



DANIEL JOSÉ DE
CARVALHO
GALVÃO
MEDEIROS
SANTANA

ESTUDO PARA A IMPLEMENTAÇÃO DE UMA COMUNIDADE DE ENERGIA RENOVÁVEL

Projeto submetido como requisito para obtenção do grau de **Mestre em Engenharia em Gestão de Energia na Indústria e Edifícios**

Júri

Presidente: Professor Doutor João Francisco dos Santos Fernandes

Arguente: Professor Doutor Paulo Miguel Marques Fontes

Vogal: Professor Doutor Alexandre Miguel Cordeiro Magrinho

dezembro 2022

Resumo

Com a aprovação pela União Europeia de metas ambiciosas para o alcance de 2030, 32% de quota de energia proveniente de fontes renováveis no consumo final bruto, 32,5% de redução do consumo de energia, 40% de redução das emissões de gases com efeito estufa, e 15% de interligações elétricas, Portugal construiu instrumentos e estratégias necessários para alcançar estes objetivos como o Plano Nacional para Energia e Clima (PNEC) e o Roteiro para a Neutralidade Carbónica. Recentemente a Comissão Europeia anunciou uma iniciativa, “*100 Climate-neutral and Smart Cities by 2030*”, que pretende dar resposta aos desafios climáticos, onde Guimarães, Lisboa e Porto fazem parte das 100 cidades foram selecionadas. Com 2030 a aproximar-se é de alguma urgência e prioridade a definição de objetivos e estatutos para o desenvolvimento de medidas de apoio a cumprir os objetivos.

Este projeto surge nesse sentido, com um principal objetivo de sistematizar o processo de dimensionamento de comunidades de energia renovável, este que é um processo ainda incompleto e muito recente no mercado. Esta sistematização resultou na definição de dois diagramas principais que serão apresentados no projeto, um deles sistematiza toda a complexidade de uma Comunidade de Energia Renovável e o outro o processo de dimensionamento da mesma.

O Caso de Estudo para a criação de uma CER mostra diferentes cenários de aplicabilidade tanto na quantidade de módulos fotovoltaicos, Cenário 1 com a capacidade máxima, Cenário 2 com 66% de capacidade e Cenário 3 com 33% de capacidade, como também nas opções de financiamento, apresentando duas opções, financiamento por “*crowdfunding*” ou por uma entidade externa.

Todo o estudo realizado neste projeto elucida-nos para dois pontos fulcrais, a necessidade de elucidar o conceito e etapas para formação e operacionalização de uma Comunidade de Energia Renovável e na necessidade de concretizar a criação das mesmas. Deste modo este projeto serve como ferramenta apoio para os pontos mencionados.

Palavras-chave: Comunidades de Energia, energia renovável, fotovoltaico, sistematização, dimensionamento, neutralidade carbónica

Abstract

With the approval by the European Union of ambitious targets to reach 2030, 32% share of energy from renewable sources in gross final consumption, 32.5% reduction in energy consumption, 40% reduction in gas emissions with greenhouse effect, and 15% of electrical interconnections, Portugal built instruments and strategies necessary to achieve these goals, such as the National Plan for Energy and Climate (PNEC) and the Roadmap for Carbon Neutrality. Recently, the European Commission announced an initiative, “100 Climate-neutral and Smart Cities by 2030”, which aims to respond to climate challenges, where Guimarães, Lisbon and Porto are part of the 100 cities selected. With 2030 approaching, it is of some urgency and priority to define objectives and statutes for the development of support measures to meet the objectives.

This project arises in this sense, with the main objective of systematizing the process of dimensioning renewable energy communities, which is still an incomplete process and very recent in the market. This systematization resulted in the definition of two main diagrams that will be presented in the dissertation, one of them systematizes all the complexity of a Renewable Energy Community and the other the process of dimensioning it.

The Case Study for the creation of a CER shows different applicability scenarios both in the number of photovoltaic modules, Scenario 1 with maximum capacity, Scenario 2 with 66% capacity and Scenario 3 with 33% capacity, as well as in the options of financing, presenting two options, financing by crowdfunding or by an external entity.

The entire study carried out in this project elucidates two key points, the need to elucidate the concept and steps for the formation and operation of a Renewable Energy Community and the need to implement their creation. Thus, this project serves as a support tool for the mentioned points.

Keywords: Energy Communities, renewable energy, photovoltaic, systematization, dimensioning, carbon neutrality

Agradecimentos

*Quero primeiramente agradecer a todos que de alguma forma me
impulsionaram a terminar esta etapa.
Em particular agradeço aos meus avós que sempre me apoiaram e acreditaram
em mim. Agradecer ao Samuel pelo apoio incondicional,
incentivo e dedicação em alturas difíceis.
Ao orientador Professor Alexandre Magrinho pela disponibilidade e ajuda,
ao Engenheiro João Figueiredo por mais uma vez ser o meu supervisor
e me ter apoiado nas dúvidas e incertezas
e agradecer à Engenheira Susana Camacho por todo
o apoio e paciência.*

Um Eterno Obrigado!

Índice

RESUMO	I
ABSTRACT	III
AGRADECIMENTOS	V
ÍNDICE	VII
LISTA DE FIGURAS	X
LISTA DE TABELAS	XII
LISTA DE ANEXOS	XIII
LISTA DE SIGLAS E ACRÓNIMOS	XIV
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. ENQUADRAMENTO	1
1.2. OBJETIVOS	3
1.3. ORGANIZAÇÃO DO PROJETO	4
1.4. ENTIDADE ORIENTADORA	3
1.5. DADOS UTILIZADOS	4
2. ENERGIA EM PORTUGAL	5
2.1. PANORAMA NACIONAL	5
2.2. PLANOS DE AÇÃO CLIMÁTICA	8
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	10
3.1. ENQUADRAMENTO LEGISLATIVO	10
3.1.1. Decreto nº15/2022 – Estabelecimento e Organização do Sistema Elétrico Nacional	10
3.1.2. Legislação de Unidades de Produção em Autoconsumo	14
3.2. AUTOCONSUMO	15
3.2.1. Autoconsumo Individual	16
3.2.2. Autoconsumo Coletivo	17
3.2.3. Comunidades de Energia Renovável	17
3.2.4. Entidade Gestora de Autoconsumo Coletivo	19
3.3. MODELO DE PARTILHA DE ENERGIA	21
3.4. MODELOS DE NEGÓCIO	22
3.5. DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA UPAC	28
3.5.1. Componentes de uma UPAC	28
3.5.2. Sistematização do dimensionamento	30

4. METODOLOGIA.....	32
4.1. DIMENSIONAMENTO DA CER – UPAC.....	32
4.1.1. <i>Planeamento da Comunidade</i>	32
4.1.2. <i>Dimensionamento do sistema UPAC</i>	36
4.1.3. <i>Avaliação Económica</i>	36
4.1.4. <i>Inscrição da CER</i>	37
5. CASO DE ESTUDO	38
5.1. PLANEAMENTO DA COMUNIDADE	39
5.1.1. <i>Localização da Comunidade</i>	39
5.1.2. <i>Identificação dos Membros</i>	40
5.1.3. <i>Perfis de Consumo</i>	41
5.1.4. <i>Tipologia da CER</i>	44
5.1.5. <i>Modelo de Negócio</i>	44
5.2. SIMULAÇÃO DA PRODUÇÃO DA UPAC	45
5.2.1. <i>Simulação SunnyDesign</i>	45
5.2.1.1 <i>Definição da estrutura da instalação</i>	45
5.2.1.2 <i>Perfil de Carga da CER</i>	45
5.2.1.3 <i>Simulação da capacidade de módulos fotovoltaicos</i>	47
5.2.1.4 <i>Sombreamento da Instalação</i>	48
5.2.1.5 <i>Seleção de módulos fotovoltaicos</i>	49
5.2.1.6 <i>Seleção de inversores</i>	49
5.2.1.7 <i>Dimensionamento SunnyDesign</i>	49
5.3. AVALIAÇÃO ECONÓMICA	55
5.3.1. <i>Opção A – Investimento por “Crowdfunding”</i>	57
5.3.2. <i>Opção B – Investimento por Entidade Externa</i>	59
6. CONCLUSÃO	65
REFERÊNCIAS	69
ANEXO 1 – MODELOS DE NEGÓCIO.....	I
ANEXO 2 – TABELAS SIMULAÇÃO SUNNYDESIGN.....	III
ANEXO 3 – ANÁLISE ECONÓMICA	IX
ANEXO 4 – FICHA TÉCNICA TSM-DE09R.08.....	XIII
ANEXO 5 – RELATÓRIOS SUNNYDESIGN.....	XV

Lista de Figuras

Figura 1 - Evolução do saldo de energia em Portugal [2].....	5
Figura 2 - Evolução do Consumo Total de Energia Primária [2].....	6
Figura 3 - Irradiância na Europa [3].....	7
Figura 4 - Evolução da incorporação de renováveis no consumo final bruto de energia de acordo com a Diretiva 2009/28/CE [7].....	8
Figura 5 - Metas e Objetivos para o horizonte 2030 [4].....	9
Figura 6 - Esquema de Autoconsumo Individual [6]	16
Figura 7 - Esquema de Autoconsumo Coletivo [6]	17
Figura 8 - Comunidade de Energia Renovável [7].....	19
Figura 9 - Diagrama Comunidades de Energia Renovável [17].....	20
Figura 10 – Modelo de Negócio (Cooperativa de Energia) [5].....	23
Figura 11 - Modelo de Negócio - Comunidade de Prosurism [5]	24
Figura 12 - Modelo de Negócio - Mercados Locais de Energia baseado em P2P [5] ..	25
Figura 13 - Modelo de Negócio – Comunidade Coletiva Produção baseada em P2P [5]	26
Figura 14 - Modelo de Negócio - Cooperativa E-Mobility [5]	27
Figura 15 - Esquema sintético de todo o sistema UPAC (www.energiamadeira.pt)	29
Figura 16 - PVGIS (PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM - EUROPEAN COMMISSION) [9]	30
Figura 20 - Fluxograma de todo o dimensionamento de uma CER – UPAC	38
Figura 21 - Zona Industrial do Barreiro	39
Figura 22 - Localização de Painéis Fotovoltaicos	40
Figura 23 - Membros Comunidade de Energia Renovável	40
Figura 24 - Análise dos Consumos Mensais da CER.....	42
Figura 25 - Perfil de Carga Semanal da CER	43
Figura 26 - Cobertura realizada no Software SunnyDesign.....	45
Figura 27 - Consumo Diário CER (Dia Útil).....	46
Figura 28 - Consumo Diário CER (Fim-de-Semana/Feriado)	46
Figura 29 - Painéis Fotovoltaicos simulados pelo SunnyDesign	47
Figura 30 - Área total para 837 módulos fotovoltaicos	48
Figura 31 - Sombreamento da Instalação	48
Figura 32 - Análise Simulação para o dia 05/09/2019 (Cenário 1)	51
Figura 33 - Análise Simulação para o dia 05/09/2019 (Cenário 2)	52
Figura 34 - Análise Simulação para o dia 05/09/2019 (Cenário 3)	52

Figura 35 - Produção Fotovoltaica nos 3 cenários de simulação	55
---	----

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Condições de Produção de Autoconsumo	14
Tabela 2 - Enquadramento Legal para Autoconsumo e CER.....	15
Tabela 3 - Critérios de Proximidade.....	33
Tabela 4 - Membros Identificados para a CER.....	41
Tabela 5 – Dados de Consumo dos Membros da CER.....	41
Tabela 6 - Consumos Mensais de cada membro da CER.....	42
Tabela 7 - Módulos Fotovoltaicos	49
Tabela 8 - Inversores Seleccionados.....	49
Tabela 9 - Cenários SunnyDesign	50
Tabela 10 - Inversores Seleccionados para os diferentes cenários	50
Tabela 11 - Balanço Fotovoltaico 05/09/2019	53
Tabela 12 - Repartição da energia fotovoltaica para o dia 05/09/2019 (cenário 1).....	53
Tabela 13 - Análise Diária de Poupanças da CER.....	54
Tabela 14 - Balanço Energético Anual da CER.....	54
Tabela 15 - Parâmetros Económicos	56
Tabela 16 – Opção A: Análise Económica Anual aos Membros da CER	57
Tabela 17 – Opção A: Análise Económica à CER.....	57
Tabela 18 - Valor do Investimento com base na Energia Produzida repartida para cada membro	58
Tabela 19 - Opção B: Análise económica para o Cenário 1	62
Tabela 20 - Opção B: Análise económica para o Cenário 2	63
Tabela 21 - Opção B: Análise económica para o Cenário 3	64

Lista de Anexos

ANEXO 1 – MODELOS DE NEGÓCIO	I
ANEXO 2 – TABELAS SIMULAÇÃO SUNNYDESIGN	III
ANEXO 3 – ANÁLISE ECONÓMICA	IX
ANEXO 4 – FICHA TÉCNICA TSM-DE09R.08	XIII
ANEXO 5 – RELATÓRIOS SUNNYDESIGN.....	XV

Lista de Siglas e Acrónimos

AC	–	Autoconsumo Coletivo
CER	–	Comunidade de Energia Renovável
CPE	–	Código Ponto de Entrega
DGEG	–	Direção-Geral de Energia e Geologia
EGAC	–	Entidade Gestora do Autoconsumo Coletivo
ERSE	–	Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos
FER	–	Fontes de Energias Renováveis
IU	–	Instalação de Utilização
PNAEE	–	Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética
PNAER	–	Plano Nacional de Ação para as Energias Renováveis
PNEC	–	Plano Nacional Energia e Clima
PRI	–	Período de Retorno de Investimento
RESP	–	Rede Elétrica de Serviço Público
RNC	–	Roteiro para Neutralidade Carbónica
SEN	–	Sistema Elétrico Nacional
TAR	–	Tarifas de Acesso às Redes
UE	–	União Europeia
UI	–	Unidade de Instalação
UPAC	–	Unidade de Produção para Autoconsumo

Capítulo 1

1. Introdução

No primeiro capítulo deste projeto será realizado uma introdução ao tema, iniciando pelo enquadramento da produção de energia a partir de fontes renováveis no mundo, com destaque à que é o foco principal deste trabalho: a energia solar fotovoltaica. De seguida serão apresentados os vários objetivos do projeto, assim como a metodologia adotada para a sua realização. Por fim, conclui-se o capítulo com a descrição e apresentação da estrutura do projeto.

1.1. Enquadramento

Com o agravamento das alterações climáticas e um foco cada vez um maior nos impactes que as mesmas apresentam no dia-a-dia, a União Europeia tem estabelecido objetivos concretos e metas faseadas para que os seus estados-membros possam de algum modo minimizar as consequências que já estamos a sentir. Um desses objetivos é a promoção da eficiência energética e por consequente a redução efetiva do consumo de energia. A Diretiva Europeia (UE) 2018/2001 [34] promove também numa necessária maior utilização de energia de fontes renováveis, precavendo grandes encargos por parte do consumidor e facilitando a integração do mesmo nos casos de produção, armazenamento, consumo ou venda de energia elétrica. Diretamente esta diretiva promove também o autoconsumo, elucidando conceitos, tais como “autoconsumidor” a nível individual ou coletivo, assim como as Comunidades de Energia Renovável (CER).

Portugal, encontrando-se integrado na União Europeia, e tendo de cumprir com os objetivos estipulados por esta, desenvolveu uma estratégia nacional para a sua concretização, o Plano Nacional Energia e Clima 2021-2030 (PNEC 2030) [4]. Nele é apresentado como objetivo principal o cumprimento das metas estabelecidas, como atingir uma quota de 47% de energia proveniente de fontes renováveis no consumo final bruto em 2030. Deste modo, e de forma a ser possível a concretização deste objetivo, foram produzidos diversos decretos e regulamentos que potencializam a utilização de energia renováveis na indústria, serviços e pelo cidadão comum. Um destes decretos foi o Decreto-Lei Nº 162/2019 de 25 de outubro [1], onde é estabelecido o autoconsumo

de energia renovável, aprovado o direito de partilha da energia e o conceito de Comunidade de Energia Renovável (CER). O mesmo define uma CER como uma comunidade constituída por qualquer participante, podendo estes ser consumidores domésticos, comércio, indústria, empresas públicas ou privadas, consumidores públicos (escolas, hospitais, etc.) ou autarquias, com principal objetivo de propiciar aos seus membros ou às localidades onde opera benefícios ambientais, económicos e sociais em vez de lucros financeiros.

Com isto, é promovida e facilitada a descentralização da produção de energia elétrica, tornando o consumidor em alguém com um papel mais ativo, com capacidade de produzir a sua própria energia (*prosumers*), podendo ainda o mesmo armazenar e vender energia. Estas comunidades apresentam também como um aspeto atraente, a possibilidade da sua implementação de acordo com as necessidades específicas de cada local, sejam em locais rurais mais remotos, seja no meio urbano mais denso ou em locais industriais. Dependendo do modelo de negócio adotado podem também ser um complemento no apoio a consumidores mais desfavorecidos, apresentando-se deste modo como uma ferramenta na mitigação da pobreza energética.

Nestes aspetos as comunidades de energia são uma das alternativas a serem cada vez mais promovidas e incentivadas, apresentando cada vez mais um maior interesse público e contribuindo para a produção e o desenvolvimento do consumo de energia renovável em Portugal. Mas apesar de as CER serem apresentadas como uma forma de combate à pobreza energética, exige, no entanto, um esforço financeiro significativo para a sua instalação e um enorme esforço burocrático para a sua implementação e operação. Estes dois tipos de esforço não são compatíveis com as situações de pobreza, pelo que sem uma entidade externa, a criação de CER's nestes meios torna-se virtualmente impossível. Assim sendo, ou as instituições públicas decidem assumir direta ou indiretamente estes custos, ou terá de ser entidade privada que os assuma.

Neste percurso, o governo tem vindo a definir enquadramentos legais nacionais e lançado apoios financeiros específicos na criação das CER, como por exemplo o aviso "Apoio à criação de Comunidades de Energia Renovável ou Autoconsumo Coletivo" pelo Fundo Ambiental (Aviso C13-i01; 02; 03 - Apoio à concretização de Comunidades de Energia Renovável e Autoconsumo Coletivo) [20]. Tendo em conta a necessidade de agilização do processo de criação de CER's, este projeto pretende ajudar a criar soluções para a definição de uma metodologia que possa ser aplicada a diversos casos de estudo.

1.2. Objetivos

Os principais objetivos deste projeto centram-se no estudo e sistematização dos procedimentos necessários, para a criação de comunidades de energia renováveis nos municípios de ação da S.ENERGIA – Agência Regional de Energia para os Concelhos do Barreiro, Moita, Montijo e Alcochete. O estudo foca-se primeiramente na criação de uma comunidade de energia renovável no município do Barreiro, envolvendo entidades locais, públicas e privadas. Este primeiro estudo serviu de base para o desenho de uma metodologia passível de ser replicada aos outros municípios, facilitando e agilizando assim a definição e criação de novas comunidades de energia.

Pretende-se assim cumprir os seguintes objetivos:

- Dimensionamento de uma Comunidade de Energia Renovável;
- Definição de Metodologia para dimensionamento da Comunidade de Energia Renovável;
- Identificação de possíveis produtores e consumidores na CER;
- Avaliação e identificação dos consumos de cada integrante da comunidade;
- Caracterização do espaço onde serão instalados os painéis fotovoltaicos, assim como o número de painéis, a distância entre os mesmos, sombreamento, entre outros;
- Verificar a viabilidade económica do projeto, assim como as vantagens e dificuldades na criação da CER;
- Apresentar e propor um modelo de negócio para a criação e funcionamento da CER.

1.3. Entidade Orientadora

Este projeto foi elaborado numa parceria entre o Instituto Politécnico de Setúbal e a S.ENERGIA – Agência Regional de Energia para os concelhos do Barreiro, Moita, Montijo e Alcochete.

A S.ENERGIA, é uma associação privada sem fins lucrativos, criada em Maio 2007 como o apoio do programa “Energia Inteligente-Europa” e das Câmaras Municipais da sua área de intervenção. Esta agência desempenha um papel ativo junto dos municípios, apoiando a estratégia energético-ambiental dos mesmos e incentivando os outros atores locais da região, tais como as Comunidades Escolares, as Coletividades

e as Associações Desportivas, as Instituições Particulares de Solidariedade Social, as Empresas e os Cidadãos em geral, para uma atuação segundo as melhores práticas energético-ambientais, com o objetivo de ajudar construir, de uma forma conjunta, uma península de Setúbal mais sustentável e ambientalmente mais equilibrada.

1.4. Dados Utilizados

Os presentes dados utilizados no caso de estudo presente neste projeto sobre perfis de consumo, potências contratadas, CPE's e áreas de intervenção foram recolhidos com apoio da S.ENERGIA consultando os potenciais participantes na Comunidade de Energia Renovável.

1.5. Organização do projeto

Este projeto está segmentado em 6 capítulos.

No capítulo 1, é feita uma breve contextualização e introdução ao tema, assim como motivação e objetivos para a realização da mesma.

No capítulo 2, é realizada uma apresentação da situação energética em Portugal, o sistema energético existente e a utilização da energia solar fotovoltaica no panorama nacional.

No capítulo 3, é apresentada uma revisão bibliográfica aos conteúdos mais relevantes que servirá de base para a realização do estudo proposto. Numa primeira parte é realizada uma apresentação da legislação existente e da definição de Autoconsumo. Já numa segunda parte, é realizada uma apresentação dos diferentes modelos de negócio para as Comunidades de Energia assim como o modelo de negócio proposto para este estudo.

No capítulo 4, é realizada e apresentada a metodologia utilizada no dimensionamento da Comunidade de Energia Renovável.

No capítulo 5, é apresentado um caso de estudo realizado no município do Barreiro, aplicando a metodologia desenvolvida no capítulo 4.

Por último, no capítulo 6 são apresentadas as principais conclusões sobre o tema do projeto, concretizando-se num resumo da metodologia utilizada.

Capítulo 2

2. Energia Em Portugal

Neste capítulo é apresentado, de um modo geral, o panorama energético nacional atual, onde se verifica a necessidade de alteração de um perfil de utilização intensiva dos combustíveis fósseis para um mix energético mais sustentável, baseado nas fontes de energias renováveis. Nestas, apesar da sua atual pouca expressão, o setor solar fotovoltaico tem vindo a crescer e a aumentar de forma significativa, devido também à subida drástica e contínua dos preços dos combustíveis fósseis e pelos respetivos impactos ambientais existentes. Deste modo, diversas políticas governamentais têm sido desenvolvidas incentivando cada vez mais a adoção das energias por fontes renováveis.

2.1. Panorama Nacional

Portugal atualmente sofre de uma forte dependência energética do exterior. Por não apresentar qualquer tipo exploração de recursos energéticos não renováveis, recursos petrolíferos, jazidas de gás natural ou minas de carvão, o país necessita de recorrer à importação de energia e à produção de parte da sua própria energia através de fontes renováveis. Na figura 1 é possível verificar os valores de importação e exportação de energia em Portugal.

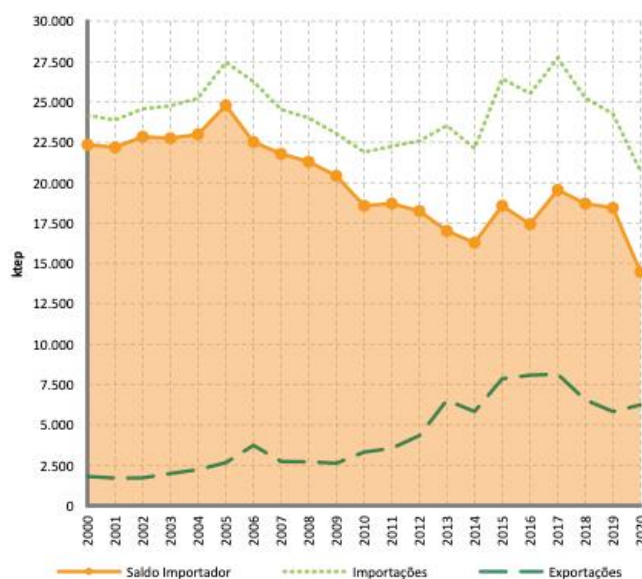


Figura 1 - Evolução do saldo de energia em Portugal [2]

Verifica-se que apesar de um valor elevado de importação de energia, nos últimos 20 anos este apresentou uma redução de 35,3% e comparando o ano de 2019 para 2020 essa redução foi de 21,6%. Para este decréscimo face a 2019, contribui fundamentalmente o carvão, devido à redução do consumo nas centrais termoelétricas durante o ano de 2021, até que viram o seu fecho em novembro do mesmo ano.

Em 2020, registou-se em Portugal um Consumo Total de Energia Primária de 20 791 ktep, uma diminuição de 7,5% relativamente a 2019, sendo esta diminuição de consumo fortemente dependente dos impactos da pandemia. Ainda assim, analisando o consumo das diferentes formas de energia, na figura 2, é possível verificar que o petróleo continua a ser a principal fonte de energia primária (40,9%) mas que o seu peso tem vindo a decrescer nos últimos anos, enquanto por outro lado o peso das energias renováveis tem vindo a aumentar, estando atualmente nos 29,9%.

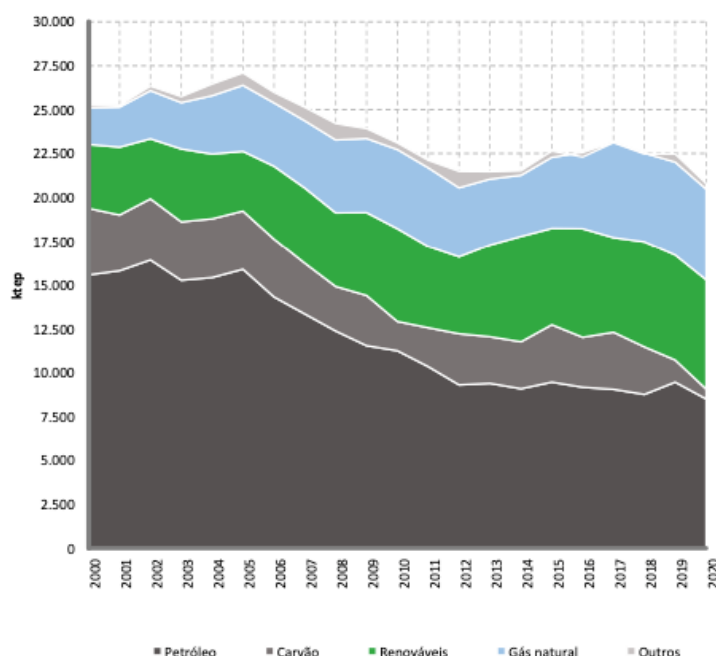


Figura 2 - Evolução do Consumo Total de Energia Primária [2]

Apesar da grande dependência energética exterior, nos últimos anos esta tem vindo a decrescer. Em 2010 Portugal apresentava uma dependência energética de 76,1%, já em 2020 esse valor situou-se nos 65,8%, sendo um dos objetivos do Plano Nacional de Energia e Clima (PNEC2030) reduzir esta dependência para os 65% até 2030. Verificando o panorama europeu, Portugal foi o 11º país com maior dependência energética e 7,8% acima da média da EU que foi de 57,5%.

Verifica-se que nas fontes não renováveis existe uma redução da utilização do carvão e do petróleo, é de realçar também o crescimento da potência instalada em fontes

renováveis registados nos últimos anos para a produção de energia elétrica, favorecendo desta forma a diminuição dos combustíveis fósseis. Em 2021, Portugal tinha uma potência total instalada de 23 167 MW para a produção de eletricidade, mais 3,2% acima face a 2020 e comparando com 2011, 12,3% superior.

Observando a quota de potência instalada em fontes de energia renovável, verifica-se que em 2021 essa quota atingiu o valor de 66% da potência total instalada. Entre as renováveis, a que mais apresentou uma maior evolução foi a energia fotovoltaica, que de 2020 para 2021, aumentou em 53%, para 1 647 MW. A evolução da componente fotovoltaica até 2021, onde representou 11% da potência total instalada em renováveis, é impressionante, já que este valor em 2011 era de 1,6%.

Verifica-se assim com estes dados que uma das apostas mais fulcrais na atualidade de Portugal é a energia fotovoltaica. Na figura 3, verifica-se que entre todos os países europeus, Portugal assim como Espanha, apresenta-se como um dos que apresenta maiores registos de irradiância global.

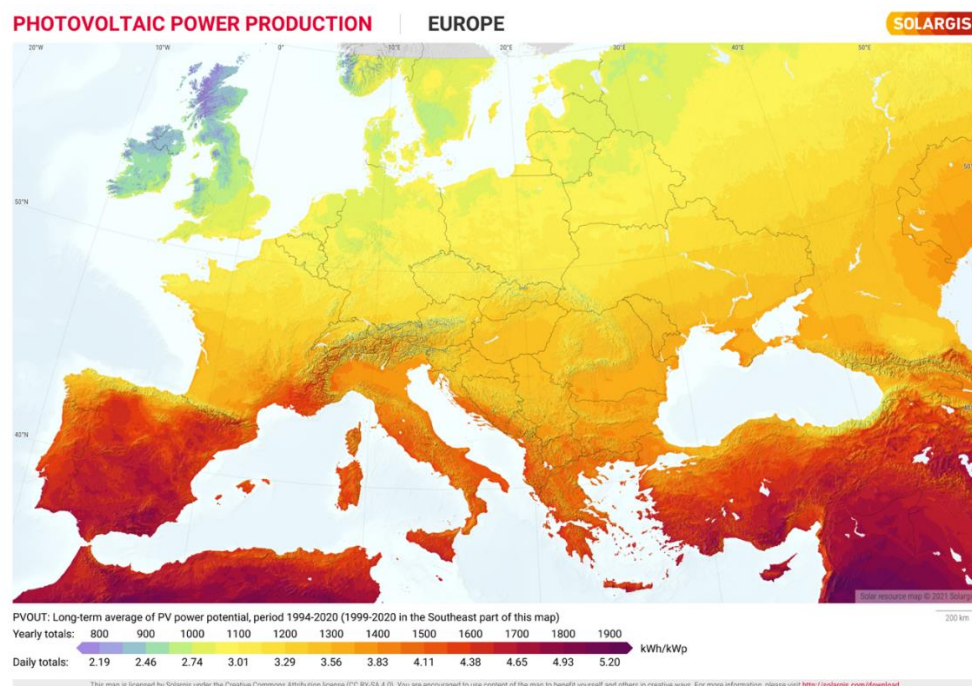


Figura 3 - Irradiância na Europa [3]

2.2. Planos de Ação Climática

A União Europeia, no seu esforço para promover uma política energética cada vez menos dependente de combustíveis fósseis, na sua maioria importados de regiões externas ao continente europeu e sujeitas a alguma turbulência política, tem definido sucessivos planos, onde constam metas específicas para a redução de consumos e incorporação de renováveis. Estes planos e diretivas são depois transpostas para a legislação nacional, dando origem, por exemplo ao mais recente Plano Nacional para a Energia e Clima (PNEC2030) [4]. O PNEC 2030 veio substituir os anteriores planos, Plano Nacional de Ação para as Energias Renováveis (PNAER) e Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética (PNAEE) que findaram em 2020 a sua ação. Estes dois planos foram criados no âmbito da Diretiva 28/2009/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de abril de 2009, que introduziu a obrigatoriedade de os países membros da EU submeterem um plano de promoção da utilização de energia proveniente de fontes renováveis.

Nestes dois instrumentos de política energética foram definidas as políticas e medidas para o setor da eficiência energética e energias renováveis, que visaram atingir os objetivos e metas definidas para Portugal até 2020. Na figura 4, é possível verificar que a nível nacional, Portugal conseguiu atingir a meta de 31% de energias de fontes renováveis designada no PNAER.

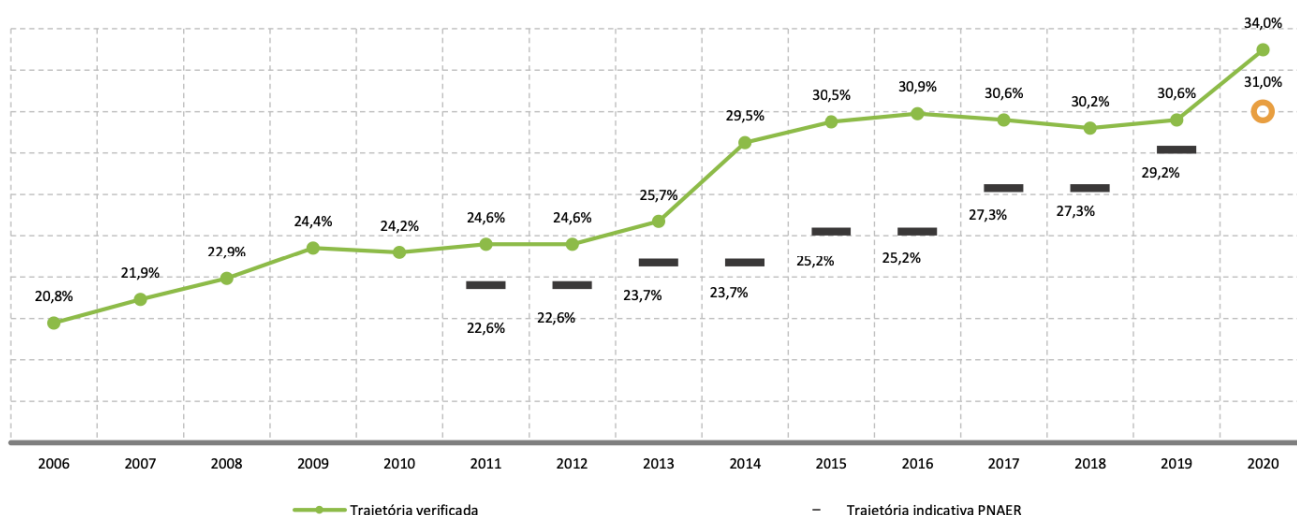


Figura 4 - Evolução da incorporação de renováveis no consumo final bruto de energia de acordo com a Diretiva 2009/28/CE [7]

A Comissão Europeia apresentou em 2016 o Pacote Legislativo “Energia Limpa para todos os Europeus” com o objetivo de promover a transição energética na atual década 2021-2030, tendo em vista o cumprimento do Acordo de Paris e, simultaneamente, o

crescimento económico e a criação de emprego. Este pacote previu que todos os Estados-Membros elaborassem e apresentassem à Comissão Europeia um Plano Nacional Integrado de Energia e Clima (PNEC2030) para o horizonte 2030. Este Plano, atualmente em vigor, visa o estabelecimento, pelos Estados Membros, de metas e objetivos em matéria de emissões de gases com efeito de estufa, energias renováveis, eficiência energética, segurança energética, mercado interno e investigação, inovação e competitividade, bem como uma abordagem clara para o alcance dos mesmos. Portugal atualmente encontra-se com metas e objetivos definidos para a década 2021-2030, metas estas que visam a construção de uma estratégia rumo à neutralidade carbónica e a uma economia neutra em carbono, baseada em fontes de energia renovável, com foco na eficiência energética e no consumidor de energia.

O PNEC2030, trata-se de um instrumento de política nacional relevante para a implementação das linhas estratégicas para a próxima década rumo à neutralidade carbónica, estará necessariamente alinhado com as visões e narrativas definidas no Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050 (RNC 2050) [35]. Sendo inevitável a necessidade da transição energética face à atual urgência climática e a necessidade de alteração do paradigma económico, em particular, no foco dos combustíveis fósseis, Portugal assumiu através do RNC 2050 a redução das suas emissões de gases de efeito estufa de modo a alcançar a neutralidade carbónica em 2050. Na figura 5 é possível verificar as metas e objetivos a ser cumpridos até 2030, fruto dos dois documentos mencionados acima. Nestas metas verifica-se que é necessário atingir uma redução de Emissões de Gases Efeito Estufa entre 45% e 55%, atingir uma eficiência energética de 35%, uma quantidade de energia de fonte renovável de 47%, uma taxa de renováveis nos transportes de 20% e o aumento de interligações elétricas de 15%.

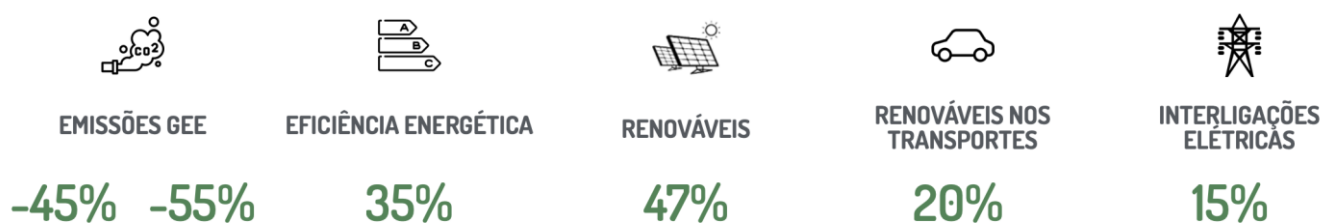


Figura 5 - Metas e Objetivos para o horizonte 2030 [4]

Recentemente o parlamento viu aprovada a Lei de Base do Clima, em dezembro de 2021, com efeitos a partir de fevereiro de 2022, que exige o desenvolvimento e aprovação de um Plano Municipal de Ação Climática até fevereiro de 2024. Neste plano medidas como esta da criação de comunidades de Energia Renovável podem e devem fazer parte da estratégia Municipal.

Capítulo 3

3. Revisão Bibliográfica

Neste capítulo é apresentado um resumo do enquadramento legislativo direcionado às Comunidades de Energia Renovável. São ainda clarificados diversos conceitos necessários ao melhor entendimento dos objetivos e funcionamento de uma Comunidade de Energia Renovável, como o autoconsumo individual e autoconsumo coletivo. Por fim, é apresentada a situação atual das Comunidades de Energia Renovável em Portugal e na União Europeia, assim como alguns exemplos específicos.

3.1. Enquadramento Legislativo

A legislação em vigor permite que diversas entidades desenvolvam e estabeleçam comunidades de energia, desde pequenas e médias empresas, a autarquias ou cidadãos comuns.

3.1.1. Decreto-Lei nº15/2022 – Estabelecimento e Organização do Sistema Elétrico Nacional

A implementação do atual diploma em vigor, Decreto-Lei 15/2022 [5], teve como principal objetivo concentrar toda a informação sobre autoconsumo, comunidades de energia, sistema energético nacional assim como todos os regimes e leis associados a estes num só documento. Deste modo a implementação do anterior Decreto-Lei 162/2019 introduziu o conceito de Comunidades de Energia Renovável assim como proporcionou aos consumidores a capacidade de produzir, consumir, armazenar e partilhar energia no mercado sem sobreencargos financeiros.

Este documento serve de apoio também para que Portugal crie as condições legais necessárias para atingir as metas definidas no âmbito do PNEC2030, nomeadamente o alcance de uma quota de 47% de energia proveniente de fontes renováveis no consumo final bruto em 2030. Neste contexto, é expectável uma redução do preço do consumo de eletricidade para quem adira a um autoconsumo coletivo ou a comunidades de energia renovável.

Estas Comunidades de Energia Renovável, pelo artigo 189.º, do presente decreto, são

definidas como “uma pessoa coletiva (...), com ou sem fins lucrativos, com base numa adesão aberta e voluntária dos seus membros, sócios ou acionistas, os quais podem ser pessoas singulares ou coletivas, de natureza pública ou privada, incluindo nomeadamente pequenas e médias empresas, autarquias locais, que seja autónoma dos seus membros ou sócios, mas por eles efetivamente controlada, desde que e cumulativamente:

- Os membros estejam localizados na proximidade dos projetos de energia renovável ou desenvolvam atividades relacionadas com os projetos de energia renovável da respetiva comunidade de energia;
- Os projetos de energia sejam detidos e desenvolvidos pela pessoa coletiva;
- A pessoa coletiva tenha por objetivo principal propiciar aos membros ou às localidades onde opera a comunidade benefícios ambientais, económicos e sociais em vez de lucros financeiros;”

Aos consumidores é assegurado o direito a se tornarem autoconsumidores, nas seguintes condições:

- a) As tarifas de acesso às redes são baseadas nos respetivos custos;
- b) A definição dos demais encargos, taxas e impostos aplicáveis, contribui de forma adequada, justa e equilibrada para a partilha dos custos globais do sistema;
- c) A integração na comunidade é acessível a todos os consumidores, especialmente a famílias com baixos rendimentos ou em situação vulnerável;
- d) A opção de integração em uma comunidade é livre e não implica qualquer encargo na mudança decorrente;
- e) A informação referente à viabilidade técnica e económica, os procedimentos a adotar para constituição e participação numa comunidade devem ser disponibilizadas de forma simples, transparente e sem custos.

A estes consumidores são exigidos certos deveres:

- a) Prestação de garantia a que estejam obrigados por lei;
- b) Proceder aos pagamentos a que estejam obrigados;
- c) Contribuição para a proteção do ambiente e melhoria da eficiência energética assim como a racionalização de energia;
- d) Mantimento das condições de segurança nas suas instalações e equipamentos;
- e) Obrigação de facultar todas as informações estritamente necessárias ao fornecimento de eletricidade.

São igualmente estabelecidas neste decreto diversas obrigações a serem apreciadas aquando da existência de um autoconsumo coletivo, entre elas a contagem

da energia elétrica pela Unidade de Produção em Autoconsumo Coletivo (UPAC), assim como a telecontagem com contador inteligente. É igualmente necessário a contagem de toda a energia elétrica extraída ou injetada em unidades de armazenamento associadas à Unidade de Produção de Autoconsumo Coletivo, quando estas se encontrem ligadas à Rede Elétrica de Serviço Público e integrem uma instalação elétrica separada da UPAC.

No mesmo decreto são apresentadas as alterações necessárias no Serviço Energético Nacional (SEN) para que o mesmo consiga adaptar-se às necessidades energéticas atuais. Estas alterações podem ser estruturadas em cinco eixos fundamentais:

- Atividade administrativa de controlo prévio das atividades do SEN;

Num só documento são concentradas as matérias relacionadas com a organização e funcionamento do SEN, que até agora encontravam-se dispersas por vários diplomas. Simplificar o funcionamento do SEN, eliminando a distinção entre produção em regime ordinário e de produção em regime especial, e também a simplificação das formas de controlo e comunicação prévia abrangidos no âmbito das atividades de produção, autoconsumo e armazenamento, o que irá permitir uma melhor articulação destes procedimentos.

- Planeamento das redes;

O segundo eixo foca-se na maximização do potencial da capacidade de receção da rede elétrica de serviço público (RESP), de modo que seja garantida a proteção dos consumidores e a preservação do território, por via da construção das vias estritamente necessárias, assim como condições de segurança e qualidade de serviço, permitindo assim a uma maior automação e inteligência da RESP e impondo a necessidade da sua evolução de modo a adaptar-se às exigências da proliferação de unidades de produção por via de energias renováveis.

- Introdução de mecanismos concorrenciais para o exercício das atividades do SEN;

O terceiro eixo, apresenta que as atividades de comercializador de último recurso e de agregador de último recurso, bem como as de operador logístico de mudança de comercializador e a emissão de garantias de origem, passam a ser exercidas mediante licença a atribuir de modo concorrencial e transparente.

- Participação Ativa dos consumidores, na produção e nos mercados;

Este eixo de modo simples centra-se nos consumidores e no seu papel a desempenhar no SEN, atuando individualmente, em autoconsumo coletivo ou através de comunidades de energia, fazendo assim uma pequena transição de consumidores passivos para agentes ativos que produzem eletricidade em autoconsumo ou para venda do seu

excedente. Assim sendo, este decreto-lei prevê a instalação de contadores e redes inteligentes e assegura, através da criação da figura de agregador, a eliminação de barreiras na participação nos mercados de eletricidade. É também reforçado os direitos de informação dos consumidores, através da concentração da informação essencial, que atualmente se encontra dispersa por várias entidades, na página de internet da Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos (ERSE).

- Enquadramento e densificação legislativa de novas realidades como o reequipamento, os híbridos ou a hibridização e o armazenamento.

O quinto e último eixo apresenta uma densificação e criação do enquadramento jurídico de realidades inovadoras e, bem assim, do estabelecimento de um quadro jurídico adequado aos projetos-piloto de inovação e desenvolvimento de criação de três Zonas Livres Tecnológicas (ZTL).

Este Decreto aplica-se também de forma complementar às atividades de produção, armazenamento, autoconsumo, transporte, distribuição e comercialização de eletricidade, e o exercício das atividades abrangidas pelo mesmo obedece a princípios de racionalidade e eficiência dos recursos assegurando a sustentabilidade económico-financeira do SEN e do acesso universal. Trazendo como principais vantagens a promoção ativa da incorporação de energias de fontes renováveis, um aumento da eficiência energética, uma maior segurança energética e um aumento do mercado interno e investigação, inovação e competitividade.

Com a aprovação deste Decreto-Lei 15/2022 caminha-se para uma clarificação de aspetos importantes para a formação das CER, como os deveres para a sua constituição, as obrigações das partes dos consumidores e produtores, mas assim como a perceção da necessária atualização do Sistema Elétrico Nacional.

3.1.2. Legislação de Unidades de Produção em Autoconsumo

Aquando da implementação do Decreto-Lei 162/2019, agora atualizado para o Decreto-Lei 15/2022, foi introduzido na legislação portuguesa o conceito de CER, e com ele foram estabelecidos os requerimentos aos quais os projetos de Autoconsumo ficam sujeitos, em função da potência a instalar na UPAC. Na tabela 1 é possível verificar estas condições.

Tabela 1 - Condições de Produção de Autoconsumo

POTÊNCIA INSTALADA	REQUERIMENTOS
$P \leq 350 \text{ W}$	Não está sujeita a controlo prévio
$350 \text{ W} < P \leq 30 \text{ KW}$	Está sujeita a comunicação prévia no portal online da DGEG
$30 \text{ KW} < P \leq 1 \text{ MW}$	Está sujeita a registo prévio para a instalação da UPAC e a certificação de exploração
$P > 1 \text{ MW}$	Está sujeita a atribuição de licença de produção e de exploração

Já em 2021 foi aprovado o regulamento do Autoconsumo de Energia Elétrica, regulamento nº373/2021 que revogou o anterior regulamento nº266/2020. Com este regulamento foi especificado o papel da Entidade Gestora de Autoconsumo Coletivo (EGAC) previamente introduzido no já revogado Decreto-Lei 162/2019, o conceito em específico da EGAC e o seu papel importante nas CER será apresentado no ponto 3.2.4 deste projeto. Na tabela 2 é possível verificar-se toda a legislação que se encontra em vigor relativamente às comunidades de energia e autoconsumo.

Tabela 2 - Enquadramento Legal para Autoconsumo e CER

DESIGNAÇÃO	OBJETIVO	ESTADO
DECRETO-LEI 162/2019	Definição do regime jurídico aplicável ao autoconsumo de energia renovável.	Revogado
DESPACHO N° 46/2019	Define o procedimento para obtenção de um título de controlo prévio no âmbito da produção para autoconsumo	Em Vigor
PORTARIA N° 16/2020	Fixa os valores das taxas devidas no âmbito dos procedimentos administrativos relativos à atividade de autoconsumo e às Comunidades de Energia Renovável	Em Vigor
DESPACHO N° 4/2020	Aprova o Regulamento de Inspeção e Certificação e o Regulamento Técnico e de Qualidade	Em Vigor
REGULAMENTO N° 8/2021	Aprova a regulamentação para implementação do regime do autoconsumo nas suas áreas de competência	Em Vigor
DIRETIVA N° 1/2021	Aprova as tarifas e preços para a energia elétrica e outros serviços, nomeadamente as tarifas de acesso às redes da mobilidade e as aplicáveis ao autoconsumo	Em Vigor
DECRETO-LEI 30-A/2022	Aprova medidas excecionais que visam assegurar a simplificação dos procedimentos de produção de energia a partir de fontes renováveis.	Em Vigor
DECRETO-LEI 15/2022	Engloba toda a informação referente ao regime jurídico de autoconsumo espalhada anteriormente em vários documentos	Em Vigor
DECRETO-LEI 72/2022	Altera as medidas excecionais para a implementação de projetos e iniciativas de produção e armazenamento de energia de fontes renováveis	Em Vigor

3.2. Autoconsumo

No Decreto-Lei 15/2022, foi atualizado o conceito de autoconsumo, como a produção de energia elétrica dentro das instalações de utilização, sejam habitações, espaços comerciais ou outras empresas, para consumo na própria instalação, através de uma Unidade de Produção para Autoconsumo (UPAC). Neste decreto é ainda respondida a algumas lacunas existentes nos decretos antecedentes, como no caso de uma UPAC ligada à rede de distribuição de energia elétrica em Baixa Tensão (BT), a Instalação de Utilização (IU) e a UPAC não poderem apresentar uma distância superior a 2 km de distância geográfica, entre si.

Especificando concretamente o conceito de autoconsumo, tem-se que o mesmo pode ser realizado pelo próprio produtor de forma individual ou contar com mais participantes, e deste modo conformam-se os conceitos de Autoconsumo Individual, Autoconsumo Coletivo e Comunidades de Energia Renovável. As unidades de autoconsumo produzem eletricidade maioritariamente para satisfazer as necessidades de consumo, sendo que a energia produzida é consumida instantaneamente, reduzindo assim a compra de energia da rede. O aproveitamento da energia produzida pelo sistema fotovoltaico na instalação elétrica ocorre apenas quando existe consumo, sendo a energia excedente, caso exista, injetada na rede elétrica de serviço público.

Apesar de partilharem o mesmo Decreto-Lei e objetivos semelhantes, o Autoconsumo Coletivo e as Comunidades de Energia Renovável, são duas formas de organização que se distinguem entre si: na primeira através de um regulamento interno definindo direitos e obrigações, e na segunda através de entidade jurídica do tipo cooperativo, associativo, uma fundação ou uma sociedade comercial participada tanto por autoconsumidores como por outras entidades envolvidas no projeto de autoconsumo.

3.2.1. Autoconsumo Individual

Este tipo de autoconsumo corresponde à produção de energia elétrica através da UPAC, com o intuito de consumir nessa mesma instalação, tendo ainda a hipótese vender ou armazenar a energia em excesso, assim como de consumir a energia da Rede Elétrica de Serviço Público (RESP), sempre que seja necessário. Este sistema, como ilustra a figura 6, necessita de possuir um equipamento produtor de energia elétrica, um inversor de rede, quando necessário um contador da UPAC e um contador bidirecional.



Figura 6 - Esquema de Autoconsumo Individual [6]

3.2.2. Autoconsumo Coletivo

Neste tipo de autoconsumo, ilustrado na figura 7, existe a possibilidade de produzir energia elétrica para várias instalações na proximidade (geográfica e elétrica) da unidade de produção. Atualmente a lei não decreta a distância máxima da unidade de produção à instalação às restantes instalações de utilização (IU), designando apenas que devem possuir uma relação de vizinhança próxima. Alguns exemplos de possíveis autoconsumidores, são IU situados no mesmo edifício, zona de apartamentos ou mesmo moradias, edifícios e infraestruturas estatais, unidades industriais, comerciais ou agrícolas, entre outras infraestruturas.

A ideia principal é a partilha de energia entre os vários consumidores, que se associam para realizar o investimento e manutenção da UPAC, distribuição a produção de energia entre eles. Não se encontrando a UPAC ligada a uma rede particular onde se encontram também ligadas as instalações de utilização, a partilha de energia utiliza a rede pública e nesse caso fica sujeita ao pagamento das tarifas de acesso às redes. É necessário também que as IU possuam um sistema de medição inteligente e todos as IU devam possuir o mesmo nível de tensão.

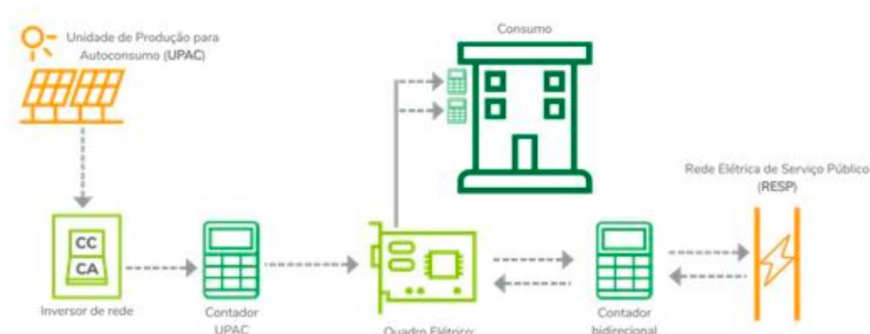


Figura 7 - Esquema de Autoconsumo Coletivo [6]

3.2.3. Comunidades de Energia Renovável

O conceito de Comunidade de Energia Renovável (CER) é algo muito amplo. Com a legislação em vigor é possível delinear os caminhos diversos para a concretização das CER, tendo sempre como objetivo principal a produção e distribuição de energia, dependendo das características e objetivos dos constituintes da comunidade, sejam estes puramente económicos, ambientais, sociais ou outros.

Ainda a dar os primeiros passos em Portugal, as primeiras atividades neste âmbito remontam aos anos 80, em que os trabalhadores da cidade de Gras, na Áustria,

desenvolveram um conjunto de projetos de energia solar, fabricando painéis solares de forma autónoma. Este movimento teve origem na necessidade de existir energia solar que fosse mais acessível para o cidadão comum, uma vez que os custos de produção e manutenção dos painéis fotovoltaicos tinham custos muito elevados, fruto desta tecnologia ainda se encontrar numa fase inicial.

Desde 2019, as CER têm obtido cada vez mais simpatizantes, devido ao avanço das tecnologias de energia renovável e à crescente preocupação dos países em reduzir a queima dos combustíveis fósseis, de forma a diminuir as emissões de CO₂ e desta forma tentar mitigar as alterações climáticas. Este movimento, provoca uma grande procura por novas formas de gerar energia elétrica, nomeadamente, através da implementação de painéis fotovoltaicos nos edifícios, sejam eles de habitação, industriais ou de serviços. Desta forma a energia não só é gerada com menos emissões, mas também tendencialmente com um custo mais acessível para o consumidor.

Em termos técnicos, como definido pelo Decreto-Lei 162/2019 e posteriormente mais delineado no Decreto-Lei 15/2022, a CER é uma pessoa coletiva constituída por intermédio da adesão aberta e voluntária dos seus membros, que vão desde consumidores finais nas suas habitações até autarquias ou pequenas e médias empresas.

Os consumidores podem fazer parte da comunidade desde que estejam localizados na proximidade dos projetos de energia renovável ou desenvolvam atividades relacionadas com os projetos de energia renovável da respetiva comunidade. A Direção Geral de Energia e Geologia (DGEG), como entidade competente sobre a qual recai a obrigação de avaliação de todos os projetos de CER deverá avaliar para cada caso o que na prática representa a “proximidade”, supondo-se que esta dependa das condições da rede de distribuição e da natureza do projeto em cada local. O objeto principal da CER será a utilização de energias de fontes renováveis com benefícios para os seus integrantes na faturação assim como o desenvolvimento ambiental, económico e social em vez de lucros financeiros [5].

Na figura 8 é possível verificar um exemplo com vários modos de distribuição de energia dentro de Comunidades de Energia Renovável, onde se faz uso da RESP.

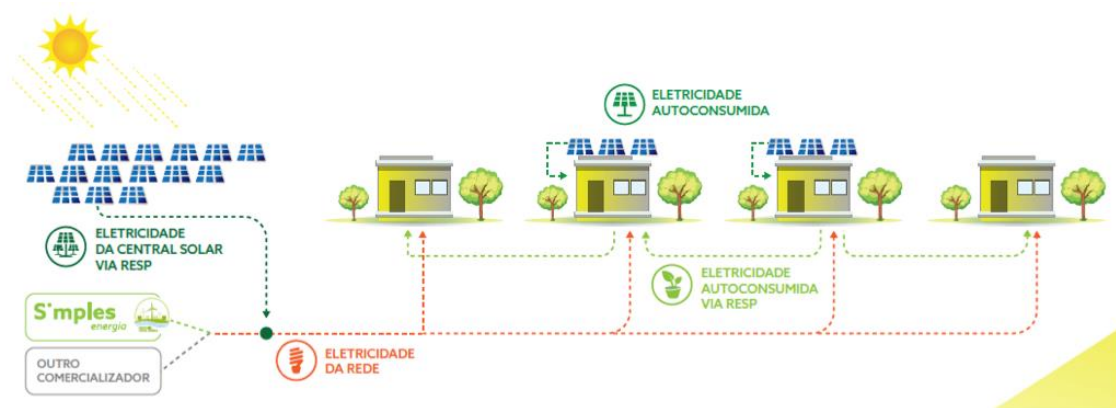


Figura 8 - Comunidade de Energia Renovável [7]

As CER após constituídas apresentam faculdade para a produção, consumo, armazenamento, compra e venda de energia renovável com os seus membros ou com terceiros assim como partilhar e comercializar a energia renovável produzida entre os seus membros, sem prejuízo de os membros manterem os seus direitos e deveres enquanto consumidores.

3.2.4. Entidade Gestora de Autoconsumo Coletivo

A esta entidade compete o papel mais importante numa CER, desde a prática dos atos de gestão operacional, incluindo a gestão interna, a criação e articulação de uma plataforma eletrónica para gerir a comunidade, a inscrição da UPAC na plataforma eletrónica da DGEG, a ligação com a RESP e articulação com os respetivos operadores. Em matéria de partilha da produção e respetivos coeficientes, no caso das CER as funções da EGAC são desempenhadas pela própria comunidade ou por uma entidade em que sejam delegadas essas funções.

A EGAC, nos casos em que a UPAC está ligada à RESP, que será a situação de estudo, deve diretamente ou através de uma rede interna, comunicar ao Operador de Rede Distribuição (ORD), quais os coeficientes de partilha pretendidos para a repartição da produção elétrica da UPAC. Compete também à EGAC o estabelecimento de um contrato de uso das redes com o ORD, nos termos do Regulamento de Acesso às Redes e às Interligações (RARI) e do Regulamento de Relações Comerciais (RRC), aquando da configuração das instalações participantes na CER, resulte a possibilidade de ocorrer autoconsumo através da RESP. Na figura 9, é possível verificar um diagrama de fluxo que concentra alguma da informação importante aquando da realização de uma CER.

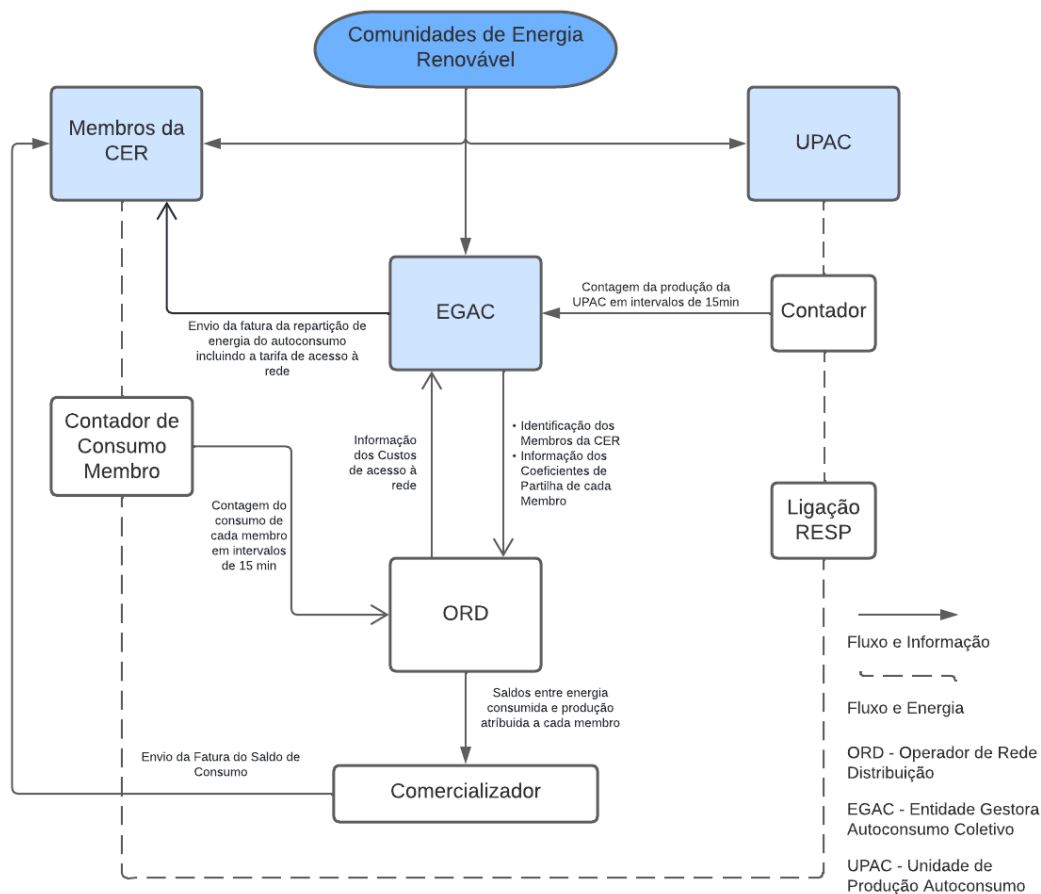


Figura 9 - Diagrama Comunidades de Energia Renovável [17]

Na figura 9, verifica-se que a EGAC apresenta-se como uma entidade centralizadora, com um papel importante em todo o processo, recai sobre a mesma algumas das principais responsabilidades da CER como:

- Representação dos membros da CER;
- Definição dos coeficientes de partilha da energia produzida pelos membros da CER;
- Partilha económica dos custos/benefícios por cada membro;
- Tarifas de acesso à rede e consumos próprios;
- Venda de energia em excedente;
- Armazenamento de energia aquando da existência de baterias.
- Realização dos contratos:
- ORD (tarifas associadas à utilização da rede de distribuição);
- Comercializador (compra e venda de energia).

Também é possível verificar na figura 9 que o ORD é a entidade responsável pela aquisição dos dados de consumo, de cada integrante da CER. Esses dados de consumo são depois direcionados para a EGAC, que por sua vez enviará os coeficientes de

repartição da energia produzida referente a cada membro da CER ao ORD, que determinará os saldos entre energia consumida e produzida. Desta forma os membros da CER irão sempre receber uma fatura da EGAC referente à energia do autoconsumo e poderão vir a receber também uma fatura do comercializador de energia nos meses em a energia produzida não seja suficiente para satisfazer as necessidades da Instalação de Utilização.

3.3. Modelo de Partilha de Energia

Como verificado na figura 9 recai sobre a Entidade Gestora de Autoconsumo a transmissão de grande parte da informação referente à CER, sendo o modelo de repartição de energia pelos membros um desses dados. Por ser um processo ainda recente estes conceitos encontram-se ainda em processo de solidificação. Abaixo apresentam-se dois modelos de repartição de energia possíveis de serem usufruídos nas CER's ou autoconsumo coletivo.

- **Modelo de Partilha baseado em Consumo**

Este modelo de partilha trata-se da análise detalhada dos consumos de cada membro da CER, com essa análise consegue-se definir a seguinte expressão matemática:

$$ER_{MCER} = \frac{EC_{MCER}}{\Sigma EC_{MCER}} \times EP_{UPAC}$$

Em que ER_{MCER} representa a Energia Repartida pelo membro da CER, EC_{MCER} representa a Energia Consumida pelo membro da CER, ΣEC_{MCER} representa o somatório da Energia Consumida por todos os membros da CER e EP_{UPAC} representa a Energia Produzida pela UPAC Disponível para Autoconsumo. Com este modelo de partilha, a EGAC apenas define a fórmula de cálculo e transmite à ORD, assim o controlo da repartição passa a ser da responsabilidade da ORD sem qualquer intervenção da EGAC e CER;

- **Modelo de Partilha baseado em Coeficientes**

Este modelo de partilha baseia-se na definição de coeficientes específicos de partilha para cada membro da CER, trata-se de um método menos preciso e justo pois não tem em conta os consumos dos membros da CER, podendo originar a injeção do excesso de energia produzida na rede em vez de ser partilhado dentro da comunidade. Estes coeficientes são definidos pela EGAC estipulando um “teto” máximo que cada membro pode receber de energia fotovoltaica produzida. A seguinte expressão matemática define o modelo de partilha por coeficientes como:

$$ER_{M_{CER}} = \frac{C_{M_{CER}}}{\Sigma C_{M_{CER}}} \times \Sigma EP_{UPAC}$$

Em que $ER_{M_{CER}}$ representa a Energia Repartida pelo membro da CER, $C_{M_{CER}}$ representa o coeficiente por membro da CER, EP_{UPAC} representa a Energia Produzida na UPAC e ΣEP_{UPAC} representa o somatório dos coeficientes definidos para todos os membros da CER.

3.4. Modelos de Negócio

Por se tratar de um tema em constante desenvolvimento e atualização, é difícil designar um modelo de negócio geral que seja aplicável a todos os projetos no âmbito das CERs.

Pela pesquisa efetuada foi possível identificar alguns tipos de modelos que podem ser aplicados ao caso de estudo. Foi também desenvolvida uma tabela (anexo 1) com alguns projetos e modelos de negócio existentes no âmbito das comunidades de energia na Europa.

Abaixo são apresentados alguns dos modelos de negócio selecionados. Estes modelos fornecem uma visão geral dos principais Modelos de Negócio para as CER e das suas diferentes características de implementação:

- **Cooperativas de Energia**

Este modelo de negócio trata-se de um clássico exemplo de iniciativas lideradas pelos cidadãos que se unem para completar o financiamento de sistemas de geração de energia. As cooperativas regem-se pelo código cooperativo (Lei 119/2015), que define como principais características:

1. As cooperativas são pessoas coletivas autónomas, de livre constituição, de capital e composição variáveis, que, através da cooperação e entreajuda dos seus membros, com obediência aos princípios cooperativos, visam, sem fins lucrativos, a satisfação das necessidades e aspirações económicas, sociais ou culturais daqueles.
2. As cooperativas, na prossecução dos seus objetivos, podem realizar operações com terceiros, sem prejuízo de eventuais limites fixados pelas leis próprias de cada ramo.

Em grande parte dos casos, podem ser criadas cooperativas pelas pessoas envolvidas no seu financiamento e partilha de energia fotovoltaica ou outra. Também podem ser

cooperativas de carácter local ou regional, criadas para suprir necessidades energéticas em regiões específicas (comunidades de lugar) com base no autoconsumo e venda de excedentes, com os resultados financeiros reinvestidos na comunidade. As cooperativas de energia podem também estar envolvidas na gestão e operação de redes regionais de distribuição de baixa tensão, o que lhes permite definir as condições de faturação, incentivar o autoconsumo por meio de esquemas de preços dinâmicos e isentar os cooperantes do pagamento de alguns usos de energia. Na figura 10 é possível observar-se o modelo de negócio de uma cooperativa de energia.

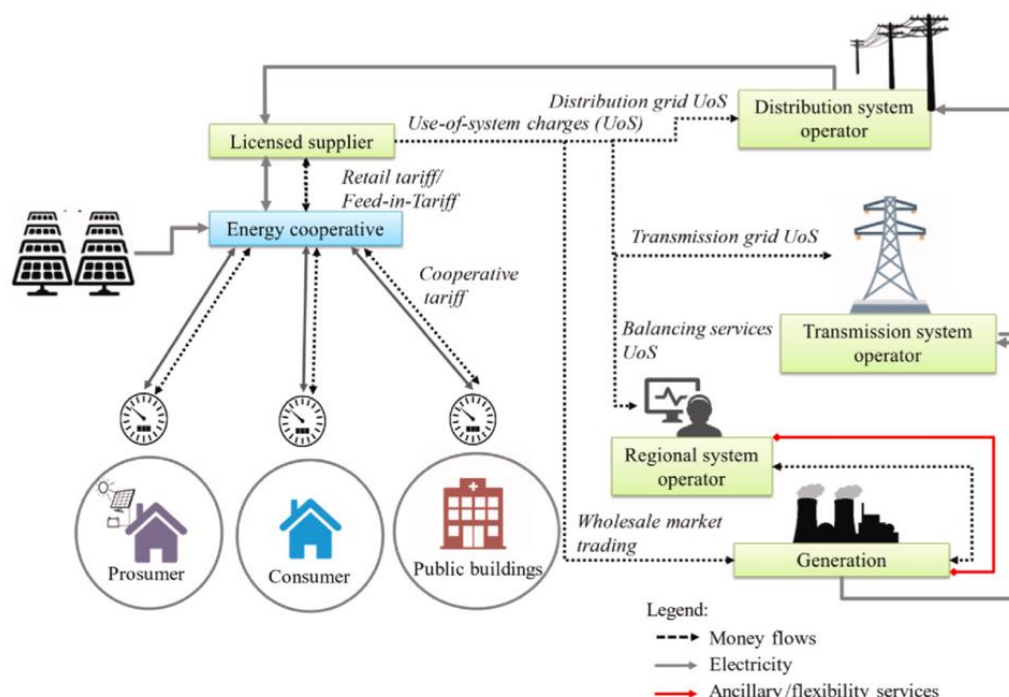


Figura 10 – Modelo de Negócio (Cooperativa de Energia) [5]

Tem-se como exemplo nacional de cooperativa de energia, a Coopérnico, uma cooperativa de energia portuguesa fundada por um grupo de 16 cidadãos de diferentes áreas profissionais e com diferentes backgrounds, mas que partilham uma preocupação com o desenvolvimento sustentável. Desde a sua criação, novembro de 2013, muitos cidadãos juntaram-se à mesma, totalizando atualmente cerca de 2500 membros que participam nas atividades e gestão da cooperativa. A Coopérnico é uma cooperativa de energias renováveis, que alia à sua natureza social o apoio a projetos de solidariedade, educacionais ou de proteção ambiental. No anexo 1, é possível verificar-se 4 exemplos de Cooperativas de Energia, sendo um deles a própria Coopérnico, nestes exemplos encontra-se incluindo um link para cada projeto de modo a ser possível a sua análise se necessário.

- Comunidades de “Prosumerism”

Estas comunidades de energia dedicadas ao Prosumerism (combinação no inglês de “*Produce*” e “*Consume*”, Produzir e Consumir em português) são normalmente comunidades locais criadas pelos prosumers, que agem como investidores, decisores e clientes, que se unem para beneficiar de condições especiais de financiamento na aquisição de ativos. Na figura 11 é possível verificar-se uma sistematização do modelo de negócio.

O exemplo de um caso de sucesso é a comunidade de Svalin na Dinamarca, que visa maximizar as economias dos participantes dentro de um esquema de comércio de energia “*peer-to-peer*” (P2P). Este modelo de partilha de energia representa uma das soluções para o paradigma dos sistemas elétricos de energia, este pode se definir como a partilha flexível de energia, onde o consumidor pode gerar a sua própria energia, sendo o excedente comercializado entre os consumidores locais. Neste tipo de comunidade as receitas obtidas com a venda de energia excedente podem ser distribuídas pelos prosumers para reembolso ou até reinvestimento na própria comunidade, para melhorar as infraestruturas sociais e expandir as capacidades instaladas de geração ou armazenamento. No anexo 1, é possível verificar-se 2 exemplos de Comunidades de “*Prosurism*”, incluindo um link para cada projeto de modo a ser possível a sua análise se necessário.

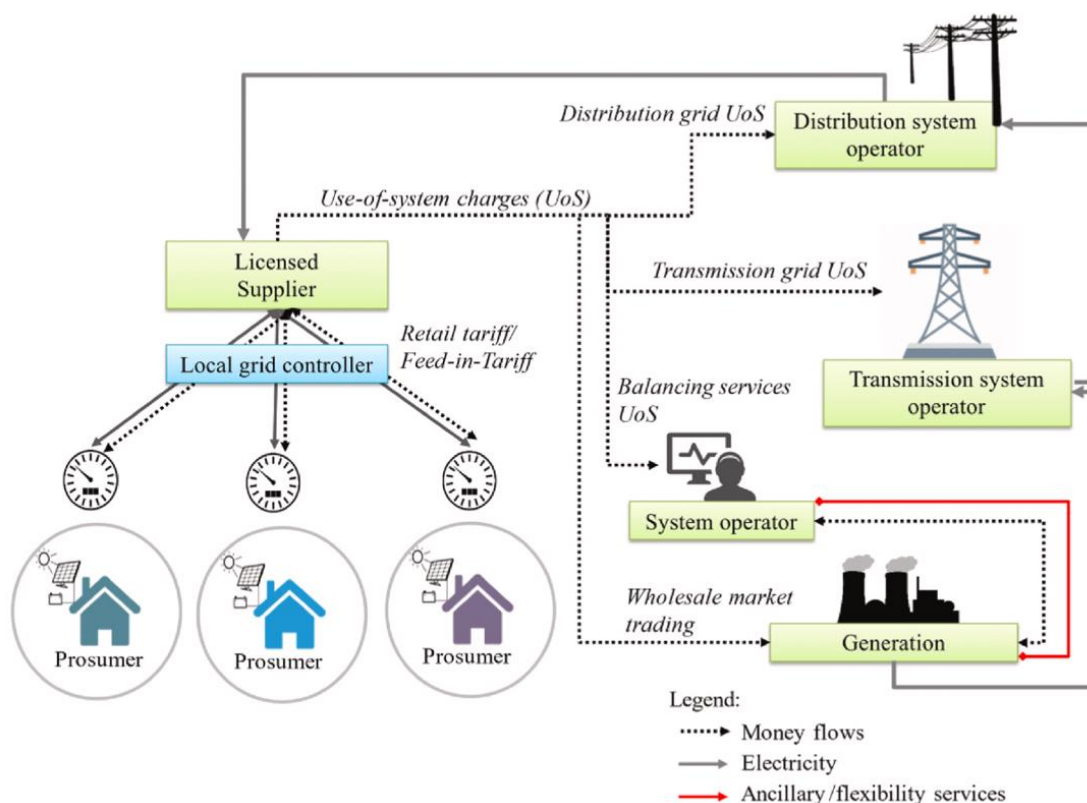


Figura 11 - Modelo de Negócio - Comunidade de Prosurism [5]

- **Mercados Locais de Energia**

Os Mercados Locais de Energia são tipicamente desenvolvidos por comunidades orientadas ao prosumism, que visam trabalhar de forma colaborativa para maximizar a sua autossuficiência e reduzir a quantidade de energia comercializada com entidades externas. Nestes Mercados de Energia Locais, as condições de negociação, como o preço, podem ser negociadas entre os participantes do mercado, permitindo que produtores selecionem a quem vendem a energia e os consumidores escolham a quem comprar a sua energia. Nesse modelo de negócio, as receitas da venda de energia são distribuídas pelos “prosumers” e consumidores que beneficiam da economia devido às diferenças de tarifas. Na figura 12 é possível verificar-se uma sistematização do modelo de negócio.

Estes Mercados são estabelecidos de modo a promover o modelo de partilha de energia P2P de modo descentralizado, permitindo que os membros negociem livremente entre eles, ou mais centralizada, por meio de entidades intermediárias. No anexo 1, é possível verificar-se 2 exemplos de Mercados Locais de Energia, incluindo um link para cada projeto de modo a ser possível a sua análise se necessário.

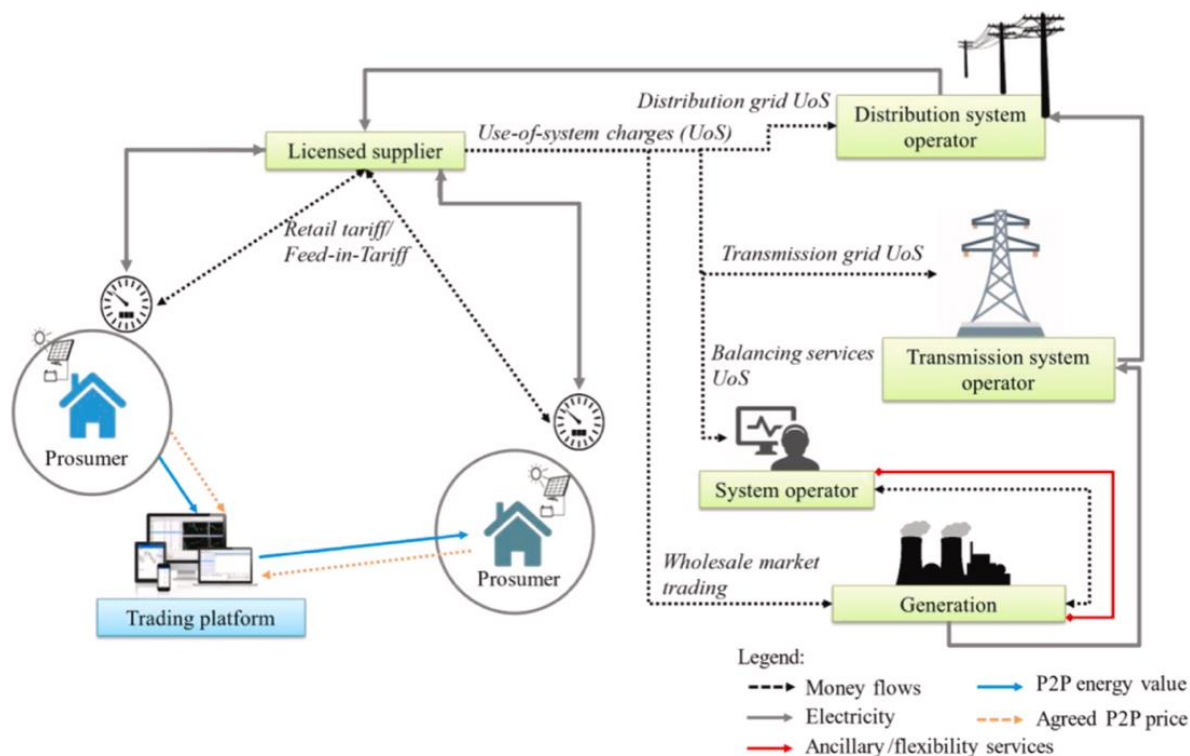


Figura 12 - Modelo de Negócio - Mercados Locais de Energia baseado em P2P [5]

- **Comunidade Coletivas de Produção**

O modelo de negócio baseado em Comunidades Coletivas de Produção é baseado em sistemas compartilhados de produção, normalmente sistemas de produção fotovoltaica, e armazenamento de energia. Estes sistemas são instalados em coberturas de edifícios ou nas proximidades dos locais de consumo. O investimento é partilhado pelos proprietários das habitações (consumidores, acionistas, investidores) e são necessárias infraestruturas de medição de rede sofisticadas, além disso, a distribuição de energia produzida e as receitas da venda de excedentes dependem de regras estabelecidas aquando da criação da comunidade de forma voluntária e colaborativa entre os membros do projeto. Este modelo de negócio ao contrário do modelo de “prosumerism” não exige que todos os membros da comunidade sejam consumidores e produtores, permitindo assim uma maior flexibilidade na constituição da comunidade, e permitindo que a mesma seja, por exemplo, aplicada em prédios habitacionais.

Estes modelos de negócio estão a ganhar cada vez mais impacto por toda a Europa o Za Zemiata é um exemplo de uma iniciativa de produção coletiva implementada na Bélgica (Anexo 1). Na figura 13 é possível verificar-se uma sistematização do modelo de negócio.

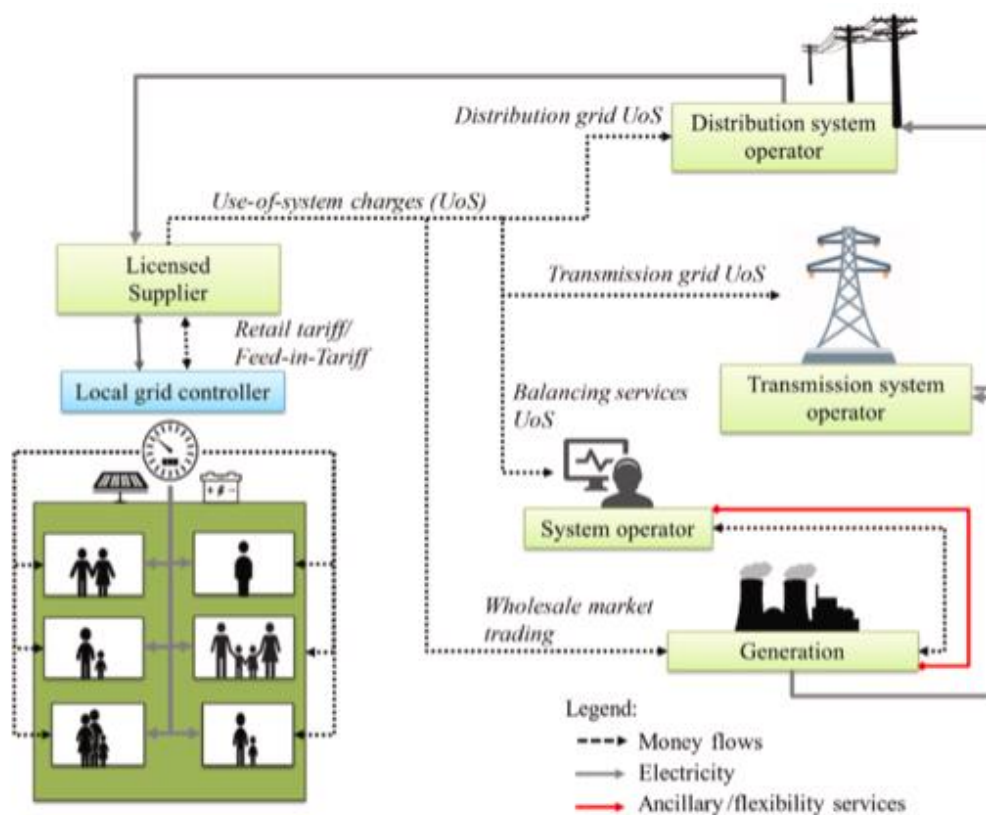


Figura 13 - Modelo de Negócio – Comunidade Coletiva Produção baseada em P2P [5]

- **Cooperativas E-Mobility**

Estas cooperativas são criadas envolvendo acionistas (famílias, PMEs, entidades públicas, empreendedores, técnicos, etc.) que pretendem desenvolver soluções de mobilidade mais sustentáveis. Estas cooperativas dependem da existência de uma base de ativos (carros elétricos, autocarros, motorizadas, ou outros modos de mobilidade elétrica, internos ou externos à cooperativa) como recursos de flexibilidade. Na figura 14, é ilustrado como os fornecedores de serviços de mobilidade podem desenvolver os seus serviços de mobilidade elétrica através da energia produzida por membros da comunidade. Estes fornecedores possuem veículos elétricos para prestar os serviços de transporte público de passageiros, com fins lucrativos, sendo alimentados por recursos energéticos fornecidos pela comunidade.

Diferentes dos outros modelos de negócio este apresenta um ponto fulcral, dado que é desenvolvido para fins lucrativos. Assim existirá o pagamento de taxas pelos serviços prestados e a energia excedente produzida é disponibilizada a prestadores de serviços E-Mobility através do pagamento a preços competitivos com o mercado.

Por se tratar de um modelo altamente tecnológico o mesmo exige estruturas físicas reforçadas para lidar com os diversos processos existentes. No anexo 1 é possível verificar de um exemplo deste modelo de negócio. Na figura 14 é possível apresenta-se uma representação do modelo de negócio.

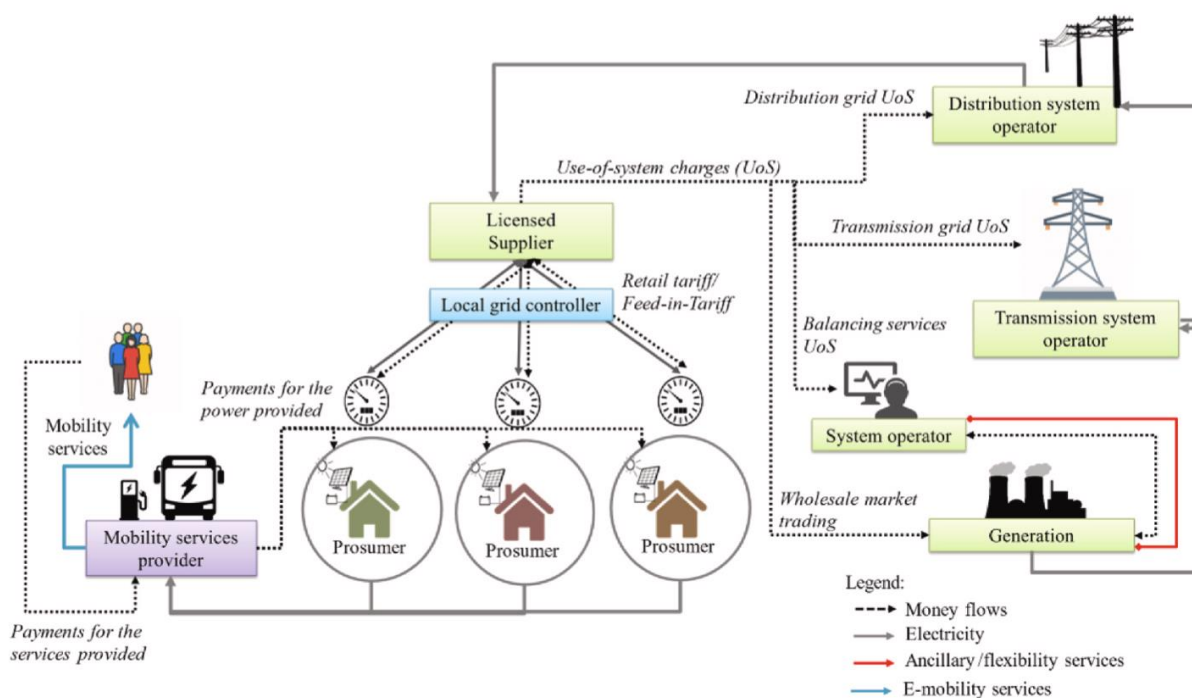


Figura 14 - Modelo de Negócio - Cooperativa E-Mobility [5]

3.5. Dimensionamento de um sistema UPAC

Como mencionado anteriormente, o principal objetivo deste projeto foca-se na sistematização dos processos de criação de Comunidades de Energia Renovável, sendo uma parte principal desta, o dimensionamento da Unidade de Produção de Autoconsumo Fotovoltaico.

Um sistema fotovoltaico para autoconsumo é um sistema que tem como finalidade a produção de energia para consumo próprio. A energia produzida através de uma fonte renovável, é consumida localmente de forma a colmatar as necessidades elétricas da instalação em causa, e no caso da existência de produção de excedentes, estes são reencaminhados para a RESP ou para um sistema de baterias.

3.5.1. Componentes de uma UPAC

Os elementos de um sistema de produção fotovoltaico variam consoante a tipologia do sistema, mas podem-se caracterizar as suas principais componentes:

- **Módulo Fotovoltaico**

Módulo fotovoltaico é um termo técnico utilizado para Painel Fotovoltaico, composto por um conjunto de células fotovoltaicas. Estas células, utilizam materiais semicondutores (essencialmente o silício) e são responsáveis pela produção da corrente elétrica por via do efeito fotovoltaico, quando expostos à luz.

- **Inversor**

Os módulos fotovoltaicos efetuam a produção de eletricidade em corrente contínua, mas as redes de distribuição de energia elétrica utilizam uma corrente alternada, pelo que a segunda componente de uma UPAC é o inversor.

A função dos inversores é converter a corrente contínua (DC) gerada pelo sistema fotovoltaico, para corrente alternada (AC), efetuando assim a ligação entre os módulos fotovoltaicos e a rede de distribuição, ou diretamente com os equipamentos. Os inversores para ligação à rede, como é o caso em estudo, apresentam características específicas ao nível da segurança. Se a tensão de rede faltar, os sistemas fotovoltaicos devem ser automaticamente desligados por ação do inversor evitando a injeção de energia nessas circunstâncias.

Os inversores para instalações autónomas devem apresentar as seguintes características:

- a) Corrente alternada sinusoidal, com tensão e frequência estabilizadas;
- b) Elevada tolerância a correntes de arranque;
- c) Baixo consumo em “stand-by”;
- d) Proteção contra curto-circuito no lado da saída;
- e) Proteção contra sobretensões;
- f) Ótima eficiência de conversão.

- **Baterias**

Em determinados sistemas é possível a existência de baterias de modo a auxiliar o sistema fotovoltaico. As baterias agem como dispositivos de armazenamento de energia que servirão de suporte para as necessidades energéticas em períodos onde a produção seja insuficiente ou nula. No caso de sistemas ligados à rede elétrica, estas baterias podem ser utilizadas de modo a suprimir as falhas desta ou até mesmo armazenar a energia elétrica produzida em excesso evitando a sua entrega à rede.

Na figura 15, é possível verificar um esquema de todo o sistema UPAC com as suas componentes.

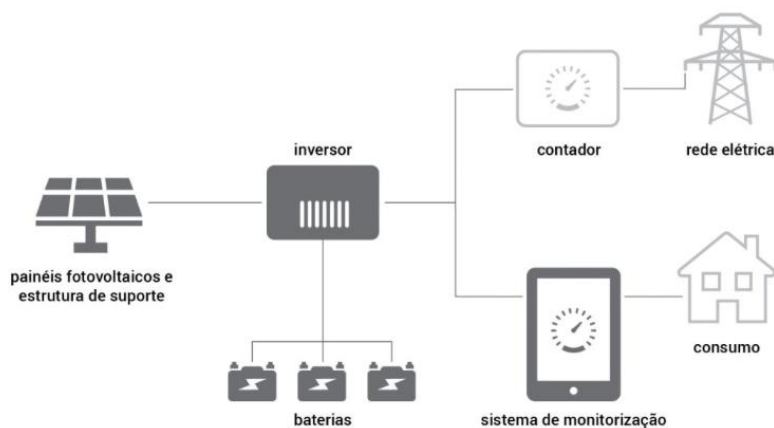


Figura 15 - Esquema sintético de todo o sistema UPAC (www.energiamadeira.pt)

3.5.2. Sistematização do dimensionamento

Todo o processo de dimensionamento deve ser cuidadoso e tendo em conta todos os seus aspetos. Para tal é necessário o cumprimento de certas etapas sistematizadas, as quais serão especificadas de seguida:

- **Levantamento das necessidades energéticas;**

Ao produzirmos energia elétrica para autoconsumo ou para fornecimento a custo reduzido a outros consumidores, devemos perceber primeiramente quais as necessidades de energia para a instalação. Deste modo é necessário o levantamento de todo o consumo energético dos consumidores agregados à instalação, permitindo assim a otimização da unidade de produção, evitando assim um sub ou sobredimensionamento, o que teria impactos financeiros no rendimento global da instalação. Como nota, e para efeitos deste projeto, parte-se do princípio de que a instalação, ou instalações a alimentar, são eficientes e que assim não consomem mais energia do que aquela necessária ao seu regular funcionamento.

- **Avaliação da energia solar disponível;**

Em todos os sistemas que exijam a introdução de painéis fotovoltaicos é de extrema importância a perceção dos perfis de radiação assim como os valores de inclinação e orientação para o sistema (valores que variam consoante a localização da instalação e dos painéis). Através do software de cálculo PVGIS [36], disponibilizado pela Comissão Europeia (figura 16), é possível especificar a localização de cada instalação, assim como as algumas das suas características, como a tecnologia dos painéis fotovoltaicos e o seu ângulo de inclinação, deste modo permitindo estimar a produção mensal da instalação fotovoltaica.

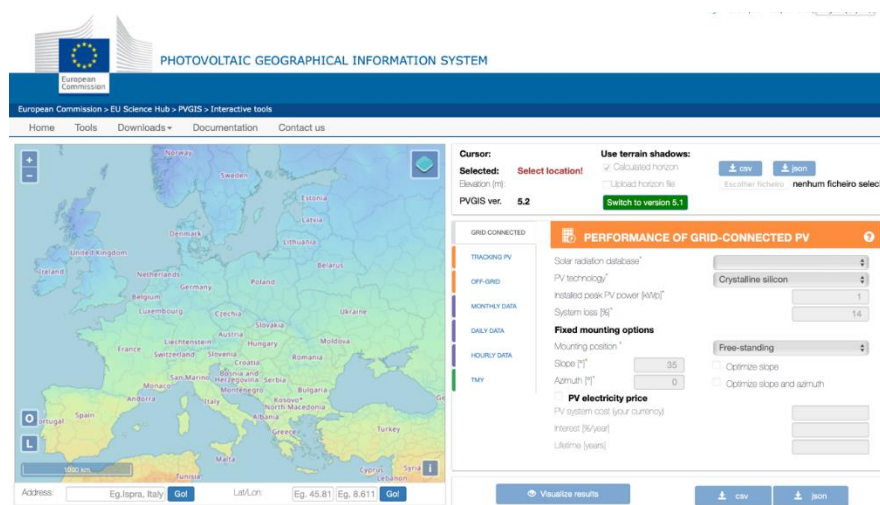


Figura 16 - PVGIS (PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM - EUROPEAN COMISSION) [9]

- **Dimensionamento da Instalação;**

A próxima etapa é o dimensionamento da instalação, definindo-se o tipo e a quantidade de painéis a instalar, as distâncias entre os painéis para evitar o sombreamento, assim como avaliar a existência de possíveis outras fontes de sombreamento, atuais ou que se prevejam num futuro próximo. É também necessário assegurar que o local onde se prevê a implementação da UPAC reúne todas as condições físicas para o seu bom funcionamento ao longo do tempo de vida da instalação. Neste dimensionamento da instalação é necessário efetuar-se também uma seleção dos componentes no sistema tendo por base a eficiência do material e a relação preço/qualidade.

- **Produção Fotovoltaica Estimada;**

Com o levantamento das necessidades energéticas da instalação e a avaliação da energia solar disponível, e realizado o dimensionamento é possível calcular a capacidade fotovoltaica a instalar de modo a prever a produção mensal e anual da instalação, de acordo com as necessidades identificadas.

- **Avaliação Económica e Estudo de Viabilidade.**

Por último, mas sendo uma etapa principal no desenvolvimento de uma instalação UPAC, a avaliação económica e o estudo de viabilidade. Esta é a etapa que ditará, através da análise dos custos necessários para a concretização do projeto, e através da estimação da poupança anual resultante da produção, se a UPAC é economicamente viável e qual o período de retorno do investimento.

Capítulo 4

4. Metodologia

Neste capítulo é apresentado uma sistematização do processo para a criação de uma Comunidade de Energia Renovável recorrendo a Unidades de Produção de Autoconsumo fotovoltaicas, no final do mesmo será possível ter uma maior perceção do passo-a-passo no desenvolvimento e criação destas CER. Este capítulo realizará uma compilação de todas as necessidades e etapas de dimensionamento para o sistema CER – UPAC.

4.1. Dimensionamento da CER – UPAC

Numa primeira etapa no dimensionamento de uma CER é necessário perceber-se que este todo processo de criação da mesma é extenso e trabalhoso, para além de envolver todo o dimensionamento de um sistema UPAC deve-se ter em conta o acréscimo de etapas necessárias para a constituição da CER, deste modo repartiu-se o mesmo em 4 etapas essenciais:

4.1.1. Planeamento da Comunidade

Nesta primeira etapa é realizado o estudo inicial da comunidade, desde a sua localização de implementação, a tipologia, o modelo de negócio pretendido e como obter o investimento.

- **Localização da CER**

O primeiro passo a considerar por quem deseje promover uma CER é a identificação de um local onde seja possível identificar um conjunto de possíveis membros para a CER e de espaços com capacidade para a instalação da UPAC. Esta localização irá depender dos membros da comunidade, sejam estas entidades públicas, privadas ou público geral ou mesmo do interesse público da existência de uma CER num contexto específico.

Para a localização da UPAC recomenda-se alguns cuidados, como a necessidade de um acesso fácil, ser próxima da comunidade, sem sombreamentos, um solo ou estruturas aptas à instalação e a necessidade de um planeamento na orientação da instalação.

- **Identificação dos membros**

O passo seguinte é identificar os os possíveis membros da comunidade na localização selecionada. Segundo o artigo 83º do Decreto-Lei 15/2022, “A proximidade entre as UPAC e as Instalações de Utilização constitui um requisito para o exercício da atividade de produção para autoconsumo”.

Para efeitos do mesmo decreto, entende-se por abrangidas pelo conceito de proximidade as UPAC e as IU ligadas por linha direta ou rede interna ou, quando operem através da RESP nos diferentes níveis de tensão, desde que cumpram uma das seguintes condições:

- 1) Quando, no caso de UPAC ligadas às redes de distribuição de energia elétrica em BT, a IU e a UPAC não distem entre si mais de 2 km de distância geográfica ou, em alternativa, estejam ligadas ao mesmo posto de transformação;
- 2) Estejam ligadas na mesma subestação, no caso de UPAC ligadas à Rede Nacional de Distribuição de Eletricidade e à Rede Nacional de Transporte de Eletricidade, desde que não seja ultrapassada a distância geográfica entre as UPAC e as IU de 4 km no caso de ligação em MT, de 10 km nas ligações em AT e de 20 km nas ligações em MAT.

Esta informação explanada nos pontos acima pode-se verificar na tabela 3.

Tabela 3 - Critérios de Proximidade

Nível de Tensão	Relação entre UPAC e IU
<i>Baixa Tensão</i>	UPAC e IU $\leq$ 2 km ou ligadas ao mesmo ponto de transformação
<i>Média Tensão</i>	UPAC e IU $\leq$ 4 km ou ligadas à mesma subestação
<i>Alta Tensão</i>	UPAC e IU $\leq$ 10 km ou ligadas à mesma subestação
<i>Muito Alta Tensão</i>	UPAC e IU $\leq$ 20 km ou ligadas à mesma subestação

É ainda necessária a verificação da presença de contadores inteligentes nos edifícios passíveis de ser membros da CER.

- **Perfis de Consumo dos Membros**

Identificado os membros para a comunidade, a próxima etapa será analisar os perfis de

consumo destes. Através da recolha das faturas, de um prazo anual de cada membro, é possível se realizar uma análise aos seus consumos e custos com a energia, sendo depois possível apresentar um gráfico explanando o consumo individual e cada membro e o consumo total da CER.

- **Tipologia da CER**

Dependendo da sua localidade, foi entendido que as CER podem se classificar em 4 níveis de tipologia. Tipologia a nível urbano, este tipo de tipologia apresenta uma CER implementada em locais urbanos com elevada concentração de população e edifícios altos, esta CER é mais focada em apoio à população sendo assim, estes os principais membros da CER. É apresentado como principal dificuldade desta tipologia a localização da UPAC, em áreas com alta densidade populacional torna-se difícil a implementação de painéis fotovoltaicos em telhados devido a muitas vezes os telhados serem partilhados com outras pessoas ou entidades, uma solução para a criação de uma CER neste meio seria existir vários produtores dentro da comunidade de energia.

Tipologia a nível industrial, este nível apresenta uma CER implementada em locais industriais, este tipo de CER foca em apoiar empresas locais com grandes consumos de energia e interesse na implementação de painéis fotovoltaicos, grande parte destas empresas apresentam interesse em participar de alguma forma no mercado de energia renovável, mas muitas vezes sem o investimento necessário, apresentando-se assim a CER como uma alternativa de agregar diversas entidades.

Tipologia a nível rural, focando-se em edifícios de habitação unifamiliares localizados como o nome indica em locais rurais onde a densidade de população é mais reduzida, nestes meios rurais existe diversas áreas para implementação deste tipo de tecnologia, e é de interesse da população reduzir a sua fatura no final do mês sem grande tipo de investimento.

Pode ainda existir um quarto nível de tipologia, uma situação mista das tipologias acima mencionadas, podendo existir a capacidade de criação de uma comunidade de energia que abrange vários setores.

- **Modelo de Negócio**

Após definição da localização e tipologia da comunidade, o passo seguinte é a definição do modelo de negócio. No capítulo 3.4, foi possível entender alguns dos tipos de modelos de negócio existentes atualmente pelo mundo no âmbito do Autoconsumo Coletivo e das CER. Apesar de em Portugal a integração das mesmas no mercado

energético ser algo recente e com algum percurso por delinear, neste subcapítulo será apresentado uma perspectiva de implementação de alguns modelos de negócio conforme a atual legislação em vigor.

- Instalação de UPACs fotovoltaicas em coberturas de edifícios residências sociais, repartindo a energia pelos seus habitantes a custo reduzido (este tipo de modelo encontra-se atualmente em estudo pela AdE Porto – Agência de Energia do Porto);
- Instalação de UPACs fotovoltaicas em edifícios de serviços pertencentes às autarquias (paços do concelho, pavilhões, piscinas, escolas, armazéns, etc.) utilizando a produção para sustentar as necessidades dos próprios e ao redor;
- Instalação de UPACs em zonas industriais, e efetuar a repartição da energia produzida pelas indústrias aí presentes;

Observando por um outro lado o investimento necessário e que tipos de modelos de negócio existem nesta vertente, são apresentados alguns exemplos dos mesmos:

- Os comercializadores atuais apresentam já ofertas individuais para UPACs afetas a habitações residenciais, em que vendem depois a energia produzida através da fatura de eletricidade;
- Os membros da CER obtém o investimento necessário para a instalação das UPAC através de “*crowdfunding*” ou através de uma entidade, garantindo o retorno através das receitas geradas dentro da comunidade e com a venda de produção excedente. Pode ainda ser obtido investimento através de uma entidade externa que deseje investir na CER.
- Poderá ter-se em conta aluguer de espaços na comunidade pela CER (telhados, terrenos, coberturas de parques de estacionamento, etc.). Deste modo a CER procede à instalação da UPAC e a energia produzida servirá para alimentar os edifícios pertos da instalação, obtendo daí as receitas necessárias;

Estes modelos apresentados acima descrevem sucintamente as variadas formas a ter em conta na criação das CER e no seu processo de funcionamento. Por se tratar de um tema recente, podem existir outros modelos passíveis de serem aplicados ou até mesmo a combinação dos mesmos acima mencionados. Pode também ainda existir a possibilidade de aplicação de outras formas de aproveitamento da energia produzida, como postos de carregamento de veículos elétricos.

4.1.2. Dimensionamento do sistema UPAC

Tendo por base a informação definida anteriormente e à informação presente no capítulo 3.5, é possível proceder-se à configuração do sistema UPAC-CER. Esta configuração tem como primeira etapa, a definição da instalação da UPAC será Centralizada ou Distribuída.

A instalação do tipo centralizada, como o nome indica, trata-se de uma definição do sistema onde toda a UPAC ficará focada numa só área. Já quando o sistema apresenta diversas áreas de implementação onde a UPAC será implementada o seu nome passa a ser distribuída.

Após a definição da configuração da UPAC o próximo passo é realizar uma simulação do dimensionamento. Utilizando como recurso principal o software SunnyDesign [21], um software disponível online de forma gratuita, que realiza o dimensionamento de um sistema UPAC de forma simples e rápida

Esta simulação servirá como base para a avaliação económica do projeto de forma a entender-se a viabilidade do mesmo. Deve ainda ser estipulado nesta etapa o modelo de repartição de energia associados aos membros da CER, no subcapítulo 3.3 foram abordado estes modelos de repartição, apresentado como principais modelos, o modelo baseado em coeficientes ou em consumos.

4.1.3. Avaliação Económica

Como penúltima etapa do processo de dimensionamento tem-se a avaliação económica do sistema UPAC-CER, esta é a etapa que ditará a viabilidade do projeto e de todo o trabalho desenvolvido previamente. A avaliação económica é dividida em 4 passos essenciais da mesma apresentados em seguida:

- **Estimação do Investimento Inicial**

O ponto de partida numa avaliação económica é a estimativa do investimento necessário a todo o projeto. Essa estimativa deve ter em conta os custos envolvidos nas infraestruturas, mão de obra, custos de execução, o projeto de instalação, a ligação à RESP, todos os processos burocráticos e a manutenção da instalação.

- **Preço de Venda da Energia Produzida**

Através da venda da energia produzida será obtido o retorno do investimento inicial. Este retorno é dividido em duas formas de venda de energia principais, a primeira será a

venda da energia produzida aos próprios membros da CER, é tido em conta que o valor de venda aos membros tem de ser vantajoso em comparação com o mercado e ainda assim manter um lucro sustentável na comunidade.

A energia elétrica produzida que não seja consumida pela CER, estando a instalação ligada à RESP, pode ser vendida ao Comercializador de Último Recurso (CUR) ou a um comercializador do mercado livre, o seu valor é calculado tendo em consideração a indexação do preço de energia elétrica no mercado diário.

- **Tempo de Retorno e Viabilidade Económica**

Com a venda da energia produzida, injetada na rede ou aos membros da CER, consegue-se obter um retorno do investimento inicial. Caso o valor definido de venda ao consumidor seja vantajoso para ambas as partes, consumidor e investidor, é possível delinear o tempo de retorno do investimento e averiguar a viabilidade do projeto no ponto de vista do investidor.

4.1.4. Inscrição da CER

A última etapa do dimensionamento da CER – UPAC trata-se da mais simples, inscrição e registo do sistema CER – UPAC perante a DGEG. Para efetuar este registo é necessário aceder ao Portal aplicacional da DGEG e inserir todos os dados relativos à CER-UPAC calculados nos capítulos anteriores. Para o caso de estudo a ser abordado no capítulo 6 esta etapa não é aplicável por se tratar apenas de um estudo para a concretização de um sistema CER-UPAC

Capítulo 5

5. Caso de Estudo

O capítulo 5 tem como seu principal objetivo identificar todos os procedimentos para a metodologia do dimensionamento de uma CER – UPAC. Com os mesmos foi ainda desenvolvido um fluxograma, exposto na figura 17, que servirá de base para o caso de estudo a ser apresentado neste capítulo 6 e projetos futuros. Este capítulo será focado na aplicação direta da metodologia desenvolvida.

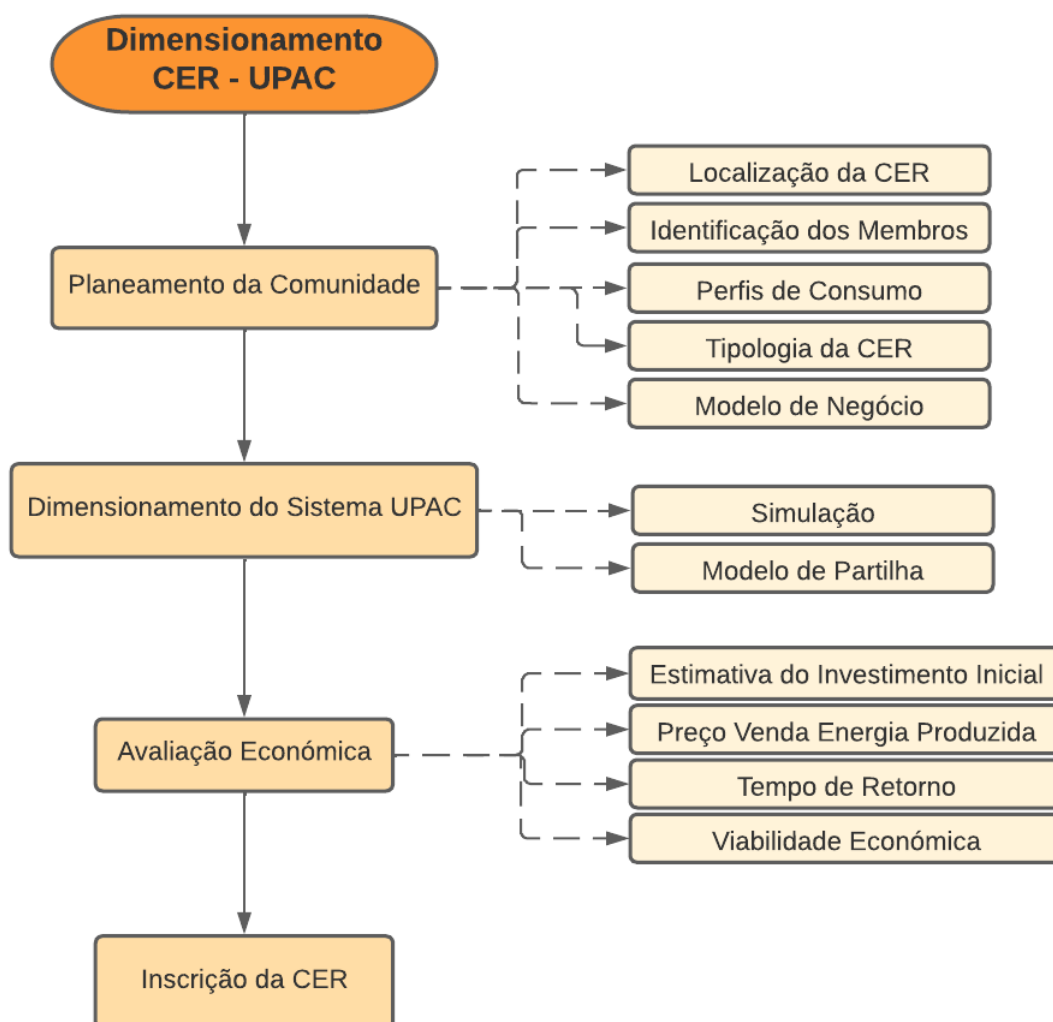


Figura 17 - Fluxograma de todo o dimensionamento de uma CER – UPAC

5.1. Planeamento da Comunidade

5.1.1. Localização da Comunidade

A localização da comunidade de energia, como já mencionado ao longo deste documento, será no município do Barreiro mais especificamente na Zona Industrial do Barreiro. Atualmente esta zona é em grande parte controlada pela Baía do Tejo. A Baía do Tejo é uma empresa criada em 2009 que tem como objetivo criar condições a instalação de atividades económicas.

Na figura 18 é possível verificar-se uma vista aérea da Zona Industrial do Barreiro.



Figura 18 - Zona Industrial do Barreiro

Por se tratar de uma zona industrial composta por diversas empresas com grandes consumos, tem sido de seu interesse recente o desenvolvimento desta área utilizando as fontes de energia renováveis. Estas empresas apresentam para além dos seus consumos, uma grande área de cobertura passível de aplicação de painéis fotovoltaicos.

Para o caso de estudo realizou-se um levantamento dos espaços possíveis à instalação de painéis fotovoltaicos e definiu-se o edifício exposto na figura 22, com o edifício que centralizará toda a UPAC.



Figura 19 - Localização de Painéis Fotovoltaicos

Este edifício é um armazém que apresenta como única função a de armazenamento, pelo que o consumo existente nele é residencial. Com uma grande área de cobertura disponível, com a orientação e inclinações desejadas, este edifício apresenta-se como ótima oportunidade para a instalação da UPAC.

5.1.2. Identificação dos Membros

Para a escolha dos membros da comunidade foi tido em conta dois fatores, proximidade e presença de contador inteligente. Como explicado no Capítulo 5, a proximidade entre as UPAC e as Instalações de Utilização constitui um requisito para o exercício da atividade de produção para autoconsumo, neste aspeto foi definido que as Instalações de Utilização (IU) não estariam a mais de 1km de distância da UPAC, cumprindo assim os requisitos expostos anteriormente.



Figura 20 - Membros Comunidade de Energia Renovável

Um outro requisito necessário é que todos os membros apresentem contadores inteligentes nas suas instalações, o que acontece com todos os membros selecionados. Na tabela 4 é apresentado os membros iniciais selecionados para a CER e a identificação numérica para cada edifício de modo a ser mais acessível a apresentação dos dados relativos aos mesmos.

Tabela 4 - Membros Identificados para a CER

Edifício	Identificação Membro	Potência Contratada [kW]
Quartel Bombeiros	1	41,41
Edifício Comando Bombeiros	2	41,41
Edifício Sede Baía do Tejo	3	43
Direção Parque	4	20,7
Oficina Parque	5	27,6
S.ENERGIA	6	6,9
Escola Prof. Bento Jesus Caraça	7	41,41

5.1.3. Perfis de Consumo

Na seleção dos membros para integrarem na CER foi realizada uma análise aos seus perfis de consumo, no ano de 2021/2022. A análise foi realizada do mês de Outubro de 2021 a Setembro de 2022. Na tabela 5 é possível verificar-se os consumos de energia de cada membro em todo o ano.

Tabela 5 – Dados de Consumo dos Membros da CER

Identificação Membro	Energia Consumida [kWh] [2022]
1	153758
2	37364
3	80878
4	18436
5	38182
6	2383
7	46071

Em conjunto os 7 edifícios apresentam um consumo total de 349 546 kWh de energia. De seguida foi realizada uma análise dos consumos mensais dos edifícios pertencentes à CER. Na tabela 6 são especificados os valores de consumos mensais individuais de cada edifício e na figura 24 é possível verificar-se um gráfico de barras dos consumos

acumulados de todos os membros.

Tabela 6 - Consumos Mensais de cada membro da CER

Consumos dos Membros (kWh)								
	1	2	3	4	5	6	7	Total
Outubro	12640	3660	5330	753	2078	310	2315	27086
Novembro	11339	3057	7148	1427	3212	128	2408	28718
Dezembro	11428	3461	6936	1368	3085	115	1963	28355
Janeiro	12208	4210	7610	1552	3756	202	1208	30745
Fevereiro	10505	3287	6759	1270	3623	193	1180	26817
Março	10404	3067	6696	1354	3978	260	1252	27011
Abril	12208	3179	5484	816	3278	232	1338	26534
Maio	12416	4058	5980	718	2652	226	1307	27356
Junho	12778	3916	5790	701	2476	145	1316	27122
Julho	16948	5205	7300	858	3334	126	1360	35131
Agosto	15255	4882	6950	754	3442	215	1203	32700
Setembro	15434	4225	6878	730	2774	231	1701	31973

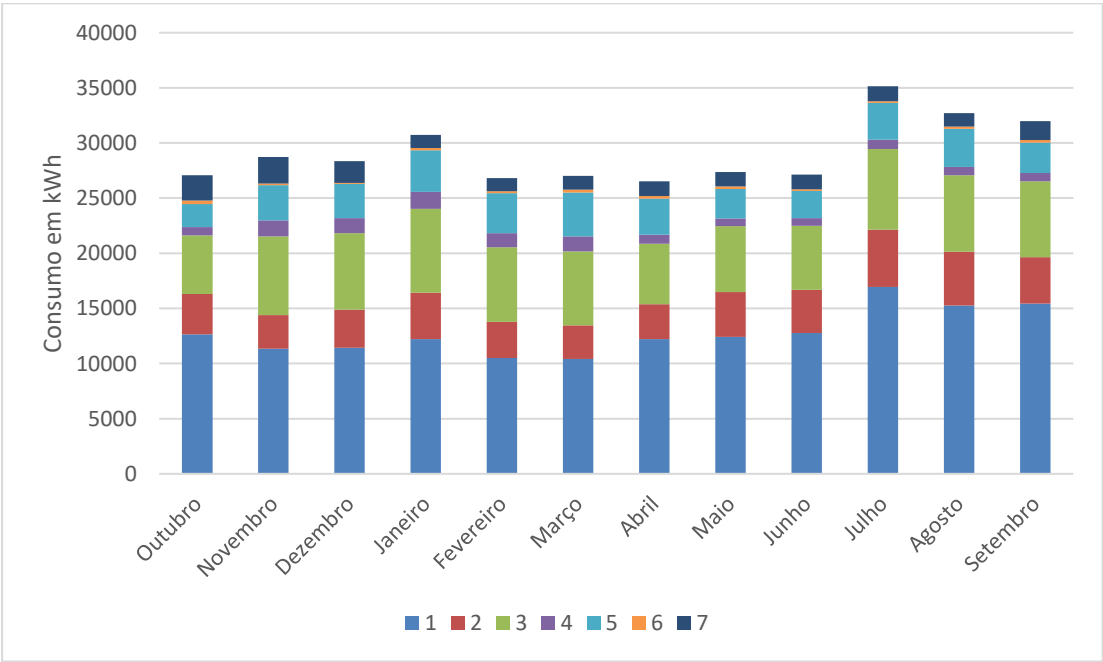


Figura 21 - Análise dos Consumos Mensais da CER

Constata-se que em julho os membros da comunidade atingem um pico máximo de consumo, com um consumo total de 35 131 kWh, em oposto, atingem o mínimo de consumo em abril, com um consumo total de 26 534 kWh. É importante salientar que todos os edifícios apresentam consumos no período horário de trabalho semanal (8-19h), e durante os fins-de-semana ambos os edifícios dos bombeiros (membros 1 e 2) apresentam consumos normais e os membros 3 e 5 apresentam consumos residuais referentes a servidores.

Realizando uma análise mais aprofundada a estes consumos e de modo a tentar perceber o consumo de energia por cada membro durante uma semana, foi utilizado o portal E-REDES através do qual, e com a presença de contadores inteligentes, permite o acesso a todos os consumos dos edifícios em períodos de 15 minutos. Com estes consumos foi possível delinear o perfil de carga total dos membros, ou também chamado de perfil de carga da CER, exposto na figura 25.

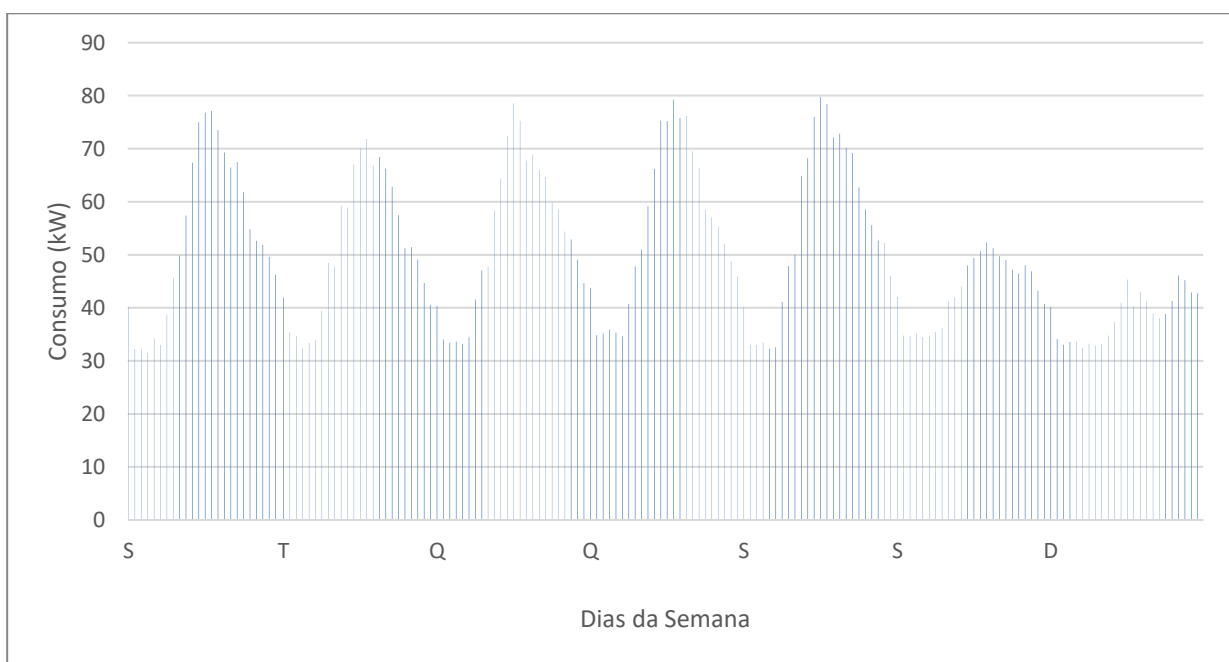


Figura 22 - Perfil de Carga Semanal da CER

É possível verificar com a figura 25, que os membros da CER apresentam consumos um pouco constantes durante os dias da semana, o seu consumo aumenta até atingir um consumo máximo de aproximadamente 80 kWh, depois reduz até um valor perto de 30 kWh, e isto repete-se durante a semana com exceção do fim-de-semana, onde atinge uma média de 43 kWh.

5.1.4. Tipologia da CER

No caso de estudo, foi classificada a tipologia da CER como industrial, face à sua localização no meio de uma zona industrial. No entanto, planeando-se a possibilidade de alargar a produção da CER existe a possibilidade da tipologia da mesma passar para mista, podendo abranger também edifícios habitacionais.

5.1.5. Modelo de Negócio

Por se tratar de um assunto recente no mercado energético, os modelos de negócio para as comunidades de energia renovável são algo em constante desenvolvimento e que ainda não existe um modelo único possível de replicação em vários estudos. Deste modo foi necessário definir um modelo de negócio passível de aplicação neste caso de estudo.

Para o caso de estudo, o seu modelo de negócio é focado na instalação de uma UPAC na cobertura disponível e na execução da repartição da energia produzida pelas entidades presentes nesta área industrial. Esta implementação da UPAC na cobertura não exige qualquer custo pela utilização da mesma, isto deve-se ao entendimento da entidade, Baía do Tejo, que gere a Zona Industrial do Barreiro, de participar na transição energética e assim começar a implementar possibilidades renováveis no seu parque empresarial e nas empresas presentes no mesmo.

O financiamento da CER e de toda a sua instalação poderá ser realizado de duas formas, que serão estudadas neste caso de estudo, através de “crowdfunding” onde os membros aderentes à CER juntam-se e investem na instalação da UPAC, ou através de uma entidade externa que decide investir na CER durante um prazo máximo de 20 anos. A gestão da Comunidade será realizada pela S.ENERGIA que desempenhará o papel de EGAC, emitindo faturas e analisando consumos da comunidade. No caso da existência de produção de energia excedente a mesma será vendida para a Coopérnico que apresenta como fórmula de cálculo do preço de compra:

$$\text{Preço de Compra} = Q_{\text{ProgProduzido}} \times (PM \times (1 - K))$$

$Q_{\text{ProgProduzido}}$ – Quantidade de energia excedentária

PM – Valor fixado em mercado grossista pelo Operador de Mercado Elétrico designado para a gestão do mercado diário de eletricidade na Península Ibérica (OMIE)

K - Margem da Coopérnico de 20%

5.2. Simulação da Produção da UPAC

O caso de estudo a ser apresentado apresenta uma instalação do tipo Centralizada, toda a UPAC estará localizada na cobertura, visualizada previamente na figura 21. Mas espera-se que com o aumento de membros da comunidade seja possível planificar o aumento da produção de energia fotovoltaica através de coberturas próximas, colocando assim a UPAC como do tipo distribuída.

5.2.1. Simulação SunnyDesign

5.2.1.1 Definição da estrutura da instalação

Para começo da simulação recorreu-se ao software SunnyDesign, nele foi possível delinear a estrutura de cobertura no software. Este software permite ao utilizador realizar uma estrutura em 3D do local a ser estudado, como é possível verificar-se na figura 26.

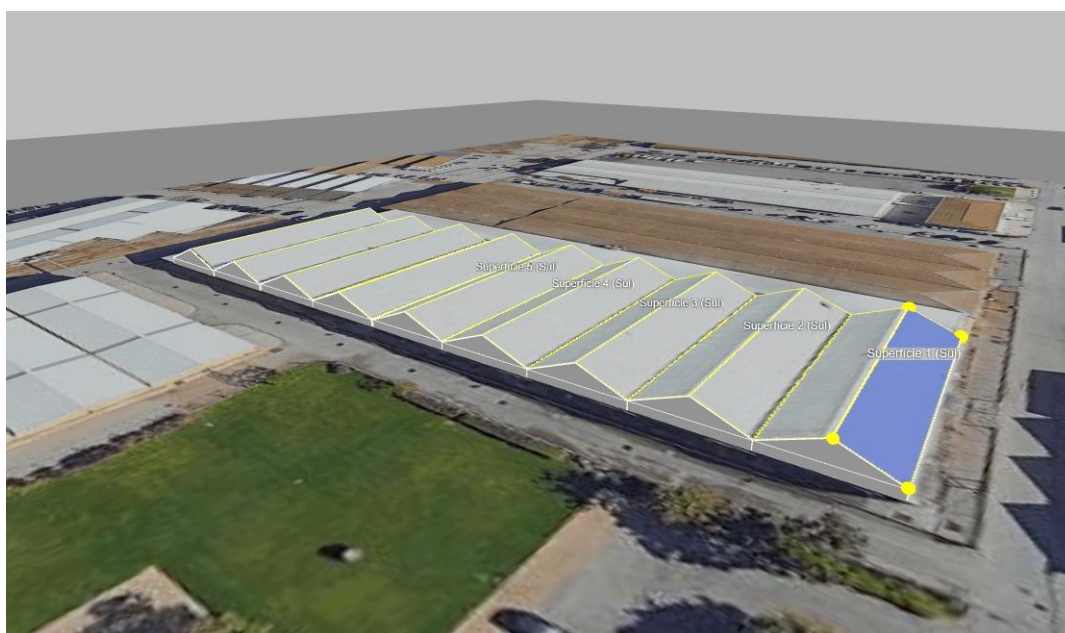


Figura 23 - Cobertura realizada no Software SunnyDesign

5.2.1.2 Perfil de Carga da CER

Numa segunda etapa foi necessário inserir no software o perfil de carga CER, abordado previamente no subcapítulo 5.1.3. Esta inserção do perfil de carga da comunidade irá permitir que o software seja capaz de apresentar os resultados o mais próximo da realidade possível. Nas figuras 27 e 28 é possível observar o perfil de carga utilizado no SunnyDesign para um dia útil e para um dia de fim-de-semana/feriado.

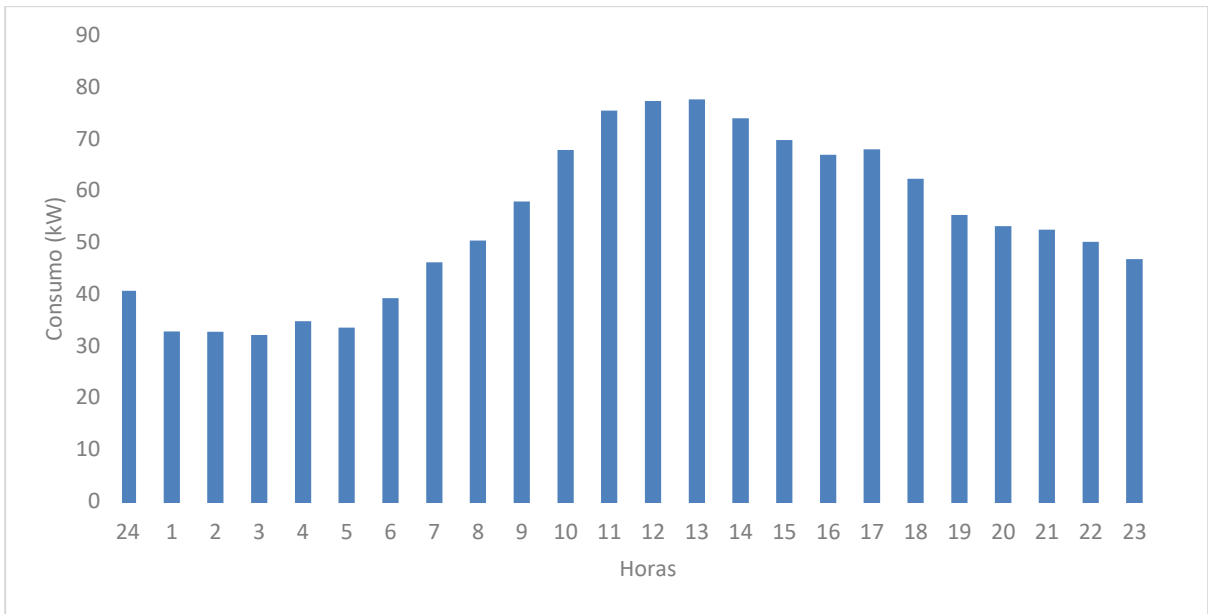


Figura 24 - Consumo Diário CER (Dia Útil)

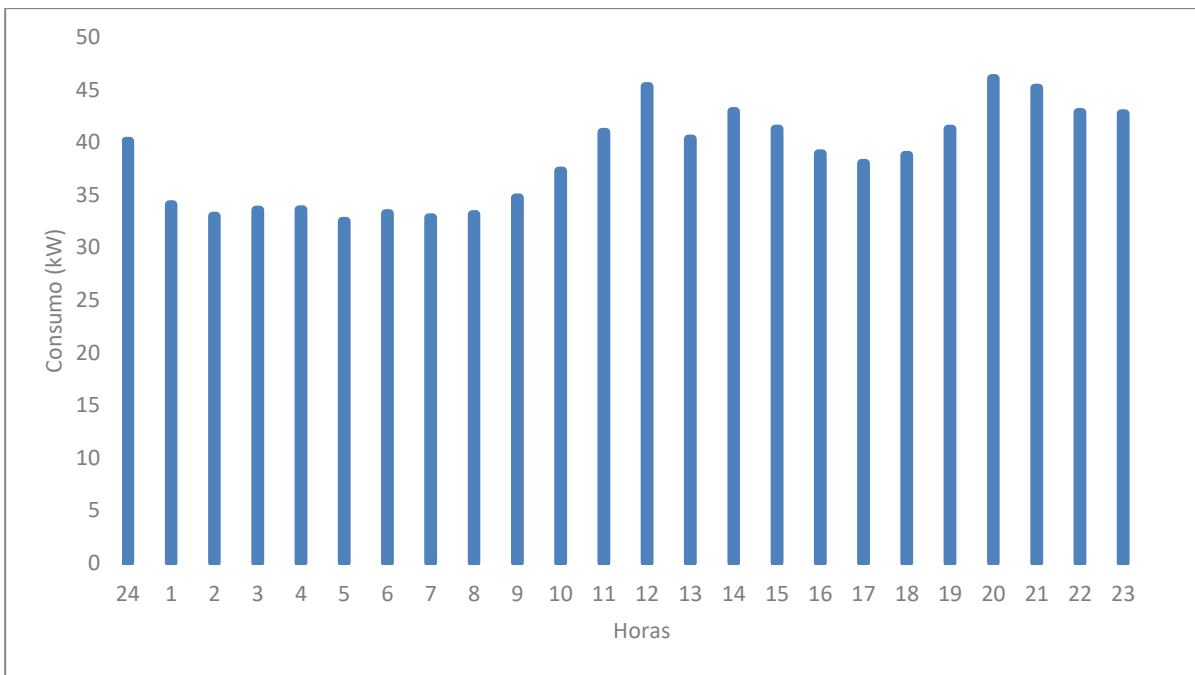


Figura 25 - Consumo Diário CER (Fim-de-Semana/Feriado)

5.2.1.3 Simulação da capacidade de módulos fotovoltaicos

Após definição da estrutura da comunidade e do perfil de carga da mesma, o software é capaz de simular a capacidade de painéis fotovoltaicos a serem implementados perante a área disponível. Apesar de a cobertura apresentar uma área total disponível de 4 061 m², apenas será realizado o dimensionamento para a parte do telhado voltada a Sul, obtendo assim uma área disponível para instalação de 2043 m². Na figura 29 é possível verificar parte da estrutura com os painéis fotovoltaicos implementados pelo software, é necessário salientar que o software realizou automaticamente a configuração ideal do azimuth e da inclinação para os painéis, sendo -6° e 21° respectivamente.

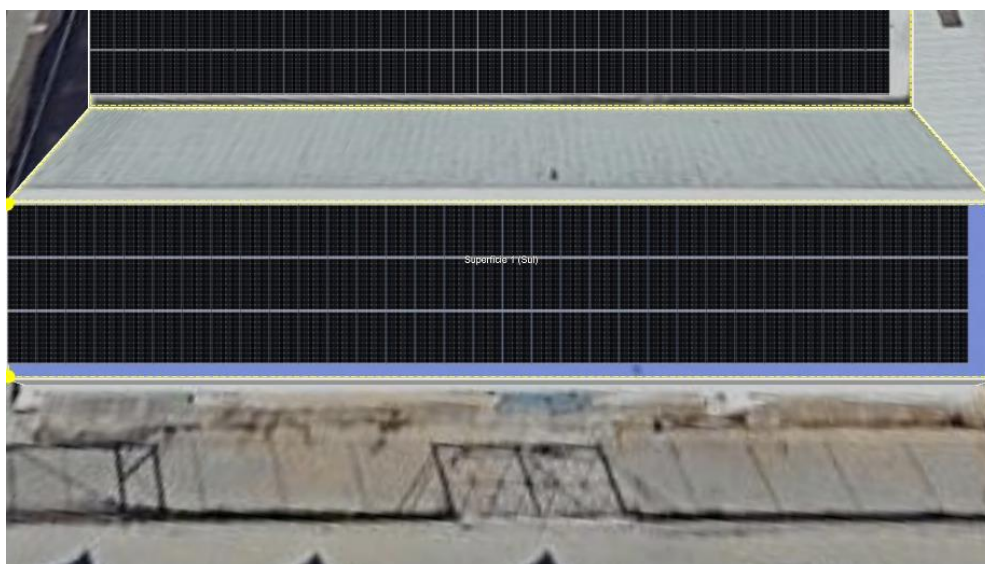


Figura 26 - Painéis Fotovoltaicos simulados pelo SunnyDesign

Como mencionado anteriormente a área disponível para instalação é de 2043 m², seccionados em 9 áreas idênticas de 227 m². Estes 227 m² são passíveis da instalação de 93 módulos fotovoltaicos, perfazendo assim um total de 837 módulos fotovoltaicos para a instalação em capacidade máxima da instalação.

Infelizmente o SunnyDesign só consegue efetuar o dimensionamento para 6 áreas das 9 disponíveis, deste modo, a sexta área disponível para dimensionamento foi alterada de modo a conseguir perfazer o total de 837 painéis fotovoltaicos. Na figura 30 é possível verificar a área total de dimensionamento dos painéis fotovoltaicos.

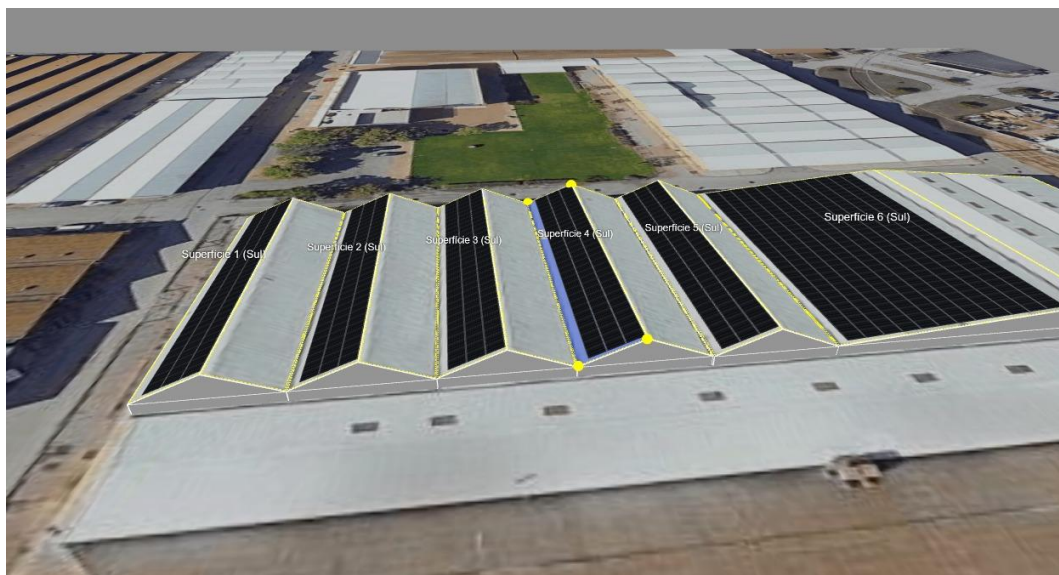


Figura 27 - Área total para 837 módulos fotovoltaicos

5.2.1.4 Sombreamento da Instalação

O software apresenta também mais uma capacidade, a de efetuar a simulação de sombreamento para a instalação e verificar se ocorre risco de algum momento a simulação sofrer de sombreamento. Na figura 31 é possível verificar a simulação realizada pelo SunnyDesign, como é expectável face aos painéis estarem numa cobertura sem qualquer tipo de objeto à volta o risco de sombreamento é zero.

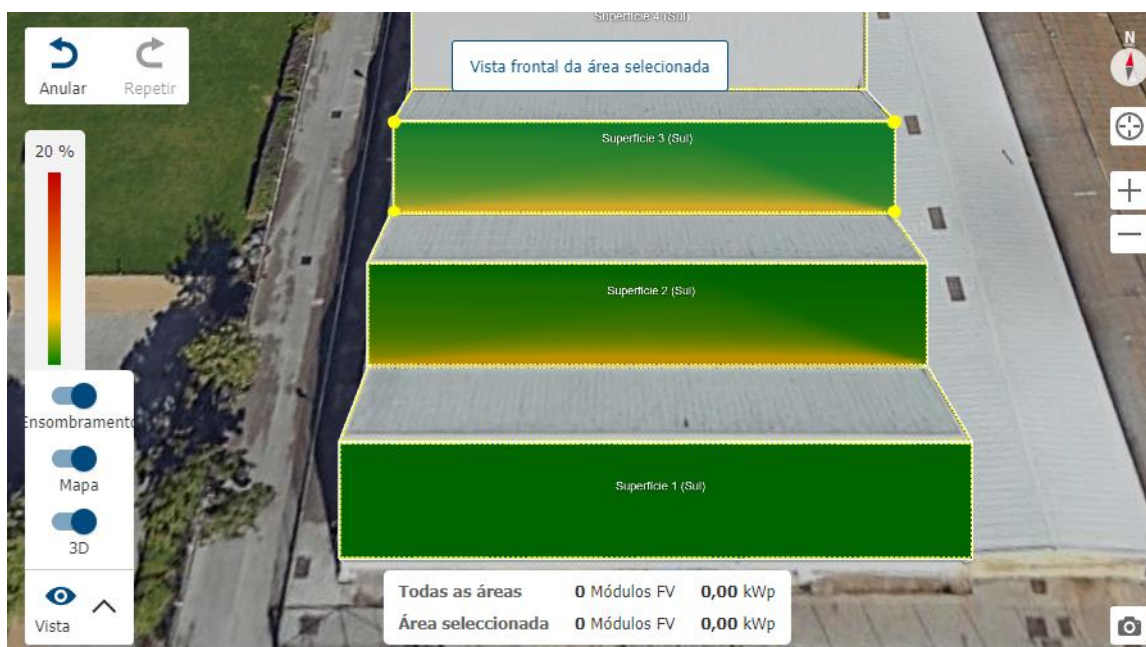


Figura 28 - Sombreamento da Instalação

5.2.1.5 Seleção de módulos fotovoltaicos

Os módulos fotovoltaicos selecionados na simulação foram os módulos da marca Trina Solar Energy modelo 425 DE09r.08 com uma potência de 425 W e um custo no mercado de 168 € por módulo. Na tabela 7 é possível verificar-se a quantidade de painéis da instalação assim como a potência de pico total da instalação. No anexo 4 é possível se verificar a ficha de características para este módulo selecionado.

Tabela 7 - Módulos Fotovoltaicos

Área Total da Instalação [m ²]	Número de módulos fotovoltaicos totais	Potência de Pico Total (kWp)	Custo (por módulo)
2043	837	283,5	168 €

5.2.1.6 Seleção de inversores

O software apresenta também a capacidade de dimensionar os inversores automaticamente conforme o esquema dos painéis fotovoltaicos. Deste modo foram selecionados os inversores expostos na tabela 8.

Tabela 8 - Inversores Selecionados

Modelo do Inversor	Quantidade
STP110-60 (CORE 2)	2
SHP 100-20 400V	3
STP 12-50	1

5.2.1.7 Dimensionamento SunnyDesign

Encontrando-se o SunnyDesign pronto para realizar o dimensionamento da instalação, foi definido que é interessante apresentar neste projeto o resultado de 3 cenários de simulação. Estes 3 cenários irão diferir no número de módulos fotovoltaicos associados aos mesmos e na quantidade de inversores, apresentando assim 3 tipos de resultados, tornando-se possível verificar o melhor dimensionamento. Na tabela 9 é possível verificar os 3 cenários, onde é elucidado a diferença em números de painéis nos diferentes cenários assim como a potência de pico de cada cenário.

Tabela 9 - Cenários SunnyDesign

Cenário	Número de módulos fotovoltaicos totais	Potência de Pico Total (kWp)
1 (100%)	837	283,5
2 (66%)	552	234,78
3 (33%)	276	117,39

A tabela 10 completa a anterior tabela 8 com a quantidade de inversores para os diferentes cenários assim como os seus custos.

Tabela 10 - Inversores Selecionados para os diferentes cenários

Modelo do Inversor	Quantidade	Custo Individual
Cenário 1		
STP110-60 (CORE 2)	2	5 560 €
SHP 100-20 400V	1	7 199 €
STP 12-50	3	2 840,10 €
Cenário 2		
STP 20000TL-30	2	3 847,81 €
STP 12-50	3	2 840,10 €
SMA STP110-60 (CORE2)	2	5 560 €
Cenário 3		
SMA STP110-60 (CORE2)	1	5 560 €

Especificado as características de cada cenário de dimensionamento o SunnyDesign foi capaz de simular a produção fotovoltaica para cada cenário. Na figura 32, é apresentado um gráfico com a produção diária de energia, o consumo diário, o excedente e o autoconsumo realizado pela CER para o dia 05 de setembro de 2019.

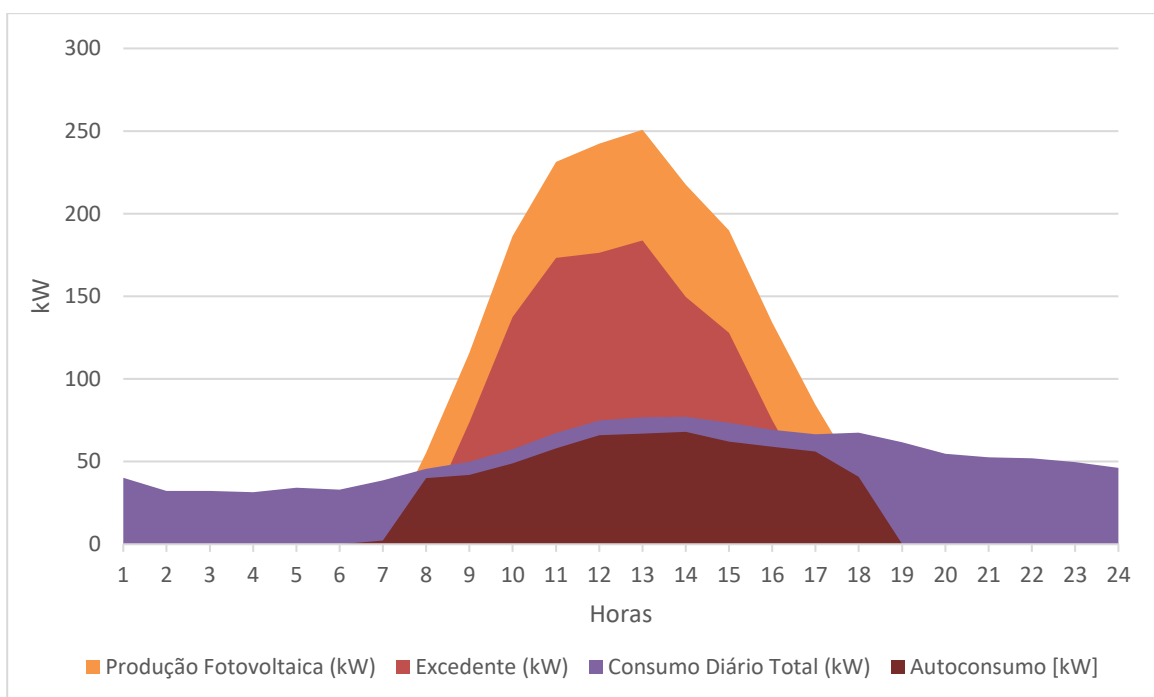


Figura 29 - Análise Simulação para o dia 05/09/2019 (Cenário 1)

Com a tabela A-4 presente no Anexo 2 – Tabelas Simulação SunnyDesign, é possível desenvolver o gráfico exposto na figura 32. Este gráfico apresenta a simulação fotovoltaica para o cenário 1, para o dia 05 de setembro de 2019. Verifica-se que para este cenário existe uma grande produção fotovoltaica para o consumo existente da CER, o que provoca um alto nível de excedente. Com as restantes tabelas presentes no Anexo 2, tabela A-5 e A-6, é possível desenvolver-se os gráficos presentes nas figuras 33 e 34, onde são apresentadas as análises às simulações realizadas para os cenários 2 e 3, respetivamente.

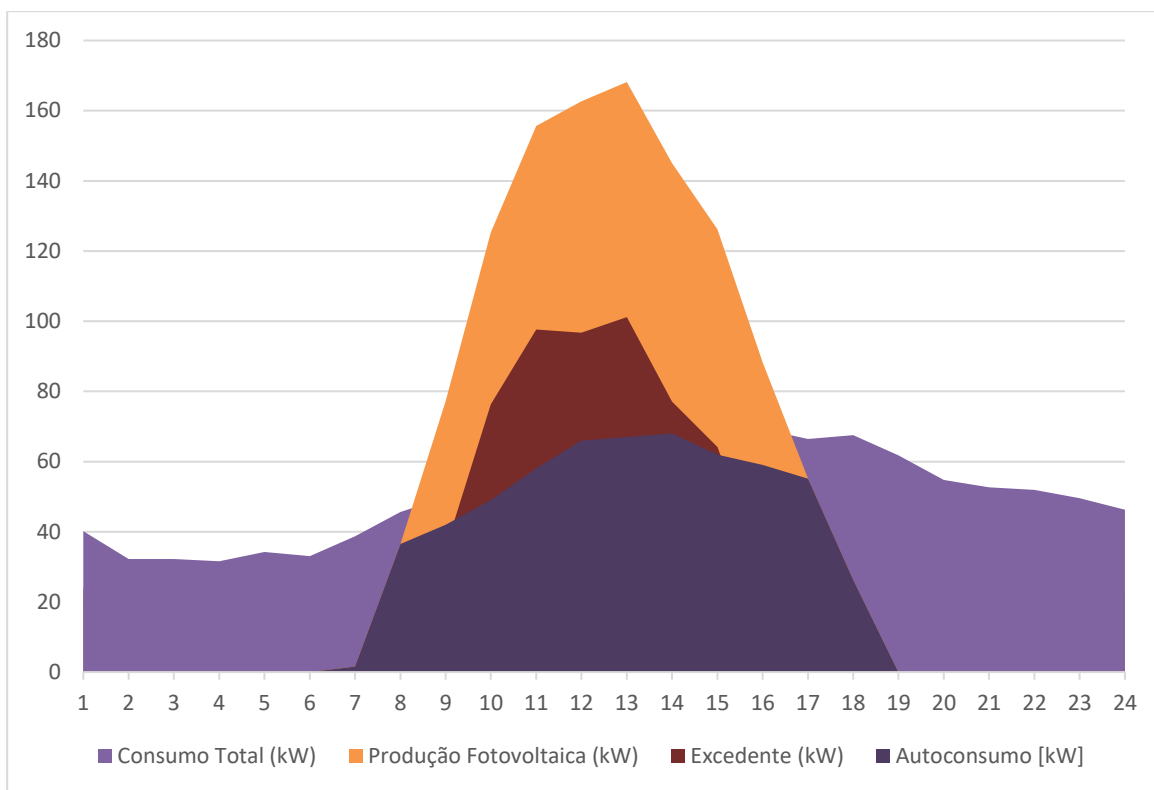


Figura 30 - Análise Simulação para o dia 05/09/2019 (Cenário 2)

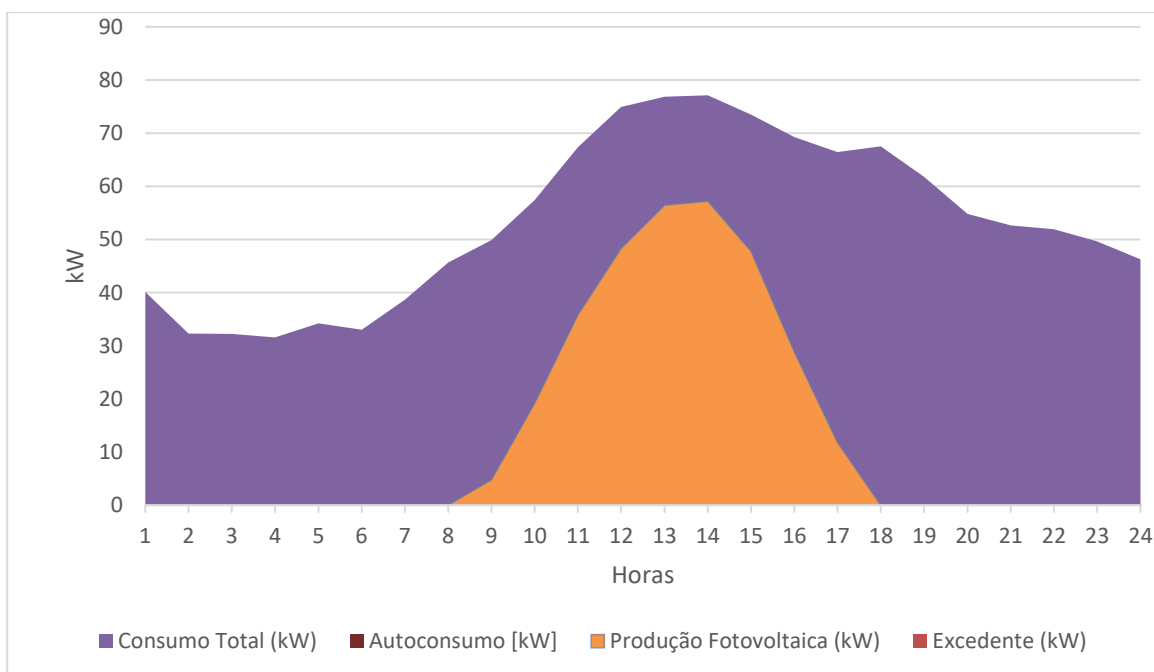


Figura 31 - Análise Simulação para o dia 05/09/2019 (Cenário 3)

O gráfico da figura 33 é ligeiramente semelhante ao gráfico da figura 32, existindo uma menor produção fotovoltaica o que por consequente gera um menor excedente. Já no gráfico da figura 34 apura-se que a produção fotovoltaica é inferior ao consumo total da CER o que leva a que toda a produção seja consumida em autoconsumo não existindo qualquer excedente.

Na avaliação económica a ser realizada no próximo ponto deste capítulo, poderá se perceber melhor o impacto em toda a viabilidade económica, dos diferentes cenários.

Tabela 11 - Balanço Fotovoltaico 05/09/2019

	Consumo Total (kW)	Produção Fotovoltaica (kW)	Excedente (kW)	Consumo da Rede (kW)	Autoconsumo [kW]
Total	1093	1751	1141	483	610

Com os valores apresentados na tabela 11, é possível calcular a repartição da energia fotovoltaica do autoconsumo para cada membro. Através da fórmula mencionada no capítulo 3.3 – Modelo de Repartição baseado em Consumos, tem-se os valores de repartição expostos na tabela 12.

Tabela 12 - Repartição da energia fotovoltaica para o dia 05/09/2019 (cenário 1)

Membros	Consumo (kWh)	Custos/CER	Modelo de Repartição (por Consumo) (kWh)	% de Energia a Receber	Energia Consumida da Rede (kWh)	Custos/CER	Poupança	Percentage m de Poupança
1	566	140,93 €	268,7	44,0%	297,3	114,33 €	26,60 €	19%
2	154	38,35 €	73,1	12,0%	80,9	31,11 €	7,24 €	
3	295	73,46 €	140,0	23,0%	155,0	59,59 €	13,86 €	
4	25	6,23 €	11,9	1,9%	13,1	5,05 €	1,17 €	
5	87	21,66 €	41,3	6,8%	45,7	17,57 €	4,09 €	
6	3	0,75 €	1,4	0,2%	1,6	0,61 €	0,14 €	
7	155	38,60 €	73,6	12,1%	81,4	31,31 €	7,28 €	
Total	1285	319,97 €	610,0		675,0	259,57 €	60,39 €	

A tabela 12 apresenta a repartição da energia produzida para o dia 05 de setembro de 2019, no cenário de simulação 1. Como já era de se esperar, a repartição de energia por consumo, faz com que o maior consumidor da CER receba grande parte da produção fotovoltaica para autoconsumo, mas é garantido que todos membros da CER, apesar de alguns receberem mais energia que os outros, conseguem ter uma poupança diária de aproximadamente 19%. Na tabela 13 é apresentada uma rápida análise dos restantes cenários apenas para se comparar as poupanças obtidas, as tabelas completas para cada cenário estão disponíveis no anexo 2.

Tabela 13 - Análise Diária de Poupanças da CER

Cenários	Consumo Diário (kWh)	Autoconsumo (kWh)	Custo s/ CER	Custo c/CER	Poupança Diária sem custos fixos
1	1285,0	610	319,97 €	259,57 €	19%
2		590		261,51 €	18%
3		310		289,27 €	10%

Face à produção do autoconsumo é expectável que o cenário 3, apresente a menor poupança diária em comparação com os restantes cenários, realça-se também que estes valores de custos não têm em conta os custos com potência contratada ou tarifas de acesso à rede (TAR).

Tendo por base os valores de potência instalada de pico, para os diferentes cenários, apresentados na tabela 9 é possível desenvolver a tabela 14 com o balanço energético anual da CER para os vários cenários simulados. Em anexo encontra-se as tabelas de A-2 até A-7 com as informações completas acerca deste balanço energético, para uma análise mais detalhada.

Tabela 14 - Balanço Energético Anual da CER

Cenários	Consumo Total (MWh)	Produção FV (MWh)	Autoconsumo (MWh)	Consumo da Rede (MWh)	Excedente (MWh)	Redução de Emissão de CO ₂ (tonCO ₂ /kWh)
1	366,5	595,1	189,8	176,7	405,3	92
2		398,6	180,1	186,4	218,5	87
3		201,0	153,9	212,6	47,2	74

Tendo sido definido o perfil de carga mensal da comunidade no ponto 5.2.1.2, ao inserir o mesmo no SunnyDesign ele apresentou-nos uma estimativa de consumo anual da comunidade de 366,5 MWh. Os valores de Produção Fotovoltaica, Autoconsumo, Consumo da Rede e Excedente, também foram apresentados pelo SunnyDesign e encontram-se explanados nos relatórios encontrados no Anexo 5 – Relatórios SunnyDesign. Para cálculo da Redução de Emissão de CO₂ foi utilizado um fator de 0,487 kgCO₂/kWh, apresentando assim no cenário 1 onde existe menor consumo da rede, reduz-se em 92 toneladas a emissão de CO₂, já no cenário 2 essa redução é de 87 toneladas e no cenário 3, é de 74 toneladas.

Estes valores apresentados na tabela acima, mostram que, para a sua capacidade máxima de instalação a UPAC produz uma enorme quantidade de energia fotovoltaica. Esta energia apresenta-se mais que suficiente para sustentar as necessidades da CER durante o período de produção solar. Verifica-se também que ao diminuir a quantidade de painéis fotovoltaicos nos diferentes cenários, a produção fotovoltaica diminui enquanto por consequente é aumentado o consumo da rede.

Em análise detalhada verifica-se que para o cenário 3 com 276 painéis fotovoltaicos existem dias em que não existe qualquer produção de excedente. Na figura 35 é exibido um gráfico que expõe a produção fotovoltaica anual nos três cenários em comparação com o consumo anual. Note-se que consumo anual simulado pelo software se deve à inserção do perfil de carga realizada no capítulo 6.1.2.1.

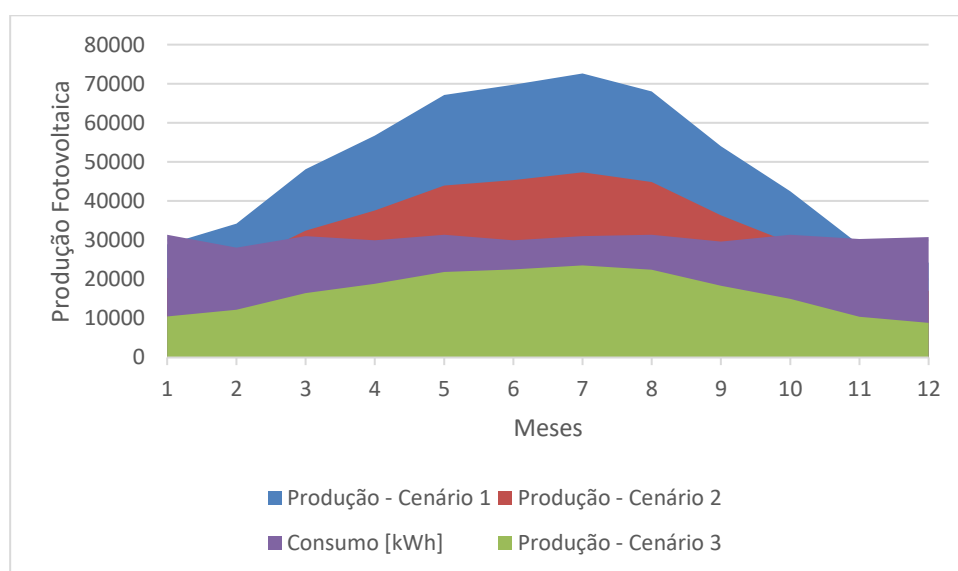


Figura 32 - Produção Fotovoltaica nos 3 cenários de simulação

5.3. Avaliação Económica

Como mencionado anteriormente a inscrição da UPAC-CER não será aplicável ao caso de estudo, deste modo a avaliação económica trata-se da última etapa no dimensionamento do sistema CER-UPAC. Esta avaliação económica será dividida em duas opções de avaliação, opção A, será o investimento por via de crowdfunding, onde os membros da CER se juntam para financiar o dimensionamento de toda a instalação. A opção B, será o investimento por via de entidade externa, ou seja, uma entidade financiará todo o dimensionamento e instalação, sendo efetuado o pagamento de uma

mensalidade anual durante um período de 20 anos.

Na tabela 15 é possível verificar os custos para o dimensionamento da UPAC com as características definidas para os cálculos em ambas as opções de avaliação económica.

Tabela 15 - Parâmetros Económicos

Preço Médio (OMIE)	125,98	€/MWh
Preço Médio Eletricidade (Comercializador)	249	€/MWh
Preço de Venda aos Membros da CER	150	€/MWh
Preço de Venda Excedente (Coopérnico)	100,8	€/MWh
Preço Tarifa Acesso à Rede (c/ CER)	20,46	€/MWh
Preço Médio Tarifa Acesso à Rede (s/ CER)	25,4	€/MWh
Custo Mensal EGAC	80	€/membro/mês

O Preço Médio Eletricidade (OMIE – Operador de Mercado Elétrico) foi o valor retirado no dia 01/11/2022 do website exposto no ponto 14 das Referências. O Preço Médio Eletricidade (Comercializador) foi calculado através da média do preço de eletricidade pago atualmente pelos membros da CER. O Preço de Venda aos Membros da CER e o Custo Mensal foram definidos com base em pressupostos abordados com os orientadores deste projeto. O Preço da Tarifa de Acesso às Redes (c/CER) encontra-se definido pela ERSE na publicação da Diretiva nº14/2020 que isenta as CER dos encargos correspondentes ao Custo Económico de Interesse Geral (CIEG), esta direta foi prolongada até ao final do ano de 2022 por parecer da ERSE [15]. Por fim o Preço da Tarifa de Acesso às Redes (S/CER) foi calculado através de uma média relativamente ao custo atual das mesmas para cada membro.

O software SunnyDesign utilizado em todo este dimensionamento, apresenta também a capacidade de calcular o investimento necessário para os diferentes cenários de dimensionamento explanados anteriormente. Este investimento tem por base o custo dos módulos fotovoltaicos e dos inversores, expostos nas anteriores tabelas 7 e 10.

5.3.1. Opção A – Investimento por “Crowdfunding”

Neste ponto será apresentado os resultados para uma opção de investimento por *crowdfunding* onde a CER pertencerá ao seus membros. Esclarecidos e definidos os parâmetros económicos da tabela 15 é possível realizar um tratamento à informação providenciada pelo SunnyDesign para um panorama anual, apresentando-se assim a tabela 16.

Tabela 16 – Opção A: Análise Económica Anual aos Membros da CER

Cenários	Fatura Anual s/ CER	Compra de Energia à Rede	Compra de Autoconsumo	Custo Potência Contratada	Tarifa de Acesso às Redes c/ Isenção 100% CIEG	Fatura Anual c/ CER	Poupança Anual	Poupança (%)
1	107 036,30 €	43 986,60 €	28 476,60 €	2 219,67 €	8 371,19 €	83 054,07 €	23 982,23 €	22%
2		46 413,60 €	27 014,55 €		8 419,34 €	84 019,02 €	23 017,28 €	22%
3		52 942,63 €	23 081,40 €		8 548,88 €	86 614,90 €	20 421,40 €	19%

Foi definida através da tabela A-8 no Anexo 3, o custo anual que os membros atualmente apresentam sem pertencerem à CER. Ao aderirem à CER, os mesmos terão como custos associados a eles, a compra de energia à rede aquando da não disponibilidade de produção fotovoltaica, a compra da energia fotovoltaica para autoconsumo, a potência contratada e a Tarifa de Acesso às Redes (TAR) relativas ao autoconsumo e à compra de energia à rede. A subtração do valor da fatura anual dos membros, antes de pertencerem à CER, à soma de todos os custos garante-lhes uma redução na nova fatura a rondar os 22% para o cenário 1, 22% para o cenário 2 e 19% para o cenário 3.

Analisando-se o cenário dos custos e receitas da CER, tem-se a tabela 17.

Tabela 17 – Opção A: Análise Económica à CER

Cenários	Investimento Necessário UPAC-CER	Custos Anuais da CER			Receitas Anuais da CER		Balanço Anual	Tempo de Retorno (anos)
		Custo Anual EGAC	Custos Manutenção	Tarifa de Acesso às Redes c/ Isenção 100% CIEG	Venda de Autoconsumo	Venda de Excedente		
1	206 216,02 €	6 720,00 €	20 621,60 €	8 291,68 €	28 476,60 €	40 844,03 €	33 687,34 €	6
2	147 934,46 €	6 720,00 €	14 793,45 €	4 469,61 €	27 014,55 €	22 016,87 €	23 048,36 €	6
3	63 994,44 €	6 720,00 €	6 399,44 €	965,00 €	23 081,40 €	4 753,48 €	13 750,44 €	5

Para construção desta tabela foi definido que a CER exige um custo de manutenção anual de pelo menos 10% do valor investido total, um custo anual com a EGAC de 80

€/membro/mês (valor teorizado para a entidade definir os modelos de repartição, gerir períodos de manutenção, etc) e efetua o pagamento das TAR relativamente à energia excedente. Exibindo de um outro lado como receitas anuais a venda do autoconsumo aos membros e a venda do excedente à Coopérnico. Ao subtrair-se os Custos Anuais da CER às Receitas Anuais da CER obtém-se o Balanço Anual, que se apresenta positivo para todos os cenários. Dividindo este investimento pelo balanço anual, obtém-se um tempo de retorno simples de aproximadamente 6 anos para o cenário 1, 6 anos para o cenário 2 e de 5 anos para o cenário 3.

Esta avaliação económica, apresenta em todos os seus cenários poupança para os membros da CER, sendo a maior diferença entre os mesmo a venda do excedente e a quantidade de energia a comprar à rede. O ideal para a comunidade é que toda a energia produzida pela UPAC, seja consumida localmente e que a existência de excedente seja mínima, neste panorama o cenário 3 apresenta-se como o mais favorável. Com o investimento mais baixo relativamente aos restantes, este apresenta uma poupança de 19% para os seus membros, apenas 2% inferior face ao cenário 1 e 2. Os restantes cenários têm a possibilidade de potencialização, mas para o caso da existência de uma maior quantidade de membros na CER. É possível entender-se que estes cenários também podem representar etapas na construção da CER, isto é, inicialmente pode-se optar pelo cenário 3 com um menor investimento, e no futuro ser possível, através da instalação de mais painéis fotovoltaicos, o aumento da capacidade de produção da UPAC. Isto acontecendo ao mesmo tempo que se angaria mais membros para a comunidade.

Na tabela 18, é apresentado um olhar mais individual relativamente à repartição de energia de cada membro.

Tabela 18 - Valor do Investimento com base na Energia Produzida repartida para cada membro

	1	2	3	4	5	6	7	Total
	Cenário 1							
Poupança Anual Estimada	10 458,70 €	3 146,87 €	5 371,03 €	837,70 €	2 566,74 €	162,30 €	1 263,47 €	23 982,23 €
% de Energia Repartida	43,9%	13,2%	22,6%	3,5%	10,8%	0,7%	5,3%	100,0%
Investimento em Função da Energia Repartida	90 593,87 €	27 258,36 €	46 524,18 €	7 256,23 €	22 233,29 €	1 405,86 €	10 944,23 €	206 216,02 €
Tempo Retorno Investimento aos membros (anos)	9							
	Cenário 2							

Poupança Anual Estimada	10 111,85 €	3 042,51 €	5 192,91 €	809,92 €	2 481,62 €	156,92 €	1 221,57 €	23 017,28 €
% de Energia Repartida	43,9%	13,2%	22,6%	3,5%	10,8%	0,7%	5,3%	100,0%
Investimento em Função da Energia Repartida	64 989,88 €	19 554,50 €	33 375,34 €	5 205,45 €	15 949,63 €	1 008,53 €	7 851,13 €	147 934,46 €
Tempo Retorno Investimento aos membros (anos)	6							
	Cenário 3							
Poupança Anual Estimada	8 971,44 €	2 699,37 €	4 607,25 €	718,58 €	2 201,74 €	139,22 €	1 083,80 €	20 421,40 €
% de Energia Repartida	43,9%	13,2%	22,6%	3,5%	10,8%	0,7%	5,3%	100,0%
Investimento em Função da Energia Repartida	28 113,74 €	8 459,01 €	14 437,72 €	2 251,81 €	6 899,59 €	436,28 €	3 396,29 €	63 994,44 €
Tempo Retorno Investimento aos membros (anos)	3							

Todos os membros recebem a mesma quantidade de poupança anual, mas com a tabela 18 percebe-se que alguns membros recebem mais energia fotovoltaica que outros, uma forma de evitar isto seria se os membros escolhidos para a comunidade tivessem consumos semelhantes, assim a percentagem de energia repartida seria semelhante para todos. Com base na tabela 18 foi possível calcular um Tempo de Retorno Investimento dos membros, no caso de, se o investimento de cada membro estivesse associado à Percentagem de Energia Repartida de cada. Isto apresenta-nos TRI diferentes que os apresentados na tabela 17, mas isto deve-se ao facto de a tabela 18 apenas levar em conta a poupança que cada membro obtém anualmente com a CER e fazer o cálculo do TRI diretamente desse poupança e do investimento que cada membro deverá fazer.

5.3.2. Opção B – Investimento por Entidade Externa

Na Opção B de investimento a instalação e exploração da UPAC é de total responsabilidade de uma entidade externa à comunidade. A entidade externa, compra os ativos de produção e vende a energia produzida fotovoltaica aos membros da comunidade ao preço estabelecido na tabela 15. Desta forma, todos os encargos financeiros são da sua responsabilidade, sendo apenas transmitido aos membros da comunidade uma fatura referente ao seu percentual de autoconsumo. Para apresentar as tabelas relativas à análise económica deste tipo de investimento é necessário apresentar algumas considerações tomadas:

- O valor do Investimento é o mesmo valor estipulado pelo SunnyDesign;
- O financiamento realizado pela entidade externa está sujeito a uma duração do

- projeto de 20 anos;
- Este financiamento tem juros associados de 3%.
 - Por ser um projeto com uma duração extensa, foram determinados alguns valores de inflação:
 - Os Custos de Manutenção apresentam de uma inflação de 2,5% ao ano;
 - A Venda do Autoconsumo aos membros é reajustado bianualmente, inflacionando este valor por 5%;
 - A Venda do Excedente apresenta uma inflação de 1% ao ano;
 - As TAR apresentam uma inflação de 5% ao ano;
 - O tempo de vida útil dos inversores é de 10 anos, assim sendo, no final de 10 anos a entidade investe novamente no sistema UPAC-CER substituindo os inversores associados ao mesmo.

Nas tabelas 19, 20 e 21, apresentadas nas próximas páginas, é retratado o cash-flow do projeto para os 3 diferentes cenários, cada coluna da tabela representa um cálculo associado, deste modo explana-se de seguida o mesmo:

- **Investimento:** valor pré-definido pelo software com base nos dados inseridos, e será o valor total investido no sistema UPAC-CER;
- **Prestação:** valor de prestações do empréstimo (quociente entre Investimento e número de anos);
- **Juros:** valor de juros definidos no momento do investimento;
- **Prestação + Juros:** soma de Prestação e Juros;
- **Custos de Manutenção:** Valor do custo anual de manutenção sujeito a uma inflação anual;
- **Venda de Excedente:** Receita obtida pela venda do excedente do sistema tendo em conta a inflação de 1% do preço da eletricidade;
- **Venda de Autoconsumo:** Receita obtida pela venda da produção fotovoltaica aos membros da CER, tendo em conta uma ajuste bianual a uma inflação de 5%;
- **Tarifas de Acesso à Rede:** Custo pago à entidade que gere as redes, E-REDES, para acesso às mesmas, relativamente à energia excedente. As TAR relacionadas com a energia de autoconsumo e energia comprada à rede são pagas pelos membros da CER;
- **Receita:** Soma da Venda do Excedente com a Venda de Autoconsumo, subtraindo o valor das Tarifas de Acesso à Rede;
- **Cash-Flow:** Subtração ao valor da Receita, o Investimento Anual, a Prestação, os Juros e os Custos de Manutenção;

- **Cash-Flow Acumulado:** Soma do Cash-Flow Acumulado do ano anterior com o Cash-Flow do ano atual;
- **Poupança Membros:** Valor de poupança obtido por todos os consumidores, Resultado da subtração da fatura anual antes de pertencer à CER, ao valor de fatura após pertencer à CER (valor da fatura anual após a CER é a soma do custo do autoconsumo com o custo da energia proveniente da rede e das TAR). As tabelas referentes ao cálculo da poupança podem ser consultadas no Anexo 3, tabelas A-10, A-11 e A-12.

Perante estas características, os diferentes cenários apresentam grandes vantagens de investimentos para a entidade externa, o cenário 1 apresenta um cash-flow ao fim de 20 anos de 1 335 307 €, o cenário 2 de 993 514 € e o cenário 3 de 657 700 €. Observando as poupanças obtidas pelos membros ao fim dos 20 anos para o cenário 1 os membros pouparam aproximadamente 538 807 € para o cenário 1, 519 863 € para o cenário 2 e 468 899 € para o cenário 3. Como é de se esperar o cenário 1 em comparação com os outros cenários, é o que apresenta uma maior poupança. Isto deve-se à menor quantidade de energia comprada à rede neste cenário, o que em comparação com os outros aumenta sempre.

Tabela 19 - Opção B: Análise económica para o Cenário 1

Ano	Investimento	Prestação	Juros (3%)	Prestação + Juros	Custos Manutenção	Venda de Excedente	Venda de Autoconsumo	Tarifas de Acesso à Rede	Receita	Cash-Flow	Cash-Flow Acumulado	Poupança Membros
0	206 216 €	11 663 €	6 648 €	18 311 €	20 622 €	40 844 €	28 477 €	8 292 €	61 029 €	-142 876 €	-142 876 €	26 202 €
1	0 €	11 663 €	6 298 €	17 961 €	21 137 €	41 252 €	28 477 €	8 706 €	61 023 €	64 199 €	-78 677 €	26 990 €
2	0 €	11 663 €	5 948 €	17 611 €	21 666 €	41 665 €	29 900 €	9 142 €	62 424 €	66 479 €	-12 198 €	26 364 €
3	0 €	11 663 €	5 598 €	17 261 €	22 207 €	42 082 €	29 900 €	9 599 €	62 383 €	67 330 €	55 132 €	27 172 €
4	0 €	11 663 €	5 248 €	16 911 €	22 762 €	42 502 €	31 395 €	10 079 €	63 819 €	69 671 €	124 802 €	26 495 €
5	0 €	11 663 €	4 898 €	16 561 €	23 331 €	42 927 €	31 395 €	10 583 €	63 740 €	70 511 €	195 313 €	27 323 €
6	0 €	11 663 €	4 548 €	16 211 €	23 915 €	43 357 €	32 965 €	11 112 €	65 210 €	72 914 €	268 227 €	26 592 €
7	0 €	11 663 €	4 199 €	15 861 €	24 513 €	43 790 €	32 965 €	11 667 €	65 088 €	73 740 €	341 966 €	27 441 €
8	0 €	11 663 €	3 849 €	15 511 €	25 125 €	44 228 €	34 613 €	12 251 €	66 591 €	76 205 €	418 172 €	26 653 €
9	0 €	11 663 €	3 499 €	15 162 €	25 754 €	44 671 €	34 613 €	12 863 €	66 421 €	77 013 €	495 184 €	27 523 €
10	27 039 €	11 663 €	3 149 €	14 812 €	26 397 €	45 117 €	36 344 €	13 506 €	67 955 €	52 501 €	547 686 €	26 674 €
11	0 €	11 663 €	2 799 €	14 462 €	27 057 €	45 568 €	36 344 €	14 182 €	67 731 €	80 326 €	628 012 €	27 566 €
12	0 €	11 663 €	2 449 €	14 112 €	27 734 €	46 024 €	38 161 €	14 891 €	69 295 €	82 917 €	710 929 €	26 652 €
13	0 €	11 663 €	2 099 €	13 762 €	28 427 €	46 484 €	38 161 €	15 635 €	69 010 €	83 676 €	794 604 €	27 567 €
14	0 €	11 663 €	1 749 €	13 412 €	29 138 €	46 949 €	40 069 €	16 417 €	70 602 €	86 327 €	880 932 €	26 585 €
15	0 €	11 663 €	1 400 €	13 062 €	29 866 €	47 419 €	40 069 €	17 238 €	70 250 €	87 054 €	967 986 €	27 523 €
16	0 €	11 663 €	1 050 €	12 712 €	30 613 €	47 893 €	42 073 €	18 100 €	71 866 €	89 767 €	1 057 752 €	26 469 €
17	0 €	11 663 €	700 €	12 363 €	31 378 €	48 372 €	42 073 €	19 005 €	71 440 €	90 456 €	1 148 208 €	27 431 €
18	0 €	11 663 €	350 €	12 013 €	32 163 €	48 855 €	44 177 €	19 955 €	73 077 €	93 227 €	1 241 435 €	26 300 €
19	0 €	11 663 €	0 €	11 663 €	32 967 €	49 344 €	44 177 €	20 953 €	72 568 €	93 872 €	1 335 307 €	27 286 €
Total	233 255 €	233 255 €	66 478 €	299 733 €	526 772 €	899 345 €	716 351 €	274 172 €	1 341 524 €	1 335 307 €	10 977 897 €	538 807 €

Tabela 20 - Opção B: Análise económica para o Cenário 2

											Empresa	CER
Ano	Investimento	Prestação	Juros (3%)	Prestação + Juros	Custos Manutenção	Venda de Excedente	Venda de Autoconsumo	Tarifas de Acesso à Rede	Receita	Cash-Flow	Cash-Flow Acumulado	Poupança Membros
0	147 934 €	8 774 €	5 001 €	13 774 €	14 793 €	22 017 €	27 015 €	4 470 €	44 562 €	-102 354 €	-102 354 €	25 189 €
1	0 €	8 774 €	4 738 €	13 511 €	15 163 €	22 237 €	27 015 €	4 693 €	44 558 €	46 211 €	-56 143 €	25 946 €
2	0 €	8 774 €	4 474 €	13 248 €	15 542 €	22 459 €	28 365 €	4 928 €	45 897 €	48 191 €	-7 952 €	25 363 €
3	0 €	8 774 €	4 211 €	12 985 €	15 931 €	22 684 €	28 365 €	5 174 €	45 875 €	48 821 €	40 869 €	26 140 €
4	0 €	8 774 €	3 948 €	12 722 €	16 329 €	22 911 €	29 784 €	5 433 €	47 262 €	50 869 €	91 739 €	25 508 €
5	0 €	8 774 €	3 685 €	12 458 €	16 737 €	23 140 €	29 784 €	5 704 €	47 219 €	51 498 €	143 237 €	26 304 €
6	0 €	8 774 €	3 422 €	12 195 €	17 156 €	23 371 €	31 273 €	5 990 €	48 654 €	53 615 €	196 852 €	25 621 €
7	0 €	8 774 €	3 158 €	11 932 €	17 585 €	23 605 €	31 273 €	6 289 €	48 589 €	54 241 €	251 093 €	26 438 €
8	0 €	8 774 €	2 895 €	11 669 €	18 024 €	23 841 €	32 836 €	6 604 €	50 074 €	56 429 €	307 522 €	25 701 €
9	0 €	8 774 €	2 632 €	11 406 €	18 475 €	24 080 €	32 836 €	6 934 €	49 982 €	57 051 €	364 574 €	26 538 €
10	27 536 €	8 774 €	2 369 €	11 142 €	18 937 €	24 320 €	34 478 €	7 281 €	51 518 €	31 777 €	396 350 €	25 743 €
11	0 €	8 774 €	2 106 €	10 879 €	19 410 €	24 564 €	34 478 €	7 645 €	51 397 €	59 928 €	456 279 €	26 601 €
12	0 €	8 774 €	1 842 €	10 616 €	19 896 €	24 809 €	36 202 €	8 027 €	52 984 €	62 264 €	518 543 €	25 746 €
13	0 €	8 774 €	1 579 €	10 353 €	20 393 €	25 057 €	36 202 €	8 428 €	52 831 €	62 871 €	581 414 €	26 626 €
14	0 €	8 774 €	1 316 €	10 090 €	20 903 €	25 308 €	38 012 €	8 850 €	54 470 €	65 284 €	646 698 €	25 706 €
15	0 €	8 774 €	1 053 €	9 826 €	21 425 €	25 561 €	38 012 €	9 292 €	54 281 €	65 880 €	712 578 €	26 608 €
16	0 €	8 774 €	790 €	9 563 €	21 961 €	25 817 €	39 913 €	9 757 €	55 973 €	68 371 €	780 948 €	25 620 €
17	0 €	8 774 €	526 €	9 300 €	22 510 €	26 075 €	39 913 €	10 244 €	55 743 €	68 953 €	849 902 €	26 545 €
18	0 €	8 774 €	263 €	9 037 €	23 073 €	26 335 €	41 908 €	10 757 €	57 487 €	71 523 €	921 425 €	25 485 €
19	0 €	8 774 €	0 €	8 774 €	23 650 €	26 599 €	41 908 €	11 294 €	57 213 €	72 089 €	993 514 €	26 433 €
Total	175 470 €	175 470 €	50 009 €	225 479 €	377 894 €	484 790 €	679 572 €	147 792 €	1 016 570 €	993 514 €	8 087 088 €	519 863 €

Tabela 21 - Opção B: Análise económica para o Cenário 3

Ano	Investimento	Prestação	Juros (3%)	Prestação + Juros	Custos Manutenção	Venda de Excedente	Venda de Autoconsumo	Tarifas de Acesso à Rede	Receita	Cash-Flow	Cash-Flow Acumulado	Poupança Membros
0	63 994 €	3 483 €	1 985 €	5 468 €	6 399 €	4 753 €	23 081 €	965 €	26 870 €	-36 193 €	-36 193 €	22 463 €
1	0 €	3 483 €	1 881 €	5 363 €	6 559 €	4 801 €	23 081 €	1 013 €	26 869 €	28 065 €	-8 128 €	23 139 €
2	0 €	3 483 €	1 776 €	5 259 €	6 723 €	4 849 €	24 235 €	1 064 €	28 021 €	29 485 €	21 357 €	22 670 €
3	0 €	3 483 €	1 672 €	5 154 €	6 892 €	4 898 €	24 235 €	1 117 €	28 016 €	29 753 €	51 110 €	23 363 €
4	0 €	3 483 €	1 567 €	5 050 €	7 064 €	4 946 €	25 447 €	1 173 €	29 221 €	31 235 €	82 345 €	22 853 €
5	0 €	3 483 €	1 463 €	4 945 €	7 240 €	4 996 €	25 447 €	1 232 €	29 212 €	31 507 €	113 851 €	23 564 €
6	0 €	3 483 €	1 358 €	4 841 €	7 421 €	5 046 €	26 720 €	1 293 €	30 472 €	33 053 €	146 904 €	23 011 €
7	0 €	3 483 €	1 254 €	4 737 €	7 607 €	5 096 €	26 720 €	1 358 €	30 458 €	33 329 €	180 233 €	23 739 €
8	0 €	3 483 €	1 149 €	4 632 €	7 797 €	5 147 €	28 056 €	1 426 €	31 777 €	34 942 €	215 175 €	23 141 €
9	0 €	3 483 €	1 045 €	4 528 €	7 992 €	5 199 €	28 056 €	1 497 €	31 757 €	35 222 €	250 397 €	23 888 €
10	5 660 €	3 483 €	940 €	4 423 €	8 192 €	5 251 €	29 458 €	1 572 €	33 137 €	31 246 €	281 643 €	23 241 €
11	0 €	3 483 €	836 €	4 319 €	8 397 €	5 303 €	29 458 €	1 650 €	33 111 €	37 189 €	318 832 €	24 007 €
12	0 €	3 483 €	731 €	4 214 €	8 607 €	5 356 €	30 931 €	1 733 €	34 555 €	38 947 €	357 779 €	23 309 €
13	0 €	3 483 €	627 €	4 110 €	8 822 €	5 410 €	30 931 €	1 820 €	34 522 €	39 234 €	397 013 €	24 094 €
14	0 €	3 483 €	522 €	4 005 €	9 042 €	5 464 €	32 478 €	1 911 €	36 031 €	41 068 €	438 081 €	23 342 €
15	0 €	3 483 €	418 €	3 901 €	9 268 €	5 519 €	32 478 €	2 006 €	35 990 €	41 358 €	479 439 €	24 147 €
16	0 €	3 483 €	313 €	3 796 €	9 500 €	5 574 €	34 102 €	2 106 €	37 569 €	43 273 €	522 712 €	23 337 €
17	0 €	3 483 €	209 €	3 692 €	9 738 €	5 630 €	34 102 €	2 212 €	37 520 €	43 565 €	566 277 €	24 162 €
18	0 €	3 483 €	104 €	3 587 €	9 981 €	5 686 €	35 807 €	2 322 €	39 170 €	45 564 €	611 841 €	23 292 €
19	0 €	3 483 €	0 €	3 483 €	10 230 €	5 743 €	35 807 €	2 438 €	39 111 €	45 859 €	657 700 €	24 138 €
Total	69 654 €	69 654 €	19 852 €	89 506 €	163 472 €	104 667 €	580 631 €	31 909 €	653 389 €	657 700 €	5 648 370 €	468 899 €

Capítulo 6

6. Conclusão

Atualmente o setor energético vive um período conturbado, com a Europa atualmente envolvida diretamente numa guerra económica, com os impactos desta a já se fazerem sentir nos consumidores. Os grandes aumentos no setor energético, tanto no gás como na eletricidade, levam a que seja urgente a alteração do panorama energético e a diminuição da dependência nas fontes de energia não renováveis, sendo que a aposta nas renováveis contribui também para a diminuição da dependência energética externa. Nesta transição, e com os vários decretos e pareceres que têm saído nos últimos anos, caminha-se a passos largos para tornar o consumidor em alguém com um papel mais importante em toda a cadeia do setor energético, tornando-os para além de consumidores também produtores de energia, “*prosumers*”.

As Comunidades de Energia Renovável apresentaram-se através do Decreto-Lei 162/2019, revogado pelo agora Decreto-Lei 15/2022, como a mais recente resposta para alguns dos problemas atuais do setor energético, que tornaram se mais intensos pela situação atual vivenciada na União Europeia. Através da atribuição de um papel ativo ao consumidor, espera-se que com a criação das CER se possa expandir o mercado elétrico, tornando mais facilitada a entrada para pequenos produtores e seja mais fácil a partilha de energia produzida por consumidores interessados produzir, pelo menos parte, da energia que necessita. No entanto, a concretização desta realidade ainda não é tão simples como possa parecer. Apesar deste tema ser uma grande novidade e existirem esforços de diversas entidades para incentivar a criação de comunidades de energia, certas questões ainda se encontram sem resposta e existem várias nuances em todo o conceito, como por exemplo questões jurídicas ou definições de caráter prático. Verifica-se uma necessidade de atualização dos regimes jurídicos e dos regulamentos que regem as CER ou até mesmo um modelo base para a definição e criação das mesmas.

Atualmente existe uma entidade a desenvolver projetos de CER's, a Cleanwatts, uma empresa que presta apoio no desenvolvimento e operacionalização de diversas CER's em Portugal, apesar de individualmente ter tentado um contacto direto com esta entidade em busca de informações não foi possível, e toda a informação disponível online não é nada concreto em números ou poupanças estimadas. Existe também outras

entidades como a Coopérnico que entregam apoio à população na elucidação do conceito de comunidades de energia e o autoconsumo e estão a tentar criar uma CER em Lisboa. A AdEPorto, Agência de Energia do Porto, está também a desenvolver uma CER, com o objetivo de combater a pobreza energética.

De momento, dada a novidade da legislação e alguma turbulência nas condições práticas para a sua aplicação, que se revelam na exiguidade de resultados palpáveis, este projeto e a metodologia desenvolvida no mesmo, teve por base diversas previsões teóricas no âmbito da criação e operacionalização de uma Comunidade de Energia Renovável, podendo no futuro os dados apresentados no projeto serem atualizados conforme as diversas atualizações legislativas.

Foi estudado neste projeto a implementação de uma Comunidade de Energia Renovável com 7 membros presentes na Zona Industrial do Barreiro. Todos estes possíveis membros disponibilizaram os dados relativos aos seus consumos reais e, serão informados do estudo realizado. Os resultados validam a possibilidade da existência de uma CER neste meio.

Realizou-se o estudo desta CER para 3 cenários, onde cada um difere na quantidade de painéis fotovoltaicos instalados e a sua potência de pico. Dos três cenários, para a quantidade de membros e para os seus consumos verificou-se que a cenário 3 é o mais favorável para a Opção A de financiamento (Crowdfunding). Com um baixo investimento e um tempo de retorno de aproximadamente 5 anos, foi o cenário que demonstrou uma poupança energética para os membros, de aproximadamente 20% na sua fatura anual. Mas a maior vantagem do cenário 3 reflete-se também na baixa injeção de energia excedente na rede, dado o objetivo principal da CER é que toda, ou quase toda, a energia produzida seja consumida pelos seus membros.

O que os cenários 1 e 2 nos demonstram é que existe um potencial elevado para alargar a CER a outras entidades, dado que a área de cobertura disponível tem capacidade suficiente para acomodar mais potência para autoconsumo.

Analisando a opção de financiamento por uma entidade externa, que na minha opinião é o caminho que mais facilmente permite o desenvolvimento de uma CER, dado que não implica que os seus membros sejam sobrecarregados com o investimento inicial, sendo este pago à entidade financiadora com as receitas da CER. Pelo que se observa atualmente no mercado, rapidamente surgirão várias empresas aptas, tanto ao nível técnico, como jurídico e financeiro para realizar operações desta tipologia, assim que a

solução legal e tecnológica ganhe alguma maturidade. Nesta opção de financiamento a entidade externa controla a CER durante um prazo de 20 anos e vende a energia produzida na CER aos seus membros a um preço mais baixo que o preço de mercado, tendo também a possibilidade de estabelecer uma maior estabilidade no preço da energia. Neste caso os membros da CER apenas verificam a percentagem de energia a receber da CER e o efeito que esta tem na redução global da fatura energética.

Em ambos os cenários o essencial é o foco em toda a energia produzida pela CER ser vendida aos seus membros, e é de pouco interesse vender o excedente a outras entidades, não sendo esse o objetivo geral do autoconsumo, pelo que também com este modelo de financiamento é o cenário 1 aquele que melhor se ajusta.

Apesar de ser apenas um estudo teórico e baseado em alguns pressupostos, este projeto permitiu uma melhor compreensão da importância da divulgação e implementação destas comunidades, e respondeu a uma pergunta que se ouviu bastante no decorrer da elaboração da mesma, “Comunidades de Energia, Autoconsumo Coletivo ou Autoconsumo Individual? Qual a melhor opção?”. A verdade é que no autoconsumo individual, ao investir-se individualmente de acordo com as necessidades individuais, o resultado é obtido automaticamente sem grandes processos ou complexidade, exatamente ao contrário quando se trata das comunidades de energia. O aspeto económico não reflete o papel decisivo na resposta a esta pergunta, pois ambas as opções conseguem oferecer poupanças bastante próximas, assim como o autoconsumo coletivo, ideal para entidades, como os municípios, que operam vários edifícios e diferentes serviços próximos entre si, e onde se podem conjugar necessidades de energia e disponibilidade de espaço para produção fotovoltaica.

No entanto, as CER ganharam um espaço mediático relevante, sendo atraentes pela versatilidade de soluções que permite, e apesar da carga burocrática que exigem, certamente farão o seu caminho, e contribuirão para o amadurecimento do seu processo de implementação. Neste sentido é relevante que o governo esteja a disponibilizar fundos de apoio à sua concretização.

Finalizo que as CER, do meu ponto de vista, são uma ferramenta de apoio importante ao desenvolvimento e evolução tecnológica no setor energético de Portugal, contribuindo para mudar o paradigma da produção energética distribuída. Ou seja, da produção energética junto aos locais de consumo, contribuindo para a sustentabilidade energética e ambiental dos territórios, assim como para a independência energética.

Adicionalmente, e não menos relevante, as CER podem ter um papel muito relevante no combate e mitigação à pobreza energética, com a sua implementação em contextos sociais mais desfavoráveis. A distribuição de energia renovável a custo mais baixo e produzida localmente pode ser uma ferramenta das entidades públicas envolvidas, mesmo em complemento à produção de energia para as suas próprias necessidades.

Será também de interesse para um trabalho futuro o estudo destes diferentes cenários em caso de colocação de baterias, deste modo evitando a venda de energia à rede e maximizando o autoconsumo.

Referências

- [1] Presidência do Conselho de Ministros. Decreto-Lei 162/2019, art. 5°. (2022, jul. 26).
URL: <https://data.dre.pt/eli/dec-lei/162/2019/10/25/p/dre/pt/html>
- [2] Energia em Números – Edição 2022 – DGEG (2022, set. 20)
- [3] SOLARGIS (2022, set. 24)
URL: <https://solargis.com/maps-and-gis-data/download/europe>
- [4] Plano Nacional para a Energia e Clima (PNEC2030) (2022, set. 24)
URL: <https://www.portugalenergia.pt/setor-energetico/bloco-3/>
- [5] Presidência do Conselho de Ministros. Decreto-Lei 15/2022, art. 189°. (2022, jul. 26).
URL: <https://data.dre.pt/eli/dec-lei/15/2022/01/14/p/dre/pt/html>
- [6] Poupa Energia (2022, jul. 26)
URL: <https://teste.poupaenergia.pt/energia-verde#1634124012599-bb299972-ce2c>
- [7] Regulamento Técnico e Qualidade. Direção Geral de Energia e Geologia (2022, jul. 26)
URL: http://apesf.pt/images/eventos_calendario/anexos/2019_12_19_RTQ.pdf
- [8] Inês F.G. Reis, Ivo Gonçalves, Marta A.R. Lopes, Carlos Henggeler Antunes. Business models for energy communities: A review of key issues and trends (2022, ago. 08)
- [9] PVGIS – Photovoltaic Geographical Information System (2022, set. 06)
URL: https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/
- [10] Painéis Solares – Energia e Aquecimento (2022, set. 23)
URL: <https://paineissolares-energiaeaquecimento.blogs.sapo.pt/1736.html>
- [11] Trina Solar Energy TSM-425DE09R.08 (Vertex S) (2022, set. 24)
URL: <https://www.secondsol.com/en/anzeige/31653/pv-module/kristallin/mono/trina-solar/vertex-s-425w-tsm-de09r-08>
- [12] Inversor SMA SHP 100-20 400V e SMA STP110-60 (CORE2) (2022, set. 24)
URL: <https://www.europe-solarstore.com/sma-sunny-highpower-peak3-shp-100-20.html>
- [13] Inversor SMA STP 12-50 – MGSOLAR (2022, set. 24)
URL: <https://www.mg-solar-shop.com/sma-sunny-tripower-x-12-50-stp-12-50-solar-inverter>
- [14] OMIE – Operador de Mercado Elétrico (2022, set. 25)

- URL: <https://www.omie.es/pt>
- [15] Diretiva Nº14/2020 – Tarifas de Acesso para Autoconsumo (2022, set. 25)
URL: <https://www.erse.pt/media/qhpgprzd/diretiva-erse-14-2020-tar-autoconsumo.pdf>
- [15] Parecer - Prorrogação do regime de isenção de CIEG das tarifas de Acesso às Redes a aplicar ao autoconsumo veiculado através da rede elétrica de serviço público (2022, set. 25)
URL: <https://www.erse.pt/media/hwikvlp/parecer-erse.pdf>
- [16] Coopérnico – Compra de Excedente (2022, set. 25)
URL: <https://www.coopernico.org/artigo/313>
- [17] GreenPower – Esquema Comunidades de Energia
URL: <https://greenpower.pt/sistemas-autoconsumo-coletivo/>
- [18] DGEG – Perguntas Frequentes
URL: <https://www.dgeg.gov.pt/pt/areas-setoriais/energia/energia-eletrica/producao-de-energia-eletrica/producao-descentralizada-autoconsumo-e-upp-mp-mn/autoconsumo-e-cer/faq/>
- [19] E-REDES – Processo de Autoconsumo
URL: <https://www.e-redes.pt/pt-pt/autoconsumo>
- [20] Fundo Ambiental - Apoio à concretização de Comunidades de Energia Renovável e Autoconsumo Coletivo
URL: <https://www.fundoambiental.pt/apoios-prr/c13-eficiencia-energetica-em-edificios/c13-i01-02-03-apoio-a-concretizacao-de-comunidades-de-energia-renovavel-e-autoconsumo-coletivo.aspx>
- [21] SunnyDesign Web
URL: <https://www.sunnydesignweb.com/sdweb/#!/Home>
- [22] Coopérnico – Compra de Excedente
URL: <https://www.coopernico.org/artigo/313>
- [23] ERSE - Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos. Regulamentação do Regime de Autoconsumo (Decreto-Lei n.º162/2019).
URL: https://www.erse.pt/media/rcsjn1gb/proposta_articulado_cp82.pdf
- [24] Guilherme Figueiredo – Gestão de Autoconsumo de Comunidades de Energia Renovável em Núcleos Rurais, Tese de Mestrado, 2021
- [25] Comunidades de energia: Um guia prático
URL: <https://www.rescoop.eu/toolbox/community-energy-a-practical-guide-to-reclaiming-power-portuguese-edition>
- [26] Community Renewable Energy in the Czech Republic: Value Proposition Perspective
URL: <https://www.rescoop.eu/toolbox/community-energy-a-practical-guide-to->

reclaiming-power-portuguese-edition

- [27] Business models for energy communities: A review of key issues and trends
URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032121003038>
- [28] Local Energy Communities in Spain: Economic Implications of the New Tariff and Variable Coefficients
URL: <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/19/10555/htm>
- [29] Presidência do Conselho de Ministros - Despacho N.º46/2019
URL: <https://www.apren.pt/contents/legislation/despacho-46-2019-dgeg.pdf>
- [30] Presidência do Conselho de Ministros – Decreto-Lei 15/2022
URL: <https://dre.pt/dre/detalhe/decreto-lei/15-2022-177634016>
- [31] Entidade Reguladora de Serviços Energéticos – Diretiva N.º6/2022
URL: <https://dre.pt/dre/detalhe/doc/6-2022-179671054>
- [32] Entidade Reguladora de Serviços Energéticos – Regulamento N.º 373/2021
URL: https://www.erse.pt/media/zthbik1e/regulamento-n-%C2%BA-373_2021.pdf
- [33] Entidade Reguladora de Serviços Energéticos – Regulamento N.º 8/2021
URL: https://www.erse.pt/media/b5rmusyr/regulamento-erse-n-%C2%BA-8_2021.pdf
- [34] Diretiva Europeia 2018/2001
URL: <https://eurlex.europa.eu/legalcontent/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L2001&from=LV>
- [35] Roteiro para a Neutralidade Carbónica
URL: <https://descarbonizar2050.apambiente.pt/>
- [36] PVGIS - Photovoltaic Geographical Information System
URL: https://joint-research-centre.ec.europa.eu/pvgis-photovoltaic-geographical-information-system_en

Anexo 1 – Modelos de Negócio

Presente neste anexo encontra-se uma tabela com diversos modelos de negócio aplicados pelo mundo, assim como alguns links para acesso aos mesmos.

Tabela A - 1 - Modelos de Negócio

Projeto	Modelo Negócio	Breve Resumo	Link
Ecopower (Bélgica)	Cooperativa de Energia	Fundada em 1992, com principal objetivo no investimento nas energias renováveis de modo a suprir a 100% as necessidades de consumo dos seus participantes e para a promoção do uso racional de energia. Atualmente conta com aproximadamente de 50 000 membros e mais de 40 000 clientes. O excedente da cooperativa é usado para financiar projetos menos rentáveis.	https://www.rescoop-mecise.eu/aboutmecise/ecopower
Ellhofter wind park (Alemanha)	Cooperativa de Energia	Fundada em 2007, neste parque inclui 7 turbinas com uma capacidade de 27,5 MW, permitindo que o sistema forneça energia até 18 750 habitações na região. Aproximadamente 300 cidadãos de comunidades locais próximas a Schleswig Holstein, juntaram-se e financiaram estes ativos, criando trabalho e fornecendo a sua comunidade com energia renovável. Com a ajuda de técnicos especializados, os acionistas são os responsáveis pelo funcionamento e manutenção do parque. As receitas da cooperativa são direcionadas em doações para a comunidade de Ellhoft.	https://windpark-ellhoeft.de/
Coopérnico (Portugal)	Cooperativa de Energia	Nascida em 2013, a Coopérnico foi fundada por 16 cidadãos de diferentes áreas profissionais que partilham uma preocupação em comum, o desenvolvimento sustentável.	https://www.coopernico.org/pt/about#team
Amelander Energie Cooperatie (Holanda)	Cooperativa de Energia	Com 286 membro, a cooperativa criada em 2009 encontra-se envolvida na produção de energia renovável e serviços de e-mobility (car-sharing com funcionamento através de painéis fotovoltaicos). A cooperativa possui um parque solar com 23 000 painéis fotovoltaicos, capaz de suprir as necessidades de todas as habitações de Ameland. Os membros podem contribuir com ideias, participar em discussões e decisões futuras. O objetivo é alcançar um nível de autossuficiência para estimular a redução do consumo de energia.	
Litomerice (República Checa)	Comunidade de "Prosumerism"	A administração da cidade impulsiona a instalação de painéis fotovoltaicos em habitações particulares ou edifícios públicos. Com a colaboração do projeto piloto SCORE, os painéis foram instalados e diversas medidas de eficiência energética foram implementadas para reduzir o consumo de energia dos edifícios. O projeto piloto visa aumentar a capacidade de produção das instalações para 1,5 MW e envolver mais de	http://energy-cities.eu/members/city-of-litomerice/

		250 famílias como coproprietários das instalações fotovoltaicas. O excesso de energia será direcionado para edifícios públicos e administrativos.	
Svalin Community (Dinamarca)	Comunidade de “Prosumerism”/Mercado Local de Energia	Um exemplo de “prosumerism” em comunidades tem sido explorado em Svalin, uma comunidade dinamarquesa de 20 habitações residenciais com um objetivo delineado para acomodar painéis solares. Atualmente a comunidade produz mais energia renovável do que consumo, por essa situação as habitações consomem a energia necessária e o restante é injetado na rede.	https://the-energy-collective-project.com/context/
sonnenCommunity	Mercado Local de Energia	Esta comunidade de interesse que funciona na Alemanha, Áustria, Suíça e Itália envolve profissionais em atividade de produção, armazenamento e partilha. Os membros da comunidade usam exclusivamente a energia da mesma através dos sistemas fotovoltaicos individuais que cobrem completamente as necessidades dos mesmos e qualquer excedente existente é direcionado para outros membros. Foi desenvolvida uma plataforma central de software que conecta todos os membros e equilibra a energia e fornecimento. Esta comunidade tem um custo mensal de 19,99€ por membro, e é garantido garantia na bateria, energia de baixo preço da comunidade, atualizações de software e otimização do uso da energia para corresponder às previsões meteorológicas e monitoramento remoto.	https://sonnengroup.com/sonnencommunity/
Solar roof (Bulgária)	Comunidade Coletiva de Produção	Esta comunidade local foi criada para suprir as necessidades de uma associação de proprietários de um bloco de apartamentos em Sofia segundo a alçada do projeto ENERGISE. Os proprietários formaram um plano de instalar no telhado um conjunto de painéis fotovoltaicos com uma capacidade de 28.2 kWp. Esta instalação espera produzir 35 MWh de eletricidade anual, representando cerca de 5-7% do consumo total do edifício. Não é expectável a existência de receitas no projeto e os custos associados ao mesmo são divididos entre os membros.	https://www.zazemiata.org/
Bostadsrattsforeningen Lyckansberg (Suécia)	Comunidade Coletiva de Produção	Criada em 2018 por 85 proprietários de habitações, este projeto encontra-se envolvido na produção de eletricidade renovável através de uma central solar de 53 kW. O sistema produz eletricidade para serviços comuns, como iluminação, sauna, lavandaria entre outras funções no edifício. No caso de existência de excedente, a produção é vendida online e no caso de as necessidades do edifício forem superiores ao produzido é comprada energia à rede. Este projeto encontra-se também envolvido, em pequena escala, no aquecimento de habitações através de um sistema de biomassa.	https://www.hsb.se/sydost/brf/lyckansberg/miljo/solceller/
Mobicoop (França)	Cooperativa E-Mobility	Esta trata-se de uma cooperativa sem fins lucrativos, a sua atividade é concentrada no trabalho em rede com outras cooperativas e na cooperação com órgãos públicos e investidores locais, envolvendo-os como parceiros e financiadores de projetos locais. A cooperativa criada em 2011 e com cerca de 20 000 membros está envolvida em atividades de mobilidade compartilhada, incluindo car-sharing, bike-sharing e serviços de transportes públicos utilizando veículos elétricos. A cooperativa é uma cooperativa de interesse coletivo, o que significa que qualquer pessoa que partilhe dos mesmos objetivos pode se tornar membro comprando ações (valor de 100€ por ação, sem limite no número de unidades).	https://www.mobicoop.fr/

Anexo 2 – Tabelas Simulação SunnyDesign

Este anexo apresenta os resultados obtidos pelo software SunnyDesign para os diferentes cenários de simulação, nas tabelas A-2, A-3 e A-4. Nas tabelas A-5 a A-7 é apresentado a simulação do SunnyDesign para o dia 05/09/2019.

Tabela A - 2 - Resultados SunnyDesign UPAC (Cenário 1)

Mês	Rendimento energético [kWh]	Rendimento energético percentual [%]	Rácio de desempenho [%]	Consumo [kWh]	Autoconsumo [kWh]	Quota de autoconsumo [%]	Consumo de energia da rede [kWh]	Excedente [kWh]	Consumo de energia da rede de potência máx. [kW]	Taxa de autonomia [%]
Jan	28873	5	89	31387	12903	45	18484	15970	57	41
Fev	34206	6	89	28108	12986	38	15122	21220	54	46
Mar	48137	8	89	31075	16070	33	15005	32067	53	52
Abr	56735	10	89	29982	16814	30	13168	39922	53	56
Mai	67130	11	88	31387	19127	28	12260	48003	46	61
Jun	69723	12	88	29982	18577	27	11405	51145	46	62
Jul	72630	12	87	31075	19121	26	11954	53509	46	62
Ago	68032	11	87	31387	18436	27	12951	49596	46	59
Set	54049	9	87	29670	15865	29	13805	38185	55	53
Out	42503	7	88	31387	15058	35	16329	27445	57	48
Nov	28857	5	88	30294	12715	44	17579	16143	57	42
Dez	24230	4	88	30763	12172	50	18591	12058	57	40

Tabela A - 3 - Resultados SunnyDesign (Cenário 2)

Mês	Rendimento energético [kWh]	Rendimento energético percentual [%]	Rácio de desempenho [%]	Consumo [kWh]	Autoconsumo [kWh]	Quota de autoconsumo [%]	Consumo de energia da rede [kWh]	Injeção na rede [kWh]	Consumo de energia da rede de potência máx. [kW]	Taxa de autonomia [%]
Jan	20299	5	89	31387	11870	58	19517	8430	57	38
Fev	23727	6	89	28108	12167	51	15941	11560	55	43
Mar	32460	8	89	31075	15259	47	15816	17201	53	49
Abr	37584	10	89	29982	16075	43	13907	21509	53	54
Mai	43958	11	88	31387	18332	42	13055	25627	46	58
Jun	45388	12	88	29982	17818	39	12164	27570	48	59
Jul	47352	12	87	31075	18281	39	12794	29071	46	59
Ago	44896	11	87	31387	17773	40	13614	27123	48	57
Set	36347	9	87	29670	15356	42	14314	20992	55	52
Out	29298	7	88	31387	14292	49	17095	15006	57	46
Nov	20175	5	88	30294	11829	59	18465	8346	58	39
Dez	17067	4	88	30763	11045	65	19718	6021	57	36

Tabela A - 4 - Resultados SunnyDesign (Cenário 3)

Mês	Rendimento energético [kWh]	Rendimento energético percentual [%]	Rácio de desempenho [%]	Consumo [kWh]	Autoconsumo [kWh]	Quota de autoconsumo [%]	Consumo de energia da rede [kWh]	Injeção na rede [kWh]	Consumo de energia da rede de potência máx. [kW]	Taxa de autonomia [%]
Jan	10500	5	89	31387	9386	89	22001	1114	61	30
Fev	12184	6	89	28108	10022	82	18086	2163	61	36
Mar	16430	8	89	31075	13096	80	17979	3334	53	42
Abr	18851	9	89	29982	13859	74	16123	4992	53	46
Mai	21908	11	88	31387	16294	74	15093	5615	47	52
Jun	22544	11	87	29982	15937	71	14045	6607	51	53
Jul	23547	12	87	31075	16309	69	14766	7238	48	52
Ago	22467	11	86	31387	15856	71	15531	6611	51	51
Set	18364	9	87	29670	13593	74	16077	4771	56	46
Out	14994	7	87	31387	11941	80	19446	3053	60	38
Nov	10408	5	88	30294	9280	89	21014	1128	63	31
Dez	8842	4	88	30763	8303	94	22460	539	57	27

Tabela A - 5 - Produção Fotovoltaica Diária (Cenário 1)

Dia 05/09/2019					
Hora	Consumo Total (kW)	Produção Fotovoltaica (kW)	Excedente (kW)	Consumo da Rede (kW)	Autoconsumo [kW]
24	30	0	0	30	0
1	29	0	0	29	0
2	28	0	0	28	0
3	27	0	0	27	0
4	30	0	0	30	0
5	28	0	0	28	0
6	34	2	0	32	2
7	40	55	15	0	40
8	42	116	74	0	42
9	49	186	137	0	49
10	58	231	173	0	58
11	66	242	176	0	66
12	67	251	184	0	67
13	68	218	150	0	68
14	62	190	128	0	62
15	59	134	75	0	59
16	56	84	28	0	56
17	57	41	0	16	41
18	53	0	0	53	0
19	46	0	0	46	0
20	44	0	0	44	0
21	43	0	0	43	0
22	40	0	0	40	0
23	37	0	0	37	0
Total	1093	1751	1141	483	610

Tabela A - 6 - Produção Fotovoltaica Diária (Cenário 2)

Dia 05/09/2019					
Hora	Consumo Total (kW)	Produção Fotovoltaica (kW)	Excedente (kW)	Consumo da Rede (kW)	Autoconsumo [kW]
24	30	0	0	30	0
1	29	0	0	29	0
2	28	0	0	28	0
3	27	0	0	27	0
4	30	0	0	30	0
5	28	0	0	28	0
6	34	2	0	32	2
7	40	37	0	3	37
8	42	77	35	0	42
9	49	125	76	0	49
10	58	156	98	0	58
11	66	163	97	0	66
12	67	168	101	0	67
13	68	145	77	0	68
14	62	126	64	0	62
15	59	88	29	0	59
16	56	55	0	1	55
17	57	26	0	31	26
18	53	0	0	53	0
19	46	0	0	46	0
20	44	0	0	44	0
21	43	0	0	43	0
22	40	0	0	40	0
23	37	0	0	37	0
Total	1093	1168	578	503	590

Tabela A - 7 - Produção Fotovoltaica Diária (Cenário 3)

Dia 05/09/2019					
Hora	Consumo Total (kW)	Produção Fotovoltaica (kW)	Excedente (kW)	Consumo da Rede (kW)	Autoconsumo [kW]
24	30	0	0	30	0
1	29	0	0	29	0
2	28	0	0	28	0
3	27	0	0	27	0
4	30	0	0	30	0
5	28	0	0	28	0
6	34	0	0	34	0
7	40	0	0	40	0
8	42	5	0	37	5
9	49	19	0	30	19
10	58	36	0	22	36
11	66	48	0	18	48
12	67	56	0	11	56
13	68	57	0	11	57
14	62	48	0	14	48
15	59	29	0	30	29
16	56	12	0	44	12
17	57	0	0	57	0
18	53	0	0	53	0
19	46	0	0	46	0
20	44	0	0	44	0
21	43	0	0	43	0
22	40	0	0	40	0
23	37	0	0	37	0
Total	1093	310	0	783	310

Anexo 3 – Análise Económica

As tabelas A-8 apresentam o cenário de investimento em que o “crowdfunding” fosse realizado inteiramente pelos membros da CER, deste modo calcula-se o retorno do investimento individual de cada um.

Tabela A - 8 - Custos Anuais por Membro (s/ CER)

	1	2	3	4	5	6	7	Total
Custo Eletricidade	39 117,11 €	11 769,76 €	20 088,46 €	3 073,69 €	9 600,01 €	566,44 €	4 725,56 €	88 941,02 €
Custo TAR	4 023,30 €	1 210,55 €	2 066,15 €	6 671,34 €	987,39 €	430,85 €	486,04 €	15 875,61 €
Custo Potência Contratada	395,73 €	395,73 €	395,73 €	258,53 €	274,26 €	103,95 €	395,73 €	2 219,67 €
								107 036,30 €

As tabelas seguintes apresentam a poupança anual que os membros da CER obtêm, no caso do investimento por parte de uma entidade externa. A Compra de Energia à Rede e a Fatura Anual s/CER são afetadas a uma inflação de 1,25% ao ano. A Fatura Anual c/CER é calculada através da soma da Compra da Energia à Rede e da Compra da Energia de Autoconsumo. A subtração da Fatura Anual sem CER, com a Fatura Anual com CER origina a Poupança. Todos os cálculos tem em conta uma percentagem de 17% da fatura para as TAR.

Tabela A - 9 - Opção B: Poupança Anual dos Membros da CER (Cenário 1)

Ano	Fatura Anual s/CER	Compra de Energia à rede (Cenário 1)	Fatura Anual c/CER (Cenário 1)	Poupança (Cenário 1)
0	107 036 €	43 987 €	84 782 €	22 254 €
1	108 374 €	44 536 €	85 425 €	22 949 €
2	109 729 €	45 093 €	87 742 €	21 986 €
3	111 100 €	45 657 €	88 402 €	22 698 €
4	112 489 €	46 228 €	90 819 €	21 670 €
5	113 895 €	46 805 €	91 495 €	22 400 €
6	115 319 €	47 390 €	94 016 €	21 303 €
7	116 760 €	47 983 €	94 709 €	22 051 €
8	118 220 €	48 583 €	97 339 €	20 880 €
9	119 698 €	49 190 €	98 050 €	21 648 €
10	121 194 €	49 805 €	100 794 €	20 400 €
11	122 709 €	50 427 €	101 523 €	21 186 €
12	124 243 €	51 058 €	104 386 €	19 856 €
13	125 796 €	51 696 €	105 133 €	20 663 €
14	127 368 €	52 342 €	108 121 €	19 247 €
15	128 960 €	52 996 €	108 887 €	20 073 €
16	130 572 €	53 659 €	112 006 €	18 566 €
17	132 204 €	54 330 €	112 791 €	19 413 €
18	133 857 €	55 009 €	116 047 €	17 810 €
19	135 530 €	55 696 €	116 851 €	18 679 €
Total	2 415 051 €	992 469 €	1 999 319 €	415 732 €

Tabela A - 10 - Opção B: Poupança Anual dos Membros da CER (Cenário 2)

Ano	Fatura Anual s/CER	Compra de Energia à rede (Cenário 2)	Fatura Anual c/ CER (Cenário 2)	Poupança (Cenário 2)
0	107 036 €	46 413,60 €	83 708 €	23 328 €
1	108 374 €	46 993,77 €	84 369 €	24 004 €
2	109 729 €	47 581,19 €	86 579 €	23 150 €
3	111 100 €	48 175,96 €	87 257 €	23 843 €
4	112 489 €	48 778,16 €	89 560 €	22 929 €
5	113 895 €	49 387,88 €	90 255 €	23 640 €
6	115 319 €	50 005,23 €	92 657 €	22 662 €
7	116 760 €	50 630,30 €	93 369 €	23 391 €
8	118 220 €	51 263,18 €	95 873 €	22 346 €
9	119 698 €	51 903,97 €	96 604 €	23 094 €
10	121 194 €	52 552,77 €	99 215 €	21 978 €
11	122 709 €	53 209,67 €	99 964 €	22 745 €
12	124 243 €	53 874,80 €	102 688 €	21 555 €
13	125 796 €	54 548,23 €	103 455 €	22 340 €
14	127 368 €	55 230,08 €	106 296 €	21 072 €
15	128 960 €	55 920,46 €	107 083 €	21 877 €
16	130 572 €	56 619,47 €	110 047 €	20 525 €
17	132 204 €	57 327,21 €	110 854 €	21 351 €
18	133 857 €	58 043,80 €	113 946 €	19 911 €
19	135 530 €	58 769,35 €	114 773 €	20 757 €
Total	2 415 051 €	1 047 229,06 €	1 968 553 €	446 498 €

Tabela A - 11 - Opção B: Poupança Anual dos Membros da CER (Cenário 3)

Ano	Fatura Anual s/CER	Compra de Energia à rede (Cenário 3)	Fatura Anual c/ CER (Cenário 3)	Poupança (Cenário 3)
0	107 036 €	52 942,63 €	83 626 €	23 410 €
1	108 374 €	53 604,41 €	84 354 €	24 020 €
2	109 729 €	54 274,47 €	86 361 €	23 368 €
3	111 100 €	54 952,90 €	87 107 €	23 993 €
4	112 489 €	55 639,81 €	89 196 €	23 293 €
5	113 895 €	56 335,31 €	89 961 €	23 934 €
6	115 319 €	57 039,50 €	92 135 €	23 184 €
7	116 760 €	57 752,49 €	92 919 €	23 841 €
8	118 220 €	58 474,40 €	95 183 €	23 037 €
9	119 698 €	59 205,33 €	95 987 €	23 711 €
10	121 194 €	59 945,39 €	98 344 €	22 850 €
11	122 709 €	60 694,71 €	99 168 €	23 540 €
12	124 243 €	61 453,40 €	101 623 €	22 619 €
13	125 796 €	62 221,56 €	102 468 €	23 327 €
14	127 368 €	62 999,33 €	105 025 €	22 343 €
15	128 960 €	63 786,82 €	105 891 €	23 069 €
16	130 572 €	64 584,16 €	108 554 €	22 018 €
17	132 204 €	65 391,46 €	109 443 €	22 762 €
18	133 857 €	66 208,86 €	112 217 €	21 640 €
19	135 530 €	67 036,47 €	113 128 €	22 402 €
Total	2 415 051 €	1 194 543,40 €	83 626 €	23 410 €

Anexo 4 – Ficha Técnica TSM-DE09R.08

Mono Multi Solutions

Vertex S
BACKSHEET MONOCRYSTALLINE MODULE

PRODUCT: TSM-DE09R.08
PRODUCT RANGE: 415-435W

435W

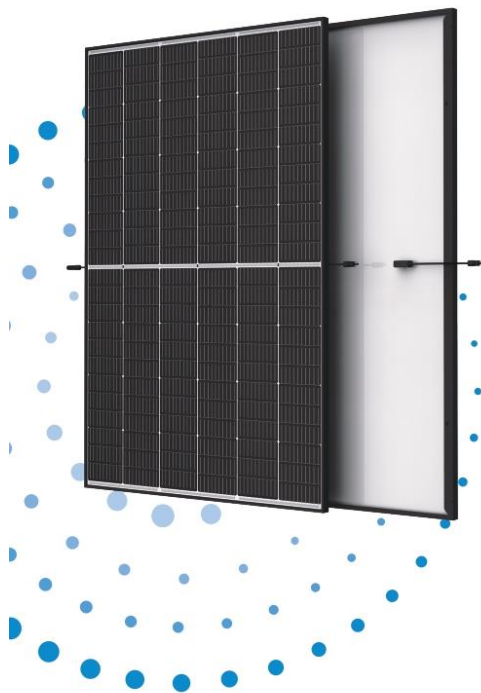
MAXIMUM POWER OUTPUT

0~+5W

POSITIVE POWER TOLERANCE

21.8%

MAXIMUM EFFICIENCY



Small in size, big on power

- Small form factor. Generate a huge amount of energy even in limited space.
- Up to 435W, 21.8% module efficiency with high density interconnect technology
- Multi-busbar technology for better light trapping effect, lower series resistance and improved current collection
- Reduce installation cost with higher power bin and efficiency
- Boost performance in warm weather lower temperature coefficient (-0.34%) and operating temperature



Universal solution for residential and C&I rooftops

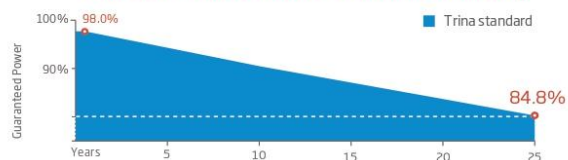
- Designed for compatibility with existing mainstream optimizers, inverters and mounting systems
- Perfect size and low weight. Easy for handling. Economy for transporting
- Diverse installation solutions. Flexible for system deployment



High Reliability

- 15 year product warranty
- 25 year performance warranty with lowest degradation;
- Minimized micro-cracks with innovative non-destructive cutting technology
- Ensured PID resistance through cell process and module material control
- Mechanical performance up to 6000 Pa positive load and 4000 Pa negative load

Trina Solar's Backsheet Performance Warranty



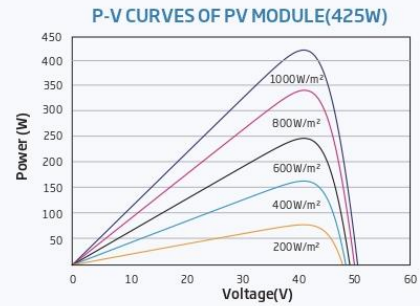
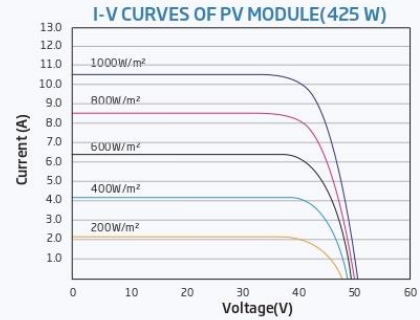
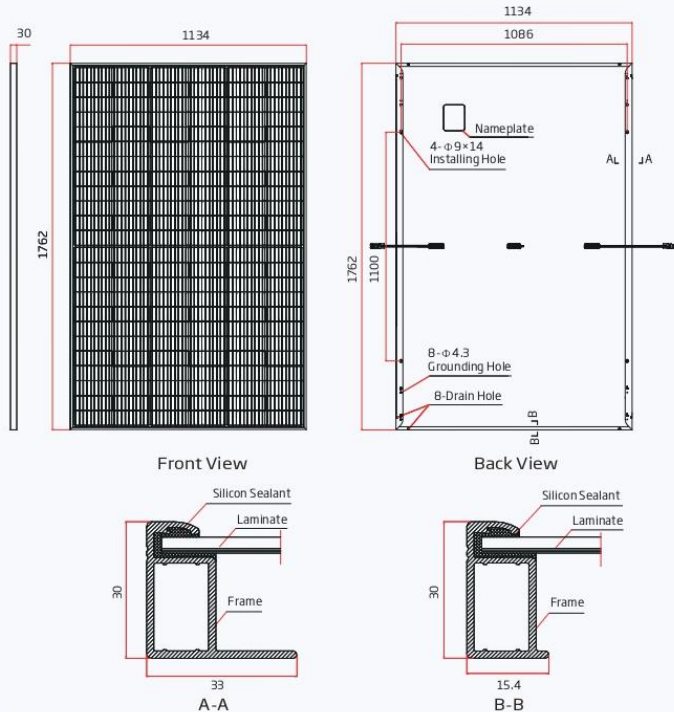
Comprehensive Products and System Certificates



IEC61215/IEC61730/IEC61701/IEC62716
ISO 9001: Quality Management System
ISO 14001: Environmental Management System
ISO14064: Greenhouse Gases Emissions Verification
ISO45001: Occupational Health and Safety Management System

Trina solar

DIMENSIONS OF PV MODULE(mm)



ELECTRICAL DATA (STC)

Peak Power Watts- P_{MAX} (Wp)*	415	420	425	430	435
Power Tolerance- P_{MAX} (W)	0 ~ +5				
Maximum Power Voltage- V_{MPP} (V)	41.7	42.0	42.2	42.3	42.5
Maximum Power Current- I_{MPP} (A)	9.94	10.01	10.08	10.17	10.24
Open Circuit Voltage- V_{OC} (V)	50.0	50.1	50.2	50.3	50.4
Short Circuit Current- I_{SC} (A)	10.55	10.58	10.61	10.64	10.67
Module Efficiency- η (%)	20.8	21.0	21.3	21.5	21.8

STC: Irradiance 1000W/m², Cell Temperature 25°C, Air Mass AM1.5 *Measuring tolerance: ±3%.

ELECTRICAL DATA (NOCT)

Maximum Power- P_{MAX} (Wp)	312	317	321	325	329
Maximum Power Voltage- V_{MPP} (V)	38.7	39.2	39.5	39.7	40.0
Maximum Power Current- I_{MPP} (A)	8.07	8.10	8.13	8.17	8.23
Open Circuit Voltage- V_{OC} (V)	47.1	47.1	47.2	47.4	47.5
Short Circuit Current- I_{SC} (A)	8.50	8.53	8.55	8.60	8.65

NOCT: Irradiance at 800W/m², Ambient Temperature 20°C, Wind Speed 1m/s.

MECHANICAL DATA

Solar Cells	Monocrystalline
No. of cells	144 cells
Module Dimensions	1762×1134×30 mm (69.37×44.65×1.18 inches)
Weight	21.8 kg (48.1 lb)
Glass	3.2 mm (0.13 inches), High Transmission, AR Coated Heat Strengthened Glass
Encapsulant material	EVA/POE
Backsheet	White
Frame	30mm(1.18 inches) Anodized Aluminium Alloy
J-Box	IP 68 rated
Cables	Photovoltaic Technology Cable 4.0mm² (0.006 inches²), Portrait: 350/280 mm(13.78/11.02 inches) Length can be customized
Connector	MC4 EVO2 / TS4*

*Please refer to regional datasheet for specified connector.

TEMPERATURE RATINGS

NOCT (Nominal Operating Cell Temperature)	43°C (±2°C)
Temperature Coefficient of P_{MAX}	-0.34%/°C
Temperature Coefficient of V_{OC}	-0.25%/°C
Temperature Coefficient of I_{SC}	0.04%/°C

WARRANTY

15 year Product Workmanship Warranty
25 year Power Warranty
2% first year degradation
0.55% Annual Power Attenuation

(Please refer to product warranty for details)

MAXIMUM RATINGS

Operational Temperature	-40~+85°C
Maximum System Voltage	1500VDC (IEC)
Max Series Fuse Rating	20A

PACKAGING CONFIGURATION

Modules per box: 36 pieces
Modules per 40' container: 936 pieces

Anexo 5 – Relatórios SunnyDesign

- Relatório SunnyDesign (Cenário 1)

Projecto: CER

Local de instalação: Portugal / Barreiro

Número do projecto: ---

Tensão de rede: 20,0 kV

Vista geral do sistema

93 x Trina Solar Energy TSM-425DE09R.08 (Vertex S) (04/2022) (Edifício 1: Superfície 1 (Sul))

Azimute: -6 °, Inclinação: 21 °, Tipo de montagem: Telhado, Potência de pico: 39,53 kWp

93 x Trina Solar Energy TSM-425DE09R.08 (Vertex S) (04/2022) (Edifício 1: Superfície 2 (Sul))

Azimute: -6 °, Inclinação: 21 °, Tipo de montagem: Telhado, Potência de pico: 39,53 kWp

93 x Trina Solar Energy TSM-425DE09R.08 (Vertex S) (05/2022) (Edifício 1: Superfície 3 (Sul))

Azimute: -6 °, Inclinação: 22 °, Tipo de montagem: Telhado, Potência de pico: 39,53 kWp

93 x Trina Solar Energy TSM-425DE09R.08 (Vertex S) (04/2022) (Edifício 1: Superfície 4 (Sul))

Azimute: -6 °, Inclinação: 21 °, Tipo de montagem: Telhado, Potência de pico: 39,53 kWp

93 x Trina Solar Energy TSM-425DE09R.08 (Vertex S) (04/2022) (Edifício 1: Superfície 5 (Sul))

Azimute: -6 °, Inclinação: 22 °, Tipo de montagem: Telhado, Potência de pico: 39,53 kWp

372 x Trina Solar Energy TSM-425DE09R.08 (Vertex S) (04/2022) (Edifício 1: Superfície 6 (Sul))

Azimute: -6 °, Inclinação: 5 °, Tipo de montagem: Telhado, Potência de pico: 158,10 kWp



1 x SMA STP110-60 (CORE2)



3 x SMA STP 12-50



1 x SMA STP110-60 (CORE2)



1 x SMA SHP 100-20 400V

Vista geral dos projectos

Dados de dimensionamento fotovoltaico

Quantidade total de módulos FV:	837	Rácio de desempenho*:	87,9 %
Potência de pico:	355,73 kWp	Rendimento energético espec.*:	1673 kWh/kWp
Número de inversores fotovoltaicos:	6	Perdas em linha (em % de energia FV):	---
Potência nominal CA dos inversores fotovoltaicos:	356,00 kW	Carga desequilibrada:	0,00 VA
Potência activa CA:	356,00 kW	Consumo anual de energia:	366 MWh
Relação de potência activa:	100,1 %	Autoconsumo:	190 MWh
Rendimento energético anual*:	595,10 MWh	Quota de autoconsumo:	31,9 %
Excedente causado pelo SMA Shadefix:	0 kWh	Taxa de autonomia:	51,8 %
Factor de utilização da energia:	99,8 %	Redução de CO ₂ após 20 ano(s):	3.996 t

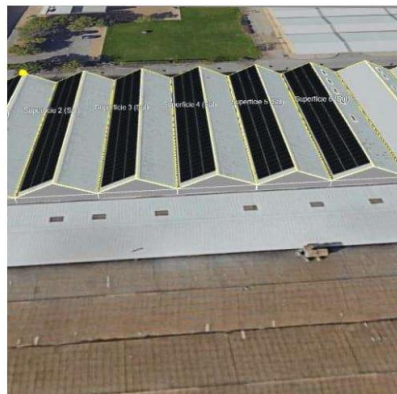
Assinatura

*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.

O seu sistema energético em resumo



Projecto: CER



Electricista Silva
Rua Silva 21
54321 Lisboa

Tel.: +49 123 456-0
Fax: +49 123 456-100
E-mail: info@el-silva.de
Internet: www.el-silva.de

Número do projecto: ---

Local de instalação: Portugal / Barreiro

Data: 30/10/2022

Criada com Sunny Design 5.30.4.R © SMA Solar Technology AG 2022

Sistema energético

Sistema fotovoltaico

Inversor fotovoltaico

3 x SMA STP 12-50
2 x SMA STP110-60 (CORE2)
1 x SMA SHP 100-20 400V

Geradores fotovoltaicos

744 x Trina Solar Energy
TSM-425DE09R.08 (Vertex S)
93 x Trina Solar Energy
TSM-425DE09R.08 (Vertex S)

Componentes adicionais

Gestão energética

1 x Power Plant Manager

1 x SUNNY PORTAL powered by
ennexOS

Dimensões do sistema

Sistema fotovoltaico

355,73 kWp

Vantagens



53.199 EUR

Compensação por injeção
na rede no primeiro ano



51,8 %

Taxa de autonomia



2.596 EUR

Custos de eletricidade
economizados por mês



3.996 t

Redução de CO₂ após 20
ano(s)

Poupança total após 20 ano(s)

1.040.444 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.

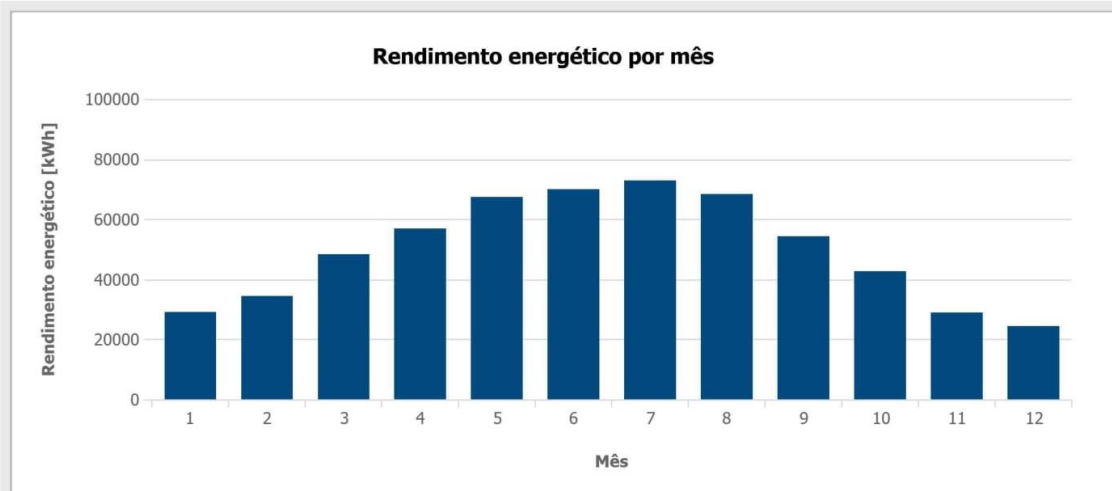
Valores mensais

Projecto: CER

Local de instalação: Portugal / Barreiro

Número do projecto:

Diagrama



Tabela

Mês	Rendimento energético [kWh]	Autoconsumo [kWh]	Injecção na rede [kWh]	Consumo de energia da rede [kWh]
1	28873 (4,9 %)	12903	15970	18484
2	34206 (5,8 %)	12986	21220	15122
3	48137 (8,1 %)	16070	32067	15005
4	56735 (9,5 %)	16814	39922	13168
5	67130 (11,3 %)	19127	48003	12260
6	69723 (11,7 %)	18577	51145	11405
7	72630 (12,2 %)	19121	53509	11954
8	68032 (11,4 %)	18436	49596	12951
9	54049 (9,1 %)	15865	38185	13805
10	42503 (7,2 %)	15058	27445	16329
11	28857 (4,9 %)	12715	16143	17579
12	24230 (4,1 %)	12172	12058	18591

Análise da rentabilidade

Projecto: CER

Número do projecto:

Detalhes	
Custos de eletricidade economizados no primeiro ano	31.147 EUR
Poupança total após 20 ano(s)	1.040.444 EUR
Custos de eletricidade economizados após 20 ano(s)	823.386 EUR
Compensação por injeção na rede após 20 ano(s)	700.329 EUR
Período de amortização previsto	2,8 a
Custos de produção de eletricidade ao longo de 20 ano(s)	0,059 EUR/kWh
Rendimento anual (IRR)	35,60 %
Investimento total	206.216,02 EUR

Custos de eletricidade anuais

Sem sistema fotovoltaico no 1.º ano

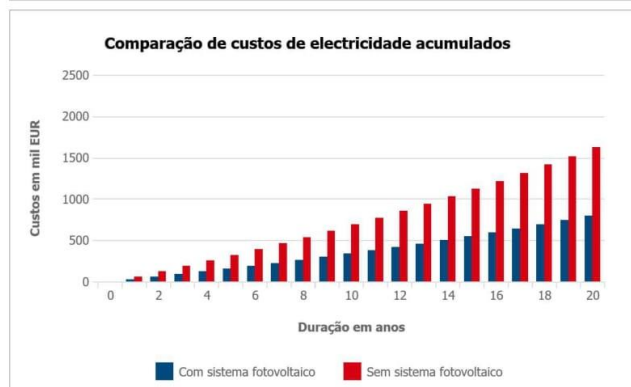
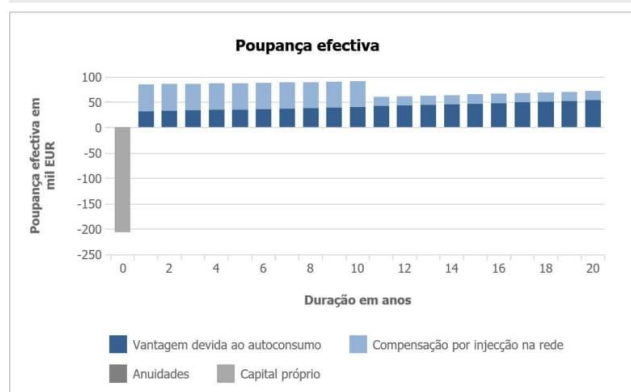
60.131 EUR

Sem sistema fotovoltaico em 20 ano(s)

105.440 EUR

Com sistema fotovoltaico no 1.º ano

-24.215 EUR



■ Consumo de energia
■ Energia fotovoltaica disponível máxima
■ Autoconsumo

Estimativa não vinculativa dos custos

Projecto: CER

Local de instalação: Portugal / Barreiro

Número do projecto:

Custos do projecto		
Sistema fotovoltaico	Preço unitário	Total
744 Trina Solar Energy TSM-425DE09R.08 (Vertex S)	168,00 EUR	124.992,00 EUR
93 Trina Solar Energy TSM-425DE09R.08 (Vertex S)	168,00 EUR	15.624,00 EUR
1 SMA SHP 100-20 400V	7.199,00 EUR	7.199,00 EUR
3 SMA STP 12-50	2.840,10 EUR	8.520,30 EUR
2 SMA STP110-60 (CORE2)	5.660,00 EUR	11.320,00 EUR
Acessórios		
1 Power Plant Manager	---	0,00 EUR
Subtotal (líquido)		167.655,30 EUR
Desconto	---	---
Total (líquido)		167.655,30 EUR
IVA	23,00 %	38.560,72 EUR
Valor final (bruto)		206.216,02 EUR
Custos fixos		
Custos fixos anuais (em % dos custos de investimento)	5,00 % dos custos de investimento	10.310,80 EUR

- Relatório SunnyDesign (Cenário 2)

Projecto: CER (66%)

Local de instalação: Portugal / Barreiro

Número do projecto: ---

Tensão de rede: 20,0 kV

Vista geral do sistema

93 x Trina Solar Energy TSM-425DE09R.08 (Vertex S) (04/2022) (Edifício 1: Superfície 1 (Sul))

Azimute: -6 °, Inclinação: 21 °, Tipo de montagem: Telhado, Potência de pico: 39,53 kWp

93 x Trina Solar Energy TSM-425DE09R.08 (Vertex S) (04/2022) (Edifício 1: Superfície 2 (Sul))

Azimute: -6 °, Inclinação: 21 °, Tipo de montagem: Telhado, Potência de pico: 39,53 kWp

93 x Trina Solar Energy TSM-425DE09R.08 (Vertex S) (05/2022) (Edifício 1: Superfície 3 (Sul))

Azimute: -6 °, Inclinação: 22 °, Tipo de montagem: Telhado, Potência de pico: 39,53 kWp

93 x Trina Solar Energy TSM-425DE09R.08 (Vertex S) (04/2022) (Edifício 1: Superfície 4 (Sul))

Azimute: -6 °, Inclinação: 21 °, Tipo de montagem: Telhado, Potência de pico: 39,53 kWp

93 x Trina Solar Energy TSM-425DE09R.08 (Vertex S) (04/2022) (Edifício 1: Superfície 5 (Sul))

Azimute: -6 °, Inclinação: 22 °, Tipo de montagem: Telhado, Potência de pico: 39,53 kWp

87 x Trina Solar Energy TSM-425DE09R.08 (Vertex S) (04/2022) (Edifício 1: Superfície 6 (Sul))

Azimute: -6 °, Inclinação: 5 °, Tipo de montagem: Telhado, Potência de pico: 36,98 kWp

 **1 x SMA STP110-60 (CORE2)**

 **1 x SMA STP110-60 (CORE2)**

 **3 x SMA STP 12-50**

 **1 x SMA STP 20000TL-30**

 **1 x SMA STP 20000TL-30**

Vista geral dos projectos

Dados de dimensionamento fotovoltaico

Quantidade total de módulos FV:	552	Rácio de desempenho*:	87,8 %
Potência de pico:	234,60 kWp	Rendimento energético espec.*:	1699 kWh/kWp
Número de inversores fotovoltaicos:	7	Perdas em linha (em % de energia FV):	---
Potência nominal CA dos inversores fotovoltaicos:	296,00 kW	Carga desequilibrada:	0,00 VA
Potência activa CA:	296,00 kW	Consumo anual de energia:	366 MWh
Relação de potência activa:	126,2 %	Autoconsumo:	180 MWh
Rendimento energético anual*:	398,55 MWh	Quota de autoconsumo:	45,2 %
Excedente causado pelo SMA Shadefix:	0 kWh	Taxa de autonomia:	49,1 %
Factor de utilização da energia:	99,8 %	Redução de CO ₂ após 20 ano(s):	2.676 t

O seu sistema energético em resumo



Projecto: CER (66%)



Electricista Silva
Rua Silva 21
54321 Lisboa

Tel.: +49 123 456-0
Fax: +49 123 456-100
E-mail: info@el-silva.de
Internet: www.el-silva.de

Número do projecto: ---

Local de instalação: Portugal / Barreiro

Data: 30/10/2022

Criada com Sunny Design 5.30.4.R © SMA Solar Technology AG 2022

Sistema energético

Sistema fotovoltaico

Inversor fotovoltaico

2 x SMA STP110-60 (CORE2)
2 x SMA STP 20000TL-30
3 x SMA STP 12-50

Geradores fotovoltaicos

459 x Trina Solar Energy
TSM-425DE09R.08 (Vertex S)
93 x Trina Solar Energy
TSM-425DE09R.08 (Vertex S)

Componentes adicionais

Gestão energética

1 x SUNNY PORTAL powered by
ennexOS

Dimensões do sistema

Sistema fotovoltaico

234,60 kWp

Vantagens



28.677 EUR

Compensação por injeção
na rede no primeiro ano



49,1 %

Taxa de autonomia



2.462 EUR

Custos de eletricidade
economizados por mês



2.676 t

Redução de CO₂ após 20
ano(s)

Poupança total após 20 ano(s)

804.719 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.

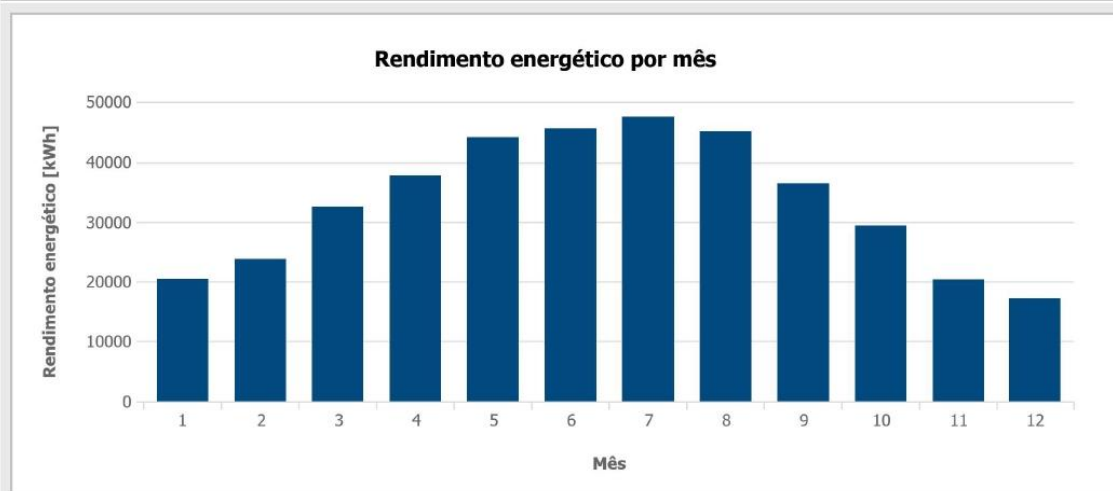
Valores mensais

Projecto: CER (66%)

Local de instalação: Portugal / Barreiro

Número do projecto:

Diagrama



Tabela

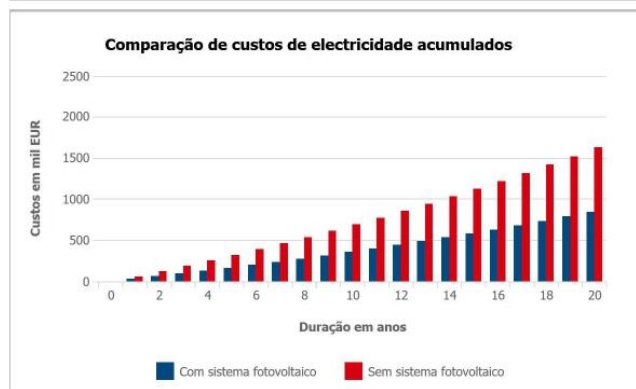
Mês	Rendimento energético [kWh]	Autoconsumo [kWh]	Injecção na rede [kWh]	Consumo de energia da rede [kWh]
1	20299 (4,9 %)	11870	8430	19517
2	23727 (5,8 %)	12167	11560	15941
3	32460 (8,1 %)	15259	17201	15816
4	37584 (9,5 %)	16075	21509	13907
5	43958 (11,3 %)	18332	25627	13055
6	45388 (11,7 %)	17818	27570	12164
7	47352 (12,2 %)	18281	29071	12794
8	44896 (11,4 %)	17773	27123	13614
9	36347 (9,1 %)	15356	20992	14314
10	29298 (7,2 %)	14292	15006	17095
11	20175 (4,9 %)	11829	8346	18465
12	17067 (4,1 %)	11045	6021	19718

Análise da rentabilidade

Projecto: CER (66%)

Número do projecto:

Detalhes	
Custos de eletricidade economizados no primeiro ano	29.548 EUR
Poupança total após 20 ano(s)	804.719 EUR
Custos de eletricidade economizados após 20 ano(s)	775.758 EUR
Compensação por injeção na rede após 20 ano(s)	375.648 EUR
Período de amortização previsto	2,9 a
Custos de produção de eletricidade ao longo de 20 ano(s)	0,063 EUR/kWh
Rendimento anual (IRR)	34,60 %
Investimento total	147.934,46 EUR



Custos de eletricidade anuais

Sem sistema fotovoltaico no 1.º ano

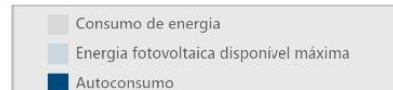
60.131 EUR

Sem sistema fotovoltaico em 20 ano(s)

105.440 EUR

Com sistema fotovoltaico no 1.º ano

1.906 EUR



Estimativa não vinculativa dos custos

Projecto: CER (66%)

Local de instalação: Portugal / Barreiro

Número do projecto:

Custos do projecto		
Sistema fotovoltaico	Preço unitário	Total
459 Trina Solar Energy TSM-425DE09R.08 (Vertex S)	168,00 EUR	77.112,00 EUR
93 Trina Solar Energy TSM-425DE09R.08 (Vertex S)	168,00 EUR	15.624,00 EUR
3 SMA STP 12-50	2.840,10 EUR	8.520,30 EUR
2 SMA STP 20000TL-30	3.847,81 EUR	7.695,62 EUR
2 SMA STP110-60 (CORE2)	5.660,00 EUR	11.320,00 EUR
Subtotal (líquido)		120.271,92 EUR
Desconto	---	---
Total (líquido)		120.271,92 EUR
IVA	23,00 %	27.662,54 EUR
Valor final (bruto)		147.934,46 EUR
Custos fixos		
Custos fixos anuais (em % dos custos de investimento)	5,00 % dos custos de investimento	7.396,72 EUR

- **Relatório SunnyDesign (Cenário 3)**

Projecto: CER (33%)

Local de instalação: Portugal / Barreiro

Número do projecto: ---

Tensão de rede: 20,0 kV

Vista geral do sistema

93 x Trina Solar Energy TSM-425DE09R.08 (Vertex S) (04/2022) (Edifício 1: Superfície 1 (Sul))

Azimute: -6 °, Inclinação: 21 °, Tipo de montagem: Telhado, Potência de pico: 39,53 kWp

93 x Trina Solar Energy TSM-425DE09R.08 (Vertex S) (04/2022) (Edifício 1: Superfície 2 (Sul))

Azimute: -6 °, Inclinação: 21 °, Tipo de montagem: Telhado, Potência de pico: 39,53 kWp

90 x Trina Solar Energy TSM-425DE09R.08 (Vertex S) (05/2022) (Edifício 1: Superfície 3 (Sul))

Azimute: -6 °, Inclinação: 22 °, Tipo de montagem: Telhado, Potência de pico: 38,25 kWp

 **1 x SMA STP110-60 (CORE2)**

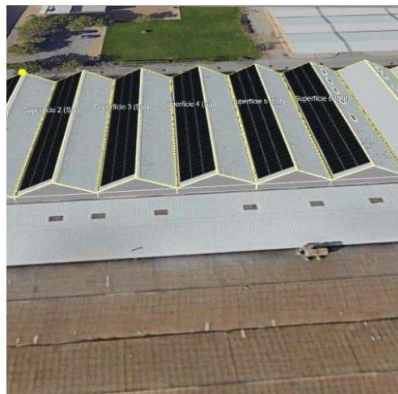
Dados de dimensionamento fotovoltaico

Quantidade total de módulos FV:	276	Rácio de desempenho*:	87,7 %
Potência de pico:	117,30 kWp	Rendimento energético espec.*:	1714 kWh/kWp
Número de inversores fotovoltaicos:	1	Perdas em linha (em % de energia FV):	---
Potência nominal CA dos inversores fotovoltaicos:	110,00 kW	Carga desequilibrada:	0,00 VA
Potência activa CA:	110,00 kW	Consumo anual de energia:	366 MWh
Relação de potência activa:	93,8 %	Autoconsumo:	154 MWh
Rendimento energético anual*:	201,04 MWh	Quota de autoconsumo:	76,5 %
Excedente causado pelo SMA Shadefix:	0 kWh	Taxa de autonomia:	42 %
Factor de utilização da energia:	99,8 %	Redução de CO ₂ após 20 ano(s):	1.350 t

O seu sistema energético em resumo



Projecto: CER (33%)



Electricista Silva
Rua Silva 21
54321 Lisboa

Tel.: +49 123 456-0
Fax: +49 123 456-100
E-mail: info@el-silva.de
Internet: www.el-silva.de

Número do projecto: ---

Local de instalação: Portugal / Barreiro

Data: 30/10/2022

Criada com Sunny Design 5.30.4.R © SMA Solar Technology AG 2022

Sistema energético

Sistema fotovoltaico

Inversor fotovoltaico

1 x SMA STP110-60 (CORE2)

Geradores fotovoltaicos

**186 x Trina Solar Energy
TSM-425DE09R.08 (Vertex S)
90 x Trina Solar Energy
TSM-425DE09R.08 (Vertex S)**

Componentes adicionais

Gestão energética

1 x SMA Data Manager M

Dimensões do sistema

Sistema fotovoltaico

117,30 kWp

Vantagens



6.191 EUR

Compensação por injeção
na rede no primeiro ano



42 %

Taxa de autonomia



2.104 EUR

Custos de eletricidade
economizados por mês



1.350 t

Redução de CO₂ após 20
ano(s)

Poupança total após 20 ano(s)

582.198 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.

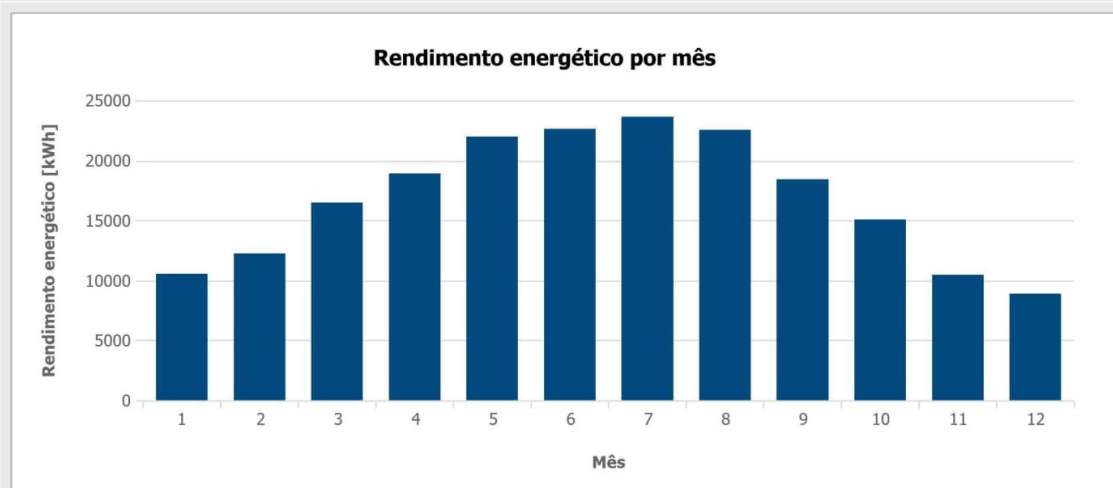
Valores mensais

Projecto: CER (33%)

Local de instalação: Portugal / Barreiro

Número do projecto:

Diagrama



Tabela

Mês	Rendimento energético [kWh]	Autoconsumo [kWh]	Injecção na rede [kWh]	Consumo de energia da rede [kWh]
1	10500 (5,2 %)	9386	1114	22001
2	12184 (6,1 %)	10022	2163	18086
3	16430 (8,2 %)	13096	3334	17979
4	18851 (9,4 %)	13859	4992	16123
5	21908 (10,9 %)	16294	5615	15093
6	22544 (11,2 %)	15937	6607	14045
7	23547 (11,7 %)	16309	7238	14766
8	22467 (11,2 %)	15856	6611	15531
9	18364 (9,1 %)	13593	4771	16077
10	14994 (7,5 %)	11941	3053	19446
11	10408 (5,2 %)	9280	1128	21014
12	8842 (4,4 %)	8303	539	22460

Análise da rentabilidade

Projecto: CER (33%)

Número do projecto:

Detalhes	
Custos de eletricidade economizados no primeiro ano	25.246 EUR
Poupança total após 20 ano(s)	582.198 EUR
Custos de eletricidade economizados após 20 ano(s)	652.019 EUR
Compensação por injeção na rede após 20 ano(s)	80.152 EUR
Período de amortização previsto	2,2 a
Custos de produção de eletricidade ao longo de 20 ano(s)	0,054 EUR/kWh
Rendimento anual (IRR)	45,90 %
Investimento total	63.994,44 EUR

Custos de eletricidade anuais

Sem sistema fotovoltaico no 1.º ano

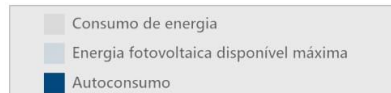
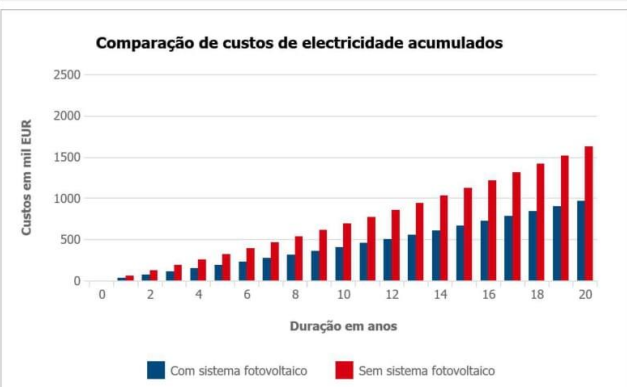
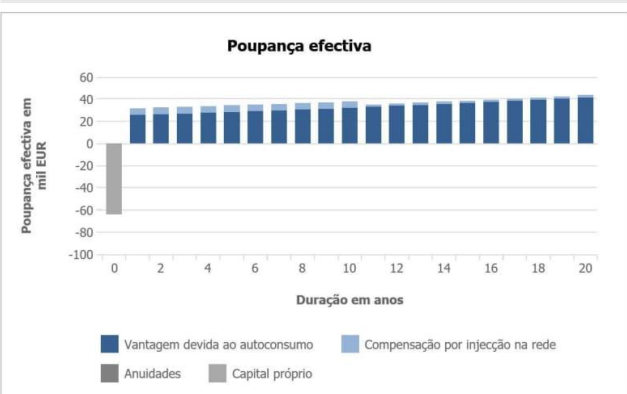
60.131 EUR

Sem sistema fotovoltaico em 20 ano(s)

105.440 EUR

Com sistema fotovoltaico no 1.º ano

28.694 EUR



Estimativa não vinculativa dos custos

Projecto: CER (33%)

Local de instalação: Portugal / Barreiro

Número do projecto:

Custos do projecto		
Sistema fotovoltaico	Preço unitário	Total
186 Trina Solar Energy TSM-425DE09R.08 (Vertex S)	168,00 EUR	31.248,00 EUR
90 Trina Solar Energy TSM-425DE09R.08 (Vertex S)	168,00 EUR	15.120,00 EUR
1 SMA STP110-60 (CORE2)	5.660,00 EUR	5.660,00 EUR
Acessórios		
1 SMA Data Manager M	---	0,00 EUR
Subtotal (líquido)		52.028,00 EUR
Desconto	---	---
Total (líquido)		52.028,00 EUR
IVA	23,00 %	11.966,44 EUR
Valor final (bruto)		63.994,44 EUR
Custos fixos		
Custos fixos anuais (em % dos custos de investimento)	5,00 % dos custos de investimento	3.199,72 EUR