K-MT	2	6 199	460 Wp	Longi	460 Wp	144	32 944	-	-	-	-	-	0	0
126	25 kW	Goodwe	GW25K-MT	2	6 199	460 Wp	Longi	460 Wp	144	32 944	-	-	-	-	-	0	0
127	25 kW	Goodwe	GW25K-MT	2	6 199	460 Wp	Longi	460 Wp	144	32 944	-	-	-	-	-	0	0
128	25 kW	Goodwe	GW25K-MT	2	6 199	460 Wp	Longi	460 Wp	144	32 944	-	-	-	-	-	0	0
129	25 kW	Goodwe	GW25K-MT	2	6 199	460 Wp	Longi	460 Wp	144	32 944	-	-	-	-	-	0	0
130	25 kW	Goodwe	GW25K-MT	2	6 199	460 Wp	Longi	460 Wp	144	32 944	-	-	-	-	-	0	0
131	30 kW	Goodwe	GW30K-MT	3	8 896	460 Wp	Longi	460 Wp	225	51 476	-	-	-	-	-	0	0
132	30 kW	Goodwe	GW30K-MT	3	8 896	460 Wp	Longi	460 Wp	225	51 476	-	-	-	-	-	0	0
133	30 kW	Goodwe	GW30K-MT	3	8 896	460 Wp	Longi	460 Wp	225	51 476	-	-	-	-	-	0	0
134	30 kW	Goodwe	GW30K-MT	3	8 896	460 Wp	Longi	460 Wp	225	51 476	-	-	-	-	-	0	0
135	30 kW	Goodwe	GW30K-MT	3	8 896	460 Wp	Longi	460 Wp	225	51 476	-	-	-	-	-	0	0
136	30 kW	Goodwe	GW30K-MT	3	8 896	460 Wp	Longi	460 Wp	225	51 476	-	-	-	-	-	0	0
137	50 kW	SMA	Sunny Tripower CORE1	2	11 157	460 Wp	Longi	460 Wp	264	60 398	-	-	-	-	-	0	0
138	50 kW	SMA	Sunny Tripower CORE1	2	11 157	460 Wp	Longi	460 Wp	264	60 398	-	-	-	-	-	0	0
139	50 kW	SMA	Sunny Tripower CORE1	2	11 157	460 Wp	Longi	460 Wp	264	60 398	-	-	-	-	-	0	0
140	50 kW	SMA	Sunny Tripower CORE1	2	11 157	460 Wp	Longi	460 Wp	264	60 398	-	-	-	-	-	0	0
141	50 kW	SMA	Sunny Tripower CORE1	2	11 157	460 Wp	Longi	460 Wp	264	60 398	-	-	-	-	-	0	0
142	50 kW	SMA	Sunny Tripower CORE1	2	11 157	460 Wp	Longi	460 Wp	264	60 398	-	-	-	-	-	0	0
143	60 kW	Fimer	PVS-60-TL	2	13 321	460 Wp	Longi	460 Wp	264	60 398	-	-	-	-	-	0	0
144	60 kW	Fimer	PVS-60-TL	2	13 321	460 Wp	Longi	460 Wp	264	60 398	-	-	-	-	-	0	0
145	60 kW	Fimer	PVS-60-TL	2	13 321	460 Wp	Longi	460 Wp	264	60 398	-	-	-	-	-	0	0
146	60 kW	Fimer	PVS-60-TL	2	13 321	460 Wp	Longi	460 Wp	264	60 398	-	-	-	-	-	0	0

	Inversor					Painéis Fotovoltaicos					Armazenamento						
Hipótese	Potência/ Capacidade	Marca	Modelo	Quantidade	Custo total [€]	Potência/ Capacidade	Marca	Modelo	Quantidade	Custo total [€]	Capacidade	Marca	Modelo	Quantidade	Custo total [€]	Indisponibilidade da Bateria Horas [h]	Indisponibilidade da Bateria [%]
147	60 kW	Fimer	PVS-60-TL	2	13 321	460 Wp	Longi	460 Wp	264	60 398	-	-	-	-	-	0	0
148	60 kW	Fimer	PVS-60-TL	2	13 321	460 Wp	Longi	460 Wp	264	60 398	-	-	-	-	-	0	0
201	25 kW	Goodwe	GW25K-MT	2	6 199	590 Wp	Q-Cells	590 Wp	88	30 416	-	-	-	-	-	0	0
202	25 kW	Goodwe	GW25K-MT	2	6 199	590 Wp	Q-Cells	590 Wp	88	30 416	-	-	-	-	-	0	0
203	25 kW	Goodwe	GW25K-MT	2	6 199	590 Wp	Q-Cells	590 Wp	88	30 416	-	-	-	-	-	0	0
204	25 kW	Goodwe	GW25K-MT	2	6 199	590 Wp	Q-Cells	590 Wp	88	30 416	-	-	-	-	-	0	0
205	25 kW	Goodwe	GW25K-MT	2	6 199	590 Wp	Q-Cells	590 Wp	88	30 416	-	-	-	-	-	0	0
206	25 kW	Goodwe	GW25K-MT	2	6 199	590 Wp	Q-Cells	590 Wp	88	30 416	-	-	-	-	-	0	0
207	30 kW	Goodwe	GW30K-MT	2	5 931	590 Wp	Q-Cells	590 Wp	132	45 624	-	-	-	-	-	0	0
208	30 kW	Goodwe	GW30K-MT	2	5 931	590 Wp	Q-Cells	590 Wp	132	45 624	-	-	-	-	-	0	0
209	30 kW	Goodwe	GW30K-MT	2	5 931	590 Wp	Q-Cells	590 Wp	132	45 624	-	-	-	-	-	0	0
210	30 kW	Goodwe	GW30K-MT	2	5 931	590 Wp	Q-Cells	590 Wp	132	45 624	-	-	-	-	-	0	0
211	30 kW	Goodwe	GW30K-MT	2	5 931	590 Wp	Q-Cells	590 Wp	132	45 624	-	-	-	-	-	0	0
212	30 kW	Goodwe	GW30K-MT	2	5 931	590 Wp	Q-Cells	590 Wp	132	45 624	-	-	-	-	-	0	0
213	36 kW	Goodwe	GW36K-MT	2	7 797	590 Wp	Q-Cells	590 Wp	132	45 624	-	-	-	-	-	0	0
214	36 kW	Goodwe	GW36K-MT	2	7 797	590 Wp	Q-Cells	590 Wp	132	45 624	-	-	-	-	-	0	0
215	36 kW	Goodwe	GW36K-MT	2	7 797	590 Wp	Q-Cells	590 Wp	132	45 624	-	-	-	-	-	0	0
216	36 kW	Goodwe	GW36K-MT	2	7 797	590 Wp	Q-Cells	590 Wp	132	45 624	-	-	-	-	-	0	0
217	36 kW	Goodwe	GW36K-MT	2	7 797	590 Wp	Q-Cells	590 Wp	132	45 624	-	-	-	-	-	0	0
218	36 kW	Goodwe	GW36K-MT	2	7 797	590 Wp	Q-Cells	590 Wp	132	45 624	-	-	-	-	-	0	0
219	36 kW	Goodwe	GW36K-MT	2	7 797	590 Wp	Q-Cells	590 Wp	138	47 698	-	-	-	-	-	0	0
220	36 kW	Goodwe	GW36K-MT	2	7 797	590 Wp	Q-Cells	590 Wp	138	47 698	-	-	-	-	-	0	0
221	36 kW	Goodwe	GW36K-MT	2	7 797	590 Wp	Q-Cells	590 Wp	138	47 698	-	-	-	-	-	0	0
222	36 kW	Goodwe	GW36K-MT	2	7 797	590 Wp	Q-Cells	590 Wp	138	47 698	-	-	-	-	-	0	0
223	36 kW	Goodwe	GW36K-MT	2	7 797	590 Wp	Q-Cells	590 Wp	138	47 698	-	-	-	-	-	0	0
224	36 kW	Goodwe	GW36K-MT	2	7 797	590 Wp	Q-Cells	590 Wp	138	47 698	-	-	-	-	-	0	0
225	50 kW	Fimer	PVS-50-TL	2	12 144	590 Wp	Q-Cells	590 Wp	160	55 302	-	-	-	-	-	0	0
226	50 kW	Fimer	PVS-50-TL	2	12 144	590 Wp	Q-Cells	590 Wp	160	55 302	-	-	-	-	-	0	0
227	50 kW	Fimer	PVS-50-TL	2	12 144	590 Wp	Q-Cells	590 Wp	160	55 302	-	-	-	-	-	0	0
228	50 kW	Fimer	PVS-50-TL	2	12 144	590 Wp	Q-Cells	590 Wp	160	55 302	-	-	-	-	-	0	0
229	50 kW	Fimer	PVS-50-TL	2	12 144	590 Wp	Q-Cells	590 Wp	160	55 302	-	-	-	-	-	0	0
230	50 kW	Fimer	PVS-50-TL	2	12 144	590 Wp	Q-Cells	590 Wp	160	55 302	-	-	-	-	-	0	0
231	50 kW	Fimer	PVS-50-TL	2	12 144	590 Wp	Q-Cells	590 Wp	168	58 068	-	-	-	-	-	0	0
232	50 kW	Fimer	PVS-50-TL	2	12 144	590 Wp	Q-Cells	590 Wp	168	58 068	-	-	-	-	-	0	0
233	50 kW	Fimer	PVS-50-TL	2	12 144	590 Wp	Q-Cells	590 Wp	168	58 068	-	-	-	-	-	0	0
234	50 kW	Fimer	PVS-50-TL	2	12 144	590 Wp	Q-Cells	590 Wp	168	58 068	-	-	-	-	-	0	0
235	50 kW	Fimer	PVS-50-TL	2	12 144	590 Wp	Q-Cells	590 Wp	168	58 068	-	-	-	-	-	0	0
236	50 kW	Fimer	PVS-50-TL	2	12 144	590 Wp	Q-Cells	590 Wp	168	58 068	-	-	-	-	-	0	0
237	36 kW	Goodwe	GW36K-MT	3	11 695	590 Wp	Q-Cells	590 Wp	198	68 437	-	-	-	-	-	0	0
238	36 kW	Goodwe	GW36K-MT	3	11 695	590 Wp	Q-Cells	590 Wp	198	68 437	-	-	-	-	-	0	0
239	36 kW	Goodwe	GW36K-MT	3	11 695	590 Wp	Q-Cells	590 Wp	198	68 437	-	-	-	-	-	0	0
240	36 kW	Goodwe	GW36K-MT	3	11 695	590 Wp	Q-Cells	590 Wp	198	68 437	-	-	-	-	-	0	0
241	36 kW	Goodwe	GW36K-MT	3	11 695	590 Wp	Q-Cells	590 Wp	198	68 437	-	-	-	-	-	0	0
242	36 kW	Goodwe	GW36K-MT	3	11 695	590 Wp	Q-Cells	590 Wp	198	68 437	-	-	-	-	-	0	0
243	36 kW	Goodwe	GW36K-MT	3	11 695	590 Wp	Q-Cells	590 Wp	207	71 547	-	-	-	-	-	0	0
244	36 kW	Goodwe	GW36K-MT	3	11 695	590 Wp	Q-Cells	590 Wp	207	71 547	-	-	-	-	-	0	0

Inversor						Painéis Fotovoltaicos					Armazenamento						
Hipótese	Potência/ Capacidade	Marca	Modelo	Quantidade	Custo total [€]	Potência/ Capacidade	Marca	Modelo	Quantidade	Custo total [€]	Capacidade	Marca	Modelo	Quantidade	Custo total [€]	Indisponibilidade da Bateria Horas [h]	Indisponibilidade da Bateria [%]
245	36 kW	Goodwe	GW36K-MT	3	11 695	590 Wp	Q-Cells	590 Wp	207	71 547	-	-	-	-	-	0	0
246	36 kW	Goodwe	GW36K-MT	3	11 695	590 Wp	Q-Cells	590 Wp	207	71 547	-	-	-	-	-	0	0
247	36 kW	Goodwe	GW36K-MT	3	11 695	590 Wp	Q-Cells	590 Wp	207	71 547	-	-	-	-	-	0	0
248	36 kW	Goodwe	GW36K-MT	3	11 695	590 Wp	Q-Cells	590 Wp	207	71 547	-	-	-	-	-	0	0
302	36 kW	Goodwe	GW36K-MT	3	11 695	460 Wp	Longi	460 Wp	234	53 535	-	-	-	-	-	0	0
303	36 kW	Goodwe	GW36K-MT	3	11 695	460 Wp	Longi	460 Wp	288	65 889	-	-	-	-	-	0	0
304	30 kW	Goodwe	GW30K-MT	4	11 862	460 Wp	Longi	460 Wp	288	65 889	-	-	-	-	-	0	0
305	30 kW	Goodwe	GW30K-MT	3	8 896	460 Wp	Longi	460 Wp	216	49 416	-	-	-	-	-	0	0
306	30 kW	Goodwe	GW30K-MT	3	8 896	460 Wp	Longi	460 Wp	216	49 416	-	-	-	-	-	0	0
307	36 kW	Goodwe	GW36K-MT	3	11 695	460 Wp	Longi	460 Wp	288	65 889	-	-	-	-	-	0	0
308	36 kW	Goodwe	GW36K-MT	2	7 797	460 Wp	Longi	460 Wp	192	43 926	-	-	-	-	-	0	0
401	60 kW	Huawei	SUN2000-60KTL-M0	2	10 112	460 Wp	Longi	460 Wp	240	54 907	16	LG	RESU16H	1	9 256	6 966	1
402	60 kW	Huawei	SUN2000-60KTL-M0	2	10 112	460 Wp	Longi	460 Wp	240	54 907	16	LG	RESU16H	2	18 511	6 846	1
403	60 kW	Huawei	SUN2000-60KTL-M0	2	10 112	460 Wp	Longi	460 Wp	240	54 907	15	BYD	LVL 15.4	1	9 322	6 975	1
404	60 kW	Huawei	SUN2000-60KTL-M0	2	10 112	460 Wp	Longi	460 Wp	240	54 907	15	BYD	LVL 15.4	2	18 644	6 852	1
405	60 kW	Huawei	SUN2000-60KTL-M0	2	10 112	460 Wp	Longi	460 Wp	240	54 907	15	BYD	LVL 15.4	3	27 967	6 737	1
406	60 kW	Huawei	SUN2000-60KTL-M0	2	10 112	460 Wp	Longi	460 Wp	240	54 907	15	BYD	LVL 15.4	4	37 289	6 660	1
407	60 kW	Huawei	SUN2000-60KTL-M0	2	10 112	460 Wp	Longi	460 Wp	240	54 907	13	LG	RESU13	2	13 933	6 887	1
501	60 kW	Huawei	SUN2000-60KTL-M0	2	10 112	460 Wp	Longi	460 Wp	240	54 907	15	BYD	LVL 15.4	1	6 992	6 975	80%
502	60 kW	Huawei	SUN2000-60KTL-M0	2	10 112	460 Wp	Longi	460 Wp	240	54 907	15	BYD	LVL 15.4	2	13 983	6 852	78%
503	60 kW	Huawei	SUN2000-60KTL-M0	2	10 112	460 Wp	Longi	460 Wp	240	54 907	15	BYD	LVL 15.4	3	20 975	6 737	77%
504	60 kW	Huawei	SUN2000-60KTL-M0	2	10 112	460 Wp	Longi	460 Wp	240	54 907	15	BYD	LVL 15.4	4	27 967	6 660	76%
505	60 kW	Huawei	SUN2000-60KTL-M0	2	10 112	460 Wp	Longi	460 Wp	240	54 907	15	BYD	LVL 15.4	5	34 958	6 585	75%
506	60 kW	Huawei	SUN2000-60KTL-M0	2	10 112	460 Wp	Longi	460 Wp	240	54 907	15	BYD	LVL 15.4	6	41 950	6 520	74%
507	60 kW	Huawei	SUN2000-60KTL-M0	2	10 112	460 Wp	Longi	460 Wp	240	54 907	15	BYD	LVL 15.4	1	4 661	6 975	80%
508	60 kW	Huawei	SUN2000-60KTL-M0	2	10 112	460 Wp	Longi	460 Wp	240	54 907	15	BYD	LVL 15.4	2	9 322	6 852	78%
509	60 kW	Huawei	SUN2000-60KTL-M0	2	10 112	460 Wp	Longi	460 Wp	240	54 907	15	BYD	LVL 15.4	3	13 983	6 737	77%
510	60 kW	Huawei	SUN2000-60KTL-M0	2	10 112	460 Wp	Longi	460 Wp	240	54 907	15	BYD	LVL 15.4	4	18 644	6 660	76%
511	60 kW	Huawei	SUN2000-60KTL-M0	2	10 112	460 Wp	Longi	460 Wp	240	54 907	15	BYD	LVL 15.4	5	23 305	6 585	75%
512	60 kW	Huawei	SUN2000-60KTL-M0	2	10 112	460 Wp	Longi	460 Wp	240	54 907	15	BYD	LVL 15.4	6	27 967	6 520	74%
513	60 kW	Huawei	SUN2000-60KTL-M0	2	10 112	460 Wp	Longi	460 Wp	240	54 907	15	BYD	LVL 15.4	7	32 628	6 470	74%
514	60 kW	Huawei	SUN2000-60KTL-M0	2	10 112	460 Wp	Longi	460 Wp	240	54 907	15	BYD	LVL 15.4	8	37 289	6 422	73%
515	60 kW	Huawei	SUN2000-60KTL-M0	2	10 112	460 Wp	Longi	460 Wp	240	54 907	15	BYD	LVL 15.4	9	41 950	6 374	73%
516	60 kW	Huawei	SUN2000-60KTL-M0	2	10 112	460 Wp	Longi	460 Wp	240	54 907	15	BYD	LVL 15.4	1	2 331	6 975	80%
517	60 kW	Huawei	SUN2000-60KTL-M0	2	10 112	460 Wp	Longi	460 Wp	240	54 907	15	BYD	LVL 15.4	2	4 661	6 852	78%
518	60 kW	Huawei	SUN2000-60KTL-M0	2	10 112	460 Wp	Longi	460 Wp	240	54 907	15	BYD	LVL 15.4	3	6 992	6 737	77%
519	60 kW	Huawei	SUN2000-60KTL-M0	2	10 112	460 Wp	Longi	460 Wp	240	54 907	15	BYD	LVL 15.4	4	9 322	6 660	76%
520	60 kW	Huawei	SUN2000-60KTL-M0	2	10 112	460 Wp	Longi	460 Wp	240	54 907	15	BYD	LVL 15.4	5	11 653	6 585	75%
521	60 kW	Huawei	SUN2000-60KTL-M0	2	10 112	460 Wp	Longi	460 Wp	240	54 907	15	BYD	LVL 15.4	6	13 983	6 520	74%
522	60 kW	Huawei	SUN2000-60KTL-M0	2	10 112	460 Wp	Longi	460 Wp	240	54 907	13	LG	RESU13	2	10 450	6 887	79%
523	60 kW	Huawei	SUN2000-60KTL-M0	2	10 112	460 Wp	Longi	460 Wp	240	54 907	13	LG	RESU13	2	6 967	6 887	79%
524	60 kW	Huawei	SUN2000-60KTL-M0	2	10 112	460 Wp	Longi	460 Wp	240	54 907	13	LG	RESU13	2	3 483	6 887	79%
601	25 kW	Goodwe	GW25K-MT	2	6 199	460 Wp	Longi	460 Wp	144	32 944	-	-	-	-	-	0	0
602	30 kW	Goodwe	GW30K-MT	2	5 931	460 Wp	Longi	460 Wp	144	32 944	-	-	-	-	-	0	0
603	36 kW	Goodwe	GW36K-MT	2	7 797	460 Wp	Longi	460 Wp	156	35 690	-	-	-	-	-	0	0
604	20 kW	Goodwe	GW20KT-DT	4	8 399	460 Wp	Longi	460 Wp	192	43 926	-	-	-	-	-	0	0

	Inversor					Painéis Fotovoltaicos					Armazenamento						
Hipótese	Potência/ Capacidade	Marca	Modelo	Quantidade	Custo total [€]	Potência/ Capacidade	Marca	Modelo	Quantidade	Custo total [€]	Capacidade	Marca	Modelo	Quantidade	Custo total [€]	Indisponibilidade da Bateria Horas [h]	Indisponibilidade da Bateria [%]
605	30 kW	Goodwe	GW30K-MT	3	8 896	460 Wp	Longi	460 Wp	216	49 416	-	-	-	-	-	0	0
606	50 kW	SMA	Sunny Tripower CORE1	2	11 157	460 Wp	Longi	460 Wp	220	50 332	-	-	-	-	-	0	0
607	50 kW	SMA	Sunny Tripower CORE1	2	11 157	460 Wp	Longi	460 Wp	264	60 398	-	-	-	-	-	0	0
608	15 kW	Goodwe	GW15KT-DT	3	5 284	460 Wp	Longi	460 Wp	132	30 199	-	-	-	-	-	0	0
609	30 kW	Goodwe	GW30K-MT	2	5 931	460 Wp	Longi	460 Wp	156	35 690	-	-	-	-	-	0	0
701	30 kW	Huawei	SUN2000-30KTL-M3	2	7 233	460 Wp	Longi	460 Wp	156	35 690	13	LG	RESU13	1	6 967	7 356	1
702	30 kW	Huawei	SUN2000-30KTL-M3	2	7 233	460 Wp	Longi	460 Wp	156	35 690	13	LG	RESU13	1	5 225	7 356	1
703	30 kW	Huawei	SUN2000-30KTL-M3	2	7 233	460 Wp	Longi	460 Wp	156	35 690	13	LG	RESU13	1	3 483	7 356	1
704	30 kW	Huawei	SUN2000-30KTL-M3	2	7 233	460 Wp	Longi	460 Wp	156	35 690	13	LG	RESU13	1	1 742	7 356	1
705	30 kW	Huawei	SUN2000-30KTL-M3	2	7 233	460 Wp	Longi	460 Wp	156	35 690	13	LG	RESU13	2	13 933	7 276	1
706	30 kW	Huawei	SUN2000-30KTL-M3	2	7 233	460 Wp	Longi	460 Wp	156	35 690	13	LG	RESU13	2	10 450	7 276	1
707	30 kW	Huawei	SUN2000-30KTL-M3	2	7 233	460 Wp	Longi	460 Wp	156	35 690	13	LG	RESU13	2	6 967	7 276	1
708	30 kW	Huawei	SUN2000-30KTL-M3	2	7 233	460 Wp	Longi	460 Wp	156	35 690	13	LG	RESU13	2	3 483	7 276	1
709	30 kW	Huawei	SUN2000-30KTL-M3	2	7 233	460 Wp	Longi	460 Wp	156	35 690	15	BYD	LVL 15.4	1	9 322	7 329	1
710	30 kW	Huawei	SUN2000-30KTL-M3	2	7 233	460 Wp	Longi	460 Wp	156	35 690	15	BYD	LVL 15.4	1	6 992	7 329	1
711	30 kW	Huawei	SUN2000-30KTL-M3	2	7 233	460 Wp	Longi	460 Wp	156	35 690	15	BYD	LVL 15.4	1	4 661	7 329	1
712	30 kW	Huawei	SUN2000-30KTL-M3	2	7 233	460 Wp	Longi	460 Wp	156	35 690	15	BYD	LVL 15.4	1	2 331	7 329	1
713	30 kW	Huawei	SUN2000-30KTL-M3	2	7 233	460 Wp	Longi	460 Wp	156	35 690	15	BYD	LVL 15.4	2	18 644	7 238	1
714	30 kW	Huawei	SUN2000-30KTL-M3	2	7 233	460 Wp	Longi	460 Wp	156	35 690	15	BYD	LVL 15.4	2	13 983	7 238	1
715	30 kW	Huawei	SUN2000-30KTL-M3	2	7 233	460 Wp	Longi	460 Wp	156	35 690	15	BYD	LVL 15.4	2	9 322	7 238	1
716	30 kW	Huawei	SUN2000-30KTL-M3	2	7 233	460 Wp	Longi	460 Wp	156	35 690	15	BYD	LVL 15.4	2	4 661	7 238	1
717	30 kW	Huawei	SUN2000-30KTL-M3	2	7 233	460 Wp	Longi	460 Wp	156	35 690	15	BYD	LVL 15.4	3	27 967	7 169	1
718	30 kW	Huawei	SUN2000-30KTL-M3	2	7 233	460 Wp	Longi	460 Wp	156	35 690	15	BYD	LVL 15.4	3	20 975	7 169	1
719	30 kW	Huawei	SUN2000-30KTL-M3	2	7 233	460 Wp	Longi	460 Wp	156	35 690	15	BYD	LVL 15.4	3	13 983	7 169	1
720	30 kW	Huawei	SUN2000-30KTL-M3	2	7 233	460 Wp	Longi	460 Wp	156	35 690	15	BYD	LVL 15.4	3	6 992	7 169	1
721	30 kW	Huawei	SUN2000-30KTL-M3	2	7 233	460 Wp	Longi	460 Wp	156	35 690	15	BYD	LVL 15.4	4	37 289	7 125	1
722	30 kW	Huawei	SUN2000-30KTL-M3	2	7 233	460 Wp	Longi	460 Wp	156	35 690	15	BYD	LVL 15.4	4	27 967	7 125	1
723	30 kW	Huawei	SUN2000-30KTL-M3	2	7 233	460 Wp	Longi	460 Wp	156	35 690	15	BYD	LVL 15.4	4	18 644	7 125	1
724	30 kW	Huawei	SUN2000-30KTL-M3	2	7 233	460 Wp	Longi	460 Wp	156	35 690	15	BYD	LVL 15.4	4	9 322	7 125	1
801	20 kW	Goodwe	GW20KT-DT	2	4 200	460 Wp	Longi	460 Wp	100	22 878	-	-	-	-	-	0	0
802	17 kW	Goodwe	GW17KT-DT	3	5 733	460 Wp	Longi	460 Wp	144	32 944	-	-	-	-	-	0	0
803	30 kW	Goodwe	GW30K-MT	2	5 931	460 Wp	Longi	460 Wp	144	32 944	-	-	-	-	-	0	0
804	36 kW	Goodwe	GW36K-MT	2	7 797	460 Wp	Longi	460 Wp	192	43 926	-	-	-	-	-	0	0
805	36 kW	Goodwe	GW36K-MT	2	7 797	460 Wp	Longi	460 Wp	192	43 926	-	-	-	-	-	0	0

Anexos

Resumo:

Neste segmento estão apresentados os dados de radiação, temperatura do ar e velocidade do vento consultados através do Software PVGYS e utilizados neste trabalho.

Índice dos Anexos

Anexo I

Resumo da informação de radiação obtida através do PVGYS em gráfico

Anexo II

Diagramas de carga da instalação de serviços técnicos de uma câmara municipal

Anexo III

Excerto de fatura de energia elétrica da instalação em estudo

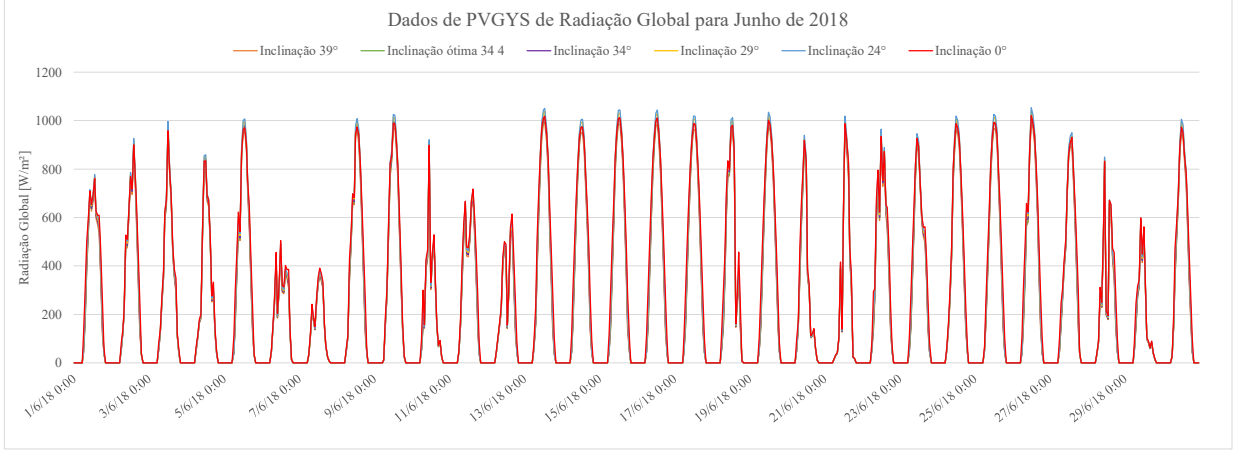
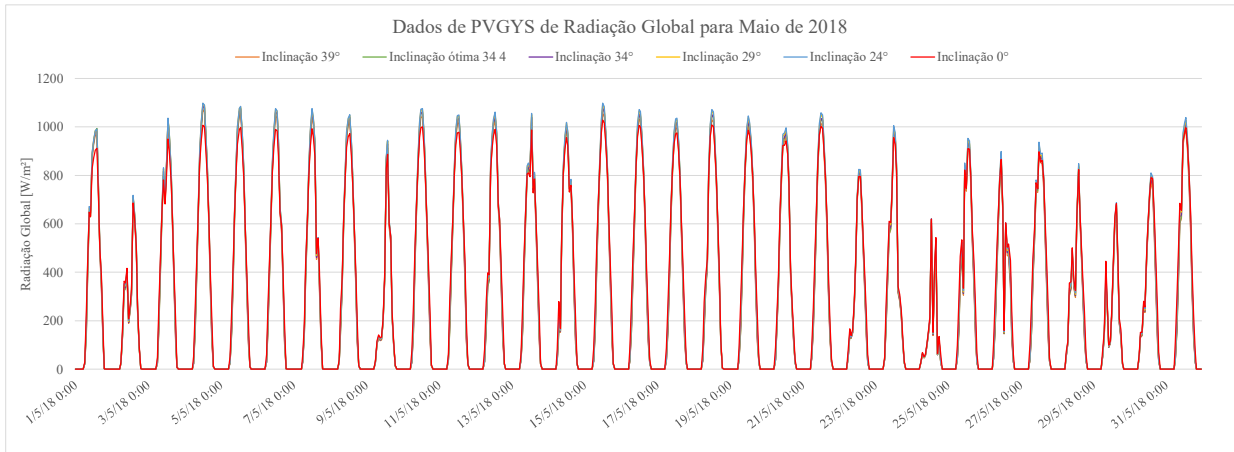
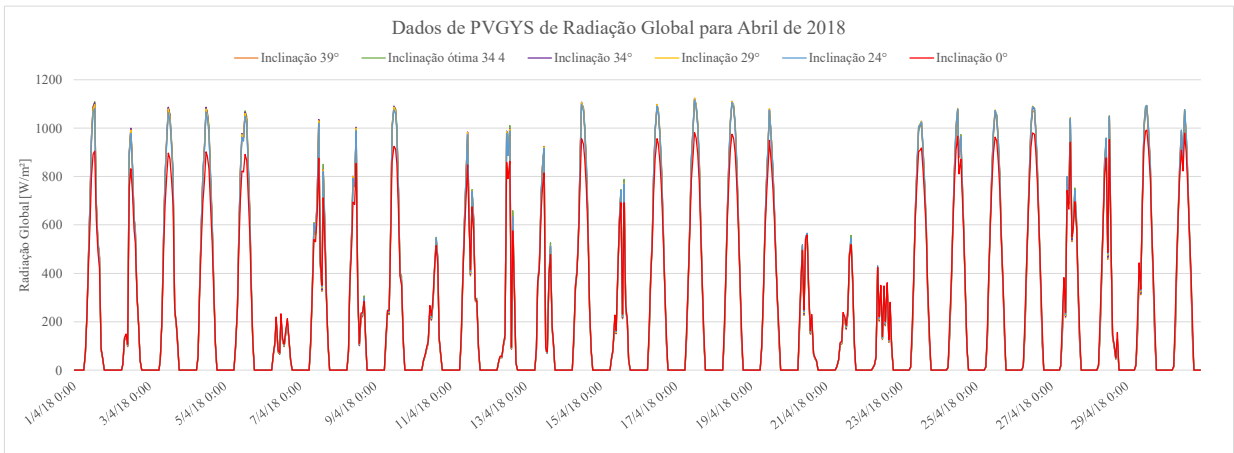
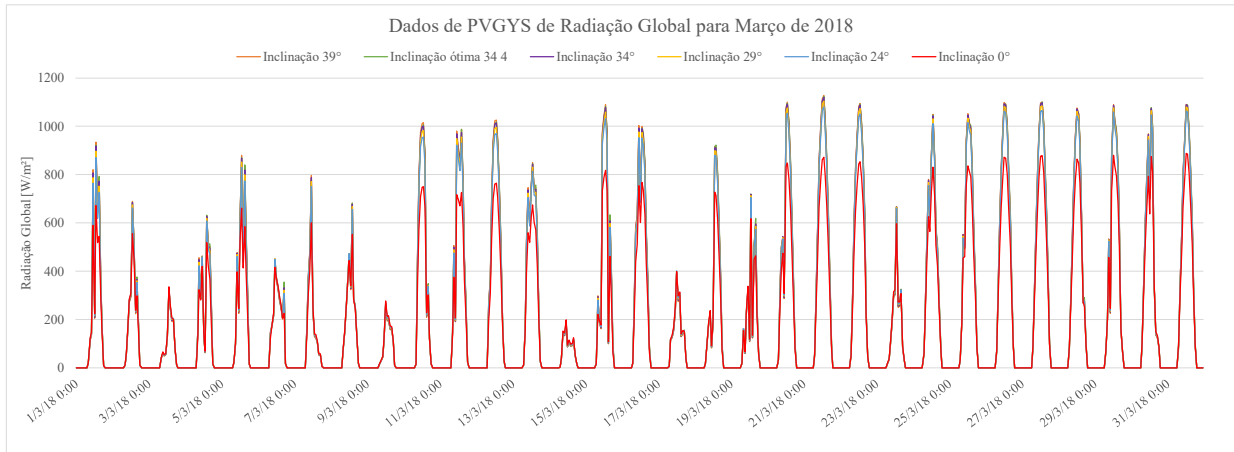
Anexo IV

Fichas técnicas dos equipamentos associados às soluções ótimas identificadas

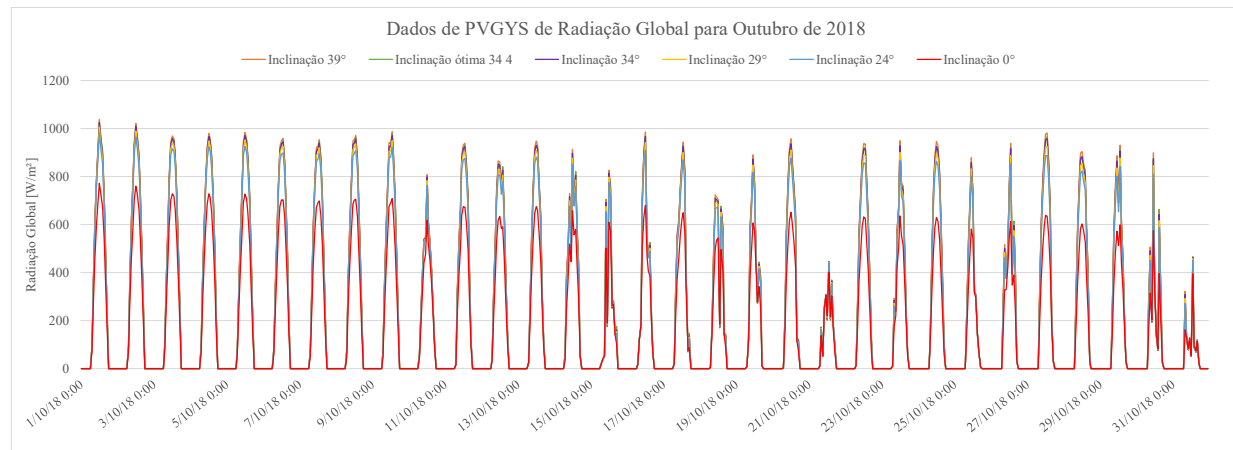
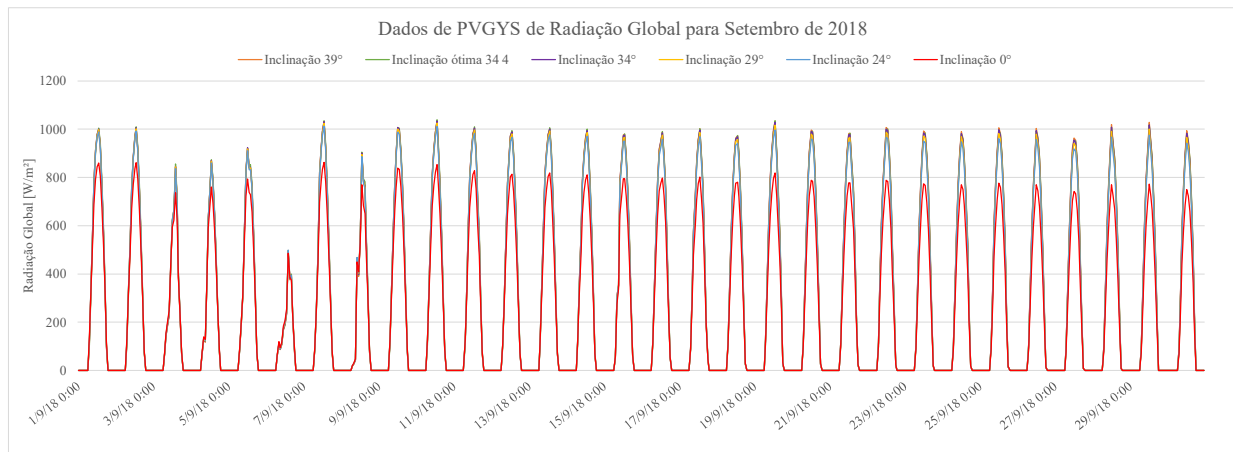
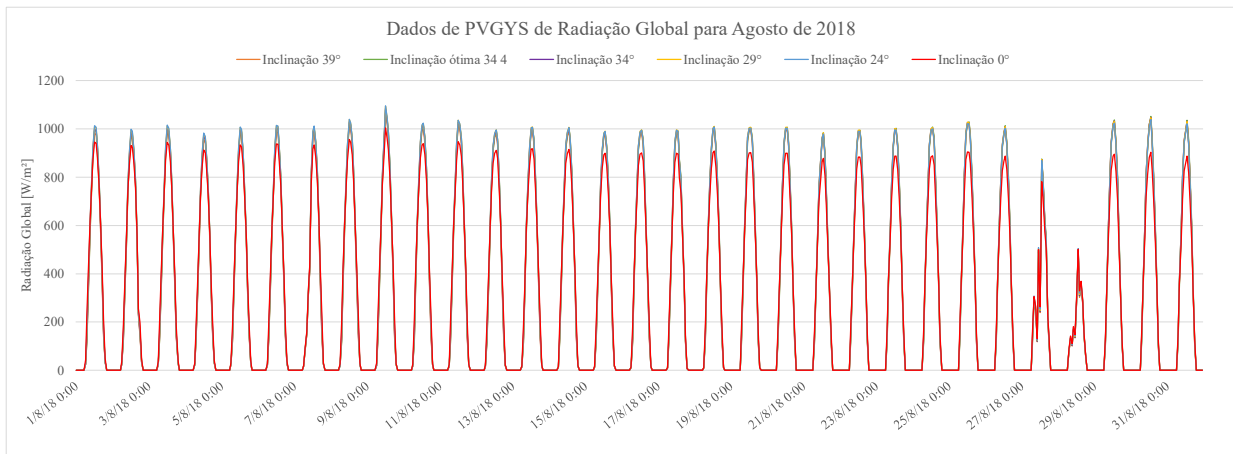
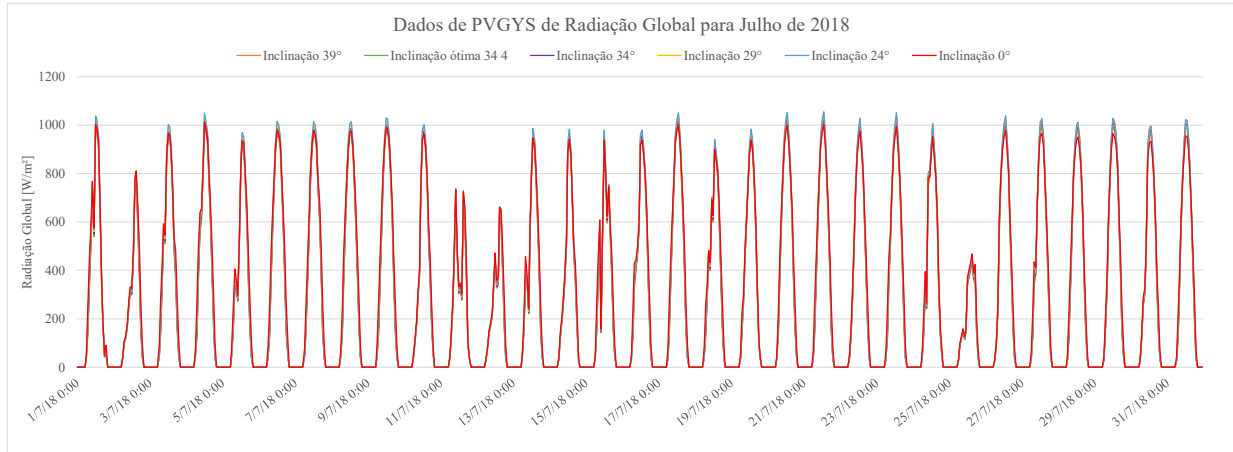
Anexo I

Resumo da informação de radiação obtida através do PVGYS em gráfico

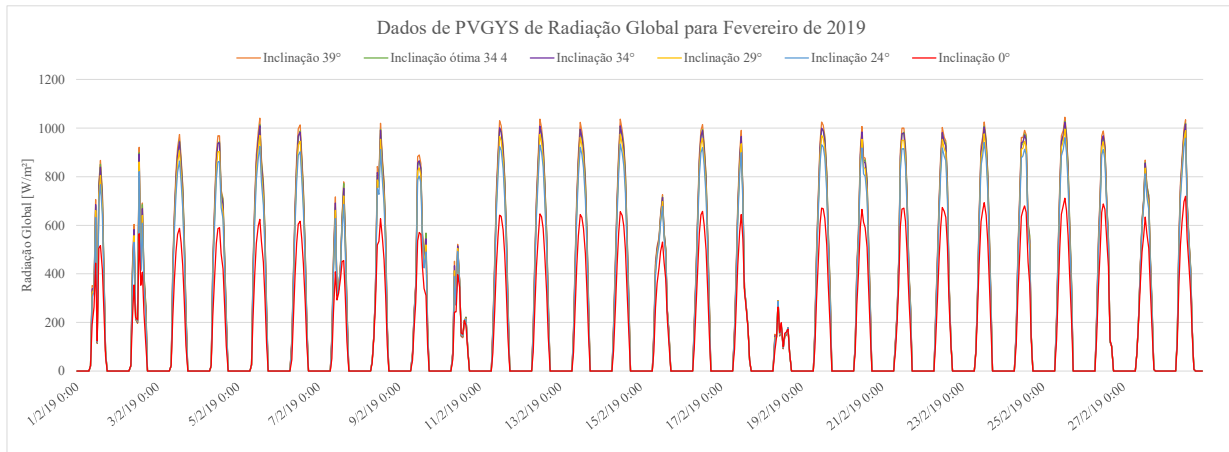
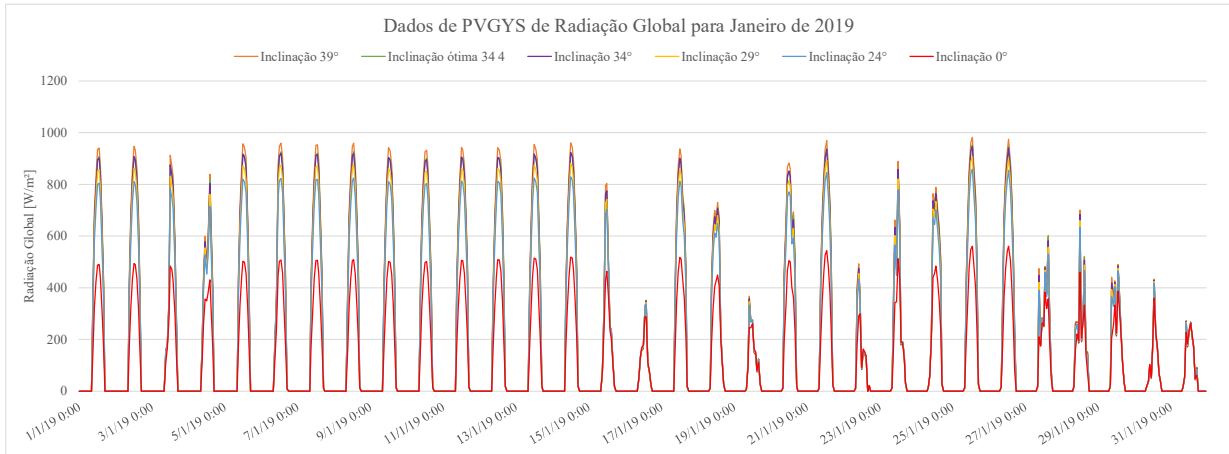
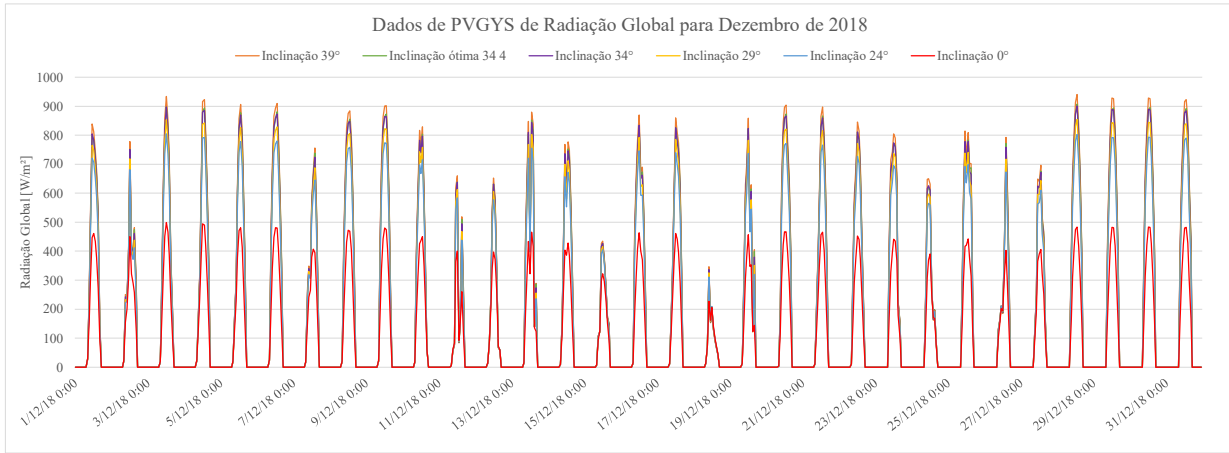
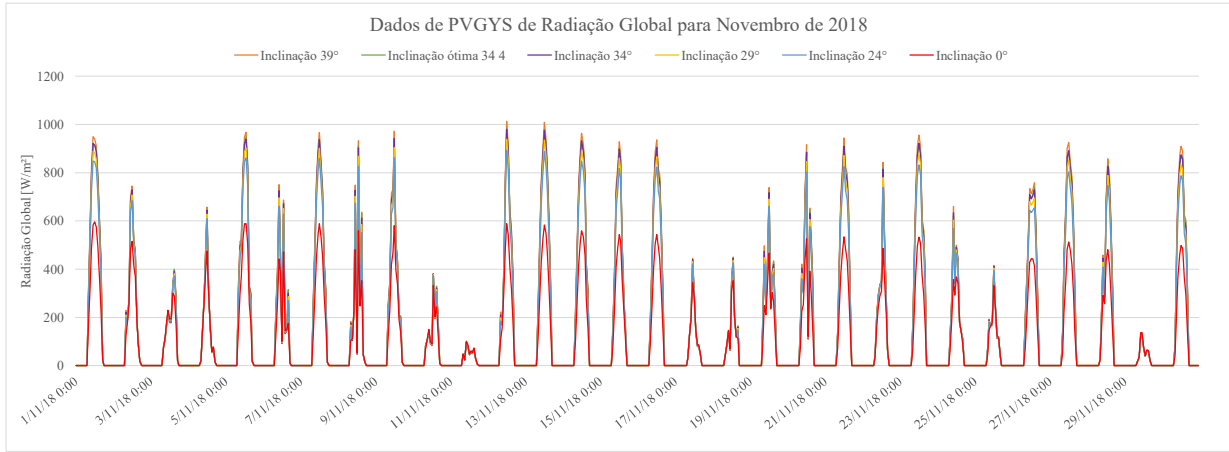
Dados de PVGYS de Radiação Global para diferentes inclinações - coordenadas do caso de Estudo - Almada



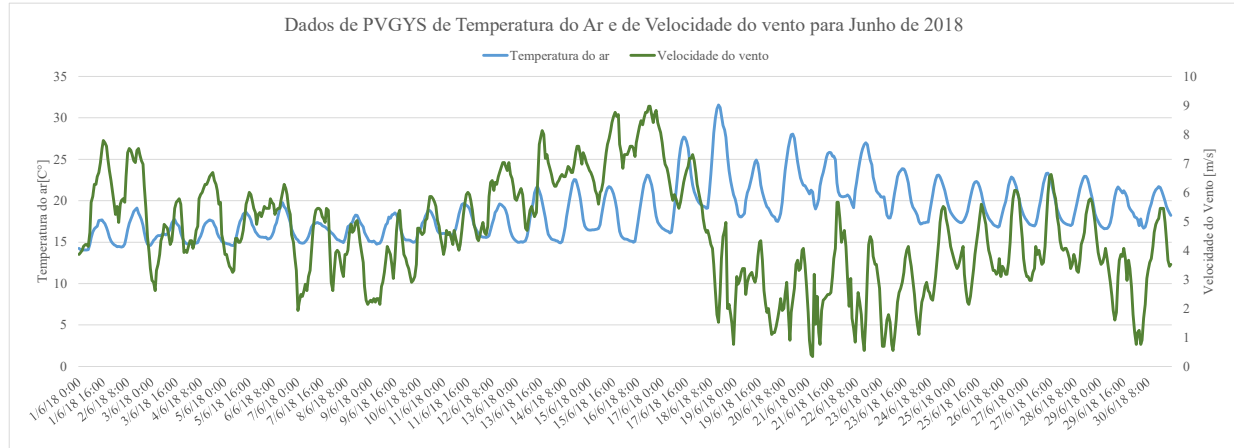
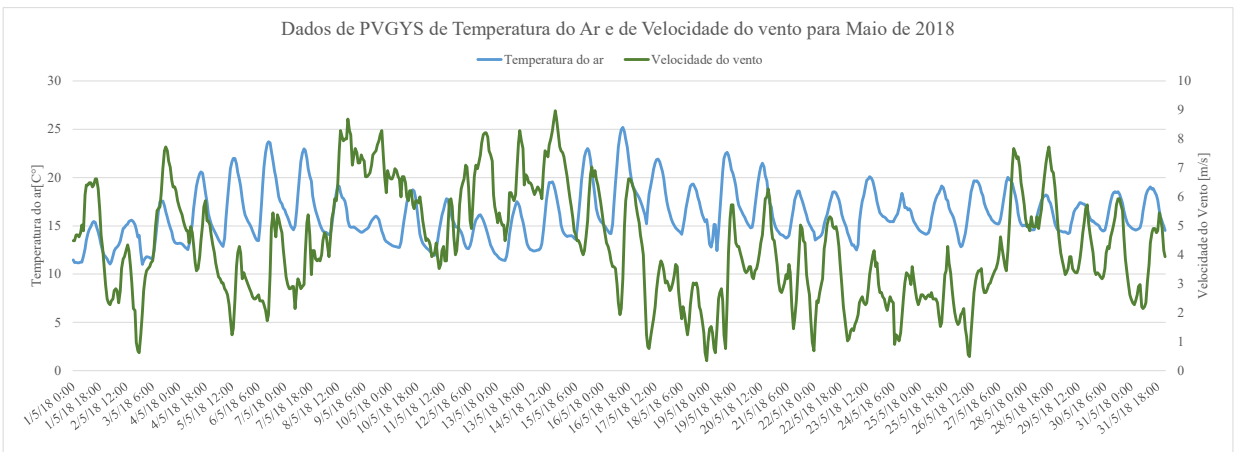
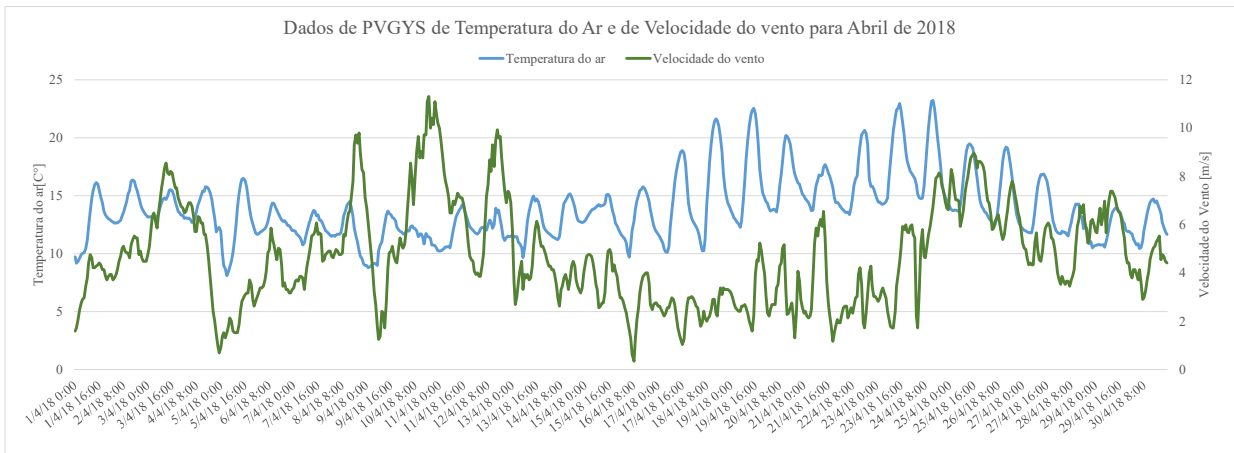
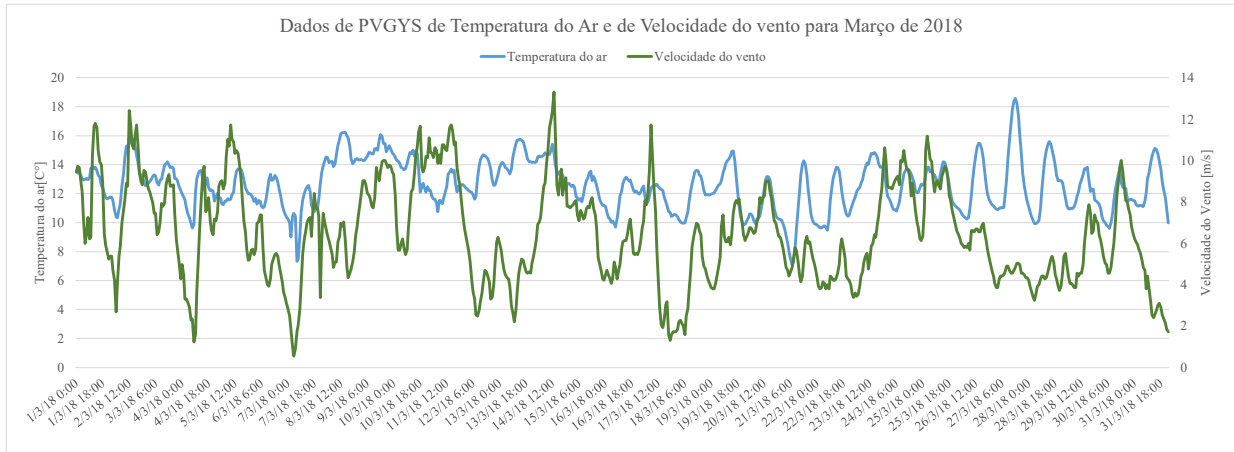
Dados de PVGYS de Radiação Global para diferentes inclinações - coordenadas do caso de Estudo - Almada



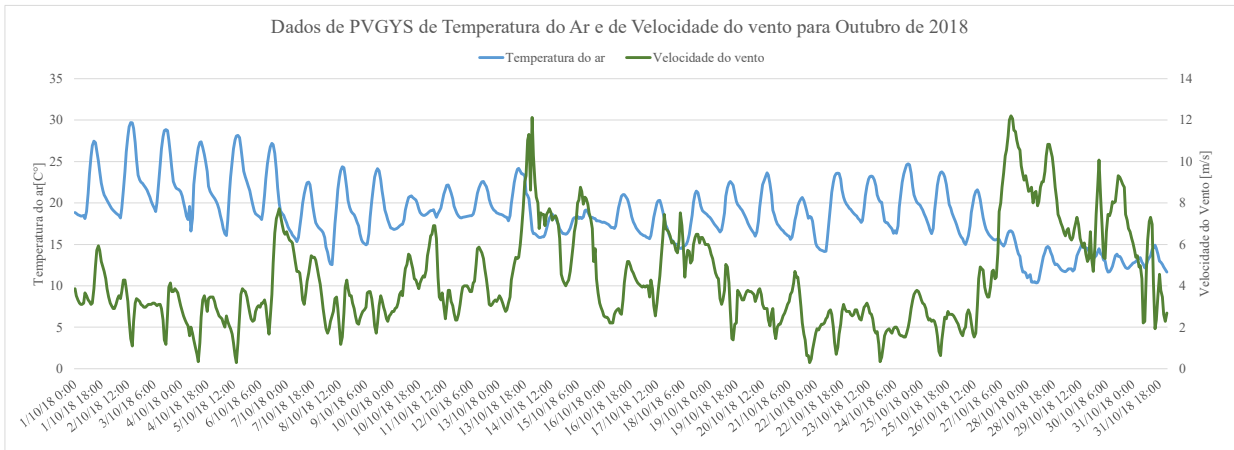
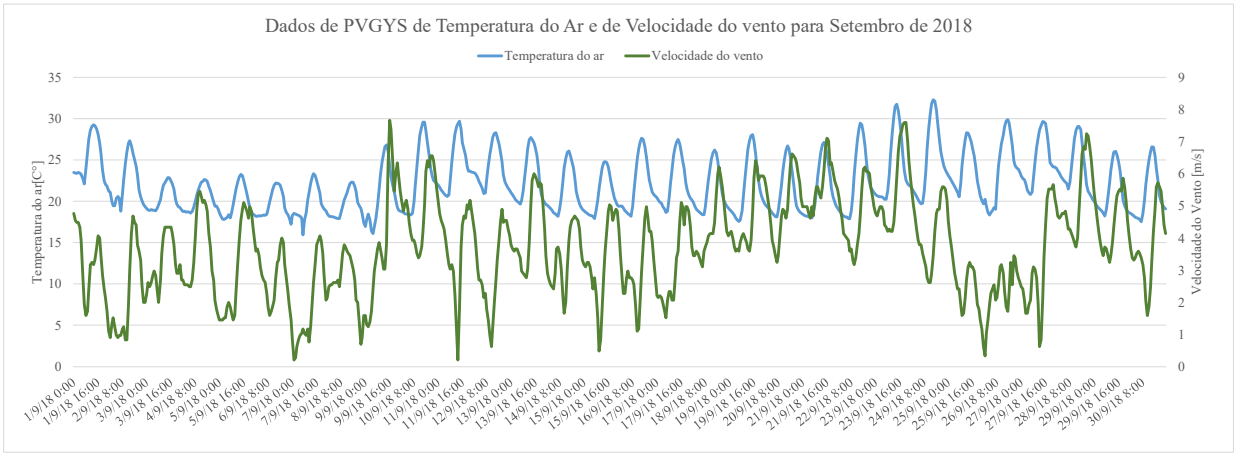
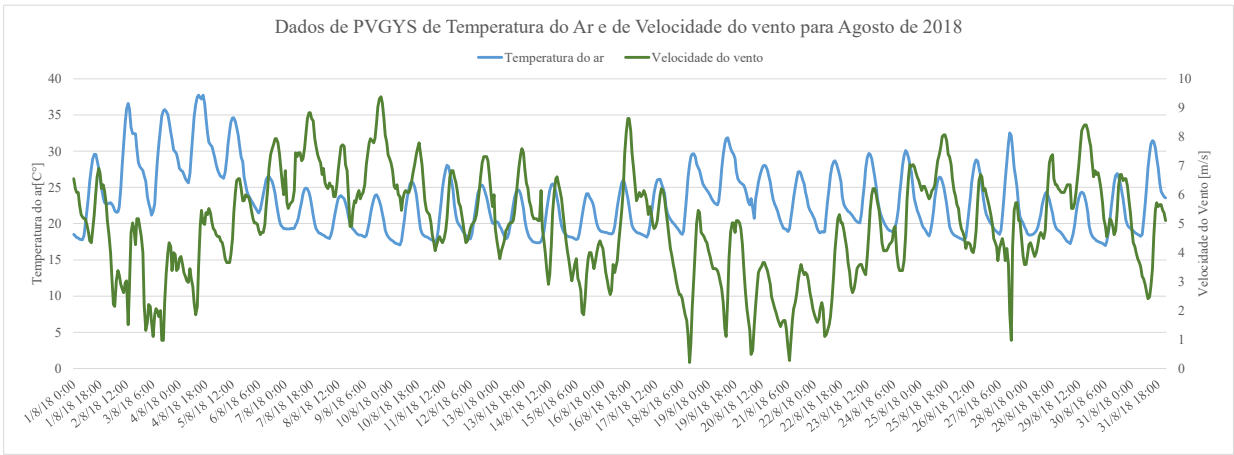
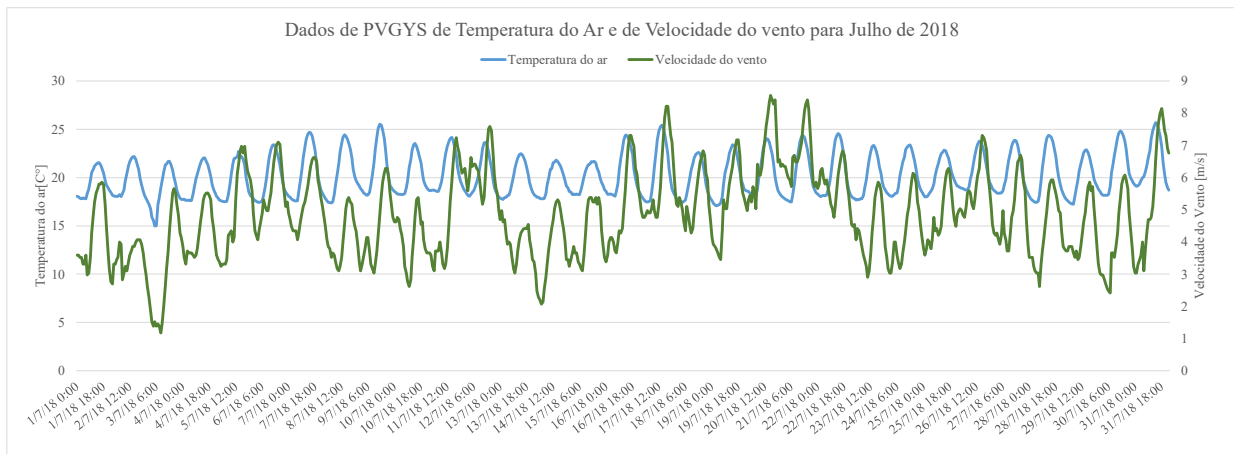
Dados de PVGYS de Radiação Global para diferentes inclinações - coordenadas do caso de Estudo - Almada



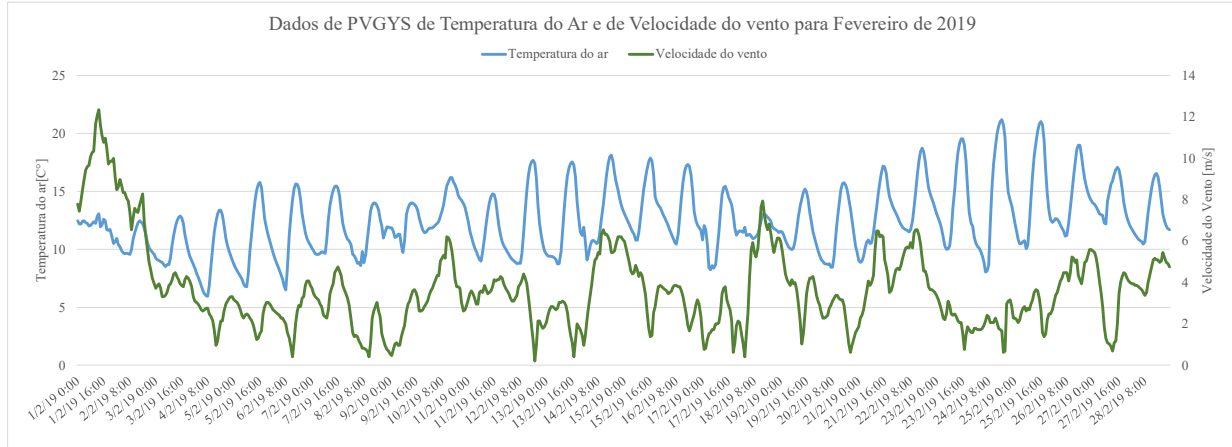
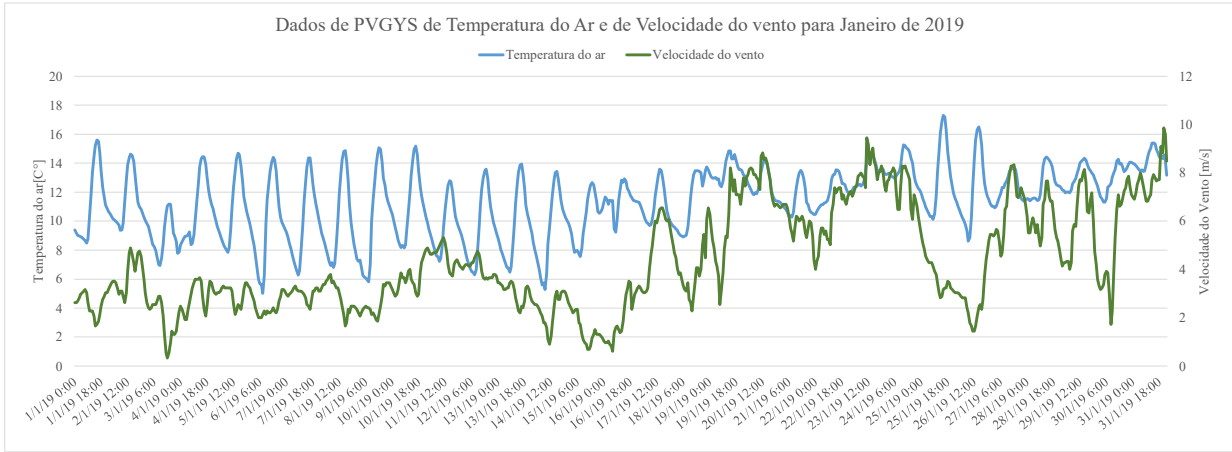
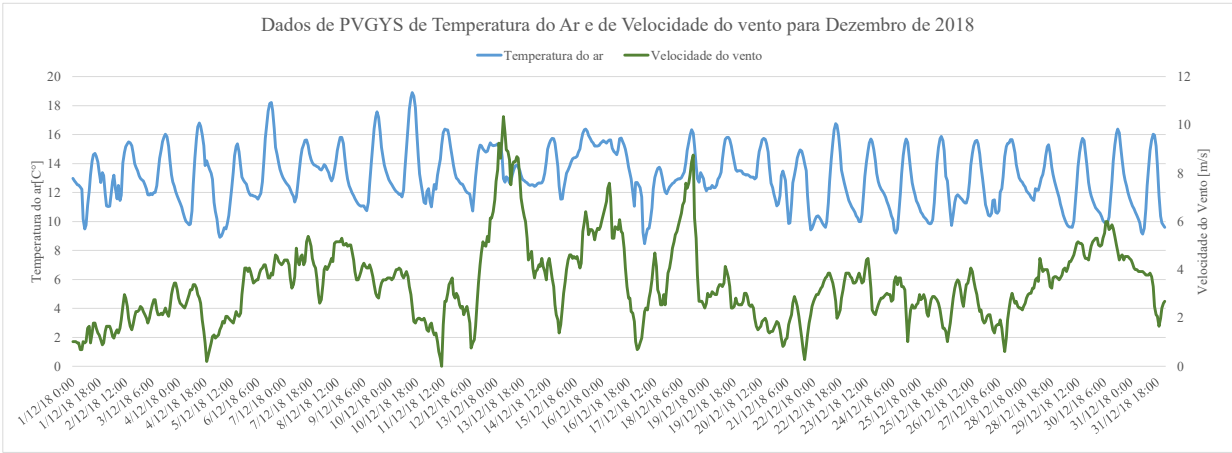
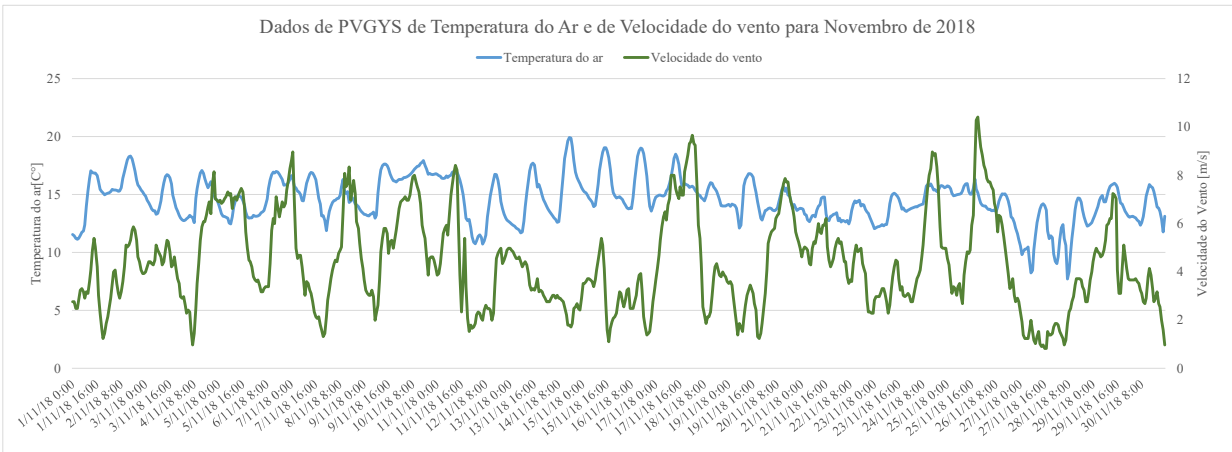
Dados de PVGYS de Temperatura do Ar e de Velocidade do vento para diferentes inclinações - coordenadas do caso de Estudo - Almada



Dados de PVGYS de Temperatura do Ar e de Velocidade do vento para diferentes inclinações - coordenadas do caso de Estudo - Almada



Dados de PVGYS de Temperatura do Ar e de Velocidade do vento para diferentes inclinações - coordenadas do caso de Estudo - Almada



Anexo II

Diagramas de carga da instalação de serviços técnicos de uma câmara municipal

Dados reais de consumo relativos ao caso de Estudo - Almada

Diagrama de carga para o mês de Março de 2018

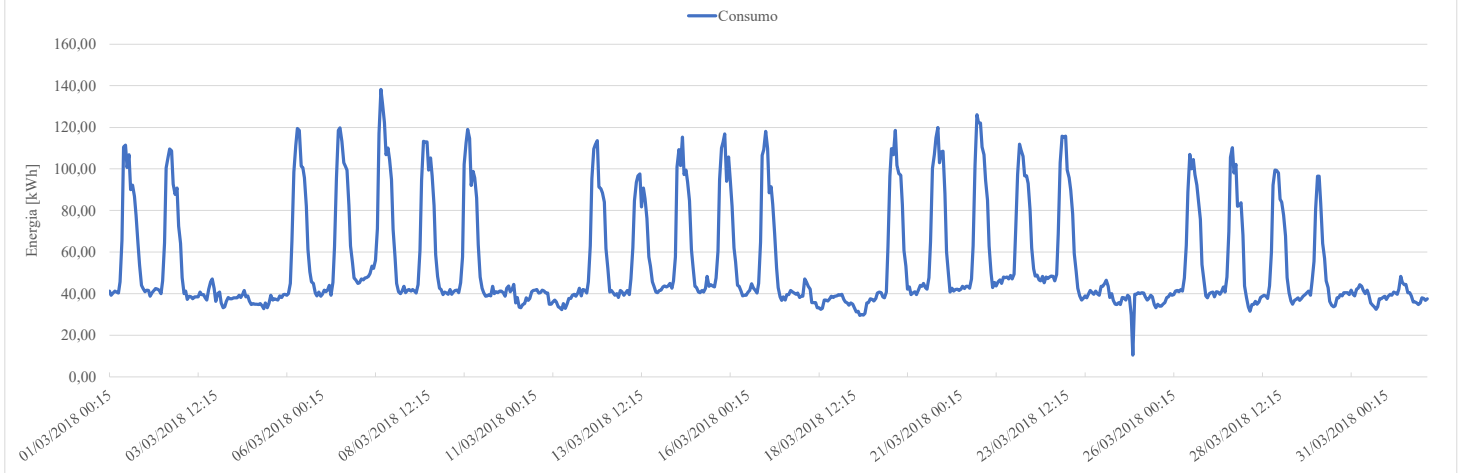


Diagrama de carga para o mês de Abril de 2018

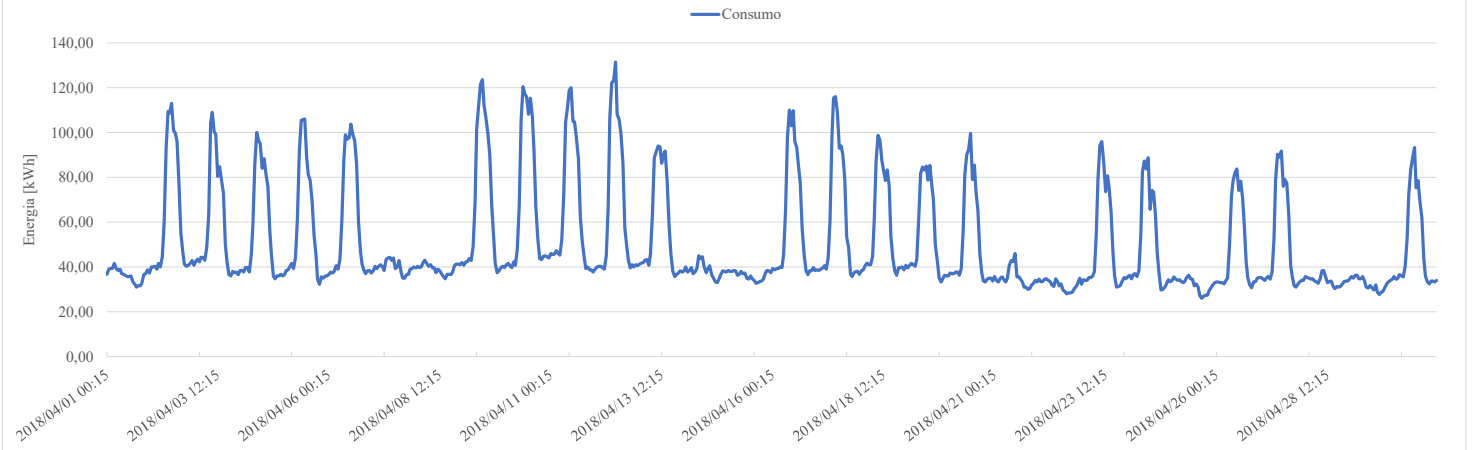
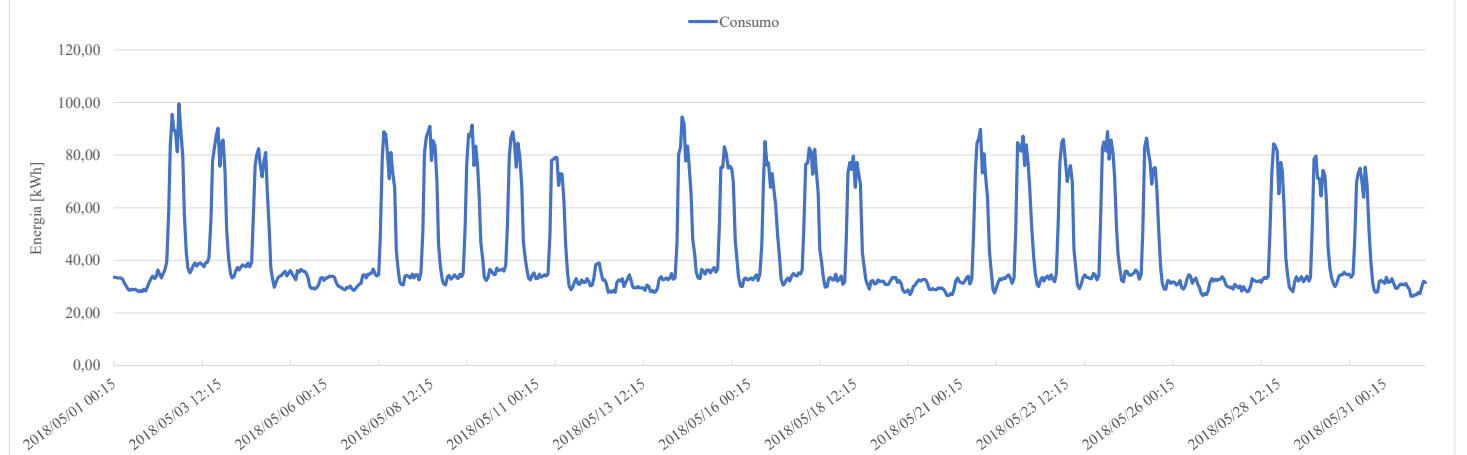


Diagrama de carga para o mês de Maio de 2018



Dados reais de consumo relativos ao caso de Estudo - Almada

Diagrama de carga para o mês de Junho de 2018

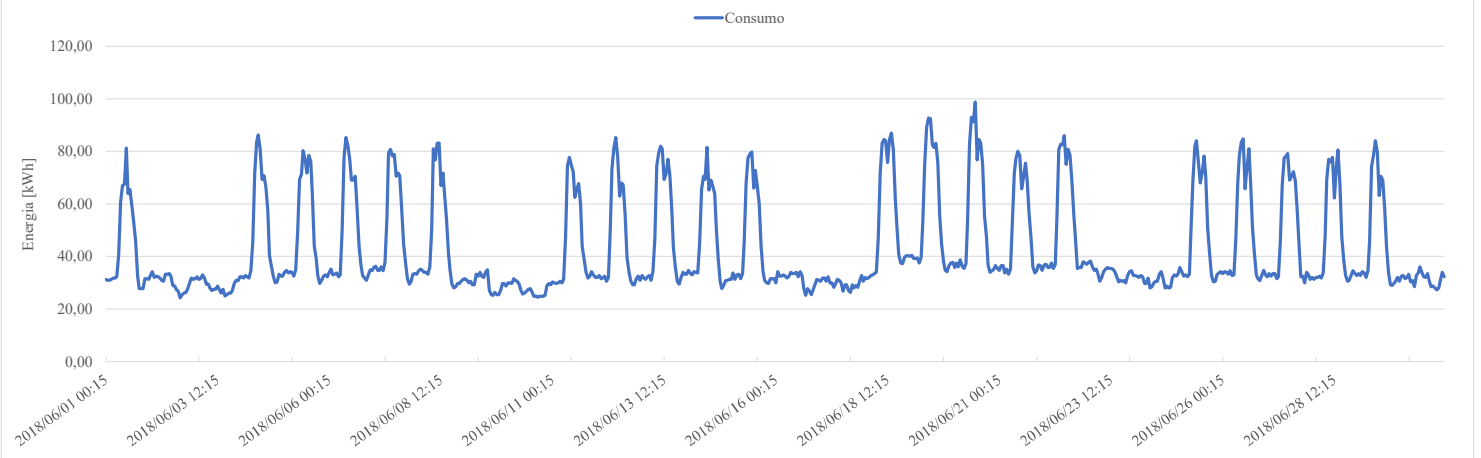


Diagrama de carga para o mês de Julho de 2018

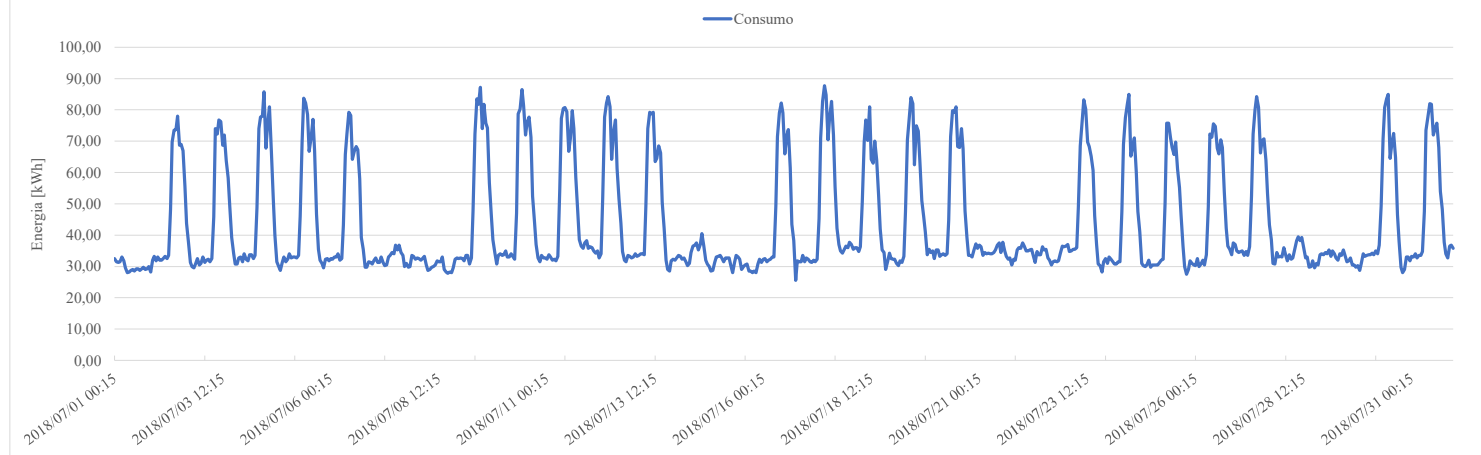
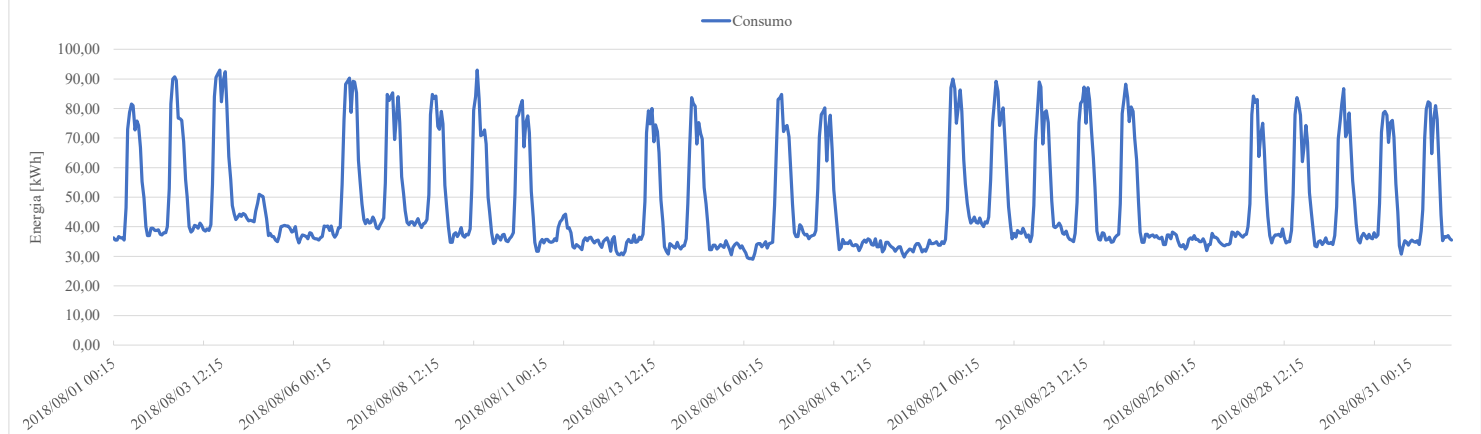


Diagrama de carga para o mês de Agosto de 2018



Dados reais de consumo relativos ao caso de Estudo - Almada

Diagrama de carga para o mês de Setembro de 2018

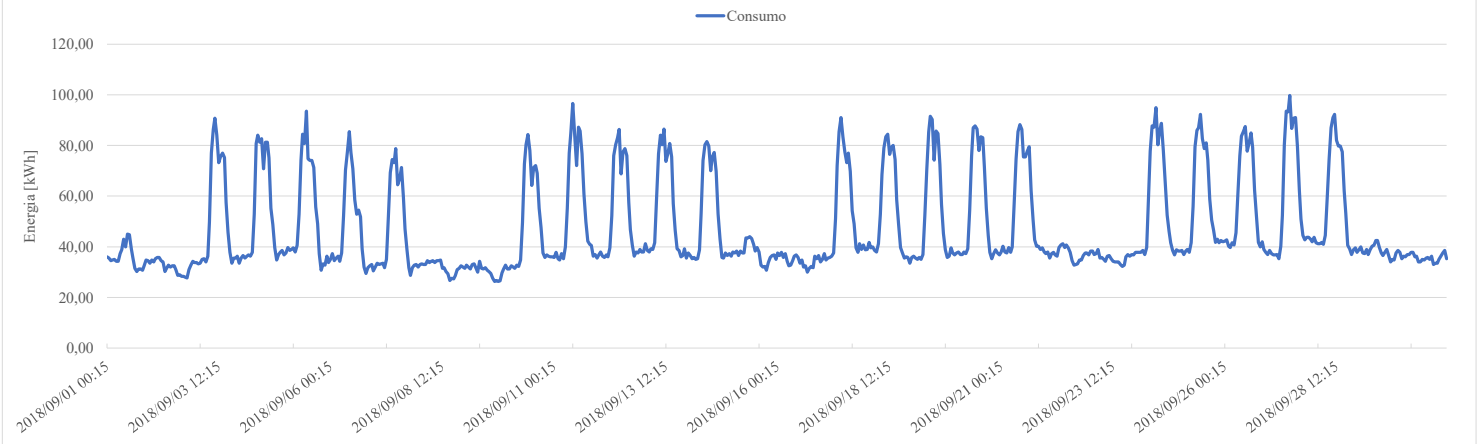


Diagrama de carga para o mês de Outubro de 2018

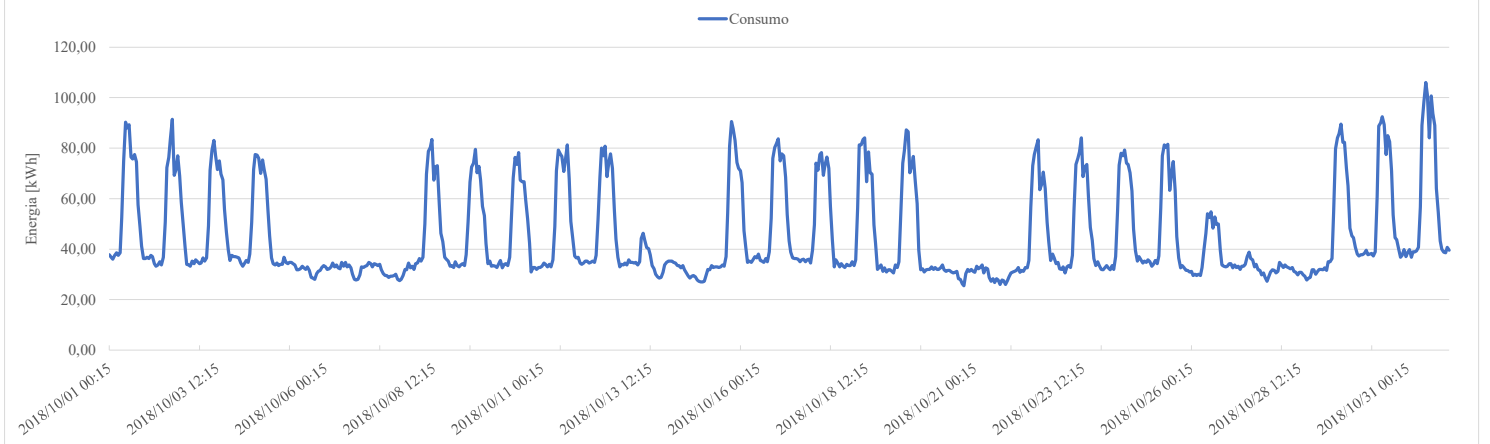
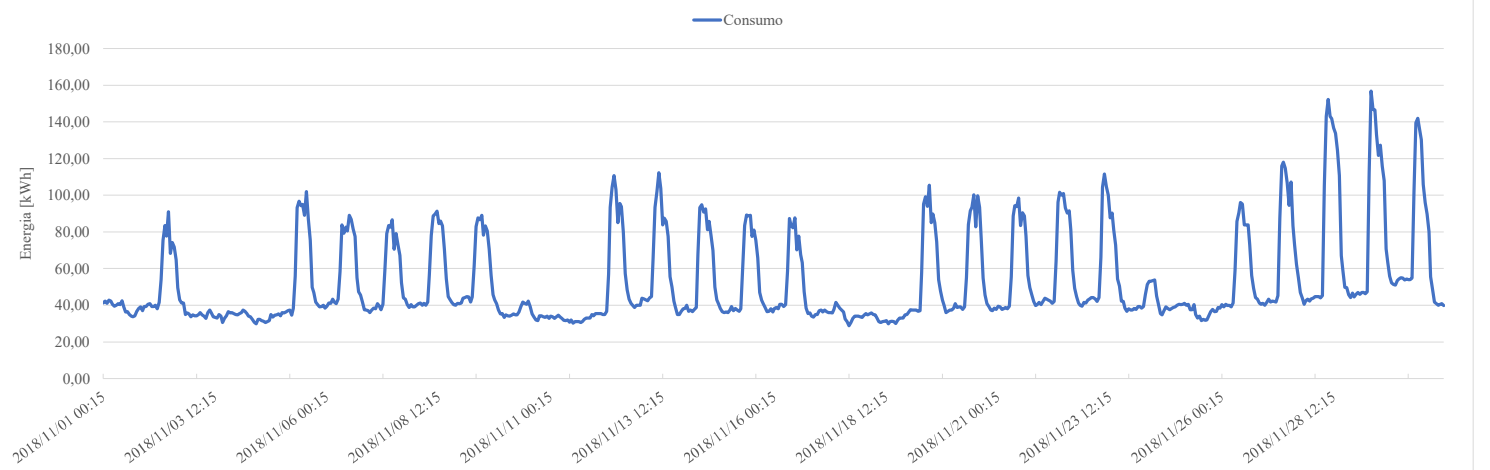


Diagrama de carga para o mês de Novembro de 2018



Dados reais de consumo relativos ao caso de Estudo - Almada

Diagrama de carga para o mês de Dezembro de 2018

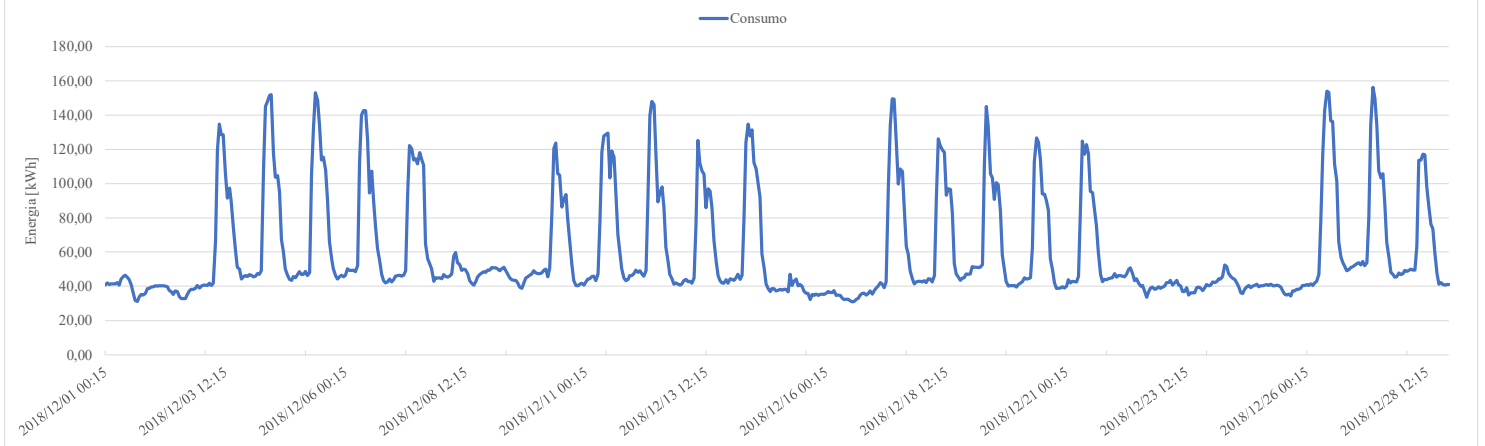


Diagrama de carga para o mês de Janeiro de 2019

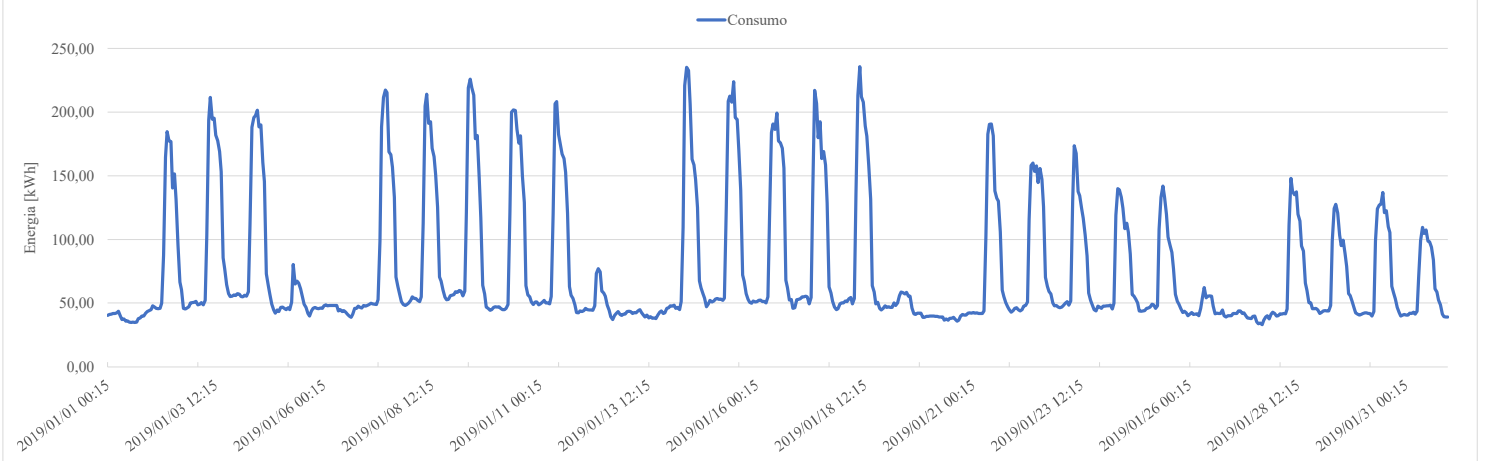
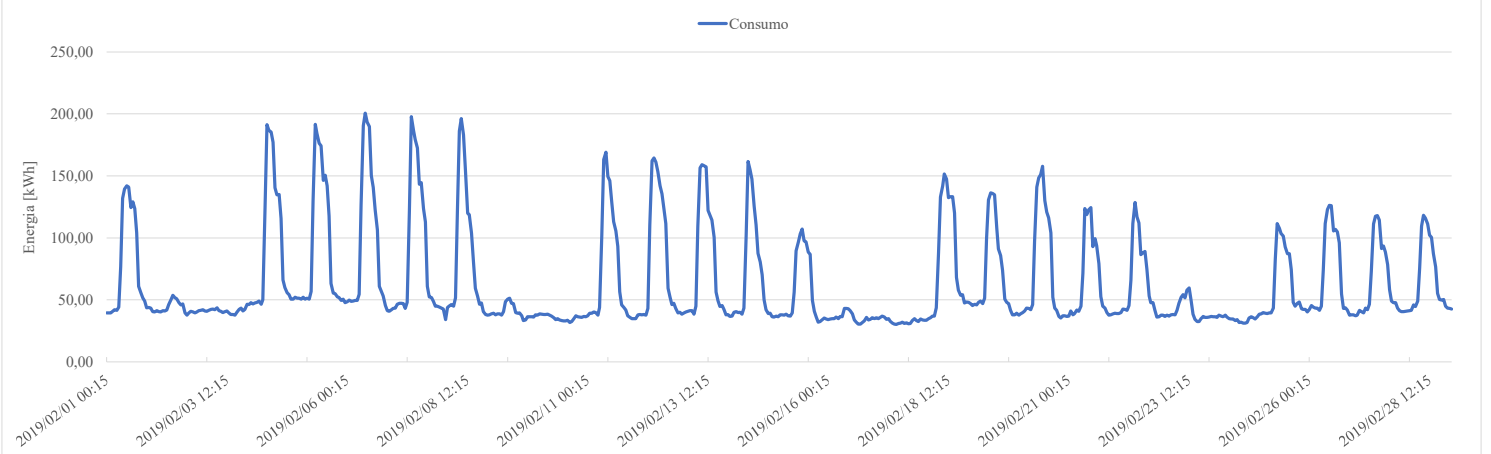


Diagrama de carga para o mês de Fevereiro de 2019



Anexo III

Excerto de fatura de energia elétrica da instalação em estudo

DETALHES DE FATURAÇÃO

Período de Faturação: De 2018-11-17 a 2018-12-16

Fatura N.º FT 1580/91413 de 2018-12-18

Período de Fornecimento	Descrição	Quantidade	Preço Unitário [€]	Factor/Dias	Valor sem Desconto [€]	Valor do Desconto [€]	Valor sem IVA [€]	IVA [%]
2018-11-17 - 2018-12-16	Energia ativa vazio (medida)	9.679 kWh	0,050800	1	491,69	0,00	491,69	23
2018-11-17 - 2018-12-16	Energia ativa ponta (medida)	8.221 kWh	0,068700	1	564,78	0,00	564,78	23
2018-11-17 - 2018-12-16	Energia ativa cheias (medida)	19.305 kWh	0,063500	1	1.225,87	0,00	1.225,87	23
2018-11-17 - 2018-12-16	Energia ativa super vazio (medida)	5.185 kWh	0,047200	1	244,73	0,00	244,73	23
2018-11-17 - 2018-12-16	(T. Acesso) Potencia Horas Ponta	82,21 kW	0,214700	30	529,51	0,00	529,51	23
2018-11-17 - 2018-12-16	(T. Acesso) Potencia Contratada	292,95 kW	0,034900	30	306,72	0,00	306,72	23
2018-11-17 - 2018-12-16	(T. Acesso) Energia Activa Ponta - I, IV	8.221 kWh	0,049000	1	402,83	0,00	402,83	23
2018-11-17 - 2018-12-16	(T. Acesso) Energia Activa Cheias - I, IV	19.305 kWh	0,041300	1	797,30	0,00	797,30	23
2018-11-17 - 2018-12-16	(T. Acesso) Energia Activa Vazio Normal - I, IV	9.679 kWh	0,022100	1	213,91	0,00	213,91	23
2018-11-17 - 2018-12-16	(T. Acesso) Energia Activa Super Vazio - I, IV	5.185 kWh	0,021400	1	110,96	0,00	110,96	23
2018-11-17 - 2018-12-16	(T. Acesso) Reactiva Fornecida em Vazio	0 kVarh	0,020900	1	0,00	0,00	0,00	23
2018-11-17 - 2018-12-16	(T. Acesso) React. Cons. em FV Escalão 1	37 kVarh	0,009200	1	0,34	0,00	0,34	23
2018-11-17 - 2018-12-16	(T. Acesso) React. Cons. em FV Escalão 2	0 kVarh	0,027800	1	0,00	0,00	0,00	23
2018-11-17 - 2018-12-16	(T. Acesso) React. Cons. em FV Escalão 3	0 kVarh	0,083400	1	0,00	0,00	0,00	23
2018-11-17 - 2018-12-16	ISP - Energia elétrica	42.390 kWh	0,001000	1	42,39	0,00	42,39	23
Outros débitos/créditos								
	Contribuição audiovisual	1	2,850000	1	2,85	0,00	2,85	6

Anexo IV

Fichas técnicas dos equipamentos associados às soluções ótimas identificadas

21.2%
MAX MODULE
EFFICIENCY

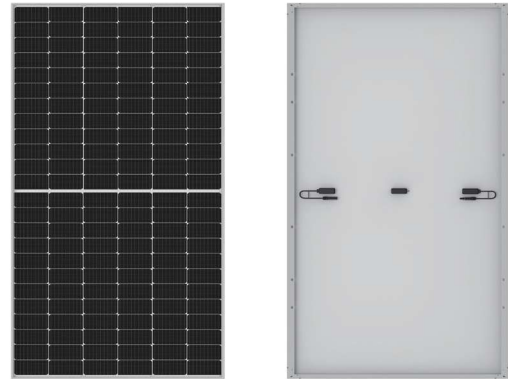
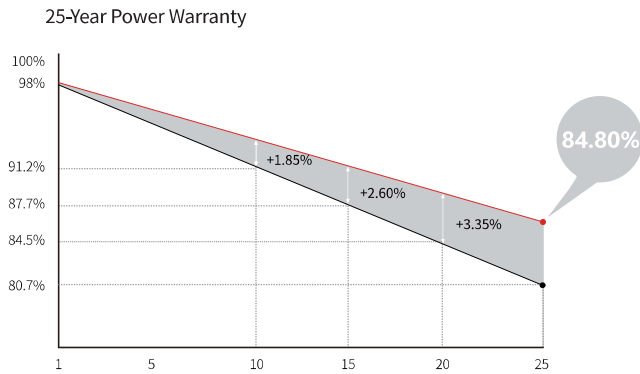
0~+5W
POWER
TOLERANCE

<2%
FIRST YEAR
POWER DEGRADATION

0.55%
YEAR 2-25
POWER DEGRADATION

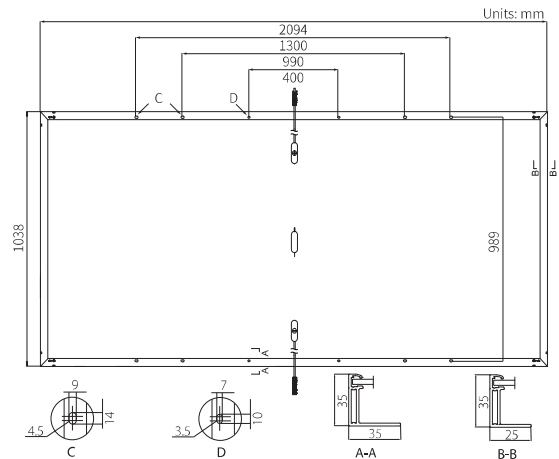
HALF-CELL
Lower operating temperature

Additional Value



Mechanical Parameters

Cell Orientation	144 (6×24)
Junction Box	IP68, three diodes
Output Cable	4mm ² , 1400mm length can be customized
Connector	EVO2
Glass	Single glass, 3.2mm coated tempered glass
Frame	Anodized aluminum alloy frame
Weight	23.5kg
Dimension	2094×1038×35mm
Packaging	30pcs per pallet / 150pcs per 20' GP / 660pcs per 40' HC



Electrical Characteristics

STC : AM1.5 1000W/m² 25°C

Test uncertainty for Pmax: ±3%

	430	435	440	445	450	455	460
Power Class	430	435	440	445	450	455	460
Maximum Power (Pmax/W)	430	435	440	445	450	455	460
Open Circuit Voltage (Voc/V)	48.5	48.7	48.9	49.1	49.3	49.5	49.7
Short Circuit Current (Isc/A)	11.31	11.39	11.46	11.53	11.60	11.66	11.73
Voltage at Maximum Power (Vmp/V)	40.7	40.9	41.1	41.3	41.5	41.7	41.9
Current at Maximum Power (Imp/A)	10.57	10.64	10.71	10.78	10.85	10.92	10.98
Module Efficiency(%)	19.8	20.0	20.2	20.5	20.7	20.9	21.2

Operating Parameters

Operational Temperature	-40°C ~ +85°C
Power Output Tolerance	0 ~ +5 W
Voc and Isc Tolerance	±3%
Maximum System Voltage	DC1500V (IEC/UL)
Maximum Series Fuse Rating	20A
Nominal Operating Cell Temperature	45±2°C
Protection Class	Class II
Fire Rating	UL type 1 or 2

Mechanical Loading

Front Side Maximum Static Loading	5400Pa
Rear Side Maximum Static Loading	2400Pa
Hailstone Test	25mm Hailstone at the speed of 23m/s

Temperature Ratings (STC)

Temperature Coefficient of Isc	+0.048%/°C
Temperature Coefficient of Voc	-0.270%/°C
Temperature Coefficient of Pmax	-0.350%/°C

SMT/LV SMT Series Datasheet



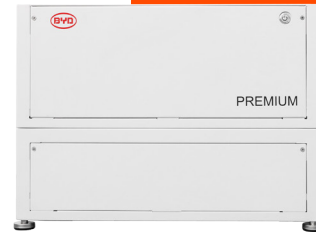
Technical Data	GW25K-MT	GW30K-MT	GW36K-MT	GW15KLV-MT	GW20KLV-MT
DC Input Data					
Max. PV Power (W)	32500	39000	42900	19500	26000
Max. DC Input Voltage (V)	1100	1100	1100	800	800
MPPT Range (V)	200~950	200~950	200~950	200~650	200~650
Starting Voltage (V)	180	180	180	200	200
Nominal DC Input Voltage (V)	600	600	600	370	370
Max. Input Current (A)	25/25/25	25/25/25	25/25/25	25/25/25	25/25/25
Max. Short Current (A)	31.3/31.3/31.3	31.3/31.3/31.3	31.3/31.3/31.3	31.3/31.3/31.3/31.3	31.3/31.3/31.3/31.3
No. of MPP Trackers	3	3	3	3	3
No. of Input Strings per Tracker	2/2/2	2/2/2	2/2/2	2/2/2	2/2/2
AC Output Data					
Nominal Output Power (W)	25000	30000* ¹	36000* ⁴	15000	20000
Max. Output Power (W)	27500	33000* ²	36000	14400@208VAC	19200@208VAC
				15000@220VAC	20000@220VAC
				16600@240VAC	22000@240VAC
Max. Output Apparent Power (VA)	27500	33000* ³	36000	16600	22000
Nominal Output Voltage (V)	400, 3L/N/PE or 3L/PE			150-300	150-300
Nominal Output Frequency (Hz)	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60
Max. Output Current (A)	40	48	53.3	40	53.3
Output Power Factor	~1 (Adjustable from 0.8 leading to 0.8 lagging)				
Output THDi (@Nominal Output)	<3%	<3%	<3%	<3%	<3%
Efficiency					
Max. Efficiency	98.7%	98.8%	98.8%	98.7%	98.8%
European Efficiency	>98.4%	>98.5%	>98.5%	98.4%	98.5%
Protection					
Anti-Islanding Protection	Integrated	Integrated	Integrated	Integrated	Integrated
Input Reverse Polarity Protection	Integrated	Integrated	Integrated	Integrated	Integrated
PV String Current Monitoring	Integrated	Integrated	Integrated	Integrated	Integrated
Anti-PID Function for Module	Optional	Optional	Optional	Optional	Optional
Insulation monitoring	Integrated	Integrated	Integrated	Integrated	Integrated
DC SPD Protection	Optional (Type II)	Optional (Type II)	Optional (Type II)	Optional (Type II)	Optional (Type II)
AC SPD Protection	Optional (Type II)	Optional (Type II)	Optional (Type II)	Optional (Type II)	Optional (Type II)
Residual Current Monitoring Unit	Integrated	Integrated	Integrated	Integrated	Integrated
AC Over Current Protection	Integrated	Integrated	Integrated	Integrated	Integrated
AC Short Protection	Integrated	Integrated	Integrated	Integrated	Integrated
AC Over Voltage Protection	Integrated	Integrated	Integrated	Integrated	Integrated
General Data					
Ambient Temperature Range (°C)	-30~60	-30~60	-30~60	-30~60	-30~60
Relative Humidity	0~100%	0~100%	0~100%	0~100%	0~100%
Operating Altitude (m)	≤3000	≤3000	≤3000	≤3000	≤3000
Cooling	Fan Cooling	Fan Cooling	Fan Cooling	Fan Cooling	Fan Cooling
Display	LCD & LED or APP & LED				
Communication	RS485 or WiFi or GPRS or PLC (LCD); WiFi+RS485 or GPRS+RS485 (APP)				
Weight (kg)	40	40	40	39	39
Dimension (Width*Height*Depth mm)	480*590*200	480*590*200	480*590*200	480*590*200	480*590*200
Protection Degree	IP65	IP65	IP65	IP65	IP65
Night Self Consumption (W)	<1	<1	<1	<1	<1
Topology	Transformerless	Transformerless	Transformerless	Transformerless	Transformerless
Certifications & Standards					
Grid Regulation	AS4777.2/VDE0126-1-1/VDE-AR-N 4105			-	-
Safety Regulation	IEC62109-1&-2			-	-
EMC Regulation	EN 61000-6-1/EN 61000-6-2/EN 61000-6-3/EN 61000-6-4			-	-

*1: 29.99kW for Australia, 30kW for other country
*2: 29.99kW for Australia, 33kW for other country

*3: 29.99kVA for Australia, 33kVA for other country
*4: 33kW for Italy, 36kW for other country

BATTERY-BOX PREMIUM LVL

- Scalable from 15.4 to 983 kWh
- Compatible with 1 and 3 Phase Inverters
- Cobalt Free Lithium Iron Phosphate (LFP) Battery: Maximum Safety, Life Cycle, and Power
- Capable of High-Powered Back-up and Off-Grid Function
- Space Saving via the Ability to Stack 2 Premium Batteries
- Add Additional Batteries in Parallel to Expand the System



BATTERY-BOX PREMIUM LVL

The BYD Battery-Box Premium LVL is a lithium iron phosphate (LFP) battery for use with an external inverter.

Thanks to its control and communication unit (BMU), the Battery-Box Premium LVL scales to meet the project requirements, no matter how large they may be. Start with Battery-Box Premium LVL15.4 (15.36 kWh) and extend later to 983 kWh using parallel interconnection of up to 64 batteries.



FLEXIBLE, EFFICIENT, SIMPLE



Easy Installation
With Easy Transportation



15.4 - 983 kWh
Tailored Sizing for Each Application



Extend Anytime
Easily Adapts to New Requirements



High Power
Power for Every Application

TECHNICAL PARAMETERS **PREMIUM LVL**



LVL15.4

Number of Modules	2
Usable Energy [1]	15.36 kWh
Max Cont. Output Current [2]	250 A
Peak Output Current [2]	375 A, 5 s
Dimensions (H/W/D)	500 x 575 x 650 mm
Weight	164 kg
Nominal Voltage	51.2 V
Operating Voltage	40-59 V
Operating Temperature	-10 °C to +50°C
Battery Cell Technology	Lithium Iron Phosphate (cobalt-free)
Communication	CAN/RS485
Enclosure Protection Rating	IP20
Round-trip Efficiency	≥95%
Scalability	Max. 64 in Parallel (983 kWh)
Certification	IEC62619 / CE / CEC / UN38.3
Applications	ON Grid / ON Grid + Backup / OFF Grid
Warranty [3]	10 Years
Compatible Inverters	Refer to BYD Battery-Box Premium LVL Minimum Configuration List

[1] DC Usable Energy, Test conditions: 100% DOD, 0.2C charge & discharge at + 25 °C. System Usable Energy may vary with different inverter brands

[2] Charge derating will occur between -10 °C and +5 °C

[3] Conditions apply. Refer to BYD Battery-Box Premium Limited Warranty Letter.



BYD Company Limited
www.byd.com/energy
 Global Sales: batteryboxgrp@byd.com
 Global Service: bboxservice@byd.com

Battery-Box EU Service Partner
 EFT-Systems GmbH
www.eft-systems.de
service@eft-systems.de

Battery-Box AU Service Partner
 Alps Power Pty Ltd
www.alppower.com.au
service@alppower.com.au

Battery-Box US Service Partner
 EFT-Systems GmbH
www.eft-systems.de/us
USservice@eft-systems.de

v1.0



Specification



RESU16H PRIME

Usable Energy (DoD 100%) [kWh]	16	
Power (Rated/Peak) [kW]	7 / 11	
Voltage [V]	350-450	
Round-trip Efficiency [%]	> 90	
Storage Power Consumption [W]	< 0.1	
Dimension [W x H x D, mm]	504 x 1,086 x 295	
Weight [kg]	Total	159
	Module	130 (65 x 2EA)
	Control Unit	24
	Connect Plate	5
Installation Type	Floor-standing	
Scalability	Up to 2 units (32kWh / 14kW)	
Operational Temperature [°C]	-10~50	
Ingress Rating	IP55	
Warranty	70% @10 years (Global)	
Communication	CAN & RS485	
Certification	Cell	UL 1642
	Product	CE/FCC/RCM/IEC62619/ UL1973/IEC62477



RESU10H PRIME

Usable Energy (DoD 100%) [kWh]	9.6	
Power (Rated/Peak) [kW]	5 / 7	
Voltage [V]	350-450	
Round-trip Efficiency [%]	> 90	
Storage Power Consumption [W]	< 0.1	
Dimension [W x H x D, mm]	504 x 817 x 295	
Weight [kg]	Total	111
	Module	82 (41 x 2EA)
	Control Unit	24
	Connect Plate	5
Installation Type	Floor-standing & Wall-mounted	
Scalability	Up to 2 units (19 kWh / 10 kW)	
Operational Temperature [°C]	-10~50	
Ingress Rating	IP55	
Warranty	70% @10 years (Global)	
Communication	CAN & RS485	
Certification	Cell	UL 1642
	Product	CE/FCC/RCM/IEC62619/ UL1973/IEC62477

Compatible Inverters : SMA, Solaredge, SUNGROW, GOODWE, Solis
*Values provided for 25°C

Be Prepared with RESU PRIME



Power your home during outages and reduce the amount of energy used during expensive peak hours with RESUhome batteries.



RESU16H PRIME



RESU10H PRIME



LG Home Battery RESU
www.lghomebattery.com

Be Prepared with RESU PRIME

The ultimate value LG RESU is offering to customers is the maximum security for electricity consumption regardless of external uncertainties by realizing energy independence with eco-friendly solar energy.

RESU16H PRIME

“The world's largest capacity home battery for whole home backup”

World's Largest Capacity (16kWh, 7kW) to back up essential loads in peak time and blackouts



World's Largest Capacity

RESU16H PRIME

RESU10H PRIME

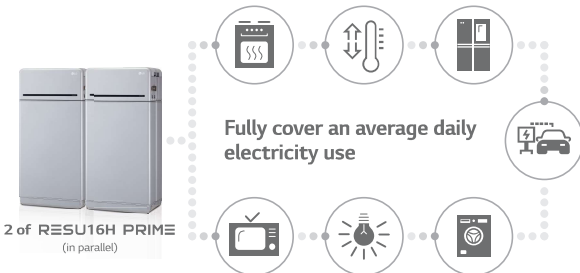
“The smartest choice of first home battery for daily use”

Enough capacity (9.6kWh, 5kW) to back up critical loads during peak time and emergencies



Optimal Capacity

RESU10H PRIME



Maximum energy and high power output enable **whole home backup** both in peak time and blackouts.

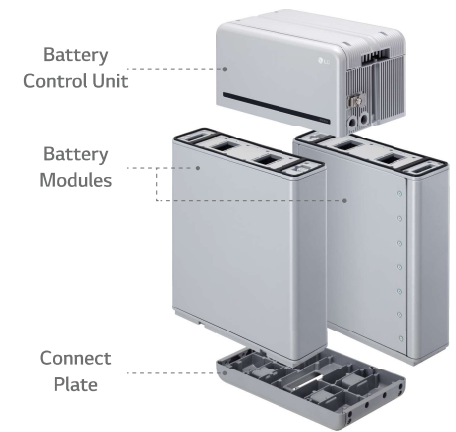
	RESU16H x 2ea	RESU10H x 2ea
Capacity	32 kWh	19.2 kWh
Power	14 kW	10 kW

*May vary depending on the size of household and energy consumption

Unique Modular Design

With its unique modular design, RESU Prime can be divided into a battery control unit and two battery modules. It enables easier transportation, handling, and installation.

*May vary depending on specific condition



On-the-Spot Maintenance

The detachable Control Unit can be replaced on site, saving maintenance time and cost

*May vary depending on specific conditions

	Conventional	RESU PRIME
Carry & Handle	Lift needed	No lift
Workload	2-3 Installers	1-2 Installers
After sales Service(*)	Collect & Replace	Early diagnosis & On-the-Spot Maintenance

RESU Monitoring

Real time battery status monitoring and early diagnosis with RESU Monitor

RESU Monitor remotely monitors battery conditions in real time and proactively diagnoses in case of anomalies, enabling installers to take quick and accurate remedial actions.



App/Web-based UI
For Installers & End Customers

RESU13

Electrical Characteristics

Total Energy Capacity	13.1 kWh
Usable Energy Capacity ¹⁾	12.4 kWh
Battery Capacity	252 Ah
Voltage Range	42.0 to 58.8 V _{DC}
Nominal Voltage	51.8 V _{DC}
Max. Charge/Discharge Current	119A
Peak Current ²⁾	166.7A for 3 sec.
Max. Charge/Discharge Power	5.0kW
Peak Power ²⁾	7.0kW for 3 sec.
Peak Power for backup mode	11.0kW for 3 sec.
Battery Pack Round-Trip Efficiency	>95% (under specific condition)
Communication Interface	CAN 2.0B
DC Disconnect	Circuit Breaker, Contactor, Fuse

Operating Conditions

Installation Location	Indoor / Outdoor (Stand / Wall-Mounted)
Operating Temperature	-10 to 50°C
Operating Temperature (Recommended)	15 to 30°C
Storage Temperature	-30 to 60°C : ~7 days -20 to 45°C : ~6 months
Humidity	5% to 95%
Altitude	Max. 2,000m
Cooling Strategy	Natural Convection

Certification

Safety	Cell	UL1642
	Battery Pack	CE / RCM / TUV (IEC 62619) / FCC
EMC		IEC61000-6-1, IEC61000-6-3
Hazardous Materials Classification		Class 9
Transportation		UN38.3
Ingress Rating		IP55

※ Test Conditions - Temperature 25°C, at the beginning of life

※ Total Energy is measured under specific condition from LGC(0.3CCCV/0.3CC)

1) Value for Battery Cell Only (Depth of Discharge 95%). Actual usable energy at the AC output may vary by condition, such as the inverter efficiency and temperature.

2) Peak Current excludes repeated short duration (less than 3 sec. of current pattern).

Features

RESU13 battery pack designed for photovoltaic systems is easily adaptable energy storage solution. With RESU Plus, RESU13 can be connected with the same model.

※ RESU Plus is an expansion kit specially designed for 48V models.
 Number of expandable battery units : up to 2EA

- Emergency Power Back-up
- Easy and Flexible installation
 - : Easy to wall mount or install on floor
 - : Wide range of inverters available
- Proven Safety and 10 year warranty
- Compact size and space saving



Mechanical Characteristics

Dimensions	Width	452 mm (17.8")
	Height	626 mm (24.7")
	Depth	227 mm (8.9")
Weight		98.5 kg (217.2lbs)