

AVALIAÇÃO DE CENÁRIOS PARA A EVOLUÇÃO DO SISTEMA ENERGÉTICO EM PORTUGAL

Manuela Costa Damas

Licenciada em Engenharia Biológica
pelo Departamento de Engenharia Biológica da Universidade do Minho

Dissertação submetida para satisfação parcial dos
requisitos do grau de mestre em
Engenharia Electrotécnica e de Computadores
(Área de especialização de Energias Renováveis)

Dissertação realizada sob a orientação de
Professor Doutor Eduardo de Oliveira Fernandes
e co-orientação de
Professor Vítor Leal
do departamento de Engenharia Mecânica
da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Porto, Outubro de 2008

Resumo

A presente Tese de Mestrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores (área de especialização de Energias Renováveis) explora cenários de evolução do sistema energético Português até 2030, considerando o efeito de estratégias de gestão ao nível da procura (eficiência energética dos equipamentos, grau de penetração dos transportes públicos, etc.) e da promoção do aproveitamento de recursos endógenos (como as energias solar, eólica e das ondas).

Para a formulação de um modelo detalhado do sistema energético Português, tanto no seu estado actual, como num cenário de referência para evolução futura, foi utilizado o *software* LEAP - *Long range Energy Alternatives Planning system*. Este modelo contemplou aspectos como a evolução demográfica e económica ou as emissões de CO₂. Em torno do cenário “Referência” foi formulado um cenário alternativo “Rumo à Sustentabilidade”, introduzindo aspectos como a melhoria da eficiência dos edifícios no que respeita ao seu comportamento térmico e necessidades de energia para climatização, melhorias nas eficiências dos aparelhos eléctricos, maior aproveitamento dos recursos endógenos, promoção da microgeração e geração descentralizada, entre outros.

Os resultados do estudo efectuado mostram que no cenário “Referência” a procura de energia final deverá crescer cerca de 21% até 2030. A produção de electricidade deverá continuar a assentar predominantemente na utilização de combustíveis fósseis, ainda que o recurso às fontes renováveis possa permitir a concretização do objectivo nacional para 2010 de 45% da produção a partir de fontes de energia renováveis. Com este cenário, as emissões de CO₂ deverão crescer de 8,9 para 9,4 toneladas de CO₂eq por pessoa.

Em alternativa, o cenário “Rumo à Sustentabilidade” poderá conduzir a uma redução das emissões *per capita* para valores da ordem dos 6,4 toneladas de CO₂eq por pessoa. Neste cenário, a procura de energia final deverá decrescer 16% quando comparada com os valores actuais, e a contribuição das fontes renováveis deverá aumentar para cerca de 76% do total de electricidade produzida em 2030. Este cenário apresenta desafios acrescidos à gestão da rede eléctrica, uma vez que, em períodos significativos, poderá ocorrer uma satisfação da procura de electricidade em 100% a partir de fontes renováveis e da cogeração.

Abstract

The present Master Thesis in Electrical and Computer Engineering (Renewable Energies Specialisation Area) explores different development alternatives for the Portuguese energy system up to 2030, considering the effects of different strategies regarding both the demand side (degree of energy efficiency in buildings and appliances, public transportation penetration, etc) and the supply side (promotion of endogenous resources as solar, wind and wave energy, etc).

A detailed model of the Portuguese energy supply system in its current state, as well as a “Reference” scenario for future evolution reference, were formulated using the LEAP (Long-range Energy Alternatives Planning System) integrative analysis software. The model contemplates aspects such as demographic and economic evolution and CO₂ emissions. An alternative “Towards Sustainability” scenario was prepared considering additional measures on energy efficiency in buildings, microgeneration, decentralized production and the promotion of endogenous resources, among others.

The results of this study show that the strategic options regarding the energy systems in Portugal will have a very significant impact in the electrical power system. In the “Reference” scenario the electricity demand grows 21% by 2030. The electricity production will be predominantly based in fossil fuels, though it might be possible to achieve, by 2010, the 45% goal of electricity production based in renewable sources. With this scenario, the CO₂ emissions would grow from the current 8.9 to about 9.4 tonnes per capita.

In alternative, the “Towards Sustainability” scenario could bring the CO₂ emissions down to about 6.4 tonnes of CO₂ *per capita*. In this scenario, the demand for electricity would decrease 16% compared with its current values and the share of renewables would grow to about 76% of the total electricity produced in 2030. This scenario presents increased challenges to the system management, which should be able to run close to 100% renewable in significant periods, with an important share of microgeneration.

Prefácio

O actual contexto energético-ambiental do planeta permite perspectivar grandes desafios e necessidades de mudança nas décadas vindouras. À escala global estes desafios prendem-se sobretudo com os efeitos da queima de combustíveis fósseis sobre o clima e com as perspectivas de crescimento das necessidades energéticas dos países em vias de desenvolvimento, por efeito combinado da sua evolução demográfica e do seu desenvolvimento económico.

O contexto mundial terá (e já começou a ter) reflexos importantes no contexto energético de Portugal, tornando cada vez mais prementes as preocupações com a segurança do abastecimento e com os efeitos sobre a competitividade económica, a que acrescem as obrigações de limitação das emissões poluentes decorrentes do Protocolo de Quioto. Torna-se, portanto, da maior relevância antecipar as possibilidades de evolução futura do sistema energético nacional (produção, transformação, transporte e utilização de energia) e equacionar cenários de compatibilização com os requisitos de segurança do abastecimento, competitividade económica e adequação ambiental. A presente tese de mestrado pretende, desta forma, explorar cenários de evolução do sistema energético Português até 2030, considerando o efeito de estratégias aos níveis da gestão da procura e da promoção do aproveitamento de recursos endógenos.

Para além de questões inerentes à definição da metodologia adoptada e à calibração do *software* utilizado, a maior dificuldade sentida durante a elaboração da tese residuiu, sobretudo, na recolha de toda a informação de base para a caracterização do sistema energético nacional. Não apenas o vasto conjunto de dados necessário não estava disponível para consulta pública, como, por vezes, a ausência de caracterização de determinados aspectos do sistema energético nacional levou à assunção de valores a partir da melhor informação disponível. Desta forma, para além dos objectivos que estiveram na base da elaboração da presente tese, dever-se-á igualmente referir que uma das suas eventuais virtudes é, sem dúvida, a identificação de áreas cuja caracterização estatística carece de aprofundamento.

A presente tese não teria sido possível sem o apoio do Professor Doutor Oliveira Fernandes, do Professor Vítor Leal, do Conselho de Administração da REN e de todos os colegas que contribuíram para a sua elaboração. A todos eles, exprimo aqui a minha gratidão.

Índice

Resumo.....	3
Prefácio.....	5
Índice.....	7
Lista de Figuras	11
Lista de Tabelas	14
Símbolos e abreviaturas	15
1. Introdução	17
1.1. Contexto energético-ambiental mundial	17
1.2. O sistema energético português	30
1.3. Modelação de sistemas energéticos	37
1.3.1. Classificação dos modelos de sistemas energéticos.....	38
1.3.2. O modelo seleccionado	41
2. Modelação do actual sistema energético português	47
2.1. Estrutura do sistema energético português	47
2.2. Caracterização do ano base	48
2.2.1. Procura.....	48
2.2.1.1. Sector Doméstico.....	50
2.2.1.2. Sector dos Serviços	55
2.2.1.3. Sector da Indústria.....	59
2.2.1.4. Sector dos Transportes	63
2.2.1.5. Sector “Outros”	67
2.2.2. Estrutura do consumo nacional em 2005	69
2.2.3. Transformação	71
2.2.3.1. Transporte e distribuição e de energia	72
2.2.3.2. Produção de electricidade.....	73
2.2.3.3. Refinação do petróleo.....	78
2.2.4. Recursos	78
2.2.5. Calibração do modelo.....	79
3. Cenários de evolução do sistema energético.....	85
3.1. Procura.....	86
3.1.1. Sector Doméstico	87
3.1.2. Sector dos Serviços.....	91
3.1.3. Sector da Indústria	93
3.1.4. Sector dos Transportes	95
3.1.5. Sector “Outros”.....	99
3.2. Transformação	100
3.2.1. Distribuição e transporte de energia	100
3.2.2. Produção de electricidade	100

3.2.3.	Refinação do petróleo	105
3.2.4.	Recursos	105
4.	Resultados	107
4.1.	Procura.....	107
4.2.	Transformação	112
4.2.1.	Transporte e distribuição	112
4.2.2.	Produção de electricidade	113
4.2.3.	Refinação	116
4.3.	Balanço energético.....	118
4.4.	Recursos	121
4.5.	Emissões de GEE	121
4.6.	Indicadores globais	127
4.7.	Custos da produção de electricidade.....	128
4.8.	Síntese dos resultados	131
5.	Conclusões	133
	Bibliografia	139
	ANEXO I: Matriz Energética Portuguesa	141
	ANEXO II: Caracterização do Sistema Energético Nacional	143
	ANEXO III: Resultados da calibração para o ano 2005	154

Lista de Figuras

Figura 1 - Taxa de crescimento do consumo de energia primária entre 1995 e 2004 (IEA 2007a)	17
Figura 2 - Repartição do consumo de energia primária em 2004 (EIA 2006).....	18
Figura 3 - Repartição do consumo de energia final por combustível (OECD/IEA 2007)	18
Figura 4 - Repartição da oferta de energia primária por combustível (OECD/IEA 2007)	19
Figura 5 - Distribuição geográfica das principais reservas de combustíveis fósseis (BP 2007)	20
Figura 6 - Repartição das emissões mundiais de GEE por sectores (2004) (IPCC 2007)	21
Figura 7 - Evolução mundial emissões GEE (1970-2004) (IPCC 2007)	22
Figura 8 - Emissões de GEE por país (Michigan 2007).....	22
Figura 9 - Alterações verificadas na temperatura média do período 1961 - 1990 (IPCC 2007)	23
Figura 10 - Compromisso de redução da União Europeia (EEA 2006)	24
Figura 11 - Dependência energética do exterior em 2005 (EUROSTAT 2007).....	30
Figura 12 - Emissões de GEE e meta Quito para Portugal (IA 2006a; EUROSTAT 2007)	31
Figura 13 - Emissões de GEE <i>per capita</i> (2004) e por unidade de PIB (2006) (IA 2006a; EUROSTAT 2007)	31
Figura 14 - Intensidade energética em 2005 (EUROSTAT 2007).....	32
Figura 15 - Objectivos de electricidade renovável para 2010 (Ministério_da_Economia 2007).....	33
Figura 16 - Fluxo de cálculos no LEAP (SEI 2006)	42
Figura 17 - Modelização da procura (exemplo de estrutura em árvore).....	44
Figura 18 - Estrutura genérica de um módulo da transformação (SEI 2006)	45
Figura 19 - Fluxograma de cálculos para a transformação (SEI 2006)	46
Figura 20 - Árvore LEAP (versão simplificada).....	47
Figura 21 - Consumo de energia final por sector consumidor (DGEG 2006).....	49
Figura 22 - Repartição dos consumos de energia final em Portugal em 2005 (DGEG 2006)	49
Figura 23 - Peso do sector Doméstico no total de energia final (EUROSTAT 2007)	51
Figura 24 - Repartição dos consumos por vector em 2005 (sector Doméstico) (DGEG 2006).....	51
Figura 25 - Representação em árvore da procura no sector Doméstico	52
Figura 26 - Repartição da utilização de energia final por vector em 2005 (sector Doméstico).....	53
Figura 27 - Taxa de posse dos equipamentos em 2005 (sector Doméstico) (INE 2000).....	54
Figura 28 - Peso dos Serviços no total de energia final (EUROSTAT 2007)	56
Figura 29 - Repartição dos consumos por vector em 2005 (sector dos Serviços) (DGEG 2006)	56
Figura 30 - Representação em árvore da procura no sector dos Serviços	57
Figura 31 - Repartição da utilização de energia final por vector (sector dos Serviços).....	58
Figura 32 - Peso da Indústria no total de energia final (EUROSTAT 2007)	60
Figura 33 - Repartição dos consumos por vector em 2005 (sector da Indústria) (DGEG 2006).....	60
Figura 34 - Representação em árvore da procura no sector da Indústria	61
Figura 35 - Repartição da utilização de energia final por vector (sector da Indústria)	62
Figura 36 - Peso dos Transportes na energia final (EUROSTAT 2007)	63
Figura 37 - Evolução do peso dos diferentes tipos de transportes (CEEETA 2002).....	64
Figura 38 - Repartição dos consumos por vector em 2005 (sector dos Transportes) (DGEG 2006)	64
Figura 39 - Representação em árvore da procura no sector dos Transportes	65
Figura 40 - Repartição da utilização de energia final por vector (sector dos Transportes)	66
Figura 41 - Taxa de penetração dos modos de transporte em 2005	67
Figura 42 - Repartição dos consumos por vector em 2005 (sector “Outros”) (DGEG 2006)	68
Figura 43 - Estrutura em árvore para a procura no sector “Outros”	68

Figura 44 - Repartição da utilização de energia final por vector (sector “Outros”).....	68
Figura 45 - Intensidade energética em 2005 (sector “Outros”).....	69
Figura 46 - Consumos de energia final por sector em 2005	69
Figura 47 - Consumos de energia final por vector em 2005	70
Figura 48 - Peso das utilização de energia em cada sector	70
Figura 49 - Evolução das perdas nas redes (ERSE 2005).....	72
Figura 50 - Evolução da potência eléctrica instalada em Portugal continental (ERSE 2005).....	73
Figura 51 - Contribuição das renováveis para o consumo de electricidade (EUROSTAT 2007).....	74
Figura 52 - Repartição da potência instalada em 2005 (ERSE 2005)	75
Figura 53 - Curva de carga do sistema para 2005 (REN 2007).....	76
Figura 54 - Custos de produção de electricidade por tecnologia utilizados no estudo.....	77
Figura 55 - Calibração do módulo da procura	79
Figura 56 - Evolução mensal da produção eólica em Portugal Continental (DGEG 2007).....	82
Figura 57 - Consumo de energia primária por fonte.....	83
Figura 58 - Cenário de evolução do nível de actividade (sector Doméstico)	87
Figura 59 - Taxa de posse dos equipamentos (ano base e cenários de evolução)	90
Figura 60 - Previsão do nível de actividade (sector dos Serviços) (CE, Mantzoa et al. 2006; INE 2006)...	92
Figura 61 - Previsão do nível de actividade (sector da Indústria) (CE, Mantzoa et al. 2006; INE 2006) ...	94
Figura 62 - Nível de actividade no sector dos Transportes (veículos de passageiros)	96
Figura 63 - Nível de actividade no sector dos Transportes (veículos de mercadorias)	97
Figura 64 - Previsão da actividade no cenário “Referência”(sector “Outros”) (CE, Mantzoa et al. 2006; INE 2006)	99
Figura 65 - Evolução da capacidade instalada por tecnologia	104
Figura 66 - Evolução da procura nos diferentes cenários.....	107
Figura 67 - Resultados da evolução da procura de energia final	108
Figura 68 - Contribuição de cada vector para a evolução da procura	110
Figura 69 - Evolução do consumo por utilização (sector Doméstico)	111
Figura 70 - Evolução do consumo por utilização (sector dos Serviços)	111
Figura 71 - Evolução do consumo por utilização (sector da Indústria).....	111
Figura 72 - Evolução do consumo por utilização (sector dos Transportes).....	112
Figura 73 - Evolução da produção de electricidade nos diferentes cenários	113
Figura 74 - Evolução da produção de electricidade por tipo de tecnologia	114
Figura 75 - Evolução da percentagem de electricidade de origem renovável	115
Figura 76 - Potência despachada por tecnologia.....	115
Figura 77 - Utilização de recursos para a produção de electricidade	116
Figura 78 - Evolução dos produtos da refinação.....	117
Figura 79 - Distribuição dos produtos da refinação por sector de uso.....	117
Figura 80 - Balanço energético em 2005	118
Figura 81 - Balanço energético em 2030 para o cenário “Referência”	118
Figura 82 - Balanço energético em 2030 para o cenário “Rumo à Sustentabilidade”	119
Figura 83 - Fluxo energético para 2030 (cenário “Referência”).....	120
Figura 84 - Fluxo energético para 2030 (cenário “Rumo à Sustentabilidade”).....	120
Figura 85 - Evolução dos requisitos de energia primária.....	121
Figura 86 - Evolução das emissões por módulo	123

Figura 87 - Concretização dos objectivos de Quioto	124
Figura 88 - Evolução das emissões por tipo de combustível.....	125
Figura 89 - Emissões nos sectores da procura	125
Figura 90 - Emissões nos processos de transformação	126
Figura 91 - Emissões por centro produtor	126
Figura 92 - Resultados globais	127
Figura 93 - Custos de produção (€/tep) em 2030 para as analyses de sensibilidade efectuadas.....	129
Figura 94 - Evolução dos custos da produção de electricidade	130
Figura 95 - Repartição da capacidade instalada por tecnologias renováveis e não renováveis.....	130

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Pressupostos para a repartição dos consumos por utilização (sector Doméstico)	53
Tabela 2 - Intensidade energética por utilização em 2005 (sector Doméstico)	55
Tabela 3 - Pressupostos para a repartição dos consumos por utilização (sector dos Serviços)	57
Tabela 4 - Intensidade energética por utilização em 2005 (sector dos Serviços)	59
Tabela 5 - Pressupostos para a repartição dos consumos por utilização (sector da Indústria)	61
Tabela 6 - Intensidade energética por utilização em 2005 (sector industrial)	62
Tabela 7 - Pressupostos para a repartição dos consumos por utilização (sector Transportes)	65
Tabela 8 - Intensidade energética veículos de passageiros em 2005	66
Tabela 9 - Intensidade energética veículos de mercadorias em 2005	66
Tabela 10 - Consumo de energia primária (resultados iniciais vs dados da DGEG)	80
Tabela 11 - Calibração das perdas nas redes de transporte e distribuição	81
Tabela 12 - Produção de electricidade - comparação resultados iniciais com dados DGEG.....	81
Tabela 13 - Consumo de energia primária por fonte - comparação resultados com dados DGEG	83
Tabela 14 - Pressupostos para evolução da taxa de penetração no sector Doméstico.....	88
Tabela 15 - Taxa de posse dos electrodomésticos (ano base e cenários de evolução).....	90
Tabela 16 - Intensidade energética no sector Doméstico (ano base e cenários de evolução)	91
Tabela 17 - Intensidade energética no sector dos Serviços (ano base e cenários de evolução)	93
Tabela 18 - Intensidade energética no sector industrial (ano base e cenários de evolução)	94
Tabela 19 - Intensidade energética do transporte de passageiros (ano base e cenários)	98
Tabela 20 - Intensidade energética do transporte de mercadorias (ano base e cenários)	98
Tabela 21 - Pressupostos cenário “Referência” para evolução da capacidade instalada.....	102
Tabela 22 - Evolução das perdas energéticas nos diferentes cenários	112
Tabela 23 - Evolução das emissões atmosféricas nos diferentes cenários	122
Tabela 24 - Síntese dos principais resultados	131
Tabela A 1 - Níveis de actividade (valores discriminados).....	143
Tabela A 2 - Variáveis sector Doméstico (valores discriminados)	144
Tabela A 3 - Variáveis sector dos Serviços (valores discriminados)	145
Tabela A 4 - Variáveis sector industrial (valores discriminados)	146
Tabela A 5 - Variáveis sector dos Transportes (valores discriminados).....	147
Tabela A 6 - Variáveis sector “Outros” (valores discriminados)	148
Tabela A 7 - Perdas no transporte e distribuição	148
Tabela A 8 - Produção de electricidade - características dos centros produtores.....	149
Tabela A 9 - Evolução da capacidade instalada no cenário de referência	150
Tabela A 10 - Evolução da capacidade instalada no cenário “Rumo à Sustentabilidade”	151
Tabela A 11 - Características da refinação	152
Tabela A 12 - Resultados após a calibração da transformação	154
Tabela A 13 - Dados adicionais usados para a calibração do modelo	154
Tabela A 14 - Resultados da calibração da procura	155

Símbolos e abreviaturas

CE	Comissão Europeia
CELE	Comércio Europeu de Licenças de Emissão
CO ₂ eq	Dióxido de Carbono equivalente (medida utilizada para comparar as emissões de vários gases de efeito estufa baseado no potencial de aquecimento global de cada um)
COMMEND	<i>Community for Energy, Environment and Development</i>
CQNUAC	Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Alterações Climáticas
GEE	Gases com efeito de estufa
IEA	Agência Internacional de Energia
IPCC	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>
LEAP	<i>Modelo Long-range Energy Alternatives Planning</i>
MIBEL	Mercado Ibérico de Electricidade
ONG	Organização Não Governamental
PIB	Produto Interno Bruto
pkm	Passageiros.kilómetro
PNAC	Programa Nacional para as Alterações Climáticas
PNALE	Plano Nacional de Alocação de Licenças de Emissão
ppm	Partes por milhão
PRE	Produção em Regime Especial
PRO	Produção em Regime Ordinário
RCCTE	Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios
RSECE	Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização de Edifícios
SNIERPA	Sistema Nacional de Inventário de Emissões e Remoção de Poluentes Atmosféricos
tep _{ef}	Energia final expressa em toneladas equivalentes de petróleo
tep _{ep}	Energia primária expressa em toneladas equivalentes de petróleo
tkm	Toneladas.kilómetro
UAG	Unidade Autónoma de Regasificação de Gás Natural
UE	União Europeia
VAB	Valor Acrescentado Bruto

1. Introdução

1.1. Contexto energético-ambiental mundial

No actual contexto energético mundial são cada vez mais prementes as preocupações com a segurança do abastecimento e com os efeitos sobre a competitividade económica, a que acrescem os impactos da utilização de energia sobre as alterações climáticas.

Nos pontos seguintes é efectuada uma descrição da forma como o consumo e a produção de energia têm evoluído a nível mundial e do modo como se prevê que venham a progredir no futuro. São focados os aspectos da segurança de abastecimento e dos impactos ambientais, bem como as estratégias e políticas que estão actualmente em curso na área da energia.

Evolução da utilização da energia

A energia é essencial para o desenvolvimento económico e social. No ano 2000 apenas um em cada seis habitantes do planeta tinha acesso à energia necessária para garantir os padrões de vida dos habitantes dos países desenvolvidos. Enquanto que os mil milhões de habitantes dos países desenvolvidos eram responsáveis pelo consumo de mais de 50% da oferta de energia a nível mundial, os mil milhões mais pobres do planeta apenas consumiam 4% (WBCSD 2004). Esta situação, aliada a pressões de crescimento demográfico e ao facto de a energia ser um bem necessário ao desenvolvimento económico, tem conduzido a um aumento generalizado do seu consumo. A figura 1 permite verificar que as maiores taxas de crescimento do consumo de energia primária entre 1995 e 2004 ocorreram no Médio-Oriente (com destaque para o Irão, com uma taxa crescimento de 69%, e para a Arábia Saudita, com um aumento de 60%) e na Ásia e Oceânia (a Malásia aumentou o seu consumo em 71% e a China em 69%).

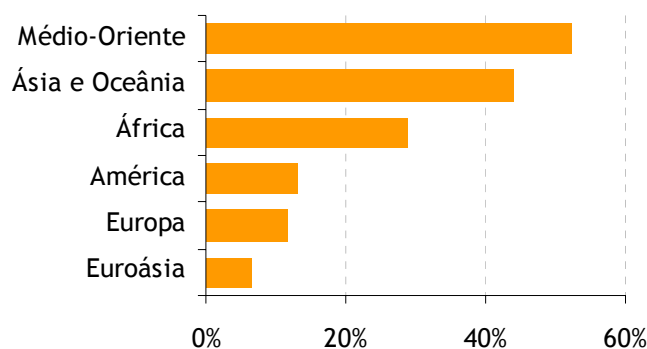


Figura 1 - Taxa de crescimento do consumo de energia primária entre 1995 e 2004 (IEA 2007a)

Em 2004, os Estados Unidos, a China, a Rússia e o Japão foram os quatro maiores consumidores de energia primária, totalizando 48% do consumo mundial. Na Europa, destacam-se a Alemanha, o Reino Unido, a França e a Itália como principais consumidores de energia primária (em 2004, representaram 52% da energia primária consumida no continente europeu).

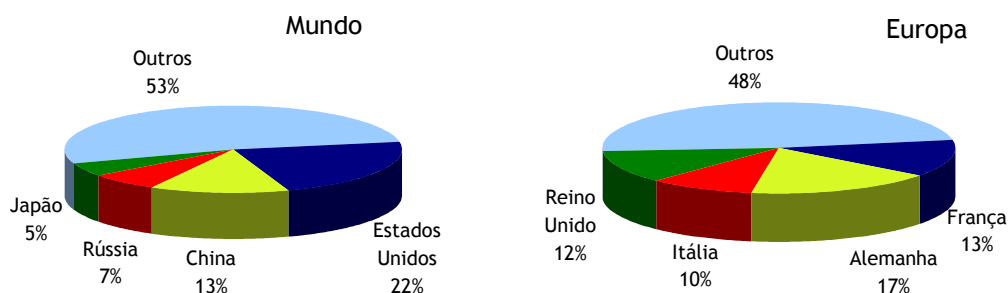


Figura 2 - Repartição do consumo de energia primária em 2004 (EIA 2006)

Em termos *per capita*, os consumos mais elevados em 2004 verificaram-se em países do Médio-Oriente, da América do Norte e da Europa (o Qatar liderou a procura com um consumo de 21,4 tep/pessoa) e os mais baixos em países africanos e asiáticos (o Bangladesh apresentou os menores consumos, com um valor de 0,2 tep/pessoa) (IEA 2007a). É assim possível constatar a existência de elevadas discrepâncias na distribuição geográfica do consumo energético e antecipar um aumento da procura, essencialmente nos países menos desenvolvidos.

O consumo de energia final continua a basear-se predominantemente em combustíveis de origem fóssil. O petróleo, o gás natural e o carvão contribuíram em 67% para satisfazer a procura mundial de energia final no ano de 2005. A electricidade representou, nesse mesmo ano, 16% do consumo e o recurso a fontes renováveis e a resíduos totalizou 17%, completando o cenário da procura (figura 3).

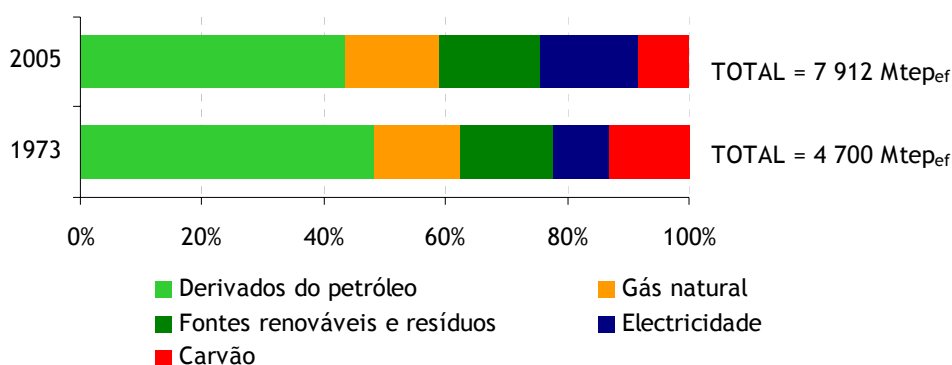


Figura 3 - Repartição do consumo de energia final por combustível (OECD/IEA 2007)

Relativamente à oferta de energia primária, apesar de existir um interesse crescente em fontes de energia renováveis, em 2005 esta continuou a assentar principalmente em combustíveis fósseis: o petróleo, o gás natural e o carvão (a ser intensamente utilizado em países como a China) contribuíram em 87% para o total da oferta de energia primária nesse ano. A produção hídrica e nuclear tiveram uma representação reduzida, contribuindo com 2% e 6%, respectivamente. As fontes renováveis representaram 10% da oferta mundial de energia primária em 2005 (figura 4).

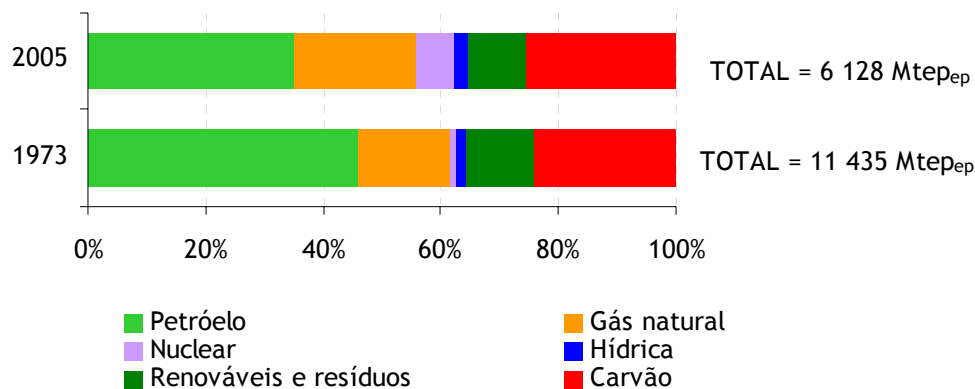


Figura 4 - Repartição da oferta de energia primária por combustível (OECD/IEA 2007)

A Agência Internacional de Energia estima que, para um cenário de referência, se verifique um aumento de 55% da procura de energia primária entre 2005 e 2030, a uma taxa anual média de 1,8% (IEA 2007b). Prevê ainda que os combustíveis fósseis continuem a ser a principal fonte de energia primária, contribuindo em 84% para o aumento da procura no período acima mencionado. O petróleo deverá manter-se como combustível com maior utilização, ainda que a sua quota na procura total de energia primária possa diminuir perante um aumento acentuado do consumo de carvão (principalmente na China e na Índia). A quota do gás natural deverá aumentar, mas de forma menos significativa do que a dos outros combustíveis fósseis. O consumo de electricidade deverá duplicar, aumentando a sua quota no total do consumo de energia final.

Cerca de metade do aumento da procura mundial de energia deverá ocorrer para dar resposta à produção de electricidade e 1/5 para satisfazer as necessidades de transporte (essencialmente combustíveis derivados do petróleo).

Relativamente às reservas de combustíveis fósseis (figura 5), o petróleo e o gás natural podem ser encontrados em quantidades comerciais em mais de 50 países em todo o mundo. Os maiores depósitos localizam-se no Médio Oriente, representando mais de metade das reservas de petróleo e perto de um terço das reservas de gás

natural. Relativamente ao carvão, a maior parte da disponibilidade mundial concentra-se em apenas 3 regiões: a Ásia Pacífico, incluindo a Austrália, com 33%; a América do Norte, com 32%; a Europa e a Euroásia, com 28%. A China detém 11% das reservas mundiais de carvão.

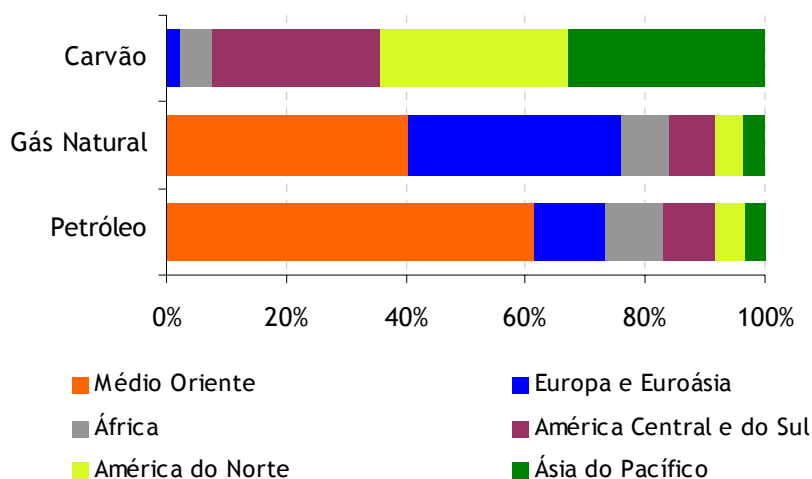


Figura 5 - Distribuição geográfica das principais reservas de combustíveis fósseis (BP 2007)

Perante a previsão de aumento do consumo mundial de energia, o número de países a depender das importações de petróleo e de gás natural (cujas reservas se localizam num reduzido grupo de países exportadores) também tenderá a crescer. Há inegáveis vantagens associadas à expansão do comércio de energia, uma vez que interliga fornecedores e consumidores em relações mutuamente favoráveis. No entanto, a crescente dependência de canais estratégicos de transporte através dos quais a maioria do petróleo e do gás natural são exportados acarreta riscos de perturbações ao nível da oferta, seja por acidentes, condições atmosféricas extremas, tensões políticas, terrorismo ou guerra. Consequentemente, a vulnerabilidade dos países consumidores perante uma interrupção do fornecimento a partir dessa região irá aumentar, assim como o risco de certos países produtores poderem usar a sua posição dominante no mercado para aumentar os preços ou reter o fornecimento por razões meramente políticas (IEA 2007a).

A segurança de abastecimento constitui assim um desafio tanto para os países desenvolvidos como para os países em vias de desenvolvimento, na medida em que interrupções prolongadas no abastecimento causariam perturbações económicas enormes. A diversificação e o aumento da capacidade de oferta, com recurso a fontes endógenas para satisfazer os padrões de crescimento da procura, e a maior eficiência nos consumos contribuem positivamente para a segurança energética.

Impactos ambientais

Uma vez que tanto a produção de energia como o seu consumo têm impactos ambientais significativos, as pressões exercidas por estas actividades sobre o ambiente não têm parado de crescer. Desses impactos destaca-se a emissão de gases com efeito de estufa (GEE), com consequências comprovadas ao nível das alterações climáticas.

Desde o início do período pré-industrial as emissões de GEE têm vindo a aumentar como resultado de actividades antropogénicas, em que a queima de combustíveis fósseis tem assumido o protagonismo enquanto fonte emissora (figura 6).

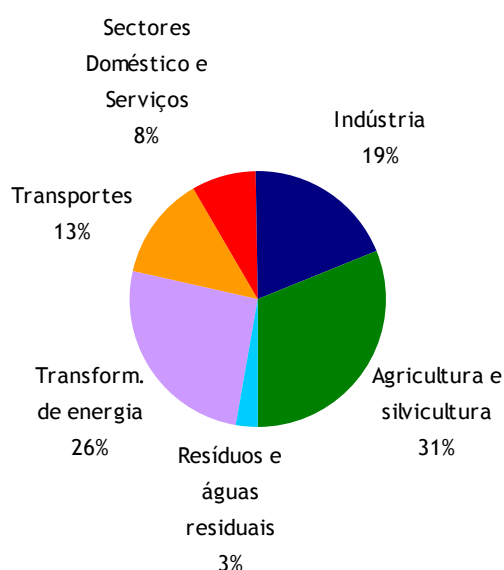


Figura 6 - Repartição das emissões mundiais de GEE por sectores (2004) (IPCC 2007)

Apesar do recurso a tecnologias neutras em carbono, particularmente as que recorrem a energias renováveis, da implementação de diversos mecanismos políticos, dos mercados de carbono desenvolvidos em algumas regiões e de um aumento nos preços das *comodities* energéticas, as emissões de GEE resultantes da queima de combustíveis fósseis têm aumentado anualmente. Entre os anos 1970 e 2000, as emissões de GEE aumentaram a um ritmo de 1,9% por ano, com as emissões de CO₂ resultantes da utilização de combustíveis fósseis a aumentar a uma taxa de 2,2% ao ano (figura 7).

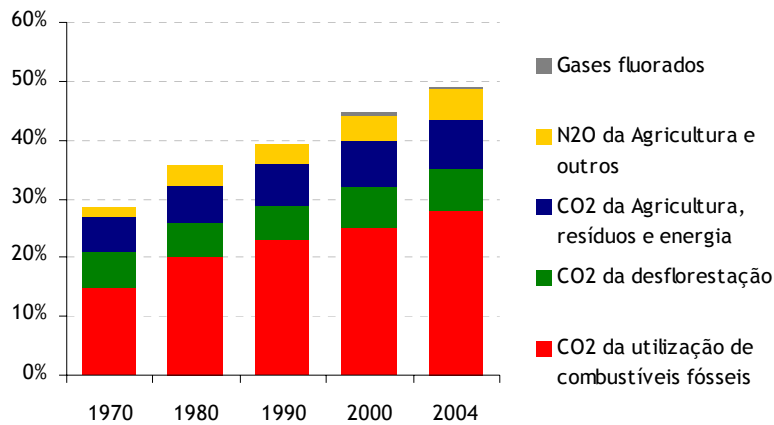


Figura 7 - Evolução mundial emissões GEE (1970-2004) (IPCC 2007)

A figura 8 apresenta um planisfério em que a dimensão dos países foi conformada proporcionalmente ao potencial de aquecimento global das suas emissões. É possível confirmar que os países que mais contribuem para a emissão de GEE se localizam no hemisfério norte e coincidem com os maiores consumidores de energia: Estados Unidos, China, Rússia e Japão.

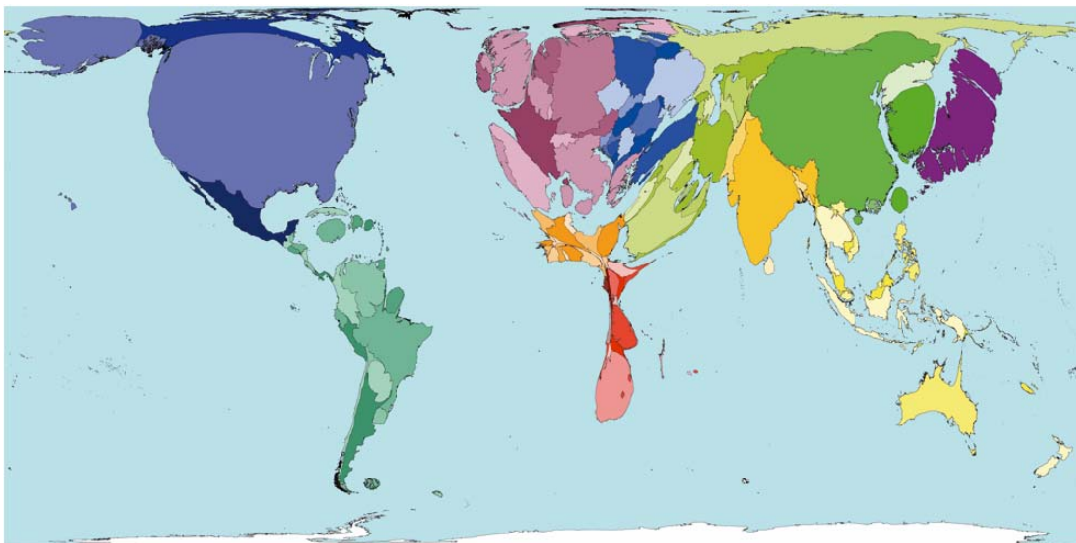


Figura 8 - Emissões de GEE por país (Michigan 2007)

Existem evidências científicas de que o aumento das emissões de GEE promove o aquecimento global do clima ao potencializar a retenção de radiações infravermelhas pela atmosfera (efeito de estufa). Nos últimos trinta anos, a temperatura global aumentou rápida e continuamente em cerca de 0,2°C por década, conduzindo a uma temperatura média que é provavelmente a mais elevada do actual período interglaciar, que começou há 12 mil anos atrás. Os dez anos mais quentes alguma vez registados pelo Homem ocorreram desde 1990 (figura 9). Os primeiros sinais de mudança podem observar-se em muitos sistemas físicos e biológicos, por exemplo muitas espécies têm-se deslocado para zonas mais próximas dos pólos em cerca de

6km por década nos últimos 30 a 40 anos. Outro sinal é a alteração de eventos sazonais, como o florescimento e a postura dos ovos, que têm ocorrido 2 a 3 dias mais cedo em cada década em muitas regiões do hemisfério norte (IPCC 2007).

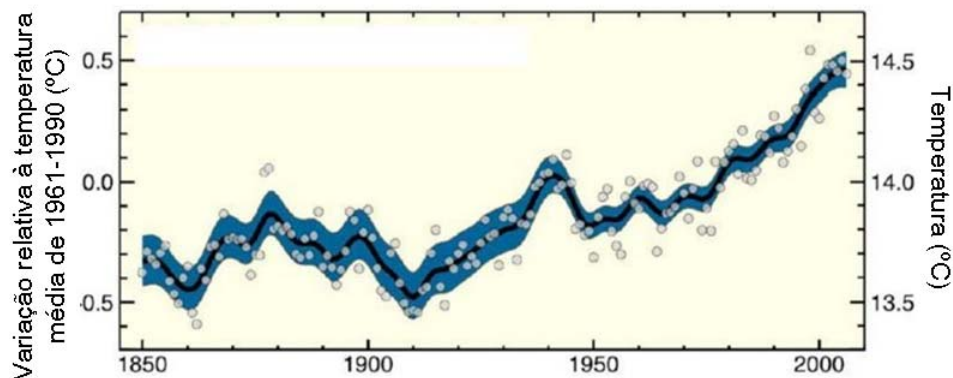


Figura 9 - Alterações verificadas na temperatura média do período 1961 - 1990 (IPCC 2007)

As alterações climáticas despertaram a comunidade internacional para a problemática das emissões de GEE. A Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Alterações Climáticas (CQNUAC) e o Protocolo de Quioto são os instrumentos de referência no combate deste problema a nível global.

O objectivo da CQNUAC é «conseguir a estabilização das concentrações de GEE na atmosfera a um nível que evite uma interferência antropogénica perigosa com o sistema climático. Tal nível deveria ser atingido durante um espaço de tempo suficiente para permitir a adaptação natural dos ecossistemas às alterações climáticas, para garantir que a produção de alimentos não seja ameaçada e para permitir que o desenvolvimento económico prossiga de uma forma sustentável» (ONU 1993). No quadro das responsabilidades comuns das Partes à Convenção, estabeleceu-se que cabe aos países desenvolvidos tomar a liderança no combate às alterações climáticas e aos seus efeitos adversos.

O ano de 2005 foi marcado pela entrada em vigor do Protocolo de Quioto, dotando a comunidade internacional do seu mais poderoso instrumento jurídico para fazer face a esta problemática. Para os seis principais GEE (dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, hidrofluorcarbonetos, perfluorocarbonetos e hexafluoreto de enxofre) foi assumido o compromisso de se reduzir as emissões em, pelo menos, 5% em relação aos níveis de 1990, no período 2008-2012, operacionalizando, desta forma, os objectivos da Convenção. Os países industrializados que ratificaram este Protocolo estão legalmente obrigados a cumprir as metas para limitar ou reduzir as emissões de GEE no período referido.

A União Europeia (UE) e os seus Estados-membros ratificaram o Protocolo de Quioto a 31 de Maio de 2002, tendo assumido o compromisso de redução de 8% das emissões da UE-15, no período 2008-2012, relativamente a 1990. No âmbito do Acordo de Partilha de Responsabilidades (*burden sharing*) interno da UE-15, Portugal assumiu o compromisso de limitar o crescimento das suas emissões para período 2008-2012, em 27% relativamente aos níveis observados em 1990. A possibilidade de Portugal poder aumentar as suas emissões prende-se com o objectivo de convergência económica real com os outros Estados-Membros da UE (IA 2006).

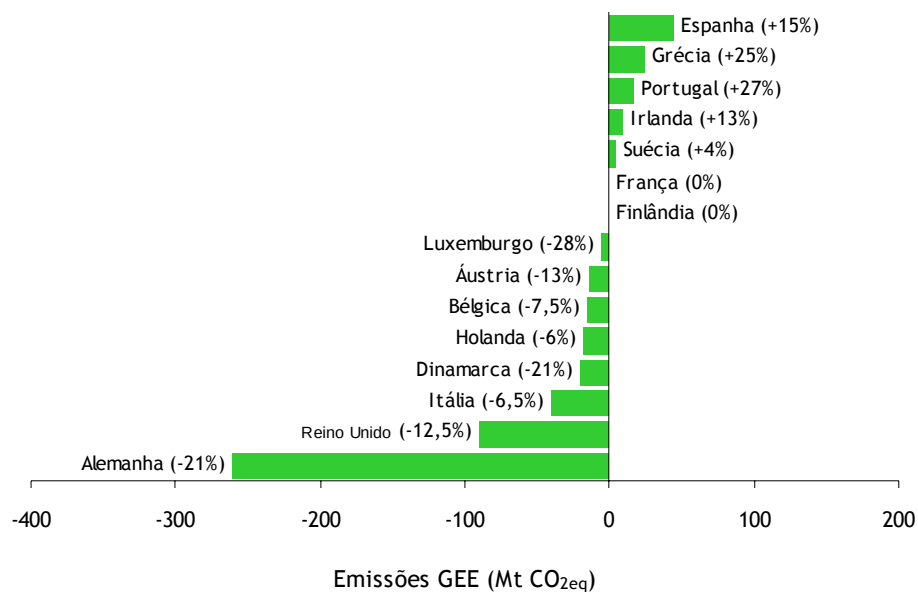


Figura 10 - Compromisso de redução da União Europeia (EEA 2006)

O Protocolo de Quioto constitui um instrumento inovador ao prever, não só os compromissos de limitação das emissões de GEE, como também um conjunto de instrumentos flexíveis tendo em vista alcançar essas reduções ao menor custo possível. Entre aqueles instrumentos encontram-se o recurso a sumidouros, o comércio internacional de emissões e o investimento em projectos de redução de emissões noutros países - mecanismos de desenvolvimento limpo e implementação conjunta.

Como forma de promover a redução das emissões de CO₂ em condições economicamente eficientes e que oferecessem uma boa relação custo-eficácia, a União Europeia implementou o Comércio Europeu de Licenças de Emissão (CELE), constituindo o primeiro regime internacional de comércio para as emissões de CO₂ no Mundo e o principal impulsionador do mercado de carbono global emergente.

O CELE entrou em vigor no dia 1 de Janeiro de 2005 abrangendo mais de 12 000 instalações que representavam quase metade das emissões europeias de CO₂. A

primeira fase teve um período de três anos (2005 - 2007), seguindo-se-lhe períodos de vigência de cinco anos, coincidentes com os períodos de cumprimento do Protocolo de Quioto.

Política europeia para a energia

Perante o contexto mundial, a UE enfrenta enormes desafios no domínio da energia, tanto em termos de sustentabilidade e de emissões de GEE, como de segurança do abastecimento e da dependência das importações, ou ainda de competitividade e da realização efectiva do mercado interno da energia. As recentes situações de subida dos preços do petróleo e de instabilidade de natureza política ocorrida em alguns países tradicionais fornecedores da UE (por exemplo a crise do gás entre a Rússia e a Ucrânia, que no início de 2006 perturbou o aprovisionamento de vários países da UE), despertaram a atenção para a necessidade da adopção de uma política energética pela UE.

Essa política é um tema central para o esforço de cumprimento da Estratégia de Lisboa, dos objectivos do Protocolo de Quioto e ainda para garantir a segurança de abastecimento. Na Cimeira Informal de Chefes de Estado e de Governo de Hampton Court, realizada em 27 Outubro de 2005, os líderes europeus solicitaram à Comissão que apresentasse uma estratégia comum para o sector energético. A energia foi uma das quatro áreas consideradas prioritárias no relatório de progresso anual da Comissão relativamente à Agenda de Lisboa e, em Março de 2006, a Comissão apresentou o Livro Verde *Estratégia europeia para uma energia sustentável, competitiva e segura*, que formulou sugestões e opções para uma política energética para a Europa nova e abrangente. O Livro Verde pressupôs um amplo debate público, e identificou seis grandes domínios de acção (CCE 2006):

1. Competitividade e concretização do mercado interno da energia;
2. Garantia da segurança do aprovisionamento e a solidariedade entre Estados-Membros;
3. Diversificação e sustentabilidade do cabaz energético;
4. Desenvolvimento de uma abordagem integrada para combater as alterações climáticas;
5. Adopção de um plano estratégico europeu para as tecnologias energéticas;
6. Desenvolvimento de uma política energética externa coerente.

Subsequentemente ao Livro Verde, a Comissão veio a apresentar um Plano de Acção com propostas concretas, que foi aprovado no Conselho Europeu da Primavera de Março de 2007 (CUE 2007). Esse plano assenta nos seguintes pilares: um mercado de energia funcional; a passagem a uma economia de baixo carbono; o aumento da eficiência energética; e uma nova abordagem nas relações com os países terceiros.

Como propostas mais significativas ao nível da UE, destacam-se:

- A redução da emissão interna de GEE em, pelo menos 20% até 2020 em relação aos níveis de 1990, e até 30% no quadro de um acordo internacional em que os países desenvolvidos assumam compromissos comparáveis entre si;
- A redução em 20% do seu consumo de energia até 2020, através de esforços concretos no que respeita à poupança de energia no sector dos Transportes, ao desenvolvimento de requisitos mínimos de eficiência para os equipamentos consumidores de energia, à sensibilização dos consumidores para um comportamento racional e económico no consumo de energia, à melhoria da eficiência da produção, ao transporte e distribuição de calor e de electricidade ou ainda ao desenvolvimento de tecnologias energéticas e ao desempenho energético dos edifícios.
- Um roteiro para as energias renováveis que fixa o objectivo vinculativo de 20% do consumo de energia proveniente de fontes de energia renovável até 2020, sendo que naquela data 10% dos combustíveis utilizados na UE deverão ser biocombustíveis;
- A concretização e aprofundamento do mercado interno de electricidade e do gás que permita garantir a liberdade da escolha dos consumidores, das empresas e dos fornecedores através da separação das actividades de produção e distribuição de energia (*unbundling*) e uma regulação efectiva;
- Um *Plano Prioritário para as Interconexões*, no sentido de limitar a vulnerabilidade da UE em relação às suas importações, às rupturas de abastecimento, às eventuais crises energéticas ou à incerteza que pesa sobre o abastecimento futuro. A política energética põe a tónica na importância de mecanismos que garantam a solidariedade entre os Estados-Membros, bem como na diversificação das fontes de abastecimento e das vias de transporte.
- O reconhecimento do papel da energia nuclear no cabaz energético para alguns Estados-membros;

- A apresentação de um *Plano Estratégico para as Tecnologias Energéticas* que ajudará a completar uma nova “revolução industrial” na UE, destacando-se o objectivo de, até 2020, ter em funcionamento 12 centrais de captura e armazenamento de carbono.

Como medidas propostas no plano internacional referem-se:

- A adopção em negociações internacionais do objectivo de redução de 30% das emissões de gases com efeito de estufa pelos países desenvolvidos até 2020, tendo como referência os níveis de 1990;
- Um acordo internacional sobre eficiência energética, por forma a atingir os objectivos em matéria de redução de emissões de CO₂ e facilitar a negociação de um futuro regime climático pós-2012;
- Outros acordos, nomeadamente no que respeita à interligação entre o regime de comércio de emissões europeu com regimes compatíveis de outros países, ao Tratado da Carta de Energia e à promoção de tecnologias limpas e renováveis;
- O aprofundamento das relações com os países produtores e de trânsito, destacando-se alguns deles (Rússia, Noruega, Argélia), sendo um dos instrumentos a extensão do Tratado da Comunidade da Energia a todos os países vizinhos;
- Encetar relações com países consumidores e lançar uma Parceria Europa-África;
- Privilegiar as questões da segurança, tanto nuclear como de abastecimento.

Já no final de 2007, e no âmbito da Presidência Portuguesa da União Europeia, foi publicado o *Vision Paper* para a energia (CCE 2007) com o objectivo de enquadrar as escolhas para criar um modelo energético de baixo conteúdo de carbono. A actuação na área da energia tem um especial destaque, uma vez que para se conseguir reduzir as emissões de CO₂ em 60% a 80% até 2050, face ao ano de 1990, metas já defendidas no conselho de ministros da UE da Primavera, será necessário que a procura de energia não cresça, mantendo-se ao nível do actual. Para tal, será necessário duplicar a meta de eficiência energética dos 20% fixados para 2020 pela União Europeia para 40% em 2050. Será ainda necessária uma revolução tecnológica na produção de electricidade que permita uma aproximação ao grau zero de emissões. A continuada expansão das fontes renováveis de energia e a generalização do carvão

limpo serão outras peças essenciais. A redução das emissões de CO₂ nos sectores dos Transportes, Indústria, Serviços e nas residências também têm metas ambiciosas no quadro do "Vision Paper".

Em Janeiro de 2008, a Comissão Europeia deu mais um passo no sentido da concretização dos compromissos assumidos pela UE para a redução das emissões de carbono, através da apresentação de um conjunto de acções que incluem:

- Um sistema de comércio de emissões melhorado, abrangendo mais emissões e permitindo às empresas de um país comprar licenças em qualquer outro país da UE;
- Uma meta de redução de emissões para os sectores não cobertos pelo regime de comércio de emissões (construção, transporte, resíduos), por forma a que todos contribuam;
- Objectivos juridicamente vinculativos para aumentar a parte das energias renováveis no cabaz energético, reflectindo as necessidades e o potencial de cada país;
- Novas regras em matéria de sequestro e armazenamento de carbono e de subsídios ambientais.

Mesmo antes da definição da estratégia europeia para a energia, várias directivas foram sendo publicadas nesta área. Relativamente à promoção das energias renováveis, cogeração e dos biocombustíveis são de destacar:

- Directiva 2001/77/CE, relativa à promoção da electricidade produzida a partir de fontes de energia renováveis no mercado interno da electricidade. Os Estados-Membros estão sujeitos ao cumprimento de metas indicativas nacionais relativas ao consumo bruto de electricidade produzida a partir de fontes renováveis em 2010. A quota portuguesa foi recentemente revista para 45% (Ministério da Economia 2007).
- Directiva 2004/8/CE - relativa à promoção da cogeração com base na procura de calor útil no mercado interno da energia, tendo em conta as condições específicas nacionais, nomeadamente em matéria de condições climáticas e económicas.
- Directiva 2003/30/CE - relativa à promoção da utilização de biocombustíveis ou de outros combustíveis renováveis nos Transportes, em substituição do gasóleo ou da gasolina para efeitos de transporte. Até 31 de Dezembro de 2010, o valor de

referência é de 5,75% de toda a gasolina e de todo o gasóleo. Portugal assumiu recentemente a meta de 10% para 2010 (Ministério_da_Economia 2007).

No âmbito da eficiência energética referem-se:

- Directiva 2002/91/CE - com o objectivo promover a melhoria do desempenho energético dos edifícios, tendo em conta as condições climáticas externas e as condições locais, bem como as exigências em matéria de clima interior e a rentabilidade económica. A sua transposição para o direito nacional em 2006 deu origem aos regulamentos RSECE (DL 79/2006) e RCCTE (DL 80/2006).
- Directiva 2003/66/CE - estabelece as normas no que diz respeito à rotulagem energética. Transposta pelo Decreto-Lei n.º 1/2006, de 2 de Janeiro, que estabelece as regras relativas à indicação do consumo de electricidade, por meio de etiquetagem, de frigoríficos, congeladores e respectivas combinações.
- Directiva 2006/32/CE – relativa à eficiência na utilização final de energia e aos serviços energéticos. Os Estados-Membros devem adoptar e procurar atingir um objectivo global nacional indicativo de economias de energia de 9% para o nono ano de aplicação da directiva, a alcançar através de serviços energéticos e de outras medidas de melhoria da eficiência energética.
- Directiva 2005/32/CE - relativa à criação de um quadro para definir requisitos de concepção ecológica dos produtos que consomem energia.

No âmbito do mercado interno de electricidade e gás natural destacam-se:

- Directiva 2003/54/CE - estabelece regras comuns para o mercado interno da electricidade, definindo as normas relativas à organização e ao funcionamento do sector da electricidade e ao acesso ao mercado, bem como os critérios e mecanismos aplicáveis aos concursos, à concessão de autorizações e à exploração das redes.
- Directiva 2003/55/CE e Rectificação - estabelece regras comuns para o mercado interno do gás natural, definindo as normas relativas à organização e ao funcionamento do sector do gás natural e ao acesso ao mercado, bem como os critérios e mecanismos aplicáveis à concessão de autorizações de transporte, distribuição, fornecimento e armazenamento de gás natural e à exploração das redes.
- Directiva 2005/89/CE - relativa a medidas destinadas a garantir a segurança do fornecimento de electricidade e o investimento em infra-estruturas.

1.2. O sistema energético português

Portugal é um país que se caracteriza por consumos de energia crescentes, por uma produção nacional modesta e, conseqüentemente, por uma forte dependência da importação de combustíveis para satisfazer os seus consumos. Em 2005, a dependência do exterior ascendeu aos 87% do total de energia primária consumida no país, o que colocou Portugal no quinto lugar dos países da União Europeia com maior dependência energética externa (figura 11).

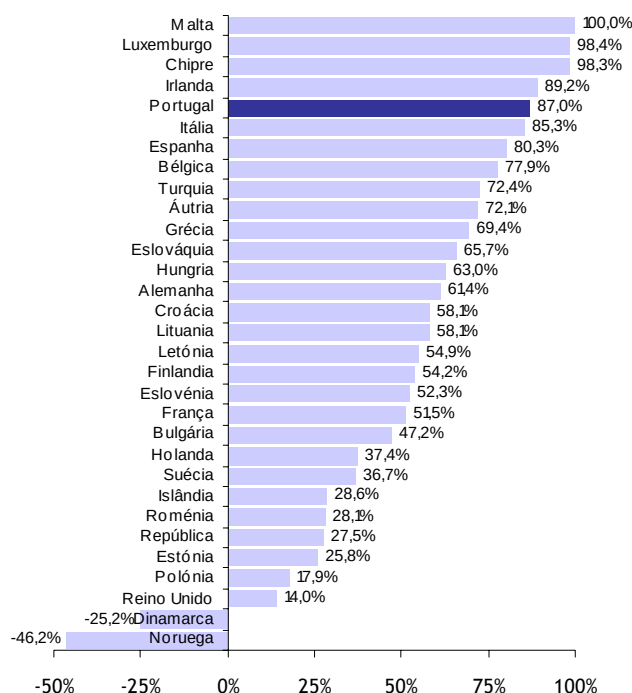


Figura 11 - Dependência energética do exterior em 2005 (EUROSTAT 2007)

Esta é uma situação antiga e que, ao longo da década de 90, se traduziu numa dependência do exterior com níveis crescentes e sempre acima dos 80%. A dependência externa reveste-se de particular importância, atendendo a que é expressa, quase na sua totalidade, em combustíveis fósseis. O aumento dos preços das matérias-primas, acompanhado por uma tendência crescente da procura energética, têm vindo a aumentar o peso da factura energética nacional dos combustíveis importados.

Para além da questão económica associada à utilização de combustíveis fósseis, há ainda a ter em conta a questão ambiental, uma vez que, como acima referido, se trata de uma das principais fontes de emissões de GEE. Apesar dos esforços efectuados para cumprimento do Protocolo de Quioto, em Portugal as emissões de GEE medidas em CO₂ equivalente cresceram ao longo do período 1990-2004 a um

ritmo de cerca de 3% por ano, situando-se, em 2004, aproximadamente 9,6% acima da meta estabelecida para o período 2008 - 2012 (IA 2006).

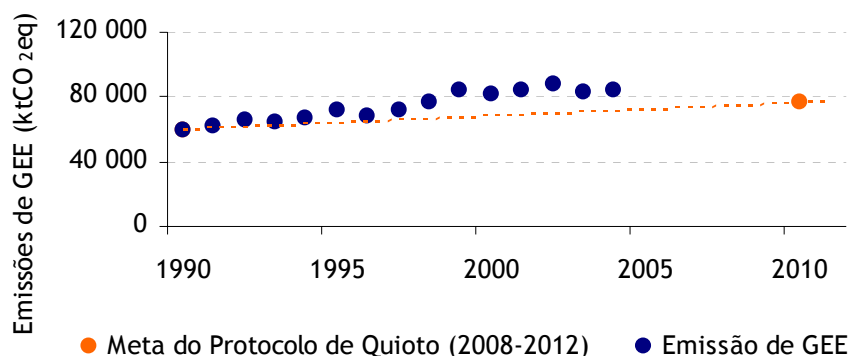


Figura 12 - Emissões de GEE e meta Quito para Portugal (IA 2006a; EUROSTAT 2007)

Os principais factores que explicam o aumento das emissões de GEE neste período são, entre outros, o crescimento da economia, da procura de energia, do volume de tráfego e da distância percorrida recorrendo ao transporte rodoviário. Os parâmetros meteorológicos, tais como a precipitação (que possuem elevada variabilidade interanual), têm um efeito significativo na produção hidroelétrica, o que influi substancialmente na variação das emissões nacionais.

Comparando com os restantes países da UE-25, Portugal foi um dos países que, em 2004, apresentou um maior aumento de emissões de GEE relativamente ao ano de 1990 (acréscimo de 42%), sendo simultaneamente um dos países que apresentou valores mais reduzidos de capitação de CO₂ — o que em parte é explicado por um uso mais restrito no consumo de energia, nomeadamente no aquecimento dos edifícios, e por uma intensidade carbónica da economia (emissões por PIB) média (figura 13).

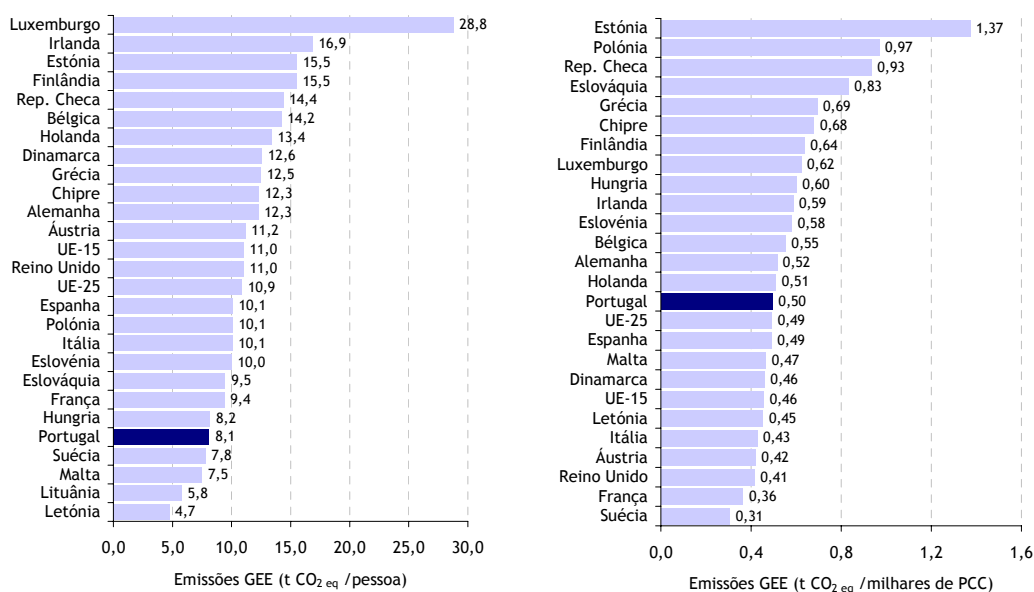


Figura 13 - Emissões de GEE *per capita* (2004) e por unidade de PIB (2006) (IA 2006a; EUROSTAT 2007)

Relativamente à intensidade energética, em 2005, Portugal apresentou um valor médio quando comparado com outros países europeus. Este indicador traduz a eficiência com que a energia é utilizada e é calculado pelo quociente entre o consumo total de energia primária e o produto interno do país. Pela análise da figura 14 verifica-se que, nesse ano, Portugal gastou mais 112% de energia para criar o mesmo milhão de euros do que a Dinamarca, embora tenha gasto menos do que muitos países do centro e leste europeu, incluindo a Noruega, o mais intensivo de todos. Apesar de Portugal ter ocupado o 15º lugar no rol das intensidades na Europa, o facto é que vários dos países com menor intensidade têm necessidades energéticas nitidamente maiores em valor absoluto, dados os respectivos climas.

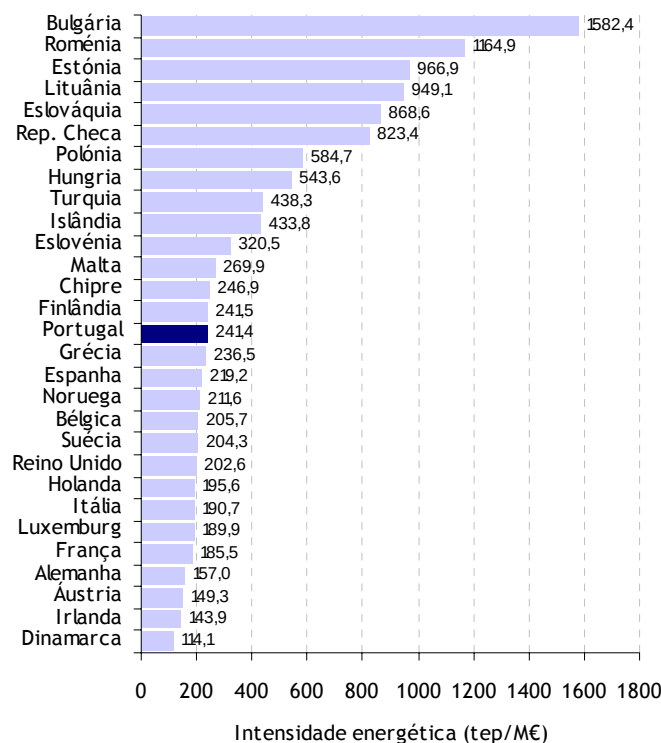


Figura 14 - Intensidade energética em 2005 (EUROSTAT 2007)

Como justificação para a intensidade energética de Portugal há a referir todo um conjunto de perdas do lado da oferta de energia, sejam elas na transformação ou no transporte e distribuição e, do lado da procura, onde os consumidores têm um papel fundamental para a redução das ineficiências, não só por alteração dos comportamentos individuais, mas também na utilização de equipamentos mais eficientes.

Estratégia nacional para a energia

A elevada intensidade energética da economia e uma das maiores dependências externas da União Europeia, colocam Portugal perante importantes desafios no domínio da energia. As orientações da política energética nacional, constantes nas

directrizes do Programa do XVII Governo Constitucional 2005-2009, e reforçadas na Resolução do Conselho de Ministros RCM 169/2005, de 24 de Outubro, que aprova a estratégia nacional para a energia, vão no sentido de contrariar as tendências históricas e de colocar o país numa situação mais favorável no contexto energético europeu e mundial. Os principais objectivos definidos na estratégia nacional para a energia são:

- *Garantir a segurança do abastecimento de energia, através da diversificação dos recursos primários e dos serviços energéticos e da promoção da eficiência energética na cadeia da oferta e na procura de energia;*
- *Estimular e favorecer a concorrência, de forma a promover a defesa dos consumidores, bem como a competitividade e a eficiência das empresas, quer as do sector da energia quer as demais do tecido produtivo nacional;*
- *Garantir a adequação ambiental de todo o processo energético, reduzindo os impactos ambientais às escalas local, regional e global, nomeadamente no que respeita à intensidade carbónica do PIB.*

A segurança de abastecimento visa não só maximizar a autonomia energética, mas também reduzir os riscos que estejam associados à dependência, o que implica designadamente o equilíbrio e a diversificação das várias fontes de abastecimento. A diversificação de tecnologias é essencial para o desenvolvimento sustentado. Portugal assumiu, no seio da União Europeia e para 2010, uma meta de 39% do consumo de electricidade satisfeito por produção a partir de fontes renováveis de energia. Recentemente, essa meta foi revista em alta, fixando-se agora nos 45% do consumo bruto nacional de electricidade em 2010 assegurado exclusivamente por fontes de energia renovável (Ministério da Economia 2007).

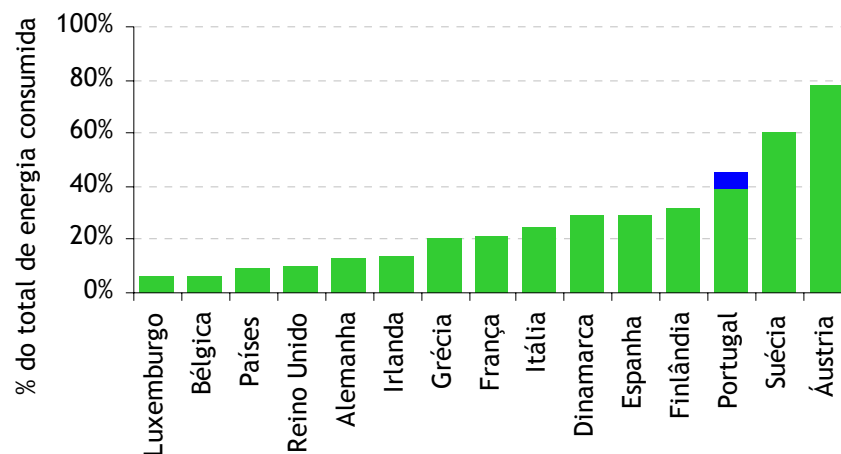


Figura 15 - Objectivos de electricidade renovável para 2010 (Ministério da Economia 2007)

Neste sentido, foi muito recentemente proposta a revisão das metas definidas na Resolução de Conselho de Ministros n.º 63/2003, de 19 de Outubro, para as várias fontes de energia renovável (Ferreira s/d). Para cada uma delas, foram estabelecidos novos objectivos ainda mais ambiciosos (Ministério_da_Economia 2007):

- Energia Eólica: capacidade instalada em 2012 de 5 100MW com acréscimo em 600MW por *upgrade* do equipamento e promoção da criação de *clusters* tecnológicos e de investimento associados à energia eólica. Promover ainda o levantamento do potencial de energia eólica *offshore* ao longo da costa portuguesa;
- Biomassa: ampliar em 100MW eléctricos o objectivo de capacidade instalada em 2010, promovendo uma articulação estreita com os recursos e potencial florestal regional e políticas de combate ao risco de incêndios;
- Solar: garantir o cumprimento das metas estabelecidas (ex. construção da maior central fotovoltaica do mundo – central de Moura) e assegurar uma ligação com as metas de micro-geração;
- Ondas: aumentar a capacidade instalada em 200MW através da criação de uma Zona Piloto com potencial de exploração total até 250MW de novos protótipos de desenvolvimento tecnológico industrial e pré-comercial emergentes;
- Biocombustíveis: definir uma 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: estabelecer uma meta de 100MW de potência instalada em unidades de tratamento anaeróbio de resíduos;
- Micro-geração: promover um programa para instalação de 50 000 sistemas até 2010, com incentivo à instalação de Água Quente Solar em casas existentes.

Na área da oferta de electricidade destaca-se igualmente a aposta, a curto prazo, na antecipação dos investimentos de reforço de potência em infra-estruturas hidroeléctricas existentes, de forma a atingir a meta dos 5 575MW de capacidade instalada hídrica em 2010 e de 7 000MW para 2020, o que permitirá a Portugal utilizar aproximadamente 70% do seu potencial hídrico. A apresentação, em Dezembro de 2007, do Programa Nacional de Barragens (Instituto da Água 2007) veio divulgar os aproveitamentos a concretizar no período 2007-2020 para incremento da produção hidroeléctrica.

Verifica-se assim que as estratégias nacionais na oferta de energia se concentram na electricidade, o que permite explicar a aparente contradição entre a elevada penetração de renováveis (figura 15) e a elevada dependência externa (figura 14).

No lado da procura, a aposta nacional cai sobre a promoção da eficiência energética. Neste aspecto, a política energética nacional refere que o crescimento dos consumos não deverá ser considerado uma “fatalidade, antes devendo as políticas públicas contrariá-lo, pela quantificação e certificação dos usos, pela informação sobre boas práticas em matéria de utilização de energia e através da fiscalidade e regulação económica” (DR 2005). A transposição parcial para a ordem jurídica nacional da Directiva 2002/91/CE relativa ao desempenho energético dos edifícios com a publicação do DL 78/2006 (RCCTE e RSECE) ou a promoção da redução do consumo nos transportes privados constituem exemplos concretos de medidas preconizadas para Portugal. O documento publicado pelo Ministério da Economia relativo à Política Energética (Ministério_da_Economia 2007) veio fixar uma nova meta, a implementar até 2015, definindo medidas adicionais de redução do consumo de energia equivalentes a 10% do consumo energético e que incluem:

- A harmonização fiscal do gasóleo de aquecimento com o gasóleo rodoviário, desincentivando, de forma progressiva, a utilização do primeiro para o aquecimento doméstico e permitindo, simultaneamente, financiar o Fundo Português de Carbono para cumprimento do Protocolo de Quioto;
- O ajuste da taxa de carbono a todos os combustíveis industriais utilizados em instalações não abrangidas pelo PNALE (Plano Nacional de Alocação de Licenças de Emissão), promovendo isenções para esforços de eficiência energética;
- A aprovação de um Plano de Acção para a Eficiência Energética com o objectivo de conseguir medidas de redução equivalentes a 10% do consumo energético em 2015;
- A aprovação de um Programa de Aquisições Públicas ecológicas e dos incentivos à substituição da co-geração a fuel por co-geração a gás natural, significativamente mais eficiente.

Relativamente às emissões de GEE, o cumprimento dos objectivos nacionais assumidos no âmbito do Protocolo de Quioto representa não só um desafio, como também uma oportunidade para se promover uma utilização mais eficiente dos recursos, contribuindo assim, para se diminuir a dependência energética do exterior e consequentemente aumentar a segurança energética, reduzir a factura energética e consequentemente aumentar a competitividade da economia portuguesa e diminuir o défice da balança comercial.

O PNAC e o PNALE

O Programa Nacional para as Alterações Climáticas¹ (PNAC 2006b), a participação no Comércio Europeu de Licenças de Emissão e o PNALE², o Fundo Português de Carbono³ e o Sistema Nacional de Inventário de Emissões e Remoção de Poluentes Atmosféricos⁴ (SNIERPA) constituem os principais instrumentos para controlo e resposta ao compromisso de limitação das emissões nacionais de GEE no âmbito da Convenção e do Protocolo de Quioto.

A primeira versão do PNAC foi adoptada em 2000, tendo sido entretanto sujeita a diversas actualizações, a última das quais aprovada pelo Conselho de Ministros a 3 de Agosto de 2006 e adoptada através da Resolução do Conselho de Ministros n.º 104/2006, de 23 de Agosto. Trata-se de um documento que contempla um conjunto de políticas e medidas com impacto no balanço nacional de GEE. As medidas na área da energia representam a principal aposta de Portugal no combate às alterações climáticas, abrangendo cerca de 70% das actividades previstas. De salientar a aplicação de uma taxa de carbono aos utilizadores de energia não abrangidos pelo CELE, medidas para a melhoria da eficiência energética na produção de electricidade através da redução das perdas nas redes para um valor de 8,6%; garantia de que 18% da electricidade produzida provenha de cogeração; redução da procura eléctrica até 1300GWh através de medidas de gestão da procura; medidas para o sector dos Transportes, tais como a reestruturação das taxas de combustíveis para incentivar a aquisição de veículos energeticamente mais eficientes. No dia 6 de Dezembro de 2007, o Conselho de Ministros aprovou as novas metas do PNAC, “Metas 2007”, relativas a políticas e medidas do PNAC 2006, que incluem o reforço das energias renováveis e de incorporação de biocombustíveis, aumentando o potencial de redução de GEE de 1,56MtCO_{2eq} por ano (Comunicado do Conselho de Ministros de 6 de Dezembro de 2007).

Com o conjunto de medidas em curso, pode-se dizer que a actual estratégia nacional para a energia coloca o país no contexto dos países europeus, sendo de destacar os seguintes factos (Ministério da Economia 2007):

- Portugal tem o objectivo mais ambicioso da UE em termos de emissões de gases de efeito de estufa *per capita* (7,6tonCO₂/hab vs 10 tonCO₂/hab de média da UE);

¹ Resolução do Conselho de Ministros n.º 104/2006, de 23 de Agosto

² Resolução do Conselho de Ministros n.º 53/2005, de 3 de Março.

³ Decreto-Lei n.º 71/2006, de 24 de Março.

⁴ Resolução do Conselho de Ministros n.º 68/2005, de 17 de Março

- Está entre os 3 países da UE com *unbundling* total das redes de electricidade e gás concentrado numa única empresa (a par do Reino Unido e Dinamarca);
- Tem a terceira meta mais elevada na produção de electricidade a partir de fontes de energia renovável (45% em 2010);
- Apresentou a maior taxa de crescimento em energia eólica em 2005 e a segunda maior em 2006 (95% e 56% respectivamente);
- Inclui-se no segundo mercado regional de electricidade (MIBEL) implementado na Europa;
- Tem em curso a instalação da maior central solar fotovoltaica mundo em Moura;
- Apresenta um dos maiores níveis de capacidade de interligação face à potência total instalada de produção e ao consumo de electricidade;
- Antecipou em 10 anos da meta europeia para biocombustíveis (10% dos combustíveis rodoviários).

1.3. Modelação de sistemas energéticos

Tendo em conta o contexto energético acima descrito, torna-se da maior relevância antecipar as possibilidades de evolução futura dos sistemas energéticos e equacionar cenários de compatibilização com os requisitos de segurança do abastecimento, competitividade económica e adequação ambiental. O recurso a modelos de simulação possibilita esse tipo de análise, uma vez que os modelos permitem uma representação integrada e estruturada de sistemas energéticos reais. São também fundamentais para a organização da elevada quantidade de informação que lhes está subjacente e providenciam um suporte consistente para se testarem hipóteses e assim se avaliarem os impactos da adopção de diferentes estratégias.

As principais vantagens da utilização de modelos resultam do facto de estes (Stermann 1991):

- Serem explícitos: hipóteses assumidas num modelo podem ser facilmente transpostas para documentos e revistas por especialistas.
- Não cometerem erros lógicos: permitem uma análise das consequências lógicas dos dados assumidos pelo utilizador.
- Serem fáceis de compreender e permitirem inter-relacionar vários factores simultaneamente.

Os modelos de planeamento energético evoluíram substancialmente a partir do início dos anos 70, com a primeira "crise energética" de 1973/1974. Anteriormente, a previsão energética era essencialmente feita com recurso a modelos econométricos, que se baseavam em registos históricos para avaliar as tendências do futuro. A partir

dos anos 70 os modelos de planeamento começaram a adaptar-se à realidade da procura de energia. Surgiram modelos técnico-económicos e modelos de simulação cuja metodologia de análise faz reflectir com maior rigor a evolução da procura. Quaisquer destes modelos tinham por objectivo avaliar a tendência da procura de forma a planear a oferta em conformidade. Esta lógica está a mudar e, actualmente há alguns modelos que podem ser usados para “*demand-side management*”. Embora mais sensíveis aos parâmetros da procura, estes modelos não induzem alterações no comportamento dos agentes nem promovem a penetração de tecnologias mais eficientes. São modelos mais ou menos passivos na interacção com os múltiplos agentes que constituem o universo da procura (Swisher, Jannuzzi et al. 1997; Ferreira s/d). Actualmente existem diversos tipos de modelos para satisfazer objectivos distintos, como análises ao sector da procura, a minimização de custos de bens e serviços, a quantificação de emissões poluentes, etc.

1.3.1. Classificação dos modelos de sistemas energéticos

A estrutura genérica de um modelo inclui origens, finalidades, processos e fluxos de energia e de materiais que têm de ser caracterizados em termos técnicos e económicos. Contém ainda de um conjunto de equações matemáticas que descrevem o comportamento do sistema. Apesar desta base comum, existem diversos tipos de modelos que podem ser classificados de formas distintas. Os modelos podem ser estáticos ou dinâmicos, matemáticos ou físicos, estocásticos ou determinísticos, etc. Uma classificação útil divide os modelos entre aqueles que estão orientados para a simulação e os que permitem a optimização. Esta distinção é particularmente importante uma vez que os dois tipos de modelos servem objectivos distintos.

Os modelos de simulação

O termo “simular” é sinónimo de imitar ou mimetizar. O objectivo de um modelo de simulação é precisamente a mimetização de um sistema real de modo a que o seu comportamento possa ser estudado em condições controladas. Os modelos de simulação são descritivos: não determinam o que deve ser feito para se atingir um determinado objectivo, mas permitem clarificar quanto ao que deverá acontecer se uma dada hipótese se vier a concretizar. Assim, o recurso à simulação é geralmente efectuado para prever o comportamento de sistemas sob condições assumidas ou para a definição de estratégias, através da avaliação dos efeitos das novas medidas no comportamento do sistema. Pode então dizer-se que os modelos de simulação permitem responder a um conjunto de perguntas do tipo “E se...?”, tais como *E se os transportes públicos forem mais utilizados? E se a produção renovável aumentar? E*

se as reservas de petróleo se esgotarem? Trata-se de um tipo de informação que é muitas vezes mais importante que o conhecimento da solução óptima.

Em termos de constituição, um modelo de simulação tem dois componentes principais: uma representação do problema em estudo e um conjunto de regras para a tomada de decisões (Howells et al. 2002; Alfstad 2005). Para o primeiro caso é necessária a caracterização do sistema, incluindo, por exemplo, o número de habitações ou estruturas comerciais, as características da população, dados económicos, etc. Quanto às regras definidas pelo utilizador, permitem representar o comportamento dos actores no sistema. A principal saída do modelo é uma descrição das consequências expectáveis das hipóteses formuladas.

Como principais vantagens de um modelo de simulação salientam-se o facto de não estar limitado pela restrição de comportamento óptimo e de não assumir que a energia é o único factor a afectar a escolha técnica. Refere-se, no entanto, que é um tipo de modelo que tende a ser complexo e exigente em termos de informação, em que relações comportamentais podem ser controversas e difíceis de parametrizar e cujas previsões podem ser muito sensíveis às condições e parâmetros de partida (SEI 2006).

Um tipo particular de simulação é conseguido com recurso a plataformas de dados (*accounting frameworks*). A principal função deste tipo de ferramentas é a gestão de dados e resultados. Mais do que simular o comportamento de um sistema para o qual as saídas são desconhecidas, é um tipo de modelo que pede ao utilizador para que este especifique as saídas. Estes modelos baseiam-se em balanços de energia em que a oferta tem de igualar a procura:

$$P + I - E - S = L + C_f + C_{ne} \quad (\text{Eq. 1})$$

Com:

- P - produção endógena
- I - Importações
- E - Exportações
- S - variações de *stock*
- L - perdas e consumos do sector energético
- C_f - utilização final
- C_{ne} - consumos não energéticos

Como vantagens referem-se o facto de serem simples, transparentes, flexíveis e de terem poucos requisitos de informação; não assumem competição perfeita; são capazes de examinar questões que vão além de escolhas tecnológicas ou que são difíceis de quantificar em termos de custos. Têm a desvantagem de não identificarem directamente a solução com menor custo.

Os modelos de optimização

Optimizar pressupõe fazer-se o melhor possível. A saída de um modelo de optimização é assim uma indicação da melhor forma de se alcançar um objectivo, por exemplo uma meta em termos de emissões de CO₂. Os modelos de optimização não fornecem indicações sobre o que poderá acontecer numa determinada situação idealizada pelo planeador. Dão antes informação sobre o modo de se conseguir a “melhor” solução. Nesse sentido, pode dizer-se que são normativos e prescritivos (Stermann 1991).

Tipicamente um modelo de optimização tem três componentes: uma função objectivo que especifica a meta ou objectivo, variáveis de decisão (escolhas a tomar) e restrições que limitam as possibilidades de escolha das variáveis de decisão. Como saídas fornece informação sobre a melhor solução, isto é a decisão óptima de acordo com as restrições impostas ao modelo. Assim, não sendo uma ferramenta do tipo “E se...?”, trata-se de uma ferramenta do tipo “como fazer para...” (ex. como fazer para minimizar os custos do despacho). O recurso a um modelo de optimização é muito útil quando o problema é a selecção da melhor forma entre um conjunto de opções bem definidas.

Como principais vantagens dos modelos de optimização referem-se o facto de constituírem uma abordagem poderosa e consistente para um tipo de análise normalmente designado por *backcasting* (ex. quais serão os custos para se alcançar um objectivo político?) e de serem particularmente úteis quando existem várias opções: qual é a solução com menor custo, que combine eficiência, mudança de combustível e comércio de emissões? (SEI 2006)

Como desvantagens, salientam-se o facto de não serem adequados à simulação do comportamento dos sistemas no mundo real, à análise de opções políticas que vão além de escolhas tecnológicas, ou opções difíceis de quantificar em termos de custos. Refere-se ainda que são relativamente complexos, opacos e com elevadas necessidades de dados: difíceis de aplicar por utilizadores menos experientes, e logo menos úteis nos esforços de criação de capacidade. Normalmente, o “melhor” é definido apenas por um único critério.

1.3.2. O modelo seleccionado

O LEAP - *Long-range Energy Alternatives Planning* foi originalmente criado em 1980 pelo Grupo de Pesquisas em Sistemas Energéticos (ESRG - Energy Systems Research Group, mais tarde renomeado Instituto Tellus). O objectivo foi desenvolver uma ferramenta flexível para análises de planeamento energético integrado a longo prazo. Em 1989, com a fundação do Instituto Ambiental de Estocolmo (SEI) o Instituto Tellus passou a albergar o Centro SEI-Boston, no qual prosseguiu o desenvolvimento do LEAP. Desde então o *software* sofreu diversos desenvolvimentos, salientando-se que o LEAP foi um dos primeiros modelos energéticos a dispor de uma base de dados ambiental e a incorporar a questão das emissões atmosféricas nos seus cálculos, traduzindo, deste modo, a crescente preocupação com os impactos ambientais dos sistemas energéticos. De referir também a constante aposta no desenvolvimento de sistemas de assistência aos utilizadores. Em 2003, foi criado o site da COMMEND (www.energycommunity.org) onde os utilizadores podem partilhar informação relacionada com o LEAP e colocar questões relativas à sua utilização. Terá mesmo sido o fácil acesso à informação a despoletar um aumento significativo no número de utilizadores do LEAP (de cerca de 500 em 2003 para 1500 em 2006).

O LEAP é um modelo energético que se baseia em cenários alternativos e que se enquadra nas ditas plataformas de dados (*accounting frameworks*). Os cenários são desenvolvidos de acordo com o conhecimento da forma como a energia é consumida, convertida e produzida numa dada região ou economia e sob um conjunto de hipóteses sobre a população, desenvolvimento económico e tecnológico, custos, etc. Os cenários são igualmente desenvolvidos como resposta a um conjunto de questões hipotéticas do tipo «E se...?» (SEI 2006). Uma vez que tem uma estrutura de dados flexível, o LEAP permite que as análises sejam adequadas aos objectivos do utilizador, que podem ir de análises simples de quantificação à criação de simulações sofisticadas. Ao contrário de modelos macro-económicos, o LEAP não procura estimar os impactos de políticas energéticas no PIB, apesar de esse tipo de modelos poder ser utilizado em conjunto com o modelo. Igualmente, o LEAP não gera automaticamente cenários óptimos, apesar de poder ser usado para identificar os cenários de menor custo. Trata-se de um modelo que dá resposta a outro tipo de questões: como base de dados, permite guardar e manter actualizada informação relativa a sistemas energéticos; como ferramenta de previsão, permite ao utilizador o desenvolvimento de projecções de oferta e procura energética ao longo do horizonte de planeamento;

como base para a análise de políticas, simula e avalia os efeitos físicos, económicos e ambientais de programas energéticos alternativos.

Vantagens importantes do LEAP são a sua flexibilidade e fácil utilização, que permitem uma rápida transição de ideias vagas sobre possíveis políticas energéticas para uma análise mais estruturada dessas políticas. Mais de 200 agências governamentais, ONG's e instituições académicas utilizaram o LEAP para diversos fins, incluindo a previsão energética, a redução de emissões de GEE e o planeamento energético integrado (SEI 2006).

A estrutura do LEAP

A estrutura do LEAP compreende as seguintes etapas: procura energética, transformação, análise de recursos, análise custo-benefício e emissões atmosféricas (SEI 2006). A figura 16 apresenta o fluxo de cálculos no LEAP.

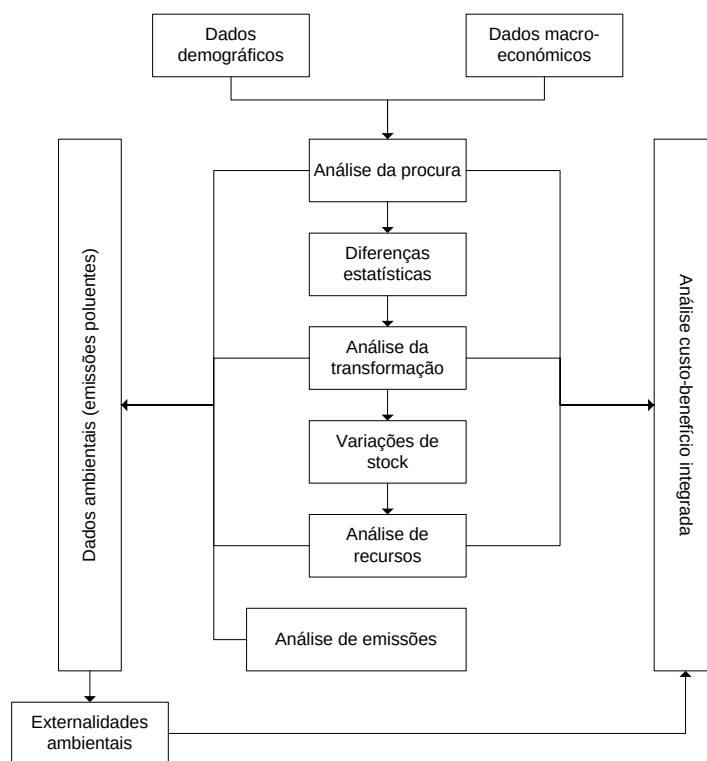


Figura 16 - Fluxo de cálculos no LEAP (SEI 2006)

O LEAP é determinístico, no sentido em que todas as saídas dependem apenas, em relação unívoca, dos *inputs* especificados pelo utilizador. Assim, é uma ferramenta que determina as implicações de um conjunto de hipóteses e que diz ao utilizador o que irá ocorrer se se concretizarem. A análise de cenários está na base da utilização do LEAP, que providencia uma vasta gama de ferramentas para rápida construção,

avaliação e comparação de cenários políticos alternativos relativamente aos seus requisitos energéticos, os seus custos e benefícios sociais, bem como os seus impactos ambientais.

Baseando-se nas hipóteses definidas pelo utilizador, o LEAP equilibra equações de fluxos de energia, identificando as necessidades de transformação de energia e de fornecimento de energia primária. Os requisitos são calculados a partir da procura final de energia, o que constitui o primeiro lado fixo do conjunto de equações no processo de cálculo. O sistema completo pode ser incluído no modelo, sendo o respectivo nível de detalhe definido pelo utilizador.

Adicionalmente, o modelo inclui uma base de dados de tecnologias e ambiente (TED - *Technology and Environmental Database*) que providencia informação sobre as características técnicas, custos e impactos ambientais de uma vasta gama de tecnologias.

Os próximos parágrafos detalham os diferentes módulos do LEAP.

Informação-chave

Na interface de análise, a primeira grande categoria na árvore é designada por *Key Assumptions*. Nesta categoria podem ser caracterizadas variáveis do tipo macro-económico, demográfico e outras séries temporais. É uma área usada para colocar informação que não é tratada em mais nenhuma área do LEAP, mas que pode ser relacionada com outros módulos.

Procura

No LEAP, a análise da procura de energia é efectuada a partir de uma estrutura em árvore que pode ser mais ou menos desagregada, consoante o objectivo do utilizador. Tipicamente a estrutura inclui sectores, que são sequencialmente divididos em subsectores, utilizações finais e equipamentos. O utilizador pode adaptá-la aos seus objectivos ou à disponibilidade de dados, podendo, por exemplo, limitar-se a um estudo ao nível do sector, ou mesmo do país, ou ir ao pormenor dos equipamentos consumidores de energia.

Na figura 17 é apresentado um exemplo típico de estrutura em árvore com quatro níveis de desagregação: sector, subsector, utilização final e equipamentos. Os valores de intensidade energética, bem como do tipo de combustível usado em cada equipamento, são necessários para a estimativa das necessidades energéticas.

Sector	Subsector	Utilização final	Equipamento	Intensidade energética
Doméstico (n.º casas)	Rural (% casas)	Iluminação (% casas)	Lâmpadas incandescentes (% casas)	Electricidade (kWh/casa)
	Urbano (% casas)	Cozinha (% casas)	Lâmpadas fluorescentes (% casas)	Electricidade (kWh/casa)
Serviços (m²)	Escritórios (% m²)	Ar condicionado (% m²)	Existente (% m²)	Electricidade (kWh/m²)
	Hotéis (% m²)	Iluminação (% m²)	Eficiente (% m²)	Electricidade (kWh/m²)
Indústria (VAB)	Têxtil (% VAB)	Motor (% VAB)	Existente (% VAB)	Electricidade (kWh/VAB)
	Cimento (% VAB)	Compressor (% VAB)	Eficiente (% VAB)	Electricidade (kWh/VAB)
Transportes (pkm)	Passageiros (% pkm)	Carro (% pkm)	Existente (% pkm)	Gasolina (litros/pkm)
	Mercadorias (% pkm)	Autocarro (% pkm)	Eficiente (% pkm)	Gasóleo (litros/pkm)

Figura 17 - Modelização da procura (exemplo de estrutura em árvore)

A procura energética é dada pelo produto de dois factores: o nível de actividade (padrão de actividade social ou económica que influencie o consumo de energia) e a intensidade energética (energia consumida por unidade de nível de actividade). Adicionalmente, o consumo energético nacional ou sectorial é influenciado pela sua distribuição pelas diferentes actividades que compõem a estrutura em árvore da procura. Para uma dada estrutura, o nível de actividade depende de factores como a população, a produção industrial ou dados económicos. O nível de intensidade energética depende da eficiência energética. O somatório do produto destes dois factores, para todas as actividades, traduz a procura energética total (Swisher, Jannuzzi et al. 1997).

$$Procura = \sum_{i=1}^n Q_i I_i \quad (Eq. 2)$$

Em que: Q_i - nível de actividade i

I_i - intensidade energética do nível de actividade i

Tipicamente, o nível de actividade é especificado como um valor absoluto (ex. número de casas). O seu desdobramento nos vários ramos da árvore é efectuado através de percentagens do valor absoluto, podendo utilizar-se:

- uma repartição por quotas, em que o total soma 100% (usada quando as utilizações são exclusivas: por exemplo ou se utiliza um fogão a electricidade ou um fogão a gás, mas nunca os dois na mesma casa); ou
- uma divisão por saturação, em que cada categoria consiste numa percentagem do valor absoluto, mas o seu total pode ser diferente de 100%

(ex.: 30% das casas têm um fogão a electricidade e 50% um fogão a gás, mas no total apenas 80% das casas têm fogão).

Cada nível de actividade e de intensidade energética podem ser individualmente projectados no futuro usando técnicas diversas como taxas de crescimento exponencial, funções de interpolação e extrapolação, entre outras.

Transformação

Antes de ser utilizada, a energia primária passa por um conjunto de etapas até ao seu consumo como energia final. Essas etapas são representadas como módulos individuais no LEAP. Cada módulo contém um determinado número de processos que representam tecnologias individuais de conversão ou distribuição de energia. Por sua vez, cada processo pode ter diferentes recursos como entradas, que são convertidos no próprio processo, e combustíveis auxiliares que representam recursos subsidiários ou consumos próprios, tal como o consumo de electricidade numa refinaria. Cada módulo pode ter um ou mais combustíveis como saídas. Os processos dentro de um módulo são despachados de forma a satisfazer os requisitos de saída dos combustíveis. A estrutura genérica de um módulo é indicada na figura 18.

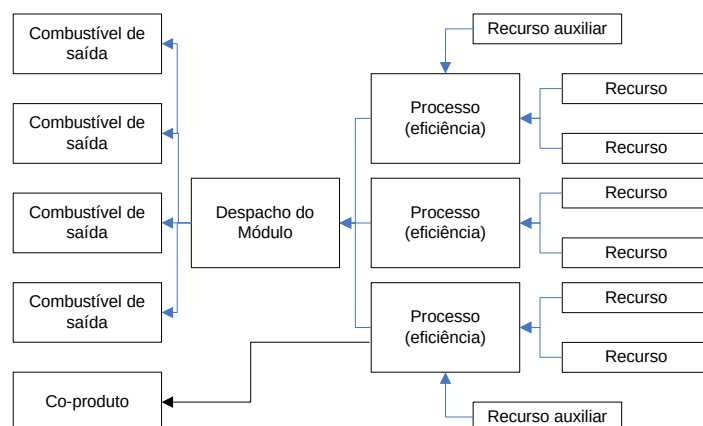


Figura 18 - Estrutura genérica de um módulo da transformação (SEI 2006)

Os cálculos da transformação são guiados pelos resultados da análise da procura (figura 16). Tal como no módulo da procura, cenários alternativos podem ser criados para representar configurações futuras diferentes, reflectindo hipóteses alternativas sobre políticas, tais como uma meta de produção de electricidade renovável de 45% em 2010.

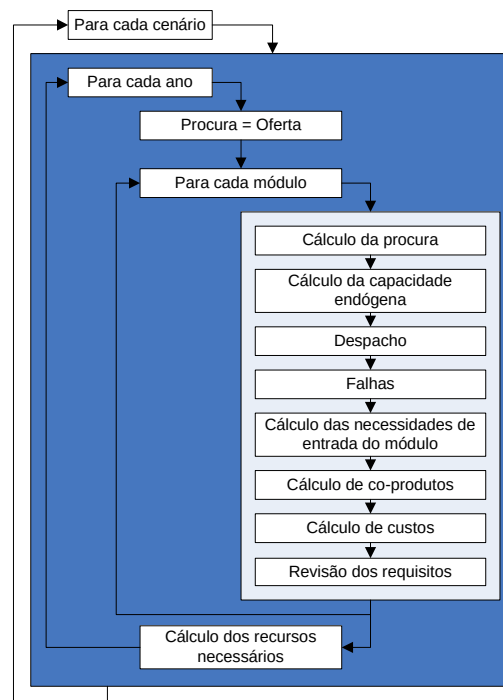


Figura 19 - Fluxograma de cálculos para a transformação (SEI 2006)

Recursos

À medida que os módulos da procura e da transformação são caracterizados, o LEAP gera e actualiza automaticamente uma listagem dos recursos primários e secundários que são necessários no sistema em análise. A caracterização de cada recurso em termos de disponibilidade, custos de produção, importação e exportação tem, no entanto, de ser efectuada pelo utilizador.

2. Modelação do actual sistema energético português

2.1. Estrutura do sistema energético português

Uma análise de qualquer sistema energético passa, em primeiro lugar, pela identificação das fronteiras e da estrutura física que compõe o sistema. No caso do presente estudo, adopta-se como fronteira o limite político-administrativo dos territórios de Portugal Continental e dos arquipélagos da Madeira e dos Açores. Deste modo são excluídos do sistema todos os ramos correspondentes ao processamento dos produtos importados.

Em termos de estrutura, com base em informação recolhida em diversas fontes, é possível construir um fluxograma contendo os seguintes elementos: os recursos primários e secundários utilizados em Portugal e as diferentes etapas de transformação e transporte (refinação, produção de electricidade, transporte e distribuição) até esses recursos chegarem, sob a forma de energia final, aos consumidores. Nesse fluxograma, apresentado no Anexo I, procura-se detalhar os recursos primários e secundários, as diversas tecnologias de produção de electricidade disponíveis em Portugal e caracterizar a procura, não só por sectores, como também por utilizações finais de energia. Estabelece-se, então, o percurso dos vários vectores energéticos desde a extracção dos recursos até ao seu consumo final.

O fluxograma construído serve de ponto de partida para se estruturar a árvore energética que, posteriormente, será integrada no *software* LEAP. Genericamente, são identificados os módulos representados na figura 20: recursos, transformação (incluindo como processos a refinação, a produção de electricidade e o transporte e distribuição) e procura.

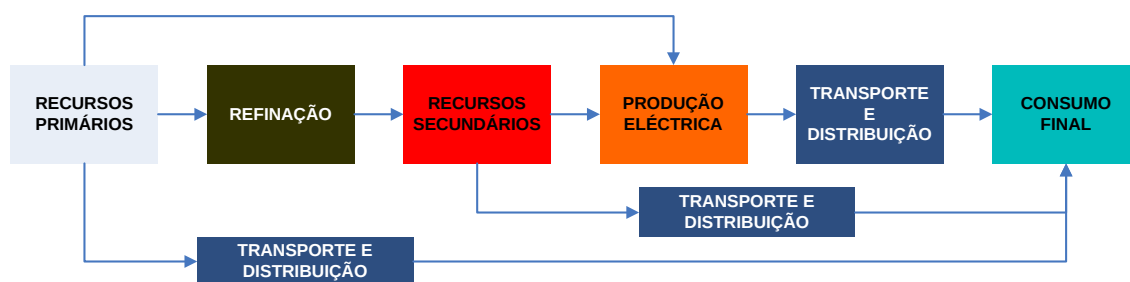


Figura 20 - Árvore LEAP (versão simplificada)

Cada um dos módulos requer um conjunto diferenciado de informação para a sua caracterização. Nos sub-capítulos seguintes são apresentados os dados (e hipóteses) utilizados para modelar o ano base de 2005 e os cenários de evolução futura até 2030 (cenário “Referência” e cenário “Rumo à Sustentabilidade”).

2.2. Caracterização do ano base

A escolha de 2005 como ano base resulta do facto de, à data da sua selecção, ser aquele para o qual é conhecida informação mais actualizada. É disso exemplo o balanço energético nacional de 2005 (DGEG 2006), ainda indisponível para datas mais recentes, e que é um documento essencial, não só para a calibração do modelo, como para a caracterização da procura e oferta energéticas. Salienta-se igualmente a disponibilidade de informação para 2005 relativa a:

- VAB dos sectores dos Serviços, Indústria e Outros: a usar como nível de actividade para a caracterização da procura;
- Perdas nas redes de electricidade e gás natural: informação básica para a caracterização do módulo de transporte e distribuição;
- Dados sobre a produção: necessários para a caracterização da oferta de energia eléctrica, incluindo as produções por tecnologia.

Nos pontos seguintes é efectuada uma caracterização para 2005 dos principais módulos a considerar no *software* LEAP (procura, transformação e recursos).

2.2.1. Procura

O balanço energético nacional constitui um instrumento essencial para a modelação da procura. Caracteriza os resultados anuais da oferta e do consumo de energia em Portugal, contemplando as actividades de extracção de recursos energéticos primários, a sua conversão em formas secundárias, a importação e exportação, a distribuição e o uso final da energia.

Para a construção da árvore da procura no LEAP consideram-se os sectores de actividade referidos no balanço:

- Doméstico (edifícios residenciais);
- Serviços (edifícios de serviços);
- Indústria (incluindo indústrias extractivas e transformadoras);
- Transportes;
- Outros Sectores (incluindo o da Agricultura e Pescas e o da Construção e Obras Públicas).

Em termos históricos, verifica-se que a procura energética nacional tem tido uma tendência crescente. Entre 1990 e 2005, a procura de energia final em Portugal cresceu a uma taxa média de cerca de 3% ao ano, o que resultou num crescimento total de 60% nesse período (DGEG 2006). De referir que a taxa de crescimento média

da procura para o conjunto dos 27 Estados-Membros da União Europeia foi, entre 1994 e 2005, da ordem de 1% ao ano (EUROSTAT 2007).

Uma análise desagregada por sector (figura 21) permite constatar que, em Portugal, todos os sectores considerados tiveram um forte crescimento da procura de energia final entre 1990 e 2005. Destacam-se os sectores dos Transportes e dos Serviços, que aumentaram o seu consumo de energia final em mais de 88% e 215%, respectivamente.

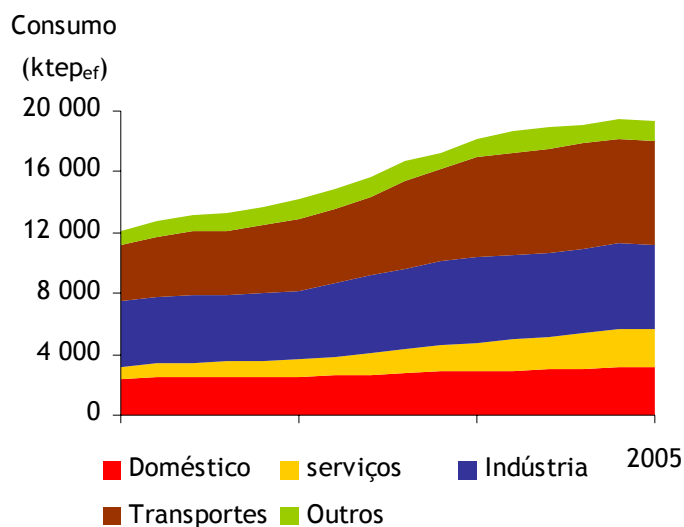


Figura 21 - Consumo de energia final por sector consumidor (DGEG 2006)

A figura 22, apresenta a estrutura da procura de energia final em 2005. O maior peso correspondeu ao sector dos Transportes, seguido do da Indústria, do sector Doméstico, dos Serviços e, finalmente, do sector “Outros”. Note-se que esta repartição pode ser significativamente alterada se expressa em energia primária, ainda que o balanço disponibilizado pela DGEG não evidencie imediatamente essa situação.

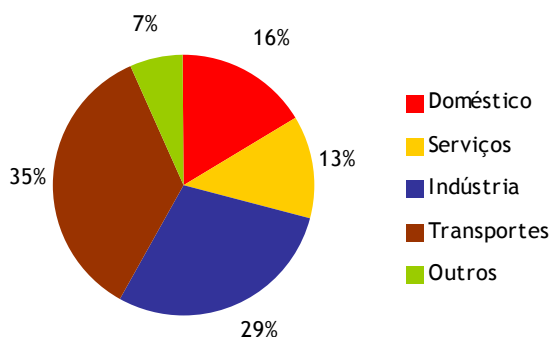


Figura 22 - Repartição dos consumos de energia final em Portugal em 2005 (DGEG 2006)

Para a modelação da procura em 2005 é necessário desagregar a informação nas diferentes utilizações finais da energia e nos tipos de combustíveis consumidos. Tem igualmente de ser definido o respectivo nível de actividade e caracterizada a intensidade energética das utilizações definidas. Como resultado da multiplicação do nível de actividade pela intensidade energética, obtêm-se os valores de consumo verificados em 2005 correspondentes à distribuição apresentada na figura 22.

É de salientar a reduzida disponibilidade de informação para a caracterização detalhada da procura energética, especialmente para os vectores que não a electricidade. Mesmo após contactos com entidades oficiais como a DGEG ou o INE, é necessário assumir alguns valores, quer para a repartição dos consumos por utilização em cada vector energético, quer para o nível de actividade.

Nos pontos seguintes a informação disponível é desagregada por sector de actividade, de acordo com a seguinte ordem:

- Descrição da evolução da procura em cada sector entre 1990 e 2005, procurando estabelecer-se uma comparação com a evolução verificada na Europa;
- Caracterização mais detalhada da estrutura do consumo em 2005;
- Descrição pormenorizada dos dados a utilizar no modelo para caracterizar o ano base, nomeadamente, a representação em árvore a considerar, a repartição dos consumos pelos diversos ramos da árvore, o nível de actividade a adoptar em cada sector e a intensidade energética de cada utilização final.

Os valores a usar para modelar cada sector são apresentados de forma detalhada no Anexo II.

2.2.1.1. Sector Doméstico

Tal como o consumo global nacional, a procura de energia final no sector Doméstico tem tido uma tendência crescente desde 1990, não só pela lenta mas gradual aproximação dos níveis de conforto habitacional à média europeia (nomeadamente com o aumento do número de casas com aquecimento ambiente), mas também pela ineficiência energética nos edifícios. A sua estrutura tem sofrido alterações, com o reforço da penetração da electricidade, cuja procura tem crescido a taxas médias anuais superiores a 6% e, mais recentemente, do gás natural, com uma taxa média anual de 6,5% a partir de 1999. Relativamente ao consumo de energia final total do país, o peso do sector Doméstico tem vindo a diminuir (de 20% em 1990 para 16% em

2004), como resultado do maior aumento da contribuição dos sectores dos Serviços e dos Transportes para o total do consumo energético. Pela análise da figura 23 é possível verificar que o peso deste sector em Portugal se tem mantido sempre inferior àquele que apresenta na União Europeia, o que poderá ser justificado por menores necessidades de energia para aquecimento e, eventualmente, por taxas de posse dos equipamentos inferiores às dos outros países. Os valores de consumo *per capita* verificados em 2005 para Portugal foram de 2,3tep/pessoa e, para a média europeia (UE25), de 3,6 tep/pessoa.

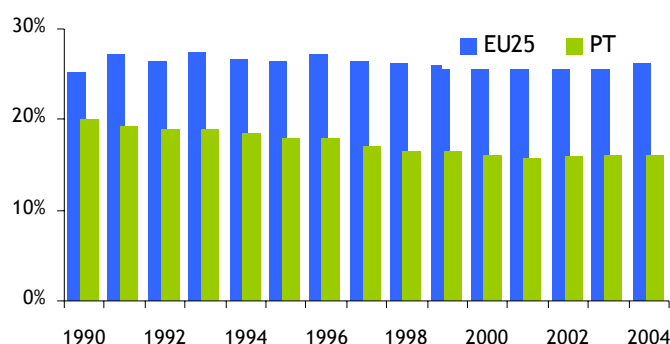


Figura 23 - Peso do sector Doméstico no total de energia final (EUROSTAT 2007)

Em 2005, o consumo de energia final no sector Doméstico representou cerca de 16% do consumo nacional (3 219 566 tep_{ef}), sendo o terceiro sector mais energívoro (DGEG 2006). A desagregação da estrutura dos consumos (figura 24) permite constatar uma predominância na utilização de lenhas e resíduos vegetais (37%), de electricidade (35%) e de derivados de petróleo (22%), dos quais 98% corresponderam a GPL, 2% a gasóleo, tendo ainda sido consumidas quantidades residuais de gasolinas e petróleos. Com um menor peso, a utilização de gás natural representou 6% dos consumos. Note-se que o grande peso das lenhas em energia final evidencia a sua utilização sob formas pouco eficientes na transformação para energia útil (por exemplo em lareiras abertas).

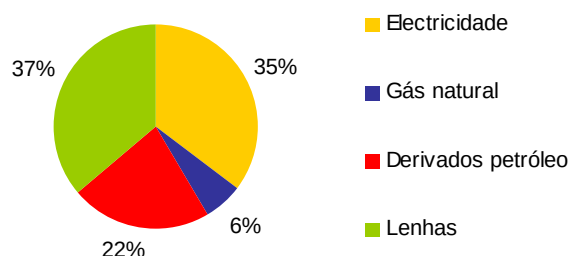


Figura 24 - Repartição dos consumos por vector em 2005 (sector Doméstico) (DGEG 2006)

Em termos de desagregação dos consumos por utilização final (informação necessária para o cálculo da intensidade energética), considera-se a seguinte representação em árvore:

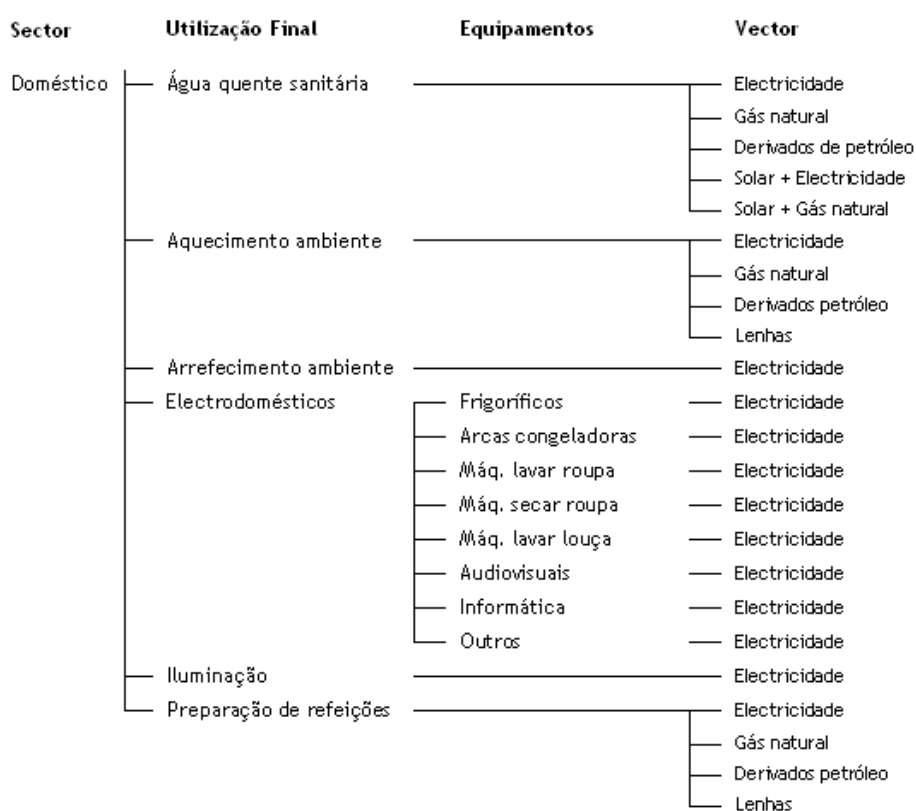


Figura 25 - Representação em árvore da procura no sector Doméstico

Com esta representação, pretende-se caracterizar o consumo de energia final nas principais utilizações de energia numa habitação: aquecimento de água, conforto térmico, equipamentos eléctricos, iluminação e preparação de refeições. No caso dos electrodomésticos considera-se vantajosa uma desagregação por tipo de equipamento, para uma posterior análise em termos de evolução da sua eficiência.

Relativamente à análise da repartição do consumo de energia pelos diferentes usos finais, o sector Doméstico é extremamente carente de informação estatística, designadamente a relativa aos hábitos de consumo por uso final útil de energia. Apenas para a electricidade se verifica uma situação de caracterização relativamente estudada (IP-3E 2004). Para os restantes vectores, a ausência de informação obriga à assunção de repartições hipotéticas. Para esta distribuição são tidos em consideração os pressupostos apresentados na tabela 1.

Tabela 1 - Pressupostos para a repartição dos consumos por utilização (sector Doméstico)

Vector	Pressupostos
Electricidade	♦ Considerar a repartição apresentada no documento <i>Eficiência energética em equipamentos e sistemas eléctricos no sector residencial</i> publicado pela DGEG no âmbito do programa P-3E (IP-3E 2004)
Gás natural	♦ Considerar que a utilização de gás natural se destina ao aquecimento de água, aquecimento ambiente e preparação de refeições ♦ Atribuir um menor peso deste combustível para o aquecimento ambiente dada a utilização sobreposta de diferentes vectores para essa finalidade
Derivados de petróleo	♦ Situação idêntica à referida para o gás natural, atribuindo um peso ainda menor para o aquecimento ambiente (considerando um maior recurso à electricidade e às lenhas para este objectivo)
Lenhas	♦ A sua utilização limita-se ao aquecimento ambiente e à preparação de refeições, sendo menor no segundo caso em resultado da existência de métodos mais práticos de preparação de refeições

Para cada vector é considerada a seguinte distribuição dos consumos por tipo de uso final:

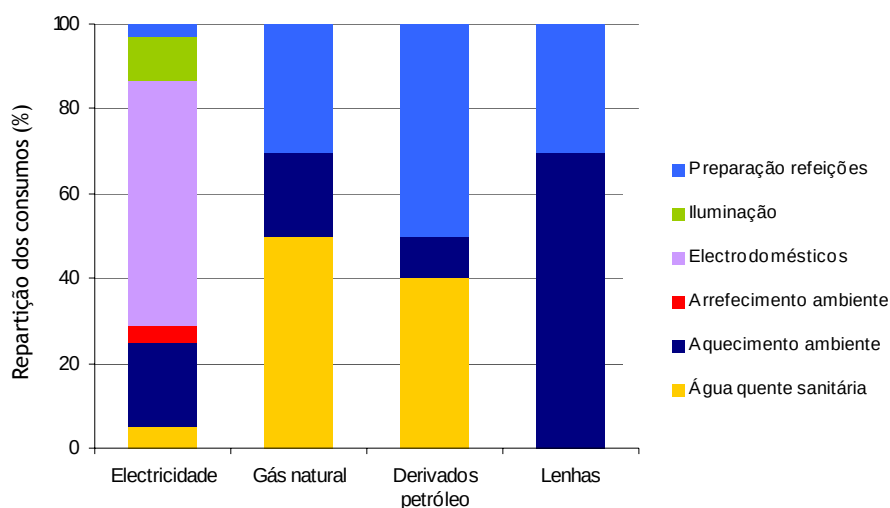


Figura 26 - Repartição da utilização de energia final por vector em 2005 (sector Doméstico)

Como **nível de actividade** para o sector Doméstico considera-se o número de alojamentos usados como residência habitual, ou seja, os alojamentos que estão regularmente ocupados. Trata-se de um indicador que influencia a evolução do consumo no sector e que pode ser associado às previsões de evolução da população.

Os estudos publicados pelo INE relativos às condições de conforto da população portuguesa permitem, na maioria dos casos, conhecer o número de alojamentos com cada tipo de utilização de energia (taxa de penetração). Uma vez que a informação é relativamente recente (2000), pode-se assumir que a generalidade dos usos não terá sofrido uma evolução significativa até 2005. Apenas no caso da taxa de penetração

da água quente sanitária e da informática, é necessário considerar um valor superior ao indicado pelo INE, atendendo, no primeiro caso, à forte expansão do parque habitacional verificada nesse período e, no segundo, às tendências de generalização da utilização de computadores. Assim, no caso da água quente sanitária, em vez de uma taxa de penetração de 79% apontada pelo INE, considerou-se uma taxa de 85%; no caso da informática, os 22% do INE foram substituídos por 50%.

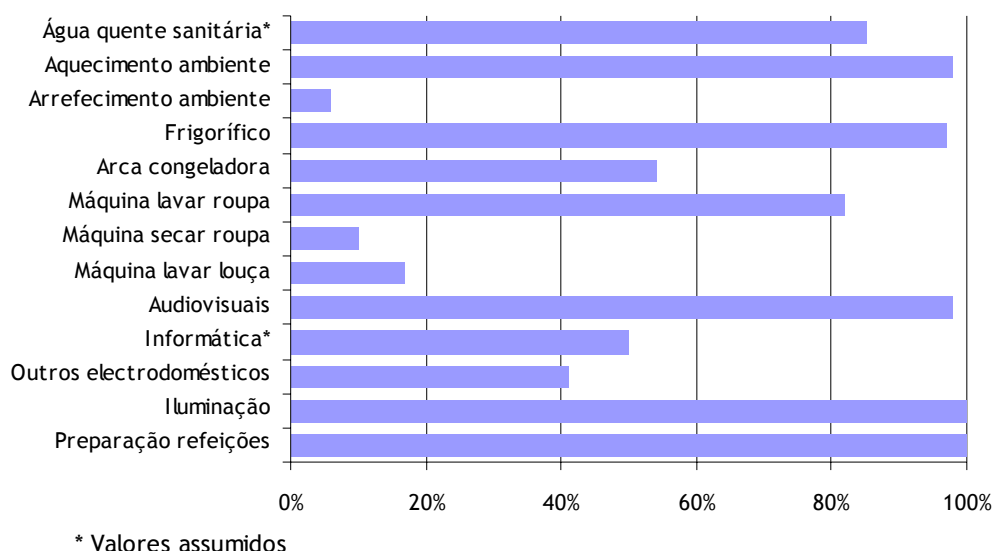


Figura 27 - Taxa de posse dos equipamentos em 2005 (sector Doméstico) (INE 2000)

É possível verificar que há tipos de utilização final que, em 2005, cobriam mais de 80% dos alojamentos do país: água quente sanitária, aquecimento ambiente, frigorífico, máquina de lavar roupa, audiovisuais, iluminação e preparação de refeições. O arrefecimento ambiente electromecânico era ainda limitado a cerca de 6% dos alojamentos.

A **intensidade energética** em 2005 é determinada pela razão entre o consumo verificado e o nível de actividade assumido, obtendo-se os valores apresentados na tabela 2.

Com base nos consumos verificados em 2005 e nos dados conhecidos sobre a taxa de penetração das utilizações finais de energia, verifica-se que a preparação de refeições a lenhas constitui a utilização final responsável pelos maiores consumos energéticos nos alojamentos portugueses, devendo ressaltar-se que essa utilização se efectua em condições tecnológicas de eficiência muito reduzida (ex. lareiras abertas). Contrariando uma ideia generalizada sobre o seu elevado peso, verifica-se que a iluminação tem um consumo específico relativamente baixo no sector Doméstico.

Relativamente às emissões locais de GEE como resultado do consumo de gás natural e de derivados de petróleo, consideram-se os factores de emissão da versão de 1996 das Linhas de Orientação para a elaboração de inventários nacionais de emissões de GEE (IPCC 1996), disponíveis na base de dados tecnológica do próprio LEAP. As emissões decorrentes do consumo de electricidade são, no *software*, contabilizadas no módulo da transformação como associadas à produção da electricidade, ainda que estatisticamente essas emissões devam posteriormente ser afectas a cada sector de uso final.

Tabela 2 - Intensidade energética por utilização em 2005 (sector Doméstico)

	Intensidade energética (tep_{ef}/alojamento equipado com a tecnologia)			
	Electricidade	Gás natural	Derivados de petróleo	Lenhas e resíduos vegetais
Água quente sanitária	0,112	0,131	0,215	---
Aquecimento ambiente	0,128	0,084	0,251	0,692
Arrefecimento ambiente	0,200	---	---	---
Electrodomésticos	0,345	---	---	---
Iluminação	0,030	---	---	---
Preparação de refeições	0,060	0,045	0,236	0,922

2.2.1.2. Sector dos Serviços

O sector dos Serviços foi o que evidenciou uma maior taxa de crescimento no consumo de energia final entre 1990 e 2004 (cerca de 215% no global). Como se caracteriza por uma elevada utilização de electricidade (da ordem dos 50% do total do consumo energético do sector), este sector foi o principal responsável pelo grande crescimento do consumo dessa forma de energia final em Portugal. De acordo com o documento *Energia Portugal 2001* (CEEETA 2002), o crescimento do consumo de energia terá resultado da conjugação de três factores: crescimento da própria actividade económica do sector, níveis de exigência e critérios de qualidade crescentes no exercício das actividades e marcadas ineficiências nos sistemas consumidores, quer dos equipamentos, quer dos edifícios.

Em termos do peso da energia consumida pelos Serviços no total do consumo de energia final, verifica-se que, em Portugal, este sector tem aumentado a sua contribuição (de 7% em 1990 para 13% de energia final em 2004), ao contrário da situação verificada na União Europeia a 25, em que se tem verificado uma certa estabilidade (figura 28). Tal como o sector Doméstico, o sector dos Serviços nacional

tem tido um peso inferior ao verificado na União Europeia em termos de energia que consome (figura 28).

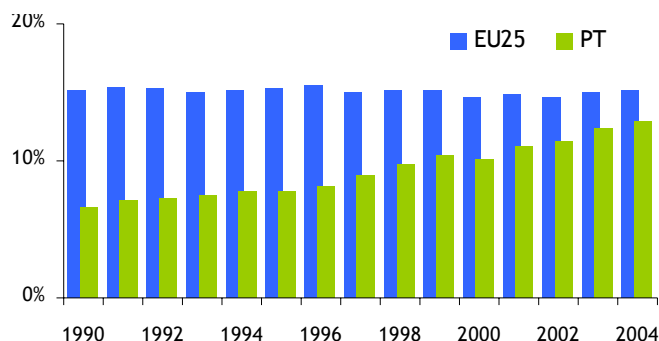


Figura 28 - Peso dos Serviços no total de energia final (EUROSTAT 2007)

Relativamente à intensidade energética refere-se que, em 2005, Portugal registou um valor de 34tep/€VAB, enquanto que o valor da média europeia (EU25) foi inferior (cerca de 27tep/€VAB) (EUROSTAT 2007).

Em 2005, o consumo no sector dos Serviços representou cerca de 13% do consumo nacional em energia final (2 542 849tep) (DGEG 2006). A desagregação da estrutura dos consumos (figura 29) permite verificar que o consumo de electricidade satisfaz mais de metade dos consumos do sector (52%), sendo também significativa a utilização dos derivados de petróleo (42%). Neste último caso, para efeito do estudo desenvolvido no LEAP, não é considerada a utilização de petróleo não energético (lubrificantes, asfaltos e parafinas). Assim, a utilização de derivados de petróleo neste sector reparte-se em 76% de gasóleo, 11% de GPL, 7% de fuelóleo, 4% de gasolinas e quantidades residuais de jets e petróleos. Com um menor peso, a utilização de gás natural representou 6% dos consumos e o calor de cogeração 0,3%.

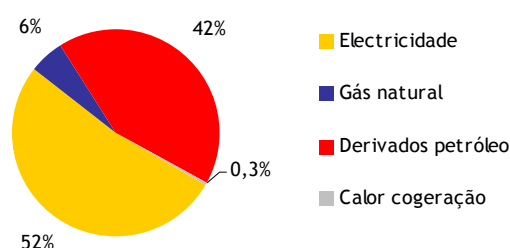


Figura 29 - Repartição dos consumos por vector em 2005 (sector dos Serviços) (DGEG 2006)

Em termos de desagregação dos consumos por utilização final, considera-se uma representação em árvore que permite efectuar a avaliação do consumo para os principais tipos de utilizações da energia neste sector (figura 30).

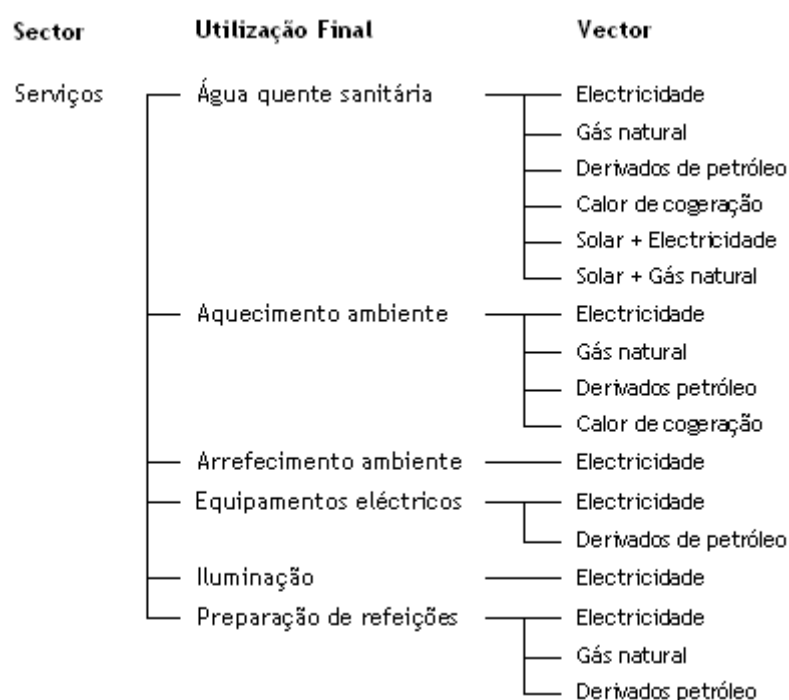


Figura 30 - Representação em árvore da procura no sector dos Serviços

No sector dos Serviços, a repartição dos vectores por usos finais é ainda mais difícil de caracterizar estatisticamente do que no sector Doméstico por ser quase inexistente a informação estatística e os estudos pontuais nesse sector. Para efeitos da análise do consumo de energia por tipo de utilização, assumem-se os pressupostos apresentados na tabela 3, que se traduzem na distribuição dos consumos representada na figura 31.

Tabela 3 - Pressupostos para a repartição dos consumos por utilização (sector dos Serviços)

Vector	Pressupostos
Electricidade	♦ Considera-se que o maior peso na utilização de electricidade é para equipamentos eléctricos e iluminação. Para as restantes utilizações, uma vez que podem ser utilizados outros vectores, considera-se um peso mais reduzido do vector
Gás natural	♦ Assume-se que a utilização de gás natural se destina ao aquecimento de água, aquecimento ambiente e preparação de refeições
Derivados de petróleo	♦ Situação idêntica à referida para o gás natural, considerando ainda a utilização em menor percentagem para apoio ao funcionamento de equipamentos eléctricos
Calor de cogeração	♦ Utilização repartida para aquecimento ambiente e de águas

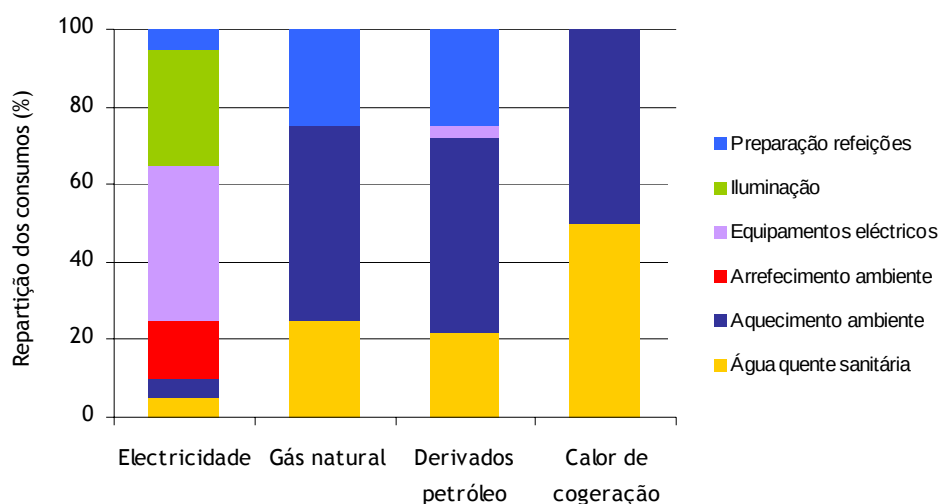


Figura 31 - Repartição da utilização de energia final por vector (sector dos Serviços)

É considerado como **nível de actividade** o valor acrescentado bruto (VAB) para o sector. Este indicador económico traduz o valor bruto da produção no sector deduzido do custo das matérias-primas e de outros consumos no processo produtivo. A opção por este nível de actividade resulta do facto de ser representativo da evolução económica do sector, sendo um dos principais factores do aumento dos consumos energéticos. Apesar da evolução do consumo depender de outros factores (como o n.º de edifícios e infra-estruturas), a análise não pode assentar nesses elementos, devido à inexistência de dados estatísticos e de estudos previsionais da sua evolução futura. O VAB do sector dos Serviços cresceu mais de 30% entre 1995 e 2005, o que corresponde a um ritmo de crescimento superior ao VAB total nacional, como reflexo da chamada “tercerização da economia”. Este facto poderá justificar o elevado aumento verificado em termos de utilização de energia (CEEETA 2002).

Relativamente à desagregação do nível de actividade pelos vários ramos da árvore, a indisponibilidade de informação detalhada, conduz ao pressuposto de que cada utilização final tem igual peso no VAB. Assim, a evolução do consumo por vector está relacionada com a evolução prevista para o próprio VAB e com eventuais ganhos de eficiência no sector (tep/VAB).

A **intensidade energética** corresponde, neste caso, à relação entre o consumo de energia final e o VAB, sendo calculada com base na repartição dos consumos por vector e no nível de actividade (tabela 4).

Pela análise da tabela é possível constatar que as maiores intensidades energéticas, ou seja, as utilizações finais de energia com maior peso no VAB, parecem ser a do aquecimento ambiente a derivados de petróleo, dos equipamentos eléctricos e da iluminação.

Relativamente às emissões decorrentes do sector dos Serviços, consideram-se localmente as resultantes da utilização de gás natural e de derivados do petróleo. As emissões associadas ao consumo de electricidade são contabilizadas no processo de produção da electricidade e posteriormente afectas a este sector.

Tabela 4 - Intensidade energética por utilização em 2005 (sector dos Serviços)

	Intensidade energética (tep_{ef}/M€ VAB)			
	Electricidade	Gás natural	Derivados de petróleo	Calor de cogeração
Água quente sanitária	1,23	0,57	2,92	0,04
Aquecimento ambiente	0,82	0,74	6,63	0,04
Arrefecimento ambiente	2,47	---	---	---
Equipamentos eléctricos	6,25	0,40	---	---
Iluminação	4,93	---	---	---
Preparação de refeições	0,82	0,44	3,31	---

2.2.1.3. Sector da Indústria

Tal como nos restantes sectores de actividade referidos, também no sector Industrial o consumo de energia final tem vindo a registar um aumento (cerca de 32% entre 1990 e 2004). No entanto, tem-se verificado uma redução da importância relativa do sector Industrial no total do consumo de energia final do país (de 35% em 1990 para 29% em 2004), o que acompanha a tendência verificada na União Europeia a 25. De destacar que, ao contrário dos sectores Doméstico e Serviços, o peso do sector da Indústria em termos de energia final consumida é superior em Portugal relativamente à União Europeia. Em Portugal, as actividades mais dinâmicas continuam a ser as mais intensivas em energia, caso do cimento, cerâmica e vidro, metalomecânica e papel, contrariamente ao que se verifica em alguns países da UE, onde os sub-sectores de elevado valor acrescentado e baixo consumo energético têm apresentado grande dinamismo (CEEETA 2002).

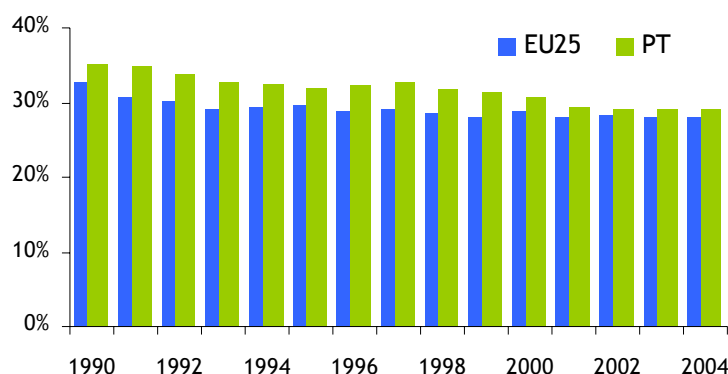


Figura 32 - Peso da Indústria no total de energia final (EUROSTAT 2007)

Em termos de intensidade energética, refere-se que, em 2005, se verificou em Portugal um valor de 230tep/€VAB, enquanto que a média europeia (EU25) foi de 160tep/€VAB.

Em 2005, a Indústria foi, ao nível de energia final, o segundo sector mais energívoro, com um consumo que representou cerca de 29% do consumo nacional (5 523 544 tep) (DGEG 2006). A desagregação da estrutura dos consumos (figura 33) permite verificar que houve uma utilização bastante equilibrada dos diversos vectores, com excepção do carvão que apenas contribuiu em 0,3% para o consumo final do sector. Verifica-se que há um recurso predominante aos derivados do petróleo, que incluíram o consumo de coque do petróleo (54%), fuelóleo (26%), gásóleo (10%), GPL (9%) e quantidades residuais de petróleos. Tal como para o sector dos Serviços, para efeito do estudo não é considerada a contribuição do petróleo não energético (lubrificantes, asfaltos, parafinas, solventes e propileno).

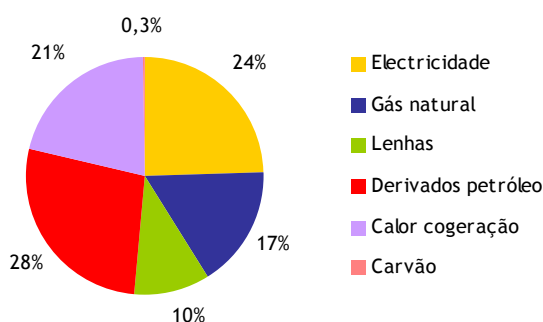


Figura 33 - Repartição dos consumos por vector em 2005 (sector da Indústria) (DGEG 2006)

Em termos de desagregação dos consumos por utilização final, considera-se uma representação em árvore que permite efectuar a avaliação do consumo ao nível da utilização (figura 34).

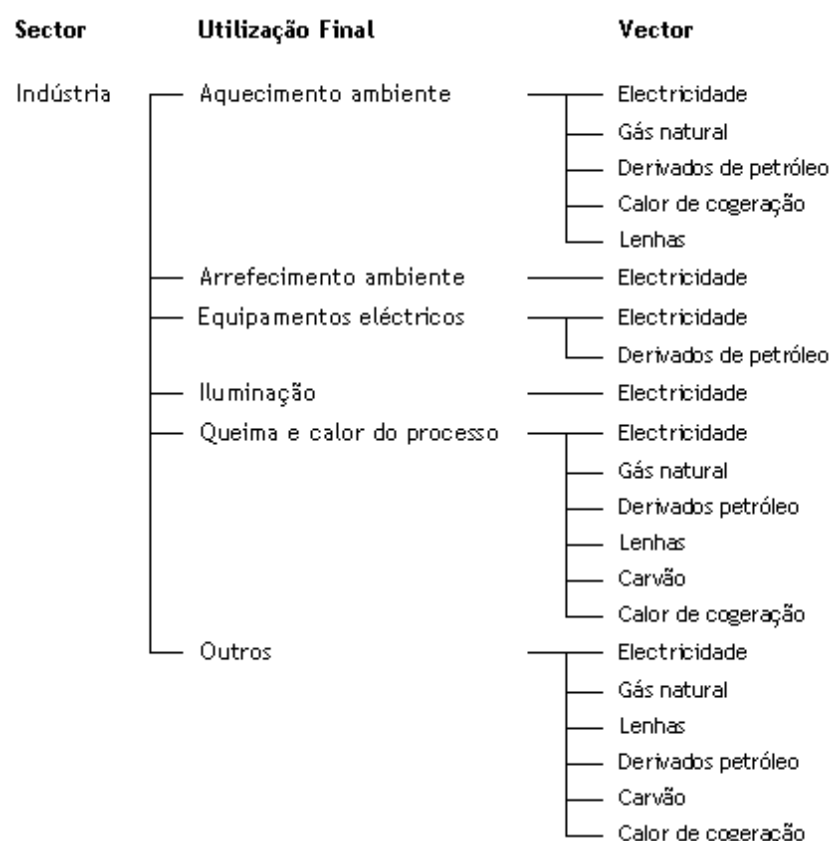


Figura 34 - Representação em árvore da procura no sector da Indústria

Relativamente à distribuição dos consumos por tipo de utilização e vector, assume-se a repartição representada na figura 35. Os pressupostos a considerar para essa repartição são os descritos na tabela 5.

Tabela 5 - Pressupostos para a repartição dos consumos por utilização (sector da Indústria)

Vector	Pressupostos
Electricidade	♦ A utilização de electricidade é predominante para equipamentos eléctricos e iluminação ♦ As restantes possíveis utilizações são efectuadas com recurso preferencial a outros vectores
Gás natural	♦ Genericamente considera-se que a utilização destes vectores cobre as actividades de queima e calor do processo, aquecimento ambiente e outras actividades com menores consumos, nomeadamente: - o Considera-se que a utilização predominante é a queima e o calor do processo, actividade essencial em Indústria - o No caso do gás natural, derivados do petróleo, calor de cogeração e lenhas, assume-se que são igualmente utilizados, mas em menor percentagem, para aquecimento ambiente - o São assumidas outras possíveis utilizações, com um peso muito pouco significativo, no caso do gás natural, dos derivados de petróleo, das lenhas e do carvão
Derivados de petróleo	
Calor de cogeração	
Lenhas	
Carvão	

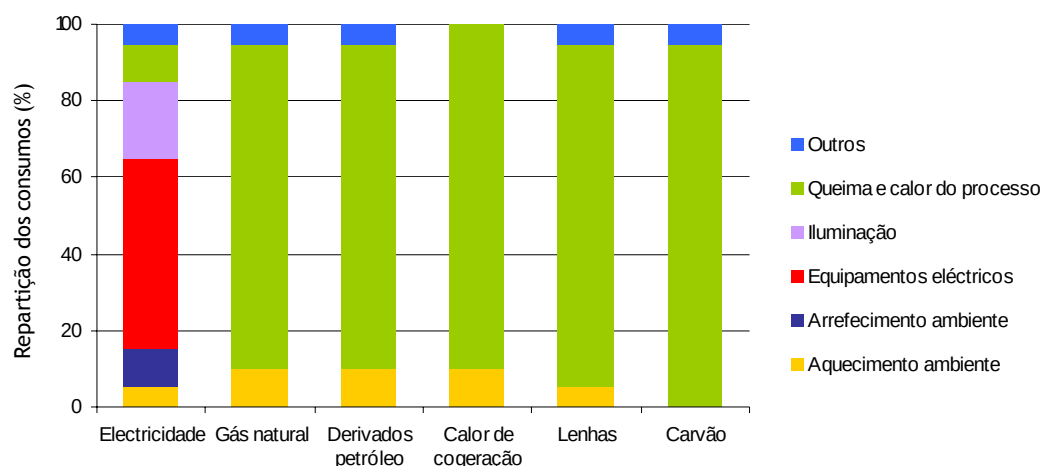


Figura 35 - Repartição da utilização de energia final por vector (sector da Indústria)

Tal como para o sector dos Serviços, considera-se como **nível de actividade** o valor acrescentado bruto (VAB) (INE 2006) por se considerar ser um indicador económico representativo da evolução do sector Industrial de alguma forma relacionável com o consumo energético.

Em termos de desagregação pelos vários ramos da árvore, considera-se que cada utilização tem igual peso no VAB. Assim, a sua evolução no tempo está relacionada com o progresso do próprio VAB e com possíveis ganhos de eficiência no uso (tep/VAB)

Para o cálculo da **intensidade energética** em 2005 (relação entre o consumo de energia final e o VAB) consideram-se os dados do balanço energético da DGEG (DGEG 2006) e do nível de actividade, obtendo-se os resultados apresentados na tabela 6.

Realça-se a importância dos usos para calor que correspondem aos valores mais elevados de intensidade energética.

Tabela 6 - Intensidade energética por utilização em 2005 (sector industrial)

	Intensidade energética (tep _{ef} /M€ VAB)					
	Electricidade	Gás natural	Derivados de petróleo	Calor de cogeração	Lenhas e resíduos vegetais	Carvão
Aquecimento ambiente	3,05	4,18	6,80	5,27	1,29	---
Arrefecimento ambiente	6,10	---	---	---	---	---
Equipamentos eléctricos	30,52	---	---	---	---	---
Iluminação	12,21	---	---	---	---	---
Queima e calor do processo	6,10	35,55	23,26	57,82	0,72	47,41
Outros	3,05	2,09	1,29	3,40	0,04	---

Relativamente às emissões decorrentes do sector, consideram-se localmente as que resultam da utilização de gás natural, de derivados do petróleo e de carvão. As emissões associadas ao consumo de electricidade são contabilizadas a montante no processo de produção da electricidade, ainda que, como anteriormente referido, devam posteriormente ser afectas a cada sector de uso final.

2.2.1.4. Sector dos Transportes

O sector dos Transportes é o maior consumidor de energia final em Portugal, tendo ultrapassado o da Indústria em 1992, fruto de uma taxa de crescimento média que se mantém, desde 1990, em cerca de 6% ao ano. Esta taxa de crescimento do consumo de energia coloca Portugal na 6.^a posição dos países com maiores taxas de crescimento na União Europeia, e corresponde a cerca de três vezes a taxa média europeia (CEEETA 2002). O peso relativo do sector em Portugal tem-se mantido sempre superior ao verificado na União Europeia (figura 36).

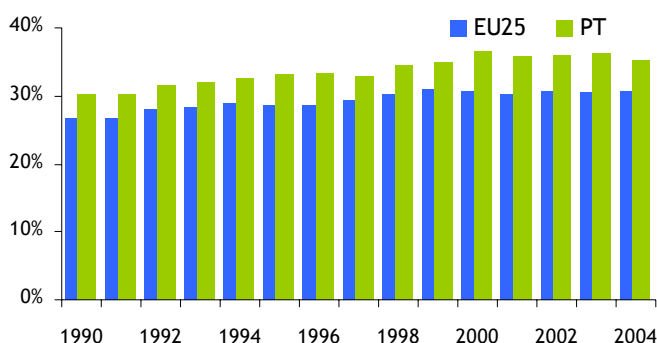


Figura 36 - Peso dos Transportes na energia final (EUROSTAT 2007)

Comparando os consumos específicos verificados em Portugal com os da UE em 2005 verificam-se duas situações distintas:

- O consumo específico dos transportes de passageiros em Portugal é inferior à média europeia (34tep/Mpkm vs 40tep/Mpkm, respectivamente).
- Nos transportes de mercadorias, em Portugal o consumo foi de 86tep/Mtkm, valor muito superior ao verificado na UE (55tep/Mtkm).

O forte crescimento dos consumos neste sector é explicado, sobretudo, pelo crescimento muito acentuado do transporte individual de passageiros, e pela predominância do modo rodoviário no transporte de mercadorias. Simultaneamente verificou-se uma redução, em termos absolutos, da utilização do peso do transporte colectivo (figura 37).

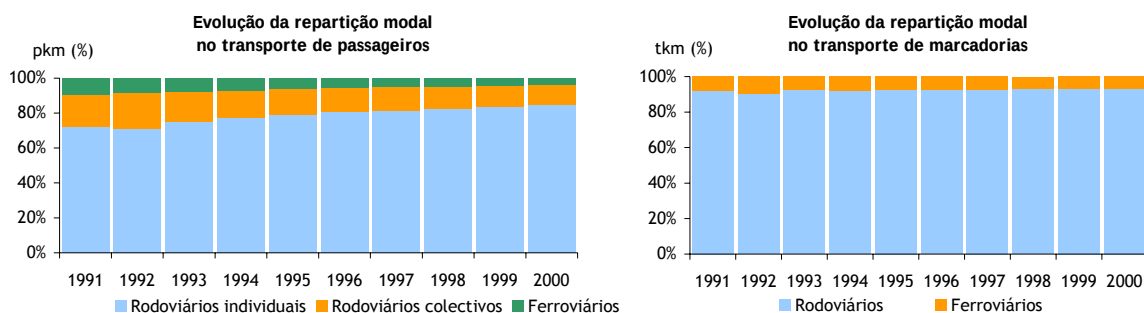


Figura 37 - Evolução do peso dos diferentes tipos de transportes (CEEETA 2002)

Os factores explicativos desta evolução no sector dos Transportes são variados: houve um acelerado processo de "convergência real", em matéria de taxas de motorização e de consumos *per capita* neste sector, em parte resultante do aumento do rendimento disponível das famílias e de facilidades de acesso ao crédito; também é conhecido que, em termos de desenvolvimento das infra-estruturas de transporte, a aposta tem privilegiado claramente o modo rodoviário em detrimento de outros, energeticamente mais eficientes, como sejam o ferroviário (CEEETA 2002).

Em 2005, o sector dos Transportes foi o principal consumidor de energia final, representando cerca de 35% do consumo nacional (6 894 315 tep) (DGEG 2006). O consumo neste sector depende quase exclusivamente do petróleo e seus derivados (figura 38), verificando-se a predominância do gasóleo (63% do consumo), usado principalmente em transportes rodoviários, mas também nos transportes ferroviários e nos transportes por água; segue-se a utilização das gasolinas (com 28%) em transportes rodoviários e, residualmente, em aviões; e dos jets (7%), usados unicamente na aviação. Os restantes combustíveis são usados em muito menores quantidades (1% de fuelóleo em barcos; 0,6% de electricidade em comboios; 0,3% de GPL e 0,2% de gás natural, em transportes rodoviários).

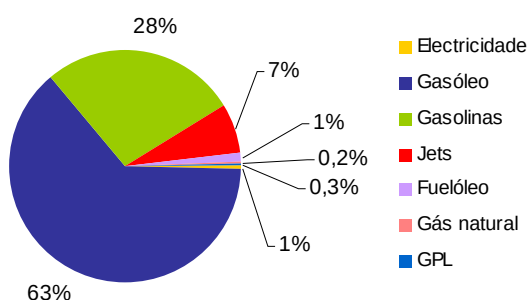


Figura 38 - Repartição dos consumos por vector em 2005 (sector dos Transportes) (DGEG 2006)

Em termos de desagregação dos consumos por utilização final, considera-se uma representação em árvore que permite efectuar a avaliação do consumo por tipo de meio de transporte.

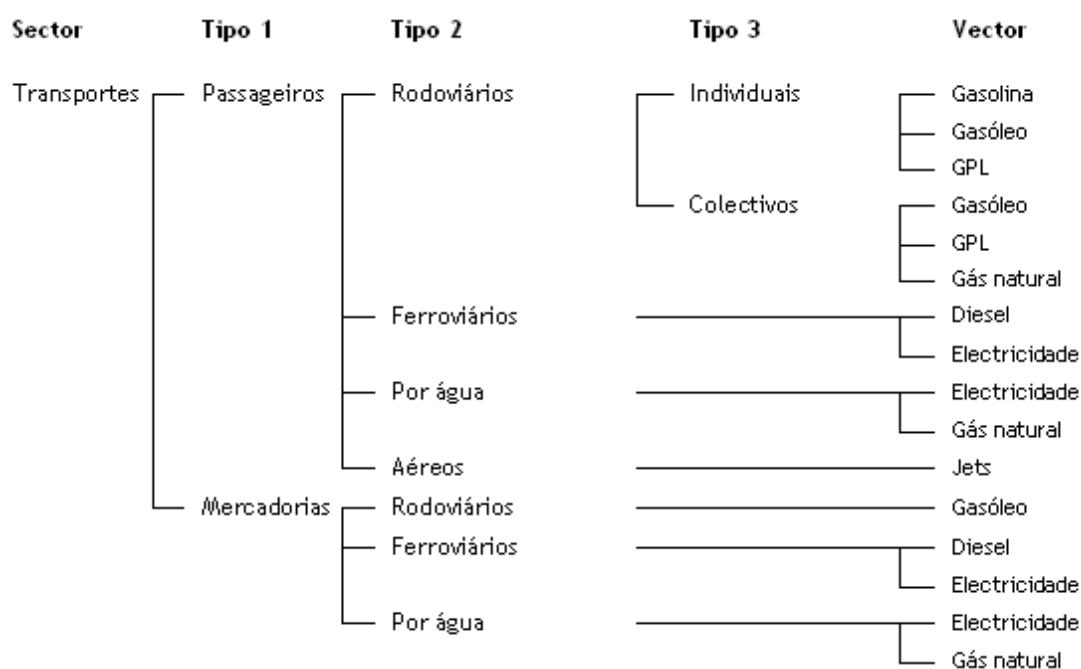


Figura 39 - Representação em árvore da procura no sector dos Transportes

Para a repartição dos consumos, são assumidos os pressupostos apresentados na tabela 7, que resultam na distribuição dos consumos por meio de transporte e vector apresentada na figura 40.

Tabela 7 - Pressupostos para a repartição dos consumos por utilização (sector Transportes)

Vector	Pressupostos
Gasolina	♦ De acordo com o balanço da DGEG, a gasolina é unicamente usada em transportes rodoviários. Assume-se que é usada em 100% em veículos de passageiros individuais
Gasóleo	♦ De acordo com o balanço, o gasóleo é usado nos seguintes tipos de transportes: - o Rodoviários: valores assumidos para transportes de passageiros individuais e colectivos e para transportes de mercadorias, - o Ferroviários: considerando um maior peso para os transportes ferroviários de passageiros do que para os de mercadorias, e - o Por água: repartição equitativa entre transportes de passageiros e de mercadorias
GPL	♦ Considera-se uma utilização predominante nos veículos colectivos de passageiros (70%) relativamente aos veículos de passageiros individuais (30%)
Gás natural	♦ Utilizado a 100% em transportes colectivos de passageiros
Electricidade	♦ Utilizada apenas em transportes ferroviários, de acordo com o balanço energético ♦ Assume-se uma repartição equitativa entre os veículos de passageiros e de mercadorias
Jets	♦ De acordo com o balanço da DGEG, são utilizados em 100% em transportes aéreos
Fuelóleo	♦ Usado em 100% em transportes por água. Considera-se uma utilização predominante nos transportes de mercadorias (85) relativamente aos de passageiros (15%)

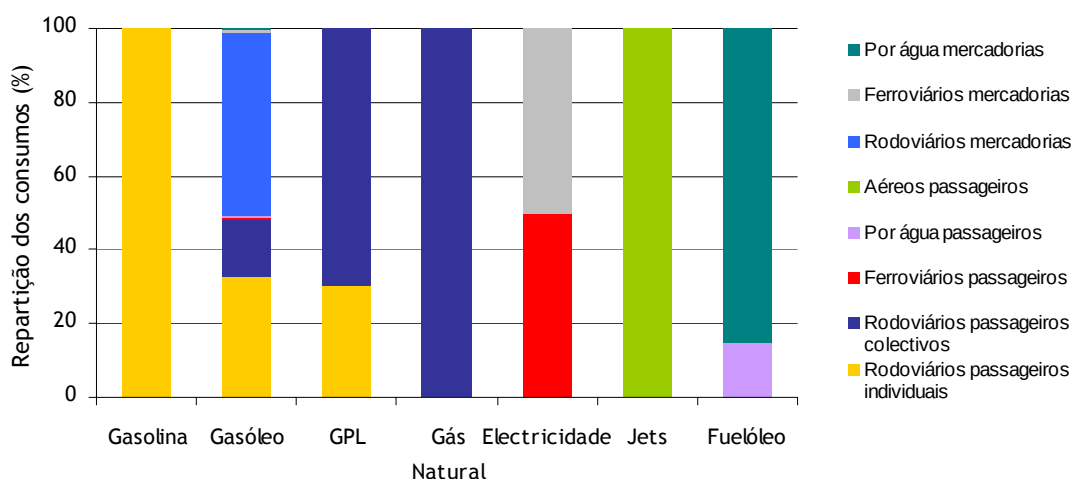


Figura 40 - Repartição da utilização de energia final por vector (sector dos Transportes)

No caso do sector dos Transportes, são conhecidos os consumos específicos por tipo de veículo, ou seja, a **intensidade energética** em termos de tep por passageiros-quilómetros (pkm), no caso dos veículos de passageiros e tep por tonelada-quilómetro (tkm), no caso dos veículos de mercadorias (tabela 8 e tabela 9). Para os transportes rodoviários, marítimos e fluviais consideram-se os dados do PNAC (PNAC, Seixas et al. 2006a) e, para os ferroviários e aéreos, os valores apresentados na *Technology Database* do LEAP.

Tabela 8 - Intensidade energética veículos de passageiros em 2005

Veículos de passageiros	Intensidade energética (gep_{ef}/pkm)						
	Gasolina	Gasóleo	GPL	Gás natural	Electricidade	Fuelóleo	Jet
Rodoviários individuais	40,5	40,5	40,5	---	---	---	---
Rodoviários colectivos	---	20,4	20,4	20,4	---	---	---
Ferroviários	---	9,9	---	---	8,2	---	---
Por água	---	38,0	---	---	---	38,0	---
Aéreos	---	---	---	---	---	---	1812,8

Tabela 9 - Intensidade energética veículos de mercadorias em 2005

Veículos de mercadorias	Intensidade energética (gep_{ef}/tkm)		
	Gasóleo	Electricidade	Fuelóleo
Rodoviários	90,4	---	---
Ferroviários	20,7	11,5	---
Por água	6,1	---	14,8

O nível de actividade é determinado a partir dos consumos específicos e do consumo energético por meio de transporte, obtendo-se um total de 121 Mpkkm percorridos em 2005 por veículos de passageiros e 35 Mtkm por veículos de mercadorias. A sua repartição por meio do transporte é apresentada na figura 41:

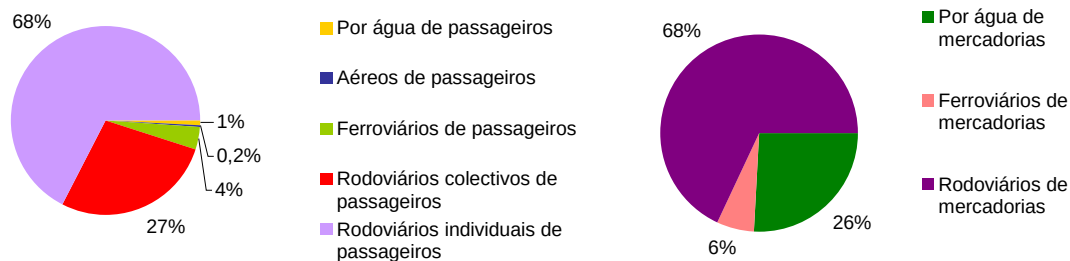


Figura 41 - Taxa de penetração dos modos de transporte em 2005

Em termos de nível de utilização dos transportes, aqui medida como número de pkm, no caso dos veículos de passageiros, e de tkm, no caso dos de mercadorias, verifica-se que os transportes rodoviários são os mais utilizados.

Relativamente à emissão de poluentes atmosféricos pela utilização de combustíveis, são considerados no modelo os factores de emissão do IPCC para os diferentes modos de transporte e tipo de combustível (IPCC 1996).

2.2.1.5. Sector “Outros”

Os restantes sectores considerados (Agricultura e Pescas e a Construção e Obras Públicas) têm tido um crescimento médio do consumo energético de 2% ao ano, o que se tem traduzido numa manutenção do peso da energia que utilizam em torno dos 8% desde 1990, constituindo os sectores com menor peso no consumo energético nacional.

Em 2005, foi esta a situação verificada, tendo estes sectores tido a menor contribuição para o consumo energético nacional (7% que corresponderam a 1 297 196 tep). A desagregação da estrutura dos consumos de energia final (figura 42) permite verificar a predominância em ambos os sectores dos derivados do petróleo (73% do consumo na agricultura e pescas e 80% na construção, repartidos em GPL, gasolinas, gasóleo, fuelóleo e petróleos), seguidos do consumo de electricidade (23% na agricultura e pescas e 16% na construção). Em menor percentagem, verificou-se a utilização de gás natural e de calor de cogeração.

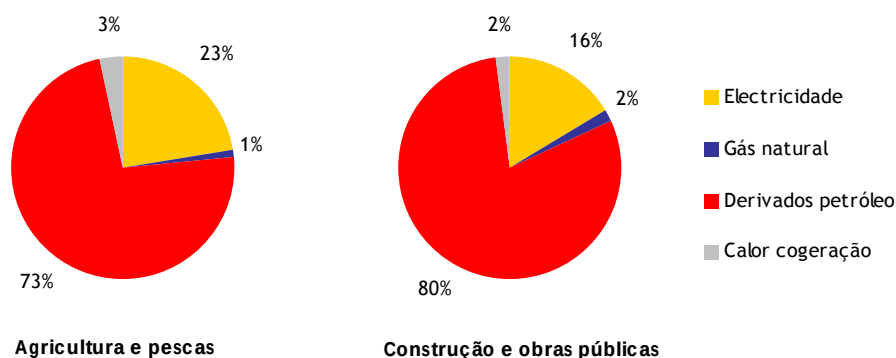


Figura 42 - Repartição dos consumos por vector em 2005 (sector “Outros”) (DGEG 2006)

Para a desagregação dos consumos por utilização final, a representação em árvore considerada limita a análise dos consumos ao nível do vector, por se considerar que a relativamente baixa contribuição destes sectores para o consumo total de energia final, associada à habitual falta de informação discriminada, não justifica uma desagregação da informação por tipos de utilização específica.

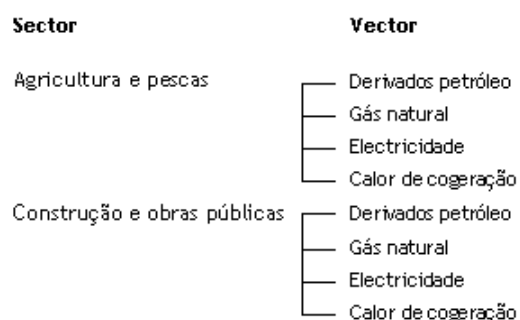


Figura 43 - Estrutura em árvore para a procura no sector “Outros”

A repartição dos consumos por vector para 2005, de acordo com o balanço energético da DGEG, é a apresentada na figura 44.

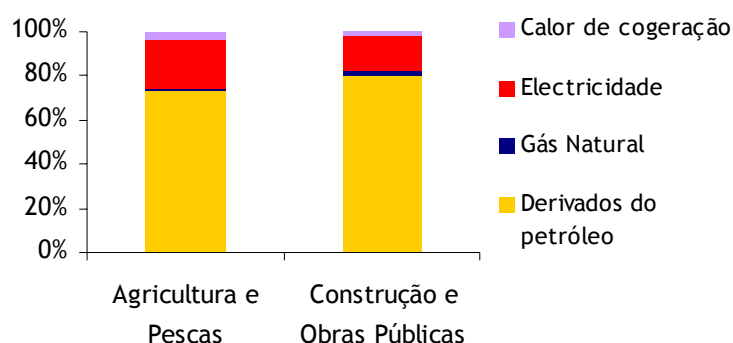


Figura 44 - Repartição da utilização de energia final por vector (sector “Outros”)

Novamente, considera-se como **nível de actividade** o valor acrescentado bruto (VAB), por ser um indicador económico representativo da evolução destes sectores.

Em termos de desagregação pelos vários ramos da árvore, considera-se que cada utilização tem igual peso na estrutura do VAB. Assim, a sua evolução no tempo está

apenas relacionada com a evolução do próprio VAB e com eventuais ganhos de eficiência no uso.

Finalmente, a intensidade energética para 2005 é determinada pela razão entre o consumo de energia final e o nível de actividade (figura 45).

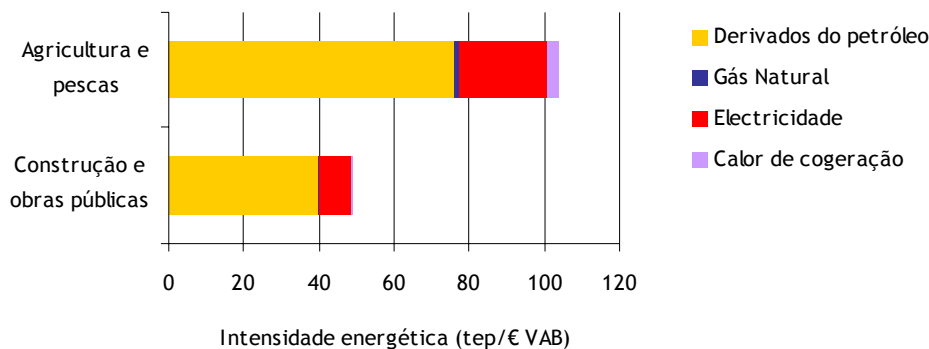


Figura 45 - Intensidade energética em 2005 (sector “Outros”)

São consideradas as emissões atmosféricas resultantes do consumo de energia nestes sectores, com incidência local oriunda do gás natural e dos derivados de petróleo.

2.2.2. Estrutura do consumo nacional em 2005

Na figura 46 apresenta-se a repartição dos consumos pelos vários sectores de actividade económica (valores totais e relativos).

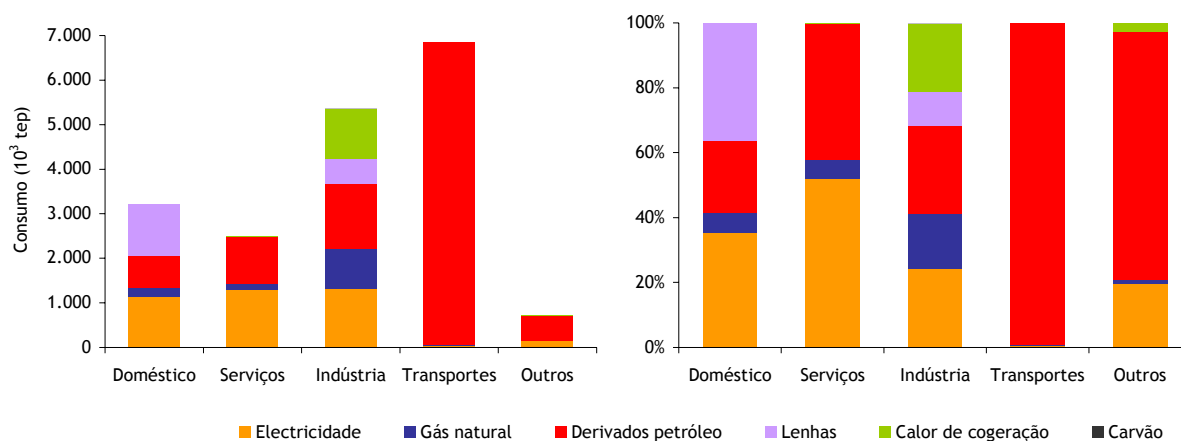


Figura 46 - Consumos de energia final por sector em 2005

A análise da figura permite comprovar o elevado peso que os derivados do petróleo tiveram em 2005 em qualquer um dos sectores de actividade, correspondendo a perto de 100% dos consumos de energia final do sector dos Transportes. A electricidade foi o segundo vector com maior procura final, sendo ainda possível verificar que a utilização de gás natural permanece relativamente baixa. O calor de cogeração praticamente só teve representação no sector da Indústria e o carvão praticamente não foi utilizado como vector final em 2005.

A figura 47 reorganiza por vector energético a informação apresentada.

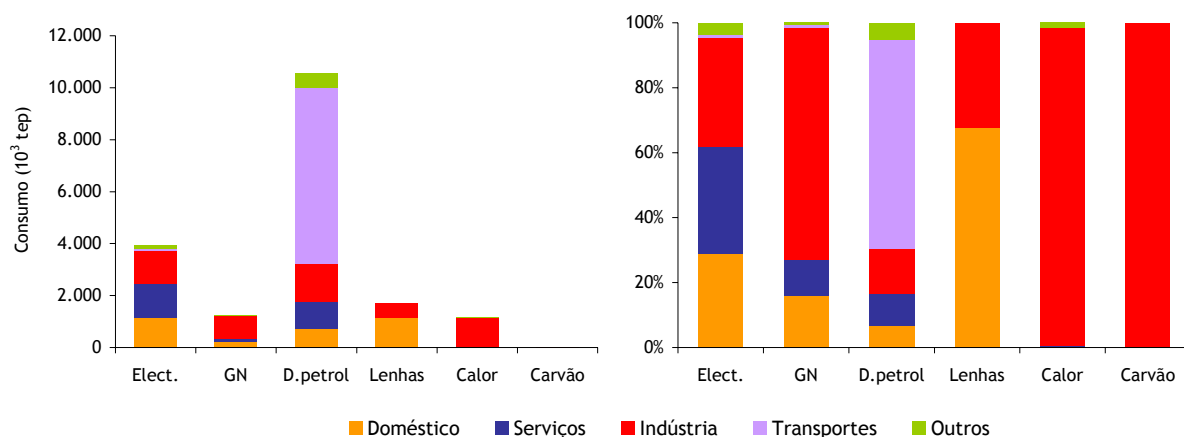


Figura 47 - Consumos de energia final por vector em 2005

Pela análise da figura é possível verificar que o sector Industrial foi praticamente o único responsável pelo consumo de carvão e de calor de cogeração, tendo tido também o maior peso no caso do gás natural. O sector dos Transportes apenas foi representativo no consumo de derivados de petróleo e o peso do sector “Outros” é diminuto.

Na figura 48 está representado o peso estimado que cada utilização tem no consumo final de energia nos sectores Doméstico, Serviços e Indústria.

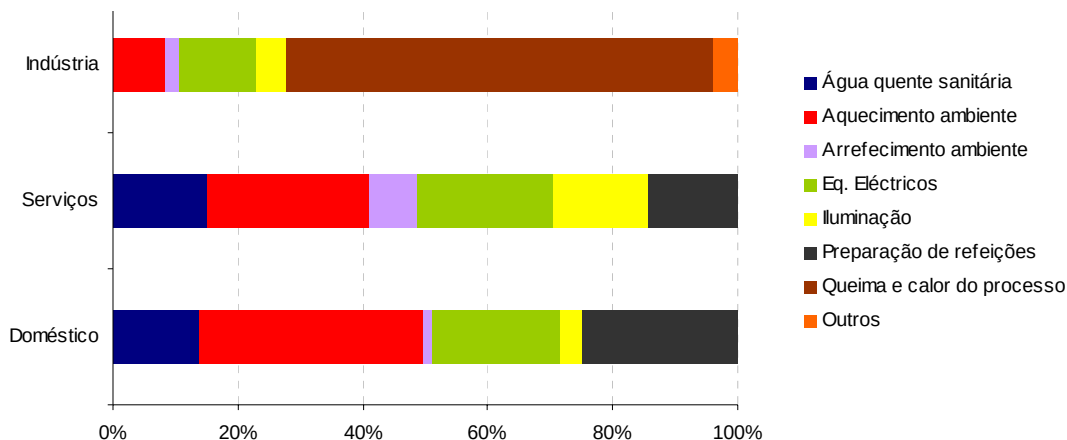


Figura 48 - Peso das utilização de energia em cada sector

É possível verificar que, no sector Doméstico, o aquecimento ambiente, os electrodomésticos e a preparação de refeições constituem os usos de energia final com maior peso no consumo do sector. O arrefecimento ambiente tinha em 2005 uma baixa representação.

No sector dos Serviços, o aquecimento ambiente e os equipamentos eléctricos são os usos com maior peso no consumo final do sector. O arrefecimento ambiente, ainda que tenha maior expressão do que no sector Doméstico, constitui a utilização com menor peso no consumo do sector.

No caso dos processos industriais, a queima e o calor de processo são a utilização de energia final com maior peso nos consumos do sector, representando perto de 70% do total consumido.

2.2.3. Transformação

A energia final pode ser consumida como combustível na forma natural ou resultar de transformações a partir de combustíveis ou de fontes renováveis (como no caso da electricidade). Para essas transformações, é necessário caracterizar as infra-estruturas do sistema eléctrico nacional, incluindo o conjunto de unidades de produção de electricidade e as redes de transporte e de distribuição de electricidade. De igual modo é necessário caracterizar as infra-estruturas para o transporte do gás natural e para a refinação do petróleo. Assim, para a modelação da transformação de energia em Portugal consideram-se os seguintes módulos:

- Produção de electricidade
- Refinação do petróleo
- Transporte e distribuição de electricidade
- Transporte e distribuição de gás natural

Para cada um dos módulos, os requisitos do LEAP em termos de informação são diferentes, consoante a sua natureza e complexidade. Por exemplo, no caso da caracterização das redes de transporte e distribuição de energia, apenas são inseridos dados relativos às perdas nas redes. Já no caso da produção de electricidade, dada a existência de diversas tecnologias de produção, é necessário, não só caracterizar cada uma delas, como definir a capacidade e a ordem de despacho das centrais. O módulo da refinação, ainda que semelhante ao da produção de electricidade em termos de características a considerar, é mais simples de modelar, uma vez que é caracterizado como um módulo simples, ou seja, com um único processo.

Nos pontos seguintes é apresentada informação mais detalhada para cada um dos módulos. Tal como efectuado na caracterização da procura, para além da descrição da situação verificada no ano base, também é relatada a evolução histórica que as tecnologias de transformação energética sofreram, procurando estabelecer-se uma comparação com a situação verificada na Europa. Os valores usados para caracterizar o módulo no LEAP são apresentados de forma discriminada no Anexo II (Tabela A 7 e Tabela A 8).

2.2.3.1. Transporte e distribuição e de energia

A rede de transporte de electricidade estabelece a interligação entre os principais centros produtores e as redes de distribuição, bem como a interligação com a restante rede eléctrica Europeia. A rede é quase exclusivamente constituída por linhas aéreas, sendo utilizados três níveis de tensão: 400 kV, 220 kV e 150 kV. As redes de distribuição têm a função de conduzir a electricidade das subestações da rede de transporte até às instalações dos consumidores. É também à rede de distribuição que estão ligados os centros produtores de menor dimensão, nomeadamente os dos produtores em regime especial. As redes de distribuição compreendem as redes de alta tensão, a 60 kV, as redes de média tensão a 30 kV, 15 kV e 10 kV e as redes de baixa tensão a 400 e 230 V.

No caso do gás natural, para além da rede de transporte em alta pressão, foram definidas áreas de concessão para distribuição de gás natural. Subsiste, no entanto, uma parte significativa do território nacional fora das áreas de concessão, nomeadamente todo o interior a norte do Douro e o sul do país. Os consumidores destas zonas são abastecidos por via das chamadas unidades autónomas de regaseificação de gás natural (UAG), dado que a sua baixa densidade populacional e os longos percursos envolvidos para atingir os clientes tornam absolutamente inviável, pelo menos numa primeira fase, a extensão da rede principal. As UAG são unidades alimentadas de gás natural liquefeito, transportado em camião cisterna, onde se procede à regaseificação do gás e à sua injeção em redes locais autónomas.

Para a modelação da distribuição e do transporte de energia é utilizado um módulo LEAP do tipo “não despachável” que inclui como processos o transporte e a distribuição de electricidade e de gás natural. O único tipo de informação requerido por este módulo é relativo às perdas nas redes, cujos valores são conhecidos para 2005 (figura 49).

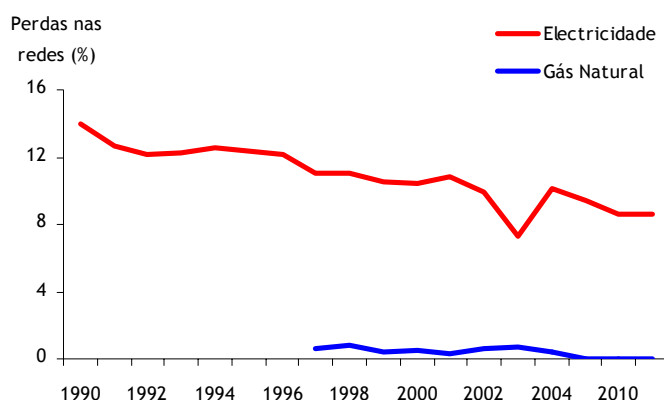


Figura 49 - Evolução das perdas nas redes (ERSE 2005)

A evolução das perdas nas redes tem tido uma tendência decrescente nos últimos anos, fruto do investimento que tem sido efectuado nesta área.

2.2.3.2. Produção de electricidade

No actual enquadramento legislativo do sector eléctrico, a produção de electricidade divide-se na Produção em Regime Ordinário (PRO) e na Produção em Regime Especial (PRE), em que:

- A PRO inclui as fontes tradicionais não renováveis (centrais a fuelóleo, gásóleo, carvão e gás natural) e grandes centros electroprodutores hídricos;
- A PRE abarca a cogeração e a produção a partir de fontes de energia renováveis (aproveitamentos eólicos ou solares fotovoltaicos, a gerada em centrais mini-hídricas, bem como a partir da combustão de biomassa, biogás, entre outras).

A capacidade instalada em Portugal tem aumentado continuamente, verificando-se um claro domínio das fontes de produção tradicionais (grande hídrica e térmica) (figura 50). A partir de 1992, verifica-se, no entanto, um crescimento rápido da capacidade instalada de produtores em regime especial.

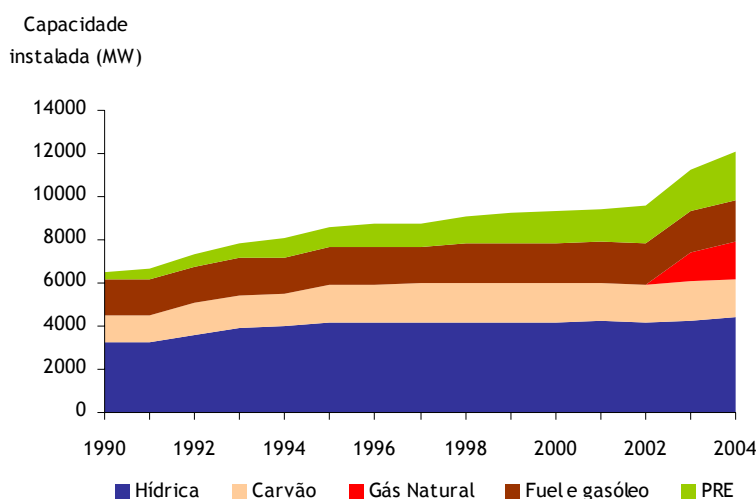


Figura 50 - Evolução da potência eléctrica instalada em Portugal continental (ERSE 2005)

A legislação publicada no domínio da PRE nos últimos anos, da qual se destaca a *Directiva das Renováveis* que define os objectivos de penetração das energias renováveis para o ano 2010 (PE 2001), veio dinamizar o desenvolvimento da PRE. Este facto pode constatar-se na figura 50, sendo claro que nos últimos seis anos a potência instalada em termos de PRE teve um acréscimo superior a 90%, atingindo em 31 de Dezembro de 2005 um total de cerca de 3GW. Para esse aumento é relevante a contribuição da eólica, com um acréscimo de 900MW de potência instalada entre 2000 e 2005, o que representa um crescimento superior a 1000%.

Nesse período é também de realçar o acréscimo da contribuição da cogeração em energia entregue à rede, que praticamente triplicou. Verifica-se também um acréscimo na componente relativa às pequenas centrais hidroeléctricas, com um aumento de cerca de 30% comparativamente à potência instalada no final de 2000.

Comparando com a situação ao nível da União Europeia, a contribuição da produção de electricidade a partir de fontes renováveis para o consumo total de electricidade em Portugal é muito superior à média dos países europeus (figura 51).

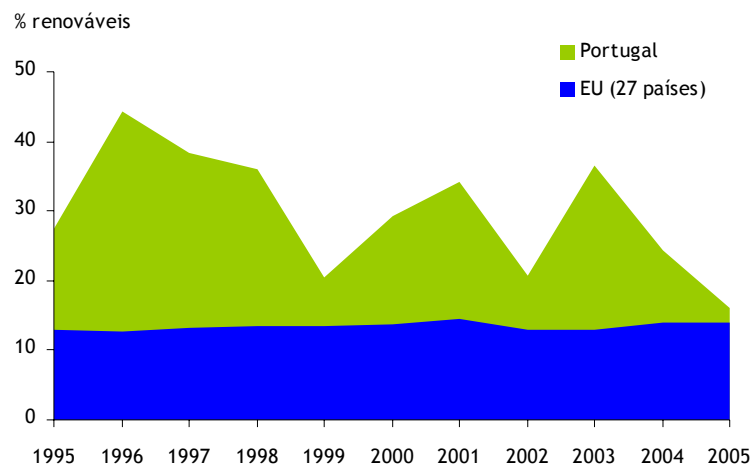


Figura 51 - Contribuição das renováveis para o consumo de electricidade (EUROSTAT 2007)

A figura permite ainda constatar a forte dependência do sistema eléctrico nacional da componente hídrica, na medida em que os mínimos da área relativa a Portugal correspondem a anos com um regime hidrológico considerado seco (situação verificada nos anos 1995, 1999, 2002 e 2005). Em Portugal, as centrais hídricas são aliás essenciais no panorama das energias renováveis, não só por constituírem a fonte mais importante de energia renovável presente na rede eléctrica do território continental, mas também pelo facto de as centrais hidroeléctricas de albufeira terem um importante papel no controlo de cheias e no fornecimento de energia para as pontas de consumo, já que o seu tempo de ligação é muito curto relativamente ao das centrais termoeléctricas e não gastam combustível em *stand-by*, o que não é o caso das centrais termoeléctricas.

Em 2005 a potência instalada em Portugal atingiu cerca de 13,2 GW, repartida por vários grupos de tecnologias (figura 52).

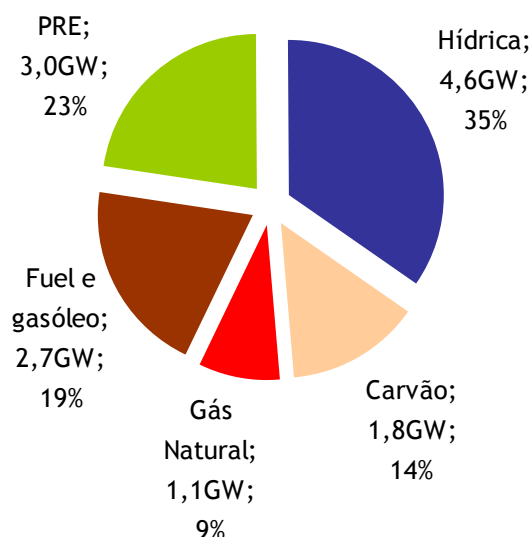


Figura 52 - Repartição da potência instalada em 2005 (ERSE 2005)

Relativamente à informação requerida pelo LEAP para a caracterização da produção de electricidade no ano base, para além dos dados sobre a capacidade instalada em 2005, é ainda necessário caracterizar as centrais em termos de produção, eficiência, disponibilidade máxima, capacidade de crédito e factores de emissão de GEE (ver valores considerados no Anexo II - Tabela A 8). Como acima referido, a influência do regime hidrológico na produção de electricidade é significativa. Para o presente trabalho, opta-se por simular um ano considerado médio (índice de produtividade hidroeléctrica igual a 1). Assim, a caracterização das albufeiras, fios de água e centrais mini-hídricas em termos de disponibilidade máxima é efectuada tendo em atenção esse aspecto, sendo considerada uma média das horas anuais de produção equivalente verificadas entre 1997 e 2006 (DGEG 2007).

Para despacho das centrais é utilizada a modalidade de despacho por ordem de mérito, definindo-se uma ordem característica de um regime hidrológico médio. De forma a garantir que a produção das centrais dos arquipélagos da Madeira e dos Açores é integralmente despachada, atribui-se uma ordem de mérito igual a 1 a estas centrais. Segue-se a PRE que, por imposição legal, é a primeira a ser despachada, seguida da PRO, com a seguinte ordem: centrais de fios de água, albufeiras, centrais a carvão, a gás natural e, finalmente, as centrais a fuelóleo e a gasóleo. Embora a componente hídrica das albufeiras na operação do sistema tenha diferentes posições na ordem de mérito, assume-se, para efeitos de modelação, a ordem de mérito referida de forma a garantir que, em termos médios anuais, a utilização da hídrica é semelhante a um regime médio.

O LEAP começa por efectuar uma lista dos processos, dispostos por ordem de mérito. Esta informação é usada para determinar a capacidade disponível para cada grupo de processos com a mesma ordem de mérito, ou seja, as centrais que são despachadas de forma conjunta.

O despacho é efectuado de modo a satisfazer quer a procura anual de electricidade quer a procura instantânea para diferentes períodos do ano. Para tal, é necessário introduzir informação no modelo relativa à curva de carga do sistema verificada em 2005 (figura 53), que no *software* se efectua através da especificação da percentagem do pico de carga para dez postos horários.

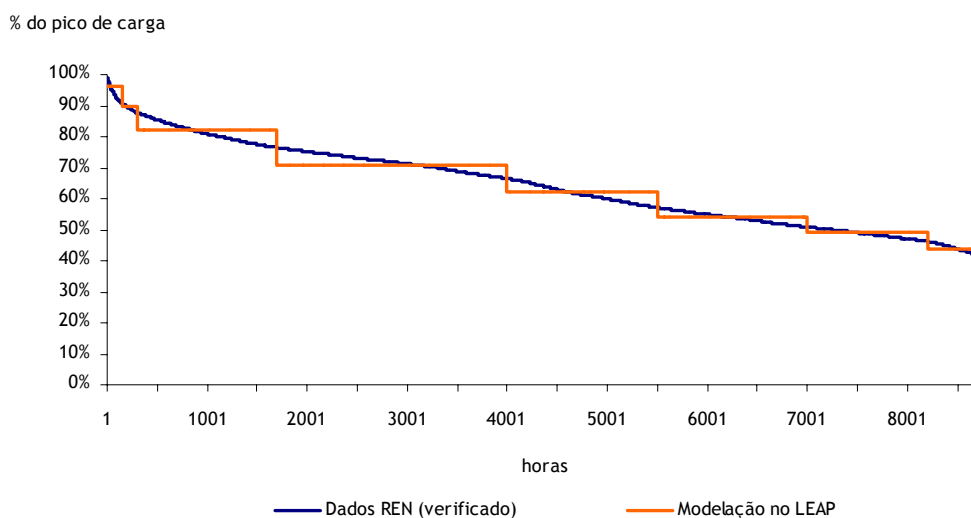


Figura 53 - Curva de carga do sistema para 2005 (REN 2007)

Com base na curva de carga do sistema, o LEAP faz uma aproximação, dividindo-a em 9 rectângulos verticais definidos pelos 10 pontos especificados (linha a laranja da figura 53). A altura de cada rectângulo é igual ao pico de carga verificado, multiplicado pela percentagem média da carga de dois pontos adjacentes. A sua largura corresponde à diferença em horas entre esses mesmos pontos adjacentes. Cada central é despachada (se necessário) até ao limite do seu factor de capacidade máximo em cada período de despacho.

De salientar que o modelo apenas permite impor uma ordem para despacho das centrais com uma base anual, o que impede uma análise detalhada do despacho, por exemplo, numa base diária. Por outro lado, o facto de se ter optado por considerar as tecnologias de forma integrada, isto é, sem uma discriminação por centrais específicas do país, obriga a que o despacho de uma determinada tecnologia seja efectuado em bloco, ainda que, na realidade, o peso que os custos das tecnologias têm no despacho, possa conduzir a situações de intercalamento de tecnologias

diferentes. Apesar das limitações de um modelo para análise “macro” como é o LEAP, considera-se que o impacto nos resultados globais é limitado e não impeditivo do seu uso para análise estratégica de longo prazo.

No estudo realizado não são impostos valores para a importação e a exportação de electricidade ou combustíveis, optando-se por considerar os valores calculados pelo próprio modelo.

Relativamente à caracterização das diferentes tecnologias em termos económicos, são inseridos no modelo dados indicativos que permitam quantificar os custos associados à produção de uma unidade de energia para cada tipo de tecnologia considerada. Também aqui há algum grau de simplificação já que o custo por unidade de energia produzida não é uniforme dentro de cada tecnologia e, sobretudo, no caso de algumas renováveis, tende a crescer com a potência instalada acumulada. Como fontes de informação utilizam-se dados da REN (com autorização de publicação sob a forma de índice), e do Programa Nacional de Barragens (Instituto da Água 2007).



Figura 54 - Custos de produção de electricidade por tecnologia utilizados no estudo

Finalmente, em relação às emissões de GEE, considera-se que estas poderão resultar do despacho das centrais a fuelóleo, gasóleo, carvão, gás natural, cogeração a gás natural e a fuelóleo e centrais a resíduos. São usados os factores de emissão do IPCC (IPCC 1996) disponíveis na base de dados tecnológica do LEAP.

2.2.3.3. Refinação do petróleo

Os produtos derivados da refinação de petróleo são os combustíveis mais consumidos em Portugal. A dinâmica de crescimento dos produtos de petróleo tem sido forte em todos os sectores consumidores e extraordinariamente sustentada no tempo - mais de 4% ao ano, desde 1973. Além de representarem quase 100% da energia consumida nos transportes, estes produtos são a forma de energia mais consumida na Indústria e, ainda no ano 2000, foram também matéria-prima para quase 20% da electricidade produzida de Portugal (DGE 2002).

A capacidade de refinação de petróleo do país situa-se em torno de 14,5 milhões de toneladas por ano, repartida entre Matosinhos, com cerca de 26% dessa capacidade, e Sines com os restantes 74%. Apesar dessa capacidade de refinação, Portugal importa produtos refinados, nomeadamente gasóleo e gases de petróleo liquefeitos. Para além da informação relativa à capacidade assume-se uma disponibilidade máxima e uma capacidade de crédito de 100%.

As duas refinarias de petróleo existentes em Portugal são simuladas como um único processo dentro do módulo de refinação, não se aplicando, neste caso, a questão da ordem de despacho dos processos.

São consideradas as emissões associadas à transformação do petróleo bruto (IPCC 1996).

2.2.4. Recursos

Em Portugal não se regista actualmente a exploração de qualquer produto energético com origem fóssil. Os recursos nacionais conhecidos são constituídos por carvão de baixa qualidade e não competitivo com o carvão importado. Toda a produção de energia a partir de recursos endógenos no ano de 2005 assentou em fontes renováveis (DGE 2002).

A identificação dos recursos primários e secundários que o sistema utiliza é efectuada automaticamente pelo LEAP com base na informação introduzida nos módulos da procura e da transformação. Uma vez que não existe potencial nacional para a extracção de combustíveis fósseis, não é necessário caracterizá-los no modelo. No caso dos recursos renováveis, é necessário completar a listagem de recursos estruturada pelo modelo com informação relativa ao seu potencial, tendo sido assumidos valores que não limitassem a utilização da capacidade instalada por tecnologia renovável.

2.2.5. Calibração do modelo

Apesar de o horizonte de estudo ser alargado e de, consequentemente, existir uma forte influência dos pressupostos admitidos sobre os resultados obtidos, a comparação dos resultados para 2005 com os valores realmente verificados revela-se de extrema importância para garantir a melhor representação do modelo para esse período, e consequentemente para os anos mais próximos.

A calibração do modelo é efectuada pela comparação entre os dados do balanço energético nacional para 2005 (DGEG 2006) e os resultados do LEAP para esse mesmo ano. Com base nessa comparação, e dada a elevada quantidade de dados carregada no modelo, é possível verificar a consistência da informação inserida e ajustar alguns valores de referência, obtidos por consulta bibliográfica, de modo a garantir a boa correspondência dos resultados do LEAP com os valores do balanço energético.

Parte dos dados introduzidos no modelo, nomeadamente a intensidade energética da procura, são calculados já com base na informação do balanço energético de 2005. Assim, é de esperar uma elevada correlação entre os resultados e os valores reais, servindo as diferenças inicialmente verificadas para melhorar a consistência global do modelo, nomeadamente na modelação do despacho da produção de electricidade. Este processo reflectiu-se, nomeadamente, nas eficiências das centrais, na produção de electricidade e de calor (Tabela A 12 e Tabela A 13 do anexo III). Depois da correcção inicial, os desvios entre os resultados do LEAP para a procura de energia final em 2005 e os valores realmente verificados nesse ano são pouco significativos (inferiores a 0,0001% no total), podendo ser justificados pelos arredondamentos considerados (figura 55).

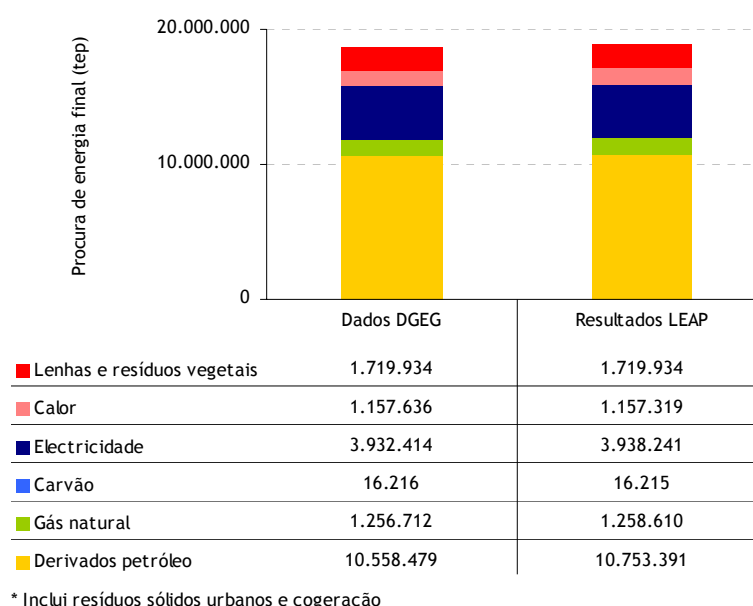


Figura 55 - Calibração do módulo da procura

A comparação entre os resultados e os valores verificados é apresentada com maior detalhe no Anexo III (Tabela A 14).

A semelhança entre os resultados do modelo e os dados do balanço energético verificada no módulo da procura, não acontece com o mesmo grau de precisão no módulo da transformação da energia (tabela 10).

Tabela 10 - Consumo de energia primária (resultados iniciais vs dados da DGEG)

Consumo de energia primária (tep)	DGEG	LEAP	Δ
Petróleo	13.405.405	12.284.188	-8,4%
Gás natural	3.761.085	3.368.021	-10,5%
Carvão	3.348.836	3.387.811	1,2%
Hídrica	440.148	1.059.524	58,5%
Renováveis	2.826.289	2.658.317	-5,9%
Outros*	207.000	212.108	2,4%
TOTAL	23.988.763	22.969.969	-4,2%

*Inclui resíduos sólidos urbanos e cogeração

Um dos motivos para a ocorrência de desvios superiores é o facto de o balanço energético entrar em consideração com a existência de variações de *stocks* e de diferenças estatísticas que não são utilizadas na caracterização do ano base. O LEAP tem a opção de utilizar dois módulos suplementares de modo a permitir precisamente a correspondência entre os resultados obtidos para o ano base e o balanço energético do país. Assim, é necessário caracterizar cada recurso utilizado em termos de variação de *stocks* e de diferenças estatísticas, de acordo com a informação do balanço energético (Anexo III - Tabela A 12).

Um outro aspecto que é necessário corrigir no ano base, é o balanço de importações e exportações de electricidade e de derivados de petróleo uma vez que, de modo a simplificar os cálculos e, dada a dificuldade em se projectar o saldo importador no futuro, se estava a considerar que tinha sido nulo. Novamente, prevendo este tipo de situação, o LEAP permite a imposição de um valor para as importações e para as exportações, que garanta uma representação mais fidedigna da realidade. Assim, para este exercício de calibração, carrega-se o modelo com os valores indicados no balanço energético de 2005 (Anexo III - Tabela A 12).

A modelação das perdas nas redes de electricidade e gás natural constitui um exemplo flagrante do tipo de ajuste que é necessário introduzir de modo a garantir a coincidência entre a informação carregada no modelo e os valores apresentados no documento de referência (balanço energético da DGEG para 2005). Na tabela 11

apresenta-se a comparação entre os resultados obtidos utilizando os valores de referência disponíveis no site da ERSE para as perdas em 2005 e os dados do balanço energético.

Tabela 11 - Calibração das perdas nas redes de transporte e distribuição

	Perdas em 2005 (tep)		
	Dado LEAP	Balanço DGEG	Δ
Electricidade	410.929	348.902	-15,1%
Gás Natural	619	42.489	+98,5%

De modo a garantir a consistência entre a informação inserida no LEAP e o balanço energético da DGEG, os valores de perdas nas redes têm de ser corrigidos, sendo substituídos por 8,5% no caso da electricidade (o valor inicialmente considerado era de 9,45%) e 2,95% para as perdas de gás natural (inicialmente 0,5%). É ainda necessário contemplar a questão das perdas associadas ao sector da refinação, uma vez que, por representarem cerca de 2% do total transformado neste sector, têm alguma influência nos resultados obtidos e no ajuste ao balanço energético.

Na tabela 12 apresentam-se os resultados obtidos inicialmente com o LEAP e os valores contidos no balanço energético da DGEG para a produção de electricidade.

Tabela 12 - Produção de electricidade - comparação resultados iniciais com dados DGEG

Produção de electricidade (tep)	DGEG	LEAP	Δ
Derivados petróleo	648.121	379.607	-41,4%
Gás natural	1.328.186	1.084.302	-18,4%
Carvão	1.228.271	1.247.490	1,5%
Grande hídrica	413.739	999.561	58,6%
Renováveis	63.874	93.987	32,0%
Outros*	382.536	380.484	-0,5%
TOTAL	4.064.727	4.185.431	2,9%

*Inclui resíduos sólidos urbanos e cogeração

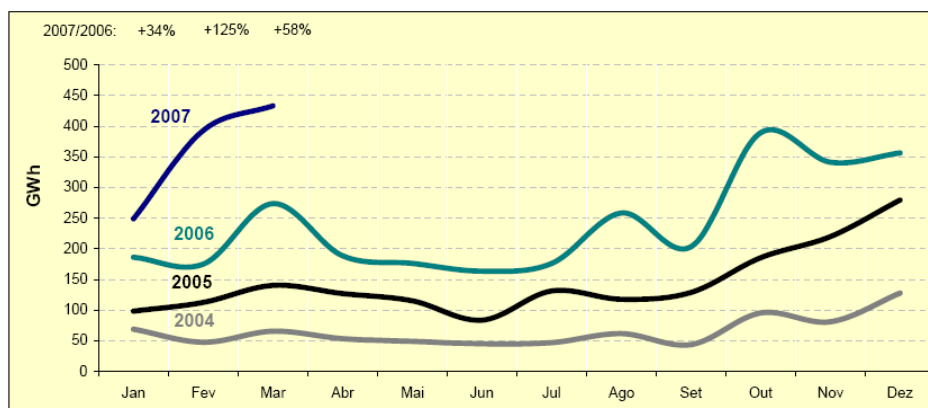
Desde logo, o facto de se efectuar uma caracterização para um ano médio e de, na realidade, o ano 2005 ter sido extremamente seco, impossibilita a concordância entre os resultados e os valores realmente verificados para a produção em regime ordinário. No caso do resultado da produção hidroeléctrica obtém-se um valor de 999.561tep, quando na realidade a produção doméstica foi de apenas 440.148tep em 2005. Efectuando uma correcção do valor verificado para um ano médio ($i_{ph} = 1$), considerando que o i_{ph} de 2005 foi de 0,42, é possível obter um valor de 1.047.971 tep, próximo do resultado do LEAP. Deste modo, as diferenças verificadas na

produção hidroeléctrica podem ser efectivamente justificadas pelo tipo de regime hidrológico considerado.

Se para a componente hídrica este tipo de correcção pode ser facilmente efectuada, já a determinação das implicações de uma menor disponibilidade hídrica no comportamento das centrais termoeléctricas é mais difícil, uma vez que há todo um conjunto de regras de despacho a considerar. Assim, como forma de contornar esta dificuldade, opta-se por usar o próprio LEAP para se determinar qual teria sido o despacho verificado para um ano 2005 seco. São então inseridos os dados reais de disponibilidade dos recursos em 2005 (DGEG 2007).

Verifica-se ainda que não há um ajuste satisfatório entre os resultados do LEAP para a produção de electricidade a partir das centrais a gás natural e das centrais a fuelóleo e os dados do balanço energético nacional para 2005. Assim, para efeitos de calibração introduz-se a seguinte alteração na ordem de mérito das centrais: considera-se que $\frac{1}{4}$ da capacidade instalada em fuelóleo é despachada antes das centrais a gás natural e os restantes $\frac{3}{4}$ após estas centrais.

No caso da PRE, uma vez que o seu despacho é efectuado na base do diagrama de cargas e são conhecidos os valores de disponibilidade real dos diferentes recursos (DGEG 2007), é possível ajustar o rendimento das diferentes tecnologias de modo a garantir a coincidência dos resultados com os valores de produção verificados na realidade. Por outro lado, no caso da eólica, inicialmente considerou-se que a capacidade instalada em 2005 era igual à verificada no final do ano (1.047MW). No entanto, na realidade, durante o ano foram instalados 510MW, tendo a produção eólica evoluído de acordo com a figura 56. A discrepância obtida inicialmente entre os resultados e os valores do balanço energético, obriga à correcção do valor de capacidade instalada, utilizando-se um valor de 750MW como representativo da média do ano.



Nota: Os valores em percentagem correspondem à variação relativamente ao mês homólogo do ano anterior.

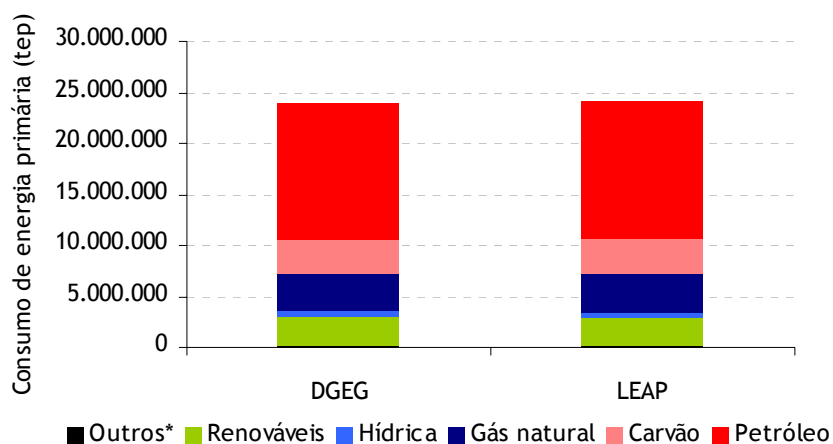
Figura 56 - Evolução mensal da produção eólica em Portugal Continental (DGEG 2007)

Os resultados obtidos após as correcções introduzidas apresentam um ajuste satisfatório relativamente aos valores realmente verificados em termos do consumo de energia primária do sistema energético na sua globalidade em 2005 (tabela 13 e figura 57).

Tabela 13 - Consumo de energia primária por fonte - comparação resultados com dados DGEG

Consumo de energia primária (tep)	DGEG	LEAP	Δ
Derivados petróleo	13.405.405	13.310.034	-0,7%
Gás natural	3.761.085	3.765.265	0,1%
Carvão	3.348.836	3.397.588	1,4%
Grande hídrica	440.148	440.713	0,1%
Renováveis	2.088.135	2.085.387	-0,1%
Outros*	945.154	865.498	-8,4%
TOTAL	23.988.763	23.864.484	-0,5%

*Inclui resíduos sólidos urbanos e cogeração



* Inclui resíduos sólidos urbanos e cogeração

Figura 57 - Consumo de energia primária por fonte

Considerando que as diferenças não são globalmente muito significativas, considera-se que o modelo constitui uma boa base para se desenvolver a análise de cenários de evolução do sistema energético nacional.

3. Cenários de evolução do sistema energético

A projecção da evolução do sistema energético português até 2030 é efectuada em dois cenários alternativos:

– Cenário “Referência”: mais do que uma simples projecção das tendências do passado, procura-se incorporar também as medidas que se encontram actualmente em curso ou em planeamento, e cuja concretização se afigura como muito provável. Para a sua para a definição é seguida a seguinte estratégia:

- o Nos casos em que são conhecidas essas medidas ou metas nacionais, assume-se a sua concretização nos prazos previstos;
- o Nos casos em que há estudos prospectivos nacionais ou internacionais, sobretudo das áreas económica e demográfica, com valores para 2030, esses valores-alvo são assumidos, considerando uma interpolação linear para os anos intermédios;
- o Para os restantes casos, tendencialmente, se conhecido o histórico de uma dada variável, considera-se que esta tem uma evolução linear até 2030;
- o Finalmente, na ausência de qualquer informação sobre a tendência de evolução, considera-se que o valor conhecido para 2005 se mantém inalterado até 2030.

– Cenário “Rumo à Sustentabilidade”: traduz uma evolução alternativa à de referência que permita explorar as possibilidades e consequências da transição para um sistema energético ambientalmente mais sustentável, presumindo-se que o seu desempenho na redução dos riscos ligados ao abastecimento é igualmente favorável. Trata-se assim de um cenário em que é privilegiada a eficiência energética, a transição para vectores menos poluentes, um maior recurso a fontes endógenas para a produção de electricidade e, consequentemente uma redução de emissões.

Apenas são consideradas actuações “Rumo à Sustentabilidade” nos módulos da procura e da transformação energética (ao nível do transporte e distribuição de energia e da produção de electricidade). No caso do módulo da refinação, não se considera existir qualquer alteração significativa, pelo que a caracterização efectuada para 2005 se mantém inalterada. Também no módulo dos recursos não há necessidade de se considerarem alterações relativamente a 2005, uma vez que a caracterização desse ano não limita o potencial renovável passível de ser explorado no país.

3.1. Procura

A definição dos cenários “Referência” e “Rumo à Sustentabilidade” para o módulo da procura implica uma caracterização até 2030 das seguintes variáveis para cada sector de actividade:

- Nível de actividade
- Intensidade energética

O consumo em 2030 é calculado pelo modelo com base nessa informação e nos dados de consumo verificados em 2005.

No caso do cenário “Rumo à Sustentabilidade”, é analisado o peso que diferentes tipos de actuação podem ter na estrutura e desempenho do sistema:

- Eficiência energética: pretende-se expressar um aumento da eficiência energética do consumo. A actuação ao nível do aumento da eficiência energética incide sobre a intensidade energética e é analisada em todos os sectores com excepção do dos Transportes, para o qual foi analisada uma actuação específica. No sector “Doméstico” foi efectuada uma análise tecnológica totalmente “bottom-up”, enquanto que nos sectores “Serviços” e “Indústria” foi considerada uma diminuição de intensidade energética (tratamento “top-down”).
- Adequação de vectores: pretende-se traduzir uma transição para vectores energéticos menos poluentes (por exemplo, uma transição da electricidade por efeito de Joule para o gás natural no aquecimento de água) mais acentuada do que a considerada no cenário “Referência”. Esta actuação apenas tem incidência directa sobre o nível de actividade do sector Doméstico, uma vez que, para os sectores dos Serviços, Indústria e Outros, por falta de informação desagregada, se considera que cada utilização tem igual peso na estrutura do nível de actividade considerado (VAB dos sectores). Considera-se que esta situação constitui uma limitação à análise dos resultados do potencial total que a transição para vectores menos poluentes poderá ter a nível global nas emissões resultantes da procura. Esta questão é analisada à parte no sector dos Transportes, numa actuação específica para este sector.
- Transportes: actuação que incide unicamente sobre o sector dos Transportes e que considera uma melhoria da eficiência do consumo e também uma maior utilização dos transportes colectivos em detrimento dos individuais, no caso dos veículos de passageiros e um maior recurso aos meios ferroviários e por água para o transporte de mercadorias.

Os resultados obtidos pelas actuações “eficiência energética”, “adequação de vectores” e “transportes” são posteriormente combinados de modo a permitir a avaliação do potencial total do cenário “Rumo à Sustentabilidade”.

A próxima secção apresenta uma descrição mais detalhada e quantitativa das hipóteses de evolução em cada sector.

3.1.1. Sector Doméstico

A evolução do nível de actividade (número de alojamento usados como residência habitual), para qualquer um dos cenários considerados (linha a verde na figura 58) é determinada pela combinação de diferentes dados disponibilizados pelo INE:

1. Considera-se que o número de alojamentos existentes está relacionado com a dimensão da população portuguesa. Assim, adopta-se o cenário base de evolução da população até 2030, estimado pelo INE (INE 2001) e representado pela linha a azul na figura 58;
2. É conhecida a relação entre o número total de alojamentos e a população do país entre 1995 e 2005. Assume-se que até 2030, essa relação terá uma taxa de crescimento igual a metade da taxa verificada no período 1995-2005 (linha laranja da figura 58). Pretende-se, deste modo, traduzir uma certa saturação do futuro parque habitacional;
3. Finalmente, a relação entre o número de alojamentos usados como residência habitual e os de uso sazonal apenas é conhecida para o ano 2001 (74% das habitações eram usadas como residência habitual). Assume-se que esta relação se mantém constante até 2030.

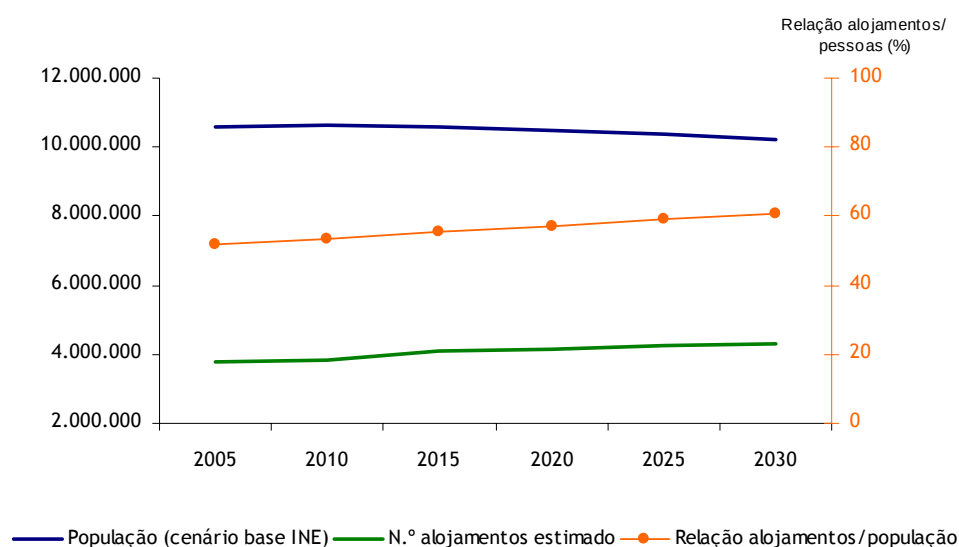


Figura 58 - Cenário de evolução do nível de actividade (sector Doméstico)

Para além da evolução do parque habitacional, é necessário caracterizar o progresso da taxa de penetração das diversas utilizações energéticas nesse parque, ou seja, definir de que modo evoluirá o número de habitações com um determinado tipo de utilização de energia. Como referido anteriormente, os estudos publicados pelo INE relativos às condições de conforto permitem, na maioria dos casos, conhecer o número de alojamentos em 2005 com cada tipo de equipamento utilizador de energia. Para a definição dos cenários de evolução assumem-se as hipóteses descritas na tabela 14. De notar que, no caso do cenário “Rumo à Sustentabilidade”, para as actuações “eficiência energética” e “transportes”, assume-se uma evolução igual à do cenário “Referência”. No caso da hipótese “adequação de vectores”, procura-se acentuar o recurso a vectores menos carbónicos.

Tabela 14 - Pressupostos para evolução da taxa de penetração no sector Doméstico

Utilização	Tendência de evolução - hipóteses assumidas												
Água quente sanitária	♦ Com a extensão do abastecimento de gás natural quase à totalidade do território continental, assume-se a substituição parcial da electricidade e dos derivados de petróleo por gás natural, considerando a seguinte evolução entre 2005 e 2030:<table><tr><td></td><td>Cenário “Referência”</td><td>Cenário “Rumo à Sustentabilidade”</td></tr><tr><td>Electricidade</td><td>-10%</td><td>-15%</td></tr><tr><td>Derivados petróleo</td><td>-15%</td><td>-25%</td></tr><tr><td>Gás natural</td><td>+10%</td><td>+5%</td></tr></table> ♦ Considera-se um aumento para 30% entre 2005 e 2030 para o recurso à energia solar, no caso do cenário “Referência” e para 50% no cenário “Rumo à Sustentabilidade”. Considerou-se a utilização de apoios aos colectores solares do tipo eléctrico e a gás natural.		Cenário “Referência”	Cenário “Rumo à Sustentabilidade”	Electricidade	-10%	-15%	Derivados petróleo	-15%	-25%	Gás natural	+10%	+5%
	Cenário “Referência”	Cenário “Rumo à Sustentabilidade”											
Electricidade	-10%	-15%											
Derivados petróleo	-15%	-25%											
Gás natural	+10%	+5%											
Aquecimento ambiente	♦ Assume-se a substituição parcial da electricidade e dos derivados de petróleo por gás natural, considerando a seguinte evolução entre 2005 e 2030:<table><tr><td></td><td>Cenário “Referência”</td><td>Cenário “Rumo à Sustentabilidade”</td></tr><tr><td>Electricidade</td><td>-5%</td><td>-12%</td></tr><tr><td>Derivados petróleo</td><td>-2,5%</td><td>-3,5%</td></tr><tr><td>Gás natural</td><td>+12,5%</td><td>+17,5%</td></tr></table> ♦ Para a redução da utilização dos derivado de petróleo contribui o objectivo de, a curto prazo, se harmonizar fiscalmente o gasóleo de aquecimento com o gasóleo rodoviário, desincentivando, de forma progressiva, a utilização do primeiro para aquecimento doméstico. ♦ Para ambos os cenários considera-se que a penetração de lenhas tenderá a aumentar (1% no cenário “Referência” e 4% no “Rumo à Sustentabilidade”).		Cenário “Referência”	Cenário “Rumo à Sustentabilidade”	Electricidade	-5%	-12%	Derivados petróleo	-2,5%	-3,5%	Gás natural	+12,5%	+17,5%
	Cenário “Referência”	Cenário “Rumo à Sustentabilidade”											
Electricidade	-5%	-12%											
Derivados petróleo	-2,5%	-3,5%											
Gás natural	+12,5%	+17,5%											

Arrefecimento ambiente	♦ Considera-se um aumento da utilização de aparelhos de ar condicionado, associado a períodos de calor extremo mais frequentes e a uma maior exigência de conforto térmico, sobretudo num parque edificado pouco eficiente como é o nosso. Os valores assumidos são iguais nos cenários “Referência” e “Rumo à Sustentabilidade”, traduzindo um aumento de 9% do consumo de electricidade entre 2005 e 2030.															
Electrodomésticos	♦ Assume-se que os frigoríficos, máquinas de lavar roupa e iluminação atingem a saturação, ou seja, passam a existir em 100% dos alojamentos. No caso dos audiovisuais considera-se que passa a haver mais do que um equipamento por casa, o que se traduziu numa taxa de penetração de 120%. ♦ Utilizam-se dados históricos para calcular a evolução futura da taxa de penetração das máquinas de secar roupa (+25% até 2030), lavar louça (+31%) e informática (+12%). ♦ Considera-se não se dispor de informação suficiente para assumir a evolução dos outros electrodomésticos (mantêm-se os valores de 2005).															
Iluminação	♦ Já tinha sido atingida a saturação em termos de iluminação em 2005, pelo que em 2030 continua a existir em 100% dos alojamentos.															
Preparação de refeições	♦ Assume-se a seguinte evolução da taxa de penetração dos diferentes vectores entre 2005 e 2030: <table><tr><td></td><td>Cenário de Referência</td><td>Cenário de Sustentabilidade</td></tr><tr><td>Electricidade</td><td>+5%</td><td>+0%</td></tr><tr><td>Gás natural</td><td>+8%</td><td>+18%</td></tr><tr><td>Derivados petróleo</td><td>-5%</td><td>-10%</td></tr><tr><td>Lenhas</td><td>-8%</td><td>-8%</td></tr></table> ♦ Pretende-se traduzir a substituição das lenhas e dos derivados de petróleo por tecnologias mais práticas para a preparação de refeições.		Cenário de Referência	Cenário de Sustentabilidade	Electricidade	+5%	+0%	Gás natural	+8%	+18%	Derivados petróleo	-5%	-10%	Lenhas	-8%	-8%
	Cenário de Referência	Cenário de Sustentabilidade														
Electricidade	+5%	+0%														
Gás natural	+8%	+18%														
Derivados petróleo	-5%	-10%														
Lenhas	-8%	-8%														

Assim, evolução da taxa de penetração considerada é a que se representa na figura 59 (os valores adoptados são apresentados de forma discriminada no Anexo II). De notar que ambos os cenários de evolução da taxa de penetração do aquecimento ambiente apontam para valores superiores a 100%, como resultado da possibilidade de existirem formas de aquecimento múltiplas numa só casa (ex. aquecimento a lenhas e a electricidade em simultâneo). No caso dos electrodomésticos, um valor de taxa de penetração igual a 100% (tal como representado na figura 59) significa que todas as casas têm equipamentos eléctricos, ainda que a taxa de penetração por equipamento possa ser superior a 100% (ex. é comum uma casa ter mais do que um televisor). O detalhe das taxas de penetração consideradas por equipamento é apresentado na tabela 15.

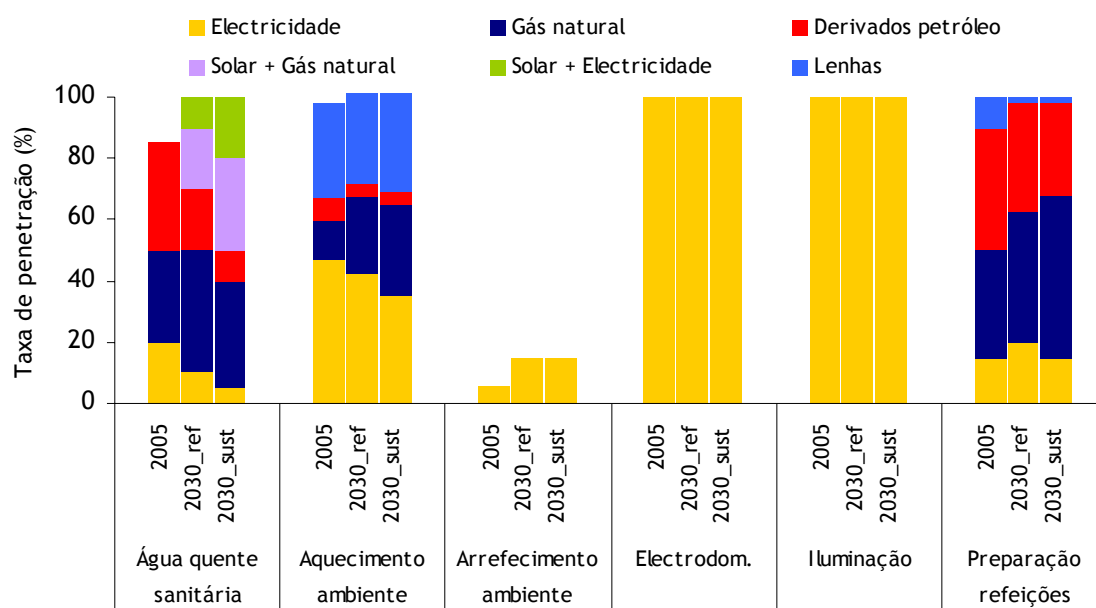


Figura 59 - Taxa de posse dos equipamentos (ano base e cenários de evolução)

Tabela 15 - Taxa de posse dos electrodomésticos (ano base e cenários de evolução)

	Taxa de posse dos electrodomésticos (%)		
	2005	2030 (ref.)	2030 (sust.)
Frigorífico	97	100	100
Arca congeladora	54	54	54
Máquina de lavar roupa	82	100	100
Máquina de secar roupa	10	35	35
Máquina de lavar louça	17	48	48
Audiovisuais	98	120	120
Informática	50	62	62
Outros	41	41	41

Comparando o ano base com os cenário de evolução é possível constatar que:

- 100% dos alojamentos já tinham em 2005 e mantêm para 2030 electrodomésticos e iluminação (totalmente alimentados por electricidade) e meios de preparação de refeições. Neste último caso, é visível a transição da utilização de derivados de petróleo e electricidade para o gás natural;
- O aquecimento ambiente aumenta de 98% para 104% dos alojamentos. É evidente uma mudança do consumo de electricidade e derivados do petróleo para o gás natural, que é mais acentuada no cenário “Rumo à Sustentabilidade”;
- Há um aumento da taxa de penetração da água quente sanitária de 79% para 100% das habitações, que resultará essencialmente de um maior recurso à energia solar e ao gás natural e que provocará uma redução na penetração de

electricidade e derivados de petróleo para esta utilização. Essa transição é mais acentuada no cenário “Rumo à Sustentabilidade”.

- O recurso ao arrefecimento ambiente aumenta de forma igual nos cenários “Referência” e “Rumo à Sustentabilidade”.

Relativamente à intensidade energética, os cenários “Referência” e “Rumo à Sustentabilidade” (na actuação “eficiência energética”) traduzem um aumento na eficiência de consumo energético dos equipamentos. Considera-se que o aumento de eficiência é superior no caso do cenário “Rumo à Sustentabilidade”, o que pretende representar uma situação em que apenas fossem utilizados equipamentos da classe energética mais eficiente disponível no mercado. Para este cenário, nas actuações “adequação de vectores” e “transportes”, assume-se uma evolução igual à do cenário “Referência”. A evolução da intensidade energética é a traduzida na tabela 16. O detalhe das hipóteses assumidas é apresentado no Anexo II, Tabela A 2.

É possível constatar uma redução da intensidade energética na generalidade das diferentes utilizações consideradas e que é quase sempre superior no cenário “Rumo à Sustentabilidade” do que no “Referência”.

Tabela 16 - Intensidade energética no sector Doméstico (ano base e cenários de evolução)

			Água quente sanitária	Aquec. ambiente	Arrefec. ambiente	Electrod.	Iluminação	Prep. de refeições
Intensidade energética (tep _{eq} /alojamento equipado com a tecnologia)	Electricidade	2005	0,113	0,128	0,200	0,346	0,030	0,060
		2030 (ref.)	0,097	0,062	0,174	0,285	0,017	0,051
		2030 (sust.)	0,078	0,041	0,118	0,239	0,014	0,049
	Gás natural	2005	0,132	0,085	---	---	---	0,045
		2030 (ref.)	0,115	0,061	---	---	---	0,045
		2030 (sust.)	0,099	0,052	---	---	---	0,045
	Derivados de petróleo	2005	0,216	0,252	---	---	---	0,236
		2030 (ref.)	0,173	0,224	---	---	---	0,236
		2030 (sust.)	0,135	0,192	---	---	---	0,236
	Lenhas e resíduos vegetais	2005	---	0,694	---	---	---	0,922
		2030 (ref.)	---	0,588	---	---	---	0,922
		2030 (sust.)	---	0,353	---	---	---	0,922

3.1.2. Sector dos Serviços

Em termos de nível de actividade (VAB para o sector dos Serviços) são conhecidos os cenários de evolução da sua taxa de crescimento até 2030 para Portugal, estimados pela Comissão Europeia no âmbito do estudo *Energy and Transport - Trends to 2030* (CE, Mantzoa et al. 2006). Para 2005, é considerado o valor real verificado de acordo com o documento *Contas Nacionais Trimestrais* disponibilizado pelo INE (INE 2006).

Pela análise da figura 60 é possível verificar que se prevê uma tendência crescente da actividade económica neste sector.

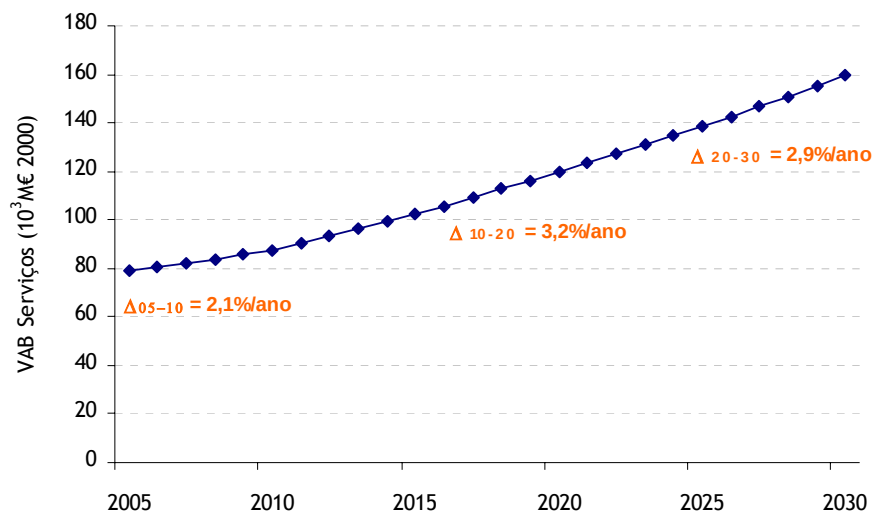


Figura 60 - Previsão do nível de actividade (sector dos Serviços) (CE, Mantzoo et al. 2006; INE 2006)

Relativamente à desagregação pelos vários ramos da árvore, tal como para o ano base, assume-se que cada utilização energética tem igual peso na estrutura do VAB. Assim, a evolução do consumo por vector está relacionada com a evolução prevista para o próprio VAB e com um indicador global de eficiência expresso em GWh/€ VAB. Deste modo, não se considera qualquer diferença entre o cenário “Referência” e a hipótese de “adequação de vectores” do cenário “Rumo à Sustentabilidade”.

Para a determinação da evolução da intensidade energética até 2030, recorre-se aos resultados do estudo da Comissão Europeia apresentados no documento *Energy and Transport – Trends to 2030 (update 2005)*. Para o cenário “Referência”, considera-se que a evolução da intensidade energética, traduzida pelo peso do consumo energético no VAB do sector, assume o cenário de referência para Portugal do referido estudo (redução de 15% em 2030 relativamente a 2005). No caso do cenário “Rumo à Sustentabilidade” (hipótese de “eficiência energética”), admite-se que Portugal iguale a intensidade energética média prevista ao nível da Europa a 25 países para o sector dos Serviços (redução de 34% relativamente à verificada em 2005). O detalhe das hipóteses assumidas é apresentado no Anexo II, Tabela A 3.

Tabela 17 - Intensidade energética no sector dos Serviços (ano base e cenários de evolução)

			Água quente sanitária	Aquec. ambiente	Arrefec. ambiente	Equip. eléctricos	Iluminação	Prep. de refeições
Intensidade energética (tep _{eq} /M€ VAB)	Electricidade	2005	1,23	0,82	2,47	6,58	4,93	0,82
		2030 (ref.)	1,48	0,69	2,07	5,53	4,14	0,69
		2030 (sust.)	1,39	0,53	1,60	4,28	3,21	0,53
	Gás natural	2005	0,66	0,88	---	---	---	0,44
		2030 (ref.)	0,79	0,74	---	---	---	0,37
		2030 (sust.)	0,75	0,57	---	---	---	0,29
	Derivados de petróleo	2005	2,92	6,63	---	0,40	---	3,31
		2030 (ref.)	2,45	5,57	---	0,33	---	2,78
		2030 (sust.)	1,89	4,31	---	0,26	---	2,15
	Calor de cogeração	2005	0,04	0,04	---	---	---	---
		2030 (ref.)	0,03	0,03	---	---	---	---
		2030 (sust.)	0,03	0,03	---	---	---	---

3.1.3. Sector da Indústria

A metodologia de definição do cenário “Referência” seguida para o sector Industrial é idêntica à seguida para sector dos Serviços:

- Nível de actividade: a sua evolução é determinada com base nas previsões de evolução da taxa de crescimento do VAB para Portugal até 2030, estimadas pela Comissão Europeia no âmbito do estudo *Energy and Transport - Trends to 2030* (CE, Mantzoa et al. 2006). Para 2005, é considerado o valor real verificado de acordo com o documento *Contas Nacionais Trimestrais* disponibilizado pelo INE (INE 2006). O resultado desta conjugação de informação encontra-se expresso na figura 61.
- Desagregação pelos vários ramos da árvore: considera-se que cada utilização tem igual peso na estrutura do VAB.
- Intensidade energética: assume-se a evolução de referência prevista pela Comissão Europeia para Portugal (CE, Mantzoa et al. 2006) (redução de 31% da intensidade energética na Indústria em 2030 relativamente a 2005) e, para o cenário “Rumo à Sustentabilidade” (hipótese de “eficiência energética”), que Portugal iguala a intensidade energética média prevista para o sector industrial ao nível da União Europeia a 25 países (redução de 54% relativamente à verificada em 2005). Os ganhos de eficiência repartem-se equitativamente por todos os vectores.

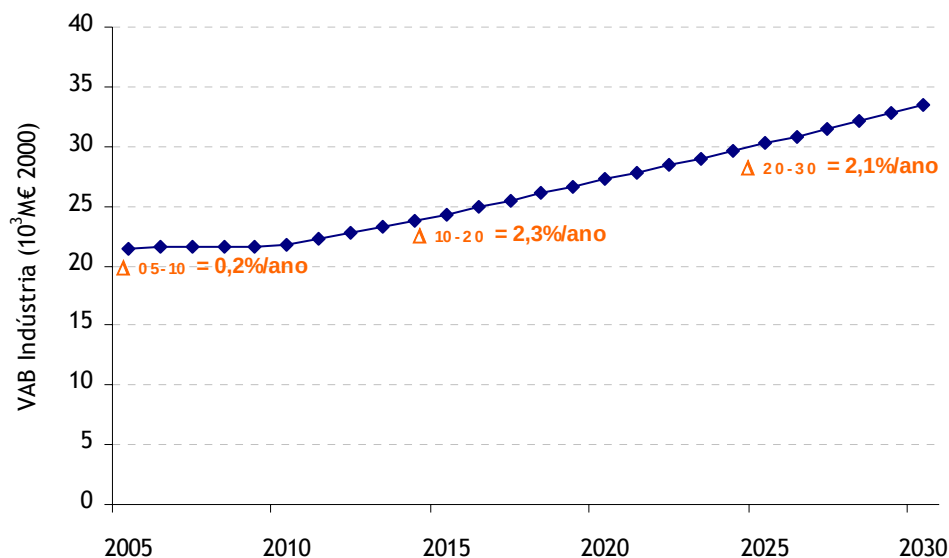


Figura 61 - Previsão do nível de actividade (sector da Indústria) (CE, Mantzoa et al. 2006; INE 2006)

O detalhe das hipóteses assumidas é apresentado no Anexo II, Tabela A 4.

Tabela 18 - Intensidade energética no sector industrial (ano base e cenários de evolução)

			Aquec. ambiente	Arrefec. ambiente	Equip. eléctricos	Iluminação	Queima e calor do processo	Outros
Intensidade energética (tep _{eq} /M€ VAB)	Electricidade	2005	3,1	6,1	31	12	6,1	3,1
		2030 (ref.)	2,1	4,2	21	8,4	4,2	2,1
		2030 (sust.)	1,4	2,8	14	5,6	2,8	1,4
	Gás natural	2005	4,2	---	---	---	36	2,1
		2030 (ref.)	2,9	---	---	---	25	1,4
		2030 (sust.)	1,9	---	---	---	16	1,0
	Derivados de petróleo	2005	6,8	---	---	---	58	3,4
		2030 (ref.)	4,7	---	---	---	40	2,4
		2030 (sust.)	3,1	---	---	---	27	1,6
	Calor de cogeração	2005	5,3	---	---	---	47	---
		2030 (ref.)	3,6	---	---	---	33	---
		2030 (sust.)	2,4	---	---	---	22	---
	Lenhas e resíduos vegetais	2005	1,3	---	---	---	23	1,3
		2030 (ref.)	0,9	---	---	---	16	0,9
		2030 (sust.)	0,6	---	---	---	11	0,6
	Carvão	2005	---	---	---	---	0,7	0,04
		2030 (ref.)	---	---	---	---	0,5	0,03
		2030 (sust.)	---	---	---	---	0,3	0,02

3.1.4. Sector dos Transportes

Em termos de nível de actividade, ou seja, do número de pkm percorridos, no caso dos veículos de passageiros, e de tkm, para os veículos de mercadorias, consideram-se as seguintes hipóteses de evolução no cenário “Referência”:

- Veículos de passageiros: assume-se um aumento de 17% no número pkm percorridos em 2030 relativamente a 2005. Deste modo, o número de pkm percorridos em 2030 é de 146 Mpkm, valor apontado no PNAC para este tipo de meio de transporte até 2020.
- Veículos de mercadorias: considera-se um aumento de 47% no número de tkm percorridas, valor que iguala a previsão do PNAC para o crescimento do tráfego de mercadorias até 2020.

No cenário “Rumo à Sustentabilidade”, na actuação “transportes”, admite-se que o nível de actividade se mantém constante entre 2005 e 2030, ou seja, que não há evolução no número de pkm e de tkm percorridos no período analisado. Deste modo, pretende-se estudar as consequências de uma maior contenção na utilização de transportes, assumindo-se que há uma melhoria no planeamento das cidades e do transporte de mercadorias, reflectindo também o aumento dos custos associados ao transporte.

Relativamente à repartição modal dos transportes de passageiros (figura 62), no cenário “Referência” considera-se que:

- Há um aumento da utilização de transportes ferroviários de passageiros (+245%) que resulta das diversas medidas em curso (nomeadamente as previstas no PNAC) para o alargamento e melhoramento das vias ferroviárias. Como consequência, considera-se um aumento pouco significativo no peso dos transportes rodoviários de passageiros (+8%);
- Há um aumento no número de pkm percorridos por aviões (+367%) como consequência do aparecimento das companhias aéreas de baixo custo e de uma maior tendência da população portuguesa seleccionar destinos de férias mais longínquos.

No cenário “Rumo à Sustentabilidade”, em termos de repartição modal assumem-se as hipóteses de repartição expressas na figura 62:

- Para os veículos rodoviários de passageiros, considera-se uma diminuição na utilização dos veículos individuais (-23%) e um aumento nos transportes colectivos (+2%);
- Aumento da utilização de transportes ferroviários de passageiros (+248%) e consequente diminuição do peso dos transportes rodoviários de passageiros (-16%), assumindo-se uma transferência maior do que no cenário “Referência”;
- Aumento da utilização de veículos por água (+78%);
- Considera-se que, apesar de haver um aumento no número de pkm percorridos por aviões (+193%), essa evolução não é tão significativa como a considerada no cenário “Referência”.

Relativamente aos veículos de mercadorias (figura 63), são essencialmente efectuadas as seguintes considerações:

- Cenário “Referência”: aumento da mobilidade em transportes de mercadorias ferroviários (+333%) e por água (+25%) de acordo com as previsões do PNAC, com consequente diminuição dos transportes rodoviários de mercadorias.
- Cenário “Rumo à Sustentabilidade”: aumento da mobilidade em transportes de mercadorias ferroviários (+227%) e diminuição dos transportes por água (-3%) e dos transportes rodoviários de mercadorias (-19%), assumindo-se uma transição mais significativa do que a considerada no cenário “Referência”.

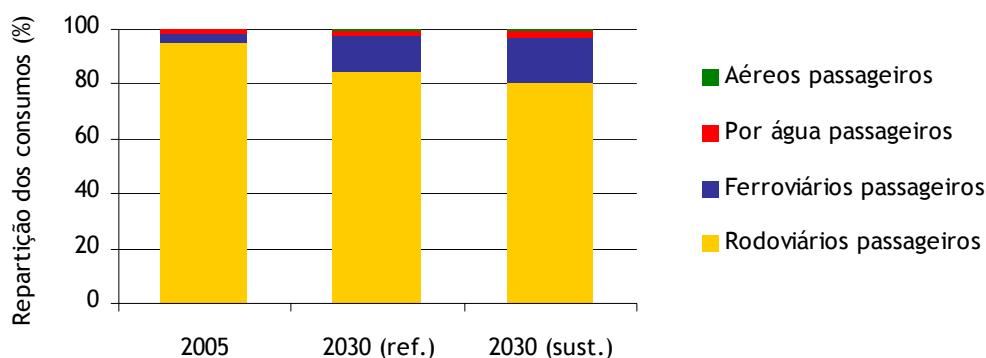


Figura 62 - Nível de actividade no sector dos Transportes (veículos de passageiros)

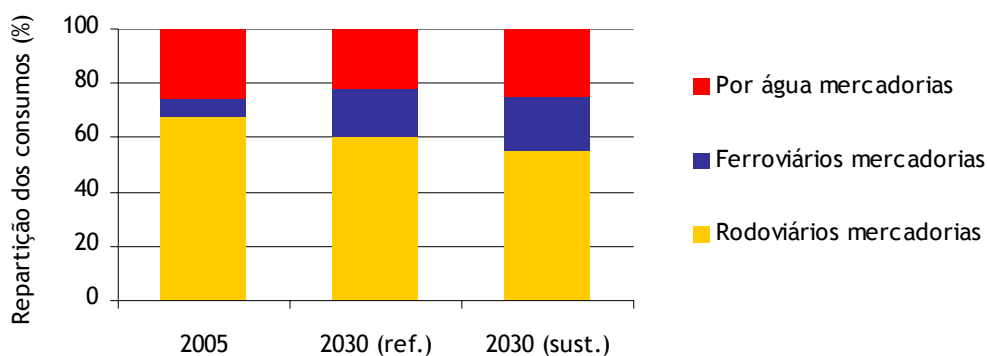


Figura 63 - Nível de actividade no sector dos Transportes (veículos de mercadorias)

De salientar que a meta nacional de 10% em 2010 do total de combustíveis consumidos corresponderem a biocombustíveis (biosiesel e bioetanol) é incorporada indirectamente no LEAP através da redução do factor de emissão de poluentes dos veículos a gasóleo e gasolina a partir dessa mesma data.

Para além do nível de actividade, a variação do consumo energético do sector depende da evolução do consumo específico de cada tipo de veículo. No caso dos transportes rodoviários e por água são usados os dados do PNAC (PNAC 2006b), considerando-se para referência o cenário alto para 2020, disponível no documento “PNAC_Anexo2_Transportes” (PNAC, Seixas et al. 2006a). Para o cenário “Rumo à Sustentabilidade” assume-se o cenário baixo desse mesmo documento. No caso do cenário “Referência”, para os transportes ferroviários e aéreos, e uma vez que não se dispõe de dados para assumir a sua evolução, considera-se que se mantêm constantes e iguais aos indicados na *Technology Database* do LEAP. No cenário “Rumo à Sustentabilidade” assume-se que até 2030 há um ganho médio de 10% na eficiência do consumo de combustíveis.

De acordo com os cenários usados, o consumo por pkm e tkm percorridos será menor em todos os meios de transporte relativamente ao ano base, com excepção do cenário “Referência” para os transportes por água de passageiros.

Tabela 19 - Intensidade energética do transporte de passageiros (ano base e cenários)

			Rodoviários		Ferroviários	Por água	Aéreos
Veículos de passageiros			Individuais	Colectivos			
Intensidade energética (gep _{ef} /pkm)	Gasolina	2005	40,5	---	---	---	---
		2030 (ref.)	37,0	---	---	---	---
		2030 (sust.)	28,2	---	---	---	---
	Gasóleo	2005	40,5	20,4	7,9	38,0	---
		2030 (ref.)	37,0	10,5	7,1	43,0	---
		2030 (sust.)	28,2	8,5	7,2	32,0	---
	GPL	2005	40,5	20,4	---	---	---
		2030 (ref.)	37,0	10,5	---	---	---
		2030 (sust.)	28,2	8,5	---	---	---
	Gás natural	2005	40,5	20,4	---	---	---
		2030 (ref.)	37,0	10,5	---	---	---
		2030 (sust.)	28,2	8,5	---	---	---
	Electricidade	2005	---	---	4,0	---	---
		2030 (ref.)	---	---	3,6	---	---
		2030 (sust.)	---	---	3,6	---	---
	Fuelóleo	2005	---	---	---	38,0	---
		2030 (ref.)	---	---	---	43,0	---
		2030 (sust.)	---	---	---	32,0	---
	Jet	2005	---	---	---	---	1812,8
		2030 (ref.)	---	---	---	---	1631,5
		2030 (sust.)	---	---	---	---	1631,5

Tabela 20 - Intensidade energética do transporte de mercadorias (ano base e cenários)

Veículos de mercadorias			Rodoviários	Ferroviários	Por água
Intensidade energética (gep _{ef} /tkm)	Gasóleo	2005	90,4	2,1	6,1
		2030 (ref.)	62,3	1,2	5,5
		2030 (sust.)	62,3	1,2	4,1
	Electricidade	2005	---	18,7	---
		2030 (ref.)	---	10,7	---
		2030 (sust.)	---	10,7	---
	Fuelóleo	2005	---	---	14,8
		2030 (ref.)	---	---	14,1
		2030 (sust.)	---	---	13,3

3.1.5. Sector “Outros”

A evolução do nível de actividade nos sectores da Agricultura e Pescas e da Construção e Obras Públicas é determinada com base nos cenários da Comissão Europeia para Portugal (CE, Mantzoa et al. 2006) e no valor verificado em 2005 de acordo com o documento *Contas Nacionais Trimestrais* disponibilizado pelo INE (INE 2006), resultando na evolução representada na figura 64.

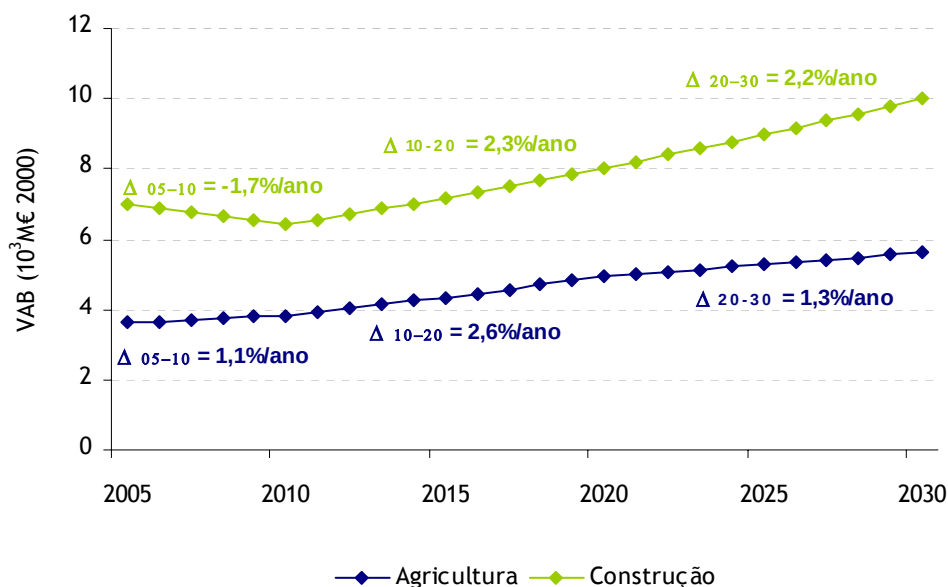


Figura 64 - Previsão da actividade no cenário “Referência”(sector “Outros”) (CE, Mantzoa et al. 2006; INE 2006)

Para a evolução da intensidade energética até 2030 assumem-se as seguintes hipóteses:

- No caso do sector Agrícola e das Pescas, o cenário “Referência” traduz o aumento da intensidade energética que se vem a verificar, devido à crescente mecanização, assumindo-se que em 2030 esse valor igualará a média da UE-25. No cenário “Rumo à Sustentabilidade” considera-se não haver aumento da intensidade energética do sector, estando a evolução dos consumos dependente da própria evolução do VAB e de eventuais ganhos de eficiência no sector.
- No caso do sector da Construção e Obras Públicas, uma vez que os cenários da Comissão Europeia para Portugal (CE, Mantzoa et al. 2006) apontam para uma convergência da intensidade energética de Portugal para a média europeia, não se efectua qualquer distinção entre os cenários “Referência” e “Rumo à Sustentabilidade”.

3.2. Transformação

Os requisitos em termos de informação para caracterização dos diferentes módulos da transformação são muito diversificados. De seguida, é efectuada uma análise para cada um dos módulos.

3.2.1. Distribuição e transporte de energia

Para o módulo “transporte e distribuição”, prevê-se uma redução mais significativa das perdas nas redes no cenário “Rumo à Sustentabilidade” do que no cenário “Referência”. Para a caracterização deste módulo no LEAP apenas é necessário introduzir informação relativa à evolução das perdas na rede até 2030:

- No caso da electricidade, para o cenário “Referência”, é considerada a meta definida no PNAC para 2010 em termos de perdas na rede, assumindo-se que o valor de 8,6% se mantém inalterado até 2030. No cenário “Rumo à Sustentabilidade”, considera-se que há uma redução das perdas para 7,5%, que, a par de outras medidas, está associada à expansão de micro-redes e consequentemente a menores perdas de trânsito na rede;
- No caso do gás natural, uma vez que os valores publicados relativamente a 2005 eram muito reduzidos (da ordem dos 0,05%). Atendendo aos dados históricos, assumiu-se que em 2005 se verificou um valor de 0,5% de perdas, considera-se que, no cenário “Referência” não há evolução até 2030. Para o cenário “Rumo à Sustentabilidade” assume-se uma redução das perdas para 0,1% em 2030.

3.2.2. Produção de electricidade

O cenário “Referência” para a evolução da produção de electricidade traduz a melhor estimativa que, no momento, se pode fazer do seu crescimento tendo em conta a situação presente e as perspectivas de evolução futura, baseadas nos factores que condicionam esse mesmo crescimento (políticas energéticas nacionais e europeias, enquadramento legislativo, sistemas de incentivos, desenvolvimento tecnológico, etc.). Com o cenário “Rumo à Sustentabilidade” pretende-se estudar os efeitos de um maior aproveitamento do potencial renovável estimado para Portugal, tendo igualmente sido analisada uma alternativa em que é dada preferência às centrais a gás natural face a outros combustíveis fósseis, através uma alteração da sua ordem de mérito com a das centrais mais poluentes (no caso, do carvão).

Relativamente à informação requerida pelo modelo, só se assume variação da capacidade instalada. Admite-se que os valores das restantes variáveis se mantêm

constantes no período de análise, uma vez que se tratam de características tecnológicas (rendimento, disponibilidade máxima, crédito de capacidade) para as quais não se esperam alterações significativas ou, no caso de estas poderem ocorrer, é extremamente difícil prever a sua amplitude.

Assim, a elaboração do cenário “Referência” para a oferta de electricidade baseia-se nas seguintes hipóteses gerais:

- No horizonte 2010, são cumpridos os objectivos do Programa do Governo e da RCM 169/2005 no que respeita à contribuição das diferentes fontes de energia renováveis (Ministério da Economia 2007);
- Continuará a não ser considerada a opção pelo nuclear, pelo que esta tecnologia não estará disponível em 2030;
- As centrais a combustíveis fósseis manterão uma considerável potência instalada no panorama energético português, tendo em vista a garantia de abastecimento.

No cenário “Rumo à Sustentabilidade”, como acima referido, procura-se explorar as consequências de um maior recurso às fontes renováveis. Tal como no cenário “Referência”, não se considera haver uma redução no potencial instalado de centrais a combustíveis fósseis, ainda que, como resultado do aumento do preço do petróleo e do gás natural e das condicionantes às emissões atmosféricas, a produção das centrais termoeléctricas a combustíveis fósseis tenda a reduzir o seu protagonismo no mix energético nacional. É igualmente analisada a consequência em termos de redução das emissões associada a uma troca da ordem de mérito entre as centrais a carvão e as centrais a gás natural. Assim, a nova ordem de mérito considerada é: PRE, hídrica, gás natural, carvão, fuelóleo e gasóleo.

Mais detalhadamente, por tecnologia assumem-se as hipóteses em termos da evolução da capacidade instalada apresentadas na tabela 21.

Com base nas hipóteses consideradas, a evolução prevista em termos de capacidade instalada por tipo de tecnologia para o cenário “Referência” e para o “Rumo à Sustentabilidade” é a apresentada na figura 65.

Tabela 21 - Pressupostos cenário “Referência” para evolução da capacidade instalada

Tipo de produção	Tendência de evolução - hipóteses assumidas	Capacidade instalada (MW)		
		2005	→ 2030 (ref.)	2030 (sust.)
Centrais a fuelóleo e gasóleo	♦ De acordo com os objectivos do Ministério da Economia e Inovação, a produção a fuelóleo e gasóleo terminará em 2010 em Portugal Continental (Ministério_da_Economia 2007). Considera-se que nos arquipélagos dos Açores e da Madeira se manterá a actual capacidade instalada.	2 219	→ 341	341
Centrais a carvão	♦ A acrescentar à capacidade instalada apenas se consideram a partir de 2020 mais 800MW que estão reservados para a produção a partir de “carvão limpo”. Com a política de diversificação das fontes energéticas através da penetração do gás natural, não se prevê o licenciamento de outros projectos de centrais termoeléctricas convencionais a carvão, embora seja possível o investimento o investimento em centrais IGCC (<i>Integrated Gasification Combined Cycle</i>) e/ou com “carvão limpo”.	1 820	→ 2 620	2 620
Centrais a gás natural	♦ Assume-se o objectivo do Ministério da Economia e da Inovação de ter 5 360MW instalados em 2010 (Ministério_da_Economia 2007), considerando-se que o valor se mantém inalterado até 2030.	2 166	→ 5 360	5 360
Centrais hídricas	♦ Consideram-se os seguintes objectivos (Ministério_da_Economia 2007): o Aumento linear de capacidade até se atingir os 5 575MW em 2010 o Até 2020, aumento linear até ser alcançada a meta de 7 000MW instalados em hídrica (Ministério_da_Economia 2007), valor que se considera manter constante até 2030 o Assume-se uma repartição constante dos valores em centrais de albufeira e fios de água de acordo com a situação verificada em 2005 (as albufeiras tiveram um peso de 53% no total da capacidade hídrica instalada) ♦ Não se assume qualquer aumento de capacidade no cenário “Rumo à Sustentabilidade” relativamente ao “Referência” como consequência das condicionantes ambientais associadas a este tipo de projectos.	4 574	→ 7 000	7 000
Centrais a biomassa	♦ Reparte-se a informação relativa a centrais a biomassa em centrais com e sem cogeração. ♦ No cenário “Referência” considera-se o objectivo de 250MW eléctricos instalados em 2010 (Ministério_da_Economia 2007), valor que se mantém inalterado até 2030. ♦ No cenário “Rumo à Sustentabilidade” considera-se que a potência instalada em 2030 sobe para os 400MW.	112	→ 250	400
Centrais a biogás	♦ No cenário “Referência” considera-se o objectivo de 150MW instalados em 2010 (Ministério_da_Economia 2007), valor que se considera manter até 2030. ♦ No cenário “Rumo à Sustentabilidade” considera-se um aumento da capacidade instalada até aos 300MW, considerando a aplicação de uma série de medidas específicas para as várias fontes de biogás (agro-pecuário, ETAR's, e RSU), como tarifa verde, incentivos para o tratamento e utilização dos resíduos sólidos como fertilizantes.	8	→ 150	300

Centrais a resíduos	♦ No cenário “Referência” considera-se o objectivo de 150MW instalados em 2010 (Ministério_da_Economia 2007), valor que se admitiu constante até 2030. ♦ No cenário “Rumo à Sustentabilidade” considera-se que existe potencial para a instalação de novas unidades de valorização energética dos resíduos em outras regiões do país, para além das já existentes em Lisboa e no Porto.	88 → 150	250
Mini-hídricas	♦ De acordo com o Documento de Trabalho n.º 10 - Energia, da Unidade de Coordenação do Plano Tecnológico, cerca de 500MW em mini-hídricas são concretizáveis até 2012, assumindo-se que, no cenário “Referência” esse valor se manterá até 2030. ♦ No caso do cenário “Rumo à Sustentabilidade”, apesar de o potencial de exploração mini-hídrica existente apontar para valores perto dos 1 000MW, dadas as condicionantes ambientais a este tipo de projectos e as limitações de rede, considera-se que o aumento de capacidade instalada será de mais 200 MW relativamente ao cenário “Referência”.	286 → 500	700
Parques eólicos	♦ No curto/médio prazo a componente eólica é aquela em que se prevê um maior desenvolvimento. No cenário “Referência” considera-se que: - o Em 2010, a capacidade instalada será de 4700MW + 450MW em sobreequipamento (assumindo que esta última corresponde a uma capacidade equivalente de 382,5MW) - o Em 2012, 5100MW + 600MW (assumindo que esta última corresponde a uma capacidade equivalente de 510MW) (Ministério_da_Economia 2007), valor que se assume manter-se constante até 2030 ♦ No cenário “Rumo à Sustentabilidade”, admite-se uma potência total de 8000MW, considerando o aproveitamento do potencial eólico <i>offshore</i>, a instalação de turbinas mais potentes e com novas características (ex. alturas superiores) que permitam um aproveitamento do potencial eólico em locais até agora inexplorados.	1 681 → 5 610	8 000
Solar fotovoltaico	♦ Reparte-se a informação relativa à tecnologia solar fotovoltaica em produção centralizada e descentralizada. ♦ Para o cenário “Referência” assume-se o objectivo de 150MW para 2010 (Ministério_da_Economia 2007), considerando-se depois um aumento de 5% ao ano até 2030. ♦ No cenário “Rumo à Sustentabilidade” admite-se um maior aproveitamento deste recurso, assumindo-se um aumento de 10% ao ano até 2030.	2 → 398	1 009
Solar térmico	♦ No cenário “Referência” admite-se apenas a contribuição da Central Térmica de Tavira, cuja entrada em funcionamento está prevista para 2009 (5,4MW). ♦ No cenário “Rumo à Sustentabilidade” admitiu-se a instalação de mais centrais solares térmicas (total de 25MW).	0 → 5	25
Centrais geotérmicas	♦ No cenário “Referência” considera-se um crescimento linear da capacidade instalada de 18MW em 2005 para 35MW em 2012 (objectivo apresentado no Documento de Trabalho n.º 10 - Energia, da Unidade de Coordenação do Plano Tecnológico). Até 2030, assume-se que não haverá aumento da capacidade instalada em geotermia. ♦ No cenário “Rumo à Sustentabilidade” procura avaliar-se as consequências de uma utilização mais alargada do potencial total, actualmente estimado cerca de 300MW, incluindo ilhas e o território continental.	18 → 35	255

Cogeração	♦ São definidos cenários para a cogeração a gás natural, a fuelóleo e a recursos renováveis (essencialmente licores sulfíticos, uma vez que a cogeração a biomassa foi analisada separadamente). ♦ No cenário “Referência”, admite-se uma taxa de crescimento anual da ordem dos 2% até 2030, no caso da cogeração a gás natural e a fontes renováveis. Assume-se uma taxa de desclassificação da cogeração a fuelóleo de 2% ao ano até 2030. ♦ No cenário “Rumo à Sustentabilidade” considera-se que a capacidade instalada total será de cerca de 1 700MW em 2030, com predominância das componentes a gás natural e renováveis (biomassa).	1 255 → 1 056	1 703
Ondas	♦ Admite-se que as tecnologias para aproveitamento da energia das ondas actualmente em desenvolvimento (e eventualmente outras) terão então atingido a fase de comercialização em 2010, o que permitirá concretizar o objectivo inicial do Ministério da Economia e Inovação de 50MW nessa data (DR 2003; Economia 2007). Considera-se que o valor se mantém constante até 2030. ♦ No cenário “Rumo à Sustentabilidade” admite-se que há um forte desenvolvimento desta tecnologia que permitirá explorar em 2030 20% do potencial estimado para Portugal.	0 → 50	1 000

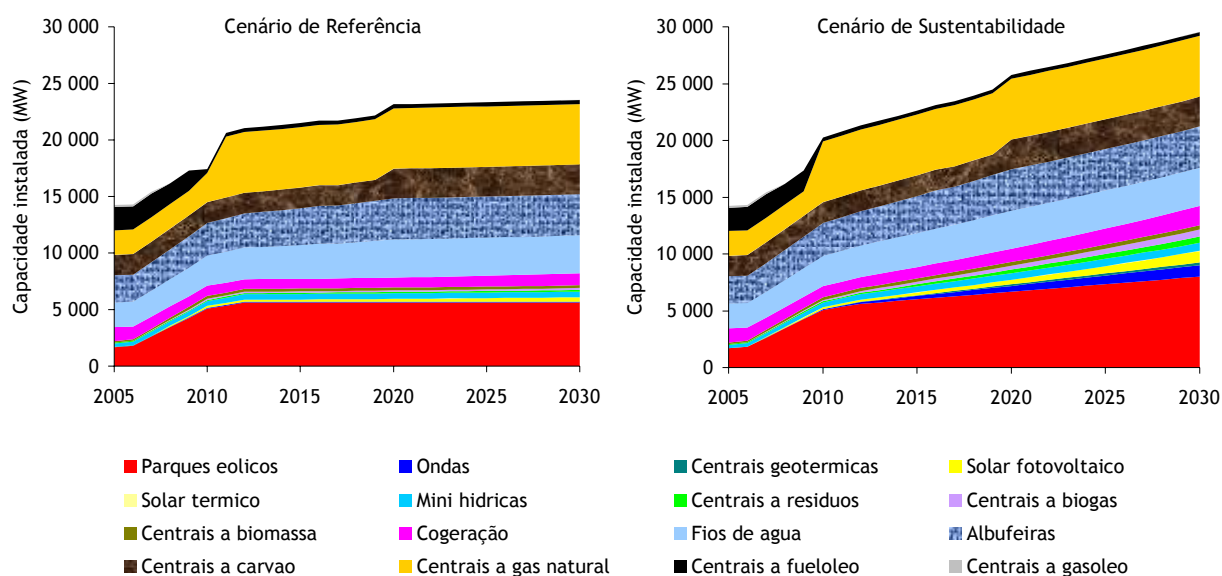


Figura 65 - Evolução da capacidade instalada por tecnologia

Do conjunto de hipóteses assumidas na construção dos cenários, destacam-se os seguintes pontos:

- No caso da produção em regime ordinário, é de prever o fim da utilização, a partir de 2010, das centrais a gasóleo e a fuelóleo para a produção de electricidade em Portugal Continental em qualquer um dos cenários;
- A produção a carvão deverá aumentar apenas em 800 MW (carvão com sequestro do carbono) até 2030;

- Está previsto um reforço da produção a gás natural de modo a que a capacidade instalada a partir de 2010 é de 5360 MW;
- De acordo com os objectivos do Ministério da Economia e Inovação, a capacidade hidroeléctrica instalada deverá totalizar 7000 MW em 2030.
- Na produção em regime especial é de destacar que a previsão é para que a tecnologia com maior incremento em termos de capacidade instalada seja a produção eólica (aumento total de 23% e 38% nos cenários “Referência” e “Rumo à Sustentabilidade”, respectivamente);
- O recurso às outras tecnologias renováveis também deverá aumentar.

Relativamente aos custos de produção por unidade de energia, quer para o cenário “Referência”, quer para o cenário “Rumo à Sustentabilidade”, considera-se que os valores de 2005 se mantêm constantes até 2030. Adicionalmente, efectua-se uma análise de sensibilidade para a evolução dos preços das tecnologias que utilizam derivados de petróleo e gás natural, considerando-se aumentos anuais de 5% e 10% nos custos dessas tecnologias. No caso do carvão, consideram-se aumentos anuais de 2,5% e 5% nos custos.

3.2.3. Refinação do petróleo

Como referido anteriormente para qualquer um dos cenários considerados assume-se que a capacidade de 2005 se mantém em 2030 (10,8 e 3,7 milhões de toneladas por ano em Sines e no Porto, respectivamente (GALP 2007)).

As restantes variáveis características técnicas dos processos, são consideradas constantes.

3.2.4. Recursos

Como mencionado na caracterização para o ano base do módulo relativo aos recurso, uma vez que se efectua uma estimativa dos potenciais recursos renováveis para Portugal, não se considera haver qualquer alteração até 2030 nos valores de 2005, em qualquer um dos cenários, ou seja, considera-se que os recursos água, vento, geotermia e outras se mantêm disponíveis na mesma quantidade que actualmente, e que será sempre possível importar combustíveis fósseis na medida das necessidades.

4. Resultados

4.1. Procura

Os resultados relativos à procura de energia final obtidos para os cenários descritos no capítulo anterior encontram-se representados na figura 66.

Para o cenário “Referência” (representado pela linha a vermelho), assiste-se a um aumento da procura de energia final de 21% entre 2005 e 2030 (de 19Mtep para 23Mtep). Apesar de se ter incorporado uma redução generalizada da intensidade energética das várias utilizações de energia nos sectores de actividade considerados, o aumento verificado resulta directamente de:

- Aumento previsto no nível de actividade dos vários sectores (n.º de alojamentos, no sector Doméstico; actividade económica (VAB) nos sectores dos Serviços, Indústria e Outros; quilómetros percorridos no sector dos Transportes);
- Aumento da taxa de penetração de diversas utilizações no caso dos sectores Doméstico e Transportes.

No cenário “Rumo à Sustentabilidade” (linha a verde), verifica-se uma tendência para a procura de energia final decrescer até 2030 (de cerca de 19Mtep para 16Mtep), o que se traduz globalmente num decréscimo de 16% entre 2005 e 2030. Esta tendência resulta não só de uma maior utilização de equipamentos e veículos energeticamente mais eficientes, mas também a um aumento da eficiência assumida para os sectores dos Serviços e da Indústria (com a intensidade energética do VAB a decrescer para o valor médio europeu) e dos Transportes (em que o nível de actividade se mantém inalterado em 2030 relativamente ao valor de 2005).

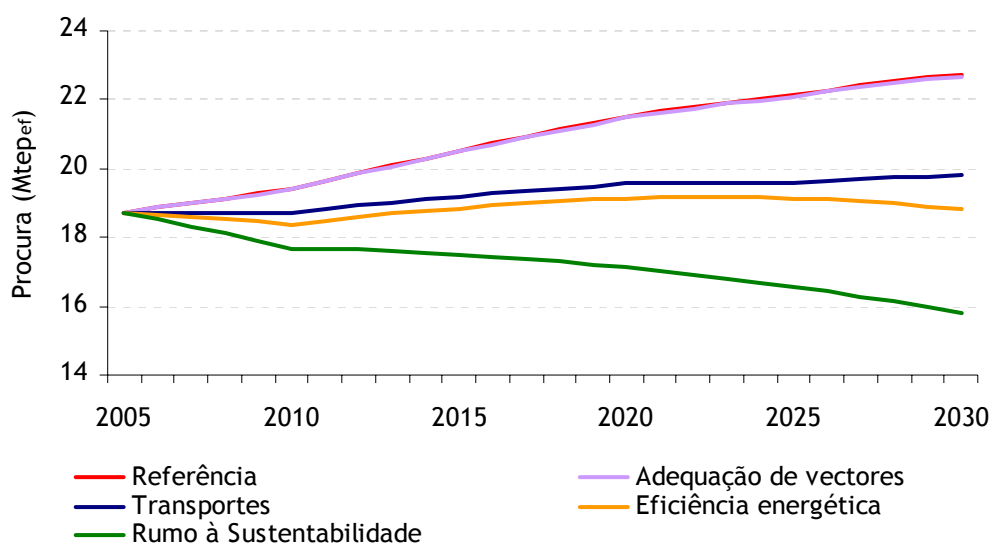


Figura 66 - Evolução da procura nos diferentes cenários

Relativamente ao estudo individualizado das actuações do cenário “Rumo à Sustentabilidade” constata-se que:

- A redução da procura neste cenário não resulta da soma directa das actuações “adequação de vectores”, “eficiência energética” e “transportes”, mas sim de uma combinação entre essas várias alternativas.
- Entre as várias actuações “Rumo à Sustentabilidade” analisadas a “transportes” e a “eficiência energética” são as que apresentam individualmente um maior impacto nos consumos: na “transportes”, os consumos apenas aumentam 6% entre 2005 e 2030 e, na “eficiência energética” há uma contenção no consumo de energia final, uma vez que o valor para 2030 é praticamente igual ao verificado em 2005.
- A actuação “adequação de vectores” não tem qualquer impacto no consumo de energia final, uma vez que esta alternativa apenas pressupõe uma transição para vectores energéticos menos poluentes.

Em termos da contribuição que cada sector tem na evolução da procura de energia final no país, apresentam-se na figura 67 os resultados obtidos nos cenários “Referência” e “Rumo à Sustentabilidade” para o período 2005-2030.

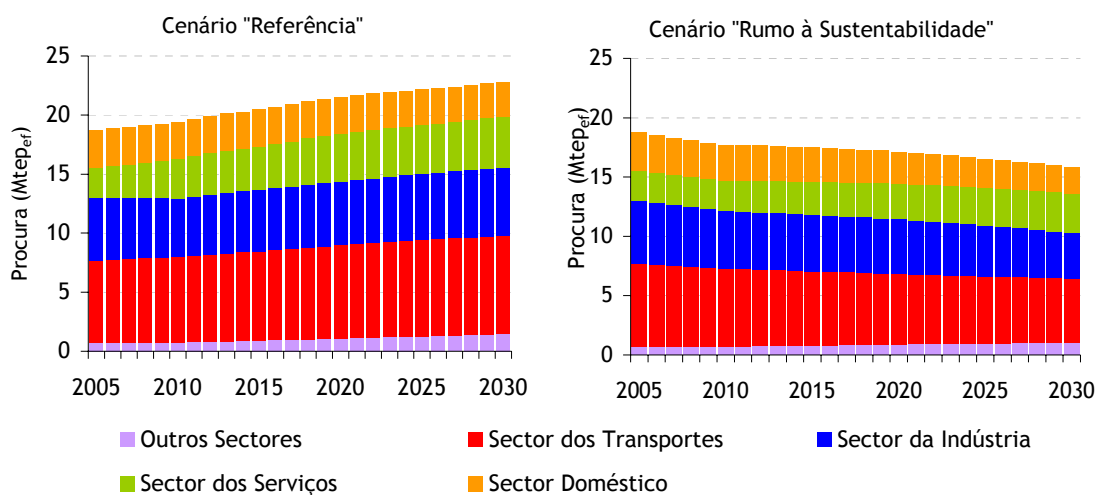


Figura 67 - Resultados da evolução da procura de energia final

É possível verificar que:

- No cenário “Referência”, os sectores da Agricultura e Pescas e da Construção e Obras Públicas (representados pelo sector “Outros”) são os que apresentam um maior aumento da procura de energia final (+105% entre 2005 e 2030), apesar de se manterem os sectores com menor peso no consumo energético nacional (cerca de 6% em 2030). Assiste-se igualmente a um aumento significativo da procura de

energia final nos sectores dos Serviços (+73%), Transportes (+20%) e Indústria (+8%). Apenas no sector Doméstico há lugar para uma redução dos consumos (-10% entre 2005 e 2030). O sector com maior peso na procura de energia final nacional mantém-se o dos Transportes, representando 37% dos consumos em 2030.

- Para o cenário “Rumo à Sustentabilidade”, que combina medidas de redução dos consumos nos diversos sectores, verifica-se que apenas há um aumento dos consumos de energia final nos sectores dos Serviços (+34% entre 2005 e 2030) e no “Outros” (+47%), sendo esses aumentos muito mais moderados do que no cenário “Referência”. Nos restantes sectores há reduções dos consumos da ordem dos 32% no sector Doméstico, 28% no da Indústria e de 23% no dos Transportes. Em termos do peso relativo de cada sector em 2030, verifica-se que o sector dos Transportes, tal como para o cenário “Referência”, é o que apresenta um maior peso (34%), seguido do sector da Indústria (24%), Serviços (21%), Doméstico (14%) e Outros (7%).

Relativamente aos vectores energéticos utilizados (figura 68) destaca-se:

- O facto de os derivados do petróleo se manterem os principais responsáveis pela procura de energia final do país (em média, mantêm uma representação da ordem dos 57% do consumo total em ambos os cenários no período analisado).
- O consumo de electricidade terá um peso relativo ligeiramente superior no cenário “Rumo à Sustentabilidade” do que no “Referência” (deverá contribuir em 25% para a satisfação dos consumos em 2030, contra 23% no cenário “Referência”).
- O carvão usado directamente como vector final praticamente já não tem expressão na procura de energia final do país e manter-se-á a tendência para a diminuição da sua utilização.

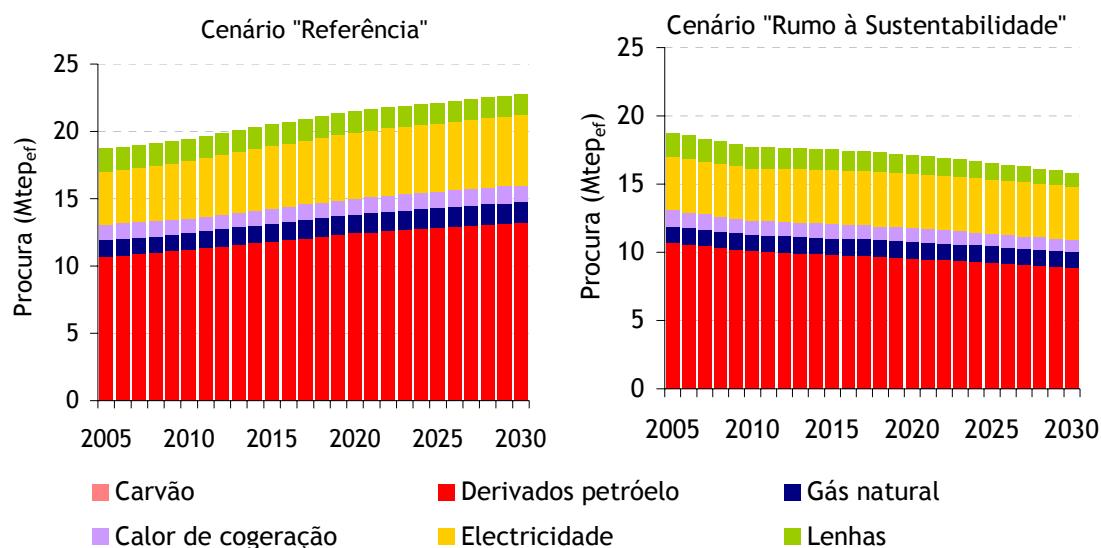


Figura 68 - Contribuição de cada vector para a evolução da procura

Relativamente à repartição dos consumos por utilização final de energia, verifica-se que apesar de, em valor absoluto, haver uma redução significativa da procura no sector Doméstico (figura 69), as diferenças de peso relativo das utilizações finais entre os cenários considerados não são significativas. Em termos relativos, há um acréscimo do peso do arrefecimento na estrutura dos consumos energéticos de uma casa (de 1% em 2005, passa para cerca de 4% em 2030) e dos electrodomésticos (com uma evolução de 21% em 2005 para cerca de 27% em 2030). Em simultâneo há um decréscimo do peso relativo das restantes utilizações.

Em termos absolutos, no sector dos Serviços (figura 70), a procura aumenta em relação a 2005 em qualquer um dos cenários, ainda que de forma mais significativa no cenário “Referência”. No sector da Indústria (figura 71), apenas no cenário “Referência” há um aumento da procura em termos absolutos relativamente a 2005. Em ambos os sectores verifica-se que a repartição dos consumos por utilização final de energia permanece praticamente inalterada.

No sector dos Transportes (figura 72), apenas no cenário “Referência” há um aumento da procura em termos absolutos relativamente a 2005. Para este sector verifica-se um aumento do peso dos veículos de passageiros relativamente aos de mercadorias em ambos os cenários (de 67% em 2005 para 75% em 2030).

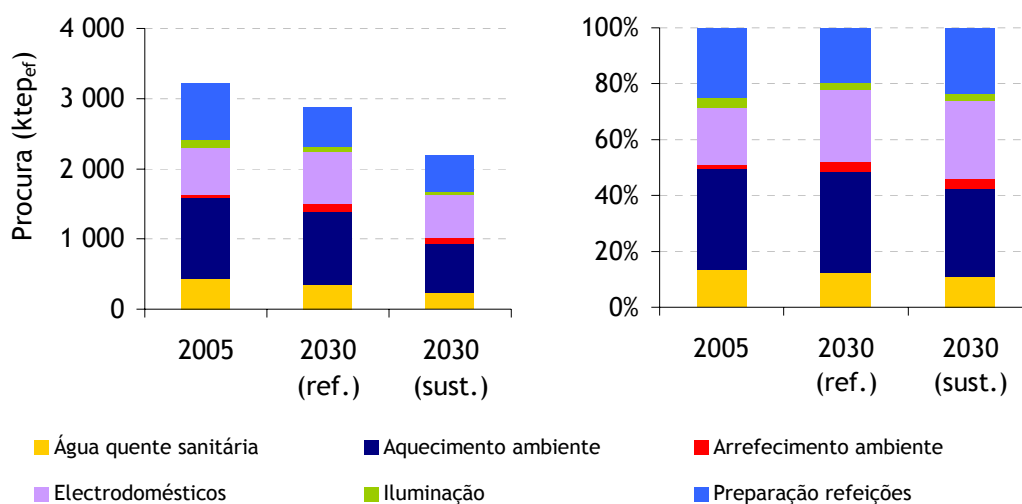


Figura 69 - Evolução do consumo por utilização (sector Doméstico)

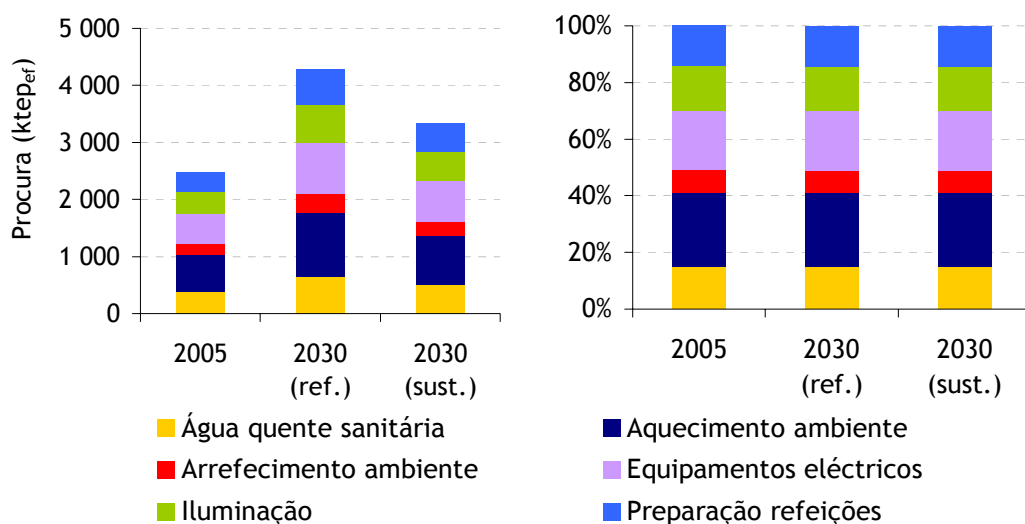


Figura 70 - Evolução do consumo por utilização (sector dos Serviços)

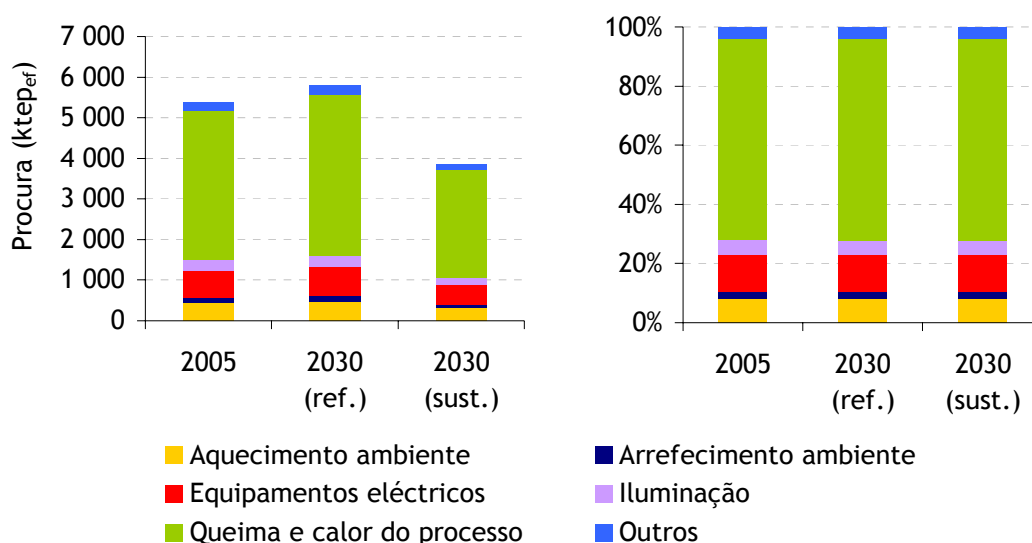


Figura 71 - Evolução do consumo por utilização (sector da Indústria)

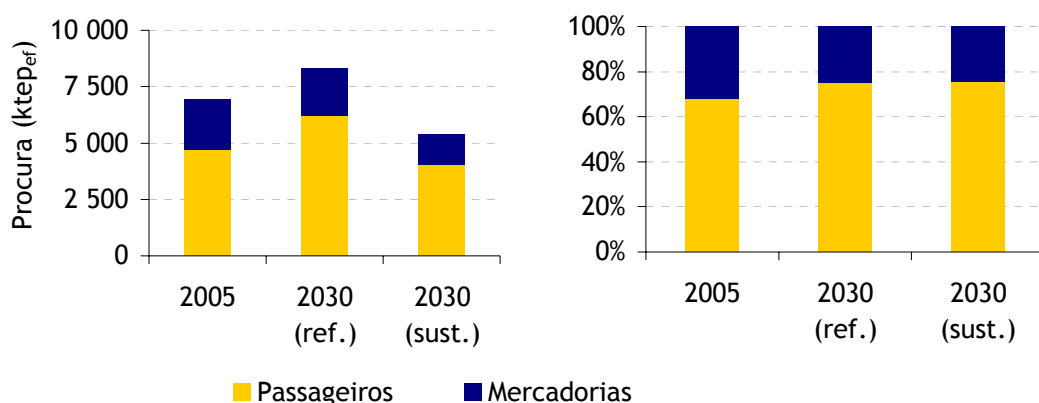


Figura 72 - Evolução do consumo por utilização (sector dos Transportes)

4.2. Transformação

4.2.1. Transporte e distribuição

Na tabela 22 são apresentados os resultados relativos às perdas de electricidade e de gás natural nas redes de transporte e distribuição e às perdas de derivados de petróleo que ocorrem no processo de refinação.

Tabela 22 - Evolução das perdas energéticas nos diferentes cenários

	Cenário “Referência”		Cenário “Rumo à Sustentabilidade”	
	2005	2030	2005	2030
Perdas de electricidade nas redes (ktep)	411	493	411	318
Perdas de gás natural nas redes (ktep)	6,29	7,71	6,29	1,17
Perdas no processo de refinação (ktep)	77	103	77	74

É possível constatar que, no cenário “Referência”, a quantidade de energia perdida aumenta de 2005 para 2030, como consequência directa de um aumento da produção (as perdas foram modeladas como percentagem do total de energia produzida). No cenário “Rumo à Sustentabilidade” verifica-se precisamente o oposto, uma vez que, não apenas há um decréscimo da produção (como consequência da menor procura), como também foram assumidas reduções percentuais das perdas nas redes mais significativas do que no caso do cenário “Referência”.

4.2.2. Produção de electricidade

Relativamente aos resultados obtidos no módulo da produção de electricidade, a figura 73 permite analisar a evolução da electricidade produzida em termos de energia final, nos cenários “Referência” e “Rumo à Sustentabilidade”.

De salientar que os cálculos do módulo de transformação são orientados pela procura, ou seja, cada módulo produz a quantidade de energia final necessária para satisfazer os requisitos domésticos e de exportação. Desta forma, a análise dos resultados permite verificar que o cenário “Rumo à Sustentabilidade” é aquele que apresenta uma menor produção de electricidade, por ser igualmente aquele em que os requisitos eléctricos em termos de energia final são menores, passando-se a situação inversa com o cenário “Referência”.

Relativamente à produção de electricidade por tecnologia, os resultados obtidos são apresentados na figura 74.

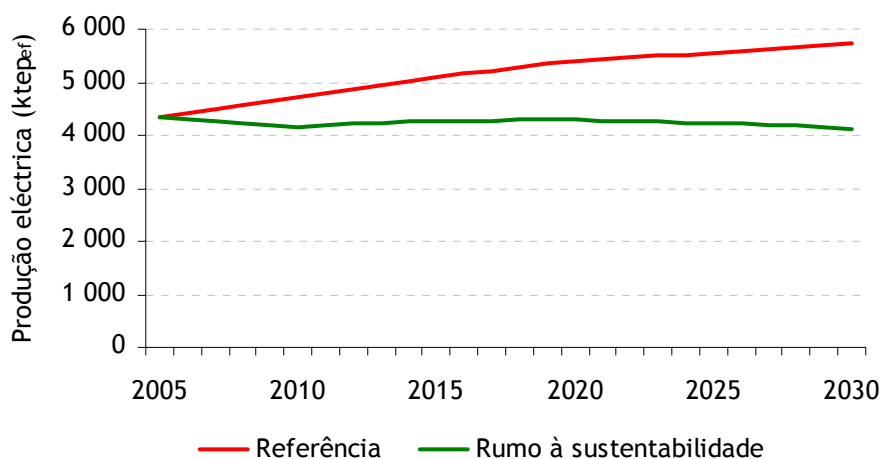


Figura 73 - Evolução da produção de electricidade nos diferentes cenários

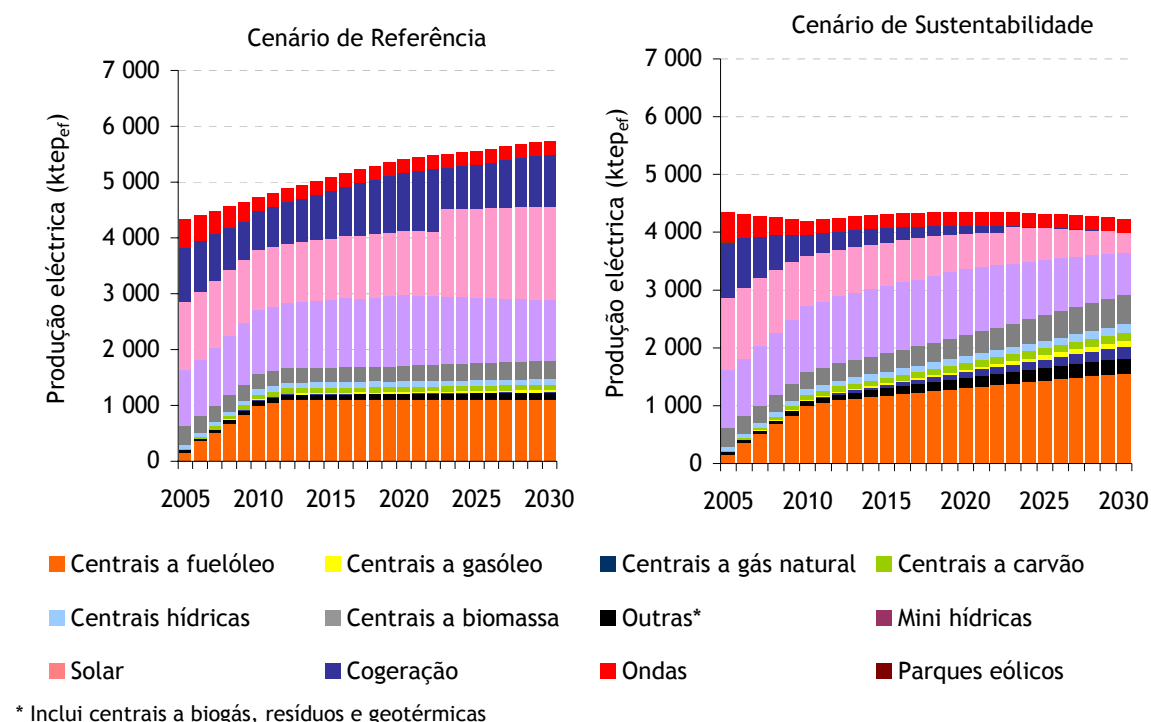


Figura 74 - Evolução da produção de electricidade por tipo de tecnologia

Destaca-se o aumento do peso da produção renovável no cenário “Rumo à Sustentabilidade” quando comparado com o cenário “Referência”. Neste caso, do ponto de vista dos recursos disponíveis, podem ocorrer períodos significativos em que o sistema pode operar em 100% com um recurso às fontes renováveis e à cogeração. A confirmar-se esta situação, este cenário representa um desafio significativo à inovação da gestão do sistema, com diversos aspectos a explorar, tais como as micro-redes e a utilização da tecnologia hídrica reversível para armazenamento. A menor contribuição dos combustíveis fósseis (carvão e gás natural), associada à diferente inércia que estas tecnologias apresentam em termos de tempo de resposta, favorece claramente uma estratégia que privilegie o gás natural relativamente ao carvão.

Em termos de *share* de renováveis (figura 75), com o cenário “Rumo à Sustentabilidade” é possível alcançar-se um valor máximo de 76% em 2030, enquanto que no cenário “Referência” não se consegue ir além dos 54% no peso que a componente renovável pode assumir no total da produção nacional.

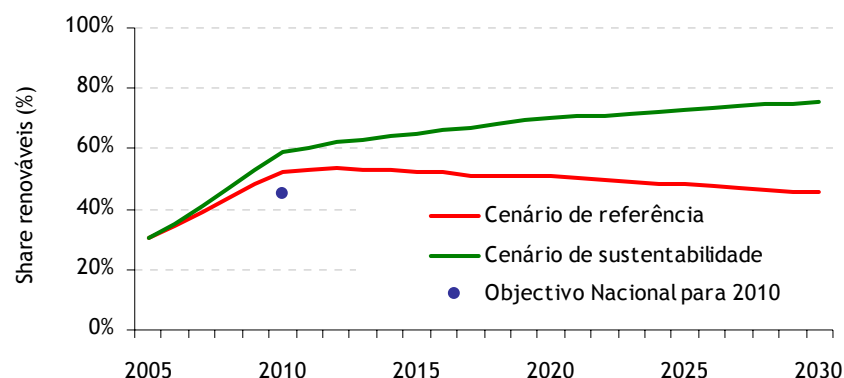


Figura 75 - Evolução da percentagem de electricidade de origem renovável

A figura 76 apresenta um resumo do despacho das centrais para a satisfação dos requisitos da procura ao longo dos anos 2005 e 2030 nos dois cenários analisados. No cenário “Rumo à Sustentabilidade”, destaca-se a existência de largos períodos temporais em 2030 em que, efectivamente, a satisfação da procura de electricidade em Portugal Continental é conseguida com recurso exclusivo a fontes renováveis (em cerca de 37% das horas do ano). De notar que a produção a partir do fuelóleo apenas representa as centrais instaladas nos arquipélagos da Madeira e dos Açores.

Relativamente aos recursos consumidos para a produção de electricidade, a figura 77 apresenta a evolução da utilização dos recursos em termos de energia primária.

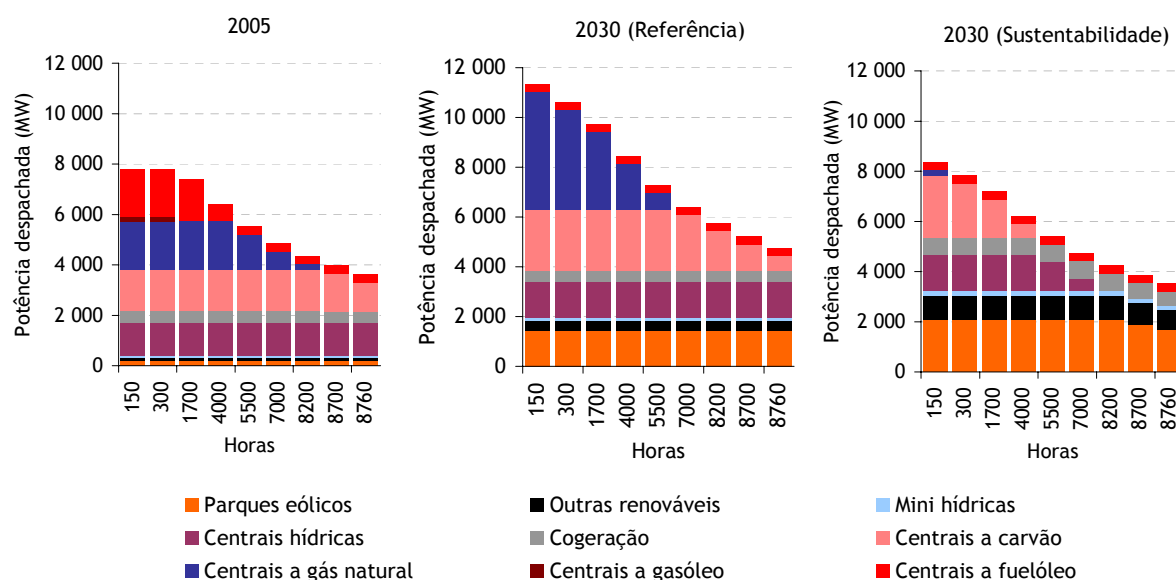


Figura 76 - Potência despachada por tecnologia

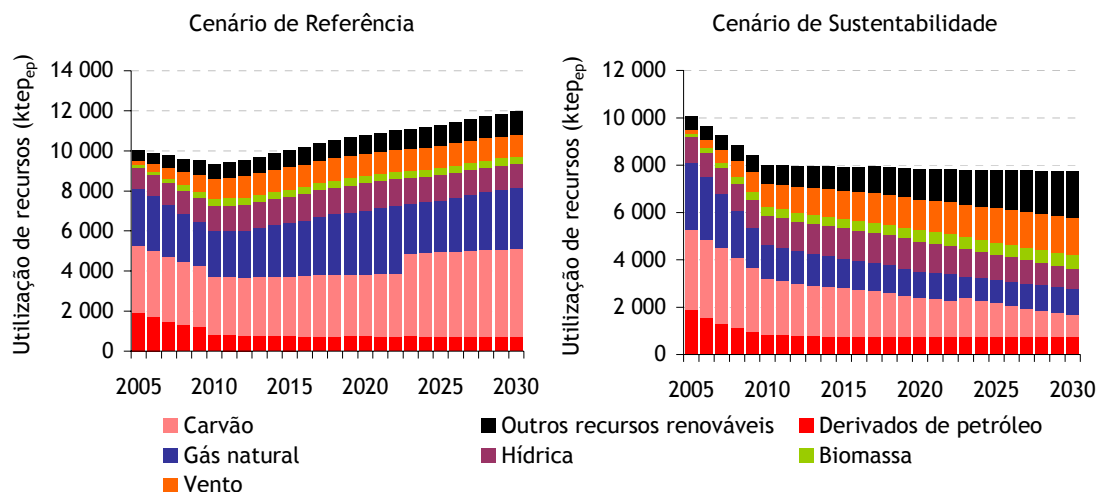


Figura 77 - Utilização de recursos para a produção de electricidade

Pela análise da figura verifica-se que no cenário “Rumo à Sustentabilidade”, há uma redução significativa do consumo de combustíveis fósseis (em 2030, consome-se menos 80% de carvão e 63% de gás natural do que no cenário “Referência”). Em ambos os cenários, há um aumento da produção a partir fontes renováveis (+98%, no cenário “Referência” e +167%, no “Rumo à Sustentabilidade”).

4.2.3. Refinação

Relativamente ao processo de refinação, a produção depende não só da evolução das necessidades para a produção de electricidade, mas principalmente do consumo directo de derivados do petróleo nos diversos sectores de actividade considerados.

Pela análise da figura 78 verifica-se que, no cenário “Referência”, há um acréscimo das necessidades dos vários combustíveis, com excepção do fuelóleo, como consequência da saída de serviço das centrais a fuelóleo em Portugal Continental. No cenário “Rumo à Sustentabilidade”, apenas se verifica um aumento no consumo de jet, havendo uma redução das necessidades dos outros produtos de refinação.

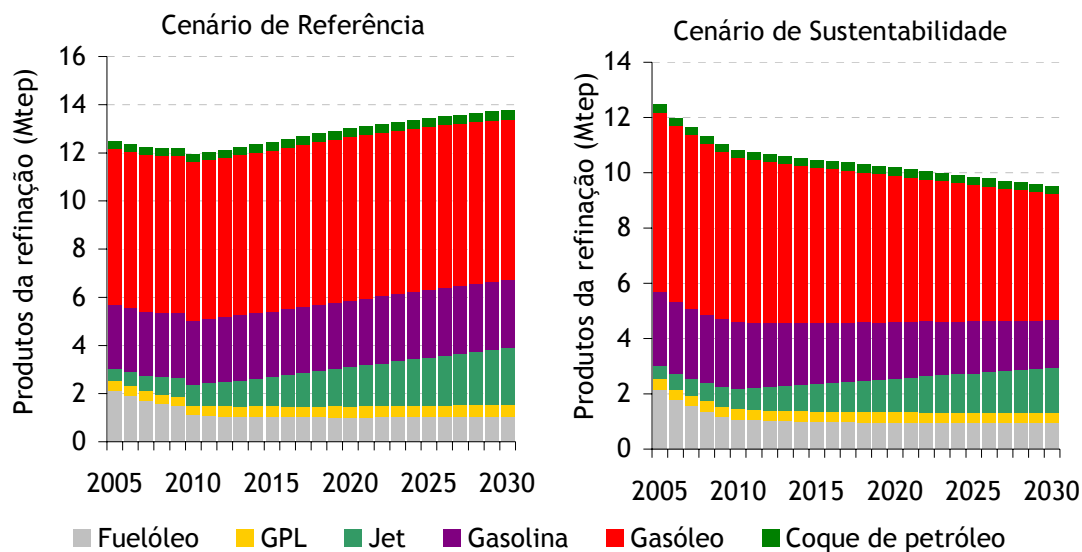


Figura 78 - Evolução dos produtos da refinação

A repartição dos produtos da refinação por tipo de consumo é apresentada na figura 79. É possível verificar que a maior parte dos derivados de petróleo são consumidos directamente no sector dos Transportes, cabendo à produção de electricidade apenas 15% do consumo em 2005. Esse valor decresce substancialmente com a saída de serviço das centrais a fuelóleo e a gasóleo em Portugal Continental de 2009 para 2010 (situação considerada em ambos os cenários), passando a representar apenas consumos de gasóleo nas centrais a resíduos e os de fuelóleo nos arquipélagos da Madeira e dos Açores.

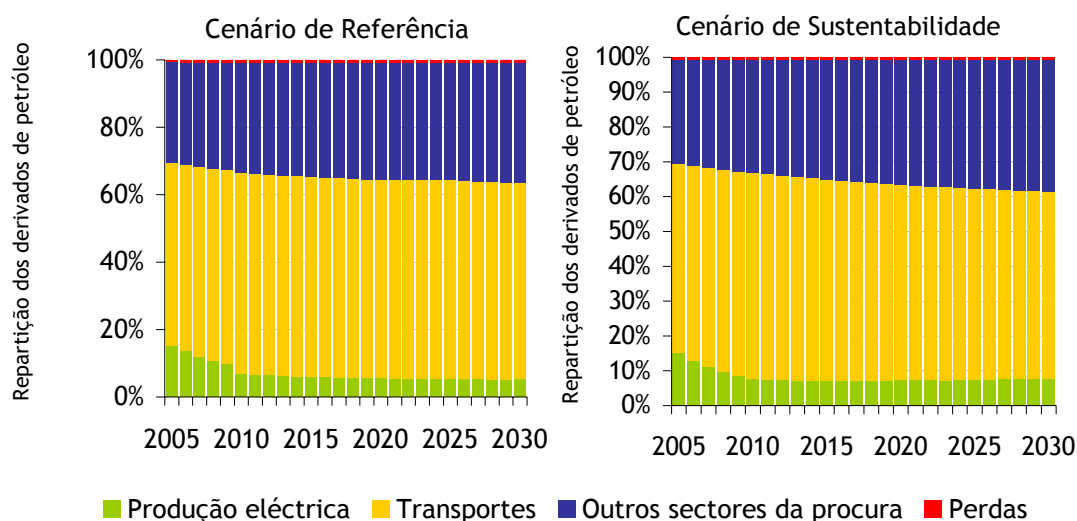


Figura 79 - Distribuição dos produtos da refinação por sector de uso

4.3. Balanço energético

Da figura 80 à figura 82 é apresentado um resumo da produção, conversão e consumo de energia para o ano 2005 e para 2030 nos cenários “Referência” e “Rumo à Sustentabilidade”. A informação é apresentada por vector energético, sendo cada um, por sua vez, representado por duas colunas horizontais dispostas lado a lado. As colunas do lado direito de cada imagem caracterizam a oferta de energia, distribuída por produção endógena, importações e produção de formas secundárias. As barras do lado esquerdo representam o consumo final e as necessidades para a produção de energia, repartido por procura, exportações e consumo de recursos secundários.

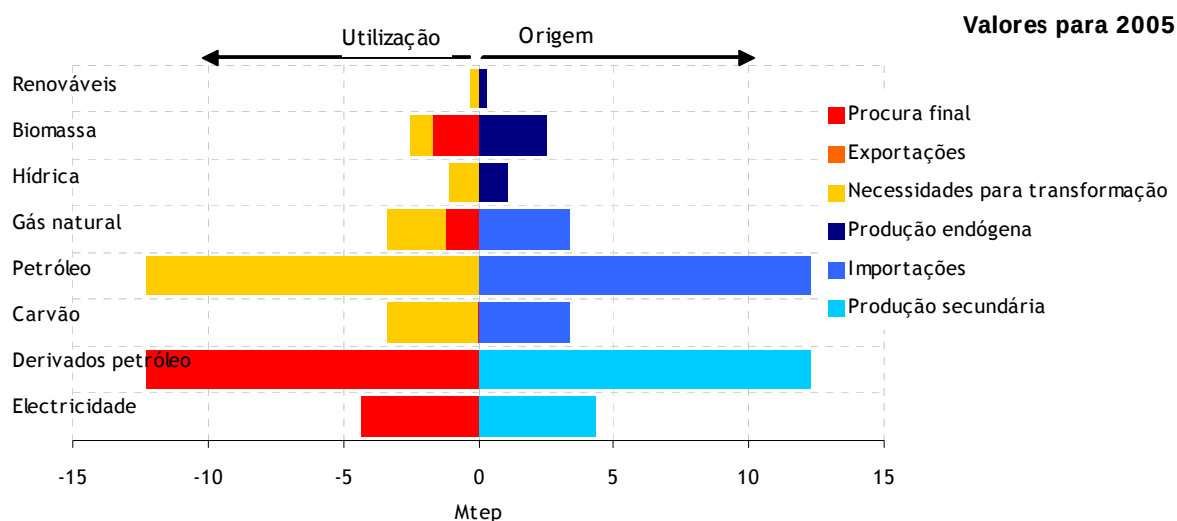


Figura 80 - Balanço energético em 2005

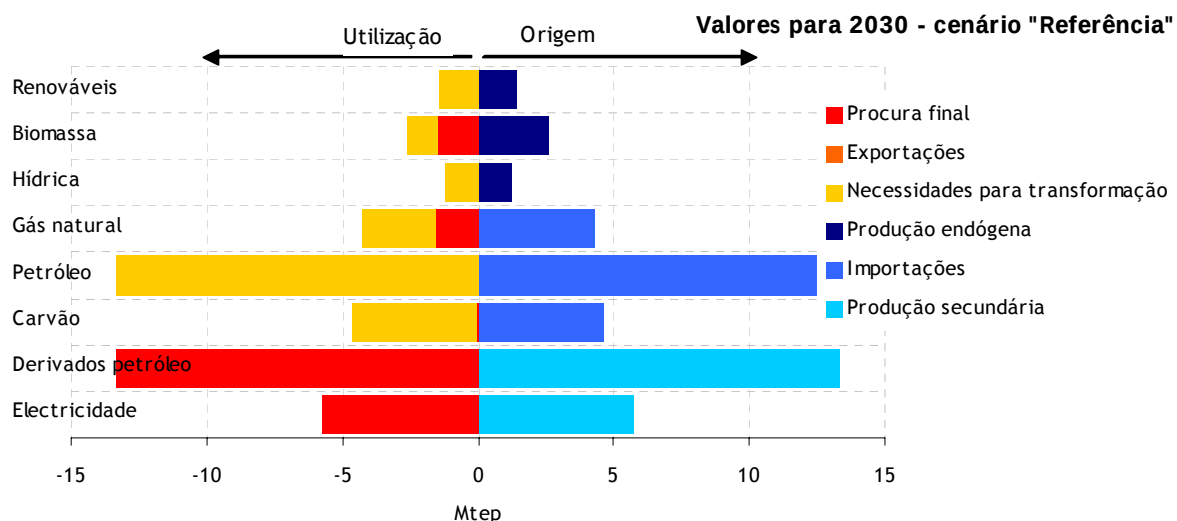


Figura 81 - Balanço energético em 2030 para o cenário “Referência”

Valores para 2030 - cenário "Rumo à Sustentabilidade"

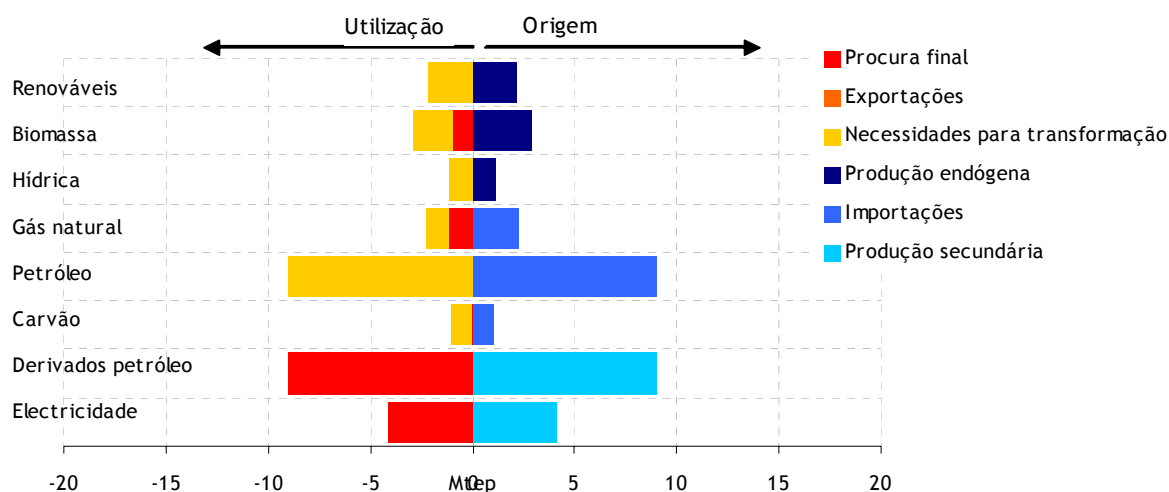


Figura 82 - Balanço energético em 2030 para o cenário "Rumo à Sustentabilidade"

Pela análise das figuras é possível verificar que:

- O recurso a fontes renováveis de energia, incluindo a biomassa, a energia hídrica e outras, aumenta de 2005 para 2030, sendo esse aumento mais significativo no cenário "Rumo à Sustentabilidade" (de 36% entre 2005 e 2030, no cenário "Referência" e de 59%, no "Rumo à Sustentabilidade");
- O petróleo e seus derivados continuarão a ser os combustíveis com maior peso no sistema energético nacional, representando perto de 57% em ambos os cenários. Contudo, no cenário "Rumo à Sustentabilidade", verifica-se uma redução de 27% da sua utilização relativamente a 2005, enquanto que no cenário "Referência" se verifica um aumento em 9%;
- Relativamente aos restantes combustíveis fósseis, a utilização de carvão aumenta 36% no cenário "Referência" e diminui 70%, no de "Rumo à Sustentabilidade". No cenário "Referência", o consumo de gás natural cresce 27% de 2005 para 2030 e no "Rumo à Sustentabilidade" diminui 32%;
- O consumo de electricidade aumenta 32% entre 2005 e 2030 no cenário "Referência" e diminui 5% no "Rumo à Sustentabilidade".

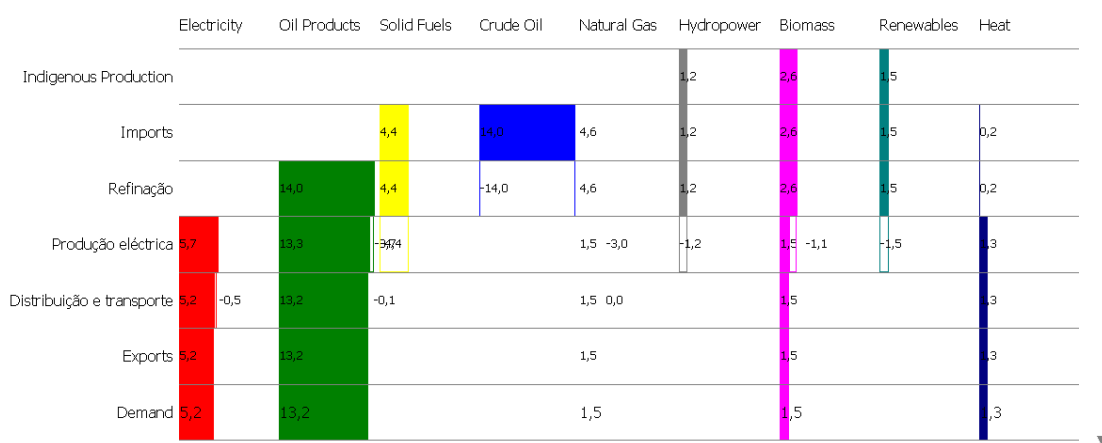
A figura 83 e a figura 84 ilustram graficamente o balanço energético nacional para 2030. O fluxo energético é representado, desde os recursos primários (produção endógena e importações), através de cada módulo de transformação até às exportações e ao consumo final. Cada coluna caracteriza um determinado vector energético e tem uma largura que é proporcional ao fluxo anual de energia. Lendo de cima para baixo, uma redução da largura das colunas pode resultar de:

- Ocorrência de perdas de energia durante a transformação;
- Consumo de um combustível para produção de outro (ex. o petróleo bruto é transformado em derivados do petróleo);
- Exportação de combustíveis;
- Procura total ou parcialmente por satisfazer.

Um aumento da largura das colunas pode representar:

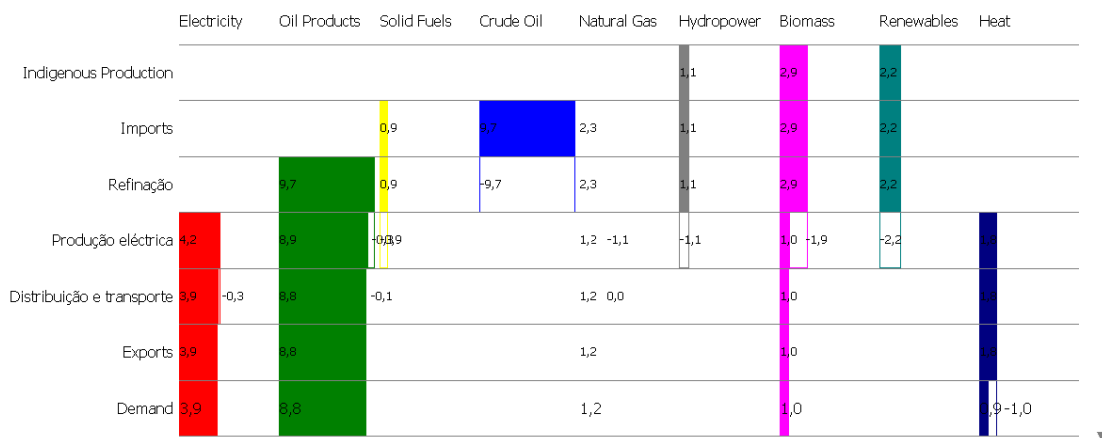
- A produção endógena ou importação de um combustível;
- A produção de um recurso secundário a partir de um recurso primário (ex. a electricidade é produzida no módulo de produção de electricidade).

Pela análise das figuras é possível constatar novamente que o peso dos combustíveis fósseis (petróleo e seus derivados, carvão e gás natural) e da electricidade é menor no cenário “Rumo à Sustentabilidade” do que no “Referência”. Pelo contrário, nesse cenário há um maior recurso às fontes renováveis e ao calor de cogeração do que no cenário “Referência”.



Nota: valores em Mtep

Figura 83 - Fluxo energético para 2030 (cenário “Referência”)



Nota: valores em Mtep

Figura 84 - Fluxo energético para 2030 (cenário “Rumo à Sustentabilidade”)

4.4. Recursos

Os resultados em termos de evolução das fontes de energia primária em Portugal são apresentados na figura 85.

Mais uma vez se confirma que, no cenário “Rumo à Sustentabilidade” há uma menor necessidade de utilização de combustíveis fósseis (em 2030, consome-se menos 44% de combustíveis fósseis relativamente ao cenário “Referência”). A utilização de recursos renováveis em 2030 é cerca de 12% superior no cenário “Rumo à Sustentabilidade” relativamente ao “Referência”.

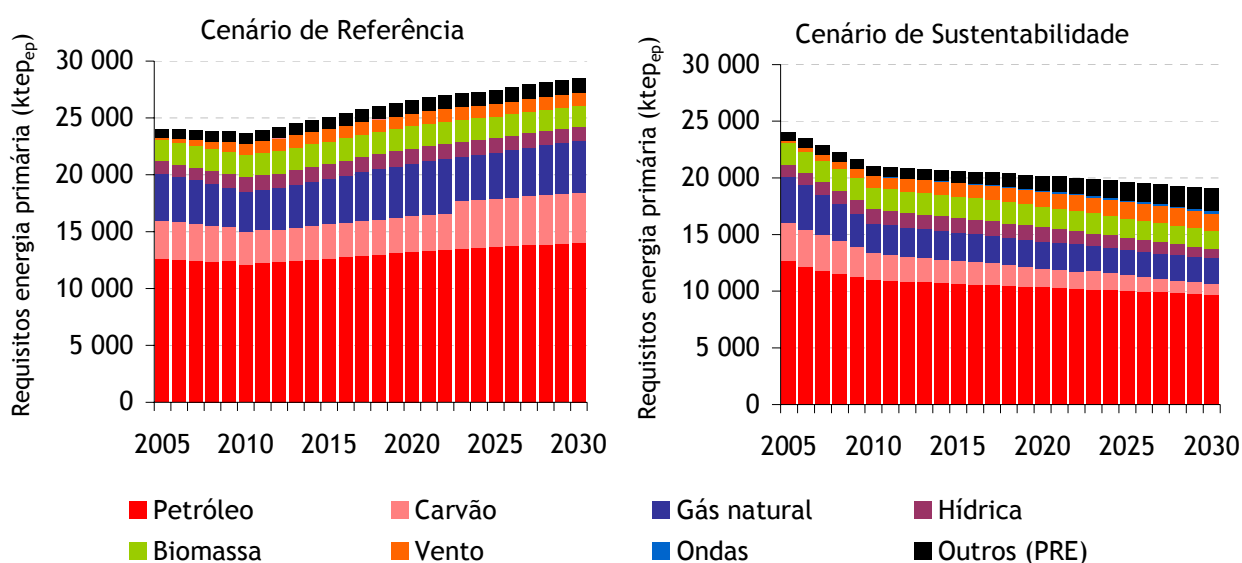


Figura 85 - Evolução dos requisitos de energia primária

4.5. Emissões de GEE

Sendo o Sistema Energético responsável pela grande parte das emissões de GEE, foi também criado um módulo relativo a emissões de GEE não associadas à utilização de energia, de modo a contemplar todos os sectores emissores de GEE e a permitir uma análise comparativa dos diversos cenários. Para esses casos, foi introduzido no modelo o cenário de evolução previsto pelo PNAC (PNAC 2006b) para as emissões não associadas à utilização de energia dos processos industriais, da utilização de solventes e outros produtos, da Agricultura (utilização de fertilizantes, queima de resíduos, etc.) e Pecuária (fermentação entérica), da produção e gestão de resíduos e do uso dos solos e gestão de florestas.

Os resultados em termos de variação das emissões atmosféricas de GEE, para os diferentes cenários assumidos, são apresentados na tabela 23.

Tabela 23 - Evolução das emissões atmosféricas nos diferentes cenários

	Emissões globais (MtCO ₂ eq)		Emissões per capita (tCO ₂ eq/pessoa)		Emissões per capita com origem na produção eléctrica (tCO ₂ eq/pessoa)	
	2005	2030	2005	2030	2005	2030
Cenário de Referência	94	96	8,9	9,4	2,3	2,0
Adequação de vectores	94	95	8,9	9,3	2,3	2,0
Eficiência energética	94	80	8,9	7,9	2,3	1,1
Transportes	94	85	8,9	8,4	2,3	2,0
Perdas na rede	94	95	8,9	9,3	2,3	2,0
PRE	94	89	8,9	8,7	2,3	1,4
Cenário de Sustentabilidade	94	65	8,9	6,4	2,3	0,6
Cenário de Sustentabilidade + Prioridade ao gás natural	94	65	8,9	6,3	2,3	0,6

No cenário “Referência”, as emissões de CO₂ aumentam de 8,9 toneladas de CO_{2eq} *per capita* em 2005 para cerca de 9,4 toneladas de CO_{2eq} *per capita* em 2030. No cenário “Rumo à Sustentabilidade”, a combinação das medidas de transição para vectores energéticos menos poluentes, o aumento da eficiência energética, as estratégias ao nível dos transportes, a redução de perdas nas redes e a maior integração de fontes renováveis conduzem a uma redução de 8,9 para 6,4 toneladas de CO_{2eq} por pessoa no período analisado.

Para as diferentes actuações de sustentabilidade efectuadas no módulo da procura, é possível constatar que a actuação na área da eficiência energética é a que apresenta maior impacto na minimização das emissões (menos 14 MtCO_{2eq}, entre 2005 e 2030), seguida da actuação ao nível dos transportes (menos 8 MtCO_{2eq}). Já na transformação, o peso mais significativo cabe à troca de ordem de mérito entre as centrais a carvão e as a gás natural (menos 29 MtCO_{2eq}), que corresponde mesmo à medida com maior impacto em termos de redução das emissões globais. O aumento da componente de PRE (renováveis e cogeração) para a produção de electricidade promove uma redução adicional das emissões em 5 MtCO_{2eq} no período analisado.

Na figura 86 representam-se as emissões resultantes da utilização directa de combustíveis nos sectores da procura, das emissões associadas à produção de electricidade e à refinação e ainda todas as emissões de GEE que não decorrem da utilização de energia.

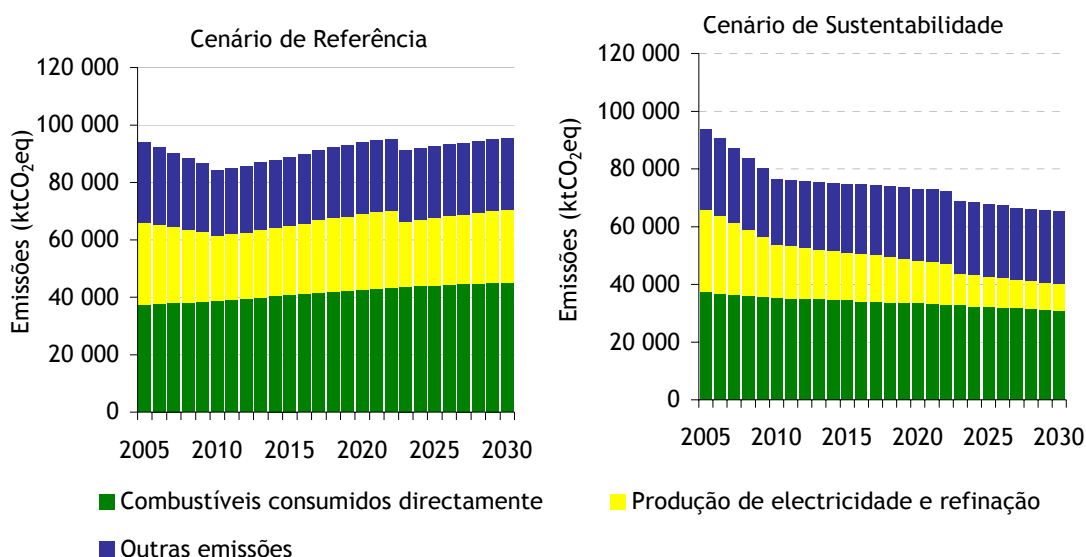


Figura 86 - Evolução das emissões por módulo

Pela análise da figura é possível verificar que, no cenário “Referência”, as emissões totais em 2030 se mantêm sensivelmente ao mesmo nível das verificadas em 2005 (perto das 95 MtCO₂eq), enquanto que no cenário “Rumo à Sustentabilidade”, apresentam uma redução de 30% face aos valores verificados em 2005. É também possível verificar que o consumo directo de combustíveis nos diversos sectores da procura é o principal responsável pela emissão de GEE, representando perto de 50% das emissões em 2030 em ambos os cenários.

O potencial para redução das emissões resultantes da produção de electricidade e da refinação é significativo no caso do cenário “Rumo à Sustentabilidade”, em que foi analisado um recurso mais intenso às tecnologias renováveis para a produção de electricidade e em que se considerou uma redução mais significativa das perdas nas redes (menos 77% de emissões em 2030 relativamente a 2005). De destacar que a saída de serviço da potência instalada em centrais a fuelóleo e gasóleo em Portugal Continental foi considerada em ambos os cenários, sendo responsável pela quebra de emissões que ocorre na produção de electricidade de 2009 para 2010.

A figura 87 permite comparar os resultados em termos de emissões obtidos com três das alternativas estudadas no LEAP e a meta do Protocolo de Quioto para Portugal.

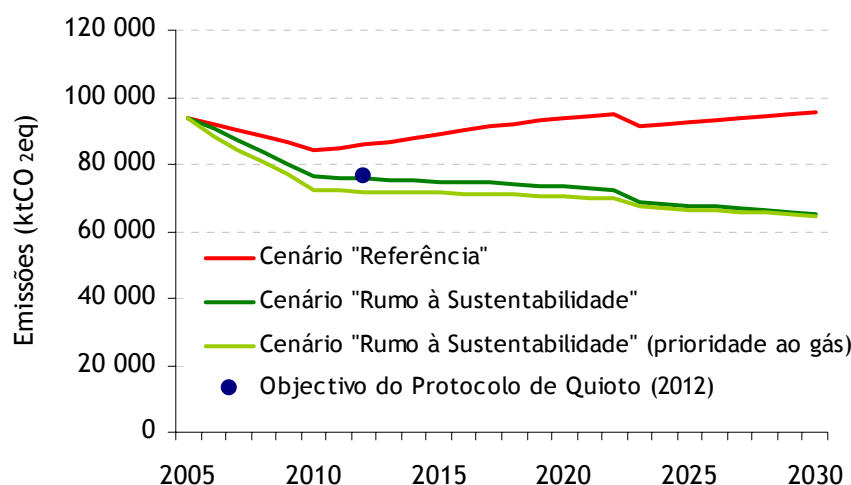


Figura 87 - Concretização dos objectivos de Quioto

Verifica-se assim que, no caso do cenário “Referência”, mesmo para um regime hidrológico médio ou húmido, não será possível cumprir o objectivo de Quioto para Portugal (em 2012, há um desvio de +12% relativamente ao objectivo). O cenário “Rumo à Sustentabilidade” garante o cumprimento do objectivo nacional (margem de 1%). A alternativa de sustentabilidade com prioridade ao gás natural em detrimento do carvão permite uma margem ainda maior de cumprimento do objectivo (valor 6% abaixo do objectivo em 2012).

A figura 88 apresenta os resultados relativos às emissões resultantes da utilização dos diferentes combustíveis. É possível confirmar que a utilização de derivados do petróleo constitui a maior fonte de emissões atmosféricas, seja para a produção de electricidade ou para utilização directa na procura final, com uma contribuição relativa da ordem dos 46% em ambos os cenários. Quanto ao carvão, no cenário “Rumo à Sustentabilidade” verifica-se uma redução significativa da sua utilização (menos 90% entre 2005 e 2030), como resultado da maior aposta em fontes renováveis de energia.

A figura 89 permite analisar com maior detalhe as emissões associadas ao consumo de combustíveis e electricidade nos diversos sectores da procura energética.

É possível verificar que o sector dos Transportes representa a maior fatia das emissões. É igualmente o potencial responsável pela maior redução de emissões na procura (menos cerca de 6 GtCO₂eq em 2030, no cenário “Rumo à Sustentabilidade”).

Relativamente ao módulo da transformação, a produção de electricidade tem um peso muito mais significativo na emissão de poluentes do que a refinação. Mais uma vez se destaca a importância da desactivação das centrais a fuel/gasóleo para a redução das emissões no sector eléctrico entre 2009 e 2010 (situação representada em ambos os cenários).

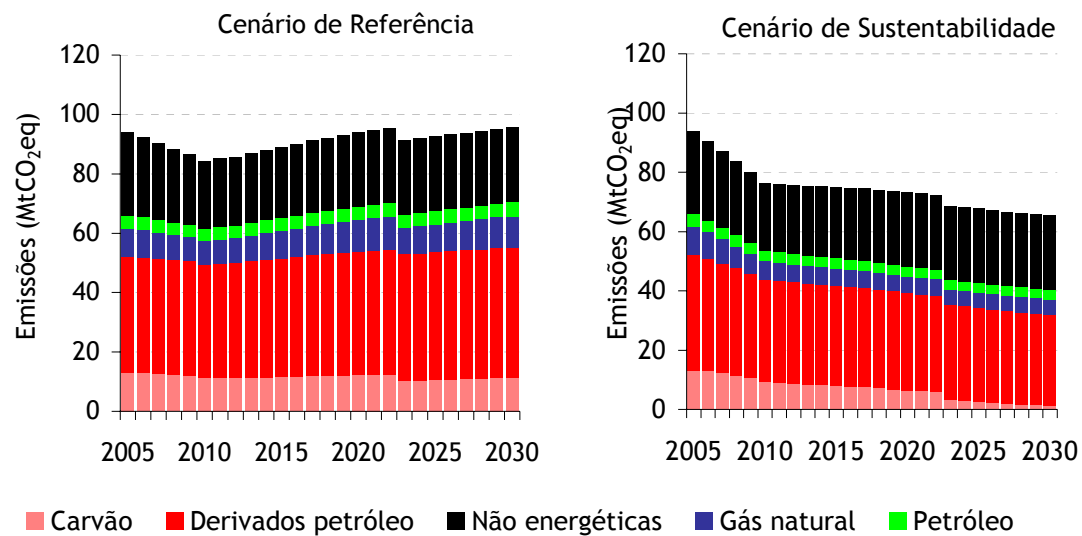


Figura 88 - Evolução das emissões por tipo de combustível

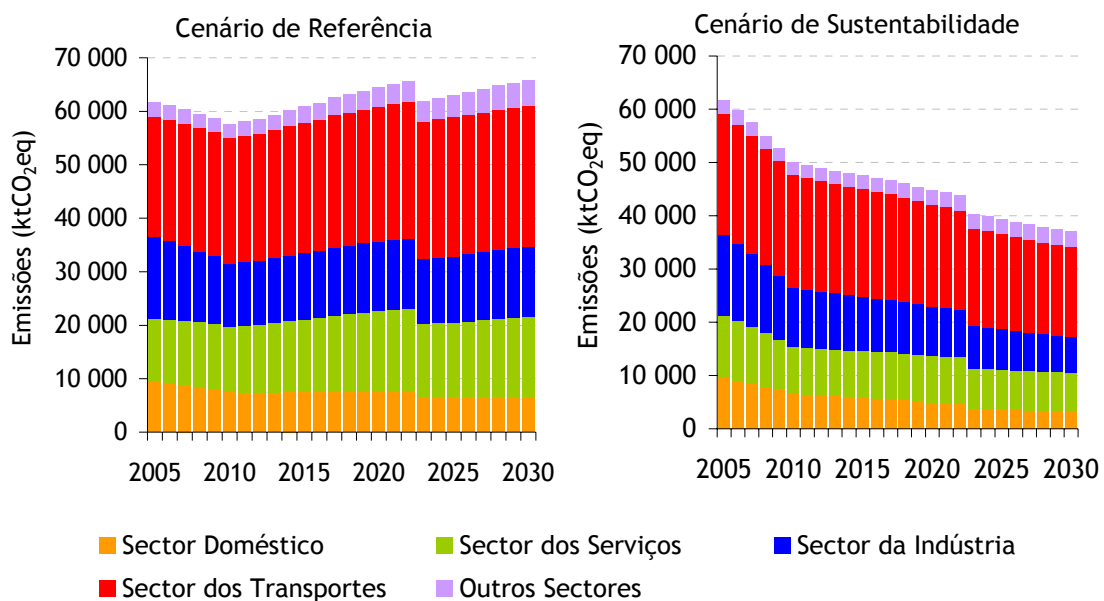


Figura 89 - Emissões nos sectores da procura

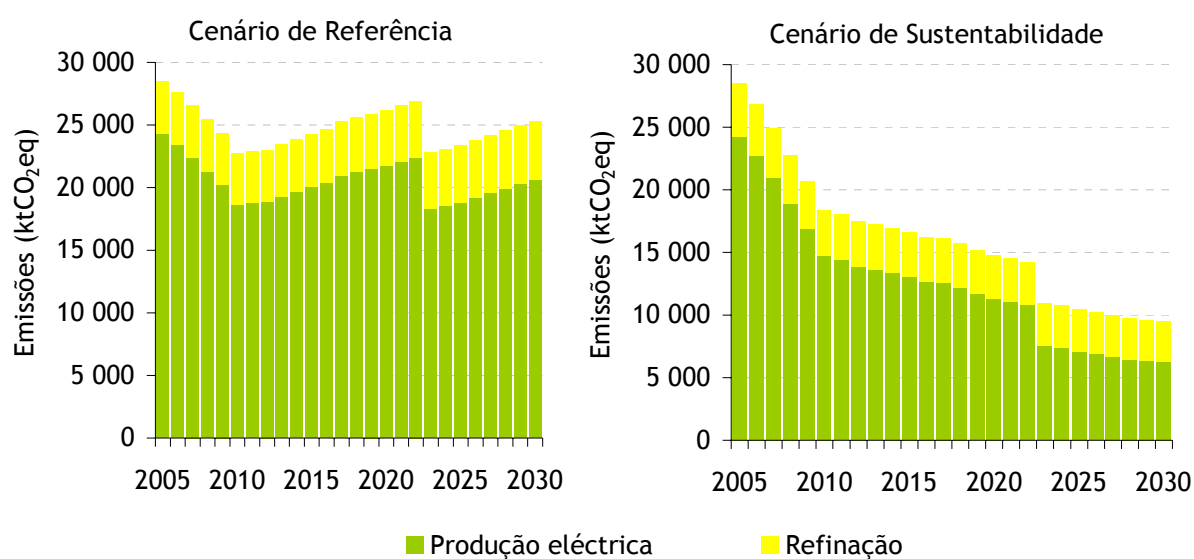


Figura 90 - Emissões nos processos de transformação

Especificamente no caso da produção de electricidade, a figura 91 apresenta a contribuição em termos de emissões das diversas tecnologias poluentes.

Destaca-se o peso das centrais a carvão nas emissões totais da produção de electricidade, em que, no cenário “Referência” contribuem com 54% para a emissão de GEE do sector eléctrico, e no cenário “Rumo à Sustentabilidade”, com 21% do total emitido.

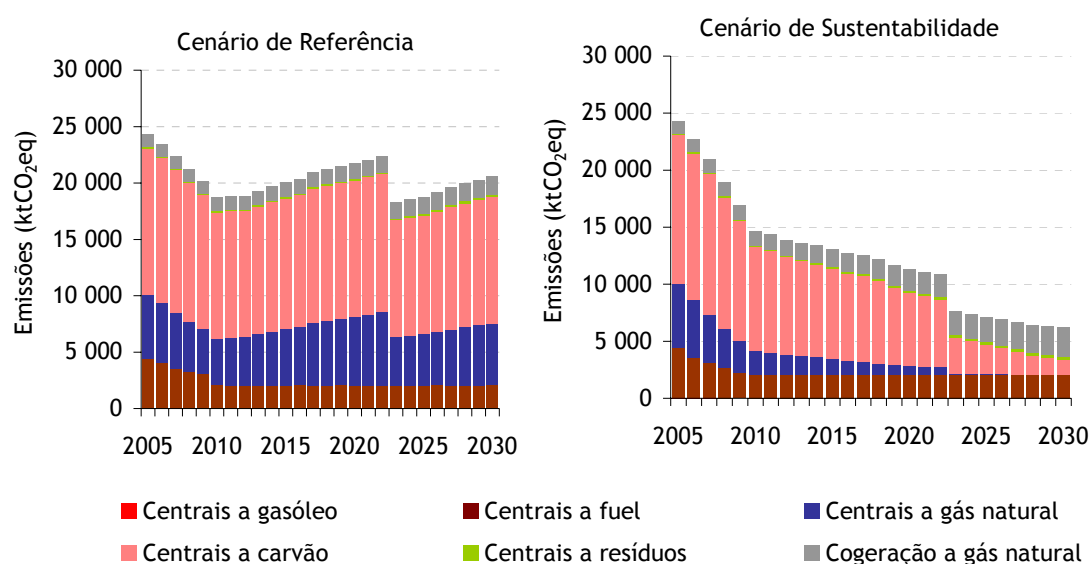


Figura 91 - Emissões por centro produtor

4.6. Indicadores globais

Em forma de síntese, apresentam-se na figura 92 os resultados globais para a intensidade energética do país, para a dependência externa e para as emissões de GEE (intensidade carbónica nacional).

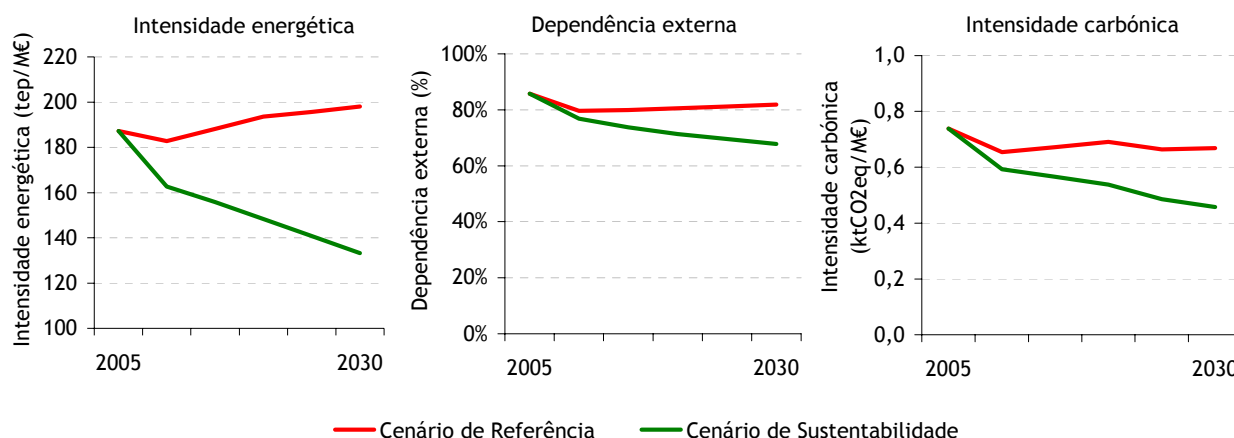


Figura 92 - Resultados globais

Verifica-se que:

- Enquanto que, no cenário “Referência”, há um aumento de 6% da intensidade energética entre 2005 e 2030, no cenário “Rumo à Sustentabilidade”, a tendência é para uma redução de 29% do peso do consumo de energia no PIB nacional. Os resultados obtidos comprovam a existência de um elevado potencial de melhoria no peso que o consumo de energia primária tem no PIB.
- Relativamente à dependência exógena, é improvável que se venha a alcançar uma independência energética superior a 30% até 2030, mesmo sob penetração massiva de energias renováveis. A dependência externa deverá rondar os 82% em 2030 no cenário “Referência”, e os 68%, no cenário “Rumo à Sustentabilidade”.
- Já relativamente à intensidade carbónica do país, ambos os cenários apontam para uma redução das emissões de GEE por PIB (-10%, no cenário “Referência” e -38%, no “Rumo à Sustentabilidade”). Esta situação poderá estar directamente relacionada com a promoção das energias renováveis, no caso da produção de electricidade e da redução da intensidade energética dos equipamentos e veículos.

4.7. Custos da produção de electricidade

O LEAP permite efectuar análises de custo-benefício ao sistema energético, tendo-se optado por focar especificamente a análise dos resultados nos custos associados à produção de electricidade. Nos cenários “Referência” e “Rumo à Sustentabilidade” assumiu-se que os valores de custo por unidade de energia produzida para cada tecnologia em 2005 se mantêm constantes até 2030 com os valores apresentados na figura 54 do capítulo 2.2.2.2. Deste modo foram assumidas as seguintes simplificações:

- Considerou-se que os custos de produção das tecnologias a partir de fontes renováveis não dependem da capacidade já instalada, o que pode não ser exactamente verdade uma vez que se verifica que os custos tendem a crescer com a potência instalada acumulada;
- Não se consideraram factores de mercado, tendo-se optado por assumir uma concorrência perfeita, onde os agentes vendedores licitam com base nos custos marginais de produção.

Complementarmente, efectuaram-se estudos de sensibilidade à evolução dos preços dos combustíveis fósseis, tendo-se considerado acréscimos de 1%, 2%, 3%, 4%, 5% e 10% ao ano nos custos de produção de tecnologias a partir de derivados do petróleo, gás natural e carvão.

Da análise dos resultados destaca-se o seguinte:

- Os custos por unidade de electricidade produzida são superiores no cenário com uma maior capacidade renovável instalada (cenário “Rumo à Sustentabilidade”) no caso de não haver variação dos custos dos combustíveis fósseis entre 2005 e 2030 e para as análises de sensibilidade de 1% e 2% (figura 93). Contudo, devido às medidas de eficiência energética consideradas no cenário “Rumo à Sustentabilidade”, este tem menores necessidades de energia, pelo que os seus custos globais são inferiores aos do cenário “Referência” (figura 94).
- A preços de 2005, a diferença entre os cenários “Referência” e “Rumo à Sustentabilidade” é de cerca de 153€/tep (0,013€/kWh). Considerando que a repartição renovável/não renovável é de 47%-53% no cenário “Referência” e 80%-20% no “Rumo à Sustentabilidade” (figura 95), é possível verificar que a produção baseada em combustíveis fósseis teria de aumentar cerca de 0,04€/kWh relativamente aos valores de 2005 de forma a que o cenário

“Rumo à Sustentabilidade” tivesse custos inferiores aos do cenário “Referência”.

- Um sistema eléctrico com uma maior componente renovável é menos sensível às variações dos preços dos combustíveis fósseis. No cenário “Referência”, uma aumento anual de 10% nos custos de produção das tecnologias a combustíveis fósseis poderia conduzir a um aumento de cerca de 400% nos custos de produção entre 2005 e 2030. No cenário “Rumo à Sustentabilidade”, os custos de produção praticamente não seriam afectados, mesmo para a análise de sensibilidade de 10% (figura 94).

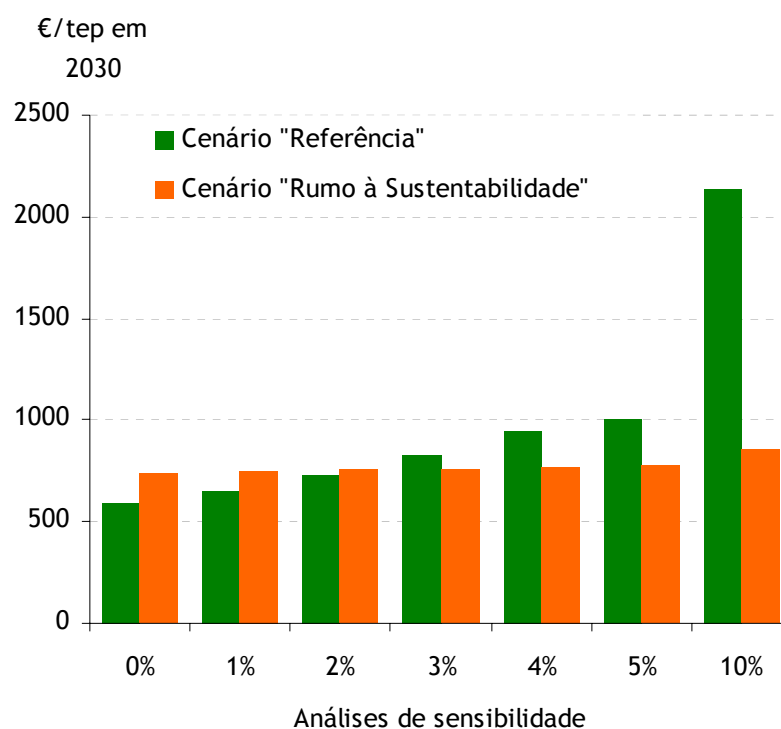


Figura 93 - Custos de produção (€/tep) em 2030 para as análises de sensibilidade efectuadas

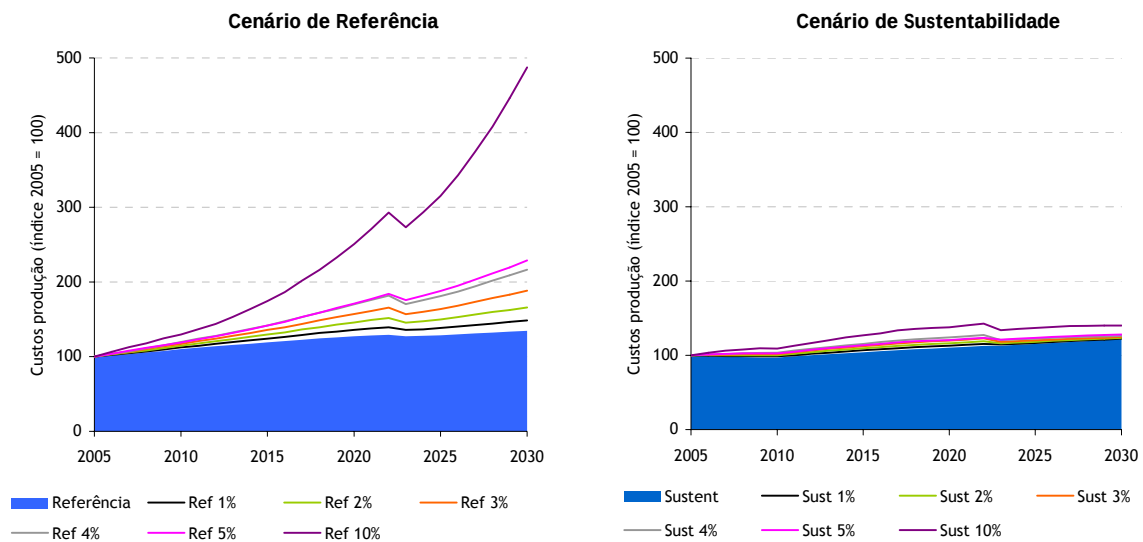


Figura 94 - Evolução dos custos da produção de electricidade

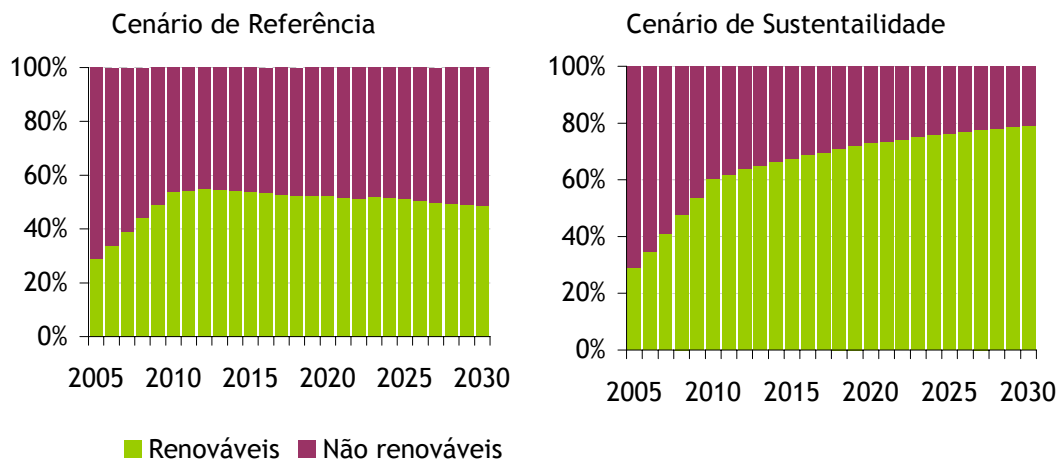


Figura 95 - Repartição da capacidade instalada por tecnologias renováveis e não renováveis

4.8. Síntese dos resultados

Apresenta-se na tabela 24 uma síntese dos principais resultados obtidos para os anos 2005 e 2030, nos cenários “Referência” e “Rumo à Sustentabilidade”.

Tabela 24 - Síntese dos principais resultados

	2005	2030 (Referência)	2030 (Sustent.)
Procura de energia final (Mtep)	19	23	16
Perdas de energia nas redes e na refinação (tep)	494	604	393
Produção de electricidade (Mtep)	4,3	5,7	4,2
Share renováveis na produção eléctrica (%)	30%	45%	76%
Custos da produção eléctrica (índice 2005 = 100)	100	135	127
Consumo de recursos primários (Mtep)	24	28	19
Emissões de GEE totais (MtCO _{2eq})	94	96	65
Emissões de GEE per capita (tCO _{2eq} /pessoa)	8,9	9,4	6,4
Intensidade energética (tep/M€)	187	198	133
Dependência externa (%)	86%	82%	68%

5. Conclusões

A caracterização do ano 2005 (ano base do estudo) permitiu verificar que os derivados de petróleo têm um elevado peso no consumo de energia final em qualquer um dos sectores de actividade analisados, correspondendo a perto de 100% do consumo de energia final no sector dos Transportes. A electricidade é o segundo vector com maior procura final, sendo ainda possível verificar que a utilização de gás natural permanece relativamente baixa.

A caracterização efectuada permitiu igualmente destacar o elevado peso das lenhas em energia final no sector Doméstico (cerca de 37% dos consumos), o que evidencia a sua utilização sob formas pouco eficientes na transformação para energia útil (por exemplo em lareiras abertas). Já a iluminação tem, neste sector, um consumo específico relativamente baixo (representa cerca de 4% do consumo de energia do sector), contrariando uma ideia generalizada sobre o seu elevado peso. No sector dos Serviços, o aquecimento ambiente e os equipamentos eléctricos são os usos com maior peso no consumo final do sector (representam 47% do consumo de energia final do sector). O recurso ao arrefecimento ambiente, quer no sector Doméstico, quer no dos Serviços, constitui a utilização com menor representação nos consumos de energia final. No sector da Indústria destaca-se a importância dos usos para calor, que representam a utilização com maior intensidade energética neste sector.

Os resultados do estudo efectuado mostram que as opções estratégicas relativas ao sistema energético português poderão ter impactos significativos e totalmente distintos caso se opte pela continuação da estratégia actual ou pela adopção de medidas adicionais ao nível da gestão da procura (nível de eficiência energética dos equipamentos, grau de penetração dos transportes públicos, etc.) e da promoção do aproveitamento de recursos endógenos (como as energias solar, eólica e das ondas).

A verificar-se o cenário “Referência”, a procura energética deverá crescer 21% até 2030 e continuará a assentar predominantemente em combustíveis fósseis (cerca de 57% do total de energia final consumida). A produção de electricidade deverá igualmente continuar a assentar na utilização de combustíveis fósseis (cerca de 68% em 2030), ainda que o recurso às fontes renováveis possa permitir a concretização do objectivo nacional de 45% da produção a partir de fontes de energia renováveis em 2010. Como consequência directa destas tendências na procura e oferta de energia, as emissões de CO₂ deverão crescer das actuais 8,9 toneladas de CO₂eq para 9,4 toneladas de CO₂eq por pessoa em 2030.

Em alternativa, o cenário “Rumo à Sustentabilidade”, através da combinação de medidas de transição para vectores menos poluentes, aumento da eficiência energética, estratégias para os transportes, redução das perdas nas redes e maior integração de tecnologias renováveis, poderá conduzir a uma redução das emissões *per capita* para valores próximos dos 6,4 toneladas de CO₂eq em 2030. Neste cenário, a procura de energia final deverá decrescer 16% quando comparada com os valores actuais, e a contribuição das fontes renováveis para a produção de electricidade deverá aumentar para cerca de 76%. Em 2030, o peso dos combustíveis fósseis na produção de electricidade pode ser significativamente inferior em relação ao cenário “Referência” (redução de 80% no carvão e de 63% no gás natural). No entanto, este cenário apresenta desafios acrescidos à gestão do sistema, uma vez que, em períodos significativos, poderá ocorrer uma satisfação da procura de electricidade em 100% a partir de fontes renováveis e da cogeração. Relativamente aos requisitos de energia primária, verifica-se que no cenário “Rumo à Sustentabilidade” há uma menor necessidade de utilização de combustíveis fósseis (-33% em 2030 relativamente ao cenário “Referência”). A utilização de recursos renováveis em 2030 é cerca de 33% superior neste cenário relativamente ao cenário “Referência”.

Relativamente ao estudo individualizado das actuações do cenário “Rumo à Sustentabilidade” para a procura constata-se que a implementação de medidas ao nível dos transportes e da promoção da eficiência energética pode influenciar significativamente os consumos, uma vez que ou minimiza o aumento do consumo de energia final ou chega mesmo a conter esse consumo até 2030. Uma actuação ao nível da adequação de vectores apenas tem impacto na redução das emissões de GEE, uma vez que esta actuação apenas pressupõe uma transição para vectores energéticos menos poluentes.

Relativamente às emissões de GEE, a comunidade científica é unânime em apontar uma concentração de CO₂ na atmosfera limitada a cerca de 450 partes por milhão (ppm) para impedir que a temperatura suba mais do que dois graus centígrados até 2100 (valor essencial para limitar os efeitos negativos na maior parte do globo) (IPCC 2007). Para se atingir essa concentração são apontados valores objectivo de cerca de 3 tCO₂eq *per capita*, o que, de acordo com os resultados obtidos, leva a considerar que, a menos que venham a ocorrer desenvolvimentos tecnológicos significativos, a redução das emissões de CO₂ a níveis inferiores requer medidas estruturais externas aos limites do conceito tradicional de sistema energético, tais como, por exemplo, a reorganização dos sistemas urbanos, que tem importantes consequências nas necessidades de mobilidade e energia para os edifícios.

Quanto ao cumprimento do Protocolo de Quioto, a análise efectuada apenas prevê que o objectivo traçado para Portugal possa ser alcançado no caso de se adoptar o cenário “Rumo à Sustentabilidade”, já que, os resultados do cenário “Referência” apontam para um desvio de +12% em 2012 relativamente à meta definida. De notar que, com este cenário, se prevê um aumento de 2% das emissões de GEE no período considerado, enquanto que no cenário “Rumo à Sustentabilidade” se verifica um potencial total de redução de emissões entre 2005 e 2030 de 31%.

Os resultados obtidos, tal como os que derivam da utilização de qualquer modelo de simulação, estão fortemente influenciados pelos pressupostos assumidos. O facto de não se saber hoje que tipo automóveis vão ser projectados, que novas medidas poderão ser implementadas em edifícios ou que novas tecnologias de produção de electricidade menos poluentes vão existir (a tecnologia de captura e sequestro do carbono é muito recente e ainda incipiente), condiciona fortemente o conhecimento da real evolução que o sistema energético possa vir a sofrer. É no entanto de destacar que as decisões tomadas agora só produzirão efeito dentro de algum tempo e que as suas consequências poderão ser muito mais significativas se se adoptar uma estratégia “Rumo à Sustentabilidade”.

Ao longo da elaboração do presente trabalho foram sendo identificadas diversas questões cujo aprofundamento poderá contribuir para melhorar a consistência global da representação do sistema energético português no modelo. Por motivos de condicionalismos de tempo, de disponibilidade de informação e de limitações do próprio modelo não foi possível proceder ao seu estudo, mas serão aqui enunciadas na perspectiva de trabalhos futuros.

Ao nível da procura, uma dessas questões resulta do facto de apenas terem sido analisadas as consequências da adequação de vectores para os sectores Doméstico e Transportes. O alargamento deste exercício aos outros sectores de actividade poderá destacar a importância que uma transição para vectores menos poluentes (por exemplo, transição da electricidade por efeito de Joule para o gás natural no aquecimento) terá em termos de redução das emissões globais de GEE da procura.

No caso específico do sector da Indústria, os resultados relativos às emissões que resultam do consumo energético neste sector poderão estar a ser condicionados pelo facto de se estar a considerar um valor médio para os factores de emissão. Uma vez

que existem actividades industriais, como a do cimento, que são muito mais poluentes do que outras, uma desagregação do consumo de energia por tipo de indústria revelar-se-ia certamente vantajosa para uma maior precisão dos resultados obtidos.

Do lado da oferta, uma das questões identificadas prende-se com o facto de, na modelação da produção de electricidade, se terem considerado as diferentes tecnologias de uma forma integrada, isto é, sem uma discriminação por central. Uma desagregação da informação por central poderia refinar a ordem de mérito do despacho e influenciar os resultados obtidos relativamente aos combustíveis utilizados e às correspondentes emissões atmosféricas.

A consideração dos consumos próprios da refinação (ou de qualquer tecnologia de produção de electricidade) e do saldo importador que, no presente estudo, foram considerados nulos, poderia igualmente contribuir para uma representação mais fidedigna da realidade.

Finalmente, considera-se que a área com maior potencial de refinamento futuro corresponde à análise dos custos associados ao sistema energético. O LEAP permite efectuar análises do tipo custo-benefício para os diferentes cenários e para cada módulo do sistema energético: custos associados à procura (totais, por actividade e custos da poupança energética), à transformação (custos capitais, custos fixos e variáveis de operação e manutenção), aos recursos (custos da extracção de recursos endógenos, da importação de combustíveis e benefícios da sua exportação), externalidades ambientais (atribuição de custos às emissões de poluentes), entre outros. Assim, apesar de o LEAP não ter por objectivo providenciar uma análise de viabilidade financeira, o *software* permite identificar uma gama de cenários socialmente aceitáveis que poderá ter interesse avaliar.

Finalmente, refere-se que houve um número de situações em que a inexistência de informação e estudos obrigou a que fossem assumidas algumas hipóteses que foram elaboradas a partir da melhor informação colateral e de pressupostos disponíveis.

Desta forma, destacam-se os seguintes temas cujo estudo e recolha de informação seria um contributo importante para aumentar o conhecimento do actual sistema energético português e o grau de fiabilidade de futuros estudos de planeamento energético:

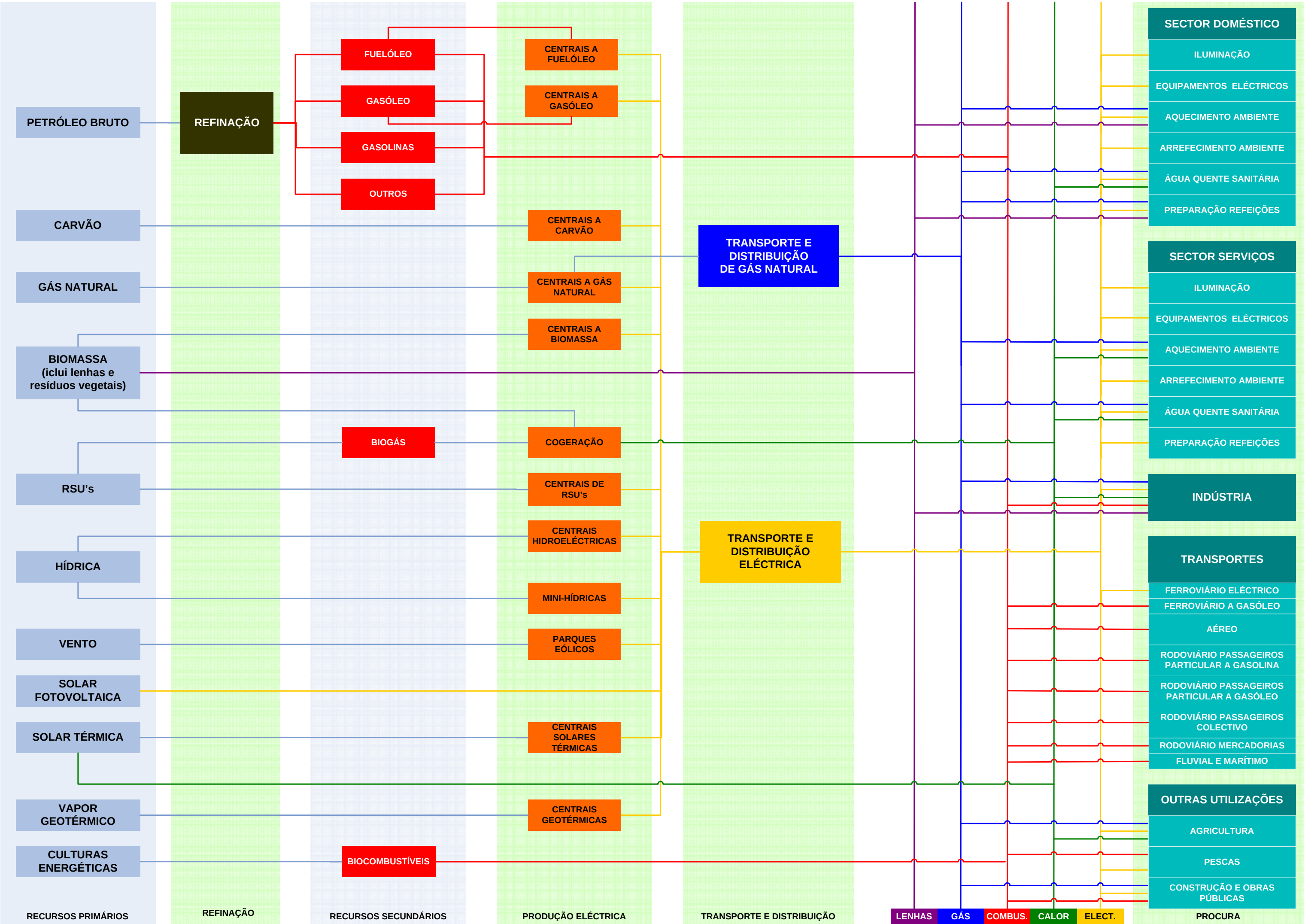
- Caracterização da utilização dos diferentes vectores energéticos por utilização final de energia;
- Caracterização da taxa de penetração dos diferentes usos por vector para cada sector de actividade económica;
- Caracterização da taxa de penetração de cada classe energética por tipo de electrodoméstico (ex. número de vendas de frigoríficos de classe A, B, C e outras);
- Estudo do peso que cada utilização final de energia tem na actividade económica dos sectores dos Serviços e Indústria (VAB, PIB, etc.).

Bibliografia

- BP (2007). BP Statistical Review of World Energy June 2007. acedido em 03 Set, de www.bp.com.
- CCE (2006). Livro Verde - Estratégia europeia para uma energia sustentável, competitiva e segura. C. d. C. Europeias. **COM(2006) 105 final**.
- CCE (2007). Rumo a um Plano Estratégico Europeu para as Tecnologias Energéticas. C. d. C. Europeias. **COM(2006) 847 final**.
- CE, D. L. Mantzoa, et al. (2006). European Energy and Transports - Trends to 2030 (update 2005). Atenas, Grécia, Institute of Communication and Computer Systems of National Technical University of Athens, Comissão Europeia.
- CEEETA (2002). Energia Portugal 2001. Lisboa, Portugal, DGE - Ministério da Economia.
- CUE (2007). Plano de Acção do Conselho Europeu (2007-2009) - Política Energética para a Europa (PEE). C. d. U. Europeia.
- DGEG (2006). Balanços Energéticos 1990-2003 e 2004-2005. DGEG_Balanços1990-2005. Lisboa, Portugal, Direcção Geral de Geologia e Energia.
- DGEG (2007). Estatísticas rápidas n.º25 de Março de 2007. Lisboa, Portugal, Direcção Geral de Geologia e Energia.
- EDP (2006). Relatório Técnico. Lisboa, Portugal, Energias de Portugal.
- EEA (2006). Greenhouse gas emissions trends and projections in Europe 2006, European Environment Agency.
- EIA. (2006). "World Primary Energy Consumption by Region, 1995-2004." acedido em 09 Nov, 2007, de www.eia.doe.gov/emeu/aer/txt/stb1103.xls
- ERSE. (2005). "Página Electrónica da ERSE (Secção Estatísticas)." acedido em 10-Set, 2007, de www.erse.pt.
- ERSE (2007). Caracterização do Sector do Gás Natural em Portugal. Lisboa, Portugal, Entidade Reguladora do Sector Energético.
- EUROSTAT. (2007). "Página electrónica de estatísticas do Eurostat." acedido em 5-Jan, 2007, de www.eurostat.eu.
- Ferreira, J. d. J. (s/d). "Demand Side Management (um instrumento de planeamento)."
- GALP. (2007). "Página electrónica da GALP." acedido em 13-Mai, 2007, de www.galp.pt.
- IA (2006a). Relatório do Estado do Ambiente 2005. Lisboa, Portugal, Instituto do Ambiente.
- IEA (2007a). Annual Energy Review 2006 - Report No. DOE/EIA-0384(2006), International Energy Agency
- IEA (2007b). "World Energy Report - Executive Summary." International Energy Agency
- INE (2000). Condições de conforto - percentagem face ao total, segundo a região (NUTS II). acedido em 10 Jan, 2007, de www.ine.pt, Instituto Nacional de Estatística.

- INE (2001). Projeções de População Residente, segundo o sexo e grandes grupos etários, Portugal e NUTS III (NUTS 2001), 2000-2050, CENÁRIO BASE. acedido em 15 Fev, 2007, de www.ine.pt, Instituto Nacional de Estatística.
- INE (2006). Contas Nacionais Trimestrais. I. C. trimestrais. acedido em 10 Jan, 2007, de www.ine.pt, Instituto Nacional de Estatística.
- IP-3E, D. (2004). Eficiência energética em equipamentos e sistemas eléctricos no sector residencial. Lisboa, Portugal, Direcção Geral de Geologia e Energia.
- IPCC (1996). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 3: Reference Manual, Intergovernmental Panel on Climate Change.
- IPCC (2007). Summary for Policymakers of the Synthesis Report of the IPCC Fourth Assessment Report, Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Michigan, S. G.-U. o. S. a. M. N.-U. o. (2007). "Greenhouse Gases Map." acedido em 15-Out-2007, de <http://www.sasi.group.shef.ac.uk/worldmapper/index.html>.
- Ministério_da_Economia (2007). Política Energética - Volume I. Lisboa, Portugal.
- OECD/IEA (2007). Key World Energy Statistics - 2007.
- PE (2001). Directiva relativa à promoção da electricidade produzida a partir de fontes de energia renováveis no mercado interno da electricidade. P. E. e. Conselho, Jornal Oficial das Comunidades Europeias. **DIRECTIVA 2001/77/CE**.
- PNAC (2006b). Resolução do Conselho de Ministros n.º 104/2006. D. d. República. **104/2006**.
- PNAC, J. Seixas, et al. (2006a). Avaliação do estado do cumprimento do Protocolo de Quioto (Anexo 2 - Transportes), Elaborado por E.Value para o Instituto do Ambiente.
- REN. (2007). "Diagrama de cargas da RNT."
- SEI (2006). LEAP User Guide. Estocolmo, Suécia, Stockholm Environment Institute.
- Swisher, J. N., G. d. M. Jannuzzi, et al. (1997). Tools for Integrated Resource Planning - Improving Energy Efficiency and Protecting the Environment. Dinamarca, UNEP - United Nations Environment Programme.
- WBCSD (2004). Facts and trends to 2005 - Energy and Climate Change. Geneva, Suíça, World Business Council for Sustainable Development.

ANEXO I: Matriz Energética Portuguesa



ANEXO II: Caracterização do Sistema Energético Nacional

Nas tabelas seguintes são apresentados com detalhe os valores considerados para a caracterização dos vários módulos do LEAP. Tendo-se estabelecido valores para 2005 e 2030, assumiu-se depois uma evolução linear para os anos intermédios.

Módulo da Procura

Tabela A 1 - Níveis de actividade (valores discriminados)

Variável	Unidade	2005	2010	2015	2020	2025	2030
Alojamentos habituais ⁽¹⁾	10 ³ aloj.	3.799	3.839	4.075	4.170	4.248	4.316
VAB Serviços ⁽²⁾	10 ⁶ €	78.889	87.528	102.458	119.934	138.363	159.624
VAB Indústria ⁽²⁾	10 ⁶ €	21.486	21.702	24.315	27.243	30.226	33.536
VAB agricultura ⁽²⁾	10 ⁶ €	3.621	3.824	4.348	4.943	5.273	5.625
VAB construção ⁽²⁾	10 ⁶ €	6.978	6.405	7.176	8.040	8.964	9.995
Passageiros.km ⁽³⁾	10 ⁹ pkm	125	129	134	138	143	146
Toneladas.km ⁽³⁾	10 ⁹ tkm	35	38	41	45	49	51

Fontes de informação:

- ⁽¹⁾ 2005-2030: INE - determinado com base no cenário base de evolução da população, no número de alojamento familiares clássicos e de uso sazonal e na relação entre alojamentos clássicos e de uso sazonal (INE 2001)
- ⁽²⁾ 2005: INE — Contas nacionais trimestrais — Dados Encadeados em Volume (Ano de referência=2000) (INE 2006)
2006-2030: estimados pela Comissão Europeia no âmbito do estudo *Energy and Transport – Trends to 2030* (CE, Mantzoa et al. 2006)
- ⁽³⁾ 2005-2030: Valores calculados com base nos dados sobre consumo do balanço energético da DGEG (DGEG 2006) e nos valores de intensidade energética referidos em (PNAC, Seixas et al. 2006a). No caso do cenário “Rumo à Sustentabilidade” considerou-se que o valor se manteve constante até 2030 e igual ao verificado em 2005

Tabela A 2 - Variáveis sector Doméstico (valores discriminados)

Consumo total no sector em 2005 = 3 219 566 tep (fonte: balanço energético 2005 da DGEG)

Repartição dos consumos	Consumo por vector em 2005 ⁽¹⁾		Nível de actividade (% de alojamentos) ⁽²⁾			Intensidade energética (tep/alojamento) ⁽³⁾		
	%	tep	2005	2030 Ref.	2030 Sustent.	2005	2030 Ref.	2030 Sustent.
Água quente sanitária								
Electricidade	5	56.587	20	10	5	0,0745	0,0588	0,0392
Gás natural	50	99.826	30	40	35	0,0876	0,0701	0,0547
Derivados petróleo	40	286.262	35	20	10	0,2153	0,1722	0,1345
Solar + gás natural	0,21	416	0,3	20	30	0,0438	0,0440	0,0440
Solar + electricidade	0,03	354	0,3	10	20	0,0372	0,0370	0,0370
Aquecimento ambiente								
Electricidade	20	227.764	47	42	35	0,1276	0,0619	0,0412
Gás natural	20	40.099	12,5	20	30	0,0844	0,0610	0,0523
Derivados petróleo	10	71.566	7,5	5	4	0,2512	0,2233	0,1914
Lenhas	70	815.217	31	31	31	0,6922	0,6920	0,6920
Arrefecimento ambiente								
Electricidade	4	45.553	6	15	15	0,1998	0,1732	0,1181
Electrodomésticos								
Frigorífico	17	193.599	97	100	100	0,0525	0,0332	0,0213
Arca congeladora	8	91.106	54	54	54	0,0444	0,0295	0,0161
Máquina lavar roupa	4	45.553	82	100	100	0,0146	0,0112	0,0109
Máquina secar roupa	2	22.776	10	35	35	0,0600	0,0526	0,0452
Máquina lavar louça	2	22.776	17	48	48	0,0353	0,0332	0,0326
Audiovisuais	8	91.106	98	120	120	0,0245	0,0234	0,0211
Informática	8	91.106	50	62	62	0,0480	0,0352	0,0258
Outros	9	102.494	41	41	41	0,0658	0,0658	0,0658
Iluminação								
Electricidade	10	113.882	100	100	100	0,0300	0,0172	0,0135
Preparação refeições								
Electricidade	3	34.165	15	20	15	0,0600	0,0513	0,0488
Gás natural	30	60.148	35	43	53	0,0452	0,0450	0,0450
Derivados petróleo	50	357.828	40	35	30	0,2355	0,2350	0,2350
Lenhas	30	349.379	10	2	2	0,9196	0,9200	0,9200

Fontes de informação:

Valores assumidos de acordo com os pressupostos apresentados no capítulo 2.2.1.1

Actualização dos dados do p3e de 1996 para 2005 (IP-3E 2004)

Condições de conforto para 2000 (INE 2000)

Observações:

- ⁽¹⁾ Para cada vector a repartição dos consumos pelas várias utilizações finais soma 100% (ex.: aquecimento ambiente a lenhas + preparação refeições a lenhas = 100%)
Os valores em tep foram calculados tendo por base os dados do balanço energético para cada vector (ex.: como o consumo de lenhas no sector Doméstico foi de 1 164 596 tep, os 40% para preparação de refeições correspondem a 465 839 tep)
- ⁽²⁾ Para cada utilização, o conjunto das diferentes formas de energia utilizadas pode somar mais de 100% (ex.: para o caso do aquecimento, uma mesma casa pode ter aquecimento a gás natural e simultaneamente aquecimento eléctrico.)
- ⁽³⁾ Para 2005, a intensidade energética resulta da divisão do consumo por vector pelo nível de actividade; em 2030, os valores de intensidade energética traduzem uma transição para equipamentos de classes energéticas mais eficientes e que são sempre mais significativos no caso do cenário “Rumo à Sustentabilidade”.

Tabela A 3 - Variáveis sector dos Serviços (valores discriminados)

Consumo total no sector em 2005 = 2 542 849 tep (fonte: balanço energético 2005 da DGEG)								
Repartição dos consumos	Consumo por vector em 2005 ⁽¹⁾			Nível de actividade (% do VAB) ⁽²⁾		Intensidade energética (tep/M€) ⁽³⁾		
	%	tep	2005	2030 Ref.	2030 Sust.	2005	2030 Ref.	2030 Sust.
Água quente sanitária								
Electricidade	5	64.862	100	100	100	0,82	0,70	0,54
Gás natural	20	27.684	100	100	100	0,35	0,30	0,23
Derivados petróleo	22	229.945	100	100	100	2,92	2,48	1,92
Solar + gás natural	13	17.316	100	100	100	0,22	0,19	0,14
Solar + electricidade	2	32.423	100	100	100	0,41	0,35	0,27
Calor de cogeração	50	3.268	100	100	100	0,04	0,03	0,03
Aquecimento ambiente								
Electricidade	5	64.862	100	100	100	0,82	0,70	0,54
Gás natural	42	58.136	100	100	100	0,74	0,63	0,49
Derivados petróleo	50	522.603	100	100	100	6,63	5,63	4,37
Calor de cogeração	50	3.268	100	100	100	0,04	0,03	0,03
Arrefecimento ambiente								
Electricidade	15	194.587	100	100	100	2,47	2,10	1,63
Equipamentos eléctricos								
Electricidade	38	492.953	100	100	100	6,25	5,31	4,12
Derivados petróleo	3	31.356	100	100	100	0,40	0,34	0,26
Iluminação								
Electricidade	30	389.174	100	100	100	4,93	4,19	3,26
Preparação refeições								
Electricidade	5	64.862	100	100	100	0,82	0,70	0,54
Gás natural	25	34.605	100	100	100	0,44	0,37	0,29
Derivados petróleo	25	261.301	100	100	100	3,31	2,82	2,19

Fontes de informação:

Valores assumidos de acordo com os pressupostos apresentados no capítulo 2.2.1.2

Observações:

- ⁽¹⁾ Para cada vector a repartição dos consumos pelas várias utilizações finais soma 100% (ex.: carvão para queima e calor do processo + carvão para outras utilizações = 100%).
Os valores em tep foram calculados tendo por base os dados do balanço energético para cada vector
- ⁽²⁾ A indisponibilidade de informação levou à consideração que cada utilização final de energia tem igual peso na estrutura do VAB
- ⁽³⁾ A intensidade energética resulta da divisão do consumo por vector pelo nível de actividade

Tabela A 4 - Variáveis sector industrial (valores discriminados)

Consumo total no sector em 2005 = 5 523 544 tep (fonte: balanço energético 2005 da DGEG)								
Repartição dos consumos	Consumo por vector em 2005 ⁽¹⁾		Nível de actividade (% do VAB) ⁽²⁾			Intensidade energética (tep/M€) ⁽³⁾		
	%	tep	2005	2030 Ref.	2030 Sust.	2005	2030 Ref.	2030 Sust.
Aquecimento ambiente								
Electricidade	5	65.583	100	100	100	3,05	2,07	1,40
Gás natural	10	89.852	100	100	100	4,18	2,84	1,92
Derivados petróleo	10	146.162	100	100	100	6,80	4,62	3,13
Calor de cogeração	10	113.180	100	100	100	5,27	3,58	2,42
Lenhas	5	27.767	100	100	100	1,29	0,88	0,59
Arrefecimento ambiente								
Electricidade	10	131.167	100	100	100	6,10	4,15	2,81
Equipamentos eléctricos								
Electricidade	50	655.833	100	100	100	30,52	20,75	14,04
Iluminação								
Electricidade	20	262.333	100	100	100	12,21	8,30	5,62
Queima e calor do processo								
Electricidade	10	131.167	100	100	100	6,10	4,15	2,81
Gás natural	85	763.743	100	100	100	35,55	24,17	16,35
Lenhas	90	499.804	100	100	100	23,26	15,82	10,70
Derivados petróleo	85	1.242.377	100	100	100	57,82	39,32	26,60
Carvão	95	15.405	100	100	100	0,72	0,49	0,33
Calor de cogeração	90	1.018.623	100	100	100	47,41	32,24	21,81
Outros								
Electricidade	5	65.583	100	100	100	3,05	2,07	1,40
Gás natural	5	44.926	100	100	100	2,09	1,42	0,96
Lenhas	5	27.767	100	100	100	1,29	0,88	0,59
Derivados petróleo	5	73.081	100	100	100	3,40	2,31	1,56
Carvão	5	811	100	100	100	0,04	0,03	0,02

Fontes de informação:

Valores assumidos de acordo com os pressupostos apresentados no capítulo 2.2.1.3

Observações:

⁽¹⁾ Para cada vector a repartição dos consumos pelas várias utilizações finais soma 100% (ex.: carvão para queima e calor do processo + carvão para outras utilizações = 100%).

Os valores em tep foram calculados tendo por base os dados do balanço energético para cada vector

⁽²⁾ A indisponibilidade de informação levou à consideração que cada utilização final de energia tem igual peso na estrutura do VAB

⁽³⁾ A intensidade energética resulta da divisão do consumo por vector pelo nível de actividade

Tabela A 5 - Variáveis sector dos Transportes (valores discriminados)

Consumo total no sector em 2005 = 6 894 315 tep (fonte: balanço energético 2005 da DGEG)											
Repartição dos consumos	Consumo por vector em 2005 ⁽¹⁾		Intensidade energética (tep/Gpkm e tep/Gtkm)			Nível de actividade (10 ⁹ pkm e 10 ⁹ tkm)			Nível de actividade (% pkm e %tkm)		
	%	tep	2005	2030 Ref.	2030 Sust.	2005	2030 Ref.	2030 Sust.	2005	2030 Ref.	2030 Sust.
Passageiros						121,2	146,0	121,2	100	100	100
Rodoviários						115,0	123,7	96,9	94,93	84,75	80,00
Rodoviários passageiros individuais						81,9	88,1	63,0	71,21	71,21	65,00
Gasolina	100	1.882.610	40,51	37,04	28,17	46,5	50,0	35,8	56,74	56,74	56,74
Gasóleo	33	1.428.322	40,51	37,04	29,67	35,3	37,9	27,1	43,05	43,05	43,05
GPL	30	6.900	40,51	37,04	33,34	0,2	0,2	0,1	0,21	0,21	0,21
Rodoviários passageiros colectivos						33,1	35,6	33,9	28,79	28,79	35,00
Gasóleo	15	649.237	20,41	10,45	8,46	31,8	34,2	30,5	96,05	96,05	90,00
GPL	70	16.101	20,41	10,45	8,46	0,8	0,8	1,0	2,38	2,38	3,00
Gás natural	100	10.575	20,41	10,45	8,46	0,5	0,6	2,4	1,57	1,57	7,00
Ferrovíários passageiros						4,8	16,5	16,7	3,95	13,35	17,20
Diesel	0,5	21.213	9,93	8,94	8,94	2,1	7,4	7,4	44,64	44,64	44,64
Electricidade	50	21.806	8,23	7,41	7,41	2,6	9,1	9,2	55,36	55,36	55,36
Aéreos passageiros						0,3	1,2	0,8	0,22	1,00	0,80
Jets	100	480.014	1812,7	1631,5	1631,5	0,3	1,2	0,8	100,00	100,00	100,00
Por água passageiros						1,1	1,1	1,9	0,90	0,90	2,00
Gasóleo	0,7	30.848	38,00	43,00	32,00	0,8	0,8	1,4	74,33	74,33	74,33
Fuelóleo	15	10.655	38,00	43,00	32,00	0,3	0,3	0,5	25,67	25,67	25,67
Mercadorias						35,2	51,7	35,2	100	100	100
Rodoviários mercadorias						23,9	31,0	19,4	68,01	60,00	55,00
Gasóleo	50	2.164.125	90,41	62,33	62,31	23,9	31,0	19,4	100,00	100,00	100,00
Ferrovíários mercadorias						2,2	9,3	7,0	6,12	18,00	20,00
Diesel	0,1	5.303	20,73	1,19	1,19	0,3	1,1	0,8	11,89	11,89	11,89
Electricidade	50	21.806	11,50	10,73	10,73	1,9	8,2	6,2	88,11	88,11	88,11
Por água mercadorias						9,1	11,4	8,8	25,87	22,00	25,00
Gasóleo	0,7	30.848	6,14	5,52	4,10	5,0	6,3	4,9	55,18	55,18	55,18
Fuelóleo	85	60.376	14,79	14,05	13,32	4,1	5,1	3,9	44,82	44,82	44,82

Fontes de informação:

DGEG — Balanço energético 2005 (DGEG 2006)

Valores assumidos de acordo com os pressupostos apresentados no capítulo 2.2.1.4

PNAC — Anexo2 Transportes (PNAC, Seixas et al. 2006a)

LEAP — Technology Database

Tabela A 6 - Variáveis sector “Outros” (valores discriminados)

Consumo total no sector em 2005 = 497 371 tep (fonte: balanço energético 2005 da DGEG)

Repartição dos consumos	Consumo por vector em 2005 ⁽¹⁾		Nível de actividade (% do VAB) ⁽²⁾			Intensidade energética (tep/M€) ⁽³⁾		
	%	tep	2005	2030 Ref.	2030 Sustent.	2005	2030 Ref.	2030 Sustent.
Agricultura e pescas								
Electricidade	100	85.054	100	100	100	23,49	41,58	23,49
Gás natural	100	2.865	100	100	100	0,79	1,40	0,79
Derivados petróleo	100	276.147	100	100	100	76,27	135,00	76,27
Calor de cogeração	100	12.759	100	100	100	3,52	6,24	3,52
Construção e obras públicas								
Electricidade	100	56.015	100	100	100	8,03	8,03	8,03
Gás natural	100	5.837	100	100	100	0,84	0,84	0,84
Derivados petróleo	100	274.947	100	100	100	39,40	39,40	39,40
Calor de cogeração	100	6.537	100	100	100	0,94	0,94	0,94

Fontes de informação:

DGEG – Balanço energético 2005 (DGEG 2006)

Observações:

- ⁽¹⁾ Os valores em tep foram calculados tendo por base os dados do balanço energético para cada vector
- ⁽²⁾ A indisponibilidade de informação levou à consideração que cada utilização final de energia tem igual peso na estrutura do VAB
- ⁽³⁾ A intensidade energética resulta da divisão do consumo por vector pelo nível de actividade

Módulo da Transformação

Tabela A 7 - Perdas no transporte e distribuição

	Perdas nas redes (%)		
	2005	2030 Referência	2030 Sustentabilidade
Electricidade ⁽¹⁾	9,45	8,6	7,5
Gás Natural ⁽²⁾	0,5	0,5	0,1
Derivados de petróleo ⁽³⁾	2	2	2

Fontes de informação:

⁽¹⁾ 2005: Site da ERSE (www.erse.pt, consulta efectuada em Março de 2007) - factos e números: sector eléctrico: Portugal Continental: Perdas na Rede de Transporte e na Rede de Distribuição
2030 Referência: Objectivo PNAC (PNAC 2006b)

⁽²⁾ Documento *Caracterização do Sector do Gás Natural em Portugal* (ERSE 2007)

⁽³⁾ Valor determinado com base no balanço energético para 2005 (DGEG 2006)

Tabela A 8 - Produção de electricidade - características dos centros produtores

	Combustíveis usados	Eficiência eléctrica ⁽¹⁾	Eficiência térmica ⁽¹⁾	Horas produção equivalente ⁽²⁾		Disponibilidade máxima ⁽³⁾		Crédito de capacid.	Ordem de mérito			Tecnologia com emissões atmosféricas ⁽⁴⁾
		%	%	h		%		%	Ref.	Sust.	Sust. + Priorid. gás	
				Ano médio	Ano seco	Ano médio	Ano seco					
Centrais a fuelóleo Continente	100% Fuelóleo	35	0	---	---	92	92	100	8	8	8	Sim
Centrais a gasóleo	100% Gasóleo	40	0	---	---	99	99	100	9	9	9	Sim
Centrais a gás natural	100% Gás natural	40	0	---	---	89	89	100	7	7	6	Sim
Centrais a carvão	100% Carvão	37	0	---	---	91	91	100	6	6	7	Sim
Centrais a carvão com sequestro CO ₂	100% Carvão	40	0	---	---	91	91	100	5	5	5	Não
Albufeiras	100% Água	100	0	2542	1036	29	12	65	4	4	4	Não
Fios de água	100% Água	100	0	2542	1036	29	12	100	3	3	3	Não
Centrais a biomassa sem cogeração	100% Biomassa	30	0	5049	4352	58	50	50	2	2	2	Sim
Centrais a biomassa com cogeração	100% Biomassa	20	70	3251	3765	37	43	50	2	2	2	Sim
Centrais a biogás	100% Biogás	25	65	3942	3857	45	44	50	2	2	2	Sim
Centrais a resíduos	85% RSU 15% Gasóleo	20	0	5633	5339	64	61	50	2	2	2	Sim
Mini hídricas	100% Água	97	0	2335	1052	27	12	60	2	2	2	Não
Solar fotovoltaico centralizado	100% Sol	100	0	1242	1322	14	15	0	2	2	2	Não
Solar fotovoltaico descentralizado	100% Sol	100	0	1242	1322	14	14	0	2	2	2	Não
Solar térmico	100% Sol	100	0	1242	1322	14	14	100	2	2	2	Não
Centrais geotérmicas	100% Geotermia	100	0	---	---	30	30	100	2	2	2	Não
Cogeração a gás natural	100% Gás natural	30	65	---	---	47	43	75	2	2	2	Sim
Cogeração renovável	100% Licores sulfúricos	20	70	---	---	37	43	75	2	2	2	Sim
Cogeração fuelóleo	100% Fuelóleo	30	65	---	---	28	28	75	2	2	2	Sim
Ondas	100% Água	100	0	---	---	26	26	10	2	2	2	Não
Parques eólicos	100% Vento	100	0	2266	2300	26	26	10	2	2	2	Não
Centrais a fuelóleo Ilhas	100% Fuelóleo	35	0	---	---	92	92	100	1	1	1	Sim

Fontes de informação:

⁽¹⁾ Valores obtidos após calibração do modelo para o ano base

⁽²⁾ Informação Estatísticas Rápidas Renováveis - Março 2007 (n.º 25) da DGEG (DGEG 2007)

⁽³⁾ Para as centrais térmicas: relatório técnico EDP 2005 (EDP 2006); restantes tecnologias: valores calculados a partir de dados DGEG relativos ao n.º horas produção equivalente (DGEG 2007)

⁽⁴⁾ Os factores de emissão associados a cada tecnologia foram obtidos na base de dados tecnológica do próprio LEAP (IPCC 1996)

Tabela A 9 - Evolução da capacidade instalada no cenário de referência

	Cenário de referência - capacidade instalada (MW)					
	2005	2010	2015	2020	2025	2030
Centrais a fuelóleo Continente	1713	0	0	0	0	0
Centrais a fuelóleo Ilhas	341	341	341	341	341	341
Centrais a gásóleo	165	0	0	0	0	0
Centrais a gás natural	2 166	2 573	5 360	5 360	5 360	5 360
Centrais a carvão	1 820	1 820	1 820	1 820	1 820	1 820
Centrais a carvão com sequestro de CO ₂	0	0	0	0	800	800
Centrais hídricas	2 402	2 899	3 250	3 640	3 640	3 640
Fios de água	2 179	2 676	3 000	3 360	3 360	3 360
Centrais a biomassa sem cogeração	12	125	125	125	125	125
Centrais a biomassa com cogeração	100	125	125	125	125	125
Centrais a biogás	8	100	113	125	138	150
Centrais a resíduos	88	96	108	122	136	150
Mini hídricas	286	439	500	500	500	500
Solar fotovoltaico centralizado	0,5	73	93	119	152	194
Solar fotovoltaico descentralizado	1,8	77	98	125	160	204
Solar térmico	0	5	5	5	5	5
Centrais geotérmicas	18	30	35	35	35	35
Cogeração a gás natural	391	432	477	526	581	641
Cogeração renovável	257	278	307	339	374	413
Cogeração fuelóleo	607	199	65	21	7	2
Ondas	0	50	50	50	50	50
Parques eólicos	1 681	5 083	5 610	5 610	5 610	5 610

Fontes de informação:

Estatísticas Rápidas Renováveis - Março 2007 (n.º 25) da DGEG (DGEG 2007)

Valores determinados com base nos objectivos apresentados no documento *Política Energética - Vol. I* (Ministério da Economia 2007)

Tabela A 10 - Evolução da capacidade instalada no cenário “Rumo à Sustentabilidade”

	Cenário “Rumo à Sustentabilidade” - capacidade instalada (MW)					
	2005	2010	2015	2020	2025	2030
Centrais a fuelóleo Continente	1713	0	0	0	0	0
Centrais a fuelóleo Ilhas	341	341	341	341	341	341
Centrais a gásóleo	165	0	0	0	0	0
Centrais a gás natural	2 166	5 360	5 360	5 360	5 360	5 360
Centrais a carvão	1 820	1 820	1 820	1 820	1 820	1 820
Centrais a carvão com sequestro de CO ₂	0	0	0	0	800	800
Centrais hídricas	2 402	2 899	3 250	3 640	3 640	3 640
Fios de água	2 179	2 676	3 000	3 360	3 360	3 360
Centrais a biomassa sem cogeração	12	125	144	163	181	200
Centrais a biomassa com cogeração	100	125	144	163	181	200
Centrais a biogás	8	100	150	200	250	300
Centrais a resíduos	88	96	121	156	190	225
Mini hídricas	286	439	530	580	630	700
Solar fotovoltaico centralizado	0,5	73	118	189	305	491
Solar fotovoltaico descentralizado	1,8	77	124	200	322	518
Solar térmico	0	5	10	15	20	25
Centrais geotérmicas	18	18	72	133	194	255
Cogeração a gás natural	391	476	579	704	857	1 042
Cogeração renovável	257	301	366	445	541	659
Cogeração fuelóleo	607	199	65	21	7	2
Ondas	0	50	288	525	763	1 000
Parques eólicos	1 681	5 083	6 008	6 672	7 336	8 000

Fontes de informação:

Estatísticas Rápidas Renováveis – Março 2007 (n.º 25) da DGEG (DGEG 2007)

Valores determinados com base nos objectivos apresentados no documento *Política Energética – Vol. I* (Ministério da Economia 2007)

Tabela A 11 - Características da refinação

Principais produtos	Gasolina, fuelóleo, gasóleo, GPL, jet, coque de petróleo, nafta, outros
Capacidade de produção	14 500 000 tep/ano
Rendimento	87%
Disponibilidade máxima	100%

ANEXO III: Resultados da calibração para o ano 2005

Transformação

Tabela A 12 - Resultados após a calibração da transformação

Produção de electricidade	DGEG	LEAP	Δ
CARVÃO	-3.319.651	-3.371.595	1,6%
DERIVADOS PETRÓLEO	-1.847.735	-1.807.289	2,2%
GÁS NATURAL	-2.043.363	-2.063.317	1,0%
HÍDRICA	-440.148	-440.713	0,1%
EÓLICA, GEOTÉRMICA E SOLAR	-158.842	-149.233	-6,4%
BIOMASSA	-198.616	-205.586	3,5%
RSU	207.000	202.165	-2,3%
LICORES SULFÍTICOS	-738.154	-693.657	-6,4%
BIOGÁS	-10.743	-10.605	-1,3%

Distribuição e transporte	DGEG	LEAP	Δ
DERIVADOS PETRÓLEO	-82.195	-79.811	-3,0%
GÁS NATURAL	-42.489	-41.971	-1,2%
ELECTRICIDADE	-348.902	-421.425	20,8%

Refinação	DGEG	LEAP	Δ
PETRÓLEO BRUTO	-	-	0,9%

Informação adicional relativa a 2005

Na Tabela A 13 são apresentados os valores de importações, exportações, variação de stocks e diferenças estatísticas usados para garantir a coincidência entre os resultados do LEAP para 2005 e os valores disponibilizados no balanço energético nacional (DGEG 2006) para esse mesmo ano.

Tabela A 13 - Dados adicionais usados para a calibração do modelo

Valores em tep	Importações	Exportações	Variação de stocks	Diferenças estatísticas
Carvão	3 225 687	---	-123 149	12 969
Petróleo bruto	13 427 863	---	22 458	---
Derivados do petróleo	5 573 841	2 914 159	351 090	-57 739
Gás natural	3 904 012	---	142 927	---
Electricidade	827 836	240 972	---	---

(DGEG 2006)

Procura

Tabela A 14 - Resultados da calibração da procura

PROCURA	2005 (Gtep)																	
SECTOR	ELECTRICIDADE			GÁS NATURAL			DERIVADOS PETRÓLEO			LENHAS			CALOR DE COGERAÇÃO			CARVÃO		
	DGEG	LEAP	Δ	DGEG	LEAP	Δ	DGEG	LEAP	Δ	DGEG	LEAP	Δ	DGEG	LEAP	Δ	DGEG	LEAP	Δ
DOMÉSTICO	1.139	1.139	0,0%	200	202	1,0%	716	720	0,6%	1.164	1.165	0,1%	0	0		0	0	
SERVIÇOS	1.271	1.297	2,0%	120	138	13,0%	1.045	1.045	0,0%	0	0		7	6	-1,1%	0	0	
INDÚSTRIA	1.312	1.311	0,0%	899	899	-0,1%	1.461	1.461	0,0%	556	555	-0,1%	1.132	1.132	0,0%	16	16	2,0%
TRANSPORTES	44	44	0,0%	11	11	0,0%	7.091	6.786	-4,3%	0	0		0	0		0	0	
OUTROS	141	139	-1,3%	9	9	0,3%	551	547	-0,8%	0	0		19	19	-1,6%	0	0	
TOTAL	3.932	3.937	0,1%	1.257	1.251	-0,5%	10.558	10.580	0,2%	1.720	1.720	0,0%	1.158	1.157	0,0%	16	16	0,0%
BALANÇO DGGE	3 932 414			1 256 712			10 558 480			1 719 934			1 157 636			16 216		

SECTOR DOMÉSTICO	ELECTRICIDADE			GÁS NATURAL			DERIVADOS PETRÓLEO			LENHAS			CALOR COGERAÇÃO			CARVÃO		
	DGEG	LEAP	Δ	DGEG	LEAP	Δ	DGEG	LEAP	Δ	DGEG	LEAP	Δ	DGEG	LEAP	Δ	DGEG	LEAP	Δ
Água quente sanitária	57	46	-19,5%	100	100	0,2%	286	286	0,1%	0	0		0	0		0	0	
Aquecimento ambiente	228	228	0,0%	40	42	4,1%	72	76	5,7%	698	699	0,1%	0	0		0	0	
Arrefecimento ambiente	46	57	20,0%	0	0		0	0		0	0		0	0		0	0	
Electrodomésticos	661	661	0,0%	0	0		0	0		0	0		0	0		0	0	
Iluminação	114	114	0,0%	0	0		0	0		0	0		0	0		0	0	
Preparação refeições	34	34	0,0%	60	60	0,2%	358	358	0,0%	466	466	0,0%	0	0		0	0	
TOTAL	1.139	1.139	0,0%	200	202	1,0%	716	720	0,6%	1.164	1.165	0,1%	0	0		0	0	

SERVIÇOS	ELECTRICIDADE			GÁS NATURAL			DERIVADOS PETRÓLEO			LENHAS			CALOR COGERAÇÃO			CARVÃO		
	DGEG	LEAP	Δ	DGEG	LEAP	Δ	DGEG	LEAP	Δ	DGEG	LEAP	Δ	DGEG	LEAP	Δ	DGEG	LEAP	Δ
Água quente sanitária	65	65	0,0%	28	35	20,1%	230	230	0,0%				3	3,234	-1,1%			
Aquecimento ambiente	65	65	0,0%	58	69	16,0%	523	523	0,0%				3	3	-1,1%			
Arrefecimento ambiente	195	195	0,0%	0	0		0	0					0	0				
Equipamentos eléctricos	493	519	5,0%	0	0		31	31	-0,1%				0	0				
Iluminação	389	389	0,0%	0	0		0	0					0	0				
Preparação refeições	65	65	0,0%	35	35	0,1%	261	261	0,0%				0	0				
TOTAL	1.271	1.297	2,0%	120	138	13,0%	1.045	1.045	0,0%				7	6	-1,1%			

INDÚSTRIA	ELECTRICIDADE			GÁS NATURAL			DERIVADOS PETRÓLEO			LENHAS			CALOR COGERAÇÃO			CARVÃO		
	DGEG	LEAP	Δ	DGEG	LEAP	Δ	DGEG	LEAP	Δ	DGEG	LEAP	Δ	DGEG	LEAP	Δ	DGEG	LEAP	Δ
Aquecimento ambiente	66	66	-0,1%	90	90	-0,2%	146	146	0,1%	28	28	-1,0%	113	113	0,2%			
Arrefecimento ambiente	131	131	-0,1%	0	0		0	0		0	0		0	0				
Equipamentos eléctricos	656	656	0,0%	0	0		0	0		0	0		0	0				
Iluminação	262	262	0,0%	0	0		0	0		0	0		0	0				
Queima e calor do processo	131	131	-0,1%	764	764	0,0%	1.242	1.242	0,0%	500	500	0,0%	1.019	1019	0,0%	15	15	3,0%
Outros	66	66	-0,1%	45	45	-0,2%	73	73	0,1%	28	28	-1,0%	0	0		1	1	14,1%
TOTAL	1.312	1.311	0,0%	899	899	-0,1%	1.461	1.461	0,0%	556	555	-0,1%	1.132	1.132	0,0%	16	16	2,0%

TRANSPORTES	ELECTRICIDADE			GÁS NATURAL			DERIVADOS PETRÓLEO			LENHAS			CALOR COGERAÇÃO			CARVÃO		
	DGEG	LEAP	Δ	DGEG	LEAP	Δ	DGEG	LEAP	Δ	DGEG	LEAP	Δ	DGEG	LEAP	Δ	DGEG	LEAP	Δ
Passageiros	22	22	0,1%	11	11	0,0%	4.830	4.551	-5,8%									
Mercadorias	22	22	0,0%	0	0		2.261	2.234	-1,2%									
TOTAL	44	44	0,0%	11	11	0,0%	7.091	6.786	-4,3%									

OUTROS	ELECTRICIDADE			GÁS NATURAL			DERIVADOS PETRÓLEO			LENHAS			CALOR COGERAÇÃO			CARVÃO		
	DGEG	LEAP	Δ	DGEG	LEAP	Δ	DGEG	LEAP	Δ	DGEG	LEAP	Δ	DGEG	LEAP	Δ	DGEG	LEAP	Δ
Agricultura e pescas	85	82	-3,4%	3	3	-3,5%	276	267	-3,4%				13	12,312	-3,5%			
Construção e obras públicas	56	57	1,8%	6	6	2,1%	275	280	1,7%				7	7	2,0%			
TOTAL	141	139	-1,3%	9	9	0,3%	551	547	-0,8%				19	19	-1,6%			