

FOLHA DE OPINIÃO



ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA DE EMPRESAS PETROLÍFERAS

Estacionamento de Veículos movidos a GPL em Parques Subterrâneos

Sem dúvida que o transporte rodoviário representa, e continuará a representar, um papel fundamental no desenvolvimento social e económico, bem como no bem-estar e nesta extraordinária possibilidade que os cidadãos actualmente possuem de se movimentar livremente e à qual chamamos “mobilidade”. Contudo, e lamentavelmente, o transporte rodoviário é um dos maiores responsáveis pela poluição ambiental e pelas emissões de gases com efeito de estufa (GEE). Conciliar esta necessidade de utilização do transporte rodoviário com a obrigatoriedade de reduzir o seu impacto no ambiente e na saúde pública é um dos grandes desafios com que a humanidade em geral se confronta e a União Europeia, os Estados Membros e os seus cidadãos em particular.

No actual contexto, tendo em consideração a volatilidade de preços dos combustíveis, as preocupações sobre a segurança do abastecimento, a qualidade do ar, as alterações climáticas e a crise económica global, julgamos haver necessidade de otimizar a utilização de todos os recursos energéticos disponíveis.

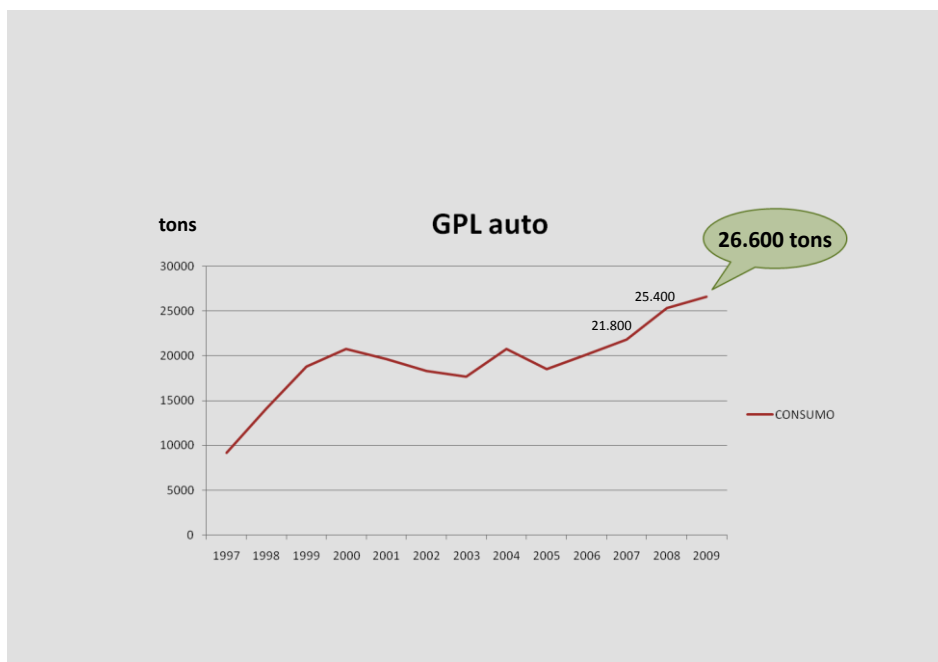
Assim, o GPL Auto, também designado por Autogas, apresenta-se como uma alternativa mais limpa e imediatamente disponível, capaz de desempenhar um papel relevante no transporte rodoviário europeu, apresentando as seguintes vantagens:

- Redução da poluição: um veículo a GPL emite 20 vezes menos quantidade de NOx do que um veículo a diesel;
- Redução das emissões de GEE: uma análise do ciclo completo (Well-to-Wheel) demonstra que um veículo movido a Autogas gera 14% e 10% menos emissões de CO₂ do que veículos equivalentes a gasolina e diesel, respectivamente;
- Aumento da segurança do abastecimento: múltiplas origens – 66% é recolhido durante a extracção de gás natural e de petróleo e 34% produzido por refinação do petróleo;
- Cadeia de abastecimento flexível;
- Crescentes níveis de produção;
- Mais barato que os combustíveis convencionais e beneficiando de um quadro fiscal mais favorável, devido ao seu desempenho ambiental.

Na Europa, o Autogas abastece entre 2 a 3% do parque automóvel, sendo utilizado por mais de 7 milhões de veículos, servidos por uma rede de 31.600 estações de serviço.

Em Portugal, estima-se que o parque automóvel movido a Autogas seja de 40.000 viaturas que dispõem de uma rede de 220 postos de abastecimento. Em 2009 o consumo neste segmento de mercado foi de 26.600 toneladas (Gráfico1).

Gráfico1



Mas, sendo o Autogas, conforme apresentado anteriormente, uma excelente alternativa aos combustíveis convencionais, por que razão não é a sua utilização muito mais alargada em Portugal?

No nosso entender existem várias razões que justificam este facto sendo uma fundamental: a proibição de estacionamento de veículos movidos a GPL em Parques de Estacionamento Subterrâneos.

De facto, contrariamente ao que acontece na maioria dos países Europeus onde o estacionamento é permitido e não é obrigatório o dístico identificador, como se pode constatar no Quadro seguinte (Quadro 1), em Portugal, o Dec. Lei 136/2006, no seu Artigo 10.º, proíbe o estacionamento em locais fechados, dos automóveis que utilizam GPL.

Quadro 1

Enquadramento Europeu

PAÍS	PARQUES SUBTERRÂNEOS PROIBIDO: Sim ou Não	IDENTIFICAÇÃO	OBS
BELGICA & LUXEMBURGO	S/N	N	
CROÁCIA	N	N	
DINAMARCA			
FRANÇA	N	N	
ALEMANHA	N	N	
HUNGRIA	S	S	
IRLANDA	N	N	
ITALIA	N	N	
HOLANDA	N	N	
NORUEGA			
POLÓNIA	N	N	
PORTUGAL	S	S	
ESPAÑA	N	N	
SUÉCIA			
TURQUIA	N/S	N/S	*Em discussão
INGLATERRA	N	N	
BULGÁRIA		S	

Fonte AEGPL

*Esta autorização nos diversos Países, está condicionada ao cumprimento de algum requisito adicional (Ex.: análise de risco ao Parque).

Esta medida, absolutamente limitativa da utilização deste tipo de combustível, só poderia ter como fundamento um factor relativamente ao qual a Indústria dedica a maior atenção – a segurança.

Contudo, como já referimos, tendo em consideração o que se passa noutros países, será de equacionar se em todos eles as questões de segurança não são relevadas ou se somos nós que estamos a manifestar “excesso de zelo”.

Será pois inseguro o estacionamento de veículos movidos a GPL em Parques de estacionamento subterrâneos? Como se comportam relativamente à perigosidade de veículos que utilizam combustível líquido convencional como a gasolina?

Para responder a estas perguntas de forma cabal a Apetro encomendou a uma empresa especializada nesta matéria, a Consulsafety, um estudo de análise quantitativa dos riscos, efectuada a veículos com motores alimentados a gás de petróleo liquefeito (GPL) quando estacionados ou em circulação em parques de estacionamento subterrâneos, por comparação com veículos com motores alimentados a gasolina.

Não fazendo uma apresentação do estudo na sua totalidade (que contudo se encontra disponível para quem estiver interessado), iremos seguidamente dar conta da metodologia seguida e das suas conclusões.

1 - METODOLOGIA

Os trabalhos que estão na origem do presente relatório foram executados de acordo com a metodologia a seguir indicada.

2 - RECOLHA DE ELEMENTOS COM VISTA À CARACTERIZAÇÃO DE CADA UM DOS SISTEMAS A ESTUDAR

Foram recolhidos elementos referentes aos combustíveis presentes e aos sistemas de alimentação dos motores, nomeadamente tipos de reservatório, tubagens, condições de funcionamento e medidas de segurança incluídas.

3 - CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL DE UM PARQUE DE ESTACIONAMENTO SUBTERRÂNEO

Com vista a caracterizar as condições ambientais típicas de um parque de estacionamento subterrâneo, foram recolhidos os parâmetros ambientais relevantes para a modelação dos incidentes envolvendo a libertação dos combustíveis em análise. Assim, procedeu-se à recolha dos valores de temperatura e velocidade do vento em diversos locais do Parque de Estacionamento da Mundicenter (Amoreiras) em duas condições de funcionamento: uma em que apenas se encontrava em funcionamento a “ventilação geral” do parque, e outra em que se encontravam já em funcionamento, para além da ventilação geral, os ventiladores de impulso.

4 - DEFINIÇÃO DAS CONDIÇÕES AMBIENTAIS PADRÃO

A partir dos dados ambientais recolhidos foram caracterizadas duas condições ambientais representativas do parque de estacionamento e que serviram de base à modelação dos efeitos dos incidentes envolvendo cada um dos sistemas. Assim, foram tipificadas para cada um dos pisos considerados (Piso -1 e Piso -2) duas condições tipo que diferem entre si, essencialmente, nos regimes de velocidade do ar (associada aos regimes de ventilação) e na temperatura. No que se refere a humidade não se consideraram diferenças porquanto a variação observada foi reduzida e o factor humidade não é relevante para os tipos de cenário a modelar, atendendo às características das substâncias em presença.

Os valores das condições ambientais consideradas para a modelação dos efeitos dos incidentes seleccionados são os que se apresentam na Tabela 1.

Tabela 1 – Condições ambientais utilizadas

Condição	Velocidade do vento (m/s)		Temperatura (°C)	
	Piso -1	Piso -2	Piso -1	Piso -2
Sem ventiladores de impulso	0,1	0,2	21,3	22,6
Com ventiladores de impulso	0,5	0,5	22,9	22,3

Com base nos valores acima, consideraram-se duas situações tipo para um parque de estacionamento subterrâneo em que apenas varia a velocidade do vento, assumindo-se uma temperatura de 22° C:

- Velocidade de vento 0,1 m/s
- Velocidade de vento 0,5 m/s

5 - IDENTIFICAÇÃO DOS EVENTOS INICIADORES DOS ACIDENTES CREDÍVEIS

Tendo por base a concepção dos sistemas em análise, foram identificados os eventos iniciadores susceptíveis de causar acidentes graves com veículos em parques de estacionamento subterrâneos associados a cada sistema considerado. Para este efeito foram considerados os eventos que possam, de forma directa ou indirecta, estar na origem da perda de contenção de um reservatório e que tenha como consequência a fuga/libertação do seu conteúdo dando início a um cenário de acidente ou agravando uma situação já existente.

6 - MODELAÇÃO DOS EFEITOS DOS INCIDENTES CREDÍVEIS E ANÁLISE DAS SUAS CONSEQUÊNCIAS POTENCIAIS

Com base nos eventos iniciadores identificados, nas condições de operação dos sistemas em análise e nas condições ambientais caracterizadas, foram modelados os efeitos resultantes das fugas, libertações susceptíveis de ocorrer envolvendo quer o GPL, quer a gasolina. Para este efeito recorreu-se aos modelos matemáticos de efeitos desenvolvidos/compilados pelo TNO (organização Holandesa semi-governamental para a investigação de ciência aplicada) e constantes no package informático designado por Effects 8.0.1 (ferramenta para a determinação dos efeitos indesejáveis da libertação de substâncias perigosas).

A partir dos efeitos determinados com recurso aos modelos matemáticos aplicáveis, foram estimadas as consequências previsíveis quer para as pessoas quer para outros bens e equipamentos presentes que possam, porventura, estar sujeitos à acção dos efeitos dos eventos tratados. Para a conversão dos efeitos em consequências, foram seguidos os modelos constantes na publicação do TNO designada por Methods for determining possible damages (Green Book) que fornece as ferramentas necessárias para converter os efeitos físicos em consequências.

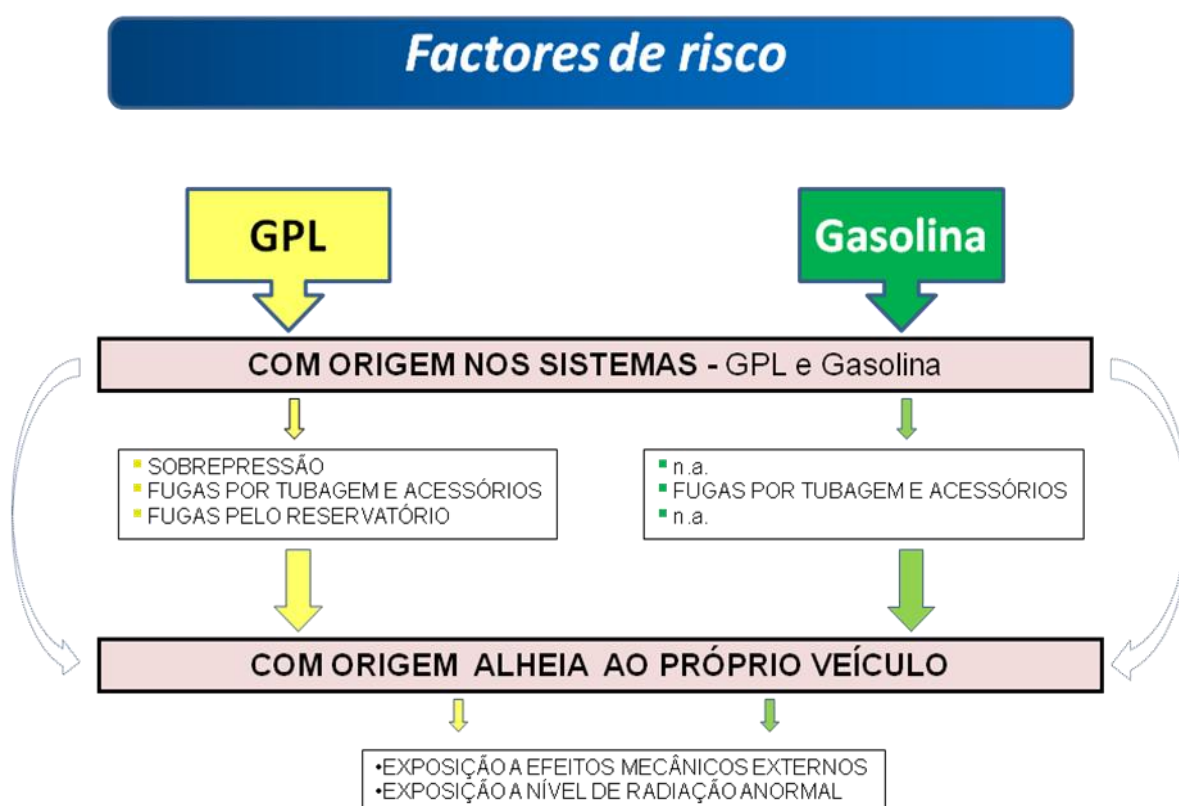
7 - FACTORES DE RISCO

No presente estudo foram analisados os factores de risco associados a presença de veículos alimentados a GPL e a Gasolina em parques de estacionamento subterrâneos em duas vertentes:

- Risco de ocorrências com origem no próprio veículo como sejam, por exemplo, fugas de combustível por falhas estruturais ou de sistemas de segurança;
- Risco da exposição dos veículos aos efeitos de um cenário cuja origem é alheia ao próprio veículo, como seja, por exemplo, um incêndio que ocorra numa zona próxima.

O quadro seguinte (Quadro 2) apresenta os factores de risco com origem nos sistemas e com origem alheia aos sistemas.

Quadro 2



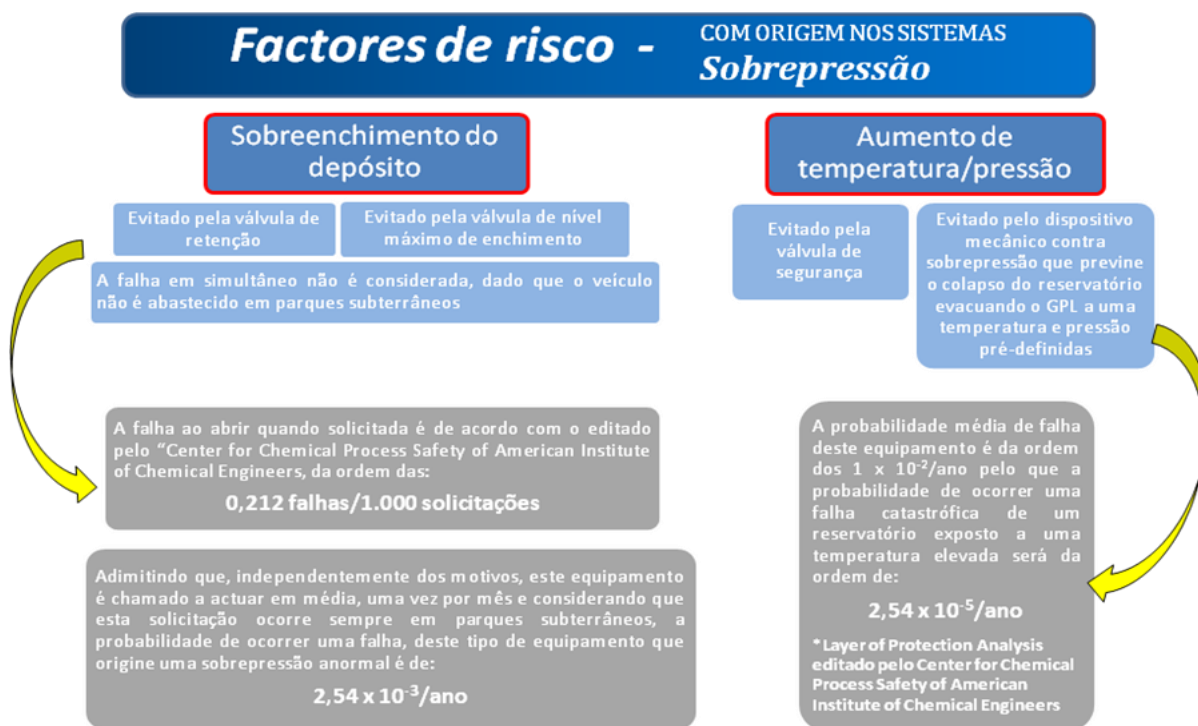
7.1 - FACTORES DE RISCO COM ORIGEM NOS SISTEMAS: SOBREPRESSÃO

Em termos gerais, pode considerar-se que em condições normais de funcionamento os riscos específicos associados à utilização de GPL como combustível para veículos automóveis são a pressão a que o sistema se encontra (sendo que o gás liquefeito se encontra a uma pressão em equilíbrio com a sua tensão de vapor referente à temperatura a que se encontra) e a possibilidade de ocorrência de uma fuga de gás que possa originar uma mistura explosiva no parque de estacionamento subterrâneo.

Sendo os sistemas a gasolina sistemas abertos e não pressurizados, não será efectuada a comparação no que se refere ao aumento de pressão por esta não ocorrer em condições normais de funcionamento do sistema.

No quadro seguinte (Quadro 3) apresenta-se a análise feita ao **risco por sobrepressão**: sobreenchimento e aumento de temperatura.

Quadro 3



Note-se que neste valor ($2,54 \times 10^{-5}/\text{ano}$), não se inclui a probabilidade de ocorrência do evento que leva a solicitação dos elementos de protecção considerados pelo que a probabilidade de ocorrência do cenário, incluindo as suas causas será ainda muito menor.

7.2.1 - FACTORES DE RISCO COM ORIGEM NOS SISTEMAS: FUGAS POR TUBAGENS E ACESSÓRIOS – SISTEMA A GPL

Outros dos factores de risco com origem nos sistemas são as fugas por tubagens e acessórios.

O facto do sistema de armazenamento e de alimentação de combustível ao motor dos veículos se encontrar, nos veículos a GPL, em pressão obriga a que se tenha de considerar a possibilidade de ocorrência de uma fuga, em condições normais de funcionamento.

Para controlar esta situação, os sistemas de GPL possuem uma válvula de controlo electrónico instalada no depósito que fecha automaticamente quando o motor pára ou se ocorrer uma fuga numa tubagem de ligação. Isto é, quando estacionado, ainda que o circuito de gás se encontre sob pressão, o mesmo encontra-se isolado à saída do depósito pelo que qualquer fuga que possa ocorrer será sempre de dimensão muito reduzida.

Com efeito, admitindo que todo o GPL líquido existente nas tubagens entre o depósito e o vaporizador seria libertado no caso de ocorrer uma fuga e considerando as tubagens de maior diâmetro utilizadas (8 mm), a quantidade de gás libertado seria inferior a 0,13 kg.

Com vista a determinar o potencial impacto deste incidente foi modelada a rotura de uma tubagem de ligação entre o depósito e o vaporizador considerando-se dois cenários: a rotura total da tubagem e uma rotura parcial da tubagem, correspondente a um orifício com 20% do diâmetro da tubagem.

O Quadro 4 apresenta a massa de GPL libertada em função do tempo para as duas situações consideradas. Como se pode verificar analisando o gráfico do Quadro 4, a massa de gás será libertada em menos de três segundos, no caso da rotura parcial, e em menos de um segundo, no caso da rotura total pelo que o fenómeno de o jacto de libertação adquirir energia de activação e ficar em combustão, ancorado no ponto de libertação e provocar a propagação do fogo a outros componentes do veículo, levando ao seu incêndio generalizado, é muito pouco provável por não haver tempo para tal. Resta, assim, a hipótese de uma nuvem com origem no gás libertado adquirir energia de activação e explodir, provocando danos.

Modelando a libertação de GPL com vista a determinar a quantidade de gás que poderia estar dentro do domínio de inflamabilidade verificou-se que só existem condições para ocorrer uma explosão até 4 segundos após a libertação, isto é, a probabilidade de a nuvem adquirir energia de activação é extremamente reduzida. Verifica-se ainda que, para a condição de velocidade do ar 0,1m/s, a quantidade máxima de GPL que se encontrará em qualquer momento dentro do domínio de inflamabilidade é inferior a 0,085 kg, o que ocorre a cerca de 0,5 segundos após a libertação.

FOLHA DE OPINIÃO



Para a condição em que a velocidade do ar é 0,5m/s, a quantidade máxima de GPL que se encontrará em qualquer momento dentro do domínio de inflamabilidade é inferior a 0,083 kg, o que ocorre a cerca de 0,3 segundos após a libertação. Isto é, neste cenário a velocidade do ar não é determinante para o seu desenvolvimento.

Por sua vez, a zona em que se admite que possa existir uma atmosfera inflamável resultante deste evento consiste numa área aproximadamente elíptica com a dimensão de 1,7 m x 0,9 m, isto é, praticamente a área ocupada pelo veículo. Neste sentido, atendendo à muito curta duração do evento e à reduzida dimensão da área, considera-se muito pouco provável que possa ocorrer uma explosão com origem na rotura da tubagem de GPL.

Admitindo, no entanto, que a explosão da nuvem de GPL possa ser possível, foi modelada a respectiva explosão, considerando-se a quantidade máxima susceptível de estar presente (0,085kg), que a nuvem se encontraria numa situação de confinamento parcial (20%) e que a explosão ocorrerá em regime de deflagração, atendendo à inexistência de turbulência ou outras condições que agravem o regime de explosão. Foi, assim, assumido um rendimento da explosão de 30%.

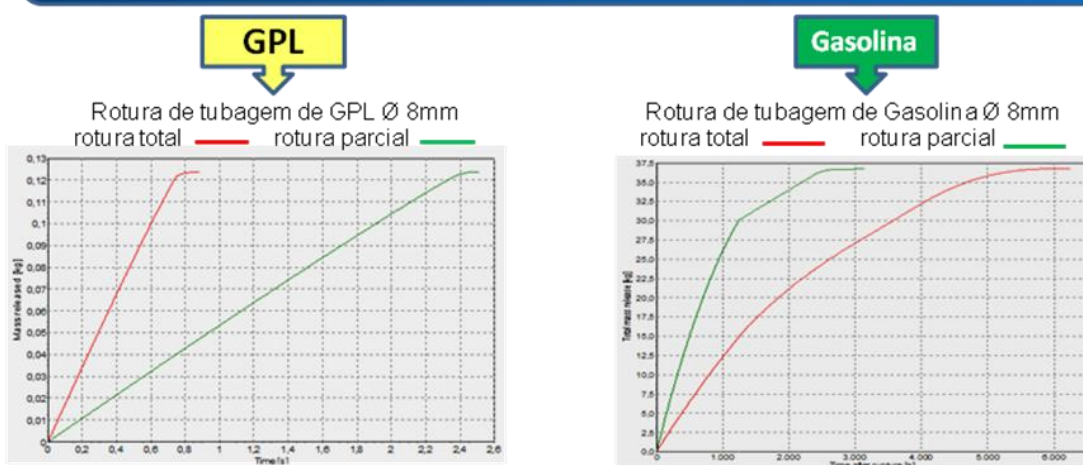
Nestas condições verifica-se que a onda de pressão originada pela explosão atingirá um valor máximo de 52 mbar no local da explosão sendo de admitir danos ligeiros em equipamentos e estruturas leves (vidros, por exemplo) até cerca de 7 m do local da explosão, distância a que se prevê que ocorra um valor de sobrepressão de 10 mbar.

Tabela 2 – Efeitos da explosão

Δp (bar)	Efeito	Distância (m)
0,3	Destruição generalizada. Possíveis danos para elementos estruturais	NA
0,1	Destruição significativa de equipamentos, tubagens e estruturas ligeiras. Elementos estruturais não são afectados	NA
0,03	Destruição de vidros. Equipamentos e estruturas ligeiras ou com superfícies significativas são afectadas	2
0,01	Destruição de 10% de vidros. Limiar teórico dos efeitos de uma explosão	7

Quadro 4

Factores de risco - COM ORIGEM NOS SISTEMAS Fugas por tubagem e acessórios



Sistema	Massa libertada	Rotura total	Rotura parcial
GPL	0,13 kg	< 1 segundos	< 3 segundos
Gasolina	46,18 kg *Não existem válvulas de corte pelo que ocorrerá um derrame contínuo, embora a um caudal baixo	1.430 segundos	3.550 segundos

Comparação da frequência/probabilidade de falhas de tubagens entre os sistemas a GPL e gasolina		
Fonte/Situação	Sistema GPL	Sistema Gasolina
TNO - Institute for Environmental Sciences / Frequência de falha de tubagens por milhão de veículos estacionados	0,012 - 0,014	360
Process Equipment Reliability Data / Probabilidade de falha/ano de tubagem tipo	$2,35 \times 10^{-4}$	$3,86 \times 10^{-3}$

7.2.1 - FACTORES DE RISCO COM ORIGEM NOS SISTEMAS: FUGAS POR TUBAGENS E ACESSÓRIOS – SISTEMA A GASOLINA

Os sistemas de alimentação a gasolina são, regra geral, mais simples e mais sujeitos a ocorrência de incidentes que os sistemas de alimentação a GPL.

De acordo com o estudo Risk Comparison of LPG and Petrol Vehicles in Public Car Parks, efectuado pelo TNO – Institute for Environmental Sciences, na Holanda a frequência de incidentes de falha de tubagens de sistemas de alimentação a gasolina é da ordem das 360/milhão de veículos estacionados de forma permanente, contra 0,013 dos sistemas de GPL.

FOLHA DE OPINIÃO



Em termos genéricos, a base de dados de fiabilidade constante no documento *Process Equipment Reliability Data*, editado pelo Center for Chemical Process Safety do American Institute of Chemical Engineers, atribui uma probabilidade de $2,35 \times 10^{-4}$ para a falha de tubagens metálicas (sistema de GPL) contra $3,86 \times 10^{-3}$ de tubagens flexíveis reforçadas (como são as frequentemente usadas em sistemas de gasolina).

A comparação da frequência/probabilidade de falhas de tubagens entre os sistemas a Gasolina e a GPL encontra-se apresentada no Quadro 4.

O facto do sistema de armazenamento e de alimentação de combustível ao motor dos veículos se encontrar, nos veículos a gasolina, à pressão atmosférica reduz não só a probabilidade de ocorrência de uma fuga como a sua dimensão. À semelhança das fugas de GPL, as fugas de gasolina podem ser perigosas porque têm o potencial de formar atmosferas potencialmente explosivas que poderão estar na origem de um incêndio ou explosão no caso do veículo se encontrar no interior ou num espaço pouco ventilado, como é o caso de um parque de estacionamento subterrâneo.

Com vista a determinar o potencial impacto deste incidente foi modelada a rotura de uma tubagem de gasolina associada ao reservatório considerando-se dois cenários: a rotura total da tubagem e uma rotura parcial da tubagem, correspondente a um orifício com 20% do diâmetro da tubagem. Para efeitos de modelação, considerou-se uma tubagem com um diâmetro de 8mm ligada a um reservatório com 60 L de gasolina.

Neste cenário, atendendo a que, regra geral, não existem válvulas de corte, ocorrerá um derrame contínuo, embora a um caudal baixo. No caso da rotura total de tubagem, o caudal médio de libertação é de 0,033 kg/s e decorrerá durante cerca de 1430 segundos, libertando-se uma massa de gasolina de 46,18 kg. No caso de rotura parcial de tubagem ocorrerá um derrame contínuo, embora a um caudal baixo. No caso da rotura total de tubagem, o caudal médio de libertação é de 0,013 kg/s e decorrerá durante cerca de 3550 segundos, libertando-se uma massa de gasolina de 46,18 kg.

O Quadro 4 apresenta a massa de gasolina libertada em função do tempo para as duas situações consideradas.

Como primeira diferença a salientar entre os cenários de rotura de tubagem de GPL e de tubagem de gasolina, salienta-se a duração do cenário e a quantidade de produto libertada, sendo em ambos os casos muito superior no caso dos sistemas a gasolina. Isto é, em regra, a rotura de uma tubagem de gasolina implica, para as mesmas condições, uma maior quantidade libertada e manutenção de uma atmosfera potencialmente inflamável durante mais tempo.

Modelando as libertações de gasolina com vista a determinar a quantidade de vapores que poderia estar dentro do domínio de inflamabilidade verificaram-se valores de taxa de vaporização da gasolina que variaram entre 0,004 Kg/s para uma rotura total de tubagem e uma ventilação de 0,5m/s, e 0,014Kg/s para uma rotura parcial e uma ventilação de 0,1m/s. As áreas máximas que os derrames decorrentes de cada um dos cenários podem atingir variaram entre os 3,5 m² no caso de rotura parcial e ventilação de 0,5m/s, e os 7,5 m² com rotura total e ventilação de 0,1m/s.

Com base nos valores obtidos na modelação do derrame e vaporização foi modelada a dispersão de vapores de gasolina de modo a obter a massa de vapores inflamáveis que se poderiam encontrar no domínio de inflamabilidade e dar origem a uma explosão. Atendendo a que estes cenários são cenários com uma duração muito mais prolongada do que os cenários envolvendo GPL, foi assumido que se deveria efectuar o cálculo ao fim de um tempo compatível com a duração do cenário, tendo sido fixado o tempo de 15 minutos (900 segundos).

Verifica-se então que apenas no regime de ventilação mais baixo é teoricamente possível formar-se uma atmosfera explosiva. No entanto, para além da explosão, subsiste a possibilidade de ser fornecida energia de activação ao próprio derrame, originando um incêndio.

No caso da dispersão de vapores inflamáveis no domínio de inflamabilidade, a zona em que se admite que possa existir uma atmosfera inflamável resultante deste evento consiste numa área aproximadamente elíptica com a dimensão de 2,9m x 1,5 m, isto é, praticamente a área ocupada pelo veículo, tal como acontecia no caso do veículo alimentado a GPL.

Admitindo, no entanto, que a explosão da nuvem de gasolina pode ocorrer, foi modelada a respectiva explosão, considerando-se a quantidade máxima susceptível de estar presente (0,093kg), que a nuvem se encontraria numa situação de confinamento parcial (20%) e que a explosão ocorreria em regime de deflagração, atendendo a inexistência de turbulência ou outras condições que agravem o regime de explosão. Foi, assim, assumido um rendimento da explosão de 30%.

Nestas condições verifica-se que a onda de pressão originada pela explosão atingirá um valor máximo de 53 mbar no local da explosão sendo de admitir danos ligeiros em equipamentos e estruturas leves (vidros, por exemplo) até cerca de 7 m do local da explosão, distância a que se prevê que ocorra um valor de sobrepressão de 10 mbar.

Em termos gerais, recorrendo aos valores típicos para representar os efeitos de uma explosão, tem-se:

Tabela 3 – Efeitos da explosão de vapores de gasolina

Δp (bar)	Efeito	
Distância (m)		
0,3	Destruição generalizada. Possíveis danos para elementos estruturais	NA
0,1	Destruição significativa de equipamentos, tubagens e estruturas ligeiras. Elementos estruturais não são afectados	NA
0,03	Destruição de vidros. Equipamentos e estruturas ligeiras ou com superfícies significativas são afectadas	2,3
0,01	Destruição de 10% de vidros. Limiar teórico dos efeitos de uma explosão	7

Comparando os valores dos efeitos de uma explosão de gasolina com os valores da explosão de GPL, modelados nas mesmas condições, verifica-se que são em tudo equivalentes. Como referido, apesar de ser pouco provável a ocorrência de uma explosão é de admitir que, em caso de derrame, este possa adquirir por causa fortuita a energia de activação necessária para que se inicie a combustão dando assim origem a um incêndio. Os efeitos de um incêndio com origem num derrame de gasolina nas condições acima referidas encontram-se resumidos na Tabela 4.

Tabela 4

E (kW/m ²)	Efeito	Distância (m)
> 25	Destruição generalizada. Possíveis danos para elementos estruturais	NA
12,5	Destruição significativa de equipamentos, tubagens e estruturas ligeiras. Limiar teórico do “efeito dominó”	0,7
4	Suficiente para causar dor em humanos quando expostos por períodos acima de 20 segundos. 0% de fatalidades	1,9
1,6	Limiar do desconforto em humanos para exposições prolongadas	3,5

Analisados os valores acima, é razoável concluir que, numa primeira fase, os danos resultantes do incêndio de um derrame de gasolina fiquem confinados ao veículo que originou o derrame. No entanto, é possível que em caso de demora na intervenção o incêndio se propague ao próprio, aumentando de intensidade e, como consequência, a veículos e áreas contíguas ao veículo afectado.

7.3 – FACTORES DE RISCO COM ORIGEM NOS SISTEMAS: FUGAS PELO RESERVATÓRIO – SISTEMA A GPL

Os reservatórios de GPL instalados nos veículos automóveis são elementos extremamente resistentes e são submetidos no seu processo de fabrico a vários e cuidadosos processos e ensaios com vista a assegurar a sua integridade estrutural. Adicionalmente, a sua localização no veículo protege os reservatórios de acções mecânicas como sejam impactos ou vibrações, o que minimiza a probabilidade de ocorrer uma fuga por falha estrutural ou por acção mecânica externa.

No Quadro 5 encontram-se representadas as probabilidades de ocorrência de falhas no reservatório e no acessório acoplado.

Quadro 5

Factores de risco - COM ORIGEM NOS SISTEMAS Fugas pelo reservatório

□ No que se refere ao reservatório, subsiste a possibilidade de ocorrência de uma fuga pela ligação de um acessório ou por falha do próprio acessório, por exemplo, a válvula de segurança.

REFERÊNCIA	RESERVATÓRIO - FREQUÊNCIA/PROBABILIDADE		
	*Falha estrutural a frio do reservatório	*Fuga pela ligação de um acessório ao reservatório	*Falha do próprio acessório do reservatório
<i>Risk Assessment of Incidents of LPG Cars Parked in Underground Garages and Comparison With Petrol Cars</i> efectuado em Itália.	$5,46 \times 10^{-3}$ /ano	Os reservatórios são instalados em alojamentos estanques que, para além de protegerem os acessórios de pequenas agressões físicas e ambientais, recolhem e conduzem qualquer fuga que possa ocorrer para o exterior do veículo. Cenário idêntico à fuga por tubagem ou acessório.	$9,97 \times 10^{-4}$ /ano
<i>Risk Comparison of LPG and Petrol Vehicles in Public Car Parks</i> , efectuado pelo TNO – Institute for Environmental Sciences, na Holanda.	0,0004/milhão de veículos		20/milhão de veículos
<i>Process Equipment Reliability Data</i> , editado pelo Center for Chemical Process Safety do American Institute of Chemical Engineers	$1,24 \times 10^{-6}$ /ano		$2,41 \times 10^{-3}$ /ano
<i>Layer of Protection Analysis</i> editado pelo Center for Chemical Process Safety do American Institute of Chemical Engineers	*Varia entre: 1×10^{-5} e 1×10^{-7}		*Varia entre: 1×10^{-2} e 1×10^{-4}

□ Verifica-se que há consistência entre as diversas fontes, podendo concluir-se que a probabilidade de ocorrência de uma falha de um reservatório da GPL, instalado num veículo automóvel estacionado num parque de estacionamento subterrâneo, é muito baixa, devendo ser considerada mais no campo das possibilidades do que das probabilidades.

□ Relativamente à falha da válvula de segurança, apesar de ser um valor francamente superior ao da falha estrutural de um reservatório, este valor é ainda um valor de probabilidade muito baixo

7.4.1 - FACTORES DE RISCO COM ORIGEM ALHEIA AO VEÍCULO: EXPOSIÇÃO A EFEITOS MECÂNICOS EXTERNOS

No Quadro 6 apresenta-se uma comparação entre os dois sistemas quanto à exposição a efeitos mecânicos externos.

Quadro 6

Factores de risco - COM ORIGEM ALHEIA AO VEÍCULO *Exposição a efeitos mecânicos externos*

• EXPOSIÇÃO A EFEITOS MECÂNICOS EXTERNOS

• Consideram-se como os mais prováveis, os decorrentes de variações de sobrepressão ou os efeitos de vibrações ou projecção de fragmentos com origem no colapso de uma estrutura, de um sismo ou de uma explosão na proximidade de um veículo

Sistemas	Equipamentos mais sujeitos aos efeitos mecânicos			Elemento mais sensível
GPL	Reservatório *mais resistentes. *difícilmente afectado	Tubagens *menor derrame. Somente o contido na tubagem, devido à actuação da válvula.	Válvulas *válvulas de não retorno, de corte e excesso de caudal.	Tubagens
Gasolina	Reservatório *não obedecem a critérios específicos de rigidez estrutural	Tubagem *maior derrame embora com caudal reduzido *quadro do slide anterior	Válvulas *não têm a obrigatoriedade de protecção com válvulas	Tubagens

Os efeitos destas acções mecânicas sobre o sistema tanto a GPL como a gasolina de um veículo far-se-ão sentir sobretudo ao nível do reservatório e/ou das tubagens ou outros órgãos do sistema, considerando-se as tubagens como sendo, neste caso, o elemento mais sensível do sistema.

No que se refere ao depósito de GPL, a sua rigidez estrutural intrínseca, a sua localização e as soluções adoptadas para a sua fixação permitem assumir que muito dificilmente o reservatório será afectado por acções mecânicas externas, mesmo que de grande intensidade como o demonstram vários estudos e dados estatísticos.

Quando comparados com outros sistemas de combustível, os reservatórios de GPL são muito mais resistentes e menos susceptíveis de serem perfurados em caso de acidente.

Contrariamente aos sistemas de GPL, os sistemas de gasolina instalados em veículos automóveis não obedecem a critérios específicos de rigidez estrutural, de localização ou de fixação de modo a minimizar os efeitos mecânicos externos e os reservatórios, sendo atmosféricos, são de concepção menos resistente e mais susceptíveis de serem perfurados em caso de acidente.

No que se refere às tubagens, no caso do GPL, são mais susceptíveis de originar fugas quando comparadas com as tubagens de outros sistemas de combustível. No entanto, ao contrário da generalidade dos restantes sistemas de combustível, os sistemas de GPL estão protegidos com válvulas de não retorno, válvulas de corte e/ou válvulas de excesso de caudal, o que faz com que uma fuga significativa por um sistema de GPL seja muito menos provável do que no caso de um qualquer outro sistema de alimentação. Contrariamente aos sistemas de GPL os sistemas de gasolina não têm a obrigatoriedade de protecção com válvulas de não retorno, válvulas de corte e/ou válvulas de excesso de caudal o que faz com que uma fuga que possa ocorrer num sistema de gasolina, apesar de ocorrer com um caudal reduzido, decorra durante um período prolongado o que faz com que a quantidade libertada seja, em regra, bastante superior.

Assim, no caso de uma acção mecânica externa, os efeitos sobre um veículo movido a GPL serão, no limite, em tudo semelhantes aos efeitos sobre um veículo movido a Gasolina.

7.4.2 – FACTORES DE RISCO COM ORIGEM ALHEIA AO VEÍCULO: EXPOSIÇÃO A NÍVEL DE RADIAÇÃO ANORMAL

Tal como anteriormente, apresentamos no Quadro 7 uma comparação entre os dois sistemas quanto à exposição a nível de radiação anormal.

Neste contexto foram efectuados vários ensaios em que reservatórios de GPL, com várias configurações e tipos de acessórios, foram sujeitos a acção de um incêndio externo, avaliando-se, em condições de ensaio normalizadas as respectivas consequências, não se considerando que a exposição de veículos alimentados a GPL a condições extremas de temperatura, nomeadamente as decorrentes de um incêndio com origem estranha ao veículo, apresente um nível de risco significativo.

No caso de um sistema a Gasolina, apesar de não ser previsível o rebentamento de um reservatório, já que o sistema não é hermético, é possível a sua rotura por enfraquecimento das suas paredes. Tal dará origem a um derrame do conteúdo para o solo o que poderá originar um incêndio ou agravar as consequências de um evento já em curso.

Quadro 7



Factores de risco -

COM ORIGEM ALHEIA AO VEÍCULO

Exposição a nível de radiação anormal

•EXPOSIÇÃO A NÍVEL DE RADIAÇÃO ANORMAL

•O cenário mais frequente resulta da ocorrência de um incêndio na proximidade do veículo, em que o mesmo se encontra exposto à energia libertada e consequentemente sofre um aumento de pressão, associada a um aumento das tensões internas.

Sistemas	Reservatório	
GPL	*Estudos realizados pelo <i>Consortio GPL Autotrazione</i> e pelo <i>Institute for Environmental Sciences</i> , concluíram após submeterem vários reservatórios com diversos níveis de enchimento, à acção directa dos efeitos das chamas, que a exposição destes veículos, não representa um nível de risco significativo.	
Gasolina	*Não é previsível o rebentamento do reservatório	*É possível a sua rotura por enfraquecimento das suas paredes
	* São menos resistentes a estes efeitos que os sistemas a GPL	

CONCLUSÃO

Os efeitos dos incidentes envolvendo sistemas de GPL e de Gasolina, são no mínimo comparáveis.

Nos sistemas a Gasolina, acresce a possibilidade de incêndio por derrame, dado a inexistência de válvulas de corte e/ou excesso de caudal.

A resistência dos reservatórios e demais componentes do sistema de GPL, constitui uma vantagem em caso de impacto e colisão, devido à sua menor deformidade e rigidez.

Os sistemas de segurança obrigatórios nos sistemas a GPL, tornam-os suficientemente seguros quanto à eventualidade de se constituir uma atmosfera inflamável que adquira energia de activação.

Comparação da Frequência/Probabilidade de ocorrência de incidentes com sistemas a GPL e a Gasolina:

Incidente	Frequência por 10 ⁶ veículos estacionados	
	GPL	Gasolina
Falha de tubagens	0,012 – 0,014	360
Falha simultânea de válvulas	0,09 – 0,11	NA
Falha de acessório do tanque	5,0 – 7,0	NA
Abertura inopinada de válvula de segurança	20	NA
Explosão do reservatório	0,0004	NA
Colapso do reservatório	NA	22

Fonte: Risk Comparison of LPG and Petrol Vehicles in Public Car Parks
Efectuado pelo TNO – Institute for Environmental Sciences, na Holanda

Nas condições em que existe comparação, a frequência/probabilidade de ocorrência de incidentes com sistemas a gasolina é superior à mesma frequência/probabilidade de ocorrência de incidentes com sistemas a GPL donde ser aceitável considerar os riscos decorrentes da presença de veículos parquados em parques de estacionamento subterrâneos, equipados com um ou outro sistema, equivalentes.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Somos pois da opinião de que não existem razões do ponto de vista de segurança que justifiquem a proibição de estacionamento em parques subterrâneos, de veículos movidos a GPL. A alteração desta legislação iria sem dúvida conduzir a uma utilização mais alargada deste combustível mais limpo, em Portugal.

Desde 2001, com o lançamento do Livro Branco sobre Política Europeia de Transportes (ETP), duas coisas se tornaram cada vez mais evidentes. A primeira é que a transição em direcção a um modelo de transporte europeu mais sustentável será um processo gradual, e não uma mudança abrupta. A segunda é que um sistema verdadeiramente sustentável exige uma abordagem equilibrada, baseada num amplo portfólio de tecnologias de energias associadas.

Com vista a promover o progresso rumo a um transporte mais sustentável e diversificado destacamos a necessidade de assegurar que qualquer modelo ETP futuro não se destina apenas a promover o desenvolvimento de novas tecnologias emergentes, tais como veículos eléctricos, mas também a garantir melhorias potenciais nos combustíveis alternativos já existentes e comercialmente viáveis como é o caso do GPL.

No contexto actual, onde muitas vezes se apresentam como únicas opções a insustentabilidade da dependência de combustíveis convencionais e uma rápida transição em direcção a tecnologias ainda indisponíveis ou não comprovadas, o Autogas representa uma via alternativa, ajudando a preencher as lacunas existentes e atenuando a transição da Europa para uma economia de baixo carbono.