

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto



**Roadmap das Energias Renováveis em Portugal
Caso Estudo: o carro eléctrico**

José Alexandre Lima da Silva Mendes Fernandes

VERSÃO FINAL

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

Orientador: Prof. Doutora Maria Teresa Costa Pereira da Silva Ponce de Leão

2010

Resumo

A mobilidade é parte integrante das sociedades e muda com a evolução destas. A actual necessidade de mobilidade automóvel não é completamente compatível com as necessidades económicas e ambientais do presente, e o veículo eléctrico é uma mudança de paradigma que parece ter sentido.

Alterar a forma como uma sociedade vive e se organiza não é tarefa simples nem poderá comprometer o modo de vida já conquistado pelo homem. As mudanças a ocorrer terão que ser manifestamente positivas para o bem estar do homem ser preservado.

Procurou-se com esta dissertação identificar aspectos relacionados com a introdução do carro eléctrico, em função do custo global do sistema energético do país, de modo a alavancar a tecnologia.

Abstract

Mobility is part of societies and it changes with them evolution. Actual car's mobility needs does not fully fit with present economic and environmental needs, and electric vehicles solution seems to make sense in the change.

To change way a society lives is not only a hard task but also a move that must be well done and with much more to gain than to loose, so mankind welfare can be preserved.

In this assignment answers were looked to understand how to push EV technology with gains in the overall energy system of Portugal.

Agradecimentos

Aos meus **Pais** que não só me possibilitaram a escrita desta dissertação como também todo o caminho até aqui.

À **Prof. Doutora Teresa Ponce de Leão** pela sua orientação, sem a qual a presente dissertação não seria possível.

À contribuição do Departamento de Ciências e Engenharia Ambiental da Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade Nova de Lisboa, pela mão da **Prof. Doutora Júlia Seixas, Dra. Patrícia Fortes e Dra Sofia Simões**.

Índice

Resumo	iii
Abstract.....	v
Agradecimentos	vii
Índice.....	ix
Lista de figuras	xi
Lista de tabelas	xiii
Abreviaturas e Símbolos	xv
Capítulo 1	1
1. Introdução	1
1.1. Tecnologias renováveis em Portugal	3
1.1.1. Energia hídrica e eólica.....	4
1.1.2. Biomassa.....	6
1.1.3. Fotovoltaica.....	8
1.1.4. Biodiesel.....	8
1.1.5. Micro-geração	8
1.1.6. Vontade política	9
Capítulo 2	13
2. Mobilidade Eléctrica	13
2.1. Estratégia de incentivos de natureza política	14
2.2. A indústria automóvel.....	15
2.3. A tecnologia.....	16
2.4. Posicionamento das <i>utilities</i>	29
2.5. O carro eléctrico	30
2.5.1. Carros híbridos e carros eléctricos.....	30
2.5.2. Aspectos chave do carro eléctrico	32
Capítulo 3	33
3. Estado da arte do <i>roadmapping</i> tecnológico	33
3.1. Roadmap.....	33
3.2. Aplicabilidade e benefícios de technology roadmapping	35
3.3. Contexto do desenvolvimento do planeamento e trabalho para o roadmapping tecnológico.....	36

3.4. Competências e conhecimentos necessários ao <i>Roadmapping</i> tecnológico	37
3.5. Processo do <i>roadmapping</i> tecnológico.....	37
3.5.1. Crítica e validação do <i>roadmap</i> tecnológico.....	42
3.5.2. Plano de desenvolvimento e implementação.....	43
3.5.3. Revisão e actualização.....	43
Capítulo 4.....	45
4. Estudo de um caso prático.....	45
4.1. Visão global sobre o MARKAL e o TIMES enquanto sua variante	46
4.2. Modelo TIMES	47
4.2.1. Cenários <i>Inputs</i>	51
4.2.2. Cenários <i>Outputs</i>	53
4.2.3. O conceito Reference Energy System - RES	53
4.2.4. Modelo matemático.	56
4.3. A simulação	59
Capítulo 5.....	69
5. Conclusão	69
Referências	72

Lista de figuras

Figura 2.1 - Panorama dos objectivos dos construtores de automóveis e respectivo envolvimento na produção de baterias. [13].....	20
Figura 3.1 - Etapas standard de um roadmap tecnológico.....	38
Figura 4.1 - Curva da procura e oferta com as diferentes tecnologias [26]	49
Figura 4.2 - Estrutura do modelo TIMES PT [27].....	50
Figura 4.3 - Identificação e representação gráfica do RES [26]	54
Figura 4.4 - Vista parcial de um RES de pequena dimensão [28]	55
Figura 4.5 - Aproximação em degrau dos termos não lineares no objectivo	59
Figura 4.6 - Estimativa do custo de cada tecnologia no ano 2010	62
Figura 4.7 - Estimativa do custo de cada tecnologia no ano 2020	63
Figura 4.8 - Cenário para o fim de 2010, com aplicação do actual incentivo governamental.....	64
Figura 4.9 - Cenário para 2020, com aplicação do actual incentivo governamental.....	65
Figura 4.10 - Possível subsídio no valor de metade da diferença entre a tecnologia do carro eléctrico e do carro de combustão interna a diesel em 2010.....	66
Figura 4.11 - Possível subsídio no valor de metade da diferença entre a tecnologia do carro eléctrico e do carro de combustão interna a diesel, em 2020.....	67
Figura 4.12 - Custo das diferentes tecnologias com possível subsídio no valor de 1/3 da diferença entre a tecnologia do carro eléctrico e do carro de combustão interna a diesel, em 2020.....	68
Figura 5.1 - Integração dos carros eléctricos na rede [31]	71

Lista de tabelas

Tabela 1.1 - Evolução histórica da potência total instalada em renováveis (MW), no Continente - [5]	4
Tabela 1.2 - Evolução histórica da energia eléctrica produzida através de renováveis (GWh) - [5]	5
Tabela 1.3 - Evolução do peso da produção das energias renováveis na produção + saldo importador - [5]	6
Tabela 1.4 -- Evolução histórica da potência total instalada em renováveis (MW), no Continente - [5]	7
Tabela 1.5 - Evolução histórica da potência de resíduos sólidos instalada em renováveis (MW), no Continente - [5]	7
Tabela 1.6 - Evolução histórica da energia eléctrica produzida através de renováveis (GWh), no continente [5]	11
Tabela 1.7 - Metas indicativas para produção de energia eléctrica a partir de FER - [7]	11

Abreviaturas e Símbolos

ADENE	Agência para a Energia
ANN	Custos anuais totais
CEIIA-CE	Centro para a Excelência e Inovação na Indústria Automóvel - Centro de Engenharia
CEMEP	<i>European Committee of Manufacturers of Electrical Machines and Power Electronics</i>
CO ₂	Dióxido de Carbono
d	Taxa de actualização
DCEA	Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente
DGEG	Direcção Geral de Energia e Geologia
EFF1	<i>High Efficiency class</i>
EFF2	<i>Improved Efficiency class</i>
EFF3	<i>Low efficiency class</i>
EFOM	<i>Energy Flow Optimization Model</i>
EN	<i>European Norm</i>
ETSAP	<i>Energy Technology Systems Analysis Programme</i>
EU	<i>European Union</i>
EUROSTAT	<i>European Statistics</i>
FCT	Faculdade de Ciências e Tecnologias
FEUP	Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
FEP	Faculdade de Economia da Universidade do Porto
FER	Fontes de Energia Renováveis
GAMEP	Gabinete para a Mobilidade Eléctrica em Portugal
GEM-E3	<i>General Equilibrium Model for Energy-Economy-Environment interactions</i>
GHG	<i>Green House Gás</i>
IEA	<i>International Energy Agency</i>
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i>
IE1	<i>Standard Efficiency class</i>

IE2	<i>High Efficiency class</i>
IE3	<i>Premium Efficiency class</i>
IMTT	Instituto da Mobilidade e dos Transportes Terrestres
INE	Instituto Nacional de Estatística
INESCPORTO	<i>Instituto de Engenharias de Sistemas e Computadores do Porto</i>
InovGrid	Rede Inteligente da EDP Distribuição
IPCC	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>
IRS	Imposto sobre rendimentos das pessoas singulares
LNEG	Laboratório Nacional de Energia e Geologia
MARKAL	<i>Market Allocation</i>
MGCC	<i>MicroGrid Central Controller</i>
MOBI.E	Rede de Mobilidade Eléctrica em Portugal
NEEDS	New Energy Externalities Development for Sustainability
NPV	Valor actualizado líquido dos custos totais
PIB	Produto Interno Bruto
PNAC	Programa Nacional para as alterações Climáticas
PNBEPH	Programa Nacional de Barragens com Elevado Potencial Hidroeléctrico
PTEN	Programa para os Tectos de Emissões Nacionais
r	Região
REFYR	Ano de referência para actualização
REIVE	Redes Eléctricas Inteligentes com Veículos Eléctricos
REN	Redes Energéticas Nacionais
RES	<i>Reference Energy System</i>
SEE	Sistema Eléctrico de Energia
Times	<i>The Integrated MARKAL-EFOM System</i>
Times PT	<i>The Integrated MARKAL-EFOM System - Portugal</i>
TransGás	Sociedade Portuguesa de Gás Natural
UE	União Europeia
UNL	Universidade Nova de Lisboa
VE	Veículo Eléctrico
YEARS	Conjunto de anos

Lista de símbolos e unidades de medida

€	Euro
GWh	Giga Watt hora
MW	Mega Watt
MVkm	Mega veículo quilómetro
PJ	Peta Joule
Pkm	Passageiro quilómetro

Capítulo 1

1. Introdução

A presente dissertação é um trabalho final do Mestrado Integrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

“O ciclo de estudos, conducente ao grau de mestre, integra obrigatoriamente uma dissertação de natureza científica ou um trabalho de projecto, originais e especialmente realizados para este fim, ou um estágio de natureza profissional objecto de relatório final.”

(1)

O sucesso na tomada de decisões está fortemente dependente do conhecimento, *“if you can’t measure it - It doesn’t exist” Joan Freeman*. Nesta dissertação procura-se descrever uma metodologia para a construção de um *roadmap* para as tecnologias energéticas com o objectivo de elaborar um trabalho com um contributo real à sociedade. É esperado que o este trabalho sirva para melhor entendermos e caracterizar a indústria energética nos próximos anos através do tema proposto para a presente dissertação, a criação de um Roadmap das Tecnologias Renováveis para Portugal. Face à abrangência e dimensão do trabalho e ainda face à novidade do tema o enfoque incidiu nos carros eléctricos.

Na impossibilidade de realizar o trabalho em ambiente empresarial, o trabalho apresentado é uma dissertação de natureza científica.

Enquadramento e uma descrição da estrutura da tese. A descrição conclui-se mais tarde. A presente dissertação é composta por 5 capítulos. No primeiro capítulo é descrita uma visão geral do estado das energias renováveis em Portugal assim como as metas e objectivos traçados pelo governo. No segundo capítulo, aborda-se a mobilidade eléctrica no seu

conceito, nas necessidades tecnológicas e seu estado de desenvolvimento, e a necessidade de definição de um modelo comercial para a venda de energia. É ainda feita a distinção básica dos diferentes carros eléctricos e as suas principais características. O terceiro capítulo é dedicado em exclusividade à descrição de linhas orientadoras e conceitos a definir na construção de um *roadmap* tecnológico. São descritos vários passos a seguir desde a aplicabilidade e benefícios, passando pelo planeamento, competências e conhecimentos necessários, ao processo em si de *roadmapping* tecnológico. No capítulo 4 foi feita uma descrição do funcionamento do modelo TIMES que, atendendo à complexidade do modelo, deverá ser considerada como superficial. Foi também apresentada os resultados da simulação obtida através dos dados resultantes de uma optimização realizada no TIMES PT e previamente validada. Por fim, no capítulo 5, destaca-se os resultados da simulação e indica-se algumas medidas benéficas para o modelo económico e energético do país.

Apontar o futuro, mais ou menos próximo, será sempre mais difícil se não olharmos cuidadosamente ao passado. Os comportamentos históricos mostram sempre comportamentos ou reacções que são repetidas em conjunturas semelhantes enquanto as decisão tomadas no passado influenciam o seu futuro na medida da sua influência.

Quarenta anos depois das crises petrolíferas da década de 70, a sociedade é ainda mais global, está ainda mais industrializada e mais dependente de energia, não só primária como também de energia eléctrica. O consumo de energia eléctrica evoluiu, aumentando, com o desenvolvimento das sociedades. No entanto, e face aos vários choques petrolíferos, existe actualmente uma consciencialização, por parte dos diferentes países e seus decisores políticos, da importância de alcançar uma soberania energética. Na evidente de falta de recursos endógenos que assegurem a referida soberania, muitos estados procuram um soberania energética através do estabelecimento de objectivos e metas comuns com outros estados e também investindo em tecnologias líderes capazes de transformar os recursos endógenos dos outros em energia mais barata.

Portugal, conjuntamente com os restantes Estados-membros da União Europeia (UE), tem vindo a adoptar políticas que visam reduzir a dependência exterior assim como é inegável que a UE está na liderança das preocupações ambientais. Actualmente é estratégia das próprias empresas petrolíferas ter uma diversificação de fontes primárias a fim de minimizar os riscos de rupturas ou manipulação de preços. O mesmo conceito se tem aplicado aos países, que procuram ter um *mix* energético com menor correlação possível ao índices petrolíferos, todavia, em especial ênfase nos países de menor dimensão, o *mix* energético é baixo.

1.1. Tecnologias renováveis em Portugal

Portugal tem vindo nos últimos anos a apostar cada vez mais nas energias renováveis como forma de diminuir a sua dependência de combustíveis fósseis, procurando diversificar a sua produção eléctrica por diversas fontes tendo as fontes renováveis crescido significativamente. Contudo, no balanço energético de 2008 [2] está expressa a dependência energética do país, que conta apenas com 4 372 934 tep de produção doméstica contra 24 022 754 tep. Assim, 81,8 % da energia utilizada em 2008 foi importada.

Segundo o Balanço Energético Provisório de 2008 da DGEG [2], Portugal teve um total de consumo de energia primária de 24 462 348 tep das quais 1 953 404 foram destinadas à produção de energia eléctrica. Portugal produziu 1 142 338 tep de energia eléctrica tendo importado 923 984 tep. O sector eléctrico representou assim, em 2008, 4 019 726 tep o que dá um peso no sector energético de aproximadamente 16,4 %.

Sabendo que, segundo a REN [3], em 2008 a produção de energia eléctrica a partir de fontes renováveis foi de 34 % então pode-se fazer a aproximação e concluir que apenas cerca de 5,6 % da energia total usada é de origem renovável.

As tecnologias renováveis gozam de uma enorme aceitação junto da população Portuguesa, sendo muito bem aceites quer grandes projectos como a implementação de parques eólicos por empresas, quer projectos de micro-geração empreendidos pelo cidadão comum. Ainda que o factor económico continue a ter o seu devido peso, de uma forma geral a população está sensibilizada para as questões ambientais. Com a política energética fortemente direccionada para as energias renováveis, foram criados vários incentivos de apoio a empresas e particulares para o investimento em novas tecnologias, o que se tem traduzido num forte aumento de potência instalada de origem renovável.

1.1.1. Energia hídrica e eólica

Portugal tem já um historial de energia hídrica ao qual se juntou recentemente um novo potencial eólico. As metas europeias para 2020 serão alcançadas substancialmente com estas duas fontes renováveis, onde em ambas haverá reforços de potência instalada. A meta traçada no decreto-lei 169/2005 para a energia eólica é de 5 100 MW instalados em 2012 sendo a potência instalada eólica em 2009 de 3 566 MW. [4]

Alcançando esta meta, Portugal será, segundo a Agência Internacional para a Energia, um dos países com maior taxa de penetração de energia eólica do mundo.

O facto de se posicionar como *front-runner* associado à geografia peninsular de Portugal, serão necessários cuidados redobrados na gestão do sistema eléctrico Português e também do próprio sistema eléctrico Ibérico. O Engº Vítor Batista do conselho de administração da REN informou, durante o Seminário de Mercados de Energia e Gás Natural, em 2010 na FEP, que a acção intempestiva dos vários parques eólicos já obrigou aos reguladores ibéricos a ter que explicar à UE o desvio de frequência.

Para uma integração mais fácil da energia eólica será adicionada ao sistema eléctrico mais capacidade de bombagem, facilitando o alcance da meta. O facto de a energia hídrica e a energia eólica serem provenientes de recursos endógenos e de se complementarem entre si, faz com que sejam duas fontes de energia eléctrica que venham a ter uma maior correlação entre si num futuro próximo.

Tabela 1.1 - Evolução histórica da potência total instalada em renováveis (MW), no Continente - [5]

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	TCMA
Hídrica Total	4.263	4.288	4.292	4.561	4.752	4.784	4.787	4.792	4.821	1.5%
Grande Hídrica (>30MW)	3.783	3.783	3.783	4.043	4.234	4.234	4.234	4.234	4.234	1.4%
PCH (>10 e <=30 MW)	240	251	251	251	232	263	263	263	263	1.2%
PCH (<= 10 MW)	240	254	258	267	286	287	290	295	324	3.8%
Eólica	114	175	253	537	1.047	1.681	2.446	3.012	3.566	53.8%
Biomassa (c/ cogeração)	344	372	352	357	357	357	357	357	359	0.5%
Biomassa (s/ cogeração)	8	8	8	12	12	24	24	24	101	37.3%
Resíduos Sólidos Urbanos	88	88	88	88	88	88	88	88	88	0.0%
Biogás	1.0	1.0	1.0	7.0	8.2	8.2	12.4	12.4	20.0	45.4%
Fotovoltaica	1.3	1.5	2.1	2.7	2.9	3.4	14.5	58.5	96.3	71.3%
Ondas/Marés								4.2	4.2	
Total	4.819	4.934	4.996	5.565	6.267	6.946	7.729	8.348	9.055	8.2%

TCMA - Taxa de Crescimento Média Anual entre 2001 e 2009

A potência instalada e produção fotovoltaica inclui a microprodução

Na análise dos dados e comparação com as metas a atingir é necessário cautela pois há diversas fontes, credíveis, mas não há nenhum método standard para apresentação de resultados o que pode levar a comparação de valores não comparáveis.

Na análise dos dados e comparação com as metas a atingir é necessário cautela pois há diversas fontes, credíveis, mas não há nenhum método standard para apresentação de resultados o que pode levar a comparação de valores não comparáveis.

Vejamos o exemplo: Na Tabela 1.1 os valores apresentados são referentes à potência instalada o que para as metas relacionadas com a produção não poderá ser usado para uma correcta avaliação. Para a avaliação das metas relacionadas com rácios de produção será necessário avaliar-se pelo valores apresentados na Tabela 1.2. É pois importante estabelecer cuidadosamente as metas que se pretende alcançar, escolhendo metas facilmente comparáveis com outros parceiros europeus ou intercontinentais. Como se poderá ver na Tabela 1.3, uma meta de um determinado valor de potência de energia hídrica instalada poderá não corresponder à diminuição do consumo de outras energias.

A Tabela 1.3 mostra o peso de cada energia renovável relativamente à energia eléctrica produzida em cada ano. Destaca-se a variância da produção hídrica ao longo dos anos em consequência da variação da pluviosidade e também pela pouco aproveitada capacidade de armazenamento da água ao longo dos caudais. Enquanto em 2003 a produção proveniente de hídrica correspondeu a 33% do consumo eléctrico, em 2005 esse valor foi de apenas 9,7% sendo que houve inclusive um aumento de potência instalado conforme documentado na Tabela 1.3

É incontornável o aumento da importância da energia eólica que em menos de uma década passou de 0,5% para 14,1% sendo que não só aumentou a sua produção como conseguiu crescer mais rápido que o consumo.

Tabela 1.2 - Evolução histórica da energia eléctrica produzida através de renováveis (GWh) - [5]

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Hídrica Total	14.240	8.096	15.894	10.053	5.000	11.323	10.351	7.102	8.717
Grande Hídrica (>30MW)	12.887	6.896	14.303	9.065	4.454	9.897	9.406	6.190	7.547
PCH (>10 e <=30 MW)	690	615	822	487	265	702	504	478	618
PCH (<= 10 MW)	663	585	769	501	281	724	441	434	552
Eólica	239	341	468	787	1.741	2.892	4.007	5.720	7.440
Biomassa (c/ cogeração)	1.065	1.166	1.069	1.206	1.286	1.302	1.361	1.381	1.390
Biomassa (s/ cogeração)	21	42	43	52	64	78	149	146	311
Resíduos Sólidos Urbanos	511	518	523	475	545	532	498	441	458
Biogás	2,2	2,5	2,3	14	31	33	55	67	80
Fotovoltaica	1,6	1,8	2,6	2,9	3,8	4,1	23,6	41,4	159,9
Ondas/Marés									
Total	16.080	10.167	18.002	12.590	8.671	16.164	16.445	14.898	18.556
IPH (ano base da Directiva - 1997)	0,975	0,623	1,115	0,680	0,336	0,800	0,631	0,461	0,634
Hídrica Total Corrigida (IPH da Directiva)	14.605	12.995	14.255	14.784	14.881	14.154	16.404	15.406	13.749
Total Corrigido	16.445	15.066	16.363	17.321	18.552	18.995	22.498	23.202	23.588
Produção Bruta + Saldo Imp. (GWh)	45.484	46.652	48.220	50.017	51.729	52.749	52.952	53.558	52.808
% de renováveis (Real)	35,4%	21,8%	37,3%	25,2%	16,8%	30,6%	31,1%	27,8%	35,1%
% de renováveis (Directiva)	36,2%	32,3%	33,9%	34,6%	35,9%	36,0%	42,5%	43,3%	44,7%

Para 2009, estima-se uma quebra de 1,4% no valor da Produção Bruta + Saldo Importador.

Tabela 1.3 - Evolução do peso da produção das energias renováveis na produção + saldo importador - [5]

	%								
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Hídrica Total	31,3	17,4	33,0	20,1	9,7	21,5	19,5	13,3	16,5
Hídrica (>10 MW)	29,9	16,1	31,4	19,1	9,1	20,1	18,7	12,5	15,5
Grande Hídrica (>30MW)	28,3	14,8	29,7	18,1	8,6	18,8	17,8	11,6	14,3
PCH (>10 e <=30 MW)	1,5	1,3	1,7	1,0	0,5	1,3	1,0	0,9	1,2
PCH (<= 10 MW)	1,5	1,3	1,6	1,0	0,5	1,4	0,8	0,8	1,0
Eólica	0,5	0,7	1,0	1,6	3,4	5,5	7,6	10,7	14,1
Biomassa + RSU + Biogás	3,5	3,7	3,4	3,5	3,7	3,7	3,9	3,8	4,2
Biomassa (c/ cogeração)	2,3	2,5	2,2	2,4	2,5	2,5	2,6	2,6	2,6
Biomassa (s/ cogeração)	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,3	0,3	0,6
Resíduos Sólidos Urbanos	1,1	1,1	1,1	0,9	1,1	1,0	0,9	0,8	0,9
Biogás	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2
Fotovoltaica	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,3
Total de renováveis	35,4	21,8	37,3	25,2	16,8	30,6	31,1	27,8	35,1

Em 2009 a capacidade hídrica instalada era de 4 821 MW, sendo que a meta europeia para 2020 são os 7 000 MW. O Programa Nacional de Barragens com Elevado Potencial Hidroeléctrico (PNBEPH) identificou dez novas potenciais barragens para a produção hídrica. O programa identificou uma capacidade eléctrica produtiva de 1 100 MW, dos quais 807 MW são associados a grupos reversíveis. Estes 807 MW estarão a ajudar à penetração da eólica.

De referir que no início da década, em 2001, a potência hídrica instalada era de 4 263 MW e que não sofreu aumentos significativos o que aumenta a importância do PNBEPH.

Entre 2000 e 2009 a potência eólica instalada disparou de 87 MW para 3 566 MW, graças à vontade política acompanhada com mecanismos eficazes de incentivos.

Portugal beneficia de ter um sector eléctrico com monopólio na transmissão e distribuição, o que se traduz numa responsabilidade única para licenciar, e definir os novos pontos de entrega dos parques eólicos. O operador de rede tem direitos legais para expropriar as terras para fins de interesse público como a construção de novas linhas, subestações e instalações de produção.

1.1.2. Biomassa

A Biomassa enquanto energia renovável e com baixo impacto em termos de emissões de CO₂ é uma energia a considerar e a ter em conta obrigatoriamente, pois a relação do seu custo benefício é à evidência positiva. A frase anterior assenta no pressuposto que a Biomassa é uma energia complementar e apenas pode ser considerada como tão benéfica por se incluir num mix de outras fontes energéticas.

Portugal tem uma floresta de relevo e uma indústria transformadora de madeira e papel da qual resulta uma parte do matéria prima à biomassa que não tem qualquer impacto nas emissões de CO₂, à luz da filosofia actualmente aceite que toda a produção vegetal fez o sequestro do CO₂ a ser libertado na sua queima. Também considerado como matéria prima para a produção através de Biomassa são os resíduos e desperdícios, que obviamente têm um impacto ambiental a considerar.

O governo propôs a implementação de 5% a 10% de biomassa ou desperdícios provenientes de Sines e do Pego, em substituição de carvão. [4]

A biomassa florestal tem ainda como valorização, enquanto fonte primária, o facto de poder contribuir para a manutenção da limpeza da floresta o que também contribui a moldar esta opção à necessidade de criar uma rede de centrais de biomassa. Esta valorização deverá ter um regime a compatibilizar com as indústrias da madeira e da pasta de papel por se complementarem. [6]

Tabela 1.4 -- Evolução histórica da potência total instalada em renováveis (MW), no Continente - [5]

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	TCMA
Hídrica Total	4.263	4.288	4.292	4.561	4.752	4.784	4.787	4.792	4.821	1,5%
Grande Hídrica (>30MW)	3.783	3.783	3.783	4.043	4.234	4.234	4.234	4.234	4.234	1,4%
PCH (>10 e <=30 MW)	240	251	251	251	232	263	263	263	263	1,2%
PCH (<= 10 MW)	240	254	258	267	286	287	290	295	324	3,8%
Eólica	114	175	253	537	1.047	1.681	2.446	3.012	3.566	53,8%
Biomassa (c/ cogeração)	344	372	352	357	357	357	357	357	359	0,5%
Biomassa (s/ cogeração)	8	8	8	12	12	24	24	24	101	37,3%
Resíduos Sólidos Urbanos	88	88	88	88	88	88	88	88	88	0,0%
Biogás	1,0	1,0	1,0	7,0	8,2	8,2	12,4	12,4	20,0	45,4%
Fotovoltaica	1,3	1,5	2,1	2,7	2,9	3,4	14,5	58,5	96,3	71,3%
Ondas/Marés								4,2	4,2	
Total	4.819	4.934	4.996	5.565	6.267	6.946	7.729	8.348	9.055	8,2%

TCMA - Taxa de Crescimento Média Anual entre 2001 e 2009

A potência instalada e produção fotovoltaica inclui a microprodução

Na resolução de conselho de ministros [7] a meta traçada era passar duma potência instalada de 10 MW em 2001 para uma capacidade de 150 MW até 2010, sendo que a nova meta para a próxima década, ou seja 2020, está estabelecida nos 250 MW. [8]

Tabela 1.5 - Em destaque a evolução histórica da potência de resíduos sólidos instalada em renováveis (MW), no Continente - [5]

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	TCMA
Biomassa (c/ cogeração)	344	372	352	357	357	357	357	357	359	0,5%
Biomassa (s/ cogeração)	8	8	8	12	12	24	24	24	101	37,3%
Resíduos Sólidos Urbanos	88	88	88	88	88	88	88	88	88	0,0%

TCMA - Taxa de Crescimento Média Anual entre 2001 e 2009

A potência instalada e produção fotovoltaica inclui a microprodução

Na não há qualquer alusão a objectivos ou a valores concretos de potência a ter instalada desta origem, e apenas é alertado que se deve ponderar a evolução dos custos da tecnologia em linha com as externalidades positivas associadas a esta forma de energia na qual a

biomassa florestal se pode destacar. É ainda feita referência à natural valorização da biomassa florestal, em regime a compatibilizar com as indústrias da madeira e da pasta de papel.

Segundo a Estratégia Nacional de Energia 2020, a nova meta para esta fonte de energia é a potência instalada de 250 MW em 2020. [8]

No final de 2009 entram em funcionamento duas centrais de biomassa sem cogeração. A potência instalada nesta tecnologia quadruplicou face a 2008. [4]

1.1.3. Fotovoltaica

A energia fotovoltaica ganhou dimensão quando passou de fonte primária responsável por 4,1 GWh, em 2006, para 23,6 GWh em 2007. Desde então os seu valor subiu primeiro para 41,4 GWh em 2008 e voltou a subir ainda mais expressivamente em 2009 para 159,9 GWh.

1.1.4. Biodiesel

A incorporação de biodiesel no sector dos transportes pode sem dúvida ajudar a factura energética do país, visto que a nossa sociedade está construída sobre a premissa da mobilidade rodoviária. A união europeia tem definida como meta para o biodiesel a penetração de 10 % no sector dos transportes para 2020 e o governo de Portugal espera alcançar esse valor 10 anos antes do previsto, ou seja, no final do presente ano.

1.1.5. Micro-geração

Com a publicação do decreto-lei nº 363/2007 ficou disponível um regime simplificado de licenciamento para ligações locais à rede, baixa voltagem, pequenos produtores domésticos. Neste âmbito qualquer entidade que tenha um contracto de compra de energia pode transformar-se em produtor de energia de origem renovável. O licenciamento é feito através de um portal online criado para o efeito onde são feitos os registos dos micro-produtores.

Foram definidos dois regimes por lei, onde o primeiro aplica-se a qualquer tipo de fonte de micro-geração ou co-geração. O máximo de potência na ligação à rede é de 5,75 kW e o incentivo é igual ao valor da tarifa regulada.

Um segundo regime aplica-se exclusivamente a fontes renováveis, sendo neste regime a potência máxima de ligação à rede de 3,68 kW. O incentivo à produção é numa fase inicial de 0,65 € por kWh, decaindo este valor em 5 % a cada 10 MW de produção alcançada.

Toda a energia produzida nestes dois regimes é energia não despachável o que significa ser aceite pelo operador da rede de distribuição em qualquer situação. Com excepção da biomassa, todos os micro-produtores em regime especial são obrigados a instalar um sistema solar térmico de área mínima 2 metros quadrados. O procedimento de autorização é também ele simplificado e baseado na plataforma online de registo, o que dá um tempo expectável de espera pelo licenciamento de 3 a 4 meses.

O governo português tem como objectivo que até ao final do corrente ano sejam instalados mais 50 mil sistemas de micro-geração o que se deverá traduzir numa potência instalada de 165 MW. A fomentar estes resultados está a redução no imposto de 20 % para 12% para sistemas de energia renováveis e um abate na carga fiscal até 777 euros em equipamento de energias renováveis.

É ainda obrigatória, desde 2006, a instalação de equipamento solar térmico em novos edifícios.

1.1.6. Vontade política

Uma sociedade que durante décadas assentou as suas necessidades energéticas no carvão e petróleo apenas verá uma mudança de estratégia e filosofia se houver fortes razões economicamente válidas. As empresas a actuar no sector são empresas que, tal como qualquer empresa num mercado competitivo, tem como objectivo máximo gerar retorno económico. As tecnologias associadas às energias alternativas tiveram e têm ainda nos dias de hoje de ser fomentadas com políticas próprias para que possam ser economicamente viáveis. Regra geral, um pouco por todo o mundo, os decisores políticos perceberam que deveria haver um esforço na evolução do sector energético para melhorar ou pelo menos manter a competitividade do respectivo país.

Portugal não tem sido excepção e inúmeras mudanças têm vindo a acontecer no sector energético muitas das quais apesar de não serem perceptíveis ao consumidor final tiveram e

têm um grande impacto junto destes. Muitas destas alterações são medidas que a economia não iria ditar por si só e nas quais a legislação e regulamentação foi fundamental.

Apresentam-se abaixo transcritos os objectivos do Programa do Governo para a política energética portuguesa transpostos presente em [7].

- i) Captação de mercado;
- ii) redução da intensidade energética no produto;
- iii) redução da factura energética;
- iv) melhoria da qualidade do serviço;
- v) a segurança do aprovisionamento e do abastecimento;
- vi) diversificação das fontes e aproveitamento dos recursos endógenos;
- vii) minimização do impacte ambiental;
- viii) contribuição para o reforço da produtividade da economia nacional.

O protocolo de Quioto foi um compromisso político entre diversos países que se traduziu em Portugal numa preocupação em legislar e incentivar novas tecnologias que fossem menos emissoras de CO₂. Essa preocupação e o peso do compromisso assumido na economia portuguesa foi estimado entre 0,3 % e 0,5 % do PIB conforme se pode abaixo confirmar.

“Previsões de custos de redução de emissão entre € 15 e € 30 por tonelada de dióxido de carbono equivalente se traduziriam em custos totais anuais entre € 330 000 000 e € 660 000 000, a concretizarem-se as previsões de um excesso de emissões de 22 000 000 t de dióxido de carbono equivalente em 2010. Este montante situa-se entre 0,3 % e 0,5 % do PIB.” [7]

Recentemente, a 8 de Junho, o governo português, através da portaria n.º 303/2010 alterou o código do IRS para criar uma extensão da dedução à colecta do IRS relativa a encargos suportados pelos contribuintes individuais com equipamentos de eficiência energética, alargando tais deduções aos equipamentos e obras que contribuam para a melhoria das condições de comportamento térmico de edifícios. [9]

Na Tabela 1.6 está expresso o crescente contributo do sector eléctrico na redução de emissões de CO₂, onde é patente a dominância da produção hídrica e a produção eólica. Com o PNBEPH a produção hídrica ganhará um novo folgo, mas dada a demora expectável da execução do plano e atendendo à sazonalidade ao longo dos anos da produção hídrica é expectável que num próximo ano seco, que não será 2010, a produção eólica ultrapasse a produção hídrica.

Tabela 1.6 - Evolução histórica da energia eléctrica produzida através de renováveis (GWh), no continente [5]

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Hídrica Total	14.240	8.096	15.894	10.053	5.000	11.323	10.351	7.102	8.717
Grande Hídrica (>30MW)	12.887	6.896	14.303	9.065	4.454	9.897	9.406	6.190	7.547
PCH (>10 e <=30 MW)	690	615	822	487	265	702	504	478	618
PCH (<= 10 MW)	663	585	769	501	281	724	441	434	552
Eólica	239	341	468	787	1.741	2.892	4.007	5.720	7.440
Biomassa (c/ cogeração)	1.065	1.166	1.069	1.206	1.286	1.302	1.361	1.381	1.390
Biomassa (s/ cogeração)	21	42	43	52	64	78	149	146	311
Resíduos Sólidos Urbanos	511	518	523	475	545	532	498	441	458
Biogás	2.2	2.5	2.3	14	31	33	55	67	80
Fotovoltaica	1.6	1.8	2.6	2.9	3.8	4.1	23.6	41.4	159.9
Ondas/Marés									
Total	16.080	10.167	18.002	12.590	8.671	16.164	16.445	14.898	18.556
IPH (ano base da Directiva - 1997)	0,975	0,623	1,115	0,680	0,336	0,800	0,631	0,461	0,634
Hídrica Total Corrigida (IPH da Directiva)	14.605	12.995	14.255	14.784	14.881	14.154	16.404	15.406	13.749
Total Corrigido	16.445	15.066	16.363	17.321	18.552	18.995	22.498	23.202	23.588
Produção Bruta + Saldo Imp. (GWh)	45.484	46.652	48.220	50.017	51.729	52.749	52.952	53.558	52.808
% de renováveis (Real)	35,4%	21,8%	37,3%	25,2%	16,8%	30,6%	31,1%	27,8%	35,1%
% de renováveis (Directiva)	36,2%	32,3%	33,9%	34,6%	35,9%	36,0%	42,5%	43,3%	44,7%

Para 2009, estima-se uma quebra de 1,4% no valor da Produção Bruta + Saldo Importador.

Na Tabela 1.7 está presente o crescimento das fontes de energia renováveis, onde para lá do já referido peso da produção hídrica e eólica, detecta-se crescimentos significativos nos pequenos aproveitamentos hídricos, na biomassa e no fotovoltaico.

Tabela 1.7 - Metas indicativas para produção de energia eléctrica a partir de FER - [7]

Recursos endógenos	Capacidade instalada em 2001 (megawatts)	Capacidade a instalar até 2010 (megawatts)
Eólicos	101	3 750
Pequenos aproveitamentos hídricos	215	400
Biomassa	10	150
Biogás	1	50
Resíduos sólidos urbanos	66	130
Ondas	0	50
Fotovoltaico	1	150
Hídricos	4 209	5 000
Total	4 603	9 680

A aposta do governo para 2020 é de a biomassa, a energia das ondas, e a geotermia crescer cada uma destas três tecnologias para 250 MW, a potência instalada hídrica alcançar os 8 600 MW, a eólica 8 500 MW, e instalar 1 500 MW de acordo com a evolução das diferentes tecnologias solares.

Contudo, o protocolo de Quioto abrange todo o sector energético e não apenas o sector eléctrico pelo que é necessário reduzir as emissões de CO₂ noutras fontes emissoras. A indústria automóvel está actualmente a sentir as implicações das medidas de redução das emissões dos gases de efeito de estufa através de taxas ambientais e obrigatoriedade de

cumprir requisitos técnicos relacionados com a protecção do meio ambiente. A medida mais visível pelo mercado automóvel é o imposto estar agora associado às emissões de CO₂ o que se percute directamente no custo final do automóvel.

Capítulo 2

2. Mobilidade Eléctrica

O sector automóvel é um sector vital para as economias nacionais e consequentemente a economia global. Os recentes choques petrolíferos e a crescente consciência e valorização dos valores ambientais foram elementos alavancadores para a busca e desenvolvimento de tecnologias de mobilidade eléctrica.

A mobilidade eléctrica não é algo novo, e desde cedo foi explorada pelos transportes públicos, tendo evoluído desde as linhas de eléctricos até às actuais redes metropolitanas de metro, passando pelos comboios. Ao longo do tempo a tecnologia foi evoluindo de uma forma natural com força de crescimento a ser ditada pelo grau de utilização dos transportes públicos, que nunca foi o desejado.

Assiste-se nos dias de hoje a uma nova força para o desenvolvimento da tecnologia associada à mobilidade eléctrica que resulta de um enorme novo mercado que é o transporte individual. O sector automóvel, depois de alguns ensaios com automóveis híbridos onde a tecnologia tradicional de combustão foi emparelhada com tecnologia eléctrica, prepara-se para comercializar os primeiros carros de transporte pessoal puramente eléctricos. Circulam já nas estradas carros produzidos pelas grandes marcas com vista a testes reais para, possivelmente, serem comercializados ainda em 2010. Carros com uma autonomia de 150 Km a 250 Km são já uma realidade e a fase de crescimento do produto, o carro eléctrico, está apenas à espera do lançamento nos grandes mercados para rapidamente fazer cair os preços e seguir para a zona de maturidade do produto. Se analisarmos a curva do produto, sendo o produto o automóvel em si, pode-se considerar que o lançamento de carros eléctricos é uma forma de evitar a aproximação da fase de declínio do automóvel, criando uma nova curva de crescimento.

Contudo, não se trata simplesmente duma marca a inovar num produto, uma tecnologia revolucionária, nem é uma decisão política de grande envergadura. A mudança que se espera para os próximos anos é uma nova forma de milhares de cidades se organizarem e viverem o

seu quotidiano. Existe uma vontade política para incentivar as alterações, uma necessidade de racionalizar o consumo de energia primária, evoluir a forma de consumo da energia eléctrica, e uma indústria ressentida de uma crise mundial e ávida de grandes consumos.

2.1. Estratégia de incentivos de natureza política

Decisões de grande envergadura como as que decidem a forma da sociedade se organizar nos próximos vinte anos são decisões com consequências sérias e de difícil e custosa reversão.

É pois fundamental, nas grandes decisões que afectam o modo de vida das sociedades, não gerar soluções erradas ou parcialmente incorrectas a fim de evitar as consequências nefastas que daí advêm, mas não criar espaço entre a sociedade em questão e outras sociedades mais avançadas. O esforço de desenvolvimento de uma sociedade para alcançar o patamar de outra sociedade mais desenvolvida é mais do que linear à diferença de desenvolvimentos.

Contudo, os avanços tecnológicos têm-se caracterizados nas últimas décadas por serem feitos em ciclos cada vez mais pequenos o que obriga a uma constante necessidade de análise e evolução das tecnologias usadas para manter a competitividade. Esta característica é naturalmente também aplicada ao sector eléctrico. As decisões que envolvem o sector eléctrico tornam-se automaticamente decisões socialmente importantes e portanto são decisões importantes onde a margem de erro deve ser minimizada ao máximo, sendo que em contraponto existe uma necessidade constante de decisões rápidas.

Regulamentar um sector que se quer ágil e receptivo às constantes mudanças não pode ser uma tarefa fácil nem de susceptível a constantes alterações filosóficas. Tal é o poderio das decisões estratégicas do sector energético que nem as divergências políticas ou ideológicas impedem países de comercializar entre si energia eléctrica ou até matéria prima para a produção de energia.

No caso nacional é aceite que o sector fez uma desverticalização bem regulamentada e com sucesso, tendo recentemente sido apontada pela IEA em [4] o caso do Sistema Nacional de Gás Natural como uma solução inovadora e a seguir por outros membros. O estado português tem legislado de uma forma geral no sentido certo e actualmente a sua estratégia definida em três pilares.

“O sector da energia reveste-se de importância vital nas economias de hoje. As exigências que neste domínio se colocam, desde a garantia e segurança do abastecimento nacional aos requisitos de natureza ambiental e à sua influência na competitividade das empresas enquanto factor de produção, impõem a definição clara de uma política energética

que procure conciliar os diversos interesses em presença. Num país em que a dependência de fontes externas é particularmente elevada, esta questão ganha ainda importância acrescida.

Só a prossecução persistente e duradoura de objectivos bem definidos em termos de fontes e eficiência energética permitirá atenuar o desequilíbrio estrutural reflectido num dos mais elevados conteúdos de energia que Portugal regista relativamente aos restantes países europeus.” [7]

“Estes objectivos só poderão ser concretizados através da adopção de políticas efectivas no âmbito do sector energético em matéria de investimento e de regulamentação, mas também através da mudança de comportamentos por parte dos consumidores e dos produtores. Nestes termos, considera o Governo que a política energética portuguesa assenta sobre três eixos estratégicos:

I) Assegurar a segurança do abastecimento nacional;

II) Fomentar o desenvolvimento sustentável;

III) Promover a competitividade nacional.” [7]

2.2. A indústria automóvel

“A indústria automóvel portuguesa é parte de uma indústria automóvel completamente globalizada, com uma cadeia de valor complexa, tanto do ponto de vista organizacional quanto tecnológico, e que tende a reagir a um período de abrandamento da procura através de um forte esforço de consolidação, que deverá configurar um novo estágio de desenvolvimento.

É, globalmente, um sector industrial com um papel chave nas economias. O automóvel é o elemento central da mobilidade de pessoas e bens e a indústria automóvel é uma das mais importantes actividades industriais do mundo, uma verdadeira “indústria das indústrias”, ponto de confluência dos mais variados sectores industriais. Foi no seio da indústria automóvel que, como em nenhum outra, se viram reflectidas grandes eras do desenvolvimento industrial, desde a produção em massa à “produção magra” (lean production), não esquecendo a origem na manufactura, e se aplicaram e desenvolveram práticas de gestão como a Gestão pela Qualidade Total. O automóvel é hoje o produto de uma indústria global, com uma cadeia de valor estruturada, embora não rigidamente hierarquizada, e faz parte do dia a dia das comunidades.” [10]

2.3. A tecnologia

2.3.1. Motores eléctricos

O factor de eficiência define a eficiência dos motores aquando da transformação eléctrica em energia mecânica. Durante vários anos os motores de baixa tensão trifásicos foram vendidos na União Europeia sobe a distinção de três classes de eficiência, EFF3, EFF2 e EFF1. Este sistema de classificação de eficiência energética provou a sua razão de ser em vários países por todo o mundo. Foi no entanto substituído por diferir nos diferentes países no que toca a valores como a descrições, uma vez que as classes não tinham características completamente iguais de país para país.

No seguimento de um debate a nível mundial, foi estabelecida um novo sistema de classificação de eficiência energética para motores de assíncronos de baixa tensão trifásicos.

O IEC, Comité Internacional de Electrotecnia, desenvolveu e publicou um standard sobre a eficiência energética de forma a eliminar as diferenças entre as designações nacionais. Em paralelo foi ainda desenvolvido um novo standard de determinação da eficiência dos motores eléctricos. Com este standard, IEC 60034-30, passou a haver uma harmonização mundial das classes de eficiência para motores de baixa tensão trifásica. São elas a IE1, IE2 e IE3, onde IE1 é a classe denominada de *Standard Efficiency* que pode ser comparada à sucedida EFF2. A IE2, comparável à anterior EFF1 é denominada *High Efficiency*, enquanto que a IE3 é a classe atribuída aos motores de *Premium Efficiency* e portanto sem paralelo nas antigas denominações.

Para obter motores de uma maior eficiência, ou seja uma classe mais elevada, é necessário ter motores de maior complexidade a nível de construção para os quais é usada mais matéria prima com especial destaque para a quantidade de cobre. Tal traduz-se num aumento de preço do motor. Dado o tempo de vida útil de um motor, o seu preço de compra não assume uma grande expressão e a poupança energética ajuda a encurtar o período de amortização.

A, norma europeia, EN 60034-30 atribui os níveis de eficiências através dos métodos de medida de acordo com a EN 60034-2-1, criando assim divisões standard a nível internacional. Com o objectivo de manter a compatibilidade com as anteriores classes EFF1 e EFF2 os limites das novas classes IE2 e IE1 foram ligeiramente descidos, ajudando assim à transição entre sistemas de classes. Na prática, um motor pode ter uma percentagem de eficiência maior quando avaliado segundo os métodos anteriores, enquanto que avaliado segundo as novas normas terá uma eficiência percentual menor. Todavia, ambos estarão em classes correspondentes.

A harmonização das classes através da EN 60034-30 não veio garantir obrigatoriedade legal da produção de motores segundo estas classes de eficiência energética, ficando a esse papel para a legislação nacional.

Na União Europeia existe a directiva 2005/32/EC conhecida pela directiva do *eco-design* onde é feito o enquadramento dos requisitos para os o consumo energético dos produtos. A directiva *eco-design* procura melhorar a performance ambiental dos produtos ao longo dos seus ciclos de vida, introduzindo sistematicamente aspectos de protecção ambiental nas fases iniciais de concepção do produto.

A directiva *eco-design* está ainda em fase de implementação, mas os requisitos para os motores de baixa tensão trifásicos já foram adoptados pela comissão europeia em 2009, estando a aguardar aprovação do parlamento europeu. Haverá pela primeira vez regulação europeia para motores eléctricos e que definirá como eficiência mínima a classe IE2. Espera-se também que a directiva *eco-design* venha abranger o uso de controladores de velocidade e eficiência dos motores da classe IE3.

2.3.2. As baterias e as expectativas

Por todo mundo, pequeno a grandes empresa exploram os seus conhecimentos e novos conceitos para melhorar a armazenagem de energia. A certeza de um enorme mercado emergente e prestes a explodir torna a investigação na área uma lotaria à espera de sair.

Avanços tecnológicos como a utilização de polímeros de lítio, a substituição do electrólito líquido por electrólito sólido ou baterias de fosfato de ferro-lítio são passos concretos para a evolução necessária deste órgão essencial dos veículos eléctricos, o qual não pode ser feito com as actuais e tradicionais baterias de chumbo.

O que é pedido às baterias é elevada potência, baixo peso e uma vida útil longa. Todos estes três itens estão em desenvolvimento e espera-se que o desempenho venha a melhorar de forma significativa, até porque já há marcas de automóveis de gama alta que estão a mudar as baterias nos seus veículos tradicionais optando por baterias de iões de lítio.

A expectativa de uma evolução significativa para as baterias é tão grande que a empresa *Innowattech* [11] está a tentar desenvolver um sistema que baptizou de *Parasitic Energy Harvesting* para, através de geradores piezoeléctricos, gerar energia com a passagem dos carros na estrada e carregar baterias. Outras empresas, como o caso da Renault, idealizam sistemas de troca rápida de baterias procurando garantir a banalidade da operação no futuro.

Há quem confie ainda mais na evolução do mercado de baterias, o caso da Japonesa *Nippon Mining & Metals Co.* e a *GS Yuasa Corp* [12], que planeiam já a reciclagem no fim de vida destas novas baterias que ainda não circulam em massa. A ideia é recolher milhões de baterias de iões de lítio de carros híbridos ou puramente eléctricos que não circulam ainda nesse mesma grandeza de número. Para reforçar a confiança no futuro potencial deste mercado falta ainda referir que actualmente a extracção do lítio das baterias não é simples, não é eficiente nem obviamente lucrativo.

Esta tecnologia parece já ter convencido os investidores por todo o mundo, mas a verdade é que a maior parte dos carros híbridos actuais usam baterias com níquel e não a tecnologia de iões de lítio que transforma as baterias em baterias mais pequenas e leves, podendo armazenar mais energia e garantir maior potência aos motores.

O Quadro 1 elaborado por Susana Costa Escária em [13] apresenta uma comparação entre as diferentes tecnologias de baterias com um peso base de 50 Kg. Ou seja, é possível ter uma noção da densidade energética de cada bateria e relacionar não só com a energia capaz de produzir por km, mas também com o tempo de recarga. A energia produzida é fundamental para a performance do veículo em termos de prestações na estrada. Para além da própria autonomia em estrada, relacionado com a densidade energética de cada tecnologia, a performance está relacionada com o tempo de carga ou recarga que é também fundamental, para a autonomia do veículo.

Quadro 1 - Autonomia das baterias para um dispositivo de armazenagem de energia de 50 Kg [13]

Tipo de Bateria / Autonomia	Energia Produzida	Tempo de Recarga
Plomb / autonomia para 8 km	30 a 40 Wh / km	8 a 16 horas
Níquel – cádmio / autonomia para 14 km	40 a 55 Wh / km	1 hora
Níquel – metal Hydrure / autonomia para 18 km	60 a 70 Wh / km	2 a 4 horas
Níquel – zinco / autonomia para 20,5 km	70 a 80 Wh / km	1 a 3 horas
Lítio – iões / autonomia para 33 km	90 a 160 Wh / km	2 a 4 horas
Lítio – polímero / autonomia para 41 km	80 a 130 Wh / km	2 a 4 horas
Lítio – ar / autonomia para 630 km	1500 a 2500 Wh / km	indeterminada
Gasolina – gasóleo / autonomia para 1100 – 1300 km	10 000 a 12 000 Wh / km	2 a 3 minutos

De destacar a diferença entre a energia disponibilizada por km nos tradicionais motores de combustão e os restantes tipos de bateria.

2.3.3. A capacidade de produção de baterias para V.E.

Os investimentos em novas fábricas são vários e diversificam-se em localização e até na tecnologia para as concepção das baterias.

A JCI-Staft recebeu 96 milhões de dólares da indústria norte-americana de veículos eléctricos para começar a produção de baterias de iões de lítio na sua fábrica na Flórida.

A Johnson Controls recebeu 299 milhões de dólares para as suas fábricas no estado de Oregon e no estado do Michigan. A produção na fábrica no Michigan será de 15 mil baterias.

A Automotive Energy Supply Corp, detida maioritariamente pela Nissan planeia diversas fábricas sendo uma delas em Portugal com um custo de 250 milhões de euros para a produção de 60 mil baterias de iões de lítio. No Japão, a fábrica em Zama, terá uma capacidade de produção de 65 mil baterias, mas começará a produção com apenas 13 mil. Este consórcio já confirmou também uma fábrica no Reino Unido com capacidade para 60 mil baterias, enquanto nos EUA, no estado do Tennessee haverá uma fábrica com capacidade de produção de 200 mil baterias em 2012.

A Chinesa BYD Auto que era líder mundial no seu *core business* na produção de baterias para telemóveis e computadores portáteis, comprou uma construtora de automóveis em 2003. A BYD Auto comercializa desde 2008 carros eléctricos e as baterias não têm cobalto, mas sim fosfato de lítio e ferro. Este tipo de baterias posiciona-se como uma bateria mais barata e mais pesada que as baterias de iões de lítio.

A A123 batteries recebeu também um incentivo de 249 milhões de dólares para começar a produzir baterias de tecnologia idêntica à BYD Auto, no estado do Michigan e conseguirá fornecer baterias a 500 mil veículos eléctricos por ano.

Continental Automotive, tem já na Alemanha, em Nuremburg uma fábrica com capacidade para produzir 15 mil baterias, capacidade esta que pode atingir as 30 mil baterias de iões de lítio. A Continental Automotive actualmente fornece baterias de iões de lítio para a Mercedes aplicar no seu S400 Híbrido.

A Enerdel, que tem contractos com a Volvo, Nissan e a ThinkGlobal, recebeu 119 milhões de dólares para a sua fábrica no estado do Indiana. Esta empresa com sede nos Estados Unidos da América, vai produzir 30 mil baterias, número este que pode chegar a 60 mil baterias.

A Koreana LG, através a sua empresa petroquímica LG Chem, recebeu 151 milhões de dólares para um investimento total de 300 a 400 milhões no estado do Michigan com vista à

produção de 250 mil baterias em 2013. A LG Chem fornecerá baterias para o carro eléctrico Volt da GeneralMotors.

A Joint-venture Dow Kokam investiu 665 milhões de dólares numa nova fábrica também no estado do Michigan, tendo obtido 144,6 milhões de dólares de incentivos do governo norte-americano e mais 161 milhões de fundos federais para produzir 60 mil baterias.

A Electrovaya também recebeu apoio financeiro, 16,7 milhões de dólares, para investigação no estado de Ontário, sobre as baterias de iões de lítio para veículos.

A Panasonic, através da Panasonic EV, tem uma produção de 700 mil baterias de NiMH para o modelo Prius da Toyota, produção esta que se espera que venha atingir 1 milhão de baterias em 2010, havendo já planos para poder alterar a produção para baterias de iões de lítio, dependendo tal decisão da estratégia que a Toyota venha a tomar, os quais ainda não foram tornados públicos.

Através da Lithium Energy Japan, a Mitshubishi tem garantido 2 mil baterias para o seu carro eléctrico, mas esta fábrica de produção está preparada para em 2012 atingir as 20 mil baterias.

Em Setembro de 2009 a Citi Investment Research & Analysis Ratings Distribution estudou como se posicionavam os construtores de automóveis responsáveis por cerca 90 % da produção do sector, no que concerne ao mercado de baterias para veículos eléctricos. [14]

	Hybrid 2010	Unit Target	Plug-in 2012	Battery alliance (stake%)
Toyota	10+	>1 million	2	Panasonic EV (60%)
Honda	4+	>0.5 million	n/a	GS Yuasa (49%)
Renault-Nissan	1	n/a	2	NEC (51%)
Ford	3+	>25,000	2	Sanyo, Magna, JCI-Saft (0%)
Hyundai	2	>50,000	1	LG Chem (0%)
Daimler	2	n/a	1	Evonik (49.9% cells, 90% packs)
GM	n/a	n/a	2+	Panasonic EV, LG Chem, Hitachi
BWM	2	n/a	1+	JCI-Saft, SB LiMotion (0%)
PSA	n/a	n/a	1	Bosch (0%)
VW	3	n/a	n/a	Sanyo (0%)
Chrysler	1+	n/a	1+	n/a
Mitsubishi	n/a	n/a	1+	GS Yuasa (49%)
SAIC	n/a	n/a	2+	n/a
BYD	1+	n/a	3+	Own production
Fuji / Subaru	n/a	n/a	1+	NEC (0%)

Figura 2.1 - Panorama dos objectivos dos construtores de automóveis e respectivo envolvimento na produção de baterias.[14]

2.3.4. Os pontos de carga

Os pontos de carga assumem-se como uma necessidade de todo o conceito de veículos eléctricos sem carris. Em oposição à electrificação de linhas associadas a carris, onde a mobilidade se restringe a esses traçados escolhidos, o carro eléctrico destaca-se pela mobilidade característica do automóvel tradicional de combustão. A ausência de uma ligação permanente à rede eléctrica obriga à criação de uma rede de postos de carga em semelhança à rede de postos de abastecimento dos veículos de combustão.

Se por um lado a rede de postos de abastecimento é já uma realidade e tem uma boa cobertura do território nacional, a rede de carregamentos tem ainda que ser criada. No momento de partida para a implementação dos carros eléctricos é um dado assente que estes veículos não possuem ainda uma autonomia equivalente aos carros de combustão.

Resulta daí que a uma rede de carregamento semelhante à rede de postos de abastecimento não é suficiente para os mesmos níveis de qualidade.

A facilidade, especialmente nos centros urbanos, com que dispomos da electricidade torna-se numa mais valia para a criação desta rede de carregamentos necessária aos veículos eléctricos. A possibilidade de se instalar uma tomada, seja ela trifásica ou monofásica, na garagem ou até no jardim de uma moradia, transforma qualquer habitação ou lugar de garagem num potencial posto de carregamento.

Nem todas as habitações têm instalações trifásicas e deverá haver dois tipos de carregamento consoante o tipo de alimentação, sendo naturalmente mais rápido o carregamento trifásico.

Existem já, em Portugal, um número visível de viaturas eléctricas com maior destaque para veículos de duas rodas em torno das quais foi já criada uma rede quer de pontos de carga disponibilizados por privados, quer por empresas que à semelhança de outros serviços que já disponibilizavam aos seus clientes, entendem que a disponibilização de pontos de carga potencia o seu negócio.

Em termos legislativos, foi publicado a 26 de Abril de 2010 o decreto-lei que regulamenta as os pontos de carga.

No Artigo 5.º intitulado “Rede de mobilidade eléctrica”, que é a rede que o Governo pretende está a criar para dinamizar e incentivar o sector, pode ler-se que a rede de mobilidade eléctrica compreende o conjunto integrado de pontos de carregamento e demais infra-estruturas, de acesso público e privativo, relacionadas com o carregamento de baterias de veículos eléctricos, em que intervêm os agentes que desenvolvem as actividades previstas

no artigo 5.º, o qual se destina a permitir o acesso dos utilizadores de veículos eléctricos à mobilidade eléctrica. [15]

No primeiro ponto do Artigo 5.º é dada a definição das actividades de mobilidade eléctrica que se dividem em três alíneas:

- a) A comercialização de electricidade para a mobilidade eléctrica;
- b) A operação de pontos de carregamento da rede de mobilidade eléctrica;
- c) A gestão de operações da rede de mobilidade eléctrica. [15]

Enquanto que no segundo ponto é definida a actividade de comercialização de electricidade para a mobilidade eléctrica, que corresponde à compra a grosso e venda a retalho de energia eléctrica para fornecimento aos utilizadores de veículos eléctricos com a finalidade de carregamento das respectivas baterias nos pontos de carregamento integrados na rede de mobilidade eléctrica. [15]

Nos pontos seguintes ainda do mesmo artigo são definidos conceitos, direitos, responsabilidades e apontada para legislação futura regulamentação para a operação de pontos de carregamento da rede de mobilidade eléctrica.

Como expectável, os pontos de carregamento da mobilidade eléctrica estarão sujeitos ao regime de livre concorrência enquanto que a gestão de operações da rede de mobilidade eléctrica é definida como uma actividade sujeita a regulação, nos termos e condições previstos no referido decreto-lei e respectiva legislação complementar. [15]

No nono e último ponto do Artigo 2.º é ainda declarado que podem ser desenvolvidas, em regime de livre concorrência, outras actividades associadas ou complementares das actividades principais relacionadas com a mobilidade eléctrica, como a disponibilização de espaços de estacionamento para veículos eléctricos e a locação, sob qualquer forma, de veículos eléctricos. [15]

Ao longo de seis pontos presentes no Artigo 6.º, intitulado de “Pontos de carregamento” é dada a definição geral do que é uma ponto de carregamento, o acesso aos diferentes pontos de carregamento quanto à propriedade, e ainda a divisão técnica dos pontos de carregamento em função da sua potência. Abaixo transcreve-se os seis pontos do Artigo 6.º

1 — Para efeitos do presente decreto-lei, constituem pontos de carregamento as infra-estruturas dedicadas exclusivamente ao carregamento de baterias de veículos eléctricos e exploradas por um operador licenciado nos termos do artigo 14.º, às quais podem estar

associados outros serviços relativos à mobilidade eléctrica, excluindo as tomadas eléctricas convencionais.

2 — São de acesso público os pontos de carregamento instalados num local do domínio público com acesso a uma via pública ou equiparada, ou em local privado que permita o acesso do público em geral.

3 — São de acesso privativo os pontos de carregamento instalados em locais de acesso privado.

4 — Os pontos de carregamento de acesso privativo são de uso exclusivo ou partilhado, consoante se destinem a permitir o carregamento de baterias de veículos eléctricos, respectivamente, por um único utilizador do ponto de carregamento ou por mais de um utilizador.

5 — São de carregamento normal os pontos que possuam uma potência inferior a 40 kVA, em caso de fornecimento em corrente alterna, ou inferior a 40 kW, em caso de fornecimento em corrente contínua.

6 — São de carregamento rápido os pontos que possuam uma potência igual ou superior a 40 kVA, em caso de fornecimento em corrente alterna, ou igual ou superior a 40 kW, em caso de fornecimento em corrente contínua. [15]

A rede de mobilidade eléctrica encontra-se já em instalação, tendo como objectivo que atinja os 1350 pontos de carregamento em 2011, sendo que o programa decorre previsivelmente até 31 de Dezembro de 2012, nos termos identificados na Resolução do Conselho de Ministros n.º 81/2009, de 7 de Setembro.

No decreto-lei 39/2010 é prevista a existência de condições técnicas de interoperabilidade entre a rede eléctrica para carregamento de baterias de veículos eléctricos e as diversas marcas e sistemas de carregamento. Atendendo à criação de espaço legal para o surgimento de comercializadores de energia para a mobilidade eléctrica, depreende-se a necessidade da interoperabilidade do sistema para que o consumidor possa usufruir de qualquer posto de carregamento independentemente da sua contratualização.

Todavia não há uma referência clara a que a referida interoperabilidade é apenas na gestão da rede. É também importante a existência de uma interoperabilidade no acesso dos pontos de carregamentos por todas as viaturas em termos ligação física.

Deve ter-se em conta que é benéfico haver criatividade e diversas soluções para o carregamento das baterias de forma que se chegue a uma solução optimizada às necessidades

do mercado. Contudo, a falta de indicações ou regulação quanto à forma do conector da ficha eléctrica, tecnologias de indução electromagnética, ou protecções diferenciais a instalar poderão levar ao aparecimento de soluções incompatíveis entre si. Se a rede, para manter a interoperabilidade, tiver que em cada posto, estar munida de vários sistemas de carregamentos facilmente o seu custo por posto subirá o que desincentivará os postos de carregamento tanto privados como públicos. A própria actualização da tecnologia presente nos postos de carregamento será um entrave à expansão da rede.

Na actualidade os veículos eléctricos presentes em Portugal são motociclos com fichas eléctricas standards, veículos adquiridos para implementação da rede MOBI.E, e alguns veículos adaptados ou exemplares dos quais não há ainda uma implementação maciça. Não há ainda portanto uma diversidade significativa de veículos eléctricos e respectivas fichas. Contudo seria importante que quer Portugal, quer a própria União Europeia não cometessem o mesmo erro que foi cometido com a introdução no mercado de aparelhos móveis de comunicação, vulgo telemóveis, onde o conector ao próprio aparelho não foi alvo de normalização até se chegar ao ponto de existirem vários tipos de conectores dentro da própria marca.

Se por um lado houve espaço para a evolução para conectores cada vez mais pequenos e robustos, houve também uma produção de milhões de carregadores que tivera o seu ciclo de vida forçado a coincidir com o ciclo de vida do próprio aparelho de comunicações. Actualmente as próprias marcas, em consequência de legislação europeia, estão a trabalhar num conector e também nas próprias características técnicas do carregador, sendo agora mais difícil chegar a um consenso quando cada marca tem uma gama de produto com necessidades específicas desenhadas em torno dos seus próprios carregadores.

Não chega portanto legislar-se sobre o resultado pretendido, mas também é necessário criar as condições para que o pretendido seja possível de ser alcançado ajudando à expansão dos veículos eléctricos e da necessária rede de pontos de carregamento. Actualmente é impossível às empresas que desenvolvem sistemas de carregamento fazê-lo guiando-se por pontos comuns a todos os fabricantes, porque não os há.

A rede piloto da mobilidade eléctrica tem um âmbito experimental destinado a testar e validar soluções tecnológicas, de serviço e de negócio referentes à mobilidade eléctrica, em conformidade com o presente decreto-lei e legislação complementar. [15]

Na perspectiva de suprimir as dificuldades iniciais de autonomia dos veículos eléctricos, de acordo com o decreto-lei 39/2010 [15], “as concessionárias e subconcessionárias ou exploradoras de áreas de serviço ou de abastecimento de combustíveis em auto-estradas e outras vias de circulação com elevado tráfego médio diário compreendidas na rede piloto da

mobilidade eléctrica, identificadas por despacho conjunto dos membros do Governo responsáveis pelas áreas das finanças, da energia e dos transportes, disponibilizam, ou permitem que terceiros disponibilizem, o acesso a pontos de carregamento rápido para, pelo menos, dois veículos eléctricos em simultâneo em cada sentido de circulação, desde que fique assegurado que tal disponibilização não gera uma obrigação de reposição do equilíbrio económico-financeiro da respectiva concessão ou subconcessão.” [15]

Será compreensível que findo o período experimental esta medida em concreto seja extensível às vias em iguais condições de todos os 308 conselhos.

É expectável, até porque já há vários pontos disponibilizados extra rede de mobilidade eléctrica, que surja uma rede de pontos de carregamento a par da rede piloto incentivada pelo estado. Com a possibilidade de carregar os veículos em suas casas durante a noite a preços de electricidade mais baixos surgem empresas[16] [17] que pretendem instalar postos de carregamento em casa. Também neste campo uma procura por novas tecnologias ou conceitos onde se destaca a importância dada pela *PluglessPower* [17] à questão de mobilidade e simplicidade do carregamento.

2.3.5. A compra e venda de energia à rede - Gestão inteligente

Com a desverticalização dos SEE e a livre concorrência em áreas como a produção e a comercialização novas janelas ficaram disponíveis para serem exploradas. Com efeito a introdução de parques eólicos com pouca potência instalada veio questionar o paradigma da unidireccionalidade do fluxo de energia da produção para o consumo e a micro-produção passou a ser considerada como uma possibilidade a ter em conta. Rapidamente se percebeu que a sustentabilidade passa também pelo aproveitamento dos recursos energéticos junto dos pontos de consumo criando-se assim uma necessidade de ter redes capazes de gerir os fluxos de potência, optimizando o sistema.

Com decreto-lei n.º 68/2002 [18] já havia sido intenção do Governo fomentar o licenciamento e actividade os sistemas de micro-geração de electricidade, mas foi obrigado a modificar a legislação através do decreto-lei n.º 363/2007 [19] que prevê que a electricidade produzida se destine predominantemente a consumo próprio, sendo o excedente passível de ser entregue a terceiros ou à rede pública, com o limite de 150 kW de potência no caso de a entrega ser efectuada à rede pública.

Em resultado deste novo paradigma surgiu a o InovGrid, projecto liderado pela EDP Distribuição em parceria com o INESCPorto, entre outros que é um projecto de âmbito nacional para a instalação de contadores bidireccionais dando a possibilidade dos consumidores de energia, actualmente passivos, passarem a ter um papel activo na gestão dos consumos e serem micro-produtores de energia. O que vai subverter por completo a lógica da rede de abastecimento tal como a conhecemos”, afirma João Torres, presidente da EDP Distribuição. [20]

Actualmente o projecto está numa fase piloto, abrangendo a cidade de Évora onde se espera experimentar e validar uma rede inteligente capaz de potenciar a eficiência energética, a micro-produção e a mobilidade eléctrica para posteriormente transpor o conceito para todo o país.

Uma rede inteligente vai possibilitar a criação de novos tarifários e planos de preços mais inovadores para as necessidades de cada cliente. Estes planos de preços vão originar que a compra de energia à rede venha a ocorrer nas horas de menor consumo ou até de excesso de potência disponível na rede e a venda de energia à rede em momentos de pico de consumo com vista à não entrada em serviço de centrais menos eficientes tanto economicamente como ambientalmente.

Enquanto o programa InovGrid é mais pensado para o *Smart Metering*, em consequência da EDP ser líder do projecto, o projecto REIVE é um projecto onde o líder é o INESCPorto, com outros parceiros, mas onde se procura que seja dada ênfase ao *take off* de conceitos de interface avançado e inteligente para a micro-geração e veículos eléctricos. O REIVE procura encontrar soluções para a definição de estratégias de controlo locais e de tarifação de consumo e injeções de potência na rede. Dada a complementaridade de projectos e a mútua participação de vários parceiros, o REIVE assume-se como um projecto complementar e em consequência da existência do InovGrid. É também objectivo do REIVE fazer a análise prospectiva dos possíveis modelos de negócio em torno dos pontos de carga dos veículos eléctricos e o impacto na rede.

Existe a necessidade de entender a penetração tanto dos veículos eléctricos como da micro-produção para poder conceber os eventuais impactos na rede de distribuição e transporte. O consumo de electricidade terá naturalmente um incremento tanto maior quanto a penetração dos veículos eléctricos, mas é importante também antecipar os novos perfis de diagrama de cargas e a forma como o operador poderá controlar a presença dos veículos eléctricos e micro-produção na rede.

Segundo o próprio INESCPorto num parque automóvel com cerca de quatro milhões de carros, as previsões apontam para uma entrada gradual e lenta dos carros eléctricos, à ordem

de 40 mil por ano. Se o consumo unitário anual de electricidade com o carro for de três MWh, isso equivalerá à entrada em funcionamento de um grupo gerador semelhante ao da central do Carregado, com 120 MW, por ano. Apesar de parecer um bom cenário, especialistas como Oliveira Fernandes avisam que é necessária uma disciplina tarifária que obrigue os carros a carregar durante a noite, incentivando o uso das renováveis e o aproveitamento da eficiência que o sistema pode ganhar, sob risco de se desperdiçarem as vantagens que o carro eléctrico oferece. [21]

O professor Doutor João Peças Lopes refere ainda que o conceito de veículo eléctrico tem que ser vendido com a ideia de que só pode abastecer em período nocturno, porque as consequências de ter um aumento de consumo eléctrico em cima das actuais de horas de ponta é impensável. [21]

Um cenário onde os utilizadores dos veículos eléctricos não são disciplinados é um cenário que destrói todo o conceito de uma mobilidade eléctrica como uma mobilidade mais sustentada e útil ao sistema eléctrico.

Terá de haver conjuntos de restrições, eventualmente agrupadas por estereótipos de perfis de consumo, associadas aos tarifários eléctricos a escolher pelos utilizadores dos veículos eléctricos. Inicialmente poder haver cautela e algum conservadorismo na definição destes tarifários, mas o tempo e a criação de dados históricos fará surgir uma ampla gama de cenários onde o consumidor define as suas preferências energéticas em função da sua disponibilidade em prescindir de serviços a troco de contrapartidas financeiras. Lucrará o consumidor com energia mais barata e mais opções, assim como lucrará o sistema que terá a possibilidade de, pela primeira vez na história do sector, desenhar o diagramas de cargas mantendo os padrões de qualidade desejados.

Para a gestão da rede é necessário desenvolver um interface capaz de comunicar com a rede, os veículos eléctricos e os próprios MGCC que são a “inteligência” de cada micro rede. Serão os MGCC que, independentemente da rede se encontrar num regime normal ou isolado, conseguirão comunicar com os terminais nos consumidores, *Energy Boxes* no caso do InovGrid, fazendo a gestão da rede. A actual micro-produção não está dotada de inversores que possam ser controlados pelos MGCC e portanto também será necessário desenvolver esse tipo de tecnologia.

Consórcio liderado pelo INESCPorto procura através do projecto REIVE desenvolver esta tecnologia e tecnologia semelhante capaz de fazer o controlo da própria rede em MT onde se encontram por sua vez as micro-redes.

Há que encontrar modelos de remuneração para a potência injectada na rede a partir dos veículos eléctricos e quantificar o impacto que isso trará ao sistema tanto em termos económicos e ambientais como em termos de segurança e qualidade da rede. O projecto REIVE procura dar respostas a estas incertezas e também à variação da capacidade das baterias dos veículos eléctricos e seu período de vida.

Nesse âmbito o LNEG terá um papel activo no ensaio de baterias e de sistemas de conversão de energia, nomeadamente câmaras de envelhecimento e construção de um banco de ensaio de baterias, sistemas de aquisição de dados para análise das cargas e descargas das baterias e do funcionamento dos sistemas de conversão de energia.

Na procura de ajudar a criar condições para o surgimento das tecnologias necessárias à massificação dos veículos eléctricos o governo, através do Ministério da Economia e da Inovação, criou um grupo de trabalho designado por Gabinete para a Mobilidade Eléctrica em Portugal - GAMEP- que tem como missão:

- Definir um modelo de implementação do projecto para a mobilidade eléctrica, nas suas diversas componentes;
- Definir objectivos claros, pontos de sincronização e prazos de realização mais próxima e tangível, em articulação com as diferentes iniciativas e actores convergentes;
- Definir um plano de trabalhos rigoroso, actividades e prazos claros, actores envolvidos e responsabilidades;
- Definir e implementar um plano de comunicação abrangente, orientado para os diferentes intervenientes do lado da oferta e ou da procura, em Portugal e no estrangeiro e promoção junto de potenciais investidores. [22]

Na preparação duma próxima geração de rede eléctrica o GAMEP lançou o projecto MOBI.E. Este projecto conta com parceiros como o CEIIA-CE (Centro para a Excelência e Inovação na Indústria Automóvel - Centro de Engenharia) é responsável pela parte do design, desenvolvimento e prototipagem da solução de carregamento incluindo protecção anti-vandalismo; a Criticai Software tem ao seu cuidado o desenvolvimento da plataforma de integração dos postos de carregamento com os sistemas de gestão; a EDP Inovação colabora na concepção da arquitectura do modelo integrado, na perspectiva de eventual cliente ou promotor do projecto; a Efacec trabalha na definição da infra-estrutura de carregamento, incluindo a interface desta com os utilizadores e com os veículos, bem como a integração entre o sistema de carregamento e os sistemas de gestão da rede eléctrica; e a Novabase desenvolve arquitectura e sistema de pagamento e de gestão integrada dos fluxos financeiros e energéticos. [23]

2.4. Posicionamento das *utilities*

É necessário considerar se haverá espaço apenas para as *utilities* ou *outsiders* ao sector energético poderão surgir como comercializadores.

António Mexia, presidente da EDP, afirmou que o carregamento de carros eléctricos deve ser uma nova área de negócio de acesso apenas às operadoras eléctricas. Na verdade adição de intermediários no processo de venda de energia nos postos de carregamento aparenta ser uma ineficiência do sistema, todavia dada a juventude da liberalização do sector da comercialização eléctrica em Portugal tal estratégia poderá ser uma desvantagem à competitividade de preços dos carregamentos.

Por outro lado, poderá ser uma nova janela de oportunidade para actuais comercializadores com pouca expressão se mostrarem aos consumidores domésticos criando novos planos de tarifa onde a energia consumida em postos de carregamento seja apresentada ou associada a um qualquer tipo de bonificação.

Atendendo à infra-estrutura típica necessária a uma empresa para actuar no mercado da comercialização eléctrica não deverá haver espaço para pequenas empresas o fazerem de forma economicamente competitiva face a uma, por exemplo, EDP Distribuição onde os custos fixos serão repartidos por um maior número de clientes.

Dada a actual dimensão, próxima de nula, da rede postos de carregamento, só haverá espaço para uma empresa sem carteira de clientes se implementar no mercado da comercialização da energia nos postos de carregamento, se for criada regulamentação e condições favoráveis à entrada destes *players*.

Existe uma expectativa criada em torno dos veículos eléctricos em consequência das políticas ambientais impostas ao sector automóvel. Os investidores, da indústria química das baterias, vão precisar de ter onde ligar o seu produto mas a penetração dos veículos eléctricos no mercado é ainda insignificante e o entusiasmo parece ser maior do que a realidade da própria tecnologia.

Fica assim complicada a decisão de investir na infra-estrutura de apoio à mobilidade eléctrica sendo que o risco de o esforço financeiro não corresponder ao *pay-off* esperado, ou então pagar a hesitação com a perda de liderança num mercado onde não haverá lugar para uma duplicação de infra-estruturas associadas à comercialização.

No âmbito do programa MOBI.E, a EDP Distribuição está a criar uma rede pública da qual irá deter pelo menos 51 %, podendo outras entidades públicas ou privadas adquirir o restante capital social em participações de 5 % ou 10 %. [24]

Embora exista separação de activos e fiscais entre empresas do mesmo grupo, será importante, embora provavelmente impossível de calcular, tentar avaliar qual será o maior custo de perda para uma *utility*. O que pesará mais, a perda de lucro da não distribuição ou a perda do controlo da gestão inteligente da rede?

O aumento de consumo será naturalmente um factor positivo para as *utilities* especialmente sabendo que o momento de carga poderá ser incentivado para que ocorra nas horas de maior vazio. Será assim um consumo que não traz ao sistema qualquer necessidade de *upgrade* da rede sendo portanto um factor de aumento da eficiência na exploração da rede. Com a introdução das redes inteligentes poderá inclusive haver um transporte de parte dos picos de carga do sistema para as horas de vazia com o recurso à injeção de potência armazenada nas baterias.

Num futuro hipotético e mais distante, com uma penetração massiva dos veículos eléctricos haverá lugar à demanda de actualização e aumento da capacidade das redes eléctrica. A colecta de verba para esse custo deverá ser garantida pelo regulador através de alguma fórmula semelhante ao já existente e que permite alocar custos aos agentes que efectivamente geram despesa ao longo de todo o sector eléctrico.

2.5. O carro eléctrico

2.5.1. Carros híbridos e carros eléctricos

Os carros híbridos são carros que possuem tecnologia de combustão em simultâneo com tecnologia eléctrica através de um motor eléctrico. Com as duas tecnologias num só carro logo à partida é expectável que vantagens e desvantagens se fundam originando uma solução de compromisso.

No caso dos híbridos a autonomia do carro está assegurada pelo tradicional depósito de combustível. Apesar da simplicidade de funcionamento e de manutenção dos motores eléctricos não é possível excluir nos carros híbridos todas as peças móveis relacionadas com a desmultiplicação de forças porque estas são fundamentais para o motor de combustão. Perde-se portanto uma característica importante dos carros eléctrico que é a baixa

manutenção mecânica. Ao não poder excluir a caixa de velocidades e seus adjacentes o peso das baterias será um peso adicional ao carro híbrido enquanto que nos carros puramente eléctricos esse peso era compensado pela ausência do motor de combustão, caixa de velocidades e peças adjacentes. Uma das desvantagens dos carros puramente eléctricos é a limitação do período de carga, que para o fazer é necessário estar imobilizado por um momento de tempo que pode ser mais ou menos longo. Nos carros híbridos há possibilidade de gerar energia eléctrica através do movimento associado ao motor de combustão. Não havendo nenhum milagre na conversão de energia, há a possibilidade de através de energia eléctrica gerada pelo motor de combustão conseguir arranques do carro muito mais eficientes uma vez que os motores eléctricos têm como um dos seus pontos forte a eficiência em arranques, com curvas de binário muito mais adequadas que qualquer motor de combustão.

O mais bem sucedido carro híbrido é o Toyota Prius que usa o motor eléctrico para velocidades baixas, entrando em funcionamento o motor de combustão para velocidades superiores. Associado ao funcionamento dos dois motores pode ou não existir controladores electrónicos que permitam a existência de travagem regenerativa aumentando ainda mais o rendimento do conjunto.

Não por definição em si, mas porque a própria evolução da tecnologia levou a isso mesmo, os carros híbrido não estão actualmente associados a carros que possam ser carregados na rede eléctrica, sendo esse conceito já aplicado a uma próxima geração de carros híbridos carregáveis que estará disponível no mercado brevemente.

Os carros puramente eléctricos, ou carros *plug in*, dividem-se ainda em dois tipos de tecnologias diferentes quer em conceito quer em estado de desenvolvimento. O primeiro desenvolvimento de carros puramente eléctricos foi feito com base no conceito que o automóvel se comporta como uma carga para o S.E.E. e o carregamento da bateria é uma normal carga no sistema com todas as suas normais características. No entanto um novo conceito, conhecido por *Vehicle-to-grid* ou apenas V2G surgiu para os carros *plug in*. Com base na não uniformidade do diagrama de cargas do S.E.E. ao longo do dia o V2G permite ajudar a transportar carga das horas de ponta para as horas de vazia com benefícios possíveis benefícios económicos, ambientais e para própria rede do S.E.E. que passa a ter uma utilização mais eficaz. Este conceito está a ser estudado e vários projectos tentam implementar na prática o conceito, mas está naturalmente mais atrasado que os carros eléctricos *plug in* que apenas trocam energia com a rede num único sentido.

2.5.2. Aspectos chave do carro eléctrico

Para o sucesso do carro eléctrico, seja ele híbrido, *plug in*, ou V2G, o desenvolvimento terá que ter em conta aspectos em conta como a possibilidade de uma substituição rápida das baterias com universalidade e standardização por forma que a substituição possa ocorrer em locais não especializados e de uma forma prática e simples;

Os carros puramente eléctricos têm potencialidade para serem mais compactos em consequência do menor volume do motor e da simplicidade mecânica a ele associado;

Carros destinados a grandes distâncias vão estar condicionados à existência de um motor de combustão;

Os carros eléctricos não serão uma solução sustentável se a energia eléctrica por eles consumida não o for também;

Os picos de consumo para os quais as baterias não conseguem responder, como é o caso dos arranques, são colmatados com supercondensadores dos quais se espera que evoluam mais com a investigação em áreas como a nano-tecnologia. Avanços nesta área poderão levar a que outro tipo de tecnologia de bateria seja tecnicamente viável;

Os pontos de carga serão tanto melhores quanto mais rápido carregarem as baterias sem as danificar. O tempo de carga está relacionado com a potência disponível no ponto de carga.

Capítulo 3

3. Estado da arte do *roadmapping* tecnológico

3.1. Roadmap

Um *Roadmap* é uma ferramenta de trabalho que visa identificar os caminhos a serem atingidos para a prossecução de determinados objectivos. Deverá ser construído representando o mais fidedignamente possível a realidade sendo necessário garantir a compilação de forma coerente e organizada do maior número de informações disponíveis à data da elaboração do estudo.

No nosso caso pretende-se demonstrar o domínio desta ferramenta e ainda formular um problema concreto, no caso, o para a penetração dos carros eléctricos em Portugal.

O presente *Roadmap* deverá contribuir para clarificar as necessidades do sector energético em Portugal, identificar as tecnologias necessárias para essas necessidades e criar um modelo que preveja a evolução de uma tecnologia existente, carro eléctrico.

Espera-se que um *Roadmap* seja, um elemento agregador de consenso sobre os objectivos a curto e longo prazo a atingir, assim como, um guia orientador das principais metas e *milestones* a alcançar. Deverá ser capaz de identificar e ajudar à concordância e comum aceitação dos desafios e oportunidades quer no presente quer no futuro a longo prazo.

Será necessário entender o estado de maturação das soluções disponíveis e estudar novas soluções tecnológicas de forma entender as forças e fraquezas destas. Com uma correcta análise das soluções tecnológicas poder-se-á diminuir as fraquezas com diversas formas de incentivos à tecnologia. O *Roadmap* assume um papel importante na criação de uma estratégia a seguir, diminuindo os esforços em sentidos divergentes quanto às necessidades e tecnologias a adoptar e sua maturação.

Na construção de um *Roadmap* tecnológico soluções a curto prazo devem ser consideradas, assim como soluções a longo prazo. Em qualquer um dos casos será sempre fundamental as soluções a curto prazo não inviabilizarem os objectivos a longo prazo.

Faz também parte da elaboração de tal documento orientador, providenciar mecanismos de previsão do desenvolvimento da tecnologia. Espera-se que a previsão seja um ou vários outputs de um modelo que simule diversos cenários e que possam ser repetido com exactidão ou seja possível de alterar os inputs por valores mais precisos tantas vezes quantas forem necessárias.

Nas últimas décadas, especialmente na área da tecnologia, tem-se assistido ao encurtar dos tempos de vida dos produtos e dos seus ciclos de produto em consequência de uma maior frequência no desenvolvimento da tecnologia assente na componente da inovação. Paralelamente tem-se também assistido ao corte nos custos em consequência da cada vez maior competição o que faz com que as empresas sejam obrigadas a concentrar os seus esforços e a entender cada vez melhor a indústria e o mercado. Ter vantagem tecnológica ou possuir a melhor tecnologia ajuda as empresas a manter-se em ambientes competitivos. Todos estes factores dão ênfase à crescente importância de perceber o amanhã, construindo um roadmap.

O mapeamento da tecnologia é não só uma importante ferramenta para empresas ou associações de empresas, mas também para as próprias indústrias. Em consequência as empresas ou indústrias podem conhecer as necessidades dos produtos chave que podem ser despoletados por uma determinada tecnologia. Podem também, na impossibilidade de satisfazer a necessidade anteriormente referida, identificar qual ou quais as tecnologias que serão melhor alternativa para satisfazer as necessidades do produto.

A implementação dos processos com vista a satisfazer as necessidades do produto será naturalmente mais fácil com as necessidades e tecnologias identificadas.

No mapeamento da tecnologia deve-se ter presente que a motivação deverá vir da necessidade e não de uma solução previamente idealizada. Por outras palavras, o *roadmap* deve ter como objectivo a satisfação de uma determinada necessidade, recorrendo a soluções apontadas pelo *roadmap*. Tal como o nome indica, o *roadmap* aponta vários caminhos cada um com suas características, mas todos vão no sentido do nosso destino final que é a necessidade.

No contexto, uma eventual tradução de *roadmap* e de *technology roadmapping* não seria propriamente assertiva e eventualmente os termos serão usados cada vez mais como estrangeirismos.

Será portanto útil aqui evidenciar que *technology roadmapping* é o processo de mapeamento das necessidades tecnológicas que leva à identificação e desenvolvimento de tecnologias alternativas que satisfaçam as necessidades do produto. Mediante um conjunto de necessidades o processo de *technology roadmapping* retoma um caminho para desenvolver, organizar e apresenta informações sobre os requisitos críticos do sistema e objectivos de performance que necessitam de ser atingidos em determinados horizontes temporais. Dependendo da profundidade do mapeamento, pode ser dada também informação sobre as trocas entre diferentes tecnologias.

O *technology roadmap* é o documento em si, resultado do mapeamento tecnológico ou *technology roadmapping* anteriormente descrito. Identifica os requisitos críticos do sistema, a performance pretendida do produto e do processo, e alternativas tecnológicas e *milestones* para atingir a referida performance.

3.2. Aplicabilidade e benefícios do *roadmapping* tecnológico

Um *roadmap* tecnológico não é um guião sobre o futuro mas antes como se espera que seja o futuro o que não deixa de ser uma mais valia para outras áreas como o próprio *marketing* que encontra no *roadmap* uma maneira de entender as necessidades dos seus consumidores e mostrar o meio de os alcançar.

Existem empresas que fazem o seu próprio *roadmap* tecnológico durante o seu planeamento tecnológico a nível interno. Todavia existem também empresas que se agrupam em consórcios ou por indústria e, em conjunto, criam o *roadmap* da sua indústria. Apesar de independentemente serem concorrentes entre si, as empresas percebem que procurando entender as necessidades comuns podem reduzir esforços individuais distribuindo a pesquisa e investigação e colaborando no desenvolvimento de tecnologia comum. Este nível de entendimento na construção de um *roadmap* conjunto permite à indústria desenvolver de uma forma colaborativa os aspectos chave das tecnologias em vez de investir de uma forma redundante nas mesmas e mais importantes pesquisas não tendo depois disponibilidade financeira ou até técnica para outras tecnologias mais secundárias mas também importantes. Os grandes benefícios desta estratégia são poder-se desenvolver tecnologias de maior grau de incerteza ou estado de maturidade, número mais diverso de tecnologia em investigação por não haver uma repetição de pesquisas e, uma indústria mais competitiva por ser mais eficiente no desenvolvimento e inovação dos seus produtos.

O *roadmap* tecnológico do produto tem razão de ser pelas necessidades do produto e do seu processo. Contudo existem outros tipos de *roadmaps* ou se quiser outros contextos de *roadmap* como o caso das tecnologias emergentes. O *roadmap* de uma tecnologia emergente

tem necessariamente de tentar perceber quais são os limites da nova realidade que se avizinha e o que não será oferecido por essa tecnologia. É essencial saber que áreas da tecnologia a mapear percebendo o que é que a tecnologia será capaz de disponibilizar à indústria. No caso de uma tecnologia emergente importa também prever o desenvolvimento e a comercialização, a competitividade trazida por essa tecnologia à empresa ou sector, assim como a evolução da empresa ou sector perante essa nova competitividade.

Um roadmap tecnológico emergente poderá incidir em apenas uma única tecnologia, descrevendo como será o desenvolvimento esperado e poderá conter formas de ajudar esse desenvolvimento. O resultado de um roadmap tecnológico emergente poderá decidir a alocação ou não de recursos com vista a melhor a tecnologia e melhorar a competitividade nessa posição.

3.3. Contexto do desenvolvimento do planeamento e trabalho para o *roadmapping* tecnológico

O *roadmapping* tecnológico é um processo iterativo que delimita o planeamento estratégico corporativo, o planeamento tecnológico e o contexto do plano de negócio. Cada *roadmap* tem a sua envolvimento e portanto não há um modelo único destes planeamentos.

O planeamento das actividades deve estabelecer a ligação entre três elementos cruciais que são:

- Consumidor e necessidades do mercado
- Produto e serviços
- Tecnologia

Ao estabelecer um planeamento tendo em conta estes elementos consegue-se criar uma visão única, corporativa, que faz convergir os esforços para os vários objectivos traçados. Criada uma visão única, o planeamento estratégico vai apresentar as decisões que vão identificar e relacionar os dois primeiros elementos cruciais aqui enunciados previamente. Caberá ao plano tecnológico identificar, seleccionar e investir nas tecnologias que dêem suporte aos requisitos do produto e serviços. O desenvolvimento de um plano de negócio ou o lançamento de um produto ou serviço envolve não só o planeamento como a implementação de determinados aspectos do plano estratégico. Deverá ser dado o necessário ênfase aos aspectos que digam respeito ao desenvolvimento de novos produtos e serviços ou conceitos de modelos de negócio.

O planeamento tecnológico tem como uma das suas vertentes o *roadmapping* tecnológico que é o mais apropriado para quando é necessário tomar decisões que não estão claras acerca do investimento. A situação clássica deste tipo de indecisões é a avaliação do momento ideal para a substituição de uma máquina - tecnologia - por uma nova mais avançada tecnologicamente.

3.4. Competências e conhecimentos necessários ao *Roadmapping* tecnológico

São necessárias competências e conhecimentos específicos para a aplicação de um estudo deste tipo. Normalmente são consultores que traçam o processo do *roadmap* por estarem familiarizados com o processo e os métodos acompanhados pelos tecnólogos capazes de identificar as necessidades e os incentivos das tecnologias, mas também, analisar e seleccionar caminhos e tecnologia alternativa. É pois fundamental que exista o conhecimento específico sobre a área a mapear. Trata-se normalmente de um trabalho de grupo. Esta necessidade assume uma maior importância quando o trabalho se dá a nível de uma indústria ou sector. Na ausência de uma pessoa perfeitamente identificada com estas características as diversas equipas deverão estar altamente rotinadas e treinadas entre si.

3.5. Processo do *roadmapping* tecnológico

Todo o processo divide-se em três fases sendo que as duas primeiras definem o alcance do processo e a terceira é de acompanhamento.

A primeira fase, Actividade Preliminar, é iniciada com o momento em que os decisores entendem têm um problema para o qual o *roadmap* tecnológico poderá ser uma ajuda na resolução. Os decisores têm então que decidir o que mapear. Esta consciencialização é fulcral para a obtenção dos recursos necessários ao projecto assim como a motivação. Na presença de vários decisores é necessário persuadi-los na totalidade e entender que diferentes pessoas esperam diferentes resultados e portanto será necessário de pelo menos satisfazer parcialmente todas as expectativas. Ao longo das seguintes duas fases será necessário manter a convicção dos decisores e eventuais financiadores.

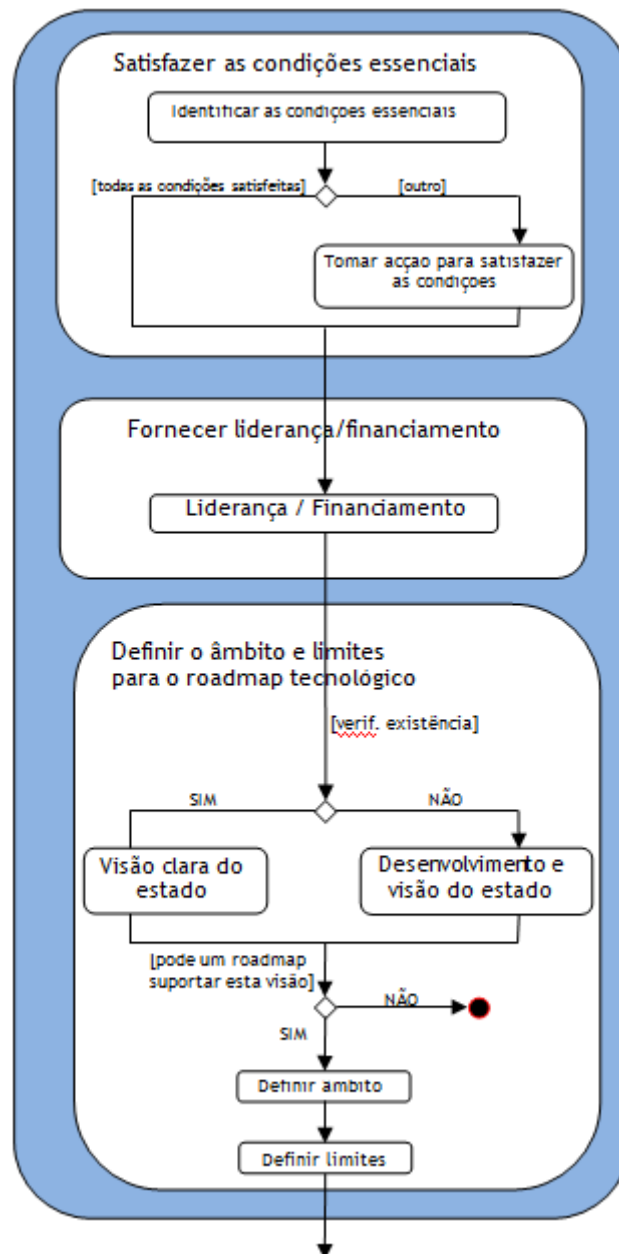


Figura 3.1 - Etapas standard de um roadmap tecnológico

Mais em detalhe a primeira fase define-se nos seguintes pontos:

- Satisfazer as condições iniciais

Deverá haver a compreensão da necessidade que leva ao *roadmap* tecnológico e um desenvolvimento em colaboração, contudo deverá também ser criado um grupo mais amplo que faça a compreensão desta necessidade para um roadmap ao nível da indústria ou sector.

O processo de roadmapping tecnológico necessita de conhecimento e contribuições de variados grupos, o que inclui diferentes perspectivas e horizontes no processo de

planeamento. Quanto mais representativa for a participação dos intervenientes da indústria em estudo, melhor será o resultado. É portanto importante trazer a bordo responsáveis pelo marketing, produção, R&D, clientes, fornecedor. Deverá ainda incorporar responsáveis políticos e universidades e os esforços deverão concentrar-se nas necessidades comuns. É importante este aspecto porque com grande número de participante é natural que as necessidades de cada um sejam cada vez mais dispersas.

É também importante manter sempre a noção que todo o processo deve mover-se pelas necessidades e não pela solução. Para ajudar devem ser feitas as especificações de forma clara e objectiva.

- Definir liderança e financiamento

Uma vez que o processo de roadmapping pode ser longo e pode consumir recursos significativos terá que haver um compromisso de liderança e de investimento. A melhor forma de garantir o contínuo interesse e financiamento, este deve ser feito porque quem o irá implementar e dele beneficiar. Quer isto dizer que a nível de uma empresa ou corporação, o roadmapping deve ser feito pela gestão da empresa para ajudar na tarefa de alocação de recursos. A nível da indústria a liderança deve ser dada à própria indústria uma vez que ela será a financiadora e o participante mais interessado em resultados, sendo natural que os consumidores, fornecedores, decisores políticos e universidades deverão ter a sua participação no desenvolvimento, validação e implementação do roadmap tecnológico.

- Definir o alcance e os limites do *roadmap* tecnológico

Este ponto garante que o contexto será suportado e determina o horizonte e detalhe do planeamento. Pode por isso variar o horizonte temporal de aplicação de um roadmap, mas roadmaps para a indústria têm durações típicas de 10 a 15 anos durante os quais há milestones a cada 3 ou 5 anos. *Roadmaps* para empresas ou corporações são portanto mais curtos em termos de aplicação temporal.

A segunda fase onde se faz o desenvolvimento do *roadmap* tecnológico envolve 7 momentos distintos. Estes 7 momentos dependem do trabalho dos grupos e equipas de trabalho, sendo que apesar de serem os mesmos 7 passos para empresas ou indústria, os recursos e tempo necessários são maiores para a indústria.

- Identificar o produto que será o alvo do estudo.

O primeiro objectivo comum é fazer todos os participantes chegar a um acordo sobre a identificação das necessidades comuns do produto. Este acordo é importante para conseguir o seu compromisso e aceitação ao longo do processo de *roadmapping*.

Dependendo da complexidade do produto, poderão haver muitos componentes e níveis nos quais serão necessários o *roadmap* poderá debruçar-se. Escolher o produto e os seus componentes e níveis assume assim uma importância significativa para o normal desenrolar do processo de *roadmapping*.

Porque por vezes há demasiados cenários, sobre as necessidades do produto, possíveis com efectiva probabilidade de acontecer, pode-se recorrer a cenários tipo ou genéricos. Estes cenários podem ser criados à medida, sendo que deverão ser realistas, consistentes em termos de pressupostos, e deverão ser passíveis de serem comparados entre si. Por outras palavras, não se espera que um cenário criado considere premissas irrealistas ou impossíveis. É também necessário cuidado ao estabelecer premissas - poderão ser inputs - ainda que válidas na sua singularidade não são compatíveis com outras premissas consideradas em simultâneo. Diminui a utilidade e a capacidade de análise, criar cenários muito distintos entre si, onde há um grande número de variáveis alteradas o que dificulta a comparação dos cenários e a decisão de optar. Pode-se contudo, criar cenários extremos que tenham uma probabilidade muito reduzida de acontecer desde que as suas consequências sejam mais do que inversamente proporcionais, e não se deixe o seu carácter sensacionalista guiar o *roadmap*.

Os cenários são usados para melhor identificar as necessidades, serviços, ou produtos. Em muitos casos, há necessidades que são transversais a todos ou à maioria dos cenários traçado, ainda que a procura possa variar. Noutros casos, uma necessidade pode ser crítica para um cenário em particular que não se deverá ignorar dada a sua alta probabilidade.

Este ponto, não é considerado como um ponto estável, uma vez que ao longo da aplicação do *roadmap*, algumas incertezas poderão ser reduzidas e os cenários deverão ser ajustados. Em *roadmaps* cuja aplicação é feita ao longo de grandes períodos temporais deve ser dada maior importância à revisão dos cenários.

- Identificar os requisitos essenciais do sistema e os seus objectivos.

Os requisitos críticos do sistema fornecem uma moldura para o *roadmap* e são as dimensões de maior nível que as tecnologias relacionam. Uma vez definidos pelos intervenientes as necessidades a mapear, estes terão que identificar os requisitos essenciais

do sistema. Os requisitos essenciais do sistema são características sem as quais o produto não terá sucesso.

- Especificar as grandes áreas tecnológicas

Estas grandes áreas tecnológicas, são as áreas que deverão ser exploradas e que permitirão ao produto ter as características e performances necessárias.

- Especificar a motivação tecnológica e os seus objectivos

Neste ponto os requisitos críticos do sistema são transformados na critérios específicos de cada área de tecnologia. Estes critérios vão ser decisores na opção de uma tecnologia em detrimento de outra.

Estes critérios variam de tecnologia para tecnologia mas relacionam-se como a tecnologia se relacionam com os requisitos críticos do sistema. Os objectivos das necessidades tecnológicas especificam o grau de fiabilidade e de execução que uma tecnologia alternativa terá que desempenhar num determinado momento.

- Identificar alternativas tecnológicas e as suas características temporais

Só existe uma verdadeira escolha se houver alternativas, e escolhidos os critérios específicos de cada área de tecnologia é neste ponto que será necessário identificar tecnologias alternativas que satisfaçam esses critérios. Uma especificidade requerida poderá solicitar avanços em várias tecnologias ou uma tecnologia poderá satisfazer vários dos critérios

- Recomendar tecnologias alternativas que deverão ser seguidas

Neste passo é o subconjunto de tecnologias alternativas a seguir. Estas tecnologias terão características várias entre si, como o custo, a performance e também a sua implementação. Cada uma por si, terá a sua maneira de evolução que pode ser mais rápida, mais lenta, mais barata, mais eficaz, mais lucrativa, etc. Deverá ser tido em conta que determinada tecnologia poderá levar a um ganho no produto que tanto pode ser extremamente proveitoso para o seu sucesso, como pode não valer o custo acrescido da tecnologia.

A complicar esta escolha existe o facto que uma tecnologia poderá ter uma relação custo e mais valia para o produto positiva, num momento inicial, não sendo depois capaz de satisfazer necessidades futuras do produto. A situação inversa também pode acontecer, onde uma tecnologia que no primeiro momento não satisfaz as necessidades do produto poderá levar à não aceitação do produto pelo mercado, mesmo que num segundo momento ele estivesse altamente qualificado para o sucesso. Estas tecnologias que não têm condições para ser sucesso no mercado porque não satisfazem as necessidades actuais, mas têm características para satisfazer as necessidades futuras e substituir a actual tecnologia, são tecnologias disruptivas. Uma tecnologia disruptiva é uma excelente oportunidade para conseguir vantagem competitiva sobre os concorrentes, mas acontece que estas hipóteses são muitas vezes ignoradas pela falta de perspectiva de um *roadmap* tecnológico.

- Criar o documento em si do *roadmap* tecnológico
 - O documento deverá incluir a identificação e descrição de cada área de tecnologia e o seu estado actual;
 - Factores cruciais sem os quais o *roadmap* não terá sucesso;
 - Áreas não contempladas no *roadmap*;
 - Recomendações técnicas;
 - Recomendações para a implementação.

A terceira fase é uma fase de acompanhamento das actividades que será naturalmente mais fácil se os intervenientes tiverem sido convencidos a suportar o *roadmap* na primeira fase e o desenvolvimento tiver sido bem estruturado, na segunda fase. Apesar de a equipa que criou o *roadmap* poder ter sido já de alguma dimensão, esta dimensão é sempre expandida na fase da implementação. Este novo grupo de pessoas que recebe o *roadmap* fará a sua crítica, validação e aceitação. Um plano de implementação deverá ser criado com base na informação gerada pelo *roadmapping* tecnológico para tomar e implementar as decisões de investimento apropriadas. Uma vez que tanto as necessidades como as tecnologias estão em constante evolução e a fase de implementação poderá durar vários anos, o *roadmap* terá que ser periodicamente revisto e actualizado.

3.5.1. Crítica e validação do *roadmap* tecnológico

Na fase II, no desenvolvimento, apenas são envolvidas pessoas das áreas abordadas na construção do que virá a ser o *roadmap*. Concluído este trabalho, é necessário validá-lo e fazer acreditar nele um muito maior número de pessoas.

É necessário rever o documento e tentar perceber se as tecnologias alternativas estiverem desenvolvidas se estas se traduzir-se-ão no objectivo pretendido. Deve ser perguntado se as tecnologias alternativas são razoáveis e se houve alguma tecnologia de relevo que tenha sido ignorada. Todo o documento deverá ser o mais claro e simples possível de forma a que seja facilmente interpretado por qualquer pessoa que não tenha sido envolvida no seu processo de construção.

É também necessário que os financiadores estejam envolvidos no plano de implementação, o que ajudará a manter os mesmos com um feedback do processo de implementação e preparados para aceitar possíveis revisões ou alterações ao *roadmap*.

3.5.2. Plano de desenvolvimento e implementação

Nesta fase existe já informação suficiente para fazer melhores escolhas e decisões tecnológicas. Com base nas alternativas tecnológicas recomendadas um plano é então desenvolvido. Num *roadmap* a nível empresarial ou corporativo, o plano de implementação poderá ser composto por apenas um ou vários planos de projectos que serão desenvolvidos com base nas alternativas tecnológicas escolhidas. Num *roadmap* ao nível de uma indústria ou sector, deverá ser feito um plano de implementação semelhante, ao qual deverá ser acrescentada um elemento de coordenação entre as partes, o que poderá ser feito por uma associação representativa da indústria ou um grupo de trabalho criado pelos decisores públicos.

3.5.3. Revisão e actualização

O *roadmap* e os seus componentes devem ser vistos com um processo iterativo no qual a cada momento deve-se validar todos os pontos. Uma revisão constante é necessário porque a previsão do futuro só é previsão enquanto o futuro não se aproximar do presente. Com o passar do tempo determinadas tecnologias são exploradas e avançadas no seu estado de maturação o que leva à redução de incertezas previamente assinaladas e consideradas no *roadmap*. Por outro lado, outras incertezas poderão surgir no horizonte e ganhar dimensão na análise. Todas as variáveis que alterarem de estado ao longo do tempo irão produzir efeitos no *roadmap* e nos cenários idealizados. Determinados cenários poderão ganhar determinada particularidade, outros poderão deixar de ter influência, enquanto outros poderão até pôr em causa a implementação do *roadmap*.

É por isso fulcral determinar uma revisão constante a todo o processo, tendo em consideração a velocidade evolutiva da tecnologia do sector em questão.

Capítulo 4

4. Estudo de um caso prático

Pela vastidão do sector energético e suas indústrias, e pelo extremamente curto período de tempo para a elaboração da presente dissertação elaboração do *roadmap* apenas contemplará a construção de cenários hipotéticos referentes à tecnologia associada aos carros eléctricos.

Considerou-se que será de elevado interesse ajudar a melhor entender as possibilidades de existência de um mercado relacionado com a mobilidade eléctrica em Portugal. A mobilidade eléctrica com a sua implementação e massificação, a acontecer, terá implicações em diversas actividades, senão em toda a sociedade. Estas serão desde a própria indústria automóvel, passando pela a indústria química e pelos quatro sectores do sistema eléctrico português.

A ferramenta de optimização escolhida, o modelo TIMES, é uma ferramenta extremamente completa no que diz respeito à base de dados de tecnologias nele presente. O modelo faz a optimização do sistema energético tendo ao seu dispor um conjunto alargado de tecnologias. O tempo disponível para o estudo da possível penetração dos carros eléctricos através da optimização do modelo energético por parte do TIMES foi escasso. Em consequência da extensa base de dados de tecnologias, a optimização e validação de um cenário leva várias semanas. Na verdade, o grupo da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa onde foi corrida a simulação levaram-nos a concluir que o tempo dedicado às actuais dissertações de mestrado não é suficiente para se fazer um estudo com base em optimização de cenários e a respectiva validação de resultados. As limitações do TIMES ao nível de restrições impossibilitam que se parta de um cenário já validado e que se faça nova optimização com todos os parâmetros fixos à excepção de um ou mais parâmetros variáveis. Sem tal possibilidade, de cada vez que há uma optimização gerada todos os valores associados às tecnologias têm de ser manualmente verificados o que corresponde à verificação manual de toda a base de dados. Na busca de uma parametrização coerente e

realista pode-se perder meses até chegar a um cenário otimizado que tenha validade e coerência.

Em colaboração com o departamento de ciências e engenharia do ambiente da FCT/UNL foi considerado como alternativa à optimização elaborar-se uma simulação com base numa optimização já validada e disponibilizada pelo DCEA da FCT/UNL.

4.1. Visão global sobre o MARKAL e o TIMES enquanto sua variante

A ferramenta MARKAL foi criada na necessidade que o *Programme of Energy Technology Systems Analysis*, financiado pela IEA, encontrou após dois anos de estudo no pós primeira crise petrolífera.

O objectivo dos especialistas do ETSAP é ajudar os decisores na avaliação de políticas que alcancem os objectivos e metas no que respeita a:

- Necessidades energéticas
- Progresso tecnológico
- Preocupações ambientais
- Desenvolvimento económico

Para tal o ETSAP desenvolve um programa co-operativo de análise de sistemas de tecnologia de energia e contribui com modelos de estudo de possíveis desenvolvimentos.

Através de um programa de investigação comum, o ETSAP criou uma ferramenta de flexibilidade consistente e multi-país para a análise da energia, economia e ambiente. Os membros do ETSAP dão também assistência e suporte a entidades governamentais e decisores aplicando estas ferramentas para avaliação das tecnologias energéticas e análises de energia, meio ambiente e decisões políticas. É usado o princípio do equilíbrio económico em modelos desde a escala global à escala local, passando pelas regiões e nações.

O modelo MARKAL, através da sua variante TIMES faz:

- Abordagem de análise de sistemas;
- Identificação de referência do sistema de energia (fluxos e nós);
- Quantificação dos fluxos de *commodities* no presente (Q,P);

- Reconstrução da curva de oferta e procura actuar, para cada mercadoria (visão técnico-económica dos mercados);
- Projecções das curvas de procura e oferta;
- Propriedades de equilíbrio dinâmico;
- Pressuposições de base e formulação de acordo com um programa matemático.

O modelo procura especificar uma possível solução, tendo em conta os múltiplos objectivos, restrições e recursos, adicionando à solução os riscos, custos e benefícios a ela associados.

Um sistema energético na sua generalidade é composto por:

- Limites (espaciais, temporais, lógicos);
- Componentes (elementos, partes);
- Ligações;
- Dependências (regras, relações de quantidade);
- Interesses económicos, decisores políticos.

Quando o sistema assume grandes proporções e/ou torna-se complexo a sua análise é feita recorrendo ao auxílio de uma representação formal, ou seja matemática, do sistema através de um modelo.

4.2. Modelo TIMES

The Integrated MARKAL-EFOM System (TIMES) é uma variante do modelo MARKAL e do modelo EFOM e está vocacionado para estimar as dinâmicas energéticas a longo termo, para diferentes horizontes temporais.

Para este modelo os casos de projecções de referência para a procura de uso final de energia são fornecidas por cada região. O utilizador providencia estimativas de *stocks* do equipamento associado ao consumo de energia para o ano base determinado e características de tecnologias futuras, e ainda oferta de serviços primários de energia e seus potenciais no presente e futuro.

Através dos dados fornecidos ao programa este vai fornecer os serviços energéticos a um custo global mínimo através da decisão de investimento em equipamento, investimento em operações, fornecimento de energia primária, e trocas energéticas. O modelo é portanto um modelo que actua verticalmente em todo o sistema energético.

O âmbito do modelo TIMES vai para além dos assuntos estritamente energéticos e tem também uma componente ambiental relacionada com as emissões ou matérias do sistema energético.

Richard Loulou [25] considera que o modelo é bem construído para analisar políticas energéticas ambientais e que estas podem ser representadas com precisão graças à representação das tecnologias e combustíveis em todos os sectores.

O TIMES funciona tendo como pressuposto o equilíbrio das *commodities*, isto é, os preços e quantidades necessários em cada período são tais que os produtores fornecem as quantidades necessárias exactas. Este equilíbrio tem como propriedade que o *superavit* total é maximizado.

O impacto das emissões de gases de efeito de estufa é calculado também graças a um modulo climático que também considera as alterações nas correntes atmosféricas do planeta e temperaturas globais.

O funcionamento do modelo está estruturado em torno na minimização dos custos totais do sistema através de custos totais líquidos presentes na equação (4.1). É portanto um modelo dinâmico de optimização linear através de uma minimização do custo global.

$$\text{Min.} \quad NPV = \sum_{r=1}^R \sum_{y=YEARS} (1 + d_{r,y})^{REFYR-y} . ANNCOST_{(r,y)} \quad (4.1)$$

NPV - corresponde ao valor actualizado líquido dos custos totais

ANN - custos anuais totais

d - taxa de actualização

r - região

REFYR - ano de referência para actualização

YEARS - conjunto de anos para os quais existem custos (todos os do horizonte de modelação + anos passados caso tenham sido definidos custos para investimentos passados + anos após horizonte temporal, não sejam considerados custos de desmantelamento e recuperação material).

O custo global do sistema é determinado com a soma dos custos:

- Custos de investimento;
- custos relativos a material retido na estrutura durante o tempo de vida da mesma;
- custos variáveis;
- custos fixos de operação e manutenção;
- custos de supervisão;
- custos de desmantelamento;

- impostos.

A estes custos subtrai-se as mais valias que são:

- subsídios
- recuperação de material

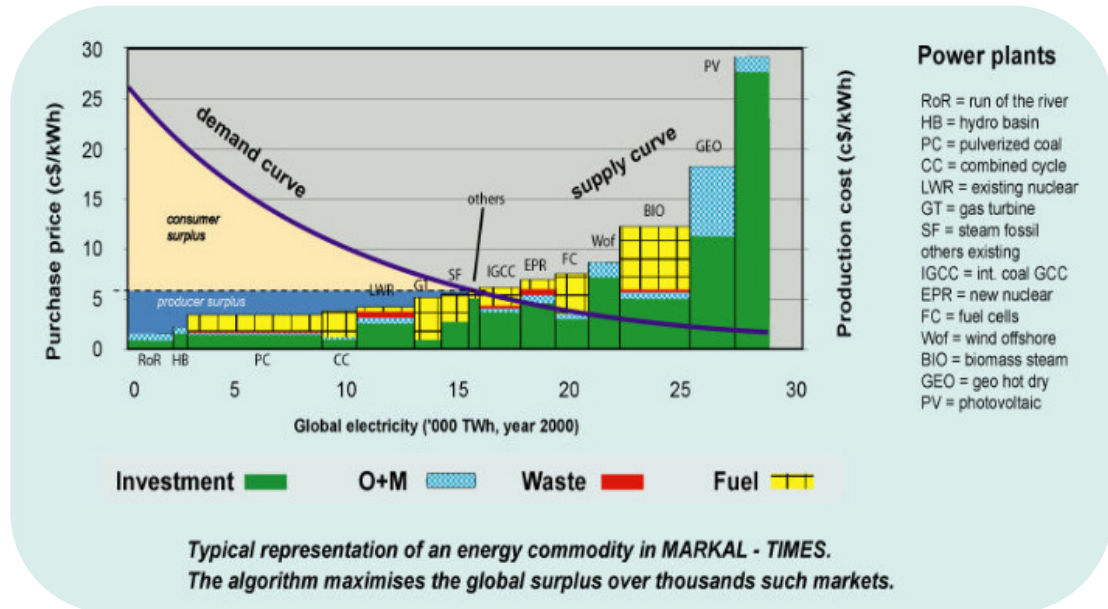


Figura 4.1 - Exemplo da curva da procura e oferta com as diferentes tecnologias [26]

Na Figura 4.1 vê-se o princípio da lei da oferta e da procura aplicado à minimização dos custos globais do sistema. O TIMES satisfaz a curva da procura introduzindo as tecnologias que, de uma forma combinada, têm menores custos (investimentos, imposições políticas, desperdício de matéria e menor combustível).

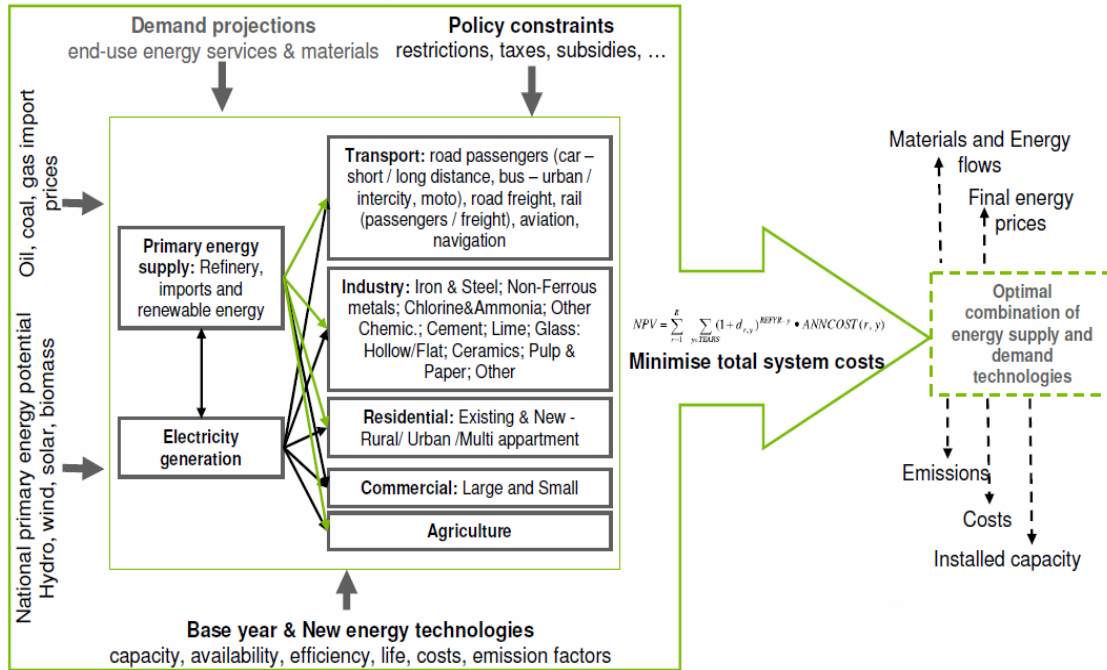


Figura 4.2- Estrutura do modelo TIMES PT [27]

A Figura 4.2 mostra o comportamento fechado do modelo com os *inputs* indicados através das setas em redor do sistema energético. São introduzidos para o modelo (ver setas à esquerda) o potencial energético primário endógeno e as importações de energia primária. São adicionadas as perspectivas de consumo nos serviços de consumo final e materiais, e também as restrições/imposições de ordem política (setas em cima). O modelo tem necessidade de ter um ano base no qual são definidos todos os parâmetros que serão dados como *outputs* para a previsão (seta em baixo). Dentro do modelo o TIMES PT relaciona as necessidades energéticas nas diferentes áreas fazendo a minimização dos custos do sistema. Da minimização, uma combinação otimizada da procura e oferta tecnológica, o modelo gera os fluxos energéticos e de matérias, os preços finais de energia, as emissões, custos e a capacidade instalada.

Para alimentar todos estes *inputs* necessários é usado o NEEDS para a estrutura geral (sectores económicos; tecnologias/processos existentes; fluxos entre processos) e para as tecnologias (informação standard para caracterizar as tecnologias). Nos *inputs* para as tecnologia é ainda usada informação sobre stocks, eficiência, disponibilidade, rácio *input/output*, parâmetros específicos através de fontes como DGGE, o Inventário Nacional de Emissões, INE, empresas produtoras de serviços energéticos, PTEN, PNAC e outros estudos e publicações. Há ainda a necessidade de fornecer *inputs* para o balanço energético (divisão na procura por uso final, e diagrama de cargas ou *timeslices*) que são obtidos através da DGGE, EUROSTAT e ADENE.[27]

O TIMES foi desenvolvido como sucessor do MARKAL e do EFOM, considerados os modelos energéticos de base, dos quais recebeu as características às quais foram adicionadas outras mais. Do MARKAL, o TIMES herdou a descrição detalhada das tecnologias, o conceito *Reference Energy System* (RES), e as propriedades de equilíbrio. Do EFOM, o TIMES herdou a representação detalhada dos fluxos de energia a nível das tecnologias. O TIMES tem como suas características próprias:

- Variabilidade do comprimento dos períodos;
- Tecnologias *vintage*;
- Representação detalhada dos *cash flows* na função objectivo;
- Tecnologias com *inputs* e *outputs* flexíveis;
- Programação estocástica com aversão ao risco;
- Modulo climático;
- Troca endógena de energia entre regiões.

4.2.1. Cenários *Inputs*

- Procura de Serviços Energéticos
- Potencial dos recursos primários
- Factores políticos
- Conjunto de tecnologia

A curva da **Procura de Serviços Energéticos** é obtida especificando vários indicadores de procura como a população, PIB, outputs do sector, etc. Estes indicadores são obtidos externamente ao TIMES ou através de outros modelos que gerem estes indicadores ou por fontes externas como pode ser o caso a Agência Internacional da Energia (IEA), o Instituto Nacional de Estatística (INE), a Direcção Geral de Energia e Geologia (DGEG), etc.

A curva da Procura de Serviços Energéticos é toda ela afectada por uma elasticidade que tem de ser definida. Esta elasticidade é função dos indicadores e é representada pela seguinte fórmula:

$$Procura = Indicador^{Elasticidade} \quad (4.2)$$

Este valor de procura é apenas definido pelo utilizador para o cenário de referencia, sendo que cenários alternativos poderão ver este valor alterado automaticamente.

As curvas para o **potencial dos recursos**, energia primária e outros recursos específicos, são valores discretos que corresponde cada degrau a um determinado potencial de disponibilidade do recurso em função do seu custo. Estes valores podem por vezes ser apresentados em valores cumulativos. Tal pode acontecer quando, por exemplo, se trate de uma disponibilidade finita como uma área ocupada por uma tecnologia ou de um recurso que seja reserva e que seja também finito.

Ainda de referir que os valores de input deverão incluir a identificação da possibilidade de troca com outro recurso.

Os **factores políticos** tornam-se muitas vezes decisivos no rumo dos acontecimentos. Até no caso da ausência de uma política isso deve ser tido em conta. A ausência de por exemplo de normas de segurança ou ambientais podem dar uma vantagem económica de uma determinada tecnologia que se tivesse que cumprir determinadas obrigações não seria competitiva. Na situação contrária, uma forte política incentivadora pode levar ao aparecimento de tecnologias que sem estes incentivos estariam condenadas ao insucesso.

A natureza tecnológica do TIMES permite a simulação de uma vasta variedade de medidas como subsídios ou taxas. Também nestes factores políticos pode ser incluídas limitações como por exemplo a decisão de um valor máximo de potência a instalar de uma determinada tecnologia, impostos petrolíferos ou subsídios a determinadas indústrias.

A transformação dos recursos primário em serviços energéticos é assumida pelos parâmetro de input técnicos e económicos. No modelo TIMES estes parâmetros técnico-económicos são descritos na forma de **tecnologias** (processos de transformação) que alteram uma *commoditie* num outro recurso quer ele seja uma outra *commoditie* final ou uma *commoditie* para uma outra tecnologia. É exemplo disso a extracção do petróleo, um processo, onde o petróleo é visto como uma *commoditie* para o processo de refinação. Algumas das tecnologias poderão ser obrigatórias enquanto outras poderão variar consoante o modelo escolhido em questão. O TIMES tem um conjunto considerável de tecnologias presentes e futuras mediante o modelo a escolher que o distingue dos modelos que lhe deram origem.

A criação de cenários poderá resultar em resultados bastante díspares ou aproximados, apenas com variação de alguns parâmetros. Tal acontece pois a variação dos potenciais recursos primários, tecnologia e políticas não altera os inputs da procura e a sua elasticidade. Assim, é sempre necessária uma rigorosa e crítica análise à coerência do conjunto de inputs escolhidos assim como dos pressupostos feitos para os quatro tipos de parâmetros.

4.2.2. Cenários Outputs

Para cada cenário o TIMES produz dois tipos de resultados. O primeiro, a solução primal do programa linear, fornece para cada período de tempo e para cada região:

- Conjunto de investimentos em todas as tecnologias;
- Nível de operação em todas as tecnologias;
- Importações e exportações de cada tipo de formas de energia e matérias comerciáveis;
- Níveis de extracção de cada tipo de energia primária e matérias comerciáveis;
- Os fluxos de entrada e saída em cada tecnologia;
- Emissões de cada substância para cada tecnologia, sector e valor total;
- Alterações de concentração nos valores de gases de efeito de estufa;
- Alterações no *radiative forcing* atmosférico induzido pelas concentrações de gases de efeito de estufa na atmosfera;
- A alteração na temperatura global induzida pelo *radiative forcing*.

Em adição, a solução dual do programa linear fornece:

- O preço sombra de cada *commodity* presente no RES (forma de energia, procura, emissões, matéria);
- A redução de custos de cada tecnologia presente no RES.

4.2.3. O conceito Reference Energy System - RES

O TIMES assenta no conceito RES que é constituído por três tipos de entidades. São elas:

- Processos ou tecnologias;
- *Commodities*;
- Fluxos das *commodities*.

Os **processos ou tecnologias** são representações das máquinas e aparelhos que transformam as *commodities* em outras *commodities*. Os processos podem ser *commodities* de recursos primários com a extracção de minérios, importação ou actividades transformadoras como centrais eléctricas, refinarias, ou aparelhos de transformação para uso final como um sistema de aquecimento doméstico ou um carro.

As *commodities* agrupadas em cinco grandes grupos por uma questão de restrições a elas associadas. Agrupam-se em vectores de energia, matérias, serviços energéticos, emissões, e fluxos financeiros.

Os *fluxos de commodities* são as ligações entre os processos e as *commodities*. A natureza destes fluxos é igual à da *commodity* mas está relacionada com um processo. Estes fluxos podem ser input de uns processos e output de outros, como é o caso por exemplo da distribuição de água quente para aquecimento residencial.

A representação gráfica do RES ajuda a estabelecer visualmente as relações entre as várias entidades. As *commodities* são representadas através de caixas, as *commodities* são indicadas através de linhas verticais, e os fluxos das *commodities* fazem-se através de ligações horizontais entre as caixas dos processos. Cada fluxo é orientado e faz a ligação entre apenas um processo e uma *commodity*.

Para organizar o RES as várias tecnologias, *commodities* e fluxos podem ser agrupadas em conjuntos. O TIMES agrupa os conjuntos que sejam de natureza similar e por isso o mesmo item pode aparecer em múltiplas tecnologias ou conjuntos de *commodities*. Este modo de organizar transmite a natureza do componente e é frequentemente mais importante para a análise do que para o processamento dos dados em si.

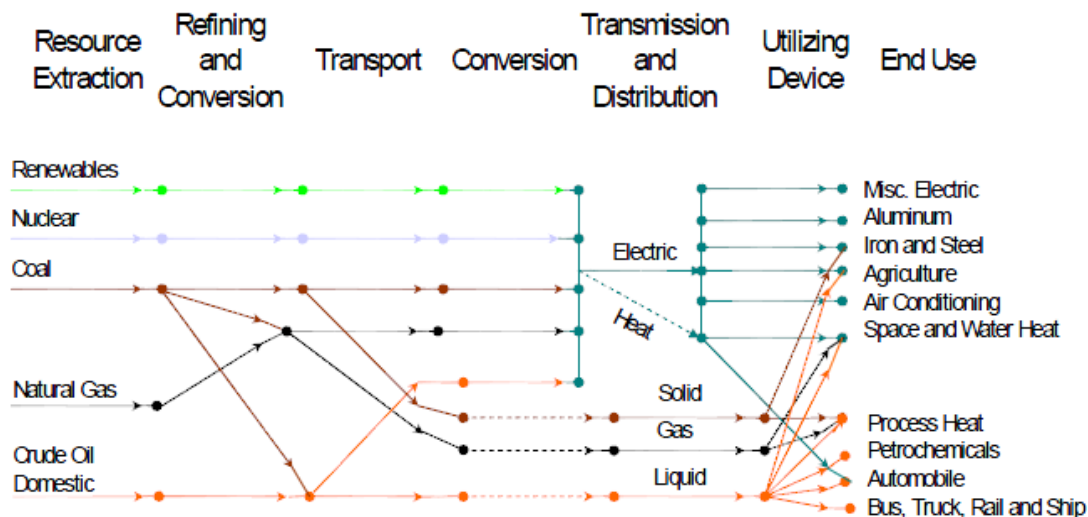


Figura 4.3 - Identificação e representação gráfica do RES [26]

Na Figura 4.3 pode ver-se o aspecto do RES para o MARKAL e na Figura 4.4 o aspecto do RES para o TIMES. A análise em difere de um para o outro pela modo como são apresentados, mas em ambos é fácil detectar os processos, as *commodities* e os fluxos das *commodities*.

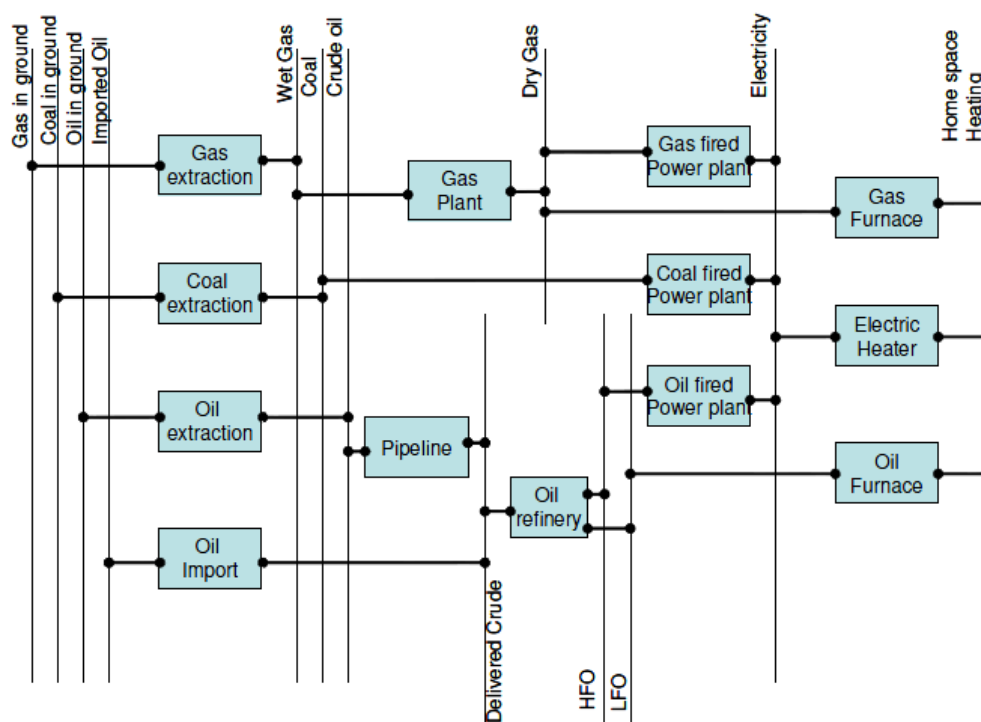


Figura 4.4 - Vista parcial de um RES de pequena dimensão [28]

Os elementos principais que compõem o RES do TIMES são:

- **Fornecimento de energia por sector;**

Cada forma de energia primária é extraída de diferentes camadas de reserva ou de potenciais recursos, cada uma com seu potencial e custo unitário específico. Esta informação traduz-se através da curva de oferta para cada forma de energia.

As fontes de energia primária no TIMES são: carvão (4 fontes, 2 formas), petróleo bruto (21 fontes, 4 formas), gás natural (11 fontes, 1 forma) e biomassa sólida (8 fontes, 6 formas).

- **Trocas de energia;**

Os seguintes tipos de energia são permutados endogenamente entre as 15 regiões presentes no TIAM: carvão (*brown* e *hardcoal*), petróleo bruto, produtos refinados do petróleo (gasolina, gasóleo, *heavy fuel oil* e nafta), gás natural, gás natural liquefeito, e emissões atmosféricas. Os preços destas formas de energia são portanto calculadas pelo modelo de uma forma endógena. É assim tido em conta o impacto na energia das políticas ambientais e trocas permitidas.

- **Transformação de energia;**

Tal como o próprio nome indica acontece quando uma energia primária é trabalhada, refinada por exemplo, num outro tipo ou tipos de energia primária.

- **Conversão de energia;**

A electricidade é produzida através de várias tecnologias, onde cada uma usa como fonte primária um ou mais *inputs* como por exemplo carvão, gás, urânio, vento, nafta, etc.

- **Consumo de energia por sector;**

Consumidores finais inclui os consumidores residenciais e comerciais, indústria, e transportes. Cada um dos quatro tem procura diversa e independente por serviços energéticos. Cada um destes serviços energético pode ser satisfeito por uma lista de tecnologias de utilização final que compitam entre si.

- **Emissões e opções de redução de emissões.**

O TIAM modeliza vários gases responsáveis pelo efeito de estufa e funde todos esses gases numa emissão de CO₂ equivalente com base no seu potencial de aquecimento a ser usada no modulo de ambiente. A mitigação destas emissões pode ser alcançada de diversas formas:

- Através de substituições de energia;
- Melhorando a eficiência dos aparelhos já instalados;
- Através de dispositivos de redução de CO₂ (gases de efeito de estufa);
- Através do sequestro do CO₂;
- Através da redução da procura.

Dada a natureza de detalhe tecnológico, o TIAM é capaz de simular praticamente qualquer tipo de medida de redução, seja ela uma regulação, uma taxa, um sistema de cotas, etc. Através dos balanços energéticos da IEA e das características das tecnologias e reservas existentes para um determinado momento cria-se o chamado ano base.

4.2.4. Modelo matemático.

Para cada categoria de procura é definida uma curva de procura onde existe a já mencionada elasticidade e agora mais detalhada em (4.3).

$$DM_i(p) = K_i \cdot p_i^{E_i} \quad (4.3)$$

A equação da elasticidade é representada por DM que corresponde à procura de índice i . P_i é o preço marginal atribuído para a *commoditie* i e E_i é a elasticidade dessa procura. Uma vez que a procura varia de região para região, é necessário que haja uma equação por região. A constante K pode ser obtida se for conhecido um ponto da curva.

Com uma procura inelástica, o modelo TIMES pode ser escrito conforme a seguinte linearização.

$$\min c.X \quad (4.4)$$

$$\text{Suj.} \quad \sum_k CAP_{k,i}(t) \geq DM_i(t) \quad (4.5)$$

$$B.X \geq b \quad (4.6)$$

Onde X é o vector com todas as variáveis e I é o número de categorias de procura. Por outras palavras (4.4) representa a minimização do custo subtraído, (4.5) é o conjunto de restrições da procura, onde CAP são as capacidades das variáveis tecnológicas de uso final, enquanto (4.6) é o conjunto de todas as restantes restrições.

Dadas todas as elasticidades das procuras o TIMES calcula o *equilibrium* entre a procura e a oferta através das equações (4.4) e (4.6) onde tanto o lado da procura como o lado da oferta se ajustam alterando os preços que por sua vez alteram através da oferta o custo marginal nas categorias da procura. Numa primeira análise parece uma tarefa redundante porque os preços usados no lado da procura são calculados como parte das soluções das equações (4.4), (4.5) e (4.6). O teorema da equivalência afirma que o *equilibrium* é alcançado com a solução do seguinte sistema matemático, cujo objectivo é maximizar o lucro líquido total.

$$\text{Max } \sum_i \sum_t \left(p_i^0(t) \cdot [DM_i^0(t)]^{-\frac{1}{E_i}} \cdot \int_a^{i(t)} q^{\frac{1}{E_i}} \cdot dq \right) - c.X \quad (4.7)$$

$$\text{Suj.} \quad \sum_k CAP_{k,i}(t) - DM_i(t) \geq 0, i = 1, \dots, I; t = 1, \dots, T \quad (4.8)$$

$$B.X \geq b \quad (4.9)$$

Onde X é o vector de todas as variáveis presentes no TIMES com o vector de custos c associado. (4.7) traduz o excedente líquido total e DM é aqui um vector de variáveis na equação (4.8) em vez das procuras anteriormente iniciadas.

O integral da equação (4.7) é facilmente calculado pelo TIMES seguindo a seguinte maximização:

$$\text{Max } \sum_i \sum_t \left(p_i^0(t) \cdot [DM_i^0(t)]^{-\frac{1}{E_i}} \cdot DM_i(t)^{1+\frac{1}{E_i}} / (1 + \frac{1}{E_i}) \right) - c.X \quad (4.10)$$

$$\text{Suj.} \quad \sum_k CAP_{k,i}(t) \geq DM_i(t), \quad i = 1, \dots, I; t = 1, \dots, T \quad (4.11)$$

$$B.X \geq b \quad (4.12)$$

4.2.4.1. Linearização das funções matemáticas

O sistema de equações matemáticas presentes em (4.10), (4.11) e (4.12) tem uma função não linear. Porque esta, caso não inclua termos cruzados, é separável e concava nas variáveis DM_i , pode-se facilmente linearizar em partes mais simples funções lineares que façam a aproximação do integral presente em (4.7). Por outras palavras, o inverso das curvas de procura são passíveis de aproximar a funções degraus com ilustra a Figura 4.5. Com tal, o resultado do problema de optimização torna-se novamente linear.

Para cada categoria de procura i , o utilizador necessita de definir um intervalo para o qual o valor esperado da procura $DM_i(t)$ terá sempre que se manter mesmo depois dos ajustes para efeitos do preço.

Escolhe-se um passo que divida cada intervalo num número n de intervalos iguais. Seja $\beta_i(t)$ a largura resultante comum ao passo, $\beta_i(t) = R_i(t)/n$. O número de passos n , deve ser escolhido de modo a que a aproximação passo a passo constante continuar perto do valor exacto da função.

Para segmento de procura $DM_i(t)$ define n variáveis de passo designadas por $S_{1,i}(t), S_{2,i}(t), \dots, S_{n,i}(t)$. Cada variável está compreendida entre 0 e $\beta_i(t)$. Pode-se agora substituir nas equações (4.10) e (4.11) cada variável $DM_i(t)$, pela soma das variáveis passo n , e cada termo não-linear na função objectivo pela soma ponderada das variáveis de n passo, como descrito em (4.13) e (4.14).

$$DM_i(t) = DM(t)_{min} + \sum_{j=1}^n S_{j,i}(t) \quad (4.13)$$

$$DM_i(t)^{1+1/E_i} \cong DM(t)_{min}^{1+1/E_i} + \sum_{j=1}^n A_{j,i}(t) \cdot S_{j,i}(t) / \beta_i(t) \quad (4.14)$$

Com isto o sistema matemático fica linearizado em toda a sua extensão.

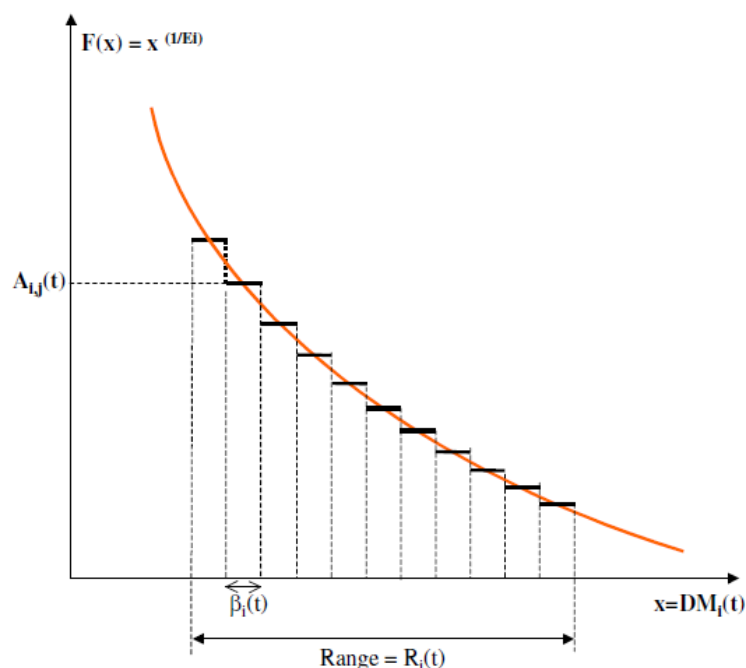


Figura 4.5 - Aproximação em degrau dos termos não lineares no objectivo

4.3. A simulação

Através dos resultados obtidos por várias optimizações realizadas com recurso ao TIMES PT no DCEA da FCL/UNL, é possível constatar que o carro eléctrico não tem ainda as condições necessárias à sua penetração no mercado Português até pelo menos 2030. O modelo não considera a tecnologia do carro eléctrico porque esta não é vista como benéfica à minimização dos custos totais do sistema energético. Em nenhum dos cenários até agora realizados e validados a tecnologia dos carros eléctricos foi uma mais valia para o sistema tal como foi parametrizada. A parametrização das tecnologias é feita com recurso à informação de várias entidades parceiras e que de uma ou outra forma dispõem da informação e conhecimento da tecnologia e suas características.

Uma vez que o TIMES não permite uma fixação geral dos parâmetros num cenário para posteriormente fazer apenas variar os parâmetros directamente relacionados com uma determinada tecnologia, a opção de fazer uma simulação permite melhor perceber como ajudar uma determinada tecnologia a ser considerada na elaboração de um cenário. Ou seja, a simulação possibilita perceber, através da variação das resultantes dos parâmetros, o que se pode evoluir na tecnologia considerada de forma a aumentar o seu uso na minimização dos custos globais do sistema. Uma vez que a tecnologia do carro eléctrico não é sequer considerada num cenário até 2030 a simulação pretende indicar o quanto deve ser alterado nos parâmetros do carro eléctrico para que haja penetração da tecnologia.

Usando dados provenientes de um cenário obtido com o TIMES e já validados, quis-se entender onde e quanto deverá a tecnologia associada aos carros eléctricos evoluir de forma a possibilitar a penetração no mercado nacional dos carros eléctricos. Numa situação ideal a obtenção de informação e conhecimento da tecnologia validada pelos *stakeholders* deve acontecer de uma forma fluida e constante para fazer face à constante evolução do mercado. Contudo, dada a própria evolução tecnológica e competitividade nem sempre tal acontece. Para a presente simulação foram usados dados de uma optimização com 3 anos, já validados pelos *stakeholders* do DCEA da FCL/UNL.

A base de dados do modelo TIMES PT tem 15 tipos de tecnologia associados aos carros de transporte pessoal. Para além do carro eléctrico existe dois tipos de tecnologia para carros a hidrogénio, dois tipos de carros híbridos, e 10 tipos de carros de combustão interna. Para a simulação em causa apenas foram considerados os carros eléctricos e os carros com expressão significativa, ou seja, carros de combustão interna a gásóleo e carros de combustão interna a gasolina.

Cada tecnologia de carro do modelo TIMES é decomposta em três componentes: Custos fixos, custos de manutenção e custos com combustível, sendo a soma destas três componentes que produz o custo da tecnologia para o intervalo de tempo da minimização. De uma forma geral considera-se que o período de vida de um carro são 12 anos, o que corresponderá ao tempo médio que decorre entre a produção do carro até ao seu abate, mesmo que este possa entretanto ser transaccionado entre diversos proprietários.

Os custos fixos são parametrizados em €/carro definem o preço de custo da tecnologia, na prática, o custo inicial do carro. Os custos de manutenção parametrizados em €/carro.ano⁻¹ exprimem os custos anuais na manutenção preventiva do carro. Os custos de com combustível é o parâmetro que exprime a eficiência do carro e é dado em MVkm/PJ, sendo Vkm os km anuais percorridos pelo carro. Este último parâmetro relaciona o tipo de combustível utilizado e o seu poder energético, com os quilómetros percorridos por cada carro.

O TIMES PT engloba no custo inicial do carro eléctrico o custo da bateria o que ajuda a explicar o elevado preço da tecnologia. Segundo a literatura referenciada em [29] e em [30], o preço e o tempo de vida expectável deverá ser na ordem dos 10 000 euros e 6 a 10 anos respectivamente. O custo de uma mudança de bateria terá que ser ao preço do momento dessa necessidade e não o custo actual. É também credível que o tempo de vida das baterias cresça nos próximos anos.

Na Figura 4.6 e Figura 4.7 mostra-se a desagregação de cada tecnologia nas suas componentes de forma a identificar-se o peso de cada uma no custo total da tecnologia. Na

Figura 4.6 o ano considerado é 2010, ou seja é já no final do presente ano. Na Figura 4.7 o ano considerado é 2020, o que significa uma década depois e é a mais recente *milestone* nas preocupações ambientais. Considera-se que, para o estado de desenvolvimento dos carros eléctricos, uma década é um período de tempo razoável para a penetração em massa da tecnologia.

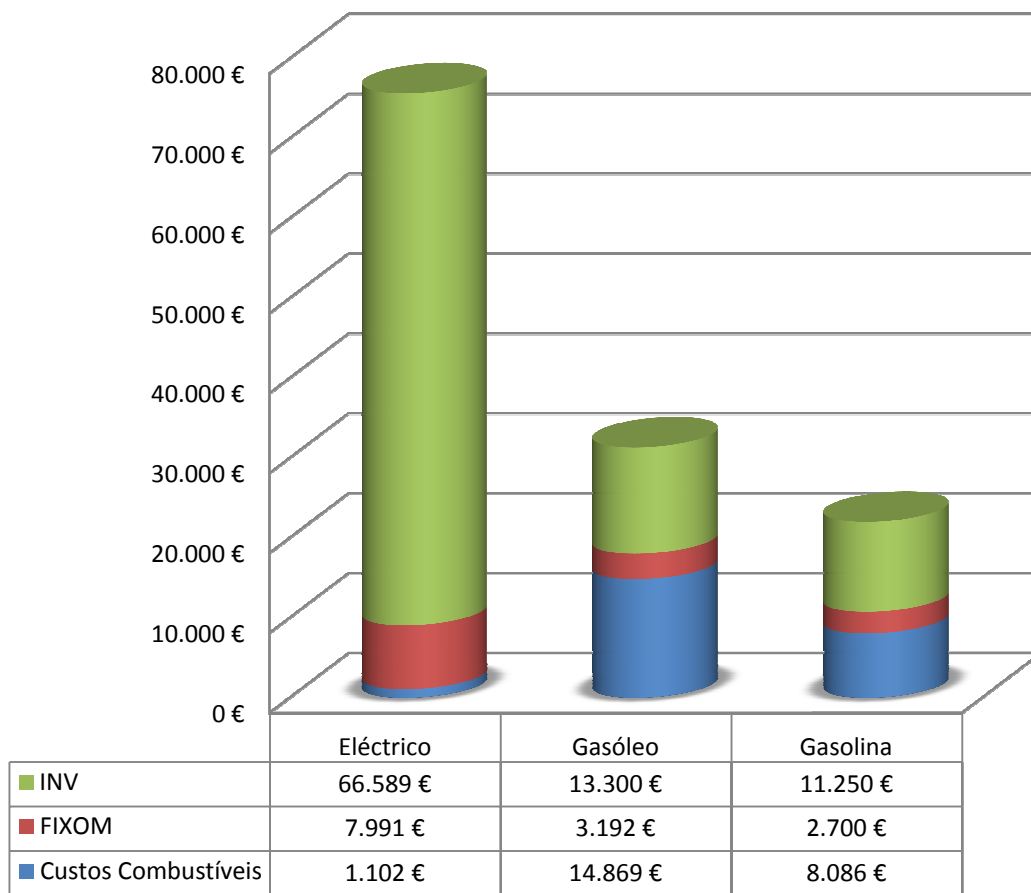


Figura 4.6 - Estimativa do custo de cada tecnologia no ano 2010

É perfeitamente perceptível a actual falta de competitividade do carro eléctrico enquanto tecnologia, para 2020. À evidência do enorme peso dos custos de investimento no carro eléctrico, destaca-se também o reduzido custo com combustíveis também no carro eléctrico. O carro eléctrico tem um conjunto de custo inicial e custos fixos inferiores à tecnologias dominantes, mas o enorme peso do custo do carro penaliza em demasia a tecnologia. Apesar de haver já carros eléctricos a circular, um pouco por todo o mundo, o seu custo ainda está fortemente condicionado com a proximidade dos custos de desenvolvimento e evolução da tecnologia.

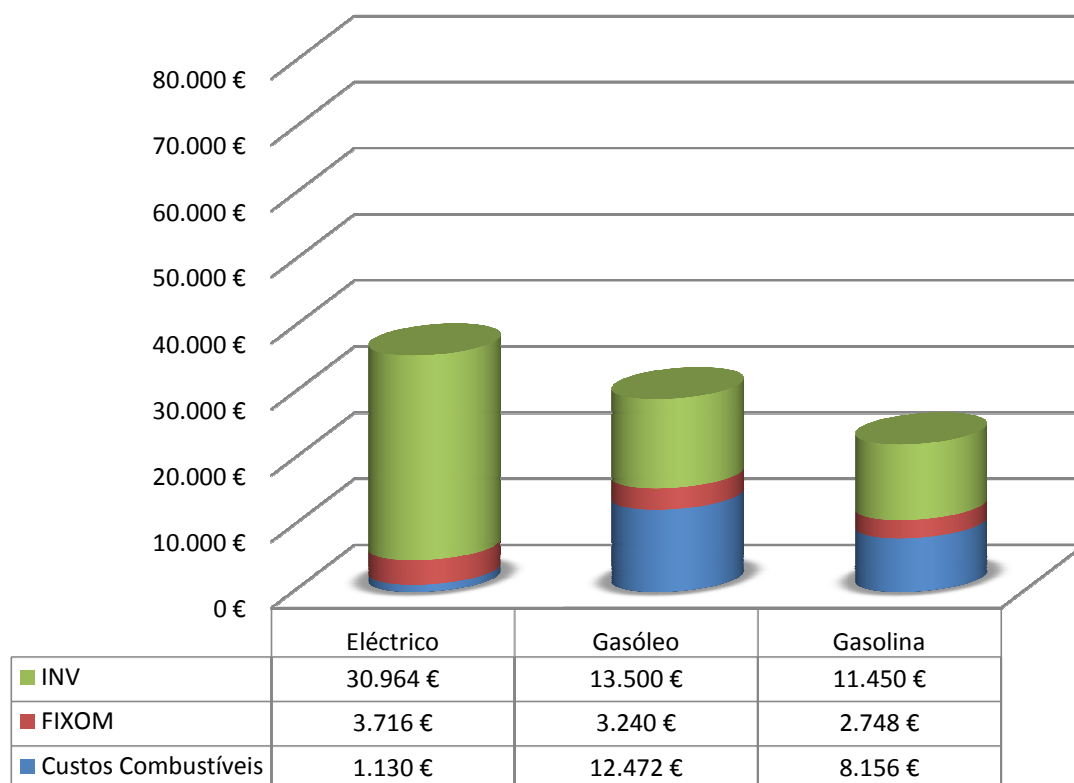


Figura 4.7 - Estimativa do custo de cada tecnologia no ano 2020

Os resultados da optimização revelam a evidencia que em 2020, após 10 anos, os custos da tecnologia do carro eléctrico terão diminuído de forma considerável. Tanto os custos de investimento como os custos fixos têm espaço de redução. Deve-se ter em consideração que os custos de produção tendem a baixar com a diluição dos custos de investigação ao longo do tempo assim como a redução do custo das baterias actua tanto no lado do investimento inicial como nos custos fixos. O carro vem naturalmente equipado com uma primeira bateria, custos iniciais, e no seu período de vida útil é necessário pelo menos uma vez a substituição da bateria e daí ela entrar também nos custos fixos. Na Figura 4.7, cenário para 2020, as tecnologias tradicionais continuam a ter vantagem competitiva ainda que os valores dos custos do carro eléctrico tenham descido consideravelmente. De referir que os preços dos combustíveis foram mantidos constantes dada a enorme dependência do petróleo a múltiplos factores a nível mundial. Uma estimativa destes preços introduziria mais uma variável na análise do problema uma vez que é difícil prever comportamentos associados ao preço do petróleo que nada têm a ver com questões racionais ou previsíveis.

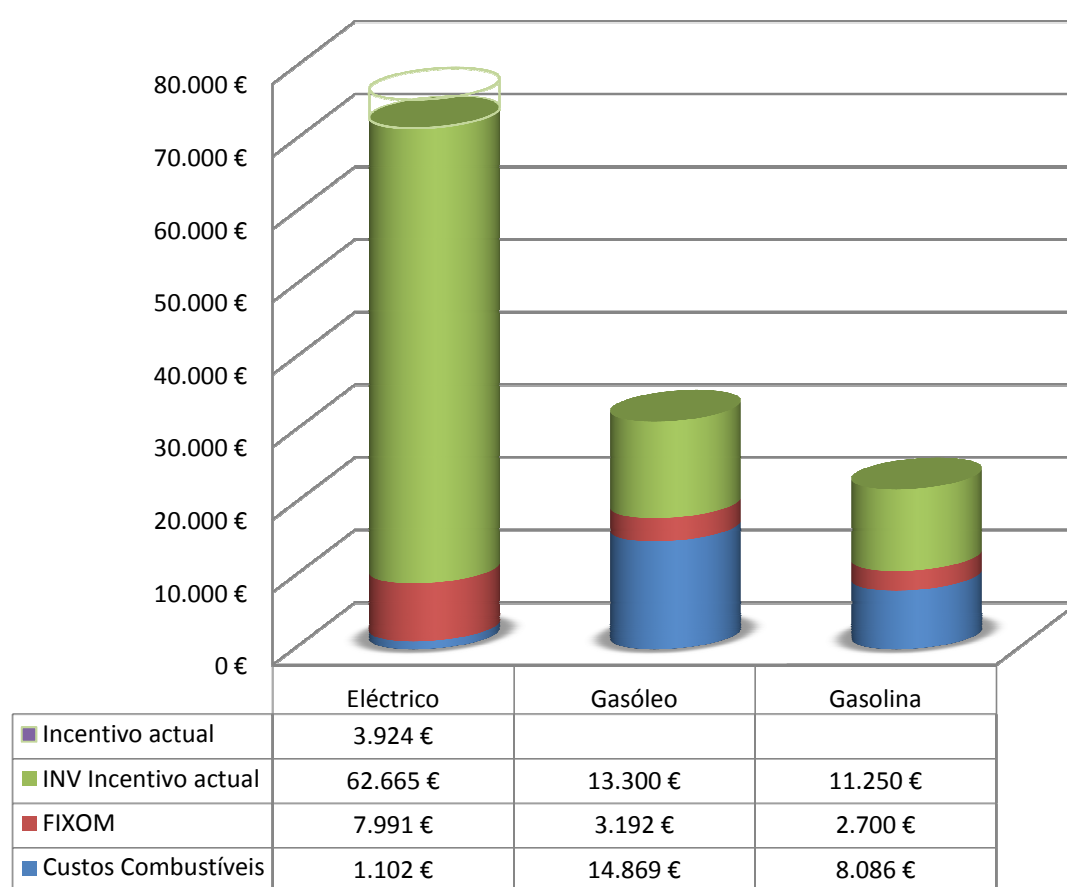


Figura 4.8 - Cenário para o fim de 2010, com aplicação do actual incentivo governamental

Na Figura 4.8 aplicou-se o actual incentivo do estado de 5000 euros consagrado em Diário da República [15] ao qual se aplicou uma taxa de deflação para corrigir este incentivo actual para os preços de 2000, uma vez que os preços usados no TIMES são preços de 2000.

É evidente que apesar do valor ser um valor apreciável o seu significado para a tecnologia é inconsequente.

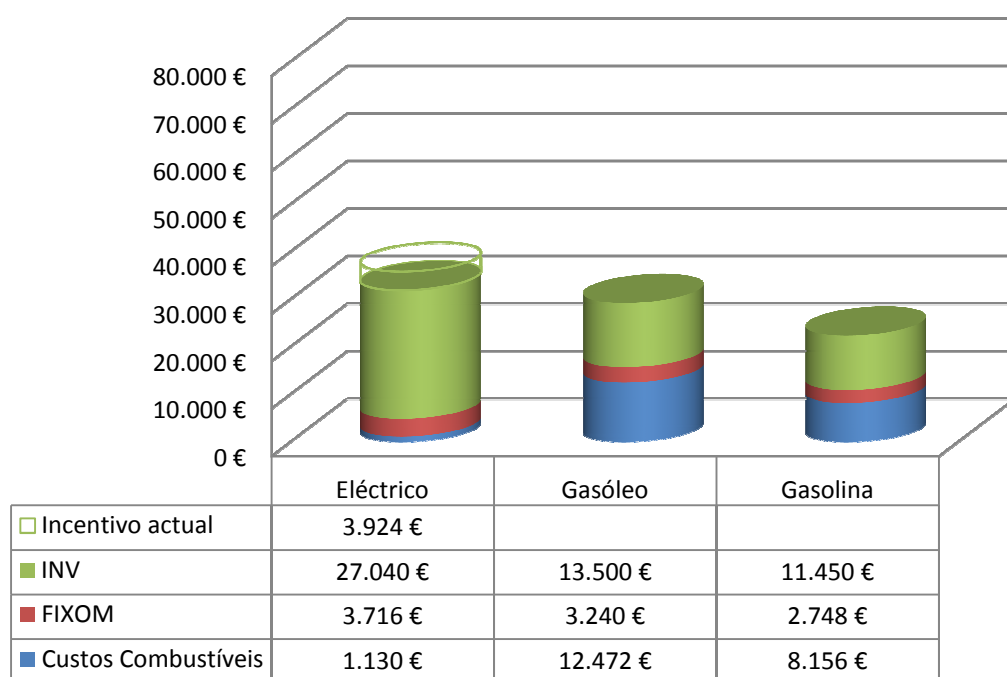


Figura 4.9 - Cenário para 2020, com aplicação do actual incentivo governamental

Na Figura 4.9, uma consequência da Figura 4.7, foi aplicada o actual subsídio à compra de automóveis eléctricos com a já explicada deflação para os preços de 2000. O subsídio aplicado é portanto o subsídio actual sem qualquer possível incremento por via da inflação futura. Agora, face ao decréscimo do custo da tecnologia do carro eléctrico, o mesmo subsídio já tem um peso relativo maior, sem nunca porém fazer do carro eléctrico uma tecnologia competitiva.

A decisão da compra de um carro não recairá sobre um carro eléctrico se apenas forem considerados factores económicos, contando esta tecnologia apenas com a sua maior eficiência e a sua imagem de tecnologia sustentada para ganhar dimensão de mercado. Sem a venda de carros eléctricos o seu sucesso fica comprometido e a sua massificação tende a dar-se cada vez mais tarde ou eventualmente ser secundarizada por outra tecnologia emergente.

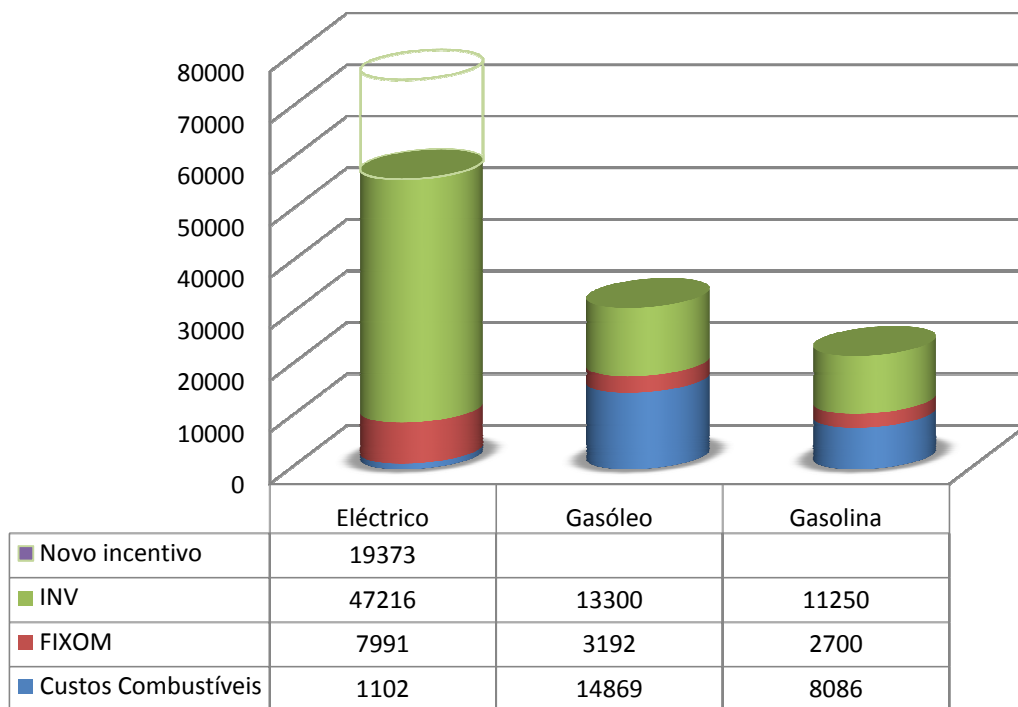


Figura 4.10 - Possível subsídio no valor de metade da diferença entre a tecnologia do carro eléctrico e do carro de combustão interna a diesel em 2010.

É importante perceber existe um custo que cresce com o decorrer do tempo até à massificação dos carros eléctricos, porque estes são mais eficientes que os veículos de combustão interna. Em consequência, deve-se alterar o subsídio governamental para que a massificação do carro eléctrico aconteça o mais depressa possível melhorando o sistema energético do país.

Na hipótese do valor do subsídio ser metade da actual diferença entre o custo da tecnologia do carro eléctrico e o custo da tecnologia do carro de combustão interna a diesel, em 2010 o carro eléctrico continuaria a não ser um contributo positivo para o modelo económico-energético, pelo menos no imediato.

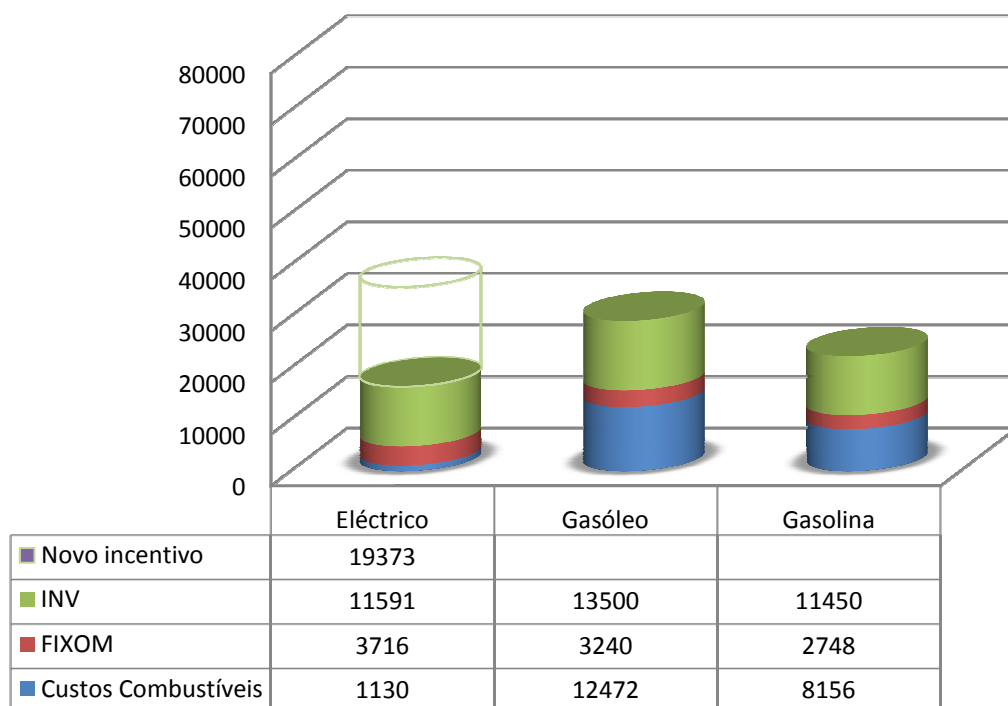


Figura 4.11 - Possível subsídio no valor de metade da diferença entre a tecnologia do carro eléctrico e do carro de combustão interna a diesel, em 2020.

Aplicando a mesma linha de tendência anteriormente verificada entre as estimativas para 2010 e 2020, o mesmo valor de incentivo torna a tecnologia extremamente competitiva com o passar dos anos. O custo global da tecnologia decresce tanto que deverá, neste cenário, haver espaço para ir actualizando o subsídio face ao encurtar da diferença entre as tecnologias. Tal medida iria prejudicar os ganhos apresentados na Figura 4.11, mas obviamente reduzir o custo orçamental. Este valor teria um impacto imenso na massificação da tecnologia uma vez que até 2020 a custo da tecnologia iria descer de forma continuada chegando a 2020 já economicamente competitiva em anos anteriores.

Num cenário menos arrojado por parte do governo português onde incentivo seja de 33,(3) % em vez dos 50 % referidos, o custo da tecnologia em 2020 será o custo apresentado na Figura 4.12.

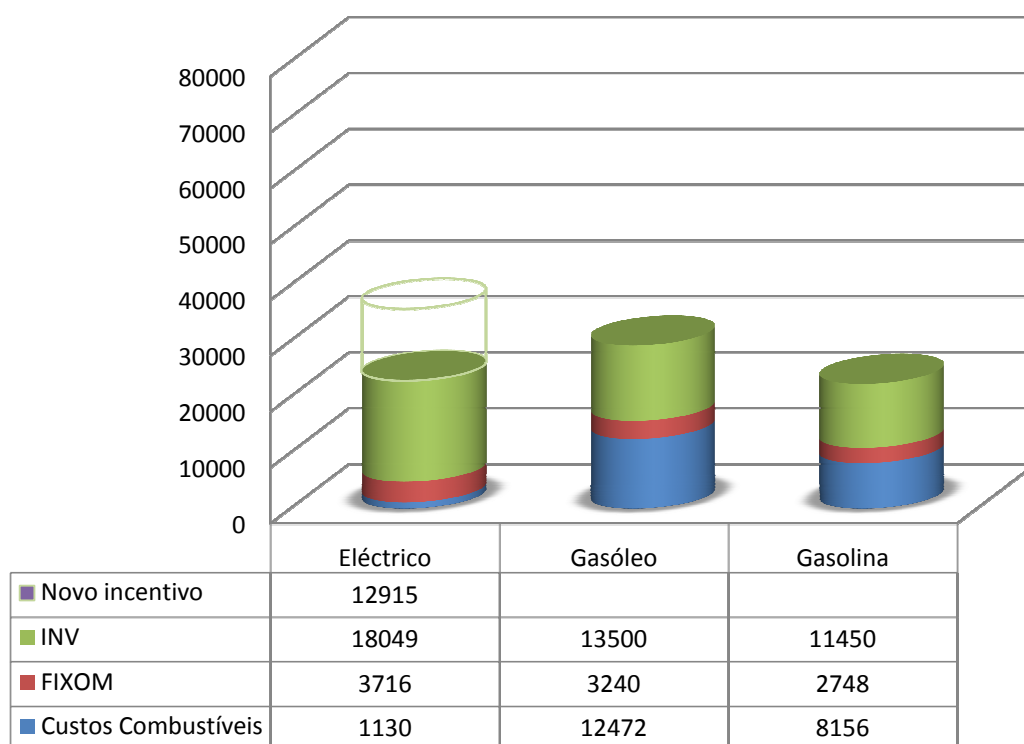


Figura 4.12 - Custo das diferentes tecnologias com possível subsídio no valor de 1/3 da diferença entre a tecnologia do carro eléctrico e do carro de combustão interna a diesel, em 2020.

Naturalmente que com este cenário o ponto de inversão entre os custos das tecnologias dar-se-á mais tarde e em 2020 a tecnologia de combustão interna dos carros a gasolina continuará mais competitiva do que a tecnologia do carro eléctrico, ainda que por pouco. O custo de um carro eléctrico com os demais custos a ele associado será de 22895 euros, contra 22354 euros de um carro a gasolina, conforme as barras no gráfico da Figura 4.12.

Capítulo 5

5. Conclusão

O *Roadmap* Tecnológico das Energias Renováveis para Portugal onde se tem como objectivo a análise das políticas europeias e necessidades identificadas é deveras consumidor de tempo e portanto não possível num trabalho deste tipo.

Tal facto conduziu à concentração numa tecnologia, os carros eléctricos e a sua penetração no mercado nacional.

Em relação ao uso do modelo TIMES PT é importante concluir que esta ferramenta, pela sua complexidade e necessidade de conhecimento tecnológico, não é de todo *user-friendly*, os nomes associados às tecnologias são apresentados em código, e a sua aplicação é demorada pela necessidade de verificar manualmente a solução encontrada na minimização. O modelo não tem restrições de cariz social ou de comportamento racional podendo na solução óptima haver a instalação de centrais produtoras de base com valores de potência típicos de pequenas centrais. Pode acontecer, porque é um modelo exclusivamente matemático, a eliminação de tecnologias que sejam essenciais à sociedade como por exemplo os frigoríficos. A situação complica-se porque a base de dados de tecnologias é de uma das características de destaque do modelo. A concepção de um cenário optimizado válido poder demorar meses pelo tempo dispendido não só no cálculo da minimização mas sobretudo pelo tempo de validação.

Através do recurso à ferramenta de optimização TIMES PT, e em colaboração com o DCEA da FCL/UNL tentámos entender quais as necessidades da tecnologia dos carros eléctricos para que se contribua para o verdadeiro *kick-off* na sua utilização. Foi possível constatar que o actual incentivo de 5000 euros, que apenas é atribuído aos primeiros 5000 carros eléctricos, não é suficiente para alavancar e incentivar o uso do carro eléctrico. Este incentivo irá ganhar peso com o passar do tempo em consequência da descida do preço da tecnologia, mas não será suficiente para tornar a tecnologia competitiva, até 2020. O actual incentivo não tem portanto um efeito prático para a dinamização da tecnologia. Naturalmente que poderá

ser utilizado para entusiastas do veículo eléctrico ou empresas que ao abrigo de projectos de desenvolvimento da tecnologia optem pelo carro eléctrico, mas do ponto de vista da racionalidade económica e energética o incentivo não tem qualquer efeito.

Na simulação feita, apresentou-se um cenário, em que o incentivo governamental é na mesma proporção ao custo que o utilizador terá que acrescer em relação a um carro de tecnologia diesel. O valor proposto não tem nenhum critério mais do que a repartição em partes iguais do esforço financeiro acrescido ao uso da tecnologia diesel. Com esta divisão do custo acrescido dos carros eléctricos e a manutenção do incentivo para lá dos 5000 carros será possível chegar a 2020 com uma tecnologia dos carros eléctricos perfeitamente desenvolvida e amadurecida ao ponto de ser economicamente e energeticamente melhor em 43,7 % para a tecnologia diesel. O incentivo ganharia outra dimensão se contemplasse os restantes meios de transporte e não apenas os carros. A alteração do valor desta medida política poderia colocar efectivamente Portugal como o primeiro país a ter uma mudança de paradigma da mobilidade em transportes individuais. Numa fase inicial, e com vista a dinamizar a sociedade, o processo de homologação de carros eléctricos transformados poderia ser simplificado, poderia ser criado um incentivo, à conversão de carros de combustão interna para carros eléctricos, isentando de taxas administrativas como é o caso dos testes necessários para a homologação dos carros por parte do IMTT.

As baterias deverão ter uma vida útil naturalmente tanto maior quanto possível. Todavia, é importante ter presente que não haverá acréscimo na competitividade do carro eléctrico, pela evolução do tempo de vida das baterias, a partir do momento que as baterias durem mais de metade do tempo de vida útil do carro e menos que esse próprio tempo. Ou seja, uma bateria com um tempo de vida útil de, por exemplo, 10 anos não será mais competitiva que uma bateria com as mesmas características mas um tempo de vida de 8 anos. Deve-se ressaltar a hipótese de reutilização das baterias para outros fins que não os carros eléctricos, onde naturalmente a primeira bateria terá um valor económico superior face à segunda.

No que diz respeito à mudança de paradigma das redes eléctricas é perceptível que há trabalho a ser feito, através de diversas iniciativas e que deverão serão certamente um contributo para uma rede mais inteligente e mais racional na gestão das necessidades energéticas diárias. Contudo é importante aqui deixar a indicação que a par de uma rede inteligente deverá ser investido esforço também no sentido de legislar e incentivar os fabricantes a preparar as cargas para uma gestão baseada na eficiência. No mercado doméstico, de uma forma geral, as cargas não estão preparadas para receberem ordens de comando para ligar, desligar ou limitar a potência de consumo. Mais em particular as máquinas de lavar loiça, lavar/secar roupa não estão preparadas para serem controladas automaticamente por inputs sejam eles de origem *wireless* ou por um sinal tradicional de

comando. Estas máquinas têm apenas uma entrada de água fria, não estando preparadas para receber água aquecida por outra fonte como os painéis termo-solares. Os cilindros de água quente não só não estão preparados para ser comandados como podem servir de acumuladores de energia, fazendo a importante transferência de carga das horas de ponta para as horas de vazio. Estes equipamentos têm um reóstato que actualmente não é controlado, mas que o sendo poderá transformar um vulgar cilindro num eficaz sistema de armazenamento de energia, uma vez que a utilização comum destes aparelhos não utiliza a temperatura máxima por estes alcançado.

É portanto fundamental identificar e categorizar as cargas não só pela sua controlabilidade, mas também pela sua importância para o utilizador. Esta definição de uma escala comum a todas as cargas poderá facilitar imenso tanto na operação como na contratualização das cargas a deslastrar pelo operador de sistema em cenários de necessidade.

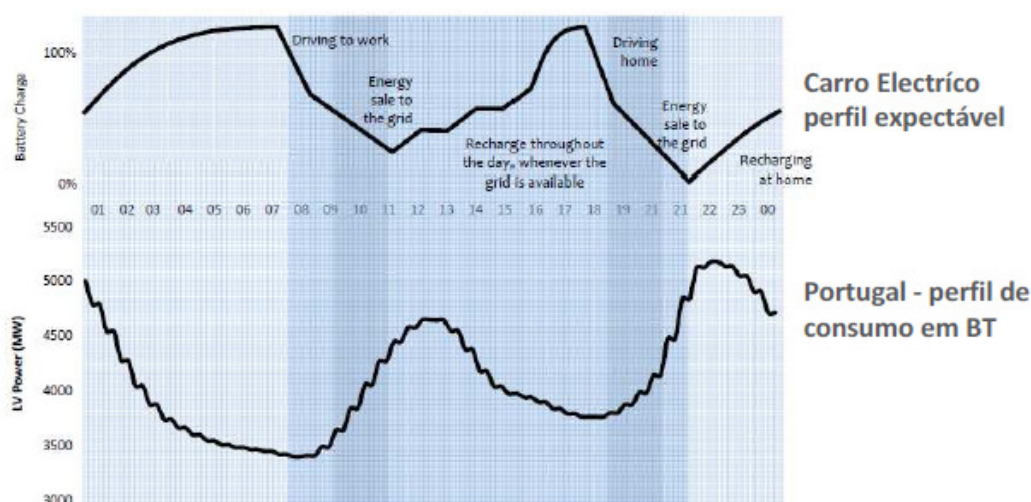


Figura 5.1 - Integração dos carros eléctricos na rede [31]

Será fundamental que o regulador do sector eléctrico crie tarifários que desincentivem o uso despreocupado da energia eléctrica. Com a possível massificação do carro eléctrico a sua diferença de eficiência energética para as actuais tecnologias de combustão interna poderá levar a que o preço do combustível, electricidade, seja desprezável ao utilizador e que este não sinta necessidade de efectuar as cargas no horário nocturno. Na **Figura 5.1** está expresso o perfil de consumo expectável do carro eléctrico, mas com o pressuposto de alguma racionalidade por parte dos utilizadores. O regulador não deverá correr riscos estudar tarifários antecipadamente para que na necessidade de legislar o seu tempo de actuação seja o mais curto possível.

Referências

- [1] **Feup**. *DISSERTAÇÃO ou PROJECTO FINAL - NORMAS PARA O SEU FUNCIONAMENTO*. Porto : s.n., 2010.
- [2] **DGGE**. *Balanço Energético Provisório de 2008*. 5 de 2 de 2010.
- [3] **REN**. Caracterização da RNT para efeitos de acesso à rede em 31/12/2008. *Centro de Informação REN*. [Online] 2009. <http://www.centrodeinformacao.ren.pt/>
- [4] **IEA, Agência Internacional de Energia**. *Energy Policies of IEA Countries - Portugal 2009 Review*. Paris : OECD/IEA, 2010.
- [5] **DGGE**. *Renováveis - Estatísticas Rápidas - Novembro/Dezembro 09*. 9 de 3 de 2010.
- [6] Resolução de Conselho de Ministros nº 169. *Diário da República*. Lisboa : Imprensa Nacional - Casa da Moeda, 24 de Outubro de 2005.
- [7] Resolução de Conselho de Ministros nº 63. *Diário da República*. Lisboa : Imprensa Nacional - Casa da Moeda, 28 de Abril de 2003.
- [8] *Estratégia Nacional de Energia*. **Ministério da Economia, da Inovação e do Desenvolvimento**. 2010.
- [9] Portaria n.º 303/2010. *Diário da República*. Lisboa : Imprensa Nacional - Casa da Moeda, 2010.
- [10] **Inteligência em Inovação, INTELI**. *Diagnóstico da Indústria Automóvel em Portugal*. 2005.
- [11] **Innowattech**. Energy Harvesting System. *Innowattech*. [Online] 2010. [Citação: 25 de 07 de 2010.] <http://www.innowattech.co.il>.
- [12] Reciclagem-baterias-ioes-de-litio. *Veículos Eléctricos*. [Online] 08 de 2009. <http://www.veiculoselectricospt.com/reciclagem-baterias-ioes-de-litio/>.
- [13] **Departamento de Prospectiva e Planeamento e Relações Internacionais**. *AS NOVAS EXIGÊNCIAS DA MOBILIDADE URBANA E AS RESPOSTAS*. s.l. : da Sphera, 2009.
- [14] **Citi Investment Research & Analysis Ratings Distribution**. <http://www.apve.pt/>. *Associação Portuguesa do Veículo Eléctrico*. [Online] 09 de 2009.
- [15] Decreto-Lei nº39. *Diário da República*. Lisboa : Imprensa Nacional - Casa da Moeda, 2010.

- [16] AeroVironment, Inc.: Electric Vehicle Charging. *AeroVironment, Inc. : Unmanned Aircraft Systems, Electric Vehicle Charging Systems, Power Cycling & Test Systems*. [Online] AeroVironment. http://www.avinc.com/ev_charging/
- [17] Proximity Charging EVSE System for Electric Vehicles - Plugless Power. *Proximity Charging EVSE System for Electric Vehicles - Plugless Power*. [Online] PluglessPower. <http://www.pluglesspower.com/>
- [18] Decreto-Lei nº 68. *Diário da República*. Lisboa : Imprensa Nacional - Casa da Moeda, 2002.
- [19] Decreto-Lei nº 363/2007. *Diário da República*. Lisboa : Imprensa Nacional - Casa da Moeda, 2007.
- [20] A era da energia inteligente - INESC. *Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores do Porto*. [Online] INESC Porto, 23 de 08 de 2008. <http://www2.inescporto.pt/inteligente>.
- [21] A noite vai ser a melhor amiga do carro eléctrico. *INESC PORTO*. [Online] Público, 28 de 11 de 2008. <http://www2.inescporto.pt/use/noticias-eventos/nos-na-imprensa/a-noite-vai-ser-a-melhor-amiga-do-carro-electrico>.
- [22] Despacho nº 13896/2009. *Diário da República*. Lisboa : Imprensa Nacional - Casa da Moeda, 2009. GAMEP.
- [23] INESC PORTO - Laboratório Associado. *Decreto-lei para a mobilidade eléctrica publicado em Abril*. [Online] 04 de 2010.
- [24] Carro eléctrico: EDP será maioritária na rede gestora. *AutoPortal*. [Online] MOBI.E, 26 de 04 de 2010. <http://www.autoportal.iol.pt/noticias/geral/carro-electrico-edp-sera-maioritaria-na-rede-gestora-de-mobilidade-electrica#comentariostatus>.
- [25] Richard Loulou · Maryse Labriet - Springer-Verlag. *TIMES integrated assessment*. 24 de 2 de 2007.
- [26] UK Energy Research Centre. *Overview of ETSAP and MARKAL Family of Models*. Oxford, UK : St Anne's College, 2005.
- [27] Cleto, Júlia Seixas & Sofia Simões & João. O modelo TIMES e sua aplicação a Portugal. *CENSE - Centre for Environmental and Sustainability Research*. [Online] Junho de 2007.
- [28] ETSAP, Richard Loulou. Documentation for the TIMES Model. s.l. : IEA, 2005.
- [29] National Renewable Energy Laboratory - USA. PHEV/EV Li-Ion Battery Second-Use Project. *Presentation*. Colorado : Golden, Colorado Laboratories and Offices, 2010.
- [30] Nissan Leaf profitable by year three; battery cost closer to \$18,000. <http://www.autoblog.com/>. [Online] 23 de Junho de 2010. <http://green.autoblog.com/2010/05/15/nissan-leaf-profitable-by-year-three-battery-cost-closer-to-18/>.
- [31] Quaresma, Luís. TIC E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA: O ESTADO DEVE DAR O EXEMPLO. *Associação Portuguesa para o Desenvolvimento das Comunicações*. [Online] 23 de Junho de

2010. [Citação: 25 de Junho de 2010.] [http://www.apdc.pt/ 07F4-4983-8A18-C7FCE4882668&field=storage_image&lang=pt&ver=1](http://www.apdc.pt/07F4-4983-8A18-C7FCE4882668&field=storage_image&lang=pt&ver=1).
- [32] **IPCC**. Intergovernmental Panel on Climate Change.
- [33] **Instituto Nacional de Estatística**. <http://www.ine.pt>. *Portal do Instituto Nacional de Estatística*. [Online] [Citação: 17 de Maio de 2010.]
- [34] **IEA**. <http://www.iea.org/>.
- [35] **DGEG**. *Direcção Geral de Energia e Geologia*. [Online] Ministério da Economia, da Inovação e do Desenvolvimento.
- [36] Decreto-Lei nº 225. *Diário da República*. Lisboa : Imprensa Nacional - Casa da Moeda, 31 de Maio de 2007.
- [37] **ETSAP-TIAM: the TIMES intergrated assessment model Part I: Model structure**. Loulou, Richard e Labriet, Maryse. Montreal, Canada : Springer - Verlag, 2007, Vol. Part I.
- [38] *Fundamentals of Technology Roadmapping*. Maria L. Garcia. Albuquerque : s.n., 1997.
- [39] *European Committee of Manufacture of Electrical Machines and Power Electronics*. [Online] CEMEP. [Citação: 29 de 05 de 2010.] <http://www.cemep.org/index.php?id=53>.
- [40] New efficiency classes. *The comprehensive portfolio for energy efficient production*. [Online] Siemens. http://www.energieeffiziente-produktion.siemens.com/_assets/pool/downloads/en/new-efficiency-classes-for-motors.pdf.
- [41] EDP diz que carregamento de carros electricos não admitirá intermediários. <http://ocarroelectrico.com>. [Online] 28 de 07 de 2009. <http://ocarroelectrico.com/baterias/edp-diz-que-carregamento-de-carros-electricos-nao-admitira-intermediarios/>.
- [42] Decreto-Lei nº 66/2006. *Diário da República*. Lisboa : Imprensa Nacional - Casa da Moeda, 2006.
- [43] **INESCPORTO**. Projecto REIVES. *Redes Eléctricas Inteligentes com Veículos Eléctricos*. Porto : s.n., 2010.
- [44] **Pedro Sena Silva / AUTOSIL / IMTT**. BATERIAS PARA VEÍCULOS ELÉCTRICOS. s.l. : Instituto da Mobilidade e dos Transportes Terrestres, 2010.