



Auditoria Energética e Medidas de Melhoria da Eficiência Energética nas Grutas da Moeda

Projeto

Mestrado em Engenharia da Energia e do Ambiente

Ricardo António da Conceição Sábio

Leiria, maio de 2021

Auditoria Energética e Medidas de Melhoria da Eficiência Energética nas Grutas da Moeda

Mestrado em Engenharia da Energia e do Ambiente

Ricardo António da Conceição Sábio

Trabalho de Projeto realizado sob a orientação do Professor Doutor Pedro José Franco Marques e do Professor Doutor João Esteves Ramos da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Leiria.

Leiria, maio de 2021

Originalidade e Direitos de Autor

O presente relatório de projeto é original, elaborado unicamente para este fim, tendo sido devidamente citados todos os autores cujos estudos e publicações contribuíram para o elaborar.

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição de que seja mencionado o Autor e feita referência ao ciclo de estudos no âmbito do qual o mesmo foi realizado, a saber, Curso de Mestrado em Engenharia da Energia e do Ambiente, no ano letivo 2020/2021, da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Leiria, Portugal, e, bem assim, à data das provas públicas que visaram a avaliação destes trabalhos.

Dedicatória

À minha família, namorada e amigos.

Agradecimentos

Em primeiro lugar gostaria de agradecer toda a ajuda e apoio dos meus orientadores Professor Doutor Pedro José Franco Marques e Professor Doutor João Esteves Ramos. Foram essenciais para o desenvolvimento deste projeto mostrando-se sempre disponíveis para ajudar, fosse em que altura fosse. Os seus conhecimentos foram essenciais para me motivar e fazer acreditar que o sucesso era possível.

Aos meus pais, Maria Fernanda Sábio e Armindo Sábio, irmão José Sábio e restante família por sempre me apoiarem, a sua força foi determinante. À minha namorada Ana Carolina Sousa e gato Pudim um especial obrigado por serem o pilar da minha vida e o meu porto de abrigo.

Gostaria também de fazer um agradecimento especial a toda a equipa das Grutas da Moeda por me terem dado todas as ferramentas necessárias à elaboração do projeto, o seu contributo e disponibilidade foi fundamental.

Resumo

No âmbito do projeto final do curso do Mestrado em Engenharia da Energia e do Ambiente, foi proposta uma análise dos consumos energéticos da empresa Grutas da Moeda SA., a fim de reduzir o encargo energético e de tornar a empresa mais sustentável. Desenvolveu-se uma metodologia para a melhoria da eficiência energética e para o dimensionamento de uma unidade de produção de energia elétrica para autoconsumo (UPAC) aplicada à empresa, através do dimensionamento de um sistema de fornecimento de energia elétrica, ligado à rede (*Grid Connected*), com recurso a energias renováveis. Segundo o *software Homer*, a energia renovável mais eficiente para este caso de estudo é a energia solar, e considerando a análise efetuada com o *software Sunny Web Design*, será necessário a instalação de 153 painéis fotovoltaicos de 300 Wp e 2 inversores de corrente com limite de potência ativa de 20 kW cada. A poupança acumulada ao fim de 20 anos será de 105.696 € e com redução de emissões de 706 toneladas de CO₂.

Palavras-chave: Autoconsumo, Eficiência Energética, Energias Renováveis, Energia Solar, Sustentabilidade.

Abstract

Following the final project of the Master's degree in Energy and Environment Engineering, an analysis of the energy consumption of the company Grutas da Moeda SA. was proposed in order to reduce the energy costs and make the company more sustainable. A methodology to improve energy efficiency was developed and the design of a production unit for self-consumption applied to the company, through the design of a power supply system, connected to the grid, using renewable energies. According to Homer software, the most efficient renewable energy for this case study is solar energy. According to the Sunny Web Design software, it will be necessary to install 153 photovoltaic panels of 300 Wp and 2 current inverters with an active power limit of 20 kW each. The savings accumulated after 20 years will be 105.696 € and a CO₂ reduction of 706 tons.

Keywords: Energy Efficiency, Renewable Energies, Self-Consumption, Solar Energy Sustainability.

Índice

Originalidade e Direitos de Autor	iii
Dedicatória	v
Agradecimentos	vii
Resumo	ix
Abstract	xi
Lista de Figuras	xv
Lista de Tabelas	xvii
Lista de Siglas e Acrónimos	xix
1. Introdução	1
1.1. Estrutura do Trabalho	2
2. Estado de Arte.....	5
2.1. Conceitos Importantes	5
2.2. Panorama da Procura Energética.....	6
2.2.1. Procura Energética Mundial	6
2.2.2. Procura Energética em Portugal	7
2.3. Enquadramento Legal.....	8
2.3.1. Orientações Comunitárias	8
2.3.2. Orientações Nacionais	9
3. Metodologia e Tecnologias Utilizadas no Projeto.....	13
3.1. Iluminação LED.....	13
3.2. Variador de Frequência	14
3.3. Sistema Fotovoltaico.....	14
3.4. Sistema Eólico	15
4. Análise da Faturação Energética	17
4.1. Descrição e Quantificação das Cargas na Empresa Grutas da Moeda	17
4.2. Análise dos Consumos das Faturas Energéticas.....	18
4.3. Análise das Tarifas Energéticas	20

5. Proposta de Melhoria.....	23
5.1. Iluminação e Variador de Frequência.....	24
5.2. Preparação dos dados do Projeto - Software “Homer”	26
5.2.1. Diagrama de Carga.....	26
5.2.2. Caracterização dos Recursos Disponíveis.....	27
5.2.2.1. Radiação Solar.....	28
5.2.2.2. Temperatura Ambiente.....	29
5.2.2.3. Velocidade do Vento	30
5.2.2.4. Caracterização da Rede Elétrica.....	31
5.2.3. Caracterização e Dimensionamento dos Equipamentos a Utilizar na Instalação 33	
5.2.4. Caracterização e Dimensionamento do Painel Fotovoltaico.....	34
5.2.5. Caracterização e Dimensionamento do Inversor de Corrente.....	36
5.2.6. Caracterização e Dimensionamento do Aerogerador.....	37
5.2.7. Resultados	39
5.3. Dimensionamento do Sistema Elétrico - Sunny Web Design	41
5.3.1. Inserção de Dados Gerais	41
5.3.2. Perfil de Carga.....	43
5.3.3. Painéis Fotovoltaicos.....	43
5.3.4. Inversores	44
5.3.5. Dimensionamento dos Cabos	45
5.3.6. Configuração dos Cabos CC	45
5.3.7. Configuração dos Cabos LV	46
5.3.8. Custos Específicos do Projeto	47
5.3.9. Preços de Compra e Venda da Eletricidade à Rede	48
5.3.10. Resultados	49
5.4. Representação da Instalação em SketchUp.....	54
6. Conclusões.....	57
Referências.....	59
Anexos	63
Anexo I – Cargas Energéticas Detalhadas da Empresa.....	63
Anexo II – Distribuição Horária e Preços Associados aos Consumos.....	69
Anexo III- Comparação de Tarifários	75
Anexo IV– Cargas Energéticas Detalhadas da Empresa com a Aplicação de Tecnologia LED e Variador de Frequência.....	81
Anexo V – Módulos Fotovoltaicos, Inversores de Corrente e Aerogerador.....	85
Anexo VI – Output Sunny Web Design.....	87
Anexo VII- Sistema Elétrico em AutoCad.....	101

Lista de Figuras

Figura 4.1 – Instalações das Grutas da Moeda.	17
Figura 4.2 – Evolução do consumo energético em 2018.	19
Figura 4.3 – Evolução dos valores pagos por fatura energética em 2018.	20
Figura 5.1 – Variador de frequência.	25
Figura 5.2 – Perfil diário de consumo de potência ativa.	26
Figura 5.3 – Perfil mensal de consumo de potência ativa.	27
Figura 5.4 – Evolução da radiação solar e claridade ao longo dos meses na área da empresa.	28
Figura 5.5 – Média anual de radiação solar na área da empresa.	29
Figura 5.6 – Evolução da temperatura mensal ao longo do ano na área da empresa.	29
Figura 5.7 – Evolução da velocidade média do vento ao longo do ano na área da empresa.	30
Figura 5.8 – Rugosidade do terreno.	31
Figura 5.9 – Períodos horários da ligação do sistema à rede elétrica no <i>software Homer</i>	32
Figura 5.10 – Capacidade de venda e compra à rede elétrica.	33
Figura 5.11 – Esquema dos equipamentos utilizados no <i>software Homer</i>	33
Figura 5.12 – Configuração do painel fotovoltaico.	35
Figura 5.13 – Configuração do inversor de corrente.	37
Figura 5.14 – Configuração do aerogerador.	38
Figura 5.15 – Curva de potência do aerogerador.	38
Figura 5.16 – Evolução da energia produzida pelo sistema fotovoltaico e da energia fornecida pela RESP. .	40
Figura 5.17 – Sistema fotovoltaico com autoconsumo.	41
Figura 5.18 – Dados do projeto.	42
Figura 5.19 – Dados do edifício.	42
Figura 5.20 – Perfil de carga.	43
Figura 5.21 – Dados dos geradores fotovoltaicos.	44
Figura 5.22 – Dados dos inversores fotovoltaicos.	44
Figura 5.23 – Esquema dos cabos.	45
Figura 5.24 – Configuração dos cabos CC.	45

Figura 5.25 – Configuração dos cabos LV.....	46
Figura 5.26 – Dados dos cabos.	47
Figura 5.27 – Custos associados ao projeto.	47
Figura 5.28 – Preço de compra e venda de eletricidade.....	48
Figura 5.29 – Características da ligação ao inversor 1.....	49
Figura 5.30 – Características da ligação ao inversor 2.....	49
Figura 5.31 – Resultados da instalação.	50
Figura 5.32 – Distribuição da energia fornecida pelo sistema fotovoltaico.	50
Figura 5.33 – Consumo mensal.....	51
Figura 5.34 – Autoconsumo mensal.....	51
Figura 5.35 – Consumo mensal de energia da rede.....	51
Figura 5.36 – Eletricidade injetada na rede mensalmente.	52
Figura 5.37 – Rendimento energético mensal.	52
Figura 5.38 – Percentagem de autonomia mensal.	52
Figura 5.39 – Custos do projeto.	53
Figura 5.40 – Poupança e custos do projeto.....	53
Figura 5.41 – Vista da disposição dos painéis fotovoltaicos virados a Sul e com 35° de inclinação.	54
Figura 5.42 – Vista da disposição dos Painéis Fotovoltaicos.....	55

Lista de Tabelas

Tabela 4.1 – Energia ativa consumida mensalmente pela empresa e custos no ano de 2018.	19
Tabela 4.2 – Tarifa transitória de venda a clientes finais em Média Tensão para o ano de 2018.	21
Tabela 4.3 – Distribuição dos consumos e custos associados para cada ciclo no ano de 2018.	21
Tabela 4.4 – Emissões de CO ₂ e no ano de 2018.	21
Tabela 5.1 – Valor da média de funcionamento variável.	23
Tabela 5.2 – Consumo com base nos dados da EDP e que foi utilizado no <i>software Homer</i>	23
Tabela 5.3 – Proposta para as luminárias.	24
Tabela 5.4 – Comparação dos consumos energéticos (iluminação e bombagem).	25
Tabela 5.5 – Comparação dos consumos energéticos e custos associados.	25
Tabela 5.6 – Viabilidade do projeto.	25
Tabela 5.7 – Valores médios de consumo.	27
Tabela 5.8 – Valores de radiação solar e claridade ao longo dos meses na área da empresa.	28
Tabela 5.9 – Valores de temperatura média mensal ao longo do ano na área da empresa.	30
Tabela 5.10 – Valores de velocidade média de vento ao longo do ano na área da empresa.	31
Tabela 5.11 – Tarifas de ligação à rede elétrica no <i>software Homer</i>	32
Tabela 5.12 – Características do painel fotovoltaico.	34
Tabela 5.13 – Preços associados ao sistema de fixação.	34
Tabela 5.14 – Margem de preços para a instalação de cabos.	35
Tabela 5.15 – Preços discriminados para um painel (1 kWp).	35
Tabela 5.16 – Preço do inversor.	36
Tabela 5.17 – Preços associados à instalação do inversor.	36
Tabela 5.18 – Soluções avaliadas pelo <i>software Homer</i>	39
Tabela 5.19 – Solução ótima obtida no <i>software Homer</i>	39
Tabela 5.20 – Produção de energia elétrica por parte do sistema fotovoltaico e rede elétrica.	40
Tabela 5.21 – Carga primária consumida anualmente.	40

Lista de Siglas e Acrónimos

AC	<i>Alternating Current</i> (Corrente Alternada - CA)
APA	Agência Portuguesa do Ambiente
AT	Alta Tensão
BT	Baixa Tensão
BTE	Baixa Tensão Especial
BTN	Baixa Tensão Normal
CO ₂	Dióxido de Carbono
CO ₂ e	Dióxido de Carbono Equivalente
DC	<i>Direct Current</i> (Corrente Contínua - CC)
DGEG	Direção Geral de Energia e Geologia
DST	Descarregador de Sobretensão
EC	<i>European Commission</i>
EDP	Energia de Portugal
EIA	<i>U.S. Energy Information Administration</i>
ENE 2020	Estratégia Nacional para a Energia 2020
ERSE	Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos
ESTG	Escola Superior de Tecnologia e Gestão
FEADER	Fundo Europeu Agrícola de Desenvolvimento Rural
FEAMP	Fundo Europeu dos Assuntos Marítimos e das Pescas
FEDER	Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional
FSE	Fundo Social Europeu
GEE	Gases de Efeito de Estufa
IPCC	<i>The Intergovernmental Panel on Climate Change</i>
IPL	Instituto Politécnico de Leiria
IU	Instalação de Utilização
LED	<i>Light Emitting Diode</i> (Díodo Emissor de Luz)
LV	<i>Low Voltage</i>
MT	Média Tensão
PNAER	Plano Nacional de Ação para as Energias Renováveis

POSEUR	Programa Operacional Sustentabilidade e Eficiência no Uso dos Recursos
REA	Relatório do Estado do Ambiente
RESP	Rede Elétrica de Serviço Público
UE	União Europeia
UPAC	Unidade de Produção para Autoconsumo
WCED	<i>World Commission on Environment and Development</i>

1. Introdução

Este trabalho está inserido no âmbito de projeto de final do curso do Mestrado em Engenharia da Energia e do Ambiente, com caso de estudo a empresa Grutas da Moeda, SA. Esta empresa foca-se sobretudo no turismo de Natureza, e é composta por vários edifícios, cada um com as suas cargas energéticas associadas, apresentando um horário de funcionamento nas horas de dia.

Uma vez que as grutas são um Hino à Natureza e à preservação do ambiente, faria todo o sentido fazer a transição energética para energias renováveis, a fim de reduzir custos associados, diminuir a pegada carbónica e, de certa forma, servir como uma “embaixadora” da sustentabilidade e da educação ambiental.

O projeto aborda a análise de consumos para o desenvolvimento de uma metodologia de melhoria da eficiência energética e o dimensionamento de uma Unidade de Produção para Autoconsumo (UPAC) aplicada à empresa, de modo a reduzir o encargo energético e tornar a empresa mais sustentável.

É pretendido então elaborar o dimensionamento de um sistema de fornecimento de energia elétrica, através de energias renováveis ligado à rede (*Grid Connected*), que passa pela instalação de painéis fotovoltaicos e/ou aerogeradores de forma a alcançar uma solução energética de autoconsumo e autossuficiência.

Todo o projeto foi elaborado com recurso a várias ferramentas de *software*, nomeadamente o *software Homer*, de modo a avaliar os consumos, respetivos custos e dimensionamento energético, de uma forma otimizada. A plataforma utilizada para a descrição, disposição e custo dos equipamentos a aplicar no sistema foi o *SunnyWebDesign*. A representação do espaço disponível para aplicação dos painéis solares foi realizada com recurso ao *software SketchUp* e o desenho técnico foi elaborado com recurso ao *AutoCad*.

1.1. Estrutura do Trabalho

No desenvolvimento deste projeto foi necessário seguir uma linha de pesquisas e trabalhos com a finalidade de alcançar o objetivo proposto. De forma a manter a cadência de pensamento, este projeto foi organizado em várias secções e pontos, todos com uma relevante importância.

Numa fase inicial, no Estado da Arte, foram descritos os conceitos importantes a ter em consideração e que são fundamentais para uma melhor compreensão do tema. É neste ponto também que é abordado o panorama da procura energética no mundo e em Portugal, que permite entender a situação energética atual e devidas projeções para o futuro.

O Enquadramento Legal descreve a legislação normativa, metas e objetivos delineados por parte da União Europeia (UE), assim como em Portugal, para um futuro mais sustentável e com redução da emissão de gases com efeito de estufa.

De seguida foi abordada a Metodologia utilizada para o desenvolvimento de uma avaliação de soluções de eficiência energética, bem como a descrição detalhada da tecnologia usada.

Segue-se a análise da faturação, em que foi elaborado o estudo detalhado de todas as cargas elétricas existentes e a sua distribuição ao longo dos edifícios das Grutas da Moeda. Efetuou-se também a análise detalhada da faturação energética a fim de compreender a evolução dos consumos anuais e entender as suas necessidades energéticas. Através da análise das tarifas energéticas foi possível estudar a solução de tarifário contratado mais proveitoso para a empresa.

Após recolha e análise dos dados delineou-se uma Proposta de Melhoria da Eficiência Energética, nomeadamente a instalação de iluminação com tecnologia LED (*Light Emitting Diode*) e um variador de frequência, com as suas respetivas especificidades, custos e poupanças associados. Utilizando os dados recolhidos e com auxílio do *software Homer*, realizou-se o dimensionamento e otimização do sistema elétrico com recurso a energias renováveis. Recorrendo à plataforma digital *Sunny Web Design* foi executado o dimensionamento e quantificação de todos os instrumentos a inserir no projeto fotovoltaico, assim como as suas respetivas cablagens. O *Software SketchUp* foi a ferramenta utilizada para representar a disposição dos painéis fotovoltaicos e a sua respetiva distribuição pelo

edifício da empresa. Por fim, recorreu-se ao *software AutoCad* para elaborar a esquematização detalhada do sistema elétrico.

Por último, depois de trabalhados todos os dados, efetuou-se a apresentação das conclusões obtidas ao longo do estudo.

2. Estado de Arte

2.1. Conceitos Importantes

O desenvolvimento sustentável foi definido pela Comissão Mundial do Meio Ambiente e Desenvolvimento como “um processo de mudança em que a exploração de recursos, a direção dos investimentos, orientação do desenvolvimento tecnológico e mudanças institucionais, estão em harmonia e aprimoram os atuais e potenciais futuros para atender às necessidades e aspirações humanas” (WCED, 1987). Outros autores definem também que o desenvolvimento sustentável da produção e do uso das energias implica não exceder a capacidade de carga dos ecossistemas, assegurando a qualidade de vida das gerações atuais e futuras, bem como melhorar o bem-estar social e otimizar a economia, adequando os serviços energéticos às necessidades básicas da Humanidade (Rogner, H-H. & Popescu, A., 2000).

O conceito de energia é definido como a quantidade de trabalho ou calor entregue e pode ter diversas classificações, tornando-se útil para o Homem quando é possível convertê-la de um tipo para outro ou quando flui de um lugar para outro. A energia primária é classificada como toda a energia proveniente de fontes naturais e que não sofre uma conversão prévia, enquanto que a energia considerada final é o produto de um processo de conversão. Já a eficiência energética trata-se de proporção de energia produzida por um determinado sistema, processo de conversão ou atividade para entrada de energia. As energias renováveis são obtidas a partir de correntes de energia contínua ou repetitiva e que ocorrem no seu ambiente natural incluindo tecnologias sem produção de carbono, tais como a energia solar, hidroelétrica, eólica, das ondas e marés, geotérmica e biomassa (IPCC, 2007).

Um serviço energético tem como finalidade entregar a consumidores todos os benefícios que a energia pode oferecer sejam estes, iluminação, comida cozinhada, temperaturas interiores confortáveis, refrigeração, telecomunicações, educação e transportes. Os serviços energéticos são também virtualmente necessários para todas as atividades comerciais e industriais (Goldberg, J. & Johansson, T.B., 2004). Uma tarifa *feed-in* define-se como o preço por unidade de eletricidade, regulado por uma autoridade pública, que uma concessionária ou fornecedor de energia tem que pagar pela injeção na rede de eletricidade, proveniente de geradores não utilitários ou de energias renováveis (IPCC, 2007).

Os combustíveis fósseis são compostos à base de carbono provenientes de depósitos de hidrocarbonetos, como por exemplo o gás natural, petróleo, carvão e turfa. Por serem considerados recursos não renováveis, nos últimos anos tem vindo a crescer a procura de substitutos mais sustentáveis. Os Gases de Efeito de Estufa (GEE) são constituintes da atmosfera e que podem ser naturais ou antropogénicos. Estes são responsáveis por absorver e emitir radiação a comprimentos de onda específicos, dentro do espectro da radiação infravermelha emitida pela superfície da terra, pela atmosfera e nuvens. Esta propriedade causa o efeito de estufa, o que tem levado à sua mitigação no que diz respeito às alterações climáticas, passando pela implementação de políticas, com o intuito de reduzir as emissões de gases de efeito de estufa e a melhora dos sumidouros (IPCC, 2007).

As tecnologias ambientalmente sustentáveis são as mais compatíveis com as prioridades ambientais, culturais e socioeconómicas de um país. São também as tecnologias menos poluentes e que usam os seus recursos de maneira mais sustentável, reciclando mais os resíduos e produtos, e lidando de forma mais aceitável com os resíduos desperdiçados do que as tecnologias que eles substituem (IPCC, 2007).

2.2. Panorama da Procura Energética

2.2.1. Procura Energética Mundial

Na última geração a população mundial teve um aumento de dois mil milhões de habitantes, resultado da evolução industrial, sendo os países em desenvolvimento os que mais contribuíram para estes números. Portanto, a procura por energia está a aumentar rapidamente de forma a atender aos requisitos da crescente população no mundo. A prevenção de crises energéticas é um dos problemas mais comuns que enfrentamos nos dias de hoje, assim como o risco da escassez de recursos disponíveis (Shafiee, S. & Topal, E., 2009).

De forma a satisfazer a enorme procura energética no mundo, a disponibilidade e fácil acesso dos combustíveis fósseis, tem levado ao aumento da emissão de gases gerados por este recurso, que conseqüentemente resulta na grave poluição dos ecossistemas (Hallmann, M.M. & Steinberg M., 1998). São também conhecidos inúmeros desastres graves ligados a entidades dominantes que tendem a explorar locais abundantes em reservas de combustíveis fósseis. Estes fatores e o uso continuado destas fontes de energia não renovável podem levar a alterações climáticas (Schou, P., 2000).

Estima-se que de 2018 até 2050, para a maior parte dos países no mundo, o consumo de carvão permaneça em níveis semelhantes aos dias de hoje, contudo, o consumo de petróleo irá aumentar mais de 20% tal como a produção de crude. Estima-se também que o consumo global de gás natural irá aumentar cerca de 40% e que a emissão de dióxido de carbono (CO₂) associado à produção de energia terá uma tendência ascendente (EIA, 2019).

As técnicas tradicionais de produção de energia como a queima de carvão têm efeitos nocivos para o meio ambiente. De forma a encarar as futuras alterações ambientais é essencial a mudança para novas tecnologias de geração de energia, por isso os países começaram a focar a atenção para técnicas de produção de energia mais amigas do ambiente, como a produção de energia solar e eólica (Inglesi- Lotz, R., 2016).

Considera-se ainda que até 2050 o consumo global de energia aumente perto de 50%, as energias renováveis irão ser a principal fonte de energia utilizada no mundo, porém todas as outras fontes de energia tradicional também irão aumentar. Aponta-se que grande parte do incremento da produção de energia elétrica irá ser alimentada por energias renováveis e gás natural (EIA, 2019).

A energia eólica e solar irão estar na frente no que toca ao crescimento da produção de energias renováveis até 2050, representando um aumento de capacidade de produção de energia até 70% (EIA, 2019).

2.2.2. Procura Energética em Portugal

Visto que em Portugal não existe produção de energia de origem fóssil, como o petróleo ou gás natural, o país exhibe uma grande dependência energética, cerca de 75,9% em 2018 (DGEG, 2020).

Em Portugal, no ano de 2016, o principal consumidor de energia final foi o sector dos transportes, seguido pelo sector da indústria, doméstico, agricultura e pescas, construção e obras públicas, e por fim o que menos consumiu foi o sector de serviços. É notável que ao longo dos anos tem vindo a existir uma redução dos consumos energéticos de forma global (DGEG, 2020), provavelmente associado à adoção de medidas de eficiência energética.

A procura por petróleo tem vindo a diminuir também, o que contrasta com a produção e consumo de energias renováveis, que ao longo das últimas décadas tem vindo a sofrer um

notável aumento, que se traduz numa diminuição da dependência energética do país (DGEG, 2020).

2.3. Enquadramento Legal

2.3.1. Orientações Comunitárias

Face às preocupantes tendências ambientais observadas nos últimos anos, a União Europeia tem vindo a instituir amplamente legislação normativa com o objetivo de se alcançar uma economia competitiva, verde e inclusiva. A resolução da estratégia Europa 2020, desenvolvida desde 2010, tem como um dos principais objetivos, dentro da área das alterações climáticas e sustentabilidade energética, a redução das emissões de gases com efeito de estufa em 20% (ou 30% quando reunidas as condições) sobre os valores registados em 1990. A obtenção de 20% da energia proveniente de fontes renováveis e o aumento em 20% da eficiência energética (APA, 2015).

Em dezembro de 2008 foi adotado pela União Europeia o pacote “Energia-Clima”, que fixou a redução de 20% do consumo de energia primária para o ano de 2020, e a redução do consumo de energia pelo menos de 27% em relação às projeções do consumo futuro para 2030 (REA, 2020).

No ano de 2011, foi elaborado o “Roteiro de transição para uma economia de baixo carbono competitiva em 2050”, em que são delineadas metas de redução das emissões internas em 25% até 2020, 40% até 2030, 60% até 2040 e 80% até ao ano de 2050, comparado com os valores de 1990 (APA, 2015).

No passado, a UE começou a transformar a economia com o objetivo na neutralidade climática, em que é proposto descarbonizar o setor da energia, renovar edifícios com o objetivo de reduzir as contas e consumos de eletricidade e reduzir as emissões nos transportes. Com as políticas atuais, a meta para as emissões de gases com efeito de estufa até 2050 era de 60%, entendendo que este valor é pouco ambicioso foi então proposto o Pacto Ecológico Europeu, com a finalidade de atingir a neutralidade climática até 2050, uma estratégia de crescimento onde não existirão emissões de gases com efeito de estufa e onde o crescimento económico está dissociado dos recursos. Visa também a proteção, conservação e aumento do capital natural da UE, com proteção da saúde e bem-estar dos cidadãos contra os impactos relacionados ao meio ambiente, tornando esta transição justa e inclusiva. A comissão propôs também a primeira lei climática em março de 2020 e no Verão

do mesmo ano apresentou um plano de avaliação de impacto a fim de aumentar a meta de redução das emissões de 50% para 55% para o ano de 2030 (EC, 2020a).

2.3.2. Orientações Nacionais

O Programa Nacional de Reformas tomou como metas até 2020, que a eletricidade consumida com recurso a fontes renováveis atinja os 31%, que a eficiência energética no país aumente 20% e que a redução das emissões com efeito de estufa ao nível europeu atinja 20% (APA, 2015).

O compromisso para o crescimento verde visa 13 objetivos entre os quais, reforçar o peso das energias renováveis para 31% em 2020 e 40% em 2030 (APA, 2015).

O Plano Nacional de Ação para as Energias Renováveis (PNAER) segundo a Diretiva 2006/32/CE fixou o objetivo de redução de energia primária em 25%, já na administração pública para os 30% em relação à média de consumo verificada entre 2001 e 2005 (REA, 2020).

A Estratégia Europa 2020 visa um crescimento, inteligente, sustentável e inclusivo. Prosseguindo esta estratégia foi desenvolvido o Portugal 2020, que se trata de um acordo de parceria adotado entre Portugal e a Comissão Europeia, com a atuação de cinco fundos Europeus Estruturais de Investimento, FEDER, FSE, FEADER, FEAMP e fundo de Coesão, entre 2014 e 2020. Em causa estão 25 mil milhões de euros que irão ser utilizados para estimular, entre outras coisas, a promoção do desenvolvimento sustentável no que toca à eficiência do uso dos recursos (POSEUR, 2020).

O conselho de Ministros nº 29/2010, de 15 de abril, em seguimento com a diretiva 2009/29/CE aprovou a (ENE 2020), Estratégia Nacional para a Energia (Presidência do Conselho de Ministros, 2010).

Os objetivos para a ENE 2020 são:

- Reduzir em 25% o saldo importador energético com produção de energias renováveis implicando a redução anual de importações em 200 milhões de euros;
- Assegurar mais 100 mil postos de trabalho e garantir um valor acrescentado bruto de 3800 milhões de euros fortalecendo o cluster das energias renováveis em Portugal;

- Criar 21 mil postos de trabalho, continuando a desenvolver o cluster industrial ligado à eficiência energética, gerando investimento previsível;
- Produzir a partir de recursos endógenos o equivalente a 31% da energia final de modo a reduzir a dependência energética para os 74% em 2020;
- Cumprir os compromissos assumidos por Portugal no contexto das políticas europeias de combate às alterações climáticas de modo a que o consumo de energia final reduza 20% e que 60% da eletricidade no país tenha origem em fontes renováveis (Cardoso, 2012).

Com a finalidade de normalizar a produção, armazenamento, partilha, consumo e venda de eletricidade proveniente de energia renovável sem encargos desproporcionados, foi publicado o Decreto-Lei nº 162/2019 que entrou em vigor a 1 de janeiro de 2020. Este Decreto-Lei foi transposto parcialmente a partir da Diretiva 2018/2001 e estabelece um regime jurídico aplicado à produção de energia elétrica destinada ao autoconsumo na Instalação de Utilização (IU) associada à respetiva produtora, com ou sem ligação à rede pública.

Este novo regime materializa a determinação de Portugal estar na frente da transição energética com metas ambiciosas para 2030, que foram definidas no âmbito do Plano Nacional de Energia-Clima, no que toca ao alcance de uma quota de consumo final bruto de 47% de energias renováveis o que implica que as energias renováveis contribuam em pelo menos 80% da produção de eletricidade total do país. Desta forma será essencial que a capacidade instalada de energia solar atinga pelo menos 1 GW em 2030.

O presente decreto-lei visa facilitar a participação ativa na transição energética de empresas e cidadãos interessados em investir, sem subsídios públicos, em recursos energéticos renováveis para autoconsumo. A Direção Geral de Energia e Geologia (DGEG) é a entidade responsável pela decisão, coordenação, e acompanhamento da atividade de produção de eletricidade para autoconsumo.

O consumidor final tem o direito, entre outros, de instalar a UPAC recorrendo a uma qualquer fonte de energia renovável e respetivas tecnologias associadas, de consumir, na IU associada à UPAC, eletricidade produzida ou armazenada em instalações próprias, e entregar a produção excedente a terceiros ou à RESP. Independentemente do nível de tensão instalado

na UPAC o acesso à atividade não é negado. Toda a energia excedente produzida pela UPAC pode ser transacionada.

É obrigatório dimensionar a UPAC de acordo com o consumo estimado da Instalação de Utilização, mas sem limites rígidos de dimensionamento. Apesar de não existir um limite de potência a instalar nas UPAC certas condições devem ser cumpridas. Toda a UPAC com potência instalada igual ou inferior a 350 W não é sujeita a controlo prévio, entre 350 W e 30 kW apenas sujeito a comunicação prévia, entre 30 kW e 1 MW terá que se sujeitar a registo preliminar para a instalação da UPAC e obter certificado de exploração, para a potência superior a 1 MW será necessária a atribuição de licença de produção e de exploração.

A instalação de UPAC com potência instalada superior a 350 W deverá ser obrigatoriamente executada por uma entidade instaladora de instalações elétricas de serviço particular ou técnicos responsáveis pela execução de instalações elétricas, e o mesmo deve assegurar que os equipamentos a instalar são certificados nos termos da lei em vigor, deve também assegurar que a UPAC se encontra isenta ou não de controlo prévio ou devidamente registada ou licenciada, nos termos do presente decreto-lei. As UPAC com potência instalada superior a 20,7 kW são sujeitas a inspeções periódicas a cada 10 anos e com potência instalada superior a 1 MW a cada 8 anos.

3. Metodologia e Tecnologias Utilizadas no Projeto

Para o desenvolvimento deste projeto, é fundamental a análise do diagrama de cargas da empresa, permitindo delinear uma estratégia de melhoria da eficiência energética, que passa pela utilização de equipamentos mais eficientes, reduzindo significativamente os consumos energéticos, assim como a utilização de energias renováveis disponíveis no local da realização do projeto.

O projeto tem a finalidade de aumentar a eficiência energética, através da instalação de iluminação com tecnologia LED e a aplicação de um variador de Frequência, e o dimensionamento e instalação de energias renováveis. Foram seleccionadas as tecnologias fotovoltaica e eólica, uma vez que são os únicos dois recursos disponíveis e que podem ser os mais proveitosos para o local.

3.1. Iluminação LED

A indústria da iluminação tem vindo a sofrer uma revolução nos últimos anos no que toca à diminuição da utilização de tungsténio, com o avanço da tecnologia LED. Esta tecnologia é conhecida pela ótima eficiência energética, maior período de vida útil e a capacidade de providenciar uma melhor qualidade de iluminação (Khanh, Bodrogi, Vinh, & Winkler, 2015).

O LED, tão comum nos dias de hoje, foi inventado em 1963 por Nick Holonyac, trata-se de um componente eletrónico semiconductor que tem a propriedade de converter a energia elétrica em luz. Ao contrário das lâmpadas convencionais que utilizam filamentos metálicos, radiação ultravioleta e descargas de gases, entre outras, nos LED's a conversão da energia elétrica em luz é feita na matéria, sendo por isso, chamada de estado sólido.

Esta tecnologia é do tipo bipolar, ou seja, é composta por um ânodo e um cátodo, e dependentemente de como for polarizado permite ou não a passagem de corrente elétrica e consequentemente a geração ou não de luz (Scopacasa, 2008).

3.2. Variador de Frequência

O consumo de energia por parte de um motor elétrico é influenciado por diversos fatores, entre os quais, eficiência e controlo da velocidade do motor, a qualidade da rede de alimentação, presença de harmónicos, o dimensionamento dos sistemas, a rede de distribuição, os sistemas mecânicos de transmissão, as práticas de manutenção e a eficiência do dispositivo final.

Os variadores de frequência são muito atrativos atualmente do ponto de vista económico, de desempenho e fiabilidade, permitindo a possibilidade de amortização rápida dos respetivos custos e poupança energética (Gaspar, 2004).

Como o próprio nome indica, este instrumento permite a variação da frequência da corrente alternada (AC) que alimenta o motor acoplado, por exemplo a uma bomba de água, fazendo com que esta funcione com uma nova rotação. Este instrumento permite reduzir o consumo de energia elétrica, aumentando a eficiência no bombeamento (Polese, 2010).

3.3. Sistema Fotovoltaico

A energia solar trata-se da fonte de energia renovável mais abundante no mundo, uma vez que o sol emite uma taxa de $3,8 \times 10^{23}$ kW, dos quais cerca de $1,8 \times 10^{14}$ kW são interceptados pelo planeta Terra (Thirugnanasambandam, M., Iniyar, S., & Goic, R., 2010).

Em 1839, Becquerel descobriu o efeito fotovoltaico enquanto estudava o efeito da luz quando incidida em células eletrolíticas. Na altura a eficiência ainda era residual vindo a atingir valores mais aceitáveis (6 a 10%) durante a década de 1950, devido a programas espaciais que usavam esta tecnologia em satélites. A crise energética da década de 1970 catapultou a pesquisa e desenvolvimento para energia fotovoltaica (Razykov, T.M., et al., 2011).

Os conversores fotovoltaicos (células solares) são instrumentos semicondutores que convertem parte da radiação solar incidente para energia elétrica. As células fotovoltaicas mais comuns são feitas de silício monocristalino (mono-cristalinas (si)), existindo porém, muitas outras variações no material celular, design e métodos de fabricação, como a tecnologia de silício amorfo, células policristalinas (Si), sulfeto de cádmio (CdS), arsenieto de gálio (GaAs) e outros semicondutores usados para células fotovoltaicas. Teoricamente a eficiência máxima das células de silício é de 23% devido a inúmeros fatores como por

exemplo perdas de reflexão na superfície das células (Duffie, J.A., Beckman, W.A., & Blair, N., 2020).

Os fatores mais determinantes que influenciam a eficiência de determinada indústria fotovoltaica são a distribuição e intensidade da radiação solar (Kannan, N. & Vakeesan D., 2016).

Na Europa, Portugal é um dos países com melhores condições para a produção de energia solar, uma vez que apresenta valores médios anuais de horas de sol (2200 a 3000) acima da média europeia (Portal das Energias Renováveis, 2020).

3.4.Sistema Eólico

A geração de energia eólica pode ser uma ótima alternativa na matriz energética, quando a construção de turbinas eólicas envolve uma avaliação e monitorização da área de localização, com critérios bem definidos nas tomadas de decisões, de forma a identificar todas as variáveis que possam comprometer a viabilidade no projeto tanto na parte de implantação como na produção (de Castro, M.T. de Sousa, M.G., Castro, & A.O., 2019). A intermitência causada pela volatilidade e variabilidade da fonte primária tornam a produção eólica caracterizada pela sua vulnerabilidade (Meirinhos, J.L.M., 2010).

Em Portugal, no final dos anos 80, foram instalados os primeiros geradores eólicos, equipados com máquinas de indução de rotor em gaiola e que poderiam ser do tipo “stall” ou “pitch”. Os geradores do tipo “stall” são caracterizados por conseguirem controlar a potência mecânica através do desenho das pás do rotor. Já os geradores do tipo “pitch” conseguem controlar a potência mecânica com a variação do passo das pás do rotor. Estes geradores possuíam velocidade de rotação constante e continham caixa de velocidades.

No final dos anos 90 foram instalados em Portugal os primeiros geradores do tipo “pitch” equipados com máquinas síncronas. Operavam a velocidade variável por não possuírem caixa de velocidades e apresentavam um sistema de conversão de corrente do tipo corrente alternada (AC)/ corrente contínua (DC)/ corrente alternada (AC).

Por fim apareceram os geradores eólicos “pitch” com máquinas de indução de rotor bobinado com aproveitamento da energia do escorregamento. Estes equipamentos apresentam caixa de velocidades com a finalidade de adaptar a velocidade da turbina à velocidade de rotação da máquina de indução (de Jesus, J.F., & Castro R.M., 2004).

4. Análise da Faturação Energética

No presente capítulo irá elaborar-se o estudo de todas as cargas existentes na empresa, assim como a análise das faturas e das tarifas energéticas.

4.1. Descrição e Quantificação das Cargas na Empresa Grutas da Moeda

A empresa Grutas da Moeda é composta por vários edifícios que têm consumos associados. Para além da gruta natural existe também o edifício correspondente à loja, bar e armazém, outro edifício onde está o Centro de Interpretação e por fim o edifício onde estão instalados os escritórios (Figura 4.1).



Figura 4.1 – Instalações das Grutas da Moeda.

A fase preliminar do projeto passou pela recolha *in situ* de todos os dados relativos às cargas consumidas (Anexo I). Os dados são referentes a todos os equipamentos ou aparelhos eletrónicos que apresentem consumos eléctricos, de forma a se poder estudar detalhadamente os equipamentos que estarão sujeitos a melhoria e/ou otimização.

A fim de se obterem resultados mais reais, recorreu-se a um analisador de consumo eléctrico que quantifica os consumos energéticos de aparelhos de consumo variável.

De modo a organizar os dados, e para uma melhor análise, dividiram-se os consumos energéticos por secções dos edifícios.

Definiu-se que os valores do consumo levantados não devem ter um desvio maior que 5-10% dos valores faturados pela operadora (obtidos através dos dados da contagem do Posto de Transformação e disponibilizados na plataforma da EDP Distribuição), para que os cálculos de melhoria da eficiência energética sejam o mais precisos possível. Desta forma foi possível estabelecer uma desagregação dos consumos por cada um dos equipamentos.

4.2. Análise dos Consumos das Faturas Energéticas

As faturas energéticas são uma ferramenta essencial para a análise detalhada dos consumos praticados ao longo do ano. A análise profunda destes valores e a comparação com os dados recolhidos *in situ*, permite identificar os locais alvo onde propostas de melhoria e otimização serão pertinentes.

No Anexo II podem ser consultados os dados relativos aos consumos da empresa para o ano de 2017, assim como a sua respetiva comparação com o ano de 2018.

É importante salientar que o tarifário contratualizado pela empresa é de Média Tensão (MT), longa utilização, com ciclo semanal, com feriados e tetra-horário. Quanto à potência instalada é de 100 kVA e a potência contratada é de 46,50 kVA.

A partir dos dados indicados na Tabela 4.1 e apresentados na forma gráfica na Figura 4.2 é possível definir a evolução dos consumos energéticos para o ano de referência 2018.

Tabela 4.1 – Energia ativa consumida mensalmente pela empresa e custos no ano de 2018.

Mês	Energia Ativa Consumida (kWh)					Custos Associados (€)
	Vazio Normal	Super Vazio	Ponta	Cheias	Total	Total Faturado
Janeiro	2582,1	1090,8	1524,5	3947,1	9142,1	1399,41
Fevereiro	2274,2	897,9	1377,7	3630,5	8178,4	1468,69
Março	2292,2	668,4	1312,3	3526,8	7797,3	1121,8
Abril	2135,5	505,4	1113,1	3327,1	7079,1	1303,24
Maió	2124,1	569,6	1096,9	3495,7	7284,3	1117,31
Junho	1993,3	659,6	1088,1	3798,3	7537,7	1243,71
Julho	2367,3	678,5	1281,1	4479,3	8804,8	1321,25
Agosto	3064,8	867,5	1515,7	5781,5	11227,8	1642,36
Setembro	2716,1	739,9	1172,3	4506,7	9133,3	1701,33
Outubro	2162,4	672,6	1153,3	3775,6	7762,4	1320,35
Novembro	1912,5	567,1	1172,7	3044,4	6694,9	1181,43
Dezembro	2474,3	617,8	1165,1	3061,1	7316,3	1059,87
Total (kWh)	28098,8	8535,1	14972,8	46374,1	97958,4	15880,75

Ao longo de todo o ano de 2018, pode-se verificar que nos meses de agosto e setembro foram registados os valores mais elevados de consumo energético comparando com os outros meses. Isto está relacionado com o facto da empresa apresentar mais afluência de visitantes nos meses de Verão e com a utilização de sistemas técnicos de arrefecimento dos espaços interiores dos edifícios, daí os consumos aumentarem significativamente (Figura 4.2).

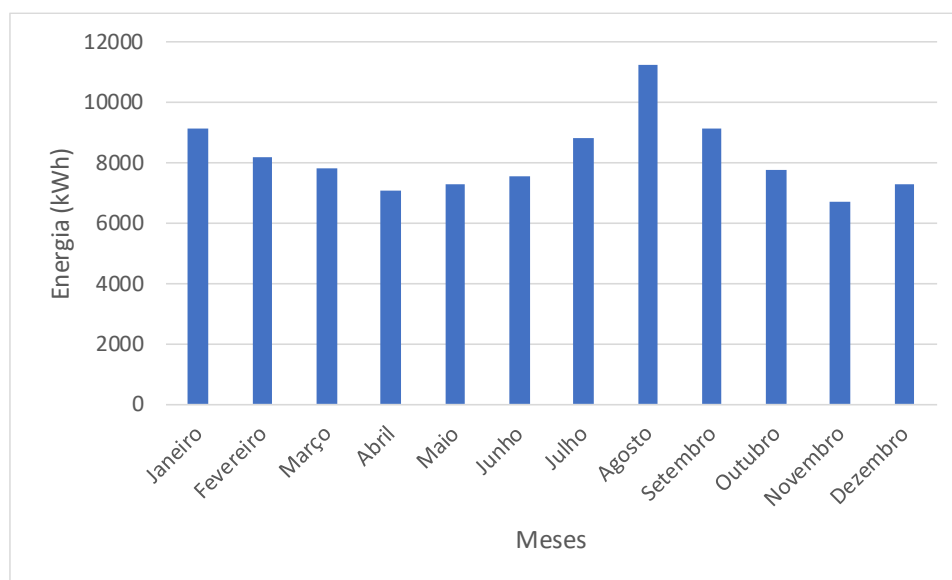


Figura 4.2 – Evolução do consumo energético em 2018.

Sendo agosto e setembro os meses que apresentaram maiores consumos energéticos, tal irá traduzir-se num aumento de custos associados à fatura energética nos respetivos meses (Figura 4.3).

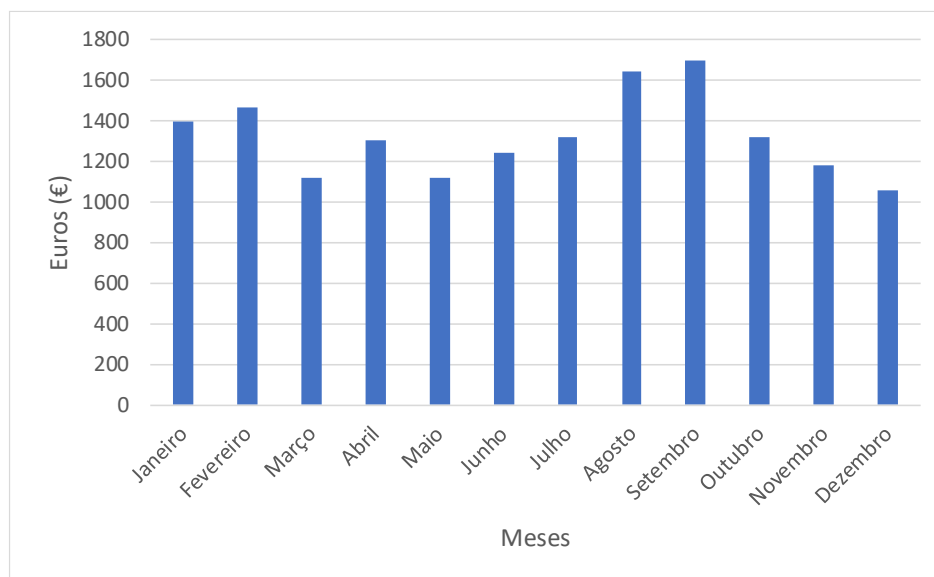


Figura 4.3 – Evolução dos valores pagos por fatura energética em 2018.

4.3. Análise das Tarifas Energéticas

A melhor escolha do tarifário pode trazer poupanças significativas e dessa forma é de extrema relevância fazer o estudo detalhado com o objetivo de identificar o tarifário mais benéfico. Neste caso foi feito estudo entre ciclo semanal e ciclo diário.

Os dados detalhados de preços e períodos das tarifas foram retirados do *website* ERSE (ERSE, 2020a). As tabelas referentes aos preços e períodos horários respetivos encontram-se no Anexo III.

A análise dos dados relativos ao ano de 2017 está disponível no Anexo IV, mas apenas foram tidos em conta os dados mais atualizados, neste caso, os respetivos ao ano de 2018. A Tabela 4.2 discrimina a evolução da tarifa ativa mensal do ano de 2018 para cada período horário.

Tabela 4.2 – Tarifa transitória de venda a clientes finais em Média Tensão para o ano de 2018.

2018	Horas de Ponta (EUR/kWh)	Horas Cheias (EUR/kWh)	Horas Vazio Normal (EUR/kWh)	Horas de Super Vazio (EUR/kWh)
Janeiro	0,1382	0,1085	0,0765	0,0656
Fevereiro	0,1382	0,1085	0,0765	0,0656
Março	0,1382	0,1085	0,0765	0,0656
Abril	0,1412	0,1107	0,0792	0,0728
Maio	0,1412	0,1107	0,0792	0,0728
Junho	0,1412	0,1107	0,0792	0,0728
Julho	0,1412	0,1107	0,0792	0,0728
Agosto	0,1412	0,1107	0,0792	0,0728
Setembro	0,1412	0,1107	0,0792	0,0728
Outubro	0,1382	0,1085	0,0765	0,0656
Novembro	0,1382	0,1085	0,0765	0,0656
Dezembro	0,1382	0,1085	0,0765	0,0656
Média	0,1397	0,1096	0,0779	0,0692

Uma análise detalhada dos consumos energéticos para cada período horário permite comparar e entender de forma discriminada qual o tarifário energético mais proveitoso para a empresa. No ano de 2018, a fatura energética para o ciclo semanal correspondeu a um custo de 9.680,27 € e para ciclo diário 9.790,54 € (Tabela 4.3). Comparando os valores verifica-se que o tarifário com ciclo diário corresponderia a um incremento de 1,14% da fatura energética anual. Desta forma, pode-se concluir que o tarifário selecionado pela empresa (ciclo semanal) é o mais adequado pelo que uma alteração não trará benefícios.

Tabela 4.3 – Distribuição dos consumos e custos associados para cada ciclo no ano de 2018.

Período Horário	Total Horas Ano (kWh)		Distribuição Horária (%)		Distribuição de Consumos (kWh)		Preços Associados (€)	
	Ciclo Semanal	Ciclo Diário	Ciclo Semanal	Ciclo Diário	Ciclo Semanal	Ciclo Diário	Ciclo Semanal	Ciclo Diário
Horas Ponta	1042,86	1460,00	11,90	16,67	11661,71	16326,40	1629,14	2280,80
Horas Cheias	3754,29	3650,00	42,86	41,67	41982,17	40816,00	4601,25	4473,43
Horas Vazio Normal	2502,86	2190,00	28,57	25,00	27988,11	24489,60	2178,87	1906,52
Horas de Super Vazio	1460,00	1460,00	16,67	16,67	16326,40	16326,40	1271,01	1129,79
Total	8760,00	8760,00	100,00	100,00	97958,40	97958,40	9680,27	9790,54
Variação Ciclo S/M								1,14%

CO₂e, é um termo que permite quantificar o equivalente em CO₂, de gases com efeito de estufa com impacto no aquecimento global (Brander & Davis, 2012). No ano de 2018, foram emitidos 46.050,976 kgCO₂e para produzir a energia necessária aos consumos da empresa (Tabela 4.4).

Tabela 4.4 – Emissões de CO₂e no ano de 2018.

	Energia Consumida (kWh)	Fator Emissão (kgCO ₂ e/kWh)	Total de Emissões (kgCO ₂ e)
2018	97980,8	0,47	46050,976

5. Proposta de Melhoria

Na primeira parte do projeto foi realizado o levantamento de todas as cargas elétricas dos edifícios da empresa e feita uma interpretação das horas médias de funcionamento (Anexo I). De forma que os resultados fossem os mais aproximados com a realidade, estes foram comparados com os consumos totais faturados pela EDP.

Após se desagregarem os dados, observou-se que as cargas com maior potencial de melhoria da eficiência energética na empresa provinham sobretudo da iluminação, assim como da bomba de água que se situa no interior da gruta.

Neste capítulo é elaborada uma proposta de melhoria de eficiência energética para o caso de estudo, em que foi proposta a instalação de lâmpadas com tecnologia LED em todos os edifícios integrantes na empresa e também a aplicação de um variador de frequência na maior bomba de água das Grutas.

É também feito o dimensionamento da instalação elétrica com geração de energias renováveis recorrendo aos *softwares Homer e Sunny Web Design*. Com recurso ao *software SketchUp* é representado o espaço disponível para aplicação dos painéis solares e com o *software AutoCad* é descrito o desenho técnico do sistema a ser inserido na empresa.

Nesta abordagem teve-se como objetivo que os valores de consumo levantados *in situ* (Tabela 5.1) fossem o mais aproximados possível com os valores de energia faturados (até 5% de diferença) (Tabela 5.2), para isso foi feito um ajuste nas horas de funcionamento dos diferentes equipamentos. Entre o valor obtido na plataforma da EDP e o valor do consumo agregado dos aparelhos da empresa existe uma variação de 2%.

Tabela 5.1 – Valor da média de funcionamento variável.

Consumo Médio Agregado dos Aparelhos das Grutas	
Total Consumo diário (kWh/dia)	Média ano (kWh)
265	96816

Tabela 5.2 – Consumo com base nos dados da EDP e que foi utilizado no *software Homer*.

Média Dia (kWh/dia)	Média Ano (kWh)
259	94535

5.1. Iluminação e Variador de Frequência

De forma a delinear uma proposta de melhoria para a iluminação da empresa, recorreu-se à tabela dos consumos de todas as cargas, onde foram apenas considerados os valores correspondentes a luminárias e variador de frequência. As alterações propostas sugerem a substituição de todas as lâmpadas que não sejam tecnologia LED (Tabela 5.3).

Tabela 5.3 – Proposta para as luminárias.

Luminária	Fornecedor	Potência	Preço
Lâmpada LED E27 G45 5 W ECO	Teclusa Online	5 W	1,07 €
LED Star Special T26 25 2.8 W 865 E14 Fridge Osram	svetila.com	2,8 W	6,93 €
Tubo de LEDs Opalino T8 60 cm 220 V 9 W 4000 K	Castroeletronica.pt	9 W	3 €
Tubo de LEDs T8 Opalina 90 cm 220 V 12...15 W 6000 K - ProFTC	Castroeletronica.pt	15 W	3 €

A bomba de água da cascata da gruta tem uma potência de 1,1 kW. Com a aplicação de um variador de frequência (Figura 5.1) a poupança nos consumos energéticos poderá ser considerável. Visto que este variador de frequência irá alimentar a bomba e tendo em conta que em sistemas de bombagem este instrumento pode trazer poupanças superiores a 40%, assume-se que para este caso prático a poupança irá ser de 40%, com um custo de investimento de 125,03 €.



Figura 5.1 – Variador de frequência

A energia consumida atualmente pela empresa (iluminação e bombagem) corresponde a um consumo anual de 24.749,92 kWh e os consumos anuais para a solução proposta são de 11.929,44 kWh, o que resulta numa poupança anual de 12.820,48 kWh (Tabela 5.4).

Tabela 5.4 – Comparação dos consumos energéticos (iluminação e bombagem).

	Energia (kWh/dia)	Energia (kWh/ano)	Poupança de Energia (kWh/Ano)
Energia Consumida Atualmente	67,81	24749,92	12820,48
Proposta de Iluminação + Variador de Frequência	32,68	11929,44	

Uma vez que o horário de funcionamento da empresa é em média das 9h às 18h, o consumo energético é feito fundamentalmente em horas de ponta e horas de cheias. Posto isto, calculou-se a média de preços energéticos ao longo do ano de 2018 nestes dois períodos (Tabela 5.5).

Tabela 5.5 – Comparação dos consumos energéticos e custos associados.

	Consumo Anual (kWh/ano)	Preço Médio de Energia (€)	Custo Médio Anual(€)
Situação Atual	24749,92	0,12465	3085,08
Situação Proposta	11929,44	0,12465	1487,00

A instalação de tecnologia LED em todas a luminárias apropriadas e variador de frequência traduz-se num investimento de capital de 547,13 €, e implicam uma poupança anual de 1.598,07 € na fatura energética, tendo um *payback* simples de 0,3 anos (Tabela 5.6).

Tabela 5.6 – Viabilidade do projeto.

Capital Investido (€)	Poupança Anual (€)	Variação (%)	PayBack (anos)
547,13	1598,07	-107	0,3

5.2. Preparação dos dados do Projeto - *Software “Homer”*

5.2.1. Diagrama de Carga

Neste projeto, é importante salientar, que todos os dados recolhidos são referentes ao ano de 2018 e que a carga estudada na empresa é do tipo alternada (AC).

A empresa detém, como já referido, um tarifário contratado à EDP de Média Tensão, longa utilização, ciclo semanal tetra-horário com feriados. A potência instalada é de 100,00 kVA e a potência contratada é de 46,5 kVA.

Para a obtenção do diagrama de carga da instalação são necessários 8760 dados referentes aos consumos horários durante o ano de 2018, tendo estes sido obtidos da plataforma EDP Distribuição online. De modo a inserir estes dados no *software* foi necessário trabalhá-los, organizá-los cronologicamente (1 Jan 00:00 até 31 Dez 24:00) e transpô-los para um ficheiro de texto (.DMD).

Depois de inseridos os dados no *software*, surgiram alguns pontos interessantes que merecem uma interpretação, de forma a que sejam compreendidos alguns fatores relevantes para o estudo. O maior consumo de energia elétrica é entre as 09h e as 19h (Figura 5.2), o que coincide com o horário de funcionamento da empresa, chegando a ter potências médias horárias de mais de 20 kW.

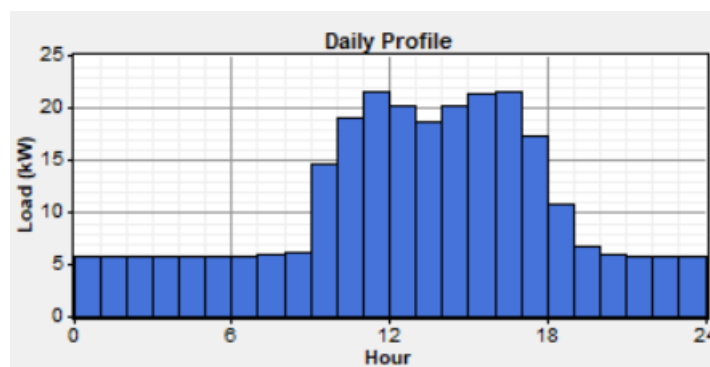


Figura 5.2 – Perfil diário de consumo de potência ativa.

É possível verificar que a empresa apresenta um consumo médio de 268 kWh /dia de energia e o seu pico de potência ativa está nos 34,5 kW, tendo assim um fator de carga de 32,4% (Tabela 5.7).

Tabela 5.7 – Valores médios de consumo.

	Baseline	Scaled
Average (kWh/d)	268	268
Average (kW)	11.2	11.2
Peak (kW)	34.5	34.5
Load factor	0.324	0.324

Tratando-se de uma empresa de turismo, esta é claramente afetada pela sazonalidade, e é notável a evolução e oscilação dos consumos ao longo do ano (Figura 5.3). Durante o Verão, sobretudo em agosto e setembro, os consumos ultrapassam os 25 kW de potência ativa, uma vez que são os meses com maior afluência de visitantes, que se traduz num maior consumo energético.

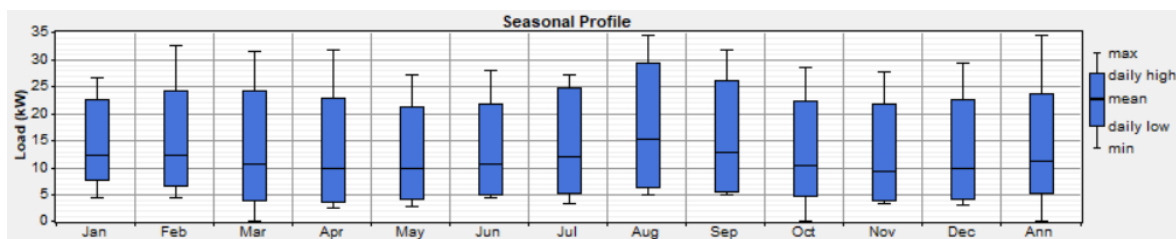


Figura 5.3 – Perfil mensal de consumo de potência ativa.

5.2.2. Caracterização dos Recursos Disponíveis

Uma vez que este projeto visa elaborar o dimensionamento de uma instalação elétrica através da utilização de energias renováveis, os recursos disponíveis no local são de extrema importância. Neste caso de estudo foram selecionadas a energia solar e eólica, e por isso os recursos disponíveis mais importantes são a radiação direta, a temperatura ambiente e a velocidade do vento. Estes recursos condicionam altamente o funcionamento dos equipamentos e influenciarão os resultados finais do projeto, por isso foi feita a recolha de dados, com medições horárias e georreferenciados para a empresa, através da plataforma PVGIS da instituição JRC Europe (EC, 2020b). Para cada um destes recursos foram apresentados 8760 valores, correspondentes a medições horárias durante um ano, que necessitaram de serem trabalhados, até porque os dados de radiação solar direta estavam expressos em Wh/m²/dia, tendo de ser convertidos em kWh/m²/dia. Posteriormente estes dados foram importados para o *software Homer*.

5.2.2.1. Radiação Solar

Depois de inseridos os dados de radiação solar na área da empresa no *software Homer*, verificou-se que ao longo do ano esta tem vindo a sofrer variações, e como seria espectável, durante o Verão é quando estes valores são superiores. Isto explica-se pelo facto de geralmente estes meses serem marcados por temperaturas altas e consequentemente maior radiação solar por unidade de área (Figura 5.4).

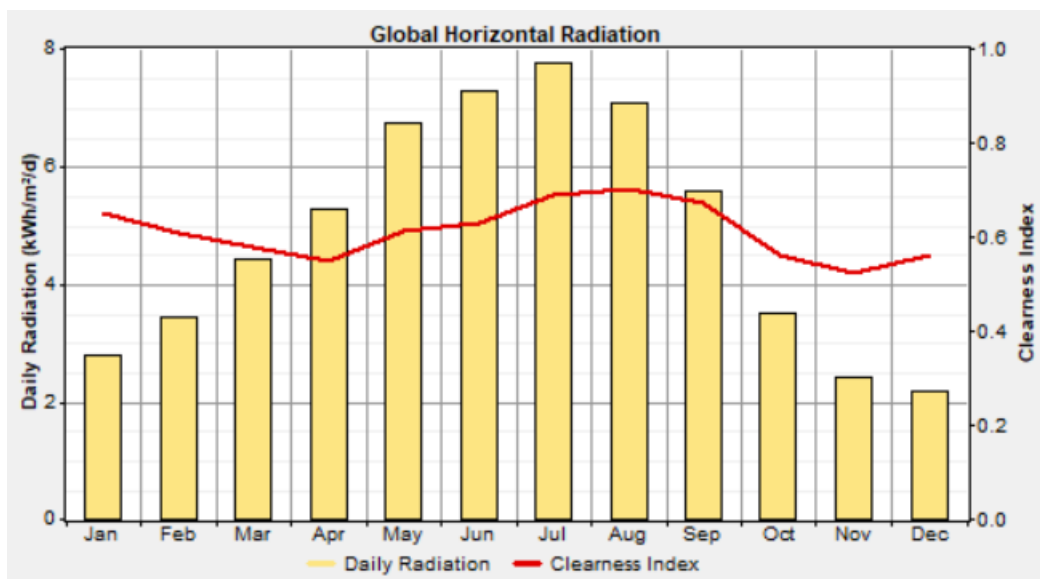


Figura 5.4 – Evolução da radiação solar e claridade ao longo dos meses na área da empresa.

O mês que apresenta valores mais elevados de radiação solar por unidade de área é julho, com 7,770 kWh/m²/dia, com tendência descendente até dezembro, registrando os valores mais baixos de radiação solar do ano com 2,174 kWh/m²/dia (Tabela 5.8).

Tabela 5.8 – Valores de radiação solar e claridade ao longo dos meses na área da empresa.

Month	Clearness Index	Daily Radiation (kWh/m ² /d)
January	0.652	2.793
February	0.608	3.450
March	0.578	4.425
April	0.548	5.288
May	0.612	6.745
June	0.628	7.281
July	0.688	7.770
August	0.700	7.093
September	0.672	5.585
October	0.560	3.499
November	0.524	2.404
December	0.563	2.174

O valor médio anual de radiação solar apresentado pelo *software* é de 4,88 kWh/m²/dia (Figura 5.5).

Scaled annual average (kWh/m²/d) **4.88**

Figura 5.5 – Média anual de radiação solar na área da empresa.

5.2.2.2. Temperatura Ambiente

Como referido anteriormente, neste projeto irá ser incluído um sistema de painéis fotovoltaicos, e uma vez que a temperatura é o fator mais condicionante para o bom funcionamento destes equipamentos, é de extrema importância a inserção destes dados, de forma que o resultado final seja o mais preciso possível.

Na Figura 5.6, é possível acompanhar a evolução da temperatura na área da empresa ao longo do ano de 2018, e como seria expectável, os valores mais altos são registados durante o Verão, enquanto que os mais baixos são durante o Inverno.

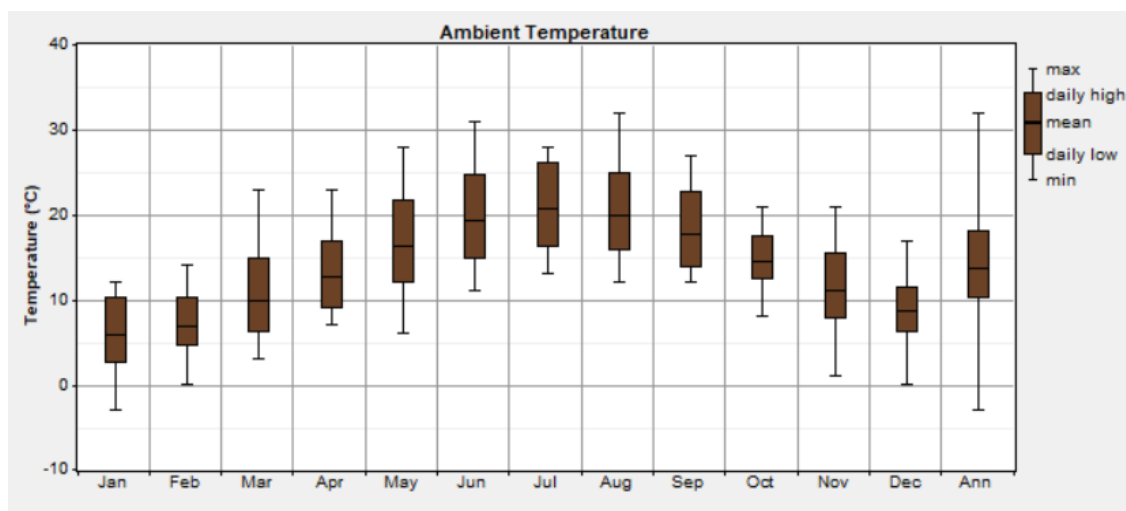


Figura 5.6 – Evolução da temperatura mensal ao longo do ano na área da empresa.

O valor mais elevado registado no ano de 2018 foi no mês de julho, com uma temperatura média de 20,6 °C e o mais baixo em janeiro com 5,9 °C, sendo a temperatura média anual de 13,7°C (Tabela 5.9).

Tabela 5.9 – Valores de temperatura média mensal ao longo do ano na área da empresa.

Month	Temperature (°C)
January	5.9
February	6.8
March	9.9
April	12.7
May	16.3
June	19.4
July	20.6
August	19.9
September	17.8
October	14.5
November	11.0
December	8.7
Annual average:	13.7

5.2.2.3. Velocidade do Vento

A Figura 5.7, apresenta a velocidade média do vento (m/s) ao longo do ano de 2018, no local das instalações da empresa, tornando-se evidente que a velocidade do vento vai sofrendo oscilações. O valor médio anual da velocidade do vento foi de 3,095 m/s, em julho verificou-se o valor mais elevado de velocidade média do vento, 4,352 m/s, contrastando com dezembro que apresentou o valor mais baixo, 2,074 m/s (Tabela 5.10).

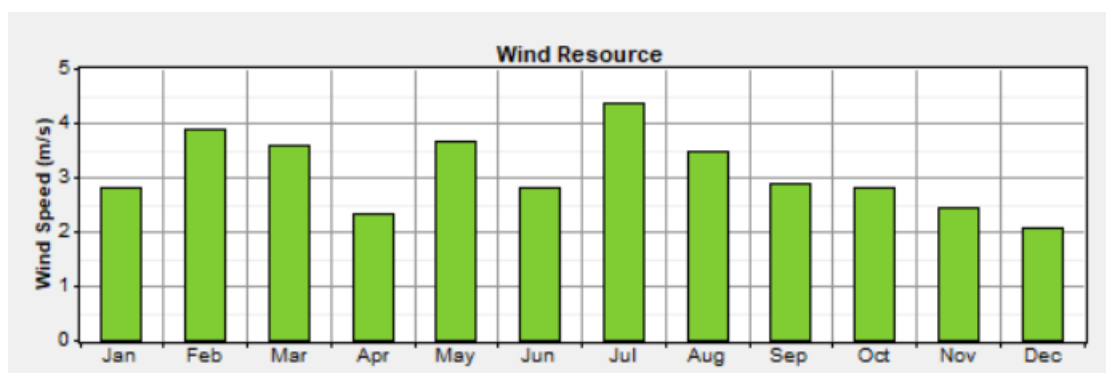


Figura 5.7 – Evolução da velocidade média do vento ao longo do ano na área da empresa.

Tabela 5.10 – Valores de velocidade média de vento ao longo do ano na área da empresa.

Month	Wind Speed (m/s)
January	2.831
February	3.891
March	3.581
April	2.315
May	3.667
June	2.821
July	4.352
August	3.488
September	2.878
October	2.823
November	2.439
December	2.074
Annual average: 3.095	

De forma a aumentar a precisão dos dados, foi alterada a rugosidade do terreno para valores mais baixos, em vez de 0,1 (valor por defeito) passou-se a assumir 0,01 (Figura 5.8).



Figura 5.8 – Rugosidade do terreno.

5.2.2.4. Caracterização da Rede Elétrica

A instalação em causa a dimensionar na empresa irá ser *Grid Connected* (com ligação à rede elétrica), e por esse motivo sempre que for produzida energia excedente à que está a ser consumida, esta irá ser vendida à Rede Elétrica de Serviço Público (RESP). Por outro lado, quando a energia produzida for insuficiente para alimentar todas as cargas elétricas, o valor em falta irá ser comprado à Rede Elétrica de Serviço Público (RESP). Deste modo, é necessário inserir a informação sobre o tarifário e preços associados no *software*.

Os valores referentes às tarifas transitórias de Média Tensão para 2018, foram obtidos das faturas. Os períodos horários que correspondem a cada um dos custos da modalidade tetra-horária, de Média Tensão e ciclo semanal, foram retirados da Entidade Reguladora de Serviços Energéticos (ERSE) (ERSE, 2020a) (ERSE, 2020b).

O preço de venda da energia elétrica à RESP, trata-se do valor médio obtido no mercado ibérico (OMIE, 2020).

Os preços da energia elétrica fornecida e comprada à rede estão disponíveis na Tabela 5.11, enquanto que o período correspondente a cada preço está disponível na Figura 5.9. É importante salientar que os preços são diferentes para cada período, uma vez que o tarifário é tetra-horário foram designados quatro períodos horários (horas de ponta, horas de cheias, horas de vazio e horas de super vazio), para o Verão e Inverno. Tendo em conta que a empresa dispõe de uma tarifa de ciclo semanal, o escalonamento de cada um dos períodos não se altera ao longo da semana.

Tabela 5.11 – Tarifas de ligação à rede elétrica no *software Homer*.

Step 1: Define and select a rate			
Rate	Price (\$/kWh)	Sellback (\$/kWh)	Demand (\$/kW/mo)
Horas de Ponta...	0.138	0.050	9.900
Horas Cheias In...	0.108	0.050	0.000
Horas de Vazio ...	0.076	0.050	0.000
Horas de Super...	0.066	0.050	0.000
HP Verão	0.141	0.050	9.900
HC Verão	0.111	0.050	0.000
HVN Verão	0.079	0.050	0.000
HSV Verão	0.073	0.050	0.000

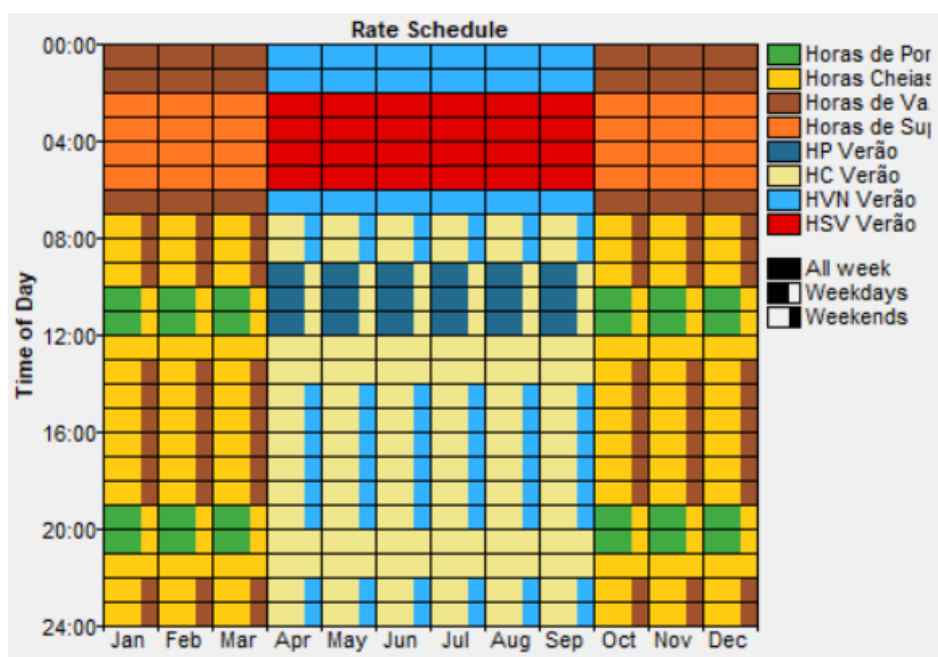


Figura 5.9 – Períodos horários da ligação do sistema à rede elétrica no *software Homer*.

Considerou-se a hora legal de Verão entre abril e setembro, e a hora legal de Inverno entre outubro e março. Importante abordar também o facto de o *software* não fazer distinção entre sábados e domingos (apenas fim-de-semana) e dessa forma foi apenas considerado o horário de sábado.

Aquando da inserção dos períodos horários, este *software* apenas permite a inserção de valores nos períodos de hora em hora, o que obrigou à aplicação de alguns ajustes do que é referenciado pela bibliografia (ERSE, 2020a).

As alterações foram as seguintes:

Hora legal Verão- Período de Ponta entre 9h e 12h. Período de cheia entre 7h e 9h e entre 12h e 24h.

Hora legal Inverno- Período de Ponta entre 10h e 12h e entre 19h e 21h. Período de cheia entre 7h e 10h e entre as 12h e as 19h.

A capacidade de venda e compra à rede elétrica foi alterada para 100 kW, uma vez que é a potência instalada na empresa (Figura 5.10).

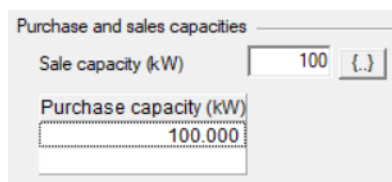


Figura 5.10 – Capacidade de venda e compra à rede elétrica.

5.2.3. Caracterização e Dimensionamento dos Equipamentos a Utilizar na Instalação

Depois de inseridos no *software* os dados relativos aos recursos disponíveis na empresa e os custos associados a cada um dos períodos do tarifário de compra e venda de energia elétrica, passou-se à inserção dos dados respetivos à instalação de painéis fotovoltaicos, aerogerador e inversor. O esquema representativo da instalação está evidenciado na Figura 5.11.

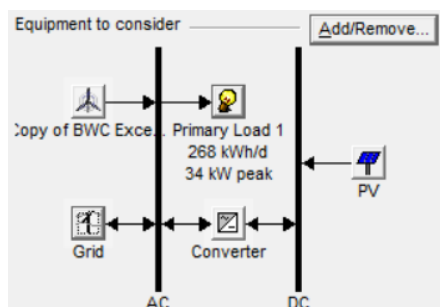


Figura 5.11 – Esquema dos equipamentos utilizados no *software Homer*.

5.2.4. Caracterização e Dimensionamento do Pannel Fotovoltaico

O dimensionamento dos painéis fotovoltaicos para a empresa foi elaborado de forma a estar enquadrado no regime das UPAC ao abrigo do Decreto-Lei nº 162/2019, de 25 de outubro. Este Decreto-Lei estabelece o regime jurídico aplicável ao autoconsumo de energia renovável, estabelecendo a disciplina da atividade de produção associada às instalações de utilização do consumidor de energia renovável.

Esta legislação permite a instalação de uma UPAC para produção de eletricidade, recorrendo a qualquer fonte de energia renovável e respetivas tecnologias de produção associadas, assim como o consumo de eletricidade produzida ou armazenada nas próprias instalações e entrega da produção excessiva a terceiros ou à RESP (Ministério do Ambiente e Transição Energética, 2019).

Para este projeto foram selecionados os módulos fotovoltaicos “Eurener MEPV 300 mono”, monocristalinos, com potência de 300 W, com um custo por unidade de 150,12 €. (FF Solar Energias Renováveis, 2020).

De forma a facilitar a compreensão e inserção dos dados no *software Homer*, os dados relativos aos módulos fotovoltaicos foram tratados em €/kWp (Tabela 5.12).

Tabela 5.12 – Características do painel fotovoltaico.

Modelo	Potência Pannel (W)	Preço Pannel	€/kWp
MEPV 300 mono	300	150,12 €	500,40 €

Para além dos módulos fotovoltaicos, é importante ter em atenção outros custos associados, como os do sistema de fixação, neste caso foi selecionado o sistema “Pole Mount PM-1-6” que tem capacidade de fixação até seis módulos (Tabela 5.13).

Tabela 5.13 – Preços associados ao sistema de fixação.

Modelo	Nº Paineis Sit Fixação	Preço Fixação 6 Paineis	Preço Fixação 1 painel 300Wp	Preço Fixação 1 Pannel (€/kWp)
Pole Mount PM- 1-6	6	359,00 €	59,83 €	199,44 €

Outro custo a ter em conta é a instalação de cabos e outros equipamentos equivalentes, para este projeto foi considerado que estes rondam os 30% do preço total (Tabela 5.14).

Os módulos fotovoltaicos têm um tempo de vida útil de aproximadamente 20 anos, por esta razão foram tidos em conta os custos de substituição (20% do capital). Os custos de

operação e manutenção foram assumidos como 1% do capital total. Os custos totais associados que foram inseridos no *software Homer* estão discriminados Tabela 5.15.

Tabela 5.14 – Margem de preços para a instalação de cabos.

Preço Painel (1kWp)		500,40 €
Preço Sit Fixação (1kWp)		199,44 €
Margem para a Instalação/Cabos/etc	30%	209,95 €
Total		910,00 €

Tabela 5.15 – Preços discriminados para um painel (1 kWp).

	Size	Capital	Custo de Substituição (20%)	O&M (1% do Capital)
Total para 1 Painel Solar (1kWp)	1Kw	910,00 €	600 €	9 €

Com a nova legislação deixou de existir limite de potência instalada, porém o sistema deve ser dimensionado de acordo com o perfil de consumos, e por isso assumiu-se como limite máximo da instalação 45,5 kW. Definiu-se assim uma gama de potências de teste entre 0,500 kWp e 45,5 kWp, em intervalos de 0,5 kWp. Definiu-se também um valor de 35° para a inclinação dos painéis fotovoltaicos (tendo em conta a localização da instalação) e os restantes valores foram deixados com os respetivos valores padrão (Figura 5.12).

PV Inputs
File Edit Help

Enter at least one size and capital cost value in the Costs table. Include all costs associated with the PV (photovoltaic) system, including modules, mounting hardware, and installation. As it searches for the optimal system, HOMER considers each PV array capacity in the Sizes to Consider table.

Note that by default, HOMER sets the slope value equal to the latitude from the Solar Resource Inputs window.

Hold the pointer over an element or click Help for more information.

Costs

Size (kW)	Capital (\$)	Replacement (\$)	O&M (\$/yr)
1.000	910	600	9

{..} {..} {..}

Sizes to consider

- 0.000
- 40.500
- 41.000
- 41.500
- 42.000
- 42.500
- 43.000
- 43.500
- 44.000

Cost Curve

Cost (000 \$) vs Size (kW)

— Capital — Replacement

Properties

Output current AC DC

Lifetime [years] {..}

Derating factor [%] {..}

Slope [degrees] {..}

Azimuth [degrees W of S] {..}

Ground reflectance [%] {..}

Advanced

Tracking system

Consider effect of temperature

Temperature coeff. of power [%/°C] {..}

Nominal operating cell temp. [°C] {..}

Efficiency at std. test conditions [%] {..}

Help Cancel OK

Figura 5.12 – Configuração do painel fotovoltaico.

É importante também notar que o *software Homer* não considera os limites técnicos dos inversores, portanto pode acontecer que os resultados ótimos de potência total dos painéis

sejam superiores ao limite técnico do inversor, de forma a evitar esse constrangimento a potência dos painéis fotovoltaicos inserida no *software* foi a mesma que os valores no inversor.

5.2.5. Caracterização e Dimensionamento do Inversor de Corrente

Tendo em conta que a energia consumida pela empresa é alternada (AC) e a energia produzida pelos painéis fotovoltaicos é contínua (DC), é necessária a instalação de um inversor de corrente, que faz a conversão das formas de onda e tensão, assim como o respetivo acerto de amplitude e frequência da energia proveniente dos painéis fotovoltaicos.

Para este projeto foi selecionado o inversor “STP 20000TL - 30 sem descarregador de sobretensão (DST)” da SMA (SMA, 2020), com uma potência de 20 kW (Tabela 5.16) e 98% de eficiência (Figura 5.13).

Tabela 5.16 – Preço do inversor.

Modelo	Potência (kW)	Preço	Preço/kW
STP 20000TL - 30 s/ DST	20	3 441,92 €	172,10 €

Este equipamento carece também de custos de instalação de cabos e equipamentos equivalentes (30% do preço do inversor por kW), custos de substituição (20% do preço do inversor por kW) e de operação e manutenção (1% do preço do inversor por kW) (Tabela 5.17).


Tabela 5.17 – Preços associados à instalação do inversor.

Preço do Inversor por kW		172,10 €
Margem para a Instalação/Cabos/etc	30%	51,63 €
Total Preço Inversor 1kWp (Capital)		224 €
Custo Substituição	20%	207 €
O&M (1% do capital)	1%	2 €

Depois de calculados todos os custos associados, seguiu-se a inserção dos dados no *software Homer*. As gamas de potência testadas inicialmente correspondem às mesmas para o gerador fotovoltaico (entre 0,5 kW e 45,5 kW com intervalos de 0,5 kW) (Figura 5.13).

Converter Inputs

File Edit Help

 A converter is required for systems in which DC components serve an AC load or vice-versa. A converter can be an inverter (DC to AC), rectifier (AC to DC), or both.

Enter at least one size and capital cost value in the Costs table. Include all costs associated with the converter, such as hardware and labor. As it searches for the optimal system, HOMER considers each converter capacity in the Sizes to Consider table. Note that all references to converter size or capacity refer to inverter capacity.

Hold the pointer over an element or click Help for more information.

Costs

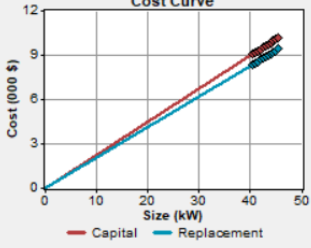
Size (kW)	Capital (\$)	Replacement (\$)	O&M (\$/yr)
1.000	224	207	2

{..} {..} {..}

Sizes to consider

Size (kW)
0.000
40.500
41.000
41.500
42.000
42.500
43.000
43.500
44.000

Cost Curve



— Capital — Replacement

Inverter inputs

Lifetime [years] {..}

Efficiency [%] {..}

Inverter can operate simultaneously with an AC generator

Rectifier inputs

Capacity relative to inverter {..}

Efficiency [%] {..}

Help Cancel OK

Figura 5.13 – Configuração do inversor de corrente.

5.2.6. Caraterização e Dimensionamento do Aerogerador

Selecionou-se o aerogerador “BWC Excel-10/208V”, escolhido da companhia Norte Americana *Bargey Windpower Co.* (Bargey Windpower, 2020), com uma potência de 10 kW, trifásico de 50 Hz e com inversor já integrado, portanto estará ligado à rede.

Considerou-se 2 o número máximo de aerogeradores, sendo o montante unitário de 292 € para os custos de operação e manutenção, correspondente a 1% do custo do aerogerador. Uma vez que o tempo médio de vida deste equipamento é de 20 anos, para o preço de substituição assumiu-se o preço do aerogerador, sem custos de fixação, sendo este 29.274 € (Figura 5.14).

Costs				Sizes to consider
Quantity	Capital (\$)	Replacement (\$)	O&M (\$/yr)	Quantity
1	29274	29274	292	0
				1
				2

{..}	{..}	{..}
------	------	------

Other	
Lifetime (yrs)	20 {..}
Hub height (m)	25 {..}

Figura 5.14 – Configuração do aerogerador.

Um *output* muito interessante que o *software* fornece é a curva de potência do aerogerador (Figura 5.15), que nos permite entender melhor as suas condições de funcionamento.

A velocidade mínima de vento necessária para que o aerogerador produza energia é de 3m/s, produzindo 0,046 kW de energia elétrica. Tendo em conta que a velocidade média de vento na área da empresa é de 3,1m/s, estará nessa ordem de potências a produção média anual. A potência máxima produzida pelo aerogerador é atingida aos 16m/s de velocidade de vento produzindo 12 kW de energia elétrica (Figura 5.15).

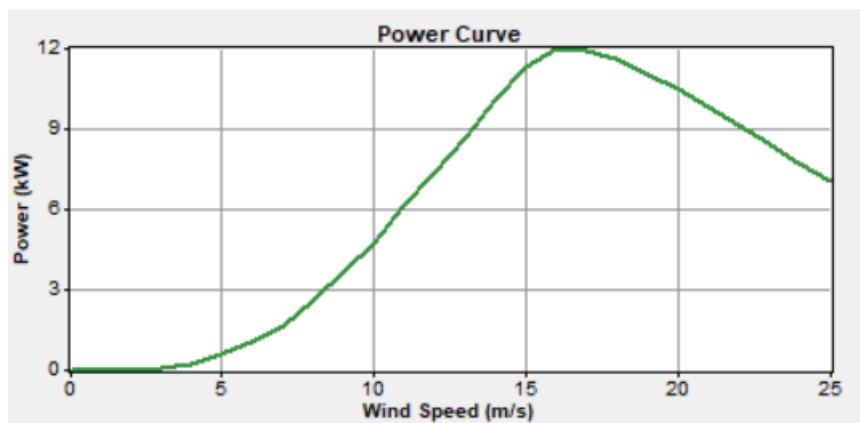


Figura 5.15 – Curva de potência do aerogerador.

5.2.7. Resultados

Depois de inseridos todos os dados relativos a diagrama de cargas, recursos disponíveis, preços e tarifas da energia elétrica, características e preços dos equipamentos no *software Homer*, este calculou para todas as possibilidades de disposição do sistema (Tabela 5.18) a solução ótima no meio de 432 simulações (Tabela 5.19).

Tabela 5.18 – Soluções avaliadas pelo *software Homer*.

Sensitivity Results		Optimization Results		Double click on a system below for simulation results.								
				PV (kW)	Aerog	Conv. (kW)	Grid (kW)	Initial Capital	Operating Cost (\$/yr)	Total NPC	COE (\$/kWh)	Ren. Frac.
				45.5		40.5	100	\$ 50,477	6,231	\$ 130,125	0.104	0.62
				45.5	1	40.5	100	\$ 79,751	6,474	\$ 162,516	0.130	0.65
							100	\$ 0	13,386	\$ 171,112	0.137	0.00
					1		100	\$ 29,274	13,554	\$ 202,540	0.162	0.04

A solução fornecida pelo *software* (Tabela 5.19) excluiu a instalação de um sistema de energia eólica a partir de um aerogerador, e apresentou como resultado ótimo a aplicação de um sistema de energia solar apenas com a instalação de painéis fotovoltaicos.

O *software* prevê como solução ótima a produção de 45,5 kW a partir dos painéis fotovoltaicos. Dimensionou também um inversor com 40,5 kW de potência.

A nível de custos globais é perceptível que o investimento inicial seria de 50.477 € e o custo médio da eletricidade ponderado com a implementação deste projeto seria de 0,104 €/kWh.

O *software* permite também uma avaliação detalhada de dados relativos ao abastecimento e produção da carga elétrica proveniente do sistema fotovoltaico e por parte da rede.

Tabela 5.19 – Solução ótima obtida no *software Homer*.

Double click on a system below for optimization results.												
				PV (kW)	Aerog	Conv. (kW)	Grid (kW)	Initial Capital	Operating Cost (\$/yr)	Total NPC	COE (\$/kWh)	Ren. Frac.
				45.5		40.5	100	\$ 50,477	6,231	\$ 130,125	0.104	0.62

Segundo a solução ótima proposta pelo *software*, é previsto que 62% da energia elétrica consumida anualmente seja produzida pelo sistema fotovoltaico, adquirindo da RESP a restante percentagem, perfazendo um total de energia consumida anualmente de 117.911 kWh/ano de energia elétrica (Tabela 5.20).

Tabela 5.20 – Produção de energia elétrica por parte do sistema fotovoltaico e rede elétrica.

Production	kWh/yr	%
PV array	73,634	62
Grid purchases	44,277	38
Total	117,911	100

A carga primária (AC) consumida, segundo a solução ótima, seria de 97.818 kWh/ano e vendida à rede de 18.614 kWh/Ano (Tabela 5.21).

Tabela 5.21 – Carga primária consumida anualmente.

Consumption	kWh/yr	%
AC primary load	97,818	84
Grid sales	18,614	16
Total	116,431	100

Segundo o sistema ótimo proposto pelo *software*, em todos os meses ao longo do ano, a produção de energia elétrica por parte dos painéis fotovoltaicos seria superior à energia fornecida pela RESP (Figura 5.16).

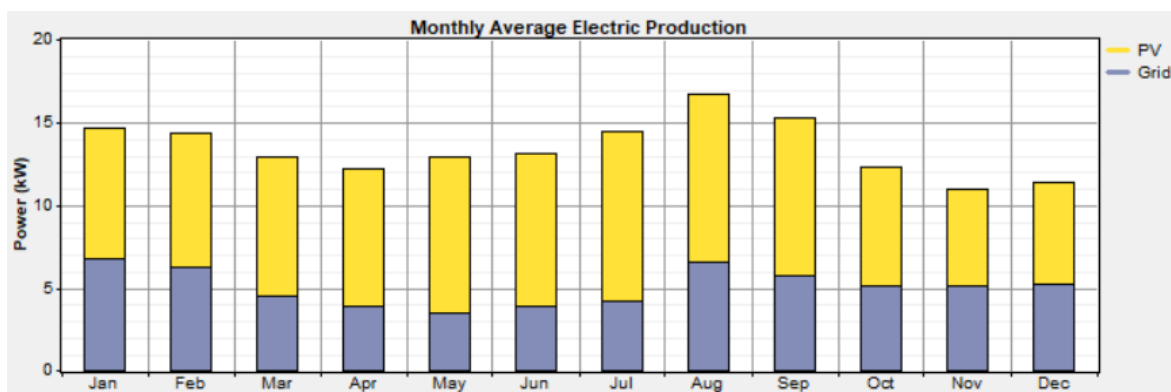


Figura 5.16 – Evolução da energia produzida pelo sistema fotovoltaico e da energia fornecida pela RESP.

5.3. Dimensionamento do Sistema Elétrico - *Sunny Web Design*

O *Sunny Web Design* é uma ferramenta que à semelhança do *software Homer*, permite o dimensionamento de uma instalação com geração de energia renovável.

A partir do que foi caracterizado anteriormente pelo *software Homer* como solução ótima, este *software* permitirá dimensionar, entre outras coisas, a quantidade de painéis fotovoltaicos, quais e quantos inversores a serem instalados, assim como todos os cabos integrantes no projeto.

5.3.1. Inserção de Dados Gerais

O primeiro passo na plataforma *Sunny Web Design* foi selecionar o tipo de sistema fotovoltaico (Figura 5.17), neste caso de estudo foi escolhido o sistema fotovoltaico com autoconsumo.





Figura 5.17 – Sistema fotovoltaico com autoconsumo.



Na introdução dos dados referentes ao projeto selecionou-se o local da instalação, devidamente georreferenciado. Uma vez que a energia injetada na rede será de Baixa Tensão (BT), não será necessário fazer o dimensionamento da instalação para Média Tensão. Quanto à ligação dos inversores à rede foi determinado que seria de 230 V (230V/400V) (Figura 5.18).

Introduzir dados do projecto ⓘ
 Aqui pode introduzir os seus dados do projecto. Os dados avançados do projecto estão pré-preenchidos com valores típicos. Examine-os e, se necessário, ajuste-os.

Dados do projecto

Nome do projecto *
 Projeto Grutas da Moeda

Imagens
  Carregar imagens

Cliente
 Grutas da Moeda, e Fátima lda., Largo das grutas da moeda,   + Novo cliente


Localização do edifício Visualizar dados meteorológicos

Pesquisa por endereço ou coordenadas (longitude, latitude) *
 R. das Grutas da Moeda 15, 2495, Portugal

Localização para dados meteorológicos * ⓘ
 Lisbon, Portugal (106 km)

Nota: o endereço pode ser alterado deslocando a marcação ou clicando sobre o mapa com o botão direito do rato.

Mapa **Satélite**



Nível de tensão *

Ligação dos inversores à rede ⓘ
 230V (230V / 400V)

Figura 5.18 – Dados do projeto.

O edifício onde deverá ser instalado o sistema fotovoltaico apresenta 5 metros de altura, com uma inclinação do telhado de 11°, uma vez que é a inclinação do telhado existente e por razões estéticas não ser possível colocar a inclinação de 35° com simulado no *Homer* (Figura 5.19).

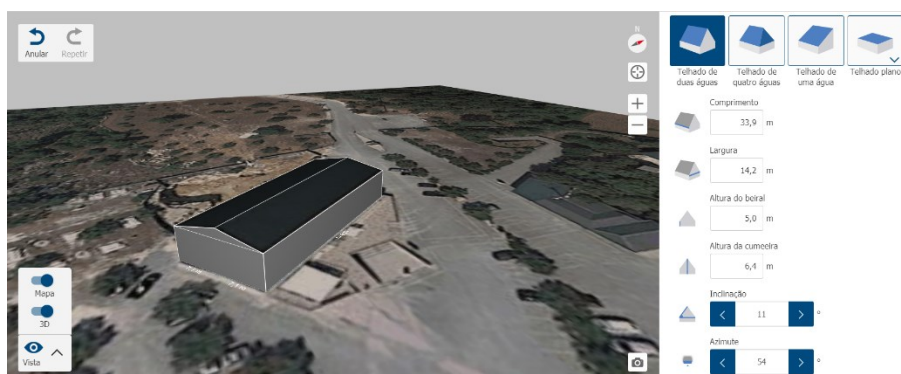


Figura 5.19 – Dados do edifício.

5.3.2. Perfil de Carga

Os dados do perfil de carga foram necessários e para isso foi feito o *download* dos consumos horários, em kWh para o ano de 2018 (Figura 5.20). O ficheiro deve ser do formato .CSV e foi retirado da plataforma EDP Distribuição online.



Cancelar Novo perfil de carga Guardar perfil de carga

Aqui pode introduzir os dados do novo perfil de carga. Pode importar um ficheiro com dados de consumo ou criar um perfil de carga. O primeiro dia no perfil de carga é uma segunda-feira. Os campos identificados com * são de preenchimento obrigatório.

Nome * Perfil de Carga Grutas da Moeda Descrição

Predefinição "Consumo anual de energia" < 97949 > kWh

Importar dados de consumo Dados de consumo do Sunny Portal Criar dados de consumo

Importar dados de consumo

Selecione primeiro como apresentar os dados de consumo (número de dias, intervalos e unidade de potência). Depois é possível seleccionar e importar o ficheiro. Para mais informações, consulte a Ajuda. [Outras informações](#)

Quantidade de dias * 365 Intervalo de tempo [minutos] * 60 Unidade * kWh Primeiro dia do ano * Segunda-feira

swd.csv Importar dados de consumo

Número previsto de pontos de dados	Número encontrado de pontos de dados	Consumo anual de energia calculado
8760	8760	97949 kWh

Figura 5.20 – Perfil de carga.

Note-se que o consumo anual em kWh dado pela plataforma *Sunny Web Design* foi de 97.949 kWh, o consumo agregado anual retirado da plataforma EDP anteriormente foi de 97.949,25 kWh e o consumo anual apresentado pelo *software Homer* foi de 97.818 kWh. Estas diferenças devem-se a arredondamentos efetuados pelos *softwares* aquando da importação dos dados do diagrama de cargas.

5.3.3. Painéis Fotovoltaicos

Como enunciado anteriormente, foram selecionados para este projeto os painéis solares da fabricante EURENER MEPV 300 Mono. Contudo, por não existirem na base de dados da plataforma, selecionaram-se os painéis com características mais semelhantes, neste caso, MEPV 300 *Standart* (02/2016).

O número de painéis a instalar está diretamente relacionado com a área disponível de telhado, assim como a potência pretendida para a instalação, neste caso como o objetivo passa por não exceder a potência contratada, limitou-se a potência dos painéis fotovoltaicos a 45,90 kWp.

Foram dimensionados então, 76 painéis para um lado do telhado e 77 para outro, em que numa das águas-furtadas estariam orientados a 54° para Sudoeste com uma inclinação de 11° e na outra água 126° para Nordeste e 11° de inclinação (Figura 5.21).

Geradores fotovoltaicos			
Aqui pode realizar o dimensionamento dos geradores fotovoltaicos com o auxílio do planeamento visual do telhado ou de um planeamento visual.			
Esquema do módulo	Nome	Fabricante / módulo fotovoltaico / electrónica de módulos	Número de módulos fotovoltaicos/potência de pico
	1 Superfície 1 (Suloste) 54 ° 11 °	Eurener MEPV 300 Standard (02/2016)	76 módulos fotovoltaicos 22,80 kWp
	2 Superfície 2 (Nordeste) -126 ° 11 °	Eurener MEPV 300 Standard (02/2016)	77 módulos fotovoltaicos 23,10 kWp

Figura 5.21 – Dados dos geradores fotovoltaicos.

5.3.4. Inversores

O modelo do inversor selecionado para a instalação foi o STP 20000TL - 30 sem DST e a plataforma determinou a necessidade de instalar duas unidades que apresentam 23,10 kWp e 22,80 kWp, ambos com um limite de potência ativa de 20 kW (Figura 5.22).

Inversor fotovoltaico					
Sugestões de dimensionamento					
Dimensionamento automático					
Dimensionamento manual					
Tipo	1. Superfície 1 (Suloste)	2. Superfície 2 (Nordeste)	3.	Factor de desfasamento cos φ	Limite potência activa CA
1 x STP 20000TL-30 Sistema parcial 1 Sistema fotovoltaico / Inversor compatíveis	76 / 76	77 / 77		1,00	20,00 kW
Potência de pico: 23,10 kWp					
Razão de potência nominal: 88 %					
Factor de utilização da energia: 100 %					
1 x STP 20000TL-30 Sistema parcial 2 Sistema fotovoltaico / Inversor compatíveis	A: 2 x 19 B: 2 x 19			1,00	20,00 kW
Potência de pico: 22,80 kWp					
Razão de potência nominal: 90 %					
Factor de utilização da energia: 100 %					

Figura 5.22 – Dados dos inversores fotovoltaicos.

5.3.5. Dimensionamento dos Cabos

Toda a cablagem deve ser devidamente dimensionada. A Figura 5.23 evidencia o esquema de montagem assim como as perdas de potência associadas ao longo da instalação.

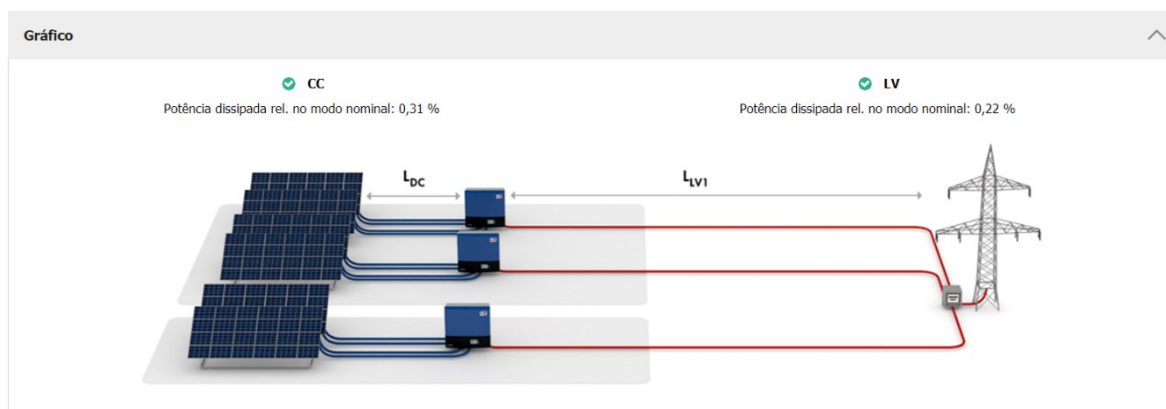


Figura 5.23 – Esquema dos cabos.

5.3.6. Configuração dos Cabos CC

Os cabos que fazem a ligação elétrica dos painéis fotovoltaicos aos inversores de corrente são designados por cabos CC. Para esta cablagem, apenas com um projeto detalhado, seria possível determinar o seu comprimento real, mas na possibilidade dos inversores serem instalados no interior do edifício, assumiu-se um comprimento de 40 metros, e de forma a reduzir as perdas do sistema a sua secção deverá ser de 6 mm² (Figura 5.24).

Configuração								
<input checked="" type="checkbox"/> Cabos de CC <input checked="" type="checkbox"/> Cabos LV1 <input checked="" type="checkbox"/> Cabos LV2 <input checked="" type="checkbox"/> Cabo LV3 <input checked="" type="checkbox"/> Cabo de média tensão								
		Material do cabo	Comprimento simples	Secção	Corrente	Tensão	Queda de tensão	Potência dissipada rel.
Grutas da Moeda								0,31 % <input checked="" type="checkbox"/>
Projecto parcial 1								0,31 % <input checked="" type="checkbox"/>
1 x STP 20000TL-30 Sistema parcial 1	A	Cobre	40,00 m	6 mm ²	25,13 A	635,11 V	1,9 V	0,30 % <input checked="" type="checkbox"/>
	B	Cobre	40,00 m	6 mm ²	8,38 A	668,54 V	1,9 V	0,29 % <input checked="" type="checkbox"/>
1 x STP 20000TL-30 Sistema parcial 2	A	Cobre	40,00 m	6 mm ²	17,65 A	627,87 V	2 V	0,32 % <input checked="" type="checkbox"/>
	B	Cobre	40,00 m	6 mm ²	17,65 A	627,87 V	2 V	0,32 % <input checked="" type="checkbox"/>

Figura 5.24 – Configuração dos cabos CC.

5.3.7. Configuração dos Cabos LV

Os cabos que ligam os inversores ao quadro de entrada da instalação são designados na figura por cabos LV (*Low Voltage*). Estes cabos terão um comprimento de 10 metros e uma secção de 10 mm² (Figura 5.25).

Configuração								
<input checked="" type="checkbox"/> Cabos de CC	<input checked="" type="checkbox"/> Cabos LV1	<input checked="" type="checkbox"/> Cabos LV2	<input checked="" type="checkbox"/> Cabo LV3	<input checked="" type="checkbox"/> Cabo de média tensão				
Material do cabo	Comprimento simples	Secção	Corrente	Tensão	Queda de tensão	Potência dissipada rel.		
Grutas da Moeda						0,22 %	<input checked="" type="checkbox"/>	^
Projecto parcial 1						0,22 %	<input checked="" type="checkbox"/>	^
1 x STP 20000TL-30 Sistema parcial 1	Cobre	10,00 m	10 mm ²	86,96 A	3 ~ 230 V	498,6 mV	0,22 %	<input checked="" type="checkbox"/>
1 x STP 20000TL-30 Sistema parcial 2	Cobre	10,00 m	10 mm ²	86,96 A	3 ~ 230 V	498,6 mV	0,22 %	<input checked="" type="checkbox"/>

Figura 5.25 – Configuração dos cabos LV.

Na Figura 5.26 é apresentado o menu da vista geral do dimensionamento dos cabos, esta Figura apresenta dados muito importantes da globalidade do sistema como a potência dissipada, comprimento total do cabo e a sua devida secção.

Os cabos CC terão um comprimento total de 640 metros, uma secção de 6 mm² e uma potência total dissipada de 0,31%, o que equivale a 135,83 W (Figura 5.26).

No caso dos cabos LV o seu comprimento total será de 20 metros, secção de 10 mm² e uma potência total dissipada de 0,22% perfazendo 86,70 W (Figura 5.26).

De forma global, a cablagem do sistema apresentará 660 metros de comprimento, uma potência total global dissipada de 0,53%, o que corresponde a 222,53 W dissipados ao longo de toda a instalação elétrica (Figura 5.26).

Vista geral			
<input type="checkbox"/> Subdistribuição de projecto existente (LV3) As subdistribuições de projecto parcial (LV2) podem ser configuradas no separador "Cabos LV2".			
	✔ CC	✔ LV	✔ Total
Potência dissipada no modo nominal	135,83 W	86,70 W	222,53 W
Potência dissipada rel. no modo nominal	0,31 %	0,22 %	0,53 %
Comprimento total do cabo	640,00 m	20,00 m	660,00 m
Secções dos cabos	6 mm ²	10 mm ²	6 mm ² 10 mm ²

Figura 5.26 – Dados dos cabos.

5.3.8. Custos Específicos do Projeto

Como calculado anteriormente, o preço por kWp do sistema fotovoltaico e o inversor seria de 1.133,72 €. Estes valores foram também inseridos nos custos do *Sunny Web Design*.

Serão necessários 153 painéis para produzir 45,90 kWp que multiplicado pelo valor do sistema fotovoltaico (1.133,72 €) irá corresponder a um investimento inicial de 52.037,75 € (Figura 5.27).

Custos			
Custos do projecto			
Aqui, pode apurar os custos de operação e investimento do projecto. Tem à sua disposição um modo simplificado de inserção de custos que permite realizar um cálculo rápido com base nos custos específicos. No modo de inserção de custos detalhado, pode calcular cada uma das posições dos custos. Os campos identificados com * são de preenchimento obrigatório.			
<input type="checkbox"/> Preço fixo			
	Custos específicos	Quantidade	Total
Sistema fotovoltaico	1133,72 EUR/kWp	× 45,90 kWp	52.037,75 EUR
Outros custos	EUR		---
Investimento total			52.037,75 EUR
Custos fixos			
Custos fixos anuais (em % dos custos de investimento)	1,50 %		780,57 EUR
Financiamento			Adicionar financiamento

Figura 5.27 – Custos associados ao projeto.

5.3.9. Preços de Compra e Venda da Eletricidade à Rede

Quanto aos preços de compra e venda de eletricidade à rede (Figura 5.28), assumiu-se que o preço de venda por kWh seja de 0,050 € e o preço de compra apresente uma tarifa base de 0,12465 euro/kWh (sendo este o preço médio das horas de ponta e horas de cheia num ano). Foram também adicionadas duas tarifas especiais (tarifa horas cheia e tarifa horas ponta) e seus respectivos preços a fim de se obter uma simulação mais rigorosa.

Cancelar
Preço de compra de electricidade e compensação por injeção na rede
OK

Introduza aqui as tarifas para compra de energia à rede e injeção na rede. Defina uma tarifa base e, se necessário, tarifas especiais que dela difiram. Para as tarifas especiais, pode estipular períodos de tempo individuais de validade. Todos os preços têm de ser introduzidos como preços líquidos. Os campos identificados com * são de preenchimento obrigatório.

Modelo de compensação* ?
Compensação da energia injectada (com autoconsumo) ?

Preço de compra da electricidade*	0,12465	EUR/kWh	
Factor de emissão de CO ₂ * ?	536	g/kWh	
Taxa anual de encarecimento da electricidade*	3,0	%	
Compensação por injeção na rede*	0,05000	EUR/kWh	
Duração do financiamento em anos*	20		
Taxa suplementar (-) ou compensação (+) do autoconsumo*	0,00000	EUR/kWh	
Preço de revenda depois de terminada a compensação por injeção na rede*	0,05000	EUR/kWh	

Considerar esta tarifa especial

Preço de compra da electricidade*	0,13970	EUR/kWh	<input type="checkbox"/> Dia inteiro 9 às 12 horas
<input checked="" type="checkbox"/> Ano inteiro	01/01	às	14/01
			<input checked="" type="checkbox"/> Cada dia Seg Ter Qua Qui Sex Sáb Dom

Considerar esta tarifa especial

Preço de compra da electricidade*	0,10960	EUR/kWh	<input type="checkbox"/> Dia inteiro 12 às 18 horas
<input checked="" type="checkbox"/> Ano inteiro	01/01	às	01/01
			<input checked="" type="checkbox"/> Cada dia Seg Ter Qua Qui Sex Sáb Dom

Figura 5.28 – Preço de compra e venda de eletricidade.

5.3.10. Resultados

Após a inserção dos dados na plataforma *Sunny Web Design*, foram apresentados os resultados para o sistema de autoconsumo gerando inclusive um documento com todos os dados pertinentes (ANEXO VI).

A plataforma apresenta de forma detalhada que a ligação deverá ser feita em série, com dois inversores de corrente e quatro *strings* para ligação aos mesmos.

Um dos *outputs* do ficheiro gerado evidencia que para o primeiro inversor deverá conter para a entrada A, 3 *strings* com 19 módulos fotovoltaicos cada, e 1 *string* com 20 módulos fotovoltaicos para a entrada B (Figura 5.29).

Dados de dimensionamento fotovoltaico			
Entrada A: Superfície 2 (Norteeste)			
57 x Eurener MEPV 300 Standard (02/2016), Azimute: -126 °, Inclinação: 11 °, Tipo de montagem: Telhado			
Entrada B: Superfície 2 (Norteeste)			
20 x Eurener MEPV 300 Standard (02/2016), Azimute: -126 °, Inclinação: 11 °, Tipo de montagem: Telhado			
	Entrada A:	Entrada B:	
Número de strings:	3	1	
Módulos FV:	19	20	
Potência de pico (entrada):	17,10 kWp	6,00 kWp	

Figura 5.29 – Características da ligação ao inversor 1.

No segundo inversor, na entrada A deverão estar ligados 2 *strings*, cada um com 19 módulos fotovoltaicos, na entrada B, estarão também ligados 2 *strings* com 19 módulos fotovoltaicos conectados (Figura 5.30).

Dados de dimensionamento fotovoltaico			
Entrada A: Superfície 1 (Suloeste)			
38 x Eurener MEPV 300 Standard (02/2016), Azimute: 54 °, Inclinação: 11 °, Tipo de montagem: Telhado			
Entrada B: Superfície 1 (Suloeste)			
38 x Eurener MEPV 300 Standard (02/2016), Azimute: 54 °, Inclinação: 11 °, Tipo de montagem: Telhado			
	Entrada A:	Entrada B:	
Número de strings:	2	2	
Módulos FV:	19	19	
Potência de pico (entrada):	11,40 kWp	11,40 kWp	

Figura 5.30 – Características da ligação ao inversor 2.

Informações gerais do projecto, especificidades e resultados obtidos são apresentados nas Figura 5.31 e Figura 5.32. O sistema elétrico em estudo apresenta 153 módulos fotovoltaicos, com uma potência de pico de 45,90 kWp e 2 inversores de corrente com potência total de 40,00 kW. Esta instalação exibe um rácio de desempenho de 85,6% (Figura 5.31).

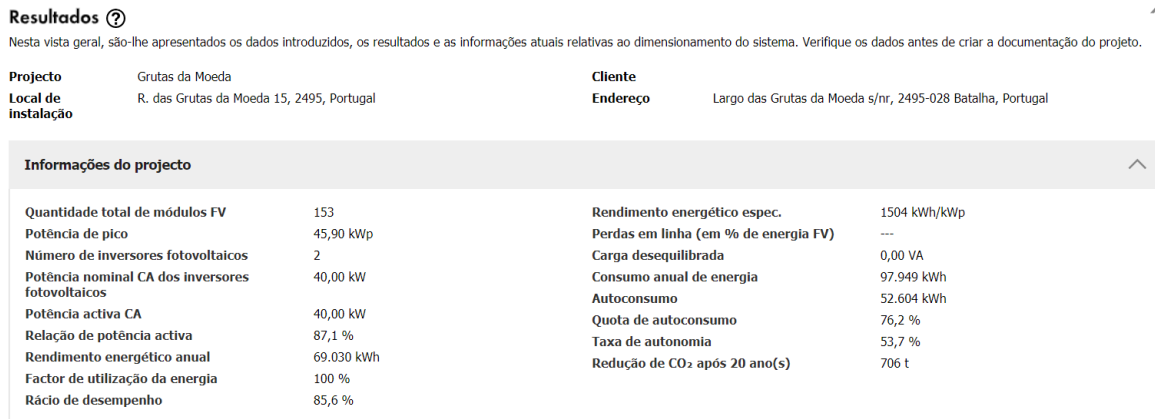


Figura 5.31 – Resultados da instalação.

A nível de distribuição da energia fotovoltaica, é apresentado um rendimento energético de 69.030 kWh, energia injetada na rede é de 16.426 kWh, consumidos 45.346 kWh de energia provida da rede elétrica e para autoconsumo 52.604 kWh (Figura 5.32).

Estes valores resultam num consumo anual de 97.949 kWh de energia elétrica, com uma quota de autoconsumo de 76,2%, o que se resume a uma taxa de autonomia de 53,7%.

Tendo em conta que o angulo de inclinação dos painéis fotovoltaicos é de apenas 11° (inclinação do telhado), como seria esperado, o rendimento energético calculado pela plataforma *Sunny Web Design* (69.030 kWh) é inferior ao resultado apresentado com o *software Homer* (73.634 kWh).

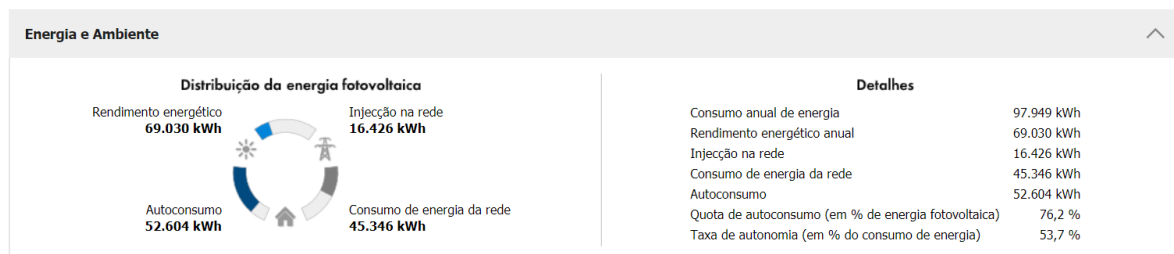


Figura 5.32 – Distribuição da energia fornecida pelo sistema fotovoltaico.

A evolução dos consumos elétricos da empresa ao longo do ano (Figura 5.33) demonstra que é nos meses do Verão que os consumos são superiores, o que é compreensível, tendo em conta que é nestes meses que existe mais afluência de visitantes.

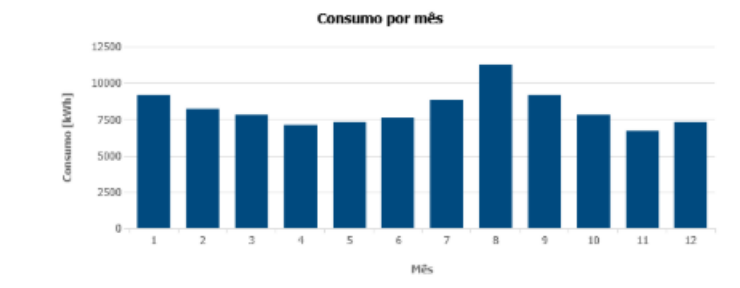


Figura 5.33 – Consumo mensal.

Note-se que, como foi dito anteriormente, é também nos meses de Verão que o autoconsumo aumenta (Figura 5.34), visto que é precisamente nesse período que existirá maior incidência de radiação solar, para além do facto dos dias serem mais longos.

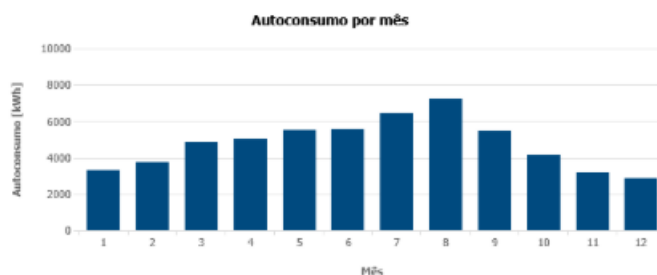


Figura 5.34 – Autoconsumo mensal.

A Figura 5.35 demonstra a evolução do consumo energético provindo da rede elétrica ao longo do ano. Uma vez que é nos meses de Verão que a produção de energia elétrica pelos painéis fotovoltaicos é maior, o consumo de energia da rede será menor.

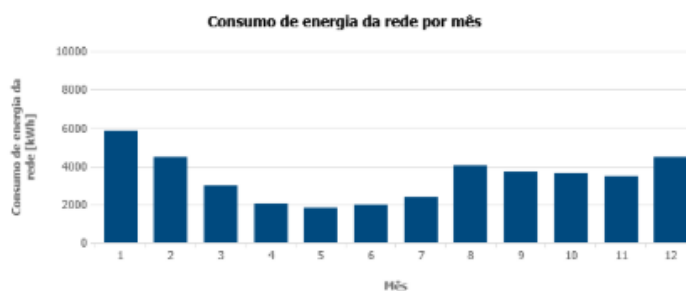


Figura 5.35 – Consumo mensal de energia da rede.

A Figura 5.36 apresenta a evolução da eletricidade injetada na rede ao longo do ano. Os meses em que o sistema irá injetar na rede mais energia serão aqueles em que a produção de eletricidade é superior à energia consumida.



Figura 5.36 – Eletricidade injetada na rede mensalmente.

É visível na Figura 5.37 que o rendimento energético aumenta nos meses de Verão, visto que é nesses meses que os módulos fotovoltaicos produzirão mais eletricidade.

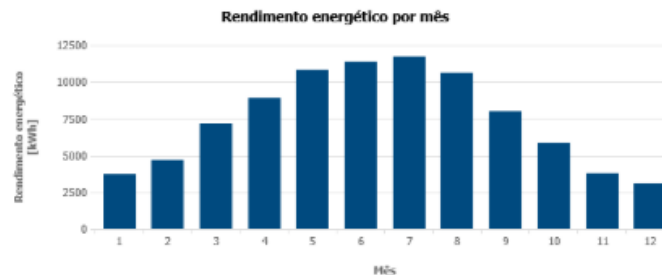


Figura 5.37 – Rendimento energético mensal.

A percentagem de autonomia nota-se mais elevada nos meses anteriores ao Verão, pois é quando ainda não existe muita afluência de turistas, portanto os consumos serão mais baixos, ao mesmo tempo que os dias começam a ter mais horas de radiação solar fazendo com que o sistema produza mais eletricidade (Figura 5.38).



Figura 5.38 – Percentagem de autonomia mensal.

Ao nível de poupanças e custos, o *Sunny Web Design* apresentou um investimento total de 52.037,75 € traduzindo-se em 6.337 € de custos de eletricidade evitados no primeiro ano.

Num período de 20 anos, esta instalação terá associada uma redução de CO₂ de 706 toneladas e uma poupança de 105.696 € (Figura 5.39).

Custos	
Sistema fotovoltaico	52.037,75 EUR
Outros custos	---
Investimento total	52.037,75 EUR

Valores indicativos	
⌚ Custos de electricidade evitados no primeiro ano (aprox.) ⓘ	6.337 EUR
⚡ Poupança total após 20 ano(s) ⓘ	105.696 EUR
🗑️ Custos de electricidade evitados após 20 ano(s) (aprox.) ⓘ	163.616 EUR
📅 Período de amortização previsto ⓘ	8
🌿 Redução de CO ₂ após 20 ano(s)	706 t

Figura 5.39 – Custos do projeto.

A instalação apresentará um rendimento anual de 12,70%, o que faz prever um período de amortização previsto de 8 anos (Figura 5.40).

Resultados	
Nesta vista geral, pode contemplar os resultados da rentabilidade do sistema. Editar tarifa	
Comparação custos anuais electricid.	
Hoje sem sistema fotovoltaico ⓘ	Custos de electricidade evitados no primeiro ano (aprox.) ⓘ 6.337 EUR
11.859 EUR	Poupança total após 20 ano(s) ⓘ 105.696 EUR
Em 20 ano(s) sem sistema fotovoltaico ⓘ	Custos de electricidade evitados após 20 ano(s) (aprox.) ⓘ 163.616 EUR
20.795 EUR	Compensação por injeção na rede após 20 ano(s) 15.092 EUR
Hoje com sistema fotovoltaico ⓘ	Período de amortização previsto ⓘ 8
4.701 EUR	Custos de produção de electricidade ao longo de 20 ano(s) (aprox.) ⓘ 0,056 EUR/kWh
	Rendimento anual (IRR) ⓘ 12,70 %

Figura 5.40 – Poupança e custos do projeto.

5.4. Representação da Instalação em *SketchUp*

O software *SketchUp* permite simular a disposição dos painéis fotovoltaicos MEPV 300 Standart (02/2016) no telhado do edifício, assim como dispô-los da forma mais eficiente possível e evitar zonas de sombra.

A área disponível para a instalação dos painéis fotovoltaicos irá influenciar diretamente a quantidade de painéis a instalar. Geralmente os painéis são instalados orientados a Sul e com uma inclinação de 35° (Figura 5.41). Desta forma ficariam dispostos menos painéis do que dimensionado com o *Sunny Web Design*.

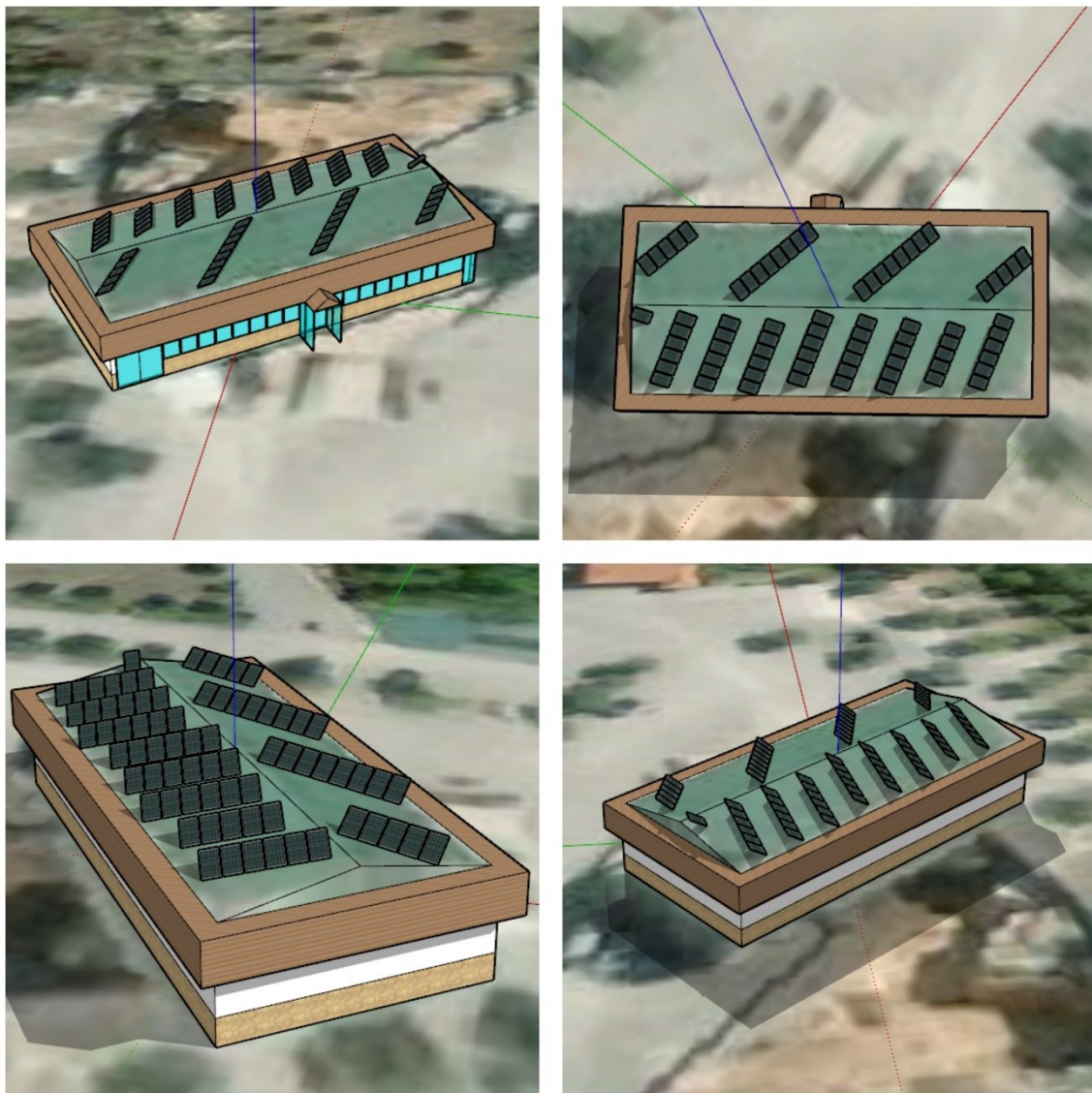


Figura 5.41 – Vista da disposição dos painéis fotovoltaicos virados a Sul e com 35° de inclinação.

Uma vez que a empresa apresenta um funcionamento de dia, de acordo com o perfil de consumos, adequa-se a instalação dos 153 painéis nas duas fachadas e por razões estéticas, os painéis apresentarão uma inclinação de 11° (inclinação atual do telhado).

Desta forma é possível ver como serão dispostos pela área disponível de telhado os 153 painéis fotovoltaicos MEPV 300 Standart (02/2016) dimensionados pelos *softwares* descritos nos pontos anteriores (Figura 5.42).

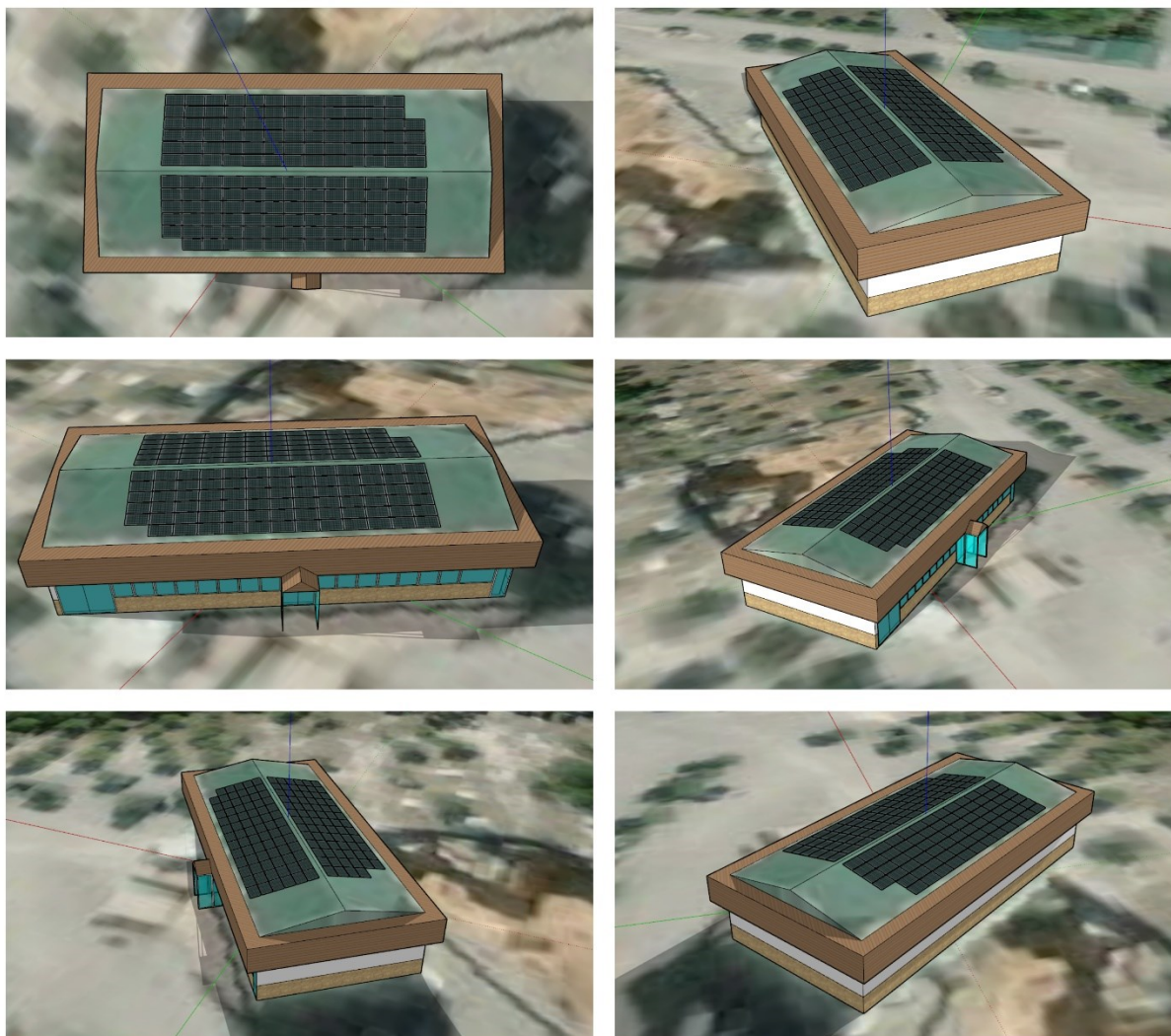


Figura 5.42 – Vista da disposição dos Painéis Fotovoltaicos.

Recorreu-se também ao *software AutoCad* a fim de se desenvolver o desenho técnico detalhado de todo o sistema elétrico da instalação, disponível no Anexo VII.

6. Conclusões

Numa fase preliminar do projeto, averiguou-se se a tarifa energética contratada pela empresa seria a mais rentável. A comparação foi feita entre a tarifa transitória de venda a clientes finais em Média Tensão com ciclo semanal (contrata pela empresa) e a tarifa transitória de venda a clientes finais em Média Tensão com ciclo diário.

No ano de 2018, a fatura energética anual com o ciclo semanal correspondeu a um custo de 9.680 €, e se se optasse pelo ciclo diário teria um custo de 9.791 €. Concluindo-se também que o tarifário com ciclo semanal seria o mais benéfico, uma vez que a opção do ciclo diário corresponderia a um incremento na fatura anual de 1,14%.

Ao longo do projeto foi proposta como medidas de melhoria a mudança na tecnologia da iluminação para LED de todos os edifícios assim como a instalação de um variador de frequência numa bomba de água na gruta, de forma a melhorar a eficiência energética da empresa. Com esta proposta é previsto um investimento de 547 €, mas com uma redução na fatura energética anual de 1.598 €, o que corresponde a um *payback* simples do investimento em 0,3 anos.

De forma a otimizar o sistema de produção de energia elétrica na empresa, com o recurso a energias renováveis, recorreu-se ao *software Homer*, que selecionou a energia fotovoltaica como mais viável e excluiu a energia eólica. Este resultado pode ser explicado devido ao facto do recurso eólico não ser economicamente viável para a localização em causa. A solução ótima apresentada pelo *software* com recurso a painéis fotovoltaicos resulta numa produção de 45,5 kW, e a instalação do inversor com uma potência de 40,5 kW, representando 62% da energia total consumida anualmente pela empresa. Os painéis fotovoltaicos escolhidos a instalar no sistema são do modelo MEPV 300 *Standart* (02/2016) e o inversor STP 20000TL - 30 sem DST.

Após os resultados fornecidos pelo *software Homer*, de forma a dimensionar o sistema elétrico, recorreu-se ainda ao *Sunny Web Design*, que apresentou a necessidade de um sistema com instalação de 153 painéis fotovoltaicos e 2 inversores de corrente com limite de potência ativa de 20 kW cada. Este investimento inicial terá um custo de 52.038 €, com um período de amortização previsto de 8 anos. Para um consumo anual de 97.949 kWh de

energia elétrica estima-se que a quota de autoconsumo seja de 76,2%, o que se resume a uma taxa de autonomia de 53,7%.

Os custos de eletricidade evitados no primeiro ano são de 6.337 € e a poupança acumulada ao fim de 20 anos representa um total de 105.696 €, com a redução estimada para o período homónimo de 706 toneladas de CO₂.

Por fim, com recurso ao *software SketchUp* foi possível visualizar a disposição dos painéis fotovoltaicos sob o telhado da empresa. Seguindo a inclinação ótima na instalação de painéis fotovoltaicos com 35° de inclinação virados a Sul, a área do telhado não seria suficiente para a instalação dos 153 painéis. Considerando o perfil de cargas da empresa, entende-se que a disposição de todos os painéis com inclinação do telhado (11°) poderá ser mais proveitoso.

Foi ainda considerada a hipótese da instalação de baterias para o armazenamento de energia, mas como maioritariamente é durante o dia que são feitos os consumos, excluiu-se esta opção.

Para o futuro, mais projetos podem ser tidos em consideração para melhorar a sustentabilidade e eficiência energética da empresa, que implicam a instalação de sistemas de monitorização de energia elétrica e a avaliação de um sistema de climatização que tire proveito da temperatura constante da gruta. Este sistema de climatização permitirá que a temperatura da gruta seja utilizada para, dependendo da altura do ano, aquecer ou arrefecer o ar que alimenta os sistemas de climatização podendo trazer benefícios nos consumos de energia elétrica.

Referências

- APA. (21 de 04 de 2015). <https://www.apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=140>.
Obtido em 21 de 04 de 2020, de Agência Portuguesa do Ambiente.
- Bargey Windpower. (2020). Obtido em 11 de 06 de 2020, de <http://www.bergey.com/wp-content/uploads/2012/03/PriceList-March1.pdf>
- Brander, M., & Davis, G. (2012). Greenhouse gases, CO₂, CO₂e, and carbon: What do all these terms mean. *Econometrica, White Papers*.
- Cardoso, F. (2012). ENE 2020: Recuperar a Economia Via Renováveis. *Eficiência Energética*.
- de Castro, M.T. de Sousa, M.G., Castro, & A.O. (2019). Energias Renováveis: Energia eólica, Seus Efeitos e Ganhos Ambientais. *Itegam Jetia*, 5(19), 103-108.
- de Jesus, J.F., & Castro R.M. (2004). Equipamento Elétrico dos Geradores Eólicos. *Instituto Superior Técnico, Lisboa*.
- DGEG. (2020). *Energia em Portugal- Principais Números*. Obtido em 20 de 04 de 2020, de Direção Geral de Energia e Geologia:
<https://www.dgeg.gov.pt/media/0pzpcyvz/energia-em-portugal-principais-n%C3%BAmoros-2009-2018.pdf>
- Duffie, J.A., Beckman, W.A., & Blair, N. (2020). Photovoltaic and Wind. Em J. W. Sons, *Solar Engeneering of Thermal Processes*.
- EC. (2020a). The European Green Deal. Obtido de European Commission:
https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/european-green-deal-communication_en.pdf
- EC. (2020b). *Photovoltaic Geographical information System*. Obtido em 24 de 04 de 2020, de European Comission: https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html#MR
- EIA. (24 de 09 de 2019). *U.S. Energy Information Administration*. Obtido em 24 de 04 de 2020, de International Energy Outlook 2019 with projections to 2050:
<https://www.eia.gov/outlooks/ieo/pdf/ieo2019.pdf>
- ERSE. (2020a). *Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos*. Obtido em 10 de 05 de 2020, de Tarifas e Preços- Electricidade:
<https://www.erse.pt/atividade/regulacao/tarifas-e-precos-eletricidade/#a2018>
- ERSE. (2020b). *Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos*. Obtido em 10 de 05 de 2020, de Ciclos Horários: <http://www.sctconsulting.pt/wp-content/uploads/2018/01/2018-Ciclos-Hor%C3%A1rios.pdf>

- FF Solar Energias Renováveis. (2020). Obtido em 10 de 06 de 2020, de https://www.ffiSolar.com/products/FF_lista_PVP.pdf
- Gaspar, C. (2004). Eficiência Energética na Indústria. *Cursos de eficiência energética*. Obtido em 11 de 01 de 2021, de https://www.voltimum.pt/sites/www.voltimum.pt/files/pdflibrary/pag._50-59.pdf
- Goldberg, J., & Johansson, T.B. (2004). World Energy Assessment Overview Update. Obtido em 02 de 05 de 2020, de <http://pure.iiasa.ac.at/id/eprint/12595/1/World%20Energy%20Assessment%20Overview-2004%20Update.pdf>
- Hallmann, M.M., & Steinberg M. (1998). Greenhouse Gas Carbon Dioxide Mitigation. Em *Science and Technology*. CRC Press.
- Inglesi- Lotz, R. (2016). The Impact of Renewable Energy Consumption to Economic Growth: A Panel Data Application. *Energy Economics*, pp. 53, 58-63.
- IPCC. (2007). The Intergovernmental Panel on Climate Change. Em B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosh, R. Dave, & L.A. Meyer, *Climate change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. (p. 851). Cambridge, United Kingdom and New York: Cambridge University Press. Obtido em 12 de 05 de 2020, de https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/ar4_wg3_full_report-1.pdf
- Kannan, N., & Vakeesan D. (2016). Solar Energy for the Future World: A Review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, pp. 62, 1092-1105.
- Khanh, T. Q., Bodrogi, P., Vinh, Q. T., & Winkler, H. (2015). *LED lighting: Technology and Perception*. John Wiley & Sons. Obtido em 8 de Janeiro de 2021
- Meirinhos, J.L.M. (2010). *Escalonamento e Pré-despacho Incluindo Produção Eólica (Dissertação de Mestrado)*. Porto: Universidade do Porto, Faculdade de Engenharia.
- Ministério do Ambiente e Transição Energética. (25 de 10 de 2019). Decreto-Lei nº 162/2019. *Diário da República nº 206/2019, Série I*. Obtido em 14 de 04 de 2020, de <https://dre.pt/home/-/dre/125692181/details/maximized>
- OMIE. (2020). Obtido de <https://www.omie.es/pt/market-results/daily/daily-market/daily-hourly-price>
- Polese , E. L. (2010). Eficiência Energética em Sistemas de Bombeamento: Uso do Variador de Freqüência. Obtido em 8 de Janeiro de 2021, de <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/26035>

- Portal das Energias Renováveis. (2020). Obtido em 8 de 05 de 2020, de http://www.energiasrenovaveis.com/DetaileConceitos.asp?ID_conteudo=47&ID_area=8&ID_sub_area=27
- POSEUR. (2020). *Portugal 2020*. Obtido em 22 de 04 de 2020, de Programa Operacional Sustentabilidade e Eficiência no Uso de Recursos.: <https://poseur.portugal2020.pt/pt/portugal-2020>
- Presidência do Conselho de Ministros. (15 de 04 de 2010). Resolução do Conselho de Ministros n.º 29/2010. *Diário da República n.º 73/2010, Série I de 2010-04-15*. Obtido em 01 de 05 de 2020, de <https://dre.pt/pesquisa/-/search/613675/details/maximized>
- Razykov, T.M., Ferekides, C.S., Morel, D., Stefanakos, E., Ullal, H.S., & Upadhyaya, H.M. (2011). Solar Photovoltaic Electricity: Current Status and Future Prospects. *Solar Energy*, pp. 85(8), 1580-1608.
- REA. (2020). *Portal do Estado do Ambiente Portugal*. Obtido em 22 de 04 de 2020, de Energia e Clima. Produção e Consumo de Energia: <https://rea.apambiente.pt/content/produ%C3%A7%C3%A3o-e-consumo-de-energia>
- Rogner, H-H., & Popescu, A. (2000). *World Energy Assessment: Energy and the Challenge of Sustainability*. United Nations Development Programme. Washington, DC: Communications Development Incorporated. Obtido em 10 de 05 de 2020, de <https://www.undp.org/content/dam/aplaws/publication/en/publications/environment-energy/www-ee-library/sustainable-energy/world-energy-assessment-energy-and-the-challenge-of-sustainability/World%20Energy%20Assessment-2000.pdf>
- Schou, P. (2000). Polluting Non-Renewable Resources and Growth. *Environmental and Resource Economics*., pp. 16(2), 211-227.
- Scopacasa, V. A. (2008). Introdução à tecnologia de LED. *Revista LA PRO*. Obtido em 11 de Janeiro de 2021, de http://www.lumearquitetura.com.br/pdf/LA_Pro1/02%20-%20pro_leds_Vis%C3%A3o_Geral.pdf
- Shafiee, S., & Topal, E. (2009). When Will Fossil Fuel Reserves be Diminished?. *Energy Policy*, pp. 37(1), 181-189.
- SMA. (2020). Obtido de <https://www.originenergy.com.au/content/dam/origin/residential/solar/STP15000TL-20000TL-25000TL-30-DEN1622-V30web.pdf?logActivity=true>
- Thirugnanasambandam, M., Iniyan, S., & Goic, R. (2010). A Review of Solar Thermal Technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, pp. 14(1), 312-322.
- WCED. (1987). World Commission on Environment and Development. *Our Common Future*., pp. 17, 1-91.

Anexos

Anexo I – Cargas Energéticas Detalhadas da Empresa

Tabela 1 – Cargas do interior da Gruta.

Interior da Gruta				
Equipamento	Quantidade	Potência (W)	Média de Funcionamento (h)	Energia (Wh/dia)
Lâmpadas	432	4	3	5184
Víguas	46	25	3	3450
Projectores	54	15	3	2430
Luz de Presença	24	6	3	432
Bombas de água	9	700	3	18900
Colunas Som	7	100	3	2100
Amplificador	1	120	3	360
Bomba Cascata	1	1100	2	2200

Tabela 2 – Cargas da sala de guias e bilheteira.

Sala Guias/ Bilheteira				
Equipamento	Quantidade	Potência (W)	Média de Funcionamento (h)	Energia (Wh/dia)
Telefone	1	0,2	24	4,8
Comunicadores	2	1,2	3	7,2
Router Internet	1	4,4	24	105,6
Carregador a bateria central COM.	1	46	3	138
TV	1	28	7	196
Portal MB	2	2,2	24	105,6
Impressora Bilhetes	1	3,2	7	22,4
PC	1	300	7	2100
Monitor	1	33	7	231
Impressora Facturas	1	0,2	7	1,4
Lâmpada (Bilheteira)	1	36	7	252
Lâmpada (Bilheteira)	1	21	7	147
Lâmpada (Sala Guias)	1	58	7	406
Lâmpada sala de ferramentas	1	5	7	35

Tabela 3 – Cargas do hall de entrada.

Hall de Entrada				
Equipamento	Quantidade	Potência (W)	Média de Funcionamento (h)	Energia (Wh/dia)
Lâmpada fluorescente horizontal	1	58	7	406
Lâmpadas	6	9	7	378
Projector	1	150	6	900
Lâmpadas Vitrina Exposição	6	18	7	756

Tabela 4 – Cargas do Bar.

Bar				
Equipamento	Quantidade	Potência (W)	Média de Funcionamento (h)	Energia (Wh/dia)
Lâmpada Fluorescente	96	18	6	10368
Led Tecto	18	6	7	756
Tubo fluorescente	2	58	7	812
Tubo fluorescente	6	36	7	1512
Arca Grande Gelados	1	4240	1,5	6360
Microondas	1	800	0,5	400
Arca Pequena OLA	1	109	1,5	163,5
Arca vertical bebidas	2	737	1	1474
Arca Olá Horizontal	2	173	1	346
Arca Congeladora Horizontal "F"	1	175	2	350
Máquina café	1	4500	4	18000
Moinho Café	1	340	1	340
Moinho descafeinado	1	340	0,5	170
Máquina Chocolate	1	1080	0,3	324
Máquina Lavar	2	2750	2	11000
Pc bar	2	250	4	2000
Impressora Recibos	2	0,2	4	1,6
Aparelhagem	1	180	4	720
Frigorífico lícor	1	25	3	75
Forno Eléctrico unox	1	6500	0	0
PC Fotos	1	130	3	390
Impressora fotos	1	100	3	300
Lampada Mosquitos	4	15	7	420
Coluna Som	4	6	7	168

Tabela 5 – Cargas relativas a todas as fitas de iluminação LED.

Fita LED				
Equipamento	Quantidade	Potência (W)	Média de Funcionamento (h)	Energia (Wh/dia)
Balcão Abafadinho	1	167	2	334
Armário abafadinho	1	7	5	35
Balcão Degustação Azeite	1	212	4	848
Balcão entrada	1	26	5	130
Mini balcões entrada	1	137	5	685
Lâmpada led	3	5	5	75
Vitrinas	1	354	4	1416
Iluminação Balcão	29	21	5	3045

Tabela 6 – Cargas da loja.

Loja				
Equipamento	Quantidade	Potência (W)	Média de Funcionamento (h)	Energia (Wh/dia)
PC	3	250	4	3000
Impressora talões	2	0,2	4	1,6
Portal MB	2	2,2	24	105,6

Tabela 7 – Cargas do armazém e sótão.

Armazém + Sótão				
Equipamento	Quantidade	Potência (W)	Média de Funcionamento (h)	Energia (Wh/dia)
Lâmpada tubo	2	58	0,5	58
Lâmpada tubo	2	58	0,5	58
Lâmpada tubo	3	58	0,1	17,4
Motor Portão	1	5,5	0,1	0,55
Arca Frigorífica OLÁ	1	173	0,1	17,3
Aquecedor	1	1500	0,1	150
Router	1	5	24	120

Tabela 8 – Cargas da cozinha.

Cozinha				
Equipamento	Quantidade	Potência (W)	Média de Funcionamento (h)	Energia (Wh/dia)
Lâmpada Tubo	4	36	1	144
Exaustor	2	110	1	220
Cilindro Água	1	2000	3,25	6500
Frigorífico	1	150	2,5	375
TV	1	50	1	50
Arca frigorífica	1	118	3	354
Forno	1	2100	0,4	840
Lâmpada	1	66	0,1	6,6
Exaustor WC	1	13	0,1	1,3

Tabela 9 – Cargas do escritório.

Escritório				
Equipamento	Quantidade	Potência (W)	Média de Funcionamento (h)	Energia (Wh/dia)
TV LCD	1	240	5	1200
Portátil	3	90	5	1350
PC Fixo	1	200	5	1000
Lâmpada tubo	6	58	5	1740
Servidor	1	405	6	2430

Tabela 10 – Cargas relativas às luzes da rua e câmeras de segurança.

Luzes Rua + Câmera segurança				
Equipamento	Quantidade	Potência (W)	Média de Funcionamento (h)	Energia (Wh/dia)
Luzes Entrada Parque	2	36	7	504
Câmeras de Segurança	20	12	6	1440
Luzes Rua	4	21	7	588
Motor Água	2	1100	0,1	220

Tabela 11 – Cargas sala dos fósseis.

Sala Fósseis				
Equipamento	Quantidade	Potência (W)	Média de Funcionamento (h)	Energia (Wh/dia)
Painel Led	2	18	1,5	54
Lâmpada LED 3W (Vitrina)	11	3	1,5	49,5
Lâmpada LED 6W (Vitrina)	19	6	1,5	171
Lâmpadas Tecto Peq.	18	6	1,5	162
Luzes tecto Gran.	12	18	1,5	324
Microscópio Novex	3	10	1,5	45
Microscópio Petrográfico	2	20	1,5	60
TV LCD	5	21	1,5	157,5

Tabela 12 – Cargas sala dos minerais.

Sala Minerais				
Equipamento	Quantidade	Potência (W)	Média de Funcionamento (h)	Energia (Wh/dia)
Lâmpada LED 3W (Vitrina)	81	3	1,5	364,5
Lâmpada LED 6W (Vitrina)	7	6	1,5	63
Lâmpadas Tecto	8	14	1,5	168
Projektor	1	190	1,5	285
Colunas Som	1	12	1,5	18
Subwoofer	1	50	1,5	75
Box Vídeo	1	10	1,5	15

Tabela 13 – Cargas referentes ao hall de entrada do centro de interpretação.

Hall Entrada				
Equipamento	Quantidade	Potência (W)	Média de Funcionamento (h)	Energia (Wh/dia)
Lâmpada	3	15	18	810

Tabela 14 – Cargas referentes à loja do centro de interpretação.

Loja				
Equipamento	Quantidade	Potência (W)	Média de Funcionamento (h)	Energia (Wh/dia)
Led Vitrinas	23	6	6	828
Led Vitrinas	39	3	6	702
Vitrina Centro	10	6	6	360
Tubular Halogénio	24	21	5	2520
LED Teto	6	6	5	180
LED suspenso	2	15	5	150
LED inferior	3	5	5	75
LED superior	2	22	5	220
PC	1	130	4	520
Monitor	1	16,4	4	65,6
Colunas Som	1	12	2	24
Portal MB	2	2,2	24	105,6
Impressora talões	1	0,2	5	1
Impressora Bilhetes	1	100	5	500
Telefone	1	0,2	24	4,8
Carregador Pistola	1	10	2	20

Tabela 15 – Cargas referentes à arrumação do centro de interpretação.

Arrumação				
Equipamento	Quantidade	Potência (W)	Média de Funcionamento (h)	Energia (Wh/dia)
LED	1	10	7	70
Router (1)	1	4,4	24	105,6
Router (2)	1	4,4	24	105,6

Tabela 16 – Cargas referentes ao escritório do centro de interpretação.

Escritório				
Equipamento	Quantidade	Potência (W)	Média de Funcionamento (h)	Energia (Wh/dia)
Lâmpada	18	15	3	810
Microondas	1	0,3	0,5	0,15
Pc	4	130	2	1040
Monitor pc (1)	1	34	2	68
Monitor pc (2)	1	22	1	22
Monitor (3)	1	30	1	30
Monitor (4)	1	30	1	30
Telefone	1	0,2	24	4,8
Router (A)	1	4,4	24	105,6
Router (B)	1	4,4	24	105,6
Speaker	1	5	1	5
speaker (2)	1	4,6	1	4,6
Router ©	1	4,4	24	105,6
Impressora hp	1	14	1	14
Impressora SAMSUNG	1	50	1	50

Tabela 17 – Cargas referentes à sala de ferramentas.

Sala de Ferramentas				
Equipamento	Quantidade	Potência (W)	Média de Funcionamento (h)	Energia (Wh/dia)
lâmpada tub. Fluorescente	5	58	1	290
tubo led	1	9	1	9
Esmurilo	1	120	0,1	12
Compressor	1	500	0,1	50
Afiador	1	220	0,1	22
Berbequim vert.	1	350	0,1	35

Tabela 18 – Cargas referentes aos instrumentos de climatização do centro de interpretação.

Ar Condicionado Cica + Escritório				
Equipamento	Quantidade	Potência (W)	Média de Funcionamento (h)	Energia (Wh/dia)
Ventilador (1)	1	7550	0,5	3775
Ventilador (2)	1	7550	0,5	3775
Ventilador (3)	1	8800	0,3	2640
AC (1)	1	7200	0,5	3600
AC (2)	1	7200	0,5	3600
AC (3)	1	2500	0,5	1250
AC (4)	1	3750	0,5	1875
AC (5)	1	3750	0,1	375
AC (6)	1	7600	0,1	760

Tabela 19 – Cargas referentes aos instrumentos de climatização da loja e bar.

Ar Condicionado Loja + Bar				
Equipamento	Quantidade	Potência (W)	Média de Funcionamento (h)	Energia (Wh/dia)
Ventilador 1	1	14500	1,5	21750
Ventilador 2	1	14500	1,5	21750
Ventilador 3	1	14450	0	0
Ventilador 4	1	14450	2	28900
AC 1	1	3000	2	6000
AC 2	1	3000	1,5	4500
AC 3	1	12000	0	0
AC 4	1	12000	0	0
AC 5	1	14500	1,5	21750

Anexo II – Distribuição Horária e Preços Associados aos Consumos

ELETRICIDADE

Estado Ativo	Potência instalada 100,00 kVA
CPE (Código de Ponto de Entrega) PT0002000068382271NP	Potência contratada 46,50 kVA
Morada de instalação Rua Grutas Da Moeda 2495-028 São Mamede Por	Tarifa Longas utilizações
Nível de tensão Média tensão	Ciclo Semanal com feriados

Figura 1 – Tarifário contratado pelas Grutas da Moeda.

Tabela 1 – Tarifa transitória de venda a clientes finais em MT para o ano de 2017.

TARIFA TRANSITÓRIA DE VENDA A CLIENTES FINAIS EM MT		PREÇOS	
Termo tarifário fixo		(EUR/mês)	(EUR/dia) *
		47,84	1,5730
Potência		(EUR/kW.mês)	(EUR/kW.dia) *
Tarifa de longas utilizações	Horas de ponta	10,280	0,3380
	Contratada	1,570	0,0516
Tarifa de médias utilizações	Horas de ponta	10,360	0,3406
	Contratada	1,478	0,0486
Tarifa de curtas utilizações	Horas de ponta	15,203	0,4998
	Contratada	0,635	0,0209
Energia activa		(EUR/kWh)	
Tarifa de longas utilizações	Períodos I, IV	Horas de ponta	0,1384
		Horas cheias	0,1087
		Horas de vazio normal	0,0767
		Horas de super vazio	0,0654
	Períodos II, III	Horas de ponta	0,1414
		Horas cheias	0,1109
		Horas de vazio normal	0,0793
		Horas de super vazio	0,0729

Tabela 2 – Energia Ativa Consumida e Custos em 2017.

Mês	Energia Ativa Consumida (kWh)					Custos Associados (€)
	Vazio Normal	Super Vazio	Ponta	Cheias	Total	Total Faturado
Janeiro	2697,1	795,1	1717	4452,5	9659,7	1450,72
Fevereiro	1915,3	487	1245,2	3418,4	7064,1	1464,05
Março	2004,6	528	1543,9	3828,4	7902,4	1120,22
Abril	3179,7	561,6	1114,4	3800,3	8654,1	1475,27
Maio	2537,7	605,8	1324,9	4581,6	9047,9	1394,15
Junho	3142,7	724,1	1393,7	4918	10176,5	1626,6
Julho	3223,4	732,6	1564,1	5968,1	11486,6	1775,07
Agosto	3473,5	786,9	1703,2	6702,8	12664,1	1994
Setembro	2397,4	645,9	1146,1	4551,8	8739	1860,73
Outubro	2389,6	490,5	1058	3339,9	7276	1310,03
Novembro	1582,7	405,4	948,5	2586,7	5521,2	1052,27
Dezembro	3132,3	971	1271,4	3527,7	8900,4	1205,49
Total (kWh)	31676	7733,9	16030,4	51676,2	107092	17728,6

Tabela 3 – Número de horas de funcionamento por respetivo período horário para 2017.

				Total	TOTAL(%)	Conv. hr/ano
Horas Ponta	40	0	0	40	11,90	1042,86
Horas Cheias	130	14	0	144	42,86	3754,29
Horas vazio normal	30	26	40	96	28,57	2502,86
Super Vazio	40	8	8	56	16,67	1460,00

Tabela 4 – Número de horas de funcionamento por respetivo período horário e potencia em horas de ponta para 2017.

Mês	Dias Faturados	Total Horas	Horas Ponta (%)	Total Horas Ponta	Potencia em horas de Ponta
Janeiro	31	744	11,90	88,54	19,39
Fevereiro	28	672	11,90	79,97	15,57
Março	31	744	11,90	88,54	17,44
Abril	30	720	11,90	85,68	13,01
Maio	31	744	11,90	88,54	14,96
Junho	30	720	11,90	85,68	16,27
Julho	31	744	11,90	88,54	17,67
Agosto	31	744	11,90	88,54	19,24
Setembro	30	720	11,90	85,68	13,38
Outubro	31	744	11,90	88,54	11,95
Novembro	30	720	11,90	85,68	11,07
Dezembro	31	744	11,90	88,54	14,36
Total	365	8760	142,86	1042,44	184,30

Tabela 5 – Custos associados à potência Contratada 2017.

Mês	Potência Contratada (kW)	Custo (€/kW/dia)	Dias Faturados	Total (€)
Janeiro	46,5	0,0516	31	74,3814
Fevereiro	46,5	0,0516	28	67,1832
Março	46,5	0,0516	31	74,3814
Abril	46,5	0,0516	30	71,982
Maio	46,5	0,0516	31	74,3814
Junho	46,5	0,0516	30	71,982
Julho	46,5	0,0516	31	74,3814
Agosto	46,5	0,0516	31	74,3814
Setembro	46,5	0,0516	30	71,982
Outubro	46,5	0,0516	31	74,3814
Novembro	46,5	0,0516	30	71,982
Dezembro	46,5	0,0516	31	74,3814
Total			365	875,781

Tabela 6 – Potência e custo nas Horas de Ponta 2017.

Mês	Potência Horas de Ponta (kW)	Custo (€/kW/dia)	Dias Faturados	Total (€)
Janeiro	19,39324117	0,3380	31	203,2024
Fevereiro	15,57122849	0,3380	28	147,3661
Março	17,43810427	0,3380	31	182,7165
Abril	13,00653595	0,3380	30	131,8863
Maio	14,9645342	0,3380	31	156,7984
Junho	16,26633987	0,3380	30	164,9407
Julho	17,66626005	0,3380	31	185,1071
Agosto	19,23737237	0,3380	31	201,5692
Setembro	13,37651727	0,3380	30	135,6379
Outubro	11,94994127	0,3380	31	125,2115
Novembro	11,07026144	0,3380	30	112,2525
Dezembro	14,36026023	0,3380	31	150,4668
Total	184,3005966			1897,155

Tabela 7 – Distribuição dos consumos energéticos para 2017.

Periodo	Ciclo semanal (kWh)	Ciclo diário (kWh)
Horas Ponta	12751,96	17852,75
Horas Cheias	45907,07	44631,88
Horas Vazio Normal	30604,71	26779,13
Horas de Super Vazio	17852,75	17852,75
Total	107116,50	107116,50

Tabela 8 – Tarifa transitória de venda a clientes finais em MT para o ano de 2018.

TARIFA TRANSITÓRIA DE VENDA A CLIENTES FINAIS EM MT		PREÇOS	
Termo tarifário fixo		(EUR/mês)	(EUR/dia) *
		47,81	1,5720
Potência		(EUR/kW.mês)	(EUR/kW.dia) *
Tarifa de longas utilizações	Horas de ponta	10,266	0,3375
	Contratada	1,568	0,0516
Tarifa de médias utilizações	Horas de ponta	10,346	0,3401
	Contratada	1,476	0,0485
Tarifa de curtas utilizações	Horas de ponta	15,187	0,4993
	Contratada	0,637	0,0209
Energia activa		(EUR/kWh)	
Tarifa de longas utilizações	Períodos I, IV	Horas de ponta	0,1382
		Horas cheias	0,1085
		Horas de vazio normal	0,0765
		Horas de super vazio	0,0656
	Períodos II, III	Horas de ponta	0,1412
		Horas cheias	0,1107
		Horas de vazio normal	0,0792
		Horas de super vazio	0,0728

Tabela 9 – Energia Ativa Consumida e Custos em 2018.

Mês	Energia Ativa Consumida (kWh)					Custos Associados (€)
	Vazio Normal	Super Vazio	Ponta	Cheias	Total	Total Faturado
Janeiro	2582,1	1090,8	1524,5	3947,1	9142,1	1399,41
Fevereiro	2274,2	897,9	1377,7	3630,5	8178,4	1468,69
Março	2292,2	668,4	1312,3	3526,8	7797,3	1121,8
Abril	2135,5	505,4	1113,1	3327,1	7079,1	1303,24
Maio	2124,1	569,6	1096,9	3495,7	7284,3	1117,31
Junho	1993,3	659,6	1088,1	3798,3	7537,7	1243,71
Julho	2367,3	678,5	1281,1	4479,3	8804,8	1321,25
Agosto	3064,8	867,5	1515,7	5781,5	11227,8	1642,36
Setembro	2716,1	739,9	1172,3	4506,7	9133,3	1701,33
Outubro	2162,4	672,6	1153,3	3775,6	7762,4	1320,35
Novembro	1912,5	567,1	1172,7	3044,4	6694,9	1181,43
Dezembro	2474,3	617,8	1165,1	3061,1	7316,3	1059,87
Total (kWh)	28098,8	8535,1	14972,8	46374,1	97958,4	15880,75

Tabela 10 – Número de horas de funcionamento por respetivo período horário para 2018.

				Total	TOTAL(%)	Conv. hr/ano
Horas Ponta	40	0	0	40	11,90	1042,86
Horas Cheia	130	14	0	144	42,86	3754,29
Horas vazio	30	26	40	96	28,57	2502,86
Super Vazio	40	8	8	56	16,67	1460,00

Tabela 11 – Número de horas de funcionamento por respectivo período horário e potencia em horas de ponta para 2018.

Mês	Dias Faturados	Total Horas	Horas Ponta (%)	Total Horas Ponta	Potencia em horas de Ponta
Janeiro	31	744	11,90	88,54	17,22
Fevereiro	28	672	11,90	79,97	17,23
Março	31	744	11,90	88,54	14,82
Abril	30	720	11,90	85,68	12,99
Mai	31	744	11,90	88,54	12,39
Junho	30	720	11,90	85,68	12,70
Julho	31	744	11,90	88,54	14,47
Agosto	31	744	11,90	88,54	17,12
Setembro	30	720	11,90	85,68	13,68
Outubro	31	744	11,90	88,54	13,03
Novembro	30	720	11,90	85,68	13,69
Dezembro	31	744	11,90	88,54	13,16
Total	365	8760	142,8571429	1042,44	172,49

Tabela 12 – Custos associados à potência Contratada 2018.

Mês	Potência Contratada (kW)	Custo (€/kW/dia)	Dias Faturados	Total (€)
Janeiro	46,5	0,0516	31	74,3814
Fevereiro	46,5	0,0516	28	67,1832
Março	46,5	0,0516	31	74,3814
Abril	46,5	0,0516	30	71,982
Mai	46,5	0,0516	31	74,3814
Junho	46,5	0,0516	30	71,982
Julho	46,5	0,0516	31	74,3814
Agosto	46,5	0,0516	31	74,3814
Setembro	46,5	0,0516	30	71,982
Outubro	46,5	0,0516	31	74,3814
Novembro	46,5	0,0516	30	71,982
Dezembro	46,5	0,0516	31	74,3814
Total			365	875,781

Tabela 13 – Potência e custo nas Horas de Ponta 2018.

Mês	Potência Horas de Ponta (kW)	Custo (€/kW/dia)	Dias Faturados	Total (€)
Janeiro	17,22	0,3375	31	180,154
Fevereiro	17,23	0,3375	28	162,806
Março	14,82	0,3375	31	155,077
Abril	12,99	0,3375	30	131,538
Mai	12,39	0,3375	31	129,623
Junho	12,70	0,3375	30	128,583
Julho	14,47	0,3375	31	151,39
Agosto	17,12	0,3375	31	179,114
Setembro	13,68	0,3375	30	138,533
Outubro	13,03	0,3375	31	136,288
Novembro	13,69	0,3375	30	138,581
Dezembro	13,16	0,3375	31	137,683
Total	172,4942477		365	1769,37

Tabela 14 – Distribuição dos consumos energéticos para 2018.

Periodo	Ciclo semanal (kWh)	Ciclo diário (kWh)
Horas Ponta	11664,38	16330,13
Horas Cheias	41991,77	40825,33
Horas Vazio Normal	27994,51	24495,20
Horas de Super Vazio	16330,13	16330,13
Total	97980,80	97980,80

Anexo III- Comparação de Tarifários**Tabela 1 – Distribuição Horária para o ciclo semanal para todos os fornecimentos em Portugal Continental.**

Ciclo semanal Para todos os fornecimentos em Portugal Continental			
De segunda-feira a sexta-feira			
Janeiro a Março/ Outubro a Dezembro		Abril a Setembro	
Período de hora legal de Inverno		Período de hora legal de Verão	
Ponta:	09:30/12:00h 18:30/21:00h	Ponta:	09:15/12:15h
Cheias:	07:00/09:30h 12:00/18:30h 21:00/24:00h	Cheias:	07:00/09:15h 12:15/24:00h
Vazio normal:	00:00/02:00h 06:00/07:00h		
Super vazio:	02:00/06:00h		
Sábado			
Cheias:	09:30/13:00h 18:30/22:00h	Cheias:	09:00/14:00h 20:00/22:00h
Vazio normal:	00:00/02:00h 06:00/09:30h 13:00/18:30h 22:00/24:00	Vazio normal:	00:00/02:00h 06:00/09:00h 14:00/20:00h 22:00/24:00h
Super vazio:	02:00/06:00h		
Domingo			
Vazio normal:	00:00/02:00h 06:00/24:00h		
Super vazio:	02:00/06:00h		

Tabela 2 – Distribuição Horária para o Inverno.

Dia Inverno	dia de semana inv	sabado in	domingo inverno	total
Horas Ponta	5	0	0	5
Horas Cheias	12	7	0	19
Horas vazio normal	3	13	20	36
Super Vazio	4	4	4	12
total	24	24	24	

Tabela 3 – Distribuição Horária para o Verão.

dia verão	dia de semana ve	sabado ve	domingo verão	total
Horas Ponta	3	0	0	3
Horas Cheias	14	7	0	21
Horas vazio normal	3	13	20	36
Super Vazio	4	4	4	12
total	24	24	24	

Tabela 4 – Total Horas semanais para o Inverno.

Horas Ponta	25	0	0
Horas Cheias	60	7	0
Horas vazio normal	15	13	20
Super Vazio	20	4	4

Tabela 5 – Total Horas semanais para o Verão.

Horas Ponta	15	0	0
Horas Cheias	70	7	0
Horas vazio normal	15	13	20
Super Vazio	20	4	4

Tabela 6 – Total Horas semanais.

Horas Ponta	40	0	0
Horas Cheias	130	14	0
Horas vazio normal	30	26	40
Super Vazio	40	8	8

Tabela 7 – Distribuição percentual.

Total	TOTAL (%)	Conv. hr/ano
40	12	1043
144	43	3754
96	29	2503
56	17	1460

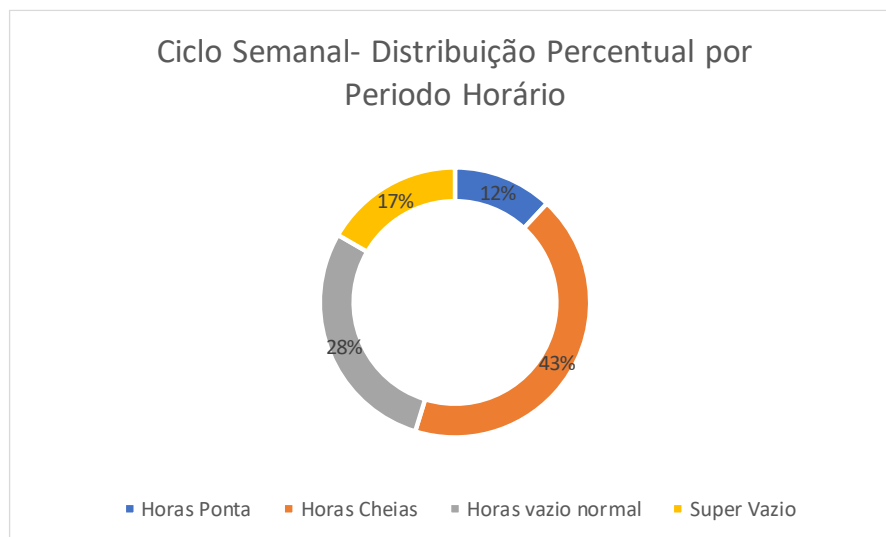


Figura 1– Distribuição percentual por período horário.

Tabela 8 – Distribuição Horária para o ciclo semanal para MAT, AT e MT em Portugal Continental.

Ciclo semanal opcional para MAT, AT e MT em Portugal Continental			
De segunda-feira a sexta-feira			
Janeiro a Março/ Outubro a Dezembro		Abril a Setembro	
Periodo de hora legal de Inverno		Periodo de hora legal de Verão	
Ponta:	17:00/22:00h	Ponta:	14:00/17:00h
Cheias:	00:00/00:30h	Cheias:	00:00/00:30h
	07:30/17:00h		07:30/14:00h
	22:00/24:00h		17:00/24:00h
Vazio normal:	00:30/02:00h		
	06:00/07:30h		
Super vazio:	02:00/06:00h		
Sábado			
Cheias:	10:30/12:30h	Cheias:	10:00/13:30h
	17:30/22:30h		19:30/23:00h
Vazio normal:	00:00/03:00h	Vazio normal:	00:00/03:30h
	07:00/10:30h		07:30/10:00h
	12:30/17:30h		13:30/19:30h
	22:30/24:00		23:00/24:00h
Super vazio:	03:00/07:00h	Super vazio:	03:30/07:30h
Domingo			
Vazio normal:	00:00/04:00h	Vazio normal:	00:00/04:00h
	08:00/24:00h		08:00/24:00h
Super vazio:	04:00/08:00h		

Tabela 9 – Distribuição Horária para o Inverno.

dia inverno	dia de ser	sabado inver	domingo inver	total
Horas Ponta	5	0	0	5
Horas Cheias	12	7	0	19
Horas vazio normal	3	13	20	36
Super Vazio	4	4	4	12
total	24	24	24	

Tabela 10 – Distribuição Horária para o Verão.

dia verão	dia de ser	sabado verão	domingo verão	total
Horas Ponta	3	0	0	3
Horas Cheias	14	7	0	21
Horas vazio normal	3	13	20	36
Super Vazio	4	4	4	12
total	24	24	24	

Tabela 11 – Total Horas semanais para o Inverno.

Horas Ponta	25	0	0
Horas Cheias	60	7	0
Horas vazio normal	15	13	20
Super Vazio	20	4	4

Tabela 12 – Total Horas semanais para o Verão.

Horas Ponta	15	0	0
Horas Cheias	70	7	0
Horas vazio normal	15	13	20
Super Vazio	20	4	4

Tabela 13 – Total horas semanais.

Horas Ponta	40	0	0
Horas Cheias	130	14	0
Horas vazio normal	30	26	40
Super Vazio	40	8	8

Tabela 14 – Distribuição Horária para o ciclo diário para BTE e BTN em Portugal Continental.

Ciclo Diário em BTE e BTN em Portugal Continental			
Periodo de Hora Legal Inverno		Periodo de Hora Legal Verão	
Ponta:	09:00/10:30h	Ponta:	10:30/13:00h
	18:00/20:30h		19:30/21:00h
Cheias:	08:00/09:00h	Cheias:	08:00/10:30h
	10:30/18:00h		13:00/19:30h
	20:30/22:00h		21:00/22:00h
Vazio Normal:	06:00/08:00h	Vazio Normal:	06:00/08:00h
	22:00/02:00h		22:00/02:00h
Super Vazio:	02:00/06:00h		

Tabela 15 – Distribuição Horária para o Inverno.

Dia Inverno	Dia de semana inv
Horas Ponta	4
Horas Cheias	10
Horas vazio normal	6
Super Vazio	4
total	24

Tabela 16 – Distribuição Horária para o Verão.

dia Verão	dia de semana Ver
Horas Ponta	4
Horas Cheias	10
Horas vazio normal	6
Super Vazio	4

Tabela 17 – Total Horas semanais para o Inverno.

Dia Inverno	Dia de semana inv	(%)	Conv. hr/ano
Horas Ponta	4	16,67	1460
Horas Cheias	10	41,67	3650
Horas vazio normal	6	25,00	2190
Super Vazio	4	16,67	1460
total	24	100	8760

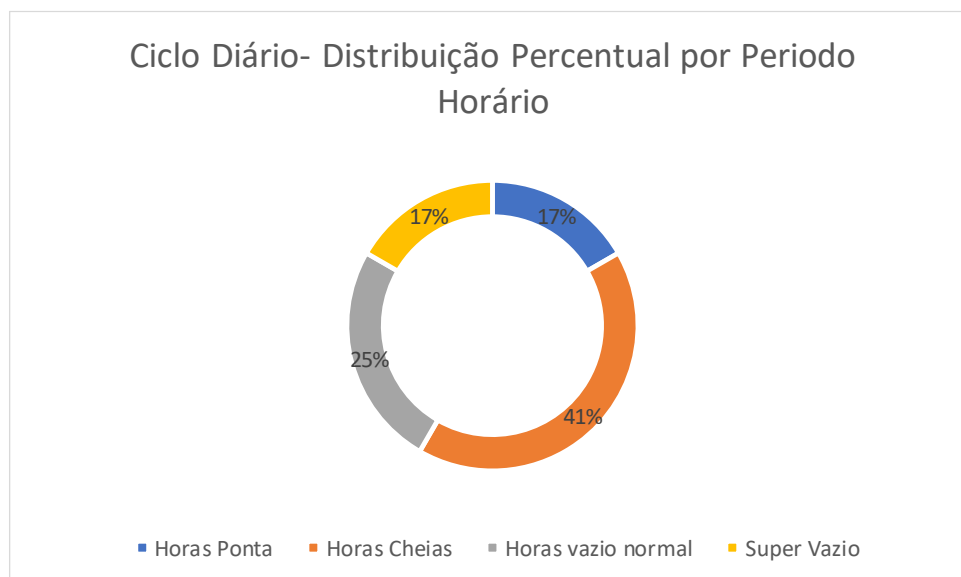


Figura 2 – Total Horas semanais para o Inverno.

Tabela 18 – Comparação do preço do tarifário entre 2017 e 2018.

Varição de Preço Tarifário 2017/2018	
Periodo horário	Varição (%)
Horas Ponta	-0,14
Horas Cheias	-0,18
Horas Vazio Normal	-0,19
Horas de Super Vazio	0,07
Média	-0,11

Anexo IV – Cargas Energéticas Detalhadas da Empresa com a Aplicação de Tecnologia LED e Variador de Frequência



Apenas online
Lâmpada LED E27 G45 5W ECO

Referência: LDP-266-030-4

**Lâmpada LED E27 G45 5W | LED UP
LED SMD 2835**

Tensão: 230Vac

Temperaturas de Cor:
Branco Puro (6000K)
Branco Quente (3000K)

Fluxo Luminoso:
450 Lumens (6000K)
400 Lumens (3000K)

1,07 € iva incl.


Quantidade
- 1 +

Temperatura de Côr
 Branco Puro - 6000K
 Branco Quente - 3000K

ADICIONAR AO CARRINHO

+ ADICIONAR À LISTA DE DESEJOS

Figura 1 – Proposta de iluminação.



Light bulbs for oven, refrigerator, sewing


**Led Star Special T26 25 2.8W 865 E14
Fridge Osram**

133402 | Manufacturer: Osram | EAN: 4058075133402 | MPN: LEDST2625 2.8W/CW
Excellent for use in small designer luminaires, refrigerators or sewing machines.

6,93€ tax excl.

Price for 1 piece, excluding shipping costs!
Condition: New product
Factory Box - pieces (pcs): 9

1 + - **ADD TO CART**



OSRAM

ENERGY STAR

A++

3 kWh/1000h

Figura 2 – Lâmpada dimensionada para as vigias da gruta.

Tubo de LEDs Opalino T8 60cm 220V 9W 4000K

Ref: 306-2256



Mais Vendidos

3,00 €
Preço Loja - Iva incluído

2,15 €
Preço Online - IVA Incluído

Entrega em 24 Horas*

Figura 3 – Tubo LED 60 centímetros.



Figura 4 – Tubo LED 90 centímetros.



Figura 5 – Tubo LED 90 centímetros.

Tabela 1 – Cargas energéticas com a nova proposta de iluminação e variador de frequência no interior da Gruta.

Cargas Interior da Gruta						
Equipamento	Quantidade	Potência (W)	Média de Funcionamento (h)	Energia (Wh/dia)	Energia Consumida ano (kWh/ano)	Capita Investido (€)
Lâmpadas	432	4	3	5184	1892,16	
Vírgias	46	2,8	3	386,4	141,036	138
Projectores	54	15	3	2430	886,95	
Luz de Presença	24	6	3	432	157,68	
Bomba Cascata	1	660	2	1320	481,8	125,03

Tabela 2 – Cargas energéticas com a nova proposta de iluminação na sala de guias e bilheteira.

Sala Guias/ Bilheteira						
Equipamento	Quantidade	Potência (W)	Média de Funcionamento (h)	Energia (Wh/dia)	Energia Consumida ano (kWh/ano)	Capita Investido (€)
Lâmpada (Bilheteira)	1	9	7	63	22,995	3
Lâmpada (Bilheteira)	1	9	7	63	22,995	3
Lâmpada (Sala Guias)	1	15	7	105	38,325	3
Lâmpada sala de ferramentas	1	5	7	35	12,775	

Tabela 3 – Cargas energéticas com a nova proposta de iluminação no hall de entrada da Gruta.

Hall de Entrada Gruta						
Equipamento	Quantidade	Potência (W)	Média de Funcionamento (h)	Energia (Wh/dia)	Energia Consumida ano (kWh/ano)	
Lâmpada fluorescente horizontal	1	15	7	105	38,325	3
Lâmpadas	6	5	7	210	76,65	6,42
Projector	1	150	6	900	328,5	
Lâmpadas Vitrina Exposição	6	9	7	378	137,97	18

Tabela 4 – Cargas energéticas com a nova proposta de iluminação no bar.

Bar						
Equipamento	Quantidade	Potência (W)	Média de Funcionamento (h)	Energia (Wh/dia)	Energia Consumida ano (kWh/ano)	
Lâmpada Fluorescente	96	9	7	6048	2207,52	
Led Tecto	18	6	7	756	275,94	
Tubo fluorescente	2	15	7	210	76,65	6
Tubo fluorescente	6	9	7	378	137,97	18
Lampada Mosquitos	4	15	7	420	153,3	

Tabela 5 – Cargas energéticas com a nova proposta de iluminação de fitas LED no bar e loja.

Fita LED (Bar+Loja)						
Equipamento	Quantidade	Potência (W)	Média de Funcionamento (h)	Energia (Wh/dia)	Energia Consumida ano (kWh/ano)	
Balcão Abafadinho	1	167	2	334	121,91	
Armário abafadinho	1	7	5	35	12,775	
Balcão Degustação Azeite	1	212	4	848	309,52	
Balcão entrada	1	26	5	130	47,45	
Mini balcões entrada	1	137	5	685	250,025	
Lâmpada led	3	5	5	75	27,375	
Vitrinas	1	354	4	1416	516,84	
Iluminação Balcão	29	21	5	3045	1111,425	

Tabela 6 – Cargas energéticas com a nova proposta de iluminação no armazém e sótão.

Armazém + Sótão						
Equipamento	Quantidade	Potência (W)	Média de Funcionamento (h)	Energia (Wh/dia)	Energia Consumida ano (kWh/ano)	
Lâmpada tubo	2	15	0,5	15	5,475	6
Lâmpada tubo	2	15	0,5	15	5,475	6
Lâmpada tubo	3	15	0,1	4,5	1,6425	9

Tabela 7 – Cargas energéticas com a nova proposta de iluminação na cozinha.

Cozinha						
Equipamento	Quantidade	Potência (W)	Média de Funcionamento (h)	Energia (Wh/dia)	Energia Consumida ano (kWh/ano)	
Lâmpada Tubo	4	9	1	36	13,14	12
Lâmpada	1	5	0,1	0,5	0,1825	1,07

Tabela 8 – Cargas energéticas com a nova proposta de iluminação no escritório.

Escritório						
Equipamento	Quantidade	Potência (W)	Média de Funcionamento (h)	Energia (Wh/dia)	Energia Consumida ano (kWh/ano)	
Lâmpada tubo	6	15	6	540	197,1	18

Tabela 9 – Cargas energéticas com a nova proposta de iluminação nas luzes da rua e cameras de segurança.

Luzes Rua + Camera segurança						
Equipamento	Quantidade	Potência (W)	Média de Funcionamento (h)	Energia (Wh/dia)	Energia Consumida ano (kWh/ano)	
Luzes Entrada Parque	2	5	7	70	25,55	2,14
Luzes Rua	4	21	7	588	214,62	

Tabela 10 – Cargas energéticas com a nova proposta de iluminação na sala dos fósseis.

Sala Fósseis						
Equipamento	Quantidade	Potência (W)	Média de Funcionamento (h)	Energia (Wh/dia)	Energia Consumida ano (kWh/ano)	
Painel Led	2	18	1,5	54	19,71	
Lâmpada LED 3W (Vitrina)	11	3	1,5	49,5	18,0675	
Lâmpada LED 6W (Vitrina)	19	6	1,5	171	62,415	
Lâmpadas Tecto Peq.	18	6	1,5	162	59,13	
Luzes tecto Gran.	12	9	1,5	162	59,13	36

Tabela 11 – Cargas energéticas com a nova proposta de iluminação na sala dos minerais.

Sala Minerais						
Equipamento	Quantidade	Potência (W)	Média de Funcionamento (h)	Energia (Wh/dia)	Energia Consumida ano (kWh/ano)	
Lâmpada LED 3W (Vitrina)	81	3	1,5	364,5	133,0425	
Lâmpada LED 6W (Vitrina)	7	6	1,5	63	22,995	
Lampadas Tecto	8	9	1,5	108	39,42	24

Tabela 12 – Cargas energéticas com a nova proposta de iluminação no hall de entrada do centro de interpretação.

Hall Entrada						
Equipamento	Quantidade	Potência (W)	Média de Funcionamento (h)	Energia (Wh/dia)	Energia Consumida ano (kWh/ano)	
Lâmpada	3	5	18	270	98,55	3,21

Tabela 13 – Cargas energéticas com a nova proposta de iluminação na loja do centro de interpretação.

Loja						
Equipamento	Quantidade	Potência (W)	Média de Funcionamento (h)	Energia (Wh/dia)	Energia Consumida ano (kWh/ano)	
Led Vitrinas	23	6	6	828	302,22	
Led Vitrinas	39	3	6	702	256,23	
Vitrina Centro	10	6	6	360	131,4	
Tubular Halogénio	24	9	5	1080	394,2	72
LED Teto	6	6	5	180	65,7	
LED suspenso	2	15	5	150	54,75	
LED inferior	3	5	5	75	27,375	
LED superior	2	22	5	220	80,3	

Tabela 14 – Cargas energéticas com a nova proposta de iluminação na sala de arrumação.

Arrumação						
Equipamento	Quantidade	Potência (W)	Média de Funcionamento (h)	Energia (Wh/dia)	Energia Consumida ano (kWh/ano)	
LED	1	10	7	70	25,55	

Tabela 15 – Cargas energéticas com a nova proposta de iluminação no escritório.

Escritório						
Equipamento	Quantidade	Potência (W)	Média de Funcionamento (h)	Energia (Wh/dia)	Energia Consumida ano (kWh/ano)	
Lâmpada	18	5	3	270	98,55	19,26

Tabela 16 – Cargas energéticas com a nova proposta de iluminação na sala de ferramentas.

Sala de Ferramentas						
Equipamento	Quantidade	Potência (W)	Média de Funcionamento (h)	Energia (Wh/dia)	Energia Consumida ano (kWh/ano)	
lâmpada tub. Fluorescente	5	15	1	75	27,375	15
tubo led	1	9	1	9	3,285	

Grid-Intertie Models

			Model No.	Price
5 kW	240 VAC, 60 Hz	Single-Phase, Includes Powersync II Inverter	BWC Excel-5/60	\$21,995
	208 VAC, 60 Hz	Three-Phase, Includes Powersync II Inverter	BWC Excel-5/208V	\$21,995
	220 VAC, 50 Hz	Single-Phase, Includes Powersync II Inverter	BWC Excel-5/50	\$21,995
10 kW	240 VAC, 60 Hz	Single-Phase, Includes Powersync II Inverter	BWC Excel-10/60	\$31,770
	208 VAC, 60 Hz	Three-Phase, Includes Powersync II Inverter	BWC Excel-10/208V	\$31,770
	220 VAC, 50 Hz	Single-Phase, Includes Powersync II Inverter	BWC Excel-10/50	\$31,770

Tabela 2 – Aerogerador escolhido para integrar o projeto.

O aerogerador selecionado foi o BWC Excel- 10/208V, do catálogo Bargey Windpower 2020.

Anexo VI – Output *Sunny Web Design*

[Grutas da Moeda - Largo das Grutas da Moeda s/nr - 2495-028 Batalha](#)

Grutas da Moeda
Largo das Grutas da Moeda s/nr
2495-028 Batalha
Portugal

Grutas da Moeda
Largo das Grutas da Moeda s/nr
2495-028 Batalha

Tel.: 244 703 838
E-mail: info@grutasmoeda.com

Projecto: Grutas da Moeda
Número do projecto: 0001

Local de instalação: Portugal / Lisbon

Tensão de rede: 230V (230V / 400V)

Vista geral do sistema

76 x Eurener MEPV 300 Standard (02/2016) (Superfície 1 (Suloste))

Azimute: 54 °, Inclinação: 11 °, Tipo de montagem: Telhado, Potência de pico: 22,80 kWp


77 x Eurener MEPV 300 Standard (02/2016) (Superfície 2 (Norteeste))

Azimute: -126 °, Inclinação: 11 °, Tipo de montagem: Telhado, Potência de pico: 23,10 kWp

 1 x SMA STP 20000TL-30

 1 x SMA STP 20000TL-30

Monitorização do sistema

 Sunny Portal

Dados de dimensionamento fotovoltaico

Quantidade total de módulos FV:	153	Rendimento energético espec.*:	1504 kWh/kWp
Potência de pico:	45,90 kWp	Perdas em linha (em % de energia FV):	---
Número de inversores fotovoltaicos:	2	Carga desequilibrada:	0,00 VA
Potência nominal CA dos inversores fotovoltaicos:	40,00 kW	Consumo anual de energia:	97.949 kWh
Potência activa CA:	40,00 kW	Autoconsumo:	52.603,56 kWh
Relação de potência activa:	87,1 %	Quota de autoconsumo:	76,2 %
Rendimento energético anual*:	69.029,70 kWh	Taxa de autonomia:	53,7 %
Factor de utilização da energia:	100 %	Redução de CO ₂ após 20 ano(s):	706 t
Rácio de desempenho*:	85,6 %		

Assinatura

*Importante: os valores de rendimento indicados são valores estimados. Eles são calculados matematicamente. A SMA Solar Technology AG não assume qualquer responsabilidade pelo valor de rendimento real, que pode divergir dos valores de rendimento aqui indicados. As diferenças podem dever-se a várias circunstâncias externas, p. ex., sujidade dos módulos fotovoltaicos ou flutuações nos rendimentos dos módulos fotovoltaicos.

Figura 1 – Dados gerais sistema fotovoltaico.

O seu sistema energético em resumo



Projecto: Grutas da Moeda



Grutas da Moeda
Largo das Grutas da Moeda s/nr
2495-028 Batalha

Tel: 244 703 838
E-mail: info@grutasmoeda.com

Número do projecto: 0001
Local de instalação: Portugal / Lisbon
Data: 11/03/2021

Criada com Sunny Design 5.01.4.R © SMA Solar Technology AG 2021

Sistema energético

Sistema fotovoltaico



Inversor fotovoltaico
2 x SMA STP 2000TL-30



Geradores fotovoltaicos
153 x Eurener MEPV 300 Standard

Componentes adicionais



Gestão energética
1 x Sunny Portal

Dimensões do sistema

Sistema fotovoltaico
45,90 kWp

Vantagens



Compensação por injeção na rede após 20 ano(s)

15.092 EUR



Taxa de autonomia

53,7 %



Custos de eletricidade evitados no primeiro ano

6.337 EUR



Redução de CO₂ após 20 ano(s)

706 t

Poupança total após 20 ano(s)

105.696 EUR

*Importante: os valores de rendimento indicados são valores estimados. Eles são calculados matematicamente. A SMA Solar Technology AG não assume qualquer responsabilidade pelo valor de rendimento real, que pode divergir dos valores de rendimento aqui indicados. As diferenças podem dever-se a várias circunstâncias externas, p. ex., sujidade dos módulos fotovoltaicos ou flutuações nos rendimentos dos módulos fotovoltaicos.

Figura 2 – Sistema energético e vantagens.

Dimensionamentos dos inversores

Projecto: Grutas da Moeda
Número do projecto: 0001

Local de instalação: Portugal / Lisbon
Temperatura ambiente:
Temperatura mínima: 4 °C
Temperatura de dimensionamento: 24 °C
Temperatura máxima: 38 °C

Projecto parcial Projecto parcial 1

1 x SMA STP 20000TL-30 (Sistema parcial 1)

Potência de pico:	23,10 kWp
Quantidade total de módulos FV:	77
Número de inversores fotovoltaicos:	1
Potência máx. CC (cos φ = 1):	20,44 kW
Potência activa máx. CA (cos φ = 1):	20,00 kW
Tensão de rede:	230V (230V / 400V)
Razão de potência nominal:	88 %
Factor de dimensionamento:	115,5 %
Factor de desfasamento cos φ:	1
Horas em carga plena:	1653,0 h



SMA STP 20000TL-30

Dados de dimensionamento fotovoltaico

Entrada A: Superfície 2 (Norteeste)

57 x Eurener MEPV 300 Standard (02/2016), Azimute: -126 °, Inclinação: 11 °, Tipo de montagem: Telhado

Entrada B: Superfície 2 (Norteeste)

20 x Eurener MEPV 300 Standard (02/2016), Azimute: -126 °, Inclinação: 11 °, Tipo de montagem: Telhado

	Entrada A:	Entrada B:	
Número de strings:	3	1	
Módulos FV:	19	20	
Potência de pico (entrada):	17,10 kWp	6,00 kWp	
Tensão FV típica:	✓ 641 V	✓ 674 V	
Tensão FV mín.:	576 V	607 V	
Potência CC mín. (tensão de rede 230 V):	150 V	150 V	
Tensão FV máx.:	✓ 916 V	✓ 964 V	
Tensão CC máx.:	1000 V	1000 V	
Corrente máx. do gerador FV:	✓ 23,9 A	✓ 8,0 A	
Corrente máx. de entrada por rastreamento MPP:	33 A	33 A	
Corrente máx. de curto-circuito por rastreamento	43 A	43 A	
Corrente máx. de curto-circuito (sistema fotovoltaico):	✓ 25,7 A	✓ 8,6 A	

Sistema fotovoltaico / Inversor compatíveis

Figura 3 – Dimensionamento do inversor a nordeste.

Dimensionamentos dos inversores

Projecto: Grutas da Moeda
Número do projecto: 0001

Local de instalação: Portugal / Lisbon
Temperatura ambiente:
Temperatura mínima: 4 °C
Temperatura de dimensionamento: 24 °C
Temperatura máxima: 38 °C

Projecto parcial Projecto parcial 1

1 x SMA STP 20000TL-30 (Sistema parcial 2)

Potência de pico:	22,80 kWp
Quantidade total de módulos FV:	76
Número de inversores fotovoltaicos:	1
Potência máx. CC (cos φ = 1):	20,44 kW
Potência activa máx. CA (cos φ = 1):	20,00 kW
Tensão de rede:	230V (230V / 400V)
Razão de potência nominal:	90 %
Factor de dimensionamento:	114 %
Factor de desfasamento cos φ :	1
Horas em carga plena:	1798,5 h



SMA STP 20000TL-30

Dados de dimensionamento fotovoltaico

Entrada A: Superfície 1 (Suloste)

38 x Eurener MEPV 300 Standard (02/2016), Azimute: 54 °, Inclinação: 11 °, Tipo de montagem: Telhado

Entrada B: Superfície 1 (Suloste)

38 x Eurener MEPV 300 Standard (02/2016), Azimute: 54 °, Inclinação: 11 °, Tipo de montagem: Telhado

	Entrada A:	Entrada B:	
Número de strings:	2	2	
Módulos FV:	19	19	
Potência de pico (entrada):	11,40 kWp	11,40 kWp	
Tensão FV típica:	✔ 641 V	✔ 641 V	
Tensão FV mín.:	576 V	576 V	
Potência CC mín. (tensão de rede 230 V):	150 V	150 V	
Tensão FV máx.:	✔ 916 V	✔ 916 V	
Tensão CC máx.:	1000 V	1000 V	
Corrente máx. do gerador FV:	✔ 15,9 A	✔ 15,9 A	
Corrente máx. de entrada por rastreamento MPP:	33 A	33 A	
Corrente máx. de curto-circuito por rastreamento	43 A	43 A	
Corrente máx. de curto-circuito (sistema fotovoltaico):	✔ 17,1 A	✔ 17,1 A	

Sistema fotovoltaico / Inversor compatíveis

Figura 4 – Dimensionamento do inversor a sudoeste.

Dimensionamento dos cabos

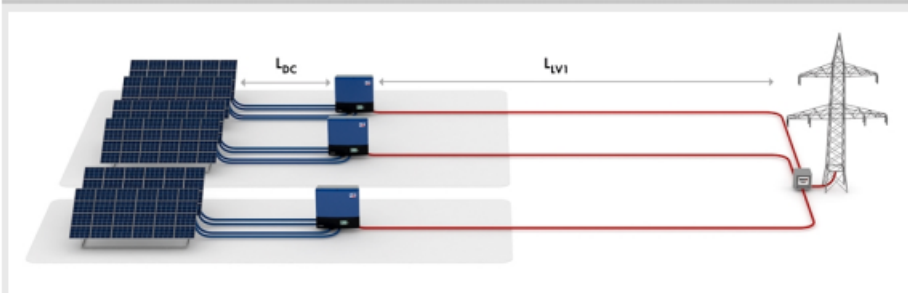
Projecto: Grutas da Moeda
Número do projecto: 0001

Local de instalação: Portugal / Lisbon

Vista geral

	✓ CC	✓ LV	✓ Total
Potência dissipada no modo nominal	135,83 W	86,70 W	222,53 W
Potência dissipada rel. no modo nominal	0,31 %	0,22 %	0,53 %
Comprimento total do cabo	640,00 m	20,00 m	660,00 m
Secções dos cabos	6 mm ²	10 mm ²	6 mm ² 10 mm ²

Gráfico



Cabos de CC

	Material do cabo	Comprimento simples	Secção	Queda de tensão	Potência dissipada rel.	
Projecto parcial 1						
1 x SMA STP 20000TL-30 Sistema parcial 1	A	Cobre	40,00 m	6 mm ²	1,9 V	0,30 %
	B	Cobre	40,00 m	6 mm ²	1,9 V	0,29 %
1 x SMA STP 20000TL-30 Sistema parcial 2	A	Cobre	40,00 m	6 mm ²	2 V	0,32 %
	B	Cobre	40,00 m	6 mm ²	2 V	0,32 %

Cabos LV1

	Material do cabo	Comprimento simples	Secção	Resistência de linha	Potência dissipada rel.
Projecto parcial 1					
1 x SMA STP 20000TL-30 Sistema parcial 1	Cobre	10,00 m	10 mm ²	R: 5,733 mΩ XL: 0,750 mΩ	0,22 %
1 x SMA STP 20000TL-30 Sistema parcial 2	Cobre	10,00 m	10 mm ²	R: 5,733 mΩ XL: 0,750 mΩ	0,22 %

Os resultados apresentados são valores aproximados para informação geral do utilizador sobre possíveis resultados operacionais. Os resultados são calculados matematicamente. Os resultados operacionais reais dependem decisivamente das condições climáticas reais, da eficiência efectiva e das condições de operação dos componentes do sistema, bem como do comportamento individual de consumo, podendo divergir dos resultados calculados. A SMA Solar Technology AG não assume qualquer responsabilidade em caso de divergências entre os resultados operacionais calculados e reais.

Figura 5 – Dimensionamento dos cabos.

Dimensionamento da gestão energética

Projecto: Grutas da Moeda
Número do projecto: 0001

Local de instalação: Portugal / Lisbon




Sistema fotovoltaico	Monitorização do sistema
<p>Projecto parcial 1</p> <p> 1 x SMA STP 20000TL-30 Sistema parcial 1</p> <p> 1 x SMA STP 20000TL-30 Sistema parcial 2</p>	<p>Externo</p> <p> Sunny Portal Portal da internet para monitorização de sistemas, bem como para visualização e apresentação de dados de sistemas</p>

Figura 6 – Dimensionamento da gestão energética.

Notas

Projecto: Grutas da Moeda
Número do projecto: 0001

Local de instalação: Portugal / Lisbon


 Grutas da Moeda

Figura 7 – Notas do projeto.

Autoconsumo (electricidade)

Projecto: Grutas da Moeda
Número do projecto: 0001

Local de instalação: Portugal / Lisbon

Dados sobre o autoconsumo

Perfil de carga: Perfil de Carga Grutas da Moeda

Consumo anual de energia: 97.949 kWh

Resultado

Sem optimização do autoconsumo

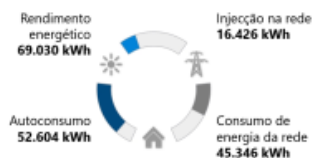
Taxa de autonomia

53,7 %

Quota de autoconsumo

76,2 %

Distribuição da energia fotovoltaica



Detalhes

Consumo anual de energia	97.949 kWh
Rendimento energético anual	69.030 kWh
Injeção na rede	16.426 kWh
Consumo de energia da rede	45.346 kWh
Autoconsumo	52.604 kWh
Quota de autoconsumo (em % de energia fotovoltaica)	76,2 %
Taxa de autonomia (em % do consumo de energia)	53,7 %

Os resultados apresentados são valores aproximados para informação geral do utilizador sobre possíveis resultados operacionais. Os resultados são calculados matematicamente. Os resultados operacionais reais dependem decisivamente das condições climáticas reais, da eficiência efectiva e das condições de operação dos componentes do sistema, bem como do comportamento individual de consumo, podendo divergir dos resultados calculados. A SMA Solar Technology AG não assume qualquer responsabilidade em caso de divergências entre os resultados operacionais calculados e reais.

Figura 8 – Autoconsumo.

Valores mensais

Projecto: Grutas da Moeda
Número do projecto: 0001

Local de instalação: Portugal / Lisbon

Diagrama



Tabela

Mês	Rendimento energético [kWh]	Autoconsumo [kWh]	Injecção na rede [kWh]	Consumo de energia da rede [kWh]
1	2849 (4,1 %)	2768	81	6374
2	3589 (5,2 %)	3278	311	4900
3	5499 (8,0 %)	4448	1051	3349
4	6842 (9,9 %)	4736	2106	2343
5	8349 (12,1 %)	5291	3057	1992
6	8774 (12,7 %)	5352	3422	2185
7	9047 (13,1 %)	6110	2937	2694
8	8167 (11,8 %)	6732	1435	4495
9	6158 (8,9 %)	5073	1085	4060
10	4487 (6,5 %)	3757	730	4004
11	2895 (4,2 %)	2748	147	3947
12	2375 (3,4 %)	2312	63	5003

Figura 9 – Dados energéticos mensais.

Análise da rentabilidade

Projecto: Grutas da Moeda
Número do projecto: 0001

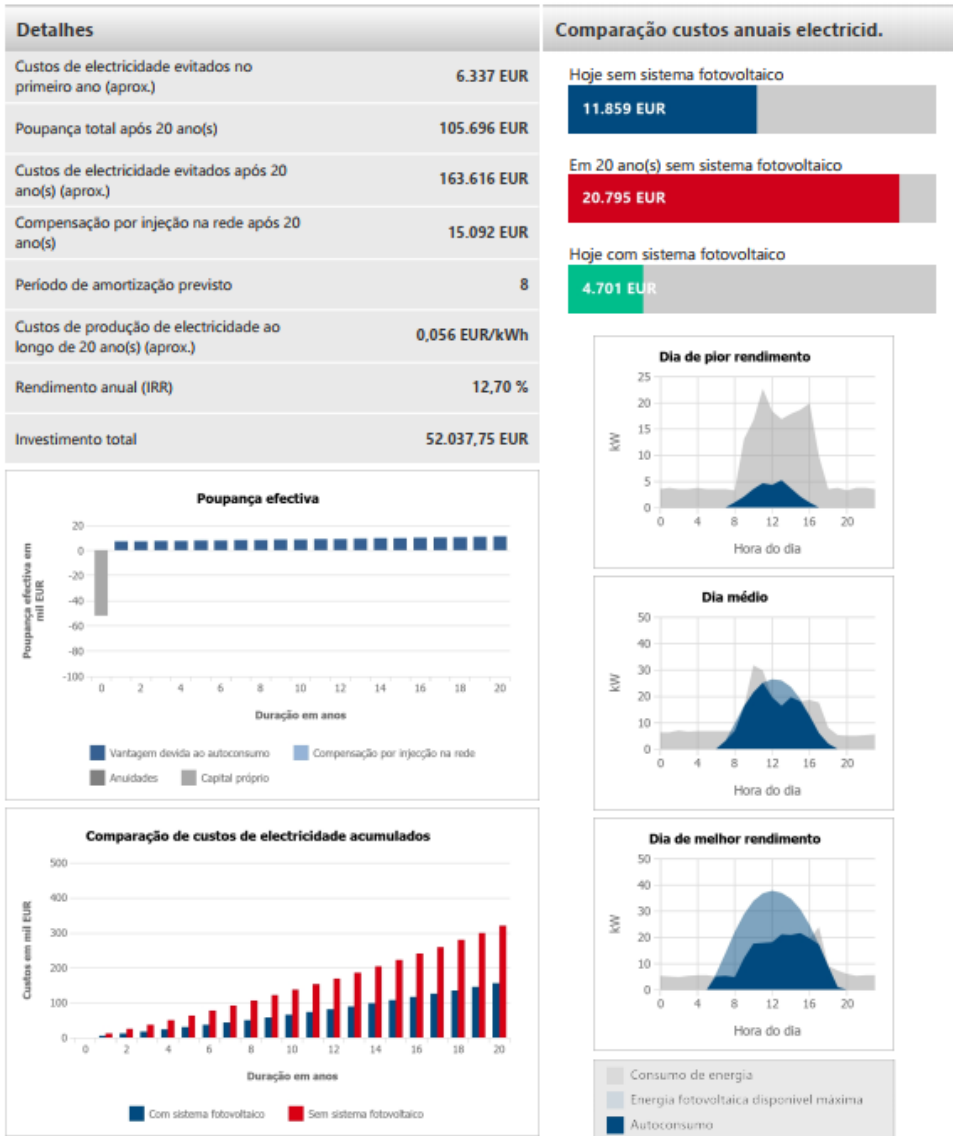


Figura 10 – Análise da rentabilidade.

Análise da rentabilidade

Projecto: Grutas da Moeda
Número do projecto: 0001

Financiamento

A moeda é **EUR**
A quota-parte de capital próprio é de **100 %**
A quota-parte de capital externo é de **0 %**
O financiamento total é de **0,00 EUR**
A taxa de inflação é de **3,00 %**
O período de análise da rentabilidade é de **20 anos**

Custos de compra de electricidade e compensação por injeção na rede

O preço de compra da electricidade é de **0,12465 EUR/kWh**
As tarifas especiais são consideradas
A taxa anual de encarecimento da electricidade é de **3,0 %**
A compensação por injeção na rede é de **0,05000 EUR/kWh**
A duração da compensação por injeção na rede é de **20 anos**
A dedução ou compensação com autoconsumo é de **0,00000 EUR/kWh**
O lucro proveniente da electricidade injectada após terminar o período de compensação é de **0,05000 EUR/kWh**

Figura 11 – Detalhes da análise da rentabilidade.

Estimativa não vinculativa dos custos

Projecto: Grutas da Moeda
Número do projecto: 0001

Local de instalação: Portugal / Lisbon

Custos do projecto		
Sistema fotovoltaico	1.133,72 EUR/kWp x 45,90 kWp	52.037,75 EUR
Outros custos		---
Investimento total		52.037,75 EUR
Custos fixos		
Custos fixos anuais (em % dos custos de investimento)	1,50 % dos custos de investimento	780,57 EUR

Figura 12 – Estimativa não vinculativa dos custos.

Imagens do projeto

Projecto: Grutas da Moeda
Número do projecto: 0001

Local de instalação: Portugal / Lisbon

Plano do telhado 1



Figura 13 – Imagem do projeto.

