

Alternativas Automóveis e Energias Renováveis



São comparadas 3 alternativas aos combustíveis fósseis para locomoção automóvel utilizando formas armazenamento de energia renováveis. Nomeadamente comparam-se economicamente, em termos de custos para o consumidor, veículos movidos a electricidade, a hidrogénio e a ar comprimido. Conclui-se que o ar comprimido é economicamente competitivo em relação à gasolina e ao Diesel para veículos de baixa potência, enquanto que a electricidade e o hidrogénio são competitivos em relação à gasolina para veículos de alta potência. É também calculada a energia eléctrica necessária para alimentar um parque automóvel utilizando totalmente estas formas de armazenamento de energia.

As políticas ambientais são hoje uma realidade, tanto pela fixação de quotas mundiais de CO₂, no caso da União Europeia através de directivas comunitárias, quer pelos incentivos fiscais locais como é o caso de Portugal. Os resultados mais recentes do relatório Stern indicam que, para evitar prejuízos económicos que podem ir até 20% do PIB global devido a alterações climáticas derivadas das emissões poluentes, é necessário investir pelo menos 2% do valor desse PIB global em soluções não poluentes. Em particular têm-se

	+	-
Electricidade		
Eficiência (rede eléctrica → estrada)	80%	
Autonomias		4,5 Km/cv
Custos	Custo com energia: ~1€ a 2€ por 100 Km	Baterias de Lítio: ~400€/cv Células de H ₂ : ~1500€/cv
Abastecimento		Lento: 8h a 12h carga normal ou 30min carga rápida
Durabilidade		Condicionada pelo ciclo de vida das baterias
Poluição	Não tem emissões poluentes	

Quadro 1: Vantagens e desvantagens de veículos movidos a electricidade

	+	-
Hidrogénio (motores de explosão)		
Eficiência (rede eléctrica → estrada)		20%
Autonomias		Requer pressões e volumes de armazenamento elevados Requer gastos energéticos para armazenamento no estado líquido
Custos		Equipamento de produção e compressão é dispendioso Depósitos para veículos são dispendiosos
Abastecimento	Rápido com rede de distribuição	
Durabilidade		Inferior a motores a gasolina
Poluição	Não tem emissões de CO e CO ₂ não contribuindo para o efeito de estufa	Tem emissões de NOx (Óxidos de Nitrogénio)

Quadro 2: Vantagens e desvantagens de veículos movidos a hidrogénio

	+	-
Ar Comprimido		
Eficiência (rede eléctrica → estrada)	50%	
Autonomias		Requer pressões e volumes de armazenamento elevados
Custos	Implementação simples	
Abastecimento	Rápido com rede de distribuição	
Durabilidade	Superior a motores a gasolina	
Poluição	Não tem emissões poluentes	

Quadro 3: Vantagens e desvantagens de veículos movidos a ar comprimido

procurado alternativas aos combustíveis fósseis, tanto por serem os responsáveis pela maior parte das emissões gasosas poluentes, como por existirem reservas limitadas de crude o que, caso a procura actual se mantenha, implica necessariamente um progressivo aumento de preços e eventual extinção no prazo de algumas dezenas de anos. Definitivamente um dos maiores consumidores de combustíveis fósseis é o parque automóvel mundial, sendo portanto desejável encontrar soluções alternativas.

Existem hoje disponíveis várias alternativas para veículos que não utilizam combustíveis derivados do petróleo. Entre essas alternativas têm-se tornado populares os biocombustíveis (biodiesel, álcool e metano), os veículos eléctricos e o hidrogénio. Menos conhecida é a alternativa de utilizar ar comprimido como forma de armazenamento de energia e que, incluímos aqui, como uma hipótese viável. De entre estas alternativas vamos-nos concentrar apenas nas que permitem ter uma produção de média ou larga escala, suficiente para a totalidade do parque automóvel, localmente de modo a permitir a autonomia energética. Deste modo a balança externa pode ser aliviada de importações energéticas consistentemente com a política actual, a produção local para além de gerar dividendos internamente a cada país gera também postos de trabalho. Dado este critério de selecção, para o caso específico de Portugal, ficamos restringidos às seguintes alternativas: veículos eléctricos, a hidrogénio e a ar comprimido. Todas têm a particularidade de poderem ser implementadas utilizando energia eléctrica a partir de uma rede de abastecimento. O caso dos biocombustíveis, têm a particularidade de usualmente requerer áreas de produção muito elevadas não sendo a área da maior parte dos países europeus suficiente para sustentar a totalidade do respectivos parques automóvel.

Cada uma destas opções têm vantagens e desvantagens apresentadas nos quadros seguintes.

Comparamos economicamente estas 3 alternativas com os combustíveis fósseis. Os custos totais para o utilizador (consumidor) de veículos de baixa potência (40 cv) são apresentados na figura 1, concluindo-se que a opção mais económica são os veículos a ar comprimido, seguida de veículos Diesel, veículos a gasolina e veículos eléctricos, sendo a opção mais dispendiosa os veículos a hidrogénio. Energeticamente são, sem dúvida, os veículos eléctricos os que permitem as

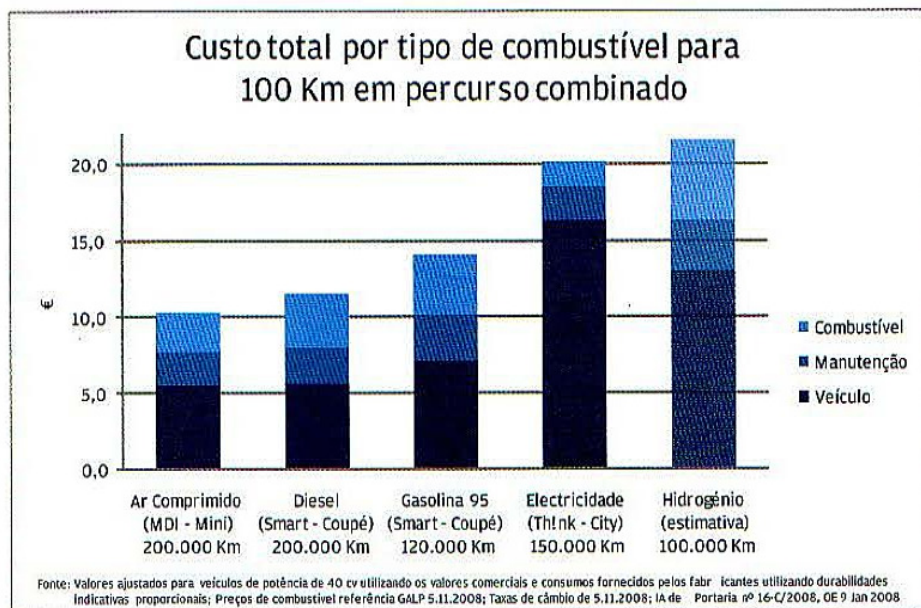


Figura 1: Custos totais por cada 100 Km percorridos em percurso combinado suportados pelo consumidor utilizando veículos de 40 cavalos de potência eléctrica movidos apenas a Ar Comprimido, Gasóleo, Gasolina 95, Electricidade (baterias de lítio) e Hidrogénio (motores de explosão).

Decomposição de Custos: Veículo corresponde ao preço comercial do veículo (incluindo impostos) dividido pela durabilidade em Km; Manutenção inclui todos os consumíveis (óleo, pneus, revisões mecânicas, etc); Energia corresponde ao custo da fonte de energia ('combustível') por cada 100Km a preços finais de venda ao público de cada uma das alternativas apresentadas.

Ar comprimido: É a opção mais económica permitindo também funcionamento híbrido com consumos de 1,8 litro de gasolina 95 por cada 100Km. O preço do ar comprimido foi calculado com base no custo de energia eléctrica para consumo doméstico utilizando o compressor incorporado no veículo.

Electricidade: O custo elevado do veículo deve-se ao preço actual das baterias de lítio que representam cerca de 50% do custo total do veículo. A durabilidade do veículo foi calculada utilizando como base 75% do ciclo de vida das baterias em utilização óptima. O custo de energia eléctrica com base no custo de energia eléctrica para consumo doméstico. É a opção com o menor custo de combustível. A implementação de um sistema de troca de baterias nos postos de abastecimento acrescenta €3 ao total de custos. A utilização de células de hidrogénio duplica o custo total.

Hidrogénio: O custo elevado do veículo deve-se ao preço de equipamento para funcionamento com hidrogénio, nomeadamente os depósitos. Foi considerado hidrogénio gasoso a 450 bar de pressão. O custo de energia foi calculado através de consulta directa aos fabricantes de equipamento necessário considerando uma estrutura específica de custos de produção, compressão e distribuição adequada a uma rede de abastecimento de média escala.

Veículos: O Smart Coupé foi considerado para comparação por ser um símbolo enquanto citadino tendo motorizações a Diesel e Gasolina e custos relativamente baixos no sector automóvel. O Mini da MDI é um modelo disponível tanto em versão de veículo comercial (com lotação para 3 pessoas) como em versão de veículo ligeiro de passageiros (com lotação para 6 pessoas) sendo, portanto, mais versátil que o Smart e de dimensões aproximadas a um Renault Twingo, modelo este que têm um custo total por cada 100 Km superior em €2 ao Smart a gasolina mas não existindo em motorizações a Diesel. O Th!nk City é um automóvel fabricado na Noruega com versões de 2 lugares e 2+2 (2 adultos e 2 crianças), é deste modo também mais versátil que o Smart sendo comparável em dimensões e tipo de utilização ao Peugeot 107 que para as versões 1.0i (gasolina 95) e HDI (Diesel) tem aproximadamente o mesmo custo total por cada 100 Km dos Smart Coupé a gasolina e Diesel, respectivamente.

maiores eficiências, no entanto não corresponde à opção mais económica devido ao custo elevado das baterias. Também de referir que o hidrogénio, mesmo sendo pouco denso, a pressões acima dos 400 bar, é a opção com maior densidade energética de armazenamento. No entanto a baixa eficiência do processo de produ-

ção, gastos energéticos na compressão, o elevado custo dos depósitos, a eficiência dos motores de explosão ser baixa relativamente às outras alternativas e a baixa durabilidade dos motores, contribuem para um elevado custo total.

Uma comparação de custos finais para o utilizador de veículos de alta potên-

cia (230-260cv) é apresentado na figura 2. Nesta gama de potências é difícil de conceber um ligeiro de passageiros a ar comprimido, devido à baixa densidade energética do ar comprimido a pressões de 300 bar. Quanto mais elevada a pressão menores a eficiência de compressão. Os veículos a Diesel são os mais económicos, seguidos dos veículos eléctricos e veículos a hidrogénio, sendo os veículos a gasolina os mais dispendiosos. A razão deste resultado deve-se apenas à redução significativa do imposto sobre veículos (ISV) quando aplicado a veículos sem emissões de CO₂, é um resultado dos incentivos fiscais actuais. Prevê-se que produção em larga escala permita uma redução do preço dos equipamentos necessários reduzindo o custo total eventualmente permitindo competitividade económica sem incentivos fiscais.

Resta uma questão: Qual será o peso energético de um parque automóvel utilizando veículos utilizando uma destas formas de armazenamento de energia? Considerando os valores da APETRO referentes ao consumo de gasolina e gásóleo durante 2007 e o consumo de electricidade do Relatório de Contas da EDP obtemos os resultados apresentados na tabela seguinte:

Veículos	Consumo de electricidade (GWh/ano)	% de consumo total (86.346,6 GWh)
Eléctricos (bat. lítio)	43.139,3	50%
Ar Comprimido	77.627,0	90%
Hidrogénio (mot. explosão)	198.144,4	229%



Figura 2: Custos totais por cada 100 Km percorridos em percurso combinado suportados pelo consumidor utilizando veículos de 230 a 260 cavalos de potência eléctrica movidos apenas a Ar Comprimido, Gasóleo, Gasolina 95, Electricidade (baterias de lítio) e Hidrogénio (motores de explosão).

Decomposição de Custos: Veículo corresponde ao preço comercial do veículo (incluindo impostos) dividido pela durabilidade em Km; Manutenção inclui todos os consumíveis (óleo, pneus, revisões mecânicas, etc); Energia corresponde ao custo da fonte de energia ('combustível') por cada 100km a preços finais de venda ao público de cada uma das alternativas apresentadas.

Ar comprimido: Devido a serem necessários pressões e volumes de armazenamento elevados esta opção é de difícil implementação em veículos ligeiros de alta potência.

Electricidade: A componente de emissões do Imposto Sobre Veículos aplicado a veículos sem emissões de CO₂ contribui para uma redução significativa do custo do veículo.

Hidrogénio: A componente de emissões do Imposto Sobre Veículos aplicado a veículos sem emissões de CO₂ contribui para uma redução significativa do custo do veículo.

Veículos: O híbrido BMW Hydrogen 7, baseado no BMW Serie 7 é o único veículo comercial com motor de explosão a hidrogénio e armazenamento de combustível no estado líquido. Para efeitos de comparação foi no entanto considerado um veículo equivalente à Serie 7 utilizando apenas hidrogénio no estado gasoso a 450 bar, solução substancialmente mais económica e energeticamente mais eficiente que a utilização de hidrogénio líquido.



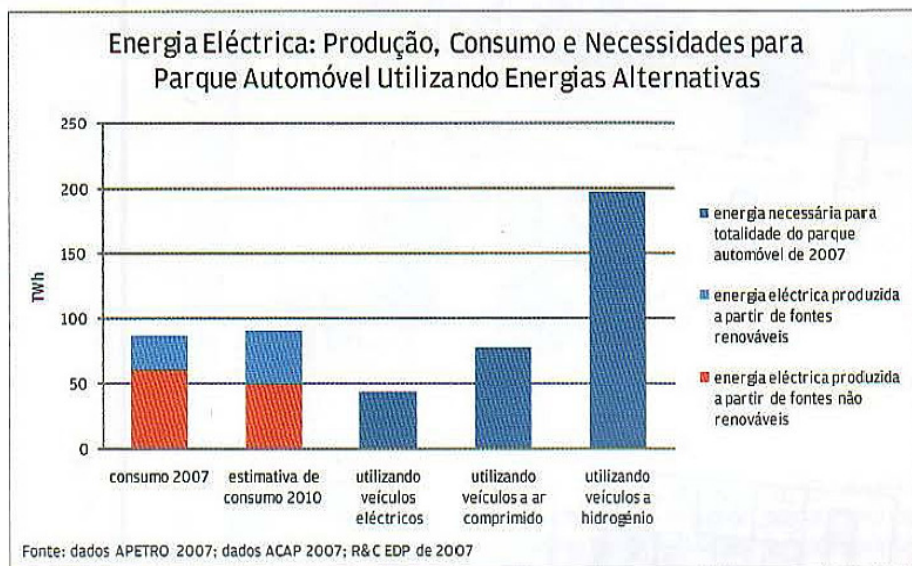
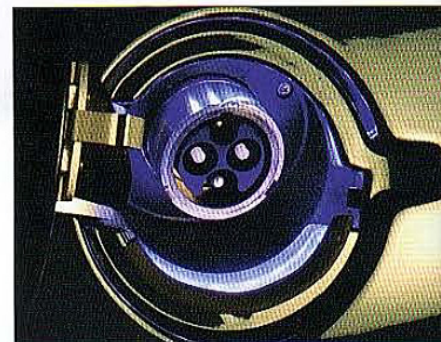


Figura 3: Actualmente (2008) a produção de energia eléctrica em Portugal a partir de fontes renováveis é cerca de 35% do consumo total estando fixada a meta de 45% de produção de energia eléctrica para 2010 e autonomia total a partir de fontes renováveis para 2020 o que corresponde a um aumento efectivo de potência instalada em relação ao consumo de superior a 5% por ano. As necessidades de energia eléctrica para sustentar um parque automóvel totalmente alimentado a electricidade, ar comprimido ou hidrogénio implica um aumento significativo de consumo de energia eléctrica, respectivamente 50%, 90% e 229% em relação ao consumo de 2007.

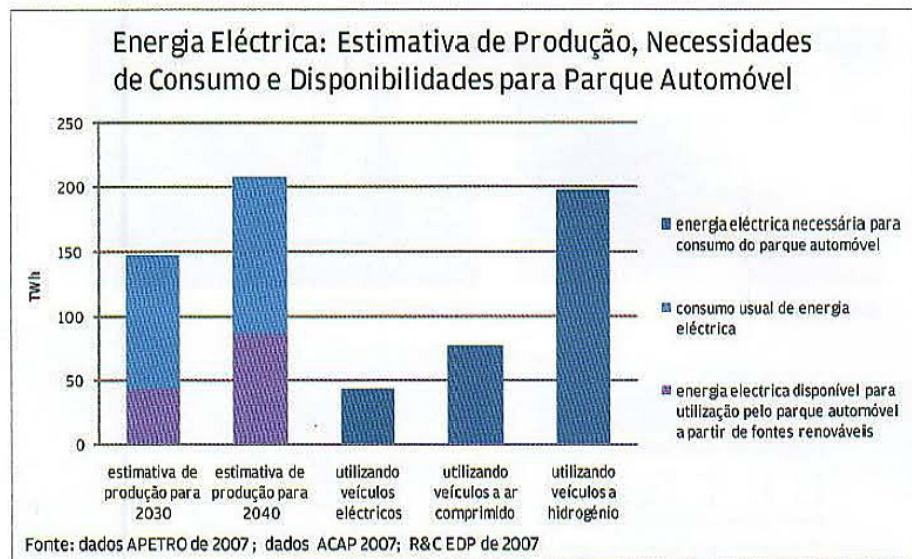


Figura 4: Considerando o crescimento efectivo anual aproximado de 5% de potência instalada em relação ao consumo anual total de energia eléctrica e os consumos energéticos do parque automóvel de 2007 estima-se que em 2030 a produção de energia eléctrica em Portugal seja suficiente para alimentar um parque automóvel totalmente constituído por veículos eléctricos e que, em 2040, seja suficiente para alimentar um parque automóvel de veículos movidos apenas a ar comprimido. Atingir autonomia para uma parque automóvel movido a hidrogénio é um cenário mais longínquo.

Actualmente (2008) a produção de energia eléctrica a partir de fontes renováveis corresponde a aproximadamente 35% do consumo total em Portugal. Está fixada a meta de 45% para 2010. Estes valores são insuficientes para sustentar o consumo usual acrescido das necessidades de um parque automóvel utilizando também electricidade o que iria necessariamente aumentar as importações de energia eléctrica (ver figura 3). Assumindo um aumento constante de potência instalada a partir de fontes renováveis estima-se que em 2030 seja possível ter simultaneamente autonomia energética a partir de fontes renováveis e um parque automóvel totalmente constituído por veículos eléctricos ou, em 2040, totalmente constituído por veículos a ar comprimido.

Qualquer destas alternativas já se encontra em desenvolvimento comercial tendo cada uma delas, e dependendo do tipo de utilização, vantagens e desvantagens. Em última análise, assim como hoje coexistem veículos Diesel e a gasolina, será o consumidor a decidir quais os veículos que coexistirão no futuro parque automóvel. Os custos inerentes a cada uma destas opções nos vários segmentos de mercado influenciarão essa decisão.

Agradecimentos

Trabalho financiado por SFRH/BPD/34566/2007 e apresentado na 19ª Convenção da ANECRA (14, 15 Nov 2008).

PEDRO CASTELO FERREIRA
DPT. FÍSICA - INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO