

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto



**O Impacto da Ligação de Fontes de Energia
Renovável nas Redes de BT**

Vítor Bruno Alves da Silva

VERSÃO FINAL

Dissertação realizada no âmbito do
Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores
Major Energia

Orientador: Prof. Doutor Fernando Pires Maciel Barbosa

Fevereiro de 2012

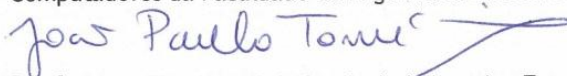
A Dissertação intitulada

“O Impacto da Ligação de Fontes de Energia Renovável nas Redes de BT”

foi aprovada em provas realizadas em 15-02-2012

o júri

Presidente Professor Doutor João Paulo Tomé Saraiva
Professor Associado do Departamento de Engenharia Electrotécnica e de
Computadores da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto



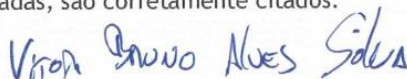
Professora Doutora Cristina Isabel Ferreira Faustino Agreia
Professora Adjunta do Departamento de Engenharia Electrotécnica do Instituto
Superior de Engenharia de Coimbra



Professor Doutor Fernando Pires Maciel Barbosa
Professor Catedrático do Departamento de Engenharia Electrotécnica e de
Computadores da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto



O autor declara que a presente dissertação (ou relatório de projeto) é da sua exclusiva autoria e foi escrita sem qualquer apoio externo não explicitamente autorizado. Os resultados, ideias, parágrafos, ou outros extratos tomados de ou inspirados em trabalhos de outros autores, e demais referências bibliográficas usadas, são corretamente citados.



Autor - Vitor Bruno Alves da Silva

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Resumo

Nos últimos anos, em Portugal, tem-se vindo a registar uma forte integração de energias renováveis nas redes de baixa tensão, sendo hoje uma referência incontornável no panorama europeu e mundial.

A dependência externa de fontes energéticas fósseis, o crescimento da procura interna e a atual política de proteção ambiental, tornaram cada vez mais atrativa a exploração de energias renováveis.

As fontes renováveis de energia são consideradas fontes sustentáveis de energia visto que permitem a sua renovação em tempo útil. São várias as modalidades disponíveis: a biomassa (energia obtida da transformação de produtos de origem animal e vegetal), o sol (energia solar), o vento (energia eólica), a água (energia das ondas, energia das marés e energia hídrica) e o calor proveniente do interior da Terra (energia geotérmica).

A grande penetração das energias renováveis acarreta alguns problemas para a rede elétrica. Nesta dissertação analisam-se os fatores que afetam a rede e o modo como a rede deve estar preparada para tais ligações.

Palavras-chave: Energia, Microgeração, Redes Inteligentes, Renováveis, Sustentabilidade, Veículos Elétricos.

Abstract

In the last years, in Portugal, there has been a sharp increase in renewable energy and today is an essential reference in European and world.

The dependence on foreign fossil energy sources, growth in domestic demand and the current policy of environmental protection, have become increasingly attractive to explore renewable energy.

Renewable sources of energy are considered sustainable sources of energy since they allow renewal on time. There are several renewable sources: biomass (energy obtained from the processing of animal and vegetable products), sun (solar energy), wind (energy from wind), water (wave energy, tidal and hydropower) and the heat from the Earth's interior (geothermal energy).

The high penetration of renewable energy carries some problems for the grid. This dissertation aims to analyze the factors that affect the network and how the network should be prepared for such phenomena.

Keywords: *Electric Vehicles, Energy, Micro-generation, Renewables, Smart Grids, Sustainability.*

Agradecimentos

A realização da presente dissertação envolveu a colaboração, nas mais variadas formas, de um conjunto de pessoas que possibilitaram a sua conclusão.

Gostaria, primeiramente, de agradecer ao meu orientador, o Professor Doutor Fernando Pires Maciel Barbosa, a sua constante disponibilidade para ouvir os meus desabafos, para me aconselhar e para me mostrar que “o caminho faz-se caminhando” e se ultrapassarmos a batalha de cada dia, a guerra fica mais fácil de vencer! O seu profissionalismo e amizade foram essenciais para a elaboração desta dissertação.

Agradeço aos meus Pais e ao meu irmão pelo facto de terem investido e acreditado sempre em mim. Sem o seu apoio e sem os seus preciosos conselhos, nunca teria tido a hipótese de estar a terminar este curso superior.

Agradeço à minha namorada, Joana Campos, pela sua paciência, pela sua compreensão, mas acima de tudo, pelo seu carinho e Amor, demonstrados nos momentos mais difíceis desta dissertação, porque nem todos os dias são cor-de-rosa, mas “todos valem a pena”! Pelo apoio que sempre me deu e pela confiança e motivação que me ofereceu em todos os momentos, o meu muito obrigado, meu “porto de abrigo”!

Por último, mas não menos importante, gostaria de endereçar um grande agradecimento aos meus amigos. Um muito obrigado, em particular, ao professor Cláudio Monteiro pela sua ajuda a perceber e a trabalhar com o programa de simulação *Homer* e ao Sr. Manuel Fernando e à Dra. Paula Pereira que sempre me acompanharam, e conseguiram elevar-me sempre mais alto. A todos o meu muito obrigado. É um prazer ser vosso amigo.

Índice

Resumo	iii
Abstract.....	v
Agradecimentos	vii
Índice.....	ix
Lista de figuras	xii
Lista de tabelas	xv
Abreviaturas e Símbolos	xvi
Capítulo 1	1
Introdução.....	1
1.1 - Objetivos da Dissertação	2
1.2 - Estrutura da Dissertação.....	2
1.3 - <i>Software</i> Utilizado	3
Capítulo 2	4
A Importância das Energias Renováveis	4
2.1 - Introdução.....	4
2.2 - Dependência Energética	5
2.3 - A Variedade de Energias Renováveis	14
2.3.1 - Energia Eólica.....	15
2.3.1.1 - Vantagens da Energia Eólica	16
2.3.1.2 - Desvantagens da Energia Eólica	16
2.3.2 - Energia Hídrica	17
2.3.2.1 - Vantagens da Energia Hidroelétrica	18
2.3.2.2 - Desvantagens da Energia Hidroelétrica	18
2.3.3 - Energia Solar	19
2.3.3.1 - Vantagens da Energia Solar	20
2.3.3.2 - Desvantagens da Energia Solar	21
2.3.4 - Biomassa	21
2.3.4.1 - Vantagens da Biomassa	23
2.3.4.2 - Desvantagens da Biomassa	23
2.3.5 - Geotermia	24

2.3.5.1 - Vantagens da Geotermia	25
2.3.5.2 - Desvantagens da Geotermia	25
2.3.6 - Energia das Ondas	25
2.3.6.1 - Vantagens da Energia das Ondas	27
2.3.6.2 - Desvantagens da Energia das Ondas	27
2.3.7 - Energia das Marés	27
2.3.7.1 - Vantagens da Energia das Marés	28
2.3.7.2 - Desvantagens da Energia das Marés	28
2.3.8 - Hidrogénio	28
2.3.8.1 - Vantagens do Hidrogénio	30
2.3.8.2 - Desvantagens do Hidrogénio	30
2.4 - Portugal e os Compromissos Energéticos	30
2.4.1 - O Compromisso Internacional e Europeu.....	31
2.4.2 - O Compromisso Nacional - ENE 2020.....	34
2.5 - Conclusões	41
Capítulo 3	44
Geração Distribuída	44
3.1 - Introdução	44
3.2 - A Microgeração baseada em FER.....	44
3.3 - Enquadramento no SEN	46
3.4 - Legislação Vigente.....	47
3.4.1 - Produção de Energia Elétrica baseada em Recursos Renováveis	47
3.4.2 - Produção de Energia Elétrica em BT.....	49
3.5 - Microgeração e Eficiência Energética	58
3.5.1 - Microgeração - Energia Solar Fotovoltaica.....	59
3.5.2 - Microgeração - Energia Eólica.....	62
3.5.3 - Eficiência Energética - Energia Solar Térmica	64
3.5.4 - Eficiência Energética - Energia Geotérmica.....	66
3.5.5 - Eficiência Energética - Energia Solar Termodinâmica	68
3.6 - Conclusões	69
Capítulo 4	71
A Ligação da Microgeração às Redes Inteligentes com Veículos Elétricos	71
4.1 - Introdução	71
4.2 - Smart Grid - A Rede Inteligente.....	72
4.3 - Smart Grids - Objetivos.....	74
4.3.1 - Caso <i>InovGrid</i> - Cidade Modelo	74
4.3.1.1 - Vantagens Económicas e Ambientais	74
4.3.1.2 - Cidade Inteligente - Principais Características.....	74
4.3.2 - Os Veículos Elétricos nas <i>Smart Grids</i>	76
4.3.2.1 - Introdução	76
4.3.2.2 - O Paradigma da Mobilidade Elétrica	76
4.3.2.3 - Abastecimento de Veículos Elétricos.....	77
4.4 - Smart Grids - Problemas a ultrapassar.....	78
4.5 - Aproveitamento Eficiente de Energia - Microgeração e Veículos Elétricos - A Floresta Solar.....	80
4.6 - Conclusões	81
Capítulo 5	83
Caso de Estudo - Microgeração Eólica - Sistema Interligado à Rede.....	83
5.1 - Introdução	83
5.2 - Considerações antes de Iniciar o Dimensionamento.....	83
5.3 - Dimensionamento dos Componentes	88
5.3.1 - Dimensionamento e Seleção da Microturbina Eólica	89
5.3.1.1 - Seleção do Tipo de Turbina Eólica.....	90
5.3.1.2 - Cálculo da Potência Necessária da Turbina	92
5.3.2 - Dimensionamento e Seleção da Torre	92

5.3.3 - Dimensionamento do Retificador Eólico	93
5.3.4 - Dimensionamento e Seleção do Inversor	94
5.3.5 - Dimensionamento e Seleção do Contador de Venda de Energia	95
5.3.6 - Dimensionamento de Cablagens DC e AC	95
5.3.6.1 - Cabo de Ligação do Aerogerador ao Retificador	96
5.3.6.2 - Cabo de Ligação do Retificador ao Inversor	96
5.3.6.3 - Cabo de Ligação do Inversor à Rede Recetora	96
5.3.7 - Dimensionamento do Interruptor AC de Isolamento do Aerogerador	97
5.3.8 - Proteção contra Descargas Atmosféricas nos Sistemas ligados à Rede Elétrica Nacional de BT.....	97
5.3.9 - Ligação à Terra dos Componentes do Sistema de Microgeração	98
5.3.10 - Ligação à Rede Pública de BT	98
5.3.11 - Portinhola	98
5.4 - Resultados Obtidos após Simulação e Cálculos	99
5.5 - Avaliação Económica	104
5.6 - Conclusões Finais	108
Capítulo 6	110
Conclusão	110
6.1 - Perspetiva de Trabalho Futuro	111
Referências	112
Anexo I - Orçamento para Instalação de Grupo Aerogerador para Microgeração baseada em Energia Eólica	116
Anexo II - Portaria nº 284/2011	117

Lista de figuras

Figura 2.1 - Previsão do consumo total global até 2035	6
Figura 2.2 - Consumo de petróleo (em toneladas) <i>per capita</i> , em 2010	6
Figura 2.3 - Evolução do preço do gás natural, carvão, crude e eletricidade de 93 a 2009.....	7
Figura 2.4 - Taxa de dependência energética portuguesa (em %)	8
Figura 2.5 - Evolução do consumo de energia primária em Portugal	9
Figura 2.6 - Energia elétrica produzida a partir de FER, em 2009	10
Figura 2.7 - Consumo de energia final por setor, em 2009.....	10
Figura 2.8 - Evolução da importação bruta de energia de 2000 a 2010 (em milhões de €)....	11
Figura 2.9 - Gráfico da evolução da energia produzida a partir de fontes renováveis	12
Figura 2.10 - Aplicações resultantes do aproveitamento da energia do vento	15
Figura 2.11 - Esquema transversal de uma barragem	17
Figura 2.12 - As diferentes conversões da energia hídrica até chegar ao consumidor	17
Figura 2.13 - Aplicações resultantes do aproveitamento da energia do sol: (a) Energia Solar Fotovoltaica; (b) Energia Solar Térmica	19
Figura 2.14 - Vagas de desenvolvimento da Política de Renováveis em Portugal	20
Figura 2.15 - Ciclo do Carbono	21
Figura 2.16 - Aplicações resultantes do aproveitamento da energia da biomassa	23
Figura 2.17 - Aproveitamento da energia da Terra - Energia Geotérmica.....	24
Figura 2.18 - Central de Ondas de Porto Cachorro, Ilha do Pico, Açores	26
Figura 2.19 - Aproveitamento da energia das marés	27
Figura 2.20 - Aplicação da energia proveniente do hidrogénio.....	29
Figura 2.21 - Eixos principais da Estratégia Nacional para a Energia 2020	35

Figura 2.22 - FER: 1.Hídrica, 2.Eólica, 3.Solar, 4.Geotérmica, 5.Marés, 6.Ondas, 7.Biomassa	42
Figura 2.23 - Processo de transformação das energias até ao consumidor final	43
Figura 3.1 - Esquema representativo da evolução dos decretos-lei do regime de microgeração	47
Figura 3.2 - Gráfico com os cenários das tarifas de compra e de venda à rede através do uso de painéis fotovoltaicos e microeólicas (durante o período do regime bonificado) com início em 2008.	54
Figura 3.3 - Gráfico com os cenários das tarifas de compra e de venda à rede através do uso de painéis fotovoltaicos e microeólicas (durante o período do regime bonificado) com início em 2011.	55
Figura 3.4 - Gráfico com os cenários das tarifas de compra e de venda à rede através do uso de painéis fotovoltaicos e microeólicas (durante o período do regime bonificado) com início em 2012.	56
Figura 3.5 - Exemplos de aplicações de painéis fotovoltaicos: (a) montagem em telhado do tipo 2 águas; (b) montagem no solo com seguidor solar; (c) montagem em telhado plano	59
Figura 3.6 - Configuração típica de um sistema de microgeração fotovoltaica.....	60
Figura 3.7 - Representação do funcionamento de um painel fotovoltaico no seu interior	60
Figura 3.8 - Tipos de painéis fotovoltaicos e respetivos rendimentos.....	61
Figura 3.9 - Representação da ligação de um sistema microgerador autónomo.....	62
Figura 3.10 - Componentes de uma microeólica para microgeração (rede BT).....	63
Figura 3.11 - Esquema exemplificativo das ligações do sistema de microgeração com recurso ao sistema de captação de energia eólica	64
Figura 3.12 - Esquema ilustrativo de como os painéis solares térmicos aquecem a água para posteriores usos sanitários.....	65
Figura 3.13 - Sistema do tipo termossifão (a) e sistema do tipo circulação forçada (b)	66
Figura 3.14 - Esquema ilustrativo de como, no verão, o calor é extraído de casa e posteriormente é devolvido ar fresco	66
Figura 3.15 - Esquema ilustrativo de como, no inverno, o ar frio é extraído de casa e posteriormente é devolvido ar quente.....	67
Figura 3.16 - Poupança de 75% com a utilização da energia geotérmica	68
Figura 3.17 - Exemplo de aplicação da tecnologia termodinâmica	68
Figura 3.18 - A casa super-eficiente.....	70
Figura 4.1 - Como funciona a <i>Smart Grid</i>	72
Figura 4.2 - A casa inteligente.....	73
Figura 4.3 - Ilustração da floresta solar.....	80

Figura 5.1 - Mapas de distribuição espacial da velocidade do vento média em Portugal continental (m/s): (a) a 10 metros de altura; (b) a 60 metros de altura	84
Figura 5.2 - Mapas de distribuição espacial do rumo médio do vento em Portugal continental: (a) a 10 metros de altura; (b) a 60 metros de altura	85
Figura 5.3 - (a) Fotografia do catavento e do anemómetro utilizados para as medições; (b) fotografia da estação meteorológica DAVIS que estabelece comunicação com o computador	86
Figura 5.4 - Exemplos do efeito da diferença de alturas da microeólica	86
Figura 5.5 - Exemplo do efeito do relevo na microeólica.....	87
Figura 5.6 - Esquema unifilar de uma instalação de microgeração para venda de energia à rede, com base em energia eólica	89
Figura 5.7 - Diagrama de blocos de ligação de uma turbina eólica à rede elétrica.....	89
Figura 5.8 - Tipos de rotores de turbinas eólicas	90
Figura 5.9 - Atuação do sistema de travagem da turbina: (a) com vento muito forte, turbina tomba; (b) quando a velocidade diminui, volta à posição original de captação	91
Figura 5.10 - Curva de Energia da turbina Bornay de 3000 W	92
Figura 5.11 - Ligação da microeólica a um retificador trifásico de ponta completa	93
Figura 5.12 - Inversor SMA Windy Boy	94
Figura 5.13 - Ligação à RESP de uma unidade de consumo de uma instalação já existente ..	99
Figura 5.14 - Interface do computador com a estação meteorológica exterior	100
Figura 5.15 - Resultado da velocidade média do vento obtida pelo programa “Cumulus” ...	101
Figura 5.16 - Interface “Homer”	101
Figura 5.17 - Equipamento selecionado para simulação no <i>software</i> “Homer”	102
Figura 5.18 - Curva de potência da turbina selecionada	102
Figura 5.19 - Variação da velocidade do vento durante o ano 2011 simulada em “Homer”. ..	103
Figura 5.20 - Variação da produção da turbina Bornay 3000 durante o ano 2011 simulada pelo “Homer”.	103
Figura 5.21 - Gráfico da recuperação do investimento efetuado em 2008 (com DL nº 363/2007)	105
Figura 5.22 - Gráfico da recuperação do investimento efetuado em 2011 (com DL nº 118A/2010).....	106
Figura 5.23 - Gráfico da recuperação do investimento efetuado em 2012 (com portaria nº 284/2011).....	107
Figura 5.24 - Gráfico da recuperação do investimento efetuado com o melhor regime de cada DL (2007 e 2010) e da portaria mais recente, publicada em 2011	108

Lista de tabelas

Tabela 2.1 - Evolução da energia produzida a partir de fontes renováveis (em TWh).....	12
Tabela 2.2 - Comparação internacional entre países da OCDE relativamente à produção de energia a partir de FER.....	13
Tabela 2.3 - Poder calorífico de diferentes combustíveis	29
Tabela 3.1 - As principais alterações entre o DL sobre microgeração de 2007 e de 2010	51
Tabela 5.1 – Coeficiente “n” dependente da rugosidade da superfície	87
Tabela 5.2 – Dimensões da Portinhola do tipo PC/P	99

Abreviaturas e Símbolos

AC	<i>Alternate Corrent</i> (Corrente Alternada - CA)
AIE	Administração de Informação da Energia
BCE	Banco Central Europeu
BCG	Bomba de Calor Geotérmica
BT	Baixa Tensão
CERTIEL	Associação Certificadora de Instalações Elétricas
CFC	Clorofluorcarboneto
COP	<i>Conference of the Parties</i>
DC	<i>Direct Corrent</i> (Corrente Contínua - CC)
DGEG	Direção Geral de Energia e Geologia
DMS	<i>Distribution Management System</i>
DL	Decreto-Lei
EDP	Energias de Portugal
EUA	Estados Unidos da América
FER	Fontes de Energia Renovável
FEUP	Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
GD	Geração Distribuída (ou Descentralizada)
GEE	Gases com Efeito de Estufa
IEO2011	<i>International Energy Outlook 2011</i>
IES	<i>Institut of Environmental Sciences</i>
IRS	Imposto sobre o Rendimento das pessoas Singulares
IVA	Imposto sobre o Valor Acrescentado
MIBEL	Mercado Ibérico de Energia Elétrica
MIBGAS	Mercado Ibérico de Gás Natural
MOBI.E	Mobilidade Elétrica
MPP	<i>Maximum Power Point</i>
OCDE	Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Económico
PDA	<i>Personal Digital Assistant</i>
PNAC	Programa Nacional para as Alterações Climáticas

PNAEE	Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética
PNAER	Plano Nacional de Ação para as Energias Renováveis
PNBEPH	Plano Nacional para Barragens de Elevado Potencial Hidroelétrico
PR	<i>Performance Ratio</i>
PRE	Produção em Regime Especial
REN	Rede Energética Nacional
RESP	Rede Elétrica de Serviço Público
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
SEN	Sistema Elétrico Nacional
SMS	<i>Short Message Service</i>
SRM	Sistema de Registo de Microprodução
STC	<i>Standard Test Conditions</i>
UE	União Europeia
USD	<i>United States Dollar</i>
UV	Ultravioleta
VAB	Valor Acrescentado Bruto
WETO	<i>World Energy Technology Outlook</i>

Lista de símbolos

σ	Condutividade elétrica
Btu	<i>British thermal units</i>
CO ₂	Dióxido de Carbono
€	Euro
Gt	<i>Billion tons</i>
Gtoe	<i>Billions of tons oil equivalent</i>
GWh	<i>GigaWatt</i> hora
kW	<i>kiloWatt</i>
kWh	<i>kiloWatt</i> hora
kWp	<i>kiloWatt peak</i> (kilowatt pico)
J	Joule
Mt	<i>Million tons</i>
Mtoe	<i>Million of tons oil equivalent</i>
MW	<i>MegaWatt</i>
MWh	<i>MegaWatt</i> hora
tep	Tonelada Equivalente de Petróleo
TWh	<i>TeraWatt</i> hora
Wp	<i>Watt peak</i> (Watt pico)

Capítulo 1

Introdução

O contínuo aumento da população mundial, especialmente nos países em desenvolvimento, aumenta exponencialmente as exigências ao nível de energia e matérias-primas.

O preenchimento das necessidades humanas básicas - alimentação, saúde e qualidade ambiental - exige quantidades cada vez maiores de energia. Existem muitas propostas de soluções sustentáveis no setor da energia mas, até agora, apenas algumas são competitivas com a utilização dos combustíveis fósseis (petróleo, carvão e gás natural). Estes, além de serem atualmente a principal fonte de energia, são também importantes elementos de base para a síntese de muitos dos produtos químicos que se usam diariamente.

O fim do petróleo, para além de contribuir para uma crise energética, irá também afetar a disponibilidade dos produtos que satisfaçam as necessidades elementares. Neste sentido, a utilização em grande escala de recursos renováveis torna-se cada vez mais urgente.

A redução dos níveis de combustíveis fósseis não é a única razão pela qual se deve recorrer cada vez mais às energias renováveis: as alterações climáticas são vistas como sendo uma das mais sérias ameaças ambientais a nível global, com forte impacto nos ecossistemas, qualidade da água, saúde humana e atividades económicas [1].

Compete assim, a cada um dos países, desenvolver esforços para aumentar os níveis de produção de energia de origem renovável que permitam cumprir os protocolos estabelecidos a nível mundial.

Em Portugal, a produção de energia elétrica a partir de Fontes de Energia Renovável (FER) é dominada pela componente grande hídrica, seguida da eólica dos parques eólicos já existentes. Em 2010, 52% da eletricidade consumida no País, teve origem em FER, contribuindo para este valor, além das energias hídrica e eólica, outras fontes de origem renovável, tais como a energia solar, a biomassa e o biogás [5].

Uma outra alternativa para produzir energia elétrica a partir de FER é a microgeração.

De facto, a integração da microgeração nas redes elétricas é um fenómeno cada vez mais generalizado em todos os países do mundo, surgindo também como medida de redução das emissões de CO₂ através do aumento da produção baseada em energias renováveis [2].

Com esta dissertação pretende-se, numa vertente mais prática, simular a viabilidade real de adquirir uma unidade de microgeração baseada em energia eólica para a habitação do mestrando, responsável pela elaboração desta dissertação, na sua morada de residência, tendo em conta diversos fatores da localidade, tais como rugosidade do terreno, velocidades médias do vento, direções e alturas de medida.

1.1 - Objetivos da Dissertação

Os objetivos desta dissertação consistem num estudo das energias renováveis e dos problemas existentes na sua ligação às redes de baixa tensão (BT) e da legislação portuguesa relativa à interligação das FER.

Nesta análise é feita a avaliação dos impactos das energias renováveis a nível dos utilizadores das redes de BT, em particular, perceber, através de um caso prático, a viabilidade de investimentos em tecnologias de microgeração baseados em energia eólica.

Analisa-se também aspetos teóricos e técnicos de como as várias fontes de energia, alternativas à queima de combustíveis fósseis, poderão afetar os consumidores e quais serão as vantagens e desvantagens da sua utilização, no futuro, com a chegada do paradigma das redes inteligentes e dos veículos elétricos.

1.2 - Estrutura da Dissertação

A presente dissertação encontra-se dividida em 6 capítulos.

Este primeiro capítulo faz uma introdução ao tema da dissertação e uma breve apresentação dos objetivos da mesma.

No capítulo 2 são abordados os aspetos gerais da importância das energias renováveis e a dependência nacional da importação de combustíveis fósseis. É ainda realizada uma análise da realidade portuguesa a nível da política energética e das vantagens e desvantagens das várias energias renováveis que atualmente são mais exploradas (com particular ênfase na energia eólica).

No capítulo 3 é feita uma análise à legislação existente em Portugal, relativa à ligação de produção dispersa à rede, sendo também analisadas as implicações na rede de BT (e os seus consumidores), devido à interligação deste tipo de produção.

No capítulo 4 é feita a ligação da microgeração com as novas redes do futuro - as *Smart Grids* - e os carros elétricos. É analisado o impacto que a existência da produção distribuída terá no futuro, sobre as redes inteligentes e os veículos elétricos, onde, com recurso à microgeração, o cliente da rede passa a ter uma participação mais ativa no sistema energético.

No capítulo 5 é desenvolvido um caso prático sobre um estudo efetuado acerca da viabilidade da instalação de um sistema de venda de energia elétrica à rede, com base em energia eólica a nível residencial.

Finalmente, no capítulo 6, apresentam-se as principais conclusões dos temas referidos na dissertação, com particular atenção para os resultados do caso prático.

Uma Bibliografia e dois Anexos completam a dissertação.

1.3 - Software Utilizado

Ao longo desta dissertação foram utilizados as seguintes ferramentas computacionais: *Cumulus*, *Homer*, *Microsoft Office Excel* e *Microsoft Office Word*.

O programa *Cumulus* serve de interface com a estação meteorológica exterior que, entre outros valores, recebe dados acerca da velocidade e da direção do vento, memorizando-os e devolvendo ao utilizador números instantâneos, diários, mensais e anuais, através do *software*.

O programa *Homer* foi utilizado para efeitos de simulação. Foi com recurso a este *software* que se simulou, com base nos valores mensais do programa *Cumulus*, a produção média anual e mensal da turbina eólica escolhida, para posteriormente se verificar a viabilidade do investimento em tecnologias de microgeração a partir do aproveitamento do vento.

O programa *Microsoft Office Excel* foi utilizado para a criação dos diferentes cenários de tarifas remuneratórios de microgeração e para calcular as diferentes evoluções de cada regime, para as relacionar com a velocidade da recuperação do investimento em sistemas de microgeração baseado em energia eólica, com dados obtidos no programa *Cumulus* e simulados no programa *Homer*.

Quanto ao programa *Microsoft Office Word*, este foi utilizado para a redação deste documento.

Capítulo 2

A Importância das Energias Renováveis

2.1 - Introdução

A energia sempre desempenhou um papel estratégico no desenvolvimento sócio-económico a nível mundial. É um fator vital e insubstituível no desenvolvimento de um País.

Atualmente, a energia é um bem essencial quer no desenvolvimento económico, quer no desenvolvimento social. De modo a que as gerações futuras possam ter acesso a este bem, a geração presente não pode esgotar as fontes de energia. Torna-se pois necessário o desenvolvimento de tecnologias sustentáveis bem como uma utilização eficiente das tecnologias atuais.

Em boa verdade, para além do risco de esgotamento das fontes tradicionais de energia (geralmente combustíveis fósseis), também há que ter em consideração questões ambientais, pois, na sua maioria, estas fontes são poluentes e não sustentáveis.

As fontes de energia não sustentáveis, ao ritmo a que estão a ser consumidas, esgotar-se-ão num futuro não muito longínquo.

A produção de energia primária¹ em Portugal depende quase totalmente de importações e está sujeita aos preços do mercado. As energias renováveis tornam-se assim essenciais para a sustentabilidade energética² pois são um modo de combater esta dependência energética, além de que são menos poluentes [3].

As energias renováveis caracterizam-se pela capacidade que têm de se regenerar e, como tal, serem virtualmente inesgotáveis (não é possível estabelecer um fim temporal para a sua utilização, porém são limitadas em termos da quantidade de energia que é possível extrair

¹ Energia tal como entra no sistema energético (como o petróleo, carvão e gás natural)

² Sustentabilidade energética é um termo que surge em 1987, no Relatório de Brundtland -Nosso Futuro Comum

em cada momento) e ainda por respeitarem o ambiente. Estas duas propriedades constituem a sua principal diferença face às energias tradicionais.

Consideram-se, normalmente, como FER: a biomassa (energia obtida da transformação de produtos de origem animal e vegetal), o sol (energia solar), o vento (energia eólica), a água (energia das ondas, energia das marés e energia hídrica) e a geotermia (energia obtida a partir do calor proveniente do interior da Terra).

As fontes de energia podem ser classificadas em primárias e em secundárias:

- As Fontes Primárias são aquelas que ocorrem na natureza, e que nessa forma são utilizadas pelo homem (sol, água, vento, petróleo, gás natural).
- As Fontes Secundárias são obtidas a partir de outras, após transformação (eletricidade, gasolina, gásóleo).

A sustentabilidade energética é o fornecimento de energia que corresponde às necessidades do presente sem comprometer as necessidades energéticas das gerações futuras. Podem-se utilizar combustíveis fósseis como fontes de energia enquanto se desenvolvem tecnologias, mas desde que essas novas tecnologias possam ser utilizadas pelas gerações futuras.

2.2 - Dependência Energética

Atualmente enfrentam-se problemas que não eram considerados na época da Revolução Industrial onde facilmente se produzia energia quer através do carvão ou lenha como, mais tarde, através do petróleo [5]. Em boa verdade, nessa época, não se considerava o esgotamento dos combustíveis fósseis, porém a sua formação demora milhões de anos.

Um dos graves problemas mundiais deve-se ao facto da política energética se basear em energia térmica e a sua obtenção ser à base da queima de combustíveis fósseis. O seu rápido consumo supera porém a capacidade natural de os repor: o petróleo, o carvão e o gás natural são responsáveis por cerca de 80% da energia final³ consumida anualmente [5].

Sendo estes combustíveis esgotáveis e o seu consumo ao superar atualmente a capacidade natural de os repor, imagine-se agora (segundo [8] e [9]), que se prevê um crescimento mundial do consumo de energia de 53% de 2008 a 2035. O uso total de energia aumenta de 505 quadrilhões⁴ de Btu⁵ em 2008 para 770 quadrilhões de Btu em 2035 (sendo que fora da zona da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico - OCDE [72] - onde se agrupam as economias mais industrializadas, ocorrerá 75% do aumento do consumo), como exhibe o gráfico da figura 2.1.

³ Energia tal como é disponibilizada, nas suas várias formas (eletricidade, combustíveis), às atividades económicas e às famílias

⁴ 1 Quadrilhão = 10^{15}

⁵ 1 kWh = 3412,14 Btu

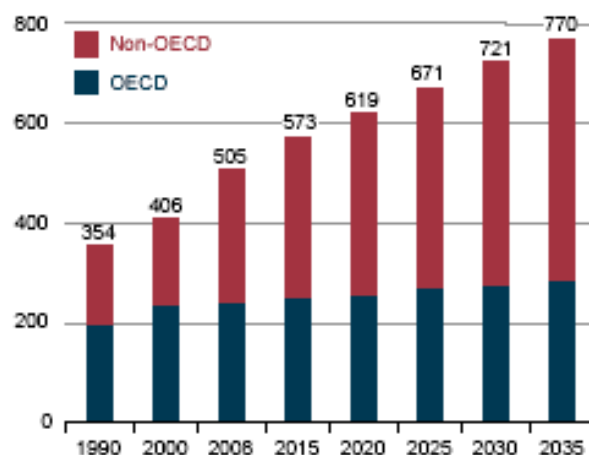


Figura 2.1 - Previsão do consumo total global até 2035 [8].

Entre as principais fontes energéticas, os especialistas da Administração de Informação da Energia (AIE) acreditam que as energias renováveis serão as que deverão apresentar o crescimento mais rápido de produção de energia primária nos próximos 25 anos. Serão contudo, neste período ainda, os combustíveis fósseis que irão continuar a ser a fonte dominante de energia [8].

Segundo as estimativas da AIE, 78% do uso energético mundial continuará a ser garantido por combustíveis fósseis, sendo que se perspectiva que o gás natural seja a fonte com maior taxa de crescimento anual entre 2008 e 2035 [8].

A dispersão geográfica do consumo energético mundial é também um fator que influenciará o consumo. Hoje em dia, o consumo é maior em países desenvolvidos e países exportadores de petróleo. A figura 2.2 ilustra esse cenário. Está previsto, no entanto, um aumento *per capita* considerável nos países emergentes ou em vias de desenvolvimento: Brasil, Índia, China e Rússia são países nesta situação e a sua elevada população fará com que a procura de energia tenha um crescimento cada vez mais acentuado [10].

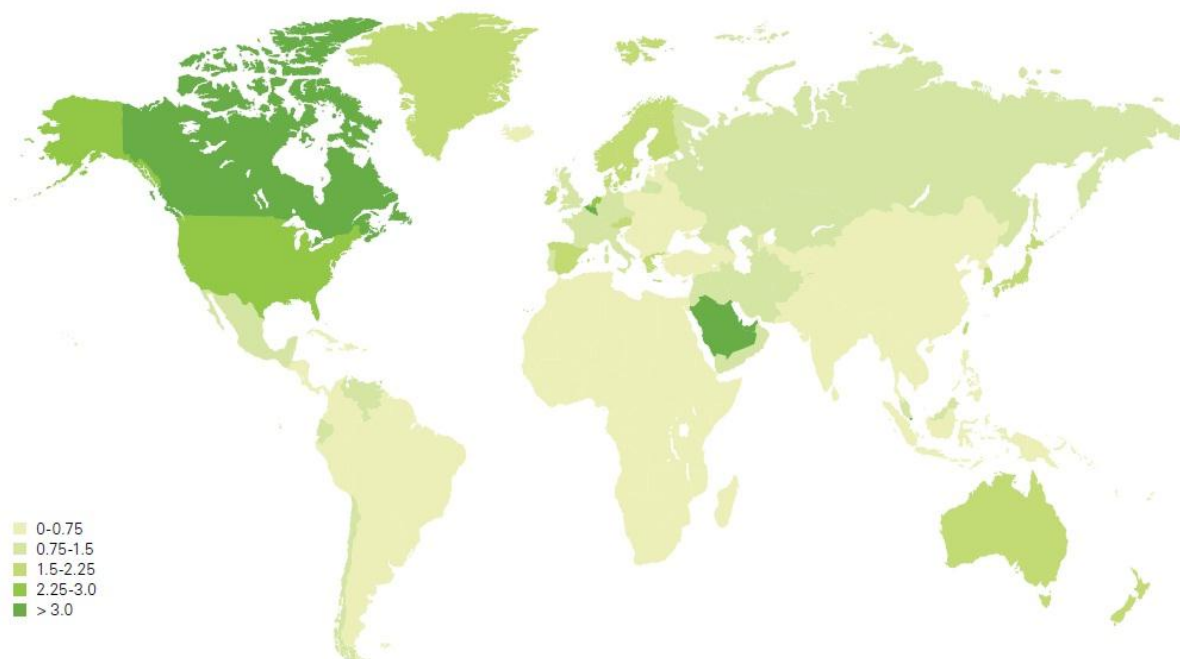


Figura 2.2 - Consumo de petróleo (em toneladas) *per capita*, em 2010 [10].

Outro fator que se deve ter em consideração e que irá influenciar muito o consumo de energia, é o preço dos combustíveis fósseis que, ao tornarem-se cada vez mais escassos, será normal que o seu preço aumente. Com o aumento generalizado dos preços dos combustíveis fósseis, será de esperar que o preço da eletricidade (se continuar a ser produzido através desses mesmos combustíveis fósseis) também suba.

Na figura 2.3 pode-se visualizar a evolução do preço da eletricidade, do gás natural, do carvão e do crude ao longo dos anos.

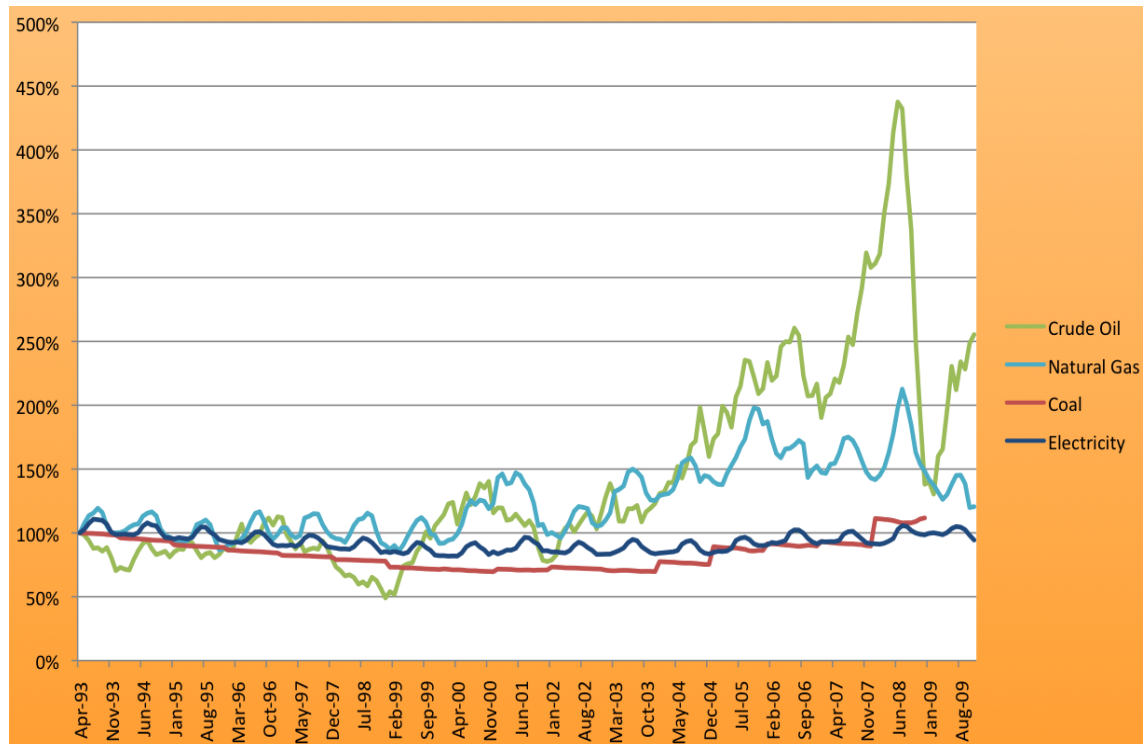


Figura 2.3 - Evolução do preço do gás natural, carvão, crude e eletricidade de 1993 a 2009 [11].

O crescente consumo de energia, o esgotamento das energias fósseis e os preços elevados que podem atingir inerentes a esse esgotamento, obriga a uma nova abordagem energética, de modo a tornar os países sustentáveis e independentes, a nível energético, de importações de matéria-prima de países estrangeiros.

Em Portugal, a principal causa da dependência energética é a falta de fontes fósseis de energia. A escassez de recursos fósseis conduz a uma elevada dependência energética do exterior (81,2% em 2009), devido às importações de fontes primárias de origem fóssil. Importa assim aumentar no País a contribuição das energias renováveis: hídrica, eólica, solar, das ondas e marés, geotérmica, biomassa (sólida, líquida e gasosa) e hidrogénio.

Como é visível na figura 2.4, na última década, a taxa de dependência energética nacional (expressa em percentagem), apesar de elevada, tem vindo a decrescer, observando-se, no entanto, um agravamento no ano de 2005 pois tratou-se de um ano hidrologicamente muito seco.

A forte dependência energética do País, num contexto de energia cada vez mais cara, é um dos problemas mais graves que Portugal enfrenta atualmente, constituindo também uma das causas da crise geral que abala a economia e a sociedade portuguesa.

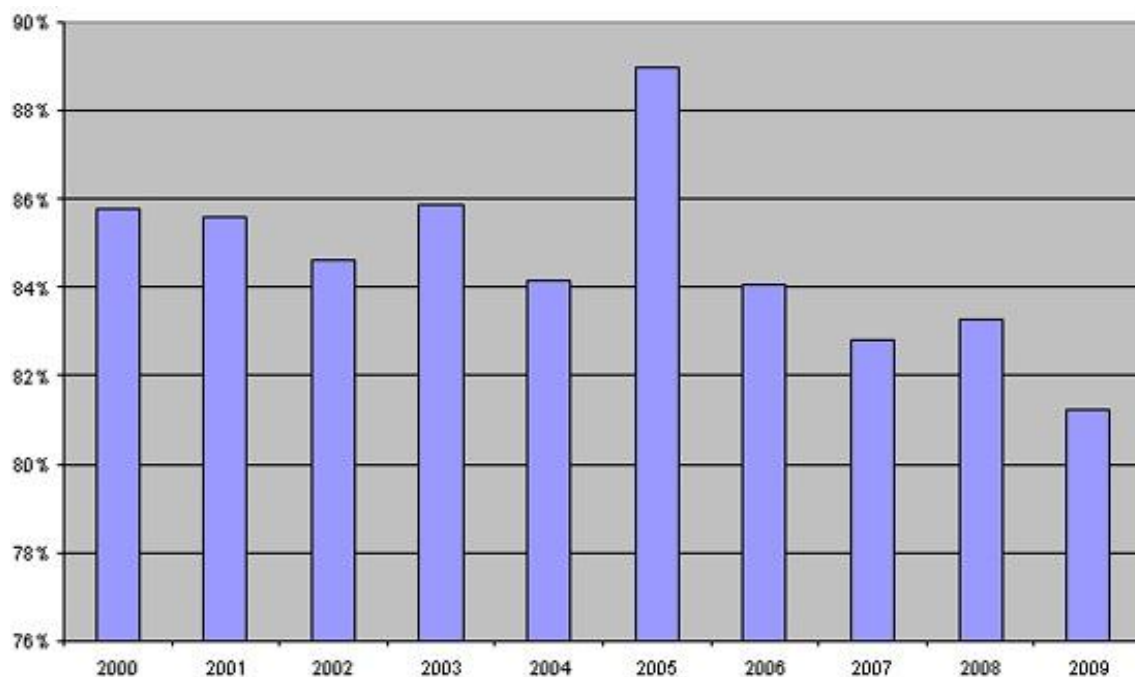


Figura 2.4 - Taxa de dependência energética portuguesa (em %) [5].

De cada vez que se enche o depósito de um automóvel com combustível ou se recebe a fatura de eletricidade é perceptível o impacto da energia na economia. Os sucessivos aumentos do preço do petróleo afetam parte do crescimento económico sustentado em Portugal.

A enorme dependência dos combustíveis fósseis condena o País [5]:

- A gastar grande parte dos seus recursos financeiros na importação de energia fóssil;
- Ao consumo de importantes recursos na importação de energias, fragilizando a economia nacional, tornando-a menos competitiva em relação aos restantes países da União Europeia (UE);
- Ao aumento da fatura energética (elevada volatilidade e subida de preços);
- À perda de competitividade das empresas;
- À redução do poder de compra dos consumidores;
- Ao aumento do fosso entre necessidades energéticas da economia portuguesa e nível de *output* ou produção interna;
- A um potencial incumprimento das metas traçadas pelo protocolo de Quioto;
- A uma forte dependência externa de uma fonte esgotável de energia que caminha para o seu fim rapidamente.

O gráfico da figura 2.5 exhibe a evolução do consumo de energia primária em Portugal, entre 2000-2009.

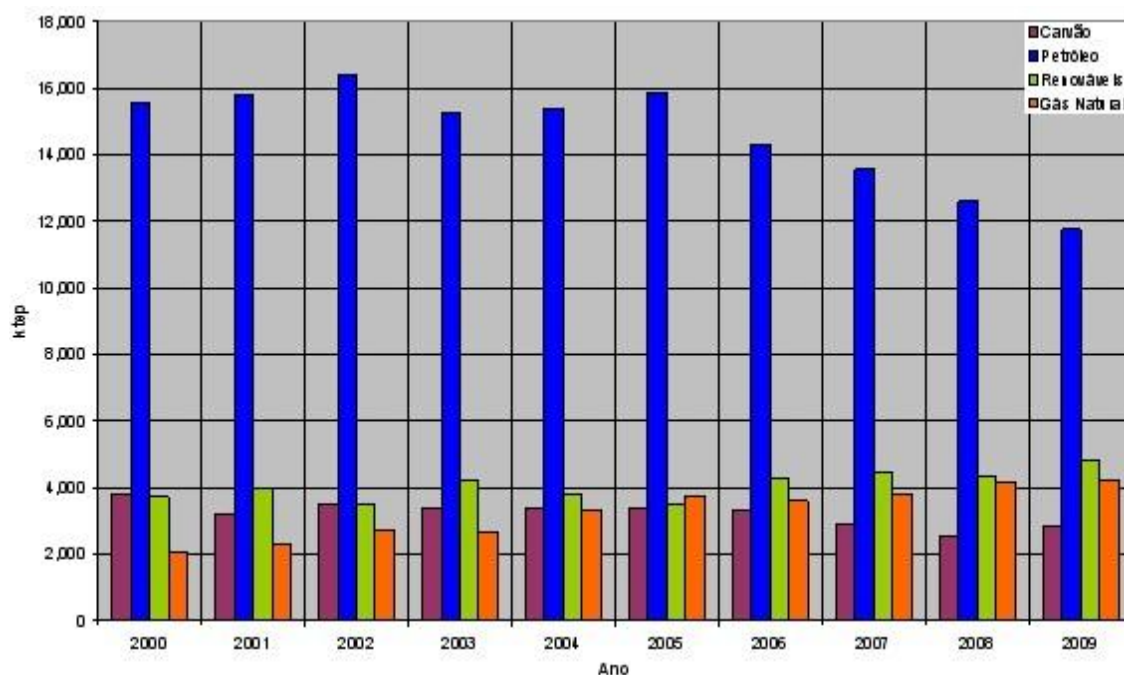


Figura 2.5 - Evolução do consumo de energia primária em Portugal [5].

Através da análise da figura 2.5, verifica-se, como referido anteriormente, que o petróleo é a principal fonte de energia: este combustível mantém um papel essencial na estrutura de abastecimento. Verifica-se porém que o consumo se encontra em decréscimo considerável desde 2005, representando 48,7% do consumo total de energia primária em 2009, contra 51,6% em 2008 e 59% em 2005 [5].

A introdução do gás natural em 1997 contribuiu para diversificar a estrutura da oferta de energia e reduzir a dependência exterior em relação ao petróleo. Tem-se registado uma evolução positiva da penetração do gás natural no *mix* energético desde 2000, representando este combustível, em 2009, 17,5% do total do consumo em energia primária contra 14% em 2005 (apenas em 2006 o consumo de gás natural decresceu 4%, sendo que, em parte, esta diminuição deu-se devido ao regime hidrológico seco de 2005) [5].

O consumo de carvão representou, em 2009, 11,8% do total do consumo de energia primária. Prevê-se uma redução progressiva do peso do carvão na produção de eletricidade, devido ao seu impacto negativo nas emissões de CO₂.

Relativamente ao contributo das energias renováveis no consumo total de energia primária, em 2009 foi de 20% contra 17,7% em 2008, 17,1% em 2007, 16,3% em 2006 e 13% em 2005 [5].

Em Portugal é manifesto o crescimento da potência instalada em FER nos últimos anos para a produção de eletricidade: atingiu-se em 2009, 9207 MW de potência instalada sendo 4876 MW em hídrica, 578 MW em biomassa, 3608 MW em eólica, 30 MW em geotérmica e 115,2 MW em fotovoltaica [5].

Em 2009 foi produzido um total de 19316 GWh de energia elétrica a partir de FER. A figura 2.6 discrimina, em valores percentuais, a energia elétrica que foi produzida a partir das FER.

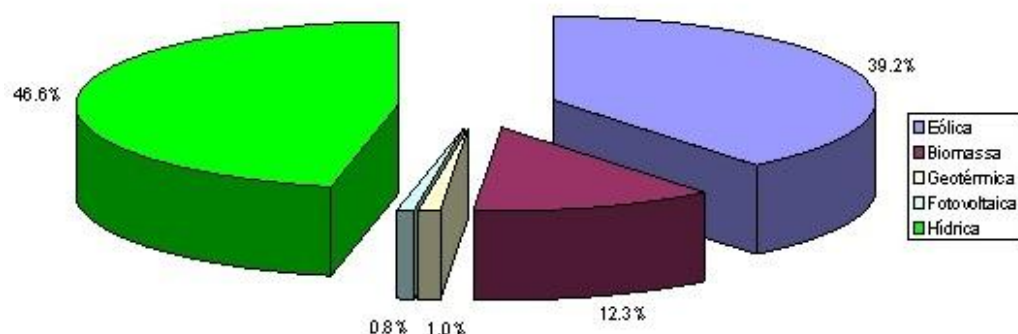


Figura 2.6 - Energia elétrica produzida a partir de FER, em 2009 [5].

A Energia Final, em 2009, atingiu o valor de 17499 ktep⁶, tendo-se verificado uma redução de 3% face a 2008. Registou-se uma diminuição do consumo de 2,8% de petróleo, de 0,9% em eletricidade e de 8,4% de gás natural [5].

Em 2009, o peso do consumo dos principais setores de atividade económica relativamente ao consumo final de energia, foi de 27,5% na Indústria, 38,4% nos Transportes, 18,3% no Doméstico, 12,2% nos Serviços e 3,6% nos outros setores como a Pesca, a Agricultura, a Construção e Obras Publicas. Constata-se assim uma forte incidência dos setores da Indústria e dos Transportes no consumo de energia final.

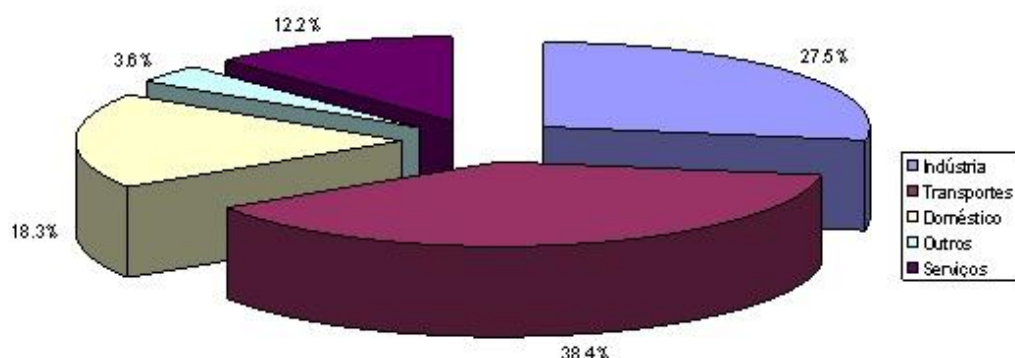


Figura 2.7 - Consumo de energia final por setor, em 2009 [5].

O crescimento verificado no sector dos transportes refletiu o crescimento da taxa de motorização e de mobilidade, a par do desenvolvimento das acessibilidades. Já no setor industrial, o consumo final tem vindo a decrescer nos últimos anos, resultante de uma maior atuação na área da eficiência energética dos processos e instalações.

No setor doméstico, assiste-se a um aumento do consumo de energia elétrica por unidade de alojamento (2630 kWh/alojamento em 2009 contra 2510 kWh/alojamento em 2008). Em relação às formas de energia utilizadas, verifica-se uma diminuição nos consumos dos produtos de petróleo e um aumento do gás natural.

⁶ 1tep = 41,86 x 10⁹ J = 11,628 kWh

Portugal ainda é um dos países da UE com menor consumo de eletricidade *per capita* - em 2008 foi de 4822 kWh, correspondendo ao 20º lugar dos países europeus. Apenas Malta, Bulgária, Hungria, Polónia, Lituânia, Letónia e Roménia registaram consumos *per capita* mais baixos. Portugal apresentou em 2009 um consumo de energia final *per capita* de 1,64 tep/habitante [5].

As emissões de CO₂ *per capita*, resultantes de processos de combustão em Portugal foram de 4,94 t CO₂, em 2008 sendo a intensidade carbónica de 0,43 kg CO₂ / 2000USD [5].

Em Portugal existe a necessidade de inverter a situação de crescente instabilidade quanto ao futuro energético e continuar o seu investimento em energias renováveis.

O sistema energético nacional deve:

- Garantir a segurança do abastecimento de energia;
- Valorizar os recursos endógenos, fomentando o aumento da competitividade e a eficiência das empresas;
- Diversificar as fontes energéticas;
- Explorar novos setores energéticos, como as FER - reduzindo em simultâneo a importância do petróleo no conjunto das energias primárias consumidas em Portugal.

O gráfico da figura 2.8 permite visualizar a evolução do peso da dependência energética face ao exterior, expresso no valor de importação bruta de energia (em milhões de Euros), ao longo da última década, no que diz respeito ao petróleo, gás natural, carvão e eletricidade.

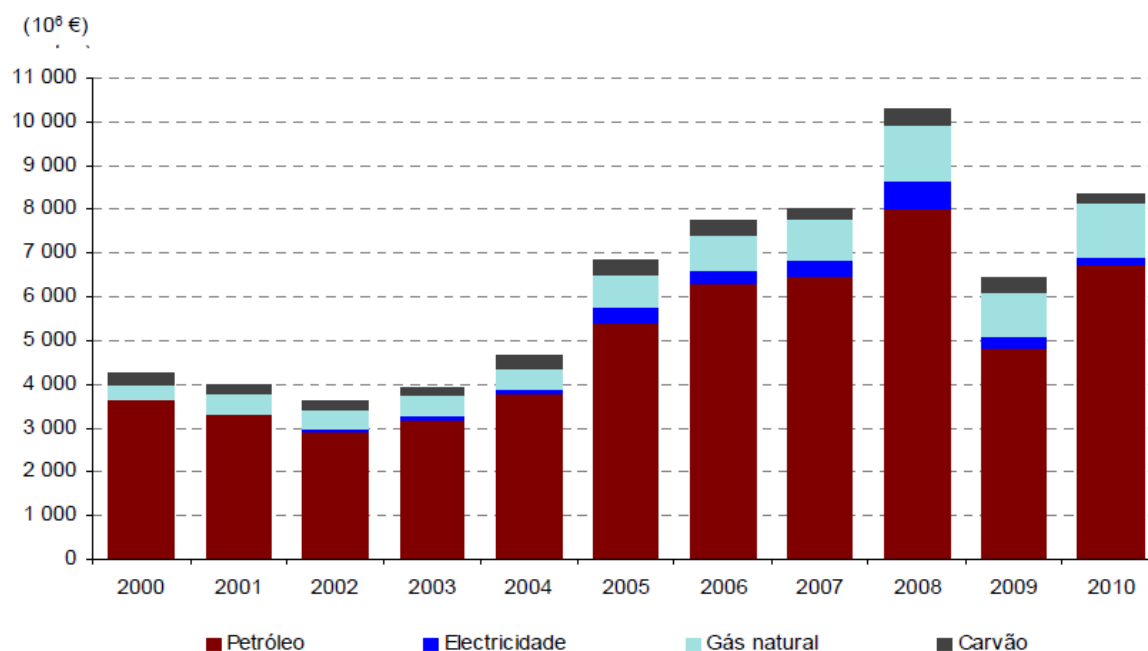


Figura 2.8 - Evolução da importação bruta de energia de 2000 a 2010 (em milhões de €) [5].

Em termos da estrutura nacional da importação de energia, e face a 2009, são de destacar, em 2010, as reduções do peso do gás natural (de 15,5% para 14,0%), do carvão (de 5,1% para 2,3%) e da energia elétrica (de 3,9% para 2,1%). Em contrapartida, o peso do petróleo bruto e refinados, como resultado da subida do respetivo preço, aumentou 5,6 pontos percentuais (81,5% em 2010, contra 75,6%, em 2009) [5].

A Importância das Energias Renováveis

Perante estes cenários, torna-se estritamente necessário, conseguir produzir energia através de FER para que Portugal possa ter outras alternativas além da importação de combustíveis fósseis, que tanto polui o ambiente, mas também a economia nacional.

De facto, pode-se considerar que o País encontra-se num bom caminho, não só porque está visivelmente a diminuir o consumo de petróleo, como está, na última década, a aumentar os seus níveis de produção de energia produzida a partir de fontes renováveis, como se pode ver na figura 2.9, com particular destaque para as energias hídrica e eólica.

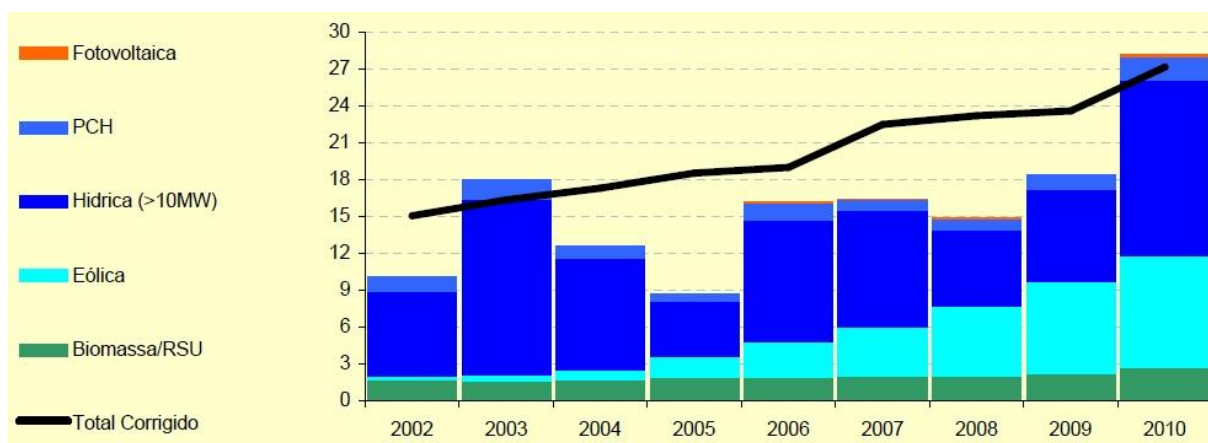


Figura 2.9 - Gráfico da evolução da energia produzida a partir de fontes renováveis (em TWh) [5].

A tabela 2.1 exhibe os resultados desde 2002 até 2010 da evolução da energia elétrica que foi produzida a partir de FER. Ressalte-se que em 2010, 52% da eletricidade consumida em Portugal teve origem em FER (sendo que para efeitos de diretiva “renováveis”, este valor corrigido situa-se nos 50,1%) [5].

Tabela 2.1 - Evolução da energia produzida a partir de fontes renováveis (em TWh) [5].

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Hídrica Total	8 096	15 894	10 053	5 000	11 323	10 351	7 102	8 717	16 249
Grande Hídrica (>30MW)	6 896	14 303	9 065	4 454	9 897	9 406	6 190	7 547	14 306
PCH (>10 e <=30 MW)	615	822	487	265	702	504	478	618	1 045
PCH (<= 10 MW)	585	769	501	281	724	441	434	552	898
Eólica	341	468	787	1 741	2 892	4 007	5 720	7 440	9 024
Biomassa (c/ cogeração)	1 166	1 069	1 206	1 286	1 302	1 361	1 381	1 390	1 579
Biomassa (s/ cogeração)	42	43	52	64	78	149	146	311	612
Resíduos Sólidos Urbanos	518	523	475	545	532	498	441	458	455
Biogás	2.5	2.3	14	31	33	55	67	80	101
Fotovoltaica	1.8	2.6	2.9	3.8	4.1	23.6	41.4	159.9	213.3
Ondas/Marés									
Total	10 167	18 002	12 590	8 671	16 164	16 445	14 898	18 556	28 233
IPH (ano base da Directiva - 1997)	0.623	1.115	0.680	0.336	0.800	0.631	0.461	0.634	1.070
Hídrica Total Corrigida (IPH da Directiva)	12 995	14 255	14 784	14 881	14 154	16 404	15 406	13 749	15 186
Total Corrigido	15 066	16 363	17 321	18 552	18 995	22 498	23 202	23 588	27 170
Produção Bruta + Saldo Imp. (GWh)	46 652	48 220	50 017	51 729	52 749	52 952	53 558	53 134	54 270
% de renováveis (Real)	21.8%	37.3%	25.2%	16.8%	30.6%	31.1%	27.8%	34.9%	52.0%
% de renováveis (Directiva)	32.3%	33.9%	34.6%	35.9%	36.0%	42.5%	43.3%	44.4%	50.1%

Segundo o relatório de estatísticas rápidas de dezembro de 2010 [5], o total da potência renovável instalada em Portugal atingiu os 9490 MW, no final de dezembro de 2010. De acordo com o mesmo relatório, a produção total de energia elétrica, a partir de FER, cresceu 52,2% em 2010, relativamente a 2009. Para este crescimento contribuiu fortemente o comportamento da sua componente hídrica que cresceu 84% em 2010.

A produção eólica, em 2010, cresceu 21% relativamente a 2009. À semelhança do que sucedeu com a produção hídrica, a produção eólica cresceu acentuadamente no 1º semestre (+49%), enquanto no 2º a produção é sensivelmente igual à registada no período homólogo do ano transato. No que se refere à potência instalada eólica, foi praticamente atingida a meta inicialmente prevista de 4000 MW instalados no final de 2010.

A produção de energia elétrica a partir de FER cresceu, acompanhando a evolução da sua componente hídrica (51% da potência instalada em 2010). Comparando a produção registada em 2010 com a registada em 2009, verificou-se um acréscimo da produção (28,0 TWh contra 18,4 TWh), enquanto a produção hídrica cresceu 86%.

De facto, Portugal encontra-se numa posição privilegiada para proceder à diminuição da dependência energética de fontes de energias não renováveis, colocando-se na vanguarda da procura de um desenvolvimento sustentável baseado em fontes alternativas de energia.

Portugal é um País pobre quanto à disponibilidade de combustíveis fósseis, uma vez que não dispõe de poços de petróleo, minas de carvão ou depósitos de gás. No entanto, e no que respeita às FER, o país tem um enorme potencial que pode e deve ser explorado, não só numa ótica de reduzir a dependência energética externa mas também do ponto de vista ambiental, no sentido de não aumentar demasiado, ou inclusivamente de reduzir, o consumo de energias que acarretam emissões de gases com efeito de estufa (GEE) - previsto no protocolo de Quioto e num conjunto de diretivas comunitárias e nacionais, que serão referidas no sub-capítulo 2.4 - de forma a combater as alterações climáticas.

Com efeito, Portugal apresenta uma rede hidrográfica relativamente densa, uma elevada exposição solar média anual, e dispõe de uma vasta frente marítima que beneficia dos ventos atlânticos [6], o que lhe confere a possibilidade de aproveitar o potencial energético da água, da luz, das ondas e do vento. Estas condições únicas permitem ao País o aproveitamento de formas de energia alternativas ao consumo de combustíveis fósseis.

Tabela 2.2 - Comparação internacional entre países da OCDE relativamente à produção de energia a partir de FER [5].

	Total 2009 TWh	FER 1999 GWh	FER 2009 GWh	% FER 1999	% FER 2009	Peso (%) em 2009				Δ% FER 09/99
						Hídrica	Eólica	Biomassa + Biogás	Outras	
Austria	69,6	43 823	46 800	74,9	67,2	83,4	5,2	11,3	0,0	6,8
Suécia	138,4	74 953	78 736	50,8	56,9	82,7	3,2	14,1	0,0	5,0
Portugal	53,1	8 860	19 090	21,4	35,9	46,5	39,7	9,6	4,2	115,5
Dinamarca	36,5	4 860	9 964	13,3	27,3	0,2	67,5	32,3	0,0	105,0
Finlândia	83,7	21 525	21 680	26,7	25,9	58,6	1,3	40,1	0,0	0,7
Espanha	286,2	30 660	72 430	14,3	25,3	36,2	50,6	4,7	8,5	136,2
Itália	334,4	58 423	66 027	19,0	19,7	72,0	9,2	9,6	9,2	13,0
Alemanha	584,5	37 211	95 267	6,7	16,3	18,3	39,7	35,5	6,5	156,0
Irlanda	28,4	1 368	4 038	6,1	14,2	22,3	73,2	4,5	0,0	195,2
França	516,0	80 827	69 393	17,5	13,4	82,0	11,2	5,9	0,9	-14,1
Grécia	60,2	5 187	6 913	10,4	11,5	68,6	28,7	2,6	0,1	33,3
Holanda	117,1	4 873	10 844	4,6	9,3	0,9	42,3	56,4	0,4	122,5
Reino Unido	374,6	13 076	24 529	3,4	6,5	21,4	34,7	43,8	0,1	87,6
Bélgica	89,2	2 703	5 143	3,2	5,8	8,0	19,1	69,7	3,2	90,3
Luxemburgo	7,3	816	256	12,6	3,5	36,3	25,0	30,9	7,8	-68,6
Total UE 15	2 779	389 165	531 110	15,2	19,1	53,7	23,9	18,6	3,8	36,5
Nova Zelândia	43,4	26 747	31 041	70,2	71,5	78,0	4,7	1,8	15,5	16,1
Canadá	587,1	353 538	378 653	64,5	64,5	96,9	1,0	2,1	0,0	7,1
Turquia	193,3	34 930	38 033	29,5	19,7	94,3	3,9	0,6	1,2	8,9
México	251,9	38 955	34 541	20,2	13,7	77,2	0,7	2,5	19,5	-11,3
Estados Unidos	4 218,5	389 079	422 499	9,8	10,0	65,0	16,8	13,7	4,5	8,6
Japão	1 046,4	121 972	98 381	11,4	9,4	77,2	3,5	14,1	5,2	-19,3
Austrália	246,3	18 118	17 596	8,9	7,1	65,7	21,6	11,8	0,9	-2,9
Coreia	446,0	6 470	4 989	2,4	1,1	56,4	13,6	10,0	19,9	-22,9

Na tabela 2.2 fica bem patente o bom desempenho que Portugal está a ter na produção de energia a partir de FER comparativamente com outros países da UE e com países desenvolvidos do resto do mundo pertencentes à OCDE. Pode-se constatar que, entre 1999 e 2009, Portugal aumentou em 115,5% a produção através de FER, sendo o 6º país da OCDE que mais cresceu nesse parâmetro. De notar que, neste comparativo da tabela 2.2, a coluna “Outras” inclui geotérmica, solar, ondas e marés, e mesmo nestas tecnologias, Portugal é o 10º país a nível mundial (e o 5º na UE), que mais cresceu.

2.3 - A Variedade de Energias Renováveis

Desde que há vida humana, esta depende totalmente do meio ambiente e dos seus recursos. O Homem consome cada vez mais bens materiais e este consumo exige demasiado da Natureza. São as propriedades dos elementos do ambiente natural que são utilizados para satisfazer as necessidades energéticas da humanidade.

Os consumos mundiais não têm parado de aumentar devido ao desenvolvimento industrial, à expansão dos transportes e ao crescimento demográfico, e são os recursos energéticos não renováveis e renováveis que nos fornecem energia para tais atividades.

Os recursos não renováveis, sendo os mais empregados e não podendo ser novamente utilizados, têm vindo a diminuir, ou seja, a sua disponibilidade no planeta começa a ser escassa, o que leva a certos conflitos humanos.

As fontes de energia capazes de corresponder de forma substancial à procura excessiva de energia exigida pelos vários setores humanos são: os combustíveis fósseis, a energia nuclear e as energias renováveis.

No entanto a utilização de combustíveis fósseis tem efeitos nocivos e a nuclear não é bem perspectivada desde o acidente em Chernobyl. Torna-se, assim, necessário desenvolver novas opções energéticas.

As fontes de energia renovável dispõem de muitas vantagens, por comparação com as fontes de energia não renovável pois são fontes inesgotáveis de energia, têm poucos efeitos negativos sobre o ambiente e estão disponíveis um pouco por todo o Mundo.

As Energias Alternativas são aquelas que surgem como soluções para diminuir o impacto ambiental e para contornar o uso de matéria-prima que normalmente é não renovável. Ao utilizar-se as tecnologias disponíveis e ao aproveitar-se toda a riqueza em energia renovável de Portugal, o País está a contribuir para um mundo mais limpo e equilibrado.

As energias renováveis são essenciais para a sustentabilidade energética pois, além de serem muito menos poluentes, reduzem a dependência energética externa.

Sobre estas tecnologias há a saber que existem três gerações de energias renováveis [7]:

- As tecnologias de primeira geração, as quais emergiram no final do século XIX, compreendendo a energia hídrica, a combustão de biomassa e a energia geotérmica;
- As de segunda geração incluem a energia solar, a energia eólica e tecnologias modernas de bioenergia. Este tipo de tecnologias teve um crescimento elevado nos últimos 15 anos como resultado do desenvolvimento e investigação, que começou por volta dos anos 80 resultante das crises petrolíferas dos anos 70. O crescente aumento atual deve-se também a questões ambientais;

- As de terceira geração são tecnologias que ainda se encontram em fase de desenvolvimento. Como exemplo destas tecnologias tem-se a gaseificação avançada de biomassa, tecnologias de biorrefinaria e solares térmicas concentradas.

As duas primeiras gerações são as utilizadas em massa atualmente. A utilização da terceira encontra-se dependente dos compromissos de investigação e desenvolvimento a adotar, o que implica um papel importante do setor público na utilização em larga escala destas [7].

Seguidamente serão mencionadas as energias mais referenciadas para contribuir para a sustentabilidade e eficiência do planeta Terra.

2.3.1 - Energia Eólica

A energia eólica é a energia obtida pela força dos ventos, é a transformação de energia cinética dos ventos em energia elétrica. O vento é uma fonte limpa e inesgotável que é usada desde sempre, para moer grãos, em bombas de água, em barcos velejadores, e para outros trabalhos diversos.

A quantidade de energia eólica disponível varia consoante o tempo e o lugar, e a eletricidade produzida é obtida de uma forma bastante simples: os sopros do vento nas lâminas de um moinho de vento fazem-no girar assim como a água faz girar uma turbina.

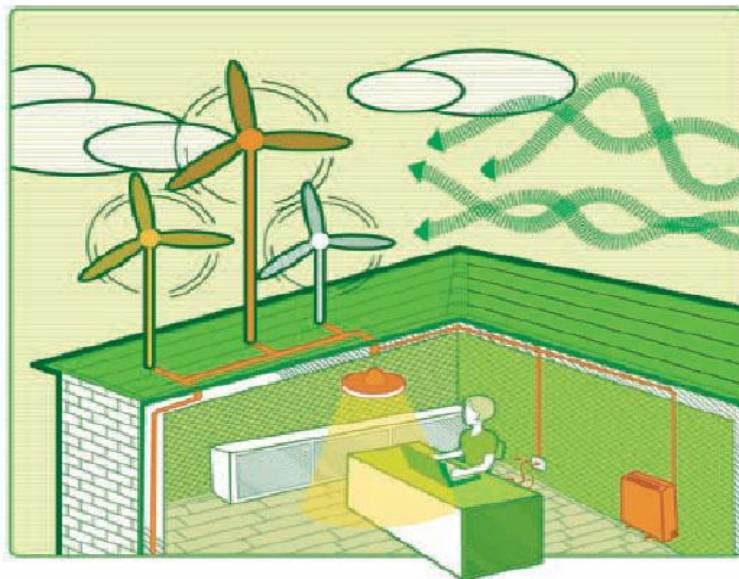


Figura 2.10 - Aplicações resultantes do aproveitamento da energia do vento - Energia Eólica [14].

A energia eólica é considerada uma das mais promissoras fontes naturais de energia uma vez que é limpa e não se esgota. Utilizada para substituir fontes de combustíveis fósseis, apresenta um papel importante na redução das emissões de GEE.

Esta energia é usada para mover aerogeradores para produzir energia elétrica. Estes devem ser agrupados em parques eólicos de modo a que a produção de energia seja rentável, embora possam também ser usados isoladamente de modo a alimentar localidades distantes da rede de transmissão.

2.3.1.1 - Vantagens da Energia Eólica

De um modo geral, as vantagens da utilização deste tipo de energia podem ser agrupadas em quatro níveis:

i) Para a sociedade em geral:

- Não se esgota (completamente renovável);
- Não emite gases poluentes, nem gera resíduos;
- Reduz a emissão de GEE, reduzindo a contribuição da população para as alterações climáticas globais.

ii) Para as comunidades onde se inserem os Parques Eólicos:

- O terreno onde o parque é instalado não fica impossibilitado de outros usos como criação de gado ou agricultura servindo como auxílio ao desenvolvimento económico rural (pós-instalação);
- Criação de emprego;
- Geração de investimento em zonas desfavorecidas;
- Cria receitas alternativas a agricultores que arrendem a sua terra.

iii) Para o estado:

- Reduz a elevada dependência energética do exterior, nomeadamente a dependência de combustíveis fósseis;
- Poupança devido à menor aquisição de direitos de emissão de CO₂, por cumprir o protocolo de Quioto e diretivas comunitárias e menores penalizações por não cumprir;
- Possível contribuição de cota de GEE para outros setores da atividade económica;
- É das fontes mais baratas de energia podendo competir em termos de rentabilidade com as fontes de energia tradicionais;
- Apoia o crescimento económico nacional;
- Gera turismo a comunidades locais.

iv) Para os promotores [12]:

- Os aerogeradores não necessitam de abastecimento de combustível e requerem revisões periódicas com vista à manutenção dos níveis sonoros de funcionamento;
- O vento é um recurso natural sendo de grátis obtenção;
- A energia eólica oferece uma alternativa viável e económica a centrais convencionais em muitas áreas do país;
- O vento é um combustível limpo, sendo que os parques eólicos não produzem nenhuma poluição ambiental porque nenhum combustível é queimado;
- A energia eólica preserva os recursos hídricos.

2.3.1.2 - Desvantagens da Energia Eólica

Quanto às principais desvantagens da energia eólica podem-se referir:

- A sua intermitência, ou seja, nem sempre o vento sopra quando a eletricidade é necessária, tornando difícil a integração da sua produção no programa de exploração;
- Provoca um impacto visual considerável, principalmente para os moradores em redor (a instalação dos parques eólicos gera uma grande modificação da paisagem);

- Impacto sonoro: o som do vento ao bater nas pás produz um ruído constante (43dB) e por esse motivo, as habitações mais próximas deverão estar, no mínimo, a 200 metros de distância [12];
- O equipamento é de cara manutenção;
- Impacto sobre as aves que são muitas vezes atingidas pelas pás dos aerogeradores.

2.3.2 - Energia Hídrica

Esta energia obtém-se através do aproveitamento do movimento das águas que mobilizam mecanismos no interior da barragem, que estão ligados a geradores que convertem a energia do movimento em energia elétrica, como é esquematizado na figura 2.11.

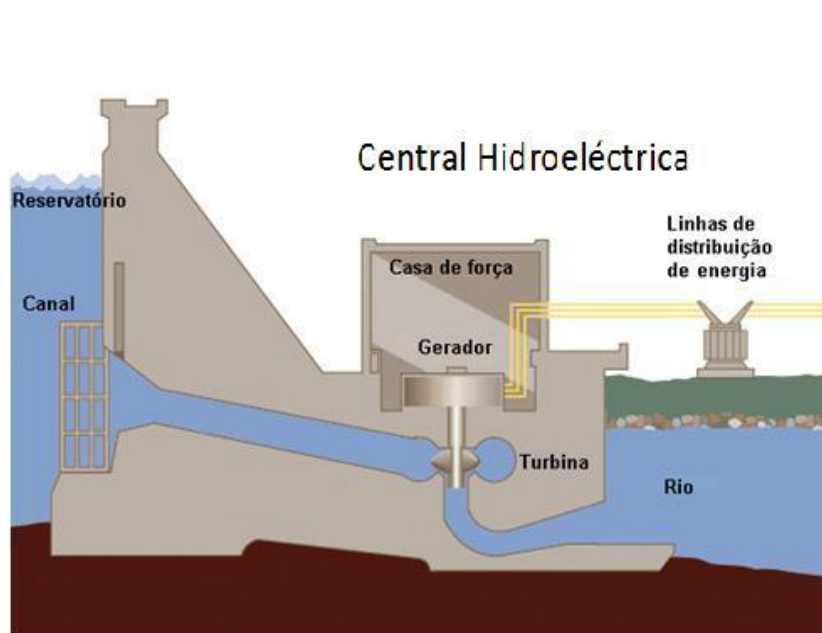


Figura 2.11 - Esquema transversal de uma barragem [13].

Este processo recorre a um sistema de turbinas que é atravessado por grandes massas de água, que as fazem mover, gerando uma corrente eletromotriz induzida devido à presença de dois conjuntos de ímanes que produzem dois campos magnéticos que ao girarem se tornam campos magnéticos variáveis, produzindo corrente que depois atravessa transformadores para poder ser transportada até às habitações [13].

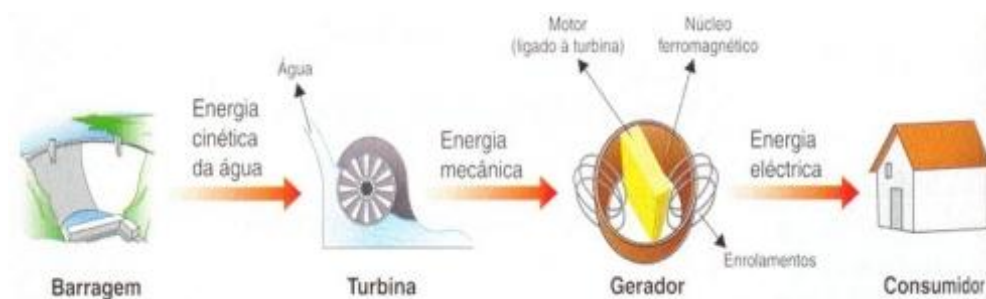


Figura 2.12 - As diferentes conversões da energia hídrica até chegar ao consumidor [13].

A energia, para exigências de grandes picos, é normalmente fornecida por hidroeletricidade armazenada que depois é bombeada. O movimento da água entre

reservatórios em elevações diferentes contribui para a produção de energia. Quando as necessidades de eletricidade são baixas, a água é bombeada para o reservatório mais alto (sendo este processo muitas vezes executado com recurso à energia eólica excedente nas horas de vazio do sistema elétrico nacional) e quando a exigência aumenta novamente, a água é libertada de volta ao reservatório mais baixo através da turbina.

2.3.2.1 - Vantagens da Energia Hidroelétrica

De um modo geral, as principais vantagens da utilização deste tipo de energia têm a haver com o facto de [13]:

- Serem uma energia renovável, isto é, energia que não se esgota;
- Não ser necessário qualquer combustível (as centrais hidroelétricas utilizam a energia renovável da água para gerar eletricidade, logo não poluem o ambiente);
- O preço da eletricidade ser constante (não depende do preço de combustíveis fósseis no mercado internacional);
- As centrais hidroelétricas terem uma vida útil mais longa do que a vida de centrais térmicas (existem centrais com mais de 50 anos e ainda estão em funcionamento);
- Apresentarem um baixo custo de produção de eletricidade já que a maior parte das operações são automatizadas e conforme as centrais ficam mais velhas, o preço da eletricidade que geram fica mais barato;
- A sua fiabilidade e a resposta às variações de procura serem elevadas;
- A água das barragens também poder ser usada para a irrigação de terrenos de quintas, produzindo assim a produtividade agrícola durante todo o ano;
- Nas imediações das barragens, pode-se usar a água do reservatório para desenvolver instalações recreativas públicas, como parques de desportos aquáticos e jardins;
- As barragens ajudarem a prevenir inundações nas áreas próximas dos grandes rios;
- Proporcionar o desenvolvimento local (estabelecimento de vias fluviais, construção de vias de comunicação e fomento de atividades de lazer e de turismo).

2.3.2.2 - Desvantagens da Energia Hidroelétrica

No entanto, podem também nomear-se algumas desvantagens associadas a este tipo de energia, tais como:

- Provoca a erosão de solos, os quais consequentemente afetam a vegetação local;
- Pode provocar o deslocamento de populações ribeirinhas e o alargamento de terra (dependendo do tipo de relevo e da região onde se localiza o empreendimento);
- A sua construção exige a formação de grandes reservatórios de água que acabam por provocar profundas alterações nos ecossistemas;
- Elevados custos de instalação e de desativação;
- O facto de ser necessário inundar grandes porções de terreno faz com que, em termos de manutenção de ecossistemas, este processo de produção de energia não seja eficaz;
- A barreira que as barragens constituem para peixes e outros seres aquáticos migratórios faz com que este processo leve à morte de muitas comunidades de seres aquáticos.

2.3.3 - Energia Solar

No planeta Terra, a luz solar é uma forma inacreditavelmente importante de energia. Todos os dias, o sol emite inúmeras quantidades de energia para o espaço. Parte dela é emitida na forma de luz infravermelha e ultravioleta, mas a maioria é na forma de luz visível. Um pouco desta energia chega à Terra, onde aquece a superfície do planeta, dirige correntes oceânicas, rios e ventos, é usada pelas plantas para fazer a fotossíntese e é também a fonte de energia responsável pela ocorrência de chuvas, através da evaporação da água da superfície terrestre.

A vida na Terra depende totalmente do sol e estima-se a sua energia estará garantida durante os próximos 6000 milhões de anos [14].

Embora a energia solar seja a maior fonte de energia recebida pela Terra, a sua intensidade na superfície terrestre é baixa, devido à elevada distância entre a Terra e o Sol e ao facto de a atmosfera absorver e emitir parte da radiação.

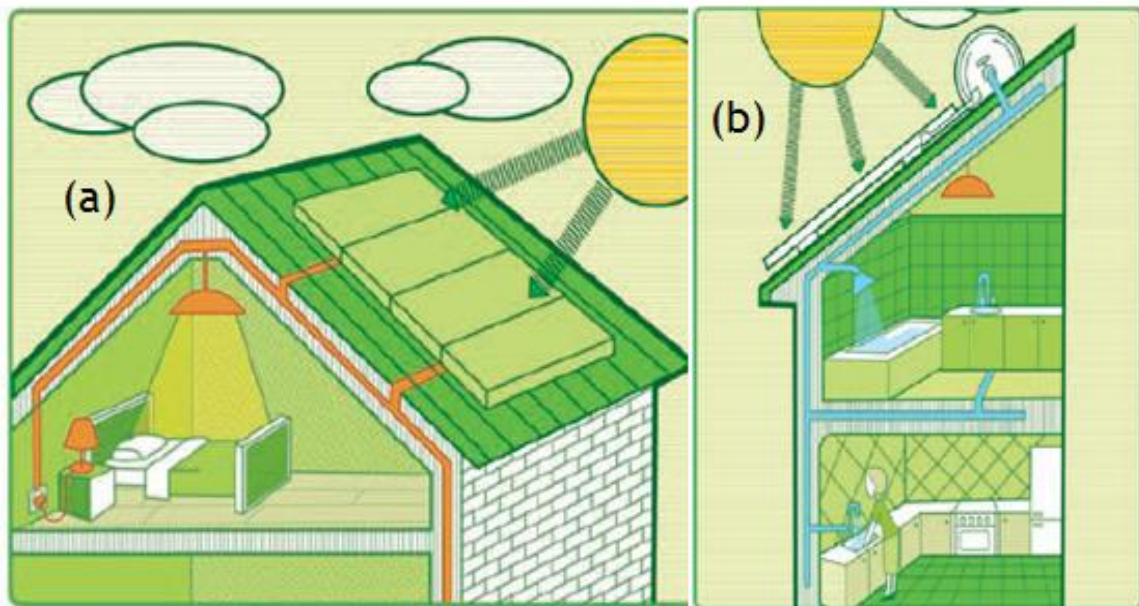


Figura 2.13 - Aplicações resultantes do aproveitamento da energia do sol: (a) Energia Solar Fotovoltaica; (b) Energia Solar Térmica [14].

Para aproveitar a radiação que é fornecida utilizam-se: os coletores solares térmicos, que absorvem a radiação solar aquecendo a água que circula nos tubos; e os painéis fotovoltaicos, que por serem constituídos por células solares absorvem a radiação solar excitando os fotões que se movimentam formando assim uma corrente elétrica (figura 2.13).

A utilização destes aparelhos não produz lixo nem polui o ambiente, no entanto para que a corrente seja suficiente para satisfazer a necessidade humana são necessários vários metros quadrados destes aparelhos.

Após as fortes apostas na energia hídrica e eólica, a energia solar posiciona-se como a tecnologia com maior potencial de desenvolvimento em Portugal durante esta década que se vive agora, como ilustrado na figura 2.14.

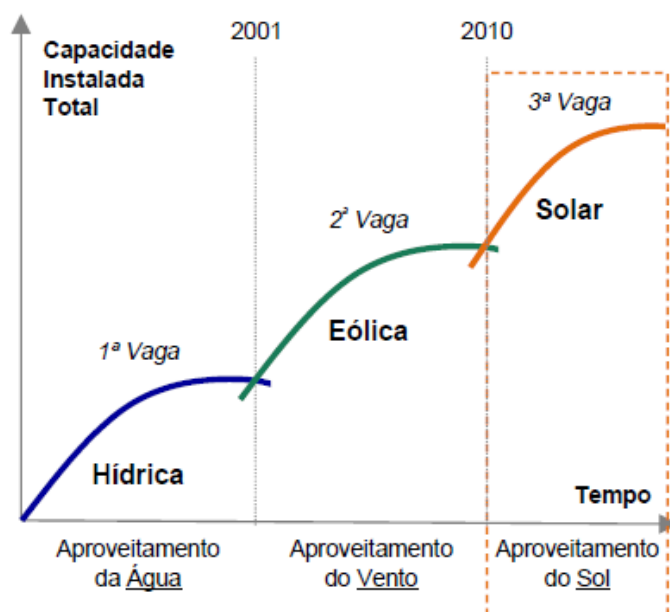


Figura 2.14 - Vagas de desenvolvimento da Política de Renováveis em Portugal [4].

2.3.3.1 - Vantagens da Energia Solar

É possível agrupar as vantagens da energia solar em dois níveis distintos:

i) A nível económico:

- Depois de recuperado o investimento inicial, a energia do sol é praticamente gratuita;
- O período de recuperação deste investimento pode ser muito curto dependendo da quantidade de eletricidade que a casa utiliza;
- Estímulos financeiros dados pelos Governo irão reduzir o preço;
- Não necessita de nenhum combustível, logo não é sensível à variação dos preços desses mesmos combustíveis;
- Reduz a dependência de fontes estrangeiras e/ou centralizadas da energia (sob o efeito de catástrofes naturais) contribuindo para um futuro sustentável;
- Criação de emprego local;
- Criação de prosperidade, fornecendo combustível alternativo que melhorará a economia do país local.

ii) A nível ambiental:

- É uma energia limpa, renovável e sustentável, ajudando a proteger o meio ambiente, pois não contribui para o aquecimento global provocado pelos GEE;
- A poluição inerente à fabricação dos equipamentos necessários para a construção dos painéis solares é totalmente controlável;
- As centrais necessitam de manutenção mínima;
- Os painéis solares são cada vez mais potentes e, simultaneamente, mais baratos, tornando a energia solar uma solução economicamente viável;
- A energia solar é excelente em lugares remotos ou de difícil acesso, pois a sua instalação em pequena escala não obriga a enormes investimentos em linhas de transmissão.

2.3.3.2 - Desvantagens da Energia Solar

Apesar das vantagens enunciadas, podem-se apontar algumas desvantagens, tais como:

- Está limitada às áreas do globo que recebem bastante radiação solar;
- Requer materiais especiais para que os painéis e coletores não afetem o ambiente;
- Existe variação nas quantidades produzidas de acordo com a situação climática (chuvas, neve), além de que durante a noite não existe produção alguma, o que obriga a que existam meios de armazenamento da energia produzida durante o dia em locais onde os painéis solares não estejam ligados à rede de transmissão;
- Locais em latitudes médias e altas (Ex: Finlândia, Islândia, Nova Zelândia e Sul da Argentina e Chile) sofrem quedas bruscas de produção durante os meses de Inverno devido à menor disponibilidade diária de energia solar. Locais com frequente cobertura de nuvens (Londres), tendem a ter variações diárias de produção de acordo com o grau de nebulosidade;
- As formas de armazenamento da energia solar são pouco eficientes quando comparadas, por exemplo, aos combustíveis fósseis (carvão, petróleo e gás), e a energia hidroelétrica;
- Atualmente, os painéis solares não têm um rendimento muito elevado e, uma vez instalados, com o passar dos anos, o rendimento tende a diminuir.

2.3.4 - Biomassa

Ao efetuar o processo de fotossíntese, as plantas transformam a energia solar em energia química, que pode depois ser convertida em energia elétrica, combustível ou calor. A estas fontes orgânicas utilizadas neste processo dá-se o nome de biomassa.

A queima de biomassa também provoca a emissão de dióxido de carbono (CO_2) na atmosfera, mas como este composto químico tem de ser previamente absorvido, em igual proporção à sua posterior emissão pelas plantas que dão origem ao combustível, o balanço das emissões de CO_2 resultante da queima de biomassa é nulo. Chama-se a este processo o "Ciclo do Carbono", o qual é ilustrado na figura 2.15.

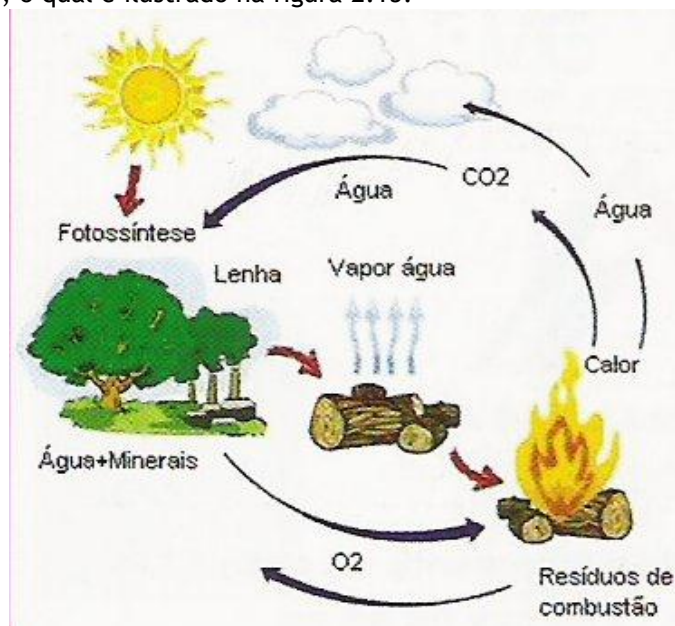


Figura 2.15 - Ciclo do Carbono [15].

A biomassa é utilizada na produção de energia a partir de processos como a combustão de material orgânico produzido e acumulado num ecossistema. Porém, nem toda a produção primária passa a incrementar a biomassa vegetal desse ecossistema. Parte dessa energia acumulada é usada pelo ecossistema para a sua própria manutenção [15].

A biomassa é a energia gerada a partir de material vegetal: pode ser transformada em energia através de combustão, gaseificação, fermentação, ou produção de substâncias líquidas.

É uma energia biológica em que o conjunto de organismos que podem ser aproveitados como fontes de energia divide-se em três classes: a biomassa sólida, líquida e gasosa.

A biomassa sólida tem como fonte os produtos e resíduos da atividade agrícola (incluindo substâncias vegetais e animais), os resíduos da floresta e das indústrias conexas (lenha, carvão vegetal⁷, serrim, palha) e a fração biodegradável dos resíduos industriais e urbanos.

A biomassa líquida ou biocombustível tem origem numa série de biocombustíveis líquidos com potencial de utilização, todos com origem nas chamadas “culturas energéticas”, como por exemplo: o biodiesel (obtido a partir de óleos vegetais como o óleo de girassol e de soja ou de gordura animal ou mesmo do óleo de cozinha usado), o etanol (que é um álcool derivado da cana de açúcar, do milho, da uva e da beterraba, produzido através da fermentação de hidratos de carbono como o açúcar, amido e celulose) e o metanol (gerado pela síntese do gás natural - gás de síntese - que é a mistura de hidrogénio com monóxido de carbono, dióxido de carbono e metano).

Os biocombustíveis continuarão a ser um contributo para que Portugal cumpra as suas metas de energias renováveis no consumo final do setor dos transportes. Desta forma, o Governo acompanhará as diretivas europeias relativas aos biocombustíveis, designadamente, ao nível da definição dos critérios de sustentabilidade e assegurando a manutenção dos melhores padrões de qualidade no funcionamento do parque automóvel. Promover-se assim a utilização de recursos endógenos para a produção de biocombustíveis estreitando a ligação com a agricultura nacional e as soluções ligadas aos biocombustíveis de segunda geração.

A biomassa gasosa, mais conhecida por biogás, tem origem nos efluentes agropecuários provenientes da agroindústria e do meio urbano (lamas das estações de tratamento dos efluentes domésticos) e ainda nos aterros de resíduos sólidos urbanos (RSU), resultando da degradação biológica da matéria orgânica contida nesses resíduos. A formação do biogás acontece durante a decomposição da matéria viva por bactérias microscópicas, onde as mesmas retiram da biomassa parte das substâncias de que necessitam para continuarem vivas, e lançam na atmosfera gases e calor.

Para o seu aproveitamento e dependendo da sua fonte (suiniculturas, RSU, lamas) são aplicadas diversas tecnologias, finalizando quase todos na queima do biogás para a obtenção de calor ou para a transformação em energia elétrica.

⁷ Substância de cor negra obtida pela carbonização da madeira ou lenha.



Figura 2.16 - Aplicações resultantes do aproveitamento da energia da biomassa [14].

2.3.4.1 - Vantagens da Biomassa

As vantagens deste tipo de energia são:

- Promove uma gestão profissional das florestas nacionais, reduzindo os resíduos e contribuindo para a redução dos riscos associados, nomeadamente incêndios, bem como para a sua sustentabilidade;
- Produz energia e calor neutros no que respeita as emissões de CO_2 ;
- Impacto social relevante na criação de emprego estável, direto e indireto, em zonas menos desenvolvidas, contribuindo assim para a fixação da população;
- Menor corrosão dos equipamentos (caldeiras, fornos);
- Recurso renovável;
- Emissões não contribuem para o efeito estufa;
- A biomassa sólida é extremamente barata, sendo as suas cinzas menos agressivas para o ambiente;
- A queima da biomassa provoca a emissão de CO_2 na atmosfera, porém o mesmo é absorvido nas mesmas proporções pelas plantas que dão origem ao combustível, e assim, o balanço das emissões de CO_2 resultante da queima da biomassa é nulo;
- Baixo custo de produção e aquisição;
- Permite um reaproveitamento de resíduos e é menos poluente do que outras formas de energia como os combustíveis fósseis.

2.3.4.2 - Desvantagens da Biomassa

Como desvantagens deste tipo de energia podem-se considerar as seguintes:

- Menor poder calorífico relativamente a outros combustíveis;
- Maior possibilidade de geração de material particulado para a atmosfera, o que significa um maior custo de investimento para a caldeira e equipamentos para remoção desse material;
- Desflorestação de florestas, além da destruição de habitats;
- Os biocombustíveis líquidos contribuem para a formação de chuvas ácidas [16];

- Dificuldades no transporte e no armazenamento de biomassa sólida;
- Elevados custos de transporte.

De facto, por si só, a biomassa não é a solução ideal. Não pode satisfazer todos os desafios energéticos, em particular na segurança energética e nas alterações climáticas, apresenta altos custos de transporte e baixa eficiência energética. No entanto, pertence a um grupo de fontes de energia alternativas, as quais, se aplicadas em conjunto, garantem que o setor da energia caminha rumo à sustentabilidade [16].

2.3.5 - Geotermia

Para que se possa entender como é aproveitada a energia do calor da Terra, deve-se primeiramente entender como o planeta é constituído.

A Terra é formada por grandes placas, que mantêm a população isolada do seu interior, no qual se encontra o magma, que consiste basicamente em rochas derretidas. Com o aumento da profundidade a temperatura dessas rochas aumenta cada vez mais, no entanto, há zonas de intrusões magmáticas, onde a temperatura é muito maior. Essas são as zonas onde há elevado potencial geotérmico.

A energia geotérmica é a energia obtida a partir do calor proveniente da Terra, mais precisamente do seu interior. Funciona graças à capacidade natural da Terra e/ou da sua água subterrânea em reter calor.



Figura 2.17 - Aproveitamento da energia da Terra - Energia Geotérmica [14].

Esta energia é utilizada para a produção de energia elétrica: se a temperatura for superior a 150°C (geotermia de alta entalpia), onde as centrais geotérmicas aproveitam os fluídos a altas temperaturas para movimentar uma turbina e produzir energia elétrica; ou para aquecimento e produção de água quente em outras atividades, como indústria alimentar, termas, estufas, se a temperatura for entre os 20 a 150°C (geotermia de baixa

entalpia); ou ainda para aquecimento e arrefecimento de habitações unifamiliares com recurso a bombas de calor geotérmicas (BCG) que aproveitam as diferenças de temperatura entre o solo e o ambiente, fornecendo calor (no inverno) e frio (no verão) [17].

2.3.5.1 - Vantagens da Geotermia

Podem apontar-se algumas vantagens relativamente à geotermia, tais como:

- É uma energia renovável;
- Não é poluente (as centrais geotérmicas, como o vento e as centrais solares, não têm de queimar combustíveis para manufaturar o vapor para mover as turbinas);
- Fiáveis, porque as centrais geotérmicas são projetadas para funcionar 24 horas por dia, durante todo o ano e são resistentes a interrupções de geração de energia devido a condições atmosféricas adversas;
- O terreno usado para a captação pode ser reutilizado para outros fins, como por exemplo, jardinagem [17];
- A ausência de combustão evita limpezas e verificações comuns noutros sistemas de aquecimento central;
- Rendimento elevado todo o ano, pois a temperatura a uma profundidade a partir de 60 centímetros é constante e não depende das condições climáticas exteriores;
- Permite o controlo individual da temperatura em cada divisão pois funciona com piso radiante, ventiloconvetores, convetores ou radiadores.

2.3.5.2 - Desvantagens da Geotermia

Apesar das vantagens supramencionadas, é importante refletir acerca das desvantagens:

- Energia de baixo rendimento;
- Energia que está limitada a zonas de atividade tectónica (quando se pretende produzir energia elétrica ou para utilização direta como termas);
- Libertação de gases para atmosfera, como o sulfureto de hidrogénio e o dióxido de carbono, que são poluentes e corrosivos;
- Se não for usado em pequenas zonas onde o calor do interior da Terra vem à superfície através de géiseres e vulcões, então a perfuração dos solos para a introdução de canos é dispendiosa;
- Este sistema tem um custo inicial elevado, e a barata manutenção da bomba de sucção de calor (que por estar situada no interior da Terra ou dentro de um edifício não está exposta ao mau tempo e a vandalismo) é contrabalançada pelo elevado custo de manutenção dos canos (onde a água causa corrosão e depósitos minerais).

2.3.6 - Energia das Ondas

A energia das ondas consiste na transformação da energia resultante do movimento periódico das massas de água para a produção de energia elétrica.

As ondas de alto mar podem oferecer uma energia tecnicamente mais estável que a das ondas de rebentação ou mesmo que a gerada pelo aproveitamento do vento. O movimento ondular produz energia cinética que pode pôr uma turbina a funcionar e a energia mecânica da turbina é transformada em energia elétrica através de um gerador.

A tecnologia atualmente mais desenvolvida e utilizada é o sistema *Pelamis* que se assemelha a uma “cobra articulada” que balança à medida que as ondas percorrem o seu comprimento. Esse movimento nas articulações permite acionar geradores de eletricidade e a energia é depois recolhida por um cabo submarino e encaminhada para terra [13].

Há uma grande variedade de tecnologias e sistemas para o aproveitamento da energia das ondas, podendo ser classificadas dependendo do local de instalação: Shoreline (sistemas na costa, cujo sistema mais desenvolvido é a Coluna de Água Oscilante); Near-shore (sistemas perto da costa, a 20 metros de profundidade); e Offshore (sistemas em águas profundas que rondam os 40 a 60 metros de profundidade, cujo sistema mais recorrente é o *Pelamis*) [13].

Existem centenas de dispositivos de captação de energia de onda registados, e vários protótipos foram já testados [13]. Contudo, foram desenvolvidas apenas duas centrais de energia de ondas: uma fábrica de 500 kW, situada na costa escocesa, em Islay, e outra na ilha do Pico, nos Açores, com uma capacidade instalada de 400 kW (que estão a utilizar a tecnologia da coluna de água oscilante).



Figura 2.18 - Central de Ondas de Porto Cachorro, Ilha do Pico, Açores [18].

A Central de Ondas do Pico é uma estrutura experimental de produção de energia eléctrica a partir da energia das ondas do mar. Esta central funciona desde 1999 e tem uma potência instalada de 400 kW, sendo a primeira central a utilizar a tecnologia da coluna de água oscilante associada a uma turbina Wells.

Os Açores estão associados ao desenvolvimento da energia das ondas através desta central, a primeira do mundo ligada à rede, a qual até final de 2010 teve 1300 horas de funcionamento e mais de 48 MWh de energia eléctrica produzida [18].

É devido ao elevado potencial da costa portuguesa e ao empenho em dinamizar um *cluster* industrial ligado às atividades do mar que têm levado o Governo a dedicar particular atenção à energia das ondas, tendo também sido inaugurado, em 2008, na Póvoa do Varzim, o parque de ondas da Aguçadoura, com uma capacidade de 2,5 MW que fornece energia a cerca de 15 mil famílias [13].

2.3.6.1 - Vantagens da Energia das Ondas

Algumas das vantagens do aproveitamento da energia das ondas são:

- É uma energia renovável;
- Não produz qualquer tipo de poluição;
- É útil para ilhas isoladas e regiões costeiras.

2.3.6.2 - Desvantagens da Energia das Ondas

Porém, existem bastantes desvantagens associadas a esta energia:

- As instalações não podem interferir com os cursos de navegação e devem ser capazes de resistir a tempestades marítimas, e ainda assim, serem sensíveis o suficiente para receberem energia das ondas;
- Instalações de potência reduzida;
- Requer uma geometria da costa especial e com ondas de grande amplitude;
- Os custos de instalação são bastante elevados;
- Irregularidade da amplitude de onda, fase e direcção (é difícil obter o máximo de eficiência num sistema sobre uma inteira gama de frequências);
- A carga estrutural num evento de condições meteorológicas extremas, como é o caso de furacões, que pode ser 100 vezes superior à carga média [13].

2.3.7 - Energia das Marés

A energia das marés não é mais do que o aproveitamento dos desníveis de água que resultam das subidas e descidas do nível da água.

A superfície do oceano oscila entre pontos altos e baixos, chamadas marés. Elas podem também criar ondas que movem a uma velocidade até 18 metros por minuto [19].

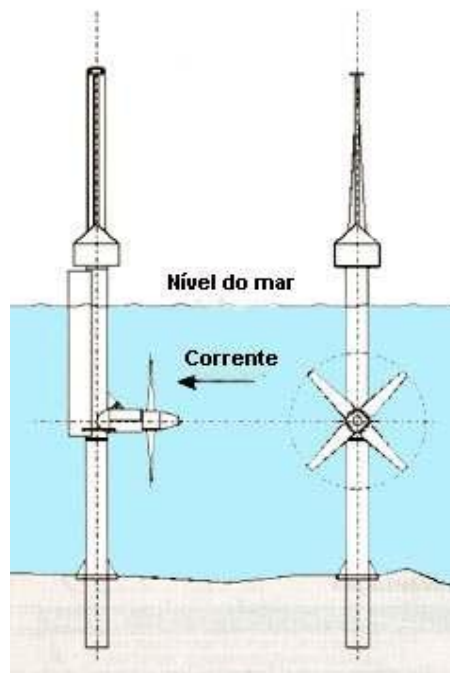


Figura 2.19 - Aproveitamento da energia das marés [13].

A energia da maré tira proveito da maré diária e do fluxo de marés e de outras situações que envolvem água em movimento. A força gravitacional da lua dirige os fluxos da maré, enquanto as correntes persistentes e as circulações em grande escala, como as correntes dos golfos, são influenciadas pelo aquecimento solar, pela constituição química da água, entre outros fatores. A maioria das tecnologias de maré atuais transforma a energia cinética em eletricidade através de turbinas [19].

Na Europa foi construída uma central de produção de energia das marés em La Rance (França), a 10 km da confluência do rio Rance no Canal da Mancha. Neste local a amplitude da maré é de 13 metros. Esta é a mais antiga central de produção de energia através das marés que se encontra em funcionamento desde 1966.

2.3.7.1 - Vantagens da Energia das Marés

A energia das marés apresenta as seguintes vantagens:

- É uma energia renovável;
- Não produz qualquer tipo de poluição;
- Não requer material muito sofisticado;
- A constância e previsibilidade da ocorrência das marés;
- A tecnologia atualmente em expansão não altera o fluxo das marés, ao contrário das centrais hidroelétricas convencionais.

2.3.7.2 - Desvantagens da Energia das Marés

Como desvantagens da energia das marés podem apontar-se as seguintes:

- O fornecimento de energia não é contínuo;
- Baixo rendimento;
- São necessárias amplitudes de marés superiores (desníveis entre marés) a 5,5 metros para que este tipo de energia seja rentável [13];
- As instalações devem ser fortes o suficiente para resistir a tempestades mas sensíveis o suficiente para obterem energia das marés;
- Os custos de instalação são bastante elevados.

2.3.8 - Hidrogénio

Embora o hidrogénio não seja uma fonte primária de energia (ou seja, tem que ser criado a partir de outros combustíveis), os investigadores acreditam que é uma grande promessa para o futuro [21].

O hidrogénio é abundante e não polui. No entanto, a tecnologia para aproveitá-lo ainda apresenta alguns problemas, e o hidrogénio é difícil de se transportar e armazenar.

É o elemento mais abundante na natureza e pode ser usado para produzir eletricidade através de pilhas de combustível. O hidrogénio pode ser uma fonte de energia, como combustível para carros.

Este elemento químico é o mais abundante no Universo, o mais leve e o que contém o maior valor energético. Além disso permite, através de pilhas de combustível, produzir eletricidade e voltar a vapor de água, eliminando a emissão de GEE na produção de eletricidade.

Este elemento é assim uma alternativa aos combustíveis fósseis que começam a escassear. O desenvolvimento de automóveis não poluentes movidos a hidrogénio já é uma realidade, porém, esses veículos mostram-se ser de baixa potência.



Figura 2.20 - Aplicação da energia proveniente do hidrogénio [20].

O hidrogénio tem a mais alta energia por unidade de peso comparativamente com qualquer combustível, uma vez que o hidrogénio é o elemento mais leve e não tem os pesados átomos do carbono. É por esta razão que o hidrogénio tem sido usado intensamente nos programas espaciais onde o peso é crucial [21].

Para satisfazer um consumo energético, a tabela 2.3 mostra que, a massa de hidrogénio necessária é apenas aproximadamente uma terça parte da massa de um hidrocarboneto (gasolina, gasóleo, metano, propano).

Tabela 2.3 - Poder calorífico de diferentes combustíveis [21].

Combustível:	Valor do Poder Calorífico Superior (a 25°C e 1 atm)	Valor do Poder Calorífico Inferior (a 25°C e 1 atm)
Hidrogénio	141,86 KJ/g	119,93 KJ/g
Metano	55,53 KJ/g	50,02 KJ/g
Propano	50,36 KJ/g	45,6 KJ/g
Gasolina	47,5 KJ/g	44,5 KJ/g
Gasóleo	44,8 KJ/g	42,5 KJ/g
Metanol	19,96 KJ/g	18,05 KJ/g

Especificamente, a alta energia contida no hidrogénio implica que a energia de explosão do gás hidrogénio seja aproximadamente 2,5 vezes a dos hidrocarbonetos normais. Logo, para a mesma massa as explosões do gás hidrogénio são mais destrutivas e mais rápidas. Embora o hidrogénio seja o combustível ideal para a maioria das pilhas de células de combustível, existem atualmente poucas infraestruturas a hidrogénio e este tem que ser produzido a partir de fontes de energia primárias [21].

Na terra não existe o hidrogénio livre, estando sempre associado a outros elementos e para ser obtido “puro” é necessário gastar energia na dissociação de uma fonte primária. Sendo assim, o hidrogénio não é uma fonte primária de energia mas sim, uma fonte intermediária, por isso não deve ser referido como uma fonte energética, pois é apenas um vetor energético, isto é, uma moeda de troca [21].

Exemplos de processos para se conseguir obter hidrogénio são [21]:

- Eletrólise da água (utilizar energia elétrica para separar os componentes da água (H_2+O) sendo o seu rendimento de produção de 95%);
- Vapor reformando o gás natural ou outros hidrocarbonetos (expor o gás natural a vapores de altas temperaturas para produzir hidrogénio - rendimentos de produção de 70 a 90%);
- Fotobiológico (com esta tecnologia alguns micróbios fotossintéticos produzem hidrogénio nas suas atividades metabólicas usando a energia luminosa - rendimento de produção de 24%);
- Gaseificação de biomassa e pirólises (a produção de hidrogénio com este método pode ser o resultado da alta temperatura que o gaseifica, bem como das pirólises de baixa temperatura resultantes da biomassa).

2.3.8.1 - Vantagens do Hidrogénio

O hidrogénio apresenta como vantagens [20]:

- Fabricação de eletricidade com um rendimento maior de 40%;
- Pode-se usar hidrogénio impuro como combustível, desde que a concentração de dióxido de carbono seja cerca de 1,5%;
- Combustível não poluente e que só liberta vapor de água para a atmosfera;
- Redução da poluição sonora, pois as células de hidrogénio trabalham silenciosamente;
- Elemento químico mais abundante e de grande densidade energética.

2.3.8.2 - Desvantagens do Hidrogénio

O hidrogénio apresenta como desvantagens os seguintes tópicos:

- É difícil de se armazenar à temperatura ambiente;
- Não existe na forma pura no planeta Terra o que implica a sua fabricação e é portanto necessário gastar energia;
- No estado gasoso a densidade energética é muito mais baixa;
- Elevados custos de produção, distribuição e armazenamento de hidrogénio.

2.4 - Portugal e os Compromissos Energéticos

A poluição atmosférica tem sido motivo de preocupação desde há já algumas décadas, levando à realização de ações conjuntas por parte de vários países.

Segundo várias investigações já efetuadas, os gases que provocam o efeito de estufa são considerados como causa da aceleração do aquecimento global e estão presentes em inúmeros aspetos da sociedade moderna [22].

A poluição atmosférica é global, ou seja, atinge pessoas indeterminadas/não individualizadas, é transindividual e indivisível. As consequências deste tipo de poluição são irreversíveis ou de difícil reversão e geram consequências imprevisíveis devido aos seus efeitos cumulativos, para além de que, os efeitos podem manifestar-se num ponto geográfico bastante afastado do local onde a poluição é gerada.

Deste modo, a poluição atmosférica produzida num dado local do planeta pode atingir qualquer outro lugar. Mas, pior ainda, é quando um gás emitido num dado local se associa a um outro gás emitido num outro local resultando numa sinergia com resultados muitas vezes imprevisíveis. Apesar deste carácter global, no entanto, alguns efeitos são sentidos no próprio local [22].

Segundo várias investigações já realizadas, alguns dos efeitos globais mais preocupantes são o agravamento do efeito de estufa e o aumento do buraco do ozono, dos quais resultam consequências graves, tais como a má filtração dos raios ultravioleta (UV) provenientes do sol, o atraso nas estações do ano, o aumento da temperatura do planeta e o consequente e inevitável aumento do nível do mar devido ao degelo das calotas polares. A maior parte do aumento de temperatura é causada pelas concentrações crescentes de GEE, como resultado de atividades humanas como a queima de combustíveis fósseis e a desflorestação.

O aquecimento global deve-se particularmente à acumulação de dióxido de carbono (CO_2) na atmosfera. Esta acumulação, junto da superfície da camada de ozono, permite a passagem dos raios solares e retém o calor já que reflete para a Terra os raios que se deviam dissipar no espaço. Esta passagem dos raios UV pelo buraco criado na camada de ozono é muito grave uma vez que este tipo de radiação é a principal causa dos cancros de pele.

O buraco criado na camada de ozono é uma consequência do desenvolvimento industrial sentido no último século. Este crescimento industrial levou ao aumento de emissão de clorofluorcarboneto (CFC) que destrói as moléculas de ozono (O_3) [22]. Como consequência do aumento do buraco do ozono, a Terra fica mais vulnerável à incidência de raios UV.

O buraco de ozono tem vindo a aumentar atingindo o hemisfério Norte e Sul: observações feitas no hemisfério Norte, sobre o Ártico, por balões meteorológicos, satélites e estações no solo, dão conta de uma perda recorde na camada na ordem dos 40% desde o início do último Inverno até finais de Março; sobre a Antártida, as concentrações de ozono são extremamente baixas, tornando quase permanente a existência de um “buraco” no Pólo Sul [23].

2.4.1 - O Compromisso Internacional e Europeu

Em meados dos anos 80, os líderes mundiais despertaram para o problema da destruição da camada de ozono, tendo adotado uma série de medidas com o objetivo de reduzir a emissão de gases nocivos. É então adotado, em setembro de 1987, o protocolo de Montreal, que determinou que os cientistas do programa ambiental das Nações Unidas fizessem a monitorização do problema. O último relatório produzido pelos investigadores apontava para uma melhoria nos resultados obtidos, devido às medidas adotadas. No documento podia-se ler que “o protocolo de Montreal protegeu a camada de ozono de uma destruição muito mais acentuada e teve benefícios também na redução das alterações climáticas”. Mantendo-se o

protocolo de Montreal, as expectativas apontam para que em 2060 a camada de ozono esteja recuperada [23].

Em dezembro de 1997 em Quioto, Japão, foi discutido e negociado o Protocolo de Quioto, tratado internacional com compromissos para reduzir a emissão de GEE. O protocolo visa a “estabilização e reconstrução das concentrações dos GEE na atmosfera de modo que sejam impedidas interferências antropogênicas perigosas com o sistema climático” [22].

Uma vez que este protocolo expira a 31 de dezembro de 2012, entre os dias 7 e 18 de dezembro de 2009, na Dinamarca, realizou-se a Cimeira de Copenhaga (décima quinta *Conference of the Parties - COP15*) com o objetivo de discutir como reagir as mudanças climáticas. Este acordo será uma continuação do Protocolo de Quioto, mas nesta cimeira ficou apenas “registrado” e não “adotado” pelos órgãos da Cimeira e suscitou ainda dúvidas sobre o seu valor e enquadramento. Os 12 dias de negociações terminaram sem a definição de qualquer objetivo claro e metas concretas com os Estados Unidos da América (EUA) e China a serem os principais responsáveis pelo fracasso da cimeira que pretendia definir o sucessor do Protocolo de Quioto.

Anteriormente à cimeira acima descrita, a 17 de dezembro de 2008, já o Parlamento Europeu aprovara quatro propostas do pacote legislativo clima-energia. O objetivo da nova legislação (designada por Pacote 20/20/20) consiste na redução, por parte dos países constituintes da UE, em 20% (ou em 30%, se for possível chegar a um acordo internacional) das emissões de GEE, assim como na elevação para 20% da quota-parte das energias renováveis no consumo de energia e ainda um aumento em 20% da eficiência energética até 2020. O pacote fixa também uma meta de 10% de energias renováveis no setor dos transportes até essa data [24].

Já em novembro de 2010 realizou-se mais uma cimeira (COP16), de modo a atingir as metas de redução das emissões de GEE. Os Acordos de Cancun (México) representam continuidade e avanço em relação ao Acordo de Copenhaga. Deram-se passos importantes na COP16, na direção certa, mas ficou-se ainda longe de um tratado global sobre a mudança climática [26].

O primeiro benefício das decisões da COP16 foi paradoxal: as delegações oficializaram o Acordo de Copenhaga no que ele tinha de essencial e positivo, embora a maioria absoluta o continuasse a rejeitar com retórica carregada. Mas, o Acordo de Copenhaga era uma condição para que se pudesse ter avanço em Cancun. Afinal, as metas voluntárias de redução de emissões de grandes emissores fora do Protocolo de Quioto, o Fundo Verde, o mecanismo de transparência para ações financiadas com recursos próprios, entre outras provisões importantes, faziam parte dele [26].

O segundo passo importante foi evitar o colapso do Protocolo de Quioto, por definição, ou por abandono de países do seu Anexo I, como o Japão, Rússia, Nova Zelândia e Austrália. A saída desses países representaria, para todos os efeitos, a denúncia do tratado, que não teria um segundo período de compromissos [26].

A COP17 é então o terceiro estágio desta nova fase da política global do clima.

Realizada no Durban (África do Sul) entre os dias 28 de novembro e 11 de dezembro de 2011 ficou determinada, nesta conferência, no texto final designado por “Plataforma de Durban”, uma segunda fase para o Protocolo de Quioto; foi estabelecido um mecanismo para dirigir o Fundo Verde para o Clima; e ficou traçado um “Mapa do Caminho” para um novo acordo global [25]:

Quanto ao Protocolo de Quioto, a cimeira conseguiu a aprovação de um segundo período deste tratado, que fixa obrigações de redução de emissões aos países desenvolvidos (na grande maioria da UE), exceto aos EUA, que se recusaram a aderir ao Protocolo e países como Canadá, Japão e Rússia, que já haviam antecipado a sua intenção de não renovar o Protocolo de Quioto, ficam também de fora deste segundo período de compromissos que não obriga a ações imediatas de países em desenvolvimento como a China, a Índia e o Brasil.

A cimeira fixou para 2013 a data de início do segundo período de compromissos, evitando-se assim um vazio na luta contra a mudança climática, mas deixa, para reuniões posteriores, a sua data de finalização que será em 2017 ou em 2020.

O aumento das metas de redução de emissões que devem ser realizadas pelos países desenvolvidos fica agendado para junho de 2012 e será avaliado na COP18 do Qatar.

Quanto ao Fundo Verde para o Clima, que foi um fundo debatido na COP15 e criado na COP16, prevê a captação de recursos financeiros dos países ricos para ações de adaptação e combate às mudanças climáticas em países pobres.

O principal objetivo é arrecadar 100 bilhões de dólares anuais das nações ricas até 2020. O dinheiro será revertido em projetos de combate ao desmatamento de florestas tropicais, que poderia inclusive auxiliar o Brasil na proteção da Amazônia.

Na COP17, foi aprofundada a forma de funcionamento deste mecanismo de financiamento. A Coreia do Sul ofereceu recursos para dar início ao seu funcionamento. Porém, não há ainda previsão de quando os primeiros 100 bilhões serão conseguidos, já que a Europa e os EUA, que poderiam ser os principais doadores, enfrentam uma séria crise financeira.

O Fundo será capitalizado através de contribuições diretas dos orçamentos dos Estados desenvolvidos e de outras “fontes alternativas de financiamento” (não especificadas), além de investimentos do setor privado.

Quanto ao “Mapa do Caminho”, a COP17 conseguiu traçar um caminho (proposto pela UE) para a adoção de um novo acordo global vinculante de redução de emissões de GEE, aplicável a todos os países (ao contrário de Quioto) que só inclui os Estados desenvolvidos.

Após um pacto entre a Índia (reticente a assumir compromissos vinculantes) e a UE, o documento final decide iniciar as negociações para adotar, em 2015, um “resultado com força legal” para todos os países.

A ambiguidade do termo transfere, para as cimeiras posteriores, a verdadeira negociação, que consistirá em estabelecer exatamente as obrigações às quais se submeterão os países que o ratificarem.

O novo acordo global deverá estar pronto antes de 2020, período em que finalizam os compromissos voluntários de cortes efetuados pelos Estados na cimeira de COP16.

O delineamento deste novo plano começará a ser feito a partir das próximas negociações da COP18, a realizar-se em dezembro de 2012, no Qatar. O documento afirma que um grupo de trabalho será criado e que deve concluir o novo plano em 2015.

As medidas de contenção da poluição só deverão ser implementadas pelos países a partir de 2020, prazo estabelecido na “Plataforma de Durban”, e deverão levar em conta as recomendações do relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas, que será divulgado entre 2014 e 2015.

2.4.2 - O Compromisso Nacional - ENE 2020

A nível nacional, e perante o cenário energético caracterizado pela forte dependência externa, com um sistema energético fortemente dependente de fontes primárias de origem fóssil (petróleo, gás natural e carvão), e com uma procura energética com taxas de crescimento superiores às do crescimento do PIB, o Governo Português, empenhado na redução da dependência energética externa, no aumento da eficiência energética e na redução das emissões de CO₂, definiu linhas estratégicas para o setor da energia nacional.

A Resolução do Conselho de Ministros 29/2010, de 15 de Abril, aprovou a nova Estratégia Nacional para a Energia 2020 (ENE 2020) tendo em consideração os objetivos para a política energética definida no Programa do XVIII Governo e dando continuidade às políticas já desenvolvidas [28].

A ENE 2020 altera e actualiza a anterior estratégia, aprovada pela Resolução do Conselho de Ministros 169/2005, de 24 de Outubro [28], definindo uma agenda para a competitividade, o crescimento e uma diminuição de dependência energética do País, através da aposta nas energias renováveis e na promoção da eficiência energética, assegurando a segurança do abastecimento energético e a sustentabilidade económica e ambiental do modelo energético nacional, contribuindo para a redução de emissões de CO₂ e contribuindo assim para assegurar o cumprimento dos objetivos europeus exigidos.

É esperado que com a ENE 2020 sejam atingidos os seguintes resultados [27]:

- Redução da dependência energética externa, passando dos 83% em 2008 para 74% em 2020;
- Cumprimento dos compromissos assumidos para 2020, relativos ao combate às alterações climáticas:
 - 31% da energia final proveniente de recursos renováveis;
 - 20% de redução do consumo de energia final;
 - Redução em 25% do saldo importador energético, com a energia produzida a partir de fontes endógenas (redução das importações ≈ 2000 milhões €/ano em 2020);
- Consolidação do *cluster* industrial associado às energias renováveis: obtenção de um Valor Acrescentado Bruto (VAB) de 3800 milhões de euros e a criação de mais 100000 postos de trabalho (a acrescer aos 35000 já existentes no setor) em 2020.
- Continuar a desenvolver o *cluster* industrial associado à eficiência energética:
 - Criação de 21000 postos de trabalho;
 - Investimento de 13000 milhões de euros até 2020;
 - Exportações adicionais de 400 milhões de euros.

- Continuação da promoção do desenvolvimento sustentável, criando condições para o cumprimento das metas de redução de emissões de GEE assumidas no quadro europeu.

A Estratégia Nacional para a Energia está assente em 5 eixos principais que se complementam mutuamente.



Figura 2.21 - Eixos principais da Estratégia Nacional para a Energia 2020 [27].

Cada eixo da ENE 2020 constitui um conjunto focado de prioridades que inclui medidas e objetivos para concretizar [28]:

Eixo 1 - Agenda para a competitividade, o crescimento e a independência energética e financeira:

Esta estratégia visa promover o crescimento económico e reduzir a dependência energética e financeira do país, através da produção e desenvolvimento das energias renováveis a partir de tecnologias sustentadas. A operacionalização do Plano Tecnológico para a Energia fará com que Portugal se posicione como líder no desenvolvimento e produção de tecnologias limpas. O investimento que será feito durante esta década propiciará a criação de empregos sustentáveis e qualificados, bem como para o equilíbrio comercial (aumento das exportações e diminuição das importações).

O desenvolvimento de todos os setores associados à energia contribuirá de forma decisiva para esta evolução. Com vista à promoção de um desenvolvimento territorial equilibrado, este plano tem como objetivo dinamizar as zonas mais deprimidas através da atribuição de projetos de produção descentralizados, com base no equilíbrio regional e nos recursos endógenos renováveis. Uma vez que o setor dos transportes representa cerca de um terço do consumo final de energia, a aposta em veículos elétricos tem a ambição de substituir em 10%

os combustíveis atualmente consumidos nestes setores (corresponde à diminuição de importações em 5 milhões de barris de petróleo).

A integração dos mercados com a entrada do funcionamento do Mercado Ibérico de Energia Elétrica (MIBEL), assim como o reforço das interligações com Espanha serão fatores estratégicos a uma competitividade saudável. Serão reforçados também as interligações entre a Península Ibérica e a França de forma a acelerar o processo de integração do mercado ibérico nas redes europeias. Ao nível do gás natural, o seu planeamento conjunto na Península Ibérica no âmbito do Mercado Ibérico de Gás Natural (MIBGAS), permitirá o reforço das interligações e da capacidade de armazenamento de forma a garantir um nível satisfatório, quer para os comerciantes, quer para os comercializadores.

Atualmente, grande parte da energia primária consumida é baseada em petróleo, sendo uma grande parcela dessa energia consumida pelo setor dos transportes. Pode-se concluir que a utilização do petróleo para a produção de energia elétrica diminuiu drasticamente. Face à criação da Entidade Gestora das Reservas Estratégicas de Produtos Petrolíferos e a diretiva nº98/93/CE relativa aos níveis de reservas obrigatórias, facilitou a entrada de novos comercializadores, introduzindo maior concorrência no mercado. Existem ainda algumas barreiras a ultrapassar no decorrer deste processo, no entanto serão privilegiados a proteção e direitos dos consumidores em relação aos preços, qualidade dos produtos e serviços, ao acesso da informação e à segurança de abastecimento.

Eixo 2 - Aposta nas Energias Renováveis:

Aposta nas FER para que, em 2020, representem 31% do consumo de energia final, 60% da eletricidade produzida e 10% no setor dos transportes.

A produção energética renovável nacional baseia-se essencialmente na combinação da energia hídrica e eólica, no entanto ambiciona-se a criação de uma diversificação de energias renováveis com recurso a várias tecnologias e investigações. O Plano Nacional de Acção para as Energias Renováveis (PNAER) em articulação com os ministérios relevantes definirá as metas neste setor energético. A colaboração com estes ministérios permitirá a realização de um planeamento e avaliação ambiental estratégica das fontes renováveis.

i) Energia Hídrica: A aposta neste tipo de energia teve início nos anos 40, sendo a que actualmente a sua capacidade ronda os 5000MW [5]. O Plano Nacional de Barragens de Elevado Potencial Hidroelétrico (PNBEPH), criado em 2007, permite que Portugal rentabilize o seu potencial hídrico e que viabilize o crescimento da energia eólica. O PNBEPH constitui o elemento estabilizador da energia eólica, garantido pelo aumento da potência hídrica, que permite atingir, em 2020, os 8600MW. A capacidade reversível destes investimentos reveste-se de suma importância no que respeita ao aproveitamento dos excessos de energia eólica produzida nos períodos de vazio. A implementação de um plano de acção para as mini-hídricas para o licenciamento de 250 MW é outra meta a conquistar.

Barreiras à energia hídrica: Meta é exequível mas condicionada pela necessidade de rever processos ambientais, de licenciamento e enquadramento da tarifa.

ii) Energia Eólica: Este tipo de energia tem sofrido uma evolução positiva ao longo do tempo, sendo possível constatar que, em Portugal, em 2004 a sua potência correspondia a

537MW [29] (441 aerogeradores espalhados por 71 parques) e em fevereiro de 2010, segundo [29], Portugal ocupa já o sexto lugar no ranking europeu e o nono no mundial de potência instalada com 3535MW (que representam 2,2% do total mundial) e no início de 2011 já possui 206 parques eólicos com 2027 aerogeradores. Prevê-se a continuidade nesta evolução, uma vez que em 2012 serão instalados 2000MW adicionais. A presente estratégia antecipa que até 2020 serão instalados outros 3000MW de potência eólica, atingindo assim os 8500MW de potência instalada em 2020. A atribuição desta potência estará dependente de diversos fatores: evolução da procura de eletricidade; penetração de veículos elétricos; capacidade de transferir consumos de períodos de ponta para períodos de vazio; viabilidade técnica e custos das energias eólicas *offshore* e o impacto ambiental associado aos diversos tipos de tecnologia.

Barreiras à eólica *offshore*: pode ser difícil cumprir a meta tendo em conta as atuais restrições ambientais e a deterioração do custo pelo excesso de produção em vazio; restrições fortes ao nível das infraestruturas de apoio à instalação; custos de ligação e manutenção elevados.

iii) Energia Solar: A nova vaga de desenvolvimento da política de Energias Renováveis em Portugal deverá passar pela aposta na Energia Solar. As suas precedentes foram a energia Eólica (2001-2010) e a Hídrica (1951-2001). De facto, após estes dois tipos de energia, a energia solar segue como o tipo de energia que apresenta maior potencial em Portugal, na próxima década.

A sua complementaridade com as restantes tecnologias, e pelo facto de esta ser produzida nas horas de maior consumo possibilita a criação de uma meta para 2020 de cerca de 1500MW de potência instalada, através da execução de diversos programas, nomeadamente o aumento dos ganhos de eficiência e a redução de custos associados - solar termoelétrico e fotovoltaico de concentração - promovendo assim o desenvolvimento de um novo *cluster* industrial baseado na energia solar de concentração para projetos de demonstração e promoção também da energia solar térmica. Devido ao seu sucesso a nível da indústria prevê-se a criação de metas mais ambiciosas e a introdução de programas minigeração de potência de 120 kW ou 250 kW. [28].

Será definido um novo modelo de promoção para prosseguir a aposta no solar térmico, aproveitando o potencial solar do país e o baixo custo associado as tecnologias disponíveis, de modo a cumprir os objetivos do Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética (PNAEE) e do Programa Nacional para as Alterações Climáticas (PNAC).

iv) Biomassa: Devido à sua transversalidade ao nível da gestão florestal, a biomassa reveste-se de grande importância. A biomassa promoverá a gestão profissional das florestas nacionais, contribuindo para a diminuição de riscos associados (incêndios e sustentabilidade). A nível social, o seu impacto prende-se com a promoção de postos de empregabilidade direto e indireto, nas zonas menos desenvolvidas do país. A capacidade atribuída de 250 MW é conciliada com a disponibilização da biomassa florestal no mercado, capacidade esta que se pretende atingir introduzindo mecanismos de flexibilidade na concretização dos projetos. As necessidades de produção de biomassa florestal serão asseguradas para a satisfação das necessidades de consumo, através da agilização do processo e apoio público, promoção da gestão florestal sustentável e da avaliação da utilização e promoção de culturas energéticas (biomassa residual da atividade agrícola e agroindustrial). Em todo este processo serão tidos

em consideração a preservação e conservação da natureza e da biodiversidade. Com as autarquias locais prevê-se a criação de parques intermédios de recolha e estilhaçamento da biomassa, reduzindo o seu volume e facilitando o seu transporte; a instalação de plataformas de armazenamento intermédio de biomassa; e a promoção do uso da biomassa para o aquecimento residencial.

v) Biogás e Resíduos: Pelo facto de os resíduos serem uma fonte energética endógena e renovável na sua componente biogénica, consideram-se de grande relevância, sendo de todo o interesse considerar o aproveitamento do potencial dos Combustíveis Derivados dos Resíduos. Neste âmbito é dada grande importância ao biogás, quer seja o de aterro, quer seja o de proveniência da digestão anaeróbica dos resíduos. É ainda importante valorizar o potencial energético da valorização de resíduos e efluentes.

vi) Biocombustíveis: Para que se cumpram as metas definidas ao nível das energias renováveis no consumo final do setor dos transportes, o Governo terá que acompanhar as diretivas relativas aos biocombustíveis no que diz respeito à definição de critérios de sustentabilidade e manutenção dos melhores padrões de qualidade no funcionamento do parque automóvel. Para a sua produção utilizar-se-ão recursos endógenos, estreitando as ligações com a agricultura nacional e com os biocombustíveis de segunda geração.

vii) Geotermia: Tendo em consideração o potencial de Portugal neste domínio é possível prever a sua evolução até 2020, promovendo uma nova fileira na área da geotermia de 250 MW. Este investimento ocorre não só na Região Autónoma dos Açores, mas também a nível continental, através de investigações e avaliações do potencial de aplicação da geotermia de alta entalpia para a geração de energia elétrica e da geotermia de baixa entalpia para o aproveitamento da energia associada aos aquíferos (hidrogeologia energética) ou em formações geológicas.

viii) Energia das Ondas: Tem sido dada particular atenção a este tipo de energia pelo elevado potencial da costa portuguesa e pelo interesse em dinamizar um *cluster* industrial associado às atividades do mar. Com o avanço da investigação nesta área e com a implementação de certas medidas pelo Governo será possível em 2020 ter 250MW de potência instalada.

ix) Hidrogénio: O desenvolvimento das tecnologias permitem alterar o paradigma energético atual através de sinergias com a produção descentralizada da energia através de fontes renováveis e da promoção da eficiência energética. O potencial do hidrogénio como vetor energético com capacidade de armazenamento de energia será avaliado enquanto forma de viabilizar a utilização de energias renováveis em larga escala e de promover soluções inovadoras no setor dos transportes.

Eixo 3 - Promoção da Eficiência Energética:

Promoção da Eficiência Energética consolidando o objetivo de redução de consumo da energia final em 10% até 2015 e 20% em 2020.

Objetivo de transferir 10% do consumo de energia final associada aos transportes rodoviários de combustíveis fósseis para a eletricidade:

- Criar uma rede de carregamento de veículos elétricos de âmbito nacional, centrada no utilizador, compatível com todas as marcas de veículos e aberta a todos os operadores - até 2012 será desenvolvida uma rede-piloto englobando 25 municípios;
- No futuro os veículos elétricos poderão injetar energia na rede, ajudando a equilibrar o sistema;
- Uma base para o desenvolvimento da mobilidade sustentável em Portugal e para a internacionalização do *cluster* industrial a ele ligado.

Tendo em consideração a atual conjuntura económica e social é necessário que o país racionalize o seu consumo de energia, tornando-o mais eficiente, principalmente no que diz respeito ao consumo direto dos derivados do petróleo. A solução mais promissora é a substituição dos veículos de combustão interna por veículos elétricos. Esta substituição permitirá a redução do consumo de energia final de 10% para 2%, devido à maior eficiência do motor elétrico.

O Programa Mobilidade Elétrica (MOBI.E), que visa promover os veículos elétricos, criará uma rede de carregamento acessível em qualquer ponto do país e compatível com todas as marcas, aberta a todos os operadores. Os impactos positivos deste programa incluem: integração do desenvolvimento de capacidades no domínio da engenharia e produção de baterias, componentes e integração de veículos, bem como ao nível das infraestruturas energéticas, com a criação de sistemas avançados e inteligentes de carregamento e de gestão da rede, permitindo no futuro a exploração de modelos de negócio em que os utilizadores são simultaneamente consumidores e produtores de energia e potenciando a utilização das energias renováveis, sem custos adicionais. Os veículos funcionarão como um armazém da energia renovável produzida durante a noite sendo inserida na rede nas alturas de maior procura. As redes elétricas inteligentes (*Smart Grids*) têm um papel fundamental em todo este processo, uma vez que permitem monitorizar, controlar e gerir a produção, a distribuição, o armazenamento e o consumo de energia.

O PNAEE, aprovado em 2008, contempla um conjunto de medidas que visam reduzir o consumo final de energia em 10% até 2015, abrangendo os setores de Transportes, Residencial e de Serviços, Indústria e Estado. A adoção destas metas para 2020 obriga, para além da introdução dos veículos elétricos e das redes inteligentes, a uma revisão do PNAEE, alargando o seu horizonte temporal, introduzindo novas medidas e reforçando os objetivos das medidas existentes.

No setor dos Transportes serão fundamentais as medidas relacionadas com o abate de viaturas, a consolidação da fiscalidade verde nos transportes e que fomentem a afirmação de um sistema de transportes mais eficiente do ponto de vista energético e ambiental, contribuindo para uma mobilidade mais sustentável.

Ao nível dos edifícios serão promovidas a introdução da produção de energias renováveis (solar térmico, solar fotovoltaico, microeólicas), bem como o processo de certificação energética que permite uma melhoria ao nível do desempenho energético dos edifícios. Relativamente às habitações serão promovidas construções sustentáveis para melhoria do conforto térmico das habitações.

Ao nível da indústria e da agricultura serão promovidas a racionalização do uso da energia e a utilização da cogeração de elevada eficiência visando a redução do consumo de energia primária. Ao Governo caberá reforçar a redução de consumos nas suas instalações e frotas bem como promoverá a utilização de iluminação pública mais eficiente (experiências de desenvolvimento de *smart cities*).

A nível comportamental promover-se-ão a alteração de comportamentos, tais como, o combate ao desperdício dos usos de energia em todas as suas vertentes com o foco na sensibilização dos mais jovens e na mudança cultural. É ainda de grande importância o domínio do ordenamento do território, que a longo prazo, conduzirão a territórios indutores de um aumento da eficiência energética e ambiental. Para garantir estas mudanças e potenciar as boas práticas ambientais serão atribuídos incentivos.

Eixo 4 - Garantia da Segurança de Abastecimento:

Assegurar a garantia da segurança de abastecimento através da diversificação do *mix* energético, quer no que diz respeito às fontes, quer às origens do abastecimento.

Sendo a energia um elemento essencial para o desenvolvimento económico, a segurança de abastecimento é um dos pilares básicos de qualquer estratégia. A diversificação do *mix* energético, das fontes e das origens, é a melhor forma de assegurar elevados padrões de segurança.

A aposta nas energias renováveis possibilitou diversificar ainda mais o *mix* energético como reduzir a dependência externa: o aumento da potência eólica evitou o recurso a um maior número de centrais térmicas de ciclo combinado; a implementação do PNBEPH permitirá aproximar o aproveitamento do potencial hídrico português à média europeia, bem como aumentar os níveis de reserva de curto prazo ao possibilitar uma gestão integrada entre a produção hídrica e eólica.

No entanto, para que o *mix* energético se mantenha suficientemente diversificado, é necessário conjugar o investimento nas energias renováveis com outras formas de energia e investir em infraestruturas robustas e adequadas às necessidades de Portugal. Está previsto o desenvolvimento de novas interligações com Espanha para o transporte de eletricidade e gás natural, que permitirá uma maior integração dos mercados ibéricos e potenciará uma maior ligação ao mercado europeu.

Será ainda promovido o aumento da capacidade de armazenamento de gás natural, no sentido de manter uma adequada segurança de abastecimento cumprindo as diretivas europeias e de dinamizar o MIBGAS, utilizando este armazenamento como ferramenta disponível para flexibilização da oferta dos operadores de mercado.

Portugal tem a ambição de contribuir para a segurança de abastecimento europeia através da utilização conjugada de um terminal de gás natural competitivo em Sines, que sirva de impulsor a nível ibérico, com a armazenagem subterrânea no Carriço e a construção de ligações dedicadas ao transporte de gás natural entre a Península Ibérica e o centro da Europa.

Eixo 5 - Sustentabilidade da Estratégia Energética:

Sustentabilidade económica e ambiental, com vista à promoção da redução de emissões e à gestão equilibrada dos custos e dos benefícios da sua implementação.

As energias renováveis, para além da produção de energia geram um conjunto de externalidades positivas ligadas ao ambiente, à criação de riqueza e emprego e ao equilíbrio da balança comercial. Estas externalidades serão progressivamente internalizadas no cálculo das tarifas de forma a manter um custo da energia competitivo. As receitas deste fundo advirão, entre outras, de parte das receitas da venda das licenças de emissão de CO₂ a adquirir pelo setor elétrico, de limites à remuneração das centrais hídricas nos anos de baixa hidraulicidade e elevados preços e outras receitas que lhe sejam legalmente atribuídas.

Para garantir a sustentabilidade económica poderá ser introduzida mais concorrência no setor que passará também pela eliminação das tarifas de venda ao consumidor final, em conformidade com as diretivas europeias.

O aumento da produção renovável, nomeadamente da produção eólica, exige uma gestão pró-ativa da sustentabilidade técnica do sistema. Com efeito, a maior concentração da produção eólica nos períodos de menor consumo obrigam à existência de soluções que alisem o diagrama de consumo.

Numa primeira fase, esse alisamento será conseguido através do aumento da potência hídrica com capacidade reversível que ajudará a integrar o aumento da produção eólica. A médio prazo, serão os projetos das redes inteligentes e da mobilidade elétrica que contribuirão para a transferência de consumos de períodos de cheia e de ponta para períodos de vazio. O reforço das interligações continuará a ser uma prioridade, uma vez que Portugal, com esta estratégia, passará a ser exportador nos períodos de hidraulicidade média e alta mas continuará a importar em anos secos.

A maior ameaça ambiental, social e económica prende-se com as alterações climáticas. Esta estratégia garante a progressiva descarbonificação da economia portuguesa: a produção de eletricidade a partir de energias renováveis implicará, em 2020, uma redução adicional das emissões de 10 milhões de toneladas de CO₂. Adicionalmente, as medidas associadas à eficiência energética evitarão, igualmente, e segundo estimativas preliminares, a emissão de outros 10 milhões de toneladas de CO₂, permitindo assim a Portugal, dar passos importantes para o cumprimento dos objetivos de redução de emissões a que está comprometido.

2.5 - Conclusões

Atualmente, a procura de energia assenta fundamentalmente nas fontes de energia não renováveis (carvão, petróleo, gás natural), as quais têm tecnologia difundida, mas possuem um elevado impacto ambiental. Importa inverter esta tendência, tornando o seu consumo mais eficiente e substituindo-o gradualmente por energias renováveis limpas.

Estas “energias limpas” são fontes de energia inesgotáveis ou que podem ser repostas a curto ou médio prazo, espontaneamente ou por intervenção humana. Estas fontes encontram-se já em difusão em todo o mundo e a sua importância tem vindo a aumentar ao longo dos anos representando uma parte considerável da quantidade energética mundial.

Exemplos de FER que existem para aproveitamento são as ilustradas na figura 2.22:

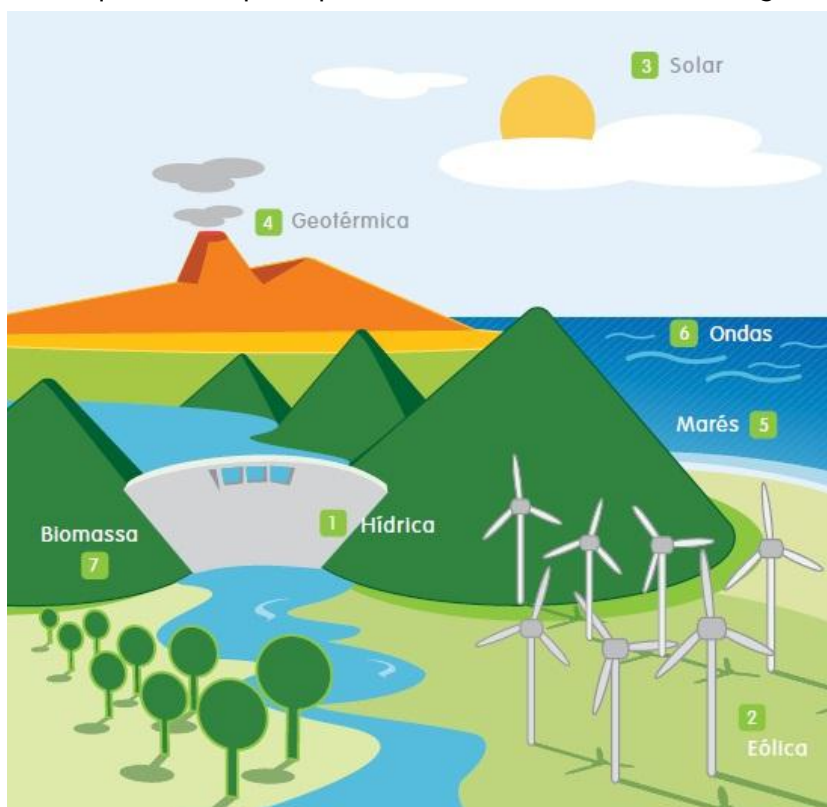


Figura 2.22 - FER: 1-Hídrica, 2-Eólica, 3-Solar, 4-Geotérmica, 5-Marés, 6-Ondas, 7-Biomassa [13].

De salientar que o hidrogénio (H_2), não existe na forma pura na Terra e, como tal, não é uma fonte primária de energia mas sim, uma fonte intermediária, por isso não deve ser referido como uma fonte energética, pois é apenas um vetor energético, porém é uma energia renovável no planeta Terra.

Mas, antes de se transformar em calor, frio, movimento ou luz, a energia sofre um percurso de transformação, durante o qual uma parte é desperdiçada e a outra que chega ao consumidor, nem sempre é devidamente aproveitada.

A energia passa por vários processos, mas, como se pode verificar pelo esquema da figura 2.23, uns são mais poluidores do que outros (nomeadamente os combustíveis fósseis), porém, todos servem para o mesmo efeito e chegam na mesma ao consumidor final.

Daí a necessidade de mudar de rumo, porque os combustíveis fósseis, que tanto poluem o planeta, estão a esgotar-se, e aqueles que são limpos estão aí “para ficar” (pois renovam-se).

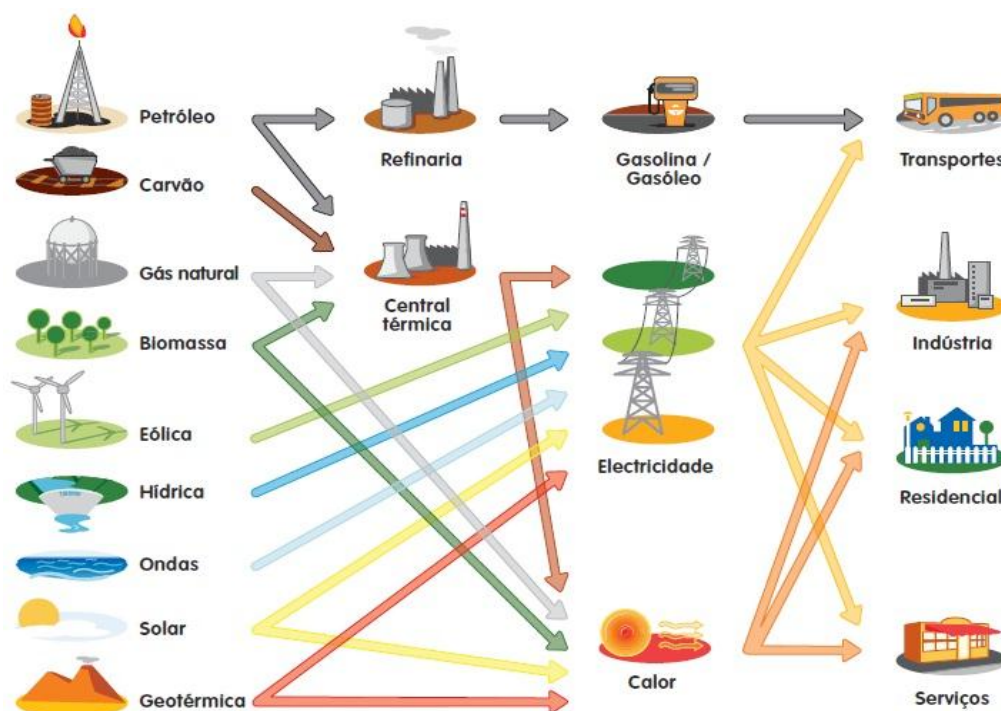


Figura 2.23 - Processo de transformação das energias até ao consumidor final [13].

A base da produção renovável nacional está fundamentalmente assente na combinação da energia hídrica e da energia eólica. Porém, a visão nacional para este setor passa pela diversificação da carteira de energias renováveis apostando em tecnologias já maduras e que possam dar um contributo mais imediato para o sistema electroprodutor, mas também em investigação e desenvolvimento de tecnologias e em projetos em fase de teste/demonstração que apresentem potencial de criação de valor na economia nacional.

Portugal é um país pobre quanto à disponibilidade das fontes de energia mais vulgares, as chamadas fontes não-renováveis, uma vez que não dispõe de poços de petróleo, minas de carvão ou depósitos de gás. No entanto, e no que respeita às FER, o país tem um enorme potencial que pode e deve ser explorado, não só do ponto de vista ambiental, no sentido de não aumentar demasiado, ou inclusivamente de reduzir, o consumo de energias que acarretam emissões de GEE - previsto no protocolo de Quioto e num conjunto de diretivas comunitárias - de forma a combater as alterações climáticas, mas também, porque a aposta em energias renováveis promove o desenvolvimento de uma fileira industrial indutora do crescimento económico e do emprego e intensifica a diversificação das energias renováveis no conjunto do *mix* energético reduzindo a dependência externa.

Com efeito, Portugal apresenta uma rede hidrográfica relativamente densa, uma elevada exposição solar média anual, e dispõe de uma vasta frente marítima que beneficia dos ventos atlânticos, o que lhe confere a possibilidade de aproveitar o potencial energético da água, do sol, das ondas e do vento.

Estas condições únicas permitem ao país o aproveitamento de formas de energia alternativas ao consumo de combustíveis fósseis. Assim, Portugal encontra-se numa posição privilegiada não só para compensar o défice natural de fontes de energia não renováveis mas também, para ser pioneiro na diminuição da dependência energética em fontes de energias não renováveis e poluentes, colocando-se na vanguarda da procura de um desenvolvimento sustentável.

Capítulo 3

Geração Distribuída

3.1 - Introdução

Uma característica predominante das fontes alternativas é a baixa concentração espacial dos recursos energéticos disponíveis (ventos, resíduos agrícolas e industriais), que implicam empreendimentos pequenos se comparados ao modelo tradicional de geração centralizada.

Se por um lado essa forma de geração, denominada dispersa ou distribuída (GD), traz desafios ao setor elétrico relacionados à segurança energética, despacho, regulamentação, entre outros, por outro, evita desperdícios, promove a redução de perdas nas linhas de transmissão e distribuição e proporciona maior estabilidade à tensão elétrica.

A GD é a produção de energia de forma descentralizada no próprio local ou próximo de onde essa energia é utilizada. Possui como vantagens a redução de custos de transmissão e distribuição, o aproveitamento de recursos renováveis locais e o aumento da eficiência pela cogeração (geração de energia elétrica combinada com aproveitamento de calor).

3.2 - A Microgeração baseada em FER

A microgeração de energia elétrica baseada em fontes renováveis, não poluentes, está atualmente ao alcance de todos. Com o aumento do custo da energia, é muito atrativa a possibilidade de ter uma casa autossuficiente no que se refere a energia.

A microgeração consiste na produção de calor ou energia elétrica por indivíduos, ou empresas que possuem instalações de energias renováveis de pequena potência. O principal objetivo desta produção é o consumo próprio, mas é importante referir que muitas dessas produções servem essencialmente para fornecer energia à rede pública recuperando desta forma o investimento [30].

O grande potencial de Portugal na área das energias renováveis permitiu ao Governo e bancos criarem diversos pacotes de incentivos monetários para a adoção de unidades de microgeração permitindo a qualquer pessoa tornar-se num microprodutor [30].

Deste modo, a sociedade deixa de depender exclusivamente de uma rede elétrica comum a todo o país, poupando dinheiro e obtendo um rendimento secundário através da criação da sua rede “doméstica alargada” de forma a vender energia aos seus vizinhos. As redes de BT a que se ligam os equipamentos de microgeração terão cada vez mais protagonismo podendo até, através do recurso a tecnologias de informação, vir a afirmar-se como células ativas, permitindo uma gestão integrada de microprodutores e cargas, por forma a obter uma maior eficiência económica e energética e permitir autonomia local em caso de falta da rede pública [31] (como será abordado no capítulo 4).

À existência de equipamentos capazes de aproveitar essas fontes associa-se atualmente um procedimento de licenciamento simplificado perfeitamente acessível ao cidadão comum.

A aposta nas novas tecnologias energéticas tem vindo a ser fortemente influenciada pelos preços internacionais dos combustíveis fósseis (nomeadamente o petróleo). Todavia, atualmente, outros dois fatores impulsionam a decisão de investir: as preocupações com a segurança de abastecimento e os problemas ambientais.

A produção de energia elétrica através de instalações de pequena escala utilizando FER pode assim contribuir para uma alteração do panorama energético português de forte dependência do exterior [31].

De salientar também que a instalação de geradores de pequena dimensão localizados junto dos pontos de consumo permite reduzir perdas na rede elétrica, aumentar a fiabilidade do fornecimento de eletricidade e ainda permite adiar investimentos no reforço das infraestruturas de rede [31]. Estas vantagens contribuem para melhorar o desempenho ambiental do sistema energético no seu todo.

Com novas tecnologias imergentes no panorama energético, associadas a um novo conceito de gestão das redes elétricas, pode-se assim estar a assistir a uma clara mudança de paradigma do sistema energético nacional e internacional.

É necessário ter em conta que ao dimensionar um sistema de microgeração para se ter uma casa autossuficiente, o mesmo ficaria sobredimensionado para evitar cortes energéticos, também seria necessário baterias para poder armazenar energia, pois os sistemas de microgeração dependem das condições climáticas. Neste caso, o sistema de microgeração ficaria extremamente caro e ter-se-ia que desperdiçar energia (excedentes) quando as condições climáticas fossem mais favoráveis.

A solução mais interessante passa por se ter um sistema de microgeração como complemento ao consumo e ligado à rede pública. Nestas condições pode-se prescindir das baterias, ter um sistema mais barato e vender o excedente à rede. Esta é, sem dúvida, a solução mais interessante do ponto de vista energético e económico.

Assim, pretende-se com este capítulo, definir e enquadrar a microgeração no Sistema Elétrico Nacional (SEN), apresentar benefícios associados à microgeração e, por último, fazer uma referência à legislação vigente em Portugal para a produção de energia elétrica a partir de energias renováveis, bem como para a microgeração de energia elétrica, como atividade de produção de eletricidade em BT.

3.3 - Enquadramento no SEN

A microgeração pode ser definida como sendo a produção de energia elétrica feita através de instalações de pequena escala usando fontes renováveis ou processos de conversão de elevada eficiência (microeólicas, células de combustível, painéis fotovoltaicos, mini e microhídricas, cogeração, sistemas híbridos de microeólicas com painéis fotovoltaicos), ligados à rede de BT [31].

Relativamente ao SEN, pode-se dizer que este está regulamentado através do DL nº 29/2006, de 15 de março e que, segundo o mesmo, este pode ser dividido em cinco atividades principais: produção, transporte, distribuição, comercialização e operação dos mercados organizados de eletricidade [32].

Segundo a Rede Elétrica Nacional (REN) [33], a produção de eletricidade é dividida em dois regimes:

- Produção em regime ordinário, relativa à produção de eletricidade com base em fontes tradicionais não renováveis e em grandes centros eletroprodutores hídricos;
- Produção em regime especial corresponde relativa à cogeração e à produção elétrica a partir da utilização de FER e da cogeração.

A microgeração encontra-se incluída na produção em regime especial (PRE) que, por seu lado, se encontra devidamente enquadrada nas bases gerais de organização e funcionamento do SEN.

O interesse num aumento da produção de energia de origem renovável a partir de produtores independentes deve-se em muito à importância que as questões ambientais têm nos dias de hoje e ao aumento do interesse na liberalização do mercado de energia.

Para além disso, a produção de energia elétrica através de sistemas de geração de pequena escala, localizados junto dos locais de consumo e utilizando fontes renováveis de energia, ou processos de conversão de elevada eficiência energética, será mais um contributo para a qualificação do sistema energético português.

A criação de condições para a produção descentralizada de pequena escala, renovável ou de elevada eficiência, contribuirá também para reduzir a dependência energética nacional, criar uma relação mais íntima dos consumidores com a energia, fomentando a eficiência nos usos e aumentando a sua responsabilidade ambiental com uma maior redução de emissões de CO₂, e reduzir a fatura energética dos consumidores residenciais e de serviços [31]. Estes benefícios técnicos são traduzidos em benefícios económicos para o operador da rede de distribuição, que pode assim aproveitar para aumentar a eficiência da sua atividade.

Saliente-se que a microgeração de energia elétrica em BT, com possibilidade de entrega de energia à rede pública, foi regulada pelo DL nº 68/2002, de 25 de março, mas a filosofia então subjacente era a de que a produção se destinava a ser entregue à rede pública de eletricidade e, como tal, o complexo formalismo inerente ao seu licenciamento desencorajou a população em geral, pelo que passados mais de cinco anos o número de instalações de microgeração não era relevante [25]. Por outro lado, havia a necessidade de rever a regulamentação associada à remuneração mais justa da energia elétrica injetada na rede,

incorporando as suas externalidades positivas e acompanhada de uma promoção mais forte de projetos de demonstração neste domínio que é absolutamente urgente [35].

Pretende-se dar uma nova perspectiva à microgeração, assumindo que esta se destina predominantemente ao consumo próprio do produtor, podendo, eventualmente, a produção excedente ser entregue a outros consumidores ou à rede pública de eletricidade. Adotando esta perspetiva e com o objetivo de facilitar a ação dos cidadãos que se interessem por esta atividade, o formalismo necessário ao licenciamento da instalação de microgeração é mais simplificado [25 e 34].

Assim sendo em novembro de 2007, o Governo publicou o DL n.º 363/2007 (republicado pelo DL n.º 118-A/2010 de 25 de outubro e atualizado pela portaria n.º 284/2011 de 28 de outubro) que criou o regime simplificado aplicável à microgeração de energia elétrica, e que veio regular a venda de energia elétrica produzida através da microgeração (ou produção distribuída), permitindo que o próprio consumidor (particular ou empresa) seja também produtor de eletricidade, utilizando instalações de pequena potência, sendo essa eletricidade vendida para a rede de distribuição nacional.

Este regime simplificado enquadra-se no regime especial de produção de eletricidade previsto no SEN cujas bases gerais foram estabelecidas no DL n.º 29/2006, de 15 de março.



Figura 3.1 - Esquema representativo da evolução dos decretos-lei do regime de microgeração [71].

3.4 - Legislação Vigente

3.4.1 - Produção de Energia Elétrica baseada em Recursos Renováveis

A legislação vigente, com maior importância no que se refere à produção de energia elétrica a partir de recursos renováveis é o DL n.º 189/88, de 27 de maio, com a redação dada pelo DL n.º 168/99, de 18 de maio, alterado pelo DL n.º 339-C/2001, de 29 de dezembro, o qual sofreu modificações com o DL n.º 33-A/2005 de 16 de fevereiro e posteriormente retificado com o DL n.º 225/2007 de 31 de maio.

Este último atualiza os valores constantes da fórmula de remuneração de eletricidade produzida a partir de recursos renováveis, garantindo a respetiva remuneração por um prazo considerado suficiente para permitir a recuperação dos investimentos efetuados e expectativa de retorno económico mínimo dos promotores. Neste DL é assim apresentada uma fórmula de

Geração Distribuída

remuneração diferenciada por tecnologia e regime de exploração, com destaque para as tecnologias renováveis.

Por outro lado, o DL nº 312/2001, de 10 de dezembro, estabelece as disposições aplicáveis à gestão da capacidade de receção de eletricidade nas redes do Sistema Elétrico de Serviço Público (SEP), por forma a permitir a receção e a entrega de eletricidade proveniente de novos centros eletroprodutores do Sistema Elétrico Independente (SEI).

Sendo assim, as instalações licenciadas ao abrigo do DL nº 189/88 de 27 de maio e do DL nº 312/2001 de 10 de dezembro são remuneradas pelo fornecimento da eletricidade entregue à rede através da equação (3.1) proveniente do DL nº 225/2007 de 31 de maio:

$$VRD_m = \{ KMHO_m \cdot [PF(VRD)_m + PV(VRD)_m] + PA(VRD)_m \cdot Z \} \cdot \frac{IPC_{m-1}}{IPC_{ref}} \cdot \frac{1}{(1 - LEV)} \quad (3.1)$$

Em que:

- VRD_m é a remuneração aplicável a centrais renováveis no mês m , expressa em euros;
- $PF(VRD)_m$ é a parcela fixa da remuneração aplicável a centrais renováveis, no mês m e é dada pela equação (3.2):

$$PF(VRD)_m = PF(U)_{ref} \cdot COEF_{pot,m} \cdot POT_{med,m} \quad (3.2)$$

- $PV(VRD)_m$ é a parcela variável da remuneração aplicável a centrais renováveis, no mês m , dada por (3.3):

$$PV(VRD)_m = PV(U)_{ref} \cdot ECR_m \quad (3.3)$$

- $PA(VRD)_m$ é a parcela ambiental da remuneração aplicável a centrais renováveis, no mês m calculada através de (3.4):

$$PA(VRD)_m = ECE(U)_{ref} \cdot CCR_{ref} \cdot ECR_m \quad (3.4)$$

- IPC_{m-1} é o índice de preços no consumidor, sem habitação, no continente, referente ao mês $m-1$;
- IPC_{ref} é o índice de preços no consumidor, sem habitação, no continente, referente ao mês anterior ao do início do fornecimento de eletricidade à rede pela central renovável;
- IPC_{m-1}/IPC_{ref} - representa uma atualização relativamente ao início do fornecimento da central, que é atualizada periodicamente;
- LEV representa as perdas, nas redes de transporte e distribuição, evitadas pela central renovável;
- Z é o coeficiente adimensional que traduz as características específicas do recurso endógeno e da tecnologia utilizada na instalação licenciada;
- $KMHO_m$ é o coeficiente que modula os valores de $PF(VRD)_m$, de $PV(VRD)_m$ e de $PA(VRD)_m$ em função do posto horário em que a eletricidade tenha sido fornecida que se calcula do seguinte modo:

$$KMHO_m = \frac{KMHO_{pc} \cdot ECR_{pc,m} + KMHO_v \cdot ECR_{v,m}}{ECR_m} \quad (3.5)$$

Para efeitos deste coeficiente (3.5) considera-se que:

- No período de hora legal de Inverno, as horas vazias ocorrem entre as 0 horas e as 8 horas e entre as 22 horas e as 24 horas, sendo as restantes horas do dia consideradas horas cheias e de ponta;
- No período de hora legal de Verão, as horas vazias ocorrem entre as 0 horas e as 9 horas e entre as 23 horas e as 24 horas, sendo as restantes horas do dia consideradas horas cheias e de ponta.

Os fatores da equação (3.5) são interpretados do seguinte modo:

- $KMHO_{pc}$ fator que representa a modulação correspondente a horas cheias e de ponta e toma o valor de 1,15 para as centrais hídricas e 1,25 para as restantes instalações e instalações de bombagem;
- $ECR_{pc,m}$ energia produzida pela central renovável nas horas cheias e de ponta do mês m , expressa em kWh;
- $KMHO_v$ fator que representa a modulação correspondente a horas de vazio, o qual toma o valor de 0,80 para as centrais hídricas e o valor de 0,65 para as restantes instalações e instalações de bombagem;
- ECR_{vm} eletricidade produzida pela central renovável nas horas de vazio (kWh);
- ECR_m eletricidade produzida pela central renovável (kWh).

3.4.2 - Produção de Energia Elétrica em BT

A microgeração de eletricidade, como atividade de produção de eletricidade em BT com possibilidade de entrega de energia à rede elétrica pública, era regulada pelo DL nº 68/2002, de 25 de março no qual se previa que a eletricidade produzida se destinasse predominantemente a consumo próprio, sendo o excedente passível de ser entregue a terceiros ou à rede pública, com o limite de 150 kW de potência no caso de a entrega ser efetuada à rede pública [34].

No entanto, passados mais de cinco anos após a entrada deste em vigor verificou-se que o número de sistemas de microgeração de eletricidade licenciados e a funcionar ao abrigo deste enquadramento legal não atingiu uma expressão significativa como seria pretendido.

Por outro lado, o DL nº 312/2001, de 10 de dezembro, aplicava-se aos centros eletroprodutores, independentemente da sua potência nominal ou localização geográfica, conduzindo, assim, a uma excessiva centralização administrativa dos processos de licenciamento de micro ou pequena dimensão.

Desta forma, a 2 de novembro de 2007, foi criado o DL n.º 363/2007 que simplifica significativamente o regime de licenciamento anteriormente existente, substituindo-o por um regime de simples registo, sujeito a inspeção de conformidade técnica. De acordo com este DL [34], a entrega e a análise de projeto foram substituídas pela criação de uma base de dados de elementos-tipo pré-existente que o produtor deve respeitar, encurtando-se assim um procedimento com duração de vários meses a um simples registo eletrónico.

Para tal foi criado o Sistema de Registo da Microprodução (SRM), que constitui uma plataforma eletrónica de interação com os produtores, no qual todo o relacionamento com a Administração, necessário para exercer a atividade de microprodutor, poderá ser realizado.

Geração Distribuída

Com a publicação do DL nº 363/2007 foi também, transcrevo [34], “previsto um regime simplificado de faturação e de relacionamento comercial, de forma a evitar a emissão de faturas e acertos de IVA pelos particulares que, para esse efeito, são substituídos pelos comercializadores. O microprodutor recebe ou paga através de uma única transação, pelo valor líquido dos recebimentos relativos à eletricidade produzida e dos pagamentos relativos à eletricidade consumida.”

De referir ainda que este DL cria, também, dois regimes de remuneração: o regime geral e o bonificado. O primeiro é aplicável à generalidade das instalações, sendo o segundo apenas aplicável às fontes renováveis de energia, cujo acesso é condicionado à existência no local de consumo de coletores solares térmicos, no caso de produtores individuais, e da realização de auditoria energética e respetivas medidas, no caso de condomínios. Assim o incentivo associado à venda de eletricidade é utilizado para promover a água quente solar, complementando o DL nº 80/2006, de 21 de abril, que estabelece a obrigatoriedade de instalação destes sistemas nos novos edifícios.

Posteriormente, e com vista a simplificar o regime jurídico aplicável à produção de eletricidade por intermédio de unidades de microgeração, o DL nº 363/2007 foi republicado pelo DL nº 118-A/2010 de 25 de outubro (que procede à segunda alteração ao DL nº 363/2007 de 2 de novembro [36]) como exhibe a figura 3.1.

Este DL é uma revisão do regime jurídico da microgeração que tem como objetivo incentivar a produção descentralizada de eletricidade em BT para assim se poderem cumprir os desígnios, já referido no capítulo 2, da ENE 2020 (aprovada pela Resolução do Conselho de Ministros nº 29/2010, aprovada a de 15 de abril).

O DL nº 118-A/2010, segundo o mesmo, cria condições para produzir mais eletricidade em BT, de forma mais simples, mais transparente e em condições mais favoráveis.

Tem-se portanto que, com um sistema de microgeração nas casas, a energia renovável produzida é posteriormente vendida à rede pública, de acordo com o DL 118-A/2010, possibilitando retorno ao proprietário da instalação. Para o efeito, o microprodutor estabelece um contrato de venda dessa energia com a rede pública, assegurando, teoricamente, a remuneração do seu investimento a longo prazo.

Nesta lógica de investimento, o proprietário da instalação dever-se-á preocupar com dois aspetos centrais: os custos do sistema e, especialmente, os níveis de eficiência do equipamento. Deste binómio decorrerá a rentabilidade esperada. Por outro lado, o microprodutor deverá exigir as melhores garantias, tanto no equipamento como nos trabalhos de instalação, de modo a reduzir os riscos afetos ao investimento [39].

Este novo DL de microgeração de energia elétrica através de FER, redefine algumas das regras previamente estabelecidas no antigo regime.

Este novo regime simplifica o processo de registo de uma unidade de microgeração, passando a cumprir-se uma ordem sequencial desde a entrada do pedido até ao momento do licenciamento, permitindo assim uma maior previsibilidade quanto à data de instalação da respetiva unidade de micro-produção.

Em seguida apresentam-se as principais alterações ao regime de microgeração introduzidas pelo DL nº 118-A/2010, publicado em Diário da República em 25 de outubro de 2010.

Tabela 3.1 - As principais alterações entre o DL sobre microgeração de 2007 e de 2010 [37].

	<i>Nova Microgeração</i>	<i>Anterior Microgeração</i>
<i>Diploma Legal</i>	DL nº 118-A/2010	DL nº 363/2007
<i>Duração de Regime Bonificado</i>	15 anos (15 anos efectivos)	Ano de instalação + 5 anos
<i>Tarifa do Regime Bonificado (por KWh)</i>	0,40€ nos 8 anos iniciais 0,24€ nos 7 anos seguintes	0,65€ (1+5 anos)
<i>Tarifa após Regime Bonificado</i>	Regime Geral (preço de custo)	Redução anual de 5% durante 10 anos Regime Geral nos seguintes
<i>Tarifa de Referência</i>	Reduzida anualmente em 0,02€ para os novos registos	Reduzida anualmente em 5% para os novos registos
<i>Potência Máxima</i>	3,68 KW a) 11,04 KW (condomínios)	3,68 KW a)
<i>a)</i>	Até 50% da potência contratada para consumo	Até 50% da potência contratada para consumo
<i>Requisitos</i>	Existência de colector solar térmico ou caldeira a biomassa	Existência de colector solar térmico
<i>Procedimento de Registo</i>	Registo sequencial com previsibilidade quanto à data de instalação	Sujeito à candidatura online
<i>Pagamento de Taxas por CERTIEL</i>	Até 5 dias após pré-registo	Após obtenção de licença provisória
<i>Valor das Taxas de CERTIEL</i>	500,00€ + IVA (21% no Continente, 16% nas Regiões Autónomas)	258,30€ + IVA (13% no Continente, 9% nas Regiões Autónomas)

Outras alterações do DL nº 118-A/2010 relativamente ao seu antecessor (DL nº 363/2007) são [37]:

- As condições para ser produtor de eletricidade;
- Direitos e os deveres dos produtores;
- Competências da Direção Geral de Energia e Geologia (DGEG), entidade gestora da área;
- Define quais as empresas que podem instalar as unidades de microgeração;
- Altera o preço que é pago pela eletricidade produzida;
- Quantidade de eletricidade produzida;
- Define novas situações em que é pago um valor mais elevado (regime bonificado).

Acerca do regime bonificado, para se aceder a este é necessário:

- **Particulares, empresas e demais entidades:** unidade de microgeração até ao limite de 3,68 kW, desde que este valor não ultrapasse 50% da potência contratada para consumo (que no caso de uma habitação normal que tenha contratado 6,9 kW, no limite, pode produzir 3,45 kW).

Geração Distribuída

Para poderem beneficiar da tarifa bonificada, as instalações de microgeração têm que incluir, para além do sistema de produção de eletricidade, um sistema solar térmico para aquecimento de águas sanitárias e/ou aquecimento central a água (pelo menos, 2m²), ou uma caldeira a biomassa com produção anual térmica equivalente. Estes sistemas permitem poupar nos consumos de gás, gasóleo ou eletricidade, contribuindo para a rentabilidade global da instalação.

- **Condomínios:** unidade de microgeração até ao limite de 11,04 kW. Realização de auditoria energética com a implementação de medidas corretivas com um retorno até dois anos (instalação de iluminação eficiente, entre outros).

Quanto a valores de venda de energia à rede, o regime bonificado diz que:

- O regime bonificado passa a ser aplicado durante 15 anos, estando este período dividido em dois períodos: nos primeiros 8 anos, a energia é vendida tendo como valores de referência 0,40€/kWh e nos 7 anos seguintes, pela tarifa de 0,24€/kWh. Estes são os valores de referência, os quais dependem do tipo de fonte de energia que é utilizada para a produção de eletricidade:
 - Solar: 100 %, ou seja, 0.40€/kWh no 1º período e 0.24€/kWh no 2º período;
 - Eólica: 80 %, ou seja, 0.32€/kWh no 1º período e 0.19€/kWh no 2º período;
 - Hídrica: 40 %, ou seja, 0.16€/kWh no 1º período e de 0.10€/kWh no 2º período;
 - Cogeração a Biomassa: 70 %, ou seja, 0.28€/kWh no 1º período e de 0.17€/kWh no 2º período;
 - Pilhas de combustível com base em hidrogénio proveniente de microgeração renovável: percentagem prevista nas alíneas anteriores aplicável ao tipo de energia renovável utilizado para a produção do hidrogénio;
 - Cogeração não renovável: 40 %, ou seja, 0.16€/kWh no 1º período e de 0.10€/kWh no 2º período.

O período de 15 anos é contado desde o 1º dia do mês seguinte ao do início de funcionamento. Após o período inicial de 15 anos, o produtor ingressa no regime geral.

O valor fixado, à data do registo da unidade de microgeração, mantém-se pelos períodos indicados. Aos novos registos, realizados nos anos seguintes e após esgotamento da potência máxima anual, será aplicada uma tarifa reduzida anualmente em 0,02€/kWh.

Quanto ao regime geral de microgeração, este está acessível a qualquer entidade, mediante a existência de um ponto de consumo. Neste caso a energia da ligação está limitada a 50% da potência que já tem no seu contrato de energia e a um máximo de 5,75 kW. O preço de venda, para poder obter algum rendimento com o que produz, é igual ao preço da compra.

Para se tornar produtor de eletricidade deve-se aceder ao SRM através da internet e realizar a inscrição eletrónica. O SRM só deixa de aceitar inscrições quando o número de produtores registados ultrapassar o limite estabelecido. Esse limite depende da quantidade de eletricidade que pode ser gerada por microgeração nesse ano.

Após a inscrição do microprodutor e consequente aceitação, deverá ser solicitada a inspeção à instalação num período máximo de 4 meses. No caso de entidades sujeitas a contratação pública, este prazo é de 8 meses.

A inspecção é efectuada até 10 dias após o respetivo pedido. No caso de não serem verificadas não conformidades, é entregue o respetivo certificado. Poderão ser solicitadas até 3 reinspeções.

Os equipamentos a instalar devem estar certificados de acordo com o sistema ISO/IEC, ou em alternativa, de acordo com as especificações portuguesas indicadas pelo IPQ, IP.

Até 10 dias após a emissão do certificado (inspeção), o microprodutor adere ao contrato de comercialização. O comercializador (Energias de Portugal - EDP - entre outros) comunica ao SRM a conclusão deste procedimento, devendo proceder-se à ligação da unidade de microgeração num prazo de 10 dias.

Os limites de eletricidade vendida continuam a ser os mesmos : 2,4 MWh/ano para o caso de utilizar um sistema de captura da energia do sol e 4 MWh/ano para os restantes casos

Estas são condições que entraram em vigor a 9 de dezembro de 2010. Porém, e devido às fortes medidas de austeridade a que o nosso país tem estado sujeito, foi necessário um pequeno reajuste do descreto que as continha.

Assim sendo, e para o ano de 2012, foi feita uma retificação com novos valores limites de produção e preço de venda de energia à rede.

É criada então a portaria nº 284/2011 de 28 de outubro de 2011 [38], que aplica as seguintes medidas para 2012:

- Limita a 10MW a potência total dos sistemas de microgeração que podem ser ligados à rede em 2012 no regime bonificado (anteriormente era de 25MW). Isto traduz-se numa forte limitação à quantidade de instalações que podem ser licenciadas (menos de 3000 instalações a nível nacional), pelo que é fundamental uma decisão rápida por parte do promotor;
- O preço de venda da energia produzida por um sistema de microgeração (tarifa de referência) em tarifa bonificada é de 0,326 €/kWh para o primeiro período (8 anos) e de 0,185 €/kWh para o segundo período (7 anos), aplicável aos primeiros sistemas que foram registados, até se perfazer a quota de 10MW a nível nacional (ultrapassados estes 10MW anuais, os novos produtores têm de ingressar no regime geral);
- A cada ano que passa, para os novos contratos, a tarifa de referência descrita acima é reduzida, sendo o valor da redução de 0,054 €/kWh para o primeiro período e de 0,035 €/kWh para o segundo período, com efeito em 2012, inclusive.

Tendo em conta o valor da tarifa e os custos de instalação associados às diferentes tecnologias, atualmente a solução mais rentável continua a corresponder à microgeração solar fotovoltaica. A energia produzida a partir de painéis solares é vendida a mais do dobro do preço de consumo de eletricidade para clientes finais de BT (0,1393 €/kWh de compra - valor de 2012 - e 0,326 €/kWh de venda para as instalações feitas em 2012).

Porém, com as medidas atualmente tomadas pelo Governo, o que antes era uma fantástica fonte de negócio, agora pode-se dizer que o retorno apenas permite cobrir os gastos. Isto porque, quem beneficia do regime geral, desde sempre conseguiu obter o retorno do dinheiro que gasta com o consumo de energia, pois o valor de compra é igual ao valor de venda (mas nesta situação, o retorno do investimento inicial é sempre mais longo).

Todavia, quem antes beneficiasse do regime bonificado conseguia ter a energia consumida paga, e ainda obter grandes lucros. Senão veja-se:

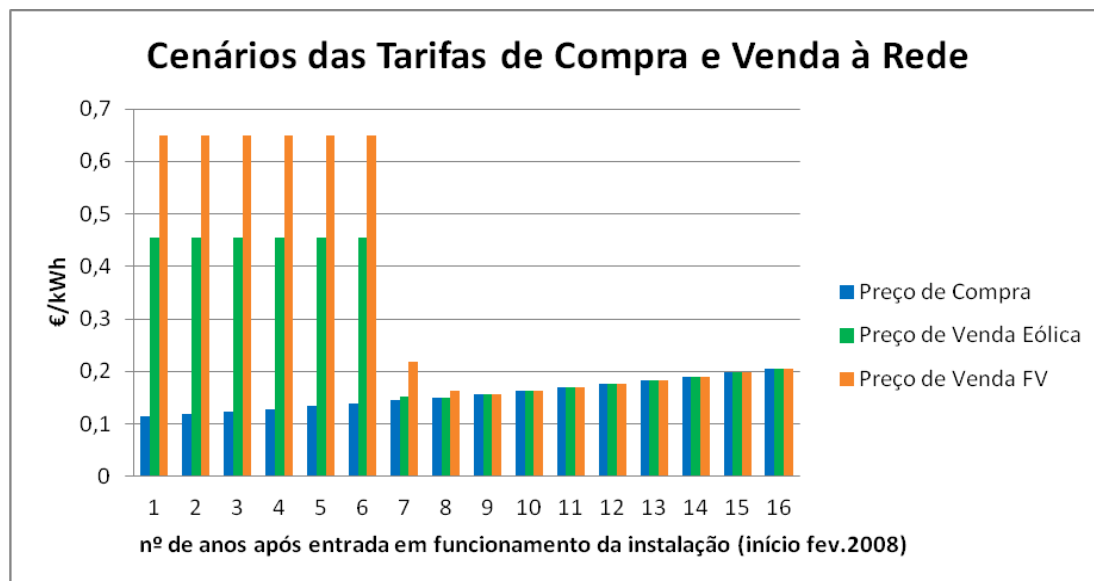


Figura 3.2 - Gráfico com os cenários das tarifas de compra e de venda à rede através do uso de painéis fotovoltaicos e microeólicas (durante o período do regime bonificado) com início em 2008.

Em 2007 (com o DL n.º 363/2007 de 2 de novembro de 2007) o valor da tarifa de referência em regime bonificado era de 0,65 €/kWh no ano de instalação e nos 5 anos seguintes (de notar que este DL foi publicado em novembro, mas só entrou em vigor a 1 de fevereiro de 2008). Nos 10 anos subsequentes aplicava-se à instalação de microgeração, anualmente, a tarifa única correspondente à que fosse aplicável, no dia 1 de janeiro de cada ano, às novas instalações que sejam equivalentes.

Na figura 3.2 pode-se constatar que, quem instalasse um sistema de painéis solares fotovoltaicos para microgeração (antes de passar para o regime geral), desde o DL n.º 363/2007 até ao DL n.º 118A/2010, conseguia obter grandes lucros mesmo com o facto da tarifa de referência baixar (para as novas instalações) por cada 10MW de potência de ligação que fossem instalados, a tarifa fosse reduzida em 5%. Certo era que, durante os 6 primeiros anos após a instalação do sistema de microgeração, tinha-se uma grande fonte de negócio, e o valor do investimento nos painéis era fácil e rapidamente recuperado (6 ou 7 anos) [40].

Com este DL, com o sistema de captação de energia solar, até ao 8º ano o regime bonificado (com duração de total de 16 anos) permitia, além de se conseguir pagar integralmente a eletricidade consumida à EDP, também obter grandes lucros para se abater ao valor do investimento da instalação dos painéis solares fotovoltaicos (e outros) de forma mais rápida. Depois do ano 8, e como neste DL a tarifa do regime bonificado não podia ser inferior à tarifa do regime geral, automaticamente o produtor passava a ingressar no regime geral (como se constata na figura 3.2), ou seja, o preço de venda da energia produzida, seria igual ao preço de compra da energia consumida, e desta forma o consumidor nunca seria afetado negativamente).

É importante expor que, [36] após o período de 6 anos (ano de instalação + 5 anos) e durante mais um período de 10 anos, aplica-se à instalação de microgeração, anualmente, a tarifa única correspondente à que seja aplicável no 1º dia de janeiro desse ano, às novas instalações que sejam equivalentes e só depois desse período é que se ingressava no regime geral (a não ser, claro, que o preço de venda fosse inferior ao de compra, como já referido).

Com o sistema de captação de energia eólica (cujo valor da tarifa era 70% da tarifa de referência anual), depois de passados 7 anos da instalação do sistema de microgeração, automaticamente o produtor passava a receber da energia produzida na mesma proporção da energia consumida.

Nesta altura, o limite de potência de ligação que podia ser objeto de registo para microgeração no âmbito do regime bonificado era de 10MW (no ano de entrada em vigor do DL - 2008 - sendo aumentado, anual e sucessivamente, em 20%) e por cada 10MW de potência de ligação que fossem instalados a tarifa de referência seria sucessivamente reduzida em 5%.

De salientar que neste cenário, partiu-se do pressuposto que o preço da energia consumida ao longo do período do tempo, aumenta todos os anos em 4%, tendo por base um cálculo realizado com a amostra de valores desde 2005 a 2012 (em que o preço da eletricidade consumida a pagar à EDP passou dos 0,0988 €/kWh para os atuais 0,1393 €/kWh).

Com o novo DL nº 118-A/2010, a tarifa bonificada é aplicada durante 15 anos, subdivididos em dois períodos: o valor da tarifa de referência em regime bonificado, foi fixado em 0,40€/kWh para o primeiro período (8 anos) e 0,24€ no segundo período (7 anos), sendo que o valor de ambas as tarifas era sucessivamente reduzido anualmente, para os novos contratos, em 0,02€/kWh (de notar que este DL foi publicado em outubro, mas só entrou em vigor a 9 de dezembro de 2010, com efeito real em janeiro de 2011 uma vez que a tarifa é aplicada durante 15 anos contados desde o 1º dia do mês seguinte ao do início do fornecimento, não contando com o tempo de montagem do sistema de microgeração que não pode ser superior a 120 dias).

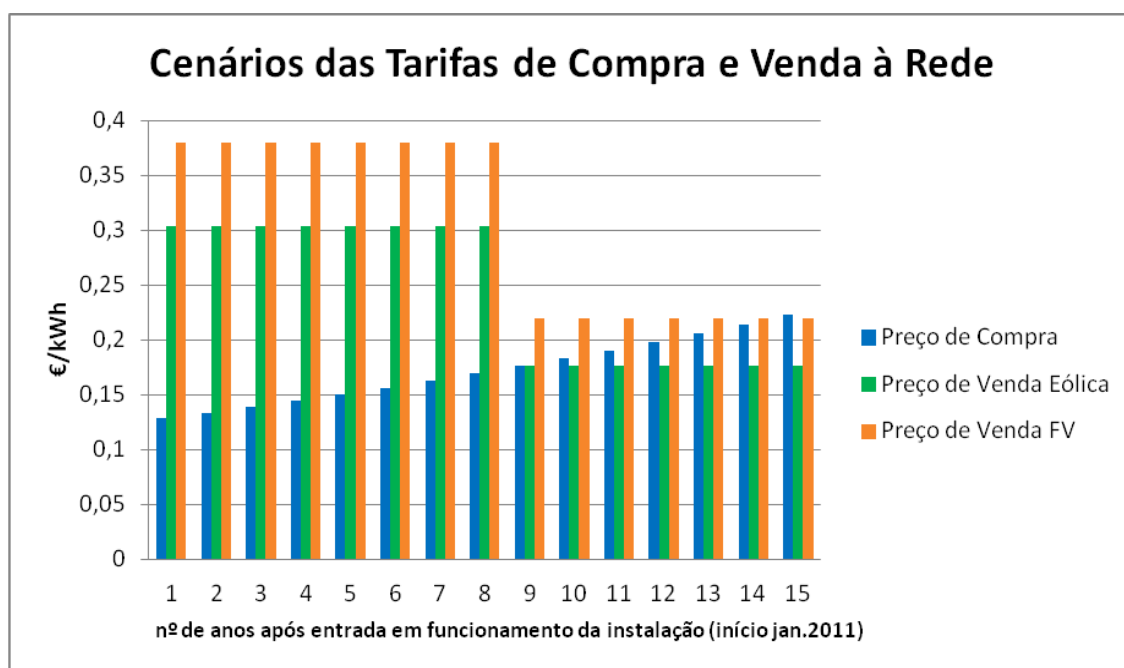


Figura 3.3 - Gráfico com os cenários das tarifas de compra e de venda à rede através do uso de painéis fotovoltaicos e microeólicos (durante o período do regime bonificado) com início em 2011.

Na figura 3.3, pode-se constatar que, com o DL nº 118A/2010, quem instala-se sistema de painéis solares fotovoltaicos para microgeração (antes de passar para o regime geral),

Geração Distribuída

conseguia obter bons lucros e também uma rápida recuperação do investimento (7 a 8 anos). O que se verificava, no entanto, era que depois do ano 14 (praticamente todo o período do regime bonificado), era do interesse do produtor, renunciar ao regime bonificado (como passa a ser seu direito partindo de uma decisão sua pois, com este DL, o regime bonificado só caduca quando o produtor comunicar ao SRM a renúncia à aplicação ou no final do período de 15 anos) ingressando no regime geral.

Quem instalasse uma microeólica (cujo valor da tarifa é 80% da tarifa de referência anual) devia mudar para o regime geral, logo no ano 8, altura em que começa a não compensar o regime bonificado.

De salientar que neste cenário, partiu-se do pressuposto que o preço da energia consumida ao longo do período do tempo, aumenta todos os anos em 4% (aumento esperado motivado em particular pelo aumento do preço dos combustíveis fósseis), tendo por base o mesmo cálculo realizado para se obter o preço de compra que consta do gráfico da figura 3.2). Efetivamente, neste caso, ao instalar um sistema de microgeração o investidor fica em posição de beneficiar do forte aumento do preço da energia esperado para os próximos anos que consequentemente desvaloriza a tarifa bonificada que entra assim em descrédito.

Torna-se evidente que, quanto mais tarde se se fizesse a instalação do sistema microprodutor, mais cedo interessaria ingressar no regime geral pois a tarifa de referência reduzia todos os anos (0,02€/kWh) e o preço da eletricidade consumida aumenta todos os anos cerca de 4%.

O que acontece é que com o nova portaria e com os valores estabelecidos para 2012 tem-se que:

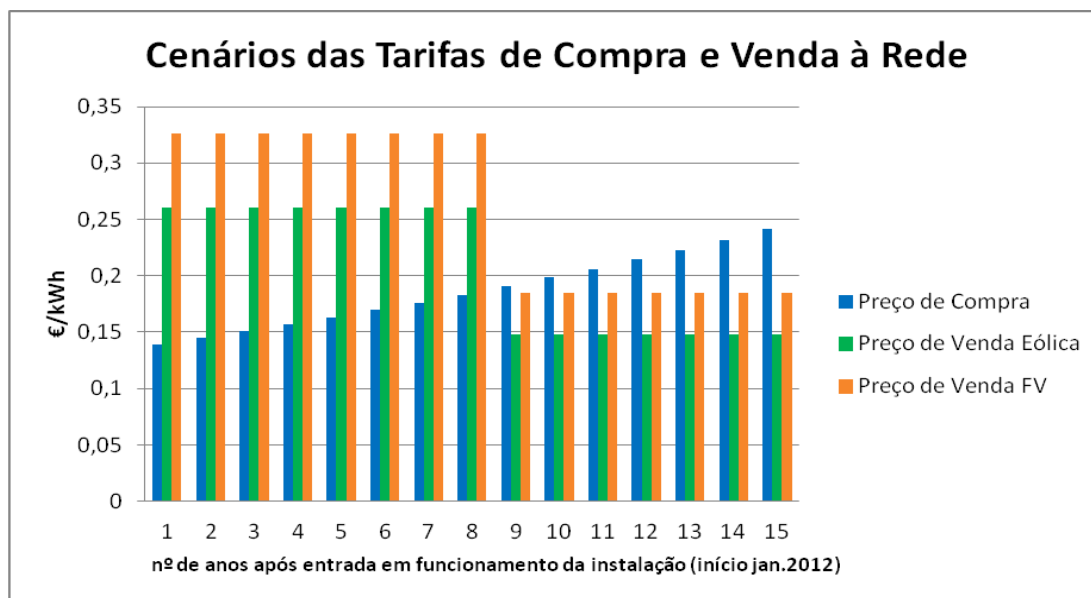


Figura 3.4 - Gráfico com os cenários das tarifas de compra e de venda à rede através do uso de painéis fotovoltaicos e microeólicas (durante o período do regime bonificado) com início em 2012.

Ou seja, aquilo com que se depara agora, é que apenas compensa estar no regime bonificado (no caso de se optar por instalar painéis fotovoltaicos para microgeração), até ao

8ºano após a instalação do sistema de microgeração (duração do primeiro período do regime bonificado). Depois deste período, é do interesse do produtor renunciar ao regime bonificado (como é seu direito), pois o preço de venda passa a ser inferior ao preço de compra.

No caso de se optar por instalar uma microeólica para microgeração (cujo valor da tarifa é 80% da tarifa de referência anual), a situação acima descrita, repete-se: depois de passado o 1º período do regime bonificado, é do interesse do produtor renunciar ao regime bonificado pois o preço de venda passa a ser inferior ao preço de compra.

A portaria nº 284/2011 foi publicada a 28 de outubro de 2011, sendo que foi criada para ter efeito a partir de 1 de janeiro de 2012.

De salientar que neste cenário da figura 3.4, partiu-se do pressuposto que o preço da energia consumida ao longo do período do tempo, aumenta todos os anos em 4%, tendo por base o mesmo cálculo realizado para se obter o preço de compra que consta das figuras 3.2 e 3.3. Continua-se a verificar a mesma situação que (se bem que ainda de forma mais acentuada com esta portaria) ao instalar um sistema de microgeração, o investidor fica em posição de beneficiar do aumento do preço da energia dos próximos anos (em média cerca de 4% ao ano como já foi referido), desvalorizando-se a tarifa bonificada que entra assim em descrédito.

Torna-se também aqui evidente que, quanto mais tarde se fizer a instalação do sistema microprodutor, mais cedo interessa ingressar no regime geral pois a tarifa de referência reduz todos os anos (0,054 €/kWh para os primeiros 8 anos e 0,035 €/kWh para os 7 anos seguintes) e o preço da eletricidade consumida aumenta todos os anos cerca de 4%.

Com esta portaria, o limite de potência de ligação que podia ser objeto de registo para microgeração no âmbito do regime bonificado, em cada ano, é de 10 MW.

A rentabilidade de um sistema de microgeração solar (ou eólica) é determinada, não só pelo valor da tarifa de venda, mas também pela produtividade da instalação e pelo custo do investimento inicial.

A produtividade da instalação depende de diversos fatores, tais como a quantidade de horas de sol/vento disponíveis anualmente no local, as condições de implantação dos painéis solares/microeólicos e a eficiência dos equipamentos utilizados. O custo de um sistema de microgeração solar fotovoltaica/eólica depende das características específicas de cada instalação, da potência do sistema e da existência, ou não, de um seguidor solar/eólico.

De um modo geral, as instalações de maior potência são mais rentáveis, porque alguns custos são independentes da potência instalada. Por exemplo, os custos do inversor, do contador, da mão-de-obra e dos coletores solares térmicos, têm o mesmo valor quer se trate de um sistema de 2kW ou de 3,68kW. E o mesmo acontece para o caso eólico.

A energia produzida é contabilizada mensalmente e é paga pela EDP através de transferência bancária. Dependendo das condições específicas da instalação, um microprodutor poderá receber até 3500 euros por ano livres de impostos e recuperar o investimento em 7/8 anos, acumulando mais-valias daí em diante. Ganha o investidor e ganha o meio ambiente [41].

De salientar que o programa da microgeração iniciado em 2007 teve um sucesso significativo: em quase 4 anos de aplicação do programa (de novembro de 2007 a junho de 2011), e segundo [42] foram instaladas 12140 unidades de microgeração (11956 de energia solar, 145 de energia eólica, 34 de energia combinada - Solar e Eólica - e 5 de energia hídrica), correspondente a mais de 43 MW de potência instalada.

3.5 - Microgeração e Eficiência Energética

A massificação da microgeração terá um papel muito importante na redução do consumo de eletricidade da rede elétrica, que atualmente representa cerca de 1/3 do consumo total [61].

Quando se pensa em microgeração, pensa-se sobretudo em diminuir a fatura e a dependência energéticas. Mas, pode-se conseguir tal objetivo, se se pensar naquilo que se utiliza dentro de casa.

Por exemplo, iluminação de baixo consumo e a troca de eletrodomésticos menos eficientes terão um impacto importante no consumo energético. Importante também é a disciplina energética, isto é, evitar consumos *stand-by*, evitar deixar aparelhos em carga e/ou ligados enquanto não são utilizados, calafetar portas e janelas da habitação, isolar paredes e pavimento, na compra de novos equipamentos verificar a classe energética do mesmo adquirindo sempre aquele apresentar menor consumo, substituir as lâmpadas incandescentes por lâmpadas economizadoras, evitar abrir desnecessariamente a porta dos frigoríficos e quando for necessário abrir a mesma, ser-se o mais breve possível, utilizar máquinas de lavar com a carga completa e num programa de baixa temperatura, sempre que possível [61].

Após se conseguir minimizar os consumos energéticos residenciais, o próximo passo será então escolher e dimensionar o sistema de microgeração.

A escolha de um sistema destes vai depender do local. Deve-se sempre fazer um estudo ao local para se verificar se o mesmo possui condições para a instalação destes aproveitamentos : verificar a quantidade de vento no local ou a quantidade de radiação solar anuais são fatores importantes a considerar e verificar.

Há que ter em conta porém, que existirão muitos períodos em que não se tem nem vento, nem sol suficientes para o consumo, um problema para sistemas autónomos (não ligados a rede). Essa limitação é ultrapassada com unidades de armazenamento de energia (baterias), porém, implicarão um maior custo de instalação e manutenção, mas serão capazes de responder perante picos de consumo [61].

Importante é salientar que ser eficiente, entre outros fatores, passa sempre por uma aposta em energias renováveis, quer seja para autossustentabilidade, quer para aquecimento económico das habitações.

Os próximos pontos desta dissertação salientam as opções possíveis à data, para melhorar a eficiência energética numa residencial unifamiliar e verificar as hipóteses consideradas mais desenvolvidas e viáveis para se produzir a própria energia [59].

3.5.1 - Microgeração - Energia Solar Fotovoltaica

Energia solar é a designação dada à energia proveniente do Sol que se encontra na atmosfera terrestre essencialmente sob forma de luz.

Durante o movimento de translação à volta do Sol o planeta Terra recebe cerca de 1400W/m^2 , sendo 20% absorvidos pela atmosfera e 40% refletidos pelas nuvens. Os restantes 40% podem ser utilizados para produzir eletricidade - fotovoltaica, ou para aquecimento - térmica [39].

Os painéis solares podem ser instalados em telhados, em terraços, ou no solo, como mostram a sequência de imagens da figura 3.5.

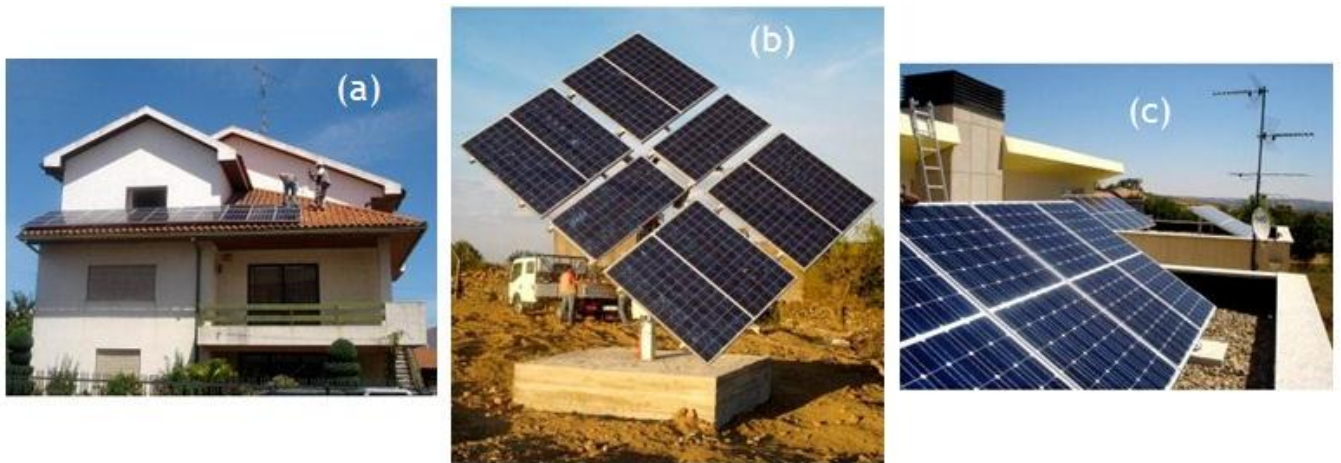


Figura 3.5 - Exemplos de aplicações de painéis fotovoltaicos: (a) montagem em telhado do tipo 2 águas; (b) montagem no solo com seguidor solar; (c) montagem em telhado plano [41].

São necessários cerca de 7 m^2 de painéis por cada kW de potência da instalação. Assim, uma instalação com $3,68\text{kW}$ de potência ocupa uma área de 25m^2 de telhado. Para se obter uma boa produtividade estes equipamentos devem estar orientados aproximadamente para sul [41].

Quando os painéis são instalados no solo, a utilização de um seguidor solar é uma boa opção para aumentar o rendimento. Este sistema orienta automaticamente os painéis na direção do sol, acompanhando o seu movimento ao longo do dia, o que permite aumentar entre 25% (no caso de seguidores solares de 1 eixo) a 40% (no caso de seguidores solares de 2 eixos) a produtividade da instalação (comparativamente a uma sistema fixo da mesma potência) [41 e 43].

A garantia de potência de 25 anos dos módulos fotovoltaicos garante a longevidade do investimento [37].

O funcionamento destes sistemas prende-se com a sua composição através de um gerador elétrico, um contador que vai fazer a contagem de toda a energia que está a inserir na rede pública e, uma vez que os painéis solares produzem eletricidade em corrente contínua e como a rede elétrica pública funciona em corrente alternada, torna-se necessário utilizar um inversor de corrente que converte a energia que o gerador (painéis) produza para energia elétrica para que esta possa ser inserida na rede, convertendo portanto a corrente contínua em corrente alternada.

O inversor utilizado numa instalação de microgeração deve ter um bom rendimento, caso contrário desperdiçar-se-á uma parte significativa da energia produzida, com reflexo negativo na rentabilidade do investimento [39]. A escolha das painéis deve ser feita com precaução pois são a grande parcela do investimento inicial necessário, e se não forem bem escolhidos, o sistema pode tornar-se uma enorme despesa em vez de lucro.

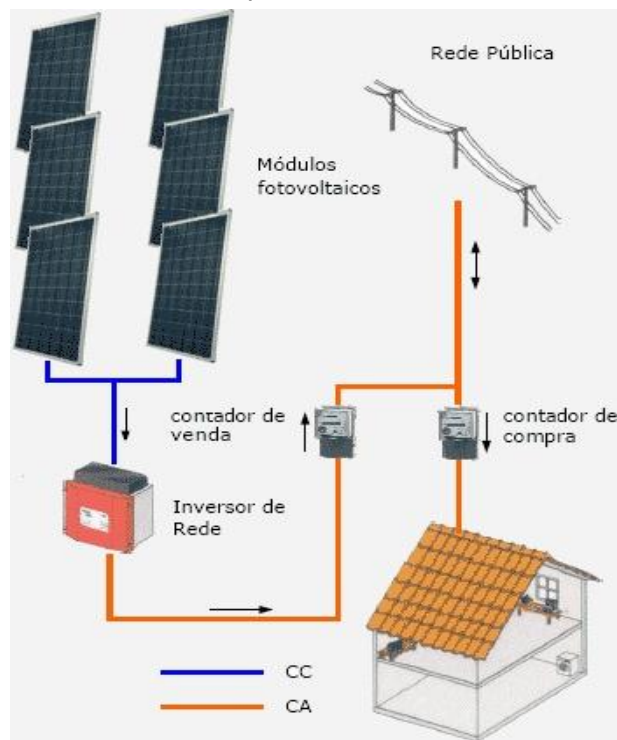


Figura 3.6 - Configuração típica de um sistema de microgeração fotovoltaica [44].

A produtividade de uma instalação depende fortemente da qualidade dos materiais utilizados e do rigor com que o sistema é projetado e executado.

A energia solar fotovoltaica é a energia que resulta da conversão direta da energia solar em energia elétrica através do efeito fotovoltaico, que consiste numa reação química resultante da exposição das células fotovoltaicas à energia solar. Os fótons da energia solar ao atingirem os átomos de silício das células fotovoltaicas são capazes de movimentar os pares elétron-lacuna, gerando uma corrente elétrica [39].

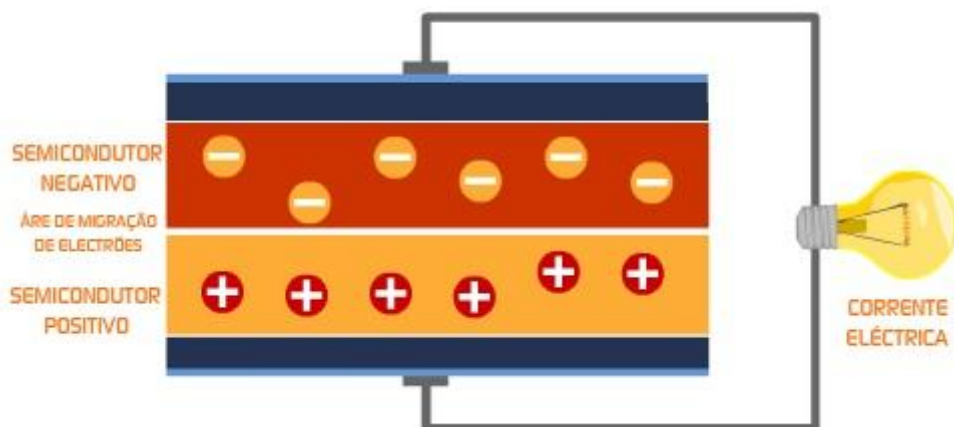
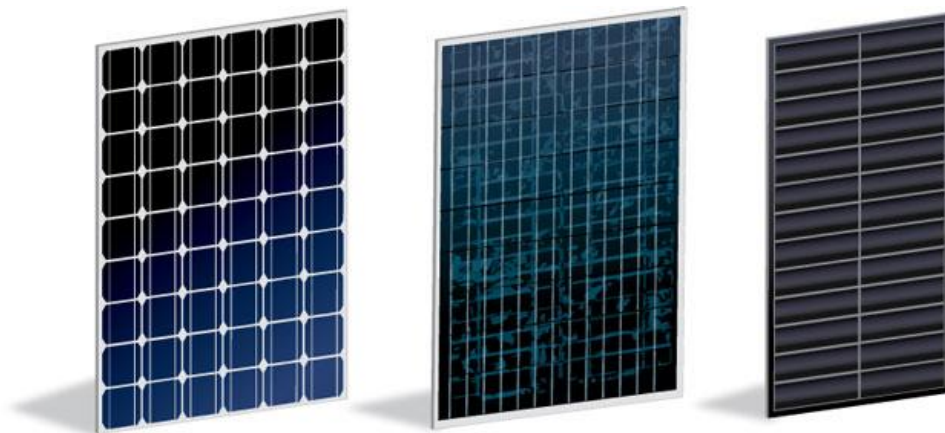


Figura 3.7 - Representação do funcionamento de um painel fotovoltaico no seu interior [39].

Existem vários tipos de painéis fotovoltaicos. Os painéis fotovoltaicos são formados por uma determinada quantidade de células fotovoltaicas cujo número dependerá da voltagem desejada.

Existem três tipos principais de painéis fotovoltaicos segundo o tipo de células solares que os constituem [39]:

- Painel Fotovoltaico Monocristalino que é constituído por células de silício monocristalino de elevada pureza. São os de maior rendimento e os mais comercializados;
- Painel Fotovoltaico Policristalino que é constituído por células de silício policristalino. São mais baratos que os painéis monocristalinos por exigirem um processo de preparação das células menos rigoroso. A eficiência, no entanto, decresce um pouco em comparação com as células de silício monocristalino;
- Painel Fotovoltaico Amorfo que é constituído por células de silício amorfo. São os painéis mais baratos mas apresentam uma série de desvantagens como a baixa eficiência de conversão e, as células são afetadas por um processo de degradação logo nos primeiros meses de operação, reduzindo assim a eficiência ao longo da vida útil.



TIPOS DE PAINÉIS FOTOVOLTAICOS	RENDIMENTO ELÉTRICO TÍPICO	MÁXIMO REGISTRADO EM APLICAÇÕES
MONO-CRISTALINO	12-15%	22,7%
POLI-CRISTALINO	11-14%	15,3%
SILÍCIO AMORFO	6-7%	10,2%

Figura 3.8 - Tipos de painéis fotovoltaicos e respetivos rendimentos [39].

A potencial aplicação da energia fotovoltaica estende-se a todos os produtos que consomem energia elétrica. Desde pequenos objetos à criação de mega centrais fotovoltaicas para o abastecimento de uma população, quer esteja ligada à rede elétrica ou funcione isolada da rede.

Pode-se ainda referir o caso de sistemas autónomos: estes sistemas podem ser utilizados em instalações elétricas autónomas (caravanas, habitações remotas, ilhas) ou ligadas à rede pública, com ou sem venda à EDP.

Nestes sistemas a energia absorvida é armazenada em baterias e, posteriormente, utilizada para consumo próprio. Estes sistemas são utilizados em instalações com necessidade de energia elétrica e que estejam longe das infraestruturas de abastecimento.

Os painéis solares fotovoltaicos são agrupados em série e/ou paralelo gerando corrente contínua em função da potência e da voltagem pretendida (12, 24, 48 volts) [39]. Esta energia pode ser utilizada por equipamentos que utilizem diretamente corrente contínua, pode ser armazenada em baterias para consumo posterior em corrente contínua ou pode ainda ser utilizada em corrente alternada se for utilizado um inversor.

Os geradores fotovoltaicos raramente são competitivos do ponto de vista económico, face a outros tipos de geradores (por exemplo, geradores a gásóleo). A exceção restringe-se a casos onde existam reduzidas necessidades de energia em locais isolados e/ou em situações de grande preocupação ambiental. O armazenamento de energia sob a forma química (baterias) implica um investimento maior, um tempo de vida limitado e a necessidade de um maior espaço [39].

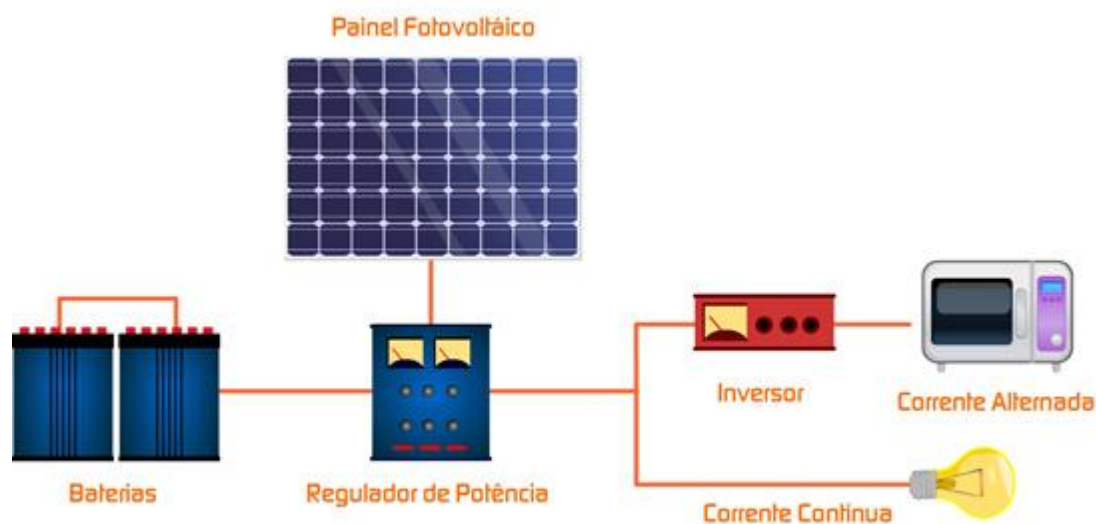


Figura 3.9 - Representação da ligação de um sistema microgerador autónomo [39].

3.5.2 - Microgeração - Energia Eólica

O vento é uma fonte renovável e inesgotável de energia. Aproveitar a energia eólica está ao alcance de todos. Existem atualmente microeólicas de eixo horizontal e de eixo vertical, com várias potências e superfícies de varrimento para o melhor aproveitamento do potencial eólico [45].

Em locais de potencial eólico, os aerogeradores permitem a produção elétrica com um menor investimento inicial, quando comparado com a tecnologia solar fotovoltaica [45].

Para o correto e sustentado retorno económico, deverá ser assegurado o potencial eólico do local, utilizando mapas de historial da velocidade do vento e/ou anemómetros de registo para tratamento estatístico [45] e também mapas de historial da direcionalidade do vento e/ou cataventos.

Atualmente pode-se produzir eletricidade com grande eficiência, graças aos aerogeradores de grandes dimensões, denominados também turbinas eólicas.

Os aerogeradores transformam a energia cinética do vento em energia mecânica, que depois é convertida em energia elétrica. O vento faz girar as pás da turbina eólica, que por sua vez fazem rodar o eixo do gerador. Os campos magnéticos criados devido à rotação do gerador, levam à produção de energia elétrica [39].

Um aerogerador é formado por um conjunto de pás ligadas a um rotor que, mediante um sistema de engrenagens, está ligado a um gerador elétrico. Todos estes componentes são colocados no cimo de uma torre, pois existe maior influência do vento em pontos altos e, consequentemente, um melhor aproveitamento do mesmo [39].

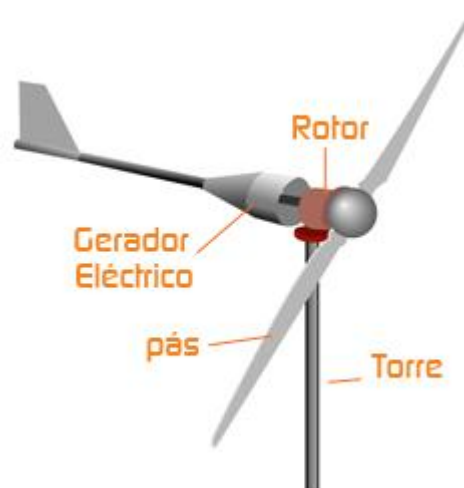


Figura 3.10 - Componentes de uma microeólica para microgeração (rede BT) [39].

No que concerne aos equipamentos, podemos encontrar desde pequenos aerogeradores de 400 W e 1 metro aproximadamente de diâmetro de pás, até aos imensos aerogeradores dos grandes parques eólicos de 2500 kW e 80 metros de diâmetro de pás [39 e 45].

Para pequenas instalações de uso doméstico os aerogeradores mais úteis são aqueles que têm um diâmetro de varrido de 1 a 5 metros, capazes de gerar de 400 W a 6 kW [68]. Apresentam a vantagem de poderem arrancar a uma velocidade de vento mais baixa do que os de maior tamanho, podendo aproveitar ventos mais lentos. A velocidade de vento mínima de 11 km/h frente aos 19 km/h dos sistemas maiores. A velocidade de máximo rendimento é de 45 km/h [39 e 45].

Uma alternativa, é a junção destes dois sistemas: energia eólica em combinação com a energia fotovoltaica, pois podem-se obter melhores rendimentos, já que é possível aproveitar o sol do dia e os ventos da noite para se conseguir uma produção de energia mais contínua.

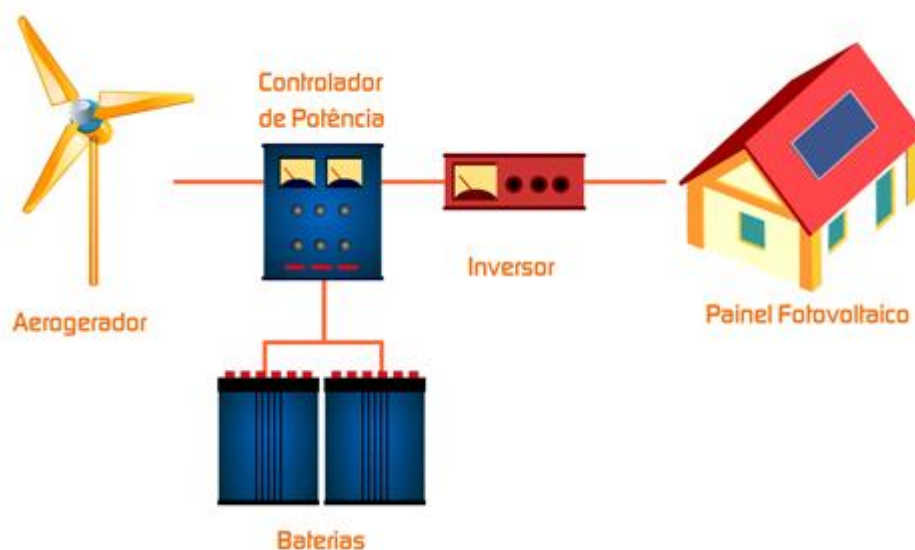


Figura 3.11 - Esquema exemplificativo das ligações do sistema de microgeração com recurso ao sistema de captação de energia eólica [39].

3.5.3 - Eficiência Energética - Energia Solar Térmica

Para poder beneficiar da tarifa bonificada, uma instalação de microgeração tem que dispor de, pelo menos, 2m² de painéis solares térmicos.

O sistema solar térmico é composto por painéis (coletores) que absorvem a radiação solar, transformando a saída da energia em energia térmica, sendo esta utilizada para aquecer água, que depois é utilizada para climatização ou para consumo sanitário. O sistema é composto, entre outros equipamentos, por coletores e por um reservatório que permite armazenar o calor recolhido.

A água quente resultante do sistema solar térmico é geralmente usada para consumo sanitário, aquecimento de piscinas e, caso o edifício disponha de um sistema de aquecimento central a água (ou de aquecimento central através de pavimento radiante), para complementar o seu funcionamento, permitindo grandes poupanças de gás, gasóleo ou outros combustíveis. A poupança no consumo elétrico, de gás ou gasóleo permite recuperar o investimento a partir de 2 anos [39].

A Energia Solar Térmica é, hoje em dia, uma das formas mais rentáveis de aproveitamento da energia que o sol fornece ao planeta diariamente.

O sistema solar térmico é, em si mesmo, um ótimo investimento, cujos benefícios não devem deixar de ser considerados no cálculo da rentabilidade global de um sistema de microgeração.

Os painéis solares térmicos aquecem até 80% das necessidades de água quente de uma habitação de forma económica [39].

O coletor solar mais utilizado é o Coletor Solar Plano, apresenta uma estrutura estanque que absorve a radiação solar aquecendo um fluido que circula pelos tubos situados no seu interior [39].



Figura 3.12 - Esquema ilustrativo de como os painéis solares térmicos aquecem a água para posteriores usos sanitários [39].

Como é ilustrado na figura 3.12, o fluido frio entra no coletor, a radiação solar fica retida no interior do coletor aquecendo o fluido que posteriormente será utilizado para aquecer a água sanitária no permutador de calor. A água sai do permutador a uma temperatura suficiente para aquecer a casa ou tomar banho [39].

Uma bomba eleva o fluido arrefecido até o coletor solar, para repetir o ciclo.

Existem vários tipos de painéis solares. Para cada habitação, dependendo das necessidades de água quente (número e perfil de utilizadores) existem soluções com ou sem apoio elétrico, do tipo termossifão (com acumulador no telhado) ou circulação forçada (com acumulador no interior: em garagem, em anexo, casa das máquinas).

Relativamente aos painéis de circulação forçada é necessário usar bombas eletrocirculadoras para movimentar o fluido térmico. A bomba poderá ser comandada por um sistema de controlo automático (comando diferencial). O sistema de controlo está regulado de modo a pôr a bomba em funcionamento logo que a diferença de temperatura entre os coletores e depósito seja de 5°C [39].

No sistema de termossifão a água aquecida pelo Sol no coletor, sobe deslocando a água mais fria do depósito, forçando-a a tomar o seu lugar, descendo, para subir novamente quando, por sua vez for aquecida. O depósito fica acima do coletor, para evitar o fenómeno inverso quando já não houver sol (termossifão invertido) [39].

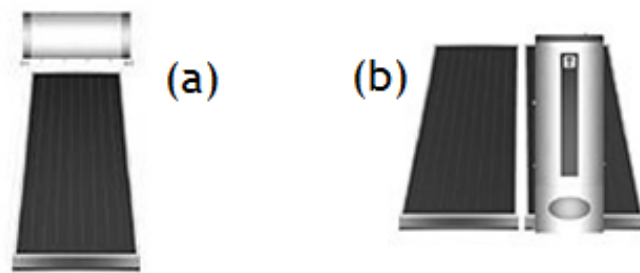


Figura 3.13 - Sistema do tipo termosifão (a) e sistema do tipo circulação forçada (b) [37].

3.5.4 - Eficiência Energética - Energia Geotérmica

O sistema de climatização geotérmico consiste em captar a energia gratuita existente no solo, transformando-a em calor. Além de climatizar espaços, pode ainda aquecer a água de uso doméstico e da piscina.

Bombas de Calor Geotérmicas (BCG): aproveitam as diferenças de temperatura entre o solo e o ambiente, fornecendo calor e frio. Esta tecnologia aproveita o facto da temperatura do subsolo permanecer constante todo o ano, superior à temperatura do ar do inverno e inferior no verão [17].

As BCG's utilizam muito pouca eletricidade e não são agressivas para o meio ambiente.

Durante o verão, a bomba de calor retira o calor do interior do edifício e devolve-o ao subsolo. Ou seja, durante o tempo quente, o fluido em circulação constante nos tubos “procura” calor no edifício - ajudando assim a esfriá-lo - e transfere-o para a terra [17].

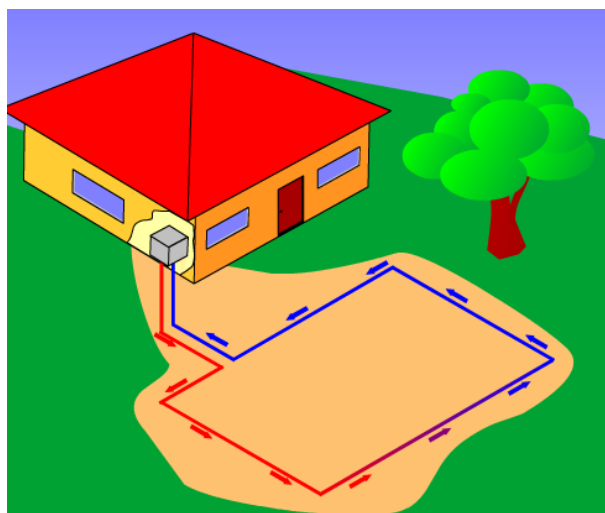


Figura 3.14 - Esquema ilustrativo de como, no verão, o calor é extraído de casa e posteriormente é devolvido ar fresco [17].

Durante o inverno, a bomba de calor transfere o calor do subsolo, ou de águas subterrâneas, para o interior do edifício. Ou seja, o calor da Terra (a diferença entre a temperatura da terra e a temperatura mais fria do ar) é transferido pelos tubos enterrados para o líquido circulante e logo transferido novamente para o edifício [17].

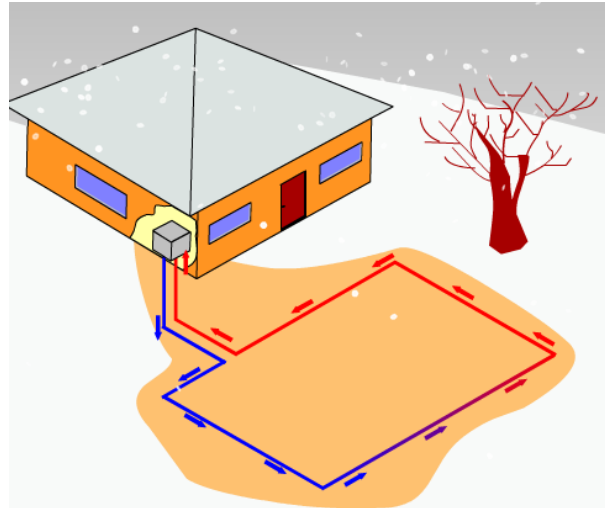


Figura 3.15 - Esquema ilustrativo de como, no inverno, o ar frio é extraído de casa e posteriormente é devolvido ar quente [17].

Ou seja, o subsolo age como fonte de calor no inverno e como depósito de calor no verão.

Estes sistemas são compostos por três componentes [17]:

- Ligação ao subsolo: uma série de tubos com um fluido (água com anticongelante) são enterrados horizontalmente - captadores subterrâneos - ou verticalmente - sonda geotérmica - no subsolo);
- Bomba de calor: a função “inverno” remove o calor do solo, concentra-o e fornece-o ao edifício e na função “verão” o processo é revertido;
- Sistema de distribuição: sistema tradicional de canalizações para transporte de calor ou frio no interior da casa.

No seu sistema de captação horizontal, os captadores são colocados no terreno, normalmente a uma profundidade de cerca de 70 centímetros. Este é o sistema mais comum e o mais fácil e económico de instalar: necessita de uma área para colocação dos captadores 1,5 vezes superior à área a climatizar [43].

No seu sistema de captação vertical, as sondas geotérmicas verticais têm uma profundidade aconselhada entre os 70 e os 120 metros. Este método é energeticamente mais eficiente, mas possui um custo de instalação superior. É normalmente utilizado quando não existe terreno suficiente para instalar captadores horizontais [43].

A utilização do solo para a obtenção de energia permite poupanças de 75% comparativamente a outros sistemas. Em média, por cada quatro unidades de energia que são fornecidas à habitação, três são provenientes da terra e apenas uma é eletricidade consumida, como ilustrada na figura 3.16.

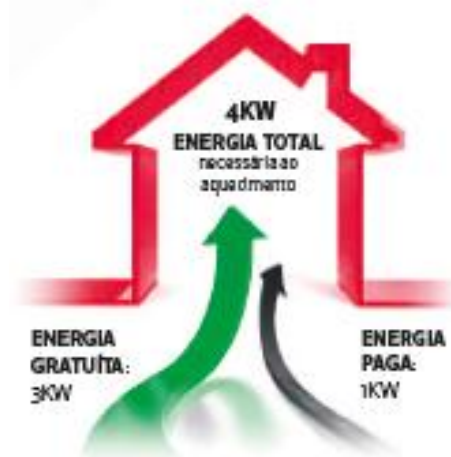


Figura 3.16 - Poupança de 75% com a utilização da energia geotérmica [43].

3.5.5 - Eficiência Energética - Energia Solar Termodinâmica [43]

Os sistemas termodinâmicos são equipamentos baseados no princípio de refrigeração por compressão (princípio de Carnot). Utilizam painéis termodinâmicos que absorvem a energia do meio ambiente para atingir elevada eficiência no aquecimento central e de grandes volumes de água.

O sistema termodinâmico funciona com base em dois elementos: o painel e o bloco termodinâmico. Entre estes dois componentes circula um fluido ecológico que entra no painel no estado líquido e a temperaturas negativas.

No painel, o fluido absorve calor do meio envolvente (sol, chuva e vento), aumenta a sua temperatura e passa ao estado gasoso. No bloco termodinâmico, a energia contida no gás é transferida para a água do sistema de dissipação e o gás retorna ao estado líquido.

A produção de água quente é assegurada na totalidade pelos sistemas termodinâmicos, necessitando apenas de um baixo consumo elétrico para funcionarem. Estes sistemas são capazes de extrair calor suficiente para aquecer um edifício até à temperatura de conforto, mesmo nos dias frios de Inverno.

Os sistemas termodinâmicos conseguem aquecer desta forma edifícios, água de uso doméstico e até mesmo piscinas com elevada eficiência energética.

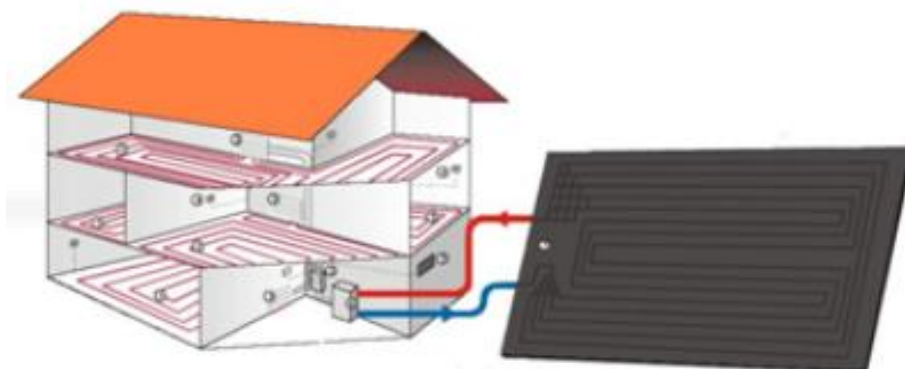


Figura 3.17 - Exemplo de aplicação da tecnologia termodinâmica [43].

Este tipo de sistemas são bastante económicos, pois podem reduzir a fatura energética até 80%, o que os torna um investimento aliciante; duráveis, já que o painel termodinâmico de alumínio anodizado possui uma elevada resistência ao choque, é imune à corrosão e é extremamente leve; ecológico, uma vez que não emite nenhum tipo de fumo ou resíduo tóxico (o fluido refrigerante utilizado é ecológico); além de que é um sistema autónomo e seguro, pois permite aquecer água para consumo doméstico e aquecimento central (como piso radiante) sem nenhum tipo de apoio, inclusivamente nos dias mais frios do Inverno e quando não é necessário aquecer água, o sistema termodinâmico desliga-se automaticamente (não existindo perigo de sobreaquecimento nem de congelação do fluido no painel).

3.6 - Conclusões

O regime de microgeração marca o início efetivo da utilização de incentivos numa lógica de gestão da procura, onde a produção de eletricidade está associada a um ponto de consumo.

Este regime orienta-se essencialmente para o mercado residencial e tem ainda acoplada uma obrigatoriedade de instalação de sistemas solares térmicos ou de aquecimento a biomassa. O decreto inicial, que regula a atividade, foi publicado em novembro de 2007 (DL nº 363/2007), foi revisto em outubro de 2010 (DL nº 118-A/2010), e posteriormente atualizado em outubro de 2011 com a portaria nº 284/2011.

Têm acesso à atividade de microgeração todas as entidades que disponham de um contrato de fornecimento de eletricidade em BT. Ou seja, estão abrangidos indivíduos, empresas, condomínios, entidades públicas e quaisquer outras entidades, desde que disponham de um contrato de fornecimento de eletricidade.

O processo de licenciamento de uma instalação de microgeração passa pelo registo no sítio criado pela DGEG especialmente para o efeito, em www.renovaveisnagora.pt. Logo que a viabilidade do registo seja confirmada pela DGEG, o microprodutor dispõe de quatro meses para proceder à instalação do sistema de microgeração e requerer a respetiva inspeção (o prazo é de oito meses quando aplicável o regime de contratação pública).

A atribuição do certificado de exploração está dependente da inspeção da instalação por parte da Certiel; a instalação será ligada à rede pública após obtida a certificação e assinado o contrato de venda da energia com o comercializador (EDP ou outro) [36].

Com vista a aproveitar o regime de microgeração (quando viável) e também de melhorar a eficiência energética em residências unifamiliares, devem ser tomadas medidas tão fáceis como desligar o *stand-by* do televisor ou substituir as lâmpadas incandescentes por lâmpadas economizadoras. Porém, e se se pretende ser eficiente e autossuficiente, então, a figura 3.18, apresenta um bom exemplo, das hipóteses a considerar.

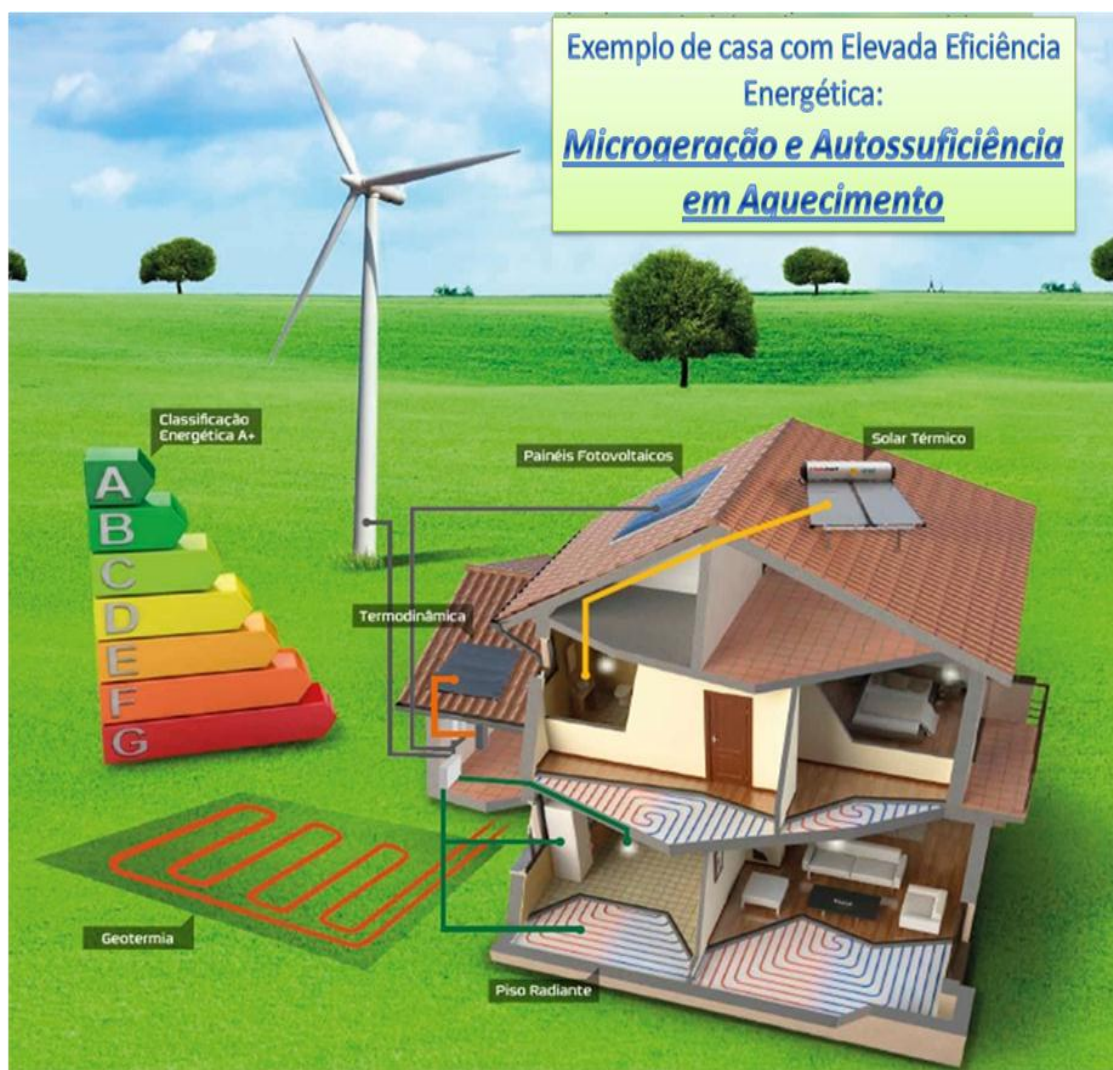


Figura 3.18 - A casa super-eficiente [43].

Capítulo 4

A Ligação da Microgeração às Redes Inteligentes com Veículos Elétricos

4.1 - Introdução

A microgeração de energia elétrica está a assumir um novo papel no setor elétrico, passando de uma atividade centralizada e de exclusividade de grandes e médios grupos empresariais para uma atividade cada vez mais democrática em que até pessoas singulares, nas suas habitações unifamiliares, podem assumir o papel de um microprodutor de energia elétrica.

A microgeração de energia elétrica surge, não como sendo uma ameaça para as empresas de distribuição de energia e muito menos à segurança da rede, mas sim como uma importante ferramenta para a redução de perdas e melhoria da qualidade da energia, possibilitando uma melhor gestão da rede e uma forte aliada ao conceito *Smart Grid*.

A tendência da microgeração de energia elétrica em países europeus envolve uma grande quantidade de prestação de serviços, bem como de fabricantes de equipamentos para atender à crescente procura, e para comprovar isso basta uma pesquisa na página de busca da internet pelo termo “microgeração de energia” para se obter mais de 70 mil referências sobre o assunto, sendo fácil também encontrar diversos *pop-ups* referentes a empresas que pretendem reforçar-se no mercado da microgeração.

Como se verificará ao longo deste capítulo, o conceito da *Smart Grid* procura incorporar várias tecnologias (monitorização, informação, grupos de sensores) para um melhor aproveitamento e desempenho da rede, identificando antecipadamente as suas falhas e capacitando-a de se auto-recompôr diante de ocorrências que afetem a sua *performance* [46].

4.2 - *Smart Grid* - A Rede Inteligente

A ideia capital da *Smart Grid* está numa palavra: inteligência. Isto significa que as novas redes serão automatizadas com medidores de qualidade e de consumo de energia em tempo real. A inteligência também será aplicada no combate à ineficiência energética, ou seja, à perda de energia ao longo da transmissão [47].

O primeiro passo para atingir todo este novo paradigma de consumo energético é realizado na própria habitação. Assim, para que toda a comunicação inteligente aconteça, o contador de eletricidade tradicional terá de ser substituído por um terminal de rede inteligente, para que haja maior controlo de energia por parte do consumidor, podendo ativar-se o envio de avisos automáticos para uma maior racionalização dos consumos e também permitindo a ligação à internet para uma monitorização mais eficiente [47]. Este novo contador é também capaz de, remotamente, efetuar alterações de potência ou de tarifário para o consumidor usufruir sempre do melhor preço do mercado.



Figura 4.1 - Como funciona a *Smart Grid* [47].

Além da inteligência, outra ideia associada à *Smart Grid* é a sustentabilidade. A descentralização da produção de energia é uma das propostas das redes inteligentes, onde qualquer um pode produzir energia e armazenar ou vender o excedente.

Toda esta evolução deverá chegar aos eletrodomésticos, tornando-os também inteligentes. Brevemente será possível programar a máquina de lavar roupa para funcionar somente nos horários em que a energia é mais barata. Além disso, com a medição inteligente é possível saber quanto consome mensalmente cada aparelho, algo difícil hoje em dia [47].

Através de um *site* ou *software* pode-se acompanhar diariamente o gasto energético da televisão ou do frigorífico e saber com precisão, quanto vai custar a fatura de energia no fim do mês. Até os carros podem servir como fornecedores de energia, pois, em momentos em que o custo por kW é mais alto, a energia armazenada nas baterias do veículo pode servir como fonte de eletricidade para a habitação.

A CASA INTELIGENTE

Os benefícios

- Baixo custo de energia
- Energia limpa
- Conservação da energia
- Melhoramento da eficiência energética

Medidor inteligente

- Preço da tarifa em tempo real.
- Acompanhamento do consumo

Aparelhos inteligentes

- Aparelhos programados para não funcionar em horários de pico

Sensores

- Sensores em toda a rede medem a qualidade da transmissão



Produção

- Consumidor pode produzir a própria energia

Figura 4.2 - A casa inteligente [47].

Smart Grid é a aplicação da tecnologia da informação para o sistema elétrico de potência, integrada aos sistemas de comunicação e infraestrutura de rede automatizada.

Especificamente envolve a instalação de sensores nas linhas da rede de energia elétrica. Esses sensores detetam informações sobre a operação e desempenho da rede (parâmetros, tais como tensão e corrente). Os sensores analisam essas informações para determinar o que é significativo: por exemplo, num caso em que se tem uma tensão elevada, o *software* deteta o nível de tensão e dará ordem a um dos dispositivos já instalados na rede para reduzir a mesma, economizando assim a energia gerada [48].

4.3 - *Smart Grids* - Objetivos

Portugal tem como objetivo promover a cobertura da maioria do território nacional por redes inteligentes, aliando-a a uma gestão mais eficiente das redes existentes.

Até 2009, foram instaladas 600 mil novas *energy boxes* na distribuição de eletricidade, que incluem sistemas de contagem inteligente, módulos de gestão da procura, de gestão técnica da microgeração e de cargas controláveis e interfaces com utilizadores, com o objetivo de abranger 10% dos consumidores domésticos [49].

Com um investimento de 1000 milhões de euros, as redes inteligentes serão responsáveis pela criação de 3000 empregos e permitirão integrar o carregamento do veículo elétrico e a microgeração descentralizada [49].

4.3.1 - Caso *InovGrid* - Cidade Modelo

O projeto *InovGrid* trata-se basicamente da cidade do futuro, de uma cidade completamente não poluente, e completamente eficiente e sustentável. Depois de várias fases iniciais, a cidade de Évora foi a 1ª cidade portuguesa a receber a instalação piloto.

Esta nova etapa do projeto envolve um orçamento de mais de 11 milhões de Euros, cujo desígnio é avaliar as dificuldades de implementação e exploração de uma solução de grande dimensão, levar a cabo ajustes necessários e avaliar os benefícios reais do *InovGrid* [50].

4.3.1.1 - Vantagens Económicas e Ambientais

As vantagens que um projeto como este pode trazer ao futuro das *Smart Grids* são vários. Em primeiro lugar, e segundo o professor João Peças Lopes, serão evidentes “os benefícios económicos para os operadores e comercializadores, os quais resultam de uma maior eficiência na exploração das redes elétricas e na redução de custos das atividades de gestão comercial da venda de eletricidade”.

Posteriormente, surgirão as vantagens económicas para os consumidores, dada a possibilidade de redução da fatura de energia elétrica, uma vez que os consumidores podem gerir os seus consumos de forma mais eficiente, conseguindo assim combater o desperdício. Por fim, o professor afirma que “ficarão patentes ganhos económicos globais, graças ao potencial de criação de emprego e riqueza a nível nacional em resultado da industrialização e da possibilidade de exportação de soluções tecnológicas de alto valor acrescentado” [50].

Além destas vantagens, acrescem ainda os benefícios indiretos, que resultam do aumento, não só da capacidade para explorar as FER geograficamente distribuídas, como também da eficiência dos consumidores nos consumos energéticos. Este sistema vai contribuir para reduzir a dependência energética externa e as emissões de CO₂ na produção de eletricidade a partir de combustíveis fósseis [50].

4.3.1.2 - Cidade Inteligente - Principais Características [32 e 51]

i) *Energy box*:

- O contador de eletricidade tradicional será substituído por um terminal de rede inteligente: uma *energy box*;

- As alterações de potência ou de tarifário não necessitam da nossa presença, ou de um técnico, uma vez que o sistema poderá fazê-lo remotamente;
- A fatura refletirá o consumo real, uma vez que a leitura é recolhida automaticamente pelo equipamento colocado na habitação;
- Pode ativar o envio de avisos automáticos (carta, email, sms) para uma maior racionalização dos consumos;
- No visor, estarão disponíveis informações essenciais para uma gestão eficiente dos consumos: no futuro, será possível aceder de outros suportes como PDA e internet onde estarão disponíveis análises gráficas de consumos, simulação e consulta do ciclo do horário contratado para seleção do período mais aconselhado para consumir e adaptação da potência contratada ao consumo real);

ii) Microgeração :

- Qualquer pessoa pode produzir energia na própria habitação, para utilização própria ou vender à rede;
- O consumidor torna-se produtor e vendedor de energia e vai poder instalar painéis solares fotovoltaicos ou pequenas turbinas eólicas em sua casa;
- Em caso de avaria numa zona residencial, a produção de uma casa ou de um conjunto de vizinhos pode assegurar o fornecimento de eletricidade a várias outras casas, ou até de todo o bairro;
- Se na garagem estiver um veículo elétrico, o cliente/produtor pode calcular a parcela exata de consumo alocada ao seu abastecimento, na habitação, uma vez que terá a capacidade de medir o consumo de energia de 15 em 15 minutos;
- O balanço energético entre o que consome e o que produz será consultado *online*, percebendo-se exatamente a que horas do dia é consumidor e a que horas é produtor.

iii) Casas inteligentes:

- O cliente pode saber exatamente quando, como e onde gasta a sua energia;
- Conhecer as horas do dia em que mais consome e aquelas em que pode usar eletricidade a um preço mais favorável, podendo programar os seus eletrodomésticos para funcionarem nesses períodos;
- A faturação por estimativa dá lugar a uma gestão de consumos em tempo real, minimizando custos;
- Novos serviços e planos de preços são ajustados aos perfis de consumo e à possibilidade de optar por soluções de domótica;
- Com base na telegestão, a deteção de avarias é automática, e podem ser ativados, remotamente, alterações tarifárias e de potência.

iv) Mobilidade elétrica :

- Implantação de 16 postos de abastecimento, em Évora, para o carro elétrico Mobi.E;
- Suporte das operações de carga e descarga dos veículos elétricos;
- Controlo quase em tempo real da energia consumida nos postos;
- Redução substancial de emissões de CO₂ e menor utilização de recursos fósseis.

4.3.2 - Os Veículos Elétricos nas *Smart Grids*

O desenvolvimento de um mercado de penetração de veículos elétricos e o plano de desenvolvimento de uma plataforma que permita a integração de veículos elétricos no parque automóvel nacional exige medidas ao nível das infraestruturas e soluções de carregamento. Assim, é necessária a criação de um conjunto de infraestruturas, que proporcionem o acesso ao carregamento dos veículos elétricos nos principais eixos viários e zonas edificadas de Portugal.

4.3.2.1 - Introdução

Os veículos elétricos são viaturas que foram inventadas em 1828 tendo sido deixados de produzir em meados do século XX. Com o aparecimento de grandes reservas de petróleo, o preço dos combustíveis baixou, levando à produção em massa de veículos com motor de combustão interna e, como consequência, os veículos elétricos perderam popularidade [52].

Como já referido anteriormente, o recurso energético constituído por combustíveis fósseis, em particular o petróleo, é finito. As previsões [52] apontam para o declínio do fornecimento desta matéria-prima para as próximas décadas de acordo com as previsões de produção atuais.

Não é só do petróleo (preços e níveis de fornecimento futuros) que se deve falar: alterações climáticas, maior procura de mobilidade, novos desenvolvimentos tecnológicos no que se refere a motores e baterias - todos estes fatores contribuem para o facto de se estar a assistir ao ressurgimento de uma ideia com mais de 100 anos e que volta a estar no centro das atenções nos dias atuais: o carro elétrico, que despoletou uma onda de desenvolvimentos é o impulsor de novas e excitantes alianças [53].

Os carros passam a ser unidades de armazenamento de energia móveis com capacidade de devolver a energia às *Smart Grids*, transformando os carros elétricos em muito mais do que veículos ecologicamente compatíveis [53]:

- Os carros passam a constituir um elemento importante na infraestrutura de energia inteligente e contribuem para a capacidade da rede em compensar a entrega irregular de energia, gerada por unidades de produção distribuídas e de energias renováveis;
- Prevê-se que o número de carros elétricos em todo o mundo aumente para 12 milhões até 2020 (um número com enorme potencial).

4.3.2.2 - O Paradigma da Mobilidade Elétrica

Motivados pela crescente dependência energética do petróleo e pelo enorme impacto ambiental resultado da utilização de combustíveis fósseis, Portugal aposta em novos modelos energéticos para a mobilidade, que visam melhorar a qualidade de vida das cidades e de todos os portugueses [54].

Assim, surge a Rede de Mobilidade Elétrica (Rede MOBI.E).

Uma rede integrada entre vários postos existentes em território nacional, dinamizada pela entidade gestora Mobi.E, que permitirá o abastecimento dos veículos elétricos [54].

A sua missão primordial é contribuir para uma mobilidade mais sustentável, maximizando as vantagens e integrando harmoniosamente a energia elétrica, resultante de energias renováveis, no funcionamento e desenvolvimento das cidades [54].

A Rede Mobi.E consiste na utilização das energias renováveis, através de novos modelos elétricos, para o desenvolvimento e a mobilidade nas cidades.

Portugal é pioneiro no lançamento da Rede Nacional de Mobilidade Elétrica, que visa a criação de novas oportunidades económicas e tecnológicas e melhoria da qualidade de vida nas cidades [55].

Esta rede é mais do que um conjunto de pontos de carregamento: a tecnologia desenvolvida permite ao utilizador, através do computador pessoal ou do telemóvel, localizar e selecionar locais de carregamento, planear trajetos, saber o estado de carregamento do seu veículo e analisar a sua fatura de mobilidade com o objetivo de otimizar consumos [55].

Com a introdução do veículo elétrico como alternativa aos meios de transporte rodoviários que utilizam combustíveis fósseis, identificam-se vários impactos benéficos, associados ao novo paradigma de mobilidade energética, nomeadamente [55]:

- Redução de emissões de CO₂;
- Melhoria da qualidade do ar;
- Redução do ruído;
- Redução da dependência energética do país, através de uma estratégia concertada com um melhor aproveitamento da capacidade de produção das energias renováveis;
- Proteção dos consumidores face à volatilidade dos preços do petróleo;
- Utilização mais eficiente da rede elétrica, com naturais benefícios para todos os cidadãos, permitindo uma diminuição dos custos específicos associados à definição das tarifas reguladas de eletricidade.

Além dos benefícios associados à melhoria da eficiência energética, a aposta nos veículos elétricos e na mobilidade elétrica induz outros impactos positivos, integrando o desenvolvimento de capacidades no domínio da engenharia e da produção de baterias, componentes e integração de veículos, bem como ao nível das infraestruturas energéticas, com a criação de sistemas avançados e inteligentes de carregamento e de gestão da rede, permitindo no futuro a exploração de modelos de negócio em que os utilizadores são, simultaneamente, consumidores e produtores de energia, e potenciando a utilização das energias renováveis, sem custos adicionais. Os veículos funcionarão como um armazém da energia renovável produzida durante a noite sendo inserida na rede nas alturas de maior procura.

4.3.2.3 - Abastecimento de Veículos Elétricos

A rede piloto Mobi.E é composta por 1300 pontos de carregamento normal em espaços de acesso público (ruas e parques de estacionamento geridos pelas autarquias) e 50 pontos de carregamento rápido. Além desta rede, existem operadores privados que estão a instalar pontos de carregamento de acesso público integrados no sistema Mobi.E em parques de

estacionamento, centros comerciais, hotéis, aeroportos ou áreas de serviço, aumentando a abrangência da rede e, deste modo, qualquer utilizador pode usar o seu veículo elétrico para viajar em todo o país, com todo o conforto e segurança [54].

Nesta rede existem dois tipos de carregamento de veículos elétricos : o normal e o rápido. O normal (cujo tempo de carregamento é de 6 a 8 horas) é o preferencial e é utilizado no dia-a-dia pela maioria dos utilizadores, em casa ou na rede de acesso público Mobi.E. O rápido (cujo tempo de carregamento é de 20 a 30 minutos) foi pensado para automobilistas em deslocações maiores, cuja distância a percorrer seja superior ao raio de alcance das suas baterias, ou para o carregamento de conveniência ou emergência [54].

i) Carregamento do Veículo no Sistema MOBI.E:

O abastecimento do veículo elétrico na rede de carregamento MOBI.E requer a utilização de um cartão Mobi.E, que dará acesso aos postos de abastecimento [54].

Durante o carregamento o utilizador poderá, através do portal Mobi.E e do acesso *mobile*, monitorizar o processo de carregamento em curso, e configurar alertas por SMS, por exemplo. No final, será lançado no seu extrato o valor do carregamento, que inclui a eletricidade consumida e um valor pelo serviço de carregamento [54]. A qualquer momento, o utilizador poderá aceder ao portal e consultar os seus movimentos mais recentes e todo o histórico de consumos.

ii) Carregamento Doméstico:

Os locais de estacionamento em edifícios novos ou reconstruídos são já obrigados por lei a dispor de um ponto de carregamento ou de uma tomada elétrica para o carregamento de baterias de veículos elétricos (DL nº 39/2010 de 26 de abril, artigo 28º).

No entanto, a maioria dos locais de estacionamento privados encontram-se em edifícios construídos antes da publicação deste DL. No caso de edifícios já existentes, os locais de estacionamento que tiverem tomadas elétricas com ligação exclusiva da fração poderão, em princípio, ser adaptadas para o carregamento de veículos elétricos [54].

Interessante é que, como referido anteriormente, além da redução das emissões de CO₂ derivada da menor utilização de recursos fósseis para o abastecimento do veículo, também para o carregar, a eletricidade necessária, pode ser totalmente obtida por FER, ou seja, em cada casa pode-se carregar o veículo com a energia produzida pelo sistema de microgeração. Mais interessante ainda é que se pode utilizar a energia que está acumulada na bateria do veículo, para alimentar a habitação [32].

4.4 - *Smart Grids* - Problemas a ultrapassar

Nem tudo o que está ligado à *Smart Grid* e aos veículos são vantagens. Existem problemas que devem ser ultrapassados para que, num futuro próximo, se possa tirar o máximo partido destas inovações tecnológicas.

A curta duração das baterias e os custos da eletricidade para se carregar o veículo, o facto de se sobrecarregar a rede se todos os utilizadores carregarem o seu veículo num mesmo período de tempo são alguns problemas que a rede terá de ultrapassar.

Além de que, numa rede inteligente, é preciso ter em conta que, além de as redes elétricas apresentarem cada vez maiores dificuldades na capacidade de resposta causadas pelo aumento da procura de eletricidade (quer por eletrodomésticos cada vez mais potentes, quer pela crescente implementação de veículos elétricos), também é necessário conseguir manter a estabilidade da rede, que é um enorme desafio, devido às constantes oscilações entre a oferta e a procura de energia elétrica e devido aos picos de procura [32].

Algumas soluções apresentadas (que vão sempre depender de uma evolução tecnológica) são o facto de se conseguir aumentar a conectividade na rede, melhorar o consumo energético e permitir uma cada vez maior descentralização da energia elétrica.

As soluções devem passar por se conseguir redes bidirecionais que potenciam a utilização de todos os recursos energéticos e um tratamento da informação relativa ao trânsito de energia passam a permitir a gestão da rede em tempo real, potenciando a otimização dos fluxos de energia e obter contadores inteligentes que substituirão os tradicionais, facilitando a comunicação bidirecional entre consumidores e a empresa que presta os serviços (subestações digitais e outros equipamentos passam a ser geridos através de um sistema de controlo de informação remoto e centralizado) [32].

Os sistemas automatizados serão decisivos para a *Smart Grid*. De facto, um dos aspetos mais desafiadores da tecnologia *Smart Grid*, que precisa ser desenvolvido, além do medidor, é a plataforma central para fazer uso desses medidores.

O *Distribution Management System* (DMS) é um sistema concebido para fazer uso das informações fornecidas pelos medidores inteligentes automaticamente. Este sistema de gestão das redes inteligentes pretende melhorar a eficiência e a confiabilidade, assim como fornecer notificações detalhadas sobre interrupções.

Com um DMS pode-se reduzir a duração das interrupções, melhorar a velocidade e a precisão das previsões das interrupções, controlar aspetos da rede de distribuição para melhorar continuamente a otimização do fluxo de energia e mesmo enviar notificações automáticas de trabalho para as equipas, para gerir com eficiência a reparação das falhas e proporcionar aos clientes tempos de reparação estimados [56]. Pretende-se uma localização, controlo e tempo de restauração melhorados. Uma visão em tempo real da rede e decisões dinâmicas tornam-se fatores essenciais para otimizar recursos e gestão da procura.

Outro aspeto a ter em conta nas *Smart Grids*, de acordo com [57], são as invasões de *hackers*, pela internet. Já existem empresas de serviços públicos que começaram a testar e a implantar essa tecnologia em residências e empresas.

O sistema das *Smart Grids* recebe e envia dados para uma rede central, tornando-se possível visualizar o uso de energia para uma secção de um edifício, por exemplo. As redes inteligentes podem ser vulneráveis a ataques e abrir portas para que *hackers* cortem a energia elétrica em residências e empresas, causando outros tipos de estragos ao assumirem o controlo da infraestrutura das redes inteligentes de comunicação.

Eventualmente, a medida mais eficaz de prevenção desses ambientes é o isolamento da rede *Smart Grid* que não deve trocar informações com outras redes [57]. Aconselha-se às empresas, em [57], a realizarem testes periodicamente para se certificarem se as *firewalls* estão ativas e verificar se as redes fechadas são seguras.

4.5 - Aproveitamento Eficiente de Energia - Microgeração e Veículos Elétricos - A Floresta Solar

Tendo em conta a temática das energias renováveis e amigas do ambiente, o arquiteto Neville Mars projetou uma estação de carregamento de veículos que parece uma floresta de painéis solares.

Esta floresta solar não é mais do que um estacionamento para veículos elétricos. Mas, neste caso, as árvores não são comuns: as suas “folhas” são, na verdade, células fotovoltaicas que fornecem energia para carregar as baterias dos veículos estacionados, e ainda lhes fornecerem sombra. Será portanto, o futuro de um posto de combustível [58].

O formato da floresta baseia-se no princípio dos seguidores dos painéis solares fotovoltaicos: as “folhas” movem-se de acordo com a posição do sol para maior eficiência, sendo que cada tronco tem tomadas para ligar ao veículo, para o carregar ou mesmo para enviar energia para a rede [58].

Núcleos como este, distribuídos estrategicamente ao longo da rede de estradas, permitirão ultrapassar uma das maiores limitações dos veículos elétricos: a autonomia.



Figura 4.3 - Ilustração da floresta solar [58].

Não está muito distante o tempo em que a maioria dos veículos automóveis utilizarão motores não poluentes movidos a energia elétrica. Tal como agora, serão necessárias estações de serviço ao longo de toda a rede de estradas para que possam efetuar o reabastecimento, ou seja, a recarga das baterias.

Mas, talvez essas infraestruturas venham a ter um aspeto bastante diferente das que existem agora. A floresta solar é para já apenas um exercício conceptual que, à medida que o tempo passa, possui cada vez mais hipóteses de se tornar uma realidade [58].

4.6 - Conclusões

Reunindo o mais recente progresso em tecnologias de informação e comunicação, o desenvolvimento das redes permitirá que a eletricidade flua exatamente onde e quando for necessário, pelo menor custo.

As redes inteligentes darão, em particular, aos consumidores a capacidade de acompanhar o seu consumo efetivo de energia elétrica em tempo real: com os medidores inteligentes, os consumidores terão um forte incentivo para economizar energia e, consequentemente, dinheiro. As estimativas mostram que as redes de eletricidade inteligentes devem reduzir as emissões de CO₂ na UE em 9% e o consumo anual de energia doméstico em 10% [59].

O preço da energia muda frequentemente, mas o consumidor não sabe, nem reage a essa mudança. Na *Smart Grid*, o preço final variará também, criando o incentivo para economizar na hora de pico de preço e para vender o excesso disponível em momentos de muita procura e, consequentemente, de preço elevado. As redes inteligentes levarão ao desenvolvimento de eletrodomésticos e de sistemas de ar condicionado informatizados, que saberão tirar partido das variações do preço do mercado [60].

A eficiência na transmissão de eletricidade pelos novos cabos será muito superior, pois serão supercondutivos. Como resultado, poderão levar, com pouca perda, energia a áreas distantes [60], o que facilitará o transporte, a baixo custo, da energia produzida por FER, para as habitações unifamiliares.

Na Europa, e pensando numa maior escala, poder-se-á trazer energia geotérmica da Islândia, eólica do Mar do Norte ou energia solar produzida em áreas desérticas de Marrocos a um preço bastante atrativo.

Com a *Smart Grid*, quando um nó do sistema sofrer uma avaria será capaz de evitar apagões generalizados, mudando o caminho por onde circula a energia. Ao invés da dependência de grandes centrais de energia que abastecem a rede toda, serão usadas pequenas centrais, abrindo mais espaço para energia eólica, solar e hidroelétrica (produção distribuída) [60].

A rede inteligente também conseguirá detetar uma falha e localizá-la com precisão, permitindo à empresa distribuidora de energia responder a essa falha rapidamente. Ou seja, a *Smart Grid* consegue isolar o impacto de uma falha de forma a que o menor número de clientes seja afetado quando há uma falha de energia numa determinada localidade.

A integração de redes de produção descentralizada através de tecnologias de informação e comunicação inteligentes, a possibilidade de fluxos de energia bi-direcionais, a monitorização melhorada, a maior segurança operacional e os custos de vida reduzidos, serão outras vantagens a poder retirar destas novas redes.

A rede inteligente é [32]:

i) Mais inovadora:

- Renovação tecnológica;
- Automação da gestão das redes;

- Maior fiabilidade e qualidade do fornecimento.

ii) Mais dinâmica:

- Relação mais direta entre o microprodutor e distribuidor;
- Relação mais próxima entre o cliente e o comercializador;
- Generalização da microgeração.

iii) Mais eficiente:

- Diminuição dos custos de operação;
- Melhor gestão da rede;
- Maior controlo sobre as fontes de produção de energia.

iv) Mais sustentável:

- Aposta nas energias renováveis, na proteção ambiental e na redução das emissões de CO₂;
- Promoção da eficiência energética e da sustentabilidade ambiental.

Capítulo 5

Caso de Estudo - Microgeração Eólica - Sistema Interligado à Rede

5.1 - Introdução

Os sistemas interligados à rede minimizarão os sistemas de armazenamento de energia, pois quase toda a geração é entregue diretamente à rede elétrica. Estes sistemas representam uma fonte complementar ao sistema elétrico de grande porte, ao qual estão interligados.

Os sistemas eólicos interligados à rede apresentam as vantagens inerentes aos sistemas de geração distribuída, tais como: a redução de perdas no transporte de energia, o custo evitado da expansão de rede e a geração na hora de ponta quando o regime dos ventos coincide com o pico da curva de carga.

Esta alternativa de geração de energia por parte do consumidor (que agora se pode também tornar produtor) é acompanhada de fortes vantagens, como o facto de ser uma alternativa não poluente e renovável.

Neste capítulo da dissertação são apresentados os cálculos para se verificar a viabilidade económica da instalação de um sistema eólico na localidade de residência do autor da dissertação. Para tal, e depois de reunidos os fatores essenciais e necessários, procederam-se aos cálculos finais de modo a verificar o objetivo proposto.

5.2 - Considerações antes de Iniciar o Dimensionamento

A velocidade média do vento no local é um fator decisivo quando se tenciona instalar um aerogerador. Se o local for abrigado dos ventos, se tiver turbulências causadas por edifícios ou árvores altas, ou ficar em regiões que habitualmente têm ventos fracos, poderá não se justificar o investimento [62].

Para se poderem avaliar as potencialidades eólicas de um local, é necessário efetuar medições da velocidade e da direção do vento. Para se medir a velocidade do vento utilizam-se os anemómetros, para analisar a direção usam-se os cataventos [62]. O ideal é fazer essas medições durante um longo período de tempo, porque os ventos variam durante o ano.

Para se verificarem as capacidades eólicas do local é necessário analisar os mapas de distribuição espacial da velocidade do vento e da sua direção, representados nos mapas das figuras 5.1 e 5.2. De ressaltar que estas cartografias não dispensam o estudo e medição prévios dos referidos parâmetros no exato local onde se pretende instalar o sistema de microgeração com os já referidos instrumentos de medida (catavento e anemómetro).

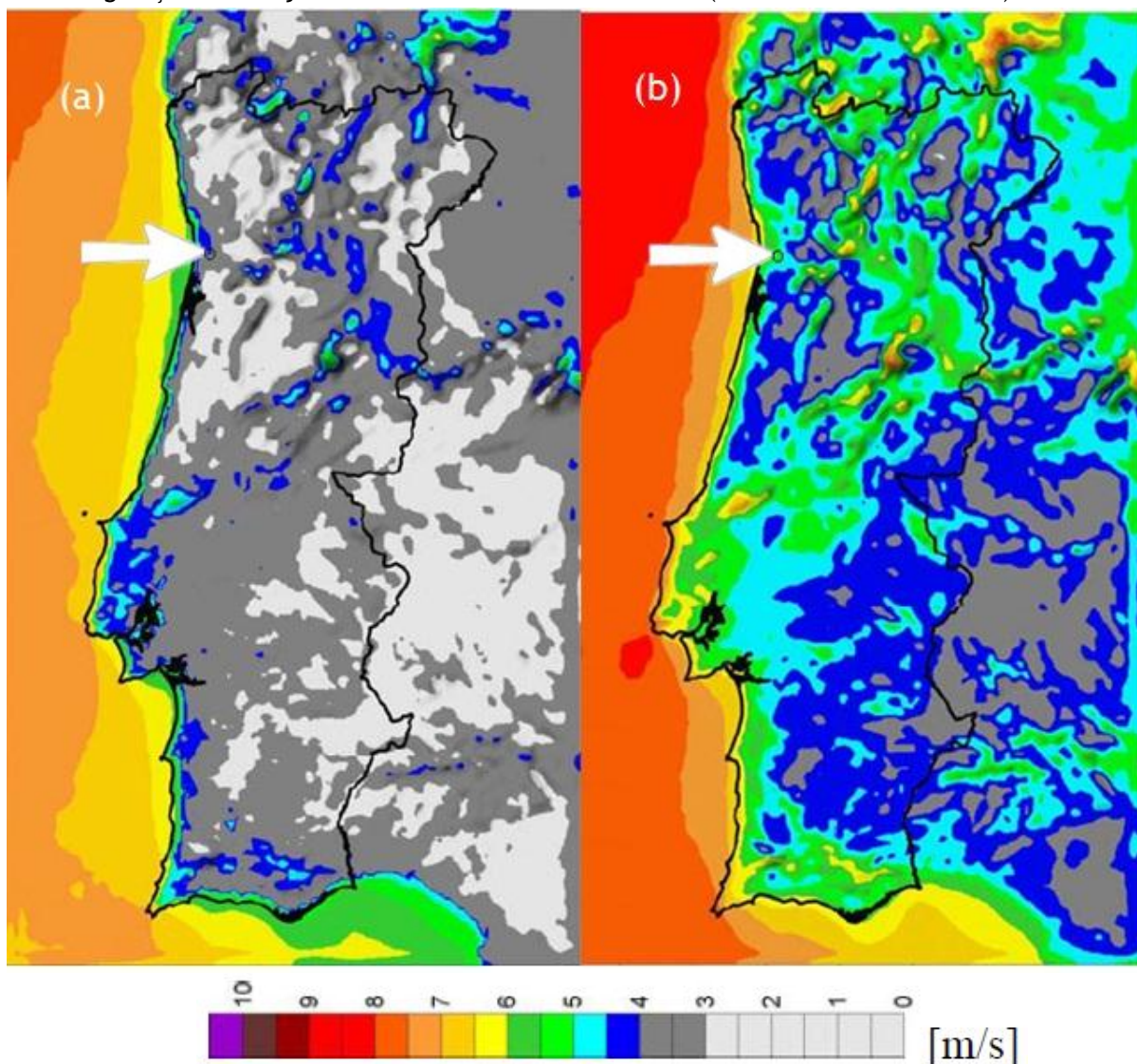


Figura 5.1 - Mapas de distribuição espacial da velocidade do vento média em Portugal continental (m/s): (a) a 10 metros de altura; (b) a 60 metros de altura [63].

Como se pode constatar, na região de implementação do sistema eólico (assinalada nos mapas pela seta branca), a velocidade média anual encontra-se entre os 3 e os 4,5 m/s para uma altura de 10 metros (que é a mais próxima da utilizada para este caso). Portanto, será de esperar que os resultados obtidos no anemómetro sejam dentro destes valores.

Quanto à direcionalidade média que o vento costuma ter na região de construção do sistema eólico (assinalado nos mapas da figura 5.2 pelo ponto negro), pode-se verificar que segue normalmente para Nordeste, podendo ter direção para Sudeste devido aos ventos mais fortes provenientes do oceano. Portanto, será de esperar que o valor que se obtiver do catavento seja aproximadamente este.

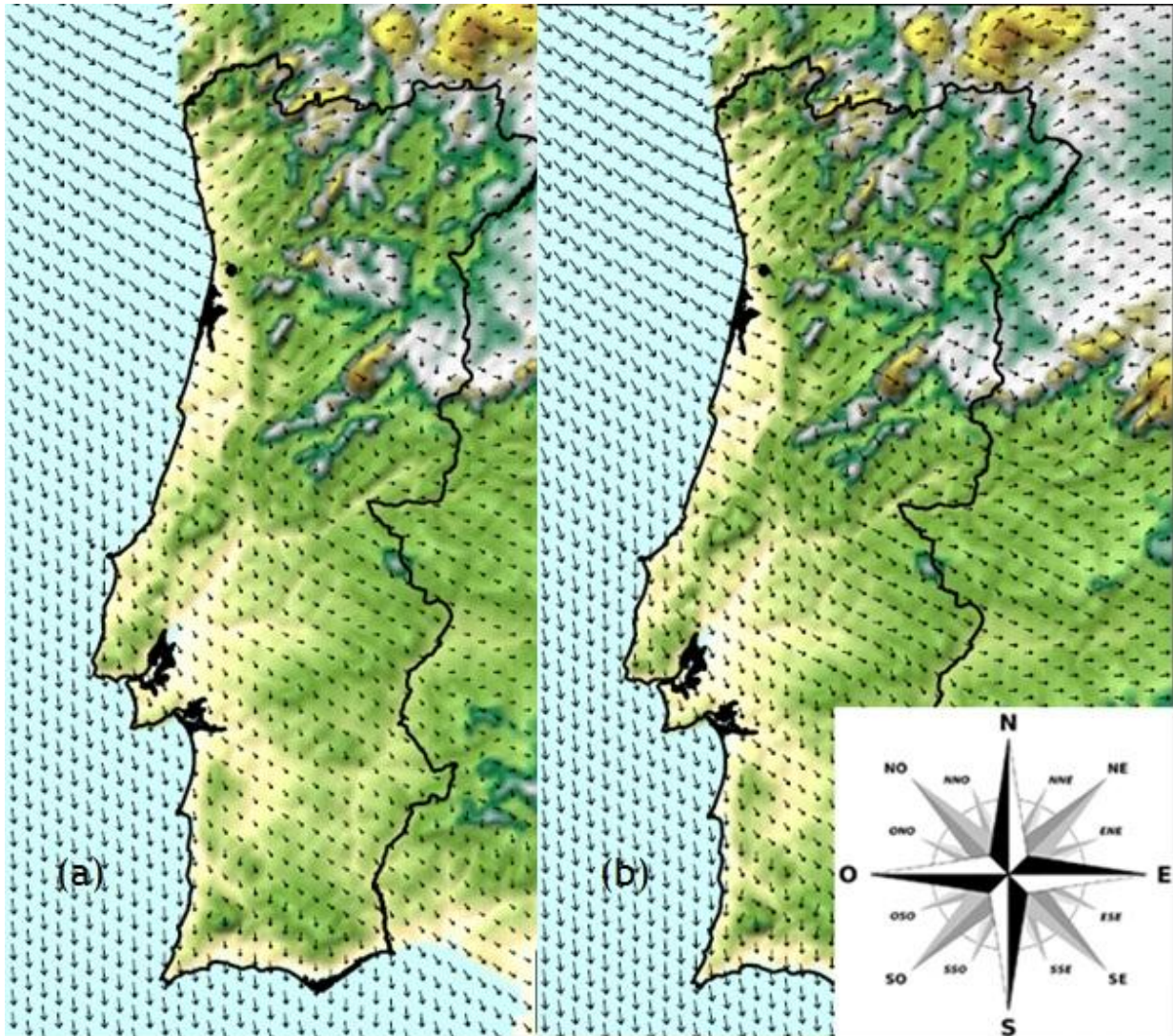


Figura 5.2 - Mapas de distribuição espacial do rumo médio do vento em Portugal continental: (a) a 10 metros de altura; (b) a 60 metros de altura [63].

Estas informações devem ser obtidas antecipadamente no local, por exemplo numa base mensal, durante 12 meses no mínimo, para se poder fazer a estimativa da produção de energia mensal e anual por parte da turbina.

Na situação estudada, para se verificar a viabilidade económica do investimento numa unidade de produção de energia eólica na minha casa, em Grijó (Vila Nova de Gaia), foram utilizados o catavento (que permitirá conhecer a direção normal do vento) e o anemómetro (para saber a velocidade média do vento). Estes dois aparelhos encontram-se juntos, como se pode apurar na figura 5.3 (a), e comunicam os dados obtidos à estação meteorológica da figura 5.3 (b), que por sua vez comunica com o computador, com recurso a um *software* específico para a transferência dos dados das medições.

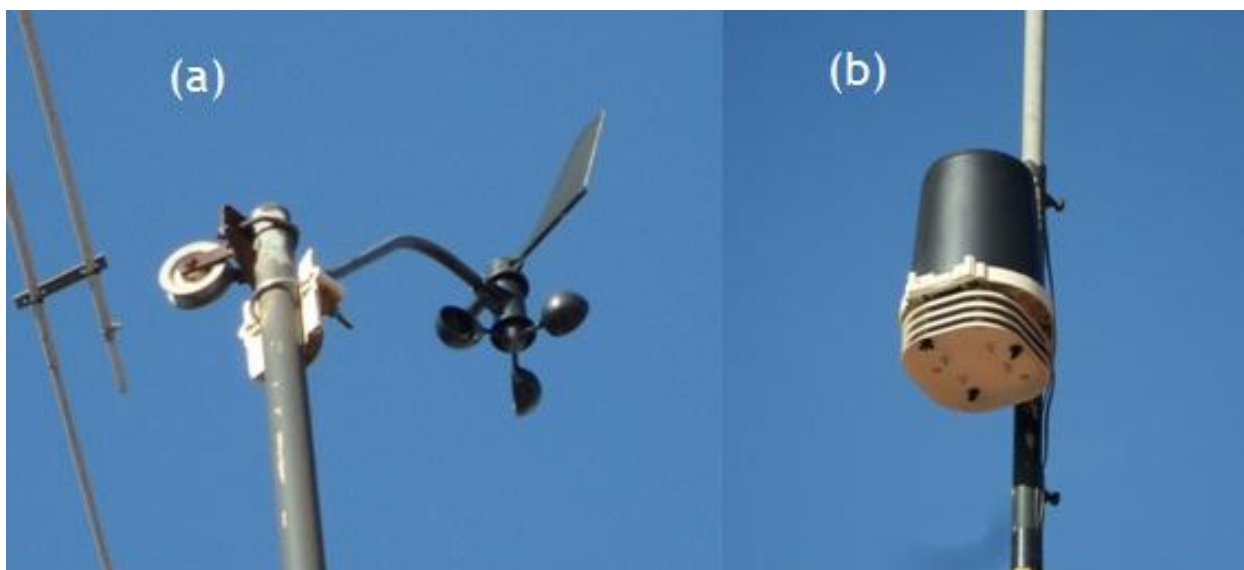


Figura 5.3 - (a) Fotografia do catavento e do anemómetro utilizados para as medições; (b) fotografia da estação meteorológica DAVIS que estabelece comunicação com o computador.

Convém ter presente que a velocidade do vento tende a aumentar e a direção do mesmo tende a ser mais estável, quanto maior for a altura. Este facto ganha ainda maior importância em áreas com elevada rugosidade, cujo solo tenha obstáculos pronunciados, como edifícios e árvores altas (exemplificado na figura 5.4), porque aí o escoamento das correntes de ar é travado, diminuindo a velocidade do vento e criando turbilhões que alteram a direção do vento. A orografia⁸ influencia consideravelmente o escoamento do vento : a forma do terreno envolvente, se é plano, se tem montes suaves ou escarpados afeta as correntes de ar no local, como se pode verificar na figura 5.5.

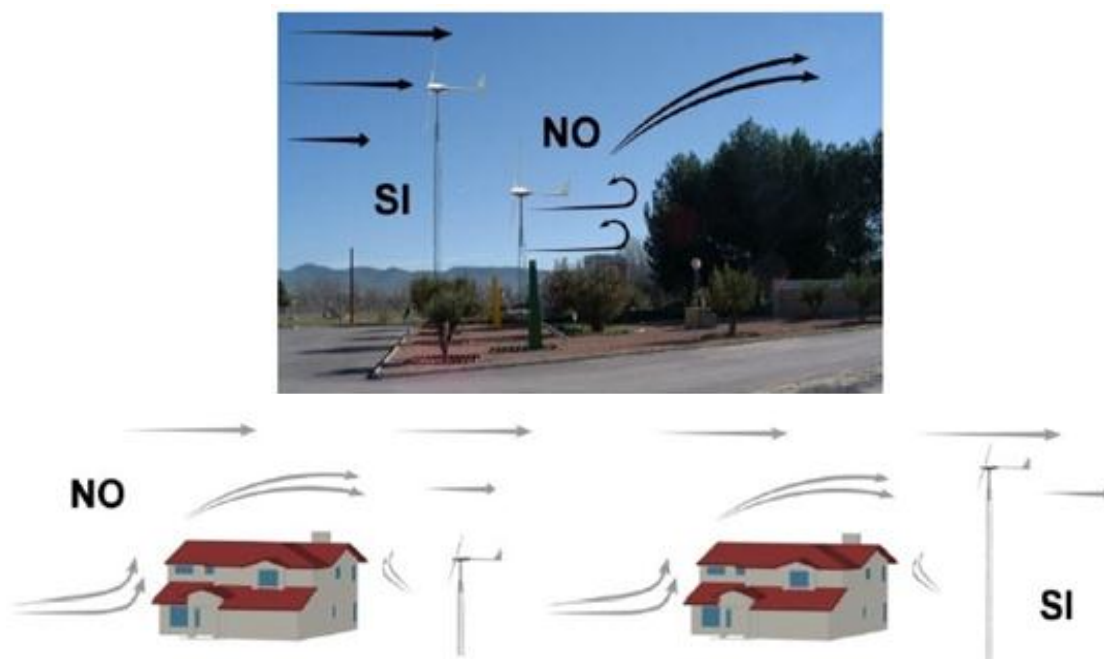


Figura 5.4 - Exemplos do efeito da diferença de alturas da microeólica [64].

⁸ Estudo das nuances do relevo de uma região (configuração do terreno).

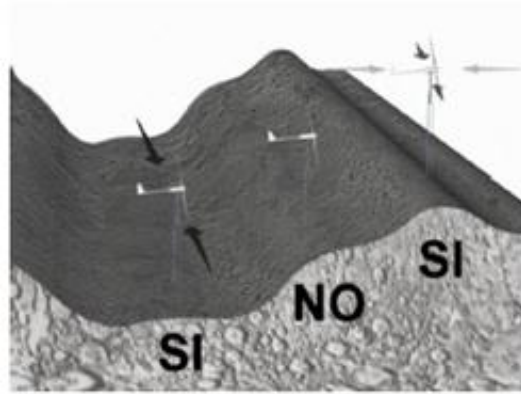


Figura 5.5 - Exemplo do efeito do relevo na microeólica [64].

Para conseguir coordenar e recolher os dados do catavento e do anemómetro, recorre-se a uma estação meteorológica (figura 5.1 (b)) que está interligada a um computador que por sua vez possui um *software* (designado por “Cumulus”) que faz os cálculos que permitem obter a média da direção do vento e a média da velocidade do vento, ao longo dos períodos de tempo que se seleccionar (instantâneo, diário, mensal ou anual).

Os dados da velocidade média anual, obtidos através do “Cumulus”, foram utilizados para analisar a curva de energia da turbina escolhida e assim calcular a produção média mensal (e anual) usando o *software* “Homer”. Os valores obtidos pelo catavento da figura 5.3 (a), serão utilizados para, no local de instalação, direcionar a turbina eólica para a direção de maior vento (caso a turbina escolhida não possua catavento integrado para a direcionar).

É preciso ter em conta que os dados obtidos no anemómetro, não são valores relativos à altura onde será instalada a turbina. É possível, contudo, estimar a velocidade do vento numa altura diferente daquela que foi medida através da equação 5.1.

$$v_2 = v_1 \cdot (h_2/h_1)^n \text{ [m/s]} \quad (5.1)$$

onde:

v_1 é a velocidade média do vento medida;

v_2 é a velocidade média do vento à altura da instalação da turbina;

h_1 é a altura a que foi medida a velocidade do vento;

h_2 é a altura a que será instalada a turbina;

n é o coeficiente dependente da rugosidade da superfície, com valores apresentados na tabela 5.1.

Tabela 5.1 – Coeficiente “n” dependente da rugosidade da superfície [65].

Tipo de Superfície	Coeficiente n
Superfície do oceano, areia	0,10
Terra, mato baixo	0,16
Pequenos arbustos, mato alto	0,18
Arbustos grandes, pequenas árvores, aldeias	0,20
Árvores grandes, cidades	0,30

No caso em estudo, a velocidade média do vento medida (v_1) é de 3,10 m/s, a uma altura de 11 m (h_1) com o anemómetro da figura 5.3 (a). A altura a que se pretende instalar a turbina será de 13 m (h_2). O coeficiente “n” considerado para o local é de 0,20. Assim sendo e aplicando a equação 5.1, a velocidade v_2 é igual a:

$$v_2 = 3,10 \cdot (13/11)^{0,20} = 3,21 \text{ m/s}$$

Esta é a velocidade do vento (corrobora-se que se encontra no intervalo de valores fornecidos pelos mapas da figura 5.1) que deverá entrar na estimativa de produção de energia por parte da turbina.

A energia oriunda das fontes renováveis é produzida essencialmente nos grandes parques eólicos e fotovoltaicos, no entanto, os produtores de BT apresentam uma grande importância na expansão deste tipo de produção.

A ligação à rede permite a venda de energia elétrica às companhias de distribuição, sendo que é enviada diretamente para a rede, não sendo necessárias as baterias, tornando assim os sistemas mais simples e sem manutenção.

Com o DL nº 363/2007 de 2 de novembro de 2007 (republicado pelo DL nº 118-A/2010 de 25 de outubro de 2010 e atualizado com a portaria nº 284/2011 de 28 de outubro de 2011), os microprodutores de energia têm a possibilidade de produzir eletricidade para a rede pública, porém não poderão ultrapassar os 50% da potência contratada até um máximo de 3,68 kW (regime bonificado) ou de 5,75 kW (regime geral).

No caso concreto, através de um aerogerador, o valor faturado no regime bonificado é, para o ano de 2012, de 80% de 0,326€/kWh, ou seja, de 0,261€/kWh, sendo que é necessário ter em conta que, para beneficiar deste regime, o produtor de energia ver-se-á obrigado a dispor de coletores solares térmicos (com um mínimo de 2m² de área útil de coletor) ou de uma caldeira a biomassa com produção anual de energia térmica equivalente.

5.3 - Dimensionamento dos Componentes

Um sistema de microgeração para venda de energia à rede é geralmente constituído por um aerogerador (e uma torre para elevar este à altura pretendida), um regulador eólico (incluído no aerogerador apenas quando se está perante sistemas isolados onde é preciso energia para carregar as baterias - que não é o caso aqui estudado), um retificador (já integrado na microeólica), um inversor e um contador de venda de energia produzida.

Toda a constituição do esquema em estudo é exemplificada no esquema unifilar da figura 5.6. A par disso, a figura 5.7 mostra o diagrama de blocos de ligação de uma turbina eólica à rede elétrica.

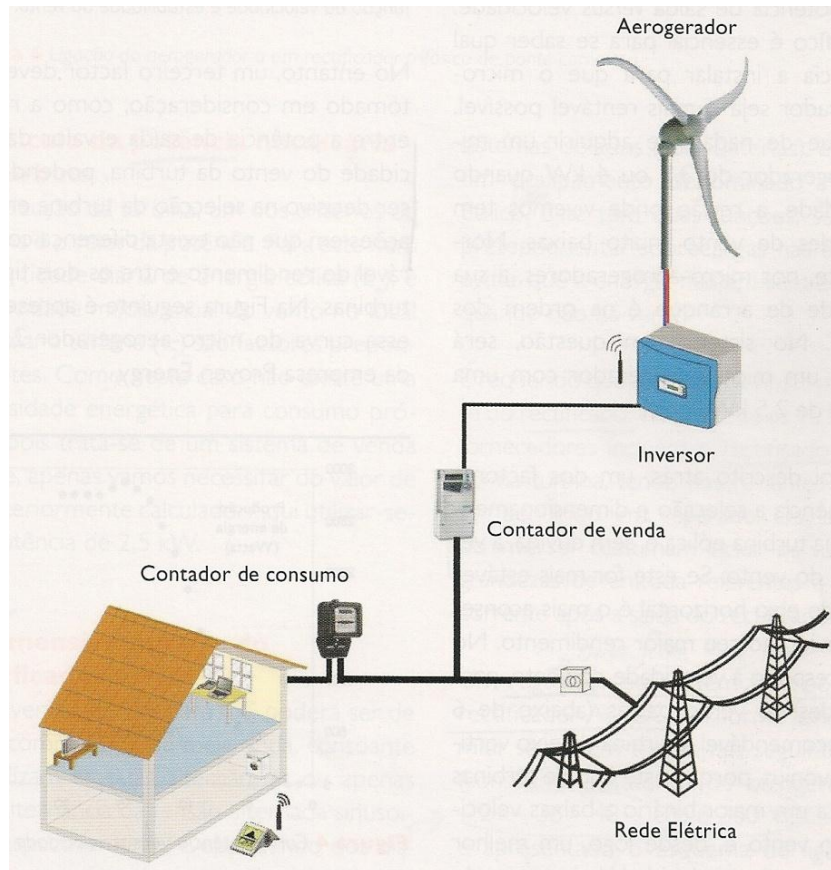


Figura 5.6 - Esquema unifilar de uma instalação de microgeração para venda de energia à rede, com base em energia eólica [65].

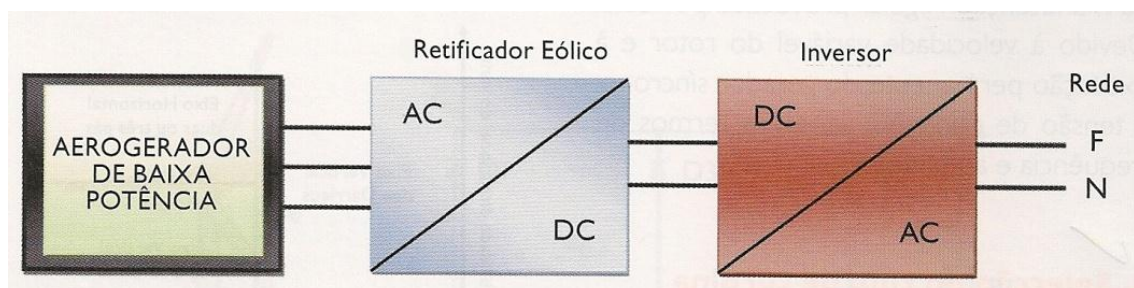


Figura 5.7 - Diagrama de blocos de ligação de uma turbina eólica à rede elétrica [65].

As turbinas utilizam um gerador síncrono de ímãs permanentes [65], ligado a um retificador trifásico, cuja função é a de retificar a corrente alternada que é produzida pelo aerogerador, que liga a um inversor para converter a corrente contínua em corrente alternada para ser injetada na rede, que liga a um contador que é utilizado para efetuar a contagem da venda de energia elétrica à rede pública.

5.3.1 - Dimensionamento e Seleção da Microturbina Eólica

O dispositivo que permite a conversão da energia cinética do vento, em energia mecânica (para as pás) e consequentemente em energia elétrica (para alimentação da rede elétrica ou de sistemas isolados) são as turbinas eólicas (neste caso em particular de microgeração, designadas por microeólicas).

A produção de energia a partir das microeólicas é feita essencialmente a partir de geradores síncronos trifásicos (sendo um tipo de gerador pouco comum nos aerogeradores de grande porte) [65]. Este tipo de geradores não possui caixa de velocidades, sendo, por isso, de polos salientes [65].

Uma vez que o gerador é ligado diretamente à turbina, o número de polos compensa a baixa velocidade a que funciona. De salientar que a ausência da caixa de velocidades é muito vantajosa, visto que proporciona um peso mais reduzido e um menor ruído do gerador, bem como uma menor exigência em termos de manutenção [65]. A tensão de saída AC varia em termos de frequência e amplitude, devido à velocidade variável do rotor (daí ser necessário um retificador pois, sem ele, não é possível garantir a frequência de 50Hz).

Como já referido anteriormente, antes de se proceder à instalação de uma microeólica numa habitação, têm que se realizar estudos de seleção e dimensionamento para que o investimento seja adequado à futura rentabilidade. Nestas análises são considerados, não só aspetos como o vento disponível no local da habitação e a sua direcionalidade (aspetos já verificados), como também o tipo de turbina e a potência que deverá ter para se conseguir obter o nível de produção esperado.

5.3.1.1 - Seleção do Tipo de Turbina Eólica

As turbinas eólicas são máquinas que utilizam a energia cinética dos ventos, denominada energia eólica, permitindo a rotação das suas pás, e transformando essa energia em energia elétrica. Uma classificação básica de tais turbinas é feita segundo a posição do eixo do rotor.

Atualmente existem dois tipos de turbinas eólicas no mercado (figura 5.8):

- Turbinas eólicas de eixo vertical;
- Turbinas eólicas de eixo horizontal.

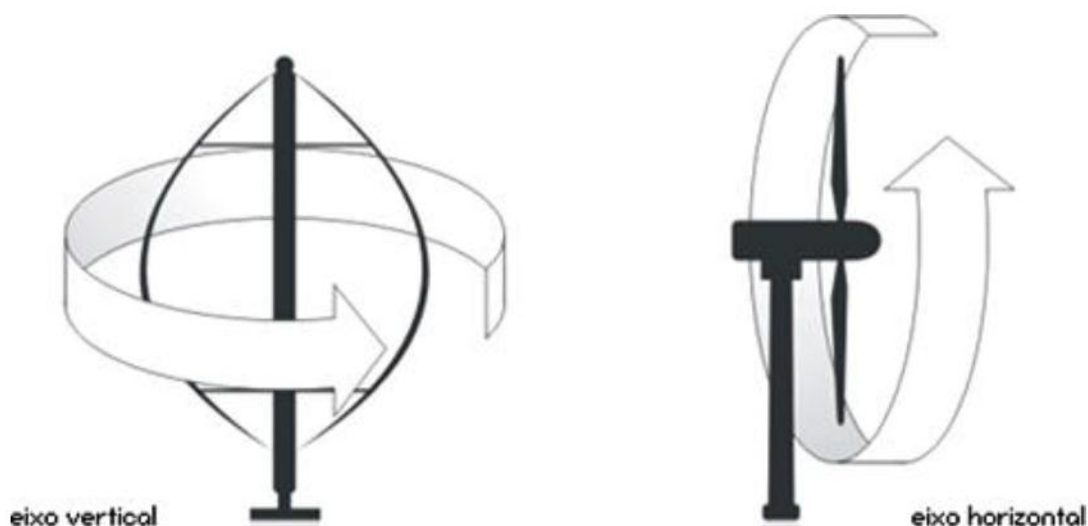


Figura 5.8 - Tipos de rotores de turbinas eólicas [66].

As turbinas eólicas de eixo vertical possuem o rotor e as pás em posição vertical e rodam de forma perpendicular ao vento. As turbinas desta tecnologia (ainda pouco desenvolvida), quando comparadas com as convencionais de eixo horizontal, apresentam como vantagens o facto de serem mais silenciosas e de captarem os ventos de todas as direções.

Como desvantagens apresentam o facto de terem um custo de fabrico mais elevado, requererem um sistema de partida para o acionamento em baixas velocidades, os esforços nas pás exercidos pela força centrífuga limita a sua velocidade, perdem captura de energia em terrenos complexos e a natureza do escoamento nas pás é muito mais complexa que nas turbinas de eixo horizontal, havendo dificuldades na obtenção de um adequado modelamento das forças aerodinâmicas [67].

Por outro lado, as turbinas de eixo horizontal são as mais comuns no mercado. Possuem um sistema de pás que giram num plano perpendicular à direção principal do vento. Apresentam como principais vantagens, uma velocidade de arranque normalmente mais baixa que nas turbinas de eixo vertical e custos de produção mais baixos. Como desvantagens, a necessidade de estarem afastadas de obstáculos para evitar efeitos de turbulência e uma maior necessidade de manutenção [67].

Para o caso prático em estudo foi utilizada uma turbina de eixo horizontal que, além de apresentar as vantagens já referidas, tem ainda a particularidade de ter uma “cauda multidirecional” que faz com que o rotor possa seguir as eventuais diferenças de direção que o vento possa ter, dada a sua instabilidade direcional.

Esta “cauda” permite, na eventualidade da ocorrência de velocidades de vento demasiado elevadas (que podem ser um problema sério para o funcionamento das turbinas eólicas), ativar um sistema de travagem designado por regulação e travagem tombando a eólica para trás (exemplificado na figura 5.9): esta solução possível em pequenas turbinas eólicas permite que, quando o vento é muito forte, a eólica possa tombar completamente (figura 5.9 (a)). Quando a velocidade do vento diminui, a turbina volta à sua posição original de captação do vento (figura 5.9 (b)).

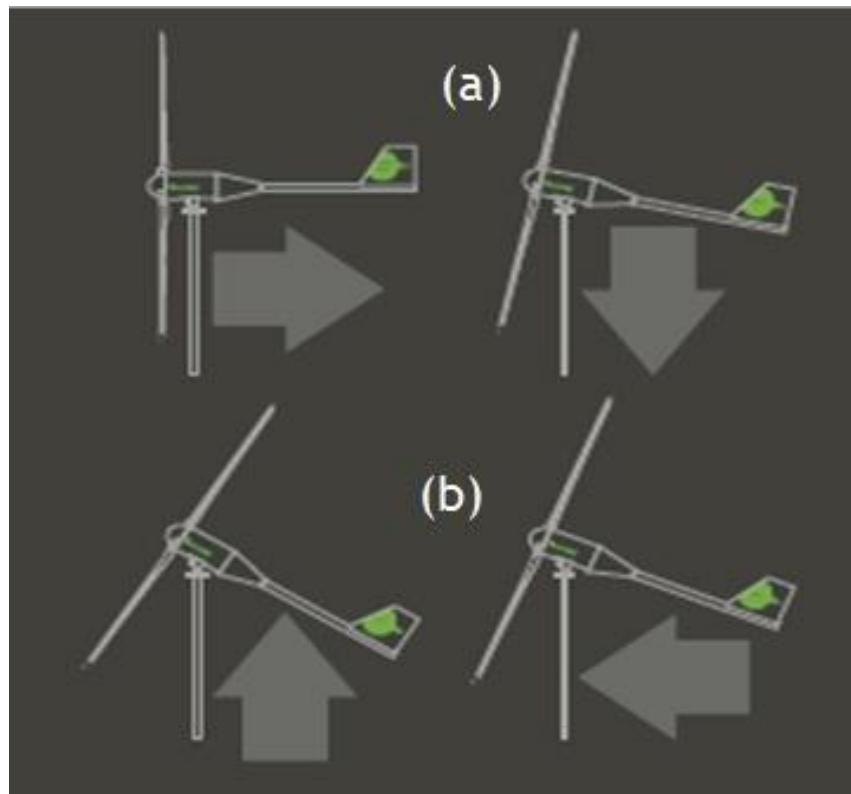


Figura 5.9 - Atuação do sistema de travagem da turbina: (a) com vento muito forte, turbina tomba; (b) quando a velocidade diminui, volta à posição original de captação [68].

5.3.1.2 - Cálculo da Potência Necessária da Turbina

Outro fator tido em conta para a escolha do tipo de turbina de entre as existentes no mercado português, além das diferenças de preços, foi o valor da potência. Este índice é influenciado pela quantidade diária de energia eólica e a velocidade média anual do vento no local a instalar a turbina (v_2 da equação 5.1).

No caso de estudo, a turbina escolhida é a turbina horizontal Bornay 3000 (do fabricante SAS Energia [45]) com 3 kW de potência e que apresenta a curva de energia da figura 5.10. Com base nessa figura é possível verificar que esta turbina é capaz de produzir energia com pouco menos de 1 m/s e que, com uma velocidade média anual do vento de 4,5 m/s, consegue alcançar os 600 kWh/mês.

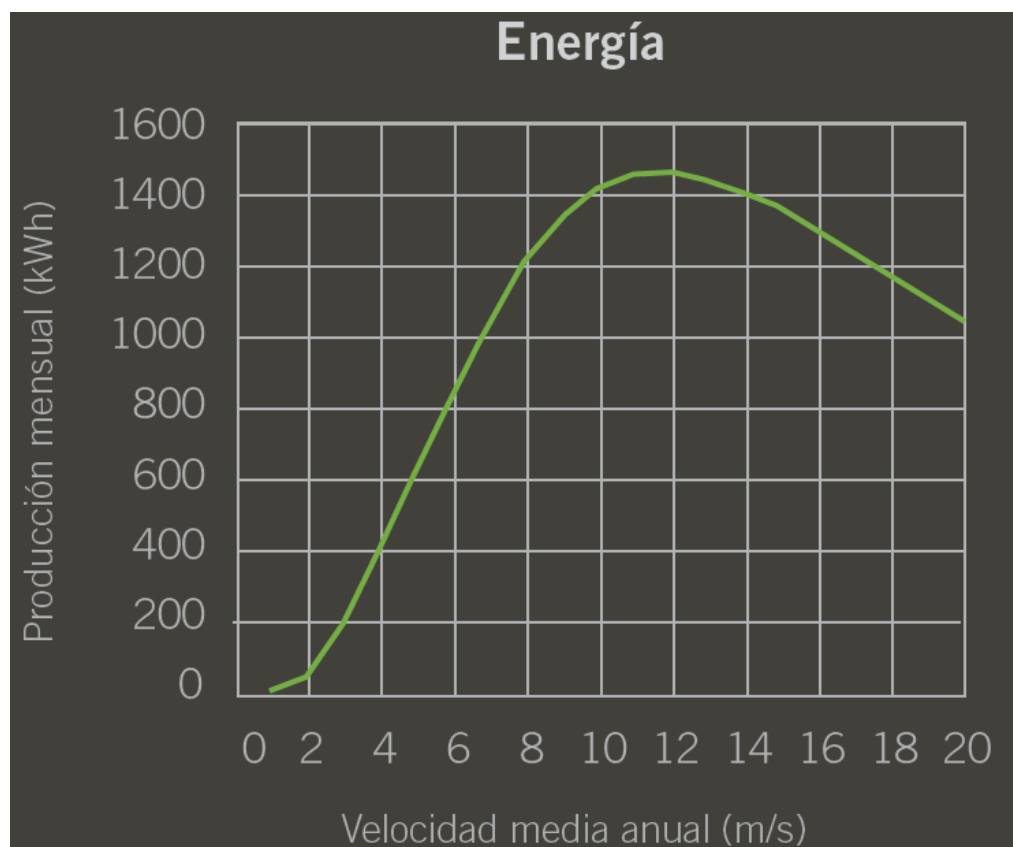


Figura 5.10 - Curva de Energia da turbina Bornay de 3000 W [68].

Com pouco vento, esta turbina é uma mais-valia, pois tem um preço acessível quando comparada com outras turbinas do mesmo tipo, mas mais potente e consegue produzir bastante mais energia quando comparada com uma turbina de eixo vertical. Segundo [45], as turbinas de eixo vertical existentes, além de terem pouca potência, são mais caras e, por vezes, dependendo do modelo, têm velocidades de arranque superiores às turbinas de eixo horizontal.

5.3.2 - Dimensionamento e Seleção da Torre

A torre é um elemento vital para poder elevar a turbina eólica de modo a aproveitar o melhor possível a energia do vento. Como referido anteriormente, quanto maior for a altura, maiores serão as velocidades médias do vento. Neste caso, tendo a oportunidade de optar por modelos de 7 ou 13 metros, segundo [45] a Torre P-750 é especialmente desenhada para

suster plenamente os modelos de 3 kW, como é o caso da Bornay 3000. A opção de 13 metros, apesar de ser um pouco mais cara, é uma melhor opção pois garante um maior rendimento devido ao melhor aproveitamento da energia do vento.

5.3.3 - Dimensionamento do Retificador Eólico

O retificador é algo que o fabricante já integra na microeólica (como é o caso em estudo), sendo que os fabricantes do inversor incluem os valores das grandezas de entrada relativas à tensão e corrente após a saída do retificador. De facto, este é um componente que é necessário que acompanhe sempre a microeólica, pois nunca é possível garantir os 50Hz sem o mesmo.

O retificador eólico tem como função a de retificar a corrente AC para DC.

A conversão de AC para DC pode ser de onda completa ou de meia onda, dependendo dos dispositivos, sejam de duas alternâncias ou de uma alternância de tensão alternada sinusoidal. Assim, o retificador poderá apresentar um maior ou menor grau de controlo, variando entre totalmente controlado, semi-controlado ou não controlado, consoante o tipo de dispositivos - díodos, transístores/tirístores [65]. A corrente do gerador é trifásica ou alternada e necessita de ser retificada, por um retificador trifásico de ponte completa (como representado na figura 5.11).

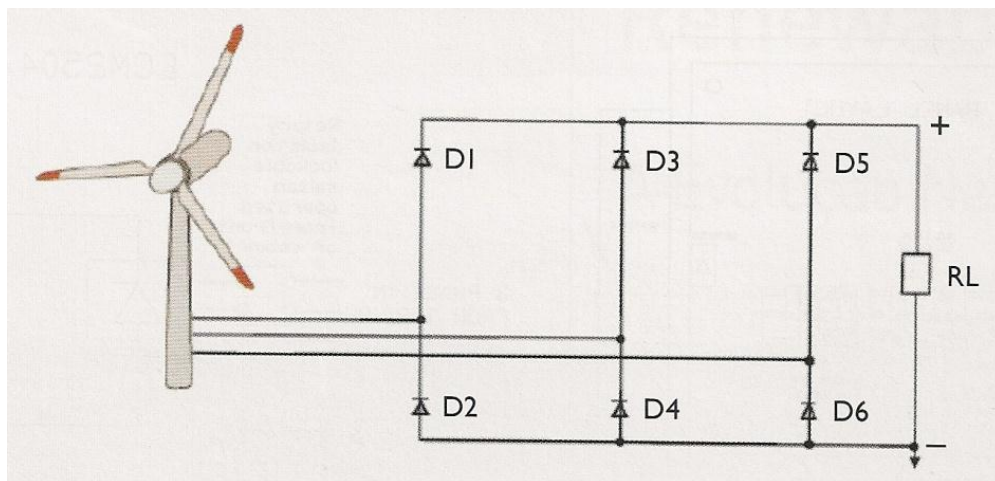


Figura 5.11 - Ligação da microeólica a um retificador trifásico de ponte completa [65].

Apenas é considerado o regulador eólico, nos sistemas híbridos (energia eólica e solar fotovoltaica). Este pretende evitar sobrecargas nas baterias e evitar que a energia flua em sentido inverso, na ausência de vento. Nestes casos, é sempre solicitado que a tensão de *ripple* não exceda os 10% do retificador.

O regulador eólico (utilizado quando há necessidade de carregar baterias) tem também incorporado um retificador AC-DC para permitir saídas em tensão de uma gama que varia dos 24 até aos 300 VDC.

O retificador integrado na microeólica possui três entradas trifásicas provenientes do aerogerador que possui uma saída bipolar em DC, para o inversor.

Existe um comutador rotativo de isolamento para efetuar manutenções posteriores a montante e a jusante do retificador. O comutador é ligado entre a turbina eólica e o retificador, possibilitando o isolamento da turbina de toda a instalação.

Ao isolar a turbina eólica de toda a instalação, possibilita entrar em modo *sleep* com o inversor. Como forma de proteção de curto-circuitos é colocado um fusível de 10 A, na saída. É colocado um comutador rotativo, à saída do inversor, de maneira a isolar a parte do circuito em AC. É recomendável ligar o gerador a outras superfícies eletricamente condutoras de forma contínua e à terra, para que se obtenham níveis mais elevados de proteção da instalação e das pessoas [65].

5.3.4 - Dimensionamento e Seleção do Inversor

O inversor, é o equipamento que transforma a corrente contínua instável que vem do retificador, produzida pelo gerador eólico, em corrente alternada estável, com as características da rede elétrica, para que possa ser injetada na rede (ou consumida em sistemas isolados). A qualidade de um inversor define o seu rendimento, e assim, o inversor é o coração de qualquer sistema eólico.



Figura 5.12 - Inversor SMA Windy Boy [45].

A corrente contínua do retificador é transformada em corrente alternada, encontrando-se a frequência em 50 Hz e o nível de tensão da rede a 230 V. De acordo com a norma DIV VDE 0100-712, o lado DC do circuito deve ter um disjuntor que possibilite desligar o gerador do inversor [65].

Para selecionar o inversor é necessário ter em conta, alguns fatores.

Segundo o portal para o registo da instalação de microgeração (renovaveisnagora.pt), não é possível injetar na rede mais potência do que a registada no SRM. A potência é limitada pelo inversor instalado na unidade de microgeração, cuja potência nominal não pode exceder a potência de ligação registada.

Por sua vez, a potência de ligação solicitada pode ser superior à potência nominal do inversor instalado, desde que a potência do inversor instalado seja a mais próxima possível da potência de ligação disponibilizada pelo fabricante.

Assim, é fixado que a potência de ligação da unidade de microgeração registada deve ser igual ou superior ao valor da potência nominal do inversor.

Segundo [37], os inversores para sistemas eólicos de microgeração têm que estar na listagem de equipamentos certificados no portal supracitado. Um desses inversores é a gama de inversores SMA Windy Boy.

A SMA fabrica a gama de inversores para eólica mais eficientes do mercado. Todos os inversores são fabricados com proteção IP65 e com uma tecnologia que permite a máxima eficiência com temperaturas até 45°C ou negativas. Em todas a gama SMA as curvas de potência são configuráveis, permitindo ajustar o inversor para a máxima eficiência de qualquer turbina do mercado [69].

Tendo em conta os fatores referidos e que a potência contratada à EDP para consumo é de 6,9 kW, a potência de ligação máxima para venda é de 3,45 kW (segundo [34 e 36]), pelo que o inversor disponível para esta potência limite é o SMA Windy Boy 3300W. De salientar que, para o limite de potência de 3,68 kW, o inversor adequado e certificado é o SMA Windy Boy 3800 (limitado para Portugal para 3680 W).

Com este inversor, verificam-se todas as condições necessárias.

A eficiência da conversão ou rendimento influenciam a escolha do inversor. A eficiência da conversão relaciona a potência de entrada com a potência de saída do inversor, pela equação 5.2.

$$\eta = (\text{Potência de saída efectiva, } P_{AC}) / (\text{Potência de entrada efetiva, } P_{DC}) \quad (5.2)$$

Neste caso, o valor de rendimento é de 94,1% sendo que o rendimento máximo pode chegar aos 95,6% [69].

5.3.5 - Dimensionamento e Seleção do Contador de Venda de Energia

Neste projeto utilizou-se o contador do modelo SL7000 da marca *Actaris*, aprovado pela EDP e fornecido com um *modem* GSM para cumprir as exigências da lei relativas à telecontagem.

A telecontagem permite efetuar a contagem de energia e os equipamentos necessários para tal são [53]:

- *Modem* GSM Fargo Maestro 100;
- Fonte de Alimentação externa modelo NES-15-12;
- Antena externa modelo: AM-04 900/1800 MHz, 4.5&6.5dBi - SMA;
- Cabo de ligação ao contador.

5.3.6 - Dimensionamento de Cablagens DC e AC

Existem três critérios essenciais no dimensionamento dos cabos: limites fixados pela tensão nominal, a intensidade da corrente máxima admissível do cabo, e a otimização das perdas na linha.

As cablagens devem ser bem dimensionadas na corrente contínua, devido aos esforços eletrodinâmicos (correntes paralelas de sentido inverso) e devido ao aquecimento por efeito de Joule ($P_J = R \times I^2$). Os condutores de polaridade positiva e negativa devem ser independentes, e por isso não agrupadas num só cabo [52].

A cablagem para a venda de energia à rede pode ser dividida em:

- Cablagem AC do aerogerador ao retificador eólico;
- Cablagem DC do retificador eólico até ao inversor;
- Cablagem AC do inversor para ligação à rede.

A esta cablagem designa-se por cabos principais.

5.3.6.1 - Cabo de Ligação do Aerogerador ao Retificador

A queda máxima de tensão desde a turbina até ao retificador não deve ser superior a 1%. São necessárias três fases para ligar o gerador ao retificador [52]. O dimensionamento da secção dos cabos utilizados desde a turbina até ao retificador é efetuado pela fórmula:

$$S_{fase} \text{ (mm}^2\text{)} = (L_{fase} \cdot I_{fase} \cdot \sigma) / (1\%U_{fase}) \quad (5.3)$$

U_{fase} (V) e I_{fase} (A) representam respetivamente a tensão e a corrente nominal em cada fase do gerador; L_{fase} é o comprimento que cada cabo terá e σ (m/Ω . mm²) é a condutividade elétrica do material do qual é feito o cabo. O resultado é arredondado para a secção normalizada do valor imediatamente superior ao obtido [52]. Os condutores devem apresentar proteção contra os raios UV.

5.3.6.2 - Cabo de Ligação do Retificador ao Inversor

O cabo DC estabelece a ligação entre o retificador e o inversor. Este cabo deverá ser entubado quando a caixa de junção do gerador se encontra no exterior, de modo a conferir proteção contra os raios UV [52].

Para se realizar o dimensionamento contra a queda de tensão a fórmula utilizada é:

$$S_{DC} \text{ (mm}^2\text{)} = (2 \cdot L_{DC} \cdot I_{DC} \cdot \sigma) / (1\%U_{DC}) \quad (5.4)$$

Em que:

- S_{DC} é a secção do cabo em mm²;
- L_{DC} é o comprimento da cablagem de fileira;
- I_{DC} é a corrente nominal proveniente do retificador;
- σ é a condutividade do condutor;
- U_{DC} é o valor da Tensão proveniente do retificador;
- O fator 2 prende-se com o facto de ser o condutor de ida e volta.

5.3.6.3 - Cabo de Ligação do Inversor à Rede Recetora

Para se calcular a secção transversal do cabo de alimentação AC, considera-se uma queda de tensão máxima admissível na linha de 3% [52].

A secção é calculada pela expressão 5.5.

$$S_{AC} \text{ (mm}^2\text{)} = (2 \cdot L_{AC} \cdot I_{AC} \cdot \cos\varphi \cdot \sigma) / (3\%U_N) \quad (5.5)$$

Na fórmula L_{AC} (m) é o comprimento do cabo do ramal, U_n (V) e I_{AC} (A) representam respetivamente a tensão nominal na rede e a corrente nominal AC do inversor, e σ (m/Ω x mm²) é a condutividade elétrica.

As perdas podem ser determinadas através da equação 5.6 [52].

$$Perdas_{AC} (W) = (2 \cdot N \cdot L_{AC} \cdot I_{nAC}^2 \cdot \cos\phi \cdot \sigma) / (S_{AC}) \quad (5.6)$$

O inversor monofásico, preferido para habitações, é ligado à rede recetora por um cabo de ligação de corrente alternada de três condutores.

5.3.7 - Dimensionamento do Interruptor AC de Isolamento do Aerogerador

A interrupção de correntes DC é mais exigente do que de correntes AC, sendo por isso conveniente que se opere o interruptor DC após o isolamento do circuito AC. O interruptor AC apresenta como funcionalidade isolar manualmente o aerogerador, sendo necessário efetuar esta ação aquando da instalação, manutenção e reparação do aerogerador, cumprindo assim a norma IEC 60364-7-712 [53].

O interruptor AC deve ser tripolar para se tornar mais eficaz a isolar o circuito que liga o aerogerador ao retificador, e ainda possuir um elevado poder de corte para que a abertura seja efetuada do modo mais seguro possível [53].

5.3.8 - Proteção contra Descargas Atmosféricas nos Sistemas ligados à Rede Elétrica Nacional de BT

i) Proteção contra descargas diretas [53]:

Pelo facto de o sistema de microgeração não contribuir para a ocorrência de descargas atmosféricas diretas, não se torna necessária a instalação de um sistema de proteção adicional. Contudo, quando se está perante um sistema de grande porte, instalado no local mais elevado de um edifício, poderá exigir um sistema de instalação próprio.

Além do elemento condutor, pode ser usado um captor natural de para-raios no suporte do aerogerador, ligado a um condutor de terra. A terra, à qual o para-raios está ligado, deve ter uma resistência inferior a 10Ω.

É exigida também a instalação de uma proteção diferencial na ligação do inversor ao contador, no caso da microgeração [53].

Em suma, pode afirmar-se que o sistema de proteção é constituído por: dispositivo de captação, condutor de cobre com a secção mínima de 16 mm² para escoar a descarga, e um sistema de ligação à terra.

ii) Proteção contra descargas indiretas [53]:

As descargas indiretas apresentam maior probabilidade de ocorrência do que as descargas diretas. Os efeitos indiretos das descargas atmosféricas afetam o tempo de vida útil do sistema eólico. A norma IEC 364-5-54 exige a ligação equipotencial dos elementos condutores para a proteção de instalações elétricas interna [53].

Deverão utilizar-se cabos protegidos contra curto-circuitos quando os sistemas se encontram expostos a descargas atmosféricas. É recomendado o uso de cabos blindados de cobre com uma secção mínima de 16 mm², sendo o extremo superior da blindagem ligado à torre do aerogerador, segundo o traçado mais curto possível.

5.3.9 - Ligação à Terra dos Componentes do Sistema de Microgeração

Para evitar descargas de indução provocadas pelos cabos elétricos, deve o condutor geral encontrar-se distanciado deles. A ligação ao eletrodo da terra deve ser feita pelo caminho mais curto, reto e o mais vertical possível, sendo o eletrodo da terra constituído por fitas de cobre ou de aço galvanizado enterradas a mais de 80 centímetros da superfície do solo, ou que possuam uma superfície de contacto à terra de no mínimo 1 m^2 . É de salientar que os condutores neutro e de proteção não devem ser utilizados como condutores ou eletrodos de terra [53].

5.3.10 - Ligação à Rede Pública de BT

Quando se procede à ligação de uma unidade produtora é necessário ter alguns cuidados, nomeadamente ao nível de qualidade do sinal elétrico injetado na rede, no que toca ao esquema de proteção *anti-islanding* utilizado [53]. Esta proteção está integrada no inversor e consiste num aparelho que corta automaticamente a ligação entre o sistema de produção e a rede, quando é detetada uma falha de tensão na rede. Esta proteção visa impedir a introdução de perturbações na rede e minimizar o risco de acidentes que podem advir do funcionamento do aerogerador em paralelo com a rede.

Para se garantir este tipo proteção, podem ser utilizados dispositivos ENS/MSD que garantem uma monitorização contínua e um corte automático da ligação à rede [53]. Este dispositivo não dispensa o uso de um sistema de corte de segurança de comando manual.

Para uma correta ligação à rede são necessários os seguintes equipamentos [53]:

- Equipamento de selecionamento e cortes:
 - Interruptor de corte bipolar (com terminal terra) entre inversor e rede pública de 20 A;
 - Um disjuntor diferencial com $I_n = 16 \text{ A}$ e $\Delta I_n \leq 30 \text{ mA}$.
- Cabo AC (ligação inversor/portinhola):
 - Corrente de polarização $I_B = 14,35 \text{ A}$ pois $I_B = P_{\text{INV.}} / U_{\text{rede}} = 3300 / 230 = 14,35 \text{ A}$ (verificando-se assim $I_B \leq I_n \leq I_Z$);
 - Secção dos condutores $\rightarrow S = 6 \text{ mm}^2$ (valor mínimo exigido pelo RTIEBT);
 - Cabo do tipo VV 2 x 6 mm^2
- Portinhola Consumidor/Produtor:
 - Esta deve estar segundo a norma EDP, DMA-C62-815/N;
 - Corrente $I_n = 100 / 25 \text{ A}$;
 - Esta portinhola deve possuir seccionadores-fusível de 10 x 38.

5.3.11 - Portinhola

Os materiais constituintes da portinhola devem ter a capacidade de suportar constrangimentos mecânicos, elétricos e térmicos que resultam da sua utilização. Neste caso utilizar-se-á uma portinhola P100, uma vez que vai de encontro com a DMA-C62-815N [53].

Também designada por PC/P, a portinhola é constituída por dois circuitos de proteção: trifásico (proteção da instalação de consumo do microprodutor) e monofásico (proteção da instalação de microgeração). O monofásico é dotado de duas bases de fusíveis cilíndricas de tamanho 10 x 38, em que uma base é para o neutro e outra é para a fase.

A portinhola deve funcionar segundo determinadas condições: tensão nominal e frequência da rede, sendo 230 V entre fase e neutro e 400 V entre fases, a 50 Hz. A corrente nominal deverá ser no máximo 100 A no circuito de instalação de utilização, e 25 A no circuito da unidade de microgeração [53].

Segundo a norma IEC 62208, o invólucro da portinhola deve garantir graus de proteção IP45 e IK10. A dimensão mínima do invólucro é apresentada na tabela 5.2.

Tabela 5.2 – Dimensões da Portinhola do tipo PC/P [53].

<i>Portinhola PC/P</i>		
Dimensões mínimas (mm)	Altura	330
	Largura	290
	Profundidade	135

Na figura 5.13 é apresentado o esquema de ligação da unidade de microgeração que utilizará uma instalação já existente com unidade de consumo, onde o contador de consumo e o contador de produção são ligados à nova PC/P, sendo a antiga portinhola utilizada como caixa de passagem.

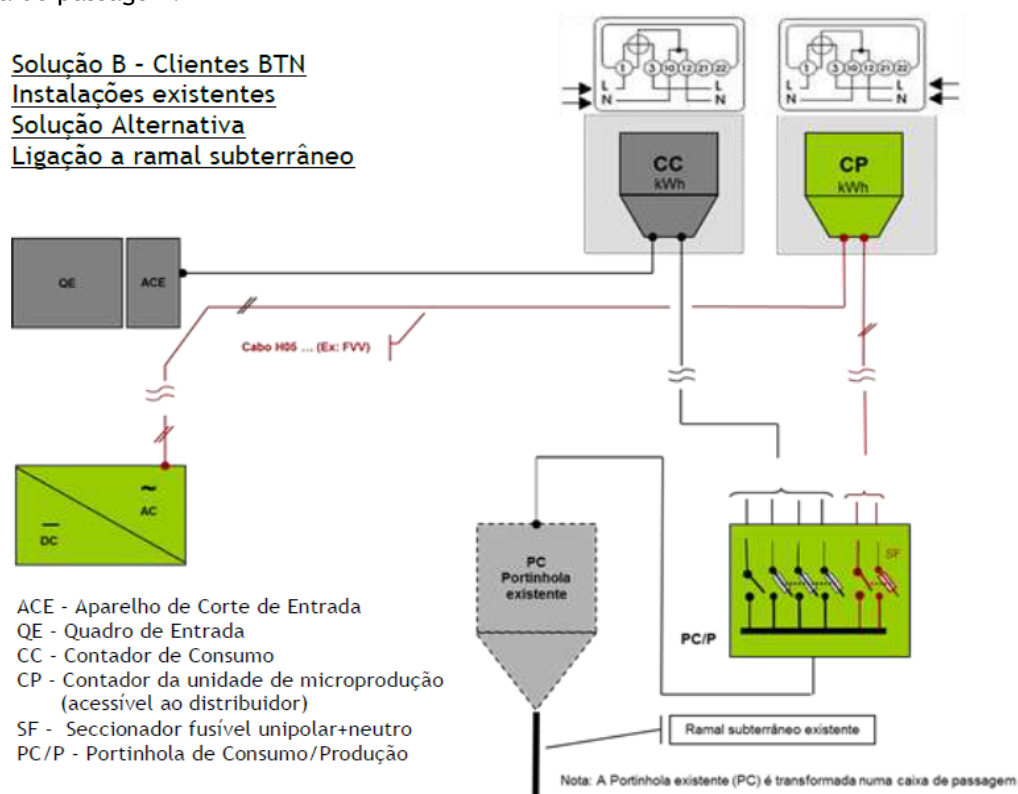


Figura 5.13 - Ligação à RESP de uma unidade de consumo de uma instalação já existente [53].

5.4 - Resultados Obtidos após Simulação e Cálculos

Pode-se calcular a potência teórica gerada por uma turbina eólica com o objetivo de analisar a viabilidade económica da instalação da mesma, dadas as informações sobre as condições dos ventos. Esta análise é apenas teórica, já que não considera perdas durante o processo.

Como já referido, no local onde se pretende efetuar a instalação da microeólica, existe um sistema de monitorização remota para medir a velocidade do vento (anemómetro). Colocando os valores medidos por este aparelho, no programa de simulação “Homer”, obtiveram-se os valores de produção (simulados pelo programa) da microeólica ao longo de um ano, permitindo posteriormente calcular a energia média anualmente produzida e qual a remuneração resultante da venda dessa energia.

Para a previsão da potência a produzir pela microeólica foram utilizados os valores da velocidade média e da direção média dos meses de 2011 de que se dispunha (o intervalo de tempo é de facto reduzido, devendo este ser, sempre que possível, maior para uma maior precisão dos resultados). Os valores médios de um ano, podem contudo refletir o que acontece na maioria dos anos (apesar de haver anos mais ou menos ventosos que outros). Segundo [70], 2011 foi um ano médio a nível de vento.

Os dados relativos à velocidade do vento foram obtidos pelo anemómetro da figura 5.3 (a) que também tem incluído um catavento que permite obter dados acerca da direção do vento. Estes dados foram comunicados à estação meteorológica da figura 5.3 (b) que por sua vez comunica com o computador os mesmos, com recurso ao *software* “Cumulus”. A figura 5.14 mostra a interface do programa com a estação meteorológica que exhibe, entre outros valores, o valor médio da velocidade e da direção seguida pelo vento.

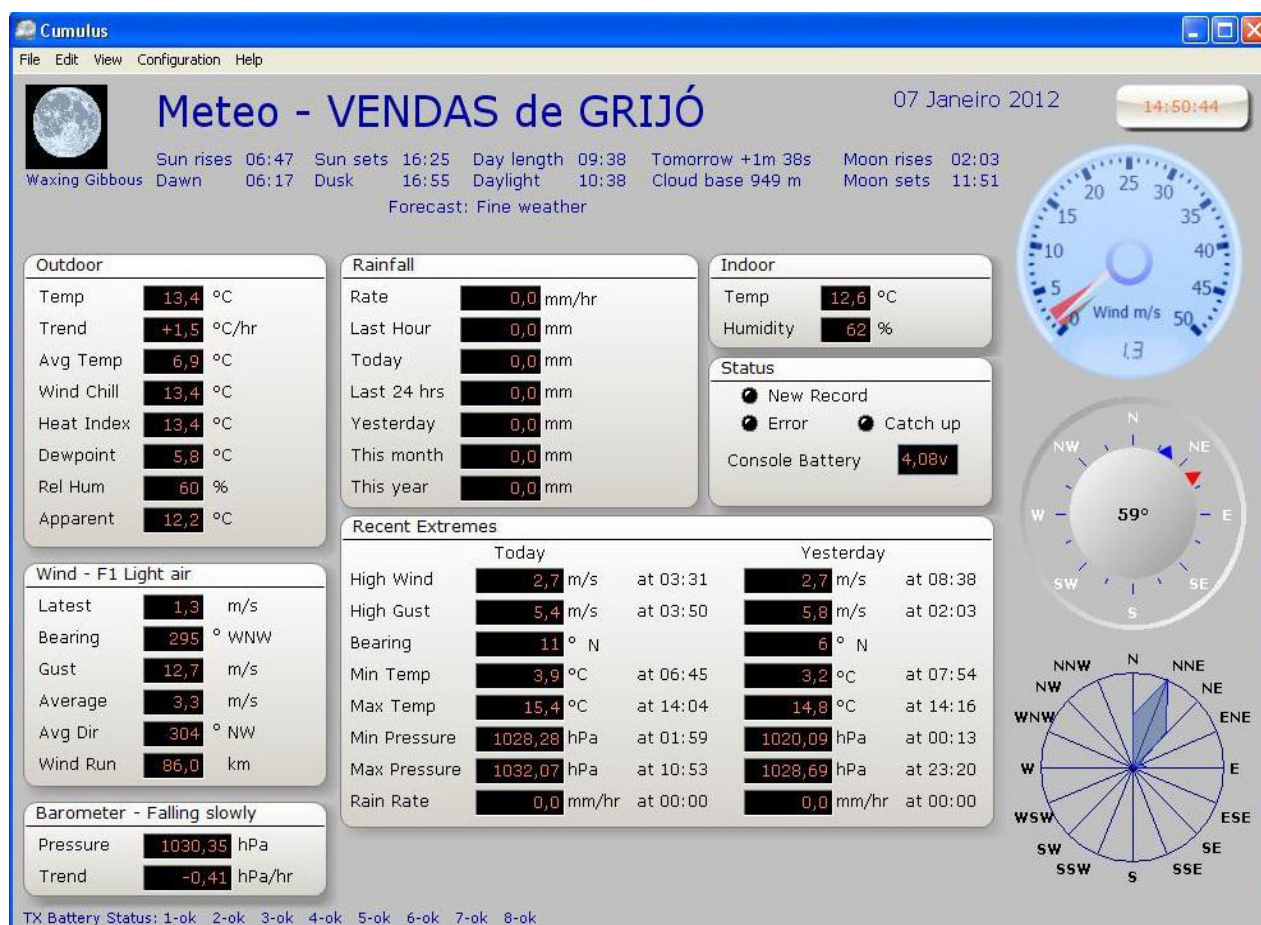


Figura 5.14 - Interface do computador com a estação meteorológica exterior.

O *software*, entre outras situações, permite determinar o valor médio da velocidade do vento do último ano como se pode verificar na figura 5.15. O “Cumulus” produz também um ficheiro com os dados relativos às velocidades médias de cada mês. Esses valores foram diretamente colocados no programa de simulação “Homer” para se obter, a produção média anual da microeólica.



Figura 5.15 - Resultado da velocidade média do vento obtida pelo programa “Cumulus”.

A interface do “Homer” permite utilizar os valores médios da velocidade do vento em cada mês. Deve-se indicar também o valor da altitude do local de instalação da microeólica, a altura a que o anemómetro mediu os valores da velocidade do vento e a rugosidade do terreno. Os restantes valores utilizados foram os considerados típicos pelo simulador.

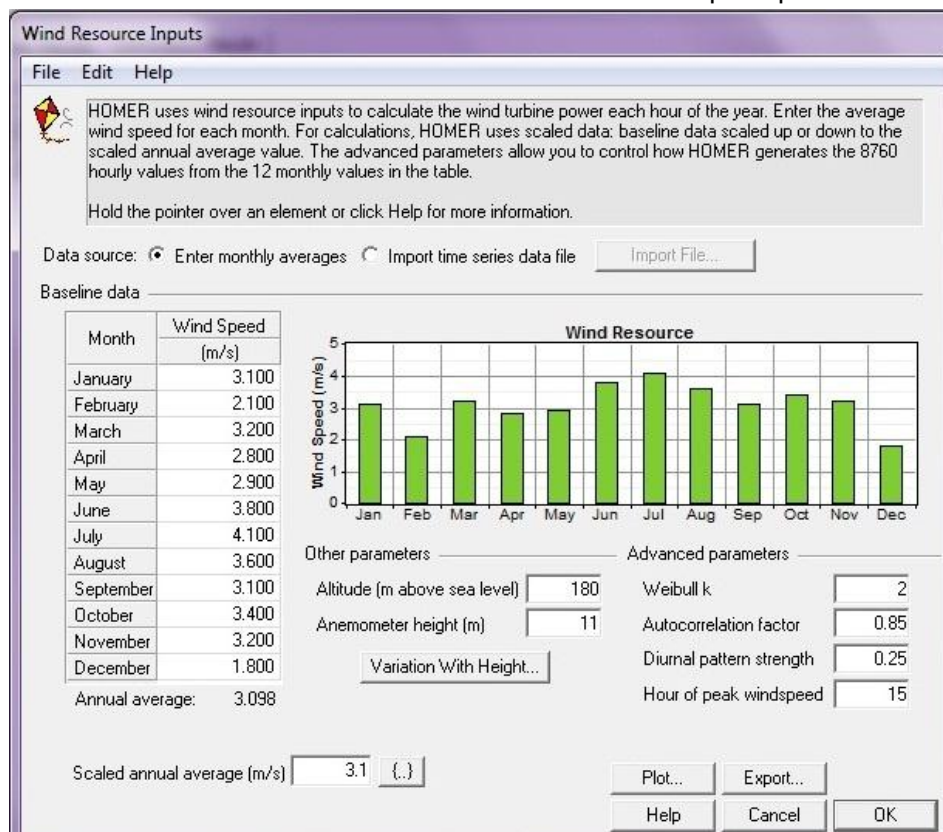


Figura 5.16 - Interface “Homer”.

Depois de incluídos os dados, este programa faz igualmente a média do vento naquele ano, chegando, obviamente, ao mesmo valor que o programa “Cumulus” exportou.

O programa pede também que sejam facultados outros dados para a simulação, nomeadamente o esquema elétrico do equipamento a considerar (neste caso, a microeólica de 3kW já com retificador incluído, o inversor e finalmente a rede).

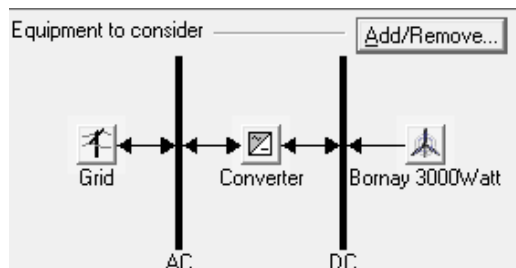


Figura 5.17 - Equipamento selecionado para simulação no software “Homer”.

É também inserida no programa, a curva de potência da microeólica (que se encontra na *datasheet* da turbina [68]). Neste ponto, também se indica a altura a que se pretende colocar a turbina (neste caso, 13 metros - altura da torre) e o a duração de vida esperada (em média entre 20 a 25 anos [45] - para o caso de estudo considerou-se 23 anos). Quanto ao inversor, apenas é necessário indicar seu o valor de limitação (neste caso, 3,45kW).

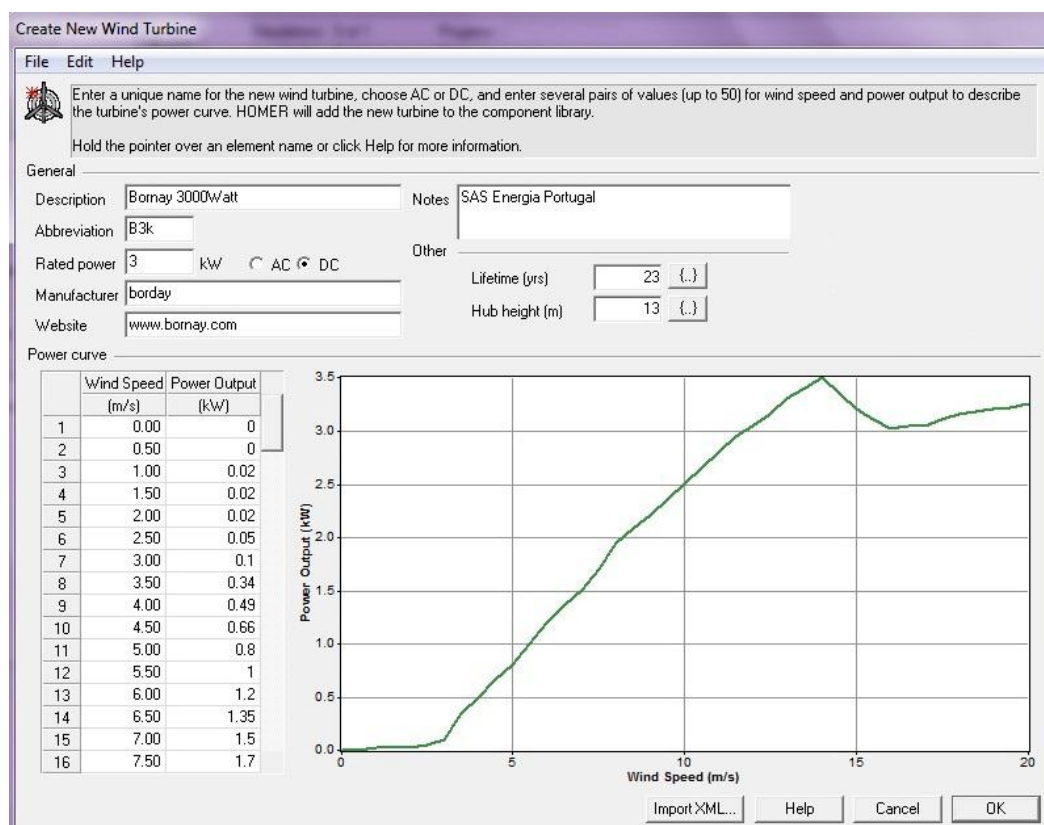


Figura 5.18 - Curva de potência da turbina selecionada.

Após a introdução dos valores médios mensais do vento, obtidos com o anemómetro, o “Homer” simula, para todas as horas, os valores da velocidade do vento ao longo do ano em estudo e a produção de energia ao longo desse período. São estes valores que estão representados na figura 5.19 e 5.20.

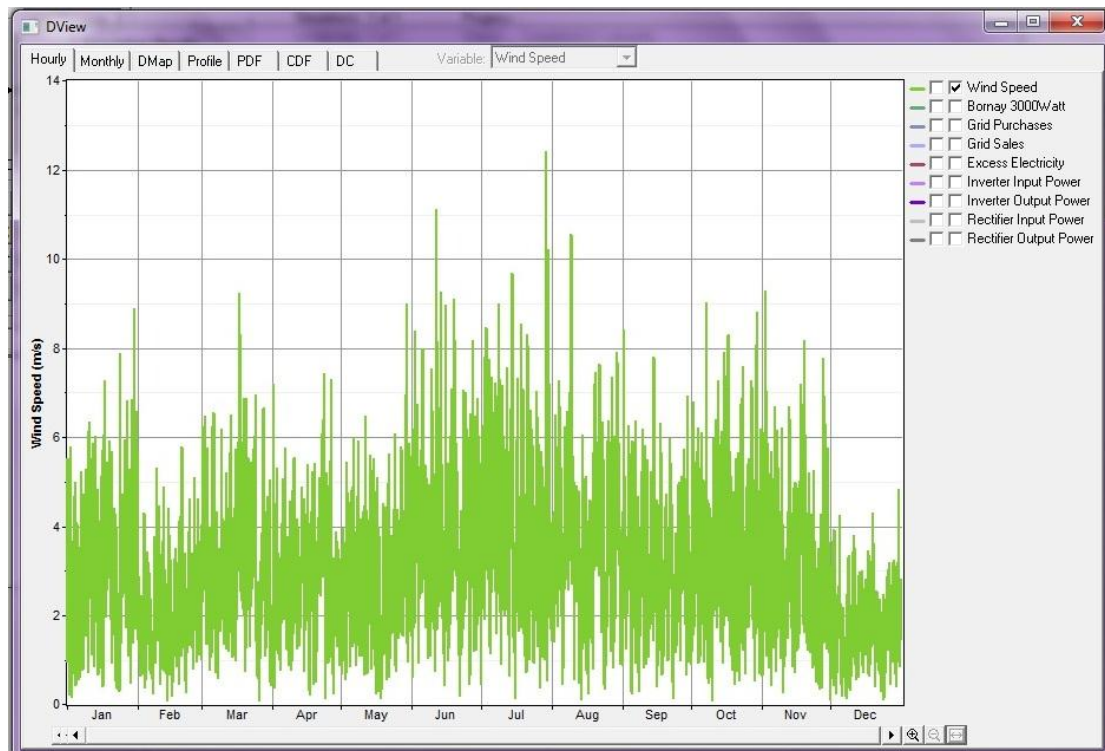


Figura 5.19 - Variação da velocidade do vento durante o ano 2011 simulada pelo “Homer”.

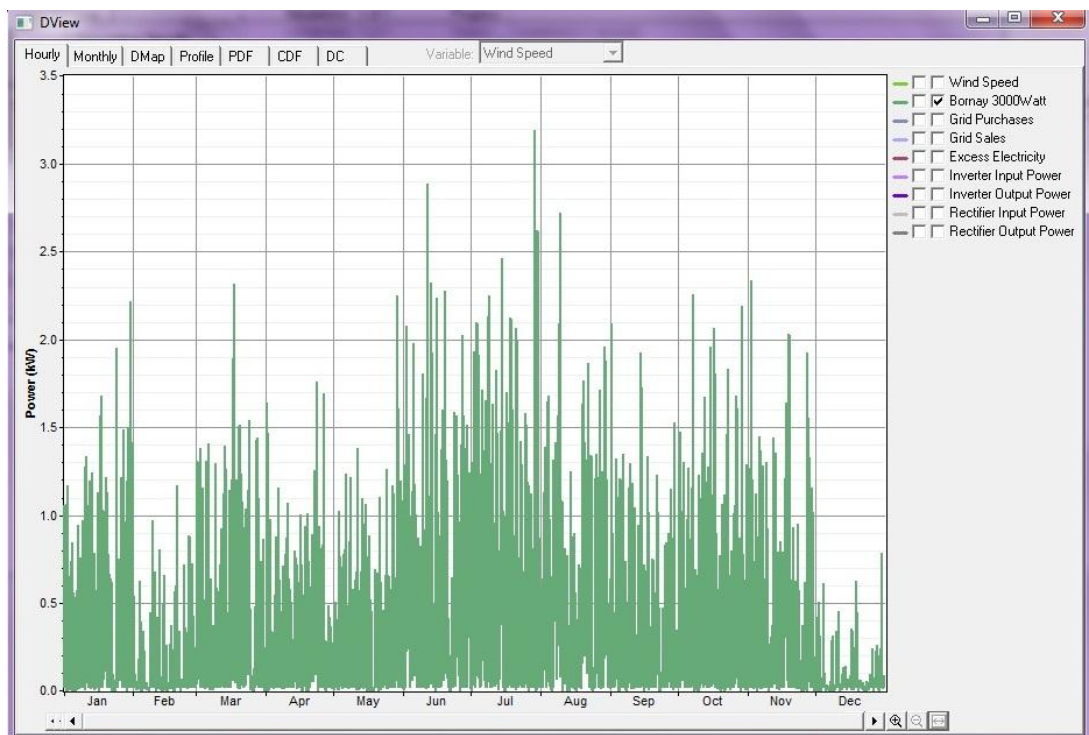


Figura 5.20 - Variação da produção da turbina Borlay 3000 durante o ano 2011 simulada pelo “Homer”.

Os resultados obtidos no “Homer” são exportados para uma folha do *Microsoft Office Excel* que posteriormente permitirá obter a produção média mensal do vento e da produção neste período.

O valor obtido da produção anual foi de 3024,34 kWh, isto é, cerca de 252 kWh por mês. Este último valor tem que ser agora confrontado com a curva de energia da microeólica escolhida (figura 5.10).

Com base na figura 5.10, que representa a curva de energia da Bornay 3000, pode-se concluir que, para uma velocidade média anual de 3,21 m/s (obtida da equação 5.1 e que o programa de simulação automaticamente já considera, uma vez que lhe foram fornecidos todos os parâmetros daquela equação), temos um valor de produção média mensal de sensivelmente 250 kWh/mês, como foi obtido com o programa de simulação.

Confirmam-se assim as duas produções. Dos resultados obtidos, é visível que, de facto, o vento não é muito abundante.

Após os cálculos feitos no *Microsoft Office Excel*, segue-se a avaliação económica que, pela análise dos gráficos obtidos, demonstrará se é rentável ou não o investimento nesta tecnologia de aproveitamento da energia do vento, neste caso concreto.

5.5 - Avaliação Económica

Para se poder obter uma avaliação económica realista foi solicitado, à empresa SAS Energia, um orçamento para a instalação de um grupo aerogerador para microgeração com os componentes selecionados (Anexo I). Este orçamento permite perceber qual o investimento que inicialmente deve ser feito para a instalação deste sistema de energia eólica. Este orçamento feito pela empresa contém todos os componentes necessários ao funcionamento da turbina, a sua ligação à rede e todo o processo de instalação e transporte.

Com o orçamento da empresa concluiu-se que, para minha casa, localizada em Grijó, seria necessário um investimento de 14994,44 € (valor com IVA incluído).

Foram feitas um conjunto de simulações para verificar a viabilidade do investimento.

Com recurso à ferramenta de edição *Microsoft Office Excel*, foi possível concluir que não compensa investir na tecnologia de aproveitamento eólica, em minha casa. Foram feitas três análises diferentes que passam pelas três etapas do regime de microgeração e, como vai ser possível concluir, cada vez fica mais difícil recuperar o investimento neste tipo de aproveitamentos de energia renovável.

De salientar que, em todos os cálculos efetuados, quando se tornou necessário utilizar o valor da tarifa de compra para determinar os valores de venda no regime geral, considerou-se sempre que, o valor da eletricidade consumida aumenta anualmente 4%, por estimativa efetuada com base nos valores de compra de 2005 a 2012.

A primeira análise foi feita para o ano de 2008, ano em que se iniciou o processo de microgeração. O primeiro DL data de 2 de novembro de 2007, porém, este só entrou em vigor 90 dias após a sua publicação, ou seja, a 1 de fevereiro de 2008.

Neste regime, quem optasse por ter em casa uma microeólica (e considerando que o investimento seria igual ao atual de cerca de 15000€), só via o seu investimento

completamente recuperado 18 anos depois, começando a lucrar com a tecnologia a partir desse período (como se pode conferir pela análise do gráfico da figura 5.21).

Recuperação do Investimento com início em 2008

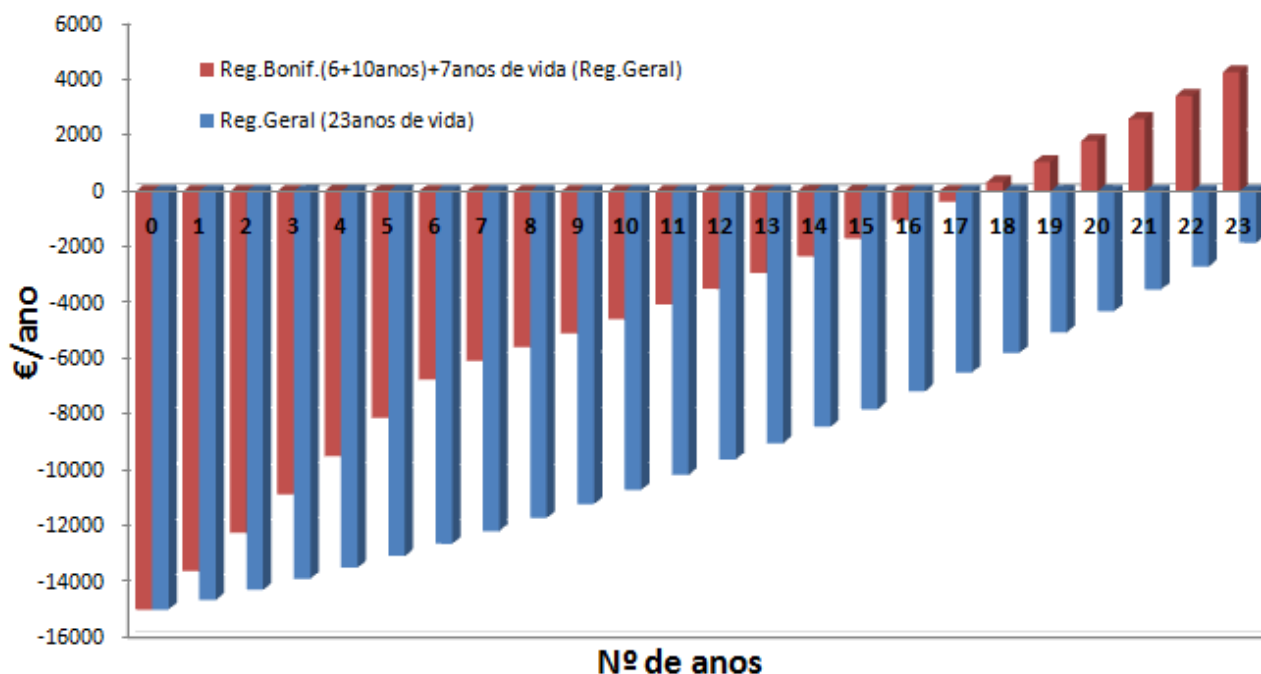


Figura 5.21 - Gráfico da recuperação do investimento efetuado em 2008 (com DL nº 363/2007).

A partir deste regime de microgeração, existiam duas opções de retorno do investimento, ou seja, dois incentivos para se adquirir um sistema de microgeração: o regime geral e o regime bonificado. O regime geral é o regime em que o preço de venda de cada kWh é igual ao preço de cada kWh comprado à rede pública.

Por seu lado, no regime bonificado, segundo o DL de 2007, cada kWh tinha a tarifa de referência de 0,65 € (sendo que para instalações de aproveitamento eólico, este valor deveria ser multiplicado por 70%, e deste modo a tarifa passava a ser de 0,455 €/kWh), tarifa esta que era mantida durante os 6 primeiros anos após a instalação do sistema de microgeração.

Passado este período, e durante os 10 anos seguintes, o preço de venda por cada kWh produzido torna-se igual à tarifa única correspondente à que seja aplicável, no dia 1 de janeiro de cada ano (multiplicado por 70%, no caso da fonte de aproveitamento ser a energia do vento), às novas instalações que sejam equivalentes (neste caso, de aproveitamento eólico). Posteriormente, passados então 16 anos, termina o regime bonificado e todos os produtores ingressam no regime geral até ao final do tempo de vida do sistema.

A 25 de outubro de 2010, é republicado o DL de 2007, sendo este o DL 118-A/2010. Este DL vem fazer algumas atualizações ao DL anterior tendo em vista melhorar o regime jurídico aplicável à produção de eletricidade, por intermédio de instalações de microgeração.

Este DL traz um ajustamento de tarifas e, neste ano, fica determinado, por este DL, que a tarifa de regime bonificado, para sistemas cujo tipo de energia primária a aproveitar seja o vento, é de 80% de 0,40 € por cada kWh produzido durante os primeiros 5 anos e, 80% de 0,24

€/kWh durante os 7 anos seguintes, sendo que após estes dois períodos, o produtor ingressa no regime geral.

De salientar que, este DL foi publicado a 25 de outubro, mas só entrou em vigor 45 dias depois, a 9 de dezembro de 2010. Tendo em conta que, segundo o mesmo, a tarifa de regime bonificado do período de 15 anos só era contada a partir do 1º dia do mês seguinte ao do início do fornecimento e que o valor de cada um dos períodos é reduzido todos os anos (para as novas instalações de produção) em 0,02 €/kWh então, na verdade, na melhor das hipóteses, ao instalar o sistema de microgeração em dezembro de 2010, só em janeiro de 2011 é que começava a contagem, ou seja, a tarifa para sistema de aproveitamento eólico, já não é de 80% de 0,40 €/kWh e 0,24€/kWh, mas sim de 80% de 0,38 €/kWh (0,304€/kWh) para o primeiro período e 80% de 0,22 €/kWh (0,192 €/kWh) para o segundo.

Com este DL, o produtor pode, a qualquer momento, abdicar do regime bonificado, passando diretamente para o geral. Neste caso, verifica-se que essa opção não faz sentido de ser tomada pois, apesar da diferença ser pouca, o certo é que se ganha mais em regime bonificado.

Recuperação do Investimento com início em 2011

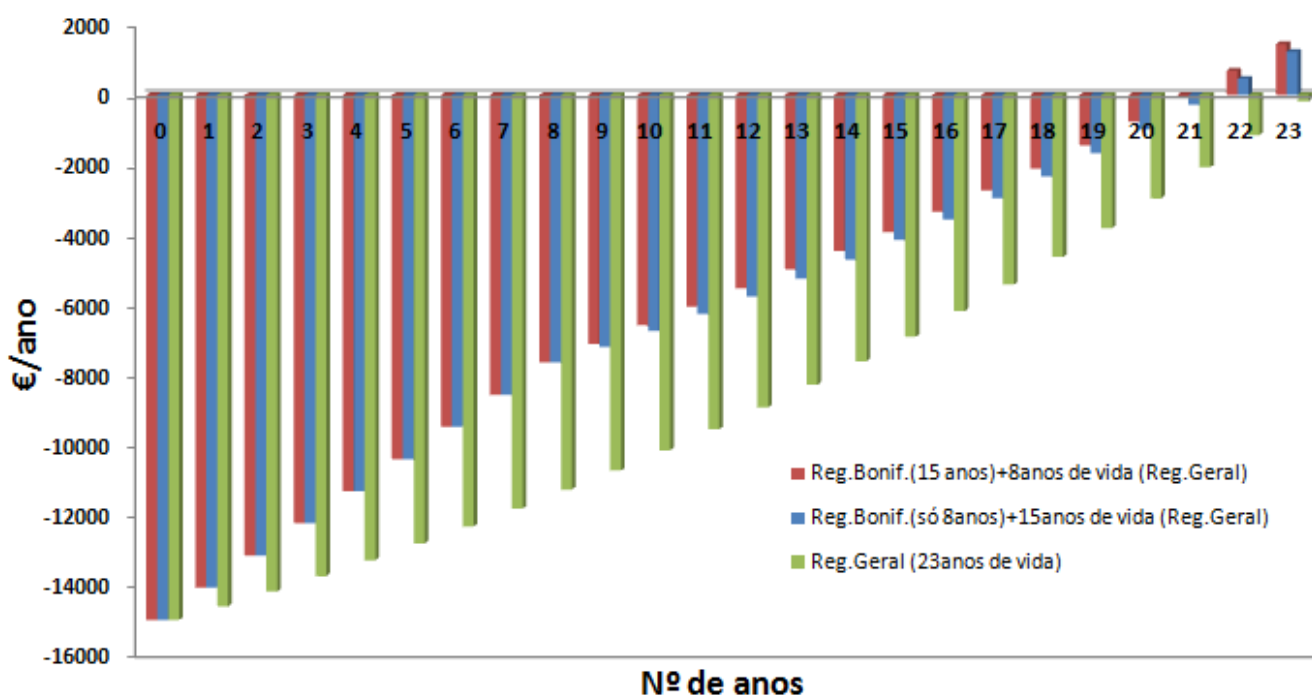


Figura 5.22 - Gráfico da recuperação do investimento efetuado em 2011 (com DL nº 118A/2010).

Pode-se aferir pela figura 5.22 que é perto do fim de vida do sistema eólico (estimado entre 20 e 25 anos, aqui considerado 23 anos), que se começa a recuperar o investimento e se proporciona algum lucro. Considerando que o término do sistema é inevitável, então torna-se um prejuízo, principalmente para quem precisar do dinheiro investido, que deveria ser recuperado a médio-longo prazo (até 8 a 10 anos) e afinal, são precisos 21 anos (muito longo prazo) para se poder obter algum lucro e isto no caso do regime bonificado, pois, com o regime geral, nunca se chega a recuperar na totalidade o investimento.

Finalmente, a 28 de outubro de 2011, é redigida a portaria nº 284/2011. Devido à crise financeira mundial e com vista a cumprir os objetivos estipulados pelo Memorando da Troika [38], tornou-se necessário proceder a uma atualização dos valores remuneratórios do DL de 2010.

Com esta portaria, a tarifa de referência aplicável para 2012, para unidades de microgeração eólica, passa a ser de 80% de 0,326 €/kWh para o primeiro período (de 8 anos) e 80% de 0,185 €/kWh para o segundo período do regime bonificado, sendo este valor reduzido anualmente, para as novas instalações, em 0,054 €/kWh.

Recuperação do Investimento com início em 2012

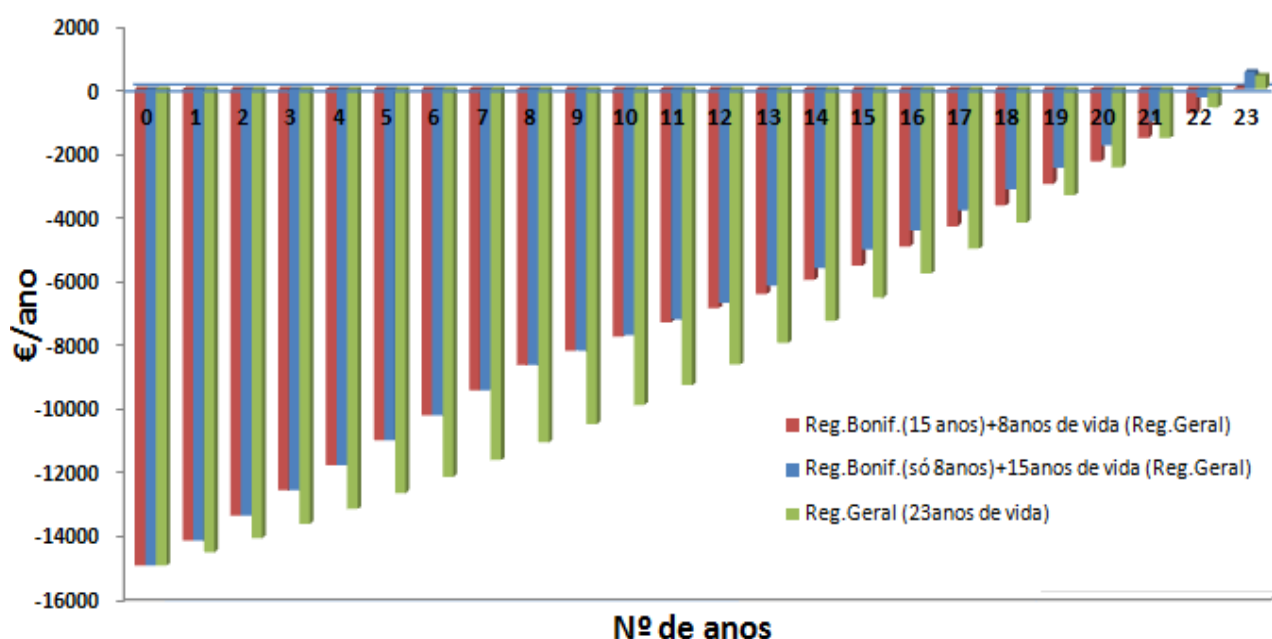


Figura 5.23 - Gráfico da recuperação do investimento efetuado em 2012 (com portaria nº 284/2011).

Como estabelecido no DL de 2010, o produtor pode a qualquer momento abdicar do regime bonificado, passando diretamente para o geral. Depois desta portaria, é do interesse do produtor fazer a mudança de tarifa após o primeiro período (de 8 anos) porque, como se pode analisar no gráfico da figura 5.23, recupera mais rapidamente o seu investimento.

Pode-se aferir ainda, pela figura 5.23 que, mais uma vez, o investimento feito é recuperado em período de fim de vida do sistema eólico (só ao 23º ano é que se começa a obter lucro).

É necessário ter em linha de conta que, nos cálculos do investimento inicial, não se considerou o sistema solar térmico, necessário para se poder usufruir do regime bonificado.

Segundo [45], o investimento num sistema solar térmico de 200 litros (para uma família de 3 a 4 pessoas) fica, para um sistema de termossifão “Bronze” por 1890€ e para um sistema “Gold” por 2690€, passando por um sistema “Silver” de 2190€ (preços já com IVA e instalação incluídos).

De facto, na habitação em estudo, não existe ainda sistema solar térmico e este investimento também seria necessário. Porém, este investimento em particular, está diretamente ligado com o gás que é usado. Tendo em conta que por mês se gastam 50€ em botijas de gás para aquecimento de águas sanitárias, este valor será facilmente recuperável ao fim de 4 anos aproximadamente $[(50€ \times 12 \text{ meses}) \times 4 \text{ anos} = 2400€]$.

Além de ser um sistema à parte, o solar térmico tem também um investimento, mas que, dependendo sempre da quantidade de sol, será uma mais-valia no que toca ao aquecimento de água, não entrando assim, em linha de conta para os cálculos deste caso de estudo.

5.6 - Conclusões Finais

Neste capítulo foram feitas três análises diferentes que passam pelas três etapas do regime de microgeração (2007, 2010 e 2011). Conclui-se que cada vez fica mais difícil recuperar o investimento neste tipo de aproveitamentos de energia renovável numa habitação unifamiliar.

Recuperação do Investimento no Melhor de cada Regime

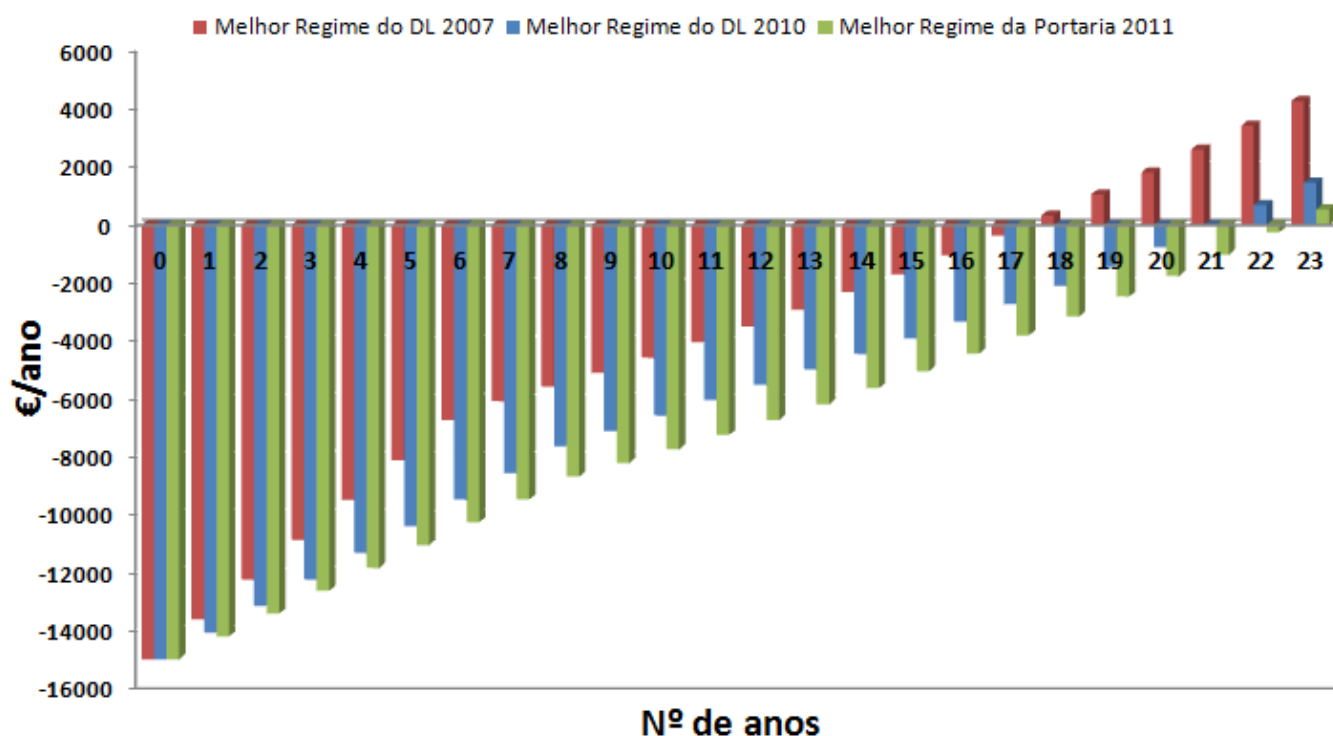


Figura 5.24 - Gráfico da recuperação do investimento efetuado com o melhor regime de cada DL (2007 e 2010) e da portaria mais recente, publicada em 2011.

O gráfico da figura 5.24 reflete claramente a afirmação anterior.

De facto, o investimento em unidade de microgeração eólica, não compensa o investimento. Tendo em conta que os aerogeradores têm um tempo de vida médio entre 20 a 25 anos [45], com o atual regime de microgeração torna-se praticamente impossível

recuperar o investimento. Quando se consegue fazê-lo, o lucro obtido é muito pouco ou mesmo nenhum, porque não se estão a considerar custos de manutenção e de avaria de componentes.

Pode-se no entanto considerar, para alguns desses gastos, o valor que o produtor pode deduzir no seu IRS (Imposto sobre o Rendimento das pessoas Singulares): até 30% do valor da compra dos equipamentos para renováveis (com um limite estabelecido anualmente no Orçamento Geral do Estado, que não ultrapassa os 800€ [34 e 37]), dependendo do escalão de contribuinte. Em complemento, o rendimento, de montante inferior a 5000 €, resultante da atividade de microgeração, fica excluído da tributação em IRS.

Considerando que o término do sistema é inevitável, o investimento torna-se um prejuízo, principalmente para quem precisar do dinheiro investido, que deveria ser recuperado a médio-longo prazo (até 8 a 10 anos [41]) e afinal, são precisos 20 anos (muito longo prazo) para se poder obter algum lucro.

Além das condições climatéricas e a respetiva quantidade de vento (que se revelou na região em estudo ser pouca) também o valor remuneratório pago pelo Governo, pesa muito no tempo de recuperação do investimento. Pelos dados obtidos, conclui-se facilmente que, em 2007 (ano em que o consumidor pode também ser produtor de energia), era mais fácil conseguir recuperar o investimento feito (mesmo que na altura este fosse superior).

Com o DL de 2010, optando pelo melhor regime disponível, só ao 21º ano se recupera o investimento e ao 22º ano consegue-se algum lucro. O problema é que nesta altura, já o aparelho, presumivelmente, atinge o seu tempo de vida.

Com a atualização de valores da portaria de 2011, atualmente investir num sistema de microgeração baseados em energia eólica, não é um bom investimento pois nem sequer se chega a recuperar o investimento com 23 anos de duração do equipamento. Verifica-se assim que a atual legislação não garante aos produtores um retorno financeiro adequado dos investimentos realizados.

Capítulo 6

Conclusão

Com a certeza de que o petróleo se está a esgotar, com a cada vez maior libertação de gases poluentes na atmosfera terrestre resultantes da queima de combustíveis fósseis e o consequente aquecimento global, torna-se urgente mudar de rumo, mudar de paradigma. É necessário urgentemente alterar o modo como se consome, o modo como a energia é utilizada e, acima de tudo, o modo de a produzir.

É nesta mudança de paradigma que entram as FER: energia existente no planeta que é possível aproveitar, sem nunca se esgotar e sem poluir.

A microgeração tem um contributo importantíssimo pois permite aos consumidores, produzirem a sua própria energia (de forma não poluente) e, ao conseguirem utilizar essa energia para seu próprio proveito, lucram com isso. Atualmente, o consumidor tem de vender a energia que produz à rede pública, mas o que as redes inteligentes propõem é realmente inovador, pois permitem que o consumidor seja independente energeticamente e que a energia que produz possa ser utilizada até por vizinhos, em caso de avarias no sistema desse vizinho.

A completar esses fatores, tem-se o carro elétrico que pode ser carregado na própria casa, com a própria energia que é produzida de forma não poluente. E mesmo que o carro não seja carregado em casa, as redes inteligentes podem “dar combustível” aos veículos, sem ser preciso utilizar combustíveis fósseis, mas sim, energia produzida de forma limpa.

É preciso ter em conta que existem várias maneiras de investir na microgeração, mas, atualmente, nem todas são rentáveis. Neste trabalho mostrou-se que recorrer à microgeração eólica como meio de autossustentabilidade, não é uma solução interessante do ponto de vista económico, para a moradia considerada, tendo em consideração a sua localização geográfica.

Outras tecnologias existem e devem ser implementadas, mas não sem antes se fazer um estudo prévio, como este que aqui foi realizado, porque é preciso investir, mas como em todos os negócios, tem de haver retorno financeiro e, o caso analisado, não é exemplo de um projeto economicamente rentável.

6.1 - Perspetiva de Trabalho Futuro

Finda a apresentação da vertente teórica acerca da temática em estudo e após concluir o caso prático é possível fazer uma breve reflexão através de duas vertentes. Inicialmente, fará sentido refletir acerca das limitações inerentes ao próprio trabalho realizado, e posteriormente, abordar possíveis trabalhos futuros que emergem do estudo efetuado.

Ao longo da dissertação foram sentidas algumas limitações concetuais, nomeadamente no que diz respeito ao tempo de amostra das velocidades do vento conseguido (de apenas um ano) e à falta de informação acerca das turbinas eólicas no mercado da microgeração, porque, atualmente, o que se encontra mais explorado em Portugal são, sem dúvida, os grandes parques eólicos, localizados em pontos muito ventosos (tanto a localização como a altitude a que estão, são fatores determinantes para se conseguir grandes aproveitamentos de energia) e as enormes turbinas necessárias para se gerar essa energia.

As turbinas de pequena potência, ainda são poucas e as que existem são muito caras, e dependem fortemente dos locais de instalação. O facto de não ter obtido um resultado positivo neste caso prático, faz perceber que, não é viável, em minha casa, instalar este tipo de aproveitamento, porém, não deixa de ser frustrante, ter de eliminar alternativas que permitiriam ter uma atitude ecológica. Porém, um dos desafios que emerge será explorar outro tipo de alternativas ecológicas que em minha casa possam ter resultados mais vantajosos a nível pessoal, económico e ambiental.

Face a estas limitações poder-se-á pensar em possibilidades, para que num futuro, possam ser realizadas investigações com o intuito de colmatar estas necessidades e dar resposta a estes problemas. Assim, pode-se considerar a investigação, estudo e desenvolvimento de turbinas mais eficientes e capazes de conseguir produzir energia, mesmo em zonas de pouco vento: uma velocidade de arranque bastante reduzida e o aumento da energia produzida através dessas baixas velocidades, são ideias que podem ser exploradas para se conseguir aproveitar o melhor possível esta fonte de energia renovável.

Esta dissertação serviu de estudo de avaliação económica à instalação de um sistema de microgeração baseada em energia eólica, analisando, em particular, como as tarifas remuneratórias podem fazer recuperar o investimento.

Neste caso, percebeu-se porque é que existem tão poucas turbinas eólicas na microgeração de energia (493 kW de potência instalada aproveitando a energia do vento, contra os 42,367 MW de potência instalada aproveitando a energia solar - até junho de 2011 [42]): se por um lado, existem zonas em que pode não ser estético possuir uma turbina em casa, por outro, pode o vento não ser suficiente, para justificar o investimento.

É porém de todo o interesse continuar a investir nestas tecnologias: é necessário conseguirem-se melhores valores de eficiência das turbinas e procurar aproveitar as zonas onde o vento tenha velocidades médias baixas.

Esta procura para fazer melhor e aumentar a exploração das energias renováveis através da microgeração, faz com que, cada um de nós possa deixar a sua pegada limpa no planeta, contribuindo assim para o cumprimento, não só dos objetivos do Governo de aumentar o consumo de energia a partir de fontes renováveis, mas também tornando o País menos dependente do exterior, gerando assim mais economia nacional, contribuindo para um País mais sustentável e mais eficiente e para a qualificação do sistema energético português.

Referências

- [1] Graziani, Mauro e Fornasiero, Paolo, “Renewable Resources and Renewable Energy” - A Global Challenge”, CRC Press, 2007.
- [2] Barbosa, Rui Pedro Santos, “Sistemas de Supervisão e Controlo de Unidade de Produção de Energia Eólica”, dissertação MIEEC, FEUP, junho de 2011.
- [3] Manuel Collares Pereira, “Energias Renováveis: a Opção Inadiável”, editado pela Sociedade Portuguesa de Energia Solar, 1998.
- [4] “Montra Tecnológica Solar”, de 16 de março de 2010. Disponível em www.dgge.pt. Acesso em outubro de 2011.
- [5] DGEG - Direção Geral de Energia e Geologia. Disponível em www.dgge.pt. Acesso em outubro de 2011.
- [6] Costa, Ricardo Jorge, “Energias renováveis: Um Potencial Desaproveitado”, Jornal “A Página da Educação”, abril de 2003. Disponível em <http://issuu.com/apagina/docs/apagina122abr2003>.
- [7] International Energy Agency, “Renewables In Global Energy Supply”, 2006. Disponível em http://www.iea.org/papers/2006/renewable_factsheet.pdf. Acesso em outubro de 2011.
- [8] International Energy Outlook 2011. Disponível em <http://www.eia.gov/forecasts/ieo/pdf/0484%282011%29.pdf>. Acesso em outubro de 2011.
- [9] Económico Online. Disponível em http://economico.sapo.pt/noticias/consumo-mundial-de-energia-vai-aumentar-53-ate-2035_126958.html. Acesso em outubro de 2011.
- [10] BP Statistical Review of World Energy, 2011. Relatório disponível em http://www.bp.com/liveassets/bp_internet/globalbp/globalbp_uk_english/reports_and_publications/statistical_energy_review_2011/STAGING/local_assets/pdf/statistical_review_of_world_energy_full_report_2011.pdf. Acesso em outubro de 2011.
- [11] Alt Energy Stocks. Disponível em http://www.altenergystocks.com/archives/energy_storage. Acesso em novembro de 2011.
- [12] ProSistemas, “Estudo do Impacto Ambiental - Parque Eólico da Serra Alta”, outubro de 2006. Disponível em http://www.iambiente.pt/IPAMB_DPP/docs/RNT1598.pdf.
- [13] Portal da Energia - Energias Renováveis. Disponível em <http://www.portal-energia.com>. Acesso em dezembro de 2011.
- [14] EcoEDP. Disponível em www.eco.edp.pt. Acesso em novembro de 2011.

- [15]Pelletslar. Disponível em <http://www.pelletslar.com>. Acesso em outubro de 2011.
- [16]Pires, Rui Miguel, “Biomassa”, Revista “Jovem Socialista”, 2008. Disponível em <http://www.juventudesocialista.org>.
- [17]Animações sobre a Energia Geotérmica: A Terra e a Conversão da Energia Geotérmica http://www.energiasrenovaveis.com/images/upload/flash/anima_como_funciona/geo18.swf. Acesso em novembro de 2011.
- [18]Efacec. Disponível em: http://www.efacec.pt/PresentationLayer/efacec_projecto_00.aspx?idioma=1&area=2&competenciaid=0&projectoid=144. Acesso em outubro de 2011.
- [19]Portal de Energias Alternativas. Disponível em <http://www.energiasealternativas.com>. Acesso em novembro de 2011.
- [20]Energia e Ambiente. Disponível em energiaeambiente.wordpress.com. Acesso em outubro de 2011.
- [21]Mamede dos Santos, Fernando e Castilho dos Santos, Fernando, “O Combustível Hidrogénio”. Disponível em: www.ipv.pt/millennium/millennium31/15.pdf. Acesso em dezembro de 2011.
- [22]Barbosa, Fernando Pires Maciel, “Gestão de Energia: Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores”, FEUP - DEEC, dezembro de 2009.
- [23]Correio da Manhã. Disponível em <http://www.cmjornal.xl.pt/detalhe/noticias/nacional/actualidade/buraco-do-ozono-ameaca-portugal>. Acesso em outubro de 2011.
- [24]Parlamento Europeu. Disponível em <http://www.europarl.europa.eu/portugal/pt>. Acesso em novembro 2011.
- [25]O Globo Ciência. Disponível em <http://oglobo.globo.com/ciencia/os-principais-pontos-da-conferencia-do-clima-de-durban-3428845>. Acesso em dezembro de 2011.
- [26]Eco Política. <http://www.ecopolitica.com.br/2010/12/13/o-acordo-e-cancun/>. Acesso em outubro de 2011.
- [27]Apresentação “Plano Novas Energias (ENE 2020). ReNewAble, Ministério da Economia, Inovação e do Desenvolvimento. Disponível em: http://www.h2ecocommunity.net/3edition/docs/3sem_h2_apt_plano_novas_energias.pdf. Acesso em novembro de 2011.
- [28]Plano Novas Energias ENE 2020. Ministério da Economia, da Inovação e do Desenvolvimento. Disponível em: <http://www.renewable.pt/pt/Portugal%20e%20a%20Energia/Paginas/ENE2020.aspx>. Acesso em novembro de 2011.
- [29]Portal Wikipédia. Disponível em http://pt.wikipedia.org/wiki/Energia_e%C3%B3lica_em_Portugal. Acesso em novembro de 2011.
- [30]Sítio de Energias Renováveis. Disponível em <http://www.alternativasenergias.com/micro-geracao>. Acesso em novembro de 2011.
- [31]Mangas, Rui Francisco Gomes Duarte, “Avaliação do Impacto da Microgeração em Redes de Distribuição de Energia”, dissertação MIEEC, FEUP, 2009.
- [32]Energias de Portugal (EDP), Grupo EDP, Setor de Energia, Sistema Elétrico Português. Disponível em www.edp.pt. Acesso em dezembro de 2011.
- [33]REN, Eletricidade, Cadeia de Valor. Disponível em www.ren.pt. Acesso em dezembro de 2011.

- [34]Decreto-Lei nº 363/2007 de 2 de novembro de 2007. Disponível em <http://www.renovaveisnadora.pt>. Acesso em novembro de 2011.
- [35]Portal do INESC Porto, Unidade de Sistemas de Energia, Nós na imprensa, “Democracia Energética”, disponível em <http://www2.inescporto.pt>. Acesso em novembro 2011.
- [36]Decreto-Lei nº 118-A/2010 de 25 de outubro de 2010. Disponível em <http://www.renovaveisnadora.pt>. Acesso em novembro de 2011.
- [37]SAS Energia. Disponível em <http://www.sasenergia.pt/produtos/microproducao.html>. Acesso em dezembro de 2011.
- [38]Portaria nº 284/2011 de 28 de outubro de 2011. Disponível em <http://dre.pt/pdf1sdip/2011/10/20800/0472604727.pdf>. Acesso em dezembro de 2011.
- [39]Internic. Disponível em <http://www.internic-engenharia.pt/>. Acesso em novembro de 2011.
- [40]Solar Connect. Disponível em http://solarconnect-energias.com/index.php?option=com_content&view=article&id=6&Itemid=7. Acesso em novembro de 2011.
- [41]Energlobo. Disponível em <http://www.energlobo.pt/microproducao.html>. Acesso em novembro de 2011.
- [42]Excel “Distribuição Geográfica UM”. Disponível em www.renovaveisnadora.pt. Acesso em novembro de 2011.
- [43]ENAT. Disponível em <http://www.enat.pt/>. Acesso em dezembro de 2011.
- [44]FFSolar. Disponível em ffsolar.com. Acesso em dezembro de 2011.
- [45]SAS Energia. <http://www.sasenergia.pt/produtos.html>. Acesso em janeiro de 2011.
- [46]Rede Inteligente. Disponível em <http://www.redeinteligente.com/2010/04/19/microgeracao-um-pequeno-grande-negocio>. Acesso em dezembro de 2011.
- [47]<http://www.tecmundo.com.br/3008-smart-grid-a-rede-eletrica-inteligente.htm>. Acesso em dezembro de 2011.
- [48]Smartgrid News. Disponível em <http://smartgridnews.com.br/o-que-e-smart-grid/>. Acesso em dezembro de 2011.
- [49]Renewable ADENE. Disponível em <http://www.renewable.pt/pt/ABLE/Paginas/RedesInteligentes.aspx>. Acesso em dezembro de 2011.
- [50]INESC PORTO. Disponível em <http://bip.inescporto.pt/104/destaque.html>. Acesso em dezembro de 2011
- [51]“Évora InovCity - A Primeira Cidade Inteligente da Península Ibérica” , Revista “On”, 2011. Disponível em http://www.docstoc.com/docs/98905457/ON_17_revista.
- [52]Pereira, Filipe, “Dimensionamento de um sistema de Venda de Energia Elétrica à Rede”, Revista “Renováveis Magazine”, 2º trimestre de 2010.
- [53]Pereira, Filipe, “Dimensionamento de um sistema de Venda de Energia Elétrica à Rede”, Revista “Renováveis Magazine”, 3º trimestre de 2010.
- [54]MOBI.E. Disponível em <http://www.mobie.pt>. Acesso em dezembro de 2011.
- [55]ADENE. Disponível em <http://www.adene.pt/pt-pt/NavegacaoDeTopo/EnergiaNosTransportes/MobilidadeElectrica/Paginas/Mobi-E.aspx>. Acesso em dezembro de 2011.

- [56]Smartgrid News. Disponível em <http://smartgridnews.com.br/sistemas-automatizados-poderao-ser-decisivos-para-smart-grid/>. Acesso em dezembro de 2011.
- [57]Smartgrid News. Disponível em <http://smartgridnews.com.br/ataques-a-redes-smart-grid/>. Acesso em dezembro de 2011
- [58]Obvious. Disponível em http://obviousmag.org/archives/2009/08/floresta_solar.html. Acesso em dezembro de 2011.
- [59]Comissão Europeia. Disponível em http://ec.europa.eu/energy/gas_electricity/smartgrids/smartgrids_en.htm. Acesso em dezembro de 2011.
- [60]Eduardo Pegurier Blog. Disponível em <http://www.oeco.com.br/eduardo-pegurier/20852-smart-grid-uma-rede-super-poderosa>. Acesso em dezembro de 2011.
- [61]Soluções de Microgeração. Disponível em <http://hlagido.wordpress.com/2010/12/30/solucoes-de-microgeracao/#comments>. Acesso em novembro de 2011
- [62]Aerogeradores.net. Disponível em <http://aerogeradores.blogs.sapo.pt/6290.html>. Acesso em janeiro de 2012.
- [63]Costa, Paulo Alexandre, “Atlas do Potencial Eólico para Portugal Continental”, dissertação Licenciatura em Ciências Geofísicas, Lisboa, 2004.
- [64]Tipos de Torre da Bornay. Disponível em http://www.bornay.com/userfiles/tipos_torres.pdf. Acesso em janeiro de 2012.
- [65]Pereira, Filipe, “Dimensionamento de um sistema de Venda de Energia Elétrica à Rede”, Revista “Renováveis Magazine”, 1º trimestre de 2010.
- [66]De Lima, Marisa Rodrigues, “O Uso da Energia Eólica como Fonte Alternativa para Solucionar Problemas de Energia e Bombeamento de Água Subterrânea em Locais Isolados”, Pós-Graduação em Fontes Alternativas de Energia, Universidade Federal de Lavras, 2009.
- [67]Bio Espaço Energia. Disponível em <http://www.bioespaco.com/produtos/energia-eolica/>. Acesso em janeiro de 2012.
- [68]Datasheet Turbinas Eólicas Bornay. Disponível em http://www.bornay.com/userfiles/descargas/catalogo_bornay.pdf. Acesso em janeiro de 2012.
- [69]Datasheet Inversor Windy Boy. Disponível em http://www.bioespaco.com/docs/SMA_Windy_Boy_3300-3800.pdf. Acesso em janeiro de 2012.
- [70]Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em <http://www.meteo.pt>. Acesso em janeiro de 2012.
- [71]APISOLAR - Associação Portuguesa da Indústria Solar, “Setor Solar em Portugal”, outubro de 2011. Disponível em http://www.apisolar.pt/images/stories/Politica_Energetica/Apisolar_Doc02_06_O_Sector_Solar_PT_14_Out_Final.pdf.
- [72]Lista atualizada dos países da OCDE disponível em http://www.oecd.org/pages/0,3417,en_36734052_36761800_1_1_1_1_1,00.html.

Anexo I - Orçamento para Instalação de Grupo Aerogerador para Microgeração baseada em Energia Eólica

SASENER - Tecnologias, Lda

Prct. Bernarda Ferreira Lacerda N.º 13
4200-601 PORTO
N.º Contribuinte: 509302882
Capital Social Euros: 20.000,00
Telefone: 225 498 020
FAX: 225 404 051

Exmo(s). Sr(s).

Vitor Silva

Rua central n.º 70

Grijó

4415-532 GRIJO



ORIGINAL

Cliente	N.º Contribuinte	Gestor de Cliente	Data	Proposta
10355		Dep. Comercial	16.01.2012	2012020

Ref.	Designação	Quant	Preço	IVA	Desc.	Total
S30004	Aerogerador para Microgeração					
S32034	Aerogerador Bornay 3000 - 24/48/120V	1,0	6.099,00	23%		6.099,00
S31004	Inversor WINDY BOY 3300	1,0	2.706,60	23%		2.706,60
S23100	Torre de fixação Bornay P750 13m	1,0	1.260,00	23%		1.260,00
	Contador ACTARIS SL7000 c/ Modem GSM	1,0	625,00	23%		625,00
	Aprovado pela CERTIEL para Microprodução/Miniprodução Com Modem MAESTRO GSM para sistema de telecontagem pela rede móvel GSM Inclui: fonte de alimentação e antena. Contador Trifásico Bidireccional INSTALAÇÃO		1.500,00	23%		1.500,00

Página 1 de 1

Total	12.190,60 Eur
Total C/IVA *	14.994,44 Eur

* IVA incluído à taxa legal em vigor.

Observações	Pedido de cotação
Condições Pag.	

Consulte as condições gerais de venda em www.sasenergia.pt
Software PHC - Processado por programa certificado n.º 0006/DGCI



energias renováveis | eficiência energética

grupo IRMÃOS SAS | PRCT. BERNARDA FERREIRA LACERDA, 13 | 4200-601 PORTO | T. 225 498 020 | F. 225 404 051 | info@sasenergia.pt | www.sasenergia.pt

Anexo II - Portaria nº 284/2011

(com as tarifas e valores limites de potência atualmente em vigor)

MINISTÉRIO DA ECONOMIA E DO EMPREGO

Portaria n.º 284/2011 de 28 de Outubro

O regime jurídico aplicável à produção de eletricidade, a partir de recursos renováveis, por intermédio de unidades de microgeração, aprovado pelo Decreto-Lei nº 363/2007, de 2 de novembro (alterado e republicado pelo Decreto-Lei nº 118-A/2011, de 25 de outubro), prevê um regime remuneratório bonificado baseado na aplicação de uma tarifa de referência predefinida e sujeita a um mecanismo de regressividade anual e numa quota máxima de potência de injeção na rede, as quais são suscetíveis de atualização mediante portaria do membro do Governo responsável pela área da energia, de forma a assegurar a sua adequação aos objetivos da política energética, à sua relação com outras políticas setoriais e à evolução dos mercados.

A análise realizada no âmbito da implementação das medidas do Memorando de Entendimento sobre as Condicionalidades de Política Económica, subscrito por Portugal e pelo FMI, a Comissão Europeia e o BCE, e, por outro lado, as orientações de política energética previstas no Programa do XIX Governo Constitucional, designadamente no domínio das energias renováveis, bem como a evolução entretanto verificada nos mercados apontam para a necessidade de proceder à referida atualização.

Assim, nos termos e ao abrigo do disposto no nº 2 do artigo 11º-A do Decreto-Lei nº 363/2007, de 2 de novembro (alterado e republicado pelo Decreto-Lei nº 118-A/2011, de 25 de outubro):

Manda o Governo, pelo Secretário de Estado da Energia, o seguinte:

Artigo 1º

Tarifa de referência

1 — O valor da redução anual da tarifa de referência previsto no nº 5 do artigo 11º do Decreto-Lei nº 363/2007, de 2 de novembro (alterado e republicado pelo Decreto-Lei nº 118-A/2011, de 25 de Outubro), é fixado em € 54/MWh para o primeiro período de oito anos e em € 35/MWh para o segundo período, com efeitos a partir 2012, inclusive.

2 — Consequentemente, a tarifa de referência aplicável em 2012, nos termos e para efeitos previstos nos nºs 1, 2, 3 e 10 do artigo 11º do referido decreto-lei, é de € 326/MWh para o primeiro período e de € 185/MWh para o segundo período.

Artigo 2º
Quota anual de potência

1 — A quota anual de potência prevista no nº 8 do artigo 11º do Decreto -Lei nº 363/2007, de 2 de novembro (alterado e republicado pelo Decreto-Lei nº 118-A/2011, de 25 de outubro), é fixada em 10 MW, com efeitos a partir de 2012, inclusive.

2 — A DGEG estabelece, nos termos do nº 10 do referido artigo 11º, a programação da alocação da quota anual prevista no número anterior.

Artigo 3º
Entrada em vigor

A presente portaria entra em vigor no dia seguinte ao da sua publicação.

O Secretário de Estado da Energia, Henrique Joaquim Gomes, em 13 de outubro de 2011.