



**INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA**

**Departamento de Engenharia Eletrotécnica de Energia e Automação**

# **Comunidades de Energia Renovável Implementação Teórica e Prática**

**Tiago Miguel Rascão Ideias**

**Licenciado**

Dissertação para obtenção do grau de Mestre  
em Engenharia Eletrotécnica – Ramo de Energia

Orientadores:

Professor Filipe André Sousa Figueira Barata  
Professor Luís Miguel Silveiro Elvas

Júri:

Presidente:

Professor Hiren Canacsinh

Vogais:

Professor José Luís Rosa de Almeida  
Professor Filipe André de Sousa Figueira Barata

**Dezembro 2023**



## Resumo

A presente dissertação tem como principal foco identificar e estudar a utilidade, as vantagens e as desvantagens das comunidades de energia renovável (CER) nos dias atuais.

Portugal encontra-se entre os duzentos países que demonstram principal preocupação relativamente às mudanças climáticas, seguindo um estudo realizado pela empresa Meta. Com o Decreto-Lei nº162/2019 as CER sofreram uma dinamização, tocando em pontos como a permissão dada aos autoconsumidores de energia renovável para produzir, consumir, partilhar e vender eletricidade sem serem alvo de exagerados encargos.

Com este trabalho de mestrado irá ser estudada a formação de uma CER na cidade da Amadora, simulando a implementação de painéis solares fotovoltaicos num condomínio e analisando os dados de produção dos mesmos. Posteriormente, os dados de consumo de energia elétrica das frações do condomínio serão comparados com os de produção e irá ser realizada uma análise para compreender de que forma a energia poderá ser partilhada entre todos e qual o excedente que poderá ser vendido à rede de modo a conseguir rentabilizar o projeto.

O resultado deste trabalho permitiu concluir que com a utilização das CER, além da produção de “energia verde” também se traduz numa redução conjunta na fatura de eletricidade dos seus participantes.

Palavras-Chave: Energia, Comunidade, Energias Renováveis, Fotovoltaico, Gestão.

## Abstract

The focus of this dissertation is to identify and study the utility and advantages of renewable energy communities (CER) nowadays.

Portugal is among the two hundred countries that are most concerned about climate change, according to a study carried by the company Meta. With Decree-Law nº162/2019, the CER were boosted, touching on points such as the permission given to self-consumers of renewable energy to produce, consume, share and sell electricity without being subject to exaggerated charges.

With this master's work, the creation of a CER in the city of Amadora will be simulated, implanting solar panels in a condominium, and analysing the production data of the panels. Comparing later with the consumption data of the same condominium, an analysis will be carried out to understand how much energy would be needed to satisfy the needs of the condominium owners, and how much energy would be sold to the grid in order to be able to monetize the project.

The result of the thesis allows us to conclude that the realization of CER, in addition to producing “green energy” and therefore helping to reduce pollution, also translates into a reduction in the electricity bill of its participants.

Keywords: Energy, Community, Renewable Energies, Photovoltaics, Management.

## Agradecimentos

A conclusão desta etapa académica não seria possível se estivesse sozinho, como tal, gostaria de fazer alguns agradecimentos.

A toda a minha família, especialmente os meus pais e ao meu irmão, por tudo o que investiram em mim e por terem sempre acreditado nas minhas capacidades, mesmo quando os tempos não se mostravam serem os melhores. Obrigado.

À minha namorada, Catarina Rosa, por todo o apoio e suporte prestado, foi uma peça sem dúvida fundamental para que conseguisse levar este documento até ao fim, ajudando-me a ultrapassar os tempos menos bons que foram surgindo. Um simples obrigado não chega.

Ao Rúben Gomes, por todo o apoio e confiança depositada em mim e nas minhas capacidades, por estar sempre disponível e ser uma constante na minha vida.

A uma pessoa com que me reconectei, dos tempos de Licenciatura, Carlos Filipe, sem o qual definitivamente não teria terminado esta dissertação, pois mesmo estando longe noutro país, ajudou bastante, um sincero obrigado.

Ao Jaime, pela paciência e por me ouvir em todas as alturas durante este processo, sem dúvida uma pessoa especial.

À Madalena Santos e Izandra Fontes por serem também fortes pilares de apoio e pela força que me deram em momentos difíceis.

A toda a equipa da empresa Mundinstal, os quais também me ajudaram nesta jornada. Com especial agradecimento ao Rui Nunes, por todo o tempo que me disponibilizou.

A todos os professores do Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, que fizeram parte da minha formação, que tanto me ofereceram e estiveram sempre disponíveis para ajudar. Em particular aos meus orientadores desta dissertação, Professor Doutor Filipe André Sousa Figueira Barata e ao Professor Especialista Luís Miguel Silveiro Elvas, por toda a ajuda e conhecimentos que me ofereceram e por toda a disponibilidade e interesse que demonstraram no meu trabalho.

A todos, o meu sincero obrigado.

## Índice

Resumo.....	iii
Abstract .....	iv
Agradecimentos .....	v
Lista de Figuras.....	viii
Lista de Tabelas .....	x
Lista de Equações .....	xi
Lista de Siglas .....	xii
<b>1. Introdução.....</b>	<b>13</b>
<b>1.1. Objetivos .....</b>	<b>13</b>
<b>1.2. Contributos .....</b>	<b>14</b>
<b>1.3. Estrutura da dissertação.....</b>	<b>14</b>
<b>2. Estado da Arte .....</b>	<b>17</b>
<b>2.1. Módulo de células fotovoltaicas .....</b>	<b>18</b>
<b>2.1.1. Sistema de painéis “Stand-alone” .....</b>	<b>21</b>
<b>2.1.2. Sistema conectado à rede .....</b>	<b>21</b>
<b>2.2. Regulador de carga .....</b>	<b>22</b>
<b>2.3. Inversor .....</b>	<b>22</b>
<b>2.4. Baterias .....</b>	<b>23</b>
<b>3. Comunidade de Energia Renovável .....</b>	<b>25</b>
<b>3.1. Enquadramento Legal .....</b>	<b>26</b>
<b>3.2. Autoconsumo .....</b>	<b>27</b>
<b>3.3. Autoconsumo Individual .....</b>	<b>28</b>
<b>3.4. Autoconsumo Coletivo.....</b>	<b>28</b>
<b>3.5. Modelos de comercialização e partilha de energia .....</b>	<b>30</b>
<b>3.6. Incentivos para a criação de uma Comunidade de Energia Renovável.....</b>	<b>31</b>
<b>3.7. Obstáculos à criação de uma Comunidade de Energia Renovável .....</b>	<b>32</b>
<b>3.8. Tarifas .....</b>	<b>33</b>
<b>3.9. Unidades de Produção de Autoconsumo .....</b>	<b>34</b>
<b>4. Caso de estudo para implementação de uma comunidade de energia renovável .....</b>	<b>39</b>
<b>4.1. Etapas para dimensionamento de CER.....</b>	<b>39</b>
<b>4.2. Local de estudo.....</b>	<b>39</b>
<b>4.3. Avaliação do recurso solar.....</b>	<b>41</b>
<b>4.4. Software e características dos painéis fotovoltaicos.....</b>	<b>41</b>

4.4.1.	SunnyDesign .....	41
4.4.1.1.	Resultados da simulação do SunnyDesign:.....	43
4.5.	Estimativa de produção.....	45
4.5.1.	PVsyst .....	45
4.5.1.1.	Resultados da simulação da estimativa de produção com o PVsyst .....	47
4.5.2.	Análise de consumo dos elementos das CER.....	53
4.5.3.	Partilha de energia .....	56
4.6.	Análise Económica .....	61
4.7.	Implementação prática do sistema .....	64
5.	Conclusões .....	77
	Referências Bibliográficas .....	79

## Lista de Figuras

Figura 1 - Constituição de um sistema fotovoltaico [12] .....	18
Figura 2 - Preços dos sistemas fotovoltaicos [14] .....	20
Figura 3 - Comparação de uma célula solar normal com uma célula que utiliza a tecnologia PERC [16] .....	20
Figura 4 - Sistema fotovoltaico “Stand-alone” [18] .....	21
Figura 5 - Sistema conectado à rede [18].....	22
Figura 6 - Esquema de ligação de uma unidade ACI [22].....	28
Figura 7 – Exemplos de ACC, apenas um prédio e entre dois prédios [41]. .....	29
Figura 8 - Esquema de ligação, numa CER, a outro edifício [41].....	30
Figura 9 - Tarifas Reguladas pela ERSE [35].....	33
Figura 10 - Condições de acesso e de exercício de atividade relativamente às UPAC [36] .....	34
Figura 11 - Esquema de partilha de energia entre IUs [22] .....	35
Figura 12 – Fluxograma para instalação de uma ACI / ACC num condomínio [22]. .....	37
Figura 13 - Local utilizado no estudo, Serra das Brancas, Amadora .....	40
Figura 14 - Área total para implantação do sistema fotovoltaico.....	41
Figura 15 - Imagem final dos edifícios com painéis fotovoltaicos. ....	43
Figura 16 - Área do Prédio A para implantação dos painéis fotovoltaicos. ....	44
Figura 17 - Área do Prédio B para implantação dos painéis fotovoltaicos. ....	45
Figura 18 - Painel “Orientation” proveniente do PVsyst.....	46
Figura 19 - Painel “Grid System Definition” proveniente do PVsyst .....	47
Figura 20 - Produção anual estimada para o Prédio A.....	48
Figura 21 - Variação horária do dia 21 de junho .....	48
Figura 22 - Variação horária do dia 21 de dezembro .....	49
Figura 23 - Variação horária do dia 21 de março .....	49
Figura 24 - Valores totais de produção dos dias escolhidos e observados para o prédio A.....	50
Figura 25 - Produção anual estimada para o Prédio B .....	50
Figura 26 - Produção prédio B no dia 21 de junho.....	51
Figura 27 - Produção prédio B no dia 21 de dezembro.....	51
Figura 28 - Produção prédio B no dia 21 de março.....	52
Figura 29 - Valores totais de produção dos dias escolhidos e observados para o prédio B .....	53
Figura 30 - Consumo por mês da tipologia T1 .....	54
Figura 31 - Consumo por mês da tipologia T1+1 .....	54

Figura 32 - Consumo por mês da tipologia T2 .....	55
Figura 33 - Consumo por mês da tipologia T3 .....	55
Figura 34 - Produção, consumo e excedente médios do prédio A na semana de 18 a 24 de junho .....	56
Figura 35 - Produção, consumo e excedente médios do prédio B na semana de 18 a 24 de junho .....	57
Figura 36 - Inversor SMA centralizado. ....	65
Figura 37 - Quadro Elétrico. ....	66
Figura 38 - Disjuntores. ....	66
Figura 39 - Diferencial. ....	67
Figura 40 - Ebox (Contador inteligente) [40].....	67
Figura 41 - Símbolo indicativo "Anti-fraude" [39].....	68
Figura 42 - Instalação em telhas de cerâmica. ....	68
Figura 43 – Triângulo de suporte. ....	69
Figura 44 - Interligação dos elementos de um prédio com a UPAC com pormenor da ligação do quadro de produção às frações do prédio. ....	71
Figura 45 - Interligação do Posto de Transformação e Distribuição da rede publica de Baixa Tensão e a UPAC. ....	72
Figura 46 - Exemplo do Quadro de Habitação. ....	73
Figura 47 - Pormenor da ligação entre a UPAC e as frações de um prédio. ....	74

## Lista de Tabelas

Tabela 1 – Resumo dos consumos do prédio A e B. ....	56
Tabela 2 - Valores consumidos pelas tipologias dia 21 de junho.....	58
Tabela 3 - Valores de autoconsumo de cada habitação, por tipologia, no mês de junho. ....	59
Tabela 4 - Valores de autoconsumo de cada habitação, por tipologia, no mês de dezembro... ..	59
Tabela 5 - Valores de autoconsumo de cada habitação, por tipologia, no mês de junho. ....	60
Tabela 6 - Valores de autoconsumo de cada habitação, por tipologia, no mês de dezembro... ..	60
Tabela 7 - Valores anuais do prédio A.....	61
Tabela 8 - Valores anuais do prédio B.....	61
Tabela 9 - Poupança por tipologia, no dia 21 de junho. ....	62
Tabela 10 - Poupança por tipologia, no dia 21 de dezembro. ....	62
Tabela 11 - Poupança por tipologia, no dia 21 de junho. ....	62
Tabela 12 - Poupança por tipologia, no dia 21 de dezembro. ....	62
Tabela 13 – Valores médios poupados por tipologia, cenário variável. ....	62
Tabela 14 - Valores médios poupados por tipologia, cenário fixo.....	62
Tabela 15 – Despesas sem CER, valor médio poupado anualmente com CER e nova despesa pós CER, para o cenário variável.....	63
Tabela 16 - Despesas sem CER, valor médio poupado anualmente com CER e nova despesa pós CER, para o cenário fixo. ....	63

## Lista de Equações

Equação 1 – Repartição de energia.....	58
Equação 2 Autoconsumo de energia.....	58
Equação 3 - Período de retorno do prédio A, cenário variável.....	63
Equação 4 - Período de retorno do prédio B, cenário variável.....	63
Equação 5 - Período de retorno do prédio A, cenário fixo. ....	63
Equação 6 - Período de retorno do prédio B, cenário fixo.....	63

## Lista de Siglas

ACI	Autoconsumo Individual
BTN	Baixa Tensão Normal
ACC	Autoconsumo Coletivo
CER	Comunidade de Energia Renovável
DGEG	Direção Geral de Energia e Geologia
EGAC	Entidade Gestora de Autoconsumo Coletivo
ERSE	Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos
FER	Fonte de Energia Renovável
GEE	Gases de Efeito Estufa
IRENA	Agência Internacional de Energias Renováveis
IU	Instalação de Utilização
PERC	Passivated Emitter Real Cell
REN	Redes Energéticas Nacionais
MPPT	Maximum Power Point Tracking
UPAC	Unidade de Produção para Autoconsumo

## 1. Introdução

Tendo em conta os dados fornecidos pela EDP, a 30 de janeiro de 2020, Portugal tem vindo a tornar-se um dos países que mais usufrui das energias renováveis. Dados provenientes da REN mostram que entre janeiro e dezembro de 2019, 51% da energia utilizada por Portugal, foi energia renovável, mostrando assim que mais de metade da energia utilizada vem de fontes verdes, estando lentamente a deixar de recorrer às outras fontes de energias mais poluentes [1].

A maior fonte de energia verde que Portugal tem é baseada na energia eólica, sendo esta responsável por 27% do consumo nacional. A energia hidroelétrica, biomassa e fotovoltaica representam 17%, 5,5% e 2,1%, respetivamente.

Representando as energias não renováveis em Portugal, o que mais contribui é o gás natural com 32% dos consumos [1].

Sendo as Comunidades de Energia Renovável (CER) associações que produzem e compartilham energia renovável de forma a gerar autonomamente energia verde, estas acabam por ajudar a reduzir as emissões de CO<sub>2</sub> emitidas. Sendo o transporte de energia mais difícil para as áreas rurais as CER são especialmente úteis quando nos referimos a estas zonas fora das grandes cidades. Sendo Portugal um grande portador de territórios como os referidos anteriormente, é de toda a conveniência o estudo das CER para que possam ser aplicadas cada vez mais, de forma a valorizar estes territórios mais desfavorecidos.

### 1.1. Objetivos

O objetivo desta dissertação é simular e projetar uma comunidade de energia renovável na urbanização Serra das Brancas, localizada na Amadora. Para a realização da mesma, será necessário efetuar algumas etapas tais como:

1. Conhecimento das bases legais que permitem a constituição de uma CER;
2. Análise do potencial solar fotovoltaico do edificado para o dimensionamento das unidades de produção para autoconsumo;
3. Análise dos perfis de consumo dos elementos da Comunidade;
4. Caracterização das atuais instalações elétricas relativamente à potência disponível nos postos de transformação da comunidade e aos pontos de entrega de energia em BTN nos vários edifícios;
5. Simulação de dois exemplos de cenários de partilha de energia entre os elementos da comunidade;
6. Apresentação de soluções técnicas de instalações elétricas que permitam aos consumidores/produtores produzir, consumir, partilhar e vender energia renovável;

## 1.2. Contributos

As CER, tem como acrescento para a sociedade a implementação de sistemas chamados de “carbono zero”, sendo que estas podem ser definidas como comunidades onde o valor de emissões de carbono é inexistente, sendo que a comunidade é responsável pela produção de energia sem a libertação de carbono.

Cada vez mais é importante a consciencialização da sociedade no que diz respeito às emissões de gases de efeito estufa, sendo que as atividades que emitem os mesmos devem ser substituídas por alternativas que não libertem este tipo de gases, produzindo uma energia de forma mais sustentável, sem a poluição acessória como no caso da produção das energias fósseis.

No caso da energia solar, a quantidade de energia disponível está dependente do sol, e das condições atmosféricas. No entanto, a energia solar é muito reconhecida como uma energia com variados pontos positivos e como a que representa um maior potencial dentro do mundo das energias renováveis e limpas, sendo que esta passa a ter custos mínimos após a recuperação do investimento inicial pois os custos de manutenção são reduzidos, nomeadamente verificação do estado dos painéis solares e restante equipamento auxiliar.

A instalação dos painéis solares para a captação de energia tem como ponto positivo a disponibilidade em, praticamente, todas as localizações, sendo que existem algumas mais favoráveis que outras devido à exposição solar e às diferentes posições do globo terrestre [2].

Este estudo pretende exemplificar, do planeamento à execução, como se podem formar as CER, algumas das etapas necessárias na sua constituição, os requisitos técnicos e as vantagens que existem para todos os que nela participam.

## 1.3. Estrutura da dissertação

A presente dissertação encontra-se formulada através de cinco capítulos.

No primeiro capítulo encontramos a introdução, realizando a apresentação do documento em si, bem como os objetivos, contributos e a própria estrutura do mesmo.

O segundo capítulo, tem como foco alguma da informação já existente na área relacionada com o tema das CER.

Encontra-se no terceiro capítulo o enquadramento legal das CER. O tópico do Autoconsumo é também abordado, fazendo referência ao autoconsumo individual e coletivo. Neste capítulo são apresentados os modelos de comercialização de energia, os incentivos e dificuldades e tarifas existentes e as Unidades de Produção de Autoconsumo.

No quarto capítulo é efetuado o estudo do caso proposto, para a implementação de uma CER. São expostas as várias etapas que permitem dimensionamento da comunidade. É apresentado o local no qual o estudo foi proposto, a avaliação solar do mesmo e as características e disposição dos painéis fotovoltaicos. São referidos os softwares utilizados em todo o procedimento, tanto para projetar os edifícios em 3D, tanto para recolher os dados de

produção de energia. Neste capítulo é também realizada a análise económica deste projeto e a implementação prática do sistema.

As conclusões são apresentadas no quinto capítulo, refletindo, entre outros pontos, sobre os resultados obtidos bem como se o sistema apresentado demonstra ser útil ou não, e de que forma se poderia aplicar a outras instalações.

Por fim, no sexto capítulo, encontram-se as referências bibliográficas utilizadas neste documento.



## 2. Estado da Arte

Uma comunidade de energia renovável, pode ser definida como uma contribuição voluntária, autónoma e controlada por acionistas ou membros localizados nas proximidades dos projetos de energia renovável. Estes mesmos projetos são propriedade da comunidade jurídica, e desenvolvidos pela mesma [3].

Tendo em conta todo o aquecimento utilizado nas habitações domésticas e a produção de eletricidade para o abastecimento das cidades onde habitam milhões de pessoas, foram encontradas inúmeras formas de interagir com a natureza e melhorar a qualidade de vida. Assim, para responder ao seu crescimento exponencial e por sua vez à inovação tecnológica que tem vindo a decorrer nos últimos séculos, foi necessária a produção de energia em quantidades cada vez maiores. Estima-se que em 2030 a população mundial atinja 8,6 mil milhões de pessoas, das quais 60% habitará em áreas urbanas [4].

Com o autoconsumo coletivo, surge a possibilidade de dois ou mais autoconsumidores utilizarem a mesma Unidade de Produção para Autoconsumo (UPAC), aquando da verificação de uma proximidade geográfica e elétrica. Exemplos de possíveis autoconsumidores situados no mesmo edifício podem ser encontrados em zonas de apartamentos ou até mesmo em moradias, unidades industriais, comerciais ou agrícolas e outras infraestruturas desde que estejam localizadas numa determinada área na qual tenham acesso à UPAC [5].

É importante ter noção de que as energias renováveis quando comparadas com as tradicionais energias fósseis, têm origens em recursos que se vão renovando naturalmente, como a energia eólica ou a fotovoltaica. Com o aumento da poluição devido à queima de combustíveis fósseis e o abate de árvores para a obtenção de energias fósseis, é compreensível que o desenvolvimento e a incorporação das energias renováveis sejam um dos maiores desafios na sociedade em que vivemos [6].

A extração de combustíveis fósseis como o carvão, o petróleo e o gás natural permitiram que com o seu uso fosse possível satisfazer as necessidades energéticas das populações. No entanto, o crescimento da população de forma exponencial e a extração de combustíveis fósseis foram apontadas, pela comunidade científica, como sendo uns dos principais motivos das alterações climáticas observadas no nosso planeta. Como consequência das emissões de gases estufa (GEE) para a atmosfera, as últimas três décadas foram consideradas como sendo provavelmente as mais quentes dos últimos 800 anos, no hemisfério terrestre [7].

Nas conclusões de 10 e 11 de dezembro de 2020 da reunião do Conselho Europeu foi visível que a descarbonização e a incorporação das energias renováveis é um tópico com bastante importância. De modo a cumprir o objetivo da União Europeia de um impacto neutro no clima no ano 2050, a mesma terá de atualizar as ações que toma relativamente ao clima e à energia. O Conselho Europeu aprovou uma redução interna líquida de pelo menos 55% no que toca às emissões de GEE até ao ano 2030, comparando com valores de 1990 [8].

Não obstante, o crescimento da produção de energia a partir de fontes renováveis, atualmente só representam 19,4% da energia produzida em todo o mundo, sendo que os 78,4% restantes são originados da queima de combustíveis fósseis e 2,3% têm origem nuclear. A nível nacional, no ano de 2022, 56,9% da energia gerada tem origem em fontes renováveis [9].

No caso de Portugal, existem poucos registos de comunidades de energias que produzam energia a partir de fontes renováveis. No entanto, como bom exemplo pode ser apresentado o caso da Cooperativa de Energias Renováveis Copérnico. A legislação e a falta de atitude de ativismo por parte dos cidadãos podem ser pontos vistos como barreiras para que este conceito não tenha um desenvolvimento tão ativo no nosso país, sendo até referidos em outros estudos sobre este tema [10].

Numa comunidade de energia renovável é necessário o forte envolvimento de *stakeholders* locais, de forma a existir ativamente uma participação dos intervenientes no processo [11].

A energia fotovoltaica utiliza a luz e o calor do sol de modo a gerar energia elétrica. Os sistemas fotovoltaicos, figura 1, são constituídos essencialmente por 4 partes:

1. Módulo de células fotovoltaicas;
2. Regulador/controlador de carga;
3. Inversor;
4. Banco de baterias (se necessário).

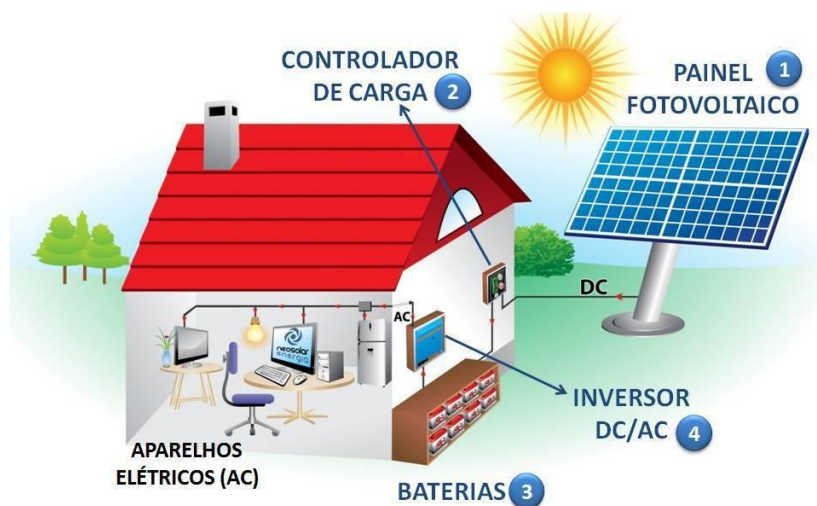


Figura 1 - Constituição de um sistema fotovoltaico [12]

## 2.1. Módulo de células fotovoltaicas

A energia é criada através do efeito fotovoltaico, que consiste na geração de corrente ou tensão elétrica a partir da exposição de um material semicondutor à luz visível. Uma célula absorve os fótons que libertam eletrões que são transferidos através das células gerando energia elétrica. Ambas as células fotovoltaicas possuem uma cobertura de vidro, uma camada anti refletora, um contacto frontal, um condutor e semicondutores.

Muitos dos módulos fotovoltaicos são constituídos com o elemento silício pois este representa 28% da massa da crosta terrestre e é o segundo material mais predominante no mercado, em cerca de 90%. 80% deste é utilizado na sua forma cristalina e é conhecido por ser um material estável que não é tóxico.

Os painéis podem ser monocristalinos, constituídos por um único cristal de silício, onde as lâminas são arredondadas e individuais, tendo uma alta eficiência como principal vantagem. Este tipo de painel também ocupa menos espaço e a sua vida útil esperada é de em torno de 30 anos. Estes painéis têm como desvantagem o seu preço de fabrico, pois o tratamento do material em si é mais exigente.

Por sua vez também existem painéis policristalinos, menos eficientes que os monocristalinos, pois os cristais de silício são fundidos em blocos e cortados em formas quadradas para formar as placas, e a sua pureza acaba por ser menor. Estes têm como vantagem a durabilidade (acima dos 30 anos), e o custo de produção.

Fazendo referência a um terceiro tipo de painéis fotovoltaicos. Os painéis solares de filme fino são constituídos por uma fina película que pode ser formada por quatro materiais: Gálio seleneto, Células solares fotovoltaicas, Silício amorfo, ou Telureto de Cádmio. A vantagem na utilização destes painéis consiste no facto de que a sua fabricação é feita em larga escala, diminuindo assim o seu custo. As suas placas são flexíveis o que ajuda na sua aplicação. Já as desvantagens estão no facto destes terem uma menor eficiência por metro quadrado, e da sua degradação ser mais acelerada do que nos outros tipos de painéis, tendo este um tempo estimado de vida entre os 10 e os 15 anos [13].

Os sistemas solares fotovoltaicos têm evoluído a um ritmo muito mais rápido quando comparados com outras fontes de energia renovável, especialmente devido à queda de preços relativamente a estes sistemas, como demonstra a Figura 2.

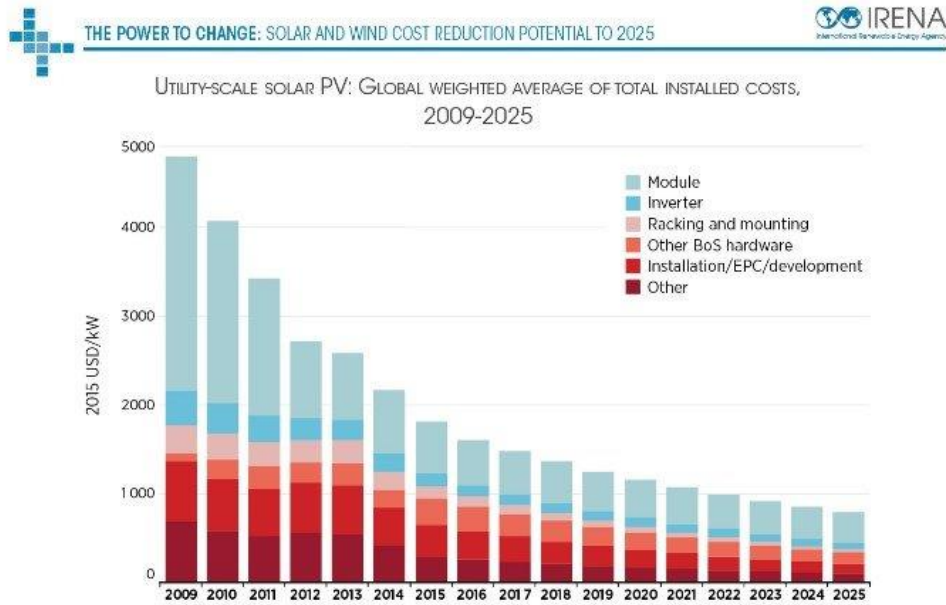


Figura 2 - Preços dos sistemas fotovoltaicos [14]

As células PERC (Passivated Emitter Rear Cell), baseiam-se na aplicação de uma camada refletiva (constituída por dielétrico passivo), de modo a aumentar a captação de radiação e ter uma menor margem de perda sob a energia capturada. Esta camada refletiva bloqueia a passagem de luz, acumulando assim os eletrões entre as camadas. A passivação do material do material dielétrico impede que os eletrões penetrem a camada de alumínio, fazendo com que a circulação entra a camada base e as células seja mais fluída. Esta tecnologia tem também como ponto positivo o facto de não ser possível ondas de comprimento não poderem penetrar diretamente na camada inferior de alumínio, uma vez que são refletidas para fora do painel, gerando menos aquecimento [15]. A diferença entre uma célula normal e uma célula com a tecnologia PERC pode ser observada na figura 3.

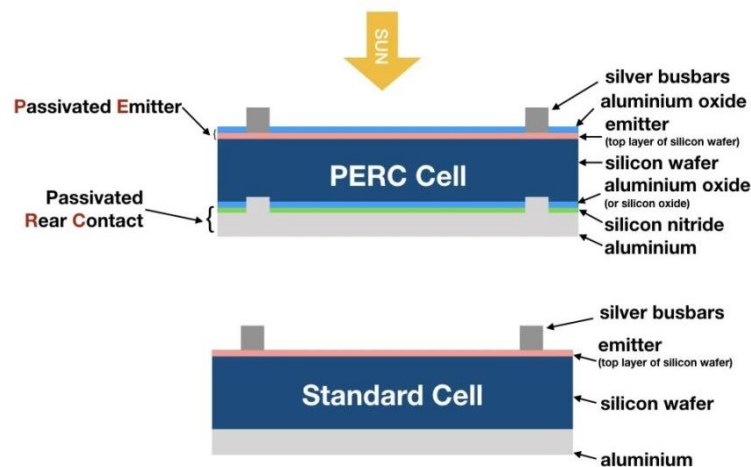


Figura 3 - Comparação de uma célula solar normal com uma célula que utiliza a tecnologia PERC [16]

### 2.1.1. Sistema de painéis “Stand-alone”

Estes tipos de sistemas são constituídos por um gerador, uma bateria, um regulador de carga e um condicionador de energia (de modo a melhorar a qualidade da energia fornecida, este corrige o fator de potência e regula a energia, removendo irregularidades que possam aparecer).

Neste formato de sistema, apresentado na figura 4, não existe nenhuma interação com a rede elétrica. As baterias são necessárias para o armazenamento de energia em caso de existir excesso de energia solar [17].



Figura 4 - Sistema fotovoltaico “Stand-alone” [18]

### 2.1.2. Sistema conectado à rede

Neste contexto, o sistema encontra-se conectado à rede elétrica local, sendo que durante o dia a eletricidade produzida poderá ser usada diretamente pelos consumidores ou vendida a qualquer um dos fornecedores de energia. No período da noite, a energia elétrica pode ser comprada, pois os painéis não se encontram a produzir durante este cenário. Com este modo de funcionamento não é empregue qualquer bateria para realizar o armazenamento de energia uma vez que a eletricidade produzida é usada diretamente ou vendida à rede, como apresentado na figura 5.

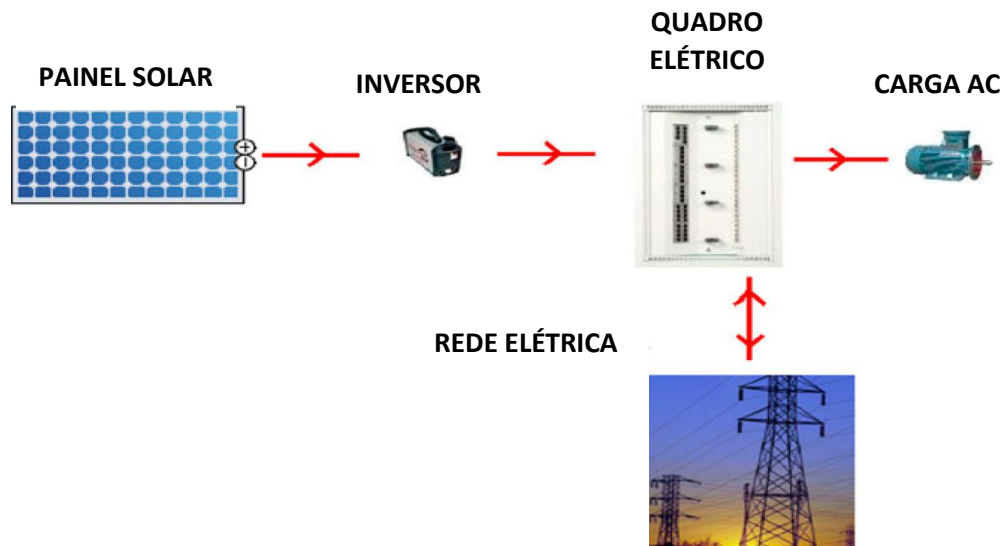


Figura 5 - Sistema conectado à rede [18]

## 2.2. Regulador de carga

Para evitar que a bateria fique completamente descarregada e para proteger a mesma, é utilizado um regulador de carga, que assegura a estabilidade do sistema.

Com valores de tensão na ordem dos 12,5 V para baterias de 12 V, o regulador de carga executa a mudança de carga para a bateria enquanto que numa tensão inferior, por volta dos 11,5 V, o regulador desliga a carga.

Dependendo do tipo de bateria utilizada em cada caso, os dois limites de tensão são ajustados automaticamente pelo regulador, sendo que os dois modos do regulador são: operação normal e sobrecarga/descarga excessiva [19].

## 2.3. Inversor

O inversor desempenha um papel importante no sistema no sentido em que é este componente que converte a energia captada pelos painéis, que chega sob a forma de corrente contínua (DC) e é convertida em corrente alternada (AC) para esta poder ser então utilizada.

É fundamental que se identifique cuidadosamente o objetivo do uso do inversor, pois nem todos eles são adequados, sendo que os inversores utilizados para os sistemas fotovoltaicos utilizam um controle especial incluindo o MPPT, para definir o ponto máximo de potência, e uma proteção anti-ilha, para evitar por exemplo que durante um apagão os painéis continuassem a alimentar o excesso de energia de volta à rede [20].

## 2.4. Baterias

As baterias podem ser necessárias quando existe necessidade de armazenar energia que foi gerada pelos painéis solares e não foi utilizada, podendo assim fazer-se uso da mesma mais tarde. Têm uma vida útil de entre três e cinco anos, dependendo de certos parâmetros como os ciclos de carga e descarga, e da variação média das temperaturas que atingem. A capacidade de armazenamento é representada sob a unidade de ampere hora (Ah). Existem diferentes tipos de baterias disponíveis no mercado atual, como as de ácido de chumbo, níquel cádmio, hidreto de níquel e lítio.

As funções de uma bateria num sistema fotovoltaico são:

- Armazenamento de energia: armazena a energia elétrica produzida pelos painéis e fornece esta energia acumulada à carga, quando necessário;
- Estabilização da tensão: apaga as flutuações de tensão no sistema fotovoltaico e fornece energia às cargas elétricas com um nível estável de tensão, protegendo as cargas;
- Corrente de alimentação de pico: alimenta a corrente inicial para as cargas indutivas.



### 3. Comunidade de Energia Renovável

O conceito de Comunidade de Energia Renovável pode ser bastante vasto e diferir em vários aspetos dependendo da perspetiva de quem analisa a mesma.

A definição mais comum seria a de uma comunidade onde se produz e onde se partilha a energia solar recolhida, por todos os membros que constituem a mesma, e que são também os seus produtores. Os módulos fotovoltaicos, normalmente, são colocados no espaço do produtor (da comunidade), fazendo com que todos os constituintes beneficiem de um desconto na energia que irão autoconsumir. Existem também outras variantes onde, por exemplo, envolvem terceiros à comunidade que beneficiam de uma parte.

A participação nas CER é voluntária e parte sempre da iniciativa de algum dos futuros membros. É importante que os membros estejam próximos entre si para poderem organizar com melhor precisão as questões sobre o autoconsumo coletivo e estabelecer a dita comunidade.

As CER trazem consigo algumas vantagens, sendo uma delas a ajuda que podem fornecer para o país conseguir cumprir as metas referentes à energia. Outros tipos de vantagens são:

- A gestão em tempo real do sistema de produção partilhado, pois este pode ser controlado através de aplicações que permitem visualizar a produção e todos os consumos existentes;
- A partilha da produção entre os consumidores, diminuindo assim a injeção à rede. Os membros da comunidade que consomem menos energia, partilharam o excesso com os que necessitam mais, colmatando assim as necessidades uns dos outros na comunidade;
- O aumento da eficiência energética por si só. A energia produzida pelo sistema de produção por si só acaba por “preencher” algumas das necessidades dos elementos da comunidade, fazendo com que estes necessitem de menos energia da rede elétrica;
- O facto de não ser necessário a alteração dos contratos de energia associados. A CER pode funcionar sem problema, sendo os intervenientes capazes de manter os contratos existentes com os fornecedores de energia;
- O aumento da autonomia das empresas aquando das oscilações dos preços da energia;
- A diminuição da dependência no que diz respeito às interrupções de energia.

Um dos primeiros 100 projetos em Portugal referente às CER é a Santa Casa da Misericórdia de Miranda do Douro. Gerida pela entidade Cleanwatts, esta inclui módulos fotovoltaicos instalados nos telhados das três instalações, agrupando assim a produção, a partilha e o consumo de energia entre os edifícios. Este projeto tem como pontos positivos a redução da pegada ecológica e a redução da fatura energética em 10%, quando comparado com o preço médio do mercado [21].

Apesar das mais valias referidas acima, é importante referir também que após o autoconsumo aproveitado pela comunidade, a energia que não foi utilizada pode ser

reaproveitada pelas restantes instituições sediadas na mesma zona, como por exemplo os bombeiros locais.

Seguindo sob a forma de uma “pessoa coletiva”, a constituição de uma CER tem de ter em conta alguns pontos legais, sendo que estes são organismos compostos por um poder político, e constituídos de acordo a realizarem interesses comuns, podendo ser estes públicos (por exemplo comissões criadas pelo estado, ou entidades municipais), ou privados (associações, fundações, sociedades civis ou comerciais e cooperativas). Se cumpridas as condições definidas, a CER deve permitir a saída de qualquer um dos seus membros [22].

A produção de energia renovável, ao contrário da produção convencional de energia onde são importadas grandes quantidades de combustíveis fósseis (petróleo, gás, etc.), desenvolve uma energia mais confortável a nível monetário, mais limpa em termos ambientais e segura, e tendo em conta estes benefícios, os sistemas de energia renovável sob estruturas de propriedade comunitárias estão a desenvolver-se de forma pioneira a nível Europeu.

A nível Europeu, em contexto energético, o sistema está a passar por uma crise na qual no segundo semestre de 2021, foi registado um aumento de mais de 11% no que diz respeito aos preços de eletricidade e gás, na União Europeia, aquando comparados com as estatísticas de 2020. Com o confronto existente entre a Rússia e a Ucrânia, de forma a diminuir a dependência dos combustíveis fósseis Russos, foi formado um Pacto Ecológico Europeu, que planeia a descarbonização da produção de energia na União Europeia com vista a acelerar a transição energética. A nível global, está a ser formada uma resposta ao desafio energético, para que a nível local e regional seja desenvolvida energia mais limpa através das comunidades. Os investigadores apoiam esta ideia de desenvolvimento energético, sendo que dizem que estas contribuem para tornar os cidadãos mais conscientes no que diz respeito às questões sobre a energia, ficando assim com uma perspetiva diferente, permitindo a estes mesmos agirem por próprios [23].

### **3.1. Enquadramento Legal**

No enquadramento legal, o Decreto-Lei nº 162/2019 figurou as CER em Portugal, no sentido em que explica o porquê da necessidade de promover a energia verde no estados-membros através de autoconsumos tanto individuais, como coletivos. O mesmo impõe um regime jurídico que permite aos autoconsumidores de energia renovável produzir, consumir, armazenar, partilhar a mesma energia e ao mesmo tempo participar também no mercado sem que sejam cobrados financeiramente.

Ainda no mesmo Decreto Lei, é possível perceber que facilita a participação ativa na transição energética de empresas e cidadãos caso estes estejam interessados em realizar um investimento em recursos energéticos renováveis e distribuídos à cobertura do respetivo consumo [24].

Relativamente ao autoconsumo, deve ser notado o Decreto Lei nº 15/2022, pois este organiza o funcionamento do Sistema Elétrico Nacional, e incorpora as disposições relativamente ao autoconsumo renovável, revogando o artigo citado anteriormente neste ponto do presente documento. Este Decreto Lei prevê o Regulamento do Autoconsumo, tocando em várias matérias como sendo o caso do relacionamento comercial entre as entidades

intervenientes, a mediação, leitura e disponibilização dos dados e os modos de partilha de energia entre os autoconsumidores, e até mesmo as tarifas e preços regulados [25].

Uma CER, em termos legais, refere-se a um grupo de indivíduos, empresas ou organizações que se unem para desenvolver, possuir, operar ou investir em projetos de energia renovável. Essas comunidades buscam promover a geração de energia sustentável, muitas vezes através de fontes como solar, eólica, hidrelétrica, biomassa ou outras formas de energia limpa.

Legalmente, de forma a estruturar uma CER, é envolvida a criação de uma entidade legal específica para gerir o projeto. Algumas características incluem:

1. Entidade Legal: A comunidade pode ser constituída como uma cooperativa, uma sociedade, ou outra forma jurídica adequada. A escolha dependerá das leis locais e dos objetivos da comunidade.
2. Propriedade Coletiva: A estrutura de propriedade pode ser organizada de maneiras diversas para refletir a participação e os direitos dos membros.
3. Contratos: É comum que os membros formalizem sua participação através de contratos que estabelecem direitos, responsabilidades, distribuição da energia produzida, e outros termos relevantes.
4. Gestão: Eleição de representantes, com fim à definição de políticas e procedimentos, bem como a prestação de contas aos membros da comunidade.
5. Regulamentação: A conformidade com as regulamentações locais, regionais e nacionais é essencial. Isso pode incluir licenciamento ambiental, concessões de uso de terra, entre outras regulamentações que possam surgir.
6. Comercialização de Energia: A comunidade deve cumprir os requisitos técnicos de forma a que a sua injeção de energia à rede local cumpra as normas para a venda de energia renovável gerada.

Do ponto de vista legal, as CER são identificadas como “Pessoa Coletiva”, sendo esta um organismo social dotado de personalidade jurídica e que é constituída de forma a realizar os interesses comuns, que podem ser de direito público (comissões criadas pelo próprio estado), privado (associações, fundações, sociedades ou cooperativas) ou de utilidade pública (por exemplo entidades municipais encarregues de fornecer e distribuir água, que são pessoas coletivas privadas sem fins lucrativos) [22].

### **3.2. Autoconsumo**

No presente, os modelos autoconsumo encontram-se em ascensão. Tal é devido ao facto de existirem tantas e variadas formas de instalar os equipamentos e tecnologias mais acessíveis. Não só em grande escala como distribuidores de eletricidade, mas especialmente ao nível do consumidor consegue distinguir-se do tradicional sistema de geração de eletricidade, fazendo com que as vantagens sejam notórias, como maior autonomia e redução de custos.

Este modelo além de ajudar o ambiente a lutar contra as alterações climáticas através do uso de energias renováveis, traz também consigo vantagens que valem a pena ser exploradas e desenvolvidas [26].

O autoconsumo é explicado no Decreto-Lei 162/2019, Artigo 2º alínea d), como sendo o aproveitamento da energia elétrica proveniente de fontes de energia renovável produzida através das UPAC, sendo que este consumo pode ser efetuado por um ou mais consumidores, gerando dois novos conceitos por si só: Autoconsumo Individual e Autoconsumo Coletivo.

### 3.3. Autoconsumo Individual

Existe ainda o autoconsumo individual (ACI), no qual é apenas para consumo de uma única instalação de utilização (IU). Quando a UPAC está associada apenas a um código ponto de entrega (CPE), o proprietário pode então vender ou utilizar a energia elétrica excedente. A figura 6, apresenta uma instalação de ACI generalizada [22].

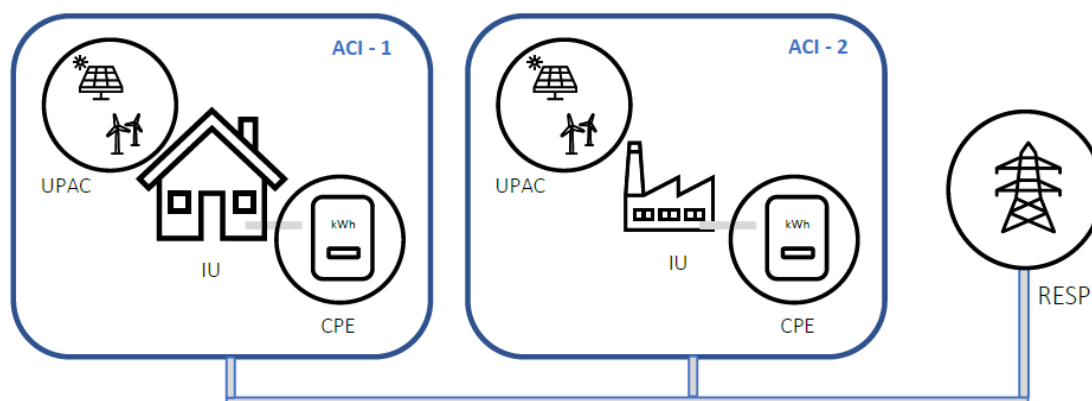


Figura 6 - Esquema de ligação de uma unidade ACI [22].

### 3.4. Autoconsumo Coletivo

Seguindo com um modelo semelhante às CER, o Autoconsumo Coletivo (ACC), este assenta na associação de pelo menos dois autoconsumidores e unidades de produção próximas para partilha de energia. De seguida são expostas as principais diferenças entre estes dois modelos de consumo:

**Autoconsumo Coletivo**

- Necessidade de regulamento interno
- Não se identifica como Pessoa Coletiva
- Atende às necessidades dos consumidores

**CER**

- Não necessita de regulamento
- Identifica-se como Pessoa Coletiva
- Tende a ter um maior potencial e um maior impacto, podendo abranger áreas mais extensas e envolver maior número de participantes

Os membros definem uma Entidade Gestora do Autoconsumo (EGAC), e esta representa o autoconsumo coletivo perante as operadoras e as entidades respetivas realizando a gestão financeira e tomando conta da compra e venda de energia com o operador de rede indicando os coeficientes de partilha pretendidos para assim repartir a produção elétrica.

Este sistema pode funcionar em rede interna ou com uso da Rede Elétrica de Serviço Público (RESP), e com ou sem armazenamento de energia. Através do Decreto-Lei nº15/2022 de 14 de janeiro, a EGAC fica então responsável pelo entendimento com o operador e rede no que diz respeito à partilha de energia e partilha dos dados de produção, assim como também pela relação com o agregador para quando tiver de efetuar a venda da energia em excesso produzida pelo ACC. Já as CER como descritas anteriormente neste documento, é obrigatoriamente definida como uma pessoa coletiva, na qual os participantes podem ser pessoas particulares ou públicas e os seus participantes devem ter uma proximidade geográfica [27]. Na figura 7 são apresentados dois exemplos de Autoconsumo Coletivo [41].

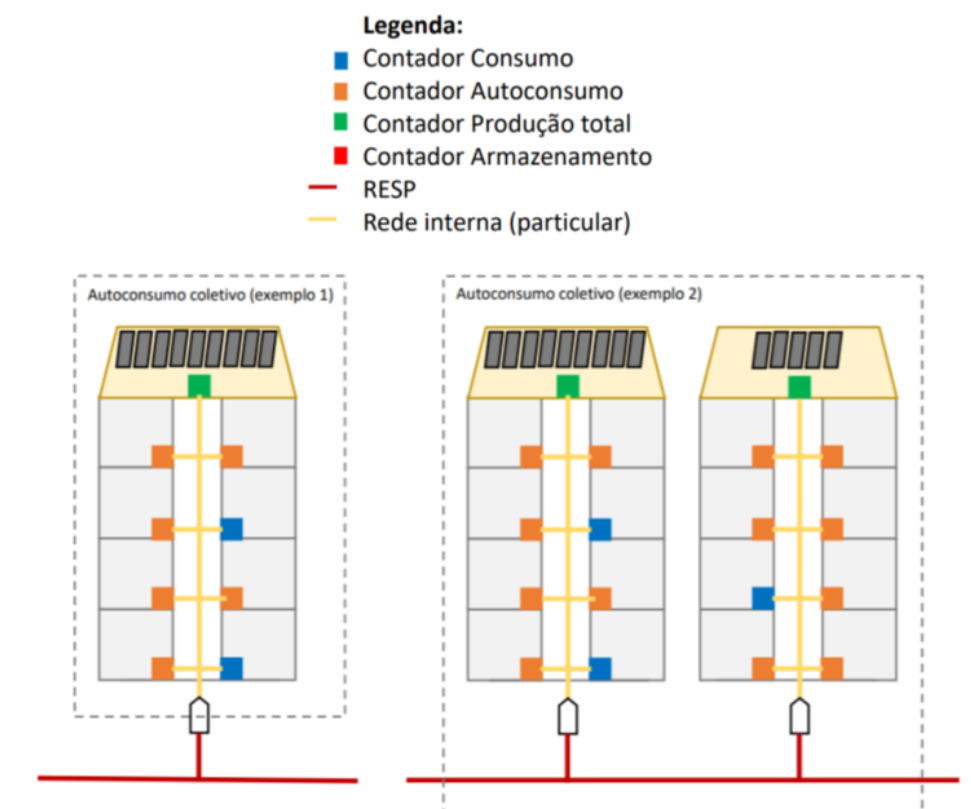


Figura 7 – Exemplos de ACC, apenas um prédio e entre dois prédios [41].

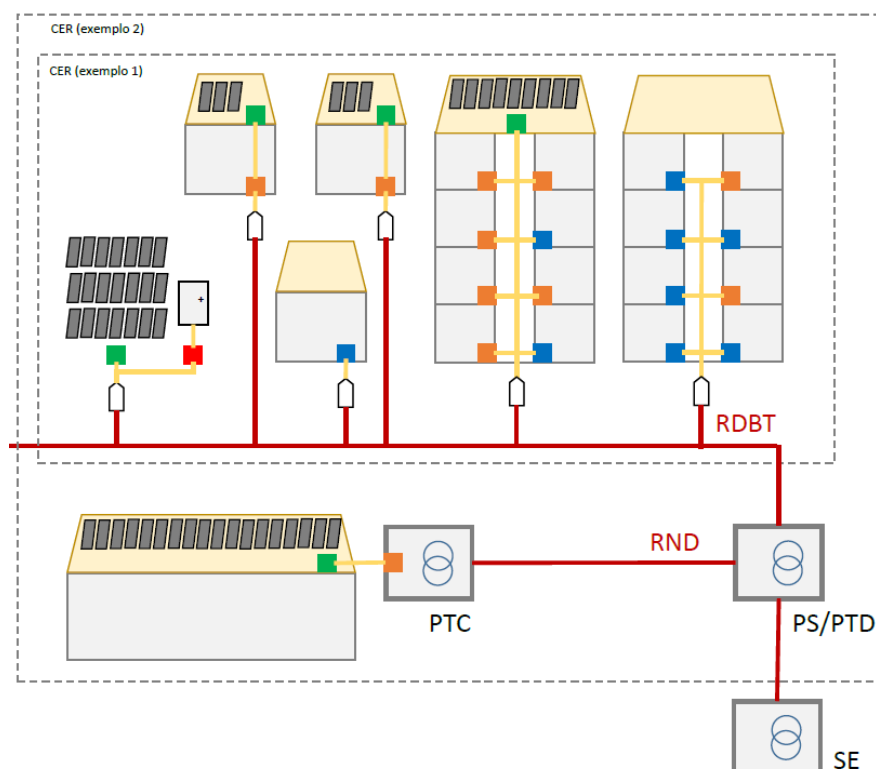


Figura 8 - Esquema de ligação, numa CER, a outro edifício [41].

Na figura 8 pode ser observado a ligação de uma CER a um edifício externo à comunidade. Esta ligação é feita através da utilização das redes de distribuição em baixa tensão, bem como a rede nacional de distribuição, de forma a conseguir interligar-se com o prédio a que pretende.

No entanto é preciso notar que as CER e as ACC têm objetivos em comum, como o facto de ambas produzirem, consumirem, comprar e vender, tendo a opção de armazenamento, das energias renováveis, com os seus membros ou terceiros. Ambas partilham e comercializam entre os seus membros a energia renovável produzida pelas UPAC ao seu serviço.

A contagem de energia em ambos os casos (CER e ACC) é efetuada através de contadores bidirecionais, que medem a energia consumida e também a injetada na rede. Cada participante da comunidade pode ter um contador individual para monitorizar o seu consumo específico, mas também existe a possibilidade de haver um contador coletivo que regista a energia total gerada, bem como o consumo que é feito pela energia proveniente da rede pública.

As CER e as ACC, são responsáveis pelos desvios da programação que provocam no Sistema Elétrico Nacional (SEN), seguindo os termos definidos no Regulamento de Operação das Redes, podendo passar essa responsabilidade ao representante, no caso de tal tiver sido definido previamente.

### 3.5. Modelos de comercialização e partilha de energia

De uma forma mais simples, fazendo jus ao facto das CER, e por sua vez as UPAC agregadas às mesmas, serem relativamente recentes em Portugal, pode-se dar a conhecer os seguintes modelos de comercialização:

➤ Para edifícios habitacionais:

A formação das CER leva a que normalmente seja efetuada a montagem de painéis fotovoltaicos nas coberturas dos edifícios fazendo com que os habitantes beneficiem da energia produzida a partir dos mesmo sendo esta dividida de forma a que os consumidores tenham um preço reduzido.

➤ Para conjuntos de imóveis municipais (escolas, pavilhões desportivos, etc.):

A instalação das UPAC podem fazer uso da produção que estes fazem, de forma a conseguir reparti-la pelos edifícios da vizinhança, mesmo não sendo de um único proprietário.

➤ Para centros industriais:

As CER podem ser instaladas em zonas comuns e fora de edifícios habitacionais, fazendo a energia chegar não só a zonas habitacionais, mas também a algumas aos locais industriais das redondezas que tenham vontade de participar na comunidade.

Da criação das CER e com o conceito de partilha da energia entre produtores e consumidores, contendo toda a parte legal que carrega consigo, são introduzidas alterações no mercado de energia elétrica, sendo apresentadas duas entidades ao sistema jurídico: Comercializador da CER e EGAC [28].

A EGAC representa o autoconsumo coletivo dos operadores e entidades competentes, fazendo o elo entre o operador de rede e os pagamentos das tarifas de Acesso às redes relativas ao autoconsumo pela rede pública. Assegura também o relacionamento com o portador da energia excedente de produção para posterior venda no mercado e define os coeficientes de partilha da energia no que diz respeito ao autoconsumo [29].

### **3.6. Incentivos para a criação de uma Comunidade de Energia Renovável**

A 14 de junho de 2022 foi lançado o primeiro aviso com o objetivo de suportar cada vez mais a criação de CER e ACC, com uma quantia de 30 milhões de euros. Este aviso advém de um programa chamado “Eficiência energética em edifícios de serviços”, incluído na componente C13 – “Eficiência Energética em Edifícios” do Plano de Recuperação e Resiliência. Este compreende um montante total de 610 milhões de euros, apenas para uso em planos relacionados com a Eficiência Energética em Edifícios. O objetivo do programa tem como objetivo financiar medidas que incentivem a produção de energia elétrica a partir das fontes renováveis, e assim reduzir em média 30% do consumo de energia dos edifícios beneficiados [30].

Um fator a referir e a reforçar quanto às CER, é o facto de criarem riqueza no local onde estas são implantadas, pois além de ser um ponto de energia mais acessível, também criam mais postos de trabalho e a energia gerada e vendida faz com que haja algum conforto monetário dentro das comunidades [5].

As CER também têm como fator positivo o facto de terem um impacto considerado pequeno no que toca às alterações ou a possíveis perturbações na rede, pois normalmente não têm um

tamanho suficiente para tal. Assim os investimentos que são necessários para estabilizar possíveis perturbações na rede são também pequenos [31]. Estas pequenas alterações podem ser, por exemplo, a necessidade de atualização dos sistemas e proteção da rede, de forma a acomodar a geração de energia proveniente da CER, com fim de garantir a segurança da rede.

É de destacar também que, com o potencial das CER em Espanha por exemplo, é estimado que com oito mil duzentas e quarenta e cinco comunidades deste tipo criadas poderiam alcançar um total de cento e quarenta e oito mil seiscentos e dez giga watts até ao ano 2030, e assim cobrir o equivalente a todo o requisito elétrico para o autoconsumo dos setores doméstico e terciário em Espanha [32].

A Agência Internacional de Energias Renováveis (IRENA) reconhece o potencial das CER para produzir eletricidade sustentável, com principal foco nas áreas mais isoladas, pois são estas que têm mais falta de recursos e aproveitando este tipo de implementação, conseguiriam dar vazão às suas necessidades e administrar o seu próprio autoconsumo [32].

### **3.7. Obstáculos à criação de uma Comunidade de Energia Renovável**

A mudança da utilização das fontes de energia fósseis (gás, carvão e petróleo) para fontes de energia renováveis só poderá vir a tornar-se real se os ganhos em termos financeiros sejam consideráveis após essa alteração. As tecnologias necessárias para tal irão necessitar não só de financiamento, mas também de apoios legislativos, bem como tempo para poderem evoluir [33]. Em Portugal, através do Decreto-Lei nº29/2006, de 15 de fevereiro, é descrito legalmente o modo de funcionamento do setor elétrico português que formou um sistema de “Mercado Único”, no qual as atividades de produção e comercialização de eletricidade ficam então completamente abertas à concorrência [34], definindo a liberalização do mercado elétrico.

Tendo ainda em conta que quando abordado tema da produção, há uma grande parte da capacidade instalada da produção que contém tarifas garantidas e sendo assim esta não se encontra a operar sob regime de mercado livre. Acrescentando ainda que, a forma como o sistema está estruturado, faz com que na comercialização, do lado do comercializador, haja muito pouca margem para outras entidades [34].

Fazendo referência às atividades de produção e comercialização de energia elétrica, mesmo que estas estejam abertas à concorrência, continuam a precisar da obtenção de licenças [34].

Um dos principais entraves na implantação de uma CER, consiste principalmente no facto da população, especialmente gerações mais antigas, não ter uma real perceção da complexidade em utilizar uma FER, tanto quanto no que diz respeito a utilizar as tecnologias necessárias para produzir a energia, como toda a burocracia envolvente no processo e possíveis riscos financeiros [10].

### 3.8. Tarifas

A ERSE fixa anualmente as tarifas e preços que regulam o mercado português, sendo que as tarifas reguladas refletem os custos das atividades reguladas e através das quais a ERSE define a quantidade de proveitos permitidos. Os preços por sua vez, associados a serviços de carácter obrigatório, sendo estes pagos pelos consumidores que os solicitam [35].

O valor final da energia eléctrica pode ser definido através da junção das tarifas descritas abaixo [28] e ilustradas na figura 9:

- Tarifa de acesso às redes:

Paga por todos os consumidores, independentemente de estarem no mercado regulado ou liberalizado. Contém três tarifas envolvidas, sendo estas a Tarifa de Uso Global do Sistema (remuneração das entidades envolvidas com os custos da gestão do sistema e os decorrentes da política energética, ambiental ou de interesse económico), Tarifa de Uso da Rede de Distribuição (custos existentes na atividade de distribuição da energia eléctrica) e a Tarifa de Uso da Rede de Transporte (custos de transporte da energia eléctrica).

- Tarifa de Energia:

Preço de venda da energia eléctrica cobrado ao consumidor por kW consumido. Esta tarifa é responsável pela recuperação dos custos relacionados com a compra e venda da energia eléctrica.

- Tarifa de comercialização:

Esta representa o valor imposto pelo comercializador de energia, e é cobrado individualmente a cada utilizador, refletindo o lucro dos comercializadores.



Figura 9 - Tarifas Reguladas pela ERSE [35]

### 3.9. Unidades de Produção de Autoconsumo

A viabilidade de todos os projetos de criação de uma unidade de ACC ou de uma CER pode ser definida através da metodologia utilizada para a partilha de energia produzida através das UPAC.

A UPAC sendo uma instalação de produção de energia elétrica através das energias renováveis destina-se ao autoconsumo da instalação onde se encontra associada, podendo assim injetar excedentes na RESP.

De forma resumida, o ACI produz energia renovável nas suas instalações e pode armazenar ou vender a mesma. Autoconsumidores não domésticos não poderão fazer se essa atividade constituir a sua principal atividade comercial [36].

De acordo com a lei, a UPAC com potência instalada poderá ter diferentes condições de acesso, como é ilustrado na figura 10.

Potência Instalada	Condições de Acesso Com ou sem injeção de excedentes
$\leq 700 \text{ W}$	<b>Isenta de Controlo Prévio*</b> (desde que não esteja prevista a injeção de excedente na RESP)
$> 700 \text{ W} \leq 30 \text{ kW}$	<b>MCP</b> Comunicação Prévia
$> 30 \text{ kW} \leq 1 \text{ MW}$	<b>UPAC</b> Registo Prévio e Certificado de Exploração
$\geq 1 \text{ MW}$	<b>UPAC c/ Licença</b> Licença de Produção e Licença de Exploração

Figura 10 - Condições de acesso e de exercício de atividade relativamente às UPAC [36]

De modo a realizar a distribuição da energia, existem diferentes coeficientes de partilha, que determinam as proporções da energia gerada que vão ser distribuídas entre os participantes de uma CER.

Podemos dividir os modelos de partilha consoante os tipos de coeficientes, em 3 categorias, sendo que existem [22]:

1. Coeficientes fixos: diferem entre os dias úteis e fins de semana/feriados, e podem ter em consideração as respetivas estações do ano;
2. Coeficientes variáveis: estes podem ser definidos tendo em conta o consumo medido em cada período no intervalo temporal definido pela regulamentação da ERSE;

3. Combinação dos coeficientes fixos e variáveis, seguindo a regulamentação aplicável pela ERSE.

Esta partilha poderá ainda ser efetuada de forma dinâmica, de modo a possibilitar a monitorização, o controlo e a gestão da mesma em tempo real, de forma a otimizar os fluxos energéticos. Para este modo de gestão se tornar possível, os sistemas devem [22]:

- Poder aceder aos dados necessários que o operador de rede detém, para o correto funcionamento e operacionalização, nomeadamente, às leituras dos contadores;
- Fornecer ao operador de rede energia partilhada com cada membro que participa do autoconsumo;
- Assegurar a comunicação entre os sistemas com os do operador de rede, consoante a disponibilização aos interessados dos requisitos necessários para o efeito.

Na figura 11 é exemplificado um esquema de partilha de energia com as instalações de utilização para melhor entendimento.

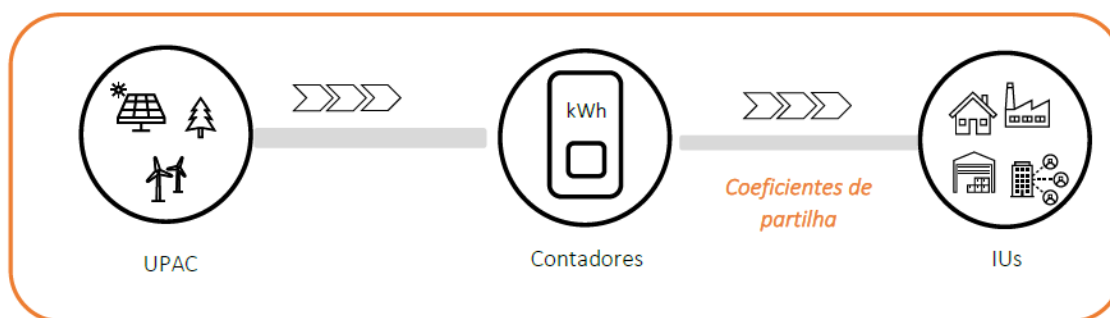


Figura 11 - Esquema de partilha de energia entre IUs [22]

Instalação das UPAC em espaços comuns nos edifícios:

Se os autoconsumidores com vista ao desenvolvimento de uma CER, pretendam a instalação de uma UPAC numa zona comum do edifício que não afete o seu uso exclusivo, tem de comunicar previamente à administração do condomínio com pelo menos 60 dias de antecedência à data prevista para a instalação, comunicação esta que deverá ser munida de todas as informações necessárias sobre o projeto a realizar para que a administração responsável se possa opor à instalação da UPAC no prazo de 20 dias a partir da receção da comunicação referida, segundo as seguintes circunstâncias [22]:

- Caso a instalação da UPAC prejudique a arquitetura do edifício em questão;
- Caso o dimensionamento da UPAC restrinja os direitos de outros condóminos;
- Se a dimensão/localização da UPAC dificulte significativamente o acesso a outros equipamentos existentes;
- Quando a UPAC instalada possa colocar pessoas ou bens em risco de segurança.

Caso seja realizada a oposição por parte da administração do condomínio, é possível realizar um recurso para a assembleia de condomínio que deverá ser convocada num período nunca superior a 30 dias após a sua realização.

É de notar que o que foi referenciado acima também é aplicável no caso de ser um ACC, isto sendo quando existe ocupação por dois ou mais condóminos, de uma parte comum de um edifício [22].

O registo da instalação da UPAC em nome dos condóminos no âmbito da atividade de ACC, seguem o regime inscrito nos artigos 1424º a 1426º do Código Civil, aprovado em anexo ao Decreto-Lei nº 47344º, de 25 de novembro de 1966.

Artigo 1424º - Salvo disposto em contrário, as despesas necessárias à conservação e fruição das partes comuns do edifício e ao pagamento de serviços de interesse comum são pagas pelos condóminos em proporção do valor das suas frações.

Artigo 1425º - Sem prejuízo do disposto nos números seguintes, as obras que constituam inovações dependem da aprovação da maioria dos condóminos, devendo essa maioria representar dois terços do valor total do prédio.

Artigo 1426º - As despesas com as inovações ficam a cargo dos condóminos nos termos fixados pelo artigo 1424º:

Os condóminos que não tenham aprovado a inovação são obrigados a concorrer para as respetivas despesas, salvo se a recusa for judicialmente havida como fundada.

Considera-se sempre fundada a recusa, quando as obras tenham natureza voluptuária ou não sejam proporcionadas à importância do edifício.

O condómino cuja recusa seja havida como fundada pode a todo o tempo participar nas vantagens da inovação, mediante o pagamento da quota correspondente às despesas de execução e manutenção de obra.

Qualquer condómino pode a todo o tempo participar nas vantagens da colocação de plataformas elevatórias, efetuada nos termos do nº3 do artigo anterior, mediante o pagamento da parte que lhe compete nas despesas de execução e manutenção da obra.

Na figura 12 é apresentado um fluxograma demonstrando os “caminhos” para a instalação de uma UPAC.

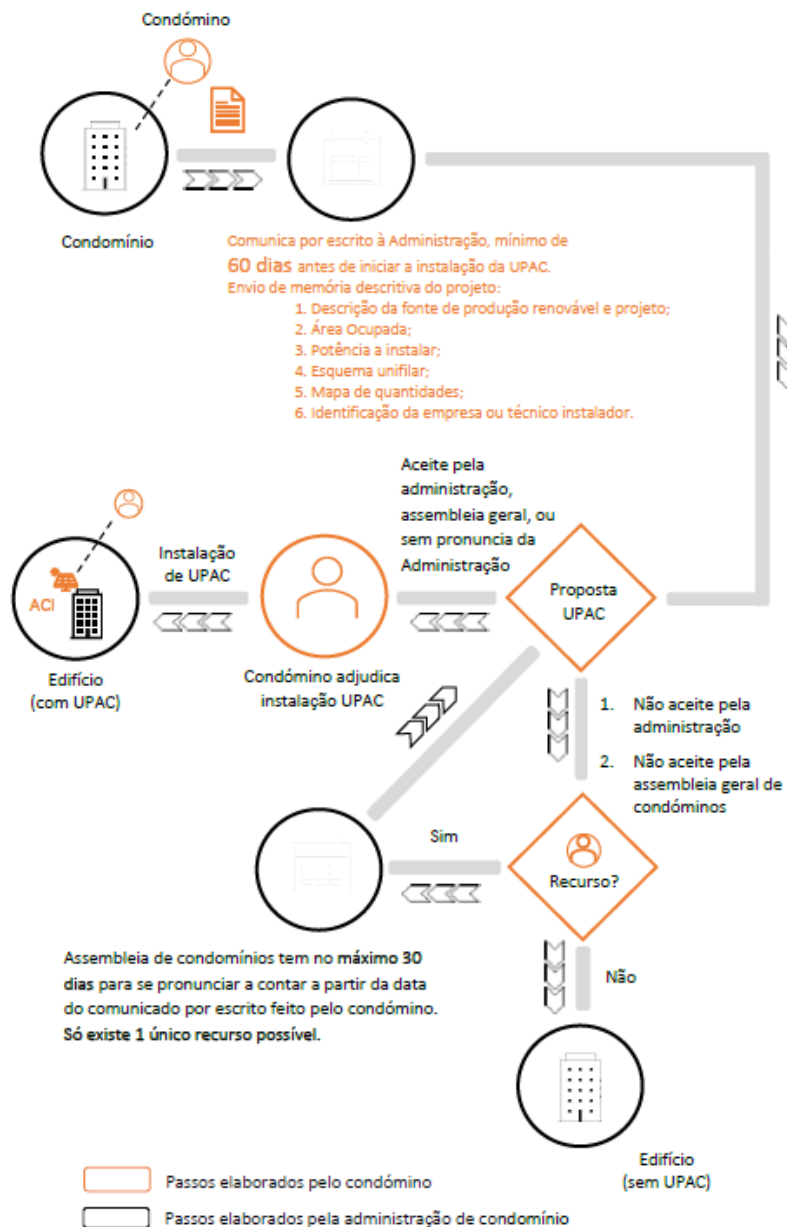


Figura 12 – Fluxograma para instalação de uma ACI / ACC num condomínio [22].

Caso seja requerido a retirada da UPAC instalada, numa zona comum ao edifício, será também necessário um aviso prévio à administração do condomínio em questão e ao proprietário, se assim aplicável, com um tempo de antecedência não superior a 60 dias sobre a data pretendida. O desmanche da UPAC terá de assegurar a reposição da zona comum do edifício à sua forma original, onde a mesma se encontrava instalada [22].

No momento presente, o autoconsumo através da energia fotovoltaica é a forma mais utilizada, e relativamente fácil de reduzir a fatura de eletricidade, podendo esta reduzir até 80% dependendo da solução adoptada. No entanto, não é a sua única vantagem, dentro das quais são destacadas [41].

- Geração de eletricidade de forma verde, ajudando a pegada ecológica a reduzir, minimizando a emissão de carbono para a atmosfera;

- O autoconsumo pode também aumentar a classe energética, tornando a habitação mais eficiente;
- Durante as horas de ponta, este pode também diminuir a produção de energia;
- Associado à energia verde, permite melhorar a qualidade do ar uma vez que reduz a emissão de gases de efeito estufa;
- Permite um retorno do investimento feito em todo o sistema, de médio a longo prazo;

Entre as desvantagens encontram-se a necessidade de uma infraestrutura adequada, efetuada por técnicos especializados, e o custo inicial, que é elevado, sendo este o maior receio ao início.

## **4. Caso de estudo para implementação de uma comunidade de energia renovável**

### **4.1. Etapas para dimensionamento de CER**

Neste capítulo serão apresentadas algumas etapas essenciais para a fundação de CER, sendo que ao longo de todo estes procedimentos existem alguns aspetos a ter em conta [28]:

- 1- Tipologia da comunidade, definição dos membros: edifícios multifamiliares, moradias, instituições públicas ou privadas;
- 2- O modelo de negócio pretendido: Se é pressuposto a venda à rede, ou se a energia servirá apenas para satisfazer as necessidades dos consumidores;
- 3- Perfis de consumo: Será necessário a recolha e posterior estudo dos perfis de consumo dos residentes na comunidade em questão, para perceber e tentar dimensionar a CER da melhor maneira possível;
- 4- Avaliação do recurso solar: um fator essencial. É necessário ter em conta as orientações das coberturas por exemplo, e perceber a capacidade de recolha da energia solar consoante a posição dos PV;
- 5- Estimativa da capacidade a instalar na comunidade;
- 6- Localização dos PV, bem como a disposição dos mesmos;
- 7- Ligação à rede;
- 8- Estimativa: Terá de se realizar um estudo/simulação prévia para se conseguir um exemplo do que é que o sistema irá produzir no futuro, e assim ser possível realizar alterações ou concluir que o sistema tem, ou não, futuro;
- 9- Avaliação económica: será preciso ter em atenção alguns pontos importantes como o investimento necessário para inicializar todo o processo, o tempo de retorno do mesmo e o preço de venda da energia, tudo isto irá definir se o projeto em si é viável economicamente.

### **4.2. Local de estudo**

O local utilizado para a realização deste estudo, apresentado na figura 12, tem lugar em Portugal, Lisboa, na urbanização Serra das Brancas, com as coordenadas 38°46'7"N 9°14'43"W, código postal 2700-181 localizada na Amadora, na freguesia da Mina.



Figura 13 - Local utilizado no estudo, Serra das Brancas, Amadora

Foram escolhidos o conjunto de edifícios apresentados na figura 13 pois estes mostraram-se com uma boa disposição solar para a realização de uma CER, possuindo uma estrutura bastante similar a um condomínio fechado. Este conjunto escolhido para estudo é formado por 7 edifícios, cada um com 15 habitações, sendo estas das seguintes tipologias existentes:

- T1 - 1 habitação;
- T1+ 1 - 1 habitação;
- T2 - 8 habitações;
- T3 - 5 habitações.

É importante referir que este local se encontra numa zona elevada, não existindo qualquer tipo de sombreamento de outros edifícios e/ou elementos naturais, permitindo a captação direta de raios solares durante todo o dia.

### 4.3. Avaliação do recurso solar

A área total disponível para a colocação de painéis solares, demonstrada na figura 14, no total de edifícios seria de 1,745 m<sup>2</sup>. Esta representa o total dos 7 edifícios que participam na futura CER, cada um com 15 frações, perfazendo um total de 105 habitações. No entanto, o estudo foi efetuado apenas entre dois prédios, A e B, de modo a servirem de exemplo. Sendo que o Prédio A escolhido para realizar um estudo mais simplificado e servir de exemplo, tem também como referido acima, 15 habitações.



Figura 14 - Área total para implantação do sistema fotovoltaico.

### 4.4. Software e características dos painéis fotovoltaicos

#### 4.4.1. SunnyDesign

O software utilizado neste trabalho denomina-se Sunny Design. Este é um software disponível gratuitamente, apresentado pela empresa SMA Solar Technology AG. Com este é possível planear todo o sistema solar fotovoltaico à medida. Este programa mostrou-se bastante útil principalmente para projetar os edifícios em 3D, e formar uma ideia bastante precisa sobre o número de painéis a utilizar, bem como a localização dos mesmos.

É possível projetar um sistema ligado à rede, com ou sem armazenamento de energia, gerir a energia ou dimensionar um sistema híbrido. O software utiliza os regulamentos técnicos dos componentes e oferece dados para a realização de uma avaliação económica do sistema projetado.

O dimensionamento do sistema solar fotovoltaico inicia-se com a escolha do local em estudo, no mapa que o software fornece. Delineando os prédios que participariam na futura CER, o software precisa que se configurem 4 passos:

#### 1. Definição dos Edifícios:

Neste ponto, o programa pede que construamos os edifícios que delineamos anteriormente. Ele é capaz de projetar os edificadados tendo em conta algumas especificações como: a estrutura do edifício, tendo como opções o telhado de uma, duas ou quatro águas, ou telhado plano. Definida esta especificação, podemos definir a altura do beiral, bem como a altura da cumeeira dos edifícios. É possível também corrigir o ângulo entre as vertentes dos edifícios, no caso de o edifício ter uma estrutura de “L”.

O comprimento e a largura dos edifícios são dados essenciais para que o programa consiga simular da melhor maneira possível e obter os dados mais objetivamente.

#### 2. Definição das Limitações:

Aqui é possível colocar os objetos que se encontram nos telhados dos edifícios onde se irá realizar a simulação. Desde trapeiras, em gablete, secção trapezoidal, entre outras, objetos do telhado como claraboias, paralelepípedos e cilindros, e objetos isolados, desde chaminés a muros e árvores.

Todos estes objetos podem ser modificados quanto à sua largura e altura, de modo que se consiga uma maior aproximação do cenário real que se pretende replicar no software.

#### 3. Layout dos módulos fotovoltaicos:

Nesta secção pode-se selecionar as áreas dos módulos automaticamente definidas ou especificar as áreas numa primeira fase. É possível adicionar mais áreas e definir um máximo de 6 áreas para se colocar os módulos fotovoltaicos posteriormente.

A definição do tipo de painel fotovoltaico é feita neste tópico, podendo escolher através da lista disponibilizada.

É possível também ordenar os módulos fotovoltaicos e especificar o espaçamento entre linhas, entre colunas e a distância relativamente a obstáculos.

#### 4. Fim da simulação:

No final da simulação, é-nos dado acesso à secção de “Rentabilidade”, na qual podemos analisar os custos do projeto (operação e investimento), e os resultados em termos de custos de eletricidade anuais com e sem sistema fotovoltaico de modo a ter uma comparação bem visível dos dois. Também nos são apresentadas as economias no primeiro ano, ao fim de vinte anos e o rendimento anual e alguns valores indicativos com a compensação por injeção na rede após 20 anos e o período de amortização previsto.

Terminada a simulação, é formada uma imagem final dos respetivos edifícios, figura 15, com os painéis colocados nas posições devidas. Sendo que o programa coloca automaticamente a maioria dos painéis tendo em conta os obstáculos existentes nos telhados, é ainda necessário no final, a retificação manual de alguns dos painéis e acrescento dos mesmos, se necessário.



Figura 15 - Imagem final dos edifícios com painéis fotovoltaicos.

#### 4.4.1.1. Resultados da simulação do SunnyDesign:

Apesar do caso de estudo ser simplificar em apenas 2 edifícios (A e B), a simulação foi efetuada para todo o condomínio de forma a demonstrar possíveis valores, utilizando a totalidade dos edifícios. Terminada a simulação no SunnyDesign obteve-se a seguinte informação:

1. Foram utilizados 298 módulos fotovoltaicos;
2. Uma potência de pico de 128,14 kWp;
3. Seriam necessários 7 inversores fotovoltaicos;
4. Potência nominal CA dos inversores de 120 kW;
5. Potência ativa CA de 120 kW;
6. Uma relação de potência ativa de 93,6%, sendo indicativo, por estar perto de 100%, de que a energia está a ser utilizada de forma eficiente;
7. Um rendimento energético anual de 198,85 kWh;
8. O fator de utilização de 99,9%;
9. Rácio de desempenho de 88,1%;
10. O rendimento energético específico seria de 1552 kWh/kWp;

11. Uma carga desequilibrada com valor nulo;
12. A redução de CO<sub>2</sub> após 20 anos seria no valor de 1335 toneladas.

Os painéis solares utilizados na simulação foram os REC Solar AS REC 430 AA Pure-R (Alpha), escolhidos precisamente por se encontrarem recentemente no mercado e pela potência se encaixar nos padrões procurados, sendo painéis atuais no mercado e tendo uma boa capacidade de produção. Os inversores, escolhidos automaticamente pelo software, foram de dois tipos: SMA STP 1500TL-30 e SMA STP 20-50.

O software SunnyDesign mostrou-se muito útil, pois além de fornecer uma informação geral do projeto, e ainda para ser possível visualizar a posição dos painéis solares, bem como perceber o número dos mesmo que seriam necessários, e o tipo de inversor que melhor se encaixava no sistema.

A área total disponível para a colocação de painéis solares no total de edifícios seria de 1,745 m<sup>2</sup>, como referido no ponto anterior, e esta área permitiria colocar um total de 298 painéis fotovoltaicos com uma potência total de 128,14 kWp.

No caso do Prédio A, figura 16, teria uma área de 304,44 m<sup>2</sup>, o que permitiria a colocação de 39 painéis solares, realizando um total de potência no valor de 16,77 kWp.



Figura 16 - Área do Prédio A para implantação dos painéis fotovoltaicos.

No Prédio B, figura 17, teria uma área de 202,32 m<sup>2</sup>, que embora seja menor que a área do Prédio A, devido à disposição e quantidade de obstáculos, permitiria a colocação de 46 painéis solares, realizando um total de potência no valor de 19,78 kWp.



Figura 17 - Área do Prédio B para implantação dos painéis fotovoltaicos.

## 4.5. Estimativa de produção

### 4.5.1. PVsyst

De forma a ter acesso a um conjunto de dados mais preciso, nomeadamente os dados de produção horários, foi necessário recorrer a outro software, o PVsyst. Este, tem alguns pontos similares com o software utilizado e descrito anteriormente, por exemplo, também permite especificar a potência desejada (ou a área disponível), escolher um painel fotovoltaico, e o inversor. Este software fornece vários tipos de informação, sendo os mais importantes [37]:

1. Projeto do sistema: potência desejada/área disponível, painel fotovoltaico e inversor;
2. Dimensionamento do sistema: curva do painel fotovoltaico, faixa de MPPT, tensão, potência e limites da corrente do inversor escolhido;
3. Sombreamento 3D;
4. Avaliação económica: custo de instalação e operacional;
5. Banco de dados meteorológico: Pesquisa num determinado local a partir de um mapeamento integrado (OpenStreetMaps);
6. Relatórios de simulação e resultados: distribuição da energia ao longo do ano.

Dois importantes painéis que o PVsyst permite definir características fundamentais do sistema são o “Orientation” e o “Grid System Definition”, figura 18 e 19 respetivamente.

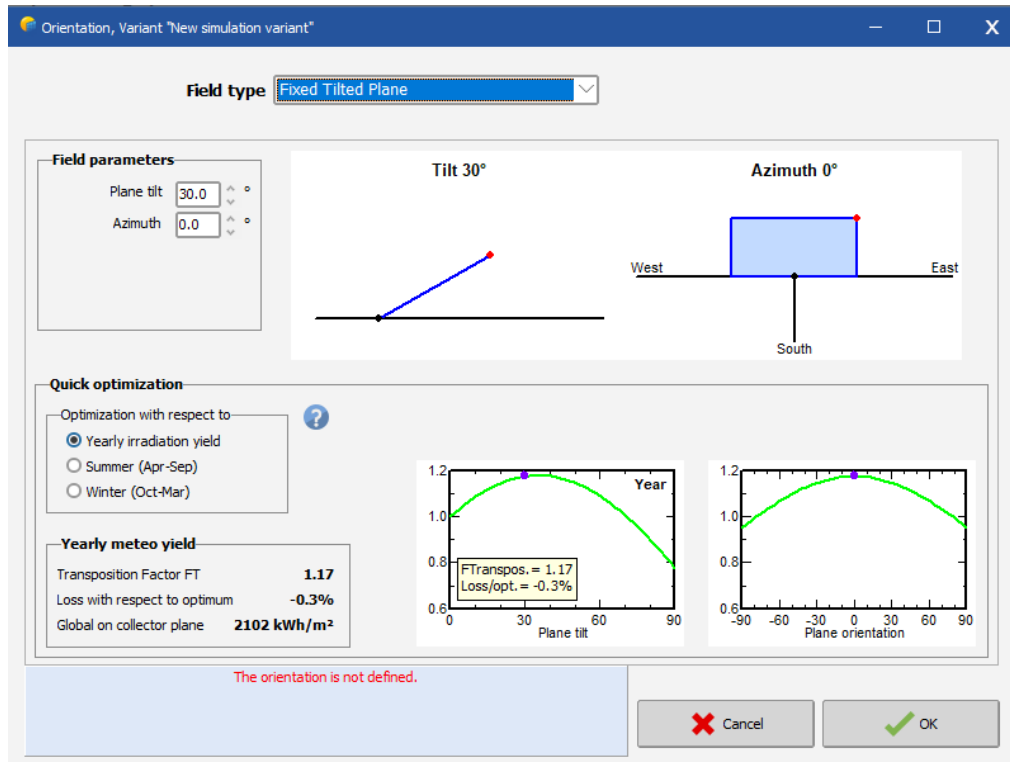


Figura 18 - Painel "Orientation" proveniente do PVsyst

Através deste painel disposto na figura 18, podemos escolher a inclinação dos painéis e a orientação dos mesmos, ou seja, o azimute.

No caso do Prédio A, escolheu-se uma inclinação de 28° com dois azimutes diferentes, sendo estes nascente e poente (este e oeste).

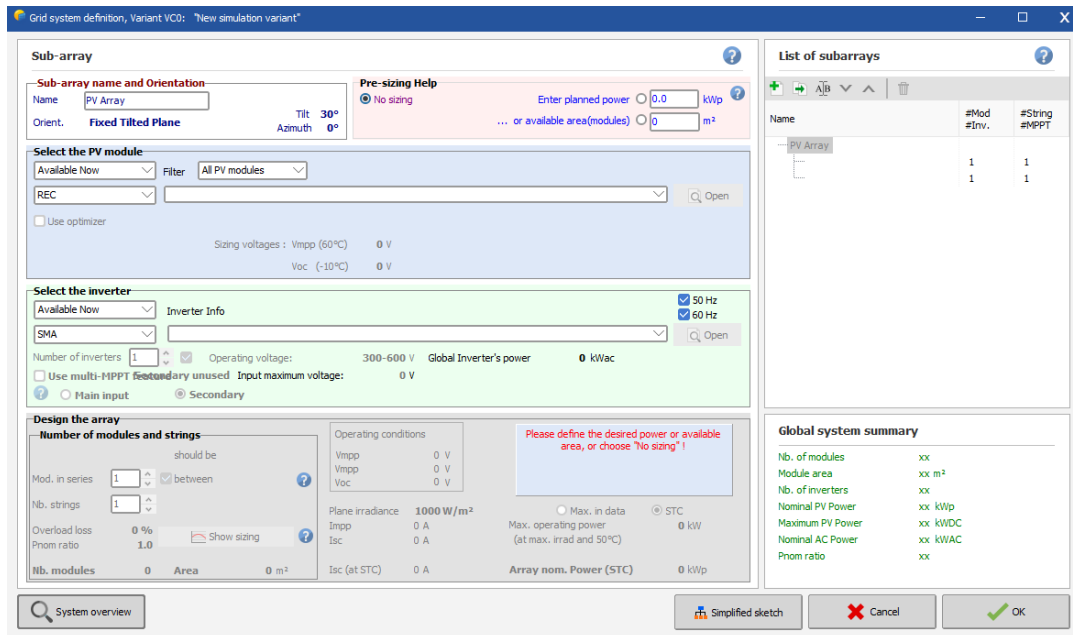


Figura 19 - Painel "Grid System Definition" proveniente do PVsyst

Com o painel representado na figura 19, é possível definir variadas características técnicas dos painéis e do sistema em si, tais como o número de painéis ou a área disponível para posterior cálculo do número de painéis necessários, o tipo de painel que se quer utilizar e o número e o tipo de inversor que fará parte do sistema. O software apresenta sempre um *feedback* no final de preencher todos os campos, no sentido de tentar informar se quem o está a projetar está a planear bem o sistema, evitando assim possíveis erros.

#### 4.5.1.1. Resultados da simulação da estimativa de produção com o PVsyst

De forma a ser possível a comparação entre 2 prédios, e observar-se um exemplo entre a troca de energia entre os dois edifícios, foram realizados alguns estudos tanto de produção, como de consumo dos prédios exemplo, A e B. Através do PVsyst foi possível retirar uma estimativa anual da produção de energia elétrica no Prédio A com um total de 39 painéis solares, figura 20.

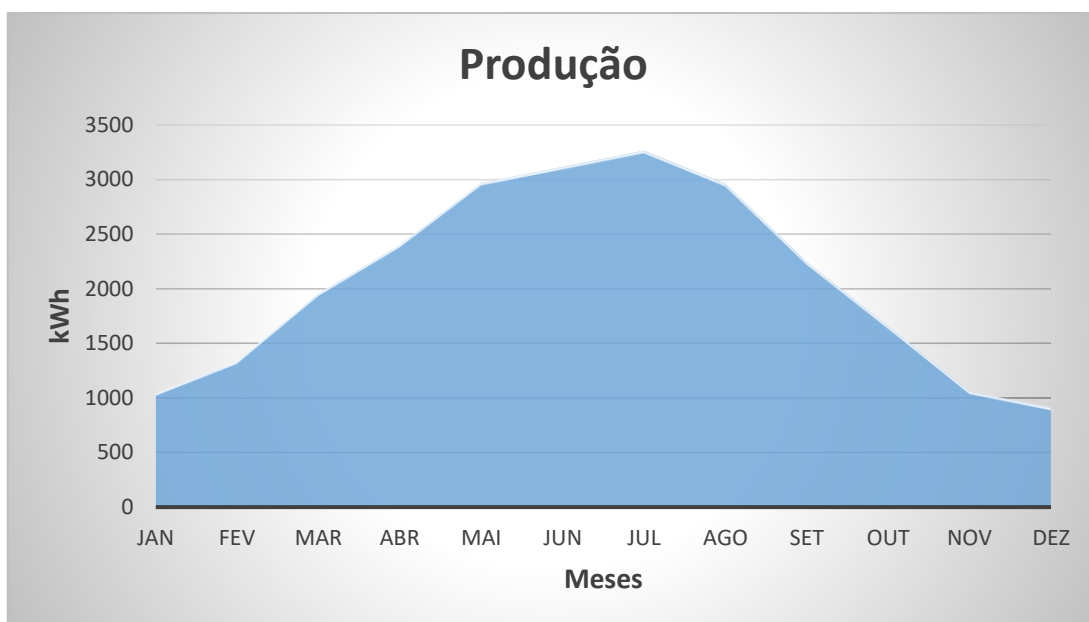


Figura 20 - Produção anual estimada para o Prédio A

Através do gráfico apresentado na figura 20, é possível entender melhor a variação da produção da energia ao longo de todo o ano, sendo observado que a partir do mês de maio os valores aumentam e que o pico de produção ocorre no mês de julho. Como seria de esperar, os meses de inverno são os que têm menor valor pois é especialmente entre os meses de novembro e fevereiro que existe menos luz solar.

Em seguida, são apresentados dias escolhidos pontualmente em que se poderá observar a variação de uns para os outros. Foram estes o dia de início de verão, 21 de junho, o dia de início de inverno 21 de dezembro e o dia de início de primavera, 21 de março, para apresentar uma meia estação. Os gráficos apresentados são diários, e é possível observar a variação horária.



Figura 21 - Variação horária do dia 21 de junho

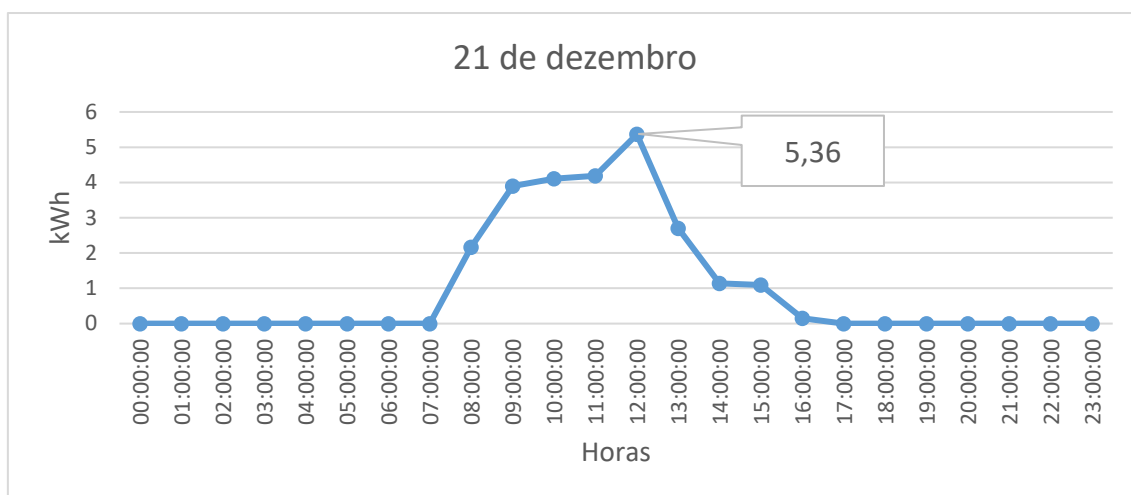


Figura 22 - Variação horária do dia 21 de dezembro

Nos gráficos acima das figuras 21 e 22, pode ser observadas uma diferença na produção de energia elétrica. Sendo o dia 21 de junho e o dia 21 de dezembro, o solstício de verão e o solstício de inverno respetivamente, estes são os dias com maior e menor quantidade de luz solar de todo o ano.

Marcam também o início de duas estações bastante distintas que servem de marco principal, pois uma será onde iremos ter maior produção de energia elétrica e a outra, menor produção.

É possível então observar que no dia 21 de junho o pico de produção é atingido em torno das 10 horas da manhã, totalizando um valor de 12,71 kWh, sendo que ao meio dia temos um valor de 8,23 kWh.

Observando o gráfico do dia 21 de dezembro tem-se então que o pico de produção é atingido ao meio-dia, contendo um valor total de 5,36 kWh.

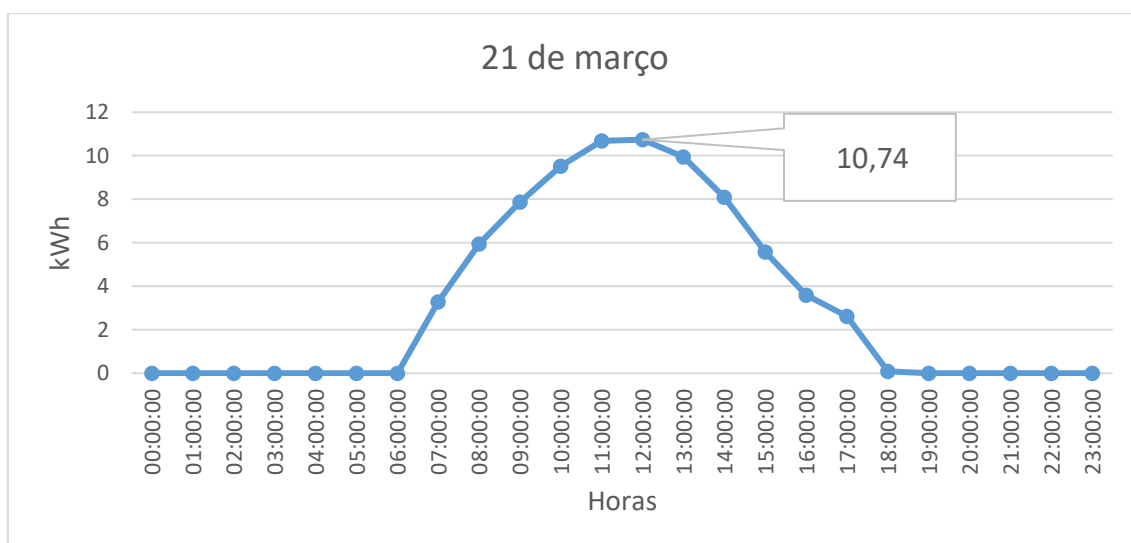


Figura 23 - Variação horária do dia 21 de março

O gráfico da figura 23 tem como objetivo simbolizar a produção de energia numa “meia-estação”, tendo sido escolhido o início da primavera.

É possível então observar-se que o pico de produção neste dia acontece ao meio-dia, atingindo o valor de 10,74 kWh.

De uma forma sucinta é apresentado, na figura 24, o total de produção de cada um dos dias escolhidos e apresentados anteriormente.

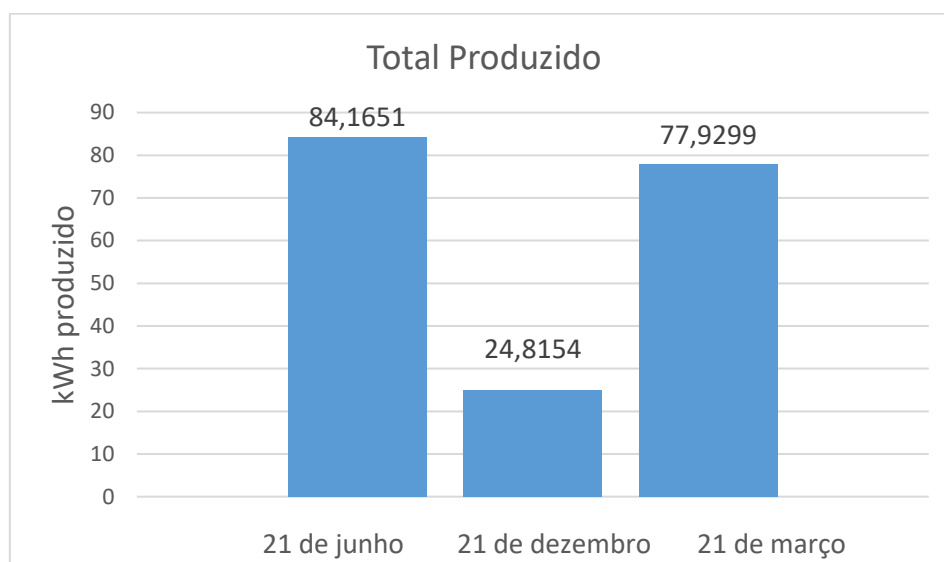


Figura 24 - Valores totais de produção dos dias escolhidos e observados para o prédio A

O mesmo estudo foi efetuado para o prédio B, sendo que este diferia no número de painéis solares, tendo 46 módulos fotovoltaicos, apresentado na figura 25.

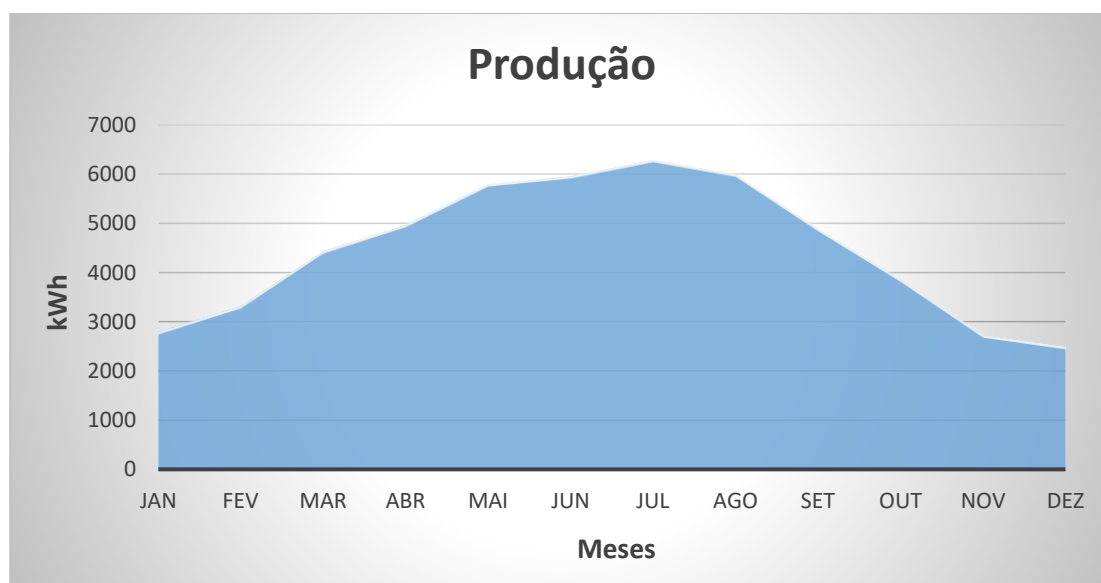


Figura 25 - Produção anual estimada para o Prédio B

É possível verificar que o prédio B produz praticamente o dobro quando comparado com o prédio A. Isto pode dever-se ao facto do prédio B ter uma maior quantidade total de painéis, e ao facto dos objetos existentes no telhado causarem menos sombreamento aos painéis.

Tal como demonstrado para o prédio A, são apresentados de seguida alguns dias escolhidos especificamente, dia 21 de junho e 21 de dezembro, respetivamente, para demonstrar a variação da produção no prédio B conforme a mudança de estação do ano.



Figura 26 - Produção prédio B no dia 21 de junho



Figura 27 - Produção prédio B no dia 21 de dezembro

Como realizado anteriormente, nos gráficos das figuras 26 e 27 é possível observar a diferença de produção entre as estações de mais impactantes do ano, sendo que como seria de esperar tem-se uma maior produção nos meses de Verão e menor produção nos meses de Inverno.

Retiram-se valores de pico de 24,60kWh no dia 21 de junho às 10 horas da manhã, e 14,60kWh no dia 21 de dezembro ao meio-dia.

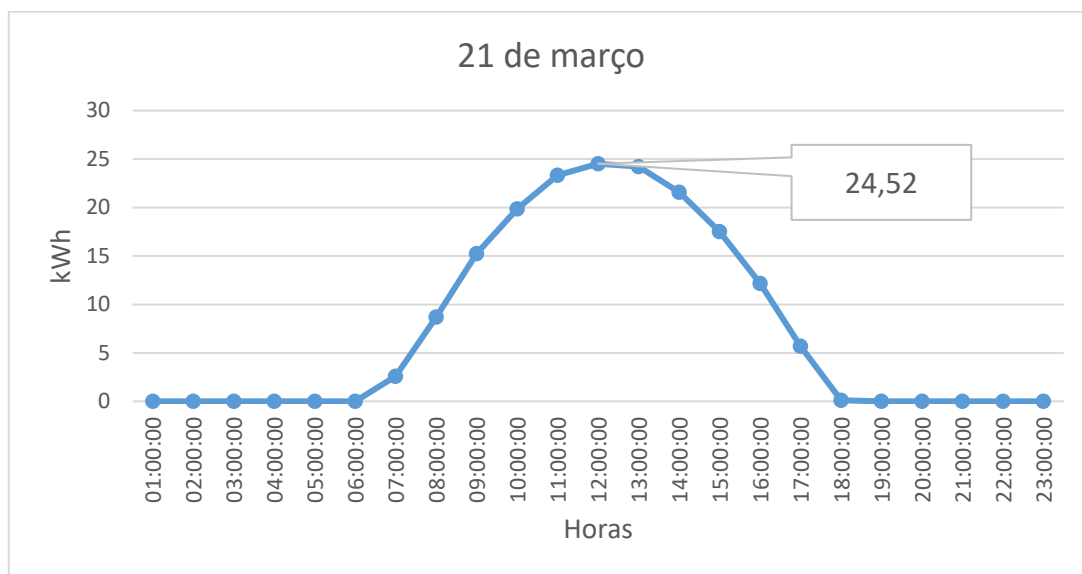


Figura 28 - Produção prédio B no dia 21 de março

Também com o mesmo objetivo do prédio A, o gráfico da figura 28 tem como objetivo simbolizar a produção de energia numa “meia-estação” do prédio B, escolhendo também o primeiro dia de Primavera, dia 21 de março.

Pode-se então concluir que o pico de produção acontece ao meio-dia, tendo um valor de 24,52kWh.

Resumidamente, e como efetuado para o prédio A, é apresentado, na figura 29, o total de produção de cada um dos dias escolhidos e apresentados anteriormente.

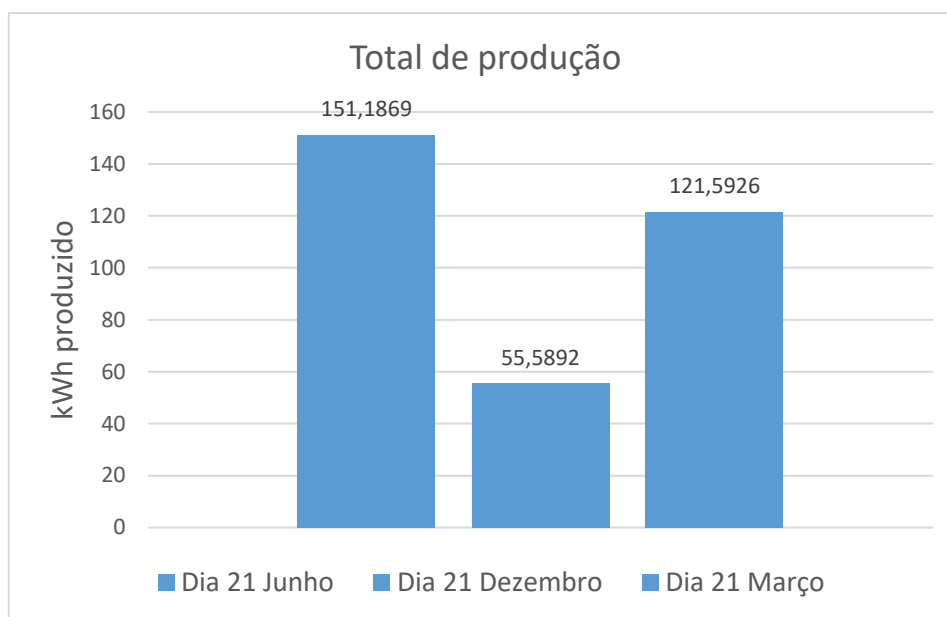


Figura 29 - Valores totais de produção dos dias escolhidos e observados para o prédio B

#### 4.5.2. Análise de consumo dos elementos das CER

Neste estudo foram recolhidos os dados energéticos de consumo, durante um ano, com um intervalo de 15 em 15 minutos, de 4 tipologias de habitações, nas quais residem 1, 2, 3 e 4 pessoas, de forma a conseguir um perfil de consumo legítimo que se possa aplicar a todas as restantes habitações do condomínio ao qual se realizou a simulação.

Os consumos foram tipificados de igual forma para o prédio A e B, pois todos os prédios pertencentes à CER têm a mesma tipologia e quantidade de frações. Os residentes também se encontram todos na mesma faixa etária, entre os 30 e 45 anos.

Os dados foram tratados fazendo a média horária de forma a ser possível comparar com os resultados oferecidos pelo software PVsyst e ser possível a compreensão entre a energia consumida e a produzida, visualizando assim a quantidade de energia que se pode aproveitar para as habitações, a quantidade de energia que sobra para ser vendida à rede e a variação da captação/consumo de energia durante o ano. Embora os dados tenham sido recolhidos de 15 em 15 minutos, de modo a ser possível uma melhor visualização dos mesmos, estes serão apresentados sob a forma mensal.

Os consumos apresentados nos gráficos das figuras 30 e 31 correspondem às frações como a tipologia T1 e T1+1 respetivamente. Cada prédio tem apenas uma fração de cada e como seria expectável o T1+1 tem mais consumo que o T1.

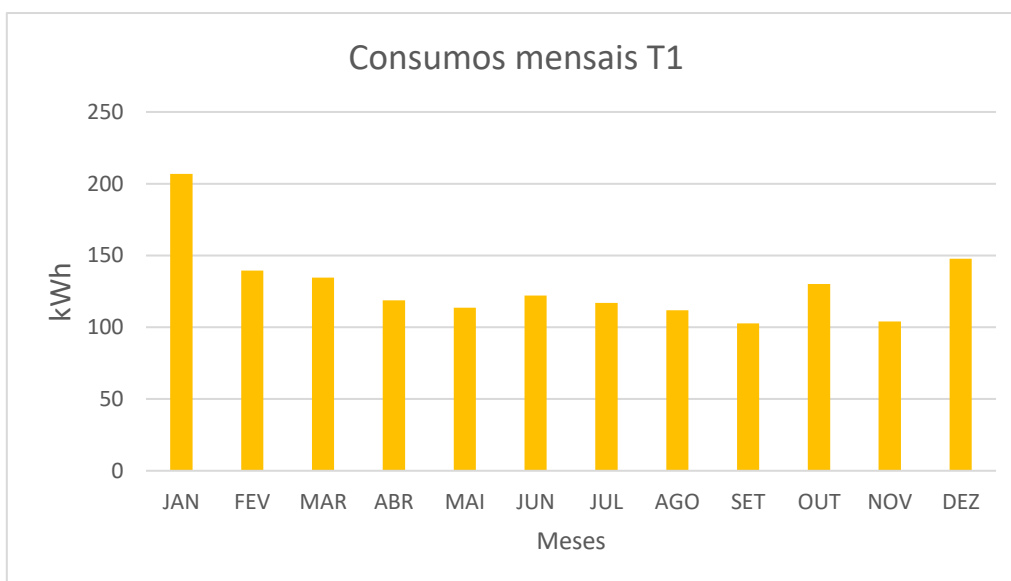


Figura 30 - Consumo por mês da tipologia T1

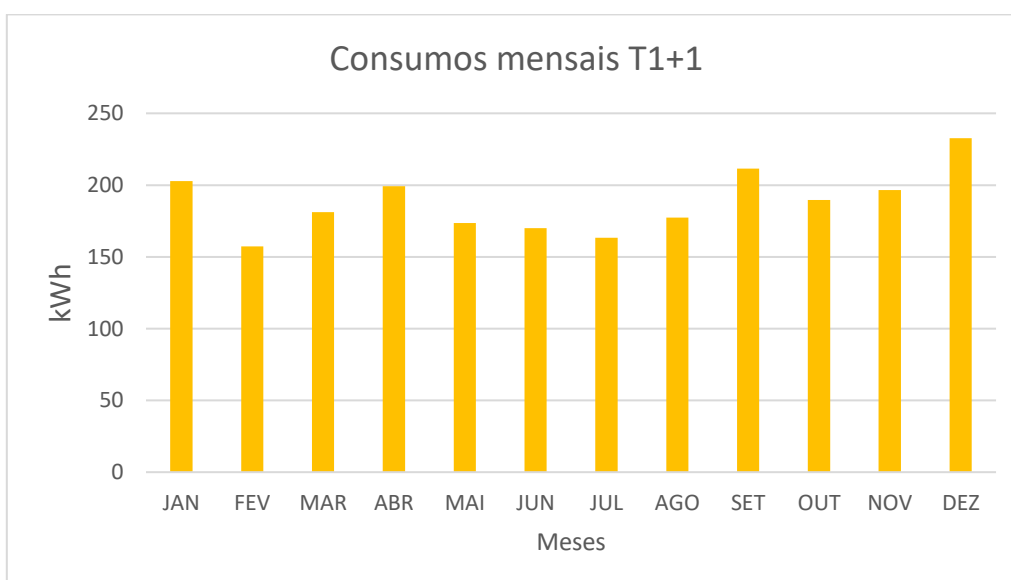


Figura 31 - Consumo por mês da tipologia T1+1

É de referir que nos gráficos apresentados nas figuras 32 e 33, correspondentes às frações existentes com a tipologia T2 e T3, foram usados os valores médios de consumo somados no total da tipologia. Ou seja, os consumos totais médios de todos os oito T2 e cinco T3, e assim sendo, estes dados têm valores mais elevados de kWh nos gráficos, quando comparados com os T1 e T1+1, os quais só existem uma fração de cada.

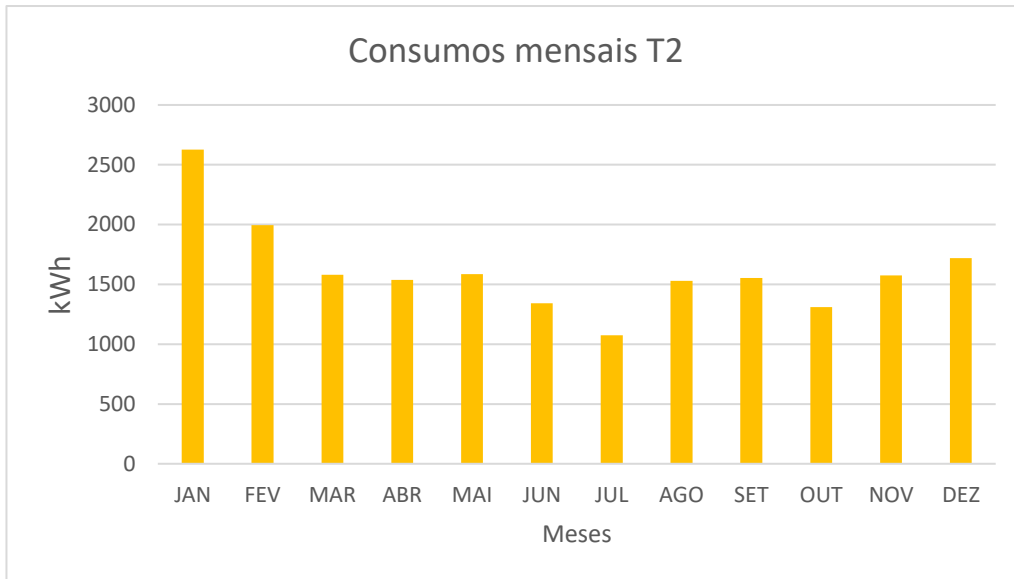


Figura 32 - Consumo por mês da tipologia T2

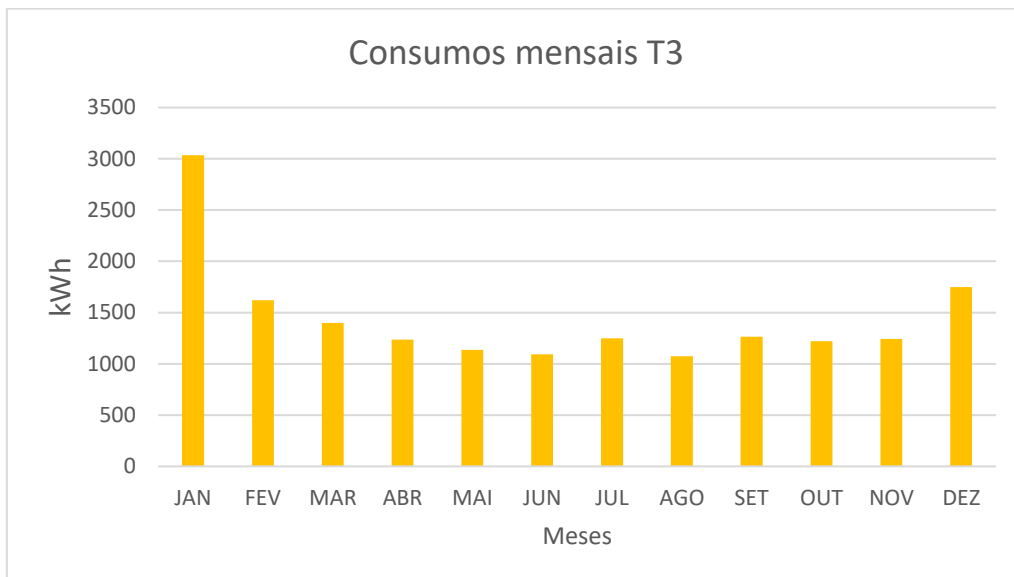


Figura 33 - Consumo por mês da tipologia T3

De forma a agrupar os dados, e ser mais fácil a observação, está demonstrado na tabela 1, o resumo dos consumos das várias tipologias existentes nos prédios em questão.

	Consumo por tipologia (kWh)	Número de tipologias	Total da tipologia (kWh)
T1	1549	1	1549
T1+1	2255	1	2255
T2	2429	8	19428
T3	3464	5	17321
<b>Total</b>		<b>15</b>	<b>40553</b>

Tabela 1 – Resumo dos consumos do prédio A e B.

#### 4.5.3. Partilha de energia

Os gráficos apresentados nas figuras 34 e 35 seguintes, demonstram a produção, consumo e excedente médios do prédio A e prédio B durante a semana de 18 a 24 de junho.

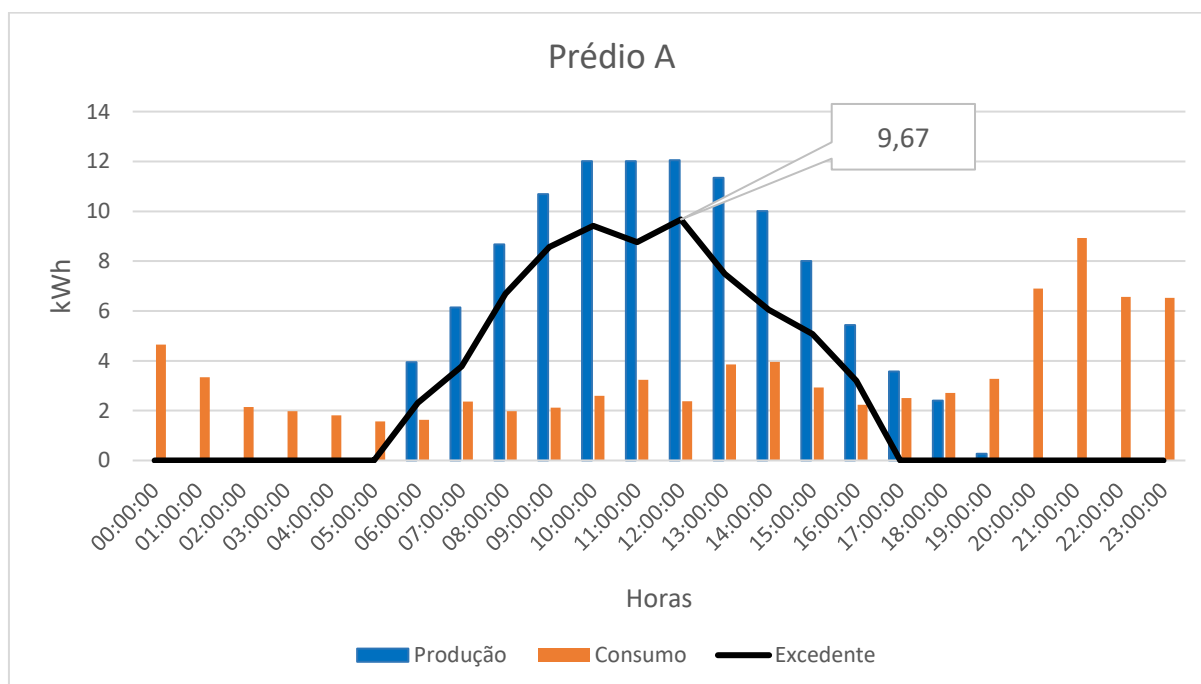


Figura 34 - Produção, consumo e excedente médios do prédio A na semana de 18 a 24 de junho

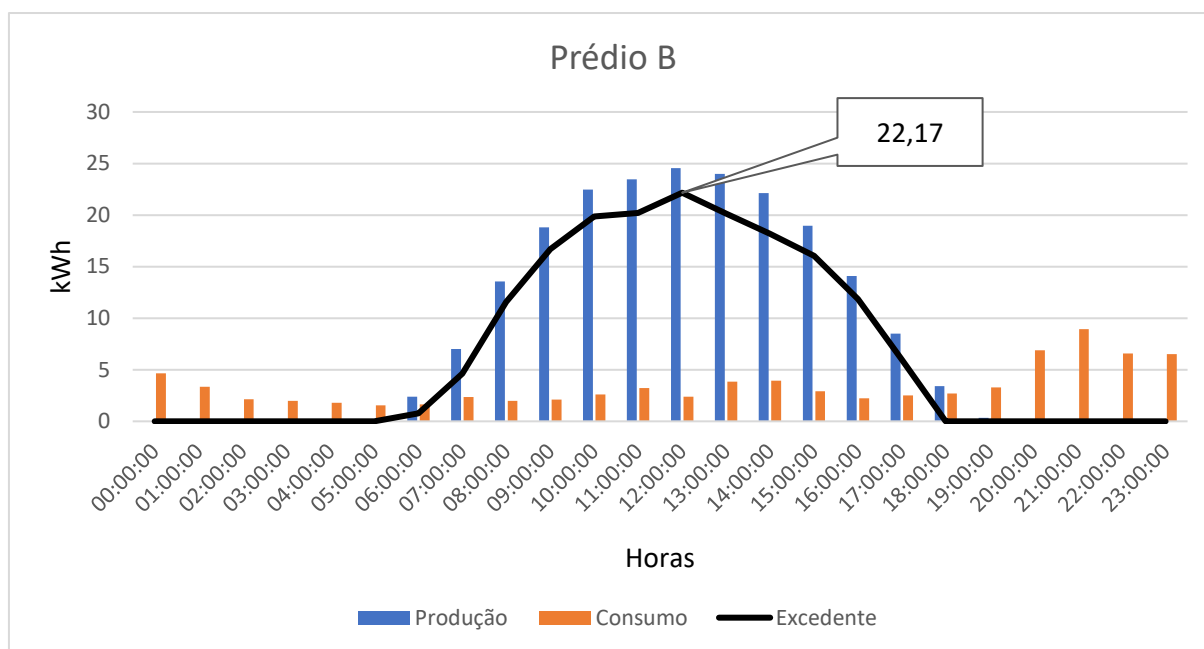


Figura 35 - Produção, consumo e excedente médios do prédio B na semana de 18 a 24 de junho

A semana em específico apresentada foi escolhida pois além de ser num mês com bastante luz solar, também contém o solstício de Verão, a 21 de junho.

É possível perceber que o prédio B tem praticamente o dobro da produção do prédio A, tendo assim também maior excedente, tendo o prédio A um pico de excedente de 8,44kW às 10 horas da manhã, e o prédio B um pico de excedente de 22,17 kW ao meio-dia.

Este excedente pode ser vendido à rede, ou trocado entre os prédios através, por exemplo, de redes elétricas inteligentes que permitem a comunicação bidirecional entre os edifícios de forma a auxiliar ou compensar alguns dos consumos que precisem de ser mitigados. Podem ser definidos contratos de energia entre os proprietários para regular a troca de energia excedente e determinação de tarifas ou acordos de compensação para a energia trocada.

No caso da partilha de energia, esta pode ser efetuada com base em sistemas de gestão dinâmica. Estes possibilitam a monitorização, controlo e gestão dinâmica da energia em tempo real, de forma que seja possível otimizar os fluxos energéticos. Neste caso, os sistemas terão de ter acesso aos dados necessários do operador de rede, providenciar ao operador de rede a energia que é partilhada com cada membro da CER, para dedução ao consumo medido nos equipamentos de medição, e ainda assegurar a capacidade de comunicação com os sistemas do operador da rede [38].

Seguindo pelo lado do operador de rede, este deve disponibilizar as informações necessárias à correta faturação dos diferentes intervenientes do ACC, informação sobre a energia produzida e não consumida indicando o excedente que seja injetado na rede por cada um dos autoconsumidores [38].

No cenário de partilha retratado neste caso de estudo, a UPAC será propriedade dos membros da CER, fazendo com que sejam estes os responsáveis quer por todos os custos, quer por todos os lucros que possam surgir.

De forma a ser possível calcular e se conseguir obter valores concretos sobre os valores autoconsumidos pelas frações, foi feita uma análise por fração, de forma a ser perceptível os valores consumidos num determinado dia, nomeadamente, dia 21 de junho, resumido na tabela 2:

Tipologias	Consumo do dia kWh
T1	3,40
T1 + 1	7,07
T2	7,68
T3	6,02

Tabela 2 - Valores consumidos pelas tipologias dia 21 de junho

É importante ter em conta o valor de repartição, pois é este que define a justa quantia de energia autoconsumida por cada um dos consumidores. A percentagem de repartição é calculada seguindo a equação 1:

$$Repartição_i = \frac{Autoconsumo_i}{Autoconsumo_{Total}} \times 100 \quad (1)$$

Equação 1 - Fórmula de Repartição de energia.

Utilizando a equação 2, foi também conseguido o valor de autoconsumo por habitação:

$$Autoconsumo_i = \frac{Consumo_i}{Consumo_{Total}} \times Autoconsumo_{Total} \quad (2)$$

Equação 2 - Fórmula de Autoconsumo de energia.

Nos casos em que a UPAC, presente na CER, está ligada à RESP quer diretamente quer por meio de uma rede interna, a EGAC deve comunicar ao operador de rede qual o modo de partilha que irá ser utilizado para repartir a produção da UPAC pelos membros participantes do ACC. Caso haja falta dessa comunicação, o operador de rede assume a repartição de modo equitativo tendo por base o consumo medido [38].

De seguida são apresentados dois cenários de partilha de energia: fixo e variável. Estes cenários visam demonstrar dois modos de realizar a taxa de repartição da energia entre os condóminos do edifício de habitação. Esta gestão é controlada, no geral, por contadores bidirecionais instalados em cada fração.

#### Cenário de partilha fixa de energia:

No Cenário Fixo demonstrado em seguida, foram distribuídos os valores percentuais de repartição de forma fixa, de acordo com a permilagem das frações. Assim, as que têm maiores custos, ou têm um maior consumo de condomínio, têm direito a uma percentagem maior de repartição, que corresponde por sua vez a uma parte da produção do autoconsumo [38].

Tendo os valores de consumo por habitação, consumo total das mesmas, e o valor de autoconsumo total, foi possível obter os valores do autoconsumo para cada uma das frações durante o dia 21 do mês de junho (tabela 3):

Consumidor	Consumo (kWh)	Repartição (%)	Autoconsumo (kWh)
1	3,40	4,0%	3,77
2	7,07	4,0%	3,77
3	7,68	6,5%	6,13
4	7,68	6,5%	6,13
5	7,68	6,5%	6,13
6	7,68	6,5%	6,13
7	7,68	6,5%	6,13
8	7,68	6,5%	6,13
9	7,68	6,5%	6,13
10	7,68	6,5%	6,13
11	6,02	8,0%	7,54
12	6,02	8,0%	7,54
13	6,02	8,0%	7,54
14	6,02	8,0%	7,54
15	6,02	8,0%	7,54
<b>TOTAL</b>	<b>101,99</b>	<b>100,00%</b>	<b>94,24</b>

Tabela 3 - Valores de autoconsumo de cada habitação, por tipologia, no mês de junho.

Para uma análise comparativa, foi efetuado o mesmo estudo para um horário de inverno, nomeadamente dia 21 de dezembro (tabela 4):

Consumidor	Consumo (kWh)	Repartição (%)	Autoconsumo (kWh)
1	3,40	4,0%	0,97
2	7,07	4,0%	0,97
3	7,68	6,5%	1,57
4	7,68	6,5%	1,57
5	7,68	6,5%	1,57
6	7,68	6,5%	1,57
7	7,68	6,5%	1,57
8	7,68	6,5%	1,57
9	7,68	6,5%	1,57
10	7,68	6,5%	1,57
11	6,02	8,0%	1,94
12	6,02	8,0%	1,94
13	6,02	8,0%	1,94
14	6,02	8,0%	1,94
15	6,02	8,0%	1,94
<b>TOTAL</b>	<b>101,993</b>	<b>100,00%</b>	<b>21,75</b>

Tabela 4 - Valores de autoconsumo de cada habitação, por tipologia, no mês de dezembro.

#### Cenário de partilha variável:

No Cenário Variável, a partilha é efetuada com base na hierarquização do consumo medido em cada período no período de tempo definido na regulamentação da ERSE [38]. Analisando o cenário variável, temos valores de repartição calculados com a equação 1, e os

valores de autoconsumo com a equação 2. Tal como efetuado para o Cenário Fixo demonstrado anteriormente, foram obtidos os dados do autoconsumo para cada uma das frações durante o dia 20 do mês de junho (tabela 5):

Consumidor	Consumo (kWh)	Repartição (%)	Autoconsumo (kWh)
1	3,40	3,33%	3,14
2	7,07	6,93%	6,53
3	7,68	7,53%	7,10
4	7,68	7,53%	7,10
5	7,68	7,53%	7,10
6	7,68	7,53%	7,10
7	7,68	7,53%	7,10
8	7,68	7,53%	7,10
9	7,68	7,53%	7,10
10	7,68	7,53%	7,10
11	6,02	5,90%	5,56
12	6,02	5,90%	5,56
13	6,02	5,90%	5,56
14	6,02	5,90%	5,56
15	6,02	5,90%	5,56
<b>TOTAL</b>	<b>101,99</b>	<b>100,00%</b>	<b>94,24</b>

Tabela 5 - Valores de autoconsumo de cada habitação, por tipologia, no mês de junho.

Também como demonstrado para o Cenário Fixo, foi realizada uma análise comparativa, efetuando o mesmo estudo para um horário de inverno, nomeadamente dia 21 de dezembro (tabela 6):

Consumidor	Consumo (kWh)	Repartição (%)	Autoconsumo (kWh)
1	4,97	4,38%	1,06
2	7,20	6,35%	1,54
3	8,01	7,06%	1,71
4	8,01	7,06%	1,71
5	8,01	7,06%	1,71
6	8,01	7,06%	1,71
7	8,01	7,06%	1,71
8	8,01	7,06%	1,71
9	8,01	7,06%	1,71
10	8,01	7,06%	1,71
11	7,44	6,56%	1,59
12	7,44	6,56%	1,59
13	7,44	6,56%	1,59
14	7,44	6,56%	1,59
15	7,44	6,56%	1,59
<b>TOTAL</b>	<b>113,42</b>	<b>100,00%</b>	<b>24,19</b>

Tabela 6 - Valores de autoconsumo de cada habitação, por tipologia, no mês de dezembro.

#### 4.6. Análise Económica

De forma que seja possível estabelecer limites financeiros e entender melhor que custos irão surgir e quais dos mesmos poderão ser colmatados através da ajuda da CER, foi efetuada uma análise económica anual, durante o ano em estudo, 2021.

Assumindo que o valor de consumo de energia por kW estabelecido pela ERSE é de 0,15 €/kWh, que o valor de venda à rede seria de 0,04 €/kWh, e que o excedente total seria vendido à rede, obtemos as seguintes conclusões anuais, descritas nas tabelas 7 e 8, para o prédio A e prédio B, respetivamente:

Potência Instalada (kVA)	Custo de investimento (€)	Consumo Prédio A (kWh)	Despesa (€)	Produção Prédio A (kWh)	Excedente (kWh)	Venda à rede (€)
94,53	13.416	40.552	6.082	24.910	12.710	508

Tabela 7 - Valores anuais do prédio A

Potência Instalada (kVA)	Custo de investimento (€)	Consumo Prédio B (kWh)	Despesa (€)	Produção Prédio B (kWh)	Excedente (kWh)	Venda à rede (€)
94,53	15.824	40.552	6.082	53.528	38.573	1.543

Tabela 8 - Valores anuais do prédio B

Nas tabelas anteriores é possível observar:

- Custo de investimento: Estabelecendo um preço de instalação de 800 €/kWp, demonstra o kWp de cada prédio multiplicado pelo preço de instalação;
- Consumo do Prédio A/B: Consumo total de todas as 15 habitações, durante o ano.
- Despesa: Demonstra o consumo do prédio vezes o preço por kWh estabelecido anteriormente pela ERSE, representado a despesa total do prédio;
- Produção do Prédio A/B: Produção total da instalação solar de cada prédio, durante o ano.
- Excedente: Será a energia que resta, pós a colmatação das necessidades das habitações;
- Venda à rede: Representa o valor, em euros, que a energia excedente tem, perante o valor de venda à rede.

Em seguida, nas tabelas 9 e 10, são apresentados os dados económicos dos dias 21 de junho e 21 de dezembro, respetivamente, novamente com o intuito de demonstrar o dia mais favorável e menos favorável, seguindo o cenário variável.

Tipologia	T1	T1+1	T2	T3
Poupança (€)	0,47	0,98	1,07	0,83

Tabela 9 - Poupança por tipologia, no dia 21 de junho.

Tipologia	T1	T1+1	T2	T3
Poupança (€)	0,16	0,23	0,26	0,24

Tabela 10 - Poupança por tipologia, no dia 21 de dezembro.

Como esperado, no dia 21 de junho, sendo o solstício de verão, tem-se um valor de poupança maior do que no dia 21 de dezembro, sendo este o solstício de inverno.

Realizando o mesmo para o cenário fixo, temos então as tabelas 11 e 12:

Tipologia	T1	T1+1	T2	T3
Poupança (€)	0,57	0,57	0,92	1,13

Tabela 11 - Poupança por tipologia, no dia 21 de junho.

Tipologia	T1	T1+1	T2	T3
Poupança (€)	0,15	0,15	0,24	0,29

Tabela 12 - Poupança por tipologia, no dia 21 de dezembro.

Foi efetuado o cálculo dos valores médios usando os dados das tabelas 11 e 12, de forma a poder ser descoberto o valor médio poupado durante o ano, para todas as tipologias e ambos os cenários, cenário variável representado na tabela 13, e cenário fixo representado na tabela 14:

Tipologia	T1	T1+1	T2	T3
V.Médio	0,32	0,61	0,66	0,54

Tabela 13 – Valores médios poupados por tipologia, cenário variável.

Tipologia	T1	T1+1	T2	T3
V.Médio	0,36	0,36	0,58	0,71

Tabela 14 - Valores médios poupados por tipologia, cenário fixo.

Com os valores médios obtidos, foi possível ter também conhecimento do novo custo, pós a instalação da CER. De seguida são apresentados os valores de custo antigo sem CER, os valores médios anuais poupados com a CER, e por último o novo custo, para os dois cenários nas tabelas 15 e 16:

Despesa sem CER (€)	Valor médio poupado anualmente com CER (€)	Despesa com CER (€)
6082,86	772,80	5310,06

Tabela 15 – Despesas sem CER, valor médio poupado anualmente com CER e nova despesa pós CER, para o cenário variável.

Para o cálculo do Período de retorno de ambos os prédios, foram usadas as seguintes equações, 3 e 4 para o cenário variável, e 5 e 6 para o cenário fixo, para o prédio A e B, respetivamente:

$$\text{Período retorno prédio A, cenário variável} = \frac{c. \text{ inves.}}{\text{val. méd. poupado ano}} = \frac{13.416}{772,80} \approx 18 \text{ anos} \quad (3)$$

Equação 3 - Período de retorno do prédio A, cenário variável.

$$\text{Período retorno prédio B, cenário variável} = \frac{c. \text{ inves.}}{\text{val. méd. poupado ano}} = \frac{15.824}{772,80} \approx 21 \text{ anos} \quad (4)$$

Equação 4 - Período de retorno do prédio B, cenário variável.

Despesa sem CER (€)	Valor médio poupado anualmente com CER (€)	Despesa com CER (€)
6082,86	729,82	5353,04

Tabela 16 - Despesas sem CER, valor médio poupado anualmente com CER e nova despesa pós CER, para o cenário fixo.

$$\text{Período retorno prédio A, cenário variável} = \frac{c. \text{ inves.}}{\text{val. méd. poupado ano}} = \frac{13.416}{729,82} \approx 19 \text{ anos} \quad (5)$$

Equação 5 - Período de retorno do prédio A, cenário fixo.

$$\text{Período retorno prédio B, cenário variável} = \frac{c. \text{ inves.}}{\text{val. méd. poupado ano}} = \frac{15.824}{729,82} \approx 22 \text{ anos} \quad (6)$$

Equação 6 - Período de retorno do prédio B, cenário fixo.

Por representar um fator decisivo em praticamente todos os projetos fotovoltaicos, não foram consideradas baterias para armazenamento de energia para futura utilização. Estas trazem agregado a si um elevado custo de investimento e do ponto de vista ambiental, sendo instalações ligadas à rede pública, o armazenamento local de energia torna-se ainda menos relevante.

## 4.7. Implementação prática do sistema

De modo a garantir a proteção tanto individual como coletiva é necessário tomar algumas medidas para a instalação solar ser realizada de forma segura.

A utilização de luvas isolantes adequadas ao nível de tensão apresentado é uma boa prática que deve ser sempre aplicada, sendo também recomendadas a utilização de luvas de cobertura para proteção das luvas isolantes, contra cortes e perfurações que possam existir.

Também o calçado de proteção deve seguir indicações específicas, sendo que o mesmo deve ser da classe A (sola anti estática) ou B (com sola isolante) [39].

### 1 - Procedimento pré-instalação:

Antes de se iniciar o processo de instalação dos módulos solares, é necessário tomar algumas medidas e efetuar alguns procedimentos de modo a que todo o procedimento seja o mais seguro e eficiente possível.

Deverá ser efetuada a análise do melhor local possível para a montagem do sistema, tendo em atenção a orientação e a inclinação do espaço, bem como os possíveis sombreamentos que poderão existir. A análise do ponto de injeção e a verificação da existência de terra nesse ponto é essencial. Também é necessário verificar o espaço no quadro de entrada do cliente para a instalação do sistema de monitorização.

Analisar e discutir as possíveis soluções com o cliente, de modo a que se valide um dos caminhos a seguir [39].

### 2 – Radiação:

O resultado dos níveis de radiação difere consoante a orientação que a instalação solar adota. A orientação ótima em Portugal Continental é a Sul com um ângulo de 35°. A montagem em telhados com inclinações diferentes aos 35° ótimos resulta numa menor produção de energia, uma vez que capta uma menor radiação.

Ao utilizar as fachadas para instalação dos painéis solares, com um ângulo de 90°, faz com que daqui resulte uma menor produção de energia, devido à enorme redução da irradiação. O design bem como alguns outros fatores têm uma grande importância nestes casos, de forma que a instalação tenha o maior desempenho possível.

O sombreamento de um módulo pode implicar uma perda significativa do seu rendimento. Se for considerado que a instalação faz uso de um inversor central, põe em risco a série a que está ligado. De modo a evitar este problema poderão ter-se em conta alguns pontos como o local de instalação e as sombras existentes ao longo do dia de acordo com a posição do sol, a inclinação dos painéis que pode funcionar como solução para contornar sombras causadas por obstáculos e a distância entre painéis (de modo a que nenhum painel faça sombra a outro) [39].

### 3 - Inversor e contador:

No caso de estudo deste documento foram utilizados inversores centralizados (figura 36), que converte a corrente contínua gerada pelos painéis fotovoltaicos, em corrente alternada, de forma a esta energia poder ser utilizada. O modelo escolhido durante a simulação realizada foi o SMA Sunny Boy 6.0-1AV-41. Esta configuração apresenta vantagens a nível económico, sendo que tem a condição de todos os módulos de cada *string* estarem instalados sob o mesmo grau de inclinação. O local de instalação do inversor pode ser efetuado no exterior ou no interior, sendo que no caso de ser no interior precisará de um local com ventilação, uma temperatura dentro dos limites -20°C e 60°C, a não existência de produtos inflamáveis e que o local não seja normalmente ocupado por pessoas. No caso de o inversor ser colocado no exterior, precisaria de estar protegido da água da chuva, mesmo que tenha indicação de IP para tal, e de estar protegido também da luz solar direta. O inversor deve ainda ser colocado numa superfície em posição vertical, ou com um desvio se o fabricante assim o indicar.

Quando utilizadas potências entre 4 kW e 30 kW, para além da instalação de inversores solares, é também necessário a montagem de contadores de produção de modo a cumprir as questões legalmente impostas. As ligações devem ser feitas na entrada do contador [39].



*Figura 36 - Inversor SMA centralizado.*

### 4 - Quadro elétrico:

De forma a unir todos os sistemas de fornecimento de energia, tem-se o quadro elétrico, presente em cada fração, como apresentado no exemplo da figura 37, onde se pode encontrar todos os cabos, circuitos de iluminação, tomadas, etc. No entanto, é de fazer referência principalmente aos disjuntores e diferenciais.



Figura 37 - Quadro Elétrico.

### 5 - Disjuntor

De modo a proteger o sistema de danos causados por falhas na alimentação elétrica é necessário um disjuntor (figura 38), principalmente devido a sobrecorrentes. Este poderá ter uma curva do tipo B, C ou D, sendo que o mais comum o de curva C em locais residenciais [39].



Figura 38 - Disjuntores.

### 6 - Diferencial

O quadro elétrico contará com a presença também de um dispositivo diferencial, como apresentado na figura 39, que terá a função de proteger as pessoas contra contactos indirectos, detetando correntes de fuga à terra, efetuando o corte automático da alimentação antes que esta atinja valores não seguros para o corpo humano [39].

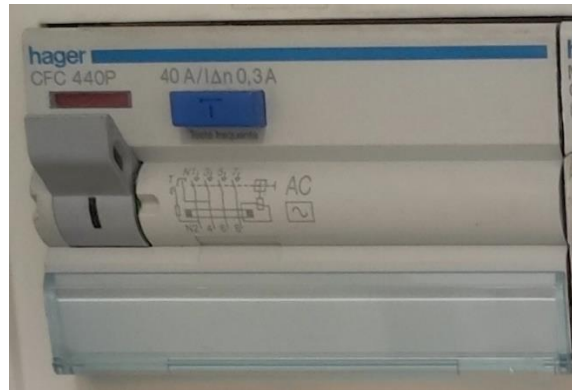


Figura 39 - Diferencial.

### 7 - Sistema terra:

As habitações em Portugal trabalham normalmente em regime de terra TT (neutro ligado diretamente à terra, e as massas da instalação ligadas a uma tomada de terra de proteção diferente da terra de proteção), sendo que este obriga a que seja respeitada a seguinte condição:

$$R_A \times I_d \leq 50 \text{ V ou para locais com características especiais } R_A \times I_d \leq 25 \text{ V.}$$

Sendo os 25 e 50 V o valor da tensão limite convencional de segurança a que seres humanos ou animais podem ficar sujeitos em caso de defeito (corrente de fuga à terra).

Ao efetuar a ligação do sistema fotovoltaico deve-se medir a resistência de terra no ponto de injeção [39].

### 8 - Contador de energia:

As instalações elétricas com autoconsumo devem ser dotadas de um contador bidirecional para efetuar a ligação à rede pública, exemplificado na figura 40. Este contador permitirá obter o valor de energia consumida pela instalação particular e também o valor de energia produzida na mesma. Assim permitirá efetuar um balanço energético e aferir o fluxo energético da instalação [40].



Figura 40 - Ebox (Contador inteligente) [40].

Alguns dos contadores poderão contar com a energia injetada como consumo, sendo que este sistema terá de ser desligado para não lesar o cliente. Estes contadores contam com o símbolo “Anti-fraude”, representado na figura 41:

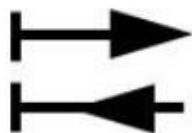


Figura 41 - Símbolo indicativo "Anti-fraude" [39].

### 9 - Superfície e estrutura da instalação:

No caso em estudo a instalação solar foi realizada sob uma superfície inclinada, revestida em telha.

Os painéis devem ser instalados tendo em conta uma inclinação mínima, sendo que por norma os telhados contam com uma inclinação mínima de pelo menos 5 grau. A parte superior do painel solar deve ser levantada de modo a conseguir ser inclinada o máximo possível de acordo com a estrutura existente.

A instalação em telhas de cerâmica, figura 42, são o revestimento mais comum em Portugal. Se estas apresentarem algum sinal de deterioração antes ou durante a instalação, o cliente deverá proceder à sua substituição.



Figura 42 - Instalação em telhas de cerâmica.

A estrutura apresentada para a fixação dos painéis é em placa de betão. A estrutura de fixação dos módulos deve ser realizada com o aparafusamento e buchas químicas, sendo que o instalador deve precaver eventuais infiltrações, garantindo a estanquicidade da obra.

Os suportes para a fixação deverão ser instalados consoante a estrutura de suporte da superfície inclinada, ajustando a altura em função do revestimento. Caso a estrutura de suporte

seja de betão, deve-se utilizar o kit de fixação para telhado, fixando diretamente na placa através do processo de aparafusamento e bucha química [39].

#### 10 - Triângulos de suporte:

Os triângulos de suporte (figura 43) são compostos por uma inclinação de 15º e devem ser montados trabalhando com furações previamente existentes, utilizando parafusos sextavados e porcas fornecidas juntamente com o material. Devem também ser montados em solo antes de serem transportados para a superfície de instalação final.



*Figura 43 – Triângulo de suporte.*

O perfil mais pequeno pode ser cortado de modo a ser possível ajustar a inclinação.

A fixação dos perfis transversais aos triângulos deve ser feita utilizando parafusos T ou de cabeça dependendo do que está presente no kit fornecido [39].

#### 11 - Procedimento após a instalação:

Pós a instalação estar concluída, serão necessários alguns procedimentos de modo a poder dar-se a montagem como concluída.

O equipamento solar deve ser devidamente identificado para que caso qualquer pessoa que execute qualquer tipo de manobra no quadro elétrico da habitação, seja informada da presença do sistema solar instalado.

Deve também ser efetuado o ensaio da instalação, passando por 3 fases [39]:

1. Ligação do disjuntor e interruptor diferencial do lado AC;
2. Ligação do botão rotativo DC do inversor central;

3. Verificação de valores de leitura no ecrã do equipamento de medida AC e no visor do inversor central.

Feitos os ensaios à instalação, serão despistados problemas que possam surgir no funcionamento do sistema. Existem alguns problemas que são comuns a todos os sistemas solares e que podem ser testados de modo a perceber se poderão ocorrer futuramente:

1. Circuito da instalação solar ligado entre o interruptor diferencial e os disjuntores dos circuitos de consumo, sendo o calibre inferior ao do interruptor do quadro de proteção AC da instalação solar.

Uma solução para este possível problema seria a existência de um dispositivo de corte a montante do interruptor diferencial. Sendo assim a ligação do circuito solar deve ser feita também a montante e o interruptor diferencial irá apenas proteger a instalação de consumo já existente. A persistência deste problema indicaria que o mesmo dever-se-ia à instalação de consumo e não à instalação solar [39].

A passagem à terra na instalação do sistema solar, pode ser corrigida efetuar o isolamento da instalação por partes e realizar os testes, verificando os pontos da instalação quanto à continuidade entra a fase e o neutro.

2. Um caso regular, passa pelo facto da instalação se encontrar sem produção ou o inversor não conseguir arrancar. A causa seria o facto de os módulos solares não conseguirem fornecer energia suficiente ao inversor central.

A resolução deste problema passaria pela verificação das ligações e das fichas, da construção das strings e das ligações DC no inversor.

3. A tensão elevada da rede quando o sistema se encontra a produzir pode levar a que o inversor se desligue.

A medição da tensão da rede à entrada da instalação de consumo com o sistema solar desligado consegue geralmente resolver o problema, pois se o valor medido for superior a 253V o cliente deverá efetuar uma reclamação junto do operador de rede.

4. O facto de o inversor apresentar um erro de proteção à terra e não arrancar pode dever-se à simples falha da ligação à terra.

A resolução passa por validar a ligação à terra do inversor e posterior correção ou verificar os valores de terra e reforçar a mesma, ajustando, caso necessário, as proteções diferenciais [39].

12 – Esquema elétrico:

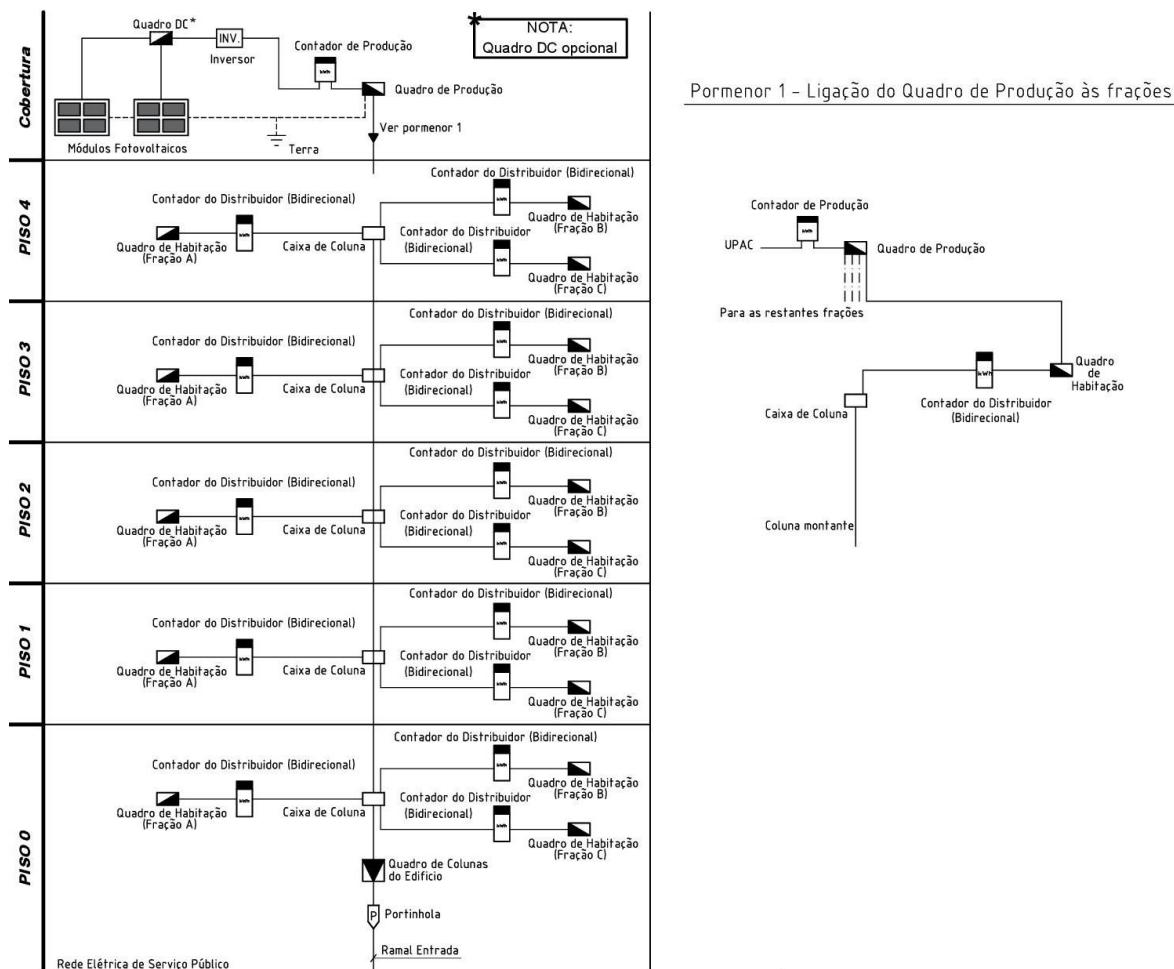


Figura 44 - Interligação dos elementos de um prédio com a UPAC com pormenor da ligação do quadro de produção às frações do prédio.

Na figura 44 é demonstrado um exemplo de ligação entre os elementos de um prédio e a UPAC, desde a RESP, passando pelas várias frações, chegando por fim aos elementos constituintes da UPAC. A UPAC é constituída por um Quadro de Produção, que se encarrega da proteção da corrente AC e de realizar a distribuição da energia capturada para as habitações existentes. Ainda na Unidade de Produção, são encontrados o Contador de Produção, que realiza a contagem da energia produzida pelo sistema, o Inversor, que converte a energia DC em AC, o Quadro de Corrente Direta, onde estão as proteções correspondentes a este tipo de corrente (sendo a colocação deste quadro opcional, dependendo da quantidade de painéis existentes e energia produzida), e por fim, os painéis solares que captam a energia solar.

Ainda na figura 43, é demonstrado o Pormenor de Ligação do Quadro de Produção às frações existentes passando da UPAC, Contador de Produção, Quadro de Produção, até aos Quadros de Habitação. Neste pormenor podemos ver ainda que a energia proveniente da unidade de produção é diretamente injetada no quadro de habitação das frações.

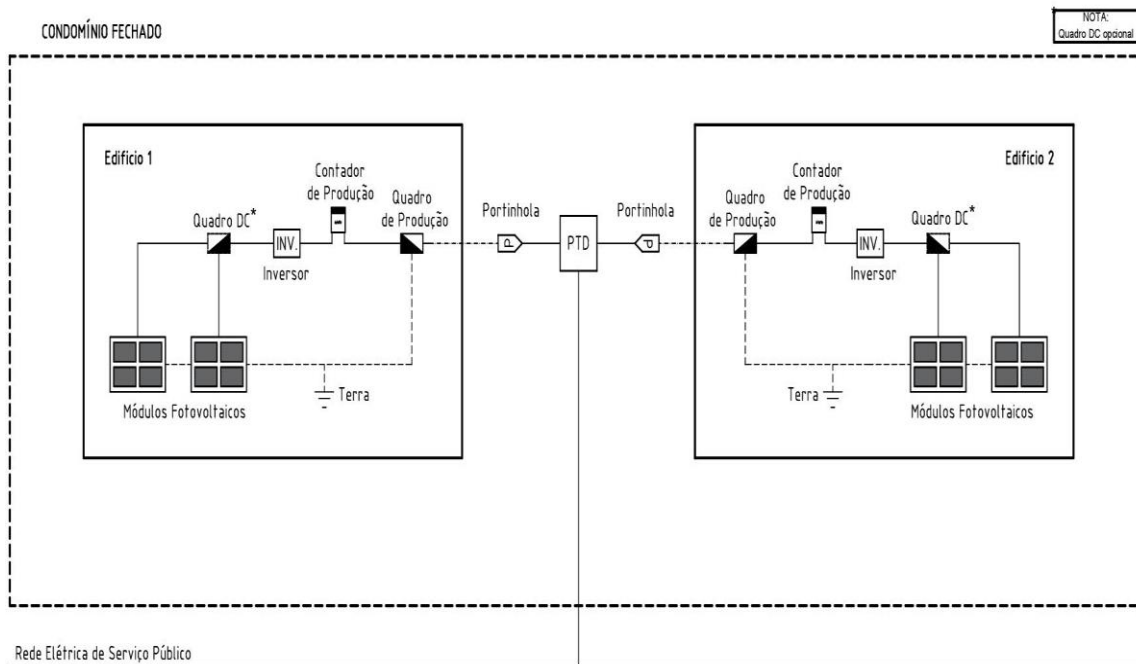


Figura 45 - Interligação do Posto de Transformação e Distribuição da rede publica de Baixa Tensão e a UPAC.

Na figura 45 é demonstrada a ligação da RESP, ao PTD, onde é realizada a distribuição de energia a partir do próprio para as habitações, interligando-se mais tarde com a UPAC, providenciando esta também a própria energia para as habitações, sendo as Portinholas o ponto de entrada para cada um dos prédios.

Cada unidade habitacional possui seu próprio medidor de eletricidade. A energia gerada pelo sistema fotovoltaico é integrada na rede elétrica geral do prédio. Cada medidor regista tanto a quantidade de energia consumida quanto a quantidade de energia produzida pela unidade de produção. Os habitantes são cobrados apenas pela diferença entre a energia que consomem e a que geram. Em casos em que a geração é superior ao consumo, os moradores podem acumular descontos na conta de eletricidade. Essa abordagem tem como objetivo providenciar uma maneira individualizada e transparente de contabilizar o uso de energia.

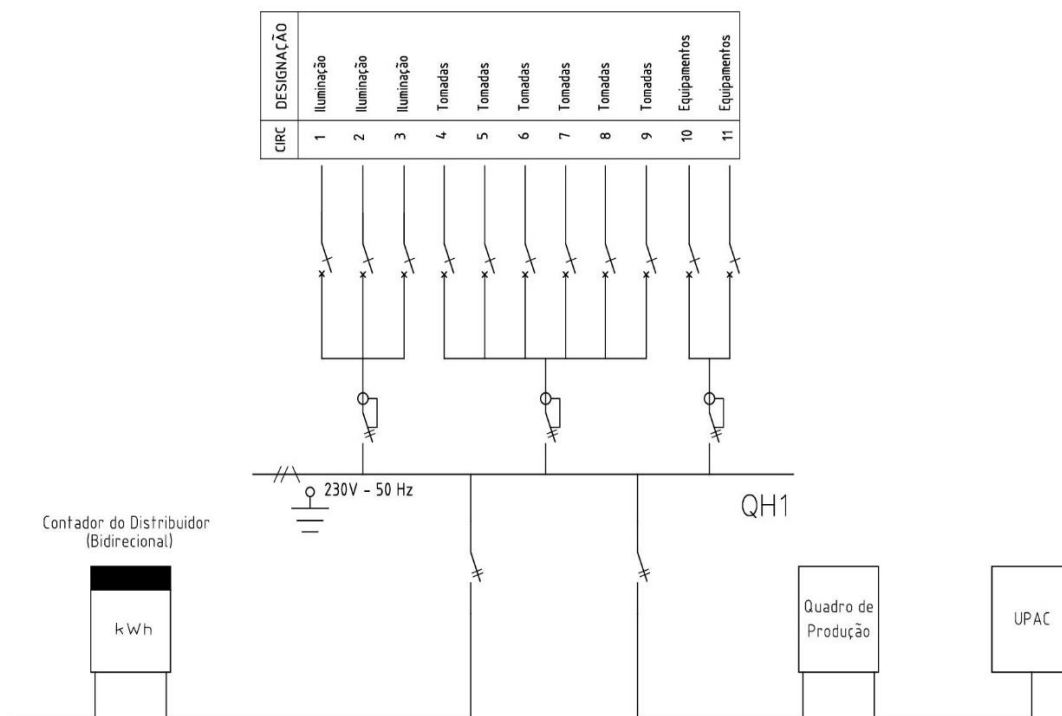


Figura 46 - Exemplo do Quadro de Habitação.

A figura 46 é um exemplo representativo de um Quadro de Habitação.

Este é constituído pelo Contador do Distribuidor (Bidirecional), que vai até ao barramento principal, encontrando pelo caminho um interruptor bipolar (corta a fase e o neutro), dividindo-se em três barramentos secundários, protegidos por diferenciais também estes bipolares.

O primeiro barramento está destinado à iluminação, o segundo para as tomadas, deixando o terceiro e último para equipamentos que existirão. Todos os barramentos têm agregado a si um disjuntor, realizando a proteção de corte da respetiva fase.

No outro ponto do barramento principal, encontramos ligado a UPAC, onde se pode em alguns casos encontrar aí localizada a contagem da energia produzida, demonstrando a ligação específica do Quadro de Produção.

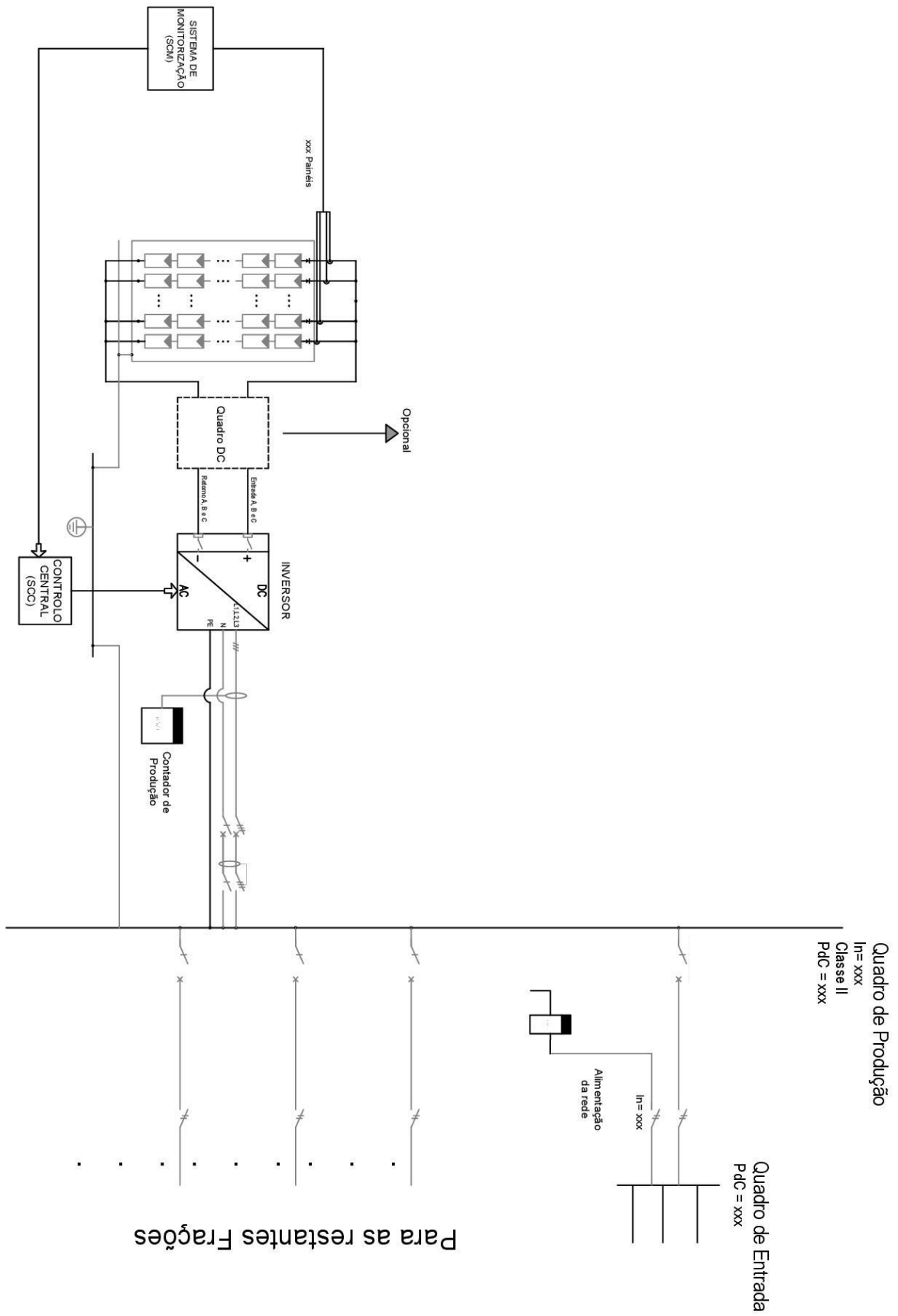


Figura 47 - Pormenor da ligação entre a UPAC e as frações de um prédio.

Na figura 47 é possível observar em maior pormenor a ligação da UPAC, com os respetivos elementos mais pormenorizados, aos Quadros de entrada de cada habitação.

O Sistema de Monitorização da produção recolhe continuamente dados sobre o desempenho de painéis solares individuais ou do conjunto solar inteiro, como a geração de eletricidade, corrente, tensão e temperatura. Também realiza a análise da produção de Energia calculando a quantidade de eletricidade gerada pelos painéis solares ao longo de um período específico, normalmente numa base horária, diária, mensal ou anual. Esta informação ajuda os utilizadores a compreender o quão eficientemente o seu sistema está a operar e pode ser usada para fins de faturação e financeiros. O mesmo pode ainda identificar problemas ou falhas nos painéis solares, como painéis com mau funcionamento, problemas de ligação ou falhas no inversor. A deteção precoce permite uma manutenção ou reparação atempada, minimizando o tempo de inatividade e maximizando a produção de energia.

No Controlo Central, é possível observar o desempenho de todos os componentes do sistema solar, incluindo os painéis solares, inversores, baterias (se estiverem presentes), e outros dispositivos relacionados. Ele recolhe os dados em tempo real, e exhibe esses dados de forma acessível para os operadores ou proprietários do sistema. O controlo central pode ainda otimizar a produção e o consumo de energia. Por exemplo, ele pode decidir quando ligar ou desligar o inversor para maximizar a utilização da energia solar durante o dia ou direcionar o excesso de energia para armazenamento em baterias, se estiverem presentes.

Os restantes elementos presentes na figura encontram-se presentes e foram já referidos no presente documento. As ligações “pós” quadro de produção mostram um exemplo de ligação que é aplicável às restantes frações do prédio.



## 5. Conclusões

A produção de energia fotovoltaica demonstra um potencial imenso tendo em conta os seus benefícios. Embora peque por vezes pelo seu custo de aquisição, a sua instalação é relativamente simples e não requer uma manutenção de forma alguma dispendiosa, podendo os equipamentos fotovoltaicos ser reciclados no final do seu tempo de vida útil. O facto de ser uma energia renovável mostra-se como o principal fator para a maioria das pessoas, tendo estas cada vez mais consciência sobre os impactos ambientais que existem ao redor do mundo. Também a instalação de um sistema fotovoltaico tem influência quanto ao valor do imóvel em questão, valorizando o mesmo.

As CER mostram-se como sendo uma solução para os problemas existentes atualmente no setor energético, pois tendo em conta problemas como a subida no preço do gás natural, sendo este utilizado em grande escala para a produção de energia elétrica, é necessário promover uma solução para combater estes problemas. A CER mostrar-se-iam ainda mais proveitosas em termos nacionais e não só, caso fossem utilizadas em grande escala as coberturas das habitações existentes. Estas superfícies encontram-se muitas vezes desprovidas de conteúdo e seria possível a instalação de painéis solares de forma a conseguir gerar eletricidade de forma amiga do ambiente, especialmente sendo Portugal um país com bastante luz solar.

No caso de estudo descrito neste documento, foi proposto a partilha de energia entre um condomínio com sete edifícios, cada um com 15 frações, sendo que foi estudado mais ao pormenor apenas dois edifícios, edifício A e B, para exemplificar como seria com os restantes edifícios.

Os dados de consumo apresentados no estudo realizado nesta dissertação foram retirados diretamente do site da E-REDES de cada condómino, representando este uma tipologia de habitação. Os dados de produção foram retirados e simulados através do software PVsyst. Os dados foram trabalhados sempre em forma de média, de maneira a ser perceptível e mais fáceis que de entender, quer de trabalhar os mesmos.

O prédio A, com menor número de painéis, produziu como esperado, menos energia do que o prédio B. No entanto, a energia produzida pelo mesmo conseguia contribuir para diminuir os gastos dos condóminos. Os picos de consumo da parte da manhã normalmente existentes em consumidores residenciais não existiram como expectável, podendo dever-se ao facto da população destas residências no geral ser relativamente nova, não começando o seu dia tão cedo e tendo hipótese de teletrabalho, o consumo acaba por se dividir durante o dia. A partir das cinco/seis da tarde é notado um aumento substancial nos consumos, no entanto, também como esperado, sendo essas horas as mesmas em que o sol começa a desaparecer, o autoconsumo torna-se muito pequeno, até desaparecer por completo.

O prédio B apresenta a mesma constituição do que o prédio A, no entanto tem uma quantidade de painéis superior devido à disposição do telhado, acabando por gerar uma maior quantidade de energia. Mesmo assim sendo, não existe necessidade de partilhar energia pois tanto o prédio A como o prédio B conseguem absorver o consumo dos mesmos sem grande dificuldade. Caso fosse necessário a partilha de energia por parte do prédio B, este conseguiria também fornecer pois apresenta valores de produção que o permitiriam fazer.

Em termos económicos, ambos os edifícios conseguem vender energia à rede, depois de aproveitarem também energia para os próprios consumos dos condóminos. Sendo que o edifício B consegue um maior valor, tendo em conta que este produz mais energia. O edifício B consegue vender 38.573 kWh à rede, totalizando um valor de 1.543 euros, sendo que o edifício A vende 12.710 kWh à rede, totalizando 508 euros.

O cenário que se mostrou mais benéfico foi o cenário variável, tendo sido obtido uma estimativa de valor médio poupado anualmente com a formação da CER de 773 euros, e um período de retorno do investimento de aproximadamente 18 anos para o edifício A, e 21 anos para o edifício B.

Em meios rurais, as CER também são bastante úteis pois estas zonas muitas vezes estão longe dos locais de produção, e o facto de produzirem a própria energia e esta ser distribuída pelos vários destinatários mostra-se uma vantagem. Beneficiam também as pequenas agriculturas localizadas no interior, por exemplo.

## Referências Bibliográficas

- [1] EDP. [Online]. Available: <https://www.edp.pt/particulares/content-hub/portugal-campeonato-das-energias-renovaveis/>
- [2] Cordeiro, Baltazar. 2021. Contribuição das Energias Renováveis para Comunidades de Baixo Carbono.
- [3] DGEg. [Online]. Available: <https://www.dgeg.gov.pt/pt/areas-setoriais/energia/energias-renovaveis-e-sustentabilidade/comunidades-de-energia/o-que-e-uma-comunidade-de-energia/>
- [4] United Nations. (2017). *World Population Prospects. The 2017 Revision Key Findings and Advance Tables*. New York, USA. pp. 1–46. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- [5] Baptista, R. (2021). *Implementação de uma Comunidade de Energia Renovável*.
- [6] Viardot, E. (2013). The role of cooperatives in overcoming the barriers to adoption of renewable energy. *Energy Policy*, 63, 756–764. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.08.034>
- [7] Intergovernmental Panel for Climate Change (IPCC). (2014). *Climate Change 2014 Synthesis Report, Geneva, Switzerland*.
- [8] Secretariado-Geral do Conselho Europeu. (2020). Reunião do Conselho Europeu (10 e 11 de dezembro 2020). EUCO 22/20.
- [9] REN21. (2017). *Renewables 2017 Global Status Report 2017*. Paris, France, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.09.082>.
- [10] Walker, G. (2008). What are the barriers and incentives for community-owned means of energy production and use? *Energy Policy*, 36(12), 4401–4405. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2008.09.032>
- [11] Reed, M. S. (2008). Stakeholder participation for environmental management: A literature review. *Biological Conservation*, 141(10), pp. 2417–2431. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2008.07.014>.
- [12] NeoSolar. [Online]. Available: <https://www.neosolar.com.br/aprenda/saiba-mais/sistemas-de-energia-solar-fotovoltaica-e-seus-componentes>

- [13] Portal-Energia. [Online]. Available: <https://www.portal-energia.com/vantagens-desvantagens-diferencas-dos-paineis-solares-fotovoltaicos/>
- [14] Climate Change The New Economy. [Online]. Available: em: <https://climatechange-theneweconomy.com/dramatic-price-drops-for-solar-wind-electricity-set-to-continue/>
- [15] Eco-GreenEnergy. [Online]. Available: <https://www.eco-greenenergy.com/pt-pt/tipos-de-celula-fotovoltaica-na-industria/>
- [16] Eco-GreenEnergy. [Online]. Available: <https://www.eco-greenenergy.com/pt-pt/tipos-de-celula-fotovoltaica-na-industria/>
- [17] Hansen, A. D., P. Sorensen, L. H. Hansen, and H. Bindner. 2001. Models for a Stand Alone PV System, 1–78. Roskilde: Riso National Laboratory.
- [18] Meral, M. E., and F. Dincer. 2011. “A Review of the Factors Affecting Operation and Efficiency of Photovoltaic Based Electricity Generation Systems.”. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 15 (5): 2176–2184.
- [19] Kalagirou, S. 2009. “Photovoltaic Systems.” Chap. 9 in *Solar Energy Engineering: Process and Systems*, edited by S. Kalagirou, 469–517. Burlington, MA: Academic Press.
- [20] Yamaguchi, T., M. Kawakami, K. Kitano, S. Nakagawa, T. Tokoro, and T. Nakano. 2003. “Data Analysis on Performance of PV System Installed in South and North Directions.” 3rd World Conference on Photovoltaic Energy Conversion, 2239–2242.
- [21] Construir. [Online]. Available: <https://www.construir.pt/2021/08/16/cleanwatts-inaugura-primeira-comunidade-de-energia-em-miranda-do-douro>
- [22] Guia Legislativo. “AUTOCONSUMO E COMUNIDADE DE ENERGIA RENOVÁVEL”. Manual Digital.
- [23] JN. [Online]. Available: <https://www.jn.pt/inovacao/comunidades-podem-ser-a-chave-para-produzir-mais-energia-renovavel-14939210.html>
- [24] Presidência do Conselho de Ministros. Decreto-Lei n.º 162/2019. (2019, out. 25). URL: <https://data.dre.pt/eli/dec-lei/162/2019/10/25/p/dre>
- [25] ERSE. [Online]. Available: <https://www.erse.pt/atividade/regulamentos-eletricidade/autoconsumo/>
- [26] Iberdrola. [Online]. Available: <https://www.iberdrola.com/innovation/self-consumption>

- [27] ERSE. [Online]. Available: <https://www.erse.pt/atividade/regulamentos-eletricidade/autoconsumo/> e Lopes, M. (2021). *Autoconsumidores coletivos e comunidades de energia renovável: descubra as diferenças*.
- [28] Figueiredo, Guilherme. 2021. Gestão de Autoconsumo de Comunidades de Energia Renovável em Núcleos Rurais
- [29] Delab. [Online]. Available: <https://delab.pt/servicos/energias-renovaveis/entidade-gestora-do-autoconsumo-egac/>
- [30] Recuperar Portugal. [Online]. Available: [https://recuperarportugal.gov.pt/2022/06/20/comunidades\\_de\\_energia\\_renovavel\\_autoconsumo\\_coletivo/](https://recuperarportugal.gov.pt/2022/06/20/comunidades_de_energia_renovavel_autoconsumo_coletivo/)
- [31] <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.110911>] e [Wang, H., & Huang, J. (2016). Cooperative Planning of Renewable Generations for Interconnected Microgrids. *IEEE Transactions on Smart Grid*, 7(5), 2486–2496.
- [32] Mapfre. [Online]. Available: <https://www.mapfre.com/pt-br/actualidade/sustentabilidade/comunidades-energeticas/>
- [33] Specht, J. M., & Madlener, R. (2019). Energy Supplier 2.0: A conceptual business model for energy suppliers aggregating flexible distributed assets and policy issues raised. *Energy Policy*, 135(October), 110911. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.110911>
- [34] Meira, D., Martinho, A. (2018). “OBSTÁCULOS LEGAIS PARA A CRIAÇÃO DE COMUNIDADES ENERGÉTICAS LOCAIS SOB FORMA COOPERATIVA: A COOPÉRNICO COMO UM ESTUDO DE CASO”.
- [35] ERSE. [Online]. Available: <https://www.erse.pt/atividade/regulacao/tarifas-e-precos-eletricidade/>
- [36] E-REDES. [Online]. Available: <https://www.e-redes.pt/pt-pt/transicao-energetica/redes-do-futuro/autoconsumo>.
- [37] PVsyst. [Online]. Available: <https://www.pvsyst.com/features/>.
- [38] Decreto-Lei n.º 15/2022. (2019, out. 25). URL: <https://dre.pt/dre/detalhe/decreto-lei/15-2022-177634016>.
- [39] Instituto Eletrotécnico Português. Curso: Instalação de Sistemas Fotovoltaicos.

[40] E-REDES. [Online]. Available: <https://www.e-redes.pt/pt-pt/transicao-energetica/redes-do-futuro/contador-inteligente>.

[41] Mello, Thais. 2021. “Estudo da Geração Solar Fotovoltaica Partilhada em Edifícios Residenciais”.