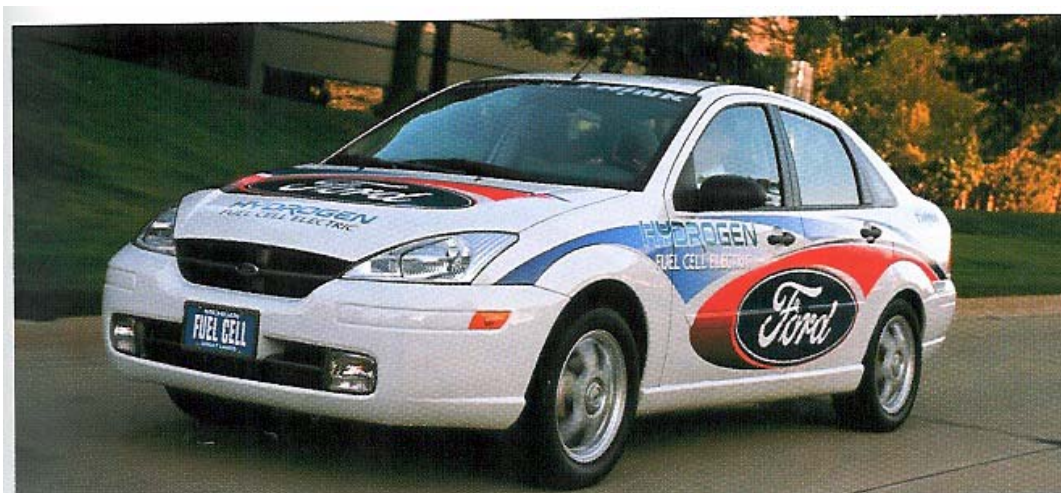




**FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA DA  
UNIVERSIDADE DE COIMBRA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA**



O AUTOMÓVEL E O AMBIENTE

*Trabalho realizado por:  
Paulo Jorge Germano de Brito  
Nuno Manuel Antunes da Silva*

Trabalho realizado no âmbito da cadeira de Gestão de Energia

**Orientação**

Fausto Miguel Cereja Seixas Freire

**Fevereiro de 2003**

# ÍNDICE

<b>0. Resumo</b>	<b>1</b>
<b>1. Introdução</b>	<b>1</b>
1.1. A problemática das alterações climáticas	1
1.2. O efeito de estufa	2
1.3. Gases responsáveis pelo efeito de estufa	2
<b>2. SISTEMAS DE PROPULSÃO</b>	<b>4</b>
2.1. A gasolina e o gasóleo	4
2.2. O GPL	5
2.3. O Gás Natural Veicular	6
2.3.1. Economia	6
2.3.2. Ambiente	6
2.3.3. Gases com efeito de estufa	7
2.3.4. Segurança	8
2.3.5. Abundância de GN	9
2.4. Os Veículos eléctricos	10
2.4.1. Benefícios ambientais	10
2.5. Os Veículos híbridos	10
2.5.1. Benefícios ambientais	11
2.6. Veículos que utilizam células de combustível	12
<b>3. Emissões e eficiência energética dos sistemas de propulsão</b>	<b>13</b>
<b>4. Propostas para a protecção do ambiente</b>	<b>14</b>
<b>5. Discussão e conclusão</b>	<b>14</b>
<b>6. Referências bibliográficas</b>	<b>15</b>



## 0. Resumo:

Este trabalho tem por principal objectivo a comparação das emissões de gases de combustão de diversos tipos de veículos automóveis, nomeadamente os veículos a gasolina, a gasóleo, a GPL, a GNV, os veículos eléctricos, híbridos, e os veículos que utilizam as chamadas células de combustível.

Em primeiro lugar fez-se uma pequena abordagem a cada tipo de combustível, seguidamente mostrou-se as suas emissões e por fim fez-se a comparação das emissões para os diferentes tipos de combustíveis ou energia.

Os principais resultados mostram que, dentro dos veículos a gasolina, gasóleo, GPL e GNV, os veículos a GNV têm uma menor emissão de gases de estufa, seguidos pelos automóveis a GPL, gasóleo e gasolina. Sendo assim os veículos a gasolina são os veículos que mais contribuem para o efeito de estufa. Os veículos eléctricos têm pequenas emissões locais, já que não libertam gases de combustão no local onde transitam, mas que dependendo da fonte de energia a partir da qual a energia eléctrica é obtida, podem ter emissões associadas por vezes superiores às emissões dos veículos descritos anteriormente. Uma tecnologia mais recente, ainda em fase de estudo, são os veículos híbridos que têm um motor eléctrico, um pequeno motor de combustão interna e uma bateria de acumulação. Os veículos híbridos acumulam energia eléctrica através de um regenerador de energia, e quando for necessário o motor eléctrico irá ajudar o motor de combustão interna a desempenhar a sua função. Deste modo conseguem-se emissões de gases de combustão relativamente pequenas por parte destes veículos. Os veículos que utilizam as chamadas células de combustível, são os que apresentam o menor nível de emissões. São os automóveis do futuro e está prevista a sua entrada no mercado em 2010. Por agora ainda estão em fase de estudo e de testes.

As medidas citadas neste trabalho para a redução dos gases de estufa foram a utilização dos combustíveis menos poluentes; o desenvolvimento tecnológico dos automóveis para conseguir diminuir as emissões de gases; fomentar a compra de veículos menos poluentes, através da redução de impostos; fazer com que o imposto automóvel seja calculado em função das emissões e não da cilindrada do motor.

## 1. Introdução

### 1.1. A problemática das alterações climáticas

As alterações climáticas são, actualmente, consideradas uma das mais sérias ameaças ambientais a nível global, com fortes impactos nos ecossistemas, na qualidade da água, na saúde humana e nas actividades económicas.

A abordagem desta problemática é enquadrada, formalmente, ao nível mundial, com a criação do Painel Intergovernamental sobre Alterações Climáticas, em 1988 com a assinatura da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Alterações climáticas, em 1992, na Cimeira da Terra, no Rio de Janeiro, em 1997 no Protocolo de Quioto, e em 2002 na cimeira de Joanesburgo.

O último relatório do Painel Intergovernamental sobre alterações climáticas (IPCC,2001<sup>a</sup>) confirma e reforça as conclusões apresentadas em relatórios anteriores sobre as responsabilidades das actividades humanas (nomeadamente as actividades relacionadas com a produção e consumo de energia) no fenómeno de aquecimento global do planeta [1].



## 1.2. O efeito de estufa

Entre outros factores, o clima é fortemente influenciado por mudanças nas concentrações atmosféricas de diversos gases que retêm parte da radiação infravermelha proveniente da superfície da Terra, produzindo o chamado “efeito de estufa”. É de notar que existe efeito de estufa sem intervenção humana, o denominado “efeito de estufa natural”, sem o qual a temperatura média da superfície da Terra seria negativa (cerca de  $-18^{\circ}\text{C}$ ) e o planeta seria inabitável.

A temperatura média da Terra resulta dum equilíbrio entre o fluxo de radiação solar que chega à superfície e o fluxo de radiação infravermelha enviada para o espaço. A energia solar, depois de atravessar a atmosfera, chega à superfície da Terra, maioritariamente, sob a forma de radiação de pequeno comprimento de onda, aquecendo a superfície terrestre.

A Terra emite grande parte desta energia sob forma de radiação de grande comprimento de onda, ou radiação infravermelha, que é absorvida pelo vapor de água, o dióxido de carbono, e outros gases com efeito de estufa presentes na atmosfera.

Estes gases permitem a ocorrência de diferentes processos responsáveis pela temperatura da Terra. As emissões de Gases com Efeito de Estufa resultantes das actividades humanas aumentam a capacidade da atmosfera para absorver radiação infravermelha, alterando a forma como o clima mantém o balanço entre a energia que entra e a que sai da Terra [1].

## 1.3. Gases responsáveis pelo efeito de estufa

Os GEE (gases com efeito de estufa), que representam menos de 1% dos gases presentes na atmosfera (que é composta essencialmente de azoto e de oxigénio), controlam os fluxos de energia na atmosfera através da absorção da radiação infravermelha.

As actividades humanas afectam este equilíbrio através do aumento das emissões de GEE e de interferências na remoção natural de GEE (e.g. através da desflorestação).

Os principais gases responsáveis pelo aumento do efeito de estufa, constantes no Protocolo de Quioto, são o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), o metano ( $\text{CH}_4$ ) e o óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), os HFC ou hidrofluorcarbonos, os PFC ou perfluorcarbonos e o  $\text{SF}_6$  ou hexafluoreto de enxofre, que contribuem para o agravamento do problema do aquecimento global.

Os HFC e os PFC foram introduzidos como produtos alternativos às substâncias responsáveis pela destruição da camada de ozono (os CFC), enquanto que o  $\text{SF}_6$ , o gás com maior Potencial de Aquecimento global (PAG) considerado no Protocolo de Quioto, é muito usado nos sistemas de transmissão e distribuição de electricidade.

O conceito de Potencial de Aquecimento global foi desenvolvido para comparar a capacidade de cada gás enquanto GEE. O  $\text{CO}_2$  foi escolhido como o gás de referência. Para os gases constantes do Protocolo de Quioto, os valores de PAG, calculados tendo por base um tempo de vida médio de permanência na atmosfera de 100 anos, são os seguintes:

- $\text{CO}_2$  -----1
- $\text{CH}_4$  -----21
- $\text{N}_2\text{O}$  -----310
- HFC-----[140-11700]
- PFC-----[6500-9200]
- $\text{SF}_6$  ----- 23900



O ozono ( $O_3$ ), presente tanto na estratosfera como na troposfera, é também considerado como um importante gás de efeito de estufa. No entanto, o seu contributo para o efeito de estufa é por enquanto, difícil de estimar dadas as variações da sua distribuição espacial e temporal.

Ao longo dos últimos séculos, as concentrações de GEE na atmosfera aumentaram significativamente. As concentrações de  $CO_2$  passaram de 280 para 360 ppmv (partes por milhão em volume), as de  $CH_4$  de 700 para 1720 ppbv (partes por bilião em volume), as de  $N_2O$  de 275 para 310 ppbv e as de ozono troposférico aumentaram 36% desde 1750. Estima-se que a concentração de ozono troposférico tenha subido 36% devido ao aumento das emissões de gases percursores de ozono associados às actividades humanas. Além disso, outros gases, como os óxidos de azoto ( $NO_x$ ), o dióxido de enxofre ( $SO_2$ ), os hidrocarbonetos (HC) e o monóxido de carbono (CO) que, não sendo GEE, influenciam ciclos químicos na atmosfera com consequências positivas ou negativas no efeito de estufa [1].

**Tabela de poluentes e suas principais fontes [2]**

<b>Poluente</b>	<b>Principal fonte</b>	<b>Limite máximo suportado</b>
<b>Monóxido de carbono CO</b>	<i>Escape de veículos motorizados; Alguns processos industriais</i>	<i>10 mg/m<sup>3</sup> em 8h (9 ppm) 40 mg/m<sup>3</sup> em 1h (35 ppm)</i>
<b>SO<sub>2</sub></b>	<i>Centrais termoeléctricas a petróleo ou a carvão; Fábricas de ácido sulfúrico</i>	<i>80 mg/m<sup>3</sup> num ano (0,03 ppm) 365 mg/m<sup>3</sup> num dia (0,14 ppm)</i>
<b>Partículas em suspensão</b>	<i>Escape dos veículos motorizados; Processos industriais; Centrais termoeléctricas; Reacção dos gases poluentes na atmosfera</i>	<i>75 mg/m<sup>3</sup> num ano; 260 mg/m<sup>3</sup> em 24h; compostas de carbono, nitratos, sulfatos e vários metais como o chumbo, cobre e ferro</i>
<b>Chumbo (Pb)</b>	<i>Escape dos veículos motorizados; Centrais termoeléctricas; Fábricas de baterias</i>	<i>1,5 mg/m<sup>3</sup> em três meses, sendo a maioria do chumbo contida em partículas de suspensão</i>
<b>Óxidos de Azoto (NO, NO<sub>2</sub>)</b>	<i>Escape dos veículos motorizados; Centrais termoeléctricas; Fábricas de fertilizantes, de explosivos ou de ácido nítrico</i>	<i>100 mg/m<sup>3</sup> num ano (0,05 ppm) para NO<sub>2</sub>, reage com hidrocarbonetos e luz solar para formar oxidantes fotoquímicos</i>
<b>Oxidantes fotoquímicos Ozono (O<sub>3</sub>)</b>	<i>Formados na atmosfera devido à reacção de óxidos de azoto, hidrocarbonetos e luz solar</i>	<i>235 mg/m<sup>3</sup> numa hora (0,12 ppm)</i>
<b>Etano, etileno, propano, butano, acetileno e pentano</b>	<i>Escape dos veículos motorizados; Evaporação de solventes; Processos industriais; Lixos sólidos; Utilização de combustíveis</i>	<i>Reagem com óxidos de azoto e com a luz solar para formar oxidantes fotoquímicos</i>
<b>Dióxido de carbono CO<sub>2</sub></b>	<i>Todas as combustões; Uso de combustíveis fósseis; Deflorestação e alteração dos usos dos solos</i>	<i>São perigosos para a saúde quando em concentrações superiores a 500 ppm em 2-8h</i>



Apresentaram-se atrás os vários poluentes, as principais fontes, os limites máximos e alguns comentários. Repare-se que qualquer um dos poluentes atmosféricos está presente nas emissões dos gases de combustão dos veículos automóveis.

Este trabalho tem como principal objectivo analisar as formas de energias utilizadas no automóvel, as emissões mais significativas e comparar, do ponto de vista ambiental, qual será o tipo de combustível ou energia com menor impacto no ambiente e saúde humana.

### **O trabalho está estruturado da seguinte forma:**

- Numa primeira parte (capítulo 2) descrevem-se os vários tipos de combustíveis utilizados nos veículos automóveis, as características de ponto de vista técnico, isto é, as tecnologias utilizadas para cada tipo de energia, as suas vantagens e desvantagens, as emissões de poluentes, e respectiva comparação em termos de poluentes. Nesta parte do trabalho fez-se um estudo das emissões dos automóveis a gasolina, gasóleo, GPL, gás natural veicular, veículos eléctricos e híbridos e os mais recentes (ainda em fase de estudo/testes) veículos que utilizam as chamadas células de combustível.
- Numa segunda parte (capítulo 3, 4 e 5) apresentam-se resumidamente as emissões de poluentes dos veículos anteriormente analisados, indicam-se propostas para a diminuição das emissões de gases com efeito de estufa com base no Protocolo de Quioto, nas medidas já tomadas pela Comissão Europeia e as medidas fiscais como um dos meios de reduzir as emissões de CO<sub>2</sub> por parte dos veículos automóveis.

## **2. SISTEMAS DE PROPULSÃO**

### **2.1. A gasolina e o gasóleo**

Os motores de ignição por faísca (gasolina) e os motores de ignição por compressão (gasóleo) contribuem muito para a poluição do ar atmosférico e do ar urbano, já que neste momento são de uso generalizado em todo o mundo.

Os motores a gasolina libertam gases de escape que contêm NO ( e pequenas quantidades de NO<sub>2</sub> , conhecidos colectivamente por NO<sub>x</sub> ), CO e HC (compostos orgânicos que são hidrocarbonetos não queimados ou parcialmente queimados).

As proporções destes poluentes dependem do tipo de motores, isto é, dependem da cilindrada, do tipo de tecnologia utilizados por esses motores, e das condições de funcionamento dos mesmos. As proporções são da ordem de:

NO<sub>x</sub> – [500-1000]ppm ou 20g/Kg de combustível

CO - 1-2% ou 200g/Kg de combustível

HC - 3000 ppm ou 25g/Kg de combustível

Nos gases de escape dos motores diesel, as concentrações de NO<sub>x</sub> são comparativamente as mesmas que nos motores a gasolina. As emissões de HC por parte dos motores diesel são significativas embora as concentrações nos gases de escape sejam inferiores aos níveis típicos de um motor a gasolina à volta de um factor cinco. Os hidrocarbonetos podem condensar e formar fumo branco quando se põe o motor a trabalhar e



a frio. Os compostos específicos de hidrocarbonetos nos gases de escape são a origem dos cheiros do gasóleo.

Os motores diesel são uma importante fonte de emissão de partículas sólidas ( [0.2-0.5] por cento da massa do gasóleo) que são emitidas como pequenas partículas ( $\sim 0.1\mu\text{m}$  de diâmetro) que são contituídas por fuligem e alguns hidrocarbonetos absorvidos.

Os motores diesel não são uma fonte significativa de monóxido de carbono, comparativamente aos motores a gasolina.

O uso de combustíveis, como o álcool neste tipo de motores, aumentam em grande parte a emissão de aldeídos. Enquanto não sujeitos a regulações, os aldeídos são poluentes significativos neste tipo de combustíveis, quando usados em quantidades comparáveis ao gasóleo e à gasolina. Os combustíveis usados correntemente como o gasóleo e a gasolina, contêm enxofre: a gasolina em pequenas quantidades ( $< 600$  ppm em peso) e o gasóleo em grandes quantidades ( $< 0.5\%$ ). O enxofre é oxidado ou queimado e produz dióxido de enxofre,  $\text{SO}_2$ , e pequenas fracções de trióxido de enxofre,  $\text{SO}_3$ , que combinados com a água vêm a formar aerosol de ácido sulfúrico.

No geral, as concentrações destes poluentes nos gases de escape dos motores de combustão interna diferem um pouco dos valores calculados assumindo um equilíbrio químico.

No decorrer do capítulo XI do livro “Internal Combustion Engine Fundamentals” da editora Mc Graw Hill, está feito o estudo da cinética de formação destes poluentes e os regimes/condições, para que a quantidade de emissões destes poluentes seja reduzida ao mínimo[3].

## 2.2. O GPL

O GPL é produzido com base no gás de petróleo liquefeito e é obtido a partir da destilação do petróleo, sendo o último dos produtos que se obtêm na sua refinação.

O GPL é neste momento o combustível automóvel alternativo mais utilizado. Os recentes aperfeiçoamentos no desempenho dos motores a gasolina, especialmente ambientais, têm sido acompanhados também pelo desenvolvimento do GPL, que lhe permite manter as suas vantagens nesta área.

A facilidade de conversão dos motores a gasolina em motores que usem como combustível o GPL, é uma das vantagens da utilização deste tipo de combustível alternativo. Outras vantagens em relação aos motores a gasolina são:

- ser menos poluente;
- como combustível limpo que é, não necessita de aditivos para lhe conferir uma melhor qualidade;
- o único aditivo presente é o etil mercaptano que funciona como odorizante, conferindo-lhe um cheiro desagradável que permite a sua fácil identificação em caso de fuga ou derrame;
- não contém chumbo nem impurezas e tem um muito baixo teor em enxofre;
- o abastecimento torna-se mais limpo uma vez que não existem derrames (a quantidade de produto que se escapa quando se retira a pistola, é extremamente pequena e volátil);
- como combustível para motores de combustão interna, é utilizado no estado gasoso permitindo assim uma excelente homogeneização com o oxigénio e consequentemente uma melhor combustão, agredindo assim menos o meio ambiente;



- a vida do motor sairá beneficiada com a sua utilização reiterada, nomeadamente pela ausência de enxofre, formações anormais de carbono e ainda de combustível diluído no óleo do motor.

As vantagens sobre o gasóleo são:

- o preço de compra de um carro com kit de GPL é geralmente menor do que um carro similar com motor diesel;
- o preço do GPL nem sempre é mais atractivo que o diesel (desvantagem)
- terá que se fazer um número muito elevado de quilómetros por ano, para que se torne mais barato ter um veículo diesel, já que os carros a gasóleo em geral têm um menor consumo.
- embora os motores diesel estejam a evoluir em relação à poluição por eles gerada, estes continuam, mesmo assim, a produzir mais ruído e fumos de escape que um motor comparável, a GPL.

As principais desvantagens deste combustível são:

- em relação ao gás natural veicular tem um nível de emissões superiores;
- terá que se fazer a adaptação aos veículos para poderem utilizar este combustível;
- os postos de abastecimento de GPL ainda são em pequeno número;
- como o GPL é um combustível produzido a partir do petróleo, depende directamente do preço do petróleo e das suas flutuações.

Existem neste momento mais de 20.000 viaturas a GPL em Portugal. O mercado existe desde 1992 e tem tido um desenvolvimento significativo nos últimos anos, existindo já cerca de 290 postos de abastecimento no nosso país. Por exemplo a Holanda possui um parque automóvel de cerca de 13% (80.000) veículos a GPL.

Existem já no mercado Europeu veículos de série em que o combustível utilizado é o GPL, e GPL/gasolina, sendo estes últimos denominados pelos dual fuel, já disponíveis pela Opel [4].

## **2.3. O Gás Natural Veicular**

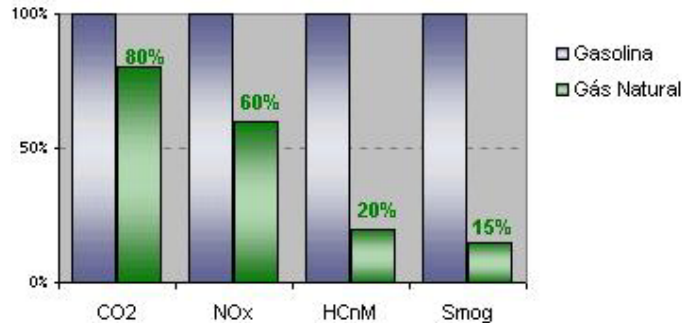
### **2.3.1. Economia**

A utilização de gás natural veicular (GNV) proporciona a economia a dois níveis. Por um lado, na base de um litro equivalente, o gás natural custa cerca de 70% menos que o gasóleo. Por outro lado, o GNV é um combustível de queima limpa, que reduz a necessidade de manutenção no que diz respeito a trocas de óleo, por exemplo [5].

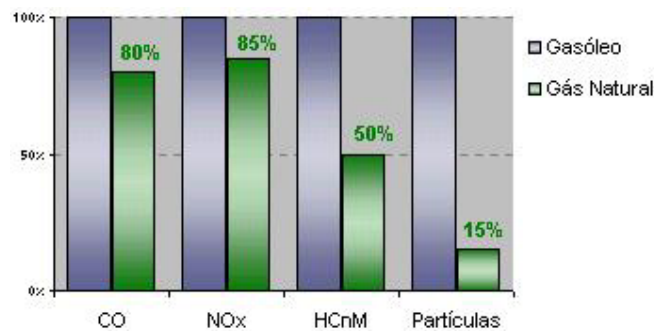
### **2.3.2. Ambiente**

O GN é o mais limpo dos combustíveis alternativos. As emissões de escape são muito inferiores às dos veículos movidos a gasolina. As emissões de dióxido de carbono do GNV são cerca de 20% inferiores, as emissões de hidrocarbonetos não metânicos (HCnM) são 80% inferiores, e as de óxidos de azoto são 40% inferiores. Além destas reduções de poluentes, o GNV também emite quantidades significativamente inferiores de gases com efeito de estufa e toxinas, relativamente aos veículos a gasolina [5].



**Comparação entre emissões de veículos a gás natural e de veículos a gasolina:**

(Fonte: DGTREN, Comissão Europeia)

**Comparação entre emissões de veículos a gás natural e de veículos a gasóleo:**

(fonte: DGTREN, comissão Europeia)

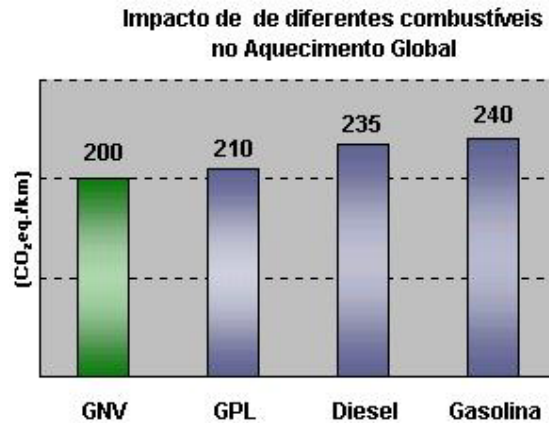
Os motores a gás natural distinguem-se pelo facto de a emissão de partículas, além de incomparavelmente inferior à dos motores a gasóleo, ser devida principalmente ao óleo lubrificante e ao do odorizante adicionado ao combustível para o tornar detectável quando em concentrações superiores ao limite inferior de inflamabilidade. Em contraste com a gasolina e o diesel, o GN é composto por hidrocarbonetos ligeiros, com reduzido rácio C/H e moléculas leves. Estes factores contribuem decisivamente para a reduzida tendência dos motores a GN para produzir fuligem e partículas. O facto de alguns tipos de gás natural não conterem enxofre (ou conterem apenas diminutas quantidades desta substância) permite que as emissões de veículos a gás natural sejam isentas de sulfatos [5].

**2.3.3. Gases com efeito de estufa**

O GN contém menos carbono por unidade de energia do que qualquer outro combustível fóssil, consequentemente, produz menos emissões de CO<sub>2</sub> por quilómetro percorrido. Apesar dos veículos a GNV emitirem metano, um dos gases com efeito de estufa, qualquer aumento



nas emissões de metano é largamente compensado pela redução substancial nas emissões de CO<sub>2</sub>, relativamente a outros combustíveis [5].



(Fonte: ENVGA)

#### 2.3.4. Segurança

Os veículos propulsados a GN são tão seguros quanto os veículos que operam com combustíveis tradicionais como a gasolina ou o gasóleo. De facto, em países com tradição na utilização de GNV, muitos administradores de transportes escolares optam pelo GN para mover os autocarros das escolas. O GN, ao contrário dos combustíveis líquidos e do GPL, dissipa-se na atmosfera em caso de acidente, evitando-se os riscos de incêndio criados por poças de gasóleo ou gasolina no chão.

Há duas razões fundamentais para a excelente segurança do GNV: a integridade estrutural do sistema de combustível e as qualidades físicas do GN como combustível.

Os cilindros de armazenagem de combustível são muito mais fortes que os reservatórios de gasolina. A concepção dos cilindros GNV é sujeita a um certo número de testes obrigatórios e severos, tais como calor e pressão extremos, tiros, colisões e incêndios.

Se os cilindros de armazenagem são mais fortes do que os reservatórios a gasolina, os materiais compósitos usados para encapsular os reservatórios são fundamentalmente mais susceptíveis a danos físicos do que os metais sob condições extremas. Por esta razão, os materiais compósitos nos cilindros de GNV devem ser sempre manuseados e protegidos adequadamente. Incidentes com rupturas em cilindros de GN revelaram que se verificou sempre alguma forma de ataque químico ou dano físico ao material compósito que envolvia o cilindro.

Os sistemas de combustível a GNV são selados, o que impede quaisquer fugas ou perdas evaporativas. Mesmo que ocorra uma fuga num sistema GNV, o gás natural dissipar-se-ia na atmosfera porque é mais leve do que o ar (densidade relativa cerca de 0,5).

O GN tem uma temperatura de ignição bastante superior à da gasolina e ao gasóleo. Além disso, os limites de inflamabilidade são superiores, isto é, são necessárias maiores concentrações de gás no ar para que haja combustão.

O GN não é tóxico nem corrosivo e não contamina os solos. O GN não produz aldeídos significativos ou outras toxinas no ar, as quais constituem uma preocupação em relação à gasolina, gasóleo e a alguns outros combustíveis alternativos [5].



### 2.3.5. Abundância de GN

No início de 1996 as reservas provadas mundiais de GN chegavam a 147,5 mil milhões de m<sup>3</sup>. numa área de fácil acessibilidade para a Europa, através de gasodutos ou de navios metaneiros, concentram-se 76% das reservas mundiais de GN: no território da ex-URSS (39% das reservas mundiais); em África (cerca de 6%, dos quais 3,7 mil milhões de m<sup>3</sup> na Argélia, 3,2 mil milhões na Nigéria e 1,3 mil milhões na Líbia).

No início de 1996 as reservas provadas mundiais de GN equivaliam a 96% das do petróleo. Entretanto o número de anos de consumo das reservas de GN é superior ao do petróleo (67,2 contra 42,4, respectivamente).

A nível europeu existem já 11 fabricantes de viaturas com produtos para GNV. Mundialmente este número ascende a 40.

Alguns exemplos:

#### LIGEIROS:

- Fiat Multipla ( versão bi-fuel e dedicado), Fiat Punto a GN
- Volvo S70 e V70 (bi-fuel)
- Ford Ka, Transit, Courier e Focus (Converção dos veículos para utilizarem GN)
- VW T-4 Transporter, monofuel com 5 cilindros, motor 2,5 litros
- Mercedes Transporter t-1 210/310 monofuel com 4 cilindros e motor 2,5 litros e nova NGT Sprinter

#### PESADOS:

- Renault RVI MIPR
- Volvo FL-10
- Iveco Eurotech MT 190 E22 ( recolha de lixo)

#### AUTOCARROS:

- Iveco Turbocity 480 e 490E
- MAN City Bus NG232 e NL232
- Scania
- Volvo
- Mercedes

#### Em Portugal:

A Fiat tem disponível no mercado o modelo “Multipla”, bi-fuel, com 1581 cm<sup>3</sup> de cilindrada, 5750 r.p.m., 92 CV-CEE a metano e 103 CV-CEE a gasolina. Devido à redução 40% do I.A. aplicável aos veículos ligeiros bi-fuel (GNC-gasolina), esta versão custa cerca de 897 euros mais barato que a versão a gasolina.

A Volvo dispõe de camiões de lixo GNV

A MAN é a fornecedora dos autocarros a GNC dos TUB (Braga) e dos STCP (Porto).

Os veículos a gasolina que foram convertidos a GN estão sujeitos a pequenas perdas de potência quando funcionam a GN. No entanto, veículos concebidos especificamente para funcionarem a GN não terão perda de potência e podem mesmo ter uma maior potência e eficiência. O aumento da taxa de compressão é uma das formas de aumentar a potência efectiva do motor. O GN possui um índice elevado de octano (cerca de 120). Isto permite que o motor funcione com maiores taxas de compressão que os motores a gasolina (com índices de octano de 95 e 98) [5].



## 2.4. Os Veículos eléctricos

Nos veículos eléctricos o tipo de motor utilizado para mover o veículo é o motor eléctrico.

A principal vantagem de um veículo eléctrico é a de poder converter energia mecânica em energia eléctrica, isto é, a partir do movimento do automóvel (energia cinética) é possível carregar as baterias com a ajuda de um regenerador de energia. A importância da regeneração da energia torna-se relevante, porque cerca de 60% da energia total dispendida na condução urbana é utilizada para superar os efeitos de inércia, e teoricamente mais de metade dessa energia pode ser recuperada durante a desaceleração.

Outra vantagem técnica nos veículos eléctricos é a superioridade das transmissões electro-mecânicas. Em comparação com os motores de combustão interna, os motores eléctricos são relativamente simples e têm maior eficiência energética. Os motores eléctricos têm um binário muito mais representativo da curva de binário necessário para fazer mover um veículo. Um veículo necessita de um binário elevado a velocidades baixas para a aceleração, e de um binário baixo quando se quer manter uma velocidade constante. Um motor eléctrico disponibiliza um elevado binário a baixas rotações, decrescendo depois com o aumento da velocidade de rotação. Ao contrário, os motores de combustão interna disponibilizam um muito pequeno binário em baixas rotações e tem que acelerar com este binário, indo este aumentando aos poucos até atingir o binário máximo por volta dos três quartos da rotação máxima. Uma transmissão com multi-relações, para corrigir o binário disponibilizado e a curva de binário necessária para fazer mover o veículo, é utilizada quando se utilizam motores de combustão interna. Já que um motor eléctrico tem estas características especiais, normalmente utilizam-se só duas engrenagens e na maior parte dos casos só se utiliza uma. A engrenagem de recuo também não é necessária, já que a direcção de rotação de um motor eléctrico pode ser alterada através da troca da polaridade eléctrica de entrada.

A maior desvantagem dos veículos eléctricos é a capacidade das baterias, influenciando directamente a sua autonomia, o tamanho e peso das baterias e o problema ambiental das baterias no seu fim de vida [6].

### 2.4.1. Benefícios ambientais

Um automóvel eléctrico não produz emissões no local onde transita, contribuindo por isso para uma melhor qualidade do ar desse mesmo local. No entanto, as emissões são produzidas pelas centrais térmicas que convertem os combustíveis em energia eléctrica, que vai ser utilizada para carregar as baterias do veículo.

## 2.5. Os Veículos híbridos

Os veículos híbridos (HEV- “hybrid electric vehicles”) possuem um motor eléctrico, um motor de combustão interna e baterias de acumulação.

Os HEV combinam as baterias e o motor eléctrico com o motor de combustão interna dos veículos convencionais. Esta combinação permite que o motor térmico funcione em regime aproximadamente permanente, a que corresponde o mínimo de emissões e de consumo de combustível. Estas condições são garantidas pelo motor eléctrico que é usado para aceleração e sempre que o binário disponibilizado pelo motor térmico não seja suficiente. Quando a potência debitada pelo motor térmico é superior à necessária para o movimento do



veículo (períodos de desaceleração), a energia em excesso é utilizada para carregar as baterias. Este tipo de sistema permite que se tenham poupanças de combustível e reduções das emissões dos gases de combustão até cerca de 50%, relativamente aos veículos convencionais, ao mesmo tempo que continuam garantidas a elevada autonomia e o rápido reabastecimento obtidas num veículo convencional [7].

### 2.5.1. Benefícios ambientais

Num veículo híbrido ter-se-ão as emissões por parte do motor de combustão interna, que em todo o caso são inferiores às emissões de um veículo convencional, já que há o aproveitamento de energia eléctrica, nas desacelerações, através de um regenerador que carrega as baterias; quando é necessária potência, visto o motor eléctrico ajudar o motor de combustão interna a desempenhar a sua função. De notar que este motor de combustão interna é sempre um motor de menor dimensão que o motor de combustão interna utilizado nos veículos convencionais. Então as emissões são sempre menores do que as emissões dos veículos convencionais porque a fase de utilização dos veículos é a que se identifica como sendo o principal contributo das diversas categorias de impacte ambiental, nomeadamente devido à libertação de gases de combustão. Esta conclusão é obtida porque se sabe que, um HEV tem poupanças de combustível e redução de emissões até cerca de 50%, relativamente aos veículos convencionais [6] [7].

#### *Alguns exemplos de veículos híbridos e eléctricos:*

- Honda Civic Híbrido: ganhou o prémio “automóvel amigo do ambiente” no Salão Automóvel Britânico.

- Toyota Prius: Veículo eléctrico que combina um motor a gás e um motor eléctrico. As suas emissões de poluentes conseguem já hoje cumprir as normas de emissão EURO IV, as quais serão instruídas aos veículos novos no mercado Europeu apenas em Janeiro de 2005. Isto traduz-se por uma grande diferença de emissões, quando comparado com a maioria dos veículos disponíveis no mercado.

- Testes efectuados pela Quercus (ver em anexo os resultados dos testes e o resto das características técnicas do veículo em anexo):

- Destaque para zero emissão de hidrocarbonetos, zero emissão de CO, o que indica que a eficiência do catalizador é quase perfeita, emissões de CO<sub>2</sub> menos de metade que as normas actuais e célula lambda ( $\lambda$ ) de 1, o que traduz uma mistura exemplar.

- Toyota RAV4 EV: jipe com um motor eléctrico de 67 cv, que atinge uma velocidade máxima de 68 mph e com uma autonomia de 126 milhas. Ver características em anexo.

- Saxo Dynavolt: veículo híbrido que utiliza um motor eléctrico e um motor bicilíndrico de combustão interna a dois tempos. Tem uma autonomia até 340 Km.



## 2.6. Veículos que utilizam Células de Combustível



[8].

O que é uma célula de combustível?

- Uma célula de combustível é um dispositivo conversor de energia que converte electroquimicamente energia química em energia eléctrica.

- Ao contrário das baterias, que têm armazenado interiormente a energia química, as células de combustível utilizam a energia química armazenada em depósitos de combustível externos.

Porquê veículos com células de combustível?

- Os veículos com células de combustível apresentam emissões poluentes bastante reduzidas, relativamente aos restantes sistemas de propulsão, onde a maioria das emissões resultantes é a água.

- Os veículos a células de combustível possuem pequenas autonomias e longos tempos de recarga como os veículos eléctricos.

*Veículos a células de combustíveis e a economia do hidrogénio:*

Os veículos que andam com combustível de hidrogénio são julgados como a grande promessa de futuro nos veículos automóveis. Quando propulsionados por células de combustível ou motores de combustão interna, os veículos movidos a hidrogénio emitem pequenas quantidades de gases com efeito de estufa.

O Ford Focus FCV Hybrid, encontra-se presentemente a ser submetido a um rigoroso teste por estradas europeias, representando a primeira real aproximação da Ford à produção em série de um veículo de células de combustível para a indústria automóvel, combinando uma tecnologia híbrida com os benefícios globais de redução de poluentes associadas .

É o veículo mais avançado veículo produzido pela Ford em termos ambientais, combinando as mais recentes tecnologias de propulsão eléctrica, com recurso a uma bateria de 216 volts, com a alimentação por células de combustível, Ballard Mk 902, naquele que é o modelo de passageiros mais vendido em todo o mundo.

Ao longo do programa de ensaios, este automóvel deve confirmar a sua autonomia compreendida entre os 250 e os 320 Km, para uma velocidade máxima da ordem dos 125 Km/h. Os veículos a células de combustível não deverão surgir no circuito comercial antes de 2010 [1] [8].



### 3. Emissões e eficiência energética dos sistemas de propulsão estudados

As emissões dos principais poluentes, com contributo para as diversas categorias de impacto ambiental, devido à libertação de gases de combustão dos veículos anteriormente analisados encontram-se seguidamente tabelados.

#### Eficiência energética e emissões para veículos ligeiros\*

Veículo Tipo/combustível	% Eficiência do combustível	Emissão de gases por tipo de combustível/tecnologia (1) [g/Km]				
		SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	HC	CO <sub>2</sub>
<b>Motor de combustão interna</b>						
Gasolina	10,2	0,12	0,39	2,13	0,22	275,72
Metanol	8,5	----	0,53	1,06	0,22	253,37
Etanol	8,1	0,02	0,32	1,18	0,08	27,32(2)
GNC	10,8	----	0,25	1,06	0,1	209,28
Hidrogénio	9,4	----	0,38	0,01	0,47	240,95(3)
<b>Veículo eléctrico por tipo de fonte de energia</b>						
Carvão	16,5		0,50	0,04	0,0062	301,19
Gás natural	15,1	1,07	0,32	0,06	0,0062	187,54
Petróleo	14,6	----	0,32	0,05	0,01	285,04
Nuclear	14,4	0,58	0,03	----	----	15,53
Gás natural com ignição avançada	20,0	0,06	0,22	0,12	0,04	142,21
		----				
<b>Veículo com células de combustível</b>						
Metanol	17,6	----	0,17	0,0062	----	146,56
Etanol	15,1	0,01	0,05	0,08	0,01	17,39
Gás natural	21,7	----	----	----	----	121,72
Hidrogénio	21,0	----	0,07	0,0062	----	122,34

(1) Desde a extração da matéria prima até ao fim do uso do veículo, excepto para as emissões de SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub>, e de HC, as quais são estimadas apenas para a produção combustível/energia eléctrica e para os gases de escape do veículo.

(2) Assumindo o etanol derivado da agricultura e da conversão energética, e uma emissão zero de CO<sub>2</sub> emitida na conversão da biomassa já que o carbono na biomassa teria sido absorvido pelo ambiente durante o seu crescimento.

(3) Assumindo que o hidrogénio foi produzido a partir do gás natural, o que emite CO<sub>2</sub> durante o processo

\* Forma condensada de “Diverse Choices for Electric and Hybrid Motor Vehicles,” OECD paper by John J. Brogan, et al,



#### 4. Propostas para a protecção do ambiente

Nos seguintes parágrafos descrevem-se as propostas para a redução de emissões de gases poluentes e consequentemente para a protecção do ambiente:

- *Utilizar em detrimento dos combustíveis fósseis, as energias alternativas, sendo elas o GNV, o GPL, e utilizar veículos híbridos/ eléctricos. Esta medida por um lado vai diminuir a dependência económica em relação aos produtos derivados do petróleo, e por outro lado vai diminuir as emissões de gases, já que estes são menos poluentes.*
- *Utilizar veículos a gasolina ou a gasóleo que disponham de tecnologias avançadas para que as suas emissões sejam inferiores.*
- *Em anexo estão umas directivas do Parlamento Europeu que, e com base no Protocolo de Quioto, se apontam algumas medidas para reduzir a poluição no sector dos transportes [9].*
- *Também em anexo estão algumas medidas fiscais tomadas pela EU para reduzir as emissões de CO<sub>2</sub>. A principal medida que daí se toma, é o imposto automóvel ser calculado em função da emissão de CO<sub>2</sub>, coisa que ainda não é feita em Portugal, já que o IA é calculado exclusivamente em função da cilindrada [1].*
- *Os veículos que não utilizam combustíveis fósseis também deveriam ter redução de impostos [1].*

#### 5. Discussão e conclusão

O presente trabalho permitiu-nos, por um lado, distinguir as várias formas de energia utilizadas para mover os automóveis, sendo elas, a gasolina, o gasóleo, o GPL, o GNV, eléctricos/híbridos e os veículos movidos a pilhas de combustível, e por outro lado comparar as emissões de escape associadas a cada tipo de energia, e as soluções ou medidas que devem fazer-se para as reduzir.

A comparação das emissões entre gasolina, gasóleo, GPL e GNV, foram realizadas, tendo em conta o impacto dos diferentes combustíveis no aquecimento global, e sendo utilizado o CO<sub>2</sub> eq. Como meio de comparação, conclui-se que os veículos movidos a GNV têm um impacto inferior ao GPL e por sua vez este tem um impacto inferior ao gasóleo, sendo o combustível que mais afecta o aquecimento global, a gasolina. É evidente que estes resultados podem variar, dependendo, da cilindrada, do consumo e principalmente das tecnologias utilizadas para minimizar as emissões de gases poluentes. Verifica-se também que o GNV tem também emissões de NO<sub>x</sub>, e partículas com contribuição para a formação de Smog, inferiores ao gasóleo, GPL e gasolina. Por outro lado o gasóleo tem menores emissões de NO<sub>x</sub>, mas mais emissões de partículas em comparação com a gasolina.

Quanto aos veículos eléctricos, as suas emissões podem ser superiores ou inferiores aos combustíveis fósseis e GNV, dependendo da maneira como essa energia foi obtida. A verdade é que os veículos híbridos têm emissões muito inferiores às dos veículos eléctricos, já que têm a capacidade de acumular energia eléctrica nas baterias, que depois poderá ser





utilizada por um motor eléctrico que auxilia o motor de combustão interna, reduzindo assim muito as suas emissões.

Os veículos que utilizam as chamadas células de combustível, embora ainda em fase de ensaios, já demonstram excelentes resultados, conseguindo já um nível de emissões de poluentes relativamente pequeno quando comparado com o nível de emissões dos veículos convencionais. Prevê-se que estes sejam os automóveis do futuro e desde já, muitas marcas estão a investir em projectos desta natureza.

## 6. Referências bibliográficas:

- [1]- Revista Anecra (Dezembro 2002)
- [2]- <http://ptsoft.net/vastro/referencia/estufa/poluentes/poluentes.html>
- [3]- Heywood, J.B, Internal Combustion Engine Fundamentals
- [4]- <http://www.inforalfa.com/autogas/informa3.shtml>
- [5]- <http://www.apvgn.pt/faqs/faqs.htm>
- [6]- Riley, Robert Q., Electric And Hybrid Vehicles , An Overview Of The Benefits, Challenges, And Technologies
- [7]. Paulo M. C. Ferrão, Professor associado do IST, Jornal Público 13 de Janeiro de 2002
- [8]-Revista Auto Motor ( 12/02)
- [9]- [http://www.europarl.eu.int/factsheets/4\\_9\\_2\\_pt.htm](http://www.europarl.eu.int/factsheets/4_9_2_pt.htm)