

UNIVERSIDADE DE LISBOA  
FACULDADE DE CIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA ANIMAL



**OS ACTUAIS DESAFIOS DA ENERGIA.  
IMPLEMENTAÇÃO E UTILIZAÇÃO DAS ENERGIAS  
RENOVÁVEIS.**

**Ana Luísa Catarré Lavado**

MESTRADO EM CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS DO AMBIENTE

2009

UNIVERSIDADE DE LISBOA  
FACULDADE DE CIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA ANIMAL



**OS ACTUAIS DESAFIOS DA ENERGIA.  
IMPLEMENTAÇÃO E UTILIZAÇÃO DAS ENERGIAS  
RENOVÁVEIS.**

**Ana Luísa Catarré Lavado**

DISSERTAÇÃO ORIENTADA PELO PROFESSOR DOUTOR FILIPE  
DUARTE SANTOS E PELO ENGENHEIRO PEDRO BORGES FERNANDES.

MESTRADO EM CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS DO AMBIENTE

2009

## AGRADECIMENTOS

---

A realização desta dissertação não me teria sido possível se não fosse o apoio de várias pessoas que se mostraram presentes enquanto esta foi elaborada.

Em primeiro lugar aos meus orientadores, Professor Filipe Duarte Santos e Engenheiro Pedro Borges Fernandes, por terem aceite esta posição, pelo apoio, disponibilidade e possibilidade de discussão de ideias e conhecimentos.

Aos professores Francisco Ferreira e Ricardo Aguiar pelas suas respostas às minhas questões e pela visão experiente do sector energético e da implementação das energias renováveis em Portugal.

Aos meus amigos e colegas, pelo apoio, amizade e força que demonstraram em todos os momentos, Maria José Sousa, Carla Caldeira, Susana Lavado e, em especial, Helena Geraldes pela conversa e troca de ideias.

E, por fim, aos meus pais e irmão, pela amizade, companheirismo e apoio condicional que em muito me ajudaram a chegar à última página desta dissertação.

O meu muito obrigado a todos.

A energia está-se a tornar um factor condicionante dos modelos de desenvolvimento socioeconómicos futuros à escala global, regional e nacional. Satisfazer a procura de energia no momento e no local em que é necessária e sob a forma adequada é um dos principais desafios com que a sociedade é confrontada no decorrer deste século.

O actual paradigma de desenvolvimento é insustentável a médio e longo prazo devido às crises e rupturas resultantes de uma escassez crescente dos combustíveis fósseis e da degradação ambiental resultante. Sem fontes de energia abundantes e acessíveis do ponto de vista económico e menos nocivas para o ambiente, não é possível assegurar a manutenção do actual paradigma.

Começa a haver uma forte tendência a nível mundial para os países diminuírem a dependência do petróleo, motivada pela necessidade de controlar as emissões de dióxido de carbono para a atmosfera e pela sustentabilidade resultante duma maior segurança ao nível do abastecimento e da acessibilidade. Esta transição é possível mas exige uma nova ordem de prioridades de investimento apoiada numa firme vontade política tanto a nível nacional como global, e numa mudança de comportamentos e de mentalidades (DUARTE SANTOS, 2009).

Numa perspectiva a curto e médio prazo, a aposta na produção descentralizada de energia é uma acção chave para um paradigma energético mais sustentável, sendo uma das abordagens mais eficazes para a electrificação de áreas remotas e pode trazer um número de outras vantagens em termos de emissões de carbono e segurança energética em ambientes urbanos. Descentralizar o sistema melhora a eficiência da produção, reduz os custos e impactes da rede de transmissão e distribuição e reduz as emissões de gases com efeito de estufa.

Propõe-se, assim uma estratégia energética assente na mudança de paradigma que tem como principais impulsionadores a mudança de comportamentos e a produção descentralizada de energia.

**Palavras-chave:** energia, energia renovável, combustíveis fósseis, produção descentralizada de energia, paradigma energético, estratégia energética

## ABSTRACT

---

Energy is becoming a limitation for the future socioeconomical development models, to the global, regional and national scale. To satisfy the energy demand on the moment and place when it is necessary and under the suitable form is one of the main challenges for the modern society in this century.

The present development paradigm is unsustainable in the medium and long term due to the resulting crisis and ruptures from the gradual and crescent scarcity of the fossil resources and the resulting environmental degradation. Without abundant energy sources that are economical accessible and less harmful for the environment, it is not possible to ensure the maintenance of the current paradigm.

The newest and global trend is to decrease the dependence from petroleum, motivated by the need to control the carbon dioxide emissions and by the sustainability given by an increased security of the energy supply and accessibility. This transition is possible if the demand of a new set of investment priorities supported by global and national political will and by the behavioural changes is met (DUARTE SANTOS, 2009).

In a short and medium term perspective, the decentralized energy production is one of the main keys for a more sustainable energetic paradigm, not only is one of the most effective way to electrify remote areas but it also has a wide number of advantages related to the carbon emissions and energy security in urban areas. Decentralizing the system improves the production efficiency, reduces the costs and impacts related to the transmission and distribution network and it reduces the greenhouse gases emissions.

It is proposed an energetic strategy based on the paradigm transition that has as main impulses the behavioural changes and the decentralized energy production.

**Keywords:** energy, renewable energy, fossil fuels, decentralized energy production, energetic paradigm, energetic strategy

## SIMBOLOGIA

---

CAO	Coluna de Água Oscilante
CO <sub>2</sub>	Dióxido de Carbono
EBIA	European Biomassa Industry Association
E-FER	Energia a partir de Fontes de Energia Renovável
DGEG	Direcção Geral de Energia e Geologia
GEE	Gases com Efeito de Estufa
IEA	Agência Internacional de Energia
INESC	Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores
ONGA	Organizações Não Governamentais do Ambiente
NOx	Óxidos de Azoto
PIB	Produto Interno Bruto
PNALE	Plano Nacional de Atribuição de Licenças de Emissão
PNAC	Plano Nacional para as Alterações Climáticas
Ppmv	Partes por milhão em volume
RESP	Rede Eléctrica de Serviço Público
SO <sub>2</sub>	Dióxido de Enxofre
SRM	Sistema de Registos de Microprodução
UE	União Europeia

---

AGRADECIMENTOS .....	i
RESUMO .....	ii
ABSTRACT .....	iii
SIMBOLOGIA.....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS .....	vi
ÍNDICE DE QUADROS.....	vii
Capítulo 1 – INTRODUÇÃO .....	1
1.1 Objectivo.....	5
1.2 Metodologia .....	6
1.3 Estrutura da Tese .....	7
Capítulo 2 – A INSUSTENTABILIDADE DO PARADIGMA ACTUAL.....	9
2.1 Os Combustíveis Fósseis: Vantagens e Desvantagens .....	9
2.1.1 Petróleo .....	10
2.1.2 Gás Natural.....	12
2.1.3 Carvão .....	13
3.2 Emissões de Dióxido de Carbono .....	15
Capítulo 3 – O PARADIGMA FUTURO .....	17
3.1 A Substituição dos Combustíveis Fósseis.....	17
3.2 As Energias Renováveis: Vantagens e Desvantagens.....	18
3.2.1 Hídrica .....	19
3.2.2 Eólica.....	20
3.2.3 Solar.....	23
3.2.4 Ondas .....	26
3.2.5 Geotérmica .....	27
3.2.6 Biomassa, Biogás e Biocombustíveis.....	29
3.3 Influências Positivas das Energias Renováveis .....	32
Capítulo 4 –PERFIL ENERGÉTICO DE PORTUGAL .....	33
4.1 Situação Energética .....	33
4.1.1 Global .....	33
4.1.2 Portugal .....	33
4.2 Política Energética de Portugal .....	38
Capítulo 5 – ESTRATÉGIA ENERGÉTICA. GUIA PARA UMA MAIOR SUSTENTABILIDADE.....	41
5.1 Mudança de Paradigma .....	42
5.1.1 Dos combustíveis fósseis para as energias renováveis.....	42
5.1.2 Mudança de comportamentos .....	44
5.2 Produção Descentralizada de Energia .....	47
5.2.1 Viabilidade de locais.....	49
5.2.2 Financiamento e Custo vs Benefício da microgeração.....	50
5.2.1 Análise de Ciclo de Vida.....	52
Capítulo 6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS E DESAFIOS FUTUROS.....	55
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	57

---

## ÍNDICE DE FIGURAS

---

<b>Figura 1.1</b> – Sustentabilidade no sector eléctrico (BSCD PORTUGAL, 2006; 6).....	2
<b>Figura 1.2</b> – Esquema com a metodologia aplicada na elaboração da dissertação.....	6
<b>Figura 1.3</b> – Síntese esquemática da organização da dissertação.....	8
<b>Figura 2.1</b> – Capital natural da crosta terrestre, localização dos recursos endógenos (MILLER, 2006; 287). ....	9
<b>Figura 2.2</b> – Os componentes são removidos a diferentes alturas numa coluna de destilação com base nos pontos de ebulição; os mais voláteis e com o ponto de ebulição mais baixo são removidos no topo da coluna (MILLER, 2006; 290).....	10
<b>Figura 2.3</b> – Protótipo da central termo-eléctrica que faz o sequestro do carbono para o solo na Dinamarca (imagem retirada do filme Home).....	14
<b>Figura 3.1</b> – Barragem do Alqueva, Norte Alentejo, Portugal (Comissão Nacional Portuguesa das Grandes Barragens, 2004) .....	19
<b>Figura 3.2</b> – Aproveitamento dos solos num parque eólico (MILLER, 2006; 318).....	21
<b>Figura 3.3</b> – Sistema de backup dos aerogeradores. ....	21
<b>Figura 3.4</b> – Aerogeradores, Malveira, Portugal. ....	22
<b>Figura 3.5</b> – Três exemplos de casas com <i>design</i> solar passivo (MILLER, 2006; 314) .....	23
<b>Figura 3.6</b> – Exemplos do sistemas solar passivo e solar activo numa casa (MILLER, 2006; 313).....	24
<b>Figura 3.7</b> – Central Solar de São Francisco, USA, utilização de heliostatos (Power-Techology.com). ....	25
<b>Figura 3.8</b> – Central Fotovoltaica da Amareleja, Portugal (apea.com) .....	25
<b>Figura 3.9</b> – Célula solar fotovoltaica (MILLER, 2006; 315).....	26
<b>Figura 3.10</b> – Sistema de CAO nos Açores (GARCIA, 2004; 183) .....	27
<b>Figura 3.11</b> – Central Geotérmica com utilização da água fóssil dum aquífero (GEO, 2000).....	27
<b>Figura 3.12</b> – Esquema duma central geotérmica de ciclo binário (GEO, 2000). ....	28
<b>Figura 3.13</b> – Capital natural: os principais tipos de biomassa (MILLER, 2006; 319).....	29
<b>Figura 4.1</b> – Esquema da análise de <i>Inputs-Outputs</i> Energéticos. ....	34
<b>Figura 5.1</b> – Esquema da Estratégia Energética proposta.....	41
<b>Figura 5.2</b> – Fluxograma da mudança de comportamentos.....	44
<b>Figura 5.3</b> – Influências de vários agentes na procura-oferta de energia. ....	45
<b>Figura 5.4</b> – Proposta de questionário para avaliar o comportamento dos cidadãos. ....	46
<b>Figura 5.5</b> – Esquema do modelo de produção descentralizada de energia segundo Jeremy Rifkin. ....	47
<b>Figura 5.6</b> – Localização geográfica das principais fontes de produção de energia em Portugal. ....	48
<b>Figura 5.7</b> – Modelo de Produção de Energia Descentralizada proposto.....	49
<b>Figura 5.8</b> – Principais custos relacionados com a microprodução. ....	51
<b>Figura 5.9</b> – Esquema da análise de ciclo de vida.....	52
<b>Figura 5.10</b> – Esquema proposto para a descentralização da produção de energia eléctrica. ....	53

---

## ÍNDICE DE QUADROS

---

<b>Quadro 2.1</b> – Vantagens e desvantagens do uso do crude e do petróleo como fonte de energia. ....	11
<b>Quadro 2.2</b> – Vantagens e desvantagens do uso do gás natural como fonte de energia. ....	13
<b>Quadro 2.3</b> – Vantagens e desvantagens do uso do carvão como fonte de energia. ....	14
<b>Quadro 2.4</b> – Quantidade de CO <sub>2</sub> em toneladas produzido por 1,056x10 <sup>9</sup> J de energia (ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION, 2009). ....	15
<b>Quadro 2.5</b> – Metas do Protocolo de Quioto e da União Europeia para Portugal (APREN). ....	15
<b>Quadro 3.1</b> – Vantagens e desvantagens do uso da energia hídrica como fonte de energia. ....	20
<b>Quadro 3.2</b> – Vantagens e desvantagens do uso da energia eólica como fonte de energia. ....	22
<b>Quadro 3.3</b> – Vantagens e desvantagens do uso da energia solar passiva e activa. ....	24
<b>Quadro 3.4</b> – Vantagens e desvantagens do uso da energia solar fotovoltaica como fonte de energia. ....	25
<b>Quadro 3.5</b> – Novas áreas de exploração da energia geotérmica e respectivas vantagens e desvantagens (Comunicação Privada – GeSto Energia). ....	29
<b>Quadro 3.6</b> – Vantagens e desvantagens do uso da energia da biomassa como fonte de energia. ....	30
<b>Quadro 3.7</b> – Ciclo de vida das emissões gasosas das energias renováveis (g/kWh). ....	32
<b>Quadro 4.1</b> – Contribuição de cada fonte de energia no mercado energético global (IEA, 2008: 6). ....	33
<b>Quadro 4.2</b> – Consumo de energia primária em 2007 (DGEG, 2007). ....	34
<b>Quadro 4.3</b> – Consumo energético e emissões de CO <sub>2</sub> por sector em 2007 (DGEG, 2007). ....	35
<b>Quadro 4.4</b> – Valores de referência para 2010 (DIRECTIVA 2001/77/CE). ....	36
<b>Quadro 4.5</b> – Evolução histórica (2001 a 2009) da potência total instalada em renováveis (MW) (DGEG, 2008: 6). ....	36
<b>Quadro 4.6</b> – Evolução histórica (2001 a 2009) da energia eléctrica produzida através de renováveis (GWh) (DGEG, 2008: 6). ....	37
<b>Quadro 5.1</b> – Percentagem aplicada à tarifa de referência às diferentes fontes de energia renovável por microprodução. ....	51



## Capítulo 1 – INTRODUÇÃO

---

A energia assume um papel central nos modelos de desenvolvimento socioeconómico modernos. Satisfazer a procura de energia no momento e no local em que é necessária e sob a forma adequada é um dos principais desafios com que a sociedade é confrontada no início do século XXI. Para responder a este desafio é necessário dispor de fontes primárias de energia suficientes e diversificadas e ainda de um sistema eficiente e economicamente viável de conversão da energia dessas mesmas fontes em diversas formas de energia (eléctrica, térmica e combustível), acessíveis aos consumidores, com uma repartição determinada em parte pela procura.

A energia será muito provavelmente o principal factor condicionante dos possíveis modelos de desenvolvimento futuro à escala global, regional e nacional. Cerca de um terço da população mundial vive em países em desenvolvimento e continua sem acesso à energia comercializada, dependendo da energia da biomassa para aquecimento e da energia somática para providenciar energia mecânica (DUARTE SANTOS, 2007; 240).

As projecções *business-as-usual* mostram que o crescimento populacional nos países em desenvolvimento tende a contrabalançar os programas de acesso à energia. Isto significa que o número de pessoas sem acesso a energia vai manter-se elevado, mesmo com investimentos energéticos de cerca de 16 mil milhões de euros a serem efectuados nas próximas décadas (BCSD PORTUGAL, 2006; 6).

Em 1999, a Agência Internacional de Energia (IEA) declarou que “o mundo encontra-se na fase inicial duma transição inevitável para um sistema energético sustentável que será, maioritariamente, dependente dos recursos renováveis”. Passados 10 anos, o mercado energético global permanece dependente dos combustíveis fósseis apesar de se verificarem novos desenvolvimentos na investigação dos sistemas energéticos baseados nos recursos renováveis.

A transição da era dos combustíveis fósseis para a das energias renováveis é possível mas exige uma nova ordem de prioridades de investimento apoiada numa firme vontade política tanto a nível nacional como global (DUARTE SANTOS, 2009). O problema está no investimento avultado que é necessário para assegurar as tendências da procura sem manter a dependência dos combustíveis fósseis a curto prazo e aumentar a utilização das energias renováveis. Os principais entraves à utilização destas são a necessidade de criar as infraestruturas de produção de energia e o seu sistema de distribuição, o transporte para as zonas de maior procura e a intermitência da matéria-prima.

Contudo, a contribuição percentual das energias renováveis para o conjunto global das fontes primárias de energia irá passar de 1% em 2006 para apenas 4% em 2030 (DUARTE SANTOS, 2009).

O actual paradigma de desenvolvimento é, muito provavelmente, insustentável a médio prazo (2050) devido às crises e rupturas resultantes de uma escassez crescente de recursos naturais, em especial do petróleo, e à degradação ambiental, às alterações climáticas e a um aumento da desigualdade na qualidade de vida e no poder económico entre países desenvolvidos e países em desenvolvimento. Contudo, um sistema que não seja baseado no permanente crescimento económico, é instável e conduz ao risco de colapso das economias, tal como actualmente estão organizadas.

Sem fontes de energia abundantes e acessíveis do ponto de vista económico não é possível assegurar a manutenção a médio e longo prazo do actual paradigma, tanto nos países desenvolvidos como nos países em desenvolvimento, incluindo as economias emergentes.

De acordo com os cenários de referência da IEA, o consumo global de energia primária irá crescer entre 40% a 50% até 2030 a um ritmo médio anual de 1,6%. Os combustíveis fósseis irão assegurar cerca de 83% do aumento da procura. As razões deste forte crescimento são essencialmente duas: o permanente aumento da população mundial e a convergência económica entre os países desenvolvidos e os países em desenvolvimento, especialmente os com economias emergentes, como a Índia e a China que estão a liderar a recuperação económica a nível mundial face à crise actual e a tornar-se grandes consumidores de petróleo e carvão.

A esta mudança deve-se responder com medidas estruturais, começando por dar o valor monetário real à energia. A solução está nas energias renováveis, na eficiência energética e na modernização dos sistemas de transporte, na promoção de mercados mais transparentes e concorrentes, na adaptação de todos os sectores da economia e da produção de energia (PINHO, 2008).

Uma solução seria separar a taxa de crescimento do Produto Interno Bruto (PIB) da procura crescente de recursos naturais, isto é, conseguir manter a taxa do PIB positiva e verificar-se uma procura de recursos naturais menor e impactos sobre o ambiente menos nocivos. Os baixos preços dos combustíveis fósseis estimularam o crescimento económico mas desencorajaram a inovação e o desenvolvimento das energias renováveis e a aposta na eficiência energética<sup>1</sup>.

No decorrer deste século, é necessário fazer a transição da dependência dos combustíveis fósseis para uma maior dependência das fontes de energia renováveis e uma melhor eficiência energética.

A sustentabilidade dos sistemas energéticos é, hoje, um factor importante para o desenvolvimento socioeconómico. A sustentabilidade depende de três componentes: **i)** a segurança no acesso à energia, **ii)** a acessibilidade dos serviços de energia e **iii)** compatibilidade ambiental.

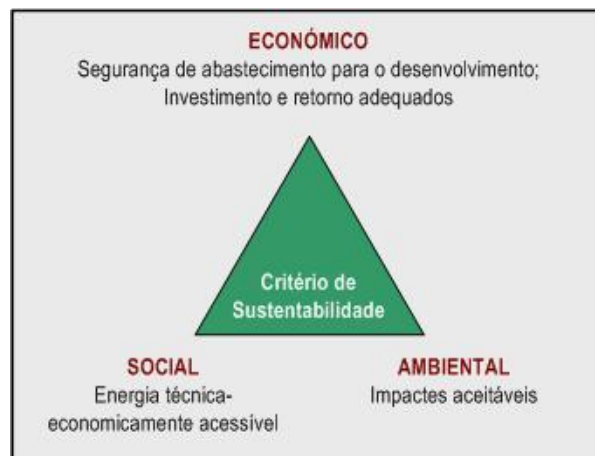


Figura 1.1 – Sustentabilidade no sector eléctrico (BSCD PORTUGAL, 2006; 6).

A utilização intensiva de combustíveis fósseis, desde a revolução industrial e especialmente depois da segunda guerra mundial melhorou decisivamente a qualidade de vida das sociedades industrializadas, revolucionou o estilo de vida, criando novos padrões de comportamento e de consumo, e as condições que possibilitaram o enorme crescimento da população e da economia nos últimos dois séculos (DUARTE SANTOS, 2007; 238). Esta dependência energética não teve somente consequências positivas, a utilização intensa dos combustíveis fósseis provocou um aumento da emissão de gases com efeito de estufa (GEE) para a atmosfera, em especial de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), parte do qual se acumula na atmosfera.

<sup>1</sup> Percentagem do *input* de energia total que produz trabalho e que não é convertida em calor de baixa qualidade e sem uso num sistema ou processo de conversão de energia.

Devido a este processo e também, em menor parte, à desflorestação e outras alterações no uso dos solos, a concentração atmosférica do CO<sub>2</sub> aumentou desde 280 ppmv (partes por milhão em volume) antes da revolução industrial até atingir um valor médio de 385 ppmv no ano de 2008. A emissão antropogénica de GEE provoca o forçamento radiativo na atmosfera. A utilização intensiva dos combustíveis fósseis é incompatível com a preservação do ambiente porque provoca alterações climáticas potencialmente muito gravosas para a grande maioria dos países, para o actual modo de vida e para as gerações futuras (DUARTE SANTOS, 2009).

Começa a haver uma forte tendência a nível mundial para os países diminuírem a dependência do petróleo, motivada pela necessidade de controlar as emissões de CO<sub>2</sub> para a atmosfera e pela sustentabilidade resultante duma maior segurança ao nível do abastecimento e da acessibilidade. A segurança e a emissão de GEE estão no topo das agendas políticas dos países desenvolvidos e em desenvolvimento, em parte devido às recentes falhas nas redes de transporte, bem como um desequilíbrio na procura/oferta motivado pela falta de infraestruturas.

As soluções tecnológicas hoje existentes reduzem drasticamente as emissões de GEE e outros impactos ambientais mas muitas delas ainda são mais dispendiosas que as opções convencionais, tornando-se um entrave à competição internacional na economia global e às novas políticas energéticas (BSCD Portugal; 2006, 7).

É evidente que a permanência do preço dos combustíveis fósseis no nível atingido no terceiro trimestre de 2008 seria insustentável e obrigaria a transformações profundas na economia e nos estilos de vida. Um dos problemas centrais neste contexto é a competição que se gerou neste início de século XXI entre energia e bens alimentares provocada pelo desenvolvimento da produção dos biocombustíveis à escala global. Esta competição é reveladora da insustentabilidade actual dos sistemas energéticos (DUARTE SANTOS, 2007; 240).

Desde 1990, o ano de referência do Protocolo de Quioto, as emissões anuais mundiais de CO<sub>2</sub> para a atmosfera aumentaram 40%. Recorde-se que o objectivo deste é reduzir as emissões dos países desenvolvidos de 5,2% até ao final de 2012, relativamente a 1990.

A situação energética de Portugal está obviamente muito condicionada e protegida pelo facto do país ser membro da União Europeia (EU). Contudo, há certos aspectos específicos que resultam, em grande parte, da nossa evolução histórica recente, do nível e ritmo de evolução do desenvolvimento socioeconómico. A utilização de energia primária aumentou cerca de 50% entre 1990 e 2005 à custa da importação de petróleo e gás natural, sem esquecer a importação de electricidade, que começou por ser marginal mas é hoje significativa e sistemática. Estas importações representam entre 82% a 85% do total do consumo e uma factura energética líquida que não tem cessado de crescer e já é elevada relativamente ao PIB o que se traduz em perda de competitividade (DUARTE SANTOS, 2007; 241).

A intensidade energética e carbónica têm taxas elevadas em Portugal, os sectores mais problemáticos são o dos transportes, o residencial, devido ao consumo directo e indirecto de energia, e o das indústrias. É possível diminuir significativamente o consumo de energia sem diminuir a funcionalidade dos sistemas e a qualidade dos serviços, para tal, é necessário intervir a montante no que respeita às infraestruturas de transportes, ordenamento do território, planeamento urbanístico e concepção e construção de edifícios, e desenvolver políticas públicas de transportes e mobilidade urbana que reduzam o consumo de energia.

Procura-se agora diminuir a dependência dos combustíveis fósseis, gerir tanto a oferta como a procura, diminuir as profundas disparidades do consumo de energia nos planos territorial e social, contrariar a forte situação monopolista que foi herdada a tomar medidas no sentido da sustentabilidade dos sistema energético (DUARTE SANTOS, 2009).

A mudança do cenário energético apresenta-se como um desafio enorme cuja solução depende em última análise da vontade política em fazer os investimentos necessários à escala nacional e global. As decisões de investimento vão afectar, a médio e longo prazo, o preço e os impactes ambientais de infra-estruturas em rápido crescimento

O consumo de electricidade está a crescer mais depressa do que o de qualquer outra forma de energia. A maior parte dos investimentos necessários para infra-estruturas energéticas terão que ocorrer no sector eléctrico. À medida que as economias se desenvolvem e as necessidades da sociedade se tornam mais sofisticadas, a electricidade é o tipo de energia escolhida. O progresso tecnológico promove a sua utilização; pode ser produzida a partir de qualquer fonte de energia; chega aos consumidores de uma forma segura e na quantidade necessária (BSCD Portugal; 2006, 7).

Hoje, o sector eléctrico contribui com 40% do total de emissões de CO<sub>2</sub> a partir da queima de combustíveis e estima-se que estas emissões dupliquem em 2030 em cenários *business-as-usual*. Adicionalmente, os impactes ambientais locais têm de ser mais bem geridos, em particular onde as normas ambientais estão ainda a emergir. Finalmente, a dependência que a produção de energia eléctrica tem de água para refrigeração pode criar novos desafios na medida em que o sector compete com uma escassez de recursos hídricos cada vez maior (BSCD Portugal; 2006, 7).

Actualmente, existem várias tecnologias que podem satisfazer estes desafios ao longo de toda a cadeia de valor da electricidade. Para além da descarbonização do abastecimento eléctrico utilizando as opções actuais e futuras de produção, as novas tecnologias de utilização final podem também contribuir para a redução de emissões de GEE fora do sector eléctrico actual, substituindo a utilização directa de combustíveis fósseis (BSCD Portugal; 2006, 7).

No entanto, numa perspectiva a curto e médio prazo, a aposta na produção descentralizada de energia é uma acção chave para um paradigma energético mais sustentável.

A produção descentralizada de electricidade pode ser realizada de duas maneiras: **i)** através de tecnologias renováveis (mini-hídricas, biomassa, solar fotovoltaica, microeólica), **ii)** através de tecnologias fósseis convencionais (cogeração a gás). A produção descentralizada é uma das abordagens mais eficazes para a electrificação de áreas remotas e pode trazer um número de outras vantagens em termos de emissões de carbono e segurança energética em ambientes urbanos.

Os custos de capital da produção centralizada são normalmente mais baixos por unidade de capacidade do que as centrais mais pequenas; os custos da operação e manutenção por unidade de electricidade produzida também tendem a ser mais baixos e a utilização de bens tende a ser mais elevada. Contudo, a descentralização da produção de energia passa também pela microprodução, sendo a mais conhecida e utilizada a microgeração – produção de energia térmica e eléctrica através de painéis solares fotovoltaicos.

Descentralizar o sistema melhora a eficiência da produção utilizando o calor produzido, reduz os custos e impactes da rede de transmissão e distribuição reduzindo a distância de transporte, a carga total transportada e melhora ainda a utilização pelo consumidor, permitindo às pessoas a gestão da sua própria fonte de energia e padrões de utilização (BSCD Portugal; 2006, 20).

Por outro lado, a produção descentralizada impõe custos adicionais à rede, incluindo o fluxo inverso de electricidade pelas linhas de distribuição, requerendo investimentos na inovação e desenvolvimento e hardware em redes modernizadas, de modo a evitar falhas de sincronização na electricidade produzida, a melhorar o comércio de electricidade, o sistema de

armazenamento e o ajustamento de dissonâncias entre a procura de calor e electricidade. Algumas soluções da produção descentralizada são intermitentes e imprevisíveis pela sua natureza requerendo o apoio de sistemas de produção centralizada ou o armazenamento de electricidade (BSCD Portugal; 2006, 20).

Para os consumidores, a atractividade de centrais de produção descentralizada depende em muito, dos preços da electricidade de rede, do rácio entre o preço da electricidade para os equipamentos e os preços dos combustíveis para as centrais de produção descentralizada, bem como da fiabilidade de rede. Cria assim uma economia de escala que pode fazer pressão de modo a criar um mercado de produção de electricidade com fonte em renováveis e a um decréscimo dos valores económicos da electricidade actuais.

O consumidor/produtor de energia tem uma responsabilidade acrescida, uma vez que passa a estar envolvido nas políticas energéticas e nas questões das alterações climáticas, tendo um papel cada vez mais activo na solução para este problema global.

A produção descentralizada de energia eléctrica e térmica evita a emissão de GEE, em especial de CO<sub>2</sub>, permite que a dependência externa energética e dos combustíveis seja cada vez menor, para além de contribuir para o cumprimento dos compromissos internacionais assinados por Portugal. Este tipo de produção que é controlada tanto pela procura como pela oferta, tem um nível de implementação cada vez maior devido à sensibilização para a problemática da energia e à mudança de comportamentos.

## **1.1 Objectivo**

A presente dissertação tem como principal objectivo a criação duma Estratégia Energética, que tenha como estrutura a mudança de paradigma energético, como e onde reduzir o consumo de recursos fósseis e apostar nas energias renováveis, e a mudança de comportamentos do lado da procura que leve a um consumo energético mais eficiente e, em última instância, à produção descentralizada de energia.

Este tipo de produção assenta num modelo que tem em consideração a viabilidade de locais, o financiamento e a relação custo – benefício e a análise de ciclo de vida dos sistemas.

Apostando neste tipo de produção é possível diminuir os impactos ambientais gerados pela produção e consumo de energia, como sejam, as alterações climáticas, a poluição atmosférica e o uso do solo. A fase de laboração dos sistemas de microprodução com fonte solar e eólica compensa a energia e a quantidade de água consumida ao não emitir GEE para a atmosfera, e o facto dos sistemas de microprodução serem instalados em habitações já existentes não existe ocupação do solo que poderá ter outros fins economicamente mais viáveis.

## 1.2 Metodologia

De modo a alcançar os objectivos propostos anteriormente, adoptou-se uma metodologia assente na pesquisa bibliográfica de publicações, relatórios e artigos dedicados à energia, aos impactos ambientais da produção e consumo desta e das diferentes fontes de energia primária.

As entrevistas com o Professor Filipe Duarte Santos e o Engenheiro Pedro Borges Fernandes decorreram numa fase inicial de estruturação e definição da Estratégia Energética, enquanto que as entrevistas ao Professor Francisco Ferreira e ao Professor Ricardo Aguiar decorreram numa fase de alterações e novo raciocínio para a Estratégia Energética.



Figura 1.2 – Esquema com a metodologia aplicada na elaboração da dissertação.

## 1.3 Estrutura da Tese

A presente dissertação encontra-se dividida em seis capítulos, tendo estes o seguinte conteúdo:

### **Capítulo 1 - Introdução**

É apresentado o tema e a sua problemática, os objectivos da dissertação e a metodologia utilizada para os alcançar, assim como a estrutura e organização da presente dissertação.

Recorreu-se principalmente à pesquisa bibliográfica na elaboração deste capítulo.

### **Capítulo 2 – A Insustentabilidade do Paradigma Actual**

Apresenta as vantagens e desvantagens da exploração e consumo dos combustíveis fósseis enquanto fonte de energia primária, quais os principais impactos ambientais resultantes da utilização desta, em particular as emissões de CO<sub>2</sub>.

Recorreu-se principalmente à pesquisa bibliográfica na elaboração deste capítulo.

### **Capítulo 3 – O Paradigma Futuro**

O porquê da substituição dos combustíveis fósseis e o grande impulso que leva à transição para as energias renováveis. As vantagens e desvantagens das energias renováveis com maior implementação e ênfase em Portugal e as influências positivas que o uso das energias renováveis tem no ambiente e na economia.

Recorreu-se principalmente à pesquisa bibliográfica na elaboração deste capítulo.

### **Capítulo 4 – O Perfil Energético de Portugal**

Da situação global para a situação portuguesa. Foi realizada uma análise de inputs-outputs de energia que espelha o cenário energético português, desde o consumo de energia repartido por fontes até ao consumo por sector. Os avanços na implementação das energias renováveis e os compromissos internacionais assumidos e a alcançar.

Recorreu-se à pesquisa bibliográfica e às estatísticas da Direcção Geral de Energia e Geologia na elaboração deste capítulo.

### **Capítulo 5 – Estratégia Energética. Guia para uma maior Sustentabilidade**

Apresentação da Estratégia Energética que assenta em dois pilares: a mudança de paradigma e a produção descentralizada de energia. Na fase da mudança de paradigma dá-se especial atenção à mudança de comportamentos, quais os principais efeitos positivos e como avaliá-los. Na produção descentralizada de energia, tem-se em conta três aspectos fundamentais: a viabilidade de locais, o financiamento e a relação custo – benefício e a análise de ciclo de vida dos sistemas de microprodução.

Recorreu-se à pesquisa bibliográfica e a entrevistas na elaboração deste capítulo.

### **Capítulo 6 – Conclusões e desafios futuros**

Apresenta as principais conclusões, com resposta aos objectivos propostos: criação duma estratégia energética e minimização dos principais impactos ambientais resultantes da produção e consumo de energia.

O facto das externalidades negativas não estarem inculcadas no preço dos combustíveis fósseis é um factor impeditivo duma maior aposta no desenvolvimento das tecnologias que utilizam as energias renováveis. As vantagens ambientais e socioeconómicas destas são factores decisivos para que se aposte cada vez mais neste tipo de fontes de energia primária.

O impulso que leva a esta mudança de paradigma tem raiz na mudança de comportamentos e mentalidades em todos os níveis e sectores da sociedade. É também responsável pela, cada vez maior, implementação dos sistemas de microprodução, que complementam a produção centralizada de energia.

Esta produção descentralizada de energia tem vantagens tanto para o país como para o novo produtor de electricidade, sendo as principais, a redução de emissões de CO<sub>2</sub>, menores perdas na rede e uma aposta nas energias renováveis que leva a novos modelos de inovação e desenvolvimento.

A estrutura da dissertação encontra-se esquematizada na figura 1.3.

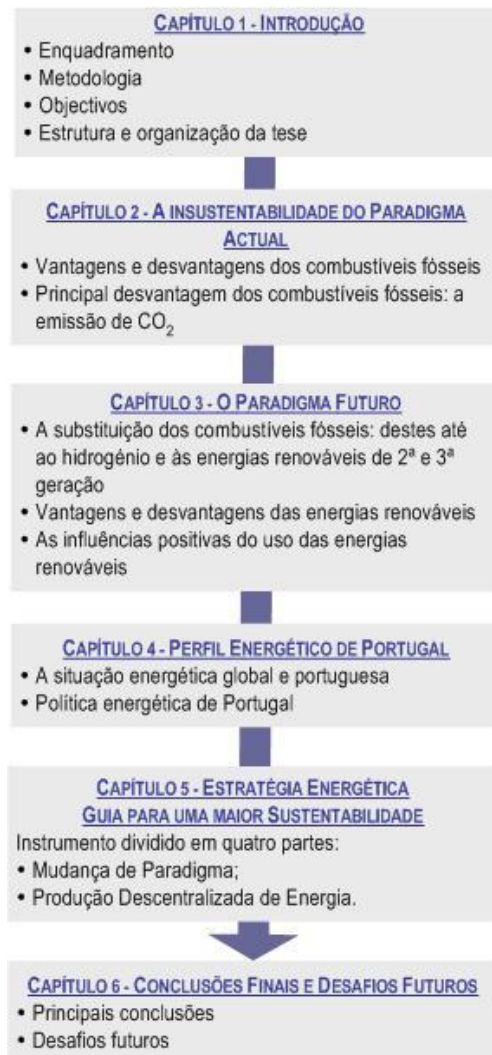


Figura 1.3 – Síntese esquemática da organização da dissertação.

## Capítulo 2 – A INSUSTENTABILIDADE DO PARADIGMA ACTUAL

Desde a revolução industrial, que a sociedade económica e o mercado energético são dependentes da extracção e posterior queima para produção de energia de combustíveis fósseis, especificamente, do petróleo, do carvão e do gás natural.

O carvão foi o principal suporte energético do processo de industrialização no século XIX, durante o qual a produção aumentou de cerca de 10 para cerca de 1000 milhões de toneladas por ano.

A exploração intensa do petróleo, apesar de ter sido utilizado na Antiguidade, começou mais tarde, em 1853, com a descoberta do processo da destilação em querosene pelo cientista polaco Ignacy Lukasiewicz, o qual era economicamente mais vantajoso quando comparado com os óleos usados na altura. A segunda metade do século XIX ficou marcada por descobertas que revolucionaram a procura e a exploração do petróleo. Destas descobertas destacam-se: o método da extracção de petróleo do subsolo, invenção de Edwin Drake, e o motor de combustão interna, que utilizava gasolina como combustível, invenção de Nikolaus Otto. Esta situação levou ao crescimento exponencial do consumo de petróleo como fonte primária de energia. O gás natural só começou a ser utilizado a partir de 1950 (DUARTE SANTOS, 2007; 233-239).

Todos os recursos não-renováveis são expectáveis de entrarem em declínio; quando tal acontecer o preço de venda para os consumidores começará a sofrer um aumento estável enquanto estes competem pelas quase inexistentes reservas mundiais.

### 2.1 Os Combustíveis Fósseis: Vantagens e Desvantagens

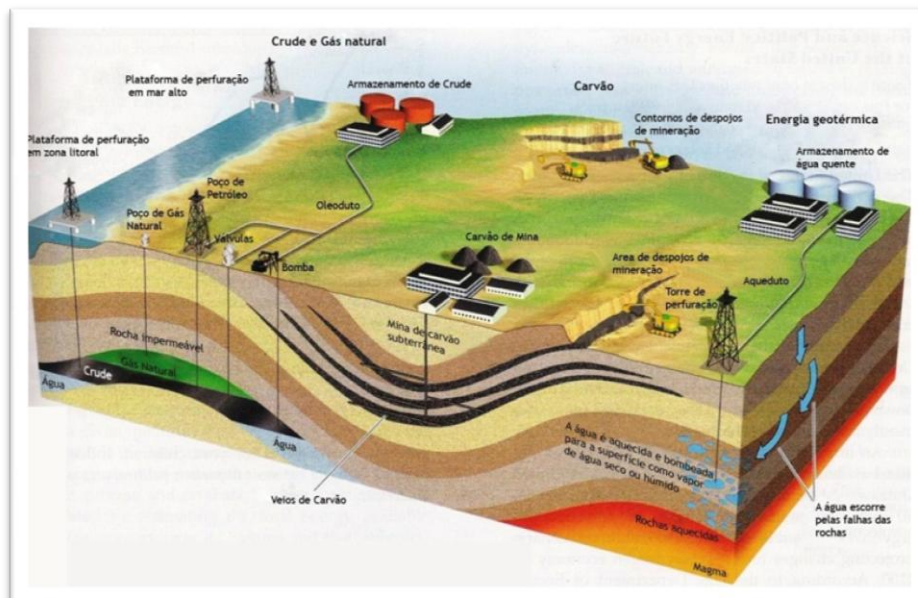


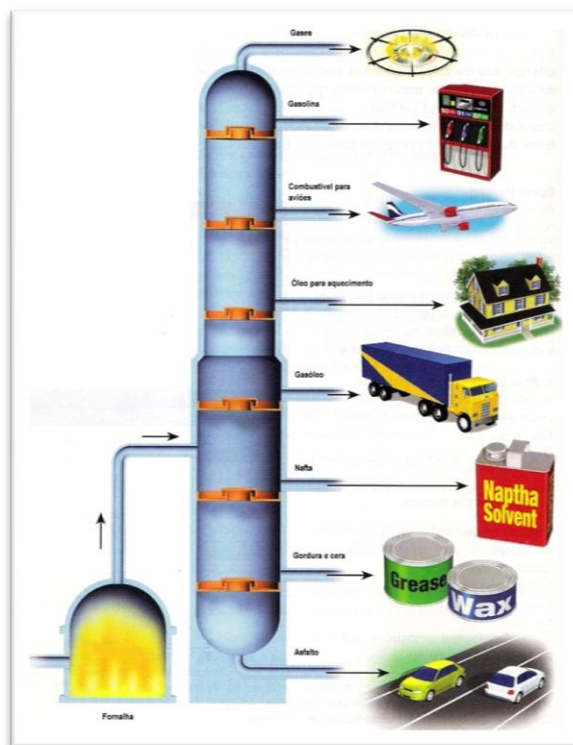
Figura 2.1 – Capital natural da crosta terrestre, localização dos recursos endógenos (MILLER, 2006; 287).

### 2.1.1 Petróleo

O crude – petróleo em bruto - é um líquido espesso e viscoso constituído maioritariamente por hidrocarbonetos inflamáveis e concentrações mais baixas de impurezas, e um combustível versátil que depois de extraído, é transportado para refinarias onde é aquecido e destilado de modo a ser separado em componentes com diferentes pontos de ebulição (figura 2.2).

Apesar das suas propriedades únicas, o crude é, na sua maior parte, consumido de forma intensa em centrais térmicas para produzir energia a um preço relativamente baixo, embora crescente nas últimas décadas (DUARTE SANTOS, 2007; 241).

Os depósitos de crude encontram-se em abóbadas profundas na crosta terrestre, estando este disperso em poros e fendas das formações rochosas subterrâneas (MILLER, 2006; 290). Perfurar um poço para extrair o crude provoca danos moderados na paisagem uma vez que estes ocupam pouco espaço a nível de ocupação do solo. Por ser um recurso explorado desde a revolução industrial a tecnologia utilizada encontra-se bem desenvolvida, desde a fase de procura duma reserva, até ao momento da perfuração do poço, acabando nas técnicas utilizadas nas refinarias. Para isto contribui o facto de ser facilmente transportável dentro e entre países e de existir um sistema de distribuição eficiente.



**Figura 2.2** – Os componentes são removidos a diferentes alturas numa coluna de destilação com base nos pontos de ebulição; os mais voláteis e com o ponto de ebulição mais baixo são removidos no topo da coluna (MILLER, 2006; 290).

No entanto, existem situações que minimizam as vantagens apresentadas anteriormente.

Talvez a desvantagem mais importante seja o facto das reservas em exploração se encontrarem em países politicamente instáveis, o que coloca em perigo a sua extração e a segurança do sistema de distribuição de energia, provocando a instabilidade a nível dos preços, que se tem observado no início deste século e que afecta a economia de todos os países que têm uma elevada dependência das importações de petróleo.

O perfurar em busca de crude e o seu transporte, que pode atingir grandes distâncias, provocam inevitavelmente mas de forma ocasional derrames de tamanho variável em terra e no mar. Outros efeitos nefastos sobre o ambiente estão associados com a extração, o processamento e o uso de um recurso não-renovável que é retirado da crosta terrestre, sendo o mais grave de todos a emissão de GEE, principalmente de CO<sub>2</sub>.

Actualmente, o uso de gasolina e de gasóleo no sector dos transportes corresponde 90% da energia consumida e, conseqüentemente, a 43% das emissões globais de CO<sub>2</sub> (MILLER, 2006; 293).

De acordo com os geólogos, julga-se que as reservas globais<sup>2</sup> de crude conhecidas estão 80% delapidadas e que durem para 42 a 93 anos<sup>3</sup>, dependendo da rapidez com que o crude e seus produtos secundários forem utilizados. Outro cenário plausível, a quantidade de crude existente é menor do que a defendida pelos países produtores, que inflacionam a sua existência como forma de obter empréstimos junto do Banco Mundial usando-a como caução (MILLER, 2006; 292).

Uma vez que é controlado por poucos países, o mercado do petróleo é ainda vulnerável a grandes oscilações, sendo tanto fonte como vítima de crises políticas internacionais (GARCIA, 2004; 171).

O quadro 2.1 resume as vantagens e desvantagens do uso do crude e do seu principal produto secundário – o petróleo convencional– como fontes de energia.

**Quadro 2.1** – Vantagens e desvantagens do uso do crude e do petróleo como fonte de energia.

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"><li>• Elevado rendimento da rede energética;</li><li>• Facilmente transportável dentro e entre países;</li><li>• Baixo uso do território na exploração;</li><li>• A tecnologia encontra-se bem desenvolvida;</li><li>• Sistema de distribuição eficiente.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Reservas para 42-93 anos;</li><li>• Necessário encontrar substituto(s) nos próximos 50 anos;</li><li>• Preços baixos iniciais encorajaram o consumo e desencorajaram a investigação e a procura de alternativas;</li><li>• Instabilidade a nível dos preços;</li><li>• Dependência dos países produtores e das associações (ex: OPEP);</li><li>• As grandes reservas estão localizadas em regiões politicamente instáveis;</li><li>• As novas reservas situam-se em regiões de difícil acesso;</li><li>• Contribui para o aumento da concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera.</li></ul>

O facto do petróleo ser a fonte de energia mais utilizada no mundo e da sua taxa de consumo ser de crescimento exponencial é o principal impulsionador dos problemas que a sociedade actual, desenvolvida ou em desenvolvimento, tem que solucionar. A grande maioria das pessoas são dependentes do uso do petróleo<sup>4</sup> e os principais fornecedores desta dependência são a Arábia Saudita, a Rússia e o Irão (IEA, 2008).

Muitos dos países em desenvolvimento, caso da China e a Índia, apresentam hoje um consumo exponencial de petróleo, que os coloca em rota de colisão com os países desenvolvidos grandes consumidores deste combustível. Por exemplo, a China é o segundo maior importador de petróleo seguido dos Estados Unidos e, se este cenário se mantiver, em 2025 poderá estar a consumir tanto quanto este e ambos encontrar-se-ão a competir pelas reduzidas reservas do cada vez mais caro crude (MILLER, 2006; 293).

<sup>2</sup> São depósitos identificados dos quais os combustíveis fósseis podem ser extraídos com as tecnologias existentes, tendo em conta o preço de venda actual, de modo a ser vantajoso economicamente (MILLER, 2006; 291) Este conceito é dinâmico dado que a inovação tecnológica pode conduzir à descoberta e exploração de novos jazigos. A evolução das reservas globais também depende do comportamento futuro da procura e esta depende do aparecimento de novas fontes de energia competitivas e de novos processos para produzir combustíveis líquidos a partir do combustível fóssil mais abundante e economicamente viável (DUARTE SANTOS, 2007; 243).

<sup>3</sup> O cálculo que leva a este resultado é o seguinte: dividem-se as reservas existentes utilizáveis pelo ritmos de extracção do petróleo do subsolo num determinado momento (GARCIA, 2004; 172)

<sup>4</sup> Se todos consumissem tanto quanto o típico Americano, as reservas actuais desapareceriam numa década (MILLER, 2006; 293)

Este cenário competitivo poderá vir a originar maiores conflitos geopolíticos e sociais centrados no acesso à exploração e produção por parte dos países com elevadas taxas de consumo de petróleo *per capita*.

Desde o início do século XIX que se têm observado aumentos e instabilidade no preço do petróleo. Não é só o facto das reservas serem cada vez menores, factores como as estratégias comerciais dos produtores, os conflitos geopolíticos, as guerras, o terrorismo e o aumento da procura pelos países com economias emergentes, como a China e Índia, influenciam grandemente o preço do petróleo no mercado energético (DUARTE SANTOS, 2007; 243).

Se a flutuação no preço do petróleo continuar tão instável como se observou no ano de 2008, a economia sofrerá profundas consequências, principalmente nos sectores da agricultura e dos transportes, e torna o país mais vulnerável em termos energéticos. É muito provável que, se este cenário se mantiver, aumente o investimento em energias alternativas e se fomente a poupança de energia e a eficiência dos sistemas (DUARTE SANTOS, 2007; 243).

No entanto, alguns economistas defendem que o aumento do preço do combustível (quando o seu consumo exceder a sua produção) irá estimular, com a utilização de novas tecnologias, uma exploração mais profunda das reservas existentes e a descoberta de novas reservas que irão ao encontro da procura existente no decorrer dos próximos anos. Outros defendem que mesmo que novas reservas ainda venham a ser encontradas, permanecemos ignorantes para as consequências do elevado e exponencial consumo (2-5% por ano) a nível mundial (MILLER, 2006; 293).

### 2.1.2 Gás Natural

O gás natural no seu estado gasoso é uma mistura de 50 a 90% de metano ( $\text{CH}_4$ ) que pode conter pequenas quantidades de etano ( $\text{C}_2\text{H}_6$ ), propano ( $\text{C}_3\text{H}_8$ ) e, butano ( $\text{C}_4\text{H}_{10}$ ).

As reservas de gás natural convencional encontram-se, normalmente, por cima das de crude. Quando uma reserva de gás natural é explorada, o propano e o butano são liquefeitos e extraídos como gás de petróleo liquefeito (GPL), este sendo depois armazenado em tanques pressurizados. O resto do gás (maioritariamente metano) sofre um processo de secagem para remover o vapor de água e as impurezas. Depois de ser submetido ao processo de secagem, é bombeado para gasodutos pressurizados e lançado no sistema de distribuição. Na eventual inexistência deste tipo de sistema, é necessário planear e construir de raiz.

A exploração não exige elevada ocupação do solo, uma vez que se realiza no mesmo local e através do mesmo poço de exploração de petróleo. Quando a exploração de petróleo se realiza em mar-alto ou em áreas remotas, o gás natural é visto como um produto secundário dispensável e é queimado. Deste modo não só se desperdiça um recurso energético valioso como se libertam grandes quantidade de  $\text{CO}_2$  para a atmosfera.

Só é possível transportar este tipo de combustível por gasoduto, senão é necessário submeter o gás natural ao mesmo processo de liquefação que o propano e o butano, podendo ser transportado por barco ou camião-cisterna mas com um elevado risco para o ambiente e para a saúde humana, uma vez que o gás neste estado é mais instável e perigoso, tornando o seu transporte entre países muito inseguro.

A queima e utilização do gás natural liberta para a atmosfera  $\text{CO}_2$ , embora em menor quantidade que o petróleo e o carvão. Durante as fases de exploração e distribuição podem ocorrer fugas de metano, que é um dos gases com efeitos de estufa mais prejudiciais.

O gás natural não convencional é encontrado noutra tipo de fontes subterrâneas. Actualmente, é muito caro extrair deste tipo de reservas mas as tecnologias encontram-se em rápido desenvolvimento e inovação, não se conhecendo ainda que tipo de impactos poderão originar (MILLER, 2006; 295).

A perspectiva a longo prazo das reservas de gás natural é melhor que a para o petróleo convencional. À taxa de consumo actual, as reservas a serem exploradas e as potenciais podem durar entre 62 a 125 anos, dependendo da rapidez com que o gás natural for utilizado. No total, as reservas de gás natural convencional e não convencional podem durar 200 anos à actual taxa de consumo (MILLER, 2006; 295).

Os três grandes produtores e exportadores de gás natural são, por ordem decrescente: a Rússia, o Canadá e a Noruega (IEA, 2008).

O quadro seguinte resume as principais vantagens e desvantagens da utilização do gás natural.

**Quadro 2.2** – Vantagens e desvantagens do uso do gás natural como fonte de energia.

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"><li>• Grandes reservas (125 anos);</li><li>• Elevado rendimento da rede energética;</li><li>• Menos poluição atmosférica, principalmente em CO<sub>2</sub>, do que os outros combustíveis fósseis;</li><li>• Impacte ambiental moderado;</li><li>• Facilmente transportável por gasoduto;</li><li>• Baixo uso do solo.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Por vezes queimado como produto secundário por ser considerado barato;</li><li>• Liberta CO<sub>2</sub> quando queimado;</li><li>• Podem ocorrer fugas de metano;</li><li>• Dificuldade no transporte entre países;</li><li>• É altamente explosivo como gás natural liquefeito, dificultando o transporte;</li><li>• É necessário um sistema de gasodutos.</li></ul>

### 2.1.3 Carvão

O carvão é um combustível fóssil sólido rico em carbono mas que contem pequenas quantidades de enxofre e outras impurezas. Apesar deste ser o combustível fóssil mais abundante não é tão versátil como o crude e o gás natural, a sua exploração e a queima provocam maiores impactos ambientais na água e no solo e liberta maiores quantidades de CO<sub>2</sub> para a atmosfera (MILLER, 2006; 297), e também dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>) e concentrações mínimas de mercúrio e material radioactivo, que têm efeitos nocivos na população<sup>5</sup> mesmo em concentrações baixas.

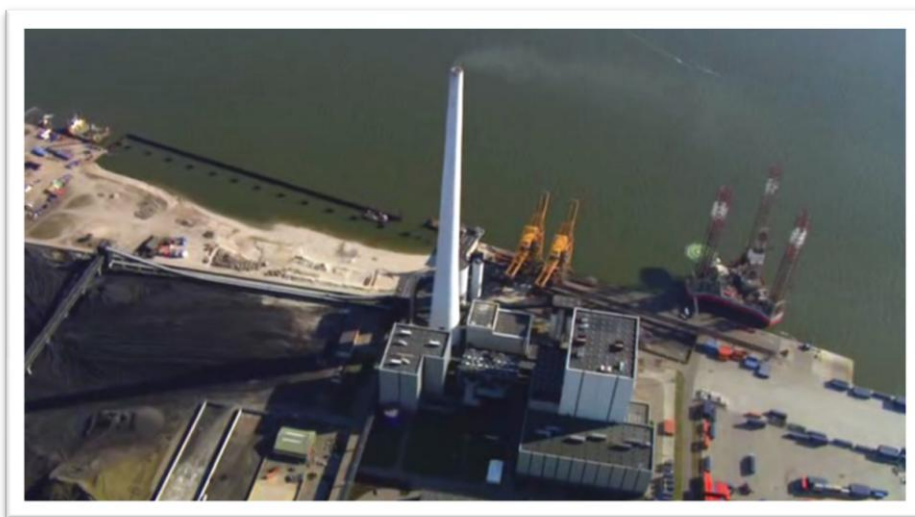
O carvão é o recurso fóssil mais abundante no mundo. As reservas identificadas e as não identificadas podem durar de 214 a 1125 anos, dependendo da rapidez a que for consumido. Tal como acontece com o petróleo, os países que mais consomem este combustível fóssil são os Estados Unidos e a China; em 2004 metade do consumo mundial de carvão deu-se nestes dois países (MILLER, 2006; 296). O uso do carvão gera 62% da energia eléctrica mundial e é utilizado para fazer três quartos do aço utilizado no mundo (MILLER, 2006; 296).

Os três grandes produtores de carvão são, por ordem decrescente: a China, os Estados Unidos e a Índia, enquanto que os maiores exportadores são: a Austrália, a Indonésia e a Rússia (IEA, 2008).

<sup>5</sup> Estima-se que, nos Estados Unidos, cerca de 65 000 a 200 000 pessoas morram com problemas respiratórios provocados pela baixa concentração de mercúrio que é libertada para a atmosfera durante a queima de carvão para produção de energia (MILLER, 2006; 297).

Como o carvão é o combustível fóssil explorado e utilizado há mais tempo, as tecnologias de exploração estão muito desenvolvidas apesar do elevado impacto negativo a nível da paisagem e do uso do solo.

De modo a diminuir a libertação de CO<sub>2</sub> para a atmosfera, foram desenvolvidas tecnologias de sequestro de carbono e já existe um protótipo de uma central termo-eléctrica a carvão, na Dinamarca, que faz o sequestro e a captura no solo do carbono libertado durante o processo de produção de energia. Este tipo de tecnologia é mais cara mas permite reduzir o impacto negativo mais nocivo resultante da utilização do carvão, contudo, continua a ser necessário encontrar uma solução para o progressivo consumo das reservas.



**Figura 2.3** – Protótipo da central termo-eléctrica que faz o sequestro do carbono para o solo na Dinamarca (imagem retirada do filme Home).

O quadro seguinte resume as vantagens e desvantagens da exploração do carvão enquanto fonte de energia.

**Quadro 2.3** – Vantagens e desvantagens do uso do carvão como fonte de energia.

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grandes reservas (225-900 anos);</li> <li>• Elevado rendimento da rede energética;</li> <li>• Tecnologia de exploração e combustão bem desenvolvida;</li> <li>• A poluição do ar pode ser reduzida com tecnologias mais avançadas mas que irão aumentar o preço da energia.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Impacto ambiental muito elevado;</li> <li>• Alterações paisagísticas elevadas e poluição da água;</li> <li>• Elevado uso do território;</li> <li>• Liberta partículas radioactivas e tóxicas para a atmosfera;</li> <li>• Elevadas emissões CO<sub>2</sub> quando queimado;</li> <li>• Efeitos nocivos na saúde humana.</li> </ul>

Muitos analistas prevêem um declínio no uso de carvão nos próximos 40 a 50 anos, devido principalmente às elevadas emissões de carbono e os efeitos nocivos na população e assim permitir uma transição para a produção de energia mais limpa e barata (MILLER, 2006; 297), enquanto outros acreditam que será intensamente explorado e utilizado nos próximos 150 a 200 anos, apoiando-se em argumentos como o custo relativamente baixo e a existência de reservas suficientemente abundantes para satisfazer o consumo de energia durante a maior parte deste século sendo, à escala global, uma alternativa preferível ao uso proeminente da energia nuclear (DUARTE SANTOS, 2007; 248).

## 3.2 Emissões de Dióxido de Carbono

A principal desvantagem dos combustíveis fósseis é a emissão de CO<sub>2</sub> quando da sua combustão, apesar de parte do mesmo se dissolver nos oceanos ou ser absorvido pelas plantas por meio da fotossíntese, a outra parte acumula-se na atmosfera, alterando a sua composição e, por ser um GEE, tende a provocar o aumento da temperatura média global e a tornar mais frequentes os fenómenos climáticos extremos, para além de outras consequências (DUARTE SANTOS, 2007; 239).

Em termos de emissões de CO<sub>2</sub>, o carvão é o combustível fóssil mais poluente, seguido do petróleo e do gás natural. Para obter a mesma quantidade de energia na combustão, o carvão produz cerca do dobro das emissões do gás natural, como demonstrado no quadro seguinte.

**Quadro 2.4** – Quantidade de CO<sub>2</sub> em toneladas produzido por 1,056x10<sup>9</sup>J de energia<sup>6</sup>  
(ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION, 2009).

Combustível Fóssil	Emissões de CO <sub>2</sub> (ton)
Gás natural	5x10 <sup>-6</sup>
Gás de petróleo liquefeito	6x10 <sup>-6</sup>
Gasolina	7x10 <sup>-6</sup>
Carvão (betuminoso)	9x10 <sup>-6</sup>
Carvão (sub-betuminoso)	9,7x10 <sup>-6</sup>
Carvão (lenha)	9,8x10 <sup>-6</sup>
Petróleo	1,02x10 <sup>-5</sup>
Carvão (antracite)	1,03x10 <sup>-5</sup>

De modo a reduzir as emissões de GEE, considerados como a principal causa do aquecimento global, nasce o Protocolo de Quioto em 1997, sendo ratificado em 1999 por alguns países e em 2002 por Portugal. O protocolo estimula os países signatários a cooperarem entre si, de modo a cumprir a meta de reduzir globalmente a quantidade de GEE libertados para a atmosfera em, pelo menos, 5,2%, em relação aos níveis de 1990, sendo esta percentagem variável entre os países signatários. As metas para Portugal encontram-se no quadro 2.5.

**Quadro 2.5** – Metas do Protocolo de Quioto e da União Europeia para Portugal (APREN).

Diferença entre as emissões (1990-2004)	Objectivo da União Europeia para 2012	Obrigaçãõ do Tratato 2008-2012
+ 41%	+ 27%	-8%

<sup>6</sup> “pounds of CO<sub>2</sub> per million Btu of energy” no original consultado.  
Dados utilizados para converter para unidades internacionais: 1Btu = 1055,87J, 1 Pound = 4,54x10<sup>-4</sup>.

De modo a cumprir estas metas foram criados o Mercado do Protocolo de Quioto e o Comércio Europeu de Licenças de Emissão, estes prevêm a preparação e implementação de mecanismos e instrumentos que fixem metas de emissão de GEE e permitam a aplicação de medidas que as atinjam, destacando-se:

- O Plano Nacional de Atribuição de Licenças de Emissão (PNALE), que é aplicável a uma conjunto de instalações fortemente emissoras de gases com efeito de estufa, e como tal incluídas no Comércio Europeu de Licenças de Emissão;
- O Programa Nacional para as Alterações Climáticas (PNAC), que define um conjunto de políticas e medidas internas que visam a redução de emissões de gases de efeito de estufa por parte dos diversos sectores de actividade;
- O Fundo Português de Carbono, que visa o desenvolvimento de actividades para a obtenção de créditos de emissão de gases de efeito de estufa, designadamente através do investimento em mecanismos de flexibilidade do Protocolo de Quioto.

Este último é um instrumento financeiro criado com base nos mecanismos do mercado do carbono, que poderia ser uma mais valia para a economia caso não existisse um défice no cumprimento do Protocolo de Quioto que subsiste mesmo aplicando as medidas e metodologias do PNAC e do PNALE (PAC, 2009:79).

No mercado do carbono, um crédito de carbono tem valor monetário variável conforme a fase de implementação do Protocolo de Quioto e das instalações abrangidas. Por convenção, uma tonelada de CO<sub>2</sub> equivalente corresponde a um crédito de carbono que pode ser negociado no mercado do carbono internacional, podendo ser considerado como um impulsionador ou uma condicionante de economias, favorecendo o mercado ao invés do ambiente.

## Capítulo 3 – O PARADIGMA FUTURO

---

### 3.1 A Substituição dos Combustíveis Fósseis.

Face ao exposto anteriormente, coloca-se a questão, que outras fontes primárias de energia são capazes de satisfazer o aumento da procura, originado pelo crescimento da população mundial e pelas crescentes expectativas de desenvolvimento, com uma relação custo/benefício comparável à dos combustíveis fósseis?

Em 2004 a IEA<sup>7</sup> previu um aumento de 60% da procura mundial de energia primária até 2030 e uma duplicação até 2050 para atingir valores anuais globais da ordem de  $8,8 \times 10^{20}$  J. A procura de electricidade, devido à versatilidade das aplicações desta forma de energia, deverá ser ainda maior, prevendo-se a duplicação do consumo nos próximos 30 anos (DUARTE SANTOS, 2007; 245).

Os especialistas acreditam numa mudança do paradigma energético que proporcionará a transição dos combustíveis fósseis para a utilização intensiva da energia solar e das células de hidrogénio no decorrer deste século. O grande impulso para que esta transição ocorra é a necessidade de utilizar recursos energéticos mais limpos e que não libertem CO<sub>2</sub> para a atmosfera, em vez do profetizado esgotamento dos combustíveis fósseis (MILLER, 2006; 286).

Acredita-se que o gás natural é o melhor combustível para se fazer a transição entre a dependência fóssil actual e uma maior utilização das energias renováveis, particularmente, da energia solar e do hidrogénio<sup>8</sup> e uma maior eficiência energética, nos próximos 50 anos, devido às suas vantagens sobre o crude e o carvão (MILLER, 2006; 295).

A crise não surgirá apenas quando as reservas se esgotarem mas muito antes, quando se atingir o máximo da taxa mundial de consumo, conhecido como *pico de Hubert*<sup>9</sup>. Tendo em conta todos os factores que influenciam o preço e o consumo dos combustíveis fósseis, é provável que o *pico de Hubert* no petróleo se venha a situar entre o final da presente década e 2030, o no gás natural cerca de 20 anos mais tarde e no carvão para lá de 2060. Apesar das incertezas nestas estimativas existe um consenso de que se está a chegar ao declínio da era dos combustíveis fósseis (SANTOS, 2007; 244).

Existe um interesse crescente em desenvolver e criar automóveis super eficientes que funcionam a hidrogénio ou electricidade, revolucionando um sector que é responsável por grande parte do consumo de combustível e pelas emissões de CO<sub>2</sub> para a atmosfera, o sector dos transportes.

Os investimentos em investigação, desenvolvimento e inovação de novas tecnologias para captar a energia das fontes renováveis têm resultado em sistemas cada vez mais eficientes, por exemplo, projectos onde várias fontes renováveis se complementam, e se utiliza tecnologias mais desenvolvidas.

---

<sup>7</sup> As projecções das IEA baseiam-se na continuidade do actual paradigma de desenvolvimento, suportado por uma utilização intensiva de energia, sobretudo nos países desenvolvidos, e no progressivo acesso dos países em desenvolvimento a esse paradigma.

<sup>8</sup> O hidrogénio é utilizado como fonte de energia limpa, uma vez que a sua combustão produz apenas água. No entanto, como é necessário produzi-lo é apenas um veículo ou meio de armazenamento de energia (FILIPE DUARTE SANTOS, 2007; 262).

<sup>9</sup> A taxa do consumo anual mundial de petróleo deverá seguir um padrão semelhante à curva de Gauss. Segundo Hubert, quando se atingir o máximo da curva, os preços irão disparar porque o crescimento da procura não é satisfeito por um crescimento comparável de reservas de novos jazigos.

### 3.2 As Energias Renováveis: Vantagens e Desvantagens.

O *input* directo da energia solar no planeta produz outras formas de energia indirectas, como sejam a eólica, a hídrica e a biomassa (MILLER, 2006; 286). As outras fontes de energia primária renovável são: a geotérmica e a das marés, que dependem das forças gravíticas diferenciais exercidas sobre a Terra (DUARTE SANTOS, 2007; 250).

Presentemente a fonte primária de energia renovável que mais contribui para o consumo global é claramente a biomassa, sob a forma de madeira e resíduos orgânicos, que é utilizada sobretudo nos países em desenvolvimento (DUARTE SANTOS, 2007; 260). Estes recursos energéticos correspondiam em 2006 a 10,1% da oferta mundial de energia primária, ou seja, a  $4,9 \times 10^{19}$  J. O conjunto de todas as outras energias renováveis representa apenas 2,8% do total das fontes primárias globais, correspondendo a  $1,4 \times 10^{19}$  J. A mais importante é a hidroelectricidade com 2,2%, enquanto as restantes (geotérmica, solar, eólica, marés e ondas) totalizam 0,6% (IEA, 2008). Contrariamente ao verificado para a biomassa, a maior parte destas são produzidas nos países desenvolvidos.

A contribuição das energias renováveis para o mercado da energia pode ser maior e, subsequentemente, de grande importância para o desenvolvimento sustentável e económico. Com as energias renováveis é possível (IEA, 2002; 3):

- Aumentar a segurança energética ao fornecer um recurso que é abundante, diversificado e nativo, sem necessidade de ser importado e sem a possibilidade de se vir a esgotar;
- Reduzir as emissões de gases com efeito de estufa local e global ao serem utilizadas em lugar dos combustíveis fósseis;
- Utilizar alternativas aperfeiçoadas que vão ao encontro das necessidades específicas individuais e das infraestruturas, em particular nas zonas rurais, em novas urbanizações e zonas industriais e nos países em desenvolvimento;
- Aumentar a taxa de emprego local e regional ao criar oportunidades na indústria da energia (montagem, instalação e manutenção), tanto em países desenvolvidos como em desenvolvimento.

A questão que se coloca é, sendo a energia renovável considerada tão vantajosa ambientalmente, principalmente em relação à emissão de CO<sub>2</sub> para a atmosfera, porque é que só é utilizada para produzir 12,9%<sup>10</sup> da energia mundial? (IEA, 2008; 6). Uma das razões é que este tipo de energia recebe muito menos apoio dos governos em termos de benefícios fiscais e subsídios e menos fundos para o desenvolvimento e investigação de sistemas de conversão e abastecimento, do que os combustíveis fósseis receberam durante décadas. Outra das razões está relacionada com o facto das externalidades negativas, traduzidas em efeitos nocivos na saúde humana e no ambiente, não estarem incluídas no preço dos combustíveis fósseis (MILLER, 2006; 312).

Espera-se que nas próximas décadas as energias renováveis se tornem cada vez mais competitivas economicamente, como resultado da redução de custos, da inovação tecnológica e dos novos valores de mercado (DUARTE SANTOS, 2007; 229).

No entanto, a sua percentagem no *mix* global de energia permanecerá baixa se houver ausência de reduções de custos e determinadas intervenções governamentais. De entre as energias renováveis a que tem tido maior crescimento, em

<sup>10</sup> Esta percentagem inclui a energia hidroeléctrica, a solar (aquecimento e electricidade), a eólica, a geotérmica, a biomassa e o biogás, a das ondas e marés.

média, a nível mundial, é a eólica, seguida da solar e da geotérmica. O principal impulsionador deste crescimento é a preocupação ambiental que está cada vez mais presente nas políticas e nas economias (IEA, 2002; 3 e 4).

### 3.2.1 Hídrica

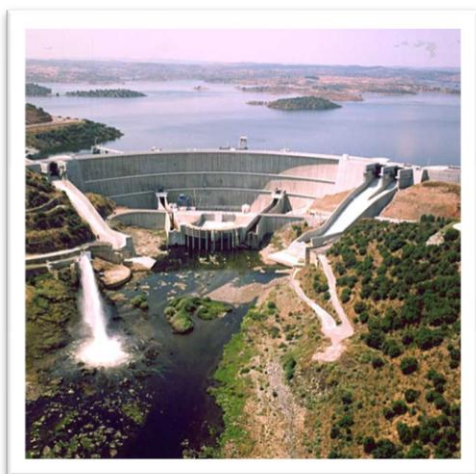
Em 2006, a energia hidroeléctrica representou 2,2% da produção total de energia primária mundial. Os países que mais contribuíram para esta percentagem foram a China 14,0%, o Canadá 11,3% o Brasil 11,2% e os Estados Unidos 10,2% (IEA, 2008).

Porém, nos países desenvolvidos a capacidade de aproveitamento hidroeléctrico está próximo de se esgotar devido à grande área de território que é necessária para a construção da barragem. Na Europa e na América do Norte a produção de electricidade de origem hídrica estagnou a partir da década de 1980.

Estimativas da potencialidade global de gerar hidroelectricidade de forma economicamente viável apontam para valores anuais de produção de energia eléctrica da ordem de  $2,5 \times 10^{19}$  J. Este valor é metade da actual produção anual de energia eléctrica e três vezes menor que a produção global de energia eléctrica projectada para 2020. Estas projecções indicam que esta fonte de energia não é a solução para substituir os combustíveis fósseis (DUARTE SANTOS, 2007; 262).

As grandes hídricas têm vantagens do ponto de vista socio-económico, a água armazenada pode ser utilizada para outros fins que não somente a produção de electricidade mas também para produção de água para consumo humano, como reservatório de água própria para rega ou para fins lúdico-recreativos, criando economias de pequena escala.

O facto do caudal do curso de água ser controlado pelas comportas da barragem é um meio de prevenir as cheias a jusante mas não as impede e pode mesmo vir a provocá-las a montante. O reservatório tem um elevado potencial, podendo ser considerado como energia armazenada e um elevado tempo de vida caso as condições metereológicas assim o permitirem.



Os grandes entraves a este tipo de energia são os impactos ambientais (perda de solos para a agricultura, perda de ecossistemas terrestres que poderão ser ricos em biodiversidade, perda de biodiversidade marinha a jusante das comportas e retenção dos sedimentos transportados pelos rios) e as consequências socio-económicas (exemplo do deslocamento de pessoas/povoações) provocadas pelas grandes barragens (ex: o Alqueva que alterou a paisagem alentejana e provocou o deslocamento e recolocação de aldeias inteiras).

**Figura 3.1** – Barragem do Alqueva, Norte Alentejo, Portugal (Comissão Nacional Portuguesa das Grandes Barragens, 2004)

Apesar de ser considerada como uma fonte renovável e ser conhecida por libertar concentrações de CO<sub>2</sub> quase nulas para a atmosfera, os impactos ambientais e alguns socio-económicos são superiores e devem ser considerados. A crescente preocupação por estes aspectos levou a uma pressão sobre o Banco Mundial e outras agências de desenvolvimento para deixarem de financiar projectos de novas barragens de larga escala (MILLER, 2006; 317).

O quadro seguinte resume as principais vantagens e desvantagens resultantes da utilização da energia hídrica como fonte de energia.

**Quadro 3.1** – Vantagens e desvantagens do uso da energia hídrica como fonte de energia.

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rede energética moderada;</li> <li>• Elevada eficiência (80%);</li> <li>• Elevado potencial;</li> <li>• Electricidade de baixo custo;</li> <li>• Elevado tempo de vida;</li> <li>• Não existe emissão de CO<sub>2</sub> em locais de clima temperado<sup>11</sup>;</li> <li>• Pode ser um meio para controlar as cheias a jusante das comportas;</li> <li>• Fonte de água para a agricultura durante o ano inteiro;</li> <li>• O reservatório pode ser utilizado para actividades lúdico-recreativas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elevados custos para a construção;</li> <li>• Elevado impacto ambiental relacionado com a área necessária para criar o reservatório;</li> <li>• Provoca cheias a montante da barragem;</li> <li>• Converte os ecossistemas terrestres em ecossistemas aquáticos;</li> <li>• Existe o risco de colapsar;</li> <li>• Provoca o deslocamento de pessoas;</li> <li>• Diminuição da pesca a jusante das comportas;</li> <li>• Diminuição do transporte de sedimentos naturais a jusante das comportas.</li> </ul>

Os projectos de mini-hídricas não apresentam tantas desvantagens, principalmente a nível do ambiente. No entanto, o *output* eléctrico pode variar com as estações e a mudança no caudal dos rios e o custo do kWh é superior. A potência instalada varia entre os 5 e os 30MW.

### 3.2.2 Eólica

Desde 1990 que se tem observado um crescimento rápido na utilização da energia eólica, principalmente entre 1995 e 2004 em que o seu crescimento foi cerca de sete vezes. A Europa lidera o crescimento com cerca de três quartos da energia eólica produzida mundialmente, com parques eólicos *onshore* e *offshore*. As empresas europeias fabricam 80% dos aerogeradores vendidos no mercado global (MILLER, 2006; 317), do qual, em 2007, os principais clientes foram os Estados Unidos, a China e a Espanha (GWEC<sup>12</sup>, 2008).

À semelhança das outras fontes primárias de energia renovável, existem limites para a capacidade de produção: as estimativas apontam para valores anuais da ordem dos  $7,2 \times 10^{19}$  J, o que equivale a cerca de três vezes o potencial máximo da hídrica e ao total da produção de electricidade projectada para 2020 (DUARTE SANTOS, 2007; 266).

Os aerogeradores têm beneficiado de uma rápida evolução tecnológica, desde os primeiros com 14 metros de altura e uma capacidade de 30 kW até aos actuais com 100 metros de altura e com capacidade para produzirem 3MW e já existem protótipos de 5MW (GARCIA, 2004; 179). A grande vantagem destes reside no facto de não necessitarem de abastecimento de combustível e requererem escassa manutenção, uma vez que só se procede à sua revisão de seis em seis meses e têm um elevado tempo de vida útil (PER, 2008)

Os parques eólicos necessitam de grandes áreas para serem instalados, este impacto é minimizado através duma boa gestão do território, ao permitir o desenvolvimento dos solos para agricultura e pecuário, não se tornando obsoletos (figura 3.2).

<sup>11</sup> Um estudo realizado pela World Commission on Dams demonstrou que, em climas tropicais, as grandes barragens são responsáveis pela libertação de gases de efeito de estufa, como o CO<sub>2</sub> e o metano, para a atmosfera. A explicação prende-se com o facto dos reservatórios prenderem a vegetação em decomposição (MILLER, 2006; 317).

<sup>12</sup> GWEC - Global Wind Energy Council

Na sua maioria, os aerogeradores são instalados nas cumeadas das serras, locais muitas vezes considerados como zonas ecologicamente sensíveis ou mesmo protegidas. O facto de serem instalados em locais remotos implica um aumento do custo associado ao transporte da energia, pois é necessário fazer a ligação às linhas de distribuição eléctrica e uma ligação rodoviária.

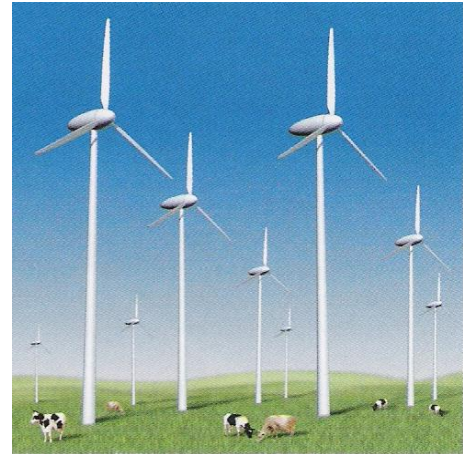


Figura 3.2 – Aproveitamento dos solos num parque eólico (MILLER, 2006; 318).

O principal entrave à produção de energia eléctrica a partir da energia eólica é o facto dos ventos não serem sempre constantes. Actualmente, de modo a ultrapassar este problema, complementa-se os parques eólicos com um sistema de bombagem pura. Perto dos aerogeradores é construída uma central de bombagem pura não dependente do caudal de um curso de água e com uma elevada diferença entre cotas, como o esquematizado na figura 3.3. Quando o vento pára, a produção de energia eléctrica é feita na central, a água do reservatório de cota superior escorre para o reservatório de cota inferior produzindo energia eléctrica. Quando os aerogeradores recomeçam a trabalhar e a compra de energia se encontra mais barata bombeia-se a água do reservatório de cota inferior para o de cota superior (Comunicação Privada – GeSto Energia).

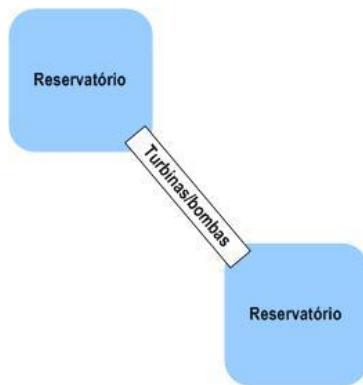


Figura 3.3 – Sistema de backup dos aerogeradores.

Este sistema permite uma produção de energia eléctrica independente de uma única fonte, o vento. A principal vantagem é não existirem perdas de água uma vez que é uma mini-hídrica de ciclo fechado com potência eléctrica entre os 300MW e os 400MW (Comunicação Privada – GeSto Energia).

As emissões de CO<sub>2</sub> são baixas, ocorrendo principalmente durante as fases de produção, instalação e manutenção dos aerogeradores.

O aproveitamento exaustivo da energia eólica irá povoar abundantemente a paisagem com aerogeradores, provocando impactos ambientais (figura 3.4). As turbinas dos aerogeradores podem provocar interferências electromagnéticas, que interferem com radares e produzem poluição sonora, o que se torna um impacto negativo se se localizarem perto de localidades. Os parques eólicos, cujos os aerogeradores se encontram espalhados pelas cumeadas das serras, provocam um impacto visual e estético, que pode ser considerado negativo pelos moradores das localidades mais próximas. Para além de que as pás dos aerogeradores podem ser fatais para as espécies de pássaros migratórias.

Estes impactos podem ser minimizados se os aerogeradores forem instalados em zonas que não interferem com radares e com rotas migratórias. Uma das grandes linhas de desenvolvimento é a instalação de parques *offshore*, onde estes impactos são minimizados (GARCIA, 2004; 180).



Figura 3.4 – Aerogeradores, Malveira, Portugal.

Os custos da energia eólica são considerados moderados e são determinados tendo em conta o custo do investimento, o tempo de vida útil do aerogerador, a taxa de juro do montante investido, custos de exploração e manutenção, a quantidade de energia produzida/velocidade do vento, a avaliação do recurso no local onde se pretende instalar os aerogeradores e os custos do sistema de *backup* (GGEG, 2009).

O quadro seguinte lista as principais vantagens e desvantagens do uso da energia eólica como fonte de energia.

Quadro 3.2 – Vantagens e desvantagens do uso da energia eólica como fonte de energia.

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rede energética moderada a elevada;</li> <li>• Elevada eficiência;</li> <li>• Custos moderados (instalação, manutenção, sistema de backup, ligação ao sistema de distribuição eléctrica);</li> <li>• Impactos ambientais muito baixos;</li> <li>• Não existe emissão de CO<sub>2</sub> para a atmosfera quando em laboração;</li> <li>• Construção rápida e em rápida expansão;</li> <li>• Projecto <i>on</i> e <i>off shore</i>;</li> <li>• Tecnologia desenvolvida</li> <li>• O solo pode ser aproveitado para outras actividades (agricultura ou pecuária).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• São necessários ventos constantes;</li> <li>• Sistema de backup necessário quando o vento é fraco;</li> <li>• Os parques eólicos necessitam de grandes áreas;</li> <li>• Poluição visual;</li> <li>• Poluição sonora quando localizados perto de localidades;</li> <li>• Pode interferir nos voos migratórios das aves e provocar a morte a algumas destas;</li> <li>• Quando em locais remotos é necessário fazer a ligação ao sistema de distribuição eléctrica;</li> <li>• Não se conhecer forma de armazenamento.</li> </ul>

Segundo os analistas, a energia do vento tem mais benefícios e menos prejuízos que qualquer outra das energias renováveis, de tal forma que hoje é reconhecida, como uma energia vasta e benigna em termos ambientais que tanto pode fornecer electricidade como hidrogénio para células a custo menor (MILLER, 2006; 318).

A energia eólica apresenta potencialidade de garantir uma parte significativa da produção de electricidade nos próximos 20 a 30 anos se forem realizados os investimentos necessários (SANTOS, 2007; 266). No entanto, existe uma limitação espacial onde se podem localizar os aerogeradores, e a aposta na eólica *offshore* depende do tipo de costa litoral e do investimento em tecnologia.

### 3.2.3 Solar

A energia solar apresenta vantagens significativas no que respeita aos impactos ambientais e à segurança do mercado energético. No entanto, o facto de ser muito difusa, dependente das condições climáticas e intermitente não permite o seu aproveitamento mais eficiente.

Actualmente, pode ser aproveitada de duas maneiras: sendo convertida directamente em electricidade – solar fotovoltaica -, e convertida em energia térmica – solar activa ou passiva.

#### 3.2.3.1 Passiva e Activa

Permite aquecer os edifícios e as águas sanitárias com a energia solar através de dois métodos:

- solar passivo: aquecimento de edifícios orientado-os para o sol;
- solar activo: aquecimento de água ou de outro líquido num sistema de colectores e canalizações existente no telhado dos edifícios, que aquecem as casas.

Um sistema de aquecimento solar passivo absorve e armazena o calor do sol directamente dentro das casas. Janelas de eficiência energética e pequenas estufas ligadas às casas estão viradas para o sol de modo a recolher a energia directamente. As paredes e o chão são feitos de betão, adobe, tijolo, pedra ou madeira tratada, e a água que se encontra em contentores de plástico ou de metal armazena grande parte da energia solar recolhida em forma de calor e liberta-a no decorrer do dia e da noite (figura 3.5).

Determinadas casas podem também ter um sistema que funciona a gás natural ou a gás propano e que serve de *backup*, dependendo do clima (MILLER, 2006; 313).

Numa análise de ciclo de vida de custos, uma casa passiva é a maneira mais barata de aquecer uma casa ou um pequeno prédio nas regiões com muitas horas de luz solar. Um sistema deste tipo, normalmente, custa mais 5-10% a construir mas os custos de manutenção deste sistema é 30-40% menor que os duma casa normal. O tempo de amortização de uma casa passiva é de 3 a 7 anos (MILLER, 2006; 313).

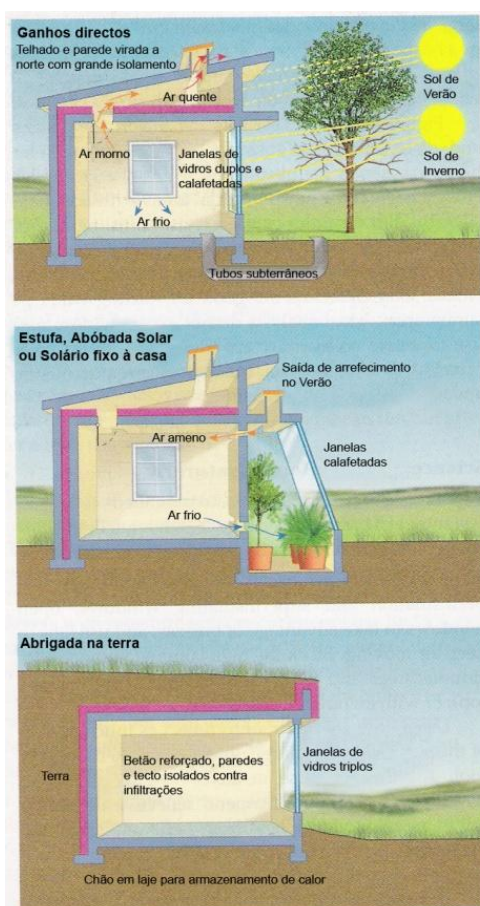


Figura 3.5 – Três exemplos de casas com *design* solar passivo (MILLER, 2006; 314)

Um sistema de aquecimento activo absorve a energia através da bombagem dum fluido que absorve o calor facilmente (ex: água ou uma solução anti-cogelante) através dum sistema de colectores especial, instalado no telhado e virados para o sol (figura 3.6). Parte do calor recolhido é usado directamente, enquanto que o restante pode ser armazenado num contentor isolado cheio de água, barro, cascalho, e pode ser utilizado conforme seja necessário. Os colectores solares passivos também podem ser utilizados para aquecer as águas sanitárias em zonas de clima solarengo (MILLER, 2006; 313).

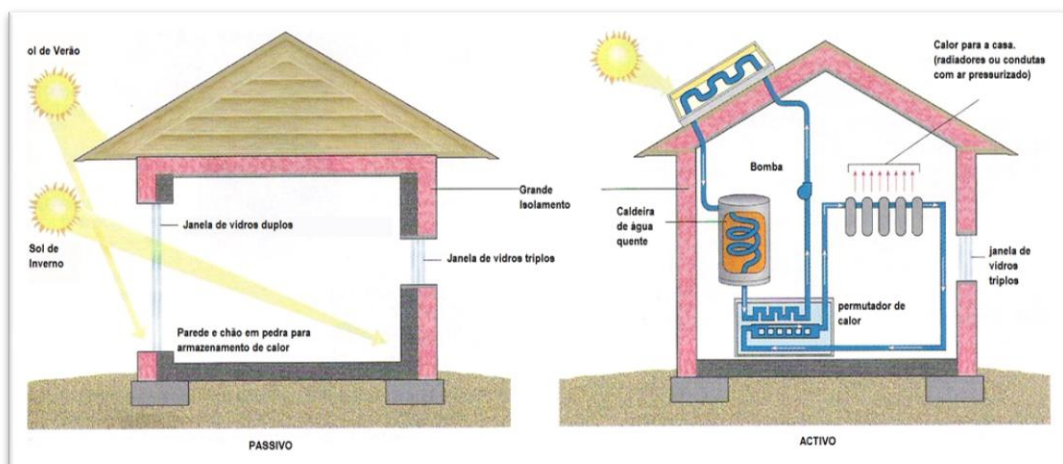


Figura 3.6 – Exemplos do sistemas solar passivo e solar activo numa casa (MILLER, 2006; 313).

A grande desvantagem destes sistemas é que não pode ser implementado em edifícios e casas já existentes que não se encontrem orientadas para o sol ou que estejam localizadas em locais que não recebam a luz deste, e no caso do sistema activo é necessário instalar um sistema de aquecimento quando a casa não é construída de raiz, para além de que requer mais manutenção e reparação do que as casas passivas.

A grande maioria dos analistas não prevê um uso generalizado dos colectores solares para aquecimento de casas devido aos custos elevados, às exigências de manutenção e à fachada pouco apelativa (MILLER, 2006; 313).

A emissão de GEE é quase nula, ocorrendo principalmente durante a construção, instalação e manutenção dos sistemas.

O quadro seguinte sintetiza as vantagens e desvantagens do uso da energia solar activa e passiva.

Quadro 3.3– Vantagens e desvantagens do uso da energia solar passiva e activa.

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> <li>• A rede energética é moderada (activa) e elevada (passiva);</li> <li>• Instalação rápida;</li> <li>• Não existe emissão de CO<sub>2</sub>;</li> <li>• Baixa poluição da água;</li> <li>• Uso do solo muito baixo (construído de raiz ou instalados na própria casa);</li> <li>• Custo moderado (passiva);</li> <li>• Permite o aquecimento de águas e de interiores.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Precisa de receber luz solar 60% do tempo;</li> <li>• Outras estruturas podem bloquear a luz do sol;</li> <li>• É necessário instalar um sistema de aquecimento (activa);</li> <li>• O sistema activo necessita de manutenção e reparação;</li> <li>• Os colectores activos são esteticamente pouco atractivos.</li> </ul>

#### 4.2.3.2 Fotovoltaico

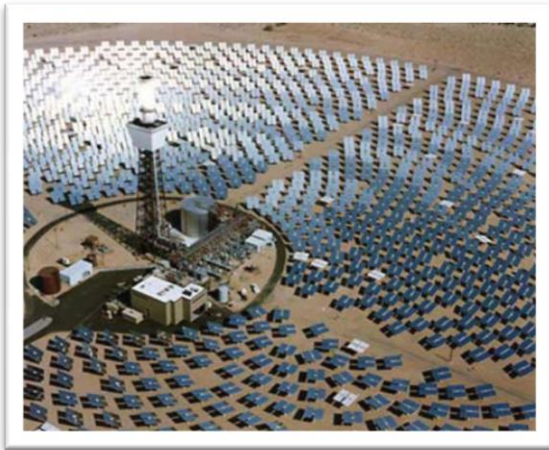


Figura 3.7 – Central Solar de São Francisco, USA, utilização de heliostatos (Power-Techology.com).

Vários sistemas solar térmicos podem armazenar e transformar a energia solar em energia térmica de altas temperaturas, que pode ser utilizada directamente ou convertida em electricidade.

Um dos métodos utiliza um sistema de recepção central, denominado por torre de controlo. Um conjunto de espelhos computarizados, conhecidos por heliostato, segue o sol e foca os raios solares na torre central colectora do calor (MILLER, 2006; 314).

Outro método são as centrais fotovoltaicas, nas quais os raios solares são absorvidos e focadas no sistema de tubos cheios de óleo que estão inseridos na área dos colectores solares. A concentração dos raios solares gera temperaturas suficientemente altas para produzir calor que, posteriormente, movimenta um conjunto de turbinas onde se gera electricidade. Durante a noite ou em dias muito nublados, um ciclo combinado de turbinas movimentadas a gás natural, muito eficiente, funciona como sistema *backup* de produção de electricidade caso seja necessário (MILLER, 2006; 315).



Figura 3.8 – Central Fotovoltaica da Amareleja, Portugal (apea.com)

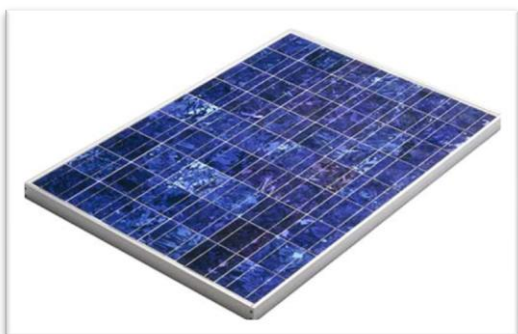
Este tipo de centrais requer uma grande área para a sua construção, tornando os solos obsoletos. A construção demora 1 a 2 anos provocando moderados impactos ambientais, principalmente poluição do ar e da água.

A eficiência relativamente baixa dos conversores, da ordem dos 8 a 20%, e o seu custo elevado torna esta forma primária de energia ainda pouco competitiva. É muito pouco provável que este tipo de energia possa substituir os combustíveis fósseis nos próximos 20 a 30 anos (DUARTE SANTOS, 2007; 264). Para além de que, a grande maioria dos analistas não prevêem uma utilização extensa deste tipo de tecnologias nas próximas décadas, apresentando razões como os custos elevados, o número de locais apropriados é limitado e a existência de processos mais baratos para produzir energia (MILLER, 2006; 315).

Quadro 3.4 – Vantagens e desvantagens do uso da energia solar fotovoltaica como fonte de energia.

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"><li>• Rede energética moderada;</li><li>• Impacto ambiental moderado;</li><li>• Não existe emissão de CO<sub>2</sub>;</li><li>• A construção realiza-se entre 1 a 2 anos;</li><li>• Custos reduzidos com sistema de <i>backup</i> de turbinas a gás natural.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Baixa eficiência;</li><li>• Custos elevados;</li><li>• Ser intermitente;</li><li>• Necessita dum sistema de <i>backup</i> ou de armazenamento;</li><li>• Requer luz solar a maior parte do período de laboração;</li><li>• Uso do solo elevado;</li><li>• Pode provocar distúrbios em áreas desérticas.</li></ul>

Apesar das desvantagens e limitações apresentadas, a energia solar fotovoltaica pode tornar-se competitiva caso seja possível baixar os custos de produção dos painéis e aumentar a sua eficiência por meio do investimento em investigação e desenvolvimento (DUARTE SANTOS, 2007; 265).



Em vez de apostar nas grandes centrais fotovoltaicas que provocam impactos ambientais e cuja eficiência é moderada, é preferível apostar nas células fotovoltaicas em pequena escala (figura 3.9). Estas podem ser colocadas nos telhados das casas já existentes ou implementados em casas que são construídas de raiz e, mais recentemente, em janelas (MILLER, 2006; 315).

**Figura 3.9** – Célula solar fotovoltaica (MILLER, 2006; 315)

As células necessitam de pouca manutenção, não produzem poluição sonora ou do ar quando estão em laboração e têm um elevado tempo de vida - 20 a 40 anos (MILLER, 2006; 316).

Presentemente o custo de produção de electricidade a partir de células solares ainda é elevado, mas prevê-se que este venha a descer assim que se começar a produzir células em larga escala e os novos *designs* sejam desenvolvidos e implementados. Novos desenvolvimentos neste tipo de tecnologia são possíveis com investimentos em inovação e desenvolvimento e com subsídios e apoios do governo poder-se-á observar um crescimento na utilização das células em zonas residenciais, comprovado pelo sucesso do programa de microgeração em Portugal.

Prevê-se que, com o investimento e desenvolvimento necessários, as células fotovoltaicas venham a produzir um quarto da electricidade global em 2040 (MILLER, 2006; 316), criando economias de pequena escala e novas áreas de negócio dedicadas à produção, venda, instalação e manutenção das células.

### 3.2.4 Ondas

O potencial desta fonte de energia aguarda avanços técnicos e tecnológicos, que permitam uma maior exploração e produção de energia. A utilização inferior desta fonte prende-se com o facto de não existirem locais com as condições apropriadas para a instalação duma central eléctrica de 1ª geração (*onshore*) (GARCIA, 2004; 182).

O futuro da produção de energia eléctrica a partir da energia das ondas reside nas centrais de 2ª geração (*nearshore*, 10-25m de profundidade) e de 3ª geração (*offshore*, ao largo da costa) (DGEG, 2009). Actualmente, existe a tecnologia e projectos inovadores de centrais de 2ª geração cuja oscilação das ondas provoca o movimento de ventoinhas submersas produzindo electricidade (GARCIA, 2004; 182).

As centrais de 2ª geração têm vantagens importantes em termos de facilidade de acesso e ausência de amarras mas apresenta situações minimizadoras como a localização, que exige requisitos de profundidade da água e uma boa exposição, os impactos ambientais, principalmente o visual, e um nível de potência média mais reduzido quando comparado ao das centrais de 3ª geração, devido aos efeitos de dissipação de energia originados pela rebentação e pelo atrito do fundo (DGEG,2009).

Os dispositivos flutuantes de 3ª geração permitem explorar plenamente o recurso energético em águas de maior profundidade, têm menos restrições quanto à sua localização e têm um menor impacto visual. No entanto, é necessário ultrapassar dificuldades como a manutenção, o transporte de energia para o sistema de distribuição e os processos de ancoragem ao fundo (DGEG, 2009).

Existe uma central de 1ª geração nos Açores, que utiliza a técnica que aproveita o movimento das ondas denominada por Sistema de Coluna de Água Oscilante (CAO) (figura 3.10). Também já existem projectos-piloto e protótipos de centrais de 3ª geração em Portugal, como a central piloto AWS, na Póvoa do Varzim.

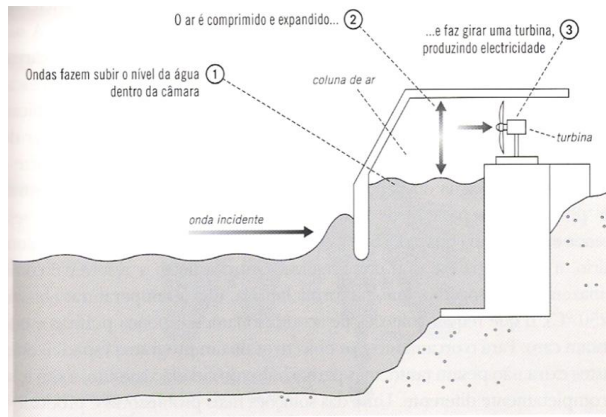


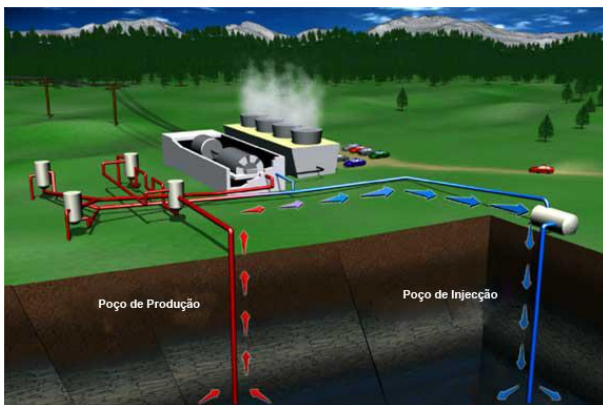
Figura 3.10 – Sistema de CAO nos Açores (GARCIA, 2004; 183)

A grande maioria dos especialistas considera que este tipo de energia terá uma contribuição mínima na produção de energia mundial devido aos elevados custos e à não existência de áreas com as condições apropriadas.

### 3.2.5 Geotérmica

Desde 1904 que se produz energia utilizando a água quente proveniente do interior da terra (GEO, 2000) mas só recentemente é que se começou a aproveitar este recurso para produção de energia eléctrica em larga escala.

Teoricamente, é possível explorar este tipo de energia em qualquer ponto do planeta mas para a exploração ser economicamente competitiva o local de implementação da central geotérmica deve ter determinadas características geológicas.



A grande maioria das centrais geotérmicas aproveitam a energia dos aquíferos de água fóssil, o vapor de água é bombeado para um gerador constituído por turbinas, nestas o vapor é transformado em energia eléctrica, sendo depois condensado de modo a ser injectado novamente no aquífero, no ponto mais afastado do poço de produção (figura 3.11) (GEO, 2000).

Figura 3.11 – Central Geotérmica com utilização da água fóssil dum aquífero (GEO, 2000).

Os tipos de energia geotérmica vulcânica e de média entalpia são muito aproveitados para aquecimento de residencias e, em alguns casos, quarteirões inteiros através dum sistema de aquecimento central. Os métodos mais utilizados são as

bombas de calor geotérmicas<sup>13</sup> e um sistema de tubos<sup>14</sup>. Estes sistemas são muito eficientes, o custo final não é elevado e, ambientalmente, são a maneira mais limpa de aquecer uma casa (MILLER, 2006; 321).

As restrições impostas pelas características geológicas deixam de existir com as novas tecnologias, em particular as centrais de ciclo binário, que permitem utilizar a água fóssil geotérmica a baixas temperaturas (a partir dos 80°C), tornando possível uma expansão desta tecnologia a um nível quase global.

O ciclo binário utiliza o calor da água fóssil para aquecer e vaporizar um fluido com um ponto de ebulição baixo, que se encontra num sistema de tubos adjacente ao sistema da água fóssil (figura 3.12). A transferência de calor ocorre no ponto em que os sistemas de tubos se encontram mais próximos. As turbinas transformam depois o vapor em energia eléctrica e o vapor é novamente condensado de modo a repetir o ciclo (GEO, 2000).

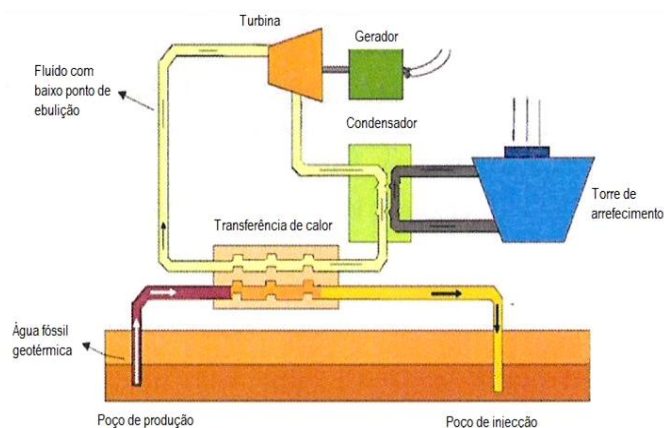


Figura 3.12 – Esquema duma central geotérmica de ciclo binário (GEO, 2000).

Actualmente, a energia geotérmica não é só utilizada para produção de energia eléctrica e para aquecimento de residências. Existem inúmeros projectos espalhados pelo mundo com aproveitamento deste tipo de energia com outros fins (GEO, 2000):

- Agricultura: a água fóssil geotérmica é utilizada para aquecimento dos solos e de estufas (por exemplo: no Novo México);
- Aquacultura: o calor geotérmico é utilizado para aquecimento de viveiros de peixes de águas quentes e de camarões (por exemplo: na Califórnia);
- Indústrias: para além de aquecer as unidades industriais, a água fóssil geotérmica é também utilizada para produção de energia para processos de secagem, na produção de alimentos e fabrico de madeiras (por exemplo: no Nevada).

<sup>13</sup> aproveitam a diferença de temperaturas entre a superfície e o subterrâneo e utilizam um sistema de canalizações para aquecer ou arrefecer uma casa, no inverno extrai a calor da terra e no verão retira o calor da casa e armazena-o na terra (MILLER, 2006; 321).

<sup>14</sup> Parte dos tubos percorre a casa e a outra parte encontra-se enterrado, os tubos estão cheios dum fluido que absorve o calor que é transferido no inverno para dentro de casa ocorrendo no verão ocorre o inverso (MILLER, 2006; 321).

O quadro abaixo sintetiza os tipos de geotermia e as principais vantagens e desvantagens.

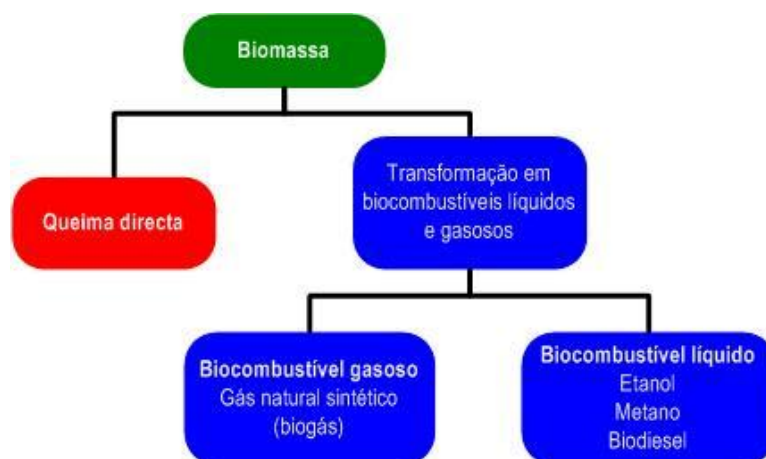
**Quadro 3.5 –** Novas áreas de exploração da energia geotérmica e respectivas vantagens e desvantagens  
(Comunicação Privada – GeSto Energia).

Tipo de geotermia	Vulcânica	Aquífero	Média entalpia	Hot dry rock
<b>Características</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zonas com actividade vulcânica recente;</li> <li>• Câmaras magmáticas;</li> <li>• Elevadas temperaturas (&gt;180°C);</li> <li>• Médias profundidades (1000-1200m).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilização do gradiente térmico da terra;</li> <li>• Aquíferos sedimentares;</li> <li>• Médias temperaturas (150°C);</li> <li>• Elevadas profundidades (2500-4500m).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zonas de anomalias térmicas;</li> <li>• Baixas temperaturas (&lt;100°C);</li> <li>• Baixas profundidades (&lt;1000m).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilização do gradiente térmico (30°C/1000m);</li> <li>• Aquífero criado artificialmente;</li> <li>• Rochas magmáticas;</li> <li>• Grandes profundidades (5000m).</li> </ul>
	<b>Geotermia tradicional</b>		<b>Novas áreas por explorar</b>	
<b>Vantagens</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Baixo impacto visual;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grande potencial energético;</li> <li>• Produção de electricidade;</li> <li>• Emissões de CO<sub>2</sub> nulas;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aquecimento de casas;</li> <li>• Emissões de CO<sub>2</sub> nulas;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Emissões de CO<sub>2</sub> nulas;</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Emissões de CO<sub>2</sub> nulas;</li> <li>• Centrais de pequena escala, com grande facilidade de ligação à rede, e de baixo impacto visual;</li> <li>• Cria economias de pequena escala.</li> </ul>			
<b>Restrições</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Só é possível explorar em zonas vulcânicas;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investimento inicial muito elevado;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investimento inicial muito elevado;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investimentos avultados;</li> <li>• Elevado grau de incerteza;</li> <li>• Viabilidade económica nula</li> </ul>

### 3.2.6 Biomassa, Biogás e Biocombustíveis

#### 3.2.6.1 Biomassa

A biomassa pode ser entendida como a energia solar convertida em energia química e armazenada em ligações químicas de compostos orgânicos em árvores e outras plantas e também noutros tipos de resíduos, como os orgânicos e urbanos, que pode ser queimada como combustível sólido ou transformada em biocombustíveis sólidos, gasosos ou líquidos (MILLER, 2006; 286). A energia produzida a partir da biomassa responde a todos os tipos de mercado energético: térmico, eléctrico e transportes (EUBIA, 2007).



**Figura 3.13 –** Capital natural: os principais tipos de biomassa (MILLER, 2006; 319)

Uma grande percentagem da biomassa é queimada directamente para aquecimento, em tarefas domésticas e processos industriais ou indirectamente para movimentar um conjunto de turbinas de modo a produzir electricidade. O uso da biomassa corresponde a 10,1% do fornecimento de energia primária global e a maioria desta é utilizada nos países em desenvolvimento (IEA, 2008).

Segundo a European Biomass Industry Association (EBIA), nos países desenvolvidos existe um potencial de utilização deste recurso nos vários mercados energéticos. A melhor maneira de aproveitar a energia da biomassa é através de centrais de cogeração, onde se utiliza o calor produzido para produção de electricidade e o calor remanescente é utilizado como fonte de energia térmica em processos industriais ou em aquecimento, o que permite que a eficiência global suba dos 35% para, aproximadamente, dos 80% (Comunicação Privada – GeSto Energia).

A produção de energia eléctrica a partir desta fonte de energia é menos eficiente que a produção a partir de outros combustíveis, devido ao menor poder calorífico do combustível, maior variabilidade do conteúdo em humidade e maior heterogeneidade dos combustíveis.

A principal desvantagem dos projectos de aproveitamento desta fonte renovável é a viabilidade económica, o preço da biomassa florestal varia de acordo com a qualidade, o poder calorífico e a humidade e é esta flutuação para valores elevados que torna difícil de implementar novos projectos. Para além das emissões de CO<sub>2</sub> que são emitidas no transporte da biomassa para as centrais.

A energia da biomassa é renovável enquanto os recursos não são ‘colhidos’ a um ritmo mais rápido do que aquele em que são cultivados, sendo uma das soluções para este problema criar plantações de biomassa onde sejam em grande número plantadas, colhidas e queimadas árvores de crescimento rápido. Os resíduos agrícolas e os da pecuária também podem ser recolhidos e queimados ou transformados em biocombustíveis. No entanto, ecologistas defendem que é preferível usar os resíduos de pecuária como fertilizante e com os resíduos agrícolas alimentar o gado, para além de atrasar a erosão e fertilizar o solo (MILLER, 2006; 319).

A queima de biomassa liberta CO<sub>2</sub> para atmosfera mas, se a taxa de utilização da biomassa não for superior à plantação de novas plantas, não ocorre alterações na quantidade de CO<sub>2</sub> na atmosfera. Contudo, repetidos ciclos de plantio, crescimento e colheita de plantações de biomassa esgotam os principais nutrientes do solo.

**Quadro 3.6 – Vantagens e desvantagens do uso da energia da biomassa como fonte de energia.**

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grande potencial de abastecimento em determinadas áreas;</li> <li>• Não há libertação de CO<sub>2</sub> para a atmosfera, caso seja colhida e queimada de modo sustentável;</li> <li>• A plantação pode-se localizar em zonas semi-áridas que não sejam necessárias para plantio;</li> <li>• A plantação pode ajudar recuperar solos degradados;</li> <li>• Utiliza resíduos de agricultura, de madeira e urbanos;</li> <li>• A energia pode ser utilizada conforme a necessidade, pois encontra-se armazenada;</li> <li>• O uso de plantas energéticas nacionais reduz a dependência de importações.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Não renovável se for utilizado de modo não sustentável;</li> <li>• Moderado a elevado impacto ambiental;</li> <li>• Libertação de CO<sub>2</sub> para a atmosfera caso o recurso seja utilizado de modo não sustentável;</li> <li>• Erosão dos solos, poluição da água e perda de vida selvagem;</li> <li>• As plantações de biomassa poderão competir com as dedicadas à agricultura;</li> <li>• Muitas vezes queimada em fogueiras a céu aberto ou fornos ineficientes e que poluem.</li> </ul>

### 3.2.6.2 Biogás

O processo de digestão anaeróbia de algumas formas de biomassa produz o biogás, um biocombustível gasoso constituído 60% por metano e 40% CO<sub>2</sub> (MILLER, 2006; 320).

Muitos países têm digestores de biogás onde são colocados resíduos urbanos ou lamas residuais (resultantes do tratamento das águas residuais), sendo o biogás produzido utilizado para aquecimento e em algumas situações pontuais como electricidade. Os resíduos sólidos resultantes deste processo podem ser utilizados como fertilizantes de solos (caso a sua constituição química assim o permita).

A principal desvantagem é tecnológica, pois os digestores são eficientes mas morosos, imprevisíveis e libertam CO<sub>2</sub> para a atmosfera, mas acredita-se que com investigação e desenvolvimento tecnológico se encontre solução para este problema (MILLER, 2006; 320).

### 3.2.6.3 Biocombustíveis

Os biocombustíveis são derivados da biomassa através de vários processos químicos. Os mais importantes em termos de produção mundial são os biocombustíveis líquidos, especialmente o bioetanol e o biodiesel, utilizados nos veículos automóveis. Actualmente representam cerca de 2,7% dos combustíveis líquidos utilizados globalmente no sector dos transportes (DUARTE SANTOS, 2007; 269).

Constituem uma forma de energia importante que é necessário desenvolver, pois não só reduz a dependência dos combustíveis fósseis como as emissões de CO<sub>2</sub> para a atmosfera.

É importante avaliar a eficiência energética do uso dos biocombustíveis, ou seja, a relação entre a energia produzida na combustão, por unidade de massa, e a energia consumida na produção dessa quantidade, incluindo o transporte, conversão no produto final, bem como fertilizantes, pesticidas e herbicidas utilizados. Calcular a eficiência energética é essencial para avaliar quantitativamente a vantagem de substituir os combustíveis fósseis por biocombustíveis como meio de reduzir as emissões de GEE (DUARTE SANTOS, 2007; 269).

Observa-se cada vez mais uma tendência para se utilizar os biocombustíveis líquidos no sector dos transportes, de modo a aumentar a segurança energética dos países que têm grande dependência estrangeira do petróleo e evitar emissões de CO<sub>2</sub> para a atmosfera. A produção de biocombustíveis está a ser fortemente incentivada pelos governos de vários países através de instrumentos e benefícios financeiros aos agricultores (SANTOS, 2007; 271).

O reverso da medalha, neste cenário quase perfeito, é a grande desvantagem dos biocombustíveis. Ao utilizar os solos como plantações de biomassa descarta-se a agricultura. Em 2008, com a produção no sector dos cereais baixa e as suas reservas cada vez menores, assistiu-se a um aumento do preço dos cereais. Segundo a Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação, o mercado vai-se manter volátil durante a próxima década (FERNANDES, 2008).

Os biocombustíveis vieram ligar estreitamente os preços dos combustíveis e dos alimentos, com implicações profundas para os produtores dos dois sectores, para os consumidores e a para a segurança alimentar global. Os mais afectados serão os países em desenvolvimento que sejam importadores de petróleo e tenham grandes défices alimentares (DUARTE SANTOS, 2007; 272). Para além deste existem outros impactos negativos, como sejam a intensa desflorestação provocada pela procura de solos e maior perda de biodiversidade.

É possível diminuir os impactos negativos através duma gestão da produção sustentável que tenha em conta o sector alimentar e os impactos nocivos no ambiente. Uma solução possível seria utilizar culturas transgénicas de espécies com elevada capacidade de produção de biocombustíveis.

### 3.3 Influências Positivas das Energias Renováveis

Os impactos ambientais das energias renováveis são específicos e locais mas é possível fazer generalizações. Apesar destes as energias renováveis são, por norma, mais benéficas para o ambiente e, conseqüentemente, para a saúde humana, que as outras fontes de energia mais poluentes.

O ciclo de emissões, tendo em conta todas as fases do processo – recolha, transporte, processamento e construção, operação e corporação das centrais termo-eléctricas – das energias renováveis é menor quando comparado com o dos combustíveis fósseis. Este ciclo de vida é demonstrado no quadro abaixo (IEA, 2002; 6).

**Quadro 3.7** – Ciclo de vida das emissões gasosas das energias renováveis (g/kWh).

	Biomassa		Hidroeléctrica		Solar		Eólica	Geotérmica
	Actual	Futura	Pequena escala	Grande escala	Fotovoltaica	Termo-eléctrica		
<b>CO<sub>2</sub></b>	17-27	15-18	9	3,6-11,6	98-167	26-38	7-9	70
<b>SO<sub>2</sub></b>	0,07-0,16	0,06-0,08	0,03	0,009-0,024	0,20-0,34	0,13-0,27	0,02-0,06	0,02
<b>NO<sub>x</sub></b>	1,1-2,5	0,35-0,51	0,07	0,003-0,006	0,18-0,30	0,06-0,13	0,02-0,06	0,28

As energias renováveis têm outros impactos para além dos ambientais (redução de GEE). A nível socioeconómico as barragens melhoram o abastecimento de água das populações, as diferentes energias renováveis criam economias de pequena e média escala e, no caso individual dos painéis solares, uma maior independência do sector eléctrico nacional, a nível geográfico assiste-se ao alterar do uso dos solos, que por vezes são melhor geridos e aproveitados.

No entanto, não existem só aspectos positivos. Alguns impactos negativos são comuns a todas as energias, como transformar solos com fins competitivos em solos obsoletos, perturbar a fauna, em particular a vida marinha e a dos pássaros migradores, provocar a perda de biodiversidade a nível da flora e aumentar a poluição visual e sonora.

Geralmente estes impactos são específicos do local onde se encontram implementadas e existem várias medidas minimizadoras dos impactos, que costumam ser pequenos e reversíveis.

Análises recentes indicam que os custos de electricidade gerada através das fontes renováveis são um acumular da capacidade instaladas. Se o mercado energético aumentar com identificação de um público-alvo crescente, criar-se-ão economias de pequena e média escala que levarão a uma flutuação decrescente nos custos de produção e nos preços de venda e uma procura cada vez maior (IEA, 2002,8).

A competitividade entre as energias renováveis e os combustíveis fósseis é afectada pelas externalidades negativas, isto é, o preço de mercado dos combustíveis fósseis não reflecte os impactos negativos no ambiente e na saúde humana, sendo por isso inferior ao preço de mercado da energia produzida pelas energias renováveis.

## Capítulo 4 – PERFIL ENERGÉTICO DE PORTUGAL

### 4.1 Situação Energética

#### 4.1.1 Global

Actualmente, a qualidade e o estilo de vida dos países desenvolvidos são sustentados, em grande parte, pelos combustíveis fósseis. A utilização destes encontra-se de tal modo enraizada e transversal a todos os sectores da sociedade que, desde a produção de alimentos, passando pelo funcionamento das indústrias, terminando nas infra-estruturas, assumem um papel de elevada importância, quase não deixando espaço para as novas fontes de produção de energia.

Para se ter uma noção mais concreta, em 2006 o abastecimento total de energia primária mundial foi de  $4,9 \times 10^{20}$  J, dos quais  $4,0 \times 10^{20}$  J foram produzidos a partir dos combustíveis fósseis. A repartição em termos de percentagem de todas as fontes primárias de energia à escala global estão descritas no quadro seguinte. Apesar de ainda não existirem dados mais recentes, tudo indica que o cenário de 2006 não tenha sofrido grandes alterações em 2007.

**Quadro 4.1** – Contribuição de cada fonte de energia no mercado energético global (IEA, 2008: 6).

Fonte de energia	%
<b>Combustíveis fósseis:</b>	<b>80,9</b>
Petróleo	34,4
Carvão	26,0
Gás natural	20,5
<b>Nuclear</b>	<b>6,20</b>
<b>Energias renováveis:</b>	<b>12,9</b>
Hidroelectricidade	2,20
Biomassa	10,1
Geotérmica, solar, eólica, marés e ondas	0,6

#### 4.1.2 Portugal

O cenário energético português assemelha-se em muito ao cenário energético global.

Portugal é um país com recursos energéticos não-renováveis escassos, o que conduz a uma elevada dependência do exterior, em 2007 esta situou-se nos 82,9%, destes 54% correspondem à importação de petróleo, que se mantém como base da estrutura de abastecimento de energia primária do país, observa-se um aumento na utilização do gás natural e uma leve diminuição no uso do carvão. Esta diminuição deve-se à redução progressiva prevista na utilização deste na produção de electricidade, devido ao seu impacto na qualidade do ar (DGEG, 2007).

No que respeita às energias renováveis, Portugal tem um enorme potencial cuja exploração é vantajosa não só na perspectiva de reduzir a dependência externa e compensar o défice natural destes mas também do ponto de vista ambiental e socioeconómico. Apresenta condições únicas, como sejam: uma rede hidrográfica relativamente densa, uma elevada exposição solar média anual e dispõe de uma vasta costa marítima (ALVES, 2009).

Duma análise de *inputs-outputs* de energia fica-se a conhecer o perfil energético português. A análise encontra-se esquematizada na figura abaixo.

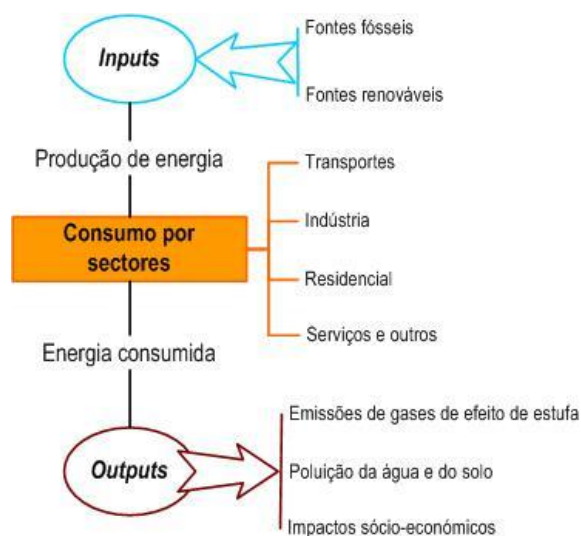


Figura 4.1 – Esquema da análise de *Inputs-Outputs* Energéticos.

No panorama energético português, os *inputs* na produção de energia são os combustíveis fósseis e as energias renováveis.

Em 2007, o *input* em combustíveis fósseis correspondeu a 82,9%. Destes o petróleo tem um papel essencial na estrutura do abastecimento de energia representando 54,0% do consumo total de energia primária. Em seguida encontra-se o gás natural cujo abastecimento correspondeu a 15,0%, encontrando-se o consumo de carvão em último com 11,3% do consumo total de energia primária.

Os restantes 17,1% correspondem ao *input* das energias renováveis. A hídrica foi a que mais contribuiu para a produção de energia eléctrica em 2007 com 61,97%, seguida da eólica que contribuiu com 23,94%, da biomassa com 12,75%, da geotérmica com 1,19% e, por fim, da solar fotovoltaica com 0,15%.

No quadro seguinte encontra-se a repartição de cada fonte de energia no consumo de energia primária.

Quadro 4.2 – Consumo de energia primária em 2007 (DGEG, 2007).

Fonte de energia	%
<b>Combustíveis fósseis:</b>	<b>82,9</b>
Petróleo	55,2
Carvão	11,3
Gás natural	15,0
<b>Energias renováveis:</b>	<b>17,1</b>
Hídrica	61,97
Eólica	23,94
Biomassa	12,75
Geotérmica	1,19
Solar fotovoltaica	0,15

O consumo de energia final ocorre em quatro sectores principais: transportes, indústria, residencial e serviços.

Em 2007, o sector que mais consumiu em termos energéticos foi o dos transportes com 36,4%, seguido da indústria com 29,2%, do residencial com 17,1%, o dos serviços com 12,2% e, por fim, outros sectores (agricultura, pescas, construção e obras públicas).

É importante não esquecer que de 100% da energia produzida 41% é, inevitavelmente, perdida devido à 2ª lei da termodinâmica<sup>15</sup> (Chang, 1998; 215). Para além destas perdas, existem outras no sistema de transmissão e distribuição de energia eléctrica e térmica que não se encontram contabilizadas e que podem sofrer uma diminuição caso sejam aplicadas soluções e medidas minizadoras e compensatórias.

Um dos principais *outputs* da produção de energia e do seu consumo é a emissão de GEE, principalmente de CO<sub>2</sub>, o principal responsável pelas alterações climáticas. As emissões de CO<sub>2</sub> *per capita*, resultantes de processos de combustão foram de 5,32 t CO<sub>2</sub> em 2006.

Em 2007, a produção de energia para electricidade e aquecimento, as refinarias de petróleo e outras indústrias que produzem energia contribuem com 19 776,99 Gg de CO<sub>2</sub> para a atmosfera. O sector que mais energia consome também é o que mais emissões liberta para a atmosfera com 18 838,92 Gg de CO<sub>2</sub>, mais uma vez seguido das indústrias com 10695,39 Gg de CO<sub>2</sub>, depois pelo sector residencial e comercial com 2 063,66 Gg de CO<sub>2</sub> e 2 381 Gg de CO<sub>2</sub>, respectivamente. Por último, o sector que engloba a agricultura, as pescas e outros, contribui com 734,79 Gg de CO<sub>2</sub>.

O quadro seguinte sintetiza o consumo de energia e as respectivas emissões de CO<sub>2</sub> por sector.

**Quadro 4.3** – Consumo energético e emissões de CO<sub>2</sub> por sector em 2007 (DGEG, 2007).

Sector	Consumo de energia (%)	Emissões de CO <sub>2</sub> (Gg)
Transportes	36,4	18 838,92
Industria	29,2	10 695,39
Residencial	17,1	2063,66
Comercial	–	2381
Serviços e outros	17,3	734,79

Apesar da diversificação do *mix* energético, a introdução do gás natural e o aumento da sua utilização reduz a dependência do petróleo e as emissões em CO<sub>2</sub> para a atmosfera, contudo, não diminui a dependência do exterior em relação aos combustíveis fósseis.

O sector dos transportes tem uma elevada dependência dos combustíveis fósseis, em particular do petróleo, razão pela qual este é o mais consumido no país. A elevada percentagem de veículos particulares e o facto dos bairros residenciais estarem cada vez mais longe das cidades e dos locais de trabalho são as principais razões para o consumo elevado de petróleo e consequentes emissões de CO<sub>2</sub> para a atmosfera.

A exploração e o transporte dos combustíveis fósseis provocam impactos negativos, que ainda são reversíveis mas que poderão vir a ser economicamente exigentes num futuro próximo, caso não se apliquem medidas minimizadoras num espaço de tempo curto.

Parte do carbono que é lançado para a atmosfera é absorvido pelas grandes massas de água e pelos solos tornando-os obsoletos, de modo a reverter este cenário serão necessários orçamentos elevados para a sua recuperação e tratamento.

<sup>15</sup> A segunda lei da termodinâmica afirma que a entropia do sistema aumenta numa transformação espontânea e mantém-se constante numa situação de equilíbrio. No entanto, parte da energia é sempre degradada em energia de menor qualidade, mais dispersa e menos vantajosa (CHANG, 1998; 822).

Em 2001, Portugal adoptou a Directiva 2001/77/CE<sup>16</sup>, relativa à promoção da electricidade produzida a partir de fontes de energia renováveis no mercado interno da electricidade, e propôs-se a dispor de 39% de energia eléctrica gerada a partir de fontes renováveis. O quadro 4.4 apresenta os valores de referência para a meta indicativa de Portugal relativa à parte da electricidade produzida a partir de fontes de energia renováveis (E-FER) no consumo bruto de electricidade em 2010.

**Quadro 4.4** – Valores de referência para 2010 (DIRECTIVA 2001/77/CE).

<b>E-FER (TWh)</b>	<b>E-FER 1997<sup>17</sup></b>	<b>E-FER 1997<sup>18</sup></b>	<b>E-FER 2010<sup>5</sup></b>
		(%)	(%)
	14,30	38,50	39,0 <sup>19</sup>

A produção de energia eléctrica a partir de fontes renováveis está concentrada no Norte do País devido à localização das grandes hídricas e dos parque eólicos.

O total de potência instalada para produção de energia eléctrica, no final de Julho de 2009, era de 8762 MW. Este valor deve-se aos parques eólicos instalados e reforço dos já existentes com uma potência instalada de 3 335 MW, e às hídricas com 4 825 MW de potência instalada, dos quais 4 234 MW corresponde às hídricas com potência instalada superior a 30MW. No entanto, a produção total de energia eléctrica depende essencialmente da grande hídrica, verificando-se flutuações na produção de energia de ano para ano na ordem dos 20% (DGEG, 2008; 4).

Até Junho de 2009 foram licenciados 10 205 MW de instalações electroprodutoras a partir de fontes de energias renováveis, o que corresponde a mais 16% relativamente à potência instalada actualmente. A maior aposta está a ser no sector eólico com 4 242 MW de potência eólica licenciados e prevê-se que sejam instalados 3 800 MW (DGEG, 2008; 4).

Desde 2005 que Portugal tem apostado na implementação de instalações de produção de energia eléctrica com fontes renováveis, principalmente na eólica, no biogás, na solar fotovoltaica e nas Ondas, em menor escala. O quadro 4.5 demonstra esta evolução.

**Quadro 4.5** – Evolução histórica (2001 a 2009) da potência total instalada em renováveis (MW) (DGEG, 2008: 6).

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	Junho 2009	TCMA <sup>20</sup>
<b>Hídrica total</b>	4.263	4288	4292	4561	4752	4802	4805	4810	4825	1,7%
<b>Eólica</b>	114	175	253	537	<b>1047</b>	<b>1681</b>	<b>2108</b>	<b>2770</b>	<b>3335</b>	57,7%
<b>Biomassa (com cogeração)</b>	344	372	352	357	357	357	357	357	357	0,5%
<b>Biomassa (sem cogeração)</b>	8	8	8	12	12	24	24	24	64	17,0%
<b>Resíduos Sólidos Urbanos</b>	88	88	88	88	88	88	88	88	88	0,0%
<b>Biogás</b>	1	1	1	7	<b>8,2</b>	<b>8,2</b>	<b>12,4</b>	<b>12,4</b>	<b>15</b>	43,3%
<b>Fotovoltaica</b>	1,3	1,5	2,1	2,7	<b>2,9</b>	<b>3,4</b>	<b>14,5</b>	<b>58,5</b>	<b>73,4</b>	72,3%
<b>Ondas/Marés</b>								<b>4,2</b>	<b>4,2</b>	
<b>Total</b>	<b>4819</b>	<b>4934</b>	<b>4996</b>	<b>5565</b>	<b>6267</b>	<b>6964</b>	<b>7409</b>	<b>8124</b>	<b>8762</b>	<b>8,7%</b>

<sup>16</sup> As metas indicativas são para a parte da electricidade produzida a partir de fontes de energia renováveis no consumo bruto de electricidade em 2010 (Produção bruta + saldo importador). O cumprimento é calculado assumindo a mesma hidraulicidade do ano base – 1997.

<sup>17</sup> Estes valores são referentes à produção nacional de E-FER em 1997.

<sup>18</sup> A contribuição percentual de E-FER em 1997 e 2010 baseia-se na produção nacional de E-FER dividida pelo consumo nacional bruto de electricidade.

<sup>19</sup> Ao tomar em consideração os valores de referência fixados no anexo da Directiva, Portugal declara que, para manter como meta indicativa para 2010 a quota de 1997 de electricidade produzida a partir de fontes de energia renováveis, presume-se que:

— o plano nacional de electricidade poderá prosseguir a construção de nova capacidade hidroeléctrica superior a 10 MW,

— outro tipo de capacidade renovável, só possível mediante auxílios estatais, venha a aumentar a uma taxa anual oito vezes superior à verificada recentemente.

<sup>20</sup> Taxa de Crescimento Média Anual entre 2002 e 2008.

A potência instalada tem vindo a sofrer aumentos graduais que resultam em valores cada vez mais elevados de energia eléctrica produzida com base em fontes renováveis. Para efeitos da Directiva 2001/77/CE, a produção de energia eléctrica a partir de fontes renováveis atingiu os 43% em 2008.

O quadro 4.5 demonstra a evolução da produção de energia eléctrica desde 2001, ano da ratificação da Directiva até Junho de 2009.

**Quadro 4.6** – Evolução histórica (2001 a 2009) da energia eléctrica produzida através de renováveis (GWh) (DGEG, 2008: 6).

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	Junho 2009 <sup>21</sup>
<b>Hídrica total</b>	14240	8096	15894	10053	5000	11323	10351	7102	7797
<b>Eólica</b>	239	341	468	787	1741	2892	4007	5695	6121
<b>Biomassa (com cogeração)</b>	1065	1166	1069	1206	1286	1302	1361	1381	1346
<b>Biomassa (sem cogeração)</b>	21	42	43	52	64	78	149	146	178
<b>Resíduos Sólidos Urbanos</b>	511	518	523	475	545	532	498	441	439
<b>Biogás</b>	2,2	2,5	2,3	14	31	33	55	67	72
<b>Fotovoltaica</b>	1,6	1,8	2,6	2,9	3,8	4,1	23,6	41,4	95,0
<b>Ondas/Marés</b>									
<b>Total</b>	<b>16080</b>	<b>10167</b>	<b>18002</b>	<b>12590</b>	<b>8671</b>	<b>16164</b>	<b>16445</b>	<b>14873</b>	<b>16048</b>
<b>IPH (ano base da directiva – 1997)</b>	<i>0,975</i>	<i>0,623</i>	<i>1,090</i>	<i>0,664</i>	<i>0,336</i>	<i>0,800</i>	<i>0,627</i>	<i>0,461</i>	<i>0,530</i>
<b>Hídrica corrigida</b>	14605	12995	14582	15140	14881	14154	16509	15406	14711
<b>Total corrigido</b>	<b>16445</b>	<b>15066</b>	<b>16690</b>	<b>17677</b>	<b>18552</b>	<b>18995</b>	<b>22602</b>	<b>23177</b>	<b>22962</b>
<b>Produção bruta + saldo Imp. (GWh)</b>	45484	46652	48220	50017	51729	52749	52952	53587	52569
<b>% de renováveis (real)</b>	35,4	21,8	37,3	25,2	16,8	30,6	31,1	27,8	30,5
<b>% de renováveis (Directiva)</b>	<b>36,2</b>	<b>32,3</b>	<b>34,6</b>	<b>35,3</b>	<b>35,9</b>	<b>36,0</b>	<b>42,7</b>	<b>43,3</b>	<b>43,7</b>

A maior parte do crescimento da produção da energia eléctrica a partir de renováveis para atingir a meta definida na Directiva encontra-se, em princípio, assegurado.

Contundo, o aumento da intensidade energética (consumo de energia/PIB) é um aspecto preocupante, principalmente porque este tem raiz na dependência diversificada mas externa do sector de produção de energia, levando a evolução negativa da utilização da energia primária.

A dependência, a evolução negativa e a intensidade energética e carbónica afastam Portugal das tendências recentes da União Europeia e dos objectivos internacionais acordados.

<sup>21</sup> Ano Móvel de Julho de 2008 a Junho de 2009. O valor da Produção Bruta + Saldo Importador para 2008 é provisório. Para 2009, estima-se uma quebra de 3,8% no valor da Produção Bruta + Saldo Importador.

## 4.2 Política Energética de Portugal

Fazer projecções sobre energia e convertê-las em políticas envolve tentar responder a questões relacionadas com cada alternativa energética, tais como (MILLER, 2006; 288):

- Qual a disponibilidade do recurso energético a curto-médio prazo (dentro de 15 a 25 anos) e a longo prazo (dentro de 25 a 50 anos)?
- Qual o rendimento da rede energética<sup>22</sup> do recurso energético?
- Quanto será necessário investir em investigação, desenvolvimento e na introdução gradual dos novos recursos energéticos?
- Que subsídios, fundos e taxas governamentais são necessários para promover novas tecnologias e uma utilização mais intensa dos recursos energéticos renováveis?
- Quais os impactos positivos e negativos dos segmentos<sup>23</sup> do mercado energético de cada recurso energético?
- Devem as externalidades negativas ser incluídas no preço de mercado de cada recurso energético através duma combinação de taxas e de subsídios ambientais?

Os programas políticos dedicados à energia dependem de como se encontra o mercado energético, dos recursos existentes e dos compromissos assumidos internacionalmente.

Os impulsos iniciais em matéria de ambiente e, conseqüentemente, em energia foram exteriores às políticas internas do país, quer tenha sido pelo assinar de Convenções, quer tenham sido resultado das Políticas da União Europeia. A Política Energética Portuguesa tem como base as Directivas do Parlamento Europeu e do Conselho e a Política Energética para a Europa, desenvolvendo-se depois com base nos factores socioeconómicos e nos recursos energéticos naturais de que o país dispõe. Em alguns casos assumem-se objectivos e metas mais ambiciosos e rigorosos que os definidos pela União Europeia, como por exemplo a meta de 39% da produção de energia eléctrica com base em fontes renováveis imposta pela Directiva 2001/77/CE.

Os objectivos e eixos de acção definidos na Estratégia Energética Portuguesa vão ao encontro dos quatro pilares em que assenta a proposta da estratégia Comunitária:

- Um mercado de energia funcional;
- A passagem para uma economia de baixo carbono;
- Aumentar a eficiência energética;
- Criar nova abordagem nas relações com países estrangeiros.

A Política Energética Portuguesa estabelece os seguintes objectivos para o actual ciclo eleitoral:

- i) estimular a rápida modernização do sistema electroprodutor, mobilizando e atraindo investimento do sector privado nacional e estrangeiro;
- ii) dar um novo impulso à liberalização do mercado da electricidade em todos os seus segmentos e antecipar o calendário da liberalização do mercado do gás natural;
- iii) adoptar um novo modelo de organização do sector energético público;

<sup>22</sup> Rede energética é a quantidade de energia de boa qualidade de um recurso que pode ser usada após se subtrair a quantidade de energia necessária para tomar a primeira apta a ser utilizada (MILLER, 2006; 289).

<sup>23</sup> Produção, distribuição, comercialização

- iv) assumir uma reforçada ambição no desenvolvimento da produção de electricidade a partir de fontes renováveis,
- v) apostar na eficiência energética, promover auditorias energéticas e adoptar um programa especial para a gestão energética nos edifícios públicos;
- vi) assegurar a divulgação de informação sobre os reais custos das suas soluções energéticas e sobre as melhores alternativas (DGEG).

Empenhado na redução da forte dependência externa, apesar da evolução observada na produção de energia eléctrica a partir de energias renováveis, no aumento da eficiência energética, na redução das emissões de CO<sub>2</sub> e no aumento da qualidade do serviço a incentivar a concorrência através da adopção de um modelo de organização das empresas com capitais públicos do sector energético, o Governo definiu as grandes linhas estratégicas para o sector da energia, estabelecendo a Estratégia Nacional para a Energia, aprovada pela Resolução do Conselho de Ministros nº 169/2005, de 24 de Outubro (DGEG).

Os principais objectivos desta são:

- **Garantir a segurança do abastecimento de energia**, através da diversificação dos recursos primários e dos serviços energéticos e da promoção da eficiência energética;
- **Estimular e favorecer a concorrência**, por forma a promover a defesa dos consumidores, bem como a competitividade e a eficiência das empresas;
- **Garantir a adequação ambiental de todo o processo energético**, reduzindo os impactos ambientais às escalas local, regional e global.

Existem cinco eixos de acção na Estratégia para se conseguir atingir os objectivos propostos, nomeadamente:

- i) a liberalização do mercado de gás e electricidade;
- ii) a criação de dois grandes operadores concorrentes no sector do gás e da electricidade;
- iii) o desenvolvimento de um operador para o transporte do gás e da electricidade;
- iv) uma forte promoção do desenvolvimento das energias renováveis;
- v) a implementação de um plano para o aumento da eficiência energética.

Apesar de se mencionar a eficiência energética como um eixo fundamental na Estratégia Energética Nacional, não têm sido suficientemente valorizados os instrumentos de promoção da eficiência no lado da procura de energia, verificando-se a quase ausência de políticas sustentadas conducentes à utilização eficiente de energias endógenas ao nível do consumidor. O acesso cada vez maior a padrões de conforto e bem-estar por parte da população, evoluiu para uma certa condescendência relativamente ao uso de formas comerciais de energia particularmente onerosas em termos ambientais e da intensidade energética do PIB. A eficiência do lado da procura supõe uma adequada avaliação das necessidades de energia útil para as diversas actividades e necessidades humanas (Programa E4)

Em 2003, com o objectivo de promover o desenvolvimento económico, reduzir a dependência do exterior e combater as alterações climáticas, o Governo estabeleceu metas mais ambiciosas que as impostas na Directiva 2001/77/CE: i) a produção de electricidade a partir de energias renováveis passa de 39% para 45% do consumo em 2010 e ii) os biocombustíveis utilizados nos transportes deverão atingir os 10% do consumo dos combustíveis rodoviários em 2010.

Neste sentido foram definidas metas específicas para cada fonte de energia renovável:

- **Energia eólica:** aumentar em 1 950 MW<sup>24</sup> a meta de capacidade instalada em 2012 e promover a criação de clusters tecnológicos e de investimento associados à energia eólica;
- **Energia hídrica:** apostar, no curto prazo, na antecipação de investimentos de reforço de potência hídrica em infra-estruturas hidroeléctricas existentes, de forma a atingir a meta dos 5 575 MW de capacidade instalada em 2010;
- **Biomassa:** ampliar em 100 MW o objectivo de capacidade instalada em 2010<sup>25</sup>, promovendo uma articulação estreita com os recursos e potencial florestal regional e políticas de combate ao risco de incêndios;
- **Energia fotovoltaica:** garantir o cumprimento efectivo das metas estabelecidas e assegurar uma ligação com as políticas e metas de microgeração;
- **Energia das ondas/marés:** aumentar a capacidade instalada de 200 MW através da criação de uma Zona Piloto com potencial de exploração total até 250 MW de novos protótipos de desenvolvimento tecnológico industrial e pré-comercial emergentes;
- **Biocombustíveis:** definir meta de 10% dos combustíveis rodoviários a partir de biocombustíveis e promover fileiras agrícolas nacionais de suporte através da isenção de ISP para combustíveis rodoviários que assegurem a sua incorporação;
- **Biogás:** definir objectivos e plano de acção numa vertente não contemplada anteriormente, estabelecer meta de 100MW de potência instalada em unidades de tratamento anaeróbio de resíduos;
- **Microgeração:** introduzir nova vertente de renováveis, promovendo um programa de instalação de 50 000 sistemas até 2010, com incentivo à instalação de água quente solar em casa existentes.

Está comprovado que, para introduzir de forma gradual as novas fontes de energia e chegar ao retorno de 10-20% do total de energia utilizada, são necessários aproximadamente cerca de 50 anos e um elevado investimento a nível do desenvolvimento, da inovação e da implementação (MILLER, 2006; 288). Assim as políticas energéticas, quando em desenvolvimento, devem ser pensadas em três fases: a curto, a médio e, principalmente, a longo prazo.

Interligada com a Política Energética, existem estratégias e planos que permitem o alcançar dos objectivos propostos. A energia é tida em consideração como:

- i) uma das áreas decisivas para o desenvolvimento sustentável;
- ii) essencial no âmbito das alterações climáticas, uma vez que é um dos sectores que emite uma elevada concentração de gases com efeito de estufa para a atmosfera.

Os instrumentos e estratégias que abordam estas duas áreas têm objectivos comuns, como sejam apostar na inovação e desenvolvimento tecnológico, diversificar as fontes energéticas gerindo os recursos naturais, reduzir significativamente a emissão de CO<sub>2</sub> e combater as alterações climáticas.

<sup>24</sup> Novo total de 5100MW com acréscimo em 600MW por upgrade do equipamento já instalado.

<sup>25</sup> Novo total de 250 MW, correspondendo a um aumento de 67%.

## Capítulo 5 – ESTRATÉGIA ENERGÉTICA. GUIA PARA UMA MAIOR SUSTENTABILIDADE.

---

O sistema actual de produção de energia e os níveis de consumo desta provocam impactos ambientais e socioeconómicos, que com o tempo se podem tornar irreversíveis, tais como: poluição do ar, em particular o aumento da concentração de CO<sub>2</sub>, alterações climáticas, uso do solo e outros.

O desafio é conseguir diminuir estes impactos negativos ao mesmo tempo que se satisfaz a crescente procura energética mantendo a relação custo/benefício ao nível da dos combustíveis fósseis e manter ou melhorar a segurança do sistema de abastecimento.

O que aqui se propõe é uma Estratégia Energética integrada que assenta em dois pilares:

1. Na mudança de paradigma, dos combustíveis fósseis para as energias renováveis e na mudança de comportamentos;
2. Num modelo para descentralização da produção de energia



Figura 5.1 – Esquema da Estratégia Energética proposta.

## 5.1 Mudança de Paradigma

O cenário energético actual é insustentável a médio e longo prazo, não só devido à elevada dependência dos escassos combustíveis fósseis mas também devido aos impactos económicos e ambientais resultantes dum consumo energético assente no petróleo.


O que se propõe nesta fase da Estratégia Energética são soluções e medidas minimizadoras e compensatórias que podem ser aplicadas tanto no lado da oferta como no lado da procura de energia. A mudança de paradigma energético aqui descrita tem dois pilares fundamentais:

- i) apostar cada vez mais nas energias renováveis diminuindo a dependência das fontes fósseis;
- ii) mudança de comportamentos nos vários sectores e a diferentes níveis que permitam que a mudança de paradigma ocorra.

### 5.1.1 Dos combustíveis fósseis para as energias renováveis

Observa-se um grande desequilíbrio no *mix* energético actual, uma elevada dependência dos combustíveis fósseis, em particular do petróleo e uma crescente, apesar de ainda pequena, dependência das grandes hídricas. É necessário encontrar medidas que, ao serem implementadas, provoquem uma mudança na utilização das matérias-primas para a produção de energia, recorrendo cada vez menos aos combustíveis fósseis que mais CO<sub>2</sub> emitem para a atmosfera e às grandes hídricas que têm elevados impactos ambientais e socioeconómicos e dependem das condições climáticas.

#### Dos combustíveis fósseis



A tendência é diminuir a utilização do carvão, uma vez que este é o combustível fóssil que mais emissões de GEE liberta mas aquele que maiores reservas tem. É possível continuar a tirar partido destas se se implementarem tecnologias inovadoras no sector da produção de energia e no da indústria, que permitam o sequestro de carbono, por exemplo: construir as novas centrais termoeléctricas a carvão com um sistema de sequestro de carbono armazenando-o no solo e reconverter as centrais já existentes de modo a permitir este tipo de sequestro. Os elevados investimentos poderão vir a ser compensados posteriormente no mercado de emissões.

A substituição, parcial ou total, do petróleo pelos biocombustíveis requer uma recuperação dos solos orgânicos e a criação dum plano de gestão com ciclos de plantio, como objectivo de plantar matéria-prima para a produção destes. Uma melhor gestão das florestas, da agricultura, da pecuária, das pescas e dos resíduos permite a obtenção de maiores quantidades de resíduos para produção de biocombustíveis. No entanto, na fase de obtenção e transporte de biomassa são emitidas elevadas quantidades de CO<sub>2</sub>, para além dos elevados investimentos e subsídios que são necessários para rentabilizar as centrais a biomassa.

#### Para as energias renováveis

A grande vantagem das energias renováveis é a possibilidade de descentralizar a produção de energia com base nos recursos naturais energéticos existentes nos diferentes locais e perto das diferentes localidades.

A tendência portuguesa é apostar nas grandes hídricas, tendência esta que é cada vez menor noutros países devido aos impactos ambientais e aos socioeconómicos e ao facto de não permitirem o controlar da produção de energia, de se perder o recurso natural e de estar dependente das condições climáticas. Deve-se então reforçar a capacidade hídrica

mas substituindo as grandes hídricas por projectos de bombagem pura ou mini-hídricas que apresentam elevadas taxas de disponibilidade e são uma fonte de energia renovável e sustentável.

A bombagem pura, para além de apresentar as mesmas vantagens que as grandes hídricas, é uma forma de armazenar energia de forma segura, flexível e sem perdas de matéria-prima – água – uma vez que esta não é consumida. A possibilidade de construção de empreendimentos de fins múltiplos perto dos reservatórios e localizados a jusante têm vantagens socioeconómicas, como sejam o aumento de postos de trabalho e criação de economias de pequena escala.

Outra vantagem da bombagem pura é a possibilidade de se tornar um sistema de *backup* nos parques eólicos, permitindo a produção contínua de energia mesmo quando não há vento.

O potencial de utilização da energia das ondas corresponde a 15-20% da energia eléctrica que se prevê consumir em 2025. Contudo, esta contribuição depende da implementação de projectos de 2ª e 3ª geração ao longo da costa portuguesa. Segundo a DGEG, existem 250km de costa onde a implementação de dispositivos de aproveitamento da energia das ondas não interfere com zonas piscatórias nem com áreas de parques naturais. O aproveitamento da energia das ondas aumenta a segurança na produção e na distribuição de energia eléctrica e diversifica o mercado de matéria-prima energético nas localidades que se encontram na zona costeira. Contudo, existem grandes obstáculos aos projectos protótipo de 2ª geração, a ausência de amarras é a principal fragilidade das estruturas e equipamentos, não resistindo quando as ondas atingem grandes alturas.

O aproveitamento da energia geotérmica, com as inovações tecnológicas, é uma realidade global e não limitada pela presença de actividade vulcânica. As centrais com ciclo binário, que aproveitem a geotermia de média entalpia e os aquíferos profundos, têm potencial em Portugal. Se forem implementadas perto das localidades mais isoladas, estas deixam de estar constantemente dependentes do sistema de transmissão e distribuição de energia, aumentando a segurança na produção e distribuição de energia.

Promover, através de campanhas, o aproveitamento dos recursos energéticos existentes dependendo da geografia do local, por exemplo, a sul promover a utilização das células solares fotovoltaicas enquanto que a norte se promove a utilização eólicas.

### 5.1.2 Mudança de comportamentos

A produção descentralizada de energia tem como factores impulsionadores: a mudança de comportamentos, a mudança de mentalidades e um saber benéfico sobre as energias renováveis cada vez mais generalizado na sociedade. A poupança e a eficiência energética nos sectores residencial e comercial dependem, até determinado nível, do comportamento das pessoas.

A mudança de comportamentos deve ser gradual, começando primeiro com pequenas medidas avançando para soluções mais transversais e globais. Definiu-se um esquema em quatro fases que alcance o objectivo de provocar mudanças de comportamentos graduais mas que tenham impactos significativos no consumo de energia (figura 5.2).



Numa primeira fase, existe a consciencialização das pessoas para a problemática, neste caso o consumo excessivo de energia e as perdas de energia desnecessárias quer em casa, quer nos locais de trabalho, resultantes de comportamentos insustentáveis.

Campanhas de sensibilização e documentários televisivos são formas de chegar a vários segmentos da população com o objectivo de informar e ensinar que mudanças podem ser implementadas e quais os benefícios daí resultantes e incentivar as pessoas a manterem-se actualizadas e a procurarem mais informações sobre as medidas e soluções existentes para diminuir o consumo e as perdas de energia. Por vezes, o excesso de informação é nocivo, criando dúvidas e tendo efeitos negativos nos comportamentos que se pretendem modificar.

Figura 5.2 – Fluxograma da mudança de comportamentos.

A terceira fase definida no fluxograma da mudança de comportamentos corresponde à aplicação dos conhecimentos adquiridos anteriormente. Deve-se ter consciência, bom senso e definir prioridades, saber que comportamentos são possíveis de manter a médio-longo prazo e que comportamentos mais consumistas e emissores de CO<sub>2</sub> não se podem alterar mas que podem ser compensados com outros que consomem menos energia e emitem menos CO<sub>2</sub>. Nem todos os objectivos definidos são possíveis de alcançar mas pode-se avaliar os que se conseguiram atingir.

Uma vez enraizados certos comportamentos e alcançados determinados objectivos, as pessoas podem definir novas metas, aplicando os conhecimentos adquiridos doutras formas, por exemplo, transmitindo os conhecimentos que têm e os benefícios resultantes da mudança de comportamentos a outras pessoas.

O sector eléctrico funciona como uma empresa cujo principal objectivo é vender o produto que produz, neste caso energia eléctrica e térmica; a mudança de comportamentos provoca uma diminuição da procura de energia em sectores como o residencial e o comercial.

As mudanças registadas nestes sectores podem fazer pressão sobre o governo para a criação e implementação de novas e mais rigorosas políticas que limitem a oferta e a procura de energia e exortem a eficiência energética. Mas também

pode ter o efeito inverso, com o sector eléctrico a pedir subsídios e apoios ao governo que suportem as quebras nos lucros. É necessário encontrar um equilíbrio entre oferta, procura e governo.

Uma influência positiva e neutra que pode exercer pressão tanto nos sectores residencial e comercial como no governo é o conjunto de organizações não governamentais do ambiente (ONGA) que promovem a eficiência energética e o consumo sustentável dos recursos energéticos, podendo ser responsáveis pelas campanhas de sensibilização junto das populações e de alterações a políticas quando em fase de participação pública.

A figura seguinte esquematiza as diferentes influências que podem ocorrer entre os vários sectores e o governo.

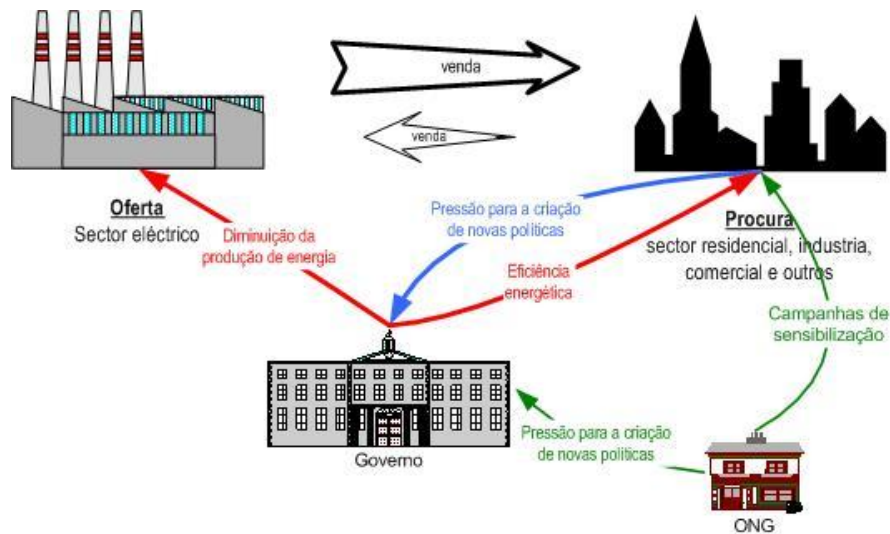


Figura 5.3 – Influências de vários agentes na procura-oferta de energia.

As diferentes pressões podem ter resultados positivos e levar a um maior investimento em sistemas de inovação, a aumentar as fontes de financiamento ou criar novas oportunidades de mercado e consequentes economias de pequena média escala.

#### 5.1.2.1 Avaliação da Mudança de Comportamentos

Sendo uma fase essencial na Estratégia Energética proposta, uma vez que os resultados desta mudança estão intimamente ligados com o aumento da microgeração e uma maior eficiência energética, propõe-se avaliar os comportamentos e, se possível, as mudanças que se verificaram, através dos seguintes métodos:

- i) questionários/inquéritos;
- ii) entrevistas semi-estruturadas individuais e em grupo.

Pretende-se com os questionários/inquéritos avaliar os comportamentos actuais, identificar as práticas mais comuns e desenvolver novos métodos para educar e sensibilizar as pessoas de modo a levá-las a alterar os seus comportamentos habituais para comportamentos mais sustentáveis; é também um modo de ouvir opiniões e compreender a perspectiva dos que não são peritos na temática da energia.

Sugere-se desenvolver inicialmente um inquérito que questione as medidas de conservação de energia e de eficiência energética e os comportamentos mais divulgados e conhecidos. Este pode ser enviado por correio e/ou estar disponível online e publicitá-lo através de jornais ou da televisão. O sucesso deste método está dependente da boa vontade das pessoas em responder e reenviar o questionário. O questionário enviado seguiria as directrizes do encontrado na página seguinte.

1. A sua casa:	Sim	Não	Alguns	Não sabe
Tem portas e janelas calafetadas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tem lâmpadas incandescentes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tem as paredes isoladas para evitar perdas de calor	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tem o tecto isolado para evitar perdas de calor	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sistema de aquecimento central	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sistema de aquecimento eléctrico	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sistema de aquecimento de fonte renovável	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. As pessoas que vivem na sua casa:	Sim	Não	Alguns	Não sabe
Desligam a televisão em vez de deixarem em stand-by	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mantêm o termostato para temperaturas entre os 18° e os 21°C	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Verificam os contadores da electricidade e da água	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Desligam as luzes quando deixam uma divisão	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mantêm janelas e portas fechadas quando o sistema de aquecimento está ligado	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Utilizam a máquina de secar roupa em vez de a estenderem ao sol	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Descongela o frigorífico anualmente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Figura 5.4 – Proposta de questionário para avaliar o comportamento dos cidadãos.

De modo a compensar a adesão aos questionários, a responder às dúvidas levantadas pela eficácia e fiabilidade das metodologias dos questionários, sugerem-se entrevistas semi-estruturadas, individualmente ou em grupo, aos participantes que responderam aos questionários com o objectivo de avaliar, encontrar pontos fortes e fracos nas campanhas de divulgação das medidas de conservação de energia e eficiência energética realizadas entre o público em geral.

## 5.2 Produção Descentralizada de Energia

As primeiras centrais eléctricas forneciam energia apenas aos clientes próximos da fonte de produção e as primeiras redes de distribuição funcionavam em corrente contínua, só anos mais tarde é que surgiram as redes eléctricas de corrente alternada, possibilitando o transporte de energia eléctrica a distâncias cada vez maiores.

Nas últimas décadas, com os avanços da tecnologia na área da produção de energia eléctrica e devido ao papel que as questões ambientais passaram a assumir, a produção descentralizada ganhou novo fôlego e a grande e crescente tendência futura é a produção descentralizada de energia ou microgeração e a minigeração.

Esta descentralização compreende o transitar das grandes centrais termoeléctricas para sistemas mais pequenos, menos poluentes e que se encontrem perto ou nas próprias localidades. Estes sistemas utilizam essencialmente os recursos renováveis existentes em ciclo combinado ou com um sistema de *backup* alimentado a gás natural, que torna o processo de produção de energia eléctrica e térmica mais eficiente.

Cada vez mais se observa uma aposta na produção descentralizada como forma de reduzir as perdas nas redes de distribuição, de diminuir a dependência externa e de dar ao consumidor um papel mais activo no mercado energético. Segundo Jeremy Rifkin<sup>26</sup>, esta mudança para um modelo de produção descentralizada de energia assenta em três pilares (ÁGUA & AMBIENTE):

- O **primeiro** pilar está relacionado com as formas de energia renovável: solar, eólica, hídrica, geotérmica, ondas e biomassa;
- O **segundo** assenta na capacidade de armazenamento de modo a maximizar o recurso às energias renováveis e a minimizar os custos; no entanto, apesar dos investimentos realizados e as metas estabelecidas nas energias renováveis, é ainda necessário desenvolver métodos de armazenamento que facilitem a conversão dos fornecimentos intermitentes das fontes renováveis em activos seguros e duráveis;
- O **terceiro** envolve a distribuição. A ideia é gerar energia renovável localmente e submetê-la a uma rede inteligente e integrada que permitirá a produção de energia e partilhar os excedentes com os países fronteiriços, contribuindo para a segurança energética.

**Microgeração** é entendida como a produção de energia eléctrica e térmica pelo próprio consumidor utilizando equipamentos de pequena escala, com a possibilidade de vender à rede de distribuição o excedente de energia eléctrica.

**Minigeração** é a produção de energia em edifícios.



Figura 5.5 – Esquema do modelo de produção descentralizada de energia segundo Jeremy Rifkin.

<sup>26</sup> Presidente da Foundation on Economic Trends.

Em Portugal, a produção de energia eléctrica através de instalações de pequena escala utilizando fontes renováveis de energia ou processos de conversão de elevada eficiência energética, pode contribuir para uma alteração do panorama energético de forte dependência do exterior (valor médio de 60%), no caso dos combustíveis fósseis, e da hídrica (que dependendo da hidraulicidade varia entre os 10% e os 30%), cuja produção depende das condições climáticas e é a fonte de energia renovável com mais potência eléctrica instalada em Portugal.

No mapa seguinte encontram-se localizadas as centrais termoeléctricas e eléctricas que funcionam a combustíveis fósseis e a energias renováveis existentes em Portugal.

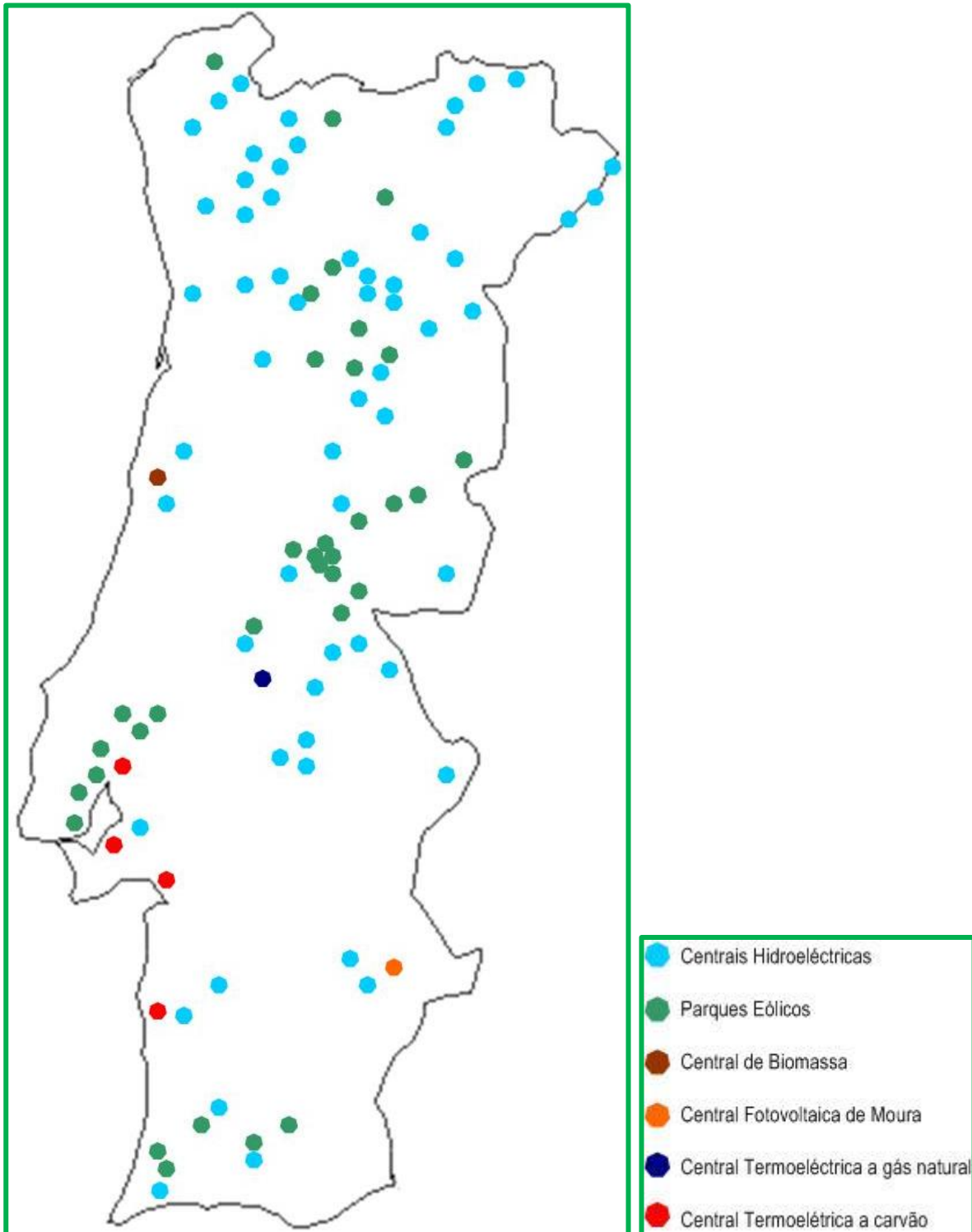


Figura 5.6 – Localização geográfica das principais fontes de produção de energia em Portugal.

O modelo de descentralização mais eficiente e que aqui se propõe segue uma estratégia de “pensamento nacional, acção local”. O conhecimento dos recursos energéticos renováveis e em maior abundância no país permite um melhor aproveitamento destas fontes localmente, reduzindo os custos de transporte, de transformação e de distribuição de energia, e as perdas do sistema, aumentando a segurança do sistema de distribuição e melhorando a economia do mercado energético nacional ao reduzir a dependência do exterior e ao criar postos de trabalho relacionados com as novas centrais de produção de energia.

O modelo proposto assenta em três pilares:

- Viabilidade de locais;
- Financiamento e custo vs benefício da microgeração;
- Análise do ciclo de vida deste tipo de instalações.



Figura 5.7 – Modelo de Produção de Energia Descentralizada proposto.

### 5.2.1 Viabilidade de locais

A viabilidade de locais e a possibilidade de instalação numa unidade de microprodução está fisicamente dependente da capacidade de recepção por parte da rede eléctrica<sup>27</sup>.

Segundo o Decreto-Lei nº 363/2007, de 2 de Novembro, os microprodutores devem consumir a energia térmica produzida e não podem exceder os 50% de potência injectada na Rede Eléctrica de Serviço Público (RESP), este factor limitante imposto pelo lado da oferta centralizada restringe as potencialidades da microprodução, independentemente da fonte renovável.

Outro factor negativo que favorece a oferta de energia centralizada é o número limitado de registos no Sistema de Registos de Microprodução (SRM) no caso das ligações serem efectuadas num posto de transformação cujo somatório de potência dos registos já existentes ultrapasse os 25% da potência do respectivo posto de transformação. Este factor é derivado de restrições técnicas decorrentes da segurança do abastecimento eléctrico

<sup>27</sup> No caso de zonas completamente isoladas e sem acesso à rede eléctrica a viabilidade de locais e a possibilidade de instalação numa unidade de microprodução está dependente do número de instalações eléctricas de utilização de baixa tensão que existem na área circundante, das necessidades individuais e das condições da habitação/edifício.

Existem outros factores importantes relacionados com a instalação das células solares fotovoltaicas ou os pequenos impactos ambientais e sociais que uma microeólica possa representar numa zona residencial, sendo necessário realizar um pequeno estudo de viabilidade antes de se iniciar o processo para se tornar um microprodutor.

A implementação de sistemas de microprodução em locais distanciados das fontes de energia eléctrica centralizadas permite reduzir as perdas de energia na rede de distribuição. De acordo com um estudo realizado pelo Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores (INESC), em 2005, demonstra que uma injeção de energia eléctrica proveniente de unidades de microgeração, de 10% da potência instalada no pico de consumo da rede de distribuição obtém uma redução nas perdas de energia na rede de cerca de 14,89%. Por outro lado, a instalação de geradores de pequena dimensão localizados junto dos pontos de consumo permite adiar investimentos no reforço das infra-estruturas de rede e aumentar a fiabilidade do fornecimento de electricidade (Água & Ambiente).

Consultando o mapa anterior, conclui-se que se devia apostar na descentralização da produção de energia na zona do Douro Beira e Estremadura litoral, no Alentejo e Algarve, uma vez que são as zonas em que se observa uma aposta menor nas hídricas, na eólica e mesmo a não existência de centrais convencionais.

Esta aposta necessita, no entanto, de ser ajustada às reais capacidades da rede eléctrica, por forma a garantir a segurança no abastecimento de energia às populações.

### 5.2.2 Financiamento e Custo vs Benefício da microgeração

Os microprodutores têm acesso a dois regimes remuneratórios (DECRETO-LEI nº 367/2007, de 2 de Novembro):

- a) **Regime geral**, aplicável a todos os que tenham acesso à actividade, vendendo a energia eléctrica pelo mesmo valor que é adquirida;
- b) **Regime bonificado**, para unidade de microprodução com potência de ligação até 3,68 kW, aplicável nas seguintes condições:
  - i) No caso das entidades que pretendam instalar unidades de cogeração a biomassa, desde que esta esteja integrada no aquecimento do edifício;
  - ii) No caso das entidades que pretendam instalar unidades de micro produção que utilizem outras fontes de energia, diferentes da prevista na sublínea anterior, desde que estas disponham de colectores solares térmicos para aquecimento de água na instalação de consumo, com um mínimo de 2 m<sup>2</sup> de área de colector;
  - iii) No caso dos condomínios, desde que estes realizem uma auditoria energética ao edifício e que tenham implementado as medidas de eficiência energética identificadas nesta auditoria com período de retorno até dois anos.

As fontes de energia renovável que podem ser utilizadas na microprodução são: solar, eólica, mini-hídrica e cogeração a biomassa. O preço bonificado de venda de energia à rede é cerca de cinco vezes superior ao preço de compra, o tarifário de referência é de 650€/MWh aos primeiros 10MW de potência de ligação registados a nível nacional e depende do tipo de energia renovável utilizada, sendo aplicadas diferentes percentagens à tarifa de referência (quadro 5.1).

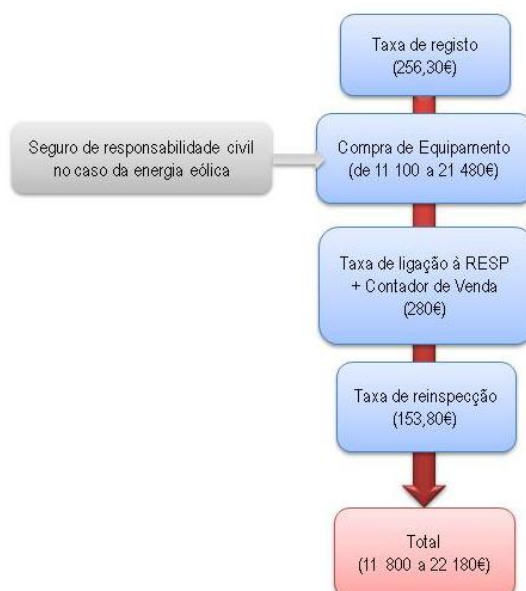
**Quadro 5.1** – Percentagem aplicada à tarifa de referência às diferentes fontes de energia renovável por microprodução.

Fonte de Energia Renovável	%	€/kWh
Solar	100	0,65
Eólica	70	0,455
Mini-hídrica	30	0,195
Cogeração a biomassa	30	0,195

O custo do investimento no equipamento de microprodução com fonte solar varia entre os 11 100€ e os 21 480€, a beneficiar de IVA a 12% e a com a possibilidade de reduzir no IRS até 30% do valor do equipamento com um limite de 796€ e isenção dos rendimentos da microprodução até ao limite de 5 000€ por ano (Comunicação Privada – Home Energy).

A rentabilidade média dos equipamentos varia entre os 8,4% e os 14,1% ao ano, quanto mais eficiente e maior a área de superfície do painel solar maior é a sua rentabilidade, contudo é preciso referir que esta depende também da localização nacional<sup>28</sup> do sistema de microprodução. O retorno do investimento verifica-se ao fim de 6 a 9 anos, dependendo da área do painel solar, da potência mínima contratada e do regime remuneratório escolhido pelo microprodutor (Comunicação Privada – Home Energy).

No entanto, é necessário ter em conta que o investimento não se resume somente ao equipamento escolhido para produzir energia mas também todos os custos relacionados com a sua instalação e ligação à RESP, estes custos encontram-se especificados na figura seguinte.



**Figura 5.8** – Principais custos relacionados com a microprodução.

<sup>28</sup> As zonas de Portugal com maior insolação encontram-se do Norte Alentejano para sul, observando-se nestas zonas um maior rendimento dos sistemas de microprodução.

### 5.2.1 Análise de Ciclo de Vida

O objectivo da análise de ciclo de vida é quantificar os fluxos de matérias-primas e de energia necessárias para a criação de determinado produto e os impactos ambientais daí resultantes. Com a generalização da utilização das energias renováveis e a crescente aposta nos sistemas de microprodução, foram realizados estudos de análise de vida destes sistemas que têm como base a energia solar e a energia eólica. O esquema mais comumente utilizado encontra-se na figura seguinte (JUNGBLUTH *et al*, 2004).

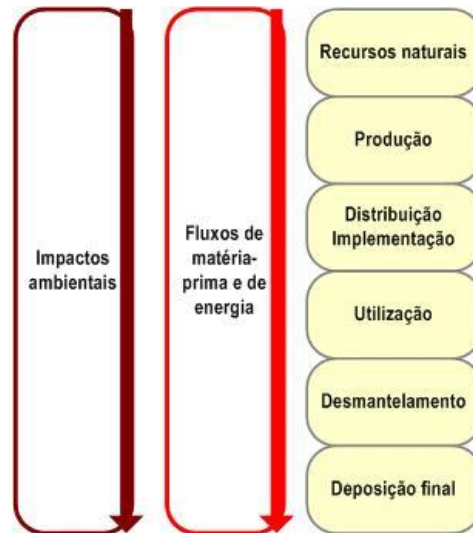


Figura 5.9 – Esquema da análise de ciclo de vida.

Está comprovado que durante as fases de exploração dos recursos naturais, da produção e construção dos sistemas de microprodução, da distribuição e implementação ocorrem impactos ambientais que não estão somente relacionados com o consumo de energia, como por exemplo, as emissões de dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>) e de óxidos de azoto (Nox) que provocam a acidificação dos solos e a contaminação de águas que pode levar à eutrofização (GÓRALCZK, 2002).

O consumo de energia primária e consequente emissão de CO<sub>2</sub> na fase de construção dos sistemas de microprodução é significativa, contudo, este consumo é compensado posteriormente na fase de laboração com a produção de energia mais limpa e que não emite CO<sub>2</sub> para a atmosfera tendo em consideração que o tempo médio de vida útil dos sistemas solares e microeólicos ronda os 20 anos (JUNGBLUTH *et al*, 2004).

No caso dos sistemas de energia solar fotovoltaica, os principais impactos ambientais ocorrem na fase de construção dos painéis, de distribuição/implementação e da ligação à RESP. Nos sistemas a energia eólica, o maior impacto ambiental ocorre na fase de construção, relacionado principalmente com o factor capacidade dos aerogeradores, o tempo de vida das estruturas e a potência instalada, estes impactos são minimizados quanto maior for a capacidade e o tempo de vida do aerogerador. A ligação à RESP e o desmantelamento dos aerogeradores também provocam impactos ambientais mas menos significativos (JUNGBLUTH *et al*, 2004).

Existe uma falha das análises de ciclo de vida feitas até ao momento, não são tidos em consideração impactos relacionados com a localização dos sistemas de microprodução, tais como a localização e o ruído, em especial das microeólicas, e o efeito estética de telhados com painéis solares e de microeólicas (JUNGBLUTH *et al*, 2004).

Com a generalização da microprodução, assiste-se a uma reestruturação do modelo actual da produção de energia e a uma realocação das fontes desta. Com base na Estratégia Energética que aqui se propõe construiu-se um esquema que faz referência às novas tecnologias possíveis de utilizar nas grandes centrais de produção de energia e à microprodução nos três sectores em que esta é possível de realizar, o residencial, o comercial e o industrial. Este modelo encontra-se esquematizado na figura seguinte.

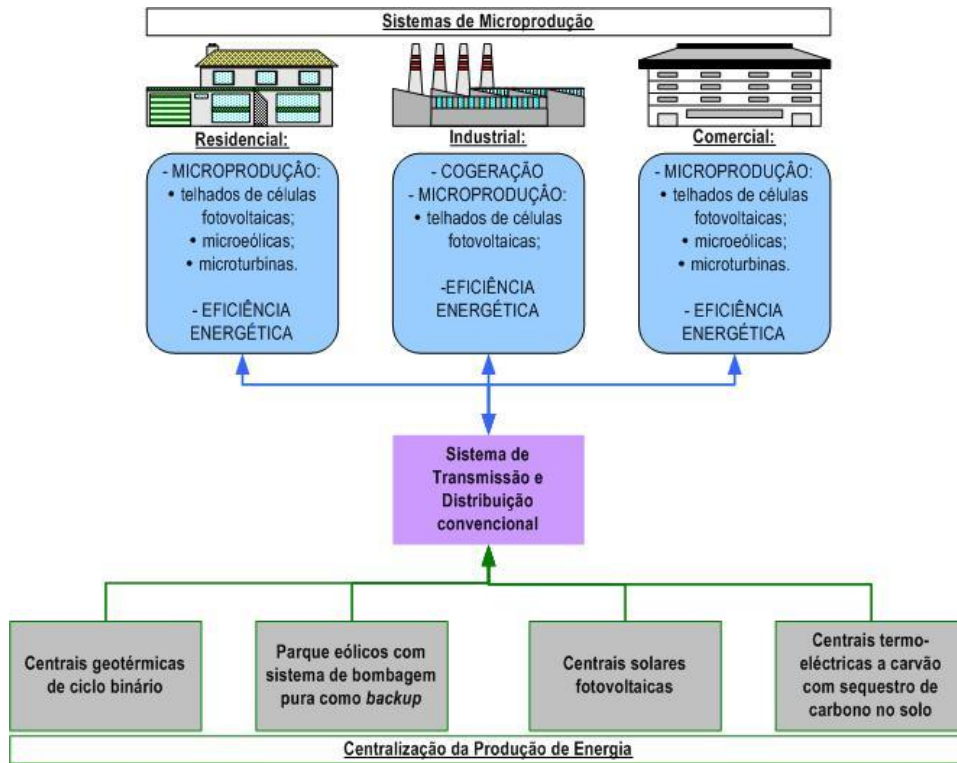


Figura 5.10 – Esquema proposto para a descentralização da produção de energia eléctrica.

Propõe-se uma diversificação de fontes de energia renovável, apostando cada vez mais no uso de energias renováveis e nas centrais de ciclo binário ou que combinem dois tipos de fontes de energia, sugerindo-se o seguinte:

- Centrais térmicas de ciclo binário com aproveitamento da geotermia de média entalpia e de aquíferos profundos;
- Centrais solares fotovoltaicas com áreas menores em comparação com as existentes, de modo a evitar as perdas de energia e o baixo rendimento dos painéis solares;
- Centrais termoelétricas a carvão com sequestro de carbono no solo;
- Parques eólicos combinados com sistemas de bombagem pura.

Com a crescente implementação da microprodução, a produção de energia deixa de ser um monopólio e passa a ser transversal a quase todos os sectores, criando um mercado de acções onde ocorre compra e venda de energia. O preço da energia flutua ao longo do dia, o que permite comprar energia quando os preços se encontram mais baixos e vender o excedente de energia produzida ao sector eléctrico.

Este mercado é viável, apesar da remuneração da tarifa de venda de energia do microprodutor à RESP sofrer decréscimos ao longo do tempo (DECRETO-LEI nº 367/2007, de 2 de Novembro).

De acordo com Professor João Peças Lopes, investigador do INESC Porto, entre 10 a 20 anos, 5% da electricidade consumida em Portugal deverá basear-se em sistemas de produção descentralizada de energia, com pequenas potências. As tecnologias com maior potencial, considera, são a solar fotovoltaica e a micro-eólica (ÁGUA & AMBIENTE).

Para além da produção de energia, propõe-se uma maior eficiência energética que leve à redução do consumo de energia diminuindo as perdas normalmente associadas a todos os sectores presentes na figura 5.9.

Ao adoptarem-se medidas e acções que levam a uma melhor utilização da energia não só se poupa na factura eléctrica como na quantidade de combustíveis fósseis necessária para produzir os tipos de energia mais utilizados, prolongando assim as suas reservas e reduzindo os impactos ambientais que estes provocam.

Eficiência Energética - redução dos gastos de energia, consumindo menos para produzir o mesmo ou mais que o habitual. A eficiência energética depende em grande parte da mudança de comportamentos por parte da sociedade.

A criação dum plano de eficiência energética implica a definição de objectivos e qual o prazo para os alcançar, a definição das alterações sustentáveis a realizar nos edifícios, o vigiar da quantidade de energia produzida e consumida e quanto emite cada sector em termos de gases com efeito de estufa.

A cogeração no sector industrial permite produzir energia eléctrica e térmica, satisfazendo as necessidades energéticas da grande maioria das indústrias, a implementação de sistemas de cogeração requer um investimento inicial que é reembolsado no decorrer do tempo com a reduzida dependência do sector eléctrico e, se possível, com a venda da energia produzida em excesso à RESP.

## Capítulo 6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS E DESAFIOS FUTUROS

---

O modelo socioeconómico actual depende fortemente da produção e consumo energético, tanto para se manter como para evoluir, e esta dependência continua intimamente ligada aos combustíveis fósseis. O facto desta fonte de energia primária ser esgotável e as reservas conhecidas começarem a estar sobreexploradas e os elevados impactes ambientais, em especial a emissão de CO<sub>2</sub>, um dos principais responsáveis pelas alterações climáticas, levam à imposição da transição para as energias renováveis, que têm benefícios ambientais e cujos impactos ambientais resultantes das fases de construção e implementação são fortemente compensados posteriormente na fase de laboração com a produção de energia mais limpa e sem emissão de CO<sub>2</sub>.

Se o preço de mercado da energia tivesse incluído as externalidades negativas, como as emissões de GEE, em especial de CO<sub>2</sub>, a competitividade entre as energias renováveis e os combustíveis fósseis sofriria positivamente e levaria a uma aumento do investimento em inovação, desenvolvimento e investigação de novas tecnologias que melhor aproveitem e armazenem a energia produzida com fonte em renováveis.

A mudança de paradigma, em que se observa uma dependência cada vez maior das energias renováveis necessita de evoluções tecnológicas dos sistemas de conversão actuais para sistemas mais eficientes e que possibilitem o armazenamento de energia e compreender e aceitar que são necessários sistemas de backup que complementem a fonte de energia renovável, uma vez que a maior desvantagem desta é ser intermitente e depender das condições climáticas. Sistemas de *backup* como hídricas de bombagem pura que complementem os parques eólicos ou sistemas de cogeração a gás natural que produzem energia quando os painéis solares estão impossibilitados de captar a luz solar.

Não é só ao nível do ambiente que a implementação das energias renováveis tem efeitos positivos mas também ao nível socioeconómico. Toda a linha de produção e manutenção de aerogeradores e de painéis solares, a construção de novas centrais geotérmicas e mesmo os empreendimentos que naturalmente se desenvolvem na área duma hídrica, permitem a criação de economias de pequena escala e a criação de novos postos de trabalho, diminuindo assim a taxa de desemprego.

Realizar a transição para um futuro energético mais sustentável depende também dos cidadãos, cuja sensibilização e mudança de mentalidades é um factor impulsionador. A pressão que podem exercer junto do governo eleito e do sector energético nacional, levam à criação de novas políticas energéticas e de mudanças no lado da oferta.

É importante reter que as alterações no panorama energético, nos comportamentos das pessoas e nas políticas são faseadas no tempo e que devem ser feitas gradualmente, é impossível alterar hábitos de consumo dum momento para o outro mas se se estabelecerem objectivos e metas possíveis de alcançar tornar-se-á mais fácil atingir a totalidade dos objectivos e a implementação das medidas propostas.

Os comportamentos, tal como as políticas, podem e devem ser avaliados. Esta avaliação permite conhecer a opinião dos cidadãos e quais as mudanças que lhes são mais fáceis de efectuar, a dificuldade em mudar determinados comportamentos e quais já se encontram enraizados no dia-a-dia. Para além de que permite estabelecer objectivos e metas cada vez mais exigentes e cuja quantificação seja perceptível por parte dos cidadãos, é de extremam importância a percepção de que a produção e o consumo de energia emitem CO<sub>2</sub> para a atmosfera e que é possível quantificar estas emissões, como o fazer e como, posteriormente, conseguir diminuí-las é o desafio que deveria ser colocado a cada cidadão.

A produção descentralizada de energia por si só não será capaz de satisfazer a enorme procura de electricidade pela economia do país nas próximas décadas. A produção descentralizada tem de fazer parte de uma rede eléctrica interligada e inteligente, que tenha padrões de controlo. No caso de existirem microprodutores que têm sistemas que funcionem a biomassa ou sistemas de *backup* a gás natural devem estar sob um controlo mais eficaz que permita a produção de energia eléctrica e térmica procurando minimizar as emissões de CO<sub>2</sub>.

Os impactos positivos da produção descentralizada não estão somente relacionados com a redução de emissões de CO<sub>2</sub> e a não utilização dos solos, encontram-se também relacionados com uma mudança no modelo empresarial do sector eléctrico, que se tem que adaptar e acomodar ao desenvolvimento tecnológico e à proliferação dos microprodutores. Torna-se também um impulsionador de programas de inovação, investigação e desenvolvimento das tecnologias de captação de energia com fonte renovável e de novos modelos políticos, económicos, legais e de organização do mercado da energia.

Apesar das vantagens descritas acima, a produção descentralizada tem limitações impostas pelo sector eléctrico, em particular quanto ao número de registos de microprodução que é possível fazer. As restrições físicas do sistema eléctrico (rede) impõem o direito de não ser aceite ou de terminar o contrato com determinado microprodutor caso a potência instalada nas unidades de instalação eléctrica de baixa tensão seja superior ao limite imposto na lei, este limite torna-se assim uma condicionante dum desenvolvimento crescente e estável da microprodução em Portugal.

É necessária uma monitorização da rede eléctrica e do desenvolvimento das tecnologias que utilizem como fonte a energia renovável.

Uma vez que a tarifa remunerária desvaloriza ao longo do tempo até atingir um valor igual ao de compra de electricidade à RESP, este limite devia ser revisto de maneira a ajustar de forma justa a taxa de remuneração dos investimentos por forma a fomentar a microprodução, estes novos limites encontrar-se-iam faseados num período de tempo semelhante ao tempo médio de vida útil dos sistemas de microprodução.

A produção descentralizada é um complemento da produção centralizada e não um substituto, sendo necessário estudar com mais profundidade o papel, cada vez mais importante, desta no desenvolvimento futuro dos sistemas energéticos actuais.

Este tipo de produção permite que se vá substituindo a infraestrutura existente dependente dos combustíveis fósseis por uma com fonte renovável, de modo faseado e em menor escala de modo a não destruir o modelo económico actual.

No futuro, uma nova fase surgirá, que não está centrada na produção de energia a partir de fontes renováveis mas no desafio que representa reduzir e reverter os impactos ambientais e socioeconómicos provocados pela dependência do uso dos combustíveis fósseis, que continuarão a ser a maior fonte de energia primária nas próximas décadas devido às reservas existentes e aos preços “baixos”.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

AGÊNCIA PORTUGUESA DO AMBIENTE, *Programa Nacional para as Alterações Climáticas – Resolução do Conselho de Ministros nº 104/2006*, obtido em Agosto de 2009, em [www.apambiente.pt](http://www.apambiente.pt)

AGÊNCIA PORTUGUESA DO AMBIENTE, *Portuguese National Inventory Report on Greenhouse Gases, 1990-2007 – Submitted under the United Nations framework convention on Climate Change and the Kyoto Protocol*, Abril 2009, obtido em Julho de 2009, em [www.apambiente.pt](http://www.apambiente.pt)

AGÊNCIA PORTUGUESA DO AMBIENTE, *Plano Nacional de Atribuição de Licenças – Decreto-Lei nº 233/2004*, obtido em Agosto de 2009, em [www.apambiente.pt](http://www.apambiente.pt)

AGUA E AMBIENTE, *Energia descentralizada, a 3ª revolução indústria*, Setembro 2009.

ALVES, Filipa; *As Energias Renováveis em Portugal – Ponto da Situação*, Lisboa: Naturlink, obtido em ?? de 2009 em [www.naturlink.pt](http://www.naturlink.pt)

ASSOCIAÇÃO DE ENERGIAS RENOVÁVEIS, consultado em Julho e Agosto de 2009, em [www.apren.pt](http://www.apren.pt)

BFIN - BIOENERGY FEEDSTOCK INFORMATION NETWORK, <http://bioenergy.ornl.gov/main.aspx>

CHANG, Raymond; *Química*, Portugal: McGraw-Hill, 1998

CONSELHO NACIONAL DO AMBIENTE E DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, *Reflexão do CNADS sobre Energia e Sustentabilidade*, Junho 2007.

DECRETO-LEI nº 363/2007, de 7 de Novembro, que estabelece as bases gerais de organização e funcionamento do Sistema Eléctrico Nacional, classificando a produção de electricidade em regime ordinário e regime especial.

DGEG - DIRECÇÃO GERAL DE ENERGIA E GEOLOGIA, consultado em Julho, Agosto e Setembro de 2009, em <http://www.dgge.pt/>

DGEG - DIRECÇÃO GERAL DE ENERGIA E GEOLOGIA, *Política Energética - Síntese*, obtido em Agosto de 2009, de <http://www.dgge.pt/>

DGEG - DIRECÇÃO GERAL DE ENERGIA E GEOLOGIA, *Renováveis - Estatísticas rápidas – nº52*, LISBOA: DGEG, JULHO 2009, obtido em Agosto de 2009, de <http://www.dgge.pt/>

DUARTE SANTOS, Filipe; *Que futuro? Ciência, Tecnologia, Desenvolvimento e Ambiente*, Lisboa: Gradiva, Novembro 2007

DUARTE SANTOS, Filipe; *A Energia no Quadro das Insustentabilidades*, Revista do Instituto da Defesa Nacional, 2009

ENERGIA DE PORTUGAL – EDP, obtido em Setembro de 2009 em <http://www.edp.pt/>

EDP RENOVÁVEIS, obtido em Setembro de 2009 em <http://www.edprenovaveis.com/pt/>

ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION – Official Energy Statistics from the US government, obtido em Junho de 2009, de [www.eia.doe.gov](http://www.eia.doe.gov)

ENVIRONMENTAL EUROPEAN AGENCY, *Europe's environment – The fourth assessment*, Denmark, EEA, 2007

- FERNANDES, Ana; *Preços dos cereais continuarão voláteis*, Lisboa: Jornal 'O Público', 22. Fevereiro. 2008
- Garcia, Ricardo; *Sobre a Terra. Um guia para quem lê e escreve sobre ambiente*, Lisboa: Público, Março 2004
- GEO - GEOTHERMAL EDUCATION OFFICE, Estados Unidos da América, Califórnia, 2000, obtido em Agosto de 2009, de <http://geothermal.marin.org/index.html>
- GOMES, Maria Leonor; MARCELHO, Maria Margarida; ESPADA, Maria da Graça; *Proposta para um Sistema de Indicadores de Desenvolvimento Sustentável*, Direcção Geral do Ambiente, 2000
- GÓRALCZYK, Malgorzata, *Life-cycle in the renewable energy sector*, Applied Energy, December, 2002
- GWEC PRESS RELEASE; PULLEN, Angelika; *US, China & Spain lead world wind power market in 2007*, Brussels: GWEC, February 2008
- HOBSON, Kersty; *Thinking Habits into Action: the role of knowledge and process in questioning household consumption practices*, Local Environment – vol. nº 8, Carfax Publishing, 2003
- HOME ENERGY, *Vantagens do equipamento Home Energy*, obtido em Outubro de 2009, de [www.homeenergy](http://www.homeenergy)
- INTERNATIONAL ENERGY AGENCY; *Key World Energy Statistics*, 2008, obtido em Julho de 2009, de [www.iea.org](http://www.iea.org)
- JORNAL OFICIAL DAS COMUNIDADES EUROPEIAS, *Directiva 2001/77/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 27 de Setembro de 2001, relativa à promoção da electricidade produzida a partir de fontes de energia renováveis no mercado interno da electricidade*, 2001
- JUNGBLUTH, Niels; BAUER, Christian; DONES, Roberto; FRISCHKNECHT, Rolf, *Life Cycle Assessment for Emerging Technologies: Case Studies for Photovoltaic and Wind Power*, Theecoinvent Database, Novembro, 2004
- LÖFSTRÖM, Erica; PALM, Jenny; *Visualising Household Energy Use in the Interest of Developing Sustainable Energy Systems*, Housing Studies – vol. nº23, Routledge, 2008.
- MILLER, G. Tyller; *Environmental Science*, United States of America: Thomson Learning, Inc, 2006
- MILLER, Peter; *National Geographic: Poupar energia, começa em sua casa*, Portugal, Junho, 2009
- MINISTÉRIO DA ECONOMIA, *Programa E4 – Eficiência Energética e Energias Endógenas, Resolução do Conselho de Ministros nº 154/2001*, de 27 de Setembro, Setembro, Lisboa, 2001
- Noorman, K. J.; Kamminga, K. J.; *Reducing residential energy use for a sustainable future: fossil fuel taxation as a tool to reduce the indirect energy demand and related CO2 emissions of Dutch households*, Sustainable Development – vol. nº6, John Wiley & Sons, 1998
- PINHO, MANUEL, *Resposta da Europa à questão da energia*, Lisboa: Jornal 'Expresso', 31. Maio. 2008
- POLÍTICAS PARA AS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS*, Ministério do Ambiente, do Ordenamento do território e do desenvolvimento regional, Lisboa, 2009
- RENOVÁVEIS NA HORA, obtido em Outubro 2009, de <http://www.renovaveisnadora.pt/entrada>