



CONTRIBUIÇÃO DAS ENERGIAS RENÓVAVEIS PARA COMUNIDADES DE BAIXO CARBONO

Baltazar Maria Gemperle de Medeiros Frazão Cordeiro

Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em

Engenharia e Gestão de Energia

Orientador: Prof. Manuel Guilherme Caras Altas Duarte Pinheiro

Júri

Presidente : Prof. Francisco Manuel Da Silva Lemos

Orientador: Prof. Manuel Guilherme Caras Altas Duarte Pinheiro

Vogal: Prof. Nuno Alexandre Soares Domingues

Janeiro 2021

Agradecimentos

Em primeiro lugar queria dirigir um agradecimento especial a Deus, o meu trabalho a Ele o entrego na tentativa de agradecer o que Ele me deu. Em segundo lugar queria fazer um agradecimento especial ao Professor Doutor Manuel Duarte Pinheiro. Em tempos de pandemia foi necessária uma adaptação para que esta tese fosse realizada e o professor demonstrou uma imensa disponibilidade e flexibilidade para que esta tese fosse realizada.

Aos professores que me ensinaram e que servem o ensino no Instituto Superior Técnico o meu obrigado, que esta tese seja o resumo do trabalho que todos os dias realizam num esforço de transmitir conhecimento aos alunos.

À minha família que sempre me apoiou e que em tempos de pandemia e de confinamento me ajudaram a criar um ambiente propício para o trabalho. Um especial agradecimento aos meus avós, foram eles os que mais sofreram por culpa do isolamento e aqueles que ainda assim transmitiram uma imensa alegria.

Aos meus amigos e colegas do Instituto Superior Técnico, Bernardo Félix da Costa e Rui Mateus Marques, um obrigado especial pela ajuda nos momentos de estudo. São amizades que valorizo e que criei nesta escola, mas certamente levarei para a vida.

Finalmente um agradecimento especial aos meus pais pelo apoio e compreensão que demonstraram durante o meu crescimento. Durante esta tese várias foram as vezes que me recordei de uma frase que é constantemente utilizada em casa:

“ O que não custa não tem valor”

Resumo

A evolução da sociedade sempre esteve intimamente ligada com as formas e quantidades de energia consumidas. As zonas habitacionais são locais de consumo em grandes quantidades e de grande densidade sendo por isso necessário procurar soluções para estas comunidades

O sector energético está hoje altamente dependente dos combustíveis fósseis, combustíveis esses que são limitados e que representam uma ameaça para o meio ambiente. É por isso necessária uma reforma energética capaz de entregar às fontes renováveis um papel mais importante.

Nas zonas habitacionais urbanas a energia é produzida em grandes centros de produção (produção centralizada), sendo depois distribuída através de redes de distribuição até aos locais onde é consumida. O objetivo desta dissertação passa por analisar a possibilidade de estas zonas habitacionais representarem uma possibilidade de maior aproveitamento das energias renováveis na tentativa de atingir o nível carbono zero.

É por isto estudado o Bairro Marechal Carmona em Cascais de forma a que se possa explorar que opções poderão existir para as fontes de energias renováveis quando inseridas numa comunidade energética.

Os resultados da tese revelam que a implementação de comunidades energéticas faz com que possa ser possível considerar diferentes opções e combinações podendo contribuir para soluções atrativas financeiramente e ambientalmente.

Palavras Chave: Energias renováveis, reforma energética, zonas habitacionais, produção descentralizada, subsistência, carbono zero.

Abstract

The evolution of society has linked to the forms and amounts of energy consumed. Today, in urban areas, energy is produced in large production locals (centralised production) and then distributed through distribution networks to the places where it is consumed. This process implies high costs (related to the network) and energy losses in its transport.

The energy sector is now highly dependent on fossil fuels, fuels that are limited and pose a threat to the environment. For this reason, energy reform (and transition) is necessary, capable of giving renewable sources a more critical role.

The urban housing zones are places of consumption in large quantities and great density that seek solutions for these urban zones and communities. This dissertation aims to analyse the possibility that these housing areas represent a possibility of greater use of renewable energies in an attempt to reach the zero-carbon level.

That is why the Marechal Carmona neighbourhood (Cascais Municipality) is the case studied to assess what options may exist for renewable energy sources when inserted in an energy community.

The thesis results reveals that the implementation of energy communities makes it possible to consider different options and combinations, contributing to financially and environmentally attractive solutions.

Keywords: energy sector; renewable energies; residential zones; subsistence; communities.

Índice

1 Introdução	1
1.1 Contextualização.....	1
1.2 Objetivo.....	2
1.3 Metodologia.....	2
1.4 Estrutura da tese	3
2 Evolução do sector da energia até energias renováveis e produção local	4
2.1 Evolução do sector energético.....	4
2.2 Desafio climático e oportunidade para as renováveis	7
2.3 Energias renováveis	10
2.3.1 Energia solar	10
2.3.2 Energia eólica	15
2.4 Comunidades de energia e soluções existentes.....	20
3 Caso de estudo	24
3.1 Bairro Marechal Carmona	24
3.2 Habitação tipo	27
3.3 Habitação tipo do bairro	29
3.4 Necessidades energéticas	32
4 Estudo das alternativas e opções	35
4.1 Águas quentes sanitárias.....	35
4.2 Produção de Energia elétrica.....	41
4.3 Soluções conjuntas vs individuais.....	64
5 Discussão	69
5.1. Análise de sensibilidade e discussão de resultados	69
5.2. Tabela SWOT e comparativo de soluções.....	70
5.3. Potencialidades e limitações	72
6 Conclusões	73
Referências	77
Anexo - Fichas Técnicas de soluções propostas	81

Índice de figuras

Figura 2.1 Previsão da evolução do consumo de energia (Fonte: Zou et al., 2016)	6
Figura 2.2 Aumento da concentração de dióxido de carbono (climate.gov)	9
Figura 2.3 Exemplo de painel solar para aquecimento de águas (Ogueke, Nnamdi et al. (2009))	12
Figura 2.3 equação de eficiência	14
Figura 2.4 -Gorlov wind turbine (gorlov, SOLID WORKS , by Jean Paul)	17
Figura 2.8 Energia hídrica produzida anualmente em todo o mundo (gWh/ano) (IEA , 2019) .	18
Figura 2.5 Consumo energético e da energia solar (Berg, 2015).....	22
Figura 2.6 Consumo de energia com a solução da utilização de EV (Berg, 2015)	22
Figura 3.1 vista aérea do Bairro (google maps, 2020)	24
Figura 3.2 fotografia do Bairro (google maps,2020)	25
Figura 3.3 Fotografia do Bairro Marechal Carmona (google maps , 2020)	25
Figura 3.2 Potencial proposta de intervenção (Fonte: Câmara Municipal Cascais, 2020).....	25
Figura 3.3 Alçado principal de Habitação do bairro Marechal Carmona	26
Figura 3.4 imagens representativas das futuras habitações do bairro (André, 2019).....	31
Figura 3.5 Representação da vista de topo da habitação	32
Figura 4.1 Representação do topo da habitação com a solução para AQS.....	39
Figura 4.2 representação gráfica da solução no topo da habitação	43
Figura 4.3 Curva de consumo representativa(Soroush, Shafiee (2012)).....	45
Figura 4.4 Curva energética diária para as habitações do bairro	45
Figura 4.5 Potencial de produção diária por unidade de área	47
Figura 4.6 Velocidade média do vento (Costa et al., 2006).....	48
Figura 4.7 Produção eólica e consumo de eletricidade (Fonte: Webber, ND)	49
Figura 4.8 Produção horária estimada para turbina de 15 kW	50
Figura 4.9 Produção fotovoltaica para as necessidades diárias	53
Figura 4.10 Representação gráfica do topo da habitação com a solução.....	62
Figura 4.11 Área disponível do bairro (Lider A, proposta para o bairro Marechal Carmona) ...	66
Figura 4.12 imagem da turbina (www.wind-turbine-models.com)	66
Figura 5.2.1 Análise SWOT	70
Figura 5.2.2 Comparativo de soluções	72

Índice de quadros

Quadro 4.1 - Radiação média por dia (kWh/m ² /dia)	36
Quadro 4.2 – Temperatura média mensal	37
Quadro 4.3 –Energia média necessária por dia.....	37
Quadro 4.4- Área necessária para os painéis por mês.....	38
Quadro 4.5 - Avaliação do VAL	41
Quadro 4.6 Características dos veículos	51
Quadro 4.7 Características eólica	54
Quadro 4.8 Características PV	54
Quadro 4.9 Perfil de produção horária das fontes	55
Quadro 4.10 -Quadro final	56
Quadro 4.11 Quadro de produção.....	57
Quadro 4.12 Défice e excesso energético	58
Quadro 4.13 Quadro de características das baterias.....	60
Quadro 4.14 Dados Produção Eólica.....	61
Quadro 4.15 Dados Produção Fotovoltaica	61
Quadro 4.16 Custos por habitação	63
Quadro 4.17 Análise económica.....	64
Quadro 4.18 Avaliação financeira para a solução conjunta	68
Quadro 5.1 - Análise de sensibilidades	69

Siglas

Unidades

EUR – euro (€)

kWh- quilo Watt-hora

GWh- giga Watt-hora

KWh/m² – quilo Watt-hora por metro quadrado

Compostos químicos

CO₂- Dióxido de Carbono

Instituições

DGEG – Direção Geral de Energia e Geologia

EEA (European Environmental Agency) – Agência Europeia do Ambiente

IEA (International Energy Agency) – Agência Internacional da Energia

IRENA (International Renewable Energy Agency) – Agência Internacional das Energias Renováveis

LNEG – Laboratório Nacional de Energia e Geologia

Conceitos

PV – Fotovoltaico

RES- Fontes de Energia Renováveis (utilizando acrónimo inglês)

AQS- Águas Quentes sanitárias

SWOT – Forças, fraquezas, oportunidades e ameaças (Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats)

TIR – Taxa Interna de Rentabilidade

VAL – Valor Atualizado Líquido

1 Introdução

1.1 Contextualização

O sucesso de qualquer sociedade, do desenvolvimento da sua economia, da qualidade de vida e do impacto da mesma no meio ambiente é condicionada pelo consumo de energia e pela forma como a mesma é produzida.

A evolução da sociedade está por isso intimamente ligada aos valores de energia consumidos, aos tipos de energia que são consumidos e ao nível de eficiência alcançado para que essa energia esteja disponível para consumo. Se por um lado um aumento do consumo de energia corresponde a uma modernização da civilização, por outro o impacto que esse aumento de consumo tem no ambiente faz com que a saúde dos habitantes decresça derivado ao aumento de poluição.. As previsões realizadas num contexto de consumo de energia são no sentido de que as comunidades em contexto habitacional vão aumentar , tanto em numero, como em dimensão, tornando necessário a implementação de novas soluções capazes de dar resposta a estas comunidades , não colocando em risco a sustentabilidade do meio ambiente.

As cidades e meios habitacionais são por isso grandes responsáveis dos níveis atuais de consumo tanto como são responsáveis pelo aumento de consumo que é esperado que aconteça. Os meios urbanos representam grande densidade populacional o que implica uma grande densidade energética para manter os níveis de consumo destas populações, estas necessidades são suprimidas através de energia produzida em grandes centrais localizadas, normalmente, no exterior destes meios. Esta energia (produzida de forma centralizada) é depois entregue através de redes de transporte de distribuição num sistema que aproveita uma ideia de economias de escala baseada no consumo de combustíveis fósseis.

Neste momento é uma realidade assumida a ideia de que alterações no consumo de energia devem ser feitas para que não se deteriore mais o planeta uma vez que a concentração de CO_2 tem vindo a aumentar por razões de consumo energético tal como é possível observar pela imagem 2.2. O sistema hoje implementado é caracterizado por uma produção centralizada que leva a grandes perdas na rede de distribuição. É por isto um sistema assente no consumo de energias com malefícios para o meio ambiente que também não assegura a maior eficiência possível. Para que esta eficiência e o aproveitamento das energias renováveis seja possível é necessário descentralizar a produção de energia e associar a estes sistemas soluções de armazenamento de energia.

De momento o consumo de energia no sector habitacional representa aproximadamente trinta por cento do consumo de energia mundial (496 ktoe de 1 800 ktoe) (IEA,2017), sendo que a previsão desta percentagem é também de um aumento uma vez que os centros urbanos estão a aumentar e novos centros urbanos estão a aparecer. Nestes locais é registada uma grande densidade de consumo de energia sendo por isto da maior importância encontrar soluções que aliviem a rede de distribuição de energia nestes locais, para que as perdas registadas neste momento sejam de menor dimensão.

No presente a iniciativa pública já apresentou medidas legais para que o consumo de energias renováveis seja incentivado, através de decretos de lei ((Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 de Agosto) e incentivos económicos (feed-in tariffs). A importância da influência da iniciativa pública neste setor está espelhada nas declarações do Dr. Fatih Birol (IEA Executive Director):“*Over 70% of global energy investments will be government-driven and as such the message is clear – the world’s energy destiny lies with decisions and policies made by governments*“.

Ao partir desta realidade atual é de grande interesse um estudo que demonstre a potencialidade/capacidade das energias renováveis em meio urbano habitacional. No enquadramento do meu mestrado foram-me inculcadas as noções de sustentabilidade e responsabilidade ecológica que me motivam na procura de tornar o mundo um lugar mais

sustentável e onde não seja necessário colocar em risco a subsistência de organismos terrestres para que a evolução da nossa civilização seja feita.

É enquadrado nesta realidade que esta tese pretende explorar as capacidades das fontes renováveis e a possibilidade de explorar estas mesmas capacidades através da criação de comunidades de energia.

1.2 Objetivo

Este estudo foca-se na potencialidade das energias renováveis em ambiente urbano com a finalidade de fornecer energia a habitações tentando colocar as mesmas o mais perto possível da neutralidade carbónica.

Esta possibilidade é feita através da exploração das capacidades de cada uma das fontes de energia renovável existentes. Através da implementação daquelas que são as fontes de energia mais propícias para o ambiente em estudo é depois estudado qual o benefício encontrado na criação de comunidades de energia.

O caso de estudo será o bairro Marechal Carmona. Este bairro será local de uma profunda renovação e por isso é o objeto perfeito para que se faça um estudo sobre a viabilidade da construção de uma comunidade energética. Esta comunidade deve ser energeticamente independente por forma a que se possa aproximar de um nível de neutralidade carbónica

1.3 Metodologia

A metodologia do trabalho passa por inicialmente fazer um estudo sobre o mercado energético e a sua história podendo depois definir quais as fontes de energias em que pretendemos investir e quais serão aquelas das quais nos queremos afastar. Este estudo prévio permite também um melhor entendimento do porquê do sistema energético estar concebido como está.

Em segundo lugar serão reunidas as tecnologias que poderão fazer parte do conjunto de soluções, explicitando aquilo o que é o seu ponto de maturidade e características principais de cada uma das fontes. Neste ponto Será também avaliada a possibilidade de implementação destas tecnologias no ambiente em estudo.

O terceiro passo é a definição de quais são as necessidades da estrutura definindo uma habitação tipo de acordo com dados nacionais. Desta maneira é possível depois definir quais são os objetivos a cumprir na implementação das soluções. O estudo será realizado tendo como base o bairro Marechal Carmona sendo que serão transpostos os dados representativos da habitação portuguesa para caracterizar esta comunidade. É calculada a energia necessária para cada habitação sendo que também é calculada uma curva de consumo representativa. Esta curva é da maior importância quando estamos a lidar com energias renováveis uma vez que os momentos de produção são importantes para que se faça um equilíbrio entre os consumos e a produção.

Escolhidas as fontes energéticas mais propícias para o local é então estudado o comportamento destas fontes no local, é calculada uma curva de produção para cada uma das fontes por forma a que se possa caracterizar estas fontes da melhor maneira.

As fontes energéticas são dimensionadas para que o bairro seja energeticamente suficiente através do encontro das curvas de produção e da curva de consumo. Caso não seja possível fazer este encaixe é então necessário encontrar soluções de armazenamento de energia para que se utilize a energia produzida localmente de forma mais eficiente. Estas soluções de armazenamento são necessárias para que não seja preciso recorrer aos combustíveis fósseis. Tendo a solução em mãos é posteriormente analisada uma solução de comunidade onde os custos possam ser repartidos. A avaliação foi realizada até este ponto numa perspetiva habitação a habitação sendo que aqui são avaliados os valores numa perspetiva da comunidade.

Finalmente é realizada uma análise de sensibilidades e são abordados os prós e contras encontrados neste trabalho através de uma tabela SWOT. É apresentada uma tabela com um comparativo das soluções que permite avaliar o potencial extraído na procura das soluções

conjuntas. Este capítulo dá depois lugar a uma conclusão onde são abordados os principais fatores a ter em conta quando se realiza uma avaliação final a estas soluções apresentadas.

1.4 Estrutura da tese

Esta tese está dividida em seis capítulos tendo cada um deles um tema diferente. Neste primeiro capítulo é feita uma introdução ao trabalho, apresentando o objetivo a metodologia e a estrutura da mesma.

No segundo capítulo é apresentado o setor energético e são apresentadas as soluções que poderão integrar uma solução. São apresentadas também soluções existentes e provadas noutras localidades que podem ser replicadas no bairro Marechal Carmona.

No terceiro capítulo o principal objetivo é um estudo profundo do local. É apresentado o bairro criando uma habitação tipo que servirá de referência para o estudo. São apresentadas também as necessidades energéticas.

No capítulo seguinte (4) são estudadas as soluções a implementar no local. Estas soluções estão organizadas por sector, sendo primeiro apresentada a solução para as águas quentes sanitárias e seguidamente a solução para a energia elétrica. Esta ordem deve-se ao grande grau de maturidade da energia solar térmica.

No capítulo 5 é feita a discussão de resultados onde é apresentada uma análise de pontos fortes, fracos, ameaças e oportunidades (SWOT) e onde são analisados os prós e contras da abordagem efetuada. Neste capítulo é ainda realizada uma análise de sensibilidades.

No último capítulo (6) é descrita uma conclusão do trabalho. Nesta conclusão são analisados os diferentes fatores de avaliação do projeto.

No anexo apresentam-se elementos técnicos de duas das soluções selecionadas.

2 Evolução do sector da energia até energias renováveis e produção local

2.1 Evolução do sector energético

A evolução do setor energético tem sido constante e tem sido grande a influência do mesmo para com o desenvolvimento dos outros setores. A evolução da sociedade tem sido feita de mãos dadas com a evolução deste setor sendo que ainda hoje podemos avaliar o nível civilizacional de cada País através do seu registo energético.

O consumo de energia e as fontes utilizadas estão intimamente ligadas com o nível social de certa população sendo que em locais onde a densidade energética é maior e feito com maior eficiência é esperada uma população com melhor estado de desenvolvimento sendo que também se podem perspetivar maiores progressos. São exemplo disto países como os Estados Unidos da América, a Alemanha e a Austrália, países de continentes diferentes, que apresentam consumos per capita e valores de produto interno bruto per capita elevados, sendo esta uma tendência a observar nos mais recentes relatórios da agência europeia do ambiente (EEA, 2105)

A energia tem estado presente na civilização desde que existem registos de vivências do ser humano, tendo começado com a descoberta do fogo para energia calorífica até às energias renováveis mais eficientes do presente. A indústria energética sofreu uma grande reforma e tornou-se peça central na civilização durante a revolução industrial, até esta altura a energia era utilizada apenas como meio de subsistência e não como um meio de proliferação da sociedade.

No período anterior à revolução industrial a energia era utilizada para as atividades agrícolas e para aquecimento através da queima de madeira. Os principais vetores de energia eram por isso a madeira e a força animal, o que permitia o ser humano ter apenas uma perspetiva de sobrevivência não sendo fácil a produção de bens em grandes quantidades nem o desenvolvimento industrial que é hoje uma realidade.

Em 1840 o cenário era já diferente com o carvão a ser a principal fonte de energia o que fomentou diferenças de fundo na civilização. O carvão apresentava benefícios em relação à madeira como a sua maior densidade energética. O mesmo permitiu o aparecimento de grandes indústrias, o desenvolvimento de caminhos-de-ferro com maior capacidade o que provocou uma maior procura de energia. São diversos os autores que denominam esta revolução de “revolução energética” (E. A. Wrigley, 2010) ao invés de revolução industrial, uma vez que esta só foi possível com o aparecimento desta nova fonte de energia. Os meios rurais foram convertidos em meios citadinos ao mesmo tempo que a procura por madeira e força animal como vetores energéticos ia diminuindo.

Este desenvolvimento fomentou uma nova corrente de estudos na procura de novas fontes de energia que pudessem entregar a mesma energia de maneira mais eficiente cobrindo todas as necessidades ao mesmo tempo que novas tecnologias iam aparecendo sustentadas no consumo de carvão. Surgem então as linhas de distribuição de energia passando as habitações a ser eletrificadas fazendo com que a procura e o consumo de energia aumentem exponencialmente. Estes sistemas de distribuição de energia foram sendo desenvolvidos até se tornarem naquilo que hoje abastece as nossas infraestruturas nas suas tarefas diárias.

Aparecimento do petróleo

O consumo de petróleo é conhecido desde os anos 600 A.C. na China onde o mesmo era transportado em canalizações de bambu, na altura pouco ou nada era conhecido sobre esta matéria-prima o que levou a que o seu consumo fosse descontinuado (Gao, 1998).

A exploração de petróleo na era moderna foi iniciada com o furo de Edwin Drake em 1859 na Pensilvânia. Este pequeno furo de 21 metros foi o início da indústria moderna dos Estados Unidos da América. O petróleo apresentava uma densidade energética superior ao carvão, uma maior

facilidade de utilização e de transporte. O crescimento inicial do consumo de petróleo foi levado a cabo pela substituição do óleo de carvão e do óleo de baleia (utilizado para iluminação) por este, levando a procura do mesmo a um crescimento exponencial. Com o aparecimento de uma nova fonte de energia surgem novas possibilidades tecnológicas e assim no século XX, surge a lâmpada e o automóvel sendo que o aparecimento dos mesmos só fez com que o aumento do consumo de energia fosse cada vez maior. Ambos estes produtos trouxeram maior conforto e uma nova jornada civilizacional que era agora sustentada nesta fonte de energia. Na altura da primeira guerra mundial a predominância do petróleo como principal fonte de energia ficou ainda mais vincada sendo que ambas as guerras fortaleceram a importância deste combustível fóssil. Neste contexto de guerra, tanto na primeira como na segunda guerra mundial, ficou provado que o petróleo era fundamental para uma produção a maior velocidade e um posicionamento na linha da frente do desenvolvimento fornecendo àqueles que o possuíam “armas” mais capazes para “combater” estes eventos. O petróleo tornou-se então sinal de poder! (Gordon, 2008).

O petróleo é até aos dias de hoje a forma de energia mais consumida, posição que mantém segura desde que ultrapassou o carvão e a sua liderança nunca mais foi ameaçada.

Gás natural

O gás que era retirado no momento da exploração de petróleo era visto como um bem (*asset*) sem valor e por isso era desperdiçado. Nos anos vinte esta realidade é alterada e este bem natural passa a ser explorado com o petróleo passando a ser amplamente utilizado como fonte de aquecimento tanto em meios industriais como residenciais (Nações Unidas, 2019).

Combustíveis fósseis

Os combustíveis fósseis são recursos naturais formados através da decomposição de organismos ricos em carbono ao longo de milhões de anos. Estes organismos criam depósitos ricos em carbono que são depois extraídos e queimados para fins energéticos.

Estas fontes de energia não são renováveis e fornecem aproximadamente 80% da energia mundial assim como são utilizadas na produção de plástico, aço e uma grande variedade de produtos.

Esta categoria de fontes de energia é constituída por petróleo, carvão e gás. Estes recursos naturais encontram-se na crosta terrestre sendo que a sua distribuição é feita de maneira desequilibrada encontrando-se várias vezes condensada em locais específicos. A distribuição desequilibrada destes recursos contribui para grandes desequilíbrios no acesso a estas formas de energia dando a estes locais uma força ímpar no mercado energético. Os mesmos recursos naturais encontram-se distribuídos principalmente por quatro zonas: Médio Oriente (35%), Rússia (14%) e Américas (sul com 9% e norte 13%).

Dentro desta categoria de recursos o carvão é aquele que existe em maior quantidade sendo que de momento a disponibilidade do mesmo é superior a 100 triliões de toneladas. Até 2004 os maiores consumidores de carvão eram a Europa e os E.U.A. sendo que desde aí a China tem consumido em maiores quantidades derivado do seu desenvolvimento, em 2014 a China registou mais de 60% da produção mundial de carvão.

A exploração destes recursos sofreu alterações com as mudanças na procura de energia, neste momento é possível fazer uma clara divisão entre hemisférios (ocidental e oriental), onde um reforçou a exploração convencional de forma intensiva e o outro criou novas formas de exploração. O hemisfério oriental reforçou a exploração para que pudesse sustentar o seu desenvolvimento neste período de tempo, o que se refletiu numa maior procura de energia. O hemisfério ocidental aumentou a sua exploração através de novos métodos que são hoje identificados como não convencionais. A exploração de gás foi reforçada com as explorações de gás de xisto ao mesmo tempo que a exploração de petróleo aumentou com base na exploração em areias betuminosas e em formações de xisto ou arenito (*tight oil*). Este dado representa mais

um sinal de que o consumo de energia pode ser analisado para que se perceba qual o estado de evolução de certa localidade. Nestes casos locais mais desenvolvidos procuram novas maneiras de explorar recursos enquanto que os outros, onde a energia é fulcral para o seu desenvolvimento, a exploração continua a ser feita de maneira rudimentar.

Consumo

O consumo de combustíveis fósseis tem sido sempre crescente, acompanhando a tendência de consumo de qualquer forma de energia, tendo combustíveis dominados dentro da indústria energética. A forma da linha de consumo de energia é definida pelas tecnologias existentes e pelos recursos naturais disponíveis sendo com estes dois fatores depois possível escolher os diferentes recursos energéticos utilizados para satisfazer as necessidades existentes.

O aumento do consumo de energia tem sido constante na Europa, E.U.A. e restantes países desenvolvidos, enquanto na zona Ásia-Pacífico os valores têm aumentado exponencialmente nos últimos anos. Em 2004 o consumo de combustíveis fósseis foi de 90×10^8 toe sendo este consumo dividido em três partes: América do Norte (27%), Europa (27%) e Ásia-Pacífico (33%). Estes valores sofreram um aumento de 23% em 2014 com a zona Ásia-Pacífico a ser responsável por mais de 43% do consumo (Zou et al., 2016).

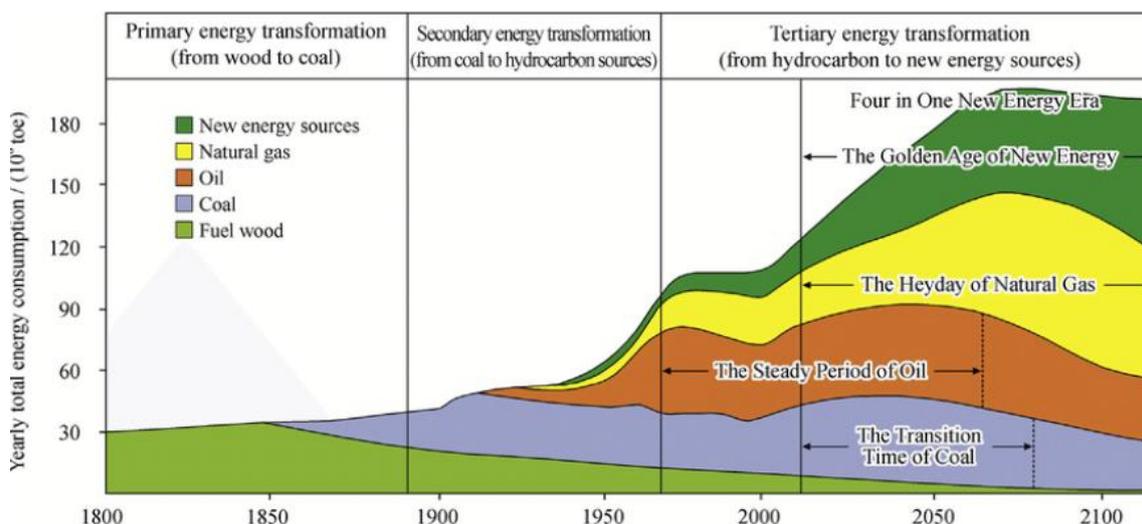


Figura 2.1 Previsão da evolução do consumo de energia (Fonte: Zou et al., 2016)

Consumo energético no local de estudo

O consumo de energia e as fontes utilizadas para produzir essa mesma energia dependem do local em estudo.

O objeto de estudo está localizado em Portugal o que faz com que seja necessário analisar aquilo o que são as características energéticas deste local. O consumo de energia tem vindo a aumentar neste país tendo sido registado um aumento de aproximadamente 90% desde o ano de 1994 até 2017 (Pordata, 2017). Em 2017 foi registado um consumo total de $47,7 \times 10^9$ kWh sendo que a energia consumida no sector doméstico foi de aproximadamente 26 % (Pordata, 2017). O consumo de energias renováveis foi responsável por 30,1% da energia total consumida em 2017, valor que se tem mantido estável nos 30% nos 4 anos anteriores a este (DGEG, 2019).

2.2 Desafio climático e oportunidade para as renováveis

A conceptualização do sistema de abastecimento de energia foi feita num momento em que as prioridades eram abastecer as necessidades das habitações e suportar uma evolução que fez com que fosse possível registar uma evolução tecnológica tão acentuada. Estas prioridades passaram por conceber um sistema energético que fosse capaz de gerar e entregar energia em grandes quantidades e ao custo mais baixo possível, tendo em conta as tecnologias conhecidas, relegando para papéis secundários interesses relacionados com a subsistência ambiental uma vez que não eram conhecidos os impactes causados por estas fontes.

Este sistema tem evoluído ao longo dos últimos anos e apesar de ter sido um processo longo, um processo de transição energética nunca é rápido, a verdade é que apenas agora se pode avaliar o dano causado pela rota tomada. É indiscutível que a evolução neste ramo, e a exploração no mesmo, foi fundamental para o desenvolvimento exponencial em todas as áreas que temos assistido nas últimas décadas. A capacidade de produzir energia a baixo custo (devido à inexistência de taxas ambientais) permitiu elevar o nível de vida da população mundial, permitiu o fenómeno da globalização e permitiu que chegassem bens de primeira necessidade aqueles que sem esta evolução não os iriam ter, tornando com isto a sua subsistência possível. O consumo de energia tem vindo a aumentar e as perspectivas são de que o mesmo não diminua, é por isto fulcral, agora que conhecemos as contrapartidas do consumo de combustíveis fósseis, repensar o sistema numa tentativa evolutiva ou ignorar o problema até que a existência do ser humano seja posta em causa.

Os problemas causados pelo consumo massivo de combustíveis fósseis são variados sendo que aqueles que mais põe em causa o equilíbrio do planeta são a degradação de habitats e terrenos, a poluição de águas e claro a poluição do ar através de emissões poluentes.

A degradação de terrenos é uma realidade que acontece no momento da exploração uma vez que para aceder a estes recursos naturais é necessário extrai-los do solo. Na exploração de minas a céu aberto, por exemplo, os terrenos são arrasados para que se possa retirar o carvão com maior facilidade. Isto cria um grande desequilíbrio no ecossistema do local, destruindo habitats de animais e misturando camadas do solo criando um desequilíbrio não natural que depois implica com ele consequências como a contaminação de certas áreas que se não tivessem intervenção do humano não aconteceriam.

Estas misturas de camadas e exposição das mesmas a fenómenos atmosféricos contribui para que possam existir acidentes a nível da contaminação de lençóis freáticos. Estes lençóis encontram-se normalmente confinados entre camadas impermeáveis, mas uma vez que uma seja penetrada estes lençóis ficam expostos a estas contaminações.

Na exploração de minas de carvão é habitual a libertação de contaminantes ácidos que já provocaram acidentes ao serem misturados com águas de consumo que trazem consequências graves a que as consome. Nas minas a céu aberto é gerado lixo contaminado que durante a exploração é cuidado e isolado, mas que após o fim da mesma pode ser deixado sem supervisão, tornando-se um risco para futuras contaminações, estas contaminações também se dão após a precipitação que infiltra estes agentes nos solos.

A exploração de petróleo e gás é também responsável por contaminações em meios aquosos uma vez que métodos como o *fracking* passam por tornar camadas impermeáveis em permeáveis e destruindo assim lençóis freáticos que são redirecionados várias vezes para locais de contaminação. Estes métodos causam o aparecimento de águas ácidas e contaminações através da presença de metais pesados e componentes radioativos. A transformação de bolsas impermeáveis de petróleo em permeáveis traz consigo também o prejuízo de libertar estes hidrocarbonetos para os meios vizinhos. Quando estas fugas se dão para os lençóis freáticos e meios aquáticos a contaminação é instantânea e acaba por atingir as populações que consomem essas mesmas águas, já foram afetadas várias populações através de defeitos em fetos, doenças oncológicas e doenças neurológicas.

A realidade dos efeitos adversos vai para além das zonas de exploração, sendo a maior adversidade encontrada até hoje pelo consumo destes recursos a emissão de gases poluentes. Os recursos naturais necessitam de ser alterados para se transformarem em formas de energia, isto leva a uma queima dos mesmos que neste processo liberta gases que são nocivos para o meio ambiente. Os poluentes podem ser classificados como poluentes primários e secundários, sendo os primários aqueles que se libertam para a atmosfera após uma reação e os secundários são aqueles que são gerados após misturas já na atmosfera.

O carvão é constituído por carbono, enxofre, hidrogénio, oxigénio e nitrogénio sendo utilizado para gerar energia através de processos químicos em centrais elétricas. Nestas centrais o carvão é exposto a um processo de combustão onde o enxofre e o nitrogénio são oxidados e produzem SO_x e NO_x que são famílias de gases libertados para a atmosfera como gases poluentes primários. Os gases NO_x são formados através da interação de nitrogénio e oxigénio em condições de altas pressões e temperaturas. O mesmo se aplica para os SO_x onde o componente será o enxofre e não o nitrogénio. Os gases NO_x e SO_x são os principais constituintes das chuvas ácidas ao se combinarem com o vapor de água nas nuvens formando ácidos nítricos e sulfúricos que depois precipitam sob a forma de chuva ou neve. Com a acumulação destes ácidos em rios, lagos e solos estes tornam-se ácidos demais para a vida animal e vegetal.

Já na atmosfera o oxigénio e o nitrogénio reagem entre eles produzindo gases NO_x que são classificados como poluentes secundários.

A combustão destes recursos naturais leva a um aumento da concentração de dióxido e monóxido de carbono. A libertação destes carbonos depende da percentagem de oxigénio existente no momento da combustão. O monóxido de carbono é altamente prejudicial para a saúde humana podendo ser letal em grandes concentrações, já o dióxido de carbono, aquele que é geralmente mais produzido, é o principal responsável pelas alterações climáticas que se registam neste momento como o aquecimento global e o degelo de várias placas glaciares.

Dióxido de carbono

O dióxido de carbono é um constituinte natural na atmosfera e a sua existência na mesma em quantidades controladas é essencial para que, por exemplo, as plantas possam fazer a fotossíntese.

O dióxido de carbono tem como característica absorver e irradiar calor, a presença do mesmo na atmosfera é responsável pelo equilíbrio da temperatura durante a noite uma vez que o calor proveniente do sol é absorvido durante o dia e depois é gradualmente libertado durante a noite. Existe um equilíbrio de energia recebida pela terra do sol e aquela que é expelida pela terra e a presença de dióxido de carbono na atmosfera faz com que a quantidade de energia expelida seja menor do que aquela que é recebida, tornando fácil de perceber o facto de que quanto maior for a concentração deste gás maior será a temperatura ambiente.

Os níveis de concentração deste componente na atmosfera não são constantes e têm vindo a aumentar desde a revolução industrial. O aumento do consumo de combustíveis fósseis aumentou drasticamente a concentração de CO_2 na atmosfera o que fez com que o ecossistema sofresse algumas alterações. A libertação deste gás acontece no processo de combustão dos combustíveis fósseis sendo que o carvão é aquele que liberta mais CO_2 por unidade de energia produzida seguidamente do petróleo e finalmente do gás. O dióxido de carbono é um componente do grupo de gases de efeito de estufa que existe em maior concentração na atmosfera e por isso é aquele que representa um maior risco para a sobrevivência no planeta terra.

Este gás tem um tempo médio de vida na atmosfera entre 20 a 200 anos sendo por isso o momento de maior concentração 200 anos depois do momento de maior libertação deste gás. Isto quer dizer que uma vez que o consumo de combustíveis fósseis tem vindo a aumentar então

a concentração deste gás será também maior daqui a 200 anos do que hoje se nada for feito. Este gás é altamente absorvido pela água sendo por isso estimado que quantidades na ordem dos 80% do CO₂ existente na atmosfera estejam presente nos oceanos, uma vez nos oceanos este composto faz com que a temperatura das águas aumente e diminui a capacidade deste meio em absorver este componente fazendo com que a proporção que é libertada para atmosfera e que lá permanece seja maior. A influência no aquecimento de todos os gases de efeito de estufa desde 1990 aumentou em 43% (NOAA ESRL, 2020).

Evolução da concentração de dióxido de carbono na atmosfera

A concentração de CO₂ na atmosfera não tem sido sempre constante sendo que existiram grandes variações da mesma ao longo dos anos. Ao longo dos últimos anos tem sido estudado um ciclo onde se pode combinar a variação angular do eixo da terra com um aumento de exposição solar e que por sua vez faz com que mais água sofra de evaporação e liberte quantidades superiores de CO₂ para a atmosfera (Lindsey, 2009). Estes ciclos são demorados e duram milhões de anos refletindo-se num aumento e descida de temperaturas ao longo de muitos anos.

Este ciclo tem sido associado ao aumento de concentração que tem acontecido nos últimos anos. Esta hipótese pode ser afastada se forem comparados os figuras que relacionam a concentração de CO₂ na atmosfera ao longo dos últimos anos com se evidencia na figura 2.2. que representa as quantidades de CO₂ libertadas em cada ano. Podemos constatar que a quantidade de CO₂ na atmosfera se mantém constante podendo haver aumentos, mas sempre muito ligeiros, quando se dá um aumento de libertação de CO₂ a concentração do mesmo aumenta de maneira não comparável com os aumentos cíclicos devido às variações do angulo no eixo da terra. Este aumento fica assim explicado devido ao aumento de consumo de combustíveis fósseis.

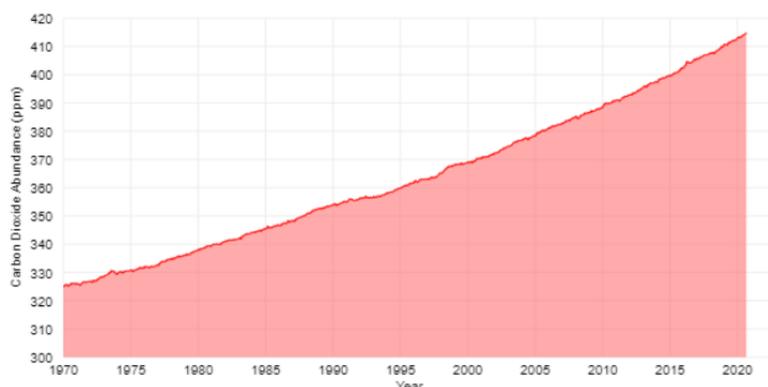


Figura 2.2 Aumento da concentração de dióxido de carbono (climate.gov)

Futuro da problemática

É ponto assente que uma possível diminuição de consumo de energia não é hipótese sendo por isto imperativo encontrar uma nova solução que faça com que os níveis destes gases na atmosfera sejam reduzidos.

O problema tem sido discutido a nível global entre as mais altas entidades e foi assinado um acordo designado de Paris (2015) entre vários países para que as emissões fossem reduzidas. O IPCC estabeleceu limites no que diz sentido ao aumento de temperatura média ao longo dos anos (2° C) mas esta medida está agora fora do alcance da maioria dos países tendo já muitos deles desistido desse objetivo.

Infelizmente as soluções apresentadas para um longo termo parecem já não ser suficientes sendo agora necessário iniciar um processo de diminuição ativa da concentração de CO₂ na atmosfera. Estas soluções passam por plantar e manter florestas para que possam absorver o máximo de CO₂ possível assim como filtrar o CO₂ nas centrais energéticas de forma a que os níveis libertados sejam menores.

As soluções de longo-termo passam por um aumento da eficiência energética da rede taxando os desperdícios obrigando a que a energia fosse sempre usada ou armazenada, taxar as emissões de carbono desincentivando assim a produção excessiva e finalmente fazer uma alteração de paradigma no que às energias diz respeito deixando os combustíveis fósseis e utilizando de maneira mais efetiva e organizada as energias renováveis.

2.3 Energias renováveis

As energias renováveis são todas aquelas que são produzidas através de fontes de energia renovável. Estas fontes de energia são aquelas que geram energia através de processos naturais e de fluxos energéticos contínuos da natureza, são alguns exemplos disto mesmo o sol, o vento, o movimento de massas de água e o calor geotérmico.

Uma definição importante de fontes de energias renováveis é o facto de a exploração das mesmas não as degradar caso contrário os combustíveis fósseis teriam de ser consideradas fontes de energias renováveis uma vez que se vão formando, o grande senão é que a exploração dos mesmos e a sua regeneração não são compatíveis em escalas temporais idênticas.

As energias renováveis têm a particularidade de poderem ser geradas em qualquer lugar permitindo a que locais remotos e fora da rede (off-grid) tenham acesso a energia, isto torna estes locais independentes da energia da rede e pode permitir um desenvolvimento mais acentuado das zonas interiores. As energias renováveis permitem a possibilidade de gerar energia localmente e de forma descentralizada, mas muitas delas ainda assim necessitam de grandes investimentos, áreas e capacidades de gestão de produção. No contexto desta tese apenas faz sentido elencar aquelas energias que poderiam ser aplicadas a sistemas de tamanhos proporcionais respeitando as necessidades dos consumidores.

As energias renováveis são também possuidoras de características menos boas como a poluição sonora e podendo não ser harmoniosas no contexto paisagístico. O grande inconveniente das RES são o facto de não ser possível aumentar ou diminuir a produção de acordo com as necessidades momentâneas sendo que a produção momentânea vai depender das condições da fonte. Este entrave faz com que seja necessária a conceção de novos modelos de entrega de energia onde o *mix* de fornecimento terá de ser modelado utilizando várias fontes ou incorporando estruturas capazes de armazenar energia.

Na próxima secção estão apresentadas as energias divididas pelas fontes que, respetivamente, as geram.

2.3.1 Energia solar

A energia solar é energia recebida através de um emissor chamado Sol. Esta energia é emitida sob a forma de radiação e em quantidades muito superiores àquelas que são consumidas pela humanidade para o seu conforto, prazer ou atividades económicas. Esta fonte apresenta assim um enorme potencial que está agora a ser desenvolvido no sentido de aumentar a sua eficiência.

A energia solar chega ao planeta terra através do formato de radiação eletromagnética num formato similar às radiações rádio, mas com valores de frequência diferentes. A energia solar disponível é descrita através de valores de energia por tempo por unidades de área (Watt/metro^2). O valor de energia disponível no exterior da atmosfera é de aproximadamente

1367 W/m² sendo que o mesmo se transforma em 1000W/m² na superfície terrestre em condições atmosféricas favoráveis.

A quantidade de energia disponível está dependente da altura do sol e das condições referentes a aglomerados de nuvens. Para valores médios de energia disponível em termos mensais e anuais estes vão depender maioritariamente da localização geográfica.

A utilização de energia solar pode ser agrupada em três categorias: aquecimento/ arrefecimento de águas ou temperatura ambiente, produção de eletricidade e processos químicos. Destas aplicações aquela que tem maior procura ao momento é o aquecimento de espaços e água. A produção de eletricidade é a categoria que tem vindo a ser mais desenvolvida e da qual se podem esperar os maiores avanços tecnológicos. Tecnologias no ramo dos painéis fotovoltaicos têm crescido exponencialmente na sua procura sustentando assim um maior desenvolvimento da tecnologia e refletindo-se em um aumento significativo das eficiências registadas nos últimos anos.

A energia solar é amplamente reconhecida como uma energia com vários fatores positivos e como uma das que representa um maior potencial dentro das energias renováveis. Em Junho de 2004 foi realizada uma conferência (Climate change conference, Bonn 2004) em que foram sublinhadas as vantagens da exploração do Sol como fonte de energia. As principais vantagens apresentadas foram:

- Energia virtualmente sem custos (após recuperação do investimento inicial);
- Energia com abastecimento seguro;
- Superação dos altos preços do petróleo;
- Mitigação dos impactos ambientais e diminuição da poluição de massas de água;
- Possibilidade de geração e produção de energia fora da rede (off-grid).

Sendo que a conferência terminou mesmo com a referência de que não existira necessidade de guerra pela energia solar” o que interessa à maioria dos países de forma a que aqueles que possuem grandes reservas de recursos energéticos vejam o seu poder diminuído suavizando a dependência de terceiros dessas mesmas reservas.

A utilização do sol como fonte de energia apresenta também vários pontos negativos quando comparada com outras fontes. A maior dificuldade no aproveitamento da energia solar é a sua grande dependência de condições climáticas favoráveis fazendo com que a produção seja imprevisível.

A produção desta energia só pode ser feita durante o dia e uma vez que o armazenamento de energia normalmente representa custos muito altos outras soluções para a produção de energia durante a noite têm de ser encontradas. A baixa eficiência que caracteriza os sistemas destas soluções reflete-se depois nas áreas necessárias para a produção de energia e grandes áreas representam por vezes uma dificuldade física que não pode ser ultrapassada.

A energia solar tem como vantagem estar disponível em qualquer localização, mas para certas finalidades só se torna viável o aproveitamento desta energia quando estamos em localizações do globo privilegiadas a nível da exposição solar, isto porque a radiação solar é mais intensa entre as latitudes de trinta graus norte e trinta graus sul.

A energia primária total fornecida (TPES) em 2002 foi de 433 Exajoules o que foi equivalente a um consumo de 13.75 TW, para 2030 estão previstos valores de 688 EJ de energia primária e consumos equivalentes a 21.8 TW (IEA, 2004). O valor de energia recebida pela superfície da terra é aproximadamente de 120.000 TW o que representa mais de 8 mil vezes a energia primária consumida no globo e colocando assim o sol como a maior fonte de emissão de energia. Seguindo as previsões para 2030 seria necessário cobrir 0.6% da superfície da terra com um rendimento de conversão de energia solar nos 10% para que fossemos abastecidos apenas por energia solar (IEA,2014).

Energia solar térmica

A produção de energia solar térmica é feita através da captura da energia térmica presente na radiação solar. Dentro das tecnologias que aproveitam estas energias existem duas categorias distintas, as tecnologias passivas e as tecnologias ativas.

As tecnologias passivas são aquelas relacionadas com o aproveitamento da energia solar em termos arquitetónicos e de construção. A exemplo deste tipo de tecnologias existem técnicas de construção e materiais específicos. Existem também evoluções a ser feitas como novas técnicas de absorção de calor em edifícios e janelas, como as enunciadas por Joshua Apte (et al., 2002) que permitem uma aproximação do zero de energia para questões de aquecimento. O estudo destas soluções encontra-se fora do objetivo deste trabalho pelo que as mesmas não iram ser aprofundadas.

As tecnologias ativas são aquelas que têm como finalidade a captação da energia térmica solar para aquecimento de um meio para posteriormente ser utilizado sob a forma desse mesmo meio ou para transferir calor para outro meio. Estas tecnologias podem ser consideradas maduras apesar de a sua evolução ser constante.

A energia solar térmica ativa é captada por coletores que fazem circular um fluido que absorve a energia presente na radiação solar. Estes coletores são maioritariamente constituídos por alumínio (mais acessível que o cobre) e são fabricados com tecnologias que permitem obter uma superfície polida e de cor homogénea para que a absorção do calor seja feita com a maior eficiência possível.



Figura 2.3 Exemplo de painel solar para aquecimento de águas (Ogueke, Nnamdi et al. (2009))

Os sistemas de absorção de energia solar térmica variam consoante as suas finalidades e possibilidades do projeto. Estes sistemas podem ser concebidos para fazer aquecimento de espaços ou de água ou para realizar ambas as tarefas ao mesmo tempo (combisystems). Para coletores utilizados para aquecimento de águas domésticas o rendimento anual esperado é de 40 a 65% . Para sistemas completos (combisystems) o rendimento desce para valores próximos de 20% isto dependendo do tamanho dos painéis, da capacidade de armazenamento e da capacidade de isolamento do sistema.

Para sistemas localizados no norte e centro da Europa podemos esperar uma entrega das necessidades de aquecimento de espaços e de água para cobrir entre 10 e 60 % das necessidades de instalações habitacionais. (Philibert, 2005). The present and future use of solar

thermal energy as a primary source of energy.). A capacidade máxima esperada de qualquer coletor é de 0.7 kWhth.m^2 sendo que a obtenção destes valores máximos está limitada pela radiação solar disponível, a temperatura exterior e a tecnologia utilizada.

Os valores de energia absorvidos pelos coletores podem variar abruptamente consoante a localização tomando por exemplo valores na ordem dos 350 kWhth.m^2 (Áustria) ou de 1000 kWhth.m^2 (Israel). Por estas razões os custos destes sistemas variam consoante a localização devido à necessidade de a área de captação ser maior consoante menor for a intensidade da radiação solar no local. Isto faz com que os valores dos sistemas variem fazendo com que para um agregado familiar o custo de uma instalação seja de 700 euros (tanque de 150L e painel de $2.2 \times 2.2 \text{ m}$) na Grécia e para os mesmos efeitos seria necessário um sistema com um custo de 4500 euros na Alemanha (painel de 6 m^2 e tanque de 300 L) (Lenormand, 2005).

A área instalada de coletores para o efeito de aproveitamento de energia solar térmica é de 140 milhões de metros quadrados (2012). Esta área corresponde a 100 GWth (mais do que a produção de energia eólica total). A China é o país com maior área instalada com um total de 22 milhões de metros quadrados (um terço da capacidade instalada no mundo) (EurObserv'ER, 2020).

A energia solar térmica apresenta assim valores muito interessantes para localizações privilegiadas e para projetos de longa duração sendo a conjuntura portuguesa altamente favorável ao aproveitamento da energia solar térmica para fins domésticos tendo sido já provada a rentabilidade a longo termo na instalação destes sistemas. Existe já legislação que obriga a instalação de sistemas desta no momento de construção de novas casas.

Energia solar fotovoltaica

A energia solar fotovoltaica é também ela gerada através do aproveitamento dos raios solares, esta energia é captada através de painéis (fotovoltaicos) que transformam a energia presente na radiação solar e transformam a mesma em energia elétrica.

A tecnologia fotovoltaica é já considerada uma tecnologia com um nível de maturação alto sendo já utilizada em diversos países. . Esta tecnologia tem vindo a ser cada vez mais utilizada com o seu desenvolvimento e aumento de eficiência que tem vindo a fazer com que esta seja uma opção muito viável para a produção de eletricidade. Em 2017 a energia produzida através desta tecnologia era superior a 400 000 GWh tendo sofrido um crescimento exponencial quando comparada com os dez anos anteriores onde em 2007 a mesma produção era apenas ligeiramente superior a 7000 GWh (IEA, 2017).

Em Portugal a utilização desta tecnologia tem vindo a ser cada vez mais notória com o ano de 2018 a registar 2020 GWh o que representa um aumento considerável se for considerado que em 2005 apenas eram produzidos 5 GWh. Estes aumentos de produção deveram-se a uma grande maturidade da tecnologia, mas principalmente a uma grande diminuição do preço da tecnologia o que permitiu iniciar projetos capazes de gerar eletricidade a preços competitivos quando comparados com os valores de outras produções mais “tradicionalistas”. Esta melhor eficiência, no que diz respeito ao aproveitamento da energia produzida, representa também uma diminuição na pressão do sistema de distribuição e também uma diminuição do custo de energia devido à isenção de cargas fiscais. A agência internacional de energia (IEA) prevê um aumento de 700 a 900 GWh até ao ano de 2024, fazendo com que esta tecnologia deixasse de se posicionar como a terceira fonte renovável mais utilizada (atrás de solar e eólica) passando a ser a primeira.

O efeito fotovoltaico dá-se no interior de cada painel fotovoltaico onde incidem os raios solares. Cada painel é constituído por várias células fotovoltaicas ligadas entre si por cablagens de cobre. Estas células são as responsáveis pelo efeito fotovoltaico uma vez que são as mesmas que geram uma corrente de eletrões (eletricidade) em resposta de uma receção de fotões com

capacidade energética suficiente para fazer com que os elétrons dos átomos existentes nas células se movam. Isto acontece porque cada célula contém duas camadas de um semicondutor (silício costuma ser o mais utilizado) sendo que uma está carregada positivamente e a outra negativamente.

Este carregamento é feito através da presença de outros componentes que geram um desequilíbrio de elétrons e facilitam o deslocamento dos mesmos no momento da incidência de fótons. Quando os fótons (presentes na radiação solar) possuem capacidade energética para que os elétrons do semicondutor sejam libertados é gerada uma corrente elétrica contínua à saída dos painéis. Esta corrente é depois convertida em corrente alternada através de um inversor que faz com que seja possível utilizar esta energia como eletricidade.

Eficiência

A eficiência de um sistema fotovoltaico é da máxima importância no momento de avaliação de um projeto de produção de energia uma vez que é a mesma que indica qual a capacidade do sistema em transformar um potencial de energia em energia efetiva.

A eficiência de um sistema fotovoltaico dá-nos a resposta quanto à capacidade desse sistema em transformar a energia existente na radiação solar em energia elétrica. A eficiência de sistemas fotovoltaicos tem vindo a evoluir de forma progressiva sendo ainda baixa quando comparada com outras fontes de energia. O valor de referência para painéis solares comerciais pode variar entre os 12 e os 19%, isto quando os painéis são de silício. Novas investigações têm sido feitas que nos permitem já projetar a possibilidade da existência de painéis com eficiências próximas dos 40%. Estes painéis são ainda extremamente exigentes sob o ponto de vista financeiro e necessitam ainda de um maior desenvolvimento. A japonesa Sharp apresentou já uma tecnologia capaz de produzir energia fotovoltaica com uma eficiência aproximada de 35% sendo que esta não exige concentração solar e poderia por isso ser comercializada para aplicações de dimensões inferiores, também esta tecnologia apresenta para já custos muito elevados devido ao facto de não utilizar o silício como semicondutor. O silício é por isso o semicondutor eleito no momento de criar um painel com um ponto de eficiência e custo de produção mais interessante (Portal energia, 2019).

A eficiência representa sempre um rácio entre o output e o input de um sistema. O output calculado será a energia elétrica que o sistema produz enquanto que o input será a energia fornecida ao sistema para o propósito do mesmo. O cálculo da eficiência para este tipo de sistemas é altamente complexo sendo que para uma aproximação é utilizada a eficiência máxima. A eficiência depende de variadíssimos fatores como a temperatura ambiente, a radiação ou o espetro da radiação incidente. A eficiência máxima é calculada em condições altamente favoráveis e controladas num laboratório e representa o rácio entre a energia produzida pelo painel e o produto da área do mesmo com a energia incidente (em unidades de densidade de energia incidente).

$$\eta = \frac{P_{max}}{E \times \text{Área}}$$

Figura 2.3 equação de eficiência

Custo energético

O custo deste tipo de energia está relacionado com a eficiência da tecnologia, uma vez que a eficiência da mesma tem vindo a aumentar o custo tem por isso acompanhado essa tendência.

Uma das grandes vantagens da energia fotovoltaica é o facto do seu custo ser muito baixo uma vez que a produção de raios solares não implica qualquer tipo de exploração. Estes sistemas incluem ainda assim custos de investimento inicial, no material e instalação, assim como custos de manutenção. Estes custos têm vindo a decrescer significativamente com o aumento de produção de painéis a nível global e com o desenvolvimento de tecnologias mais eficientes. O facto de a energia fotovoltaica ser cada vez mais utilizada tem vindo a contribuir para um decréscimo abrupto do custo da energia produzida através desta tecnologia o que permite com que esta seja já comparada com outras fontes de energia no capítulo do custo por unidade de energia.

A diminuição do custo dos painéis influencia em grande ordem o custo final da unidade de energia uma vez que os custos envolvidos em projetos de produção fotovoltaica são em grande parte apenas o investimento inicial. O custo inicial em instalações deste género por unidade de energia tem por isso diminuído significativamente atingindo valores de 1200 dólares americanos por quilowatt (IRENA, 2019) sendo que em 2010 estes mesmos custos eram superiores a 4500 dólares. Este custo de instalação está ligado a um LCOE (*levelized cost of energy*) de 37 cêntimos do dólar em 2010 tendo sido diminuído para os oito cêntimos em 2018.

As perspetivas de custos no futuro são também de que estes valores diminuam significativamente. A agência internacional para as energias renováveis prevê que o custo de instalação por quilowatt seja tão baixo quanto 165 dólares em 2050 e representando por isso um LCOE inferior a 0,01 USD/kWh.

Estes valores tornam esta tecnologia altamente competitiva mesmo quando comparada com outras mais maduras e estabelecidas no mercado. Também por aqui se vê a importância na realização de estudos deste género em diferentes períodos temporais visto que a variável custo evolui e isto pode significar que projetos anteriormente inviáveis por razões financeiras possam ser agora atrativos.

2.3.2 Energia eólica

A energia eólica é produzida através do aproveitamento da energia cinética do ar em movimento (denominado vento). Esta energia passa pelo aproveitamento da deslocação de massas de para a produção de energia mecânica ou elétrica.

A energia eólica é hoje utilizada para produzir energia elétrica através de complexas estruturas concebidas para aproveitar ao máximo as massas de ar que atravessam o volume ocupado por essas mesmas estruturas, ainda assim a utilização da energia eólica nem sempre foi assim. A energia eólica foi inicialmente utilizada para transformar a mesma em energia mecânica. A utilização de superfícies que captam estes deslocamentos de massas e que conseqüentemente forçam um deslocamento ou um trabalho. Este fenómeno é utilizado em moinhos para a moagem de cereais ou em embarcações designadas por veleiros por exemplo.

Para a geração de eletricidade existem vários tipos de geradores no mercado sendo que as características de cada um é dependente da aplicação que se queira dar a este mesmo gerador. O gerador comum é composto por uma torre que suporta as hélices e o gerador e que proporciona uma maior qualidade de vento para as hélices, uma vez que para uma altura superior corresponde uma qualidade melhor de vento. No topo da torre encontra-se um gerador que é responsável pela transformação da energia cinética do vento em energia elétrica. Este gerador encontra-se acoplado a um conjunto de hélices responsável por fazer com que o gerador produza energia elétrica através do movimento das mesmas.

Esta tecnologia está também altamente madura sendo já utilizada em vários países para suprir as necessidades energéticas dos mesmos. Em Portugal a situação não é diferente e um bom aproveitamento das condições topográficas e meteorológicas tem sido feito por forma a que se produza energia de forma mais eficiente. O início da conceção de parques eólicos remonta ao início do século onde a potência instalada era pouco superior á centena de MW sendo que de

momento essa potência é superior a 5000 MW. Estas centrais produzem em número aproximadamente um quarto das necessidades elétricas nacionais sendo que aproximadamente 15% da produção eólica nacional é exportada (REN).

A grande evolução neste sector tem sido o dimensionamento das pás assim como o aumento da altura das torres. Estas alterações têm tido como consequência um aumento de produção por aerogerador aproveitando assim da melhor maneira o potencial energético do vento. Os geradores encontram-se divididos consoante a sua capacidade de produção. A capacidade de produção de cada gerador influencia diretamente o seu tamanho, geradores de maior capacidade necessitam de torres com maior altura e pás com maior tamanho e o oposto para geradores de menor capacidade.

Benefícios da energia eólica

A energia eólica apresenta vários benefícios sendo o mais relevante o facto de ser uma energia renovável que não apresenta malefícios para o meio ambiente consoante a sua produção.

O facto de a energia eólica não produzir qualquer tipo de poluente e de criar poucos ou nenhuns desequilíbrios no sistema em que está inserido representa um grande motivo pelo qual esta energia deve ser explorada. A energia eólica é especialmente benéfica para a água, quando em comparação com outras fontes de energia, uma vez que não é necessária a poluição de massas de água para que esta se produza mesmo no caso de produção offshore (produção de energia eólica em que os geradores estão localizados no mar).

Outro grande benefício da energia eólica prende-se com o facto de a mesma apresenta custos baixos. O custo de produção é inexistente sendo contabilizado apenas o custo de investimento inicial e o custo de manutenção dos geradores. O valor do investimento inicial é o custo da instalação das estruturas assim como o custo das mesmas, este valor pode ser considerado elevado uma vez que as estruturas são por vezes de grande dimensão, mas considerando que a produção não representará custos (o custo do combustível desta tecnologia (o vento) é zero) este valor poderá ser rentável num projeto concebido para um período de tempo longo. Os custos de manutenção desta tecnologia são naturalmente baixos uma vez que um gerador eólico não implica grande manutenção.

A energia eólica é também detentora de uma característica que a torna perfeita no momento de a complementar com a energia solar que é o facto de a mesma funcionar de maneira mais eficaz no período da noite. Foram feitos vários estudos que precisaram que a intensidade do vento é superior no período noturno o que faz com que esta fonte seja capaz de produzir energia neste período de forma a compensar a falta de produção das instalações fotovoltaicas.

Desvantagens da energia eólica

Como em qualquer fonte de energia a eólica representa também algumas desvantagens que fazem com que esta não possa satisfazer todas as necessidades.

A grande desvantagem desta fonte energética está relacionada com a dificuldade em ajustar a produção com a procura. A eletricidade produzida através desta tecnologia está relacionada em quantidade e no momento com o vento o que limita a utilização desta eletricidade fazendo com que só seja possível consumir a mesma em alturas em que o vento tenha intensidade suficiente.

Esta limitação por si só faz com que as inclusões destas soluções em projetos de geração sejam diminutas. Ainda assim outra das razões que diminui o nível de atratividade desta solução é o facto de ocupar grandes dimensões e ser uma tecnologia ruidosa. Se por um lado a produção de energia utilizando o vento como fonte não representa qualquer tipo de poluição ambiental o mesmo não é verdade no capítulo da poluição ruidosa. Os movimentos das pás em conjunto com o gerador provocam um ruído em geradores de grande dimensão o que impossibilita a colocação de geradores desta natureza em localidades contíguas com locais de habitação.



Figura 2.4 -Gorlov wind turbine (gorlov, SOLID WORKS , by Jean Paul)

2.3.3 Energia hídrica

A energia hídrica é, tal como o nome indica, toda a energia que seja produzida como consequência da movimentação de massas de água. Esta é também considerada uma energia renovável uma vez que utiliza a energia cinética da água para produzir eletricidade.

Esta energia começou por ser aproveitada e moinhos hídricos onde a energia cinética da água era utilizada para gerar energia mecânica através do movimento de um moinho inserido no corpo de água em movimento. A utilização desta tecnologia evolui para a conversão em energia elétrica sendo que hoje é a energia renovável com maior potência instalada. A produção anual desta energia é dependente das necessidades e das condicionantes associadas à movimentação de águas nos locais onde os geradores estão instalados.

Esta energia apresenta valores desfasados, num contexto mundial, entre a instalação de maior potência e uma maior produção de eletricidade. Este facto deve-se a esta energia não depender exclusivamente apenas da instalação de maior potência como também de outras variáveis que fazem com que não seja gerada energia em momentos de passagem de massas de água. Este facto é explicado uma vez que a água é um bem essencial e o seu curso deve ser respeitado, sendo por isso possível a manutenção total da água apenas para produção de energia.

A potência mundialmente instalada desta tecnologia tem vindo a crescer com o passar dos anos, mas a produção de eletricidade tem variado, mas não crescido a um ritmo constante. Este facto é explicável pelo facto mencionado anterior (curso natural das águas) e pela necessidade de conjugar este fator com os momentos de necessidades energética. Ao contrário das outras energias renováveis, a energia hídrica, tem apresentado valores de produção não crescentes. A produção de energia hídrica nos últimos 20 anos teve um mínimo no ano de 2005 no valor de 5000 GWh e um máximo de 16000 GWh em quatro anos distintos (2003, 2010, 2014, 2016). Estes anos não correspondem a anos em que a potência instalada era maior, mas sim a anos onde esta tecnologia foi utilizada de maneira mais efetiva.

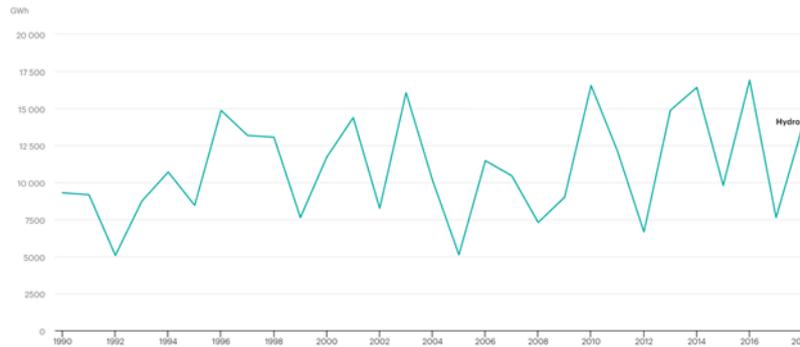


Figura 2.8 Energia hídrica produzida anualmente em todo o mundo (gWh/ano) (IEA , 2019)

Esta representação aborda desde já uma grande limitação desta fonte de energia, esta limitação prende-se pelo facto de o “combustível” utilizada para que se produza energia ser a água e o movimento deste por vezes não pode ser restringido. A energia hídrica utiliza um componente importante da estabilidade do ambiente e por isso é da máxima importância não criar desequilíbrios nos fluxos naturais de água existentes. As grandes barragens estão instaladas em locais de grandes fluxos capazes de gerar grandes quantidades de eletricidade, mas dada a importância em manter esses fluxos ativos por vezes é necessário permitir que o fluxo aconteça em momentos em que não é necessário produzir energia, desperdiçando por isso um potencial energético.

A energia hídrica necessita por isso de um fluxo de fluidos em movimento para que se possa gerar eletricidade este fluxo é geralmente causa de uma diferença de alturas (H) que obriga esta massa a deslocar-se para o ponto de menor altura. Esta altura é denominada de Queda sendo um dos principais dados a ser utilizados no momento do cálculo do dimensionamento de uma central hídrica.

Parâmetros utilizados no dimensionamento:

- Queda, H (m): representa a altura da queda da água sendo a responsável pela energia potencial que posteriormente é transformada na energia cinética responsável pela produção elétrica. Esta variável varia em concordância com a energia produzida uma vez que uma maior queda representa uma maior energia potencial.

- Vazão, Q (m^3/s): representa o volume de fluido que atravessa uma secção por unidade de tempo. Esta variável varia em concordância com o valor de energia produzida, isto porque uma maior vazão representa uma maior massa que tem como consequência uma maior energia cinética.

- Eficiência da turbina, η (%): esta variável reflete a capacidade da turbina em transformar a energia cinética do fluido que atravessa a mesma em energia elétrica. Uma turbina com maior eficiência simboliza uma maior produção elétrica.

- Densidade do fluido, ρ (kg/m^3): a densidade do fluido equivale á massa por unidade de volume. Em situações de produção de energia hídrica a densidade normalmente é a da água ($1000 kg/m^3$).

Potência: $P = \eta \times (\rho \times Q)g \times H$

Onde g representa a gravidade exercida sobre o fluido.

Energia produzida: $E = P \times FC \times ht$

Onde FC representa o fator carga (rácio entre horas de funcionamento sob horas totais) e ht simboliza o número de horas anual.

Vantagens e desvantagens da energia hídrica:

Vantagens

Renovável e limpa: A caracterização desta energia como renovável reflete o facto de a mesma não utilizar recursos finitos o que é uma grande vantagem da mesma. A não utilização destes recursos traduz-se numa ausência de poluição.

Fiável: Esta energia pode ser confiável no sentido em que para determinados inputs podemos determinar de imediato os valores de energia produzidos sem depender de muitas variáveis incalculáveis e imprevisíveis.

Flexível: A energia hídrica permite ajustar a produção de energia consoante as necessidades sendo também possível iniciar ou terminar, num curto espaço de tempo, a produção de energia.

Segurança: A produção de energia hídrica é considerada segura quando em comparação com outras fontes existentes ao dia de hoje.

Armazenamento de energia: Uma característica da energia hídrica é a facilidade com que é possível para de produzir energia encerrando as passagens da água e fazendo com que o “combustível” desta fonte (água) se acumule a montante, estando este depois disponível para os momentos em que seja necessário produzir energia. Esta capacidade é muito valiosa no momento de construir um *mix* energético uma vez que é possível utilizar energia produzida nas outras fontes, que não é necessária no momento, para bombear água e armazenar a mesma.

Desvantagens

Custo inicial: O custo inicial de um projeto de energia hídrica é quase sempre bastante elevado. Estes projetos envolvem, na maioria, grandes conceitos de engenharia civil capazes de suportar massas de água.

Dependência de efeitos atmosféricos: A capacidade de gerar energia da maioria destes projetos depende de fluxos naturais dependentes dos ciclos da água. Sendo certo que no presente os fenómenos atmosféricos são cada vez mais extremos, e que com isto são cada vez mais habituais grandes períodos de seca, pode acontecer que não existam fluxos disponíveis para a produção de energia.

Limitado á disponibilidade de massas de água: A grande desvantagem desta tecnologia é a dependência de grandes massas de água adjacentes. Se no local não existir uma massa de água que circule naturalmente (ex. rio) não é possível produzir este tipo de energia.

2.4 Comunidades de energia e soluções existentes

Com a população mundial em crescente, com esse aumento a dar-se em grande parte nas zonas urbanas, e com o crescimento das necessidades energéticas a acompanharem este crescimento tem-se procurado descarbonizar estas zonas para que se possa enfrentar o problema das alterações climáticas.

A descarbonização das cidades é uma área de grande interesse dado o facto destas áreas serem responsáveis por grande parte dos gases libertados. O facto destas áreas serem locais de grandes densidades populacionais, de condensarem transportes e de albergarem na mesma zona tanto estruturas de habitação como empresárias fazem das mesmas grandes consumidoras de energia. Estas necessidades energéticas por serem de grande densidade e de grande quantidade são difíceis de satisfazer sem a utilização de combustíveis fósseis. O valor de consumo destas áreas é previsto aumentarem uma vez que a percentagem de população a habitar nestes centros citadinos também é previsto que aumentem.

Um estudo revela que a percentagem de habitantes a residir em cidades irá aumentar de 50% para 68% (UN, 2018) o que irá representar uma ainda maior necessidade energética para estas zonas e numa altura em que se pretende diminuir o consumo de combustíveis fósseis é de maior urgência a procura de soluções para estas zonas em específico.

Em zonas citadinas, como foi mencionado, a libertação de gases poluentes é feita através de diversos sectores sejam eles, o transporte, o sector empresarial e o sector habitacional. Este trabalho será focado no sector habitacional sendo que é do maior interesse conhecer quais são as soluções utilizadas para os outros sectores analisando se poderão ser transversais a todos os setores ou não. São por isso revistos estudos sobre esta temática para que se possa entender em que estado estão as soluções existentes e para conhecer quais os problemas enfrentados pelas cidades que estão a tentar atingir o nível de carbono zero.

Comunidades de energia existentes

Para que a transição energética seja feita de maneira mais eficiente são criadas comunidades energéticas. Estas comunidades podem surgir de variadas maneiras sendo que o objetivo é a aproximação à neutralidade carbónica mantendo a atividade económica, satisfazendo as necessidades das famílias, garantindo o serviço de abastecimento e a estabilidade da rede..

A Escócia foi pioneira na criação destas comunidades, em 2011 estabeleceu o objetivo de instalar uma capacidade de 500 MW de fontes de energia renovável e descentralizada. Em 2015 este patamar foi ultrapassado sendo que foi estabelecido de novo o patamar dos 2 GW de potência instalada até 2020 (European Commission, 2020).

Em Barcelona uma comunidade energética diferente surgiu. Esta comunidade passa pela maior intervenção da população nas decisões ligadas à criação de fontes de energia na cidade. Esta comunidade permite dar o ónus da decisão sobre a implementação destas fontes à população (European Commission, 2020). Esta iniciativa tem o nome de “decidim” sendo que através desta iniciativa já foi construída a primeira cooperativa energética da Catalunha.

Comunidade carbono zero

Uma comunidade carbono zero pode ser definida como uma comunidade onde o valor de emissão de carbono é neutro. Isto significa que a comunidade é responsável por produzir energia, sem a libertação de carbono, em valor igual á que consome em todas as atividades praticadas dentro desta mesma comunidade. Todas as atividades responsáveis pela libertação de gases de efeito de estufa devem ser substituídas por alternativas que não libertem esses

mesmos gases, isto significa que para a produção de energia os combustíveis fósseis devem ser substituídos por tecnologias capazes de produzir por energias limpas.

Estas comunidades podem ser concebidas do ponto zero como podem florescer de comunidades já existentes alterando hábitos. A cidade de Dongtan (China) tem sido um caso de estudo para a implementação de uma comunidade ecológica sendo que foram definidos alguns princípios fundamentais para que este nível seja obtido, sendo alguns desses princípios os seguintes:

- Criar zonas verdes;
- Revisão da mobilidade;
- Apoiar a agricultura local;
- Promover a reciclagem e a conservação dos recursos;
- Trabalhar com as empresas para incentivar negócios ecologicamente viáveis.

Este trabalho é focado no sector habitacional e por isso para que este sector possa ser integrado numa comunidade carbono zero é necessário que o mesmo produza a energia que necessita sem que liberte gases responsáveis pelo efeito de estufa. Este nível de independência energética não é fácil de atingir sendo que já foram realizados vários estudos e implementados vários projetos que demonstram isso mesmo. Na secção seguinte são apresentados alguns exemplos de estudos focados na independência energética no setor habitacional e são relevadas dificuldades e soluções para a implementação destes projetos.

Astypalaia

A imagem de uma estrutura energeticamente independente pode ser comparada com uma ilha onde não é possível consumir energia produzida fora do terreno da mesma. Esta necessidade de atingir a autossuficiência energética é por isso muitas vezes necessária nestes locais onde as especificidades geográficas não permitem trocas energéticas com as redondezas. A ilha de Astypalaia consome energia através da queima de combustíveis fósseis no local sendo que o transporte destes combustíveis até á ilha implica um grande encargo financeiro. Numa procura de diminuir estes encargos e de aumentar tanto a independência da ilha como o seu nível ecológico foi realizado um estudo para analisar a possibilidade de conceber um mix energético mais favorável (Maria Chalakatevaki , 2017)

Esta ilha é habitada por 1300 habitantes e tem uma área de $97km^2$, é uma ilha onde a grande atividade financeira está relacionada com o turismo e por isso o pico horário de consumo encontra-se em pleno mês de Agosto com um valor de 2,2 MWh sendo o consumo anual é de 6250 MWh. Para iniciar este trabalho foram levantados os dados relacionados com as energias renováveis que poderiam ser instaladas aproveitando as características locais e foram por isso medidas as informações relevantes relacionadas com a produção de energia solar, hídrica e eólica. A simulação realizada utilizando apenas estas formas de energia (denominadas de *weather-related energies*) levou á conclusão de que para uma instalação capaz de produzir a energia necessária em número, levaria a uma falha de 40% causada pelo desencontro entre os períodos de consumo e de produção. Ficou também registado que, para um modelo que utilizasse apenas estas energias, atingir o encontro entre a produção e o consumo não seria nunca possível sendo que soluções que se aproximassem o máximo possível eram também soluções que representavam um grande energy surplus (sendo que numa ilha esta energia seria desperdiçada) e uma potência instalada desproporcional ao tamanho da ilha. A primeira solução encontrada pelo autor foi adicionar fontes de energia que pudessem ser ajustadas consoante o consumo momentâneo (denominadas de *governable renewable energies*) como a biomassa e a energia geotérmica. A inclusão destas fontes de energia revelou uma melhoria uma vez que poderiam ser utilizadas nos momentos de maior procura, mas ainda assim não garantiam uma taxa de sucesso que permitisse a autossuficiência da ilha.

A solução final incluía a implementação de uma bomba capaz de bombear água do mar para o topo da ilha utilizando desta forma o excesso de energia e disponibilizando o mesmo para momentos de maior consumo com uma taxa de eficiência de 75%. Esta solução apresentava um orçamento de 10 milhões de euros em contrapartida com o custo anual da energia de 500 mil euros. Este orçamento contemplava duas turbinas eólicas de 75 metros, 3800 metros quadrados de painéis fotovoltaicos, 2 coletores de energia proveniente das ondas, uma turbina eólica pequena a colocar na barragem e uma central de biomassa que teria de ser fornecida com 180 toneladas por ano.

Utrecht

Um estudo realizado em Utrecht por Robin Berg (2015) tornou possível com que o seu bairro (Lombok) aproveitasse da melhor maneira a energia produzida através dos painéis fotovoltaicos existentes na cidade. Esta solução, como deve acontecer sempre, tentou alienar as características do local e o enquadramento existente no momento para que se possa aproveitar as energias renováveis da maneira mais eficiente. Em Utrecht a utilização de painéis fotovoltaicos aumentou sendo que, como na maioria dos casos, a energia utilizada era apenas aquela que correspondia à produzida quando a necessidade existia. Ao mesmo tempo aumentava o número de carros elétricos na cidade assim como a utilização do *carsharing*.

A combinação destes dois fatores fez com que se iniciasse o desenvolvimento de um modelo onde a combinação entre a produção elétrica (PV) e os veículos elétricos tenha muita importância. A base deste projeto passa por utilizar a energia armazenada nos veículos elétricos para abastecer as habitações. Os veículos encontram-se em zonas de carregamento sempre que estão parados sendo que durante o período onde se está a gerar energia fotovoltaica estes estão em carregamento, já nas alturas em que esta energia não pode ser produzida os veículos fornecem energia para as habitações. Na imagem seguinte está representado o problema do consumo direto da energia fotovoltaica, neste caso a energia fotovoltaica não é aproveitada sendo que o pico da produção está temporariamente desencontrado do pico do consumo.

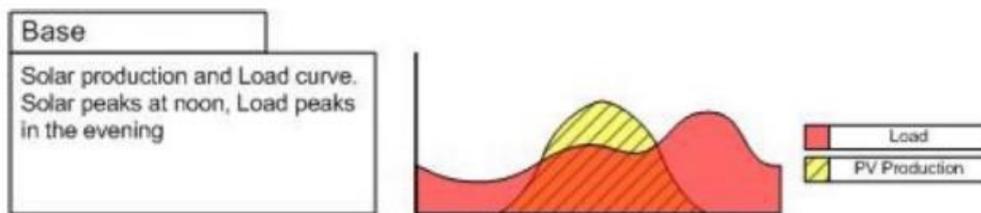


Figura 2.5 Consumo energético e da energia solar (Berg, 2015)

Na figura 2.6 está representada a solução da utilização dos veículos elétricos para armazenar a energia produzida para que posteriormente seja consumida.

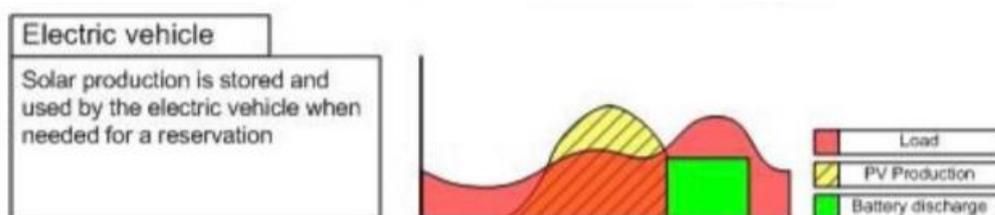


Figura 2.6 Consumo de energia com a solução da utilização de EV (Berg, 2015)

Como é visível nas figuras 2.5 e 2.6 esta solução permite um maior aproveitamento da energia renovável diminuindo assim as necessidades energéticas no momento de maior consumo. Para que isto aconteça, no bairro onde o estudo foi efetuado, é necessário que estejam 20 carros

ligados á rede no momento de produção e no momento de consumo. No relatório apresentado pela empresa responsável pelo projeto (LomboXnet) a energia renovável produzida no local foi utilizada para carregar os veículos e para posteriormente abastecer as habitações em 87% das vezes (Berg, 2015).

Eficiência do armazenamento de energia ligado a sistemas PV para habitações

Os mais recentes estudos no setor do armazenamento de energia para o sector residencial revelam algumas preocupações, sobretudo tendo em conta o aspeto financeiro. A instalação de soluções de armazenamento de energia em habitações é da maior importância para que se possa aproveitar da melhor maneira a energia produzida através das tecnologias renováveis. A não utilização da energia produzida através destas tecnologias significa que a mesma ou é desperdiçada ou é injetada na rede para que possa ser consumida noutra local. Apesar de a segunda opção aparentemente não levantar qualquer problema a realidade é que o momento em que estas energia mais produzem não é o momento em que as necessidades são maiores sendo que se em todos os centros de produção a energia fosse libertada para a rede iria existir um excesso de energia disponível.

Num trabalho recente apresentado por Christoph Goebel (et al, 2017) é possível compreender a dificuldade em viabilizar a instalação de baterias para habitações uma vez que a vertente financeira não parece ser viável. A realidade apresentada neste estudo, que incorpora um grande número de variáveis, relata que existe uma grande dificuldade em defender o armazenamento de energia em habitações devido ao elevado custo e ao curto tempo de vida das baterias. O estudo é feito com base nas baterias de iões de lítio e conclui que para que seja atingido um sistema economicamente viável este deve ser de pequenas dimensões o que restringe também o sistema produtor de energia. Este estudo é realizado com a premissa de que o custo inicial da bateria seria de 800 EUR/kWh sendo que mesmo dividindo este valor em metade (400 EUR/kWh) só seria possível atingir um patamar economicamente viável para valores próximos de 1kWh, valores esses que são muito inferiores às soluções apresentadas para abastecer uma casa (a tesla powerwall tem uma capacidade de armazenamento de 6.4kWh) (Goebel, et al, 2017).

Ainda assim Goebel (et al, 2017) conclui dizendo que prevê grandes evoluções no custo destas soluções (o trabalho data de 2017) e que esta noção de viabilidade pode alterar consoante a localização geográfica uma vez que mesmo dentro da Alemanha a rentabilidade destas soluções variou de grande maneira. Esta alteração de valores prende-se com o facto de aliada a uma localização geográfica temos diferentes valores de exposição solar e naturalmente quanto mais favoráveis forem estes valores então mais favoráveis são também os valores respetivos ao armazenamento e produção de energia. Este estudo foi também realizado numa altura em que a energia produzida através da tecnologia PV e injetada na rede era suportada através de *feed in tariffs* o que também contrabalança a decisão económica em armazenar ou injetar na rede. Em anos posteriores e em localidades onde este subsídio não exista será de esperar que os resultados sejam mais equilibrados e possam suportar de maneira mais equilibrada a opção de armazenar a energia.

3 Caso de estudo

3.1 Bairro Marechal Carmona

A base de estudo deste trabalho é a reestruturação do bairro Marechal Carmona. O bairro está situado na freguesia de Cascais na zona das Fontainhas em Portugal. Este bairro foi construído na década de 50 sendo hoje caracterizado como um bairro do Estado Novo. Na época de construção deste bairro o objetivo passava por concentrar aglomerados de pessoas num local adjacente a Lisboa. Foram por isso construídas habitações de maneira aglomerada (para os padrões da altura) de forma a poder servir de residência para uma população com a necessidade de estar próxima de Lisboa (Silva, Gonçalo 2019)

Os bairros concebidos nesta altura apresentam como característica principal a sua estrutura geométrica simples e organizada. O bairro é composto por edifícios de habitação de piso único ou duplex. Estes edifícios foram construídos em 1946 (um piso) e em 1954 (2 pisos) e por isso já apresentam sinais de degradação avançada.

Com o principal objetivo de servir a população com residências este bairro foi projetado sem a inserção de estruturas para serviços, tendo apenas uma escola primária e um infantário. Esta falta de serviços tem vindo a fazer com que a procura do mesmo por parte de gerações mais novas seja menor. O aumento pela procura de habitação no local, assim como o aumento das famílias que já lá residiam, levou a que várias construções clandestinas fossem erguidas sendo estas hoje um traço característico notório para quem visita o bairro. Estas construções degradam a movimentação dentro do bairro criando por vezes ruas sem saída e vias onde a largura das mesmas não é hoje suficiente para que duas viaturas circulem. Estas características do bairro são possíveis de observar no conjunto de imagens representados em seguida.



Figura 3.1 vista aérea do Bairro (google maps, 2020)



Figura 3.2 fotografia do Bairro (google maps,2020)



Figura 3.3 Fotografia do Bairro Marechal Carmona (google maps , 2020)



Figura 3.2 Potencial proposta de intervenção (Fonte: Câmara Municipal Cascais, 2020)

Assim com estas condições o bairro pode hoje ser caracterizado como um bairro com um nível de degradação alto, com uma população envelhecida, sem espaços verdes e com uma geometria disforme quando comparada com o inicialmente planeado. Estas razões levaram a que o executivo da Camara municipal de Cascais considere este bairro como prioritário dentro de um plano de renovação dos bairros locais. A camara permite executar um plano que contemple um novo bairro com uma população superior, que seja capaz de suportar uma economia interna através de vários serviços e que seja autossustentável a nível energético. Dentro do plano desta renovação está prevista a intervenção em mais de cinquenta mil metros quadrados com o objetivo final de conseguir albergar espaços públicos (55%), áreas verdes (11%), equipamentos (13%) e de aumentar o número de habitações de 220 para 460 tal como é descrito no jornal local¹.

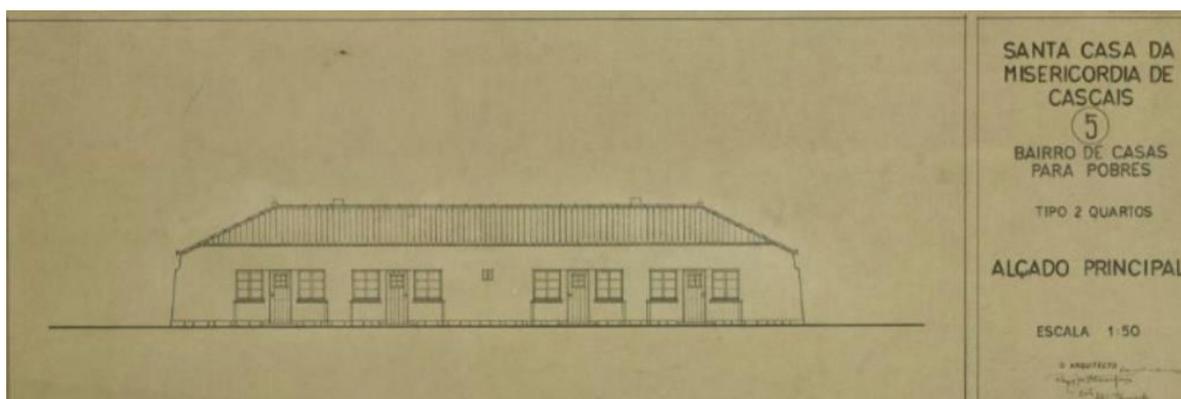


Figura 3.3 Alçado principal de Habitação do bairro Marechal Carmona

Plano arquitetónico universitário

Inserido no plano de renovação do bairro foi oferecida a oportunidade a estudantes da universidade de arquitetura de desenvolverem projetos relacionados com a planificação do futuro do bairro (Autor, data). Esta iniciativa oferecia também a oportunidade de estar envolvido no projeto final sob o efeito de um estágio de 12 meses. Esta iniciativa levou a que vários estudantes realizassem a sua tese de mestrado com este propósito. Estas teses apresentavam soluções para um novo bairro que representa esta nova dinâmica que é objetivo da camara local.

No enquadramento deste trabalho é interessante a consulta destas teses para que sejam perceptíveis as características futuras deste bairro. Este trabalho é, tal como as teses realizadas por estes alunos de arquitetura, um estudo sobre a implementação de uma hipótese, tentando projetar o local e as suas condições no futuro. Nesta tese a dificuldade acrescida encontra-se na inexistência de uma base para que se possa definir as necessidades locais uma vez que as características do bairro atual em nada são comparáveis com aquelas que o mesmo poderá ter no seu futuro.

Estes trabalhos, agora disponíveis para consulta, deixam claro que o bairro no seu futuro irá ser composto por mais espaços verdes, irá fornecer um maior número de serviços e as tipologias das casas não serão alteradas (prédios de um ou dois pisos) sendo o espaço apenas aproveitado de melhor maneira. A não mudança de tipologia dos edifícios é da maior importância para este estudo para que seja possível a conceptualização de soluções sabendo de antemão como são as estruturas às quais queremos fornecer energia.

¹ <https://www.cascais.pt/noticia/cascais-abre-portas-jovens-arquitetos-para-reabilitacao-do-bairro-marechal-carmona>

Projeto de desenvolvimento

O futuro do bairro está delineado nos projetos de arquitetura desenvolvidos, estes projetos apresentam um bairro sustentável, interligado e moderno. O novo bairro marechal Carmona é apresentado nos projetos de arquitetura com uma nova dinâmica mais sustentável onde o bairro apresenta uma base de economia circular. Dentro das dinâmicas apresentadas um dos fatores importantes é a capacidade de o bairro ser autossustentável a nível da energia consumida. Esta autossustentabilidade passa por ser capaz de se produzir em quantidades suficientes para as necessidades que o bairro exige. Para que seja possível delinear uma estratégia capaz de satisfazer o novo bairro é necessário definir o mesmo.

Este novo bairro apresenta 460 habitações sendo que as mesmas estão maioritariamente inseridas em edifícios de dois andares. Podemos com isto é, através dos dados recolhidos sobre a habitação em Portugal, serem utilizados para definir o novo bairro no quadro 3.1 seguinte.

Quadro 3.1 - Características do novo Bairro Marechal Carmona

NOVO BAIRRO MARECHAL CARMONA	
HABITAÇÕES	460
Nº MÉDIO DE HABITANTES POR HABITAÇÃO	3
TOTAL DE HABITANTES NO BAIRRO	1380
ÁREA MÉDIA POR FOGO	107,3 M2
ÁREA TOTAL DOS FOGOS	49358 M2

3.2 Habitação tipo

O caso de estudo em avaliação é qualquer estrutura da tipologia de habitação e por isso estão incluídos prédios e moradias. Em ambos os casos o método de abordagem é o mesmo sendo que todos os dados podem ser convertidos em valores médios de necessidades energéticas por área habitacional para que depois nas soluções finais, estas se diferenciam pelas áreas disponíveis para a implementação de soluções.

A grande diferença na avaliação de implementação de soluções nestas tipologias é a área de topo disponível isto porque para moradias a área disponível corresponde aproximadamente à área habitacional já no caso de um edifício com vários pisos a área disponível no topo é aproximadamente a habitacional de um piso e não a área total de todos os pisos. Isto representa uma proporcionalidade de $\frac{1}{n^{\circ} \text{ de pisos}}$ no que diz respeito a uma comparação de área disponível para soluções por piso quando em comparação com a área que estaria disponível caso cada piso fosse concebido como uma moradia.

No estudo de soluções para energias renováveis o papel desempenhado pela área disponível no topo das estruturas é fundamental uma vez que estas soluções estão sempre limitadas em termos físicos sendo por isto mais conveniente a existência de grandes áreas disponíveis. Isto significa que apesar de a abordagem ser a mesma para ambas as tipologias, no caso dos

edifícios irá existir menos espaço disponível o que representa uma restrição física da qual não se pode fugir e pode por isso ser necessária alguma criatividade ou até a utilização de outras tecnologias que caso existisse espaço não seriam utilizadas.

Para definirmos um caso de estudo temos de definir uma estrutura e nesta tese a estrutura a ser definida são apenas as necessidades energéticas por metro quadrado sendo que depois para se aplicar as soluções serão introduzidos valores específicos para cada caso. Desta forma será possível fazer uma análise macro sobre o estado das energias renováveis assim como será possível conceber soluções para casos mais específicos.

Para a conceção desta estrutura modelo serão utilizados dados com base num inquérito ao consumo em meio habitacional realizado pelo I.N.E. e pela Direção Geral de Energia e Geologia (ICESD,2010). O modelo em estudo vai ser concebido com base em valores médios obtidos neste inquérito com o objetivo de quantificar uma habitação modelo representativa dos consumos praticados em Portugal.

Habitação modelo

A habitação modelo é caracterizada através dos valores médios recolhidos em Portugal ao ano de 2010 sendo que tem como objetivo definir os valores de consumo por área para as diferentes categorias. Estes valores médios de consumo podem depois ser dimensionados e ajustados consoante as características da habitação (área, pisos e habitantes).

A habitação portuguesa é caracterizada por ter em média 2,9 habitantes e por isso será considerado que em média cada habitação tem 3 habitantes. Este valor varia consoante a tipologia da estrutura, mas os valores não variam em quantidade suficiente que justifique não considerar o número de 3 habitantes um valor razoável.

A área média que caracteriza a habitação é também variável consoante a tipologia sendo que o valor médio a utilizar neste parâmetro é de 107,3 metros quadrados. O consumo em meio habitacional deve ser dividido em duas categorias, principalmente quando o estudo tem como finalidade a implementação de fontes de energias renováveis.

As duas categorias a considerar são o consumo de energia em termos da energia elétrica e a energia consumida para o aquecimento de águas sanitárias (AQS). O consumo destas energias está dividido em partes diferentes com o consumo de energia elétrica (77%) a ser mais representativo do que o consumo de energia para AQS (23%) e que representam valores concretos de 23,56 giga joules e 7,44 giga joules por ano por habitação respetivamente.

Estes valores representam um consumo total de 31 giga joules por habitação num período temporal de um ano. Este valor total, e tendo em conta a área média de habitação, representa por isso um consumo médio de $61,8 \text{ kWh/m}^2$ (para energia elétrica) e $18,5 \text{ kWh/m}^2$ (AQS) num período temporal de um ano. Os valores representativos da habitação portuguesa e do consumo realizado nela podem ser consultados no Quadro 3.2. seguinte.

Quadro 3.2 Quadro de características da habitação portuguesa

CARACTERISTICAS	QUANTIDADES
Nº MÉDIO DE HABITANTES POR HABITAÇÃO	3
ÁREA MÉDIA POR FOGO	107,3 M2
CONSUMO TOTAL ANUAL (GJ)	31
AQS (%)	23
ELETRICIDADE (%)	77
CONSUMO ANUAL POR M2	80,25 KWH
AQS (CONSUMO ANUAL POR M2)	18,45 KWH
ELETRICIDADE (CONSUMO ANUAL POR M2)	61,8 KWH

3.3 Habitação tipo do bairro

Para que seja possível conceber um plano energético de abastecimento para uma estrutura é também necessário definir a mesma em termos físicos para que fique claro quais as condições físicas que vão limitar o espetro das nossas soluções.

A necessidade de projetar uma habitação representativa deste bairro é explicada com a necessidade de estudar as limitações físicas das soluções e ver se as mesmas são compatíveis com as condições do futuro bairro. Esta habitação vai servir como referência para as habitações que irão formar o bairro e, apesar de este ser composto por habitações de diferentes tipologias e até por estruturas com várias habitações e vários pisos, o bairro, no enquadramento deste projeto, será composto apenas por habitações iguais a esta conceptualizada.

O projeto do futuro bairro ainda não está finalizado e por isso não é possível conceber a habitação tipo de acordo com o que um futuro projeto representa e por isso foram utilizados projetos realizados por alunos da Universidade de Arquitetura de Lisboa. A estes foi entregue um caderno de encargos para que concebessem o futuro do bairro de acordo com aquelas que são as necessidades deste bairro e de acordo com as expectativas de expansão do próprio bairro. O grande interesse na consulta destes trabalhos para a conceção desta habitação é perceber se a tipologia dos edifícios se altera muito em comparação com a existente devido á expansão que o bairro vai sofrer. Seria de esperar que uma comunidade, que é constituída por habitações de um piso e de dois pisos, que vai ser agora residência de mais pessoas terá de ser obrigada a alterar a sua constituição de estruturas para uma construção com mais pisos para habitação.

Área

A área desta habitação será a mesma que é referida como área média para as habitações portuguesas (107,3 m²). Este valor será utilizado para que se respeitem os valores de energia

necessários por unidade de área. Sendo que o bairro é parte integrante do País então faz todo o sentido considerar que a área média de habitação do bairro tomará valores aproximados daqueles que são apresentados para valores médios nacionais.

Habitantes

O número de habitantes a considerar será o número de habitantes médios da habitação portuguesa (2,7).

Limites físicos

Esta é a grande razão pela qual a conceptualização desta habitação é de extrema relevância pois este parâmetro irá delimitar as soluções a implementar no decorrer do projeto.

Os limites físicos das habitações futuras deste bairro não podem ser especificados uma vez que ainda não está disponível um plano definitivo do projeto. A grande importância deste parâmetro é perceber quais seriam as disponibilidades ao nível das áreas no topo dos edifícios tendo em conta que estas áreas são de extrema importância na implementação de soluções para energias renováveis.

Este bairro vai sofrer um grande aumento no número de habitantes e quando este número se altera, sendo que a área disponível para construção se mantém, é natural que a construção do tipo vertical aumente.

A necessidade de dar habitação a um maior número de pessoas sendo que a área disponível para construção se mantém a mesma leva a que se construam habitações num modelo de prédios que consigam inserir mais pessoas para uma pequena área.

Este tipo de construções diminui a área disponível para a instalação de soluções que possam disponibilizar energia para a mesma. Isto acontece porque a área disponível no topo para uma habitação de X pisos será igual à área disponível para um prédio de Y pisos desde que a área de construção seja a mesma.

Assim a área disponível irá ter de abastecer, energeticamente, diferentes áreas de habitação, sendo que para prédios com um número maior de pisos irá corresponder uma área disponível, para implementação de soluções, menor por área de habitação. É por isso de extrema importância definir esta área disponível uma vez que para o cálculo das dimensões das soluções será utilizada a variável energia consumida por unidade de área.

Para que seja possível conceber uma aproximação do que será a habitação futura deste bairro foram consultados alguns projetos arquitetónicos deste bairro. Nestes projetos é possível observar que a tipologia dominante das habitações será o edifício de dois pisos. Ao contrário do bairro existente onde várias habitações são vivendas de piso único o mesmo não irá ser possível nesta nova versão deste bairro. Nas imagens seguintes estão representadas algumas habitações presentes nestes projetos que serviram de referência para os limites físicos destas habitações.

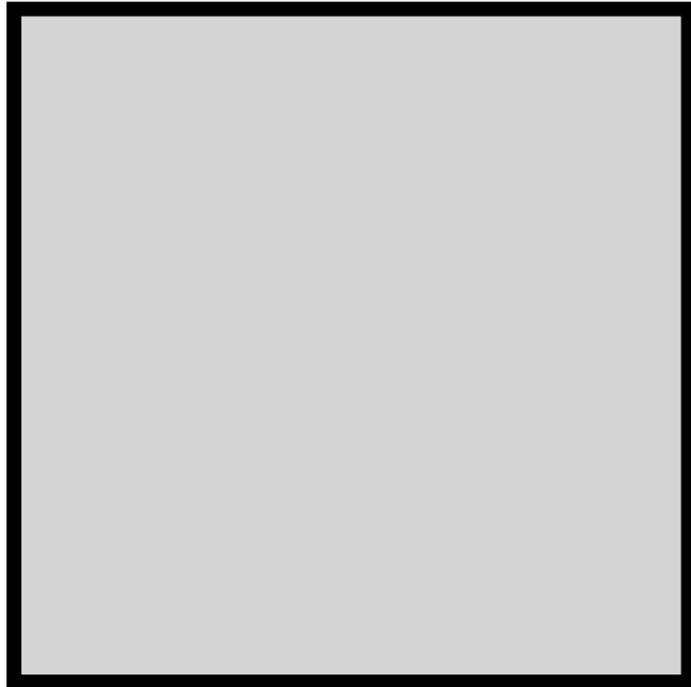


Figura 3.4 imagens representativas das futuras habitações do bairro (André, 2019)

Considerando estas representações da habitação futura podemos considerar a habitação modelo do bairro como tendo dois pisos e uma área de 107,3 metros quadrados. A área disponível de topo será por isso de 53,65 metros quadrados.

Vista de topo da habitação

Área : 53,6 m²



■ Área disponível

Figura 3.5 Representação da vista de topo da habitação

Na figura 3.5 está representado o topo da habitação tipo onde podem ser instaladas soluções para geração de energia. Para o propósito do trabalho foi definida a forma quadrangular como representação do topo da habitação, mas esta forma é apenas exemplificativa sendo que o modelo é aplicável para qualquer outra forma.

3.4 Necessidades energéticas

Este estudo tem como principal objetivo o planeamento de uma estratégia capaz de satisfazer as necessidades energéticas de uma comunidade através da utilização de energias renováveis. Para que se possa estabelecer uma estratégia é necessário perceber primeiro quais são as necessidades às quais devemos atender. Nesta secção serão calculadas as necessidades energéticas das habitações a satisfazer no bairro Marechal Carmona.

Através dos dados anteriormente apresentados já foi possível calcular as necessidades energéticas médias por unidade área para uma habitação tal como foram definidas as características da nova versão do bairro. O cálculo das necessidades a serem respondidas passa pelo cruzamento de dados da realidade portuguesa com aqueles que foram admitidos para esta comunidade. A realidade desta nova localidade em Cascais não é homogénea sendo que nos vários projetos apresentados o tamanho e a morfologia das habitações é variável, ainda assim a aplicação de valores médios para cada uma dessas habitações permite-nos alcançar uma base de valores razoáveis para este estudo.

Para se calcular as necessidades energéticas foram utilizados os valores necessários por habitação e depois multiplicar os mesmos pelo número de habitações inseridas no bairro. A habitação média definida previamente serve como referência de necessidades do bairro mesmo que as habitações deste mesmo bairro sejam, na realidade, de tipologias e áreas variadas. No cálculo final o facto de se terem utilizado valores médios permite que se calculem as necessidades energéticas para os metros quadrados construídos para habitação uma vez que a área total construída será similar á soma de áreas médias de habitação.

Neste bairro serão construídas 460 habitações, sendo a área média por habitação de 107,3 metros quadrados, então a área total de construção será de 49358 metros quadrados. Consultando os valores apresentados anteriormente podemos aferir que por cada metro quadrado para habitação teremos um consumo anual de 18,45 kWh por metro quadrado para AQS e 61,8 kWh por metro quadrado para eletricidade. Isto significa que para o total da área construída teremos um consumo total de energia igual á multiplicação destes consumos por unidade de área pela área total construída. As necessidades energéticas anuais do bairro para as estruturas de habitação são por isto de 3,0503 GWh (eletricidade) e 0,9107 GWh (AQS) o que faz um total de 3,96107 GWh.

3.5 Potencial de aplicação das tecnologias

Energia solar térmica

Dentro do estudo realizado esta fonte de energia representa um grande potencial de utilização. Esta tecnologia está altamente madura para infraestruturas como a que vai ser estudada sendo por isso impossível ignorar a mesma. Esta irá ser a fonte responsável pelo aquecimento de águas sanitárias consumidas pelas habitações estudadas posteriormente. De revelar a posição privilegiada das habitações onde esta tecnologia vai ser estudada sendo que o nosso país é, na sua totalidade ,privilegiado no que diz respeito á exposição solar.

Energia solar fotovoltaica

O potencial da integração desta tecnologia no estudo de uma solução para a infraestrutura estudada é muito elevado. Este alto grau de potencial deve-se ao facto de toda a envolvimento proporcionar a utilização desta tecnologia assim como existir uma possibilidade de a avaliação financeira fazer sentido uma vez que os custos associados a esta tecnologia terem vindo a ser cada vez menores.

Energia eólica

Tal como foi mencionado esta tecnologia apresenta a desvantagem de produzir ruído e de necessitar de grandes áreas para que se produzam grandes quantidades de energia, isto significa que para uma implementação de geradores eólicos nesta conjuntura será necessário dimensioná-las para que não afetem o conforto das habitações anexas. Assim no enquadramento deste trabalho terá de ser posteriormente avaliada a possibilidade da aplicação desta tecnologia consoante as áreas disponíveis.

Energia hídrica

A potencialidade de inclusão da tecnologia hídrica num projeto de fornecimento de energia está altamente limitada pela proximidade de uma massa de água ou de uma topografia que permita a movimentação de um fluido naturalmente sob o efeito da ação de gravidade

Os projetos que tornam possível transformar as correntes de líquidos em energia elétrica costumam ser de grandes dimensões e representam grandes investimentos iniciais, não sendo por isso possível aplicar estes modelos para abastecer infraestruturas de pequena ou média

dimensão. A grande dimensão destes projetos permite a geração de grandes quantidades de energia em curtos espaços de tempo o que torna estas soluções viáveis. Nos últimos anos a tecnologia hídrica tem evoluído e existem cada vez mais casos de centrais mini-hídricas, estas centrais produzem menores quantidades de energia, mas também ocupam menos espaço, requerem um menor investimento inicial e não interferem de maneira tão prejudicial com o ecossistema em seu redor.

Assim o potencial desta solução tem de ser estudado de acordo com o local e as necessidades da estrutura a estudar. Apenas em situações muito específicas é que pode ser considerada a instalação de um sistema hídrico e por isso o potencial de aplicação para habitações em ambiente urbano tem de ser considerado baixo.

4 Estudo das alternativas e opções

4.1 Águas quentes sanitárias

Para a geração de eletricidade existem vários métodos de geração de energia o mesmo acontece na geração de energia para AQS sendo que um dos métodos se destaca dos demais e esse é através do aquecimento através do poder calorífico da radiação solar. Não são estudados outros métodos uma vez que este é aquele que apresenta maior eficiência energética, menor preço por litro de água aquecido e é a tecnologia mais madura, o que transmite maior segurança e maior fiabilidade nos dados obtidos.

As necessidades de AQS para infraestruturas habitacionais resumem-se ao aquecimento de água até à temperatura de 60 °C sendo que são necessários 22 litros diários por cada indivíduo que habite no alojamento.

Considerando mais uma vez a área média de cada habitação como 107 m² e como número médio de habitantes 2,7 então temos a necessidade de fornecer aquecimento para aproximadamente 60L de água por cada habitação.

O consumo de água é um consumo instantâneo onde a água necessita de estar quente no momento em que vai ser consumida e por isto é necessário fazer uma análise o mais profunda possível, não é por isto viável fazer uma análise da radiação anual ou calcular uma média mensal e considerar esse valor para todos os meses. Este tipo de análises pode se tornar bastante exaustivo e minucioso, mas uma vez que o objetivo é calcular uma área necessária de painéis por área média de habitação então podemos utilizar uma média da radiação diária por cada mês e considerar que todos os dias do mesmo mês são iguais no que diz respeito à radiação.

Radiação disponível

O cálculo do valor médio da energia da radiação (kWh) de um dia por mês é feito através de uma ferramenta (PVWATTS) do Departamento de Energia dos Estados Unidos da América que tem como objetivo informar o público sobre a eficiência e as capacidades das energias renováveis. Esta ferramenta dá-nos informação sobre que valores podemos esperar para uma instalação de painéis fotovoltaicos como também quais são os valores de radiação que levam a que essa energia seja produzida.

Para a zona a estudar os valores de radiação são considerados os valores apresentados no quadro 4.1:

Quadro 4.1 - Radiação média por dia (kWh/m²/dia) (PVWATTS)

Mês	Radiação solar (kWh/m ² /dia)
Janeiro	2,95
Fevereiro	3,72
Março	4,46
Abril	5,62
Maio	6,46
Junho	6,77
Julho	7,32
Agosto	7,08
Setembro	5,63
Outubro	4,38
Novembro	3,42
Dezembro	2,98

Energia necessária

O cálculo da energia necessária vai ter como objetivo final o cálculo da área necessária de painéis por cada casa por forma a que se possa depois calcular um rácio de áreas de painéis por áreas de habitação para que seja mais fácil calcular a área necessária para um conjunto de casas.

A energia necessária para aquecer 1 kg de água em um grau centígrado é de 4179.6 Joules. Este valor é denominado de calor específico e tem variações consoante a temperatura inicial e final do material, mas para as temperaturas utilizadas neste trabalho este valor pode ser considerado constante.

A energia final necessária para aquecer a água até á temperatura pretendida vai depender da temperatura inicial e da quantidade. A quantidade será constante, uma vez que os habitantes não variam, a temperatura inicial da água vai variar consoante o mês em estudo. A temperatura inicial considerada será a temperatura ambiente média para cada mês sendo que na prática este valor será superior porque o calor recebido pela água no dia anterior e a capacidade de isolamento irá manter a água com uma temperatura superior.

A energia necessária vai por isso ser maior quanto menor for a temperatura média de cada mês , e por norma os meses com menor média de temperatura têm também menor energia irradiada pelo sol. Esta contrariedade significa que nos meses onde será necessária uma maior quantidade de energia para aquecer a água são os meses onde a radiação tem menos intensidade e por isso para se fazer um dimensionamento dos painéis temos de considerar o mês de maior necessidade energética.

A temperatura média de cada mês é apresentada seguidamente (Quadro 4.2)

Quadro 4.2 – Temperatura média mensal

Mês	Temperatura média (°C)
Janeiro	12
Fevereiro	13
Março	14
Abril	15
Maio	17
Junho	20
Julho	22
Agosto	23
Setembro	21
Outubro	19
Novembro	15
Dezembro	13

Esta será considerada a temperatura inicial para a água a ser aquecida sendo que a temperatura final terá de ser sessenta graus. Para estes valores o mês que necessita de maiores quantidades de energia será o mês de Janeiro uma vez que apresenta uma temperatura média mais baixa. Sabendo o valor do calor específico da água para este intervalo de temperatura, sabendo as temperaturas iniciais e finais da água assim como o volume de água a aquecer é possível determinar a energia necessária para que no fim esteja disponível para consumo água a 60 graus centígrados.

Energia necessária (por dia) para aquecimento de água:

Dados: volume= 59,4L (volume diário necessário por habitação (em média)); Temperatura final=60°C; $C(H_2O)=4179,6 \text{ J}$

Quadro 4.3 –Energia média necessária por dia

Mês	Diferença de temperatura	Energia necessária (kWh/Habitação)
Janeiro	48	3,310243
Fevereiro	47	3,24128
Março	46	3,172316
Abril	45	3,103353
Maio	43	2,965426
Junho	40	2,758536
Julho	38	2,620609
Agosto	37	2,551646
Setembro	39	2,689573
Outubro	41	2,827499
Novembro	45	3,103353
Dezembro	47	3,24128

Este quadro apresenta os valores de energia diária necessária por cada habitação, em kWh, onde o mês com maiores necessidades energéticas é janeiro. O valor de energia necessária em

Janeiro é o valor que serve de referência para o dimensionamento dos painéis. O ciclo energético destes sistemas é um ciclo diário e por isso o dimensionamento das soluções energéticas deve ser concebido tendo em conta os ciclos diários e as necessidades diárias consoante as características médias mensais.

Dimensionamento de painéis

Para o dimensionamento dos painéis temos em conta que a eficiência média dos painéis será de 70%. Utilizando os valores de radiação diária disponível para cada mês podemos calcular a energia absorvida pelo sistema que será 70% do valor disponível.

No quadro seguinte (4.4) são apresentados os valores de energia absorvida e utilizada pelo sistema assim como a área de absorção de radiação necessária por cada habitação, sendo que este segundo valor representa apenas a área referente ao painel e não do sistema. Mais uma vez o mês que se traduz numa maior área de coletor será Janeiro uma vez que a área necessária é inversamente proporcional á energia absorvida e dado que esta é proporcional á energia disponível onde Janeiro é o mês com valores mais baixos este será então o mês com maiores necessidades a nível de área.

Quadro 4.4- Área necessária para os painéis por mês

Mês	Energia absorvida (kWh)	Área / casa (m ²)
Janeiro	2,065	1,603023
Fevereiro	2,604	1,244731
Março	3,122	1,016117
Abril	3,934	0,788854
Maio	4,522	0,655778
Junho	4,739	0,582092
Julho	5,131	0,51074
Agosto	4,956	0,51486
Setembro	3,941	0,682459
Outubro	3,066	0,922211
Novembro	2,394	1,296305
Dezembro	2,086	1,553825

Este quadro representa um valor médio de área de painéis necessários para conseguir abastecer a habitação tipo de AQS. Esta área é maior para o mês de janeiro e por isso terá de ser esse o valor a utilizar para podermos atingir a independência energética neste sector. Estes valores ainda assim não garantem uma total independência do sistema para casos reais uma vez que estes estudos são baseados em médias e em valores aproximados e os eventos atmosféricos não são certos. Por isto mesmo estes sistemas são equipados com caldeiras de apoio que para acontecimentos anormais iniciam o seu funcionamento e fornecem calor á água passando esta a estar á temperatura pretendida.

Para que se possa aplicar uma estimativa sobre a área de painéis a instalar para determinada área de habitação é necessário aplicar um ratio de área de painéis por área de habitação. Utilizando a média de habitantes por habitação em Portugal (2,7) e com a área média de habitação em Portugal conseguimos calcular uma área necessária de painéis por área de habitação existente. A área de painéis necessária por cada metro quadrado de habitação é por isto de 0,01494 m². Utilizando este valor podem agora ser calculadas as áreas necessárias para

comunidades com várias habitações apenas somando as áreas habitacionais totais das mesmas e aplicando o ratio calculado.

Vista de topo da habitação

Área : 53,6 m²

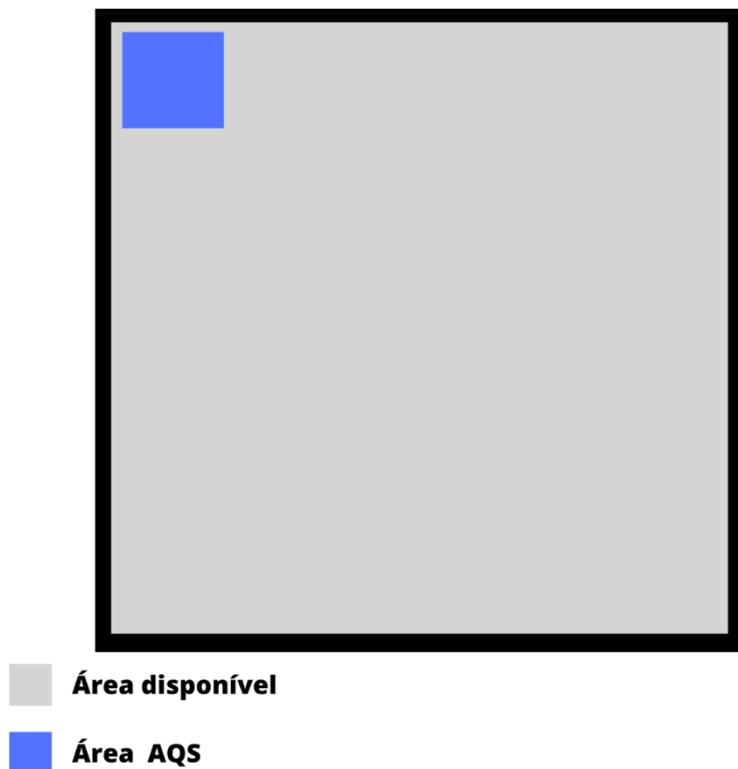


Figura 4.1 Representação do topo da habitação com a solução para AQS

Para o caso concreto do Bairro Marechal Carmona foi considerada a área média nacional (107,3 m²) para cada habitação fazendo com que a área necessária para instalação de painéis seja de 1,603023 m². De realçar que este valor é igual aquele que foi calculado para o mês de janeiro referente á habitação tipo portuguesa, isto deve-se ao facto de as variáveis (habitantes e área) serem iguais para as duas habitações.

A área disponível por habitação é de 53 metros quadrados pelo que esta solução é aplicável a esta estrutura mesmo quando considerado que a área total para a aplicação desta tecnologia é o dobro daquela ocupada pelos painéis. A área final ocupada por esta solução será então de 3,21 metros quadrados o que representa aproximadamente 6% da área disponível como é perceptível através da imagem 4.1.

Quando considerado o Bairro no seu todo a energia necessária é atingida através da instalação da área de painéis correspondentes para 460 habitações. Esta área é de 737,3 metros quadrados que são distribuídos pelos topos das habitações.

Avaliação financeira

Este projeto deve ser avaliado como qualquer outro projeto com carácter financeiro sendo que por isso devem ser avaliados os fatores financeiros mais conhecidos como o VAL e o TIR. Esta avaliação pretende aferir se o projeto faz sentido tendo como comparação os gastos que seriam feitos numa realidade em que este projeto não fosse implementado. Isto significa que primeiramente devemos calcular os custos anuais para o aquecimento de águas sem a utilização da energia solar e depois compara esses custos com aqueles que representam esta solução.

A tecnologia de energia solar térmica deverá representar um custo inicial elevado, relacionado com a instalação da tecnologia, sendo que depois os custos anuais são muito inferiores aqueles que são praticados nos métodos tradicionais.

A despesa média nacional por habitação é de 840 Eur/ano (ICESD, 2010), sendo que desta fatura a percentagem representativa do aquecimento de águas é de 27,6% o que representa 232,5 euros por ano. Este é o valor da despesa média por habitação para o aquecimento de águas.

No inquérito realizado (ICESD,2010) foi registado que a maioria das habitações utiliza gás engarrafado (butano) para aquecer as águas (34,5%) seguidamente do gás natural (27,9%). É por isso considerado como termo de comparação a utilização de gás butano.

O custo da utilização de gás butano é representado pelo custo anual de 232,5 euros por ano e pelo custo inicial de instalação de um esquentador. O custo deste aparelho varia entre os 160 e os 300 euros sendo que será considerado o valor de 200 euros como custo inicial.

Para calcularmos o custo da implementação da solução solar térmica é necessário encontrar uma solução que seja capaz de providenciar as necessidades da habitação. No mercado destas soluções o custo é semelhante entre soluções sendo que o que faz variar o preço final é a possibilidade de o sistema ser suportado por uma bomba que faz circular a água (sistema de circulação forçada) ou se a mesma circula naturalmente (termossifão).

Para as necessidades da habitação tipo o sistema escolhido foi aquele providenciado pela empresa SUNENERGY, este sistema é um sistema de circulação forçada com um custo de 2500 euros. Em relação aos custos anuais estes vão ser 1% do custo inicial (IRENA, 2019) o que representa um custo anual de 25 euros.

Para se calcular o VAL referente a este projeto consideramos um investimento inicial de 2500 euros e para o valor dos cash flows será considerada a diferença de custos anuais entre as duas tecnologias. Esta diferença representa o valor que o consumidor vai poupar anualmente ao optar por esta tecnologia com custos anuais inferiores.

Considerando que esta diferença de custos anuais se irá manter constante e que o custo inicial está temporalmente localizado no momento $t=0$ podemos então utilizar a seguinte equação:

$$VAL = (Dif. custos)k_a - I_0$$

Para esta avaliação é utilizada um limite temporal de 20 anos que é correspondente ao tempo de vida médio destas soluções até que necessitem de uma reparação profunda ou de uma substituição. Com a introdução destes dados e variando a taxa de atualização obtemos os seguintes valores:

Anos=20

Investimento inicial =2500 euros

Diferença de custos= 210,5 euros

TIR= 8,42%

Quadro 4.5 - Avaliação do VAL

VAL (€)	Taxa de atualização (%)
3347	1
2016	3
1066	5
376	7

Esta análise confere que este projeto apresenta um VAL interessante para taxas de atualizações inferiores a 7, o que significa que se a percepção do investidor for de que o risco é baixo então ele deve investir. Para valores da taxa de atualização inferiores a 8,42% faz sentido implementar esta solução. O valor total poupado durante este período de 20 anos em comparação com a solução mais convencional será de 4210 euros.

Esta solução pode por isso ser escalada para o bairro todo sendo que a diluição de custos não é possível uma vez que a curta distância entre a habitação e o sistema é fulcral para que se atinjam estes níveis de eficiência. Os valores para a solução geral do bairro são iguais aos apresentados para a solução para uma habitação.

4.2 Produção de Energia elétrica

A produção de energia elétrica de forma descentralizada é considerada ainda hoje inviável por questões de escala. A dificuldade em encontrar um match entre tempos de produção e tempos de consumo, o elevado custo de sistemas de armazenamento para habitações e o baixo valor pago pela rede para a energia injetada pela produção local (quando não existem subsídios) são algumas das razões que fazem com que a produção local não seja uma solução equacionada na maior parte das vezes.

Na parte inicial deste estudo é construído um modelo de produção de energia elétrica tradicional capaz de produzir energia elétrica em quantidades que se equivalem àquelas que são consumidas pelo bairro.

Este sistema será dimensionado para satisfazer a produção de certas quantidades de energia, mas sem que seja garantido o consumo da mesma por parte do bairro. A produção de energia renovável descentralizada em quantidades iguais às que são consumidas fazem com que o bairro possa ser considerado uma comunidade zero de energia, no que ao consumo de energia diz respeito.

Numa visão macro se em todas as comunidades fosse produzida energia através de fontes renováveis e estas fossem consumidas em momentos de necessidade ou injetadas na rede, em momentos de excesso, para que outras comunidades pudessem consumir em momentos de necessidade, então seria atingida a neutralidade carbónica geral. Esta visão infelizmente não é possível uma vez que os ciclos de produção de energia são coincidentes e os períodos de consumo também.

Analisando a situação a uma escala nacional é factual que os picos de maior consumo de energia, em meio habitacional, se dão no mesmo período horário, é também possível constatar que os períodos de produção de energia (renovável) estão confinados a períodos específicos com intensidades que não se adequam às que são necessárias. Estes desfasamentos entre as curvas de consumo e de produção fazem com que seja necessária a implementação de um

sistema inteligente de produção e gestão de energia para que, tanto em questões macro ou micro, estes sistemas possam ser considerados viáveis.

Produção de energia através do dimensionamento tradicional de um sistema

O dimensionamento desta solução passa pelo simples encontro entre aquilo que são as necessidades e a possibilidade de produção no local. Esta solução apenas garante a produção de energia em quantidades iguais às que são necessárias sem que seja garantida a disponibilidade energética (através destas fontes).

A solução tida em conta neste estudo será uma instalação de painéis fotovoltaicos capazes de satisfazer as necessidades energéticas. Esta foi a tecnologia escolhida uma vez que apresenta um baixo custo e poucas limitações em ambientes habitacionais.

Sistema e energia disponível

Para que se dimensione um sistema capaz de produzir energia é necessário quantificar a capacidade potencial de produção desse sistema tal com a energia disponível no local.

Sendo este sistema composto apenas por painéis fotovoltaicos tem de ser definido o potencial energético relacionado com esta tecnologia assim como as capacidades da mesma. Os dados relacionados com a produção fotovoltaica são altamente dependentes da exposição solar e por isso sofrem grandes variações consoante o local de instalação do sistema.

Para que sejam utilizados dados fiáveis e que vão de acordo com a localização em estudo neste trabalho foram utilizados os dados recolhidos no trabalho realizado por Manuel Collares Pereira (2015). Neste trabalho são apresentados os valores de energia potencial irradiada pelo sol e aquela que é recebida na superfície terrestre.

Os valores da irradiação foram recolhidos pelo IPMA (instituto português do mar e da atmosfera) que tem instalados mais de 80 pontos de recolha de informação para a radiação solar espalhados pelo país que permitem que seja possível calcular o valor do GHI (*global horizontal irradiance*) que representa a radiação solar recebida por um plano horizontal colocado no solo) para todas essas localizações.

Este valor é depois trabalhado através de vários métodos para que no final seja possível obter a radiação incidente durante um ano num determinado local com a orientação que desejada. Neste trabalho fica bem presente que existe um padrão de potencial energético no país onde o Sul apresenta números mais elevados do que o Norte e onde os valores de radiação disponível são também crescentes na direção Este.

O valor da radiação apresentada no trabalho para superfícies inclinadas (GTI - *global tilted irradiation*) para o período de um ano vai de 1638 kWh/m²/ano a 2251 kWh/m²/ano de acordo com a distribuição já enunciada anteriormente. Estes valores para o painel utilizado resultam numa produção anual de 374 kWh a 514 kWh.

Estes valores são bastante dispares e apresentam grandes diferenças consoante a localização onde o sistema for instalado, tendo em conta as propriedades do trabalho, onde iremos utilizar uma localização concreta (Cascais), deve ser considerado o valor de 270 kWh / m² de produção anual.

O painel utilizado é denominado de OPEN 2XX-PM60 G2 e é produzido por uma empresa portuguesa (www.openrenewables.com), tem uma área de 1,64 metros quadrados correspondentes a uma eficiência de 15%. Este painel é construído sob a tecnologia do silício cristalino e oferece uma potência máxima de 250 W. A montagem deste painel vai ser feita de acordo com a montagem polar, técnica onde se coloca o painel com um grau de inclinação igual

ao grau da latitude do local onde a instalação é realizada. Esta inclinação deve ser feita, uma vez que estamos em Portugal, em direção a Sul.

Área necessária

O cálculo da área necessária depende das necessidades energéticas por unidade de área da estrutura e da área da mesma. Ao multiplicar estes dois valores é obtida a energia total necessária que depois terá de ser relacionada com a capacidade de produção dos painéis para que se atinja a área de painéis PV a instalar.

Cada edifício terá área de habitação e áreas comuns sendo que em média as áreas de habitação representam 90 por cento da área. Estes 90 por cento serão utilizados como margem de segurança para a área disponível fazendo assim com que a área dedicada à instalação de painéis tenha o mesmo valor que a área para habitação se for considerado apenas um piso.

Para o cálculo da área necessária são utilizados os valores já apresentados onde a produção potencial é de 270 kWh /m² com necessidades de 61,8 kWh /m² de área habitacional, sendo todos estes valores anuais. As necessidades anuais da habitação correspondem por isso a 6631,14 kWh/ano (107,3m²). Esta quantidade de energia pode ser garantida através da instalação de 24,6 metros quadrados de painéis fotovoltaicos, o que corresponde a 15 painéis.

Na imagem seguinte está representada a possibilidade da instalação destes painéis no topo das habitações demonstrando a inexistência de limitações físicas para a produção de energia fotovoltaica:

Vista de topo da habitação

Área : 53,6 m²

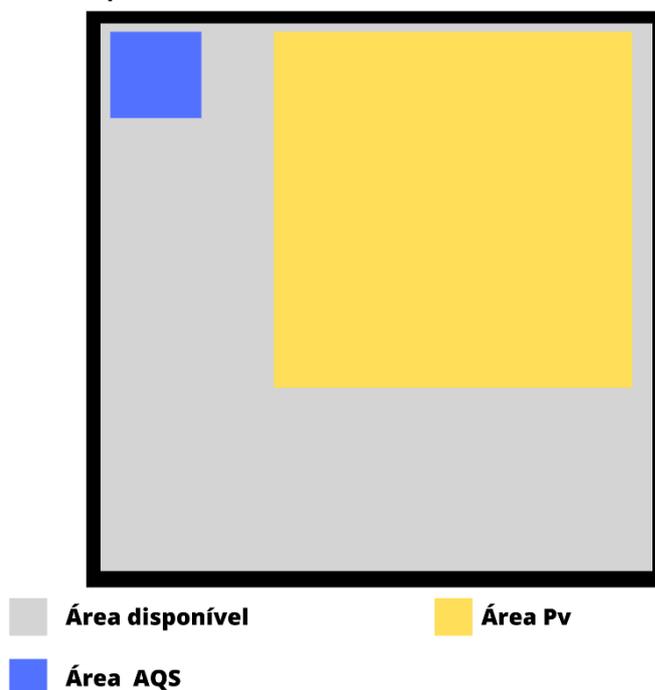


Figura 4.2 representação gráfica da solução no topo da habitação

Esta figura representa a possibilidade de instalar painéis fotovoltaicos em consonância com a tecnologia para AQS sendo que existe uma área disponível superior aos 10% de segurança.

Análise financeira

A instalação desta tecnologia tem como principal objetivo a aproximação desta comunidade a um nível de carbono zero. Esta solução contempla o conceito de que gerando energia, renovável, em quantidades necessárias irá aumentar o consumo, numa visão macro, destas mesmas energias. Ainda assim para que esta solução possa ser viável terá de ser aceitável do ponto de vista financeiro.

A avaliação financeira desta instalação é feita avaliando a existência, ou não, de benefícios financeiros. Uma vez que este modelo não pressupõe o consumo desta energia por parte dos habitantes deste bairro então a avaliação financeira deste projeto é efetuada apenas numa perspectiva de comparação entre receitas mensais (energia vendida á rede), custos iniciais (instalação) e custos de manutenção.

Custos

Os custos associados a este sistema de produção de energia estão relacionados com a potência instalada. O custo inicial depende apenas da potência instalada sendo que o valor por kW é de 1131,75 EUR (1331 USD em EIA). Já os custos anuais são aqueles relacionados com a manutenção do sistema que são de 1% do investimento inicial. Para o sistema considerado temos 15 painéis de 250 W que representam um custo inicial de 4244 EUR, já os custos anuais serão de 42,4 EUR.

Receitas

As receitas anuais são a representação da energia vendida á rede multiplicada pelo valor que a “rede” está disponível a pagar pela mesma energia. Este valor, no contexto português, é igual ao valor correspondente á energia nos períodos temporais de menor procura. Este período é denominado de Vazio e está associado a um custo de 0,03331 EUR/kWh. Considerando a produção anual prevista e associando o custo da eletricidade pode ser então prevista uma receita anual de 219,84 EUR.

Lucro

O lucro é a diferença entre as receitas e os custos dentro do mesmo período de tempo. Este valor é fundamental para o cálculo do VAL. O lucro anual esperado será a diferença entre as receitas e os custos de manutenção e corresponde a um valor de 177,45 EUR.

Este projeto apresenta uma taxa interna de retorno inferior a 0,5% o que significa que a viabilidade financeira está posta em causa. Uma taxa tão baixa não será considerada para os investidores deste projeto que preferem investir capitais em oportunidades com um melhor retorno. Esta TIR de valores baixos era já previsível uma vez que o somatório dos cash flows (4436,25) é pouco superior ao investimento inicial.

Solução otimizada

Esta solução tem como objetivo o máximo aproveitamento da energia produzida por parte do bairro. A hipótese de armazenar a energia torna possível o conceito de consumir a energia produzida através das energias renováveis instaladas no local.

A dificuldade encontrada nesta solução prende-se com o dimensionamento dos sistemas de armazenamento para que estas sejam capazes de armazenar a energia necessária. Este dimensionamento deve ser feito de forma a que seja possível consumir sempre energia produzida no local sendo que o custo da energia armazenada é superior. O objetivo passa por criar um sistema onde o custo da energia possa ser competitivo e onde seja possível um maior aproveitamento da energia produzida.

Para se assegurar que existe energia disponível para consumo nos momentos de maior procura é necessário definir uma curva de consumo para que depois seja possível definir as necessidades de armazenamento consoante as curvas de produção.

Curva de consumo

A curva de consumo representa os consumos diários num diagrama temporal, esta figura permite assim perceber quanta energia é consumida a cada momento. Esta figura é por isso de grande importância para que seja perceptível a que horas são necessárias certas quantidades de energia e para se determinar quantitativamente qual o pico de energia.

Para a obtenção de dados relacionados com o consumo de uma comunidade é necessária a elaboração de relatórios e a recolha de dados fora do âmbito deste trabalho, por isso é utilizada uma curva adaptada de um estudo previamente realizado. A curva escolhida como referência para que seja possível fazer a curva das habitações deste bairro é aquela apresentada no trabalho de Shafiee (2012).

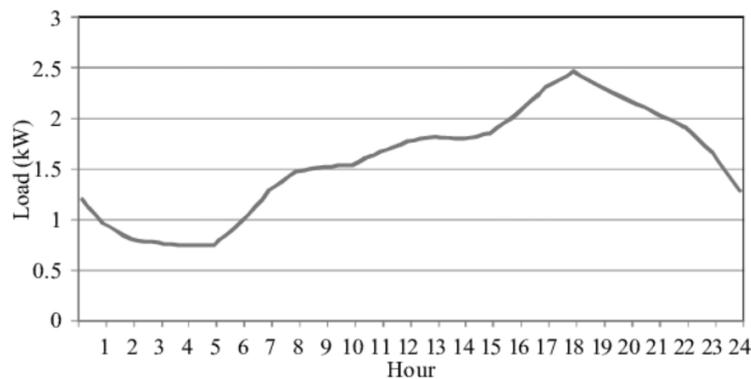


Figura 4.3 Curva de consumo representativa(Soroush, Shafiee (2012))

Através desta curva e conhecendo os consumos das habitações do bairro é possível construir a curva de consumo das mesmas. As necessidades anuais de cada habitação são de 6631,14 kWh o que corresponde a 18,17kWh diários. Distribuindo este valor diário na mesma proporção da curva anterior, é obtida a curva seguinte:



Figura 4.4 Curva energética diária para as habitações do bairro

Através desta curva torna-se visível de que existem valores que devem ser assegurados no momento em que se quer construir uma solução para estas habitações. Os valores relevantes são a energia total diária, qde 18,17 kWh , o pico de consumo, de aproximadamente 1,2 kW e um valor mínimo de 0,4 kW.

Modelo de produção

O modelo de produção de energia é concebido de acordo com as exigências energéticas da estrutura, das possibilidades das fontes energéticas e dos preços de cada uma das fontes de energia. O modelo final será aquele que incorpora soluções viáveis fisicamente, que satisfaçam as necessidades das habitações e que apresente o custo de energético mais baixo.

Com a possibilidade de utilizar duas fontes de energia vem a capacidade de conceber vários sistemas produtores de energia. Estes sistemas diferenciam-se na percentagem de energia produzida em diferentes espaços temporais. São analisadas várias opções de acordo com as características das fontes de forma a que se maximize as potencialidades das mesmas. Para que seja possível potenciar da melhor maneira estas duas fontes de energia são estudadas de seguida as condições do local.

Condições para a produção de energia solar

A energia solar está diretamente relacionada com a exposição aos raios solares o que faz com que para uma situação de consumo sem armazenamento esta energia só possa ser consumida entre o nascer do sol e por do sol. Esta energia é aquela que apresenta valores mais baixos, numa perspetiva de consumo direto para soluções dentro do contexto habitacional (Lazard, 2018).

Estando esta energia relacionada com a exposição solar é importante conhecer o número de horas médias de exposição solar para o local. Estando o bairro localizado numa latitude de 38 graus norte tem então associado a si um fator de 51% de horas com exposição solar. Isto significa que a exposição solar média por dia é de 12 horas. Para esta localização o por do sol acontece em média às 7h00, sendo que o por do sol se realiza as 19h00.

Considerando que no local temos um potencial energético de $270 \text{ kWh/m}^2/\text{ano}$ que representa uma produção média diária de $0,74 \text{ kWh/m}^2$. A produção através desta fonte é realizada entre as horas já acima descritas na distribuição apresentada na seguinte imagem (4.5).



Figura 4.5 Potencial de produção diária por unidade de área

Esta distribuição foi calculada de acordo com a curva apresentada no trabalho de Yu Cheng (2017) onde é descrita uma curva tipo de produção fotovoltaica. Através desta curva de produção é possível retirar o valor e hora de produção máxima (12h00; 0,103718 kW) assim como a capacidade de produção a cada hora do dia. A importância desta informação está relacionada com a capacidade de encontrar valores semelhantes entre o consumo e a produção para que casando estes valores não seja necessário armazenar energia.

Condições para a produção de energia eólica

A energia eólica é gerada através do vento e para que seja possível a previsão da produção desta energia no local é necessário recolher dados sobre a ocorrência destas movimentações de massas de ar no local.

No momento em que se analisa a existência de vento para a implementação de uma solução eólica devem ser avaliados os parâmetros relacionados com a velocidade do vento e da sua direção.

A ocorrência de vento é dependente da topografia local, de construções existentes e de outros obstáculos que possam existir. Esta dependência faz com que seja possível a existência de zonas favoráveis à produção de energia eólica a distâncias pequenas de zonas onde a mesma não apresenta valores significativos.

É por isto necessário analisar primeiramente o local no mapa com os valores conhecidos e depois realizar uma avaliação no local para que seja garantida a ausência de obstruções. A ocorrência de ventos é também caracterizada por grandes variações, quer a nível de velocidade quer a nível da orientação, sendo por isso utilizados dados representativos através de valores médios.

A localização do bairro é conhecida por ter uma boa exposição ao vento devido à proximidade costeira estando até incluída numa zona onde a velocidade média anual do vento é superior como é possível verificar no mapa representado na imagem seguinte.

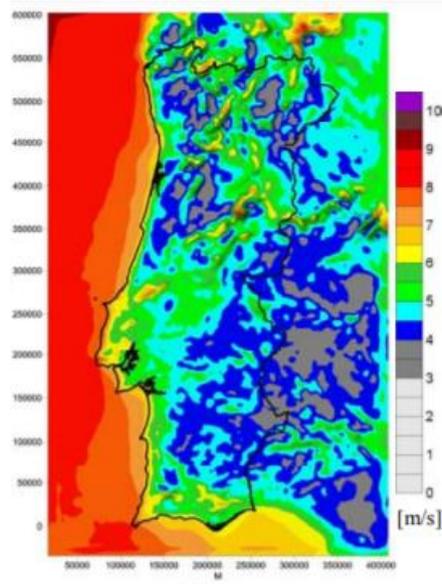


Figura 4.6 Velocidade média do vento (Costa et al., 2006)

Avaliando o local é também notória a falta de obstáculos que possam dificultar este fenómeno, as construções são de baixa estatura e por isso é de fácil realização a implementação de geradores que não sejam afetados por essas mesmas construções.

A utilização de valores médios permite a caracterização do local para um estudo de possibilidade de produção de energia eólica. Estes valores, contudo, não respeitam as tendências naturais destes efeitos atmosféricos e por isso toldam a caracterização dos mesmos, fazendo parecer que estes efeitos são constantes quando na verdade não o são.

Para o local em estudo é sabido que a velocidade horária média do vento sofre variações sazonais. O período temporal mais ventoso, numa perspetiva anual, é de aproximadamente 9 meses (de Outubro a Julho). No período de menor ocorrência deste fenómeno o valor da velocidade média do vento é de 15 quilómetros por hora. Estes valores foram determinados para um ambiente sem grandes constrangimentos e para uma altura de 10 metros.

A direção do vento no local é dirigida de Norte para Sul em 74% dos dias para um período de 11 meses, sendo que é na maioria de Este para Oeste no mês de Dezembro (MERRA-2).

A energia produzida por uma turbina eólica é caracterizada através de uma curva que contém três zonas de maior interesse:

- Cut in: Esta zona inicia-se com o início da produção de energia e está associada a uma velocidade mínima do vento para o funcionamento da turbina. Esta zona indica-nos por isso qual a velocidade mínima para que a turbina funcione sendo caracterizada por um crescimento da produção em conjunto com o aumento da velocidade do vento.
- Rated speed: Nesta zona a produção é máxima, sendo por isso representada por um planalto na curva de produção da turbina. Este valor de produção admite valores de velocidades de vento para intervalos entre o valor máximo do cut in até ao valor de cut out.
- Cut out: Nesta zona da curva estão integrados os valores de vento onde a turbina não produz qualquer energia devido á velocidade ter valores acima daqueles que são seguros para o seu funcionamento.

A produção de energia eólica não pode ser prevista em ciclos nem determinada da mesma maneira que a energia solar. A produção de energia eólica pode apenas ser descrita através de valores médios e de probabilidades de incidências de acordo com as horas do dia. A produção de energia eólica tem como desvantagem o momento em que atinge valores superiores, que

condiz com o momento de menor procura de energia (madrugada). Na figura seguinte este problema encontra-se ilustrado pelo professor Michael Webber da Universidade do Texas.

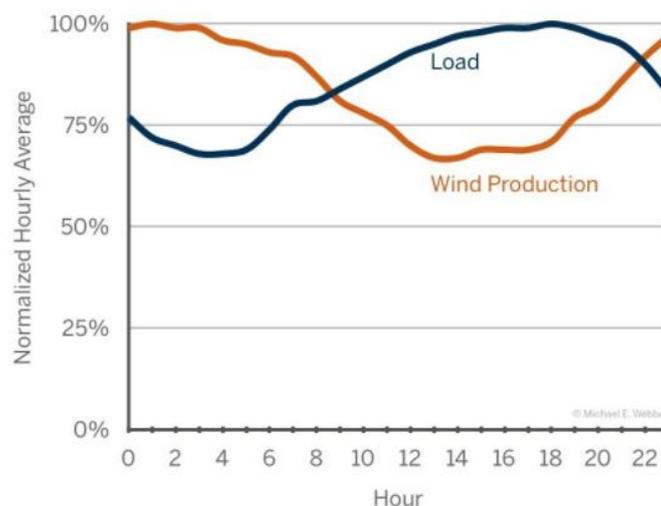


Figura 4.7 Produção eólica e consumo de eletricidade (Fonte: Webber, ND)

Nesta figura é visível o desencontro entre as horas de maior procura de energia e as horas onde a energia eólica tem maior potencial. Ainda assim esta fonte de energia tem o seu potencial na possibilidade de ser consumida no momento sem que seja necessário o armazenamento. O facto de a energia eólica ter um pico de potencial num espaço horário diferente daquele que a fotovoltaica tem faz com que estas duas fontes de energia se possam combinar de modo a que seja possível fornecer energia produzida no momento através de fontes renováveis num maior período de tempo possível.

Na escolha da turbina mais apropriada para esta realidade foram tidos em conta os fatores que contemplam as limitações físicas impostas assim como os valores associados à curva de produção das mesmas.

A impossibilidade em garantir a possibilidade de colocar geradores (com valores de potência interessantes) no topo dos edifícios de maneira a que estes funcionem em harmonia com a estrutura faz com que tenha de ser analisada a possibilidade de instalar os geradores num local próximo das habitações. A instalação de geradores numa área comum (ex: parque local) faz com que seja possível aumentar a potência dos geradores instalados. Esta instalação terá de ser dimensionada à medida do bairro e não numa avaliação por cada habitação uma vez que utilizando geradores de maior dimensão não fará sentido atribuir valores dos mesmos a cada habitação, mas sim à comunidade em si.

Confirmadas as condições favoráveis no local para a produção de energia eólica, para geradores localizados acima dos 10 metros, então é possível calcular uma estimativa da energia produzida no local.

Dados do local (Dados recolhidos através do programa disponibilizado pela danish wind industry association, drønmstørre.dk):

- Temperatura média 15 °C
- Pressão 101,3 kpa
- Densidade do ar 1,22 kg/ m³
- Altura 10 m
- Weibull shape 2,045
- Weibull scale 7,35
- Velocidade média do vento 6,5 m/s

- Cut in speed 3 m/s
- Cut out speed 25 m/s
- Capacity factor 23%
- Energia produzida 30265 kWh

Com os dados recolhidos até aqui é agora possível construir uma curva de produção para a turbina escolhida anteriormente (figura 4.8). Esta figura não representa a produção diária da turbina, mas sim a produção média por hora durante um ano.

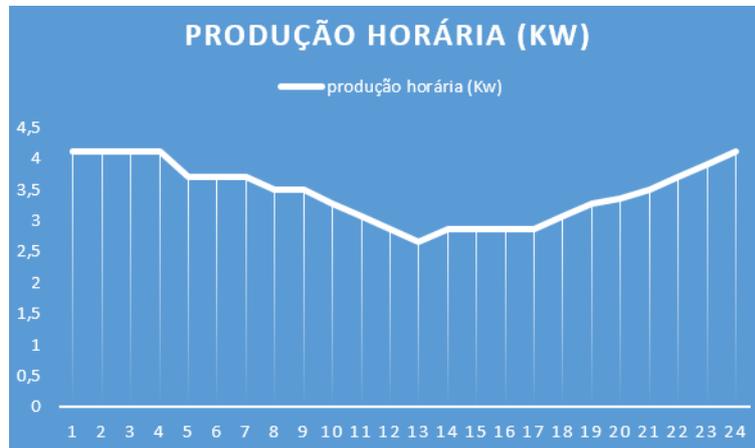


Figura 4.8 Produção horária estimada para turbina de 15 kW

Custos de energia

Um dos fatores de escolha para quais as fontes de energia a escolher é o custo de produção de energia. No campo das energias renováveis o custo da energia está altamente relacionado com o custo inicial uma vez que o “combustível” destas energias costuma ser gratuito.

No sector da energia o parâmetro utilizado para uma análise do custo da energia é o LCOE (levelized cost of energy). Este parâmetro representa o rácio entre o somatório dos custos do projeto e a quantidade de energia produzida no mesmo período de tempo. Este valor é por isso representativo do custo da energia e pode ser utilizado para projetos de energia renovável como termo de comparação com o custo da energia “convencional”.

Energia eólica

O custo para a produção eólica depende do tipo de produção em terra e no mar (onshore ou offshore), neste trabalho estamos apenas interessados na produção onshore. Para a produção deste tipo (em termos de dimensões e terreno) é esperado um LCOE com valores entre os 30 dólares por MWh e os 60 dólares por MWh (Lazard ,2017). Será considerado o valor mais elevado uma vez que a variação deste valor está intimamente ligada com a capacidade do gerador e o gerador considerado é de baixa dimensão. O custo associado á instalação desta tecnologia é de 1350 euros por KW.

Energia Fotovoltaica

Para a energia fotovoltaica o LCOE depende do tamanho da instalação, neste projeto o tamanho de cada instalação está limitado ao tamanho do topo de cada habitação e por isso estas instalações devem ser consideradas de tamanho residencial. O pequeno tamanho das instalações faz com que o LCOE seja superior. O LCOE desta tecnologia encontra-se por isso entre 187 e 319 dólares por MWh (Lazard, 2017). Será considerado o valor inferior desta categoria uma vez que a instalação apesar de ser em meio habitacional é de grandes dimensões estando interligada entre si através da rede. O LCOE para comunidades toma valores entre os 75 e os 150 dólares, mas não serão utilizados estes valores uma vez que esta possibilidade

poderá não ser exequível na totalidade do projeto. Será por isso considerado o menor valor de LCOE para instalações habitacionais. O custo associado á instalação desta tecnologia é de 1131,75 euros por KW.

Custos de armazenamento

Os custos associados ao armazenamento de energia são extremamente altos se forem considerados apenas os métodos tradicionais. A utilização da rede para o armazenamento é feita através da injeção da energia num outro ambiente que poderá mais tarde devolver essa mesma energia. Este método pode ser visto como um empréstimo de energia que depois será devolvido de forma a que se aproveite a energia produzida em excesso naquele momento.

Solução de armazenamento na rede.

Tendo em conta o ambiente em que este estudo se processa a possibilidade de injetar a energia em excesso para que esta seja utilizada na rede de abastecimento aos automóveis elétricos deve ser tida em conta. O dimensionamento do sistema de armazenamento neste caso são o conjunto de carros disponíveis para receberem energia. A capacidade da bateria de cada carro varia entre os 17,6 kWh (smart) e os 100 kWh (tesla) sendo por isso sensato considerar 60 kWh como capacidade média de bateria para cada carro. Tem de ser ainda considerado que este projeto tem um período temporal elevado e dentro desse período é previsível que as capacidades das baterias assim como as velocidades de carregamento aumentem.

A capacidade de armazenamento deste sistema é igual á capacidade de armazenamento das baterias dos carros elétricos existentes no bairro. Dados relacionados com o cálculo da capacidade do sistema de armazenamento:

Quadro 4.6 Características dos veículos

CARACTERISTICAS	QUANTIDADES
Nº DE CARROS POR PESSOAS	0,5
TEMPO DE COMPRA MÉDIO ENTRE CARROS	8 ANOS
% DE CARROS ELÉTRICOS COMPRADOS (2019)	11%
Nº DE HABITANTES DO BAIRRO	1360
PREVISÃO DA % DE CARROS ELÉTRICOS COMPRADOS (2030)	28%
PREVISÃO DA % DE CARROS ELÉTRICOS COMPRADOS (2040)	58%

Através destes dados é possível considerar que existem 680 carros no bairro. através da tendência apresentada no Quadro anterior é também possível considerar que dentro de oito anos a frota automóvel será renovada com uma percentagem de carros elétricos entre os 11% e os 28%.

Pode ser por isso considerado que para um período temporal de 8 anos o número de carros elétricos será 19,5% do número total de carros (133). Isto representa uma capacidade de armazenar 132 vezes 60 kWh.

A disponibilidade destes veículos para carregar ou injetar energia na rede não é constante sendo que só é possível quando estes se encontram imóveis dentro do bairro. Os veículos apenas se encontram disponíveis para entrar neste processo quando não estão a ser utilizados e isto apenas acontece fora do horário tradicional de trabalho. A percentagem de automóveis disponíveis mesmo dentro deste período não é total uma vez que não é linear que fora do horário laboral comum estes estão parados no bairro. É por isso considerado que o período onde existem automóveis disponíveis para carregamento ou para injetar energia na rede será entre as 19h00 e as 9h00 do dia seguinte. Também será considerado o período de almoço (12h00 às 14h00), este período será considerado para efeitos de representatividade das famílias que deixam o carro na habitação ou que almoçam em casa.

Esta hipótese prevê um futuro onde cada veículo elétrico tem um carregador afeto sendo que sempre que ele se encontra parado estará ligado á rede. O carro carrega ou injeta energia na rede durante o tempo que está numa das habitações e depois carrega ou injeta energia na rede durante o tempo que está no local de trabalho do proprietário do mesmo. Esta inteligência da rede permite alocar energia excessiva produzida no local de trabalho á habitação do proprietário do carro e vice-versa. Esta solução aumentará a eficiência da rede assim como diminui o custo da energia, mas só será possível através de um aumento da robustez da rede uma vez que ainda não é possível ter vários veículos ligados á rede no mesmo período de tempo.

Esta realidade é projetada para um período temporal que é condizente com o período temporal do projeto, é verdade que este dimensionamento do sistema de armazenamento não iria corresponder á realidade dos dias de hoje, mas numa indústria que está a sofrer grandes transformações no presente não faria sentido fazer projeções que não integrem o futuro mais próximo.

No presente não faria sentido contar com um número tão grande de veículos elétricos nem com um número de carregadores que se assemelhe ao número de carros existentes, mas é previsível que esta realidade se altere num futuro próximo e com a evolução desta tecnologia é possível desenvolver e tornar possíveis projetos como estes. O público tem ainda receio de adquirir um veículo destes dada a dificuldade em encontrar postos de carregamento e esta solução pode também incentivar a compra destes carros. O desenvolvimento dos veículos elétricos está dependente da estrutura montada á volta para que este desenvolvimento seja possível, é por isso necessário oferecer essa oportunidade em primeiro lugar para que depois os consumidores possam considerar a utilização de um veículo elétrico.

Armazenamento de energia em baterias

O armazenamento de eletricidade em baterias tem sido provado como inviável economicamente para projetos habitacionais. Estes projetos são normalmente feitos através da simples associação de um sistema PV a uma bateria.

A razão que faz com que os sistemas de armazenamento não se apresentem como economicamente viáveis é o facto de estes projetos serem de pequenas dimensões e ligados a apenas uma fonte de produção. O dimensionamento de uma bateria para que esta tenha de absorver grandes quantidades de energia em curtos espaços de tempo faz com que estas sejam extremamente caras. A utilização de baterias pode, contudo, ser viável caso as baterias sejam de dimensões pequenas quando em comparação com a energia produzida e consumida. A possibilidade de utilizar baterias de pequenas dimensões está condicionada pela capacidade de desenvolver um *mix* energético que não apresente grandes valores de excesso energético em curtos espaços de tempo.

Modelo de produção

Para que se atinjam as necessidades do bairro é necessário produzir a energia através das duas fontes de energia atrás apresentadas. A capacidade a instalar de cada uma das fontes de energia deve ser feita para que se consiga atingir o menor investimento possível e que se respeitem as limitações existentes.

A dificuldade encontrada na construção destes modelos encontra-se no elevado custo do armazenamento de energia. Este facto faz com que seja imperioso encontrar um “match” entre a produção e o consumo durante as várias horas do dia. Para que se encontre um *mix* energético favorável é necessário explorar as capacidades de cada uma das fontes para que seja possível aproveitá-las da melhor maneira.

A energia solar é aquela que está confinada a um período de tempo de produção mais específico e por isso o primeiro passo no dimensionamento das fontes de energia deve ser feito através do dimensionamento de painéis para que estes possam satisfazer diretamente as necessidades durante o período de produção. Durante o período de produção de energia solar a energia consumida pela habitação é de 10,763 kWh e dimensionando painéis para que estes sejam capazes de produzir esta quantidade de energia (14,54 m²) seriam alcançados os seguintes resultados:

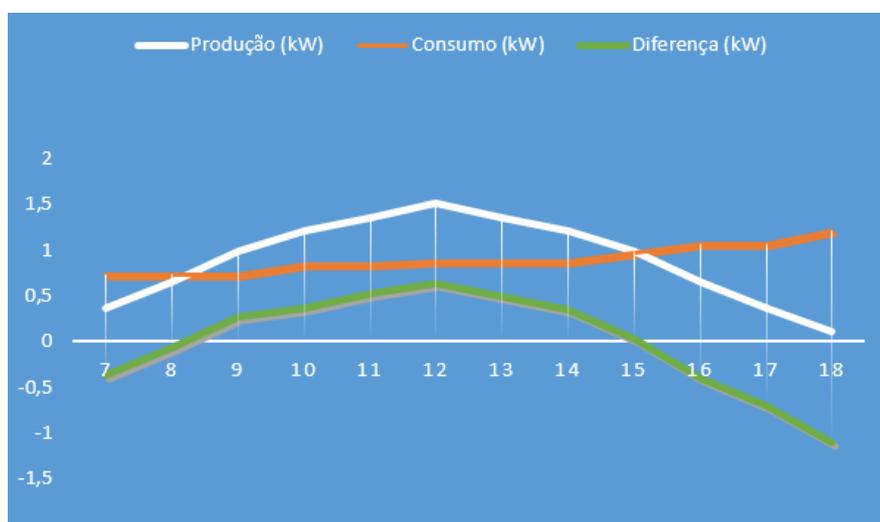


Figura 4.9 Produção fotovoltaica para as necessidades diárias

Através desta representação é possível confirmar que dimensionando os painéis para que estes forneçam a energia necessária (para o período de sol) ainda assim iria ser necessário armazenar energia, nos períodos de excesso de produção (8h00-15h00) para que depois se pudesse consumir nos períodos de défice energético (7h00-8h00;15h00-18h00).

O custo do armazenamento de energia é ainda extremamente elevado fazendo com que o custo por unidade de energia, quando esta não está a ser consumida de forma direta, seja demasiado alto. Isto não significa que não seja possível dimensionar sistemas de armazenamento convencionais (baterias) de forma a que sejam economicamente viáveis, mas este dimensionamento deve ser feito de forma a que se aproveite da melhor maneira o consumo direto de energia.

A hipótese em que se dimensionam painéis de forma a que possam produzir toda a energia necessária fica assim posta de parte uma vez que o período de excesso teria números ainda mais elevados. Este período teria de ser responsável pela produção de toda a energia necessária para o resto do dia. Este adensamento do período de produção levaria a um dimensionamento de baterias com características que tornariam possível a receção de grandes quantidades de energia em um curto espaço de tempo. Estas baterias tornariam o custo da energia extremamente elevado. O custo da energia fotovoltaica gerada no local é aquele de menor custo

e a logica ditaria que então toda a energia deveria ser produzida através desta tecnologia, contudo a necessidade de armazenar energia faz com que o custo aumente e seja necessário procurar outras alternativas.

A alternativa possível é a aplicação de geradores eólicos capazes de distribuir a sua produção em períodos diferentes daqueles a que o sistema PV é capaz. O custo da energia produzida pelo sistema eólico será inferior ao custo da energia produzida através do sistema PV tornando por isto interessante o estudo desta distribuição de energia.

Antes de se criar um modelo para a determinação da potência a instalar é necessário definir os dados característicos das tecnologias e as restrições que devem guiar o modelo para que este atinja os resultados mais favoráveis. Os dados característicos da produção eólica estão apresentados no quadro 4.7.

Quadro 4.7 Características eólica

características EÓLICA		
potência do gerador	15	Kw
nº de geradores		
potência total		kW
fator de potência	0,32	
horas do dia	24	
energia produzida por dia		kW
habitações	460	
custo por potência	1350	€/kw
potência instalada		kW
custo total		€
custo por habitação		€

Este quadro, estimado por uma folha de cálculo, tem como objetivo relacionar as características do gerador eólico de forma a que seja possível calcular os custos finais. O mesmo se aplica ao quadro de características PV.

Quadro 4.8 Características PV

Características PV		unidades
Area por painel	1,64	m2
produção por painel	442,8	kWh/m2/ano
produção por área	270	kWh/m2/ano
custo / potência	1131,75	€/Kw
nº de paineis		
potencia instalada		kW
producao diária		kWh
área necessária		m2
custo total		€

Estes quadros serão estimados através do preenchimento do modelo construído com as restrições existentes. O modelo será feito tendo em conta as seguintes diretivas:

A produção diária total deverá ser igual ou superior às necessidades diárias ($PPV+PEO \geq CONS$).

A produção de energia deverá seguir as seguintes preferências, produção de energia PV para consumo direto, produção de energia eólica para consumo direto, produção de energia PV para armazenamento, produção de energia eólica para armazenamento.

A produção de energia em excesso deve ser distribuída pelo horário de produção da forma mais equitativa possível.

(PPV= produção através de fotovoltaico; PEO = produção através de eólica; CONS= energia consumida)

A construção do modelo de produção de energia está constringida pela capacidade de produção de cada uma das fontes com o decorrer do dia. É por isto construído um perfil de produção para cada uma das fontes que respeita os gráficos de produção diária já apresentados.

Estes perfis de produção estão associados às horas de produção sendo que farão corresponder a potência instalada a uma produção horaria de cada uma das fontes.

Quadro 4.9 Perfil de produção horária das fontes

horas	Consumo (kw) diário	fator de produção solar horário	fator produção eólica horário
0	0,482602922	0	0,049578582
1	0,361952191	0	0,049578582
2	0,361952191	0	0,049578582
3	0,361952191	0	0,049578582
4	0,361952191	0	0,049578582
5	0,410212483	0	0,044620724
6	0,579123506	0	0,044620724
7	0,723904382	0,033116364	0,044620724
8	0,723904382	0,060816364	0,042141795
9	0,723904382	0,091916364	0,042141795
10	0,844555113	0,112616364	0,039662866
11	0,844555113	0,126426364	0,037183937
12	0,868685259	0,140216364	0,034705007
13	0,868685259	0,126426364	0,032226078
14	0,868685259	0,112616364	0,034705007
15	0,965205843	0,091916364	0,034705007
16	1,061726428	0,060816364	0,034705007
17	1,061726428	0,033116364	0,034705007
18	1,206507304	0,01	0,037183937
19	1,061726428	0	0,039662866
20	1,061726428	0	0,040654437
21	1,061726428	0	0,042141795
22	0,723904382	0	0,044620724
23	0,579123506	0	0,047099653

O quadro final (4.8) é aquele que fornece informação sobre a produção de energia para cada hora através da correlação da informação dos quadros de características e os perfis de produção das fontes.

Quadro 4.10 -Quadro final

horas	Consumo (kw) diário	fator de produção solar	energia solar produzida	fator produção eólica	energia eólica produzida	diferença	excesso	défice
0	0,482602922	0	0	0,049578582	0	0	0	0
1	0,361952191	0	0	0,049578582	0	0	0	0
2	0,361952191	0	0	0,049578582	0	0	0	0
3	0,361952191	0	0	0,049578582	0	0	0	0
4	0,361952191	0	0	0,049578582	0	0	0	0
5	0,410212483	0	0	0,044620724	0	0	0	0
6	0,579123506	0	0	0,044620724	0	0	0	0
7	0,723904382	0,033116364	0	0,044620724	0	0	0	0
8	0,723904382	0,060816364	0	0,042141795	0	0	0	0
9	0,723904382	0,091916364	0	0,042141795	0	0	0	0
10	0,844555113	0,112616364	0	0,039662866	0	0	0	0
11	0,844555113	0,126426364	0	0,037183937	0	0	0	0
12	0,868685259	0,140216364	0	0,034705007	0	0	0	0
13	0,868685259	0,126426364	0	0,032226078	0	0	0	0
14	0,868685259	0,112616364	0	0,034705007	0	0	0	0
15	0,965205843	0,091916364	0	0,034705007	0	0	0	0
16	1,061726428	0,060816364	0	0,034705007	0	0	0	0
17	1,061726428	0,033116364	0	0,034705007	0	0	0	0
18	1,206507304	0,01	0	0,037183937	0	0	0	0
19	1,061726428	0	0	0,039662866	0	0	0	0
20	1,061726428	0	0	0,040654437	0	0	0	0
21	1,061726428	0	0	0,042141795	0	0	0	0
22	0,723904382	0	0	0,044620724	0	0	0	0
23	0,579123506	0	0	0,047099653	0	0	0	0

O preenchimento deste quadro tem como objetivo o igualar a produção diária ao consumo sendo que estes valores não serão iguais em valor para cada uma das horas. O preenchimento deste quadro deve por isso ser feito de forma a que a coluna excesso e défice apresentem os menores valores possíveis.

Energia solar produzida e energia eólica produzida

Estas colunas serão preenchidas de acordo com a potência instalada. Ao inserir um valor na potência instalada no quadro de características será atribuído um valor para a produção diária, este será depois distribuído pelas colunas de produção de acordo com os perfis de produção.

Diferença

Esta coluna representa a diferença entre a energia consumida e a energia total produzida (PPV + PEO). Este quadro tomará valores negativos quando existir um défice de energia e valores positivos quando existir um excesso de energia.

Excesso e défice:

Estas colunas tomaram os valores presentes no quadro designada de diferença através das seguintes condicionantes:

Défice: IF(VALOR<0);VALOR;0

Excesso: IF(VALOR>0);VALOR;0

Através das diretivas apresentadas anteriormente o preenchimento da folha de calculo é feito tendo como resultado final os seguintes resultados:

Quadro 4.11 Quadro de produção

horas	Consumo (kw) diário	fator de produção solar	energia solar produzida	fator produção eólica	energia eólica produzida	diferença	excesso	defice
0	0,482602922	0	0	0,049578582	0,367829967	-0,11477	0	0,114773
1	0,361952191	0	0	0,049578582	0,367829967	0,005878	0,005878	0
2	0,361952191	0	0	0,049578582	0,367829967	0,005878	0,005878	0
3	0,361952191	0	0	0,049578582	0,367829967	0,005878	0,005878	0
4	0,361952191	0	0	0,049578582	0,367829967	0,005878	0,005878	0
5	0,410212483	0	0	0,044620724	0,33104697	-0,07917	0	0,079166
6	0,579123506	0	0	0,044620724	0,33104697	-0,24808	0	0,248077
7	0,723904382	0,033116364	0,361576253	0,044620724	0,33104697	-0,03128	0	0,031281
8	0,723904382	0,060816364	0,664014719	0,042141795	0,312655472	0,252766	0,252766	0
9	0,723904382	0,091916364	1,003575596	0,042141795	0,312655472	0,592327	0,592327	0
10	0,844555113	0,112616364	1,229585568	0,039662866	0,294263974	0,679294	0,679294	0
11	0,844555113	0,126426364	1,380368067	0,037183937	0,275872475	0,811685	0,811685	0
12	0,868685259	0,140216364	1,530932198	0,034705007	0,257480977	0,919728	0,919728	0
13	0,868685259	0,126426364	1,380368067	0,032226078	0,239089479	0,750772	0,750772	0
14	0,868685259	0,112616364	1,229585568	0,034705007	0,257480977	0,618381	0,618381	0
15	0,965205843	0,091916364	1,003575596	0,034705007	0,257480977	0,295851	0,295851	0
16	1,061726428	0,060816364	0,664014719	0,034705007	0,257480977	-0,14023	0	0,140231
17	1,061726428	0,033116364	0,361576253	0,034705007	0,257480977	-0,44267	0	0,442669
18	1,206507304	0,01	0,109183562	0,037183937	0,275872475	-0,82145	0	0,821451
19	1,061726428	0	0	0,039662866	0,294263974	-0,76746	0	0,767462
20	1,061726428	0	0	0,040654437	0,301620573	-0,76011	0	0,760106
21	1,061726428	0	0	0,042141795	0,312655472	-0,74907	0	0,749071
22	0,723904382	0	0	0,044620724	0,33104697	-0,39286	0	0,392857
23	0,579123506	0	0	0,047099653	0,349438469	-0,22969	0	0,229685

O conjunto dos sistemas produz um total de 18,34kWh de energia por dia o que ultrapassa a energia necessário, mas que é o mínimo para que as condições se verifiquem. O sistema fotovoltaico é responsável por aproximadamente 11kWh enquanto que a energia eólica é de 7,41 kWh.

A solução que corresponde a estes valores é instalação de 9 painéis de 250W em cada uma das habitações, ocupando uma área de aproximadamente 15 m² já a fração eólica é produzida através de 30 geradores de 15 kW.

Armazenamento:

O armazenamento de energia é feito através do método convencional (baterias) e do armazenamento na rede.

O armazenamento na rede é feito através da injeção da energia na rede de distribuição para alimentação dos veículos elétricos, esta energia só pode ser considerada para os períodos horários anteriormente apresentados. Na figura seguinte estão ilustrados a verde os períodos onde será possível injetar ou receber energia na rede através do armazenamento nas baterias dos veículos elétricos:

No quadro é possível distinguir períodos (superior a 1 hora) de excesso e défice de energia. Estes períodos fazem com que a dimensão do sistema de armazenamento não tenha de ser igual ao somatório dos excessos ou do défice, podendo por isso ser dimensionada a solução consoante o período do dia.

O somatório do excesso de energia produzida deve ser apenas considerado para servir como referencial da energia disponível para ser “devolvida” através deste sistema. Ainda que durante este período seja possível receber mais energia do que aquela que foi retirada durante os momentos de excesso esta não poderá ser considerada uma vez que para o balanço de energias esta não foi produzida no bairro. Tem de ser por isso calculado o total do excesso de energia produzida para que se limite depois a este valor o valor de energia que é possível receber através da rede (carros).

Quadro 4.12 Défice e excesso energético

horas	excesso	defice
0	0	0,114773
1	0,005878	0
2	0,005878	0
3	0,005878	0
4	0,005878	0
5	0	0,079166
6	0	0,248077
7	0	0,031281
8	0,252766	0
9	0,592327	0
10	0,679294	0
11	0,811685	0
12	0,919728	0
13	0,750772	0
14	0,618381	0
15	0,295851	0
16	0	0,140231
17	0	0,442669
18	0	0,821451
19	0	0,767462
20	0	0,760106
21	0	0,749071
22	0	0,392857
23	0	0,229685

O tratamento de dados relativos a este quadro permite deduzir que o somatório do excesso disponível nos períodos de carregamento de veículos é de 1,95 kWh sendo que o excesso total é de 4,95 kWh. O valor do excesso disponível é superior ao valor registado para o défice disponível (3,37 kWh). O facto de o valor referente ao excesso ser inferior ao défice faz com que só possa ser considerado este valor como valor de energia disponível a “receber” através deste sistema de armazenamento.

O período consecutivo de maior excesso energético toma valores de 1,67 kWh por habitação ao que corresponde um valor total de 768,2 kWh para o bairro todo. Este valor é correspondente à capacidade de armazenamento de energia de aproximadamente 13 carros. Segundo as previsões em cima citadas é de prever que nos períodos citados estejam mais do que 13 veículos ligados à rede o que viabiliza o armazenamento de energia.

Os ciclos de descarregamento de energia dos veículos elétricos para as habitações são feitos em dois períodos. O somatório do valor destes, sendo superior ao valor dos excessos, não poderá ser todo contabilizada. É por isso selecionado o valor correspondente ao período de maior défice consecutivo (16h00 até 1h00). Este valor é contabilizado durante este período para evitar grandes densidades energéticas o que facilita o dimensionamento do sistema de armazenamento tradicional. Dentro do período de maior défice é considerado o período disponível (19h00-01h00) que contabiliza um total de 3,03 kWh em défice de onde pode ser retirado o valor de 1,95 kWh deixando apenas um défice de 1,05 kWh para este período. Este défice será compensado através da injeção de energia de veículos elétricos e sendo que este valor é feito todo no mesmo período então a dimensão do sistema de armazenamento terá de

ser superior. Este valor corresponde á capacidade de armazenamento de aproximadamente 15 carros para o bairro inteiro o que viabiliza esta possibilidade.

Podem ser levantadas questões quanto á impossibilidade de carregamento/descarregamento total da capacidade de armazenamento dos veículos para a rede, mas uma vez que os valores apresentados relativos às necessidades de armazenamento são muito inferiores ás perspectivas de veículos disponíveis essa questão não levanta qualquer problema. Os períodos de carregamento e descarregamento de energia podem também dificultar o balanço de energias, mas esta avaliação deve ser feita sob uma perspectiva holística uma vez que viabilizando os valores para uma comunidade então todas deveriam optar por seleções semelhantes para que num futuro próximo o consumo de energia seja feito de forma mais eficiente utilizando o armazenamento na rede.

Armazenamento em baterias

O facto de existir uma disparidade entre os valores que são possíveis de armazenar na rede e aqueles que são necessários de armazenar faz com que seja necessário recorrer a sistemas de armazenamento local.

A análise do quadro que relaciona os défices e excessos de energia revela a existência de dois possíveis ciclos de carregamento e descarregamento de energia. Estes ciclos serão decisivos para o dimensionamento das baterias uma vez que este dimensionamento não tem de ser feito contabilizando a quantidade de energia total que é armazenada diariamente, mas sim a quantidade máxima que é armazenada durante um dos ciclos.

Ciclos de carregamento (1h00-4h00;8h00-15h00):

Existem dois ciclos de excesso de energia sendo que apenas um é considerado para o armazenamento em baterias uma vez que a energia gerada no outro ciclo é armazenada nos veículos elétricos. O ciclo a ter em conta é aquele que acontece no período entre as 9h00 e as 15h00, dentro deste período não é considerado o período de almoço (12h00-14h00) uma vez que também este é contabilizado para o sistema de armazenamento anterior. Durante este período são produzidos 2,99 kWh.

Ciclos de descarregamento (5h00-7h00;16h00;01h00):

Neste caso ambos os ciclos são considerados. A energia em défice no primeiro ciclo (5h00-7h00) é disponibilizada na integra através deste sistema de carregamento o que faz com que seja necessária uma capacidade de armazenamento de 0,359 kWh. No segundo período o défice de energia total é de 4,4 kWh, mas durante este período 1,9 kWh são disponibilizados através do sistema anterior o que faz com que apenas seja necessário armazenar 2,5 kWh.

Escolha do sistema

Para se escolher um sistema de armazenamento de energia indicado é necessário compreender quais os parâmetros que são necessários para que o sistema seja adequado às necessidades existentes.

Um sistema de armazenamento tem várias características relevantes que devem ser avaliadas. As características físicas que caracterizam estes sistemas não são limitativos entre eles para que possam servir como especificação diferenciadora podendo por isso ser ignorado este capítulo.

Dentro das características das especificações deve ser avaliada a capacidade (real e anunciada), a voltagem e a capacidade de carregamento. No quadro seguinte (4.13) estão apresentadas algumas soluções apresentadas por marcas presentes no mercado:

Quadro 4.13 Quadro de características das baterias

MARCA	CARACTERÍSTICAS
TESLA	14 KWH /5500 EUR
LG	3KWH / 2349 EUR 10 KWH / 4438 EUR 13 KWH / 5600EUR
MERCEDES	BLOCOS DE 2,5 KWH ATÉ 20 KWH - 1625 EUR P/ BLOCO
SONNEN	4 KWH/ 8000 EUR 26 KWH/20000 EUR
ELETRIIQ	10 KWH /16000 EUR

Dentro das opções existentes o modelo Powerwall 2 da Tesla é o sistema que apresenta o menor preço por capacidade (393 €/kWh) e não apresenta problemas de desgaste relacionados com os ciclos de utilização estando a garantia do produto relacionado apenas com o tempo (10 anos). Estes dados apresentados pelo fabricante são os que apresentam melhores valores para o objetivo procurado neste trabalho sendo por isso o sistema escolhido. No valor acima apresentado já estão incluídos os custos dos inversores e outros componentes para a instalação assim como o custo de instalação.

Este sistema de armazenamento tem uma capacidade real de 13,5 kWh apesar de apresentar uma capacidade de 14 kWh e tem uma capacidade de carregamento e descarregamento de 5 kW. Numa avaliação de ciclos este sistema parece superior ao necessário para cada habitação, mas uma vez que estamos a trabalhar num ambiente de comunidade e num projeto conjunto é possível fazer uma utilização partilhada destes sistemas para que o custo do sistema seja diluído no total do projeto.

Cada habitação apresenta necessidades de armazenamento de aproximadamente 3kWh por ciclo sendo que a capacidade de carregamento/descarregamento terá de ser superior a 0,8 kW (valor máximo registado neste período para défices ou excessos). Isto faz com que seja possível fazer uma gestão de energia entre cada bateria para responder às necessidades de 4 habitações. Esta possibilidade leva a uma diminuição do custo da energia armazenada e é apenas possível uma vez que os ciclos de carregamento e descarregamento foram diminuídos (em quantidade e densidade) através da introdução do armazenamento na rede e de uma distribuição inteligente da produção de energia.

Custos de armazenamento

Os custos ligados ao armazenamento estão ligados ao custo de aquisição do sistema de armazenamento.

O facto de o existir uma partilha do sistema faz com que o custo diminua sendo considerado apenas uma porção do sistema para os custos associados a cada habitação. O custo total de um sistema de armazenamento é de 5500 € sendo que o custo associado a cada habitação será de 1375 €.

Dados relativos ao modelo apresentado:

Nos quadros seguintes estão apresentados os dados finais relativamente às tecnologias de produção de energia.

Quadro 4.14 Dados Produção Eólica

Eólica	
Potência do gerador	15 kW
Nº de geradores	30
Potência total	450 kW
Fator de potência	0,316
Horas do dia	24 h
Energia produzida por dia	3412,8 kWh
Habitacões	460
Custo por potência	1350 EUR /Kw
Potência instalada	450 Kw
Custo por habitacão	1320,652

Quadro 4.15 Dados Produção Fotovoltaica

Pv	
área	1,64 m2
Produção/m2	270 kWh/m2/ano
producao por painel	442,8 kWh/m2/ano
Custo/potência	1131,75 euros/Kw
nº paineis	9
potencia instalada	2,25 kW
custo total	2546,438 euros
Producao diária	10,918 kWh
Área total	14,76 m2

É também apresentado na imagem seguinte uma representação gráfica da disposição, no topo das habitações, da tecnologia PV e dos painéis solares térmicos para que se validem as limitações físicas relacionadas com o espaço disponível.

Vista de topo da habitação

Área : 53,6 m²

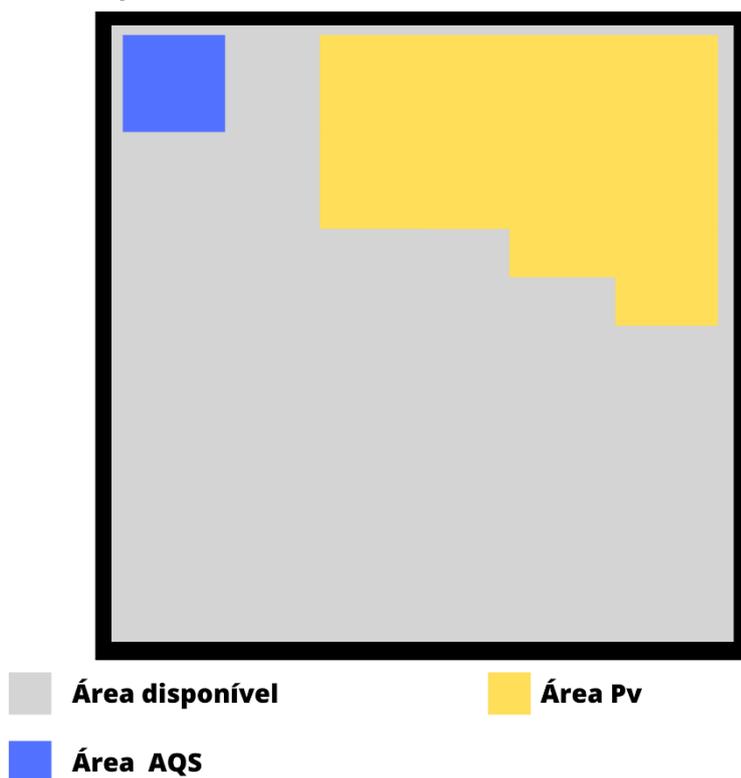


Figura 4.10 Representação gráfica do topo da habitação com a solução

Como é perceptível esta solução não é limitada pelas limitações físicas do topo da habitação sendo que o conjunto destas soluções ocupa apenas 30 % da área disponível do topo.

Análise financeira

A análise financeira é feita por habitação para que se possa comparar os custos de cada habitação tipo com os custos da habitação média portuguesa. Caso a solução se mostre viável para uma habitação significa que a mesma pode ser considerada viável para o projeto do bairro todo.

Os custos associados às soluções apresentadas podem ser analisados no quadro seguinte (4.16).

Quadro 4.16 Custos por habitação

TECNOLOGIA	CUSTO INICIAL / O&M (ANO)
PV	2546,4 EUR / 25 EUR
EÓLICA	1320,6 EUR / 13 EUR
ARMAZENAMENTO	1375 EUR / 0 EUR
TOTAL	5242 EUR / 38 EUR

Neste Quadro estão apresentados os custos iniciais (5242 EUR) e os custos de manutenção (38 EUR) que são os custos que os proprietários terão de suportar para que o sistema funcione nas melhores condições.

Para que esta instalação faça sentido, financeiramente falando, é necessário que no final do projeto este represente um custo inferior ao que seria o custo de contratar o total de energia á rede. A habitação tipo teria de despesas relacionadas com a eletricidade um valor anual de 607,5 EUR. A utilização da energia da rede não implica qualquer custo inicial ao contrário do que acontece no caso da utilização das energias renováveis. O alto investimento inicial que é feito no momento da instalação dos geradores de energias renováveis tem de ser compensado através da poupança feita anualmente na fatura da eletricidade.

O cálculo realizado para compreender a viabilidade económica desta solução é realizado através da determinação do VAL. Para que se determine o VAL é necessário definir um período de tempo para o projeto, os fluxos monetários (*cash flows*) assim como uma taxa de atualização que faça com que o investidor se sinta confortável com o investimento.

O período considerado neste estudo foi o de 25 anos, este é o período de vida estimado para que o bom funcionamento das tecnologias apresentadas seja feito da melhor maneira apresentando apenas custos de manutenção. As baterias apresentam uma garantia de funcionamento superior aos 90% para um tempo de vida de 10 anos, mas é esperado que o seu funcionamento mantenha níveis desta ordem para um período de 15 anos. Ainda assim é considerada a mudança da bateria no décimo primeiro ano adicionando o custo deste equipamento ao *cash flow* corrente desse ano.

O *cash flow* considerado nesta análise é a diferença entre o custo anual que seria pago caso a eletricidade fosse consumida através da rede e o custo relacionado com a manutenção das estruturas geradoras de energia renovável. Este fluxo representa o valor monetário poupado anualmente pelo proprietário.

No quadro seguinte (4.17) é possível consultar os valores relacionados com a análise económica do projeto:

Quadro 4.17 Análise económica

INVESTIMENTO INICIAL: 5242 EUR CUSTOS ANUAIS (FUTUROS): 38 EUR CUSTOS ANUAIS (ACTUAIS): 607,5 EUR CASH FLOWS: 569,5 EUR TIR: 9%	
TAXA DE ATUALIZAÇÃO	VAL
3%	3651,6 EUR
6%	1270,33 EUR
8%	200,39 EUR

4.3 Soluções conjuntas vs individuais

A implementação destas soluções depende da disponibilidade física no local para que seja possível a instalação das tecnologias de produção de energia. a possibilidade de instalar estas soluções em conjunto pode permitir uma poupança significativa em alguns casos e por isso, caso seja fisicamente viável , deve ser calculada a diferença de valores para estas soluções.

As diferenças de valores que são possíveis alcançar são explicadas através do conceito de economias de partilha. A possibilidade de partilhar componentes relacionados com estas estruturas e o facto de as mesmas ficarem situadas em localizações próximas são os fatores que mais contribuem para uma possível redução no custo das soluções. Uma capacidade de maior adaptação da comunidade em incorporar estas tecnologias no seu seio significa um maior retorno a nível financeiro, esta capacidade pode por vezes representar a diferença entre a implementação ou não de um projeto.

Esta capacidade das comunidades em incorporarem uma comunidade energética é fundamental para uma otimização no processo de produção de energia. Esta capacidade de incorporação das tecnologias passa pela adaptação das mesmas em questões estéticas e até funcionais das comunidades. Uma nova utilização dos topos dos edifícios pode ser exigida ou até a aceitação estética de uma turbina eólica num local de maior rendimento, mas onde não é tão agradável visualmente.

Energia eólica

As turbinas eólicas, responsáveis por parte da energia elétrica produzida, não têm uma correspondência com uma ou um grupo de habitações. Dada esta independência entre as turbinas e as habitações é possível colocar as turbinas num local mais vantajoso sendo depois a energia distribuída para as habitações. Sendo o número de geradores também totalmente independente do número de habitações é possível variar o conjunto de geradores por forma a

que a solução mais económica seja encontrada. Dado o grande número de turbinas definidas no cálculo anterior é necessário encontrar uma área disponível de grandes dimensões. Esta necessidade de encontrar uma área disponível e de colocar o sistema todo no mesmo local, faz com que seja possível o redimensionamento do sistema para que seja encontrado um proveito económico.

A potência total necessária é de 450 kW e por isso é estudada a instalação de uma solução capaz de entregar esta potência e que respeite os valores estudados previamente (cut-in speed, cut-out speed, entre outros). A turbina da marca Vestas (Vestas v39 500kW) apresenta valores de funcionamento parecidos com aqueles que foram estudados previamente, sendo por isso capaz de produzir energia nos valores pretendidos. Esta turbina é comercializada por um valor de 150 000 euros.

O valor da turbina representa aproximadamente 75% do valor total da solução (www.wind-energy-the-facts.org) e por isso o valor total desta solução seria de 203 000 euros. A solução inicial apresenta um valor de 1320 euros por habitação o que representa um custo total de 607 200 euros. A implementação desta solução poderia representar uma diminuição do valor total de 77% sendo por isso interessante avaliar a disponibilidade local para a implementação da mesma. Esta solução está apenas limitada pelo nível de aceitação da população em integrar um gerador com dimensões consideráveis no bairro (equivalente a um prédio de 11 andares). Este gerador foi escolhido porque não existem no mercado geradores de exatamente 450 kW por valores inferiores e a conjugação de geradores que no seu conjunto tenham 450 KW é também mais cara.

Na figura 4.3.1 e 4.3.2 estão representados, um local possível para a implementação do gerador eólico e uma imagem representativa do gerador em questão.



Figura 4.11 Área disponível do bairro (Lider A, proposta para o bairro Marechal Carmona)



Figura 4.12 imagem da turbina (www.wind-turbine-models.com)

Assim caso sejam ultrapassadas as dificuldades relacionadas com a estética local e o ruído esta pode ser uma solução ainda mais vantajosa. Consultando a ficha de especificações da turbina podemos confirmar que esta é capaz de produzir a energia necessária (esta ficha está disponível em anexo desta tese).

Energia solar térmica e fotovoltaica

A energia solar térmica, tal como a energia fotovoltaica, é captada através de painéis que devem estar dispostos em locais com uma exposição favorável para o sol. No caso da energia solar térmica a hipótese de concentrar os acumuladores de calor numa solução conjunta implica a disponibilidade de uma área de pelo menos 7137,38 metros quadrados ($1,6m^2$ por habitação).

A solução conjunta para o aquecimento de águas sanitárias não deve ser procurada uma vez que a proximidade dos painéis ao local de consumo da água é essencial para que a temperatura da água seja mantida nos níveis pretendidos. A única possibilidade de instalação desta solução seria no mesmo local onde o gerador eólico poderia ser instalado, neste local não é possível garantir a inexistência de sombras o que também impossibilita a viabilidade desta solução.

Para uma solução conjunta para a tecnologia fotovoltaica seria necessária uma área de 6789,6 metros quadrados. Esta área está disponível no mesmo local onde está projetada a instalação do gerador eólico, mas também para esta solução é importante garantir a falta de obstruções solares, situação que não é possível dada a existência do gerador eólico.

Estas soluções ficam assim afastadas de uma solução conjunta sendo que a principal razão para que tal aconteça é a incapacidade de garantir uma área onde estas tecnologias possam funcionar de maneira eficaz. Uma solução conjunta também não permitiria o aproveitamento do topo das habitações.

Comunidade energética

A procura de uma solução conjunta tem influência no custo total da instalação uma vez que o custo de uma das fontes de produção diminui significativamente. A diminuição do custo associado à energia eólica significa uma redução no custo por habitação o que implica uma avaliação financeira diferente.

O custo inicial, que foi previamente estimado, de 5242 EUR passa a ser de 4362,7 EUR sendo que o custo de manutenção sofre também uma redução para os 29,4 EUR em contraste com os 38 EUR apresentados anteriormente.

Uma nova avaliação financeira apresenta os valores representados no quadro seguinte:

Quadro 4.18 Avaliação financeira para a solução conjunta

INVESTIMENTO INICIAL: 4362,7 EUR CUSTOS ANUAIS (FUTUROS): 29,4 EUR CUSTOS ANUAIS (ACTUAIS): 607,5 EUR CASH FLOWS: 578,1 EUR TIR: 12%	
TAXA DE ATUALIZAÇÃO	VAL
3%	5702,841 EUR
6%	3026,36 EUR
8%	1807,4 EUR

Através deste quadro é possível declarar que este projeto se torna ainda mais vantajoso através da solução conjunta sendo que a taxa interna de rentabilidade aumenta para os 12%.

5 Discussão

5.1. Análise de sensibilidade e discussão de resultados

No momento de analisar um projeto prospectivo em que os valores utilizados são aproximados e que são retirados de estudos já existentes, devemos testar a resistência dos valores finais que nos são apresentados.

A análise de sensibilidade deve colocar a prova a resiliência dos valores do sistema fazendo alterações nas variáveis do mesmo que estão mais predispostos a sofrer alterações. A solidez da solução apresentada é confirmada quando a solução não deixa de ser economicamente viável por culpa da variação destas variáveis. A manutenção do VAL positivo durante a análise de sensibilidade comprova por isso a estabilidade do modelo.

Para este estudo a análise de sensibilidade será feita tendo em conta 2 grupos, o nível de produção e a variação dos custos.

Variação de custos:

- Variação em 10% dos custos iniciais.
- Variação em 25% dos custos de manutenção.

Variação da produção:

- Diminuição anual de 1% na produção fotovoltaica devido á degradação dos módulos PV (Jordan e Kurtz, 2012)
- Diminuição anual de 0,2% na produção eólica nos primeiros 6 anos, e de 1,6% nos restantes, devido a avarias e degradações do gerador (Staffell e Green, 2014)

É considerada uma taxa de atualização de 6% que resulta nos valores representados no quadro seguinte:

Quadro 5.1 - Análise de sensibilidades

ANÁLISE DE SENSIBILIDADE	VAL/TIR
+/- 10% CUSTOS INICIAIS	2626,4 EUR / 11%
+/- 25% O&M	2935,6 EUR / 12%
DIMINUIÇÃO PRODUÇÃO PV	2244,19 EUR / 12%
DIMINUIÇÃO PRODUÇÃO EÓLICA	SEM ALTERAÇÕES SIGNIFICATIVAS

Neste quadro estão apenas representados os valores para o caso em que pudesse estar em risco a avaliação do projeto. No caso dos aumentos e diminuições de custos apenas estão representados no quadro os valores correspondentes ao caso em que os custos aumentam uma vez que a diminuição destes custos não iria colocar em causa o projeto. Neste quadro os casos são avaliados individualmente para que seja perceptível qual o efeito de cada um na avaliação do projeto.

A variação dos custos iniciais é o fator que faz com que a TIR diminua em maior valor o que pode representar um problema para os investidores. Este efeito já seria de esperar uma vez que as energias renováveis são caracterizadas por um investimento inicial intensivo.

A não variação dos resultados de acordo com a variação da produção eólica prende-se pelo facto de o gerador instalado ser de capacidade superior à capacidade necessária. A capacidade do gerador instalado é 10% superior ao necessário pelo que apenas a meio do seu tempo de vida é que a sua produção começa a ser inferior à produção necessária.

Estudado o caso em que todos os casos são conjugados o VAL do projeto desce para 1750,2 EUR com uma TIR de 9%. O facto de o VAL se manter positivo para uma TA de 6% representa uma segurança para os investidores. Por outro lado, o facto de a TIR diminuir 3 pontos percentuais pode fazer com que os mesmos investidores percam o interesse.

5.2. Tabela SWOT e comparativo de soluções

A abordagem a este problema na escala das comunidades representa uma solução que aproxima este bairro da neutralidade carbónica. Esta solução como todas as outras tem pontos favoráveis e pontos contra.

Esta abordagem tem como grande ponto favorável a questão de tornar esta comunidade independente sob o ponto de vista energético. Este pró protege os habitantes locais de variações de custos do mercado energético e torna este bairro menos propício a poluição local. A descentralização da produção energética e a colocação das fontes de produção nesta comunidade coloca sobre a mesma o risco da parte da produção. Este risco representa um grande fator contra esta abordagem uma vez que caso a produção não seja de acordo com o que é esperado o investimento será perdido.

Estas duas principais razões outras podem ser consultadas na análise SWOT sintética (figura 5.2.1).



Figura 5.2.1 Análise SWOT

O quadro SWOT está dividido em 4 partes sendo a primeira a análise das forças da abordagem. Nas forças está incluída a capacidade da rede em absorver energia. Esta capacidade é atingida quando o projeto é realizado em comunidade uma vez que se podem realizar balanços energéticos gerais sendo depois apenas necessário consultar a rede e verificar a disponibilidade da rede em absorver esta energia excedentária.

Neste caso prático existe facilidade em absorver esta energia por parte da rede através dos veículos elétricos. A complementaridade entre as fontes é também um dos pontos fortes desta abordagem uma vez que permite ajustar tempos de produção de energia consoante as características das fontes não ficando assim o sistema sujeito a apenas uma curva de produção. O maior ponto forte desta abordagem prende-se com o facto de a energia gerada ser de baixo custo uma vez que os “combustíveis” para estas energias não representam qualquer custo.

No quadro das fraquezas, esta abordagem sofre das fraquezas esperadas para qualquer projeto de energias renováveis. A dependência de condições atmosféricas favoráveis assim como o alto investimento são realidades que afastam o investidor deste tipo de soluções, mas com estudos aprofundados partindo da realidade estudada previamente pode ser diminuída a perspetiva de erro.

A variação de preços da energia no mercado constitui tanto uma ameaça como uma oportunidade. Se é verdade que a independência energética é uma oportunidade porque permite escudar a comunidade de aumentos de preços da energia no mercado, também é verdade que caso a rede se torne mais eficiente e caso o custo da energia decresça então o VAL do projeto irá decrescer. Caso o preço da energia no mercado desça significativamente o investidor perderá o retorno financeiro, que é visto como uma oportunidade neste sector.

A maior ameaça encontrada nesta solução foi a dificuldade em harmonizar as tecnologias com a comunidade por forma a que a presença das mesmas não incomode a população.

Comparativo de soluções

Um comparativo entre os valores relevantes das três soluções estudadas – solução isolado, comunidade e conjunta - analisando o investimento, custos anuais e VAL (figura 5.2.2) evidencia aspetos diferenciadores.

Apesar de estas soluções se apresentarem como isoladas e de não parecer existir relação entre as mesmas a realidade é que através de um gráfico que una os valores que as representam é possível retirar conclusões.

Os segmentos de reta que unem as soluções representam uma variedade de outras soluções que são possíveis conceptualizar. Através da análise deste gráfico é possível retirar as seguintes conclusões:

- As soluções compreendidas entre a solução isolada e a solução da comunidade não garantem a independência financeira apesar de representar um menor investimento inicial.
- As soluções de comunidade de energia são aquelas que apresentam uma maior segurança financeira. Esta segurança é garantida através do menor investimento inicial e custos de manutenção. Estes valores garantem depois um V.A.L. superior.

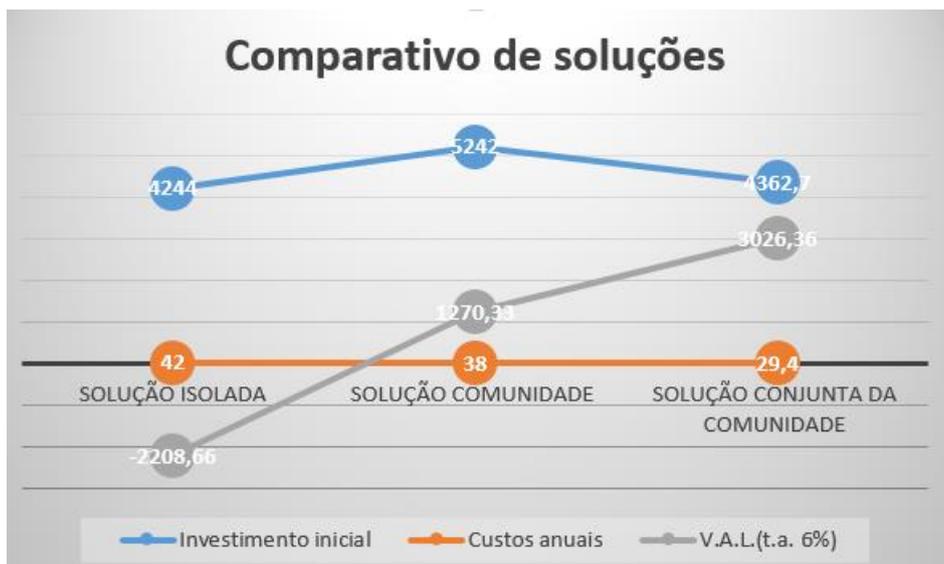


Figura 5.2.2 Comparativo de soluções

Pode por isso ser concluído que as soluções de comunidades energéticas conjuntas são aquelas que tendencialmente se apresentam, neste caso e com estes pressupostos, como mais rentáveis financeiramente e ao mesmo tempo que garantem a independência energética.

5.3. Potencialidades e limitações

As limitações desta tese e desta análise estão estreitamente ligadas, ao conjunto de pressupostos assumidos, aos modelos de cálculo adotados e à fiabilidade dos valores utilizados. Este é uma análise exploratória, sendo para que seja implementado e decidida a configuração efetiva, de um sistema destes seria necessário um estudo posterior com a utilização de ferramentas mais precisas e medições no local exato.

Esta análise serve como avaliação prévia e de identificação de hipóteses, para que depois se decida se deve ser, ou não, realizada uma afinação dos resultados através dos métodos já enunciados.

A não utilização destes métodos de imediato está relacionado com a eficiência e os custos dos mesmos (valores que a evolução tecnológica tem vindo a alterar). Dado o valor retirado deste estudo faz sentido realizar um levantamento mais aprofundado dos dados relativos à capacidade de produção de energia do local, para que, caso se confirmem estes resultados se avance para esta solução. A solução encontrada através deste trabalho é única uma vez que as características deste bairro são exclusivas no que diz respeito à capacidade de produzir energia no local de forma descentralizada. Ainda assim existe a potencialidade de explorar esta metodologia e de a aplicar noutras comunidades procurando com isso atingir a neutralidade carbónica.

A potencialidade desta solução prende-se muito também com a capacidade de evolução da rede que se espera que seja reestruturada num futuro próximo devido ao aumento de procura de veículos elétricos. Uma rede que funcione de maneira inteligente e que saiba gerir os momentos de oferta e procura faz com que a resiliência desta solução seja superior devido a uma maior capacidade de absorção de energia por parte da mesma mesmo caso os tempos de produção sejam alterados. Num ano de pandemia (2020) ficou visível que as rotinas diárias podem alterar significativamente num curto espaço de tempo e por isso caso estas rotinas se alterem as necessidades energéticas também se vão alterar. Com estas alterações será necessária uma rede que se saiba adaptar!

6 Conclusões

A implementação de fontes de energia renovável em meio urbano e no interior de comunidades, de forma a explorar as potencialidades das mesmas, é algo de grande interesse uma vez que apenas através destas é possível diminuir o consumo de matérias poluentes. A implementação desta solução deve ser analisada sob vários pontos de vista:

- Independência energética da comunidade;
- Perspetiva financeiro;
- Perspetiva ambiental;
- Aceitação da comunidade (transtornos);
- Evolução prevista.

Independência energética

Neste estudo é alcançado a independência energética através da instalação de fontes de energia renováveis. Esta independência está assente na fiabilidade dos valores apresentados e uma vez que as condições atmosféricas não são previsíveis é impossível garantir a 100% a independência energética. Ainda assim e depois de ser analisada a análise de sensibilidades é possível garantir uma margem de conforto para que se garanta uma independência energética para esta comunidade.

Fator financeiro

O investimento feito pelos investidores deve ser seguro para que este projeto faça sentido numa avaliação holística. Neste sentido a análise de sensibilidades coloca esta realidade em causa fazendo alterações nas variáveis estudadas e demonstrando que o investimento é seguro. Tendo em conta que esta solução está inserida num bairro de responsabilidade camarária será de prever que este sistema será implementado por entidades estatais. Não devendo o estado procurar vantagens financeiras nas suas ações, mas sim o bem-estar dos habitantes, então esta solução apresenta um excesso financeiro de ainda poder gerar riqueza que estas entidades podem alocar a outros ativos. O estado pode com estas soluções fazer parcerias com empresas do ramo energético para que estas instalem e mantenham estas soluções, sendo que depois o pagamento mensal dos habitantes pela utilização das mesmas seria inferior ao custo da contratação da energia da rede.

Ainda assim esta solução mostra-se viável sob o ponto de vista financeiro até para os privados, que se alheiam, por vezes, de outras preocupações (ex: ambientais), que procuram benefícios económicos. Ao garantir um VAL positivo e uma TIR elevada o investidor pode estar descansado de que receberá os dividendos do seu investimento. Podem com isto surgir associações (definidas pela localidade de residência dos intervenientes) que realizam estes estudos e implementam estas soluções para que seja encontrado esse benefício económico.

A conjuntura atual já é propícia para que se procure por vezes estas soluções (a legislação já obriga a instalação de painéis solares térmicos por exemplo) o que é fundamental uma vez que, como a população desconhece a capacidade destas tecnologias, prefere não arriscar e opta por métodos mais tradicionais. Ainda assim e devido às condições altamente propícias para a produção de energia fotovoltaica é necessário legislar de forma incentivar a produção desta energia em comunidades.

Fator ambiental

O fator ambiental é o grande fator que faz com que estas soluções sejam procuradas e desenvolvidas ao dia de hoje. Ainda que estas soluções representem um grande investimento inicial (o que pode limitar a sua implementação) a realidade é que estes investimentos são necessários agora para que se garanta a sustentabilidade do nosso planeta.

Esta solução representa por isso uma melhoria significativa no que diz respeito ao meio ambiente através da diminuição do consumo de combustíveis fósseis. Para que se coloque em perspectiva caso seja utilizado o combustível menos poluente ((EIA) gás natural = 0,41 kg de CO_2 por kWh) então está a ser feita uma poupança de aproximadamente uma 1500 kg de CO_2 anualmente .

Aceitação da comunidade

A introdução destas tecnologias no interior das comunidades pode levar a algumas alterações no funcionamento das mesmas, este fator pode-se relevar fundamental para a implementação destas soluções.

A produção descentralizada de energia renovável revela-se altamente vantajosa uma vez que caso estas tecnologias estivessem condensadas em apenas um local então a produção total iria sofrer de acordo com as condições atmosféricas. Ao distribuir em pontos estratégicos a produção existe uma menor exposição do sistema a variações dos eventos climáticos. Ao distribuir estas tecnologias pelas comunidades é encontrada a dificuldade em harmonizar as mesmas com as estruturas existentes nestas comunidades.

Em comunidades menos progressistas é possível que se encontre alguma resistência à instalação destas tecnologias. A solução encontrada para as energias derivadas do sol não devem representar um problema significativo uma vez que estão inseridas no topo dos edifícios e a própria legislação exige que os painéis solares lá se encontrem. A solução em comunidade para a energia eólica é aquela que pode apresentar uma maior resistência da população. Apesar de estas tecnologias apresentarem hoje baixos valores de ruído este ainda existe e as dimensões destes geradores podem não ser atraentes, esteticamente, para muitos. É possível colocar este gerador num local mais afastado da comunidade por forma a que não incomode, mas esta solução implicaria um custo superior (renda do local e cablagem por exemplo).

Este gerador proposto foi já testado em comunidades, (como por exemplo em Stadland na Alemanha) sem que tenha sido reportado qualquer problema. As condições são diferentes uma vez que está colocado numa comunidade de trabalho (zona agrícola) e por isso não incomoda (em termos de ruído) durante a noite. Ainda assim foram colocadas várias nesta localidade e a população local não apresentou queixas.

Assim será de esperar que através da sensibilização, educação e maior conhecimento, estas soluções sejam aceites pela população podendo ser necessário colocar o gerador eólico num outro local.

Evolução prevista do setor

Depois de analisar este estudo de caso, é de concluir que para maior parte dos aspetos a evolução estima-se que sejam positivas. Assim, é pertinente questionar por que razão estas soluções não estão a ser implementadas no presente.

Estas soluções implicam um grande investimento inicial e quando os investimentos iniciais são grandes o investidor tende a esperar para verificar se a realidade não se altera. No campo das energias renováveis a realidade está em constante evolução e por isso o investidor está sempre a avaliar novas soluções sempre com melhores resultados. Esta situação leva a que seja necessário encontrar um ponto de maturação para cada tecnologia para que se decida em que momento é mais indicado investir.

Neste momento a maturidade de cada uma das tecnologias apresentadas é já elevada pelo que o presente é um bom momento para a implementação destes estudos. É esperado que no futuro as eficiências aumentem o que vai resultar em valores ainda mais sensatos para os investidores, mas uma vez que este estudo já apresenta valores sólidos a realidade é que faz sentido projetar estas soluções sendo que no fim de vida das mesmas podem ser aplicadas tecnologias mais evoluídas.

O futuro é complexo de prever, mas tendo em conta a evolução que tem sido registada nos últimos anos podemos fazer conjecturas futuras neste ramo. É por isso expectável que as tecnologias de produção apresentem melhor eficiência nos próximos anos, ao mesmo tempo que os custos por capacidade diminuíam.

Esta evolução vai permitir que mais comunidades energéticas sejam concebidas uma vez que o receio dos investidores irá diminuir. É também de registar o grande aumento de vendas de carros elétricos e este setor pode estar a obrigar com que o mercado faça naturalmente uma transição fugindo das soluções que recorrem a combustíveis fósseis. O aumento de veículos elétricos irá diminuir o consumo de combustíveis fósseis e aumentar o consumo de eletricidade (esta pode ser produzida através de combustíveis fósseis, mas existe a oportunidade de produzir esta energia através de fontes renováveis).

Este aumento de consumo de eletricidade apresenta-se como uma ameaça para a rede, mas também se apresenta como uma oportunidade para mais soluções como a que foi estudada neste trabalho. O setor energético tem por isso todas as ferramentas para fazer uma transição energética sendo agora apenas necessário procurar soluções que favoreçam essa mesma transição.

Síntese

Esta tese revela que a implementação de comunidades energéticas faz com que possa ser possível diminuir os custos iniciais de investimento e tornar estas soluções atrativas financeiramente.

Neste estudo foi realizado um projeto para as AQS que devido à regulamentação ficou definido desde cedo e não sofreu mais alterações durante o mesmo. Como já era de esperar a produção de energia elétrica era o setor que acarretava maiores problemas devido à dificuldade em justificar financeiramente o investimento nas tecnologias. Se numa primeira abordagem, simplificada e individual (foi considerada apenas uma habitação) o investimento em painéis fotovoltaicos se revelou insustentável em termos financeiros o mesmo não é verdade quando se faz uma abordagem em comunidade.

Ao longo deste trabalho foi sendo aumentado o conceito de comunidade sendo que numa segunda abordagem já foi implementada uma nova fonte de energia (que não faria sentido implementar para soluções individuais), e foi encontrada uma solução de armazenamento que permitiu consumir toda a energia produzida e ainda assim encontrar razão no aspeto financeiro.

Na última abordagem é criada uma comunidade energética dentro do bairro onde é procurado tirar a máxima vantagem do conceito de economia partilhada e de economias de escala. Nesta solução as fontes de energia são dimensionadas para que o custo inicial seja menor mantendo os níveis de produção e as soluções de armazenamento. É notório que o custo diminuiu de maneira significativa, mas também é mais difícil encontrar uma harmonia entre a comunidade e as tecnologias.

Em conclusão é importante ressaltar que as comunidades energéticas demonstram assim ter um grande potencial sendo que desmistificam por completo a ideia inicial de que o investimento, mesmo que não sendo de forma intensiva, em energias renováveis pode ter algum retorno financeiro. É necessário procurar soluções inovadoras e realizar projetos em comunidade para que a transição energética seja possível.

Limitações e desenvolvimentos futuros

O estudo desta tese foi realizado com base em valores aproximados e sem o aprofundamento dos estudos que são exigidos para a implementação de um projeto destas dimensões. É por isso importante realçar que apesar do esforço para que os valores se aproximem o máximo possível da realidade, esta apresenta uma extrema dificuldade em ser representada dadas as ferramentas utilizadas.

Ao longo do trabalho foram utilizadas várias aproximações numéricas e métodos representativos da realidade (ex. médias aritméticas) que fazem com que seja necessário um estudo mais aprofundado das condições do local e das características do bairro para que se valide um estudo destes.

No momento do levantamento de dados do bairro foram utilizados dados representativos do País e não do bairro Marechal Carmona, estes dados não invalidam o estudo, mas para a implementação de um projeto seria necessário realizar um levantamento das características verdadeiras do bairro. A utilização de valores médios nacionais valida o modelo, mas reproduz o modelo mais preciso uma vez que as necessidades reais não são conhecidas.

No levantamento dos dados relacionados com a produção de energia foram também ignoradas as estações do ano ao serem utilizados valores médios anuais. Estes valores por norma compensam-se (energia PV diminui nas estações em que a eólica aumenta) mas ainda assim para a conceção de um projeto fiável seria necessário estudar de forma mais aprofundada as capacidades de produção energética no decorrer do ano.

Estes métodos utilizados no decorrer do trabalho não invalidam a conclusão retirada desta tese, apenas não seriam precisos para um projeto real para este bairro, ainda assim seria um ótimo ponto de partida para que mais estudos fossem realizados e para que no Bairro Marechal Carmona possa ser desenvolvida uma comunidade energética.

Referências

- ACAP - Associação do Comércio Automóvel de Portugal (2020) Estatísticas de veículos nacionais. (<https://acap.pt/pt/estatisticas>)
- ACEA - ACEA - European Automobile Manufacturers' Association (2020). Passenger car statistics. <https://www.acea.be/statistics/tag/category/share-of-diesel-in-new-passenger-cars>, Last access by 2020- 12-21.
- André , Daniela (2019). O Rejuvenescer do Bairro Marechal Carmona, Cascais Proposta de um Equipamento Multifuncional e Intergeracional. Tese de mestrado de arquitetura da Universidade de Lisboa, Dezembro de 2019. <http://hdl.handle.net/10400.5/19857>
- Apte, Joshua; Arasteh, Dariush ; Huang, Joe (2002). Future advanced windows for zero-energy homes. ASHRAE Transactions. 109. 12-21.
- APREN (2019). Anuário 2019. Portugal precisa da nossa energia!. <https://www.apren.pt/contents/documents/anuario-2019-aprenebook-v2-5562.pdf> (Acedido pela última vez em 2020-12-22).
- Baddou, Yassine (2017). Solar thermal systems for domestic water heating applications in residential buildings. Efficiency and economic viability analysis of monitored plants. (@inproceedings Baddou 2017 SolarTS, Solar Thermal Systems for Domestic Water Heating Applications in residential buildings, Efficiency and economic viability analysis of monitored plants. 2017)
- Barata, Filipe; Quadrado, Jose. (2007). Portugal Wind Energy Situation. (https://www.researchgate.net/publication/242301316_Portugal_Wind_Energy_Situation)
- Berg, Robin (2015). Smart Solar Charging Utrecht, Presentation. 31 de março de 2015. <https://www.amsterdamvehicle2grid.nl/wp-content/uploads/2015/04/Robin-Berg-Lomboxnet.pdf>. (Acedido pela última vez em 2020-12-22).
- Bloomberg NEF (2020). Electric vehicle Outlook 2020. <https://about.bnef.com/electric-vehicle-outlook/>(Acedido pela última vez em 2020-12-22).
- Cavaco, Afonso; Canhoto, Paulo; Collares-Perreira, Manuel. (2019). ESTIMATION OF PHOTOVOLTAIC ENERGY PRODUCTION IN PORTUGAL. (https://www.researchgate.net/publication/334549659_ESTIMATION_OF_PHOTOVOLTAIC_ENERGY_PRODUCTION_IN_PORTUGAL)
- Cheng, Yu; Zhang, Chengwei. (2017). Configuration and operation combined optimization for EV battery swapping station considering PV consumption bundling. Protection and Control of Modern Power Systems. 2. 10.1186/s41601-017-0056-y.
- Costa, Paulo, Miranda, Pedro, Estanqueiro (2006). Development and validation of the portuguese wind atlas. LNEG. http://repositorio.Ineg.pt/bitstream/10400.9/1955/1/EWEC_2006_ATLAS_PM.pdf

- Maria Chalakatevaki, Paraskevi Stamou, Sofia Karali, Vasiliki Daniil, Panayiotis Dimitriadis, Katerina Tzouka, Theano Iliopoulou, Demetris Koutsoyiannis, Panos Papanicolaou, and Nikos Mamassis, Creating the electric energy mix in a non-connected island, *Energy Procedia*, Volume 125, 2017, Pages 425-434, (<https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.08.089>)
- DGEG - direção geral de energia e geologia, INE - Instituto Nacional de Estatística (2010) - Inquérito ao Consumo de Energia no Sector Doméstico. Lisboa.
- EEA- European Environment Agency , - Correlation of energy consumption and GDP per person , 2015.
- EIA US Energy Information Administration (2020). Cost and Performance Characteristics of New Generating Technologies, Annual Energy Outlook 2020. <https://www.eia.gov/outlooks/aeo/pdf/AEO2020%20Full%20Report.pdf> Acedido pela última vez em 2020-12-22).
- Esteves, Teresa Simões (2004). Base de Dados do Potencial energético do Vento em Portugal – Metodologia e Desenvolvimento. https://www.researchgate.net/publication/259580577_Base_de_Dados_do_Potencial_energetico_do_Vento_em_Portugal_-_Metodologia_e_Developolvimento. (Acedido pela última vez em 2020-12-22).
- Esteves, Teresa Simões (2003). Portuguese wind energy GIS database. https://www.researchgate.net/publication/259503589_Portuguese_Wind_Energy_GIS_Database (Acedido pela última vez em 2020-12-22).
- EurObserv'ER (2020). Solar thermal and concentrated solar power barometer 2020 <https://www.eurobserv-er.org/solar-thermal-and-concentrated-solar-power-barometer-2020/> (Acedido pela última vez em 2020-12-22).
- Gao, Zhiguo (1998) in "Environmental Regulation of Oil and Gas". Kluwer Law International p. 8
- Greenspec (2020). Small wind turbines (www.greenspec.com) (Acedido pela última vez em 2020-12-22).
- Goebel, Christoph; Cheng, Vicky; Jacobsen, Hans-Arno. (2017). Profitability of Residential Battery Energy Storage Combined with Solar Photovoltaics. *Energies*. 10. 976. 10.3390/en10070976.
- Gordon, John Steele (2007). " 10 Moments that made american business" , American Heritage , March 2007
- Iain Staffell, Richard Green (2014) How does wind farm performance decline with age?, *Renewable, Energy*, Volume 66, 2014, Pages 775-786
- IEA (2020). Global EV outlook 2020. <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2020>. (Acedido pela última vez em 2020-12-22).
- IEA (2014). "2014 Key World Energy Statistics" iea.org
- IRENA (2012). Renewable Energy Technologies: Cost analysis series – Wind Power. <https://www.irena.org/> (Acedido pela última vez em 2020-12-22).

- IRENA (2016). The Power to Change: Solar and Wind Cost Reduction Potential to 2025. <https://www.irena.org/> (Acedido pela última vez em 2020-12-22).
- IRENA (2019). Renewable capacity highlights, <https://www.irena.org/> 31 March 2019. (Acedido pela última vez em 2020-12-22).
- Jordan, Dirk, Kurtz, Sarah (2012) Photovoltaic Degradation Rates — An Analytical Review. NREL, 32 pages. <https://www.nrel.gov/docs/fy12osti/51664.pdf> (Acedido pela última vez em 2020-12-22).
- Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE (2018). Levelized Cost of electricity (march 2018). https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/en/documents/publications/studies/EN2018_Fraunhofer-ISE_LCOE_Renewable_Energy_Technologies.pdf (Acedido pela última vez em 2020-12-22).
- Lazard (2018) Lazard's levelized cost of energy analysis 2018. <https://www.lazard.com/perspective/levelized-cost-of-energy-and-levelized-cost-of-storage-2018/> (Acedido pela última vez em 2020-12-22).
- Lazard (2017). Lazard's levelized cost of energy analysis 2018. LCOE 2017. <https://www.lazard.com/media/450337/lazard-levelized-cost-of-energy-version-110.pdf> (Acedido pela última vez em 2020-12-22).
- Lenormand, Patrick (2005). Solaire thermique dans le Nord, Systèmes Solaires 168, Paris: 30.
- Lindsey, R. (2009). Climate and Earth's energy budget. <https://earthobservatory.nasa.gov/features/EnergyBalance>. (Acedido pela última vez em 2020-12-22).
- Nações Unidas (2019). "Global Gas Flaring Reduction Partnership", 29 of December 2019. <https://sustainabledevelopment.un.org/partnership/?p=1532>. (Acedido pela última vez em 2020-12-22).
- Ogueke, Nnamdi & Anyanwu, Emmanuel & Ekechukwu, Val. (2009). A review of solar water heating systems. Journal of Renewable and Sustainable Energy.
- Openrenewables (2019). Ficha técnica do painel fotovoltaico proposto para a solução. OPEN 2XX-PM60 G2 (www.openrenewables.com). <https://www.openrenewables.com/wp-content/uploads/2019/05/Open-2XX-PM60-PT-v2.50.pdf>. (Acedido pela última vez em 2020-12-22).
- Philibert, Cédric (2005). The present and future use of solar thermal energy as primary source of energy. <http://philibert.cedric.free.fr/Downloads/solarthermal.pdf>. (Acedido pela última vez em 2020-12-22).
- PORDATA (2020). Consumo de energia elétrica: total e tipo de consumo , 2017 <https://www.pordata.pt/Portugal/Consumo+de+energia+el%C3%A9ctrica+total+e+por+tipo+de+consumo-1124>(Acedido pela última vez em 2020-12-22).

- Portal energia (2019). Painéis solares mais eficientes do mercado , 2019. (<https://www.portal-energia.com/paineis-solares-mais-eficientes/>)(Acedido pela última vez em 2020-12-22).
- Proença, Emanuel (2007). Photovoltaic solar energy in Portugal State-of-Art and perspectives of development. Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial, IST Lisboa. <https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/395137487933/Tese%20-%20Artigo%20em%20Ingl%C3%AAs.pdf> (Acedido pela última vez em 2020-12-22).
- Santos Silva, Gonçalo (2019). O Rejuvenescer do Bairro Marechal Carmona, Cascais, Tese de mestrado da Faculdade de Arquitetura da Universidade de Lisboa , Dezembro 2019
- Soroush, Shafiee; Fotuhi-Firuzabad, Mahmoud Mohammad; Rastegar, Mohammad (2012). Impacts of controlled and uncontrolled PHEV charging on distribution systems. Conference: Advances in Power System Control, Operation and Management (APSCOM 2012), 9th IET International Conference. https://www.researchgate.net/publication/261389970_Impacts_of_controlled_and_uncontrolled_PHEV_charging_on_distribution_systems. (Acedido pela última vez em 2020-12-22).
- TESLA (2019). Tesla Powerwall 2 Datasheet. https://www.tesla.com/sites/default/files/pdfs/powerwall/Powerwall%20AC_Datasheet_en_northamerica.pdf (Acedido pela última vez em 2020-12-22).
- Windenergie (2017) - THE COST OF ONSHORE WIND POWER IN GERMANY – UPDATE. <https://wind.vdma.org/documents/106078/2159140/Cost%20Study%20Wind%20Energy%20Summary/fa78ee31-3e04-40c0-a7e4-9889af7a4a98>. (Acedido pela última vez em 2020-12-22).
- Zou, Caineng; Qun, Zhao; Zhang, Guosheng; Xiong, Bo. (2016). Energy revolution: From a fossil energy era to a new energy era. Natural Gas Industry B. 3. 10.1016/j.ngib.2016.02.001.
- UN (2018). 68% of the world population projected to live in urban areas by 2050 <https://www.un.org/development/desa/en/news/population/2018-revision-of-world-urbanization-prospects.html>. (Acedido pela última vez em 2020-12-22).

Anexo - Fichas Técnicas de soluções propostas

A1 -Ficha técnica do painel fotovoltaico proposto para a solução (www.openrenewables.com)

Especificações Eléctricas

		Open 250-PM60	Open 255-PM60	Open 260-PM60	Open 265-PM60	Open 270-PM60
Potência Nominal	[Pn]	250	255	260	265	270 [Wp]
Potência Máxima	[Pmax]	250	255	260	265	270 [W]
Tolerância na Potência Máxima	[Tol]	+5	+5	+5	+5	+5 [W]
Eficiência do Módulo	[η]	15,3	15,6	16,0	16,2	16,4 [%]
Tensão máxima do Sistema	[Usys]	1000	1000	1000	1000	1000 [V]
Tensão na Potência Máxima	[Umpp]	30,05	30,30	30,55	30,70	30,85 [V]
Corrente na Potência Máxima	[Impp]	8,30	8,40	8,50	8,60	8,77 [A]
Tensão do Circuito Aberto	[Voc]	37,45	37,60	37,70	37,85	38,30 [V]
Corrente de Curto-Circuito	[Isc]	8,65	8,75	8,85	8,95	9,00 [A]
Máx. Corrente Inversa	[Ir]	20	20	20	20	20 [A]

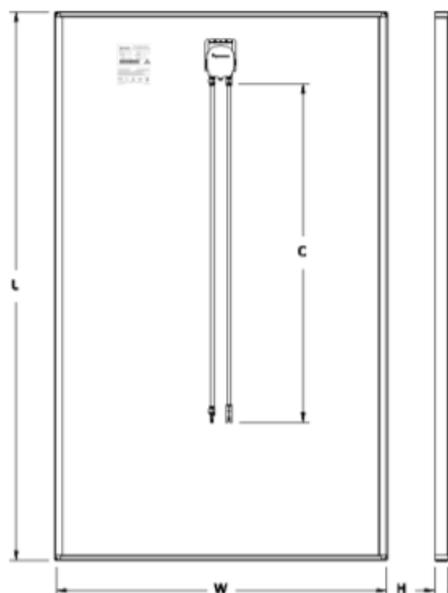
Especificações Eléctricas

		Open 250-PM60	Open 255-PM60	Open 260-PM60	Open 265-PM60	Open 270-PM60
Temperatura	[NOCT]	48,0	48,0	48,0	48,0	48,0 [°C]
Potência Mpp	[Pnoct]	223	228	233	236	240 [W]
Tensão do Circuito Aberto	[Vocn]	34,61	34,75	34,84	34,98	35,12 [V]
Corrente de Curto-Circuito	[Iscn]	8,73	8,83	8,93	9,03	9,12 [A]
Tensão na Potência Máxima	[Umppn]	27,77	28,00	28,23	28,37	28,51 [V]

** Com uma irradiação de 0,8 kW / m², 20° de temperatura ambiente e velocidade do vento média de 1 m/s

Especificações Eléctricas

		Open 2XX-PM60
Comprimento (L)	[mm]	1659,5 ±3
Largura (W)	[mm]	988 ±3
Altura (H)	[mm]	40
Peso	[kg]	19 ±5%
Tipo Conector		MC4 / PV4
Diodos de Bypass		3
Carga estática Máx.		5400 Pa
Comprimento do Cabo (C)	[mm]	1000 / 1000 ±20
Secção do Cabo	[mm ²]	4
Classe de Protecção		II
Tecnologia		Silício Policristalino
Gama de temperatura de operação	[°C]	-10°C ≤ T ≤ 45 °C
α (Isc)	[%/K]	0,0435
β (Voc)	[%/K]	-0,3292
Γ (Pmpp)	[%/K]	-0,4459



Equipamento Eléctrico.
Instalação apenas a profissionais qualificados



OVERVIEW

A 500kW medium sized wind turbine suitable for powering larger farms, community projects and commercial properties.

PERFORMANCE

The energy capture of the Vestas V39 turbine is exceptionally good across a wide range of wind speeds and comes installed on a 40m free-standing tower for maximum energy capture.

RELIABILITY

The Vestas V39 turbine is intended for a range of harsh conditions, especially exposed locations. The remaining design life of these machines is in excess of 20 years.



TECHNICAL SPECIFICATION

Generator Rating	500kW @ 16 m/s
Rotor Speed	30 rpm nominal
Cut-in Wind Speed	4.5 m/s
Survival wind speed	50 m/s
Rotor diameter	39m
Rotor orientation	Upwind
Number of blades	3
Blade material	Fibreglass/polyester
Control system	Pitch controlled
Gearbox	Planetary/helical
Brakes	Disc
Generator	Asynchronous
Yaw control	Powered
Tower height	40m
Tower	Free standing

PERFORMANCE

At a particular location, the wind speed will vary about an annual mean value. The expected energy yields for the Vestas V39 at various annual wind speeds (AMWS) is shown below:

AMWS m/s	Annual MWh	Daily kWh
4	255	699
5	552	1512
6	785	2151
7	1114	3052
8	1672	4581
9	1999	5477

Note: The annual electricity consumption of a medium size home is in the region of 4-6MWh or 11-16 kWh per day. At 6 m/s wind speed the Vestas V39 can provide the annual energy needs for 190 homes.