



Universidade de Aveiro Departamento de Engenharia Mecânica
2012

**Cláudio André
Marques de Oliveira**

**Parque automóvel – Comparação com veículos
envolvidos em acidentes**



**Cláudio André
Marques de Oliveira**

**Parque automóvel – Comparação com veículos
envolvidos em acidentes**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, realizada sob a orientação científica da Professora Doutora Margarida Isabel Cabrita Marques Coelho, Professora Auxiliar Convidada do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro.

*“A mente que se abre a uma nova ideia jamais
voltará ao seu tamanho original.”*

Albert Einstein

O júri

Presidente	Professor Doutor Fernando José Neto da Silva Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro
Orientador	Professora Doutora Margarida Isabel Cabrita Marques Coelho Professora Auxiliar Convidada do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro
Arguente	Doutora Elisabete Maria Mourinho Arsénio Guterres de Almeida Investigadora Auxiliar do Laboratório Nacional de Engenharia Civil

Agradecimentos

A realização desta dissertação só foi possível graças à contribuição direta e indireta de um conjunto de pessoas e entidades às quais apresento os meus agradecimentos.

Em primeiro lugar, desejo agradecer à minha orientadora, a Professora Doutora Margarida Coelho, e à Eng^a Guilhermina Torrão por terem acompanhado todo este trabalho. Agradeço a orientação científica, a disponibilidade que sempre mostraram, o incentivo e o enriquecimento pessoal proporcionado pela relação estabelecida ao longo dos últimos seis meses.

Agradeço à Agência Portuguesa do Ambiente (APA), ao Instituto da Mobilidade e dos Transportes Terrestres (IMTT) e à Associação de Comércio Automóvel de Portugal (ACAP) os dados disponibilizados.

À minha família, agradeço o apoio, sobretudo nos momentos mais difíceis.

Um agradecimento especial, ao Professor Jorge Almeida, meu tio, pelo incansável apoio prestado durante a realização deste trabalho.

Palavras-chave Parque automóvel, eficiência energética, emissões, consumos, segurança rodoviária.

Resumo

A presente Dissertação de Mestrado insere-se no âmbito de um projeto de investigação intitulado “SAFENV: Compromisso entre Segurança e Emissões para o Tráfego Rodoviário” (TDC/SEN-TRA/113499/2009), financiado pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT) e pelo Fundo Social Europeu (FSE) no âmbito do III Quadro Comunitário de apoio. Os seus dois objetivos principais consistiram no estudo da evolução do parque automóvel português, no período compreendido entre 1990 e 2010, com ênfase nos veículos ligeiros e na análise do efeito dos atributos dos veículos nas suas emissões e consumos.

A análise da evolução do parque automóvel português (PAP) começou a ser efetuada com recurso a dados estatísticos existentes. Posteriormente, com o intuito de complementar esse estudo, procedeu-se à análise de uma amostra de veículos reais envolvidos em acidentes de viação, denominada “amostra BSR” (Base de dados de Segurança Rodoviária). O estudo dos veículos da amostra BSR incluiu a análise dos perfis evolutivos das suas características técnicas e a estimativa dos seus consumos e emissões através do modelo Copert 4.

Neste estudo, constatou-se que o parque automóvel português, nas últimas duas décadas, cresceu 2,7 vezes. Como consequência, verificou-se que a taxa de motorização aumentou 126% e a quilometragem 82%. No entanto, observou-se que, nos últimos anos, as vendas de veículos novos tiveram uma tendência decrescente, tendo sofrido uma quebra de cerca de 35%, entre o ano de 2000 e o ano de 2010, o que levou ao envelhecimento do PAP. No que diz respeito especificamente aos veículos ligeiros, observou-se que, atualmente, são os veículos a diesel os mais vendidos e que a venda de veículos a combustíveis alternativos não tem tido grande expressão, sendo, no ano de 2010, apenas 1,1% do total de vendas. Verificou-se também que as suas potências, cilindradas, taras e distâncias entre eixos tiveram uma tendência crescente nas últimas duas décadas.

Na presente dissertação, foi possível estabelecer uma correspondência direta entre alguns dos atributos dos veículos, como a idade, cilindrada, tipo de veículo e tipo de combustível utilizado e as suas emissões e consumos. Os resultados das estimativas das emissões e consumos dos veículos presentes na BSR permitiram concluir que os veículos mais recentes consomem menos e emitem menos, o que denota um desenvolvimento dos veículos, do nosso parque automóvel, no que diz respeito aos seus desempenhos ambientais e energéticos. Por exemplo, os veículos ligeiros de passageiros (VLP) com cilindradas inferiores a 1,4L, a gasolina, e a 2,0L, a diesel, com 20 anos, para uma velocidade de 120km/h, em relação aos veículos com um ano de idade, possuem emissões de dióxido de carbono (CO₂) e consumos superiores na ordem dos 11% e 34%, respetivamente. Verificou-se que os veículos comerciais ligeiros (VCL), em relação aos VLP, têm maiores consumos e emissões e que os veículos de maior cilindrada têm piores desempenhos energéticos e ambientais. Em relação ao combustível utilizado, constatou-se que os veículos híbridos, face aos veículos a diesel, a gasolina e a Gás de Petróleo Liquefeito (GPL), apresentam melhor desempenho energético-ambiental. Comparando os veículos a diesel com os veículos a gasolina, constatou-se que os primeiros consomem menos combustível e emitem mais óxidos de azoto (NOx) e partículas materiais (PM).

Keywords

Vehicle fleet, energy efficiency, emissions, fuel consumption, road safety.

Abstract

This master's thesis was developed within the research project "SAFENV: Predicting the Trade-off between Safety and Emissions for Road Traffic" (TDC/SEN-TRA/113499/2009), financed by the *Fundação para a Ciência e a Tecnologia* (FCT) and the European Social Fund (ESF), through the III Framework Program. The two main objectives consist on the study of the evolution of the Portuguese vehicle fleet, between 1990 and 2010, emphasizing the analysis of the effects of passenger cars and light duty vehicles' specifications on their emissions and fuel consumption.

The analysis of the Portuguese vehicle fleet (*PAP*) evolution started with gathering the existent statistic information. In order to complement this study, a sample, taken from passenger cars and light duty vehicles involved in road accidents, called "BSR sample" (BSR: Road Security's Data Base) was analysed. The trial of BSR vehicle samples include the analysis of the evolving technical specification profiles and the estimates of their fuel consumptions and emissions through Copert 4 model.

In this work, it was confirmed that, in the last two decades, the Portuguese vehicle fleet has increased 2,7 times. As a consequence, the rate of motor vehicles and mileage has increased 126% and 82%, respectively. However, in the last few years, the sale of new cars has had the tendency to decrease, suffering a break of 35%, between 2000 and 2010, causing the aging of the vehicle fleet (*PAP*). Specifically regarding to the passenger cars and light duty vehicles, it has been observed that, nowadays, diesel vehicles are the most sold and alternative fuel vehicles did not cause great impact (only responsible for 1,1% of the total sales in the year 2010). It has also been examined that their engine power, engine size, weight and wheelbase had a growing tendency in the last two decades.

In this thesis, it was possible to establish the direct correspondence between some of the vehicles specifications, such as age, engine size, vehicle and fuel type used and their emissions and fuel consumption. The results of the vehicles presented in the BSR allowed to conclude that the more recent vehicles have lower emissions and fuel consumption, which shows a development in our vehicle fleet, concerning their environmental and energy performance. For example, the 20 year old passenger cars with engine size less than 1,4L for gasoline and 2,0L for diesel, at a speed of 120km/h, have 11% and 34%, respectively, more CO₂ emissions and fuel consumption, in comparison to new vehicles. Light duty vehicles have bigger emissions and fuel consumption than passenger cars. Hybrid vehicles have a better energetic and environmental performance than diesel, gasoline and LPG vehicles. Comparing diesel and the gasoline vehicles, the first consume less fuel but lead to higher NO_x and PM emissions.

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS	XVII
ÍNDICE DE QUADROS	XXI
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Motivação	1
1.2 Objetivos	3
1.3 Estrutura da Dissertação	4
2 ESTADO-DA-ARTE	5
3 METODOLOGIA	9
3.1 Caracterização do parque automóvel português	10
3.2 Caracterização dos veículos da amostra BSR	10
3.2.1 Análise das tendências evolutivas das características técnicas	11
3.2.2 Análise das tendências evolutivas dos consumos e emissões	11
4 O PARQUE AUTOMÓVEL PORTUGUÊS E A SUA EVOLUÇÃO	15
4.1 Caracterização geral do parque automóvel	15
4.1.1 Número de veículos do parque automóvel	15
4.1.2 Quilometragem do parque automóvel	16
4.1.3 Vendas de veículos automóveis	17
4.1.4 Idade do parque automóvel	19
4.2 Caracterização dos veículos ligeiros de passageiros	20
4.2.1 Parque e vendas de VLP – Ano de 2010	20
4.2.2 Evolução das vendas de VLP por tipo de combustível	22
4.2.3 Tendências evolutivas das características técnicas	23
4.2.4 Evolução das emissões de CO ₂	27
4.3 Síntese	28
5 ESTATÍSTICA DESCRITIVA PARA OS VEÍCULOS DA BSR	29
5.1 Análise da amostra	29
5.2 Análise comparativa entre o PAP de 2010 e a amostra BSR 2010	31
5.3 Tendências evolutivas das características técnicas	33
5.3.1 Veículos ligeiros de passageiros	33
5.3.2 Veículos comerciais ligeiros	34
5.4 Síntese	35
6 DESEMPENHO ENERGÉTICO E AMBIENTAL DE VEÍCULOS LIGEIROS	37
6.1 Estimativa de emissões e consumos para veículos a gasolina	37
6.2 Estimativa de emissões e consumos para veículos a diesel	41
6.3 Estimativa de emissões e consumos para veículos a combustíveis alternativos	48

6.4	Síntese	48
7	CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS.....	49
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53
	ANEXOS	55
	Anexo A	55
	Anexo B	57
	Anexo C	61
	Anexo D	63
	Anexo E.....	65
	Anexo F.....	67
	Anexo G	69
	Anexo H.....	73
	Anexo I.....	77
	Anexo J	79
	Anexo K	85

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Vítimas mortais de acidentes rodoviários ocorridos em Portugal, no ano de 2011, por categoria de veículo (%) (ANSR, 2012)	3
Figura 2: Acidentes e vítimas segundo a natureza do acidente (%) (ANSR, 2012)	3
Figura 3: Esquema da metodologia adotada	9
Figura 4: Evolução do número de veículos do parque automóvel português, no período de 1990 a 2010 (dados de ACAP, 2011)	15
Figura 5: Constituição do parque automóvel português em 2010 (dados de ACAP, 2011)	15
Figura 6: Evolução do número de veículos do parque automóvel da UE-27, nas últimas duas décadas (dados de EC, 2011).....	16
Figura 7: Evolução do número de VLP/1000 habitantes em Portugal e na UE-27, no período de 1990 a 2009 (dados de EC, 2011)	16
Figura 8: Quilómetros percorridos anualmente por tipo de veículo ($\text{vkm} \times 10^3$), no período de 1990 a 2009 (APA, 2011).....	17
Figura 9: Evolução do volume de vendas de veículos novos, no período de 1990 a 2010 (dados de ACAP, 2011).....	17
Figura 10: Evolução do volume de vendas dos VLP, no período de 1990 a 2010 (dados de ACAP, 1995-2011)	18
Figura 11: Venda de VLP em Portugal no ano de 2010, por marca (dados de ACAP, 2011)	18
Figura 12: Evolução do volume de vendas dos VCL, no período de 1990 a 2010 (dados de ACAP, 1995-2011)	18
Figura 13: Venda de VCL em Portugal, no ano de 2010, por marca (dados de ACAP, 2011)	19
Figura 14: Idade média do parque automóvel português e da UE-27 + (Suíça, Noruega e Turquia), nos anos de 1995 e 2009, por categoria de veículo automóvel (dados de ACAP, 1996, 2010; EEA, 2010)	19
Figura 15: Idade média dos VFV abatidos nos centros de desmantelamento VALORCAR (VALORCAR, 2012)	20
Figura 16: VLP a circularem em 2010, por país da marca (dados de ACAP, 2011)	20
Figura 17: VLP a circularem em 2010, por marca (dados de ACAP, 2011)	20
Figura 18: Distribuição dos VLP registados no ano de 2010, por faixa etária (dados de ACAP, 2011)	21
Figura 19: Venda de VLP em Portugal, no ano de 2010, por segmento (dados de ACAP, 2011)	21
Figura 20: Venda de VLP em Portugal, no ano de 2010, por sub-segmento (dados de ACAP, 2011)	21
Figura 21: Venda de VLP em Portugal, no período de 1990 a 2010, por tipo de combustível (dados de ACAP, 1995-2011)	22
Figura 22: Rácio da venda de VLP a diesel, no período de 1990 a 2009, na UE-15 + EFTA (dados de ACEA, 2011).....	22
Figura 23: Evolução da venda, em Portugal, de VLP a combustíveis alternativos (dados de ACAP, 2011)	23
Figura 24: Evolução da potência média dos VLP vendidos em Portugal e na UE-15 + EFTA, no período de 1990 a 2010 (dados de ACEA, 2011).....	23
Figura 25: Evolução da cilindrada média dos VLP vendidos em Portugal e na UE-15 + EFTA, no período de 1990 a 2010 (dados de ACEA, 2011).....	24

Figura 26: Cilindrada média dos VLP vendidos em Portugal, entre 2007 e 2010, por tipo de combustível (dados de ACAP, 2009-2011)	24
Figura 27: Evolução da tara média dos VLP vendidos em Portugal e na UE-27, no período de 2001 a 2010 (dados de CAMPESTRINI e MOCK, 2011)	25
Figura 28: Tara média (kg) dos VLP vendidos na UE-27, entre 2001 e 2010, por tipo de combustível (CAMPESTRINI e MOCK, 2011).....	26
Figura 29: Evolução da distância entre eixos média dos VLP vendidos em Portugal e na UE-27, no período de 2001 a 2010 (dados de CAMPESTRINI e MOCK, 2011).....	26
Figura 30: Evolução dos fatores de emissão de CO ₂ dos VLP vendidos em Portugal e na UE-27, no período de 2000 a 2010 (dados de EEA, 2011).....	27
Figura 31: Emissões de CO ₂ médias dos VLP vendidos na UE-27, entre 2000 e 2010, por tipo de combustível (EEA, 2011).....	27
Figura 32: Número de VLP e VCL por ano de registo presentes na BSR.....	29
Figura 33: Distribuição dos VLP da BSR por idades e por tipo de combustível	30
Figura 34: Distribuição dos VCL da BSR por idades e por tipo de combustível	30
Figura 35: Cilindrada média dos VLP presentes na BSR	33
Figura 36: Tara média dos VLP presentes na BSR	33
Figura 37: Distância entre eixos média dos VLP presentes na BSR.....	34
Figura 38: Cilindrada média dos VCL presentes na BSR	34
Figura 39: Tara média dos VCL presentes na BSR	35
Figura 40: Distância entre eixos média dos VCL presentes na BSR.....	35
Figura 41: Fatores de emissão de CO dos VLP a gasolina, em função das suas idades e cilindradas, em vias com limite de velocidade de 90km/h.....	38
Figura 42: Fatores de emissão de CO dos VLP a gasolina, em função das suas idades e cilindradas, em vias com limite de velocidade de 100km/h.....	38
Figura 43: Fatores de emissão de CO dos VLP a gasolina, em função das suas idades e cilindradas, em vias com limite de velocidade de 120km/h.....	38
Figura 44: Fatores de emissão de CO ₂ dos VLP a gasolina, em função das suas idades e cilindradas, em vias com limite de velocidade de 90km/h.....	39
Figura 45: Fatores de emissão de CO ₂ dos VLP a gasolina, em função das suas idades e cilindradas, em vias com limite de velocidade de 100km/h.....	40
Figura 46: Fatores de emissão de CO ₂ dos VLP a gasolina, em função das suas idades e cilindradas, em vias com limite de velocidade de 120km/h.....	40
Figura 47: Fatores de emissão de NO _x dos VLP a diesel, em função das suas idades e cilindradas, em vias com limite de velocidade de 90km/h.....	41
Figura 48: Fatores de emissão de NO _x dos VLP a diesel, em função das suas idades e cilindradas, em vias com limite de velocidade de 100km/h.....	42
Figura 49: Fatores de emissão de NO _x dos VLP a diesel, em função das suas idades e cilindradas, em vias com limite de velocidade de 120km/h.....	42
Figura 50: Fatores de emissão de NO _x dos VCL a diesel em função das suas idades e velocidades	42

Figura 51: Fatores de emissão de PM dos VLP a diesel, em função das suas idades e cilindradas, em vias com limite de velocidade de 90km/h.....	44
Figura 52: Fatores de emissão de PM dos VLP a diesel, em função das suas idades e cilindradas, em vias com limite de velocidade de 100km/h.....	44
Figura 53: Fatores de emissão de PM dos VLP a diesel, em função das suas idades e cilindradas, em vias com limite de velocidade de 120km/h.....	44
Figura 54: Fatores de emissão de PM dos VCL a diesel em função das suas idades e velocidades	45
Figura 55: Fatores de emissão de CO ₂ dos VLP a diesel, em função das suas idades e cilindradas, em vias com limite de velocidade de 90km/h.....	46
Figura 56: Fatores de emissão de CO ₂ dos VLP a diesel, em função das suas idades e cilindradas, em vias com limite de velocidade de 100km/h.....	46
Figura 57: Fatores de emissão de CO ₂ dos VLP a diesel, em função das suas idades e cilindradas, em vias com limite de velocidade de 120km/h.....	46
Figura 58: Fatores emissão de CO ₂ dos VCL a diesel em função das suas idades e velocidades.....	47
Figura 59: Fatores de emissão de NO _x dos VLP a gasolina, em função das suas idades e cilindradas, em vias com limite de velocidade de 90km/h.....	73
Figura 60: Fatores de emissão de NO _x dos VLP a gasolina, em função das suas idades e cilindradas, em vias com limite de velocidade de 100km/h.....	73
Figura 61: Fatores de emissão de NO _x dos VLP a gasolina, em função das suas idades e cilindradas, em vias com limite de velocidade de 120km/h.....	74
Figura 62: Fatores de emissão de VOC dos VLP a gasolina, em função das suas idades e cilindradas, em vias com limite de velocidade de 90km/h.....	75
Figura 63: Fatores de emissão de VOC dos VLP a gasolina, em função das suas idades e cilindradas, em vias com limite de velocidade de 100km/h.....	75
Figura 64: Fatores de emissão de VOC dos VLP a gasolina, em função das suas idades e cilindradas, em vias com limite de velocidade de 120km/h.....	75
Figura 65: Fatores de emissão de CO dos VLP a diesel, em função das suas idades e cilindradas, em vias com limite de velocidade de 90km/h.....	79
Figura 66: Fatores de emissão de CO dos VLP a diesel, em função das suas idades e cilindradas, em vias com limite de velocidade de 100km/h.....	79
Figura 67: Fatores de emissão de CO dos VLP a diesel, em função das suas idades e cilindradas, em vias com limite de velocidade de 120km/h.....	80
Figura 68: Fatores de emissão de CO dos VCL a diesel em função das suas idades e velocidades	80
Figura 69: Fatores de emissão de VOC dos VLP a diesel, em função das suas idades e cilindradas, em vias com limite de velocidade de 90km/h.....	81
Figura 70: Fatores de emissão de VOC dos VLP a diesel, em função das suas idades e cilindradas, em vias com limite de velocidade de 100km/h.....	81
Figura 71: Fatores de emissão de VOC dos VLP a diesel, em função das suas idades e cilindradas, em vias com limite de velocidade de 120km/h.....	82
Figura 72: Fatores de emissão de VOC dos VCL a diesel em função das suas idades e velocidades.....	82

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1: Emissões de GEE estimadas para o setor dos transportes rodoviários (APA, 2011)	1
Quadro 2: Calendarização do trabalho.....	10
Quadro 3: Entrada em vigor das normas europeias de emissões referentes aos VLP	12
Quadro 4: Entrada em vigor das normas europeias de emissões referentes aos VCL	12
Quadro 5: Distribuição dos veículos ligeiros da BSR por tipo de veículo, combustível, faixa de cilindrada e velocidades limite estabelecidas	29
Quadro 6: Análise estatística dos parâmetros tara, cilindrada, distância entre eixos e idade, para a totalidade dos veículos presentes na amostra BSR.....	30
Quadro 7: Distribuição dos veículos ligeiros do PAP de 2010 e da BSR 2010 por tipo de veículo, combustível, faixa de cilindrada e norma de emissão de poluentes	31
Quadro 8: Consumos e emissões dos VLP a combustíveis alternativos presentes na BSR	48
Quadro 9: Número de veículos do parque automóvel português, no período de 1990 a 2010, por categoria (ACAP, 2011).....	55
Quadro 10: Quilometragem média anual dos VLP e dos VCL (km/veículo), no período de 1990 a 2009 (APA, 2011).....	57
Quadro 11: Número de VLP vendidos em Portugal, no período de 1990 a 2010, por tipo de combustível ...	61
Quadro 12: Número de VCL vendidos em Portugal, no período de 1990 a 2010, por tipo de combustível ...	63
Quadro 13: Os 50 modelos de VLP mais vendidos no ano de 2010 (ACAP, 2011)	65
Quadro 14: As 50 versões de VLP mais vendidas no ano de 2010 (ACAP, 2011)	66
Quadro 15: Venda de VLP, por faixa de cilindrada (1990-2010)	67
Quadro 16: Distribuição dos VLP, do parque automóvel de 2010, por faixa etária (ACAP, 2011)	69
Quadro 17: Distribuição dos VLP, do parque automóvel de 2010, por faixa etária (ACAP, 2011)	71
Quadro 18: Verificação dos resultados obtidos pelo modelo Copert 4, para o consumo de combustível (FC) e consequentemente para os fatores de emissão de CO ₂ dos VLP a gasolina	78
Quadro 19: Verificação dos resultados obtidos pelo modelo Copert 4, para os fatores de emissão de NO _x dos VLP a diesel	85
Quadro 20: Verificação dos resultados obtidos pelo modelo Copert 4, para o consumo de combustível (FC) e consequentemente para os fatores de emissão de CO ₂ dos VLP a diesel.....	86

1 INTRODUÇÃO

O presente capítulo faz o enquadramento do tema desta dissertação, caracterização do Parque Automóvel Português e comparação com os veículos de uma amostra que concentra veículos ligeiros envolvidos em acidentes de viação. Na parte inicial do capítulo, é explicitada a motivação que determinou a realização deste trabalho. Seguidamente, são apresentados os principais objetivos e, na parte final, é feita uma breve descrição da forma como a dissertação se encontra organizada.

1.1 Motivação

A massificação do uso do veículo automóvel tem como inevitável consequência o aumento desmedido das emissões de Gases de Efeito de Estufa (GEE), responsáveis pelo aquecimento global e pelas alterações climáticas. Segundo a Agência Europeia do Ambiente (AEA), nos países membros, o setor dos transportes é responsável por mais de um quinto das emissões de GEE e por um terço do consumo final de energia (EEA, 2012). A nível mundial, têm-se multiplicado os esforços com vista a tomar medidas que levem à redução das emissões de GEE. Nesse sentido, em 1997, vários países assinaram o Protocolo de Quioto. Dados publicados pela APA revelam que em Portugal, no ano de 2009, o total de emissões de GEE, sem contabilizar as emissões associadas aos efeitos designados por LULUCF (*“Land Use, Land-Use Change and Forestry activities”*), foi de 74,6MtCO₂e. Este valor representou um aumento de 26% face aos níveis do ano de 1990. Os dados publicados revelam, ainda, que só o setor dos transportes rodoviários emitiu, em 2009, cerca de 18,2MtCO₂e, o que correspondeu a um aumento de 94%, em relação aos 9,4MtCO₂e emitidos no ano de 1990 (Quadro 1) (APA, 2011).

Quadro 1: Emissões de GEE estimadas para o setor dos transportes rodoviários (APA, 2011)

Poluente	Unidades	1990	2009	Var (%)
CO ₂	kt	9.245,7	18.019,0	94,9
CH ₄	t	3.699,4	1.414,0	-61,8
N ₂ O	t	203,9	604,0	196,3
CO ₂ e	kt	9.386,6	18.235,9	94,3

Atualmente, o grande desafio dos construtores de veículos automóveis passa por lançarem no mercado modelos mais inovadores e com o menor impacte possível no ambiente. De forma a melhorar as prestações dos novos modelos em termos de consumos e emissões, têm-se desenvolvido projetos nas áreas: da investigação de materiais leves e resistentes, dos combustíveis alternativos, dos sistemas de propulsão e da investigação de tecnologias para o tratamento dos gases de escape. As emissões de CO₂ estão diretamente correlacionadas com o teor de carbono do combustível utilizado. Assim sendo, os construtores têm investigado a aplicabilidade de combustíveis alternativos com menor teor de carbono, como é exemplo o GPL, o Gás Natural (GN) e o hidrogénio (H₂). No caso particular do H₂, esta alternativa é isenta de emissões de CO₂ durante a utilização do veículo. As investigações ao nível da modificação do sistema de propulsão dos veículos decorrem há já alguns anos. A aplicação da injeção direta aos veículos a diesel e a gasolina veio tornar mais eficiente o sistema de propulsão tradicional. Presentemente, os construtores encontram-se a investigar novos sistemas de propulsão, destacando-se o sistema de propulsão baseado na utilização de motores elétricos. No que diz respeito à pesquisa de novas tecnologias para o tratamento dos gases de escape, os construtores de veículos automóveis, devido a imposições legais, têm concentrado esforços nesta área. Atualmente, as emissões de poluentes locais foram reduzidas para um fator de 1/100, tendo por base a não utilização de qualquer sistema de tratamento (SANTOS, 2008).

No tratamento dos gases de escape dos novos veículos a gasolina, destacam-se as seguintes tecnologias: conversores catalíticos de três vias (redução das emissões de monóxido de carbono (CO), compostos orgânicos voláteis (VOC) e NOx) e sistemas de recirculação dos gases de escape (EGR - redução das emissões de NOx e de PM). Quanto ao tratamento dos gases de escape dos novos veículos a diesel, as tecnologias que se destacam são as seguintes: sistemas de recirculação dos gases de escape (EGR - redução das emissões de NOx e de PM); catalisadores de oxidação (DOC - redução das emissões de CO e VOC); filtros de partículas (DPF - redução das emissões de PM); catalisadores de adsorção de NOx (redução das emissões

de NOx) e catalisadores de redução seletiva (SCR - redução das emissões de NOx através da injeção de ureia, (NH₂)₂CO) (SANTOS, 2008).

Nos últimos anos, tem-se assistido a uma subida constante dos preços dos combustíveis fósseis e à diminuição do poder de compra dos consumidores, devido à crise económica que tem assolado a Europa. Como resultado, os construtores de veículos automóveis têm concentrado esforços no sentido de desenvolver modelos de design apelativo e com um melhor desempenho, nomeadamente em termos de eficiência energética. Esta melhoria no aumento da eficiência energética não deriva apenas do cumprimento das normas em matéria de emissões, mas também da preferência dos consumidores que cada vez mais privilegiam modelos com baixos consumos. Na aquisição de um novo veículo, além do seu consumo, a sua segurança e fiabilidade são fatores também relevantes para os condutores (VRKLIAN e ANABY, 2011).

A segurança dos veículos tem vindo a sofrer avanços notáveis ao longo dos últimos anos. Neste âmbito, são várias as inovações que têm vindo a ser introduzidas, em termos de segurança ativa, para evitar o acidente, e em termos de segurança passiva, para minimizar os efeitos quando o acidente já é inevitável.

A segurança ativa inclui equipamentos como:

- Bons pneus;
- Boa suspensão;
- Bons travões;
- Todos os sistemas de apoio à dinâmica de condução (controlo de estabilidade, controlo de tração, visão noturna);
- Todos os sistemas de apoio à travagem ("*anti-lock braking system*", "*break assist*");
- Kit mãos livres para o telemóvel;
- Comando satélite do auto-rádio;
- Bom sistema de desembaciamento dos vidros.

A segurança passiva inclui equipamentos como:

- Cintos de segurança;
- "*Airbags*" frontais e laterais;
- Barras protetoras nas portas;
- Carroçaria com estrutura de deformação programada;
- Bancos com efeito anti-submarino, evitando que os pés e pernas do condutor penetrem na zona dos pedais;
- Pré-tensores dos cintos de segurança.

Na Comunidade Europeia, os acidentes rodoviários são a principal causa de morte entre jovens dos 15 aos 29 anos (EUROSTAT, 2012). Em 2009, a Eurostat estimou que 34.500 mortes, nos 27 membros da Comunidade Europeia (EU-27), resultaram de acidentes rodoviários (EUROSTAT, 2012). Dados da Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária (ANSR) revelam que em Portugal, no ano de 2011, registaram-se 32.541 acidentes rodoviários com vítimas, dos quais resultaram 689 vítimas mortais. Destas vítimas, 51% eram ocupantes de veículos automóveis ligeiros (Figura 1). Os acidentes envolvendo colisões entre veículos foram responsáveis pelo maior número de feridos. Por outro lado, os acidentes envolvendo um único veículo, em situação de despiste, estiveram associados a um maior número de vítimas mortais (Figura 2) (ANSR, 2012).

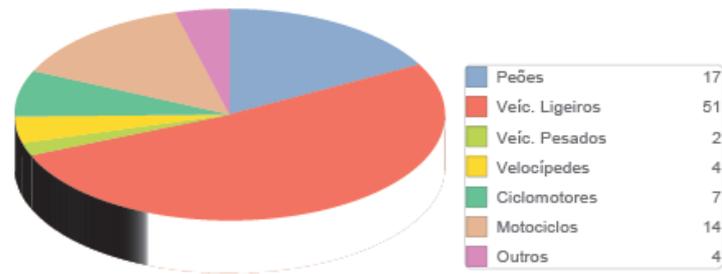


Figura 1: Vítimas mortais de acidentes rodoviários ocorridos em Portugal, no ano de 2011, por categoria de veículo (%) (ANSR, 2012)

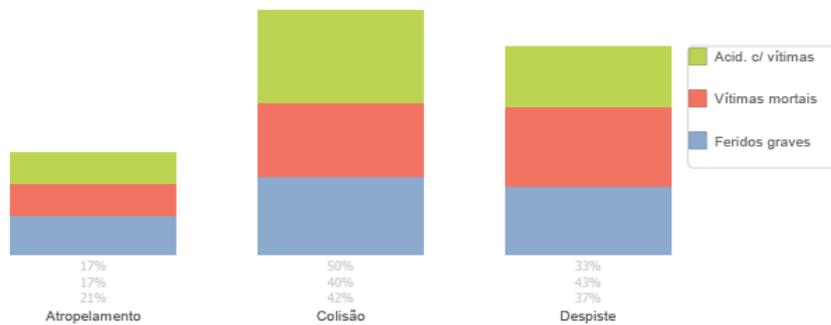


Figura 2: Acidentes e vítimas segundo a natureza do acidente (%) (ANSR, 2012)

Em suma, os desafios colocados com a eficiência energética dos veículos, a par das preocupações com os “standards” de segurança, são simultaneamente uma imposição, mas também um incentivo para os construtores automóveis conceberem veículos cada vez mais amigos do ambiente, económicos e seguros. Para tal, o Padrão Europeu de Emissões e o “European New Car Assessment Programme” (Euro NCAP), estabelecem, respetivamente, limites de emissões e classificações aos veículos ao nível da segurança, forçando os construtores a melhorarem, progressivamente, nestes dois parâmetros.

1.2 Objetivos

Nesta Dissertação de Mestrado, os dois objetivos principais foram: estudar a evolução do parque automóvel português, no período compreendido entre 1990 e 2010, e correlacionar os atributos dos veículos com as suas emissões e consumos. O conhecimento mais pormenorizado do parque automóvel existente em Portugal assim como das suas tendências evolutivas é fulcral para o estabelecimento de novas políticas de transporte.

Na fase inicial deste estudo, desenvolveu-se o estado-da-arte com ênfase no desempenho energético, ambiental e da segurança dos veículos automóveis ligeiros. A segunda fase deste estudo teve como objetivo caracterizar o PAP, com respeito aos veículos ligeiros, e estudar as suas principais tendências técnicas evolutivas. A terceira fase pretendeu complementar esse estudo, através da análise de uma amostra de veículos ligeiros que estiveram envolvidos em acidentes de viação em Portugal, pertencentes a uma base de dados de segurança rodoviária (BSR). Em primeiro lugar, fez-se uma análise comparativa entre o PAP de 2010 e a amostra de veículos envolvidos em acidentes nesse ano. Em segundo lugar, ao ter acesso a informação específica pormenorizada sobre as características técnicas de forma individualizada para cada um dos veículos da BSR, pretendeu-se estudar os perfis evolutivos dessas características, para o período em análise, e, de seguida, comparar esses perfis com os perfis evolutivos das características técnicas dos veículos do PAP. Seguidamente, pretendeu-se analisar a evolução do desempenho energético e ambiental dos veículos da base de dados. A última fase deste estudo pretendeu analisar o efeito que os atributos dos veículos têm em termos de emissões e consumos. Uma das grandes vantagens deste estudo é o facto de explorar uma amostra que concentra veículos reais que fazem ou fizeram parte do PAP.

1.3 Estrutura da Dissertação

A presente Dissertação de Mestrado é constituída por sete capítulos. O primeiro, e atual capítulo, faz uma contextualização da importância da caracterização do PAP e da análise das emissões e consumos para uma amostra de veículos que, fazendo parte do PAP, tem a especificidade de incluir unicamente veículos ligeiros envolvidos em acidentes de viação. Neste capítulo, são também definidos os objetivos desta Dissertação. No segundo capítulo, é apresentado o estado-da-arte, com discussão de estudos realizados por outros autores cujas conclusões são relevantes para o tema desta Dissertação. O terceiro capítulo descreve a metodologia adotada no presente trabalho. No quarto capítulo, é caracterizado o PAP, com ênfase nos veículos ligeiros, e são discutidas as suas tendências evolutivas, para o período compreendido entre 1990 e 2010. O quinto capítulo começa por fazer uma análise comparativa entre o PAP de 2010 e a amostra de veículos envolvidos em acidentes nesse ano e, de seguida, apresenta um estudo sobre a evolução das características técnicas dos seus veículos e compara essas tendências com as tendências evolutivas das características técnicas dos veículos do PAP. No sexto capítulo, são apresentadas as estimativas das emissões e consumos, para os veículos pertencentes à BSR, e, com base nestas estimativas, são discutidas: a evolução do desempenho energético e ambiental dos veículos e a influência que os seus atributos têm nas suas emissões e consumos. No sétimo capítulo, são apresentadas as conclusões mais relevantes deste trabalho e as sugestões para trabalhos futuros.

2 ESTADO-DA-ARTE

A relação entre a eficiência energética, emissões e segurança do veículo tem interesse para a investigação e desenvolvimento de políticas do ambiente, dos transportes e da economia. Estudos publicados apresentam mais uma análise individualizada de cada uma destas áreas do que uma análise multidisciplinar que considere, em simultâneo, a interdependência entre emissões, energia/consumos e segurança rodoviária. No presente capítulo, apresenta-se o estado-da-arte referente a estes três níveis.

Em 2009, Tolouei e Titheridges publicaram um estudo sobre o impacto da massa do veículo no consumo de combustível e na segurança. Estes autores referem que, de forma generalizada, os veículos de maior massa apresentam maiores consumos. A partir da análise de uma base de dados de acidentes envolvendo feridos, ocorridos na Grã-Bretanha, no período compreendido entre 2000 e 2004, concluíram igualmente que a massa influenciava a segurança do veículo. Baseando-se nos resultados obtidos, constataram que, aumentando a massa de um veículo em 100kg, o risco de ferimentos para o condutor diminuía entre 2,6% e 3,2%, nas colisões entre dois veículos (TLOUEI e TITHERIDGES, 2009).

Hutchinson e Anderson (2010), a propósito do estudo de Tolouei e Titheridges, argumentaram que a influência da massa de um veículo, em termos de segurança do mesmo, depende da massa dos restantes veículos envolvidos na colisão. Os mesmos autores defenderam que, se todo o parque automóvel de um país fosse “atualizado” para modelos automóveis mais leves e dentro da mesma categoria de peso, então esses veículos iriam apresentar prestações de segurança equivalentes às que apresentam os veículos automóveis com mais massa. Para além disso, esta mudança iria conduzir a uma diminuição significativa nas emissões.

Wood (1997) analisou a relação entre o tamanho do veículo e a segurança. Usou relações fundamentais da mecânica Newtoniana, que permitiram prever o risco dos ocupantes sofrerem ferimentos, em acidentes envolvendo apenas um automóvel e em acidentes envolvendo colisões frontais entre dois veículos. O seu estudo mostrou que, em acidentes envolvendo veículos de dimensões semelhantes e em despistes, o comprimento/tamanho do automóvel era fundamental para a proteção dos seus ocupantes. No entanto, para os acidentes envolvendo a colisão entre veículos de dimensões diferentes, a massa, isto é, o peso do veículo, assim como as propriedades de absorção estrutural da carroçaria é que eram os fatores determinantes na proteção dos ocupantes durante a colisão.

Em 2004, Evans publicou um estudo sobre como tornar os veículos mais leves e, ao mesmo tempo, mais seguros. No seu estudo, através de cálculos computacionais realizados, verificou que a aplicação de materiais mais leves nas estruturas automóveis, mas ao mesmo tempo, aumentando as dimensões dos veículos, diminuía o risco de ferimentos nos ocupantes de ambos os veículos envolvidos na colisão. Segundo Evans, a diminuição da massa dos veículos permitia, também, a redução dos seus consumos e das suas emissões (EVANS, 2004).

Zachariadis (2008) analisou os obstáculos provocados pelos “standards” de segurança na construção de veículos automóveis, em relação ao cumprimento das taxas de redução das emissões de CO₂ estabelecidas pela Comissão Europeia. Neste estudo, Zachariadis examinou os resultados de testes de segurança de 192 modelos, testes esses realizados pela Euro NCAP. O seu estudo analisou a massa dos veículos, a capacidade do motor, o consumo de combustível e as emissões de CO₂. Os resultados desta análise indicaram que os veículos mais seguros eram mais pesados (apenas mais alguns quilogramas) e não consumiam, em geral, mais combustível do que os seus modelos análogos com menor pontuação em termos de desempenho de segurança. Segundo Zachariadis, as medidas de segurança ativa e passiva implementadas nos veículos automóveis, melhoraram substancialmente a sua segurança, sem, no entanto, requererem um aumento significativo na massa dos novos modelos.

Torrão et al. (2010) publicaram um estudo sobre a probabilidade de um acidente resultar em feridos graves e/ou mortos, com base no efeito das características técnicas dos veículos envolvidos na colisão. Dados de acidentes rodoviários foram recolhidos junto da Guarda Nacional Republicana (GNR), na área metropolitana do Porto, para o período de 2006-2008. Os acidentes selecionados para este estudo

centram-se em acidentes, envolvendo unicamente veículos ligeiros, dos quais resultaram feridos/ou vítimas mortais. Nesta análise, foi desenvolvida uma base de dados com informação pormenorizada sobre as características técnicas específicas de cada um dos veículos, para cada observação de acidente. Este estudo revelou que a probabilidade de um acidente resultar em grave (ocorrência de feridos graves e/ou mortos), depende não só da proteção que as características desse veículo oferecem aos seus ocupantes, como ainda da “agressividade” que as características do outro veículo impõem durante a colisão.

No seguimento do estudo anterior, Torrão et al. (2012) estimaram as emissões e consumos, análise efetuada com base nas características técnicas específicas de cada um dos veículos envolvidos em acidentes de viação e incluídos na base referida no parágrafo anterior. O estudo centrou-se na comparação de duas metodologias: Copert 4 e “*Vehicle Specific Power*” (VSP). Na metodologia VSP, as emissões e os consumos foram calculados, numa base segundo a segundo, para dois veículos ligeiros que efetuaram trajetos entre Aveiro e Porto por duas rotas alternativas: EN109 e A29. Na metodologia de cálculo utilizando o Copert 4, foram calculadas as emissões e os consumos para todos os veículos da amostra de acidentes rodoviários com interesse para o estudo. No cômputo geral, as estimativas do Copert revelaram algumas limitações, uma vez que em algumas observações foram obtidos resultados idênticos de emissões estimadas para veículos de categorias distintas. Por outro lado, a metodologia VSP, por ser mais específica, permitiu obter uma análise microscópica do desempenho dos veículos ao nível dos seus perfis de emissões e consumos ao longo das duas rotas em análise. Como conclusão, este estudo demonstrou que as emissões e os consumos são mais baixos nos veículos a diesel, com exceção para os óxidos de azoto e das partículas materiais. Este estudo concluiu ainda que a escolha da rota, isto é, do tipo de via, condiciona não só a atitude do condutor como os respetivos perfis de velocidade. Por conseguinte, a seleção da rota tem efeito sobre os consumos despendidos e, conseqüentemente, nas emissões geradas ao longo do percurso.

O “*The Innovation Center for Energy and Transportation*”, no ano de 2011, elaborou um artigo no qual forneceu uma análise atualizada das normas mundiais de emissões de GEE e de consumos de combustível, referentes aos veículos automóveis. Neste artigo, é referido que a União Europeia (UE), a 23 de Abril de 2009, adotou o regulamento [EC] No. 443/2009, no qual o valor de 130g/km de emissões de CO₂ foi estabelecido como meta a atingir pelos construtores de veículos automóveis até 2012. No entanto, devido à crise económica global e à debilidade apresentada por alguns dos fabricantes automóveis, o cumprimento desse requisito para os novos modelos automóveis foi alargado até 2015. Além deste objetivo, o regulamento indicava que deveriam ser reduzidos 10g de emissões de CO₂ por km através da aplicação de algumas medidas como: uso de biocombustíveis, sistemas de alerta para a troca de mudança, ares-condicionados mais eficientes, utilização de pneus que potenciem menor atrito com monitorização da pressão dos mesmos. Pese embora a UE tenha como objetivo atingir os 95gCO₂/km de emissões para os novos veículos em 2020, o artigo menciona que ainda não se encontra delineado o plano para atingir essa meta, estando previsto o seu anúncio oficial até 2013 (AN et al, 2011).

Fontaras e Samaras (2010) publicaram um estudo sobre quais as características que os veículos ligeiros de passageiros deveriam ter em 2015, para que o limite de emissões de CO₂ (130g/km) fosse cumprido. Utilizando seis modelos populares na Europa entre 2007-2008, elaboraram várias simulações da otimização do consumo de combustível. Os resultados obtidos permitiram estabelecer as seguintes conclusões: a tara (peso) dos veículos devia ser reduzida em 10%, a sua aerodinâmica devia ser melhorada em 10%, o atrito dos pneus devia ser reduzido em 20% e a eficiência do “*powertrain*” devia ser aumentada em 7,5%.

Em 2010, DeCicco publicou um estudo sobre o futuro dos veículos ligeiros norte-americanos, no que diz respeito à sua eficiência energética. Este estudo pretendia averiguar até que ponto a eficiência energética dos veículos podia ser aumentada. Para esse efeito, DeCicco combinou resultados de estudos anteriores, sobre o aumento da eficiência do “*powertrain*” e sobre a redução da tara, com uma análise de custos. O autor concluiu que era possível triplicar a eficiência energética dos veículos a serem comercializados em 2035, sendo possível aumentar a poupança de combustível média, de 20mpg (milha por galão), em 2005, para 60mpg, em 2035. Para alcançar este nível de eficiência, DeCicco sugeriu o aumento das vendas de veículos híbridos, bem como a otimização dos motores de combustão interna, a redução da tara e a melhoria da aerodinâmica dos veículos (DECICCO, 2010).

Um relatório elaborado pela EPA e NHTSA, em 2010, afirma que a redução da tara é um fator chave para o aumento da eficiência energética e, conseqüentemente, para a redução das emissões de GEE. No relatório, é afirmado que uma redução de 10% da tara, em geral, origina uma redução do consumo de combustível de 6,5% (EPA&NHTSA, 2010). Nesse sentido, tem-se vindo a investigar a aplicabilidade de novos materiais, materiais mais leves e mais resistentes, de forma a assegurar os “standards” de segurança dos veículos e permitir a redução dos seus consumos. Por exemplo, a Audi e a Jaguar começaram a fazer os chassis de alguns dos seus modelos em “aluminum-intensive”, a Chrysler tem vindo a investigar a aplicabilidade de materiais compósitos nos seus chassis e a BMW tem já protótipos de veículos citadinos em fibra de carbono. Para além da redução da tara através da utilização de novos materiais nos chassis, a redução do peso do veículo está também a ser conseguida com uma maior utilização de plástico nos acessórios e com o redimensionamento do tamanho do motor. Segundo DeCicco, atualmente, os veículos estão a tornar-se cada vez mais aerodinâmicos, possibilitando o aumento da eficiência energética. No entanto, para este autor, o coeficiente de arrasto médio deveria ser reduzido em mais de 10% através de um “re-design” dos novos modelos (DECICCO, 2010).

Duleep, no ano de 2010, publicou um estudo, no qual concluiu que era possível aumentar substancialmente a eficiência energética dos veículos, pelo “downsizing” dos seus motores e pela otimização do “valvetrain”. Segundo Duleep, embora as preocupações com as vibrações e com o ruído limitem o “downsizing” de motores mais pequenos, o mesmo não sucede para os motores de maiores dimensões. O autor defende que, se os motores de seis e oito cilindros, respetivamente, os V6 e os V8, sofressem uma redução, na ordem de um terço, a sua eficiência aumentaria substancialmente. Para Duleep, a investigação de novas estratégias de otimização do “valvetrain” é também essencial, para que, entre outros benefícios, sejam reduzidas as perdas por estrangulamento, permitindo assim o funcionamento do motor com um ciclo termodinâmico mais eficiente (DECICCO, 2010, DULEEP, 2010).

A eficiência energética dos veículos depende não só das características técnicas dos mesmos, dos seus equipamentos, dos chassis, mas também do processo de combustão utilizado. Nesse sentido, as marcas têm vindo a investigar novas tecnologias que possibilitem melhorar a eficiência dos seus modelos. Nos motores de combustão interna a gasolina, uma tecnologia que se encontra em larga expansão é a “gasoline direct injection” (GDI). A utilização desta tecnologia, juntamente com a utilização de conversores catalíticos de três vias, reduz substancialmente a emissão de poluentes. No entender de Kirwan et al. (2010), a combinação da GDI com “turbocharging” pode permitir a utilização de motores de três cilindros, o que permitirá aos veículos de segmentos inferiores aumentar também a sua eficiência pelo “downsizing”. Para DeCicco, nos motores de combustão interna a diesel mais modernos, a tecnologia que se encontra em clara expansão é a “direct injection and turbocharging”. Outras tecnologias têm vindo a emergir, como é exemplo a “homogeneous charge compression ignition” (HCCI). Esta tecnologia pode ser utilizada em motores a diesel ou gasolina. Dois trabalhos anteriormente publicados, Ashley (2001) e Sherman (2004), defendem que esta tecnologia possibilita uma elevada eficiência do motor e potencia emissões de poluentes muito baixas. Esta constatação, no caso dos motores a diesel, permite minimizar o problema das emissões de NOx (DECICCO, 2010).

Em resumo, os estudos anteriormente apresentados permitem uma melhor compreensão sobre as seguintes questões:

Qual o efeito do tamanho e do peso do veículo no seu consumo de combustível, nas suas emissões e na sua segurança?

Como desenvolver veículos com menores consumos e emissões de forma a cumprir as metas impostas para a indústria automóvel?

Quais as tecnologias com maior potencial para melhorar a eficiência energética nos novos modelos automóveis?

3 METODOLOGIA

A metodologia seguida neste trabalho é apresentada neste capítulo com recurso ao fluxograma presente na Figura 3, seguindo-se uma descrição pormenorizada dos métodos e procedimentos utilizados.

A presente Dissertação de Mestrado vem no seguimento dos dois estudos publicados por Torrão et al. (2010, 2012). A primeira etapa do trabalho consistiu em analisar o estado-da-arte no que respeita à relação existente entre eficiência energética, emissão de poluentes e segurança dos veículos automóveis ligeiros. Esta fase do trabalho permitiu ganhar “*know-how*” na área de estudo onde se insere esta dissertação. Na segunda etapa, procedeu-se à caracterização do parque automóvel português, com ênfase nos veículos ligeiros, tendo sido analisadas as suas principais tendências evolutivas, durante o período compreendido entre 1990 e 2010, com recurso a dados estatísticos consultados junto de entidades oficiais. Com o intuito de complementar esse estudo, procedeu-se, de seguida, à análise de uma amostra de veículos ligeiros envolvidos em acidentes de viação nas estradas portuguesas, a amostra BSR. A terceira etapa do trabalho consistiu em comparar a amostra BSR com o PAP. Para o efeito, numa primeira fase, procedeu-se à distribuição dos veículos do PAP de 2010 e dos veículos envolvidos em acidentes nesse ano por tipo de veículo, combustível, faixa de cilindrada e norma de emissão de poluentes, tendo-se posteriormente comparado as duas distribuições. Numa segunda fase, estudou-se os perfis evolutivos das características técnicas dos veículos da BSR e, de seguida, comparou-se esses perfis com os perfis evolutivos das características técnicas dos veículos do PAP. A quarta etapa do trabalho centrou-se na estimativa das emissões atmosféricas e dos consumos associados aos referidos veículos da amostra, tendo sido utilizado, para esse fim, o modelo Copert 4. A última etapa do trabalho consistiu na análise da evolução do desempenho energético e ambiental dos veículos ligeiros considerados e na discussão do efeito que os seus atributos têm em termos de emissões e consumos.

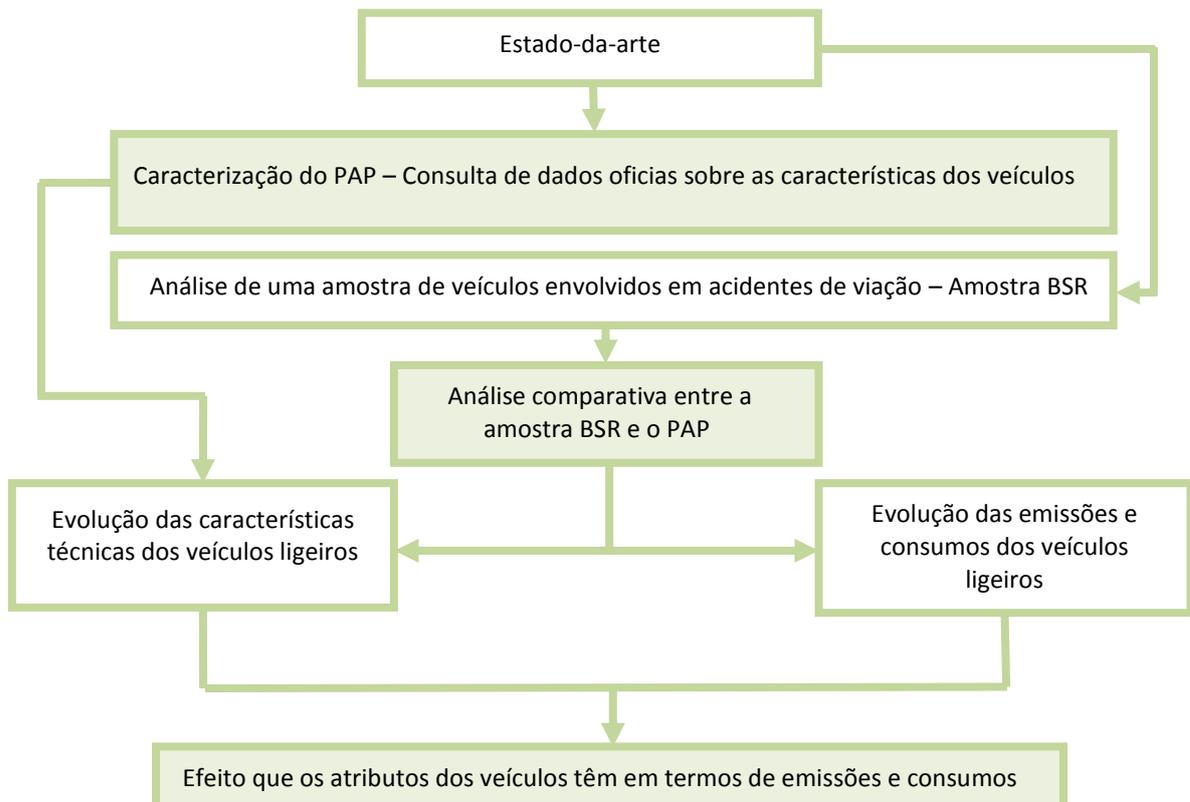


Figura 3: Esquema da metodologia adotada

A calendarização das etapas deste trabalho encontra-se presente no Quadro 2.

Quadro 2: Calendarização do trabalho

	2012				
	fevereiro	março	abril	maio	junho
Etapa 1					
Etapa 2					
Etapa 3					
Etapa 4					
Etapa 5					

3.1 Caracterização do parque automóvel português

Nesta etapa do trabalho, foi recolhida informação descritiva e indicadores estatísticos sobre os veículos ligeiros registados em Portugal, durante o período compreendido entre 1990 e 2010. O objetivo inicial passava por focar o estudo em todos os veículos ligeiros para as categorias de ligeiros de passageiros e ligeiros de mercadorias. Todavia, a insuficiente informação disponível para a segunda categoria, veículos de mercadorias fez com que esta análise tenha sido centrada somente nos veículos ligeiros de passageiros. A caracterização do PAP também foi integrada na análise das tendências verificadas na UE em termos de parque automóvel dos respetivos estados membros. A grande maioria dos dados estatísticos recolhidos para a realização deste estudo proveio da consulta de documentos publicados, quer em Portugal, quer no estrangeiro, por diversas entidades. Contudo, muitos dos dados com interesse para esta análise não estavam publicados, pelo que foi necessário estabelecer uma cooperação com algumas entidades oficiais. Esta cooperação foi estabelecida com as seguintes entidades nacionais: ACAP, o IMTT e a APA, de forma a obter dados específicos sobre o PAP. Apesar de se ter recolhido muita informação, em alguns casos, só foi possível obter os dados pretendidos para uma fração do período em estudo e não para a totalidade das duas décadas em análise (1990 a 2010). É também importante referir que alguns dados e indicadores do PAP variam consoante a fonte consultada e, em algumas situações, até perante a mesma fonte, existem variações. Um exemplo evidente dessa situação foi o caso das vendas anuais de veículos que, dependendo da edição dos relatórios da ACAP, para o mesmo ano, surgem com pequenas variações nos valores apresentados.

Na abordagem geral do parque automóvel, a análise centrou-se no número de veículos registados, na quilometragem, nas vendas e na idade média dos veículos. No que diz respeito à abordagem mais detalhada aos VLP, começou-se por caracterizar o parque e as vendas do ano de 2010 e, posteriormente, analisou-se a evolução das vendas por tipo de combustível. As tendências evolutivas das suas características técnicas (potência, cilindrada, tara e distância entre eixos) e a evolução das emissões de CO₂ foram também objeto de estudo. O objetivo inicial consistia em fazer a sua análise para o parque circulante, no entanto, devido à ausência de dados estatísticos suficientes para esse estudo, optou-se por analisar a evolução das características técnicas e das emissões de CO₂ para os veículos vendidos anualmente.

3.2 Caracterização dos veículos da amostra BSR

A amostra BSR é uma base de dados de segurança rodoviária que contém informações dos registos de acidentes de viação com veículos ligeiros registados pela GNR, na área metropolitana do Porto, durante o período de 2006 a 2010, e dos quais resultaram feridos e/ou vítimas mortais. Esta base de dados foi desenvolvida de forma metódica para a análise do efeito das características específicas do veículo na gravidade do acidente, no âmbito do projeto de investigação intitulado “SAFENV: Compromisso entre Segurança e Emissões para o Tráfego Rodoviário”, no qual se insere a presente Dissertação. A amostra compreende um total de 1374 observações, das quais 874 envolveram a colisão entre dois veículos e as restantes 500 referem-se a despistes (situações em que um único veículo foi envolvido no acidente). No desenvolvimento da BSR, a informação sobre o acidente e a sua gravidade (expressa pelo número de feridos e/ou vítimas mortais) foi desenvolvida com dados específicos sobre as características técnicas de

cada um dos veículos envolvidos no acidente. Para o efeito, os dados das matrículas averbadas nas Participações de Acidentes de Viação registadas pela GNR foram cruzados com a Ficha de Homologação do Veículo, disponibilizadas pelo Instituto de Mobilidade dos Transportes Terrestres (IMTT). Para os objetivos da presente dissertação, a análise da BSR centra-se nas características técnicas dos veículos disponibilizadas e não nas consequências do acidente (feridos e/ou vítimas mortais). Esta base de dados contempla um total de 2248 veículos ligeiros que inclui um espectro muito variado de marcas e modelos, alguns muito antigos e outros extremamente recentes. A amostra contém, para além dos modelos mais convencionais, a diesel e a gasolina, modelos a combustíveis alternativos (GPL e híbridos), ainda que em menor frequência. No que diz respeito às informações relativas às características técnicas dos veículos analisadas, apresenta-se o seguinte exemplo da BSR: marca (Toyota), modelo (Corolla), categoria (VCL), tara (1355kg), cilindrada (1995cm³), distância entre eixos (2600mm), combustível (diesel), ano (2003).

Apesar da amostra BSR ser constituída por um espectro muito variado de veículos, o seu número é, tal como seria de esperar, significativamente inferior em dimensão face ao número de veículos do PAP. Contudo, a metodologia adotada foi no sentido de permitir a comparação das suas características e tendências com as de todo o PAP.

3.2.1 Análise das tendências evolutivas das características técnicas

A recolha de dados estatísticos, para o estudo da evolução das características técnicas dos veículos ligeiros do PAP, não foi possível para todos os anos pretendidos nem para todas as categorias de veículos ligeiros com interesse neste estudo. Os dados estatísticos disponíveis possibilitaram apenas a análise dos perfis evolutivos das características técnicas para os VLP e nem sempre para a totalidade do período pretendido, 1990 a 2010. Em particular, os valores dos parâmetros tara e distância entre eixos só estavam disponíveis para os modelos registados entre 2001 e 2010. Com o intuito de complementar esse estudo, procedeu-se à análise das tendências evolutivas das características técnicas dos veículos existentes na BSR. As características técnicas que foram objeto de estudo foram: a cilindrada, a tara e a distância entre eixos.

Após traçados os perfis evolutivos das características técnicas dos veículos da BSR, procedeu-se à sua comparação com os perfis evolutivos das características técnicas dos veículos do PAP, para os períodos de tempo possíveis, com o objetivo de averiguar se as características dos veículos da BSR seguem as tendências generalizadas, ou não, das características dos veículos do PAP.

3.2.2 Análise das tendências evolutivas dos consumos e emissões

Os dados estatísticos recolhidos permitiram somente avaliar a evolução das emissões de CO₂, no período compreendido entre 2002 e 2010. Assim sendo, procedeu-se à estimativa das emissões atmosféricas e consumos associados aos veículos pertencentes à amostra BSR. Com base nestas estimativas, foi depois possível analisar a evolução do desempenho energético e ambiental dos veículos ligeiros e, também, analisar a influência que os atributos dos veículos têm nas suas emissões e consumos.

O cálculo das emissões e consumos foi efetuado através da utilização do modelo Copert 4, para os 2248 veículos presentes na BSR. O Copert 4 é um modelo que possibilita uma análise à escala macroscópica das emissões e consumos de veículos automóveis. A estimativa de emissões de poluentes, neste estudo, incidiu na análise de emissões a quente, isto é, estimadas para veículos em plena circulação.

Os dados obtidos no Copert 4, referentes aos consumos e emissões, foram os seguintes:

- CO – Monóxido de carbono;
- CO₂ – Dióxido de carbono;
- NO_x – Óxidos de azoto;
- VOC - Compostos orgânicos voláteis;
- PM – Partículas materiais;
- FC – Consumo de combustível.

Neste trabalho, a aplicação do modelo Copert 4, para o cálculo dos parâmetros acima referidos, segue a metodologia destacada em trabalhos anteriores (SILVA, 2011; NTZIACHRISTOS e SAMARAS, 2010).

A estimativa dos consumos e emissões requer a introdução de dados sobre os veículos no Copert 4, nomeadamente: a sua categoria, o tipo de combustível utilizado, a legislação tecnológica em termos de emissões a si aplicável (padrão europeu de emissões) e, por vezes, a sua cilindrada. Os veículos em estudo encontram-se divididos em duas categorias: VCL e VLP. Por sua vez, a categoria dos VCL encontra-se subdividida em veículos com motorizações a diesel e a gasolina e a categoria dos VLP encontra-se fracionada em veículos com motorizações híbridas, a diesel, a gasolina e a GPL. O procedimento para a definição dos VLP, à exceção dos VLP a GPL, no Copert 4, requer ainda a utilização de dados sobre a cilindrada (c.c). Assim, os VLP a gasolina e híbridos encontram-se subdivididos em três grupos: $c.c \leq 1,4L$; $1,4L < c.c \leq 2,0L$; $c.c > 2,0L$ e os veículos a diesel em dois $c.c \leq 2,0L$; $c.c > 2,0L$.

O padrão europeu de emissões é um dos parâmetros necessários ao cálculo dos consumos e emissões dos veículos. O ano do primeiro registo do veículo, disponível na BSR, foi utilizado para determinar qual a norma de emissões associada. Os dois quadros seguintes apresentam a entrada em vigor de todas as normas referentes aos vários tipos de veículos presentes na amostra em análise. O Quadro 3 refere-se a todos os VLP, uma vez que as datas de introdução das normas para as várias motorizações coincidem, à exceção dos veículos com injeção direta (veículos a diesel), cuja norma Euro2 se iniciou em 1997. No entanto, como não se teve acesso a este tipo de informação, foi atribuído o ano de 1996 a todos os veículos a diesel, como sendo a entrada em vigor da norma Euro2. É de referir também que, no caso da aplicação das normas não coincidir com o primeiro dia do respetivo ano, foi considerado, como a data de introdução da mesma, o início do ano. Por fim, é importante salientar que para os VLP, quer a diesel, quer a GPL, apesar de também se ter verificado a introdução de normas anteriores a 1992, a metodologia do Copert 4 acoplou essas normas em apenas um grupo, denominado “*Conventional*”. No Quadro 4, encontra-se presente a distribuição das normas europeias de emissões para os VCL ao longo dos anos. Neste caso, à semelhança dos VLP, a introdução das normas de emissões para ambas as motorizações ocorreu na mesma altura (NTZIACHRISTOS e SAMARAS, 2010).

Quadro 3: Entrada em vigor das normas europeias de emissões referentes aos VLP

Motorização	Legislação	Data de introdução
Gasolina	Pré - ECE	Até 1971
	ECE 15/00-01	1972
	ECE 15/02	1978
	ECE 15/03	1981
	ECE 15/04	1985
Diesel/GPL	“ <i>Conventional</i> ”	Até 1992
Gasolina/Diesel/ GPL	Euro 1	junho de 1992
	Euro 2	1996
	Euro 3	2000
Gasolina/Diesel/ GPL/Híbrida	Euro 4	2005
Gasolina/Diesel/ GPL	Euro 5	2010

Quadro 4: Entrada em vigor das normas europeias de emissões referentes aos VCL

Motorização	Legislação	Data de introdução
Gasolina/Diesel	“ <i>Conventional</i> ”	Até 1993
	Euro 1	1993
	Euro 2	1997
	Euro 3	2001
	Euro 4	2006

O cálculo dos consumos e emissões requer, ainda, a introdução do tipo de via em que o veículo se encontrava em circulação e da velocidade praticada. No âmbito da seleção do tipo de via, o modelo disponibiliza três opções: urbana (“*urban*”), nacional (“*rural*”) e via rápida (“*highway*”). A velocidade praticada é introduzida no campo “*Speed (km/h)*”. No entanto, a BSR não possui dados sobre a velocidade média de cada viagem, pelo que se estabeleceu o limite máximo permitido em cada via como sendo a velocidade praticada pelos veículos. Assim e de acordo com o tipo de velocidade máxima permitida (50km/h, 90km/h, 100km/h, 120km/h), fez-se a seguinte atribuição:

- 50km/h – vias urbanas;
- 90km/h – vias nacionais;
- 100km/h – vias rápidas;
- 120km/h – vias rápidas (autoestradas);

Uma vez preenchido o campo “*Speed (km/h)*”, segue-se o campo “*Driving Share (%)*”, o qual possibilita a repartição da viagem pelos três tipos de vias, atribuindo uma percentagem a cada uma. Porém, do percurso realizado por cada veículo, apenas se teve acesso à informação relativa à via onde o veículo sofreu o acidente de viação. Devido a este facto, atribui-se a percentagem de 100% à via onde ocorreu o acidente.

4 O PARQUE AUTOMÓVEL PORTUGUÊS E A SUA EVOLUÇÃO

No presente capítulo, é caracterizado o parque automóvel português e são apresentadas as suas tendências evolutivas mais significativas, para as “duas últimas décadas”, período compreendido entre 1990 e 2010. Este capítulo começa por fazer uma abordagem geral a todo o parque automóvel, passando, de seguida, para uma abordagem mais centrada nos veículos ligeiros de passageiros, veículos que, no ano de 2010, representavam cerca de 80% de todo o parque automóvel português (ACAP, 2011).

4.1 Caracterização geral do parque automóvel

4.1.1 Número de veículos do parque automóvel

O parque automóvel português sofreu uma extraordinária evolução entre o ano de 1990 e o ano de 2010, tendo, no total, aumentado 2,7 vezes (Figura 4) (ACAP, 2011). No entanto, na “última década”, depois do ano de 2000, assistiu-se a uma desaceleração desse crescimento. No Anexo A, para todo o período em análise, é apresentado o número de veículos do parque automóvel, por categoria.

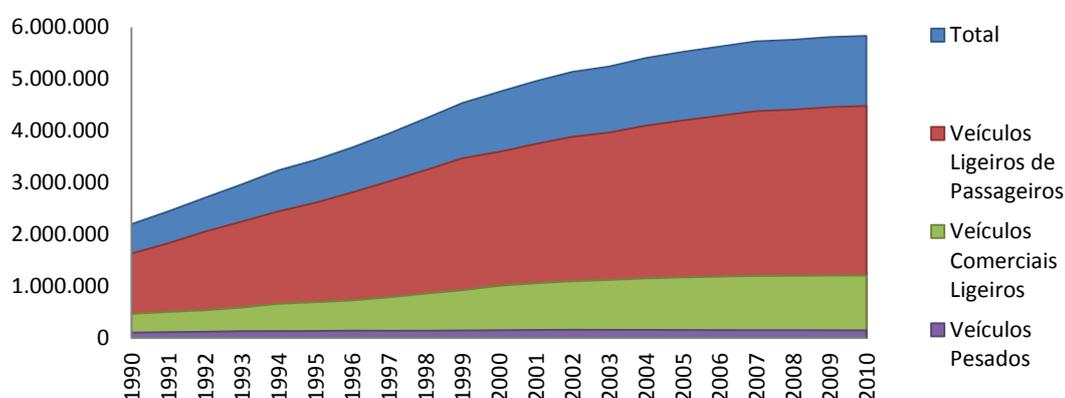


Figura 4: Evolução do número de veículos do parque automóvel português, no período de 1990 a 2010 (dados de ACAP, 2011)

A fração do parque automóvel que reúne os VLP cresceu 2,8 vezes nas últimas duas décadas, representando 77% do total do parque automóvel português em 2010. Da mesma forma, os veículos comerciais ligeiros também tiveram um crescimento acentuado, pois cresceram 2,6 vezes face ao número registado em 1990, representando 21% do total do parque automóvel em 2010. No que toca aos veículos pesados, o seu número aumentou 1,4 vezes face ao ano de 1990, representando, em 2010, somente 2% do total do parque automóvel (Figura 5) (ACAP, 2011).

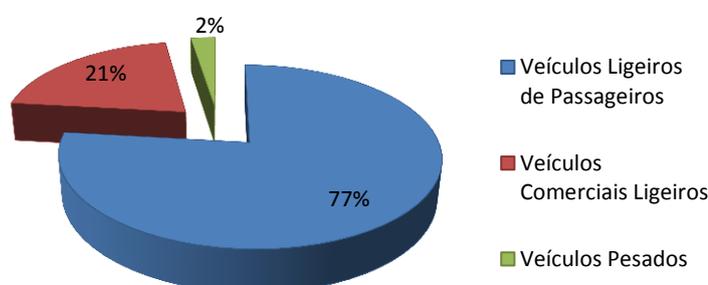


Figura 5: Constituição do parque automóvel português em 2010 (dados de ACAP, 2011)

O parque automóvel da UE-27, tal como aconteceu com o parque automóvel português, também sofreu uma evolução notável nas últimas duas décadas, tendo quase duplicado (Figura 6) (EC, 2011). No entanto, em comparação com o parque automóvel português, o aumento do número de veículos não foi tão pronunciado.

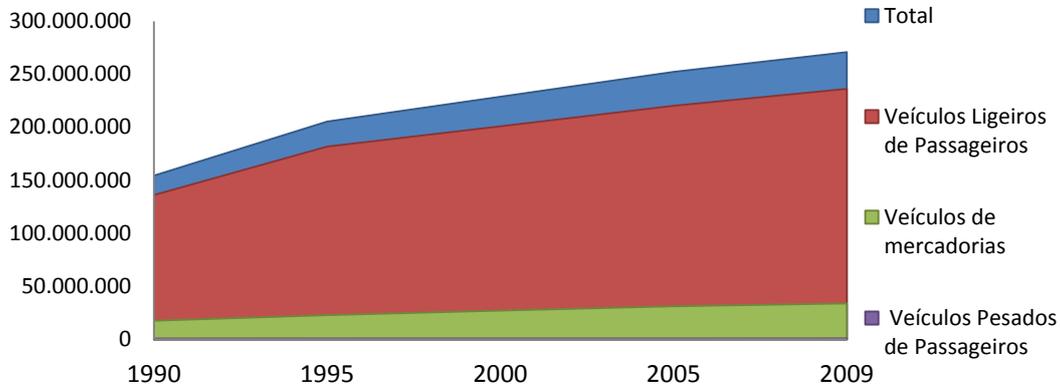


Figura 6: Evolução do número de veículos do parque automóvel da UE-27, nas últimas duas décadas (dados de EC, 2011)

Como consequência do parque automóvel português ter tido um maior crescimento em relação ao parque automóvel da UE-27, a taxa de motorização portuguesa, referente ao número de VLP/1000 habitantes, foi-se aproximando da taxa de motorização da UE-27 (Figura 7). No ano de 1990, Portugal possuía uma taxa de motorização de apenas 185VLP/1000 habitantes, ao passo que a taxa de motorização da UE-27 era de 345VLP/1000 habitantes. No ano de 2009, a taxa de motorização em Portugal já era de 419VLP/1000 habitantes, enquanto a da UE-27 era de 473VLP/1000 habitantes (EC, 2011).

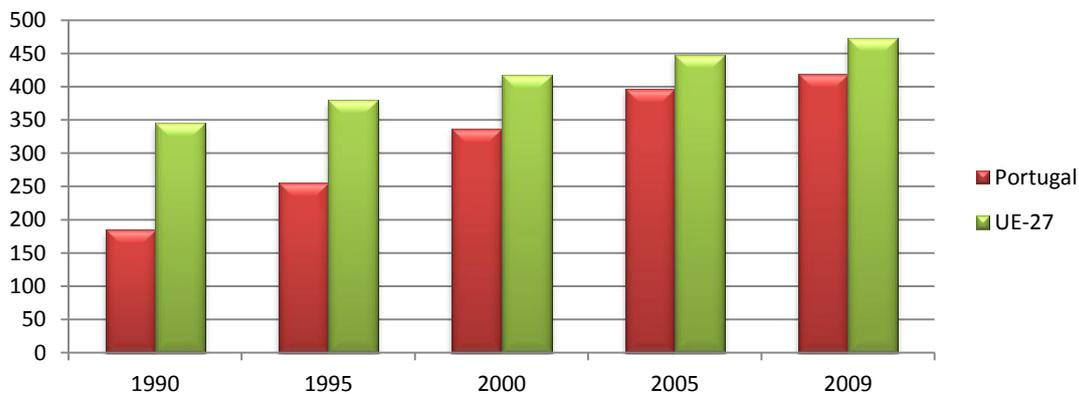


Figura 7: Evolução do número de VLP/1000 habitantes em Portugal e na UE-27, no período de 1990 a 2009 (dados de EC, 2011)

O crescimento de 126% do número de VLP/1000 habitantes, entre 1990 e 2009, é um indicador da melhoria da qualidade de vida da população portuguesa. Em Portugal, a densidade populacional é maior na zona litoral do que no interior do país, o que tem provocado, sobretudo, uma maior concentração de veículos nesses distritos.

4.1.2 Quilometragem do parque automóvel

Como consequência do aumento do número de veículos automóveis, a quilometragem do parque automóvel português aumentou em cerca de 82%, no período compreendido entre 1990 e 2009 (Figura 8). No entanto, entre 2003 e 2009, a Figura 8 revela uma estagnação da quilometragem, facto resultante da desaceleração do crescimento do parque automóvel (APA, 2011).

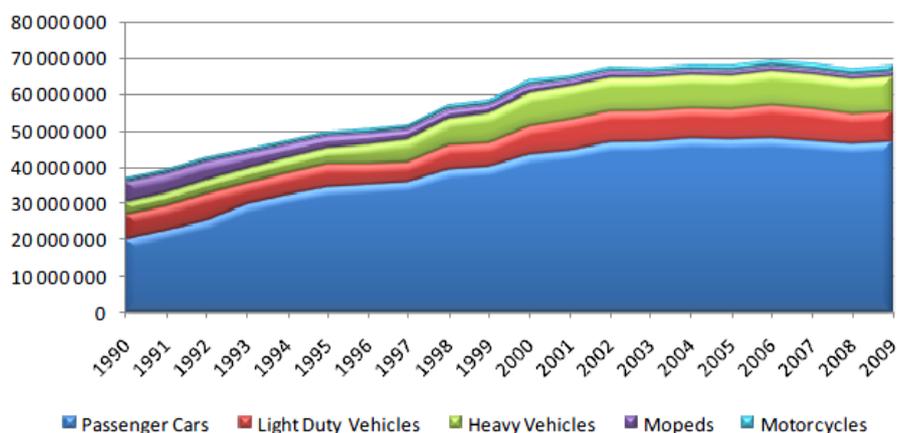


Figura 8: Quilómetros percorridos anualmente por tipo de veículo (vkm×10³), no período de 1990 a 2009 (APA, 2011)

Com mais pormenor, são apresentados, no Anexo B, os quilómetros médios percorridos anualmente pelos VLP e pelos VCL, no período de 1990 a 2009, por classe e por norma de emissão de poluentes. Para as várias classes dos VLP e dos VCL, com a exceção da classe dos VLP a GPL, constata-se que, quanto mais recente é a norma de emissão de poluentes, maior é a quilometragem média anual, ou seja, no geral, os VLP e os VCL mais recentes percorrem, anualmente, em média, um maior número de quilómetros do que os veículos mais antigos, facto que se verifica ao longo de todo o período (APA, 2011).

4.1.3 Vendas de veículos automóveis

O volume de vendas de veículos automóveis novos em Portugal, no período compreendido entre 1990 e 2010, sofreu várias flutuações, tendo o pico de vendas ocorrido no ano de 2000 (Figura 9) (ACAP, 2011). Contrariando a tendência crescente verificada até ao ano de 2000, na última década, o volume de vendas registou uma tendência decrescente, tendo as vendas do ano de 2010 sido 35% inferiores às do ano de 2000. Este perfil de vendas tem contribuído para a desaceleração do crescimento do parque automóvel nos últimos anos. A quebra nas vendas de veículos novos registada na última década deve-se, sobretudo, à crise económica que tem assolado Portugal, à elevada carga fiscal associada à compra de um novo veículo e ao aumento das importações de veículos usados.

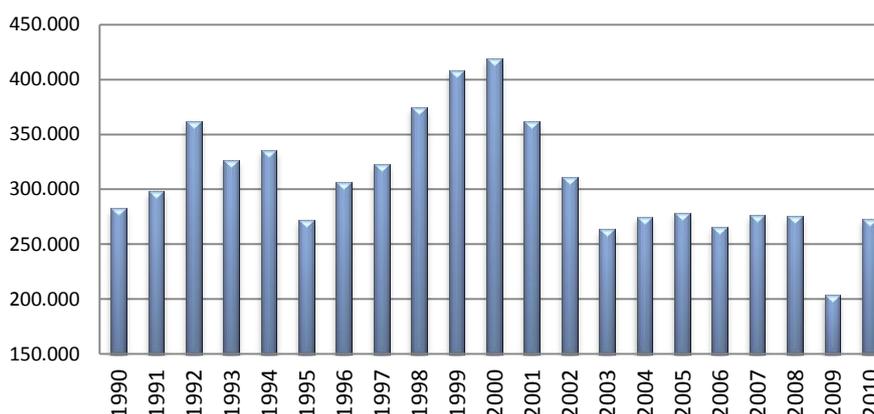


Figura 9: Evolução do volume de vendas de veículos novos, no período de 1990 a 2010 (dados de ACAP, 2011)

A Figura 10 (com mais pormenor o Anexo C) ilustra a evolução do volume de vendas dos veículos ligeiros de passageiros, no período de 1990 a 2010. O maior volume de vendas foi registado no ano de 1992, com 276.984 unidades vendidas, e o menor volume de vendas aconteceu no ano de 2009, com 161.013 unidades vendidas. No ano de 2010, as três marcas que lideraram as vendas nacionais de VLP foram: Renault (11,7%), Volkswagen (8,4%) e Peugeot (8,1%) (Figura 11) (ACAP, 2011).

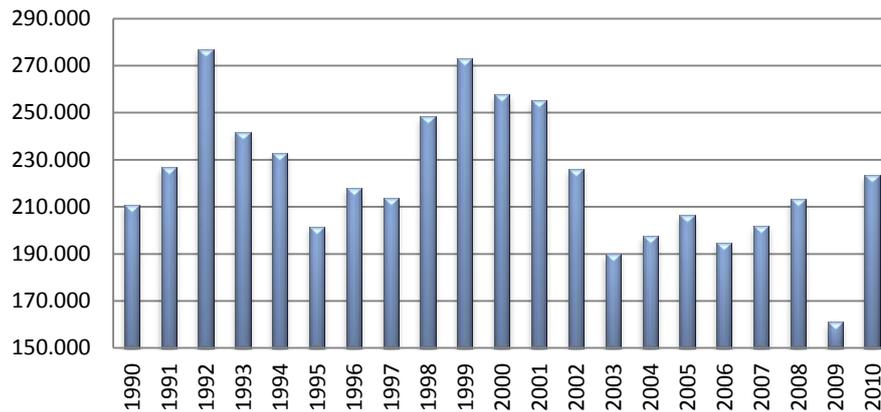


Figura 10: Evolução do volume de vendas dos VLP, no período de 1990 a 2010 (dados de ACAP, 1995-2011)

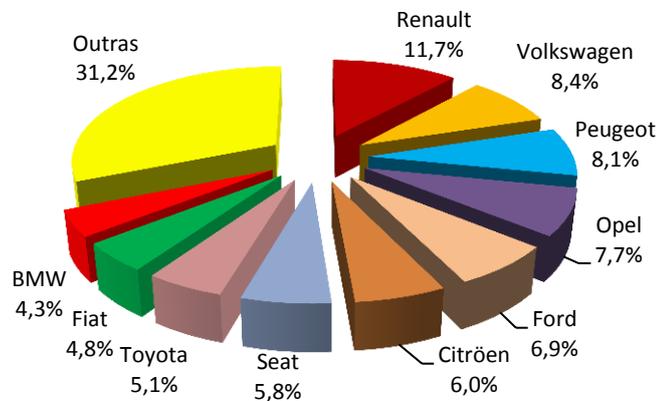


Figura 11: Venda de VLP em Portugal no ano de 2010, por marca (dados de ACAP, 2011)

A evolução do volume de vendas dos veículos comerciais ligeiros, no período de 1990 a 2010, encontra-se representada na Figura 12 e no Anexo D. Neste período de tempo, o maior volume de vendas registou-se no ano de 2000, com 120.585 unidades vendidas, enquanto o menor volume de vendas se verificou no ano de 2009, com 38.906 unidades vendidas. As três marcas que venderam mais VCL no ano de 2010 foram: Renault (15,2%), Citröen (15,0%) e Peugeot (11,8%) (Figura 13) (ACAP, 2011).

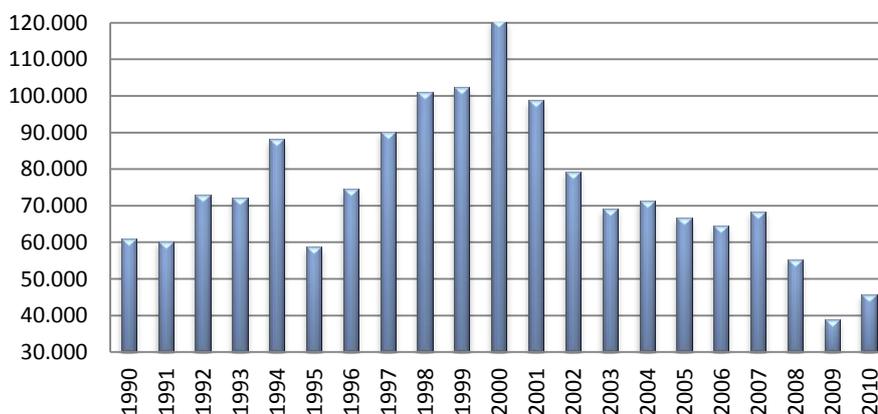


Figura 12: Evolução do volume de vendas dos VCL, no período de 1990 a 2010 (dados de ACAP, 1995-2011)

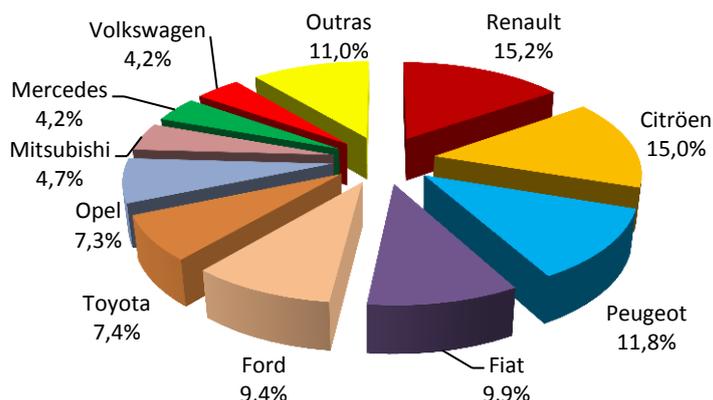


Figura 13: Venda de VCL em Portugal, no ano de 2010, por marca (dados de ACAP, 2011)

4.1.4 Idade do parque automóvel

A eficiência energética e as emissões de GEE encontram-se diretamente relacionadas com a idade dos veículos. No geral, quanto mais velhos são os veículos, maiores são os seus consumos energéticos e maiores são as suas emissões de poluentes. A idade média do parque automóvel é, portanto, um indicador indireto do desempenho ambiental do setor dos transportes. Associado à idade dos veículos, encontra-se também o fator segurança. Os veículos antigos são menos seguros do que os veículos modernos, não só pelo tipo de materiais utilizados na sua construção, mas também porque tendem a ser desprovidos de equipamento de segurança passiva como “*airbags*”, entre outros atributos ao dispor da segurança rodoviária (VRKLIJAN e ANABY, 2011).

Pela análise da Figura 14, constata-se que o parque automóvel português, no período compreendido entre 1995 e 2009, envelheceu. No ano de 2009, à exceção dos VCL, todos os tipos de veículos automóveis possuíam uma média de idades superior à da UE-27 + (Suíça, Noruega e Turquia), ao passo que, no ano de 1995, era o oposto. No período 1995 a 2009, a média de idades dos VLP a circular em Portugal subiu dos 6,1 para os 10,4 anos e, em sentido contrário, na UE-27 + (Suíça, Noruega e Turquia), desceu dos 8,8 para os 8,2 anos. Na mesma linha se encontram os VPP (Veículos Pesados de Passageiros), cuja média de idades dos veículos a circular em Portugal subiu dos 11,6 para os 13,7 anos, ao passo que na UE-27 + (Suíça, Noruega e Turquia), baixou dos 11,7 para os 9,3 anos. A média de idades dos VCL e dos VPM (Veículos Pesados de Mercadorias) a circular em Portugal aumentou dos 5,6 e 9,6 anos, respetivamente, para os 10,5 e 12,9 anos, enquanto, na UE-27 + (Suíça, Noruega e Turquia), aumentou dos 9,8 e dos 10,7 anos, respetivamente, para os 11,7 e 11,5 anos.

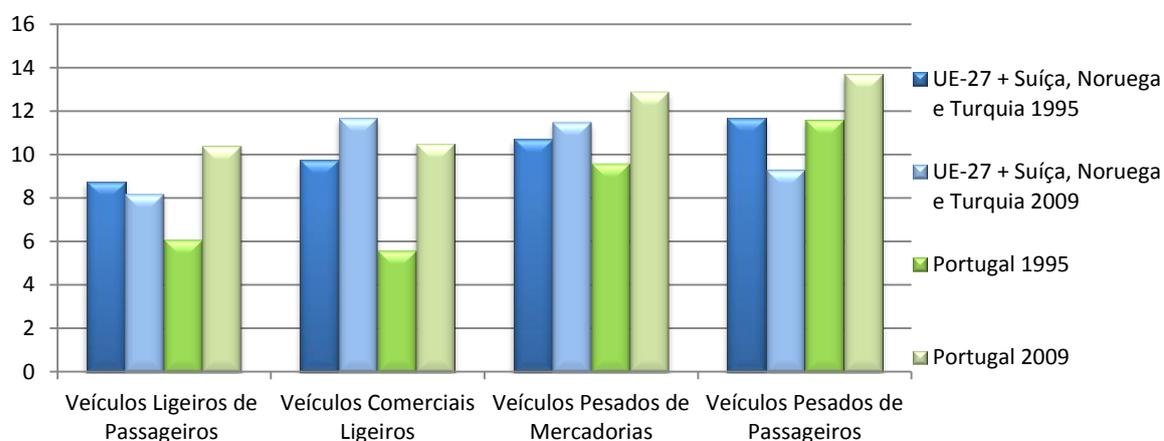


Figura 14: Idade média do parque automóvel português e da UE-27 + (Suíça, Noruega e Turquia), nos anos de 1995 e 2009, por categoria de veículo automóvel (dados de ACAP, 1996, 2010; EEA, 2010)

O envelhecimento do parque automóvel português tem-se traduzido num aumento da idade média dos veículos em fim de vida (VFV). Desde 2006 até 2010, a idade média dos veículos abatidos nos centros de desmantelamento VALORCAR aumentou dos 15,6 anos, 20.020 VFV, para os 17,3 anos, 78.402 VFV (Figura 15) (VALORCAR, 2012).

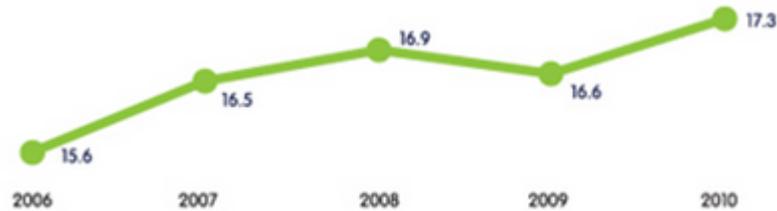


Figura 15: Idade média dos VFV abatidos nos centros de desmantelamento VALORCAR (VALORCAR, 2012)

4.2 Caracterização dos veículos ligeiros de passageiros

4.2.1 Parque e vendas de VLP – Ano de 2010

Os VLP pertencentes ao PAP de 2010 eram modelos de marcas com a seguinte distribuição por nacionalidade: alemã (41%), francesa (25%), japonesa (12%), italiana (7%) e espanhola (4%) (Figura 16). As cinco marcas mais populares eram, nesse ano: Renault (12%), Opel (11%), Volkswagen (10%), Peugeot (7%) e a Fiat (7%) (Figura 17). No PAP de 2010, infelizmente, existiam poucos veículos de marcas portuguesas, destacando-se a UMM e Mini-Moke (0,1%) (ACAP, 2011).

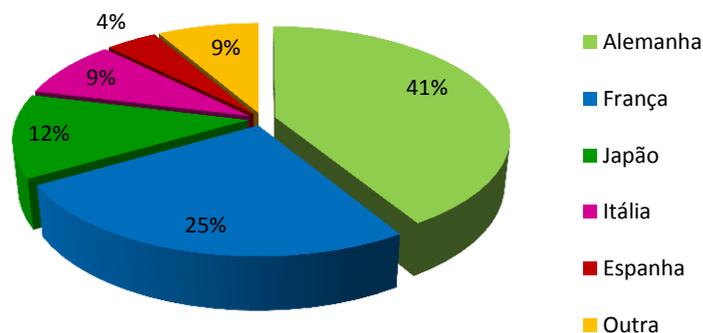


Figura 16: VLP a circular em 2010, por país da marca (dados de ACAP, 2011)

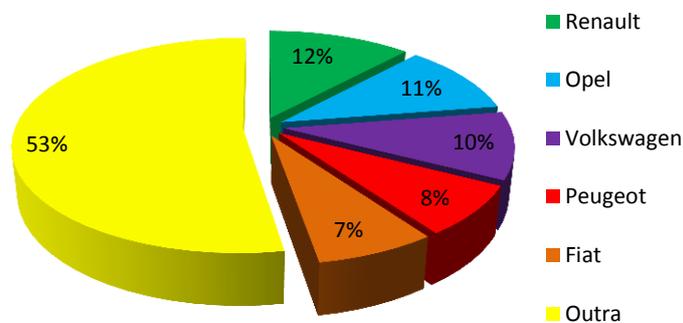


Figura 17: VLP a circular em 2010, por marca (dados de ACAP, 2011)

O número de VLP registados em Portugal, no ano de 2010, era de 4.480.000 veículos, com uma idade média de 10,1 anos. Na Figura 18, encontra-se representada a sua distribuição por faixa etária, sendo a faixa etária dos 10 a 15 anos a que reúne uma maior quantidade de veículos (ACAP, 2011).

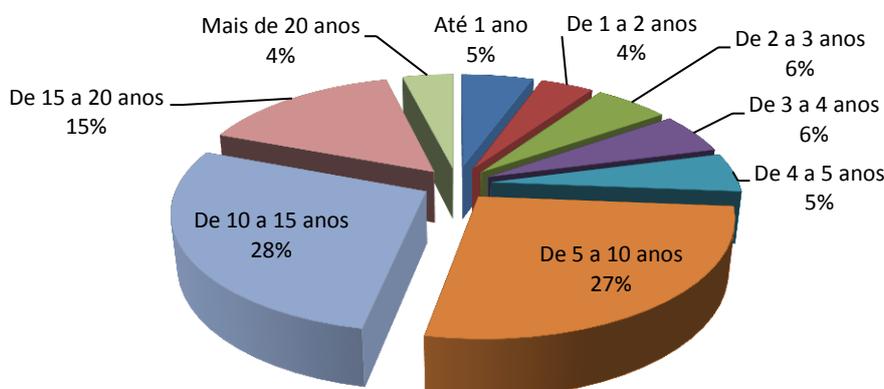


Figura 18: Distribuição dos VLP registados no ano de 2010, por faixa etária (dados de ACAP, 2011)

As vendas de VLP, em Portugal, no ano de 2010, foram de 223.464 veículos. Os automóveis do segmento inferior foram os mais vendidos (Figura 19) e, do sub-segmento, foram as berlinas de cinco portas (Figura 20). Os 50 modelos e as 50 versões mais vendidas encontram-se presentes no Anexo E. O modelo mais vendido foi o Renault Megane e a versão mais vendida foi o Opel Corsa 1.2 Enjoy 5P (ACAP, 2011).

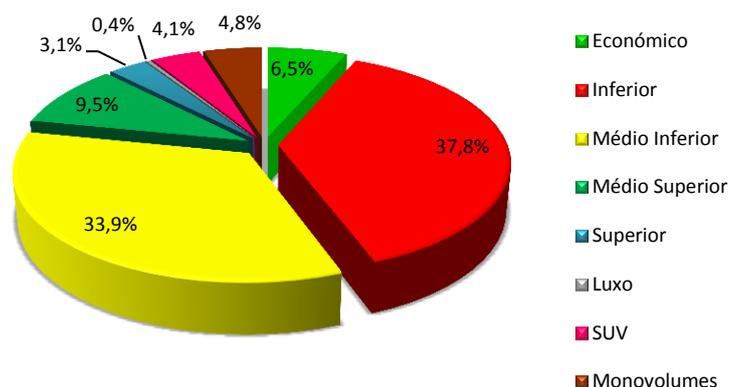


Figura 19: Venda de VLP em Portugal, no ano de 2010, por segmento (dados de ACAP, 2011)

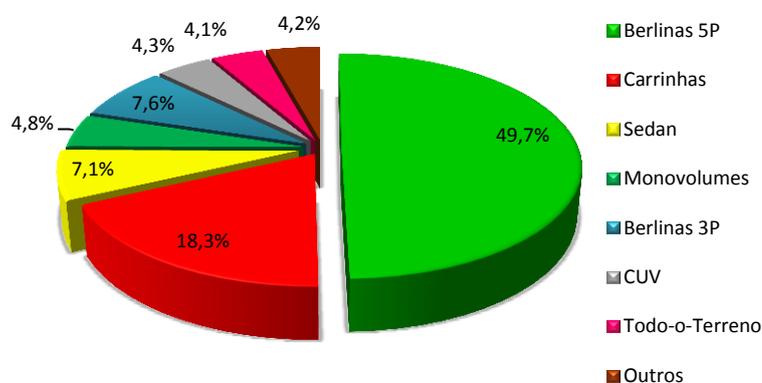


Figura 20: Venda de VLP em Portugal, no ano de 2010, por sub-segmento (dados de ACAP, 2011)

4.2.2 Evolução das vendas de VLP por tipo de combustível

No período de 1990 a 2010, o tipo de combustível predominante nos VLP vendidos em Portugal sofreu mudanças, como ilustra a Figura 21 e, com mais pormenor, o Anexo C. Neste período de tempo, a venda de VLP a diesel aumentou consideravelmente, tendo, no ano de 2004, ultrapassado os 50% de vendas. O aumento das vendas de VLP a diesel também se verificou na UE-15 + EFTA (*“European Free Trade Association”*), contudo, as vendas só ultrapassaram os 50% no ano de 2006 (Figura 22). A maior afluência à compra de VLP a diesel deve-se ao facto de o preço do diesel ser inferior ao da gasolina, bem como à fiabilidade dos motores diesel e aos desenvolvimentos tecnológicos na sobrealimentação, no controlo do sistema de injeção e tratamento dos gases de escape que possibilitaram a diminuição dos consumos e das emissões de gases poluentes.

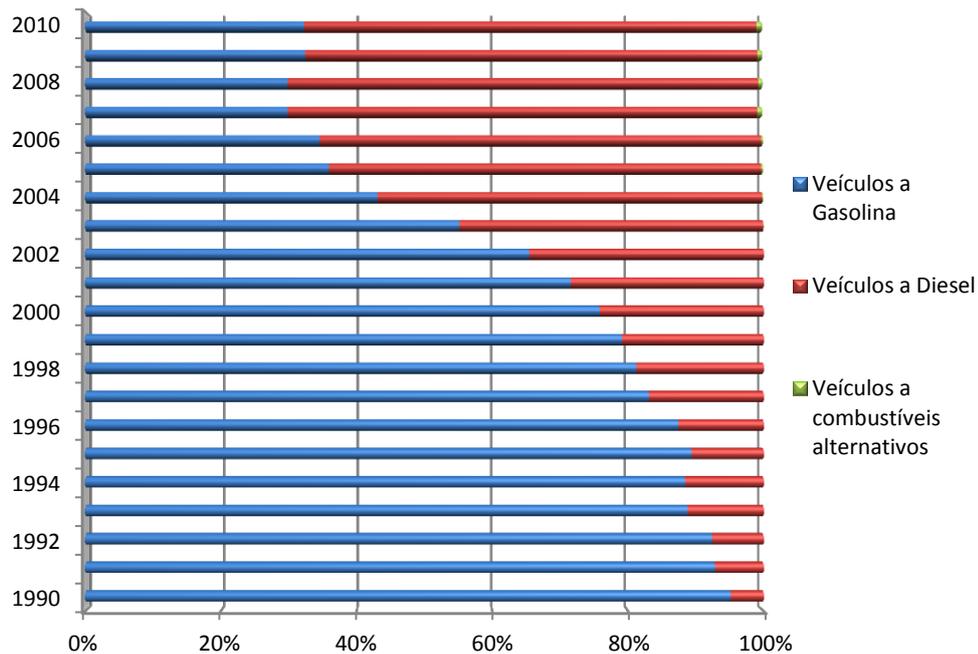


Figura 21: Venda de VLP em Portugal, no período de 1990 a 2010, por tipo de combustível (dados de ACAP, 1995-2011)

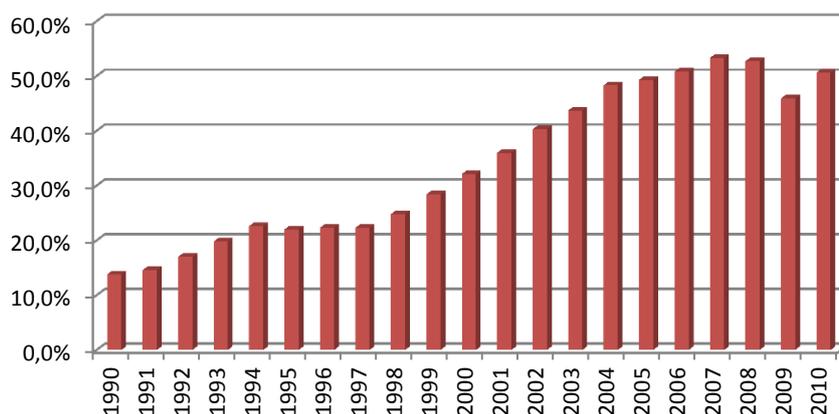


Figura 22: Rácio da venda de VLP a diesel, no período de 1990 a 2009, na UE-15 + EFTA (dados de ACEA, 2011)

Em Portugal, no período em análise, a venda de veículos a combustíveis alternativos não teve grande expressão, tal como se verifica pela baixa representatividade na Figura 21. No entanto, a sua venda manteve uma tendência crescente, desde o ano de 2002 até ao ano de 2010 (Figura 23). Entre os vários tipos de veículos a combustíveis alternativos, os veículos híbridos foram aqueles que se venderam em maior

número. Porém, em Portugal, estes veículos não tiveram o mesmo impacto que tiveram noutros países como os EUA e o Japão (HYBRIDCARS, 2012). Nos últimos anos, com as vendas de VLP em queda e com a concorrência dos veículos a diesel, tem sido difícil para os veículos híbridos penetrarem no mercado nacional, tal como acontece na UE-27. Quanto aos veículos a GPL (GPL + Gasolina/GPL), entre 2008 e 2010, o número de veículos vendidos subiu dos 36 para os 932, traduzindo-se num aumento extremamente significativo de 26 vezes em apenas dois anos (ACAP, 2011). Esta nítida tendência da entrada de veículos a GPL no PAP deve-se aos sucessivos aumentos dos preços dos combustíveis tradicionais, o que tem vindo a tornar o GPL numa alternativa cada vez mais económica. É de salientar ainda que a venda de veículos puramente elétricos foi quase inexistente. No ano de 2010, apenas se registou a venda de 18 veículos (ACAP, 2011), devido ao seu preço elevado e à falta de incentivos fiscais, o que tem contribuído para a baixa procura destes modelos por parte do potencial comprador. Por outro lado, alguns dos modelos elétricos requerem o pagamento de um aluguer mensal das baterias, tal como acontece por exemplo com o Renault Fluence.

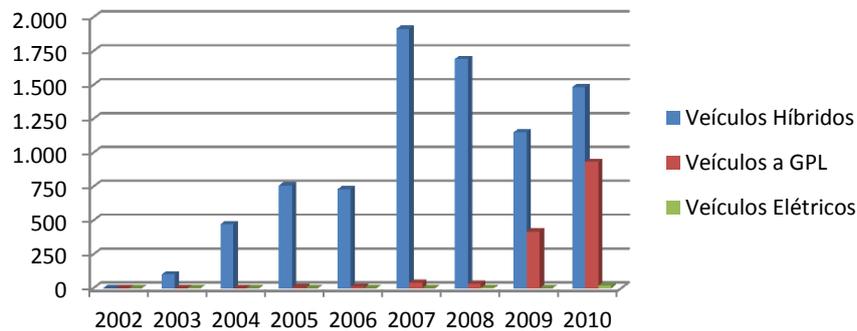


Figura 23: Evolução da venda, em Portugal, de VLP a combustíveis alternativos (dados de ACAP, 2011)

4.2.3 Tendências evolutivas das características técnicas

Entre 1990 e 2010, devido à evolução tecnológica, verificou-se uma mudança do cenário da potência da motorização dos VLP vendidos. Neste período, em Portugal, a potência média dos VLP vendidos aumentou 64% (47kW - 77kW), tendo atingido o valor máximo de 78kW, em 2009. Na UE-15 + EFTA, o aumento foi de 38% (61kW - 84kW), com um valor máximo de 87kW alcançado em 2007 (Figura 24). A potência média dos VLP vendidos em Portugal, ao longo do período analisado, foi sempre inferior à dos VLP vendidos na UE15 + EFTA, embora essa diferença se tenha atenuado nos últimos anos.

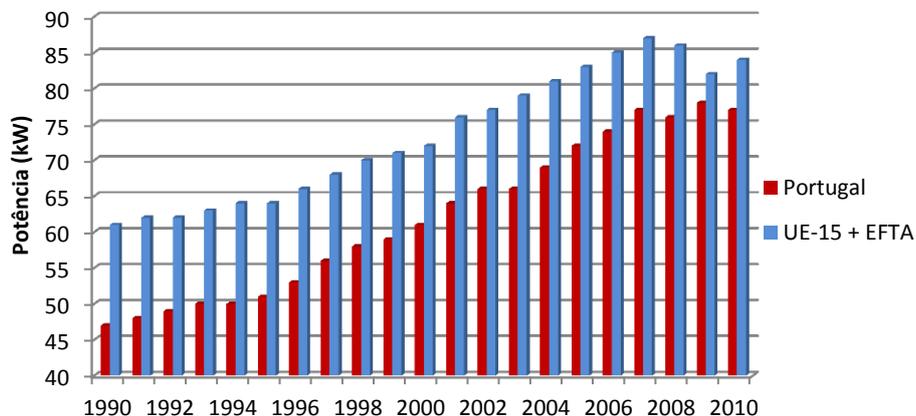


Figura 24: Evolução da potência média dos VLP vendidos em Portugal e na UE-15 + EFTA, no período de 1990 a 2010 (dados de ACEA, 2011)

No período compreendido entre 1990 e 2010, a cilindrada média dos VLP vendidos em Portugal e na UE-15 + EFTA aumentou 23% ($1244\text{cm}^3 - 1531\text{cm}^3$) e 3% ($1591\text{cm}^3 - 1635\text{cm}^3$), respetivamente. Pela análise da Figura 25, constata-se que a cilindrada média dos VLP vendidos em Portugal foi sempre inferior à da média da UE-15 + EFTA, embora se tenha vindo a aproximar. Este facto poderá estar associado ao menor poder socioeconómico dos portugueses comparativamente à média da UE-15 + EFTA.

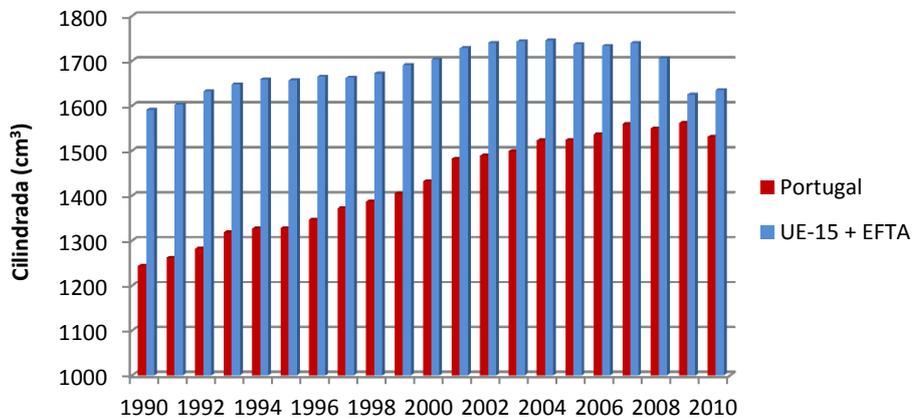


Figura 25: Evolução da cilindrada média dos VLP vendidos em Portugal e na UE-15 + EFTA, no período de 1990 a 2010 (dados de ACEA, 2011)

Em Portugal, a partir do ano de 2007, assistiu-se a um abrandamento do aumento dos valores médios de cilindrada dos veículos novos vendidos. Na UE-15 + EFTA, esse abrandamento verificou-se cinco anos antes, isto é, desde 2002 a cilindrada média dos VLP manteve-se em geral constante, apresentando uma queda entre 2007 e 2009. Esta tendência de estagnação da cilindrada média dos VLP vendidos, tanto em Portugal como na UE-15 + EFTA, é resultado da crise económica global, que levou à maior procura por parte dos consumidores de VLP de baixa cilindrada, veículos mais económicos.

O aumento da cilindrada média dos VLP vendidos, tanto em Portugal como na UE-15 + EFTA, nas últimas duas décadas, encontra-se em parte associado ao aumento das vendas de veículos a diesel. Tecnicamente, os veículos a diesel necessitavam de maiores cilindradas do que os veículos a gasolina, para produzirem uma potência equivalente, sendo, por isso, em média, de cilindradas superiores (Figura 26).

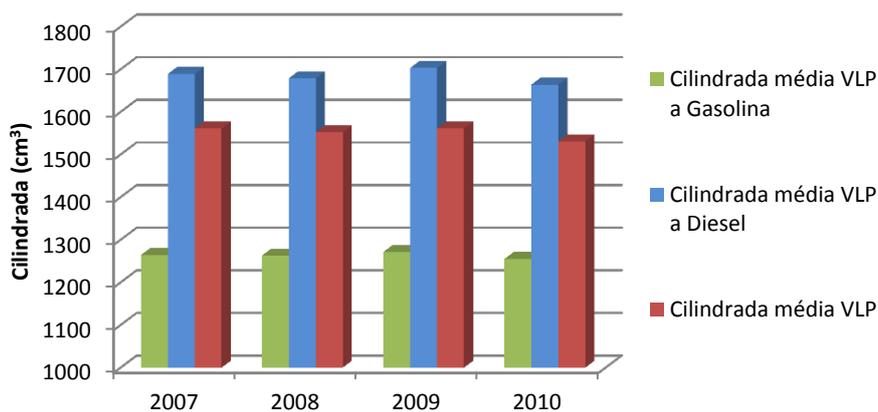


Figura 26: Cilindrada média dos VLP vendidos em Portugal, entre 2007 e 2010, por tipo de combustível (dados de ACAP, 2009-2011)

O número de VLP vendidos em Portugal, entre 1990 e 2010, por faixa de cilindrada, encontra-se presente no Anexo F.

A tara (genericamente considerada como a massa de um veículo sem carga) de um veículo está fortemente relacionada com a sua segurança, com o seu consumo de combustível e com as suas emissões de GEE. Na última década, a tara média dos VLP vendidos em Portugal e em toda a UE-27 aumentou 13% (1191kg - 1348kg) e 8% (1268kg – 1372kg), respetivamente. Contudo, apesar de, entre 2001 a 2007, tanto em Portugal como na UE-27, se ter registado um aumento sucessivo do seu valor, a partir do ano de 2007 e até ao ano de 2010, esse valor permaneceu aproximadamente constante, excetuando o ano de 2009 em que a sua diminuição foi substancial (Figura 27) (CAMPESTRINI e MOCK, 2011). A estabilização do valor da tara, nos últimos anos, pode-se dever às novas tecnologias de redução da massa nos diversos sistemas e componentes que integram o automóvel: chassi, motor, transmissão, suspensão, tanque de combustível, travões, entre outros. As pressões para diminuir a dependência do petróleo e a adoção de normas ambientais (como as normas Euro em discussão neste trabalho) forçaram a investigação em tecnologias para a redução da massa. Ao longo dos anos, tem-se assistido a uma mudança na composição dos materiais utilizados na construção dos veículos como: “*high strength steel*” (HSS), alumínio de baixa densidade e plásticos (polímeros e compósitos). Em especial, o HSS, que é mais resistente e mais leve que o aço convencional, confere uma maior resistência à estrutura do veículo. A tecnologia HSS está a ser já adotada por algumas marcas, como por exemplo a Porsche. O novo modelo 911 da Porsche, por exemplo, destaca-se pelo seu design moderno que associa alumínio, compósitos, magnésio e HSS, possuindo uma melhor performance e menores consumos (PORSCHÉ, 2012). Contudo, face à crise económica mundial, os construtores automóveis têm procurado, também, lançar no mercado veículos de segmentos acessíveis à maioria dos consumidores com uma performance também melhorada. A aquisição de VLP de baixos consumos, portanto, no geral, de taras mais reduzidas, tem vindo a aumentar. O ano de 2009, ano em que existiu uma redução substancial da tara média dos VLP vendidos, foi o ano em que se registou o pico de vendas de VLP dos segmentos económico (“*Mini*”) e inferior (“*Small*”), VLP de baixos consumos (CAMPESTRINI e MOCK, 2011).

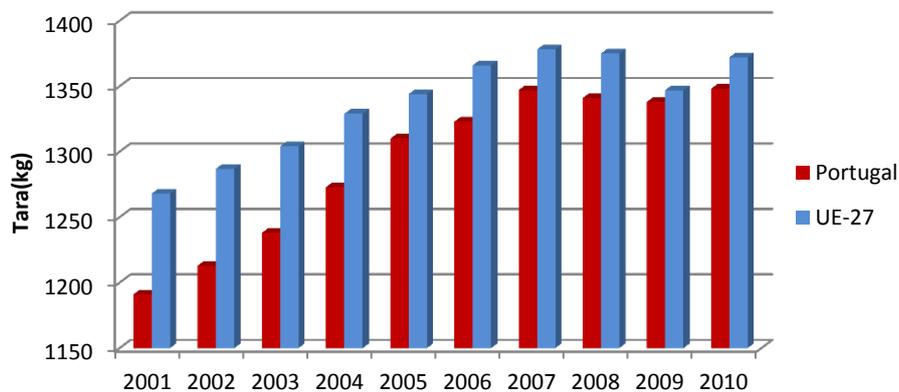


Figura 27: Evolução da tara média dos VLP vendidos em Portugal e na UE-27, no período de 2001 a 2010 (dados de CAMPESTRINI e MOCK, 2011)

A análise da Figura 27 permite constatar que a tara média dos VLP vendidos em Portugal foi sempre inferior à média da UE-27, embora se tenha vindo a aproximar. Este acontecimento deve-se ao menor poder de compra dos portugueses, os quais tendem a preferir veículos de segmentos mais acessíveis, com menores massas e, portanto, de consumos mais baixos.

No que diz respeito à evolução da tara média, por tipo de combustível, Figura 28, conclui-se que os VLP a Diesel, entre 2001 e 2010, possuíram uma tara média superior à dos VLP a gasolina. Neste período de tempo, a tara média dos VLP híbridos sofreu várias oscilações, sendo, nuns anos, inferior à dos VLP a Diesel e, noutros, superior (CAMPESTRINI e MOCK, 2011).

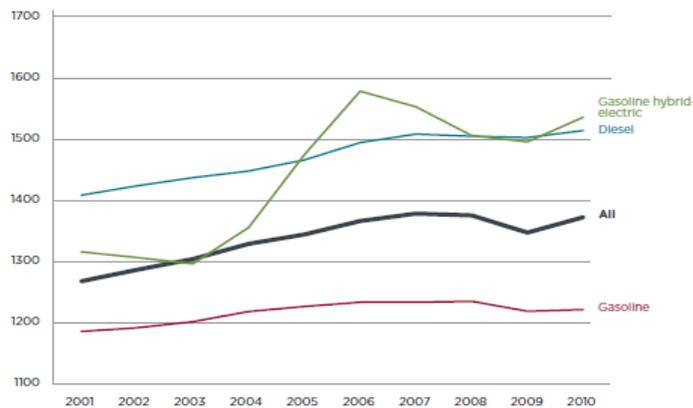


Figura 28: Tara média (kg) dos VLP vendidos na UE-27, entre 2001 e 2010, por tipo de combustível (CAMPESTRINI e MOCK, 2011)

A distância entre eixos de um veículo (DEE), distância entre o eixo das rodas da frente e o eixo das rodas de trás, é um dos parâmetros estruturais do veículo a ter em conta na análise da sua performance de segurança. Em geral, veículos com maior DEE tendem a possuir uma maior estabilidade. Em Portugal e em toda a UE-27, no período compreendido entre 2001 e 2010, a DEE média dos VLP vendidos anualmente aumentou 2,5% (2524mm - 2587mm) e 1,6% (2551mm - 2593mm), respetivamente (Figura 29). No entanto, entre o ano de 2007 e o ano de 2010, assistiu-se a uma tendência decrescente do seu valor (CAMPESTRINI e MOCK, 2011). Para fazer face à maior procura por parte do consumidor de veículos de segmentos mais acessíveis, os construtores de VLP estão a apostar, cada vez mais, no fabrico de carros mais pequenos, ou seja, com menores consumos e preços mais competitivos.

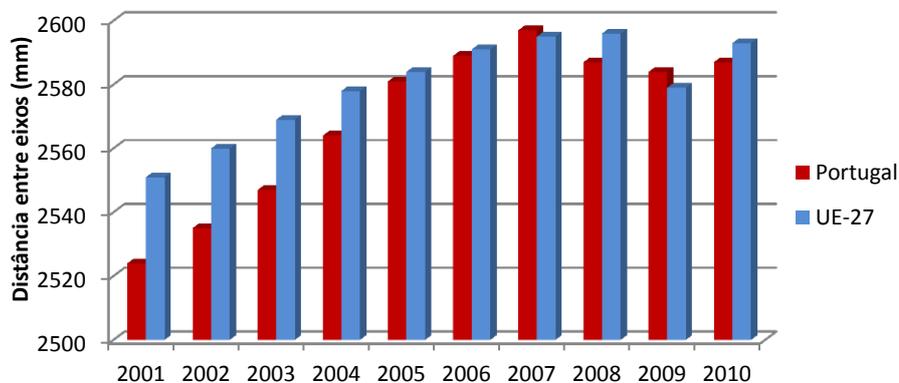


Figura 29: Evolução da distância entre eixos média dos VLP vendidos em Portugal e na UE-27, no período de 2001 a 2010 (dados de CAMPESTRINI e MOCK, 2011)

A Figura 29 demonstra que a DEE média dos VLP vendidos em Portugal, entre o ano de 2001 e o ano de 2010, foi sempre inferior à média da UE-27, excetuando os anos de 2007 e 2009, o que também se deve ao baixo poder de compra dos portugueses, os quais preferem comprar veículos mais económicos, portanto, no geral, de distâncias entre eixos mais reduzidas.

4.2.4 Evolução das emissões de CO₂

Na última década, as emissões de CO₂ médias dos VLP vendidos em Portugal e na UE-27 possuíram uma tendência decrescente. Pela observação da Figura 30, constata-se que os fatores de emissão de CO₂ dos VLP vendidos em Portugal foram sempre inferiores à média da UE-27, tendo, no ano de 2010, atingido os 127,3gCO₂/km. Convém salientar que, muito positivamente, este valor está abaixo da meta dos 130gCO₂/km que a UE-27 pretende alcançar em 2015.

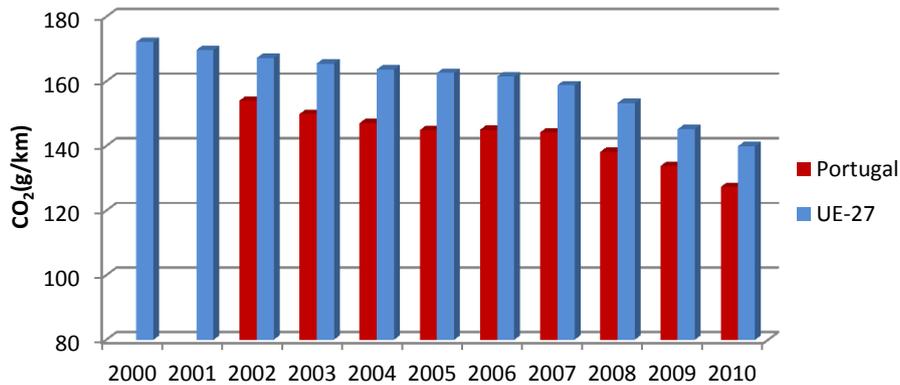


Figura 30: Evolução dos fatores de emissão de CO₂ dos VLP vendidos em Portugal e na UE-27, no período de 2000 a 2010 (dados de EEA, 2011)

A redução das emissões médias de CO₂ dos VLP vendidos, em Portugal e na UE-27, na última década, foi devida, em grande parte, ao aumento da percentagem dos veículos a diesel no parque automóvel. As emissões de CO₂ médias dos VLP a diesel são inferiores às emissões dos VLP a gasolina (Figura 31). No ano de 2010, na UE-27, a diferença entre as emissões de CO₂ dos VLP a diesel e dos VLP a gasolina era de 3,3gCO₂/km. No ano 2000, essa diferença era muito mais pronunciada, apresentando um valor de 17gCO₂/km. Com o crescimento das vendas de VLP a combustíveis alternativos, as suas emissões começam a ganhar importância. Consoante o combustível utilizado, as emissões médias de CO₂ variam. Por exemplo, no ano de 2010, as emissões médias dos VLP a GPL e a E85, vendidos na UE-27, foram, respetivamente, de 125,2gCO₂/km e de 172,2gCO₂/km. Entre 2000 e 2010, as emissões de CO₂ médias dos VLP a combustíveis alternativos sofreram uma grande redução, tendo em 2010 atingido o valor de 125,7gCO₂/km. Esta diminuição denota a opção por combustíveis alternativos com menores emissões de CO₂, ao invés de outros mais poluentes, como por exemplo o E85.

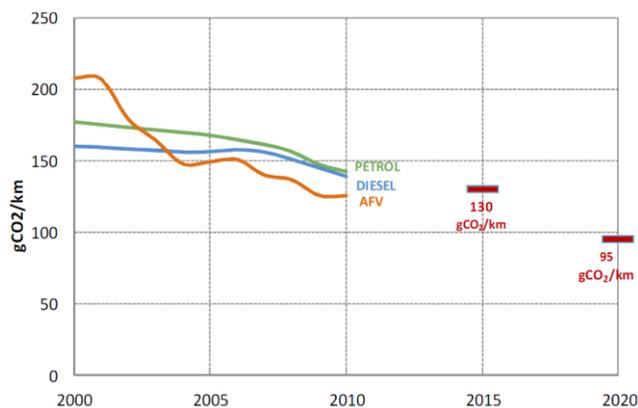


Figura 31: Emissões de CO₂ médias dos VLP vendidos na UE-27, entre 2000 e 2010, por tipo de combustível (EEA, 2011)

4.3 Síntese

Em resumo, o parque automóvel português, nas últimas duas décadas, aumentou 2,7 vezes. Como consequência, a taxa de motorização portuguesa aproximou-se da taxa de motorização da UE e a quilometragem aumentou em cerca de 82%. No entanto, na última década, as vendas de veículos novos tiveram uma tendência decrescente, tendo as vendas do ano de 2010 sido 35% inferiores às do ano de 2000, o que contribuiu para o envelhecimento do PAP. Os VLP, veículos que no ano de 2010 representavam 77% de todo o PAP, aumentaram 2,8 vezes, entre 1990 e 2010. A sua idade média subiu dos 6,1 anos, em 1995, para os 10,4 anos, em 2009, como resultado do decréscimo do volume de vendas na última década. Relativamente às vendas de VLP por tipo de combustível, constatou-se que as vendas de VLP a diesel tiveram uma tendência crescente desde o ano de 1990, tendo ultrapassado as vendas de veículos a gasolina no ano de 2004. A venda de VLP a combustíveis alternativos, entre 1990 e 2010, não teve grande expressão, sendo, no ano de 2010, apenas 1,1% do total de vendas. Para esta reduzida percentagem contribui o facto dos veículos com propulsão alternativa apresentarem tecnologias inovadoras, sendo que o potencial cliente precisa ainda de ganhar mais confiança para fazer o investimento que estes veículos requerem. Especialmente para os veículos elétricos, os quais têm em Portugal um preço significativamente superior face aos modelos convencionais concorrentes no mercado. Os veículos elétricos encontram-se também ainda numa fase incipiente, apresentando ao consumidor uma autonomia com algumas limitações, o que faz com que este tenha de pensar as suas deslocações em função da carga da bateria.

No que diz respeito à evolução das características técnicas, dos VLP vendidos anualmente, constatou-se que todas as características em estudo tiveram uma tendência crescente. Entre 1990 e 2010, a potência média e a cilindrada média aumentaram, respetivamente, 64% e 23%, enquanto a tara média e a distância entre eixos média, entre 2001 e 2010, tiveram um aumento de 13% e 2,5%, respetivamente. No entanto, à exceção da potência, a partir do ano de 2007 até ao ano de 2010, registou-se um ligeiro decréscimo nos seus valores. Por fim, as emissões de CO₂ médias dos VLP vendidos, na última década, apresentaram uma tendência decrescente, resultante da aplicação de novas tecnologias nos novos modelos e do aumento das vendas de veículos a diesel. As emissões de CO₂ médias dos VLP vendidos no ano 2010 foram 17% inferiores às dos VLP vendidos ano de 2002.

5 ESTATÍSTICA DESCRITIVA PARA OS VEÍCULOS DA BSR

O presente capítulo centra-se no estudo dos veículos existentes na amostra BSR, apresentada no Capítulo 3, e na comparação das suas características e tendências com as de todo o PAP. Este capítulo começa por descrever os resultados da análise descritiva da amostra. Seguidamente, apresenta uma análise comparativa entre o PAP de 2010 e a amostra de veículos envolvidos em acidentes nesse ano (BSR 2010). Por fim, apresenta um estudo sobre as tendências evolutivas das características técnicas (tara, cilindrada e DEE) dos veículos da BSR e compara essas tendências com as tendências evolutivas das características técnicas dos veículos do PAP, descritas no Capítulo 4.

5.1 Análise da amostra

A amostra BSR é constituída por um total de 2248 veículos ligeiros envolvidos em acidentes de viação, dos quais 1670 são VLP e 578 são VCL. Da categoria de VLP, 892 possuem motorização a gasolina, 769 têm motorização a diesel, 7 são a GPL e 2 são híbridos. Quanto aos VCL, encontram-se presentes na BSR 22 com motorização a gasolina e 556 com motorização a diesel. Na Figura 32, encontra-se representada a distribuição dos veículos ligeiros envolvidos em acidentes de viação no período de 2006 a 2010, por ano de registo do modelo. Existem anos em que o número de veículos é extremamente reduzido, condicionando, portanto, para esses anos, a validade dos valores médios das várias características técnicas.

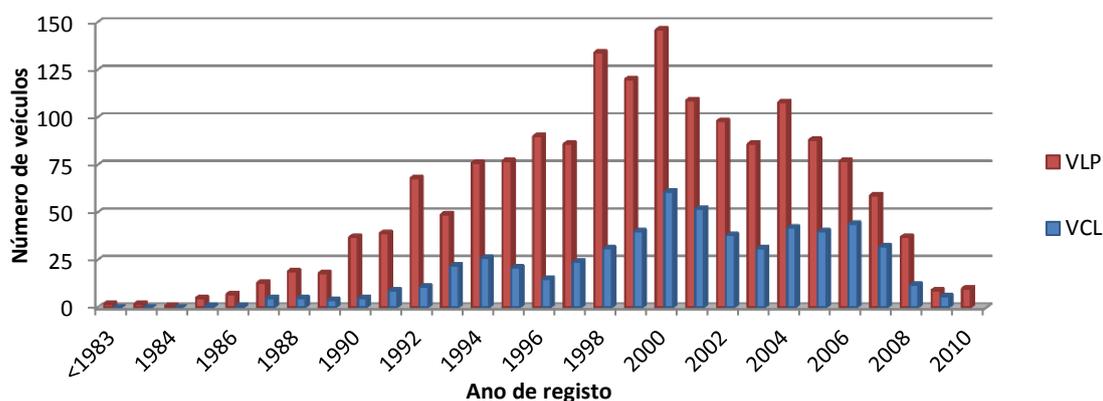


Figura 32: Número de VLP e VCL por ano de registo presentes na BSR

No Quadro 5, encontra-se representada a distribuição dos veículos da BSR por: tipo de veículo, combustível, faixa de cilindrada e velocidades legalmente permitidas nas vias onde o veículo esteve envolvido no acidente.

Quadro 5: Distribuição dos veículos ligeiros da BSR por tipo de veículo, combustível, faixa de cilindrada e velocidades limite estabelecidas

Combustível	Veículo	Cilindrada (L)	50 (km/h)	90 (km/h)	100 (km/h)	120 (km/h)
Gasolina	VLP	<1,4	7	225	32	480
		1,4-2,0	1	32	10	88
		>2,0	0	2	0	15
Diesel	VCL	Todas	0	11	3	8
		<2,0	2	146	25	426
		>2,0	1	41	10	118
GPL	VLP	Todas	2	193	21	340
		Todas	0	1	0	6
Híbrido	VLP	<1,4	0	0	0	2
		1,4-2,0	0	0	0	0
		>2,0	0	0	0	0

É importante também referir que o facto de a amostra BSR conter veículos envolvidos em acidentes, durante o período compreendido entre o ano de 2006 e o ano de 2010, resulta em normas de emissão de poluentes diferentes para a mesma idade, uma vez que a idade foi obtida através da diferença entre o ano de registo do acidente e o ano de registo do veículo. Por exemplo, podemos ter um veículo com um ano que se envolveu num acidente em 2006 (veículo registado em 2005) e outro veículo sinistrado em 2010 com também um ano de idade (veículo registado em 2009). Consequentemente, em relação a estes modelos, ainda que a sua idade seja a mesma (um ano), apresentam normas euro diferentes. Nas Figuras 33 e 34, respetivamente, encontra-se representada a distribuição dos VLP e dos VCL, por idades e por tipo de combustível.

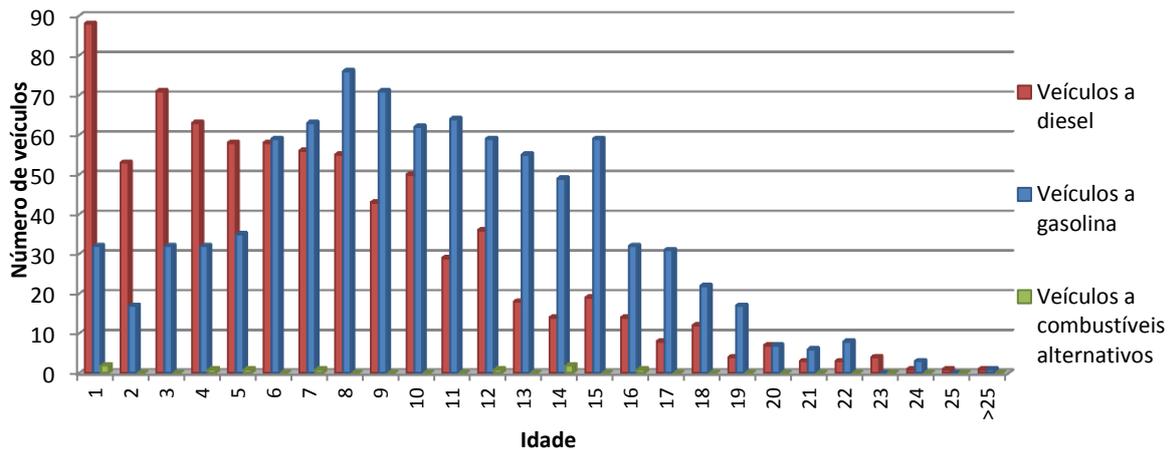


Figura 33: Distribuição dos VLP da BSR por idades e por tipo de combustível

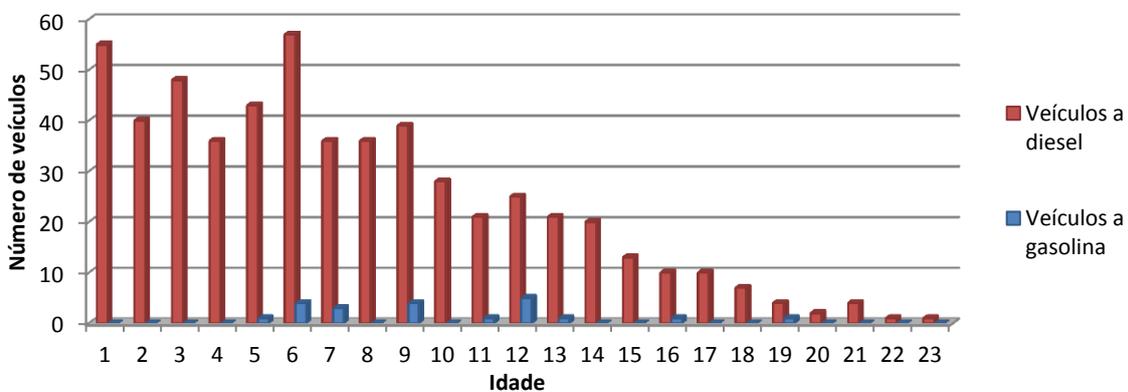


Figura 34: Distribuição dos VCL da BSR por idades e por tipo de combustível

No Quadro 6, para a totalidade dos veículos presentes na BSR, é apresentada uma análise estatística dos parâmetros: tara, cilindrada, distância entre eixos e idade.

Quadro 6: Análise estatística dos parâmetros tara, cilindrada, distância entre eixos e idade, para a totalidade dos veículos presentes na amostra BSR

Parâmetros	Nº Valores	Média	Desvio Padrão	Valor Mínimo	Valor Máximo
Tara (kg)	2248	1238,09	347,22	584,00	3500,00
Cilindrada (cm ³)	2248	1665,24	504,44	599,00	4104,00
Distância entre eixos (mm)	2248	2591,90	207,23	1625,00	4325,00
Idade (anos)	2248	8,50	5,14	1,00	38,00

5.2 Análise comparativa entre o PAP de 2010 e a amostra BSR 2010

Neste subcapítulo, procedeu-se à distribuição dos veículos ligeiros envolvidos em acidentes no ano de 2010 (BSR 2010) e dos veículos ligeiros pertencentes ao PAP de 2010, por tipo de veículo, combustível, faixa de cilindrada e norma de emissão de poluentes (Quadro 7), tendo-se, de seguida, comparado as duas distribuições. Neste âmbito, lamenta-se que não exista informação suficiente para distribuir os veículos do PAP 2010 por todas as categorias pretendidas, tendo-se, portanto, feito essa distribuição segundo a metodologia apresentada no Anexo G.

Em ambas as distribuições, observa-se que o número de VLP é superior ao número de VCL. As percentagens de VLP e de VCL no PAP 2010 e na BSR 2010 diferem em apenas 1,1%. Quanto ao tipo de combustível, no PAP 2010, a motorização a gasolina, nos VLP, é aquela que predomina, ao passo que nos VCL é a motorização a diesel, enquanto na BSR 2010 a maioria dos VLP e dos VCL possuem motorização diesel. A percentagem de veículos a combustíveis alternativos, quer no PAP 2010, quer na BSR 2010, é reduzida, 0,2% e 0,8%, respetivamente. Nos VLP a GPL, a informação disponível indica que não existem veículos no PAP de 2010 com normas de emissões de poluentes anteriores à Euro 4. No entanto, os veículos presentes na BSR têm todos normas anteriores a esta. Isto deve-se ao facto dos relatórios da ACAP fazerem referência aos veículos novos vendidos e, muito provavelmente, os veículos a GPL presentes na BSR foram veículos que vieram da origem apenas com motorização a gasolina e, posteriormente, foram adaptados para também consumirem GPL. Da amostra de veículos envolvidos em acidentes no ano de 2010 não constam veículos híbridos e elétricos.

No Quadro 7, é também possível visualizar, quer para o PAP de 2010, quer para a BSR 2010, que as faixas de cilindrada inferior registam um maior número de veículos. Nas duas distribuições, verifica-se também que a norma de emissão de poluentes que abrange a maioria dos veículos, de uma determinada classe, nem sempre é a mesma. Por exemplo, nos VLP a diesel, em todas as faixas de cilindrada, a norma de emissão de poluente que compreende a maioria dos veículos envolvidos em acidentes é a Euro 3, ao passo que a maioria dos veículos do PAP pertencentes a essas classes são abrangidos pela norma Euro 4. Esta discrepância deve-se ao facto de os veículos mais antigos serem menos seguros, logo a probabilidade de darem origem a acidentes com vítimas é maior.

Em suma, as duas distribuições de veículos por categorias são semelhantes, apesar de existirem alguns casos pontuais de discrepância entre si.

Quadro 7: Distribuição dos veículos ligeiros do PAP de 2010 e da BSR 2010 por tipo de veículo, combustível, faixa de cilindrada e norma de emissão de poluentes

Veículo	Classe	Norma	PAP 2010		BSR 2010	
			Número de veículos	%	Número de veículos	%
VLP	Gasolina <1,4 l	PRE ECE	12.584	0,22	0	0,00
VLP	Gasolina <1,4 l	ECE 15/00-01	25.168	0,44	0	0,00
VLP	Gasolina <1,4 l	ECE 15/02	37.753	0,66	0	0,00
VLP	Gasolina <1,4 l	ECE 15/03	50.337	0,89	0	0,00
VLP	Gasolina <1,4 l	ECE 15/04	125.842	2,21	8	2,17
VLP	Gasolina <1,4 l	PC Euro 1 - 91/441/EEC	401.241	7,06	23	6,25
VLP	Gasolina <1,4 l	PC Euro 2 - 94/12/EEC	609.883	10,73	32	8,70
VLP	Gasolina <1,4 l	PC Euro 3 - 98/69/EC Stage2000	662.238	11,65	37	10,05
VLP	Gasolina <1,4 l	PC Euro 4 - 98/69/EC Stage2005	343.669	6,05	11	2,99
VLP	Gasolina <1,4 l	PC Euro 5	74.434	1,31	1	0,27
VLP	Gasolina 1,4 - 2,0 l	PRE ECE	2.056	0,04	0	0,00

Veículo	Classe	Norma	PAP 2010		BSR 2010	
			Número de veículos	%	Número de veículos	%
VLP	Gasolina 1,4 - 2,0 l	ECE 15/00-01	4.112	0,07	0	0,00
VLP	Gasolina 1,4 - 2,0 l	ECE 15/02	6.167	0,11	0	0,00
VLP	Gasolina 1,4 - 2,0 l	ECE 15/03	8.223	0,14	0	0,00
VLP	Gasolina 1,4 - 2,0 l	ECE 15/04	20.558	0,36	2	0,54
VLP	Gasolina 1,4 - 2,0 l	PC Euro 1 - 91/441/EEC	93.660	1,65	4	1,09
VLP	Gasolina 1,4 - 2,0 l	PC Euro 2 - 94/12/EEC	182.632	3,21	5	1,36
VLP	Gasolina 1,4 - 2,0 l	PC Euro 3 - 98/69/EC Stage2000	111.108	1,95	6	1,63
VLP	Gasolina 1,4 - 2,0 l	PC Euro 4 - 98/69/EC Stage2005	27.516	0,48	2	0,54
VLP	Gasolina 1,4 - 2,0 l	PC Euro 5	4.465	0,08	0	0,00
VLP	Gasolina >2,0 l	PRE ECE	44	0,00	0	0,00
VLP	Gasolina >2,0 l	ECE 15/00-01	88	0,00	0	0,00
VLP	Gasolina >2,0 l	ECE 15/02	132	0,00	0	0,00
VLP	Gasolina >2,0 l	ECE 15/03	176	0,00	0	0,00
VLP	Gasolina >2,0 l	ECE 15/04	441	0,01	0	0,00
VLP	Gasolina >2,0 l	PC Euro 1 - 91/441/EEC	3.621	0,06	0	0,00
VLP	Gasolina >2,0 l	PC Euro 2 - 94/12/EEC	11.942	0,21	1	0,27
VLP	Gasolina >2,0 l	PC Euro 3 - 98/69/EC Stage2000	7.648	0,13	1	0,27
VLP	Gasolina >2,0 l	PC Euro 4 - 98/69/EC Stage2005	4.864	0,09	0	0,00
VLP	Gasolina >2,0 l	PC Euro 5	793	0,01	0	0,00
VLP	Diesel <2,0 l	<i>Conventional</i>	13.906	0,24	5	1,36
VLP	Diesel <2,0 l	PC Euro 1 - 91/441/EEC	51.613	0,91	10	2,72
VLP	Diesel <2,0 l	PC Euro 2 - 94/12/EEC	157.431	2,77	10	2,72
VLP	Diesel <2,0 l	PC Euro 3 - 98/69/EC Stage2000	391.895	6,89	47	12,77
VLP	Diesel <2,0 l	PC Euro 4 - 98/69/EC Stage2005	708.235	12,46	45	12,23
VLP	Diesel <2,0 l	PC Euro 5	151.158	2,66	7	1,90
VLP	Diesel >2,0 l	<i>Conventional</i>	1.226	0,02	1	0,27
VLP	Diesel >2,0 l	PC Euro 1 - 91/441/EEC	4.549	0,08	2	0,54
VLP	Diesel >2,0 l	PC Euro 2 - 94/12/EEC	13.884	0,24	5	1,36
VLP	Diesel >2,0 l	PC Euro 3 - 98/69/EC Stage2000	60.304	1,06	9	2,45
VLP	Diesel >2,0 l	PC Euro 4 - 98/69/EC Stage2005	67.260	1,18	7	1,90
VLP	Diesel >2,0 l	PC Euro 5	13.749	0,24	2	0,54
VLP	GPL	<i>Conventional</i>	0	0,00	0	0,00
VLP	GPL	PC Euro 1 - 91/441/EEC	0	0,00	1	0,27
VLP	GPL	PC Euro 2 - 94/12/EEC	0	0,00	2	0,54
VLP	GPL	PC Euro 3 - 98/69/EC Stage2000	0	0,00	0	0,00
VLP	GPL	PC Euro 4 - 98/69/EC Stage2005	589	0,01	0	0,00
VLP	GPL	PC Euro 5	1.031	0,02	0	0,00
VLP	Híbrido Gasolina <1,4 l	PC Euro 4 - 98/69/EC Stage2005	8.309	0,15	0	0,00
VLP	Híbrido Gasolina 1,4 - 2,0 l	PC Euro 4 - 98/69/EC Stage2005	891	0,02	0	0,00
VLP	Híbrido Gasolina >2,0 l	PC Euro 4 - 98/69/EC Stage2005	543	0,01	0	0,00
VLP	Eléctricos	—	34	0,00	0	0,00
		Total	4.480.000	78,80	286	77,72
VCL	Gasolina <3,5t	<i>Conventional</i>	1.189	0,02	1	0,27
VCL	Gasolina <3,5t	LD Euro 1 - 93/59/EEC	1.670	0,03	1	0,27
VCL	Gasolina <3,5t	LD Euro 2 - 96/69/EEC	475	0,01	1	0,27
VCL	Gasolina <3,5t	LD Euro 3 - 98/69/EC Stage2000	793	0,01	1	0,27
VCL	Gasolina <3,5t	LD Euro 4 - 98/69/EC Stage2005	130	0,00	0	0,00
VCL	Gasolina <3,5t	LD Euro 5 - 2008 Standards	0	0,00	0	0,00
VCL	Diesel <3,5 t	<i>Conventional</i>	106.882	1,88	3	0,82
VCL	Diesel <3,5 t	LD Euro 1 - 93/59/EEC	150.178	2,64	7	1,90
VCL	Diesel <3,5 t	LD Euro 2 - 96/69/EEC	299.587	5,27	22	5,98
VCL	Diesel <3,5 t	LD Euro 3 - 98/69/EC Stage2000	367.759	6,47	26	7,07
VCL	Diesel <3,5 t	LD Euro 4 - 98/69/EC Stage2005	276.337	4,86	20	5,43
VCL	Diesel <3,5 t	LD Euro 5 - 2008 Standards	0	0,00	0	0,00
		Total	1.205.000	21,20	82	22,28

5.3 Tendências evolutivas das características técnicas

5.3.1 Veículos ligeiros de passageiros

As tendências evolutivas das características técnicas (cilindrada, tara e distância entre eixos) dos VLP presentes na BSR, para o período de tempo compreendido entre 1990 e 2010, encontram-se representadas nas Figuras 35 a 37. Para ambas as características são apresentados os seus valores médios e o desvio padrão associado (σ). Para o período em análise, constata-se que ambas as características técnicas possuíram uma tendência crescente tendo aumentado, respetivamente, 20%, 43% e 8%. A cilindrada média aumentou dos 1533cm^3 ($\sigma= 455\text{cm}^3$) para os 1833cm^3 ($\sigma= 669\text{cm}^3$). A tara média aumentou dos 999kg ($\sigma= 193\text{kg}$) para os 1432kg ($\sigma= 268\text{kg}$). A DEE aumentou dos 2504mm ($\sigma= 151\text{mm}$) para os 2695mm ($\sigma= 193\text{mm}$). Através da análise das figuras, também é possível constatar que os VLP a diesel possuem, ao longo de todo o período, uma cilindrada média, tara média e distância entre eixos média superior aos VLP a gasolina. No caso da cilindrada média e tara média, aquando da análise do PAP, também já se tinha chegado a essa conclusão. No entanto, no que diz respeito à distância entre eixos média, com os dados estatísticos disponíveis, não foi possível determinar se nos VLP a diesel esta era maior ou menor do que nos VLP a gasolina. Contudo, constatou-se que, quando um modelo possui uma versão a diesel e outra a gasolina, a distância entre eixos nas duas versões é igual.

As tendências evolutivas dos VLP a combustíveis alternativos não foram objeto de análise, devido ao reduzido número deste tipo de veículos nos dados analisados.

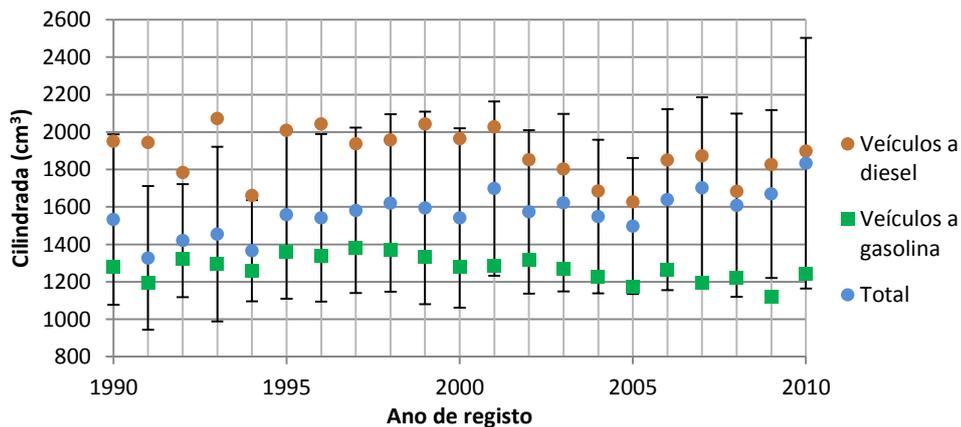


Figura 35: Cilindrada média dos VLP presentes na BSR

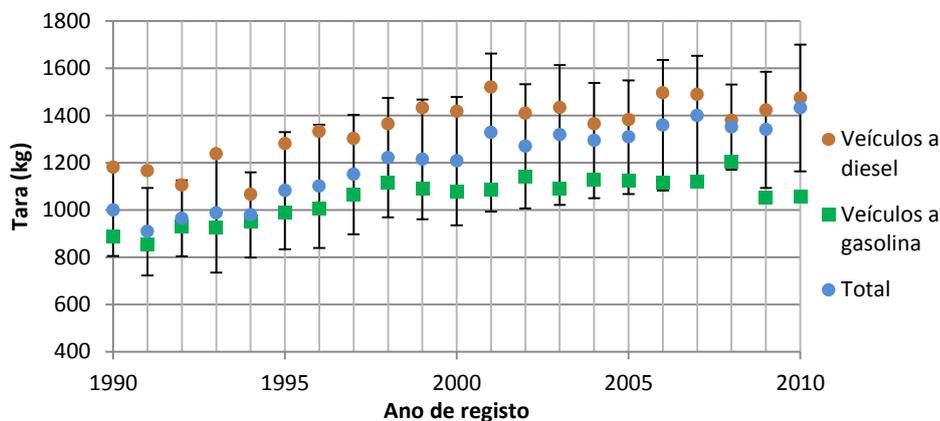


Figura 36: Tara média dos VLP presentes na BSR

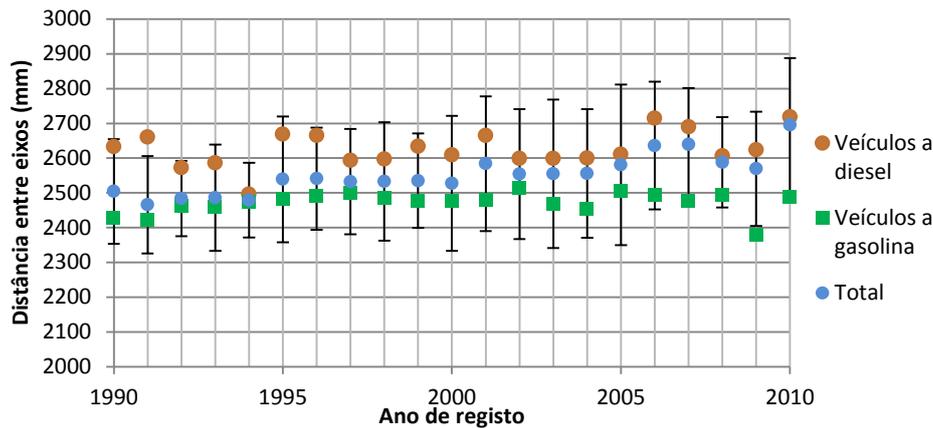


Figura 37: Distância entre eixos média dos VLP presentes na BSR

No que diz respeito às tendências evolutivas dos veículos novos vendidos (Capítulo 4.2.3), constatou-se que, entre 1990 e 2010, a cilindrada média passou dos 1244cm^3 para os 1531cm^3 , o que correspondeu a um aumento de 23% e, entre 2001 e 2010, a tara média e a distância entre eixos média tiveram um aumento de 13% ($1191\text{kg} - 1348\text{kg}$) e 2,5% ($2524\text{mm} - 2587\text{mm}$), respetivamente. Para os veículos da BSR, nestes períodos de tempo, observou-se que a cilindrada média, tara média e distância entre eixos média tiveram um aumento de, respetivamente, 20% ($1533\text{cm}^3 - 1833\text{cm}^3$), 8% ($1328\text{kg} - 1432\text{kg}$) e 4,3% ($2584\text{mm} - 2695\text{mm}$). Comparando os perfis evolutivos das características técnicas dos veículos do PAP com os perfis evolutivos das características técnicas dos veículos da BSR constata-se que, apesar de ambos possuírem uma tendência crescente, existem discrepâncias nos seus valores.

5.3.2 Veículos comerciais ligeiros

A evolução da cilindrada média dos VCL presentes na BSR encontra-se representada na Figura 38. No período de 1990 a 2009 (a BSR não contém VCL com o ano de registo de 2010), verifica-se que o seu valor não possui uma tendência claramente crescente, no entanto, constata-se que a cilindrada média dos veículos de 2009, em relação aos veículos de 1990, é 18% superior. A cilindrada média dos VCL registados em 1990 é de 1769cm^3 ($\sigma= 612\text{cm}^3$), enquanto os VCL com o ano de registo de 2009 possuem uma cilindrada média de 2092cm^3 ($\sigma= 701\text{cm}^3$).

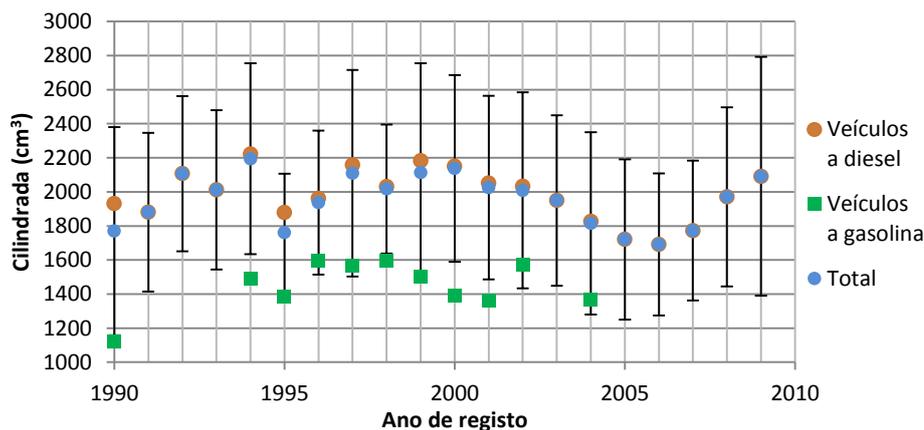


Figura 38: Cilindrada média dos VCL presentes na BSR

No que diz respeito à evolução da tara média e da distância entre eixos média, no período de 1990 a 2009, através da análise das Figuras 39 e 40, verifica-se que a evolução destas características técnicas dos veículos, ao contrário do sucedido com a cilindrada média, apresentou claramente uma tendência crescente, tendo os seus valores aumentado 88%, no primeiro caso, e 23% no segundo. A tara média

aumentou dos 949kg ($\sigma= 395$ kg) para os 1788kg ($\sigma= 627$ kg). A DEE aumentou dos 2411mm ($\sigma= 85$ mm) para os 2955mm ($\sigma= 327$ mm).

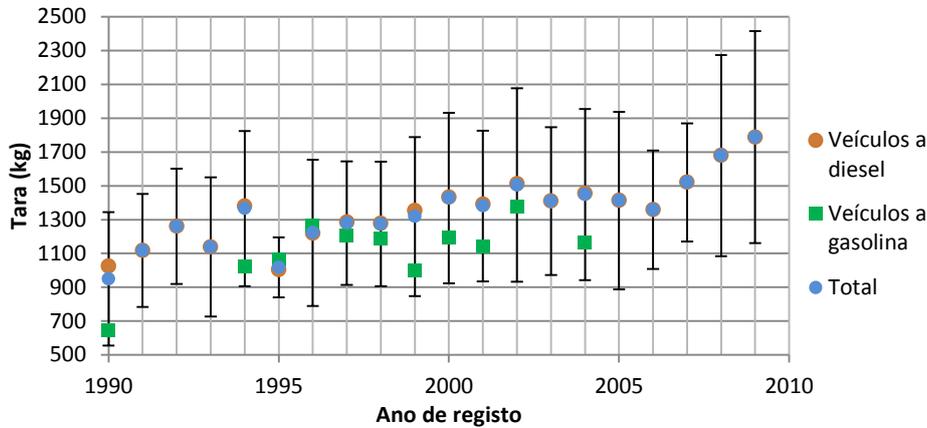


Figura 39: Tara média dos VCL presentes na BSR

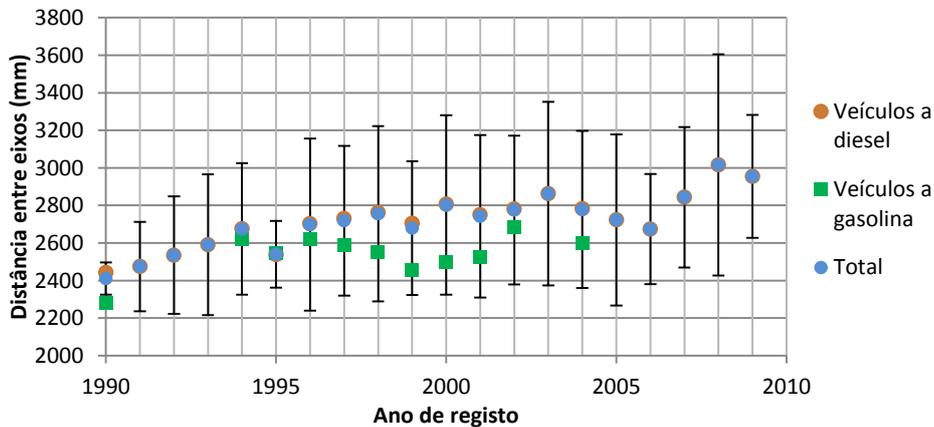


Figura 40: Distância entre eixos média dos VCL presentes na BSR

Através da análise das figuras anteriores, também é possível constatar que, na generalidade do período em análise, a cilindrada média, a tara média e a DEE média são mais elevadas nos VCL a diesel.

Comparando os VLP com os VCL, registados no ano de 2000 (ano de registo com maior número de VLP e de VCL), verifica-se que as três características técnicas em estudo são mais elevadas para os VCL. A cilindrada média, tara média e DEE média, para os VLP de 2000 é de, respetivamente, 1541cm^3 ($\sigma= 479\text{cm}^3$), 1207kg ($\sigma= 271\text{kg}$) e 2527mm ($\sigma= 194\text{mm}$), enquanto para os VCL é de, respetivamente, 2138cm^3 ($\sigma= 548\text{cm}^3$), 1428kg ($\sigma= 504\text{kg}$) e 2802mm ($\sigma= 477\text{mm}$).

5.4 Síntese

Em suma, no presente capítulo, na análise comparativa entre o PAP de 2010 e a BSR 2010, verificou-se que as distribuições dos seus veículos por tipo de veículo, combustível, faixa de cilindrada e norma de emissão de poluentes eram semelhantes, apesar de existirem alguns casos pontuais de discrepância. Para uma determinada classe, houve casos em que a norma de emissão de poluentes que compreendia a maioria dos veículos da BSR 2010 era anterior à que abrangia a maioria dos veículos do PAP de 2010. No entanto, esta discrepância possui um motivo plausível, o facto de os veículos mais antigos serem menos seguros, consequentemente, encontram-se mais suscetíveis a sofrerem acidentes com vítimas.

Quanto ao estudo da evolução das características técnicas (cilindrada, tara e distância entre eixos) dos veículos presentes na BSR, no período compreendido entre 1990 e 2010, constatou-se, para os VLP, que os seus valores aumentaram, respetivamente, 20%, 43% e 8 %. Comparando os perfis evolutivos das características técnicas dos VLP do PAP com os perfis evolutivos das características técnicas dos VLP da BSR, verificou-se que, apesar de ambos possuírem uma tendência crescente, os seus valores eram díspares. Neste estudo, também se verificou que os VCL de 2009, face aos de 1990, possuíam uma cilindrada média, tara média e distância entre eixos média superior em, respetivamente, 18%, 88% e 23%. Com este estudo também se concluiu que os veículos ligeiros a diesel possuem, em média, uma cilindrada, tara e distância entre eixos superior aos veículos a gasolina e que estas características técnicas, em média, têm valores mais elevados nos VCL, em relação aos VLP.

6 DESEMPENHO ENERGÉTICO E AMBIENTAL DE VEÍCULOS LIGEIOS

A evolução do desempenho energético e ambiental dos veículos automóveis ligeiros é objeto de análise no presente capítulo. Uma vez que não foi possível fazer o seu estudo, somente, através dos dados estatísticos disponíveis, recorreu-se à estimativa das emissões atmosféricas e consumos associados aos veículos pertencentes à amostra BSR. Na determinação destas estimativas, foi possível também analisar, com detalhe, a influência que alguns dos atributos dos veículos têm nas emissões e consumos de combustível.

Os resultados referentes às estimativas das emissões e dos consumos, para os veículos ligeiros da amostra BSR, obtidos através da utilização do modelo Copert 4, são apresentados em gráficos, onde se observa o efeito dos atributos dos veículos nos consumos e emissões. Os consumos e as emissões dos vários poluentes são estimados em função dos seguintes atributos: tipo de veículo, combustível utilizado, idade, cilindrada e velocidade (velocidade limite da via onde existiu o acidente). Uma vez que o procedimento utilizado pelo modelo Copert 4 só considera os “*inputs*” anteriormente mencionados, os cálculos das emissões e consumos apresentados não têm em consideração o contributo das características técnicas: potência, tara e distância entre eixos. Nesse sentido, não é possível averiguar o efeito que estas características técnicas têm nas emissões e consumos.

Para os mesmos parâmetros de tipo de veículo, combustível, faixa de cilindrada, norma de emissões e velocidade, os valores das emissões e consumos estimados pelo Copert 4 são iguais. Como resultado, para as observações da BSR em que estes parâmetros se mantêm de veículo para veículo, a representação gráfica regista, apenas, um ponto, sendo este a representação do valor estimado e que é “igual” para todos esses veículos de características semelhantes. Por outro lado, também se observa que alguns dos valores estimados são iguais entre veículos com atributos distintos. Importante também referir que os veículos envolvidos em acidentes em vias urbanas (50km/h) não foram considerados nesta secção, das emissões e consumos, uma vez que havia poucas observações neste tipo de via (Quadro 5).

6.1 Estimativa de emissões e consumos para veículos a gasolina

Neste subcapítulo, procede-se à análise das emissões de CO e CO₂ dos VLP a gasolina presentes na amostra BSR. Como o cálculo das emissões de CO₂, no Copert 4, é feito diretamente através do consumo de combustível (FC), dado que o modelo assume que o teor de carbono do combustível é totalmente oxidado em CO₂, optou-se por representar, sob a forma gráfica, somente os resultados das emissões de CO₂, uma vez que a única diferença entre os gráficos é somente a gama de valores. Por conseguinte, as conclusões obtidas das análises dos gráficos encontram-se correlacionadas. A análise das emissões dos poluentes NOx e VOC encontra-se presente no Anexo H. Quanto às emissões de partículas materiais (PM), considerou-se que não era relevante entendê-las como objeto de estudo, uma vez que, para estes veículos, são quase inexistentes. No que diz respeito aos VCL a gasolina, como o seu número é bastante reduzido, somente 22 veículos (Quadro 5), optou-se por não analisar as suas emissões e consumos.

As estimativas das emissões de CO dos VLP a gasolina, em função das suas idades e cilindradas, em vias onde o limite de velocidade é de 90km/h, 100km/h e 120km/h, encontram-se representadas nas Figuras 41 a 43, respetivamente.

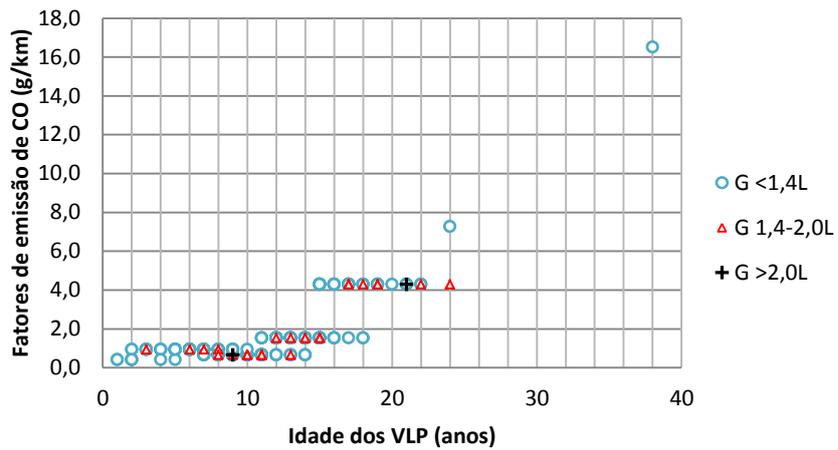


Figura 41: Fatores de emissão de CO dos VLP a gasolina, em função das suas idades e cilindradas, em vias com limite de velocidade de 90km/h

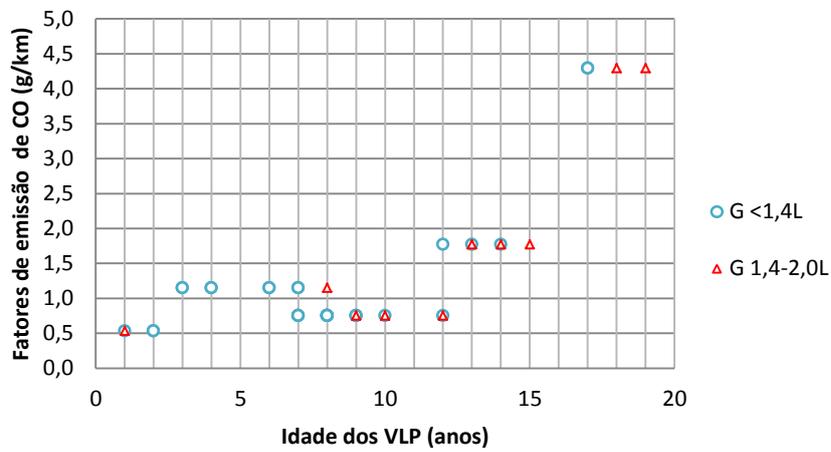


Figura 42: Fatores de emissão de CO dos VLP a gasolina, em função das suas idades e cilindradas, em vias com limite de velocidade de 100km/h

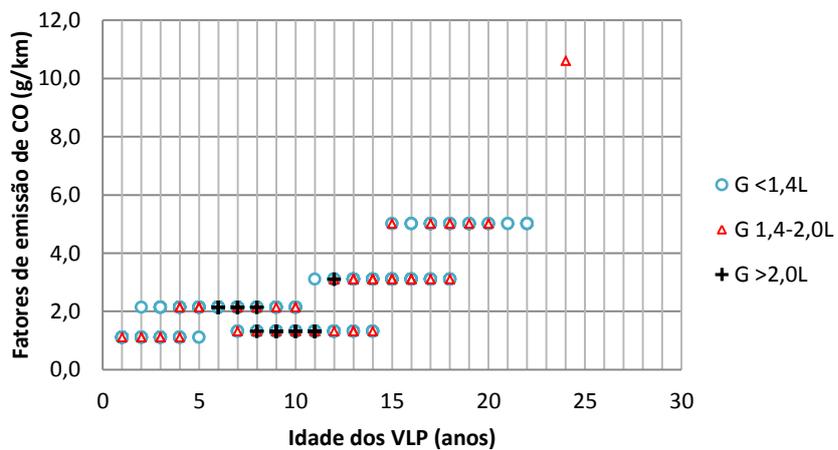


Figura 43: Fatores de emissão de CO dos VLP a gasolina, em função das suas idades e cilindradas, em vias com limite de velocidade de 120km/h

Através da interpretação dos gráficos anteriores, verifica-se, como esperado, que os veículos mais recentes, em relação aos modelos mais antigos, têm menores emissões de CO. Os veículos abrangidos pela norma ECE 15/04, em relação aos abrangidos pela norma Euro 4, para os percursos em vias onde as velocidades limite eram: 90km/h, 100km/h e 120km/h, possuem fatores de emissão de CO superiores na ordem dos 932%, 710% e 354%, respetivamente. Isto permite concluir que a introdução do padrão europeu de emissões veio diminuir consideravelmente este tipo de emissões. No entanto, constata-se que os veículos abrangidos pela norma Euro 3 emitem mais CO do que os veículos abrangidos pela norma Euro 2, para as velocidades limite 90km/h, 100km/h e 120km/h, sendo esse aumento de, respetivamente, 44%, 53% e 63%. Este acontecimento não se trata de um erro de cálculo do modelo utilizado, mas sim de um aspeto considerado na respetiva diretiva europeia, a Diretiva 98/69/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 13 de Outubro de 1998, que permite que os limites de emissões de CO na norma Euro 3 sejam superiores aos da norma Euro 2 (UE, 1998).

Quanto ao efeito da cilindrada dos veículos nas emissões de CO, ao contrário do esperado, observa-se que os valores estimados para as três faixas de cilindrada são os mesmos. Este facto também se verifica para as emissões de NOx e VOC (Anexo H). Esta limitação da aplicação do Copert 4 resulta do facto das equações utilizadas para o cálculo das emissões não incluírem o parâmetro cilindrada, o que denota que as emissões de CO, NOx e VOC não variam consideravelmente com a cilindrada dos veículos. Os veículos automóveis recentes a gasolina já se encontram equipados com catalisadores que permitem a redução das emissões destes três poluentes. Nesse sentido, as emissões de CO, NOx e VOC estão condicionadas à inovação tecnológica do modelo de catalisadores incorporado nos veículos, e não tanto às suas cilindradas.

No que diz respeito à relação existente entre as emissões de CO e a velocidade dos veículos, verifica-se que, para as três velocidades limite, as emissões são mais elevadas em vias onde impera uma velocidade superior, 120km/h. Por exemplo, os veículos abrangidos pela norma Euro 4, para as velocidades limite 90km/h, 100km/h e 120km/h, emitem, respetivamente, 0,415gCO/km; 0,530gCO/km e 1,104gCO/km.

Os resultados referentes às estimativas das emissões de CO₂ para os VLP a gasolina são apresentados nas Figuras 44 a 46. É importante salientar que o comportamento das emissões de CO₂, em função dos parâmetros em análise, é análogo ao dos consumos.

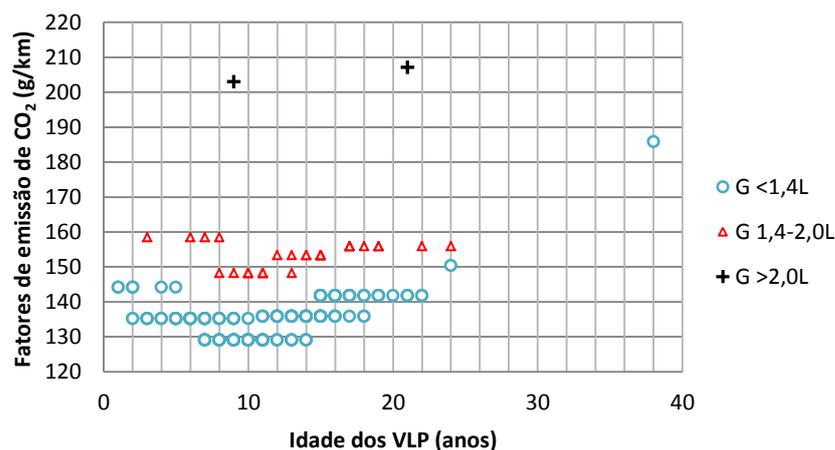


Figura 44: Fatores de emissão de CO₂ dos VLP a gasolina, em função das suas idades e cilindradas, em vias com limite de velocidade de 90km/h

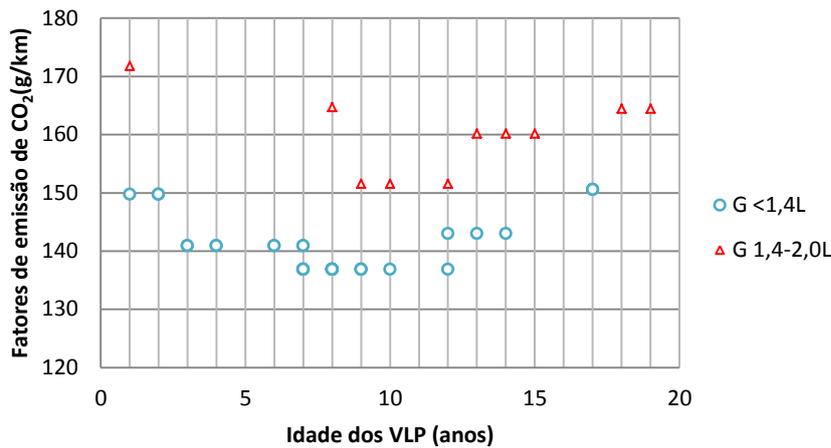


Figura 45: Fatores de emissão de CO₂ dos VLP a gasolina, em função das suas idades e cilindradas, em vias com limite de velocidade de 100km/h

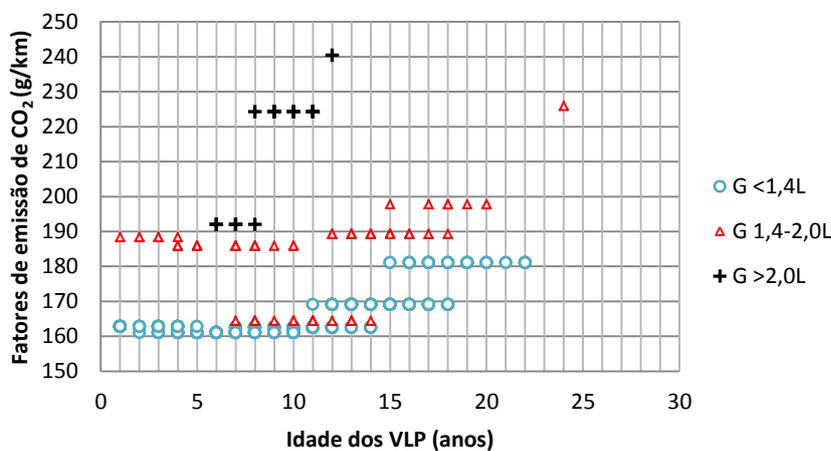


Figura 46: Fatores de emissão de CO₂ dos VLP a gasolina, em função das suas idades e cilindradas, em vias com limite de velocidade de 120km/h

Para as três velocidades limite consideradas, em comparação com as emissões de CO, verifica-se um efeito menos pronunciado da idade do veículo sobre as emissões de CO₂ e, conseqüentemente, sobre os consumos. Para a velocidade limite de 120km/h, ao contrário do que sucede para as velocidades de 90km/h e 100km/h, observa-se, em cada faixa de cilindrada, uma redução geral das emissões de CO₂, apesar de estas aumentarem nas normas mais recentes. Por exemplo, os veículos abrangidos pela norma ECE 15/04, com velocidade limite de 120km/h pertencentes à faixa de cilindrada “G<1,4L”, em relação aos veículos abrangidos pela norma Euro 4, possuem emissões de CO₂ e consumos superiores em cerca de 11%. Com o intuito de averiguar as limitações do cálculo das emissões através da utilização do Copert 4, que possam justificar estes perfis, procedeu-se ao cálculo “manual” das emissões, ver Anexo I. Uma possível causa para não existir uma tendência claramente decrescente nas emissões de CO₂, ao longo dos anos, pode ser o facto de até ao ano de 2009 não ter existido uma legislação específica para a sua redução. Por conseguinte, os construtores de veículos automóveis não incorporaram tecnologias mais eficazes. Um outro motivo pode ser o facto de o desenvolvimento da eficiência energética dos veículos não ter sido suficiente para atenuar o aumento das emissões de CO₂ e dos consumos associados ao aumento da tara registado na última década (Figura 28).

No que diz respeito à relação existente entre a cilindrada dos veículos e as suas emissões de CO₂, a análise dos três gráficos anteriores permite concluir que os veículos de cilindrada superior emitem maiores quantidades de CO₂ para a atmosfera, uma vez que consomem maiores quantidades de combustível. Por

exemplo, os VLP abrangidos pela norma Euro 2, pertencentes à faixa de cilindrada “G 1,4-2,0L”, em relação aos veículos pertencentes à faixa de cilindrada “G<1,4L” com a mesma norma, para as velocidades limite de 90km/h, 100km/h e 120km/h, possuem fatores de emissão de CO₂ superiores na ordem dos 15%, 11% e 1%, respetivamente.

Quanto à relação existente entre as emissões de CO₂ dos VLP e as velocidades limite praticadas nos percursos considerados, verifica-se que, para a velocidade limite de 120km/h, os fatores de emissão de CO₂ são mais elevados, uma vez que, circulando esses veículos a maior velocidade, requerem uma maior quantidade de combustível. Por exemplo, os veículos abrangidos pela norma Euro 4, pertencentes à faixa de cilindrada “G<1,4L”, para as velocidades limite de 90km/h, 100km/h e 120km/h, emitem, respetivamente, 144gCO₂/km, 150gCO₂/km e 163gCO₂/km.

6.2 Estimativa de emissões e consumos para veículos a diesel

Neste subcapítulo, são apresentados e discutidos os resultados referentes às estimativas das emissões de NO_x, PM e CO₂ para os veículos a diesel presentes na BSR. A análise das emissões de CO e VOC encontra-se presente no Anexo J.

As estimativas das emissões de NO_x dos VLP a diesel, em função da idade dos veículos e cilindradas, para os percursos em vias onde o limite de velocidade é de 90km/h, 100km/h e 120km/h, encontram-se representadas nas Figuras 47 a 49, respetivamente. Os resultados referentes às estimativas das emissões de NO_x para os VCL a diesel são apresentados na Figura 50.

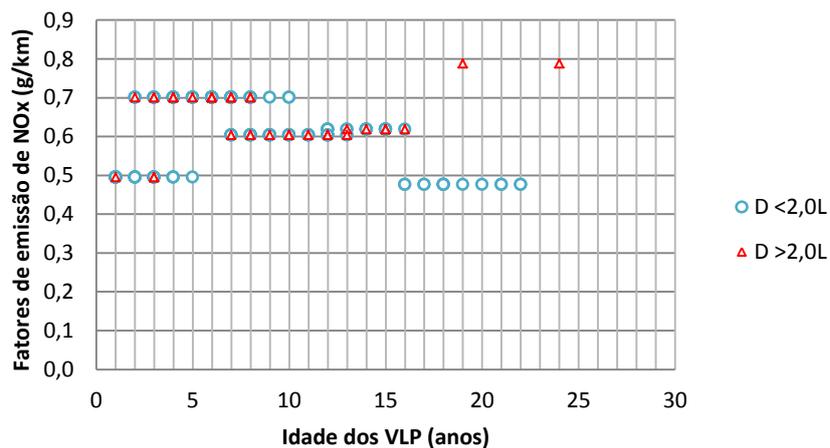


Figura 47: Fatores de emissão de NO_x dos VLP a diesel, em função das suas idades e cilindradas, em vias com limite de velocidade de 90km/h

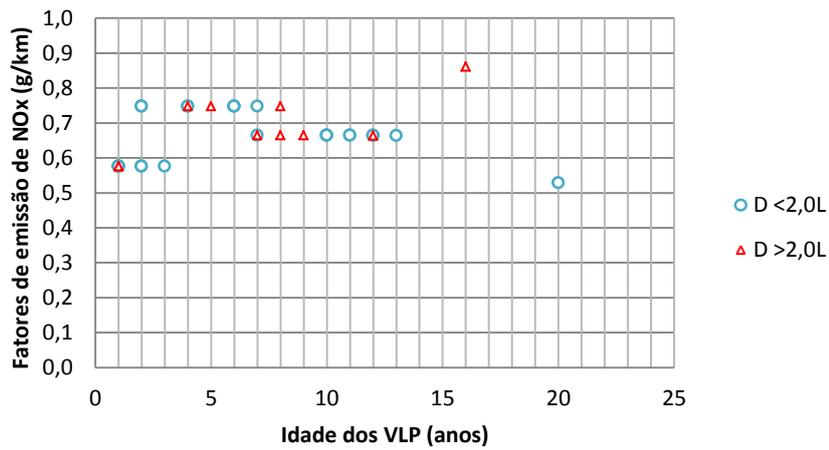


Figura 48: Fatores de emissão de NOx dos VLP a diesel, em função das suas idades e cilindradas, em vias com limite de velocidade de 100km/h

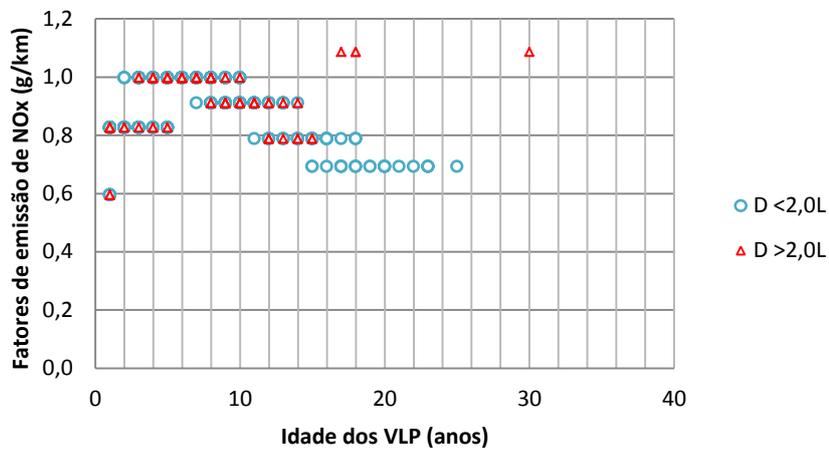


Figura 49: Fatores de emissão de NOx dos VLP a diesel, em função das suas idades e cilindradas, em vias com limite de velocidade de 120km/h

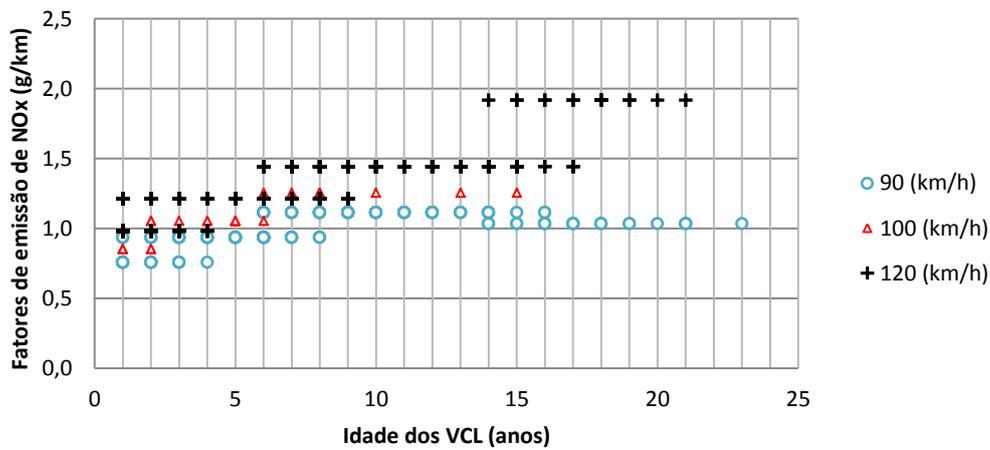


Figura 50: Fatores de emissão de NOx dos VCL a diesel em função das suas idades e velocidades

Através da análise dos gráficos anteriores, conclui-se que as emissões de NOx aumentam com o aumento das velocidades praticadas dos veículos, para os regimes de velocidade apresentados. Por exemplo, os VCL abrangidos pela norma Euro 4, para as velocidades limite de 90km/h, 100km/h e 120km/h, emitem, respetivamente, 0,757gNOx/km; 0,853gNOx/km e 0,980gNOx/km.

À semelhança do que sucede com as emissões de NOx nos VLP a gasolina, verifica-se que os VLP a diesel de maior cilindrada apresentam fatores de emissão de NOx mais elevados, isto no que toca aos veículos abrangidos pela norma “*Conventional*”. Para as velocidades limite de 90km/h, 100km/h e 120km/h, os veículos pertencentes à faixa de cilindrada “D>2,0L”, em relação aos veículos pertencentes à faixa de cilindrada “D<2,0L”, possuem emissões superiores na ordem dos 57%, 63% e 66%, respetivamente. Nos VLP abrangidos pelas normas Euro, isto não se verifica, uma vez que, nas equações utilizadas pelo modelo para o cálculo das emissões, o parâmetro cilindrada não é incluído, o que revela que as emissões de NOx dependem sobretudo da qualidade dos catalisadores e não tanto da cilindrada dos veículos. Nos VCL, a metodologia utilizada pelo Copert 4, para o cálculo das emissões, não tem também em atenção as suas cilindradas. Isto verifica-se não só para as emissões de NOx, mas também para as emissões dos outros tipos de poluentes.

No que diz respeito à relação existente entre as emissões de NOx e a idade dos VLP, observa-se que estas aumentaram até à norma Euro 3. Os veículos abrangidos pela norma Euro 3, em relação aos veículos abrangidos pela norma Euro 4, para as velocidades limite de 90 km/h, 100km/h e 120km/h, possuem fatores de emissão de NOx superiores na ordem dos 41%, 30% e 21%, respetivamente. Por sua vez, para a velocidade limite de 120 km/h, os veículos abrangidos pela norma Euro 4, em relação aos abrangidos pela norma Euro 5, possuem emissões superiores em aproximadamente 57%. Com o intuito de averiguar as limitações do cálculo das emissões através da utilização do Copert 4, à semelhança do que sucedeu com as emissões de CO₂ dos VLP a gasolina, procedeu-se ao cálculo “manual” das emissões de NOx, ver Anexo K. No entanto, não se conseguiu perceber qual o motivo responsável por tais resultados, uma vez que contrariam os objetivos de melhoria pretendidos. Como as equações utilizadas pelo modelo se baseiam nos resultados de medições realizadas em veículos reais, esta constatação poderá dever-se ao facto de as tecnologias que foram sendo introduzidas nos VLP não terem sido capazes de fornecer as reduções de NOx pretendidas (SILVA, 2011). Contudo, nos VCL, ao contrário do que acontece com os VLP, verifica-se, no geral, uma redução das emissões de NOx, à medida que a idade dos veículos é menor. Os veículos abrangidos pela norma “*Conventional*”, em relação aos abrangidos pela norma Euro 4, para as velocidades limite de 90km/h e 120km/h, possuem fatores de emissão de NOx superiores na ordem dos 36%, no primeiro caso, e 96% no segundo.

Comparando as emissões de NOx dos VLP com as dos VCL, conclui-se que os VCL são mais poluentes. Por exemplo, para as velocidades limite 90km/h, 100km/h e 120km/h, verifica-se que os VCL abrangidos pela norma Euro 4, face aos VLP com a mesma norma, possuem emissões superiores na ordem dos 53%, 62% e 19%, respetivamente.

Confrontando as emissões de NOx dos VLP a diesel com as emissões de NOx dos VLP a gasolina, conclui-se que os veículos a diesel são mais poluentes. Por exemplo, as emissões dos VLP a diesel abrangidos pela norma Euro 4, em relação às emissões dos VLP a gasolina com a mesma norma, para as velocidades limite de 90km/h, 100km/h e 120km/h, são, respetivamente, 2.155%, 3.006% e 4.247% superiores.

Os resultados referentes às estimativas das emissões de PM para os VLP a diesel são apresentados nas Figuras 51 a 53, para as velocidades limite de 90km/h, 100km/h e 120km/h, respetivamente. As estimativas das emissões de PM para os VCL são apresentadas na Figura 54.

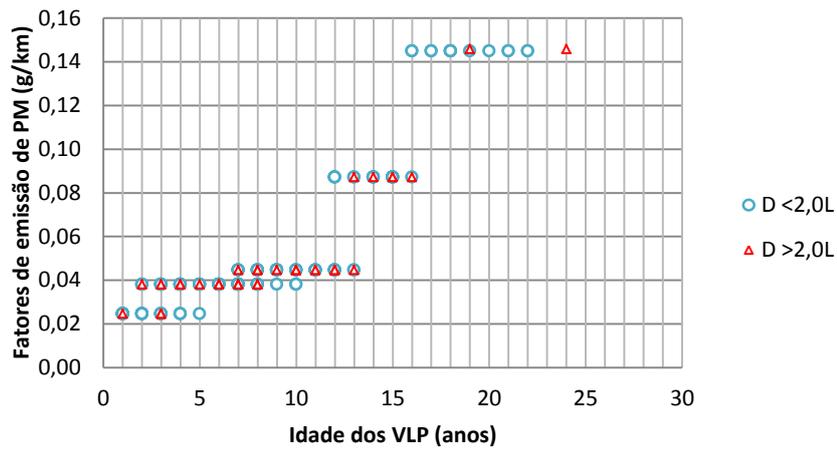


Figura 51: Fatores de emissão de PM dos VLP a diesel, em função das suas idades e cilindradas, em vias com limite de velocidade de 90km/h

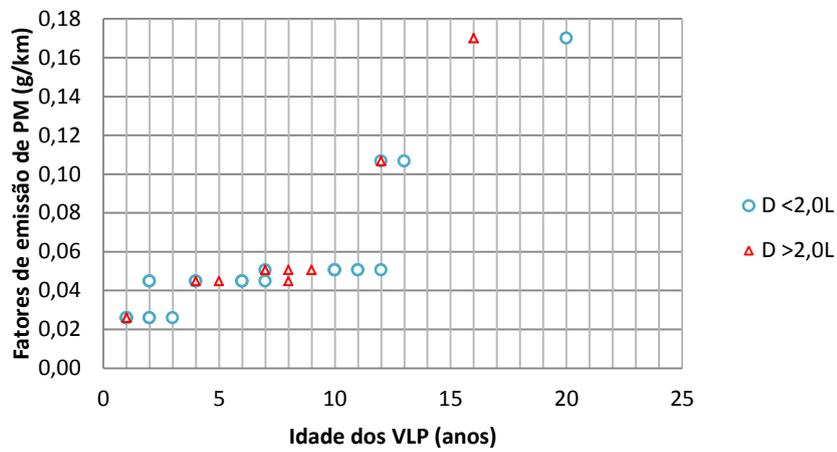


Figura 52: Fatores de emissão de PM dos VLP a diesel, em função das suas idades e cilindradas, em vias com limite de velocidade de 100km/h

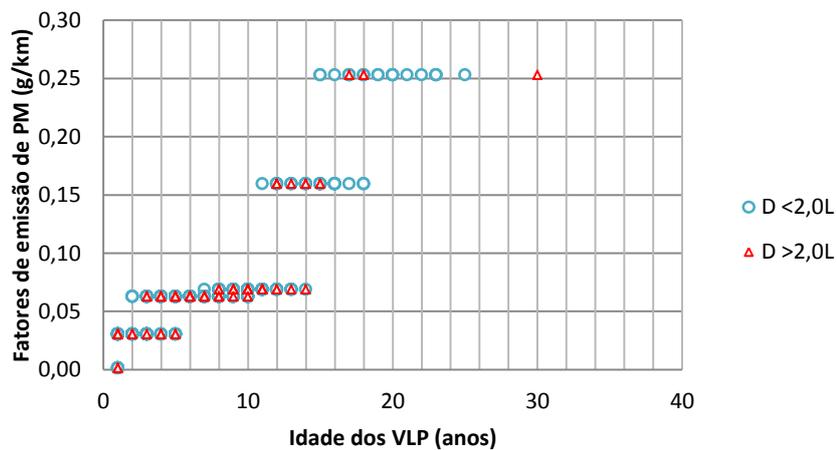


Figura 53: Fatores de emissão de PM dos VLP a diesel, em função das suas idades e cilindradas, em vias com limite de velocidade de 120km/h

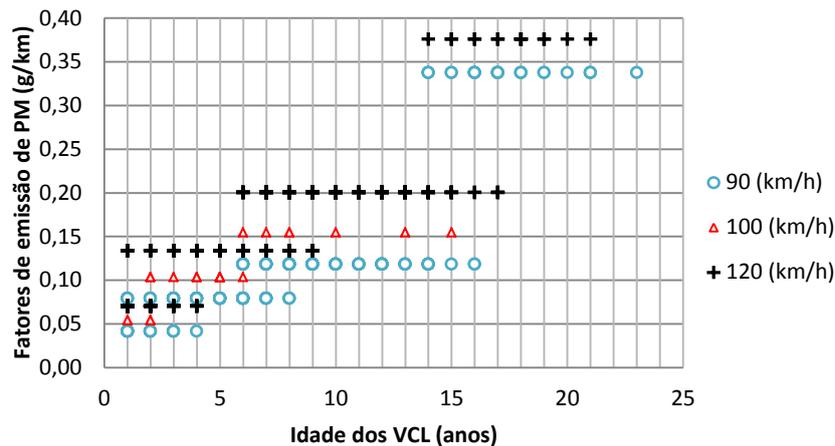


Figura 54: Fatores de emissão de PM dos VCL a diesel em função das suas idades e velocidades

Os gráficos anteriores evidenciam claramente uma redução nos fatores de emissão de PM, com a adoção de sucessivas normas Euro, cada vez mais exigentes. Os VLP abrangidos pela norma “*Conventional*”, em relação aos abrangidos pela norma Euro 4, para as velocidades limite de 90km/h, 100km/h e 120km/h, possuem fatores de emissão de PM superiores na ordem dos 489%, 556% e 732%, respetivamente. As emissões de PM dos VLP abrangidos pela norma Euro 5 (velocidade limite de 120 km/h) são quase nulas, 0,0015g/km, enquanto as emissões dos veículos abrangidos pela Euro 4 são de 0,0304g/km. Os VCL abrangidos pela norma “*Conventional*”, em relação aos abrangidos pela norma Euro 4, para as velocidades limite de 90km/h e 120km/h, possuem também emissões mais elevadas na ordem dos 717% e 436%, respetivamente. A redução das emissões de PM registada deve-se, sobretudo, ao aumento da eficiência dos filtros de partículas.

No que diz respeito à relação existente entre a cilindrada dos veículos e as suas emissões de PM, verifica-se que os fatores de emissão, para as três faixas de cilindradas, possuem os mesmos valores, o que revela que as emissões de PM dependem, sobretudo, da eficiência dos filtros de partículas e não tanto da cilindrada dos veículos.

Quanto à relação existente entre as velocidades limite e as emissões de PM, constata-se, também para este poluente, que quanto maior é a velocidade, mais elevadas são as emissões. Por exemplo, os VCL abrangidos pela norma Euro 4, para as velocidades limite de 90km/h, 100km/h e 120km/h, emitem, respetivamente, 0,041gPM/km; 0,054gPM/km e 0,070gPM/km.

Confrontando as emissões de PM dos VLP com as dos VCL, à semelhança do que sucede com as emissões de NOx, constata-se que os VCL são mais poluentes. Por exemplo, para as velocidades limite de 90km/h, 100km/h e 120km/h, verifica-se que os VCL abrangidos pela norma Euro 4, em relação aos VLP abrangidos pela mesma norma, possuem emissões superiores na ordem dos 64%, 108% e 133%, respetivamente.

Comparando os VLP a diesel com os VLP a gasolina, em termos de emissões de PM, constata-se que os veículos a diesel são mais poluentes. Por exemplo, as emissões dos VLP a diesel abrangidos pela norma Euro 4, em relação às emissões dos VLP a gasolina com a mesma norma, para a velocidade limite de 120km/h, são 2.627% superiores.

As emissões de CO₂, em função da idade e da cilindrada dos VLP a diesel, para as velocidades limite de 90km/h, 100km/h e 120km/h, encontram-se representadas nas Figuras 55 a 57, respetivamente. Importa referir que, à semelhança dos VLP a gasolina, o comportamento das emissões de CO₂, em função dos parâmetros em análise, é análogo ao dos consumos. As estimativas das emissões de CO₂ para os VCL são apresentadas na Figura 58.

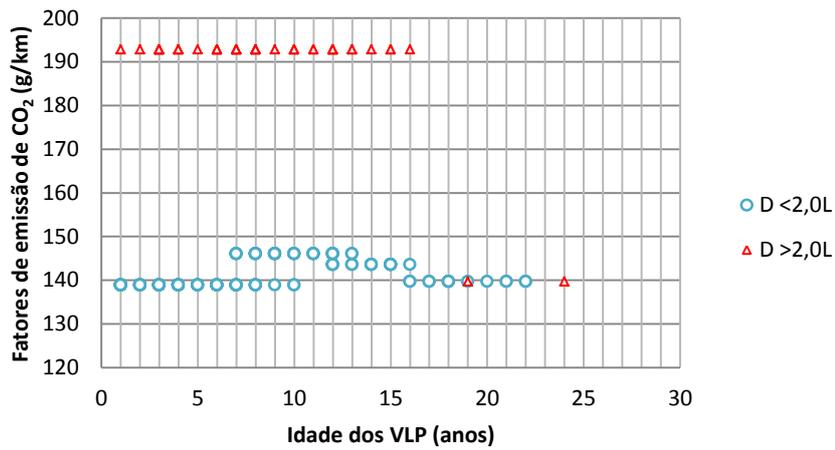


Figura 55: Fatores de emissão de CO₂ dos VLP a diesel, em função das suas idades e cilindradas, em vias com limite de velocidade de 90km/h

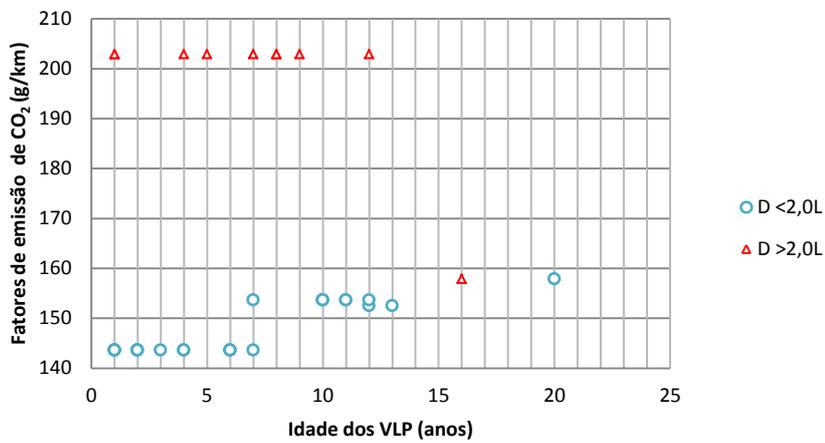


Figura 56: Fatores de emissão de CO₂ dos VLP a diesel, em função das suas idades e cilindradas, em vias com limite de velocidade de 100km/h

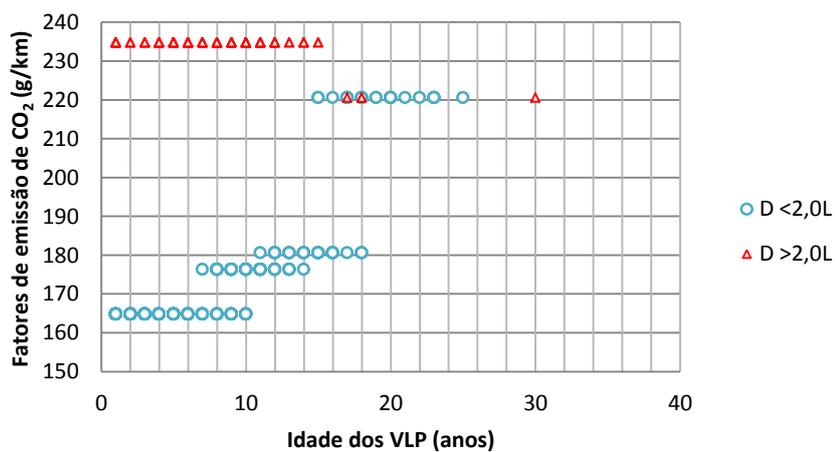


Figura 57: Fatores de emissão de CO₂ dos VLP a diesel, em função das suas idades e cilindradas, em vias com limite de velocidade de 120km/h

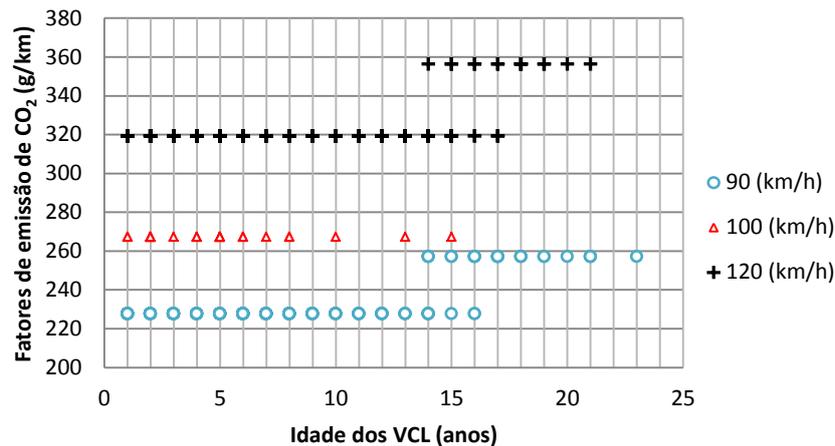


Figura 58: Fatores emissão de CO₂ dos VCL a diesel em função das suas idades e velocidades

Pela análise dos gráficos anteriores, verifica-se que os VLP a diesel de maior cilindrada possuem maiores emissões de CO₂, em virtude de consumirem uma maior quantidade de combustível. Por exemplo, os VLP abrangidos pela norma Euro 4 pertencentes à faixa de cilindrada “D>2,0L”, em relação aos veículos pertencentes à faixa de cilindrada “D<2,0L”, para as três velocidades limite, possuem fatores de emissão de CO₂ superiores na ordem dos 40%. No entanto, isto só se verifica nos veículos com normas Euro, pois a metodologia utilizada pelo Copert 4 para o cálculo das emissões dos veículos abrangidos pela norma “Conventional” não tem em atenção o parâmetro cilindrada.

Quanto à relação existente entre as emissões de CO₂ dos veículos ligeiros a diesel e as velocidades limite praticadas nos percursos considerados, verifica-se, para a velocidade limite de 120km/h, que os fatores de emissão de CO₂ são mais elevados. Por exemplo, os VCL abrangidos pela norma Euro 4, para as velocidades limite de 90km/h, 100km/h e 120km/h, emitem, respetivamente, 228gCO₂/km, 268gCO₂/km e 319gCO₂/km.

Ao contrário do esperado, os gráficos anteriores apresentam evoluções distintas dos fatores de emissão de CO₂ com a idade dos veículos. No que toca às emissões de CO₂ dos VLP, os veículos com cilindrada superior a 2,0L, para as três velocidades limite, possuem emissões constantes. Os veículos com cilindrada inferior a 2,0L, em vias com velocidade limite de 120km/h, apresentam uma diminuição nas emissões de CO₂ com a entrada em vigor de cada norma Euro. Para esta velocidade, os veículos abrangidos pela norma “Conventional”, face aos veículos abrangidos pela norma Euro 4, possuem emissões de CO₂ e consumos superiores em cerca de 34%. Por outro lado, para as velocidades limite de 90km/h e 100km/h, não se verifica sempre esta tendência decrescente, existindo, por vezes, um aumento das emissões com a entrada em vigor de uma nova norma. Deste modo, constata-se que o cálculo das emissões de CO₂ realizado pelo Copert 4 é fortemente afetado pela velocidade considerada. Com o intuito de averiguar a existência de falhas no cálculo das emissões através do modelo Copert 4, que possam justificar este perfil, procedeu-se também ao cálculo “manual” das emissões, ver Anexo K, tendo-se validado os resultados do modelo. No que diz respeito às emissões de CO₂ dos VCL, a metodologia de cálculo utilizada pelo Copert 4 apenas faz a distinção entre a norma “Conventional” e as normas Euro, apresentando os veículos abrangidos por qualquer norma Euro o mesmo valor de emissões de CO₂. Os motivos que podem estar por trás do facto de não existir uma tendência claramente decrescente, nas emissões de CO₂ dos veículos ligeiros a diesel, são os mesmos motivos referidos anteriormente no estudo da evolução das emissões de CO₂ dos veículos a gasolina.

Estabelecendo a comparação entre as emissões de CO₂ dos VLP com as dos VCL, constata-se que os VCL são mais poluentes. Por exemplo, para as velocidades limite de 90km/h, 100km/h e 120km/h, verifica-se que os VCL abrangidos pela norma Euro 4, em relação aos VLP abrangidos pela mesma norma, pertencentes à faixa de cilindrada “D>2,0L”, possuem emissões superiores na ordem dos 64%, 86% e 94%, respetivamente.

Comparando os VLP a diesel com os VLP a gasolina, em termos de emissões de CO₂, conclui-se que os veículos a gasolina são mais poluentes. Por exemplo, as emissões dos VLP a gasolina abrangidos pela norma Euro 4, pertencentes à faixa de cilindrada “G 1,4-2,0L”, em relação às emissões dos VLP com a mesma norma, pertencentes à faixa de cilindrada “D<2,0L”, são 14% superiores.

6.3 Estimativa de emissões e consumos para veículos a combustíveis alternativos

No Quadro 8, encontram-se presentes os resultados referentes às estimativas dos consumos e emissões dos VLP a combustíveis alternativos que fazem parte da amostra BSR. Os resultados não se encontram apresentados sob a forma gráfica devido ao número reduzido destes veículos.

Quadro 8: Consumos e emissões dos VLP a combustíveis alternativos presentes na BSR

Combustível	Norma	Velocidade limite	Fatores de emissão (g/km)					Consumos (L/100km)
			CO	CO ₂	NOx	VOC	PM	
Híbrido	Euro 4	120	0,012	141,783	0,014	0,001	0,0000	6,2
GPL	Euro 1	120	6,070	203,498	0,348	0,191	0,0019	13,2
	Euro 2	90	1,792	150,254	0,103	0,014	0,0018	9,7
		120	4,127	203,498	0,125	0,046	0,0019	13,2
	Euro 3	120	2,143	203,498	0,076	0,039	0,0011	13,2

O número de veículos híbridos na BSR é reduzido, apenas dois, não sendo possível tirar qualquer ilação da relação existente entre os seus atributos e as suas emissões. Para os veículos a GPL, existem mais observações, sete no total, sendo possível tirar algumas conclusões da relação existente entre os seus atributos e as suas emissões. No que diz respeito à relação existente entre a idade dos VLP a GPL e as suas emissões, confirma-se que os veículos mais recentes são menos poluentes. No entanto, constata-se que as emissões de CO₂ e, conseqüentemente, os consumos são constantes, desde a norma Euro 1 até à norma Euro 3. Pela análise do quadro anterior, também se observa que, para todos os poluentes em estudo, as suas emissões são mais elevadas para a velocidade limite de 120km/h. Devido ao facto de a metodologia utilizada pelo modelo, para o cálculo das emissões dos veículos a GPL, não ter em atenção o parâmetro cilindrada, não se pode concluir que os veículos de maior cilindrada têm emissões mais elevadas.

6.4 Síntese

Analisando as estimativas das emissões dos vários poluentes em estudo, é possível concluir que os veículos ligeiros do PAP têm melhorado gradualmente o seu desempenho ambiental, à medida que são introduzidas novas normas de emissões de poluentes com limites cada vez mais exigentes. Embora a evolução das emissões de CO₂ não tenha sido a esperada, pois o seu cálculo através do modelo Copert 4 é fortemente afetado pela velocidade aplicada, é possível concluir que os veículos mais recentes do PAP, em relação aos mais antigos, têm emissões de CO₂ inferiores, o que faz sentido em termos das inovações que têm vindo a ser implementadas nos novos modelos. Os VLP a gasolina e a diesel, pertencentes à faixa de cilindrada “G<1,4L” e “D<2,0L”, respetivamente, com 20 anos, para uma velocidade de 120km/h, em relação aos veículos com um ano de idade, possuem emissões de CO₂ superiores em cerca de 11% e 34%, respetivamente. Nesse sentido, e uma vez que as emissões de CO₂ estão diretamente relacionadas com os consumos de combustível, pode-se afirmar que os veículos mais recentes do PAP, em relação aos mais antigos, possuem um desempenho energético melhor.

Dos resultados apresentados, é possível concluir que os veículos a gasolina, perante os parâmetros analisados, possuem desempenhos energéticos e ambientais menos eficientes, face aos veículos a diesel, com exceção para os poluentes NOx e PM. Contudo, constata-se que, de todos os tipos de veículos presentes na amostra BSR, os veículos híbridos são aqueles que possuem um melhor desempenho energético e ambiental. Comparando os VLP e os VCL, é possível afirmar que os VCL são aqueles que têm piores desempenhos energéticos e ambientais. Relativamente à relação existente entre a cilindrada dos veículos e as suas emissões e consumos, pode-se afirmar que os veículos do PAP de maior cilindrada têm maiores consumos e emissões.

7 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

A presente Dissertação de Mestrado insere-se no âmbito de um projeto de investigação intitulado “SAFENV: Compromisso entre Segurança e Emissões para o Tráfego Rodoviário” financiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia. Este estudo teve como principais objetivos analisar a evolução do parque automóvel português, no período compreendido entre 1990 e 2010, com ênfase nos veículos ligeiros, e correlacionar os atributos dos veículos com as suas emissões e consumos.

A análise da evolução do parque automóvel português foi desenvolvida com a compilação de dados estatísticos recolhidos junto de entidades oficiais em Portugal e no estrangeiro. Com o intuito de complementar essa análise, procedeu-se também ao estudo de uma amostra contendo veículos reais envolvidos em acidentes de viação, a amostra BSR. As características e as tendências mais relevantes destes veículos foram “interpoladas” com os valores oficiais disponíveis para o PAP. Apesar da amostra BSR ser constituída por um espectro muito variado de veículos, o seu número é significativamente inferior em dimensão ao número de veículos do PAP. Nesse sentido, a metodologia adotada foi no sentido de permitir a comparação das suas características e tendências com as de todo o PAP.

A análise comparativa realizada entre as distribuições, do PAP de 2010 e dos veículos envolvidos em acidentes nesse ano (BSR 2010), por tipo de veículo, combustível, faixa de cilindrada e norma de emissão de poluentes demonstrou que ambas as distribuições eram semelhantes, apesar de existirem alguns casos pontuais de discrepância. Para uma determinada classe, houve casos em que a norma de emissão de poluentes que compreendia a maioria dos veículos da BSR 2010 era mais antiga do que aquela que abrangia a maioria dos veículos do PAP de 2010. O que permitiu confirmar que os veículos mais antigos são menos seguros, conseqüentemente, encontram-se mais suscetíveis a sofrerem acidentes com vítimas.

A recolha de dados estatísticos, para o estudo da evolução das características técnicas dos veículos ligeiros do PAP, não foi possível para todo o período de tempo pretendido (1990 a 2010), nem para todas as categorias de veículos ligeiros com interesse neste estudo. Os dados disponíveis possibilitaram, apenas, a análise dos perfis evolutivos das características técnicas para os VLP e nem sempre para a totalidade do período pretendido. Em particular, os valores das características técnicas, tara e distância entre eixos, só estavam disponíveis para os modelos registados entre 2001 e 2010. Nesse sentido, procedeu-se à análise das tendências evolutivas das características técnicas dos veículos pertencentes à amostra BSR. Com os dados estatísticos recolhidos, também não foi possível analisar as tendências evolutivas dos consumos e emissões dos veículos ligeiros. A informação recolhida para o PAP só permitiu avaliar a evolução das emissões de CO₂, no período compreendido entre 2002 e 2010. Nesse sentido, procedeu-se à estimativa das emissões atmosféricas e consumos associados aos veículos da amostra BSR, através da utilização do modelo Copert 4. Com base nestas estimativas, foi depois possível analisar a evolução do desempenho energético e ambiental dos veículos ligeiros em função das especificações técnicas desses veículos.

O Copert 4 é um modelo que possibilita uma análise à escala macroscópica, com uma aproximação geral dos fatores de emissão. Assim, os resultados das emissões e consumos para os veículos existentes na BSR só foram possíveis de serem estimados com base no tipo de combustível, cilindrada, idade do veículo e velocidade hipoteticamente praticada pelo mesmo. Por isso, facilmente se compreende que a metodologia utilizada pelo modelo possui algumas limitações, pelo facto de não ter em consideração a influência de fatores tão relevantes como a tara, a aerodinâmica e as variações de velocidade praticadas durante a condução.

Neste estudo, verificou-se que o parque automóvel português, nas últimas duas décadas, aumentou 2,7 vezes e, por consequência, a taxa de motorização e a quilometragem aumentaram, respetivamente, 126% e 82%. No entanto, na última década, as vendas de veículos novos decresceu, tendo as vendas do ano de 2010 sido 35% inferiores às do ano de 2000, o que levou ao envelhecimento do PAP. Os VLP, veículos que no ano de 2010 constituíam 77% de todo o PAP, aumentaram 2,8 vezes, entre 1990 e 2010, e a sua idade média subiu dos 6,1 anos, em 1995, para os 10,4 anos, em 2009. No que toca à venda de VLP por tipo de combustível, constatou-se que o volume de vendas de VLP a diesel teve uma tendência crescente desde o ano de 1990, tendo ultrapassado o volume de vendas de veículos a gasolina no ano de

2004. A venda de VLP a combustíveis alternativos, entre 1990 e 2010, não teve grande expressão, sendo, no ano de 2010, apenas 1,1% do total de vendas. No que diz respeito à evolução das características técnicas, dos VLP vendidos anualmente, constatou-se que todas as características em estudo tiveram uma tendência crescente. Entre 1990 e 2010, a potência média e a cilindrada média aumentaram, respetivamente, 64% e 23%, enquanto a tara média e a distância entre eixos média, entre 2001 e 2010, tiveram um aumento de 13% e 2,5%, respetivamente. Para os VLP da BSR, nestes períodos de tempo, observou-se que a cilindrada média, tara média e distância entre eixos média tiveram um aumento de, respetivamente, 20%, 8% e 4,3%. No período compreendido entre 1990 e 2010, o seu aumento já foi de, respetivamente, 20%, 43% e 8 %, enquanto para os VCL o seu aumento foi de 18%, 88% e 23%, respetivamente.

Como constatado na revisão bibliográfica, a tara e a distância entre eixos têm um importante papel na segurança dos veículos. Um veículo com uma tara e uma distância entre eixos mais elevada é um veículo com uma maior segurança. Nesse sentido, a tendência crescente que estas características tiveram desde o ano de 1990 é sinal indicativo da preocupação dos construtores em fabricarem veículos cada vez mais seguros. Contudo, para os VLP, a partir do ano de 2007 e até ao ano de 2010, registou-se um ligeiro decréscimo dos seus valores. Um dos motivos é o facto de as medidas de segurança ativa e passiva aplicadas aos veículos, nos últimos anos, terem aumentado fortemente a sua segurança, sem acrescentarem muito mais massa aos veículos. Atualmente, as mais recentes inovações apontam também para a incorporação de materiais mais leves e resistentes, como o alumínio, a fibra de carbono e os nanomateriais, que conferem resistência aos veículos, ao mesmo tempo que reduzem as suas massas e não comprometem a sua segurança. Como comprovado em estudos anteriores, enunciados no estado-da-arte, quanto maior for a tara de um veículo, maiores são as suas emissões e consumos. Uma maior tara nos veículos induz grandes perdas por atrito e aumenta a potência do motor necessária em condições mais exigentes, como subidas de maior inclinação, originando maiores consumos e emissões em cada arranque. Assim sendo, é muito importante que os construtores procedam à sua redução, sem pôr em causa, no entanto, a segurança dos veículos.

O estudo das estimativas das emissões dos poluentes CO, NOx, VOC e PM, para os veículos presentes na BSR, permite concluir que os veículos ligeiros do PAP têm melhorado gradualmente o seu desempenho ambiental, à medida que são introduzidas novas normas de emissões de poluentes com limites cada vez mais exigentes. Embora a evolução das emissões de CO₂ não tenha sido a esperada, pois o seu cálculo através do modelo Copert 4 é fortemente afetado pela velocidade aplicada, é possível concluir que os modelos mais recentes do PAP, em relação aos mais antigos, têm emissões de CO₂ inferiores, resultante da aplicação de novas tecnologias nos novos modelos. Por exemplo, os VLP a gasolina e a diesel, pertencentes à faixa de cilindrada “G<1,4L” e “D<2,0L”, respetivamente, com 20 anos, para uma velocidade de 120km/h, em relação aos veículos com um ano de idade, possuem emissões de CO₂ superiores em cerca de 11% e 34%, respetivamente. Consequentemente, estando as emissões de CO₂ diretamente relacionadas aos consumos de combustível, pode-se afirmar que os veículos mais recentes do PAP, em relação aos mais antigos, possuem um desempenho energético melhor. É importante salientar que a análise da evolução das emissões de CO₂ e, conseqüentemente, da evolução dos consumos foi efetuada, separadamente, para cada tipo de combustível. Entre o ano de 2002 e o ano de 2010, segundo os dados recolhidos junto da EEA, as emissões de CO₂ médias por veículo, do total de VLP novos vendidos em Portugal em cada ano, tiveram uma redução de 17%, fruto também do aumento da percentagem de veículos a diesel no PAP, dado que as suas emissões são inferiores às dos veículos a gasolina. No entanto, os progressos efetuados ao nível do desempenho energético e ambiental dos veículos não têm sido suficientes para acompanhar o crescimento do parque automóvel, continuando o consumo global de energia e as emissões de GEE a aumentar, apesar das emissões por veículo terem vindo a decrescer. Neste âmbito, os construtores de veículos automóveis deveriam investir mais na melhoria do desempenho energético e ambiental dos seus veículos, sem comprometer, no entanto, a segurança dos mesmos.

Os resultados das estimativas das emissões e consumos dos veículos presentes na BSR permitem concluir que os VCL, em relação aos VLP, possuem piores desempenhos energéticos e ambientais. Relativamente à relação existente entre a cilindrada dos veículos e as suas emissões e consumos, pode-se afirmar que os veículos do PAP de maior cilindrada têm maiores consumos e emissões. Em relação ao combustível utilizado, é possível concluir que os veículos a gasolina possuem piores desempenhos

energéticos e ambientais, face aos veículos a diesel, consumindo mais e emitindo mais, à exceção dos poluentes NOx e PM. Contudo, constata-se que, de todos os tipos de veículos presentes na BSR, os veículos híbridos são aqueles que possuem um melhor desempenho energético e ambiental. Com este estudo, conclui-se também que os veículos a circular a uma velocidade de 120km/h, em relação a circular a uma velocidade de 90km/h, emitem uma maior quantidade de poluentes e consomem uma maior quantidade de combustível. Isto demonstra que, apesar dos esforços realizados para diminuir os consumos e as emissões dos veículos, os seus valores irão sempre depender também do comportamento dos condutores.

Neste estudo, comprovou-se que os veículos mais antigos têm piores desempenhos energéticos e ambientais e os mesmos tendem a ser menos seguros. Nos veículos mais antigos, a ausência de equipamentos de proteção para os seus ocupantes e o facto de apresentarem chassis em materiais menos resistentes, por conseguinte com menor capacidade para absorverem a energia dissipada durante a colisão, resultando numa maior intrusão no habitáculo, o risco de ferimentos para o condutor e passageiros é maior. Assim sendo, é essencial que o parque automóvel português se renove, substituindo-se os veículos mais antigos por veículos novos, veículos mais seguros e dotados de tecnologias menos poluentes e de maior eficiência energética. A criação de programas de incentivo ao abate, o aumento dos impostos sobre os veículos usados importados e inspeções periódicas obrigatórias mais exigentes são alguns dos vários mecanismos que podem ser utilizados nessa renovação. De forma a minimizar, ainda mais, a fatura energética e as emissões de GEE do parque automóvel nacional, devem-se criar mais programas de incentivo à utilização de veículos a combustíveis alternativos com emissões e consumos mais reduzidos. Se em toda a UE isto se realizasse, o volume de vendas deste tipo de veículos iria aumentar e os construtores, por consequência, iriam investir ainda mais na melhoria do seu desempenho.

Quanto a trabalhos futuros, tendo em atenção as limitações do modelo utilizado, o qual não considera muitos dos atributos dos veículos, sugere-se uma ampliação da análise com a contabilização de um maior número de variáveis, com o intuito de tornar as estimativas das emissões e consumos mais realistas. Numa próxima fase, poder-se-ia, também, efetuar uma análise multiobjetivo e verificar se existe alguma relação entre a segurança dos veículos da BSR e as suas emissões de poluentes (ou seja, verificar se os veículos com maior número de feridos ou vítimas mortais são os que possuem maiores emissões ou não). Por fim, sugere-se ainda a ampliação deste estudo a todo o parque automóvel nacional, incluindo os veículos pesados, para além dos veículos automóveis ligeiros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACAP - Estatísticas do Sector Automóvel. Associação de Comércio Automóvel de Portugal, 1995-2011.
- ACEA - Diesel, 4x4, average Cubic Capacity, average Power [em linha]. [Consult. 25. Out 2011]. Disponível em: http://www.acea.be/images/uploads/files/20101003_All_Characteristics_1990-201008.pdf.
- AN, F.; EARLEY, R.; GREEN-WEISKEL, L. - Global Overview on Fuel Efficiency and Motor Vehicle Emission Standards: Policy Options and Perspectives for International Cooperation. United Nations Background Paper. n.º 3, 2011.
- ANSR - Relatório Anual de Sinistralidade Rodoviária do ano de 2011. Autoridade Nacional para a Segurança Rodoviária, 2012.
- APA - Portuguese National Inventory Report on Greenhouse Gases, 1990 - 2009. Agência Portuguesa do Ambiente, 2011.
- ASHLEY, S. - A low-pollution engine solution. Scientific American. ISSN 0036-8733. Vol. 284, n.º 6, 2001.
- CAMPESTRINI, M.; MOCK, P. - European Vehicle Market Statistics [em linha]. ICCT (The International Council on Clean Transportation), 2011. Disponível em: http://www.theicct.org/sites/default/files/publications/Pocketbook_LowRes_withNotes-1.pdf.
- DECICCO, J. - A fuel efficiency horizon for us automobiles. Report prepared for The Energy Foundation. University of Michigan, 2010.
- DULEEP, KG - Overview of Light-Duty Vehicle Fuel Economy Technology To 2025 and Policy Implications. Climate and Transportation Solutions, 2010.
- EC - EU transport in figures [em linha]. Comissão Europeia, 2011. [Consult. 24 Jan. 2012]. Disponível em: http://ec.europa.eu/transport/publications/statistics/pocketbook-2011_en.htm.
- EEA - Average age of road vehicles [em linha]. European Environment Agency. [Consult. 19 Jan. 2012]. Disponível em: <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/average-age-of-road-vehicles>.
- EEA - Monitoring the CO₂ emissions from new passenger cars in the EU: summary of data for 2010. European Environment Agency, 2011.
- EEA - Transport [em linha]. European Environment Agency. [Consult. 12 Mar. 2012]. Disponível em: <http://www.eea.europa.eu/themes/transport/intro>.
- EPA&NHTSA - Joint Technical Support Document for Final Rulemaking to Establish Light-Duty Vehicle Greenhouse Gas Emission Standards and Corporate Average Fuel Economy Standards. Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency and U.S. Department of Transportation, National Highway Traffic Safety Administration, 2010.
- EUROSTAT - Transport accident statistics [em linha]. Eurostat. [Consult. 12 Mar. 2012] Disponível em: http://epp.eurostat.ec.europa.eu/statistics_explained/index.php/Transport_accident_statistics.
- EVANS, L. - How to make a car lighter and safer [em linha]. Bloomfield Hills, 2004. Disponível em: <http://www.scienceservingsociety.com/p/154.pdf>.
- FONTARAS, G.; SAMARAS, Z. - On the way to 130gCO₂/km—Estimating the future characteristics of the average European passenger car. Energy Policy. ISSN 0301-4215. Vol. 38, n.º 4, 2010.

HUTCHINSON, T.; ANDERSON, R. - Vehicle mass as a determinant of fuel consumption and secondary safety performance: A comment. Transportation Research Part D: Transport and Environment. ISSN 1361-9209. Vol. 15, n.º 2, 2010.

HYBRIDCARS - December 2009 Dashboard: Year-End Tally - Top 5 global hybrid markets [em linha]. [Consult. 28. Jan 2012]. Disponível em: <http://www.hybridcars.com/hybrid-sales-dashboard/december-2009-dashboard.html>.

KIRWAN, J.; SHOST, G.; ZIZELMAN, J. - 3-Cylinder Turbocharged Gasoline Direct Injection: A High Value Solution for Low CO2 and NOx Emissions. SAE International Journal of Engines. ISSN 1946-3936. Vol. 3, n.º 1, 2010.

NTZIACHRISTOS, L.; SAMARAS, Z. - EMEP/EEA emission inventory guidebook 2009 [em linha]. European Environment Agency (EEA), 2010. Disponível em: <http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-emission-inventory-guidebook-2009/part-bsectoral-guidance-chapters/1-energy/1-a-combustion/1-a-3-b-road-transport.pdf>.

PORSCHE - Porsche and the Environment [em linha]. Porsche [Consult. 19 Jun. 2012] Disponível em: http://press.porsche.com/more_about/environmental/.

SANTOS, H. - Estratégias dos construtores automóveis para reduzir as emissões de poluentes: Seminário do projecto TaT. Instituto Politécnico de Leiria, 2008.

SHERMAN, D. - The internal combustion engine's last hurrah. Automotive Industries. ISSN 1099-4130, 2004

SILVA, R - Desempenho energético-ambiental de veículos envolvidos em acidentes. Universidade de Aveiro, 2011.

TOLOUEI, R.; TITHERIDGE, H. - Vehicle mass as a determinant of fuel consumption and secondary safety performance. Transportation Research Part D: Transport and Environment [em linha]. Vol. 14, n.º 6, 2009. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S136192090900011X>.

TORRÃO, G; COELHO, M; ROUPHAIL, N - Effect of vehicle characteristics on crash severity: Portuguese Experience. 12th WCTR (World Conference on Transport Research Society) - Lisbon, Portugal, 2010.

TORRÃO, G; COELHO, M; SILVA, R - Emissions and Fuel Consumption Estimation for Vehicles Involved in Crash Collisions: Application to Portuguese Road Safety Data. Procedia- Social and Behavioral Sciences, 2012.

UE - Directiva 98/69/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 13 de outubro de 1998 relativa às medidas a tomar contra a poluição do ar pelas emissões provenientes dos veículos a motor e que altera a Directiva 70/220/CEE do Conselho. jornal oficial nº L350, 1998.

VALORCAR - Indicadores / VFV / Anos Anteriores [em linha]. [Consult. 23 JAN. 2012]. Disponível em <http://www.valorcar.pt/indicadores/vfv/2010.html>.

VRKLJAN, B.; ANABY, D. - What vehicle features are considered important when buying an automobile? An examination of driver preferences by age and gender. Journal of Safety Research [em linha]. Vol. 42, n.º 1, 2011. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022437511000041>.

WOOD, D - Safety and the car size effect: A fundamental explanation. Accident Analysis & Prevention [em linha]. Vol. 29, n.º 2, 1997. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S000145759600067X>.

ZACHARIADIS, T. - The effect of improved safety on fuel economy of European cars. Transportation Research Part D: Transport and Environment [em linha]. Vol. 13, n.º 2, 2008. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1361920907001319>.

ANEXOS**Anexo A****Quadro 9:** Número de veículos do parque automóvel português, no período de 1990 a 2010, por categoria (ACAP, 2011)

Ano	Veículos Ligeiros de Passageiros		Veículos Comerciais Ligeiros		Veículos Pesados		Total
	Unidades	%	Unidades	%	Unidades	%	Unidades
1990	1.630.000	74,2	465.000	21,2	103.000	4,7	2.198.000
1991	1.829.000	74,8	503.000	20,6	112.000	4,6	2.444.000
1992	2.053.000	75,8	535.000	19,8	119.000	4,4	2.707.000
1993	2.247.000	75,8	587.000	19,8	131.000	4,4	2.965.000
1994	2.445.000	75,5	660.000	20,4	132.000	4,1	3.237.000
1995	2.611.000	76,0	690.000	20,1	134.000	3,9	3.435.000
1996	2.809.000	76,4	725.000	19,7	142.000	3,9	3.676.000
1997	3.021.000	76,6	784.000	19,9	139.000	3,5	3.944.000
1998	3.239.000	76,5	857.000	20,2	140.000	3,3	4.236.000
1999	3.469.000	76,5	921.000	20,3	145.000	3,2	4.535.000
2000	3.593.000	75,6	1.008.000	21,2	149.000	3,1	4.750.000
2001	3.746.000	75,6	1.057.000	21,3	154.000	3,1	4.957.000
2002	3.885.000	75,6	1.095.000	21,3	158.000	3,1	5.138.000
2003	3.966.000	75,7	1.119.000	21,4	156.100	3,0	5.241.000
2004	4.100.000	75,8	1.150.000	21,3	155.700	2,9	5.405.700
2005	4.200.000	76,0	1.170.000	21,2	153.270	2,8	5.523.270
2006	4.290.000	76,3	1.184.000	21,0	151.000	2,7	5.625.000
2007	4.379.000	76,5	1.198.000	20,9	150.100	2,6	5.727.100
2008	4.408.000	76,6	1.200.000	20,8	149.400	2,6	5.757.400
2009	4.457.000	76,7	1.204.000	20,7	148.500	2,6	5.809.500
2010	4.480.000	76,8	1.205.000	20,7	147.600	2,5	5.832.600

Anexo B

Quadro 10: Quilometragem média anual dos VLP e dos VCL (km/veículo), no período de 1990 a 2009 (APA, 2011)

Veículo	Classe	Norma	1990	1995	2000	2005	2009
VLP	Gasolina <1,4 l	PRE ECE	1.535	1.437	1.339	1.207	999
VLP	Gasolina <1,4 l	ECE 15/00-01	3.107	2.669	2.232	1.772	1.447
VLP	Gasolina <1,4 l	ECE 15/02	4.932	4.270	3.609	2.962	2.353
VLP	Gasolina <1,4 l	ECE 15/03	8.408	7.115	5.822	4.606	3.422
VLP	Gasolina <1,4 l	ECE 15/04	10.837	9.535	8.233	6.975	5.532
VLP	Gasolina <1,4 l	PC Euro 1 - 91/441/EEC	0	20.290	14.426	9.959	10.872
VLP	Gasolina <1,4 l	PC Euro 2 - 94/12/EEC	0	0	18.803	13.090	10.934
VLP	Gasolina <1,4 l	PC Euro 3 - 98/69/EC Stage2000	0	0	0	18.605	13.858
VLP	Gasolina <1,4 l	PC Euro 4 - 98/69/EC Stage2005	0	0	0	22.636	18.563
VLP	Gasolina <1,4 l	PC Euro 5 (post 2005)	0	0	0	0	0
VLP	Gasolina <1,4 l	PC Euro 6	0	0	0	0	0
VLP	Gasolina 1,4 - 2,0 l	PRE ECE	1.728	1.602	1.477	1.255	1.061
VLP	Gasolina 1,4 - 2,0 l	ECE 15/00-01	3.728	3.148	2.568	1.925	1.554
VLP	Gasolina 1,4 - 2,0 l	ECE 15/02	5.741	4.948	4.155	3.413	2.554
VLP	Gasolina 1,4 - 2,0 l	ECE 15/03	9.914	8.515	7.117	5.792	4.324
VLP	Gasolina 1,4 - 2,0 l	ECE 15/04	13.464	11.842	10.219	8.655	6.788
VLP	Gasolina 1,4 - 2,0 l	PC Euro 1 - 91/441/EEC	0	19.925	15.432	11.800	10.270
VLP	Gasolina 1,4 - 2,0 l	PC Euro 2 - 94/12/EEC	0	0	18.684	14.338	12.242
VLP	Gasolina 1,4 - 2,0 l	PC Euro 3 - 98/69/EC Stage2000	0	0	0	19.323	14.313
VLP	Gasolina 1,4 - 2,0 l	PC Euro 4 - 98/69/EC Stage2005	0	0	0	21.271	18.523
VLP	Gasolina 1,4 - 2,0 l	PC Euro 5 (post 2005)	0	0	0	0	0
VLP	Gasolina 1,4 - 2,0 l	PC Euro 6	0	0	0	0	0
VLP	Gasolina >2,0 l	PRE ECE	1.854	1.662	1.471	1.234	925
VLP	Gasolina >2,0 l	ECE 15/00-01	4.404	3.832	3.260	2.857	1.969
VLP	Gasolina >2,0 l	ECE 15/02	8.526	7.329	6.131	6.821	3.299
VLP	Gasolina >2,0 l	ECE 15/03	12.119	10.084	8.048	5.746	4.603
VLP	Gasolina >2,0 l	ECE 15/04	13.155	11.731	10.307	8.796	7.483

Veículo	Classe	Norma	1990	1995	2000	2005	2009
VLP	Gasolina >2,0 l	PC Euro 1 - 91/441/EEC	0	19.270	14.892	11.252	9.110
VLP	Gasolina >2,0 l	PC Euro 2 - 94/12/EEC	0	0	18.526	14.334	12.044
VLP	Gasolina >2,0 l	PC Euro 3 - 98/69/EC Stage2000	0	0	0	18.589	14.147
VLP	Gasolina >2,0 l	PC Euro 4 - 98/69/EC Stage2005	0	0	0	21.021	18.117
VLP	Gasolina >2,0 l	PC Euro 5 (post 2005)	0	0	0	0	0
VLP	Gasolina >2,0 l	PC Euro 6	0	0	0	0	0
VLP	Diesel <2,0 l	Conventional	13.573	12.538	11.502	10.578	8.724
VLP	Diesel <2,0 l	PC Euro 1 - 91/441/EEC	0	36.284	24.422	16.136	13.127
VLP	Diesel <2,0 l	PC Euro 2 - 94/12/EEC	0	0	33.807	22.788	17.481
VLP	Diesel <2,0 l	PC Euro 3 - 98/69/EC Stage2000	0	0	0	36.743	23.582
VLP	Diesel <2,0 l	PC Euro 4 - 98/69/EC Stage2005	0	0	0	41.028	33.100
VLP	Diesel <2,0 l	PC Euro 5 (post 2005)	0	0	0	0	0
VLP	Diesel <2,0 l	PC Euro 6	0	0	0	0	0
VLP	Diesel >2,0 l	Conventional	16.093	14.423	12.753	11.117	9.021
VLP	Diesel >2,0 l	PC Euro 1 - 91/441/EEC	0	51.507	31.107	17.954	14.216
VLP	Diesel >2,0 l	PC Euro 2 - 94/12/EEC	0	0	44.269	24.508	19.176
VLP	Diesel >2,0 l	PC Euro 3 - 98/69/EC Stage2000	0	0	0	44.503	25.682
VLP	Diesel >2,0 l	PC Euro 4 - 98/69/EC Stage2005	0	0	0	59.667	25.682
VLP	Diesel >2,0 l	PC Euro 5 (post 2005)	0	0	0	0	0
VLP	Diesel >2,0 l	PC Euro 6	0	0	0	0	0
VLP	GPL	Conventional	6.295	6.059	5.823	5.811	4.493
VLP	GPL	PC Euro 1 - 91/441/EEC	0	27.977	22.919	19.433	13.034
VLP	GPL	PC Euro 2 - 94/12/EEC	0	0	21.847	13.070	12.852
VLP	GPL	PC Euro 3 - 98/69/EC Stage2000	0	0	0	16.773	19.863
VLP	GPL	PC Euro 4 - 98/69/EC Stage2005	0	0	0	30.000	24.000
VLP	GPL	PC Euro 5 (post 2005)	0	0	0	0	0
VLP	GPL	PC Euro 6	0	0	0	0	0
VLP	Híbrido Gasolina <1,4 l	PC Euro 4 - 98/69/EC Stage2005	0	0	0	15.000	15.000
VLP	Híbrido Gasolina 1,4 - 2,0 l	PC Euro 4 - 98/69/EC Stage2005	0	0	0	15.000	15.000
VLP	Híbrido Gasolina >2,0 l	PC Euro 4 - 98/69/EC Stage2005	0	0	0	15.000	15.000
VCL	Gasolina <3,5t	Conventional	7.740	6.620	5.499	4.363	3.305
VCL	Gasolina <3,5t	LD Euro 1 - 93/59/EEC	0	22.506	16.270	9.959	7.360
VCL	Gasolina <3,5t	LD Euro 2 - 96/69/EEC	0	0	21.515	14.026	10.286
VCL	Gasolina <3,5t	LD Euro 3 - 98/69/EC Stage2000	0	0	0	19.001	13.777

Veículo	Classe	Norma	1990	1995	2000	2005	2009
VCL	Gasolina <3,5t	<i>LD Euro 4 - 98/69/EC Stage2005</i>	0	0	0	25.000	20.450
VCL	Gasolina <3,5t	<i>LD Euro 5 - 2008 Standards</i>	0	0	0	0	0
VCL	Gasolina <3,5t	<i>LD Euro 6</i>	0	0	0	0	0
VCL	Diesel <3,5 t	<i>Conventional</i>	14.338	12.711	11.083	9.488	7.584
VCL	Diesel <3,5 t	<i>LD Euro 1 - 93/59/EEC</i>	0	38.283	25.859	17.180	13.398
VCL	Diesel <3,5 t	<i>LD Euro 2 - 96/69/EEC</i>	0	0	34.948	22.233	17.462
VCL	Diesel <3,5 t	<i>LD Euro 3 - 98/69/EC Stage2000</i>	0	0	0	35.607	27.220
VCL	Diesel <3,5 t	<i>LD Euro 4 - 98/69/EC Stage2005</i>	0	0	0	43.253	34.423
VCL	Diesel <3,5 t	<i>LD Euro 5 - 2008 Standards</i>	0	0	0	0	0
VCL	Diesel <3,5 t	<i>LD Euro 6</i>	0	0	0	0	0

Anexo C

Quadro 11: Número de VLP vendidos em Portugal, no período de 1990 a 2010, por tipo de combustível

Ano	Veículos a gasolina	Veículos a diesel	Veículos híbridos	Veículos a GPL	Veículos Elétricos	Total	Referências
1990	200.486	10.283	0	0	0	210.769	(ACAP, 1995)
1991	210.372	16.214	0	0	0	226.586	(ACAP, 1995)
1992	255.952	21.032	0	0	0	276.984	(ACAP, 1995)
1993	214.679	27.102	0	0	0	241.781	(ACAP, 1998)
1994	205.968	26.944	0	0	0	232.912	(ACAP, 1998)
1995	180.042	21.429	0	0	0	201.471	(ACAP, 1998)
1996	190.511	27.399	0	0	0	217.910	(ACAP, 1998)
1997	177.448	36.187	0	0	1	213.636	(ACAP, 1999)
1998	201.739	46.659	0	0	0	248.398	(ACAP, 2000)
1999	215.841	57.042	0	0	0	272.883	(ACAP, 2001)
2000	195.405	62.424	0	0	7	257.836	(ACAP, 2002)
2001	182.573	72.633	0	0	4	255.210	(ACAP, 2003)
2002	147.897	78.195	0	0	0	226.092	(ACAP, 2004)
2003	104.641	85.048	102	0	1	189.792	(ACAP, 2005)
2004	85.202	111.910	472	0	0	197.584	(ACAP, 2006)
2005	74.135	131.587	759	7	0	206.488	(ACAP, 2007)
2006	67.233	126.727	731	11	0	194.702	(ACAP, 2008)
2007	60.148	139.714	1.914	40	0	201.816	(ACAP, 2009)
2008	63.764	147.897	1.692	33	3	213.389	(ACAP, 2010)
2009	52.263	107.181	1.151	418	0	161.013	(ACAP, 2011)
2010	72.013	149.017	1.484	932	18	223.464	(ACAP, 2011)

Anexo D**Quadro 12:** Número de VCL vendidos em Portugal, no período de 1990 a 2010, por tipo de combustível

Ano	Veículos a gasolina	Veículos a diesel	Veículos a combustíveis alternativos	Total	Referências
1990	nd	nd	nd	61.004	(ACAP, 1995)
1991	nd	nd	nd	60.274	(ACAP, 1995)
1992	nd	nd	nd	73.109	(ACAP, 1995)
1993	nd	nd	nd	72.035	(ACAP, 1998)
1994	nd	nd	nd	88.180	(ACAP, 1998)
1995	662	58.072	0	58.734	(ACAP, 2000)
1996	707	73.890	0	74.597	(ACAP, 2000)
1997	208	89.990	1	90.199	(ACAP, 2000)
1998	225	100.746	15	100.986	(ACAP, 2000)
1999	89	102.188	8	102.285	(ACAP, 2001)
2000	134	120.390	61	120.585	(ACAP, 2002)
2001	499	98.145	40	98.684	(ACAP, 2003)
2002	229	79.035	31	79.295	(ACAP, 2004)
2003	50	69.016	2	69.068	(ACAP, 2005)
2004	18	71.273	0	71.291	(ACAP, 2006)
2005	11	66.627	0	66.638	(ACAP, 2007)
2006	28	64.439	20	64.487	(ACAP, 2011)
2007	86	68.332	3	68.421	(ACAP, 2011)
2008	9	55.395	0	55.404	(ACAP, 2011)
2009	3	38.903	0	38.906	(ACAP, 2011)
2010	2	45.667	0	45.669	(ACAP, 2011)

nd - dados não disponíveis

Anexo E

Quadro 13: Os 50 modelos de VLP mais vendidos no ano de 2010 (ACAP, 2011)

Marca/Modelo	Unidades	% Mercado
RENAULT MEGANE	14.434	6,5
SEAT IBIZA	8.898	4,0
FORD FIESTA	8.560	3,8
VOLKSWAGEN GOLF	8.506	3,8
RENAULT CLIO	8.499	3,8
OPEL CORSA	8.382	3,8
PEUGEOT 207	7.056	3,2
VOLKSWAGEN POLO	6.349	2,8
OPEL ASTRA	6.155	2,8
CITROËN C3	5.258	2,4
NISSAN QASHQAI	4.477	2,0
PEUGEOT 308	4.286	1,9
TOYOTA YARIS	3.781	1,7
FORD FOCUS	3.717	1,7
TOYOTA AURIS	3.658	1,6
FIAT GRANDE PUNTO	3.640	1,6
MERCEDES-BENZ CLASSE E	3.414	1,5
FIAT PUNTO EVO	3.349	1,5
MERCEDES-BENZ CLASSE C	3.086	1,4
AUDI A4	2.950	1,3
BMW SÉRIE 3	2.829	1,3
KIA CEE'D	2.600	1,2
SMART FORTWO	2.544	1,1
CHEVROLET AVEO	2.299	1,0
CITROËN C1	2.236	1,0
AUDI A3	2.232	1,0
SEAT LEON	2.216	1,0
SKODA OCTAVIA	2.162	1,0
BMW SÉRIE 5	2.148	1,0
BMW SÉRIE 1	2.086	0,9
PEUGEOT 3008	2.009	0,9
OPEL INSIGNIA	1.912	0,9
CHEVROLET SPARK	1.904	0,9
BMW X1	1.835	0,8
FIAT 500	1.780	0,8
PEUGEOT 206	1.739	0,8
MITSUBISHI COLT	1.700	0,8
MAZDA 2	1.664	0,7
SKODA FABIA	1.644	0,7
HONDA JAZZ	1.636	0,7
MINI MINI	1.631	0,7
CHEVROLET CRUZE	1.573	0,7
CITROËN C4	1.573	0,7
VOLKSWAGEN PASSAT	1.540	0,7
CITROËN C5 X7	1.454	0,7
HYUNDAI I30	1.435	0,6
AUDI A5	1.277	0,6
PEUGEOT 5008	1.228	0,5
TOYOTA AVENSIS	1.202	0,5
SEAT ALTEA XL	1.149	0,5
Total dos 50 modelos mais vendidos	173.692	77,7
Total do mercado	223.464	100

Quadro 14: As 50 versões de VLP mais vendidas no ano de 2010 (ACAP, 2011)

Marca/Modelo/Versão	Unidades	% Mercado
OPEL CORSA 1.2 ENJOY 5P 85CV 124CO ₂	4.263	1,9
RENAULT MEGANE 1.5 DCI SW SPORT TOURER DYNAMIQUE S 5P 110CV	3.699	1,7
FORD FIESTA 1.25 I TITANIUM 5P	3.300	1,5
NISSAN QASHQAI 1.5 D 4X2 TEKNA SPORT 5P 106CV 135CO ₂	2.942	1,3
FIAT GRANDE PUNTO 1.2 FREE 5P 65CV	2.455	1,1
RENAULT CLIO 1.2 16V III DYNAMIQUE S 5P 75CV	2.051	0,9
VOLKSWAGEN GOLF 1.6 TDI VARIANT CONFORTLINE 5P 105CV	1.945	0,9
VOLKSWAGEN GOLF 1.6 TDI BERLINA VI CONFORTLINE 5P 105CV 119CO ₂	1.876	0,8
OPEL ASTRA 1.7 CDTI DPF COSMO 5P 125CV	1.834	0,8
RENAULT MEGANE 1.5 DCI III DYNAMIQUE S 5P 110CV	1.725	0,8
FORD FIESTA 1.4 TDCI TITANIUM 5P	1.617	0,7
OPEL CORSA 1.3 CDTI HATCHBACK ENJOY 5P 95CV 99CO ₂	1.597	0,7
VOLKSWAGEN POLO 1.2 BERLINA TRENDLINE PACK 5P 70CV 128CO ₂	1.575	0,7
PEUGEOT 206 1.1 I BERLINA + TRENDY 5P 60CV	1.472	0,7
CITROËN C3 1.4 HDI BERLINA SEDUCTION 16" 5P 70CV 110CO ₂	1.406	0,6
FORD FIESTA 1.25 I TREND 5P	1.403	0,6
VOLKSWAGEN POLO 1.2 BERLINA CONFORTLINE 5P 70CV	1.372	0,6
FORD FIESTA 1.4 TDCI TREND 5P	1.338	0,6
RENAULT MEGANE 1.5 DCI SW SPORT TOURER DYNAMIQUE 5P 110CV	1.325	0,6
TOYOTA AURIS 1.4 D-4D EXCLUSIVE SPORT PACK 5P 90CV 129CO ₂	1.315	0,6
PEUGEOT 207 1.4 HDI BERLINA PREMIUM 5P 70CV 110CO ₂	1.301	0,6
CITROËN C1 1.0 I BERLINA SX 5P 68CV 108CO ₂	1.236	0,6
RENAULT MEGANE 1.5 DCI SW SPORT TOURER DYNAMIQUE 5P 90CV	1.233	0,6
TOYOTA YARIS NG 1.0 VVT-I HATCHB SE SPORT 5P	1.226	0,5
SEAT IBIZA 1.2 12V STYLE 5P	1.194	0,5
AUDI A3 1.6 TDI BERLINA SPORTBACK ATTRACTION 5P 105CV	1.134	0,5
SEAT IBIZA 1.6 TDI CR DPF 25 ANOS 5P 90CV	1.084	0,5
PEUGEOT 207 1.6 HDI BERLINA 99G 5P 90CV 99CO ₂	1.071	0,5
FORD FOCUS 1.6 TDCI WAGON TITANIUM 5P 109CV	1.035	0,5
RENAULT MEGANE 1.5 DCI BREAK SPORT TOURER GT LINE 5P 110CV 114CO ₂	1.011	0,5
AUDI A4 2.0 TDI VARIANT 4P 136CV	1.007	0,5
OPEL ASTRA 1.7 CDTI CARAVAN COSMO 5P 110CV	1.003	0,4
CITROËN C3 1.1 I BERLINA SEDUCTION 5P 61CV 139CO ₂	999	0,4
RENAULT CLIO 1.5 DCI III DYNAMIQUE S 5P 85CV	991	0,4
ALFA ROMEO GIULIETTA 1.6 JTDM DISTINCTIVE 5P 105CV 114CO ₂	989	0,4
MITSUBISHI COLT 1.1 INVITE 5P	971	0,4
FIAT GRANDE PUNTO 1.3 D 16V MULTIJET FREE 5P 75CV	962	0,4
FIAT PUNTO EVO 1.2 8V START&STOP DYNAMIC 5P 69CV 123CO ₂	958	0,4
CHEVROLET SPARK 1.2 BERLINA LT 5P 81CV 119CO ₂	932	0,4
CHEVROLET CRUZE 1.6 LS 4P 109CV	926	0,4
BMW X1 SDRIVE 18D 4X2 5P 143CV	921	0,4
SEAT ALTEA XL 1.6 TDI CR DPF STYLE START-STOP 5P 105CV 119CO ₂	921	0,4
NISSAN QASHQAI 1.5 D 4X2 5P 106CV 129CO ₂	889	0,4
CHEVROLET SPARK 1.0 BERLINA LS 5P 64CV 119CO ₂	887	0,4
RENAULT MEGANE 1.5 DCI III DYNAMIQUE 5P 90CV	866	0,4
OPEL CORSA 1.2 BLACK EDITION 3P 85CV 124CO ₂	859	0,4
NISSAN QASHQAI+2 1.5 D 4X2 TEKNA 5P 7L 106CV 138CO ₂	845	0,4
HONDA CIVIC 1.4 I-VTEC ELEGANCE 5P	837	0,4
VOLKSWAGEN GOLF 1.6 TDI BERLINA VI TRENDLINE 5P 105CV	831	0,4
FORD S-MAX 2.0 TDCI TITANIUM 5P	815	0,4
Total das 50 versões mais vendidas	70.444	31,5
Total do mercado	223.464	100

Anexo F

Quadro 15: Venda de VLP, por faixa de cilindrada (1990-2010)

Cilindrada (cm ³)	2010 (ACAP, 2011)					2009 (ACAP, 2011)				
	Gasolina	Diesel	Híbridos	Outros	Total	Gasolina	Diesel	Híbridos	Outros	Total
0-750	0	0	0	18	18	0	0	0	18	18
751-1.000	11.040	894	0	1	11.935	11.040	894	0	1	11.935
1.001-1.250	41.847	9.945	0	928	52.720	41.847	9.945	0	928	52.720
1.251-1.500	14.870	41.751	788	0	57.409	14.870	41.751	788	0	57.409
1.501-1.750	2.750	53.796	0	0	56.546	2.750	53.796	0	0	56.546
1.751-2.000	789	30.207	551	0	31.547	789	30.207	551	0	31.547
2.001-2.500	137	8.993	0	0	9.130	137	8.993	0	0	9.130
2.501-...	580	3.431	145	3	4.159	580	3.431	145	3	4.159
Total	72.013	149.017	1.484	950	223.464	72.013	149.017	1.484	950	223.464

Cilindrada (cm ³)	2008 (ACAP, 2010)					2007 (ACAP, 2009)				
	Gasolina	Diesel	Híbridos	Outros	Total	Gasolina	Diesel	Híbridos	Outros	Total
0-750	1	0	0	0	1	307	0	0	0	307
751-1.000	9.037	1.034	0	0	10.071	9.164	511	0	0	9.675
1.001-1.250	35.451	14.869	0	0	50.320	32.874	17.023	0	0	49.897
1.251-1.500	15.698	40.279	1.607	2	57.586	13.564	37.627	1.834	0	53.025
1.501-1.750	1.209	34.844	0	3	36.056	1.689	29.092	0	5	30.786
1.751-2.000	1.664	46.094	0	31	47.789	1.744	42.836	0	35	44.615
2.001-2.500	76	7.168	0	0	7.244	116	8.074	0	0	8.190
2.501-...	626	3.611	85	0	4.322	690	4.551	80	0	5.321
Total	63.762	147.899	1.692	36	213.389	60.148	139.714	1.914	40	201.816

Cilindrada (cm ³)	2006 (ACAP, 2008)				2005 (ACAP, 2007)			
	Gasolina	Diesel	Outros	Total	Gasolina	Diesel	Outros	Total
0-750	1.404	0	0	1.404	1.642	0	0	1.642
751-1.000	8.758	442	0	9.200	5.018	530	0	5.548
1.001-1.250	36.597	15.683	0	52.280	42.349	13.493	0	55.842
1.251-1.500	15.041	37.166	672	52.879	16.880	40.497	744	58.121
1.501-1.750	2.792	24.561	7	27.360	5.092	29.877	2	34.971
1.751-2.000	1.778	36.732	4	38.514	2.078	35.465	0	37.543
2.001-2.500	154	7.740	0	7.894	205	8.211	0	8.416
2.501-...	709	4.403	59	5.171	871	3.514	20	4.405
Total	67.233	126.727	742	194.702	74.135	131.587	766	206.488

Cilindrada (cm ³)	2004 (ACAP, 2006)				2003 (ACAP, 2005)			
	Gasolina	Diesel	Outros	Total	Gasolina	Diesel	Outros	Total
0-750	1.673	0	0	1.673	1.651	0	1	1.652
751-1.000	4.150	432	0	4.582	4.813	430	0	5.243
1.001-1.250	47.826	8.384	0	56.210	57.611	3.086	0	60.697
1.251-1.500	21.667	41.627	472	63.766	26.944	33.926	102	60.972
1.501-1.750	6.124	15.081	0	21.205	9.480	3.309	0	12.789
1.751-2.000	2.675	33.180	0	35.855	3.049	32.267	0	35.316
2.001-2.500	359	9.427	0	9.786	487	8.470	0	8.957
2.501-...	728	3.779	0	4.507	606	3.560	0	4.166
Total	85.202	111.910	472	197.584	104.641	85.048	103	189.792

Cilindrada (cm ³)	2002 (ACAP, 2004)				2001 (ACAP, 2003)			
	Gasolina	Diesel	Outros	Total	Gasolina	Diesel	Outros	Total
0-750	1.080	0	0	1.080	166	0	2	168
751-1.000	8.992	250	0	9.242	23.542	49	2	23.593
1.001-1.250	71.777	89	0	71.866	70.638	69	0	70.707
1.251-1.500	45.368	19.653	0	65.021	61.463	6.619	0	68.082
1.501-1.750	15.745	5.695	0	21.440	19.524	8.016	0	27.540
1.751-2.000	3.526	40.415	0	43.941	5.453	46.076	0	51.529
2.001-2.500	598	9.438	0	10.036	999	8.034	0	9.033
2.501-...	811	2.655	0	3.466	788	3.770	0	4.558
Total	147.897	78.195	0	226.092	182.573	72.633	4	255.210

Cilindrada (cm ³)	2000 (ACAP, 2002)				1999 (ACAP, 2001)			
	Gasolina	Diesel	Outros	Total	Gasolina	Diesel	Outros	Total
0-750	30	0	0	30	81	0	0	81
751-1.000	32.278	0	4	32.282	38.269	0	0	38.269
1.001-1.250	70.052	76	2	70.130	75.503	2	0	75.505
1.251-1.500	67.755	7.499	0	75.254	73.832	5.934	0	79.766
1.501-1.750	17.500	6.185	1	23.686	19.649	7.485	0	27.134
1.751-2.000	6.183	43.341	0	49.524	7.191	38.993	0	46.184
2.001-2.500	832	3.782	0	4.614	506	3.676	0	4.182
2.501-...	775	1.541	0	2.316	810	952	0	1.762
Total	195.405	62.424	7	257.836	215.841	57.042	0	272.883

Cilindrada (cm ³)	1998 (ACAP, 2000)	1997 (ACAP, 1999)	1996 (ACAP, 1998)	1995 (ACAP, 1998)	1994 (ACAP, 1998)	1993 (ACAP, 1998)	1992 (ACAP, 1995)	1991 (ACAP, 1995)	1990 (ACAP, 1995)
0-950	1.432	607	605	1.089	1.999	3.171	4.132	4.678	8.258
951-1.050	35.066	25.189	17.817	15.577	12.690	25.757	40.634	35.812	36.610
1.051-1.150	43.338	39.632	42.718	33.548	38.563	37.137	65.090	49.784	47.032
1.151-1.250	26.678	28.021	38.604	43.996	55.552	43.768	28.465	30.166	27.117
1.251-1.350	14.854	13.907	11.303	17.155	24.363	21.505	23.617	20.877	20.977
1.351-1.400	51.405	42.607	56.789	49.775	52.060	58.848	68.358	48.908	40.433
1.401-1.550	11.995	13.199	10.550	7.189	9.868	10.611	8.512	5.535	3.183
1.551-1.750	21.847	22.548	19.727	16.619	17.638	25.917	29.116	24.383	21.945
1.751-2.000	35.892	23.734	17.419	14.886	18.137	13.125	7.729	5.662	4.471
2.001-2.500	4.877	3.324	1.776	1.274	1.687	1.488	910	447	435
2.501- ...	1.014	868	602	363	355	454	421	334	308
Total	248.398	213.636	217.910	201.471	232.912	241.781	276.984	226.586	210.769

Anexo G

No presente Anexo, encontra-se descrita a metodologia utilizada para a discriminação do PAP de 2010 por tipo de veículo, combustível, faixa de cilindrada e norma de emissão de poluentes, conforme a repartição efetuada pelo modelo Copert 4.

Distribuição dos VLP

VLP em que o seu 1º registo foi em 1992 ou num ano posterior

1. Pela observação dos Quadros 3 e 16 verifica-se que os períodos de vigência das normas de emissões de poluentes não são coincidentes com as faixas etárias em que se encontra distribuído o PAP, nesse sentido existiu a necessidade de se fazer uma distribuição anual do PAP.

Quadro 16: Distribuição dos VLP, do parque automóvel de 2010, por faixa etária (ACAP, 2011)

VLP		
Idade	Unidades	%
Até 1 ano	247.292	5,5
De 1 a 2 anos	182.857	4,1
De 2 a 3 anos	256.274	5,7
De 3 a 4 anos	250.168	5,6
De 4 a 5 anos	239.768	5,4
De 5 a 10 anos	1.200.326	26,8
De 10 a 15 anos	1.239.819	27,7
De 15 a 20 anos	686.546	15,3
Mais de 20 anos	176.950	3,9
Total	4.480.000	100,0

2. Através das vendas anuais de veículos (Anexo C) é possível fazer uma distribuição por idades do PAP, embora com algum erro associado, utilizando a equação 1.

$$\frac{va}{vt} \cdot pt = pa \quad (\text{Eq.1})$$

va - Número de VLP vendidos no ano em análise;

vt - Número de VLP vendidos no período de tempo correspondente à faixa etária em questão;

pt - Número de VLP do PAP de 2010 pertencentes à faixa etária em questão;

pa - Número de veículos existentes em 2010 cujo 1º registo foi no ano em análise.

3. Após efetuada a distribuição por idades, é possível saber o número de veículos abrangidos por cada norma de emissão de poluentes.
4. De seguida, com recurso à equação 2, subdividiu-se os VLP, abrangidos por cada norma de emissão de poluentes, por tipo de combustível e por grupos de cilindrada. Assim os VLP a gasolina e híbridos foram fracionados em três grupos: $c.c \leq 1,4L$; $1,4L < c.c \leq 2,0L$; $c.c > 2,0L$ e os veículos a diesel em dois $c.c \leq 2,0L$; $c.c > 2,0L$. A distribuição por grupos de cilindrada, quer para os VLP a GPL, quer para os VLP elétricos (veículos não incluídos no Copert 4) não se realizou.

$$\frac{vc}{va} \cdot pa = pc \quad (\text{Eq.2})$$

vc - Número de VLP vendidos, correspondentes à faixa de cilindrada e ao tipo de combustível em questão, no ano em análise;

va - Número de VLP vendidos no ano em análise;

pa - Número de veículos existentes em 2010 cujo 1º registo foi no ano em análise;

pc - Número de VLP, correspondentes à faixa de cilindrada e ao tipo de combustível em questão, existentes em 2010 cujo 1º registo foi no ano em análise.

5. No período de 1999 a 2010, a repartição dos VLP a gasolina e híbridos por faixa de cilindrada (Anexo F) é diferente da pretendida, devido a esse facto teve que se efetuar um reajustamento. Ou seja, pretendia-se agrupar os veículos em $c.c \leq 1,4L$; $1,4L < c.c \leq 2,0L$; $c.c > 2,0L$, mas com a informação existente só era possível agrupá-los em $c.c \leq 1,5L$; $1,5L < c.c \leq 2,0L$; $c.c > 2,0L$. De modo a distribuir os veículos pelos grupos de cilindradas pretendidos, aplicou-se as equações 3 e 4.

$$pc3 = pc1 - 0,14 \cdot pc2 \quad (\text{Eq.3})$$

$$pc4 = pc2 + 0,14 \cdot pc2 \quad (\text{Eq.4})$$

$pc3$ - VLP do PAP (gasolina /híbridos) com cilindrada inferior a 1,4L;

$pc1$ - VLP do PAP (gasolina /híbridos) com cilindrada inferior a 1,5L;

$pc2$ - VLP do PAP (gasolina /híbridos) com cilindrada compreendida entre 1,5L e 2,0L;

$pc4$ - VLP do PAP (gasolina /híbridos) com cilindrada compreendida entre 1,4L e 2,0L;

fator 0,14 (1/7) - Os veículos cuja cilindrada se encontra compreendida entre 1,4L e 2,0L podem possuir 7 valores aproximados de cilindrada: 1,4; 1,5; 1,6; 1,7; 1,8; 1,9 e 2,0.

6. Para o período de 1992 a 1998, não existe informação sobre a distribuição dos VLP vendidos, por faixa de cilindrada, para cada tipo de combustível (vc). Ou seja, por exemplo, para uma determinada faixa de cilindrada, não se sabe qual é a percentagem de veículos a diesel e a gasolina. Neste período de tempo, só existe referência às vendas de veículos a diesel e a gasolina.

De modo a fazer a distribuição dos VLP vendidos, por tipo de combustível e por faixa de cilindrada, em primeiro lugar, através da informação presente no Anexo C, subdividiu-se os VLP por tipo de combustível. De seguida, para distribuir os veículos a diesel por faixa de cilindrada ($c.c \leq 2,0L$; $c.c > 2,0L$), foi considerado que essa distribuição não seria muito diferente da do ano de 1999, por isso, utilizou-se as percentagens da distribuição desse ano:

- $c.c \leq 2,0L$ – 91,9% do número de VLP a diesel;
- $c.c > 2,0L$ – 8,1% do número de VLP a diesel.

Para distribuir os veículos a gasolina por faixa de cilindrada, como a percentagem deste tipo de veículos nos anos anteriores a 1999 era muito superior à percentagem de VLP a diesel, considerou-se que a sua distribuição seria idêntica à distribuição do número total de veículos. Nesse sentido, utilizou-se os quadros do Anexo F, como se tratassem da distribuição dos veículos a gasolina por faixa de cilindrada. No entanto, não foi necessário utilizar o fator dos 0,14, pois para os anos em questão os quadros já apresentavam os veículos distribuídos pelas faixas de cilindrada pretendidas.

VLP em que o seu 1º registo foi anterior a 1992

7. O procedimento para a discriminação dos VLP do PAP, com normas de emissão de poluentes anteriores à Euro 1, por tipo de combustível e faixa de cilindrada foi diferente do enunciado anteriormente, devido à falta de informação disponível.
8. Para a obtenção da fração dos VLP a gasolina e a diesel do PAP, com o ano do 1º registo anterior a 1992, verificou-se, em primeiro lugar, qual a percentagem de veículos a diesel e a gasolina vendidos no ano de 1990 (último ano para o qual havia informação disponível) e, de seguida, aplicou-se essas percentagens ao total de veículos com o ano do 1º registo anterior a 1992. As percentagens consideradas foram as seguintes: VLP a diesel 4,9% e VLP a gasolina 95,1%.

Subdivisão dos VLP a diesel

9. A subdivisão dos VLP a diesel por faixa de cilindrada ($c.c \leq 2,0L$; $c.c > 2,0L$) foi efetuada utilizando as percentagens da distribuição dos VLP a diesel vendidos no ano de 1999, percentagens estas que se encontram enunciadas anteriormente.

Subdivisão dos VLP a gasolina

10. Os VLP a gasolina, com o ano do 1º registo anterior a 1992, ainda têm que ser distribuídos pelas normas de emissões de poluentes ECE 15. Nesse sentido, considerando que os veículos com mais idade existem em menor número, subdividiu-se os VLP a gasolina da seguinte forma:
- Pré – ECE – 5% dos VLP a gasolina com o ano do 1º registo anterior a 1992;
 - ECE 15/00-01 – 10% dos VLP a gasolina com o ano do 1º registo anterior a 1992;
 - ECE 15/02 – 15% dos VLP a gasolina com o ano do 1º registo anterior a 1992;
 - ECE 15/03 – 20% dos VLP a gasolina com o ano do 1º registo anterior a 1992;
 - ECE 15/04 – 50% dos VLP a gasolina com o ano do 1º registo anterior a 1992.
11. A distribuição dos VLP, abrangidos por cada norma de emissão de poluentes, por faixa de cilindrada, foi efetuada utilizando as percentagens da distribuição dos VLP vendidos no ano de 1990:
- $c.c \leq 1,4L$ – 85,7%;
 - $1,4L < c.c \leq 2,0L$ – 14,0%;
 - $c.c > 2,0L$ – 0,3%.

Distribuição dos VCLVCL em que o seu 1º registo foi em 1997 ou num ano posterior

12. Como acontece com os VLP, os períodos de vigência das normas de emissões de poluentes não são coincidentes com as faixas etárias em que se encontra distribuído o parque de VCL (Quadros 4 e 17), existindo, portanto, a necessidade de se fazer uma distribuição anual do seu parque.

Quadro 17: Distribuição dos VLP, do parque automóvel de 2010, por faixa etária (ACAP, 2011)

VCL		
Idade	Unidades	%
Até 1 ano	47.331	3,9
De 1 a 2 anos	39.948	3,3
De 2 a 3 anos	56.618	4,7
De 3 a 4 anos	67.711	5,6
De 4 a 5 anos	64.859	5,4
De 5 a 10 anos	368.552	30,6
De 10 a 15 anos	354.133	29,4
De 15 a 20 anos	157.343	13,1
Mais de 20 anos	48.505	4,0
Total	1.205.000	100

13. Através das vendas anuais de veículos (Anexo D), é possível fazer uma distribuição por idades do parque de VCL, embora com algum erro associado, utilizando também a equação 1. No entanto, só foi necessário fazer essa distribuição para os veículos com data do 1º registo anterior a 2001, pelo facto dos períodos de vigência das normas Euro 4 e Euro 3 coincidirem com as faixas etárias.

14. Depois de efetuada a distribuição por idades, é possível saber o número de veículos abrangidos por cada norma de emissão de poluentes.
15. De seguida, com recurso também à equação 2, foi possível subdividir os VCL, abrangidos por cada norma de emissão de poluentes, por tipo de combustível. Contudo, ao contrário do que aconteceu com os VLP, não se teve em consideração o número de VCL a combustíveis alternativos. A distribuição por grupos de cilindrada não foi necessária.

VLP em que o seu 1º registo foi anterior a 1997

16. O procedimento para a discriminação dos VCL do PAP, com normas de emissão de poluentes anteriores à Euro 2, por tipo de combustível, foi diferente do enunciado anteriormente, devido à ausência de informação disponível.
17. Para a obtenção do número de VCL, com a norma de emissão de poluentes Euro 1, aplicou-se a equação 2. Sabendo-se, assim, o número de veículos existentes em cada ano abrangido pela norma, de seguida, fez-se o seu somatório.
18. A subdivisão do número de VCL, abrangidos pelas normas Euro 1 e “*Conventional*”, por tipo de combustível, foi efetuada através da utilização das percentagens de vendas de veículos a diesel e a gasolina do ano de 1995, último ano para o qual havia informação disponível. As percentagens consideradas foram as seguintes: VCL a diesel 98,9% e VCL a gasolina 1,1%.

Anexo H

Neste Anexo, são apresentados e discutidos os resultados referentes às estimativas dos fatores de emissão de NOx e VOC, para os veículos ligeiros a gasolina presentes na BSR.

Estimativa dos fatores de emissão de NOx

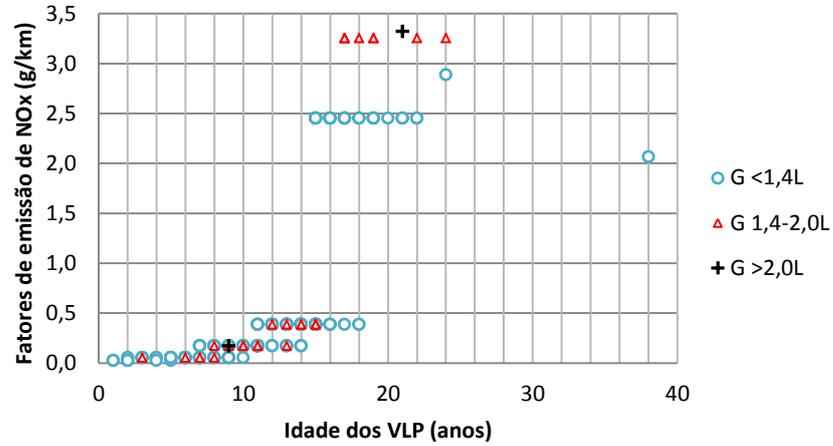


Figura 59: Fatores de emissão de NOx dos VLP a gasolina, em função das suas idades e cilindradas, em vias com limite de velocidade de 90km/h

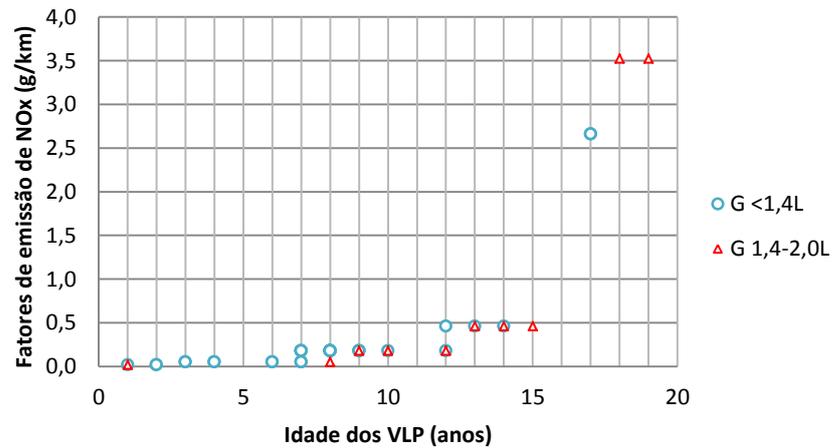


Figura 60: Fatores de emissão de NOx dos VLP a gasolina, em função das suas idades e cilindradas, em vias com limite de velocidade de 100km/h

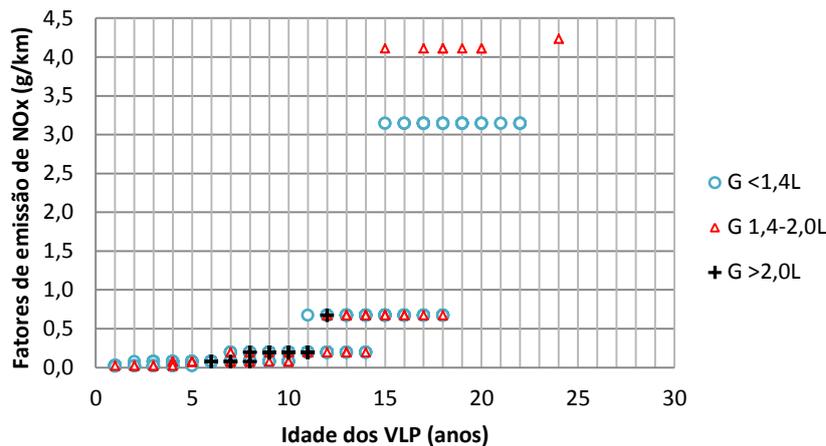


Figura 61: Fatores de emissão de NOx dos VLP a gasolina, em função das suas idades e cilindradas, em vias com limite de velocidade de 120km/h

Através da interpretação dos gráficos anteriores, verifica-se que os VLP a gasolina de maior cilindrada apresentam fatores de emissão de NOx mais elevados, isto no que diz respeito aos veículos abrangidos pelas diretivas ECE. Por exemplo, para as três velocidades limite, os veículos abrangidos pela diretiva ECE 15/04, pertencentes à faixa de cilindrada “G 1,4-2,0L”, em relação aos veículos pertencentes à faixa de cilindrada “G<1,4L”, possuem, em média, fatores de emissão de NOx superiores na ordem dos 30%. Nos veículos abrangidos pelas normas Euro isto já não se verifica, pois os valores estimados para as três faixas de cilindradas são os mesmos.

No que diz respeito à relação existente entre as emissões de NOx e a idade dos VLP, observa-se que os veículos mais antigos têm emissões muito mais elevadas do que os veículos mais recentes. Os veículos abrangidos pela norma ECE 15/04, pertencentes à faixa de cilindrada “G<1,4L”, em relação aos abrangidos pela norma Euro 4, para as velocidades limite de 90km/h, 100km/h e 120km/h, possuem fatores de emissão de NOx superiores na ordem dos 11.251%, 13.693% e 16.470%, respetivamente. Esta redução acentuada nas emissões de NOx deveu-se, sobretudo, à obrigatoriedade da implementação de catalisadores nos veículos.

Quanto à relação existente entre as emissões de NOx dos VLP e as velocidades limite praticadas nos percursos considerados, verifica-se que, para a velocidade limite de 120km/h, os fatores de emissão de NOx são mais elevados. Por exemplo, os veículos abrangidos pela norma Euro 2, para as velocidades limite de 90km/h, 100km/h e 120km/h, emitem, respetivamente, 0,171gNOx/km; 0,179gNOx/km e 0,193gNOx/km. No entanto, para as normas subsequentes, as emissões pouco variam com a velocidade.

Estimativa dos fatores de emissão de VOC

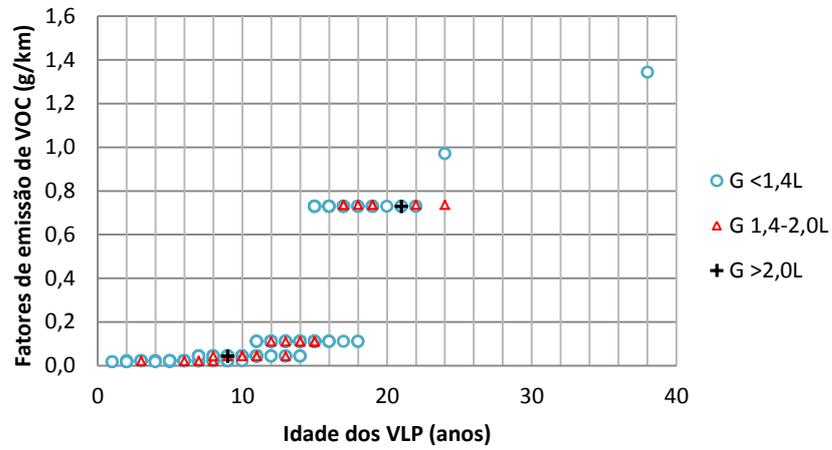


Figura 62: Fatores de emissão de VOC dos VLP a gasolina, em função das suas idades e cilindradas, em vias com limite de velocidade de 90km/h

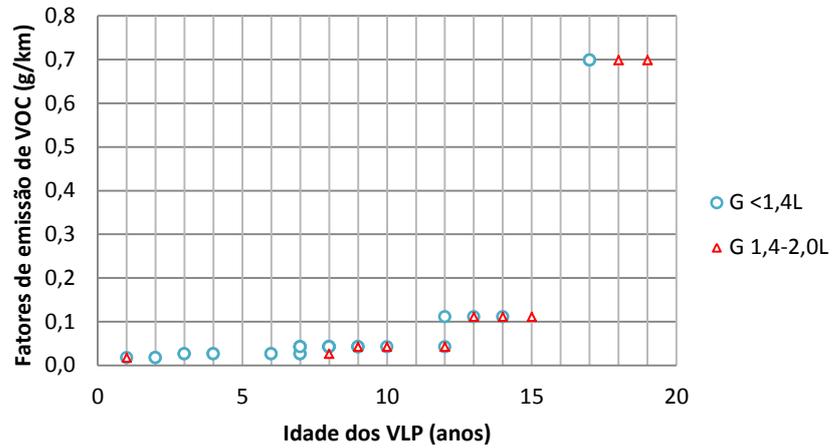


Figura 63: Fatores de emissão de VOC dos VLP a gasolina, em função das suas idades e cilindradas, em vias com limite de velocidade de 100km/h

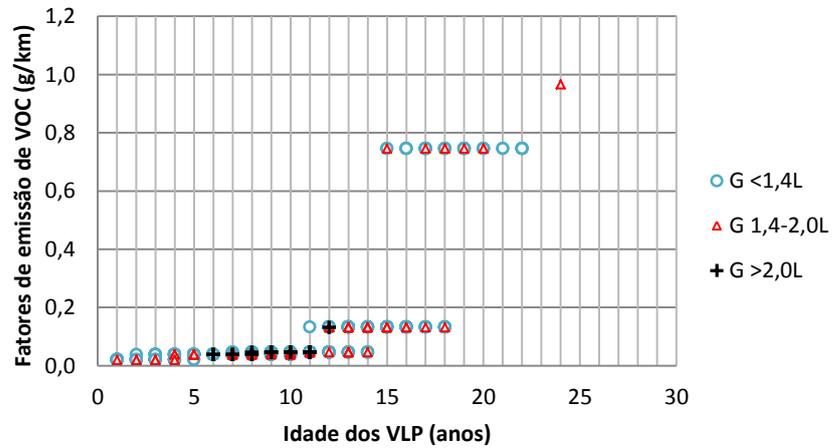


Figura 64: Fatores de emissão de VOC dos VLP a gasolina, em função das suas idades e cilindradas, em vias com limite de velocidade de 120km/h

À semelhança do que acontece com as emissões de NO_x, a aplicação das diretivas referentes ao padrão europeu de emissões levou a uma redução acentuada nas emissões de VOC. Os veículos abrangidos pela norma ECE 15/04, em relação aos abrangidos pela norma Euro 4, para as velocidades limite de 90km/h, 100km/h e 120km/h, possuem fatores de emissão de VOC superiores na ordem dos 4.507%, 3.965% e 3.561%, respetivamente. Esta diminuição acentuada deve-se ao facto dos veículos recentes já estarem equipados com catalisadores que permitem a redução deste tipo de poluente.

No que diz respeito à relação existente entre a cilindrada dos veículos e as suas emissões de VOC, verifica-se que as emissões, para as três faixas de cilindradas, possuem os mesmos valores.

Quanto à relação entre as emissões de VOC e as velocidades limite praticadas nos percursos considerados, constata-se que, para a velocidade limite de 120km/h, os fatores de emissão de VOC são mais elevados. Por exemplo, os veículos abrangidos pela norma Euro 4, para as velocidades limite de 90km/h, 100km/h e 120km/h, emitem, respetivamente, 0,016gVOC/km; 0,017gVOC/km e 0,020gVOC/km.

Anexo I

No presente Anexo, são apresentados os cálculos do consumo de combustível e, consequentemente, dos fatores de emissão de CO₂, para os VLP a gasolina abrangidos pela norma ECE 15/04 até à norma Euro 5, efetuados com base na metodologia utilizada pelo modelo Copert 4 (NTZIACHRISTOS e SAMARAS, 2010). Estes cálculos foram realizados para as velocidades limite de 90km/h e 120km/h.

A estimativa dos consumos de combustível, para os veículos abrangidos pelas normas Euro, é efetuada através da equação 5. No Quadro 18, encontram-se enunciados os coeficientes a utilizar na equação e respetivos resultados. Os fatores de emissão de CO₂ são calculados através da equação 6. A razão de hidrogénio para átomos de carbono do combustível, parâmetro $r_{H:C}$, considerada para a gasolina, foi de 1,8.

$$FE = \frac{a+c.V+e.V^2}{1+b.V+d.V^2} \quad (\text{Eq.5})$$

$$E_{CO_2} = 44,011 \cdot \frac{FE}{12,011+1,008.r_{H:C}} \quad (\text{Eq.6})$$

A estimativa dos consumos de combustível, para os veículos abrangidos pela norma ECE 15/04, dependendo das suas cilindradas, é efetuada através das equações 7 a 9.

$$\underline{c.c < 1,4L}: \quad FE = 81,1 - 1,014.V + 0,0068.V^2 \quad (\text{Eq.7})$$

$$\underline{1,4L < c.c < 2,0L}: \quad FE = 102,5 - 1,364.V + 0,0086.V^2 \quad (\text{Eq.8})$$

$$\underline{c.c > 2,0L}: \quad FE = 41,7 + 0,122.V + 0,0016.V^2 \quad (\text{Eq.9})$$

Quadro 18: Verificação dos resultados obtidos pelo modelo Copert 4, para o consumo de combustível (FC) e consequentemente para os fatores de emissão de CO₂ dos VLP a gasolina

Legislação tecnológica	Cilindrada (L)	a	b	c	d	e	FC (g/km)	CO ₂ (g/km)
V=90 (km/h)								
ECE 15/04	<1,4	-	-	-	-	-	44,9	143,0
	1,4-2,0	-	-	-	-	-	49,4	157,3
	>2,0	-	-	-	-	-	65,6	209,0
Euro 1	<1,4	1,91E+02	1,29E-01	1,17E+00	-7,23E-04	0,00E+00	43,9	139,7
	1,4-2,0	1,99E+02	8,92E-02	3,46E-01	-5,38E-04	0,00E+00	49,3	156,9
	>2,0	2,30E+02	6,94E-02	-4,26E-02	-4,46E-04	0,00E+00	62,2	198,2
Euro 2	<1,4	2,08E+02	1,07E-01	-5,65E-01	-5,00E-04	1,43E-02	41,5	132,1
	1,4-2,0	3,47E+02	2,17E-01	2,73E+00	-9,11E-04	4,28E-03	47,7	151,9
	>2,0	1,54E+03	8,69E-01	1,91E+01	-3,63E-03	0,00E+00	65,4	208,3
Euro 3	<1,4	1,70E+02	9,28E-02	4,18E-01	-4,52E-04	4,99E-03	43,6	138,7
	1,4-2,0	2,17E+02	9,60E-02	2,53E-01	-4,21E-04	9,65E-03	51,0	162,5
	>2,0	2,53E+02	9,02E-02	5,02E-01	-4,69E-04	0,00E+00	56,1	178,5
Euro 4/ Euro 5	<1,4	1,36E+02	2,60E-02	-1,65E+00	2,28E-04	3,12E-02	46,3	147,4
	1,4-2,0	1,74E+02	6,85E-02	3,64E-01	-2,47E-04	8,74E-03	53,7	171,1
	>2,0	2,85E+02	7,28E-02	-1,37E-01	-4,16E-04	0,00E+00	65,2	207,5
V=120 (km/h)								
ECE 15/04	<1,4	-	-	-	-	-	57,3	182,5
	1,4-2,0	-	-	-	-	-	62,7	199,5
	>2,0	-	-	-	-	-	79,4	252,7
Euro 1	<1,4	1,91E+02	1,29E-01	1,17E+00	-7,23E-04	0,00E+00	54,6	173,8
	1,4-2,0	1,99E+02	8,92E-02	3,46E-01	-5,38E-04	0,00E+00	60,8	193,5
	>2,0	2,30E+02	6,94E-02	-4,26E-02	-4,46E-04	0,00E+00	77,4	246,4
Euro 2	<1,4	2,08E+02	1,07E-01	-5,65E-01	-5,00E-04	1,43E-02	52,1	165,9
	1,4-2,0	3,47E+02	2,17E-01	2,73E+00	-9,11E-04	4,28E-03	52,9	168,3
	>2,0	1,54E+03	8,69E-01	1,91E+01	-3,63E-03	0,00E+00	72,3	230,1
Euro 3	<1,4	1,70E+02	9,28E-02	4,18E-01	-4,52E-04	4,99E-03	51,9	165,2
	1,4-2,0	2,17E+02	9,60E-02	2,53E-01	-4,21E-04	9,65E-03	59,8	190,4
	>2,0	2,53E+02	9,02E-02	5,02E-01	-4,69E-04	0,00E+00	61,8	196,7
Euro 4/ Euro 5	<1,4	1,36E+02	2,60E-02	-1,65E+00	2,28E-04	3,12E-02	52,3	166,5
	1,4-2,0	1,74E+02	6,85E-02	3,64E-01	-2,47E-04	8,74E-03	60,7	193,1
	>2,0	2,85E+02	7,28E-02	-1,37E-01	-4,16E-04	0,00E+00	71,7	228,2

Anexo J

No presente Anexo, são apresentados e discutidos os resultados referentes às estimativas dos fatores de emissão dos poluentes CO e VOC, para os veículos ligeiros a diesel presentes na BSR.

Estimativa dos fatores de emissão de CO

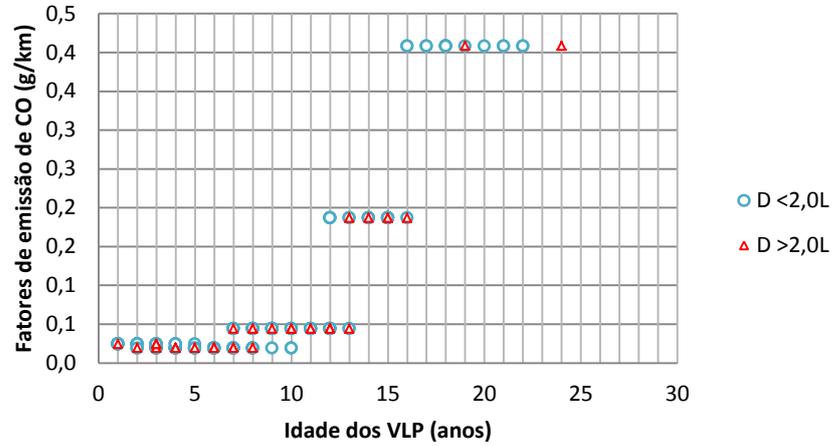


Figura 65: Fatores de emissão de CO dos VLP a diesel, em função das suas idades e cilindradas, em vias com limite de velocidade de 90km/h

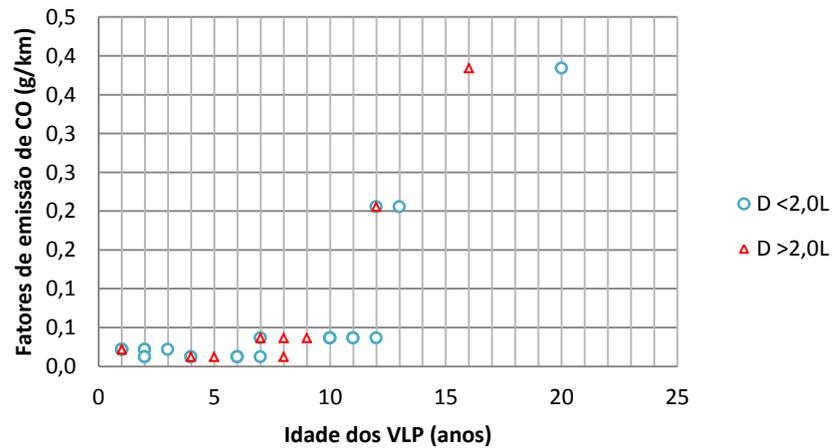


Figura 66: Fatores de emissão de CO dos VLP a diesel, em função das suas idades e cilindradas, em vias com limite de velocidade de 100km/h

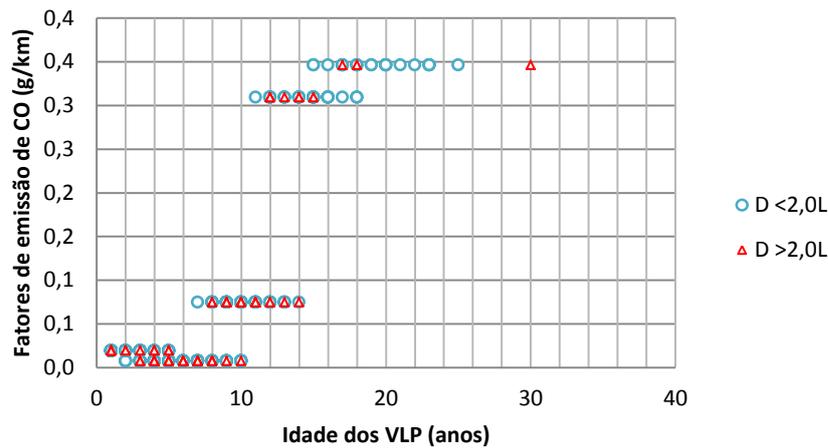


Figura 67: Fatores de emissão de CO dos VLP a diesel, em função das suas idades e cilindradas, em vias com limite de velocidade de 120km/h

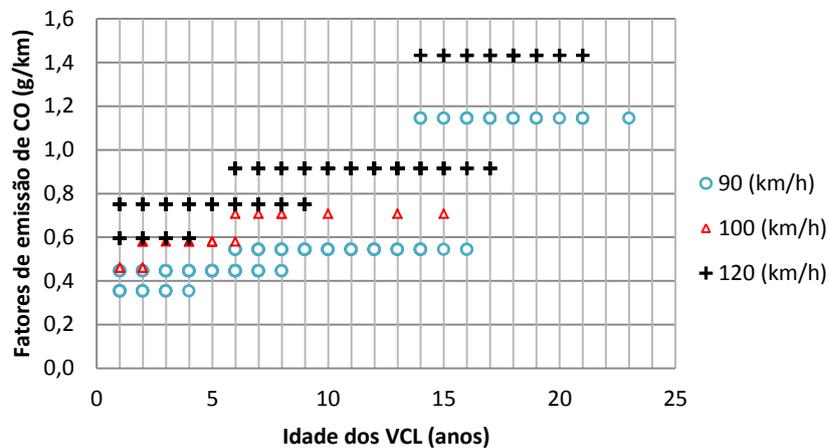


Figura 68: Fatores de emissão de CO dos VCL a diesel em função das suas idades e velocidades

Através da análise dos gráficos anteriores, verifica-se que os veículos mais recentes, em relação aos mais antigos, têm menores emissões de CO. Nos VLP, os veículos abrangidos pela norma “*Conventional*”, em relação aos abrangidos pela norma Euro 4, para as velocidades limite de 90km/h, 100km/h e 120km/h, possuem fatores de emissão de CO superiores na ordem dos 1.579%, 1.663% e 1.703%, respetivamente. Nos VCL, os veículos abrangidos pela norma “*Conventional*”, em relação aos abrangidos pela norma Euro 4, para as velocidades limite de 90km/h e 120km/h, possuem também emissões mais elevadas na ordem dos 225% e 141%, respetivamente.

No que diz respeito à relação existente entre a cilindrada dos veículos e as suas emissões de CO, verifica-se que as emissões, para as diferentes faixas de cilindradas, possuem os mesmos valores, à semelhança do que acontece com as emissões de CO dos veículos a gasolina.

Quanto à relação existente entre as emissões de CO e a velocidade dos veículos, verifica-se que as emissões, para as três velocidades limite, são mais elevadas na velocidade limite de 120km/h. Por exemplo, os VCL abrangidos pela norma Euro 4, para as velocidades limite de 90km/h, 100km/h e 120km/h, emitem, respetivamente, 0,352gCO/km, 0,459gCO/km e 0,594gCO/km.

Comparando as emissões de CO dos VLP com as dos VCL, constata-se que os VCL são mais poluentes. Por exemplo, para as velocidades limite de 90km/h, 100km/h e 120km/h, verifica-se que os VCL abrangidos pela norma Euro 4, em relação aos VLP com a mesma norma, possuem emissões superiores na ordem dos 1.367%, 1.986% e 3.026%, respetivamente.

Confrontando as emissões de CO dos VLP a diesel com as emissões de CO dos VLP a gasolina, conclui-se que os veículos a gasolina são mais poluentes. Por exemplo, para as velocidades limite de 90km/h, 100km/h e 120km/h, verifica-se que os VLP a gasolina abrangidos pela norma Euro 4, em relação aos VLP a diesel, possuem emissões superiores na ordem dos 1.629%, 2.309% e 5.711%, respetivamente.

Estimativas das emissões de VOC

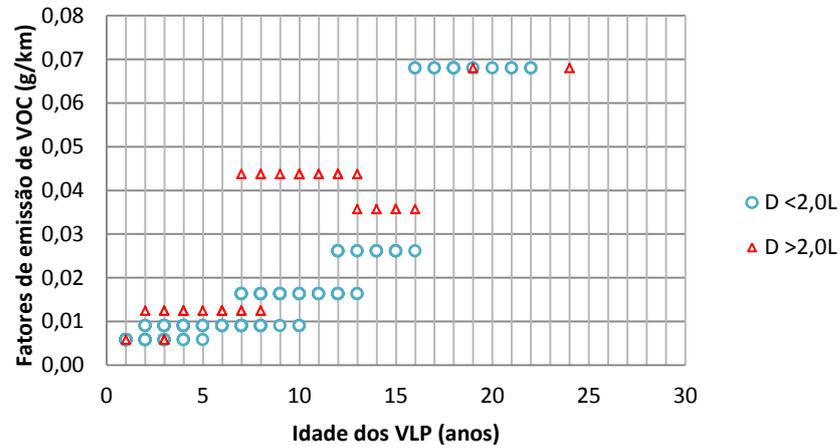


Figura 69: Fatores de emissão de VOC dos VLP a diesel, em função das suas idades e cilindradas, em vias com limite de velocidade de 90km/h

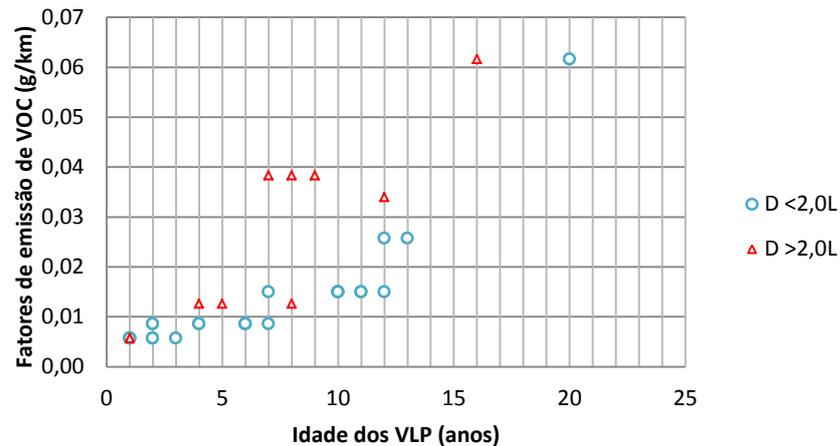


Figura 70: Fatores de emissão de VOC dos VLP a diesel, em função das suas idades e cilindradas, em vias com limite de velocidade de 100km/h

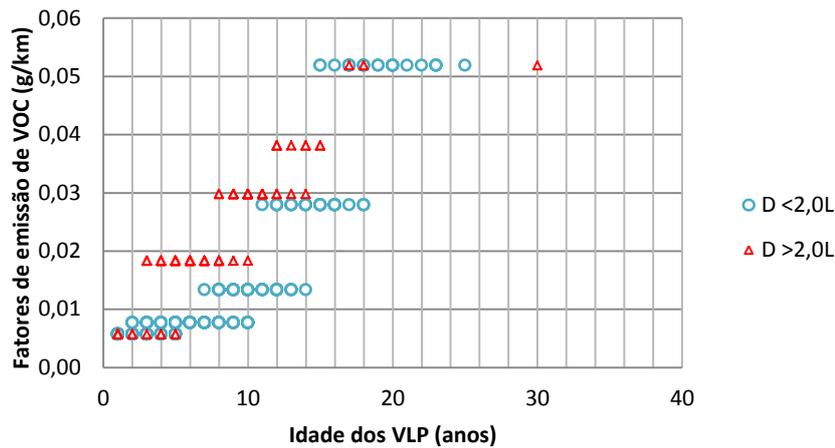


Figura 71: Fatores de emissão de VOC dos VLP a diesel, em função das suas idades e cilindradas, em vias com limite de velocidade de 120km/h

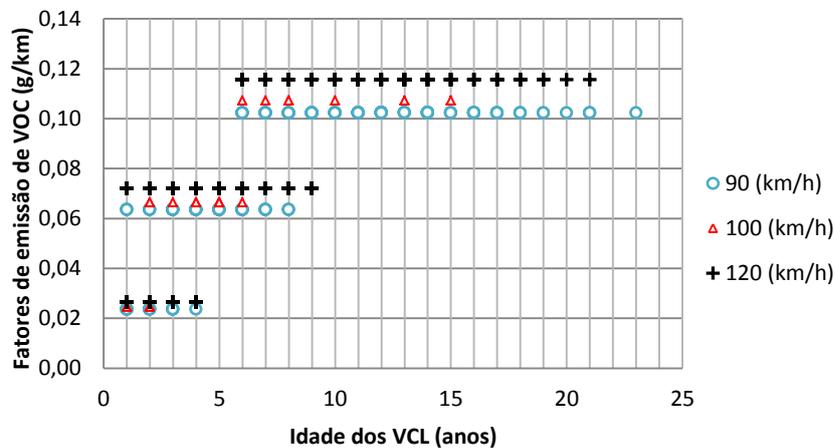


Figura 72: Fatores de emissão de VOC dos VCL a diesel em função das suas idades e velocidades

Ao contrário do que acontece com os VLP a gasolina, na determinação das emissões de VOC, para os VLP a diesel abrangidos pelas normas Euro, a metodologia de cálculo do Copert 4 já tem em consideração as diferentes faixas de cilindrada, verificando-se que os VLP a diesel de maior cilindrada possuem emissões mais elevadas. Por exemplo, os VLP abrangidos pela norma Euro 3 pertencentes à faixa de cilindrada “D>2,0L”, em relação aos veículos pertencentes à faixa de cilindrada “D<2,0L” com a mesma norma, para as velocidades limite de 90km/h, 100km/h e 120 km/h, possuem fatores de emissão de VOC superiores na ordem dos 33%, 44% e 125%, respetivamente.

No que toca à relação existente entre a idade dos veículos e as suas emissões de VOC, através da análise dos gráficos anteriores, pode-se concluir que, de um modo geral, à medida que as normas Euro foram sendo impostas, as emissões de VOC foram diminuindo. Os VLP, pertencentes à faixa de cilindrada “D<2,0L”, abrangidos pela norma “Conventional”, em relação aos abrangidos pela norma Euro 4, para as velocidades limite de 90km/h, 100km/h e 120km/h, possuem fatores de emissão de VOC superiores na ordem dos 1.073%, 981% e 811%, respetivamente. Nos VCL, os veículos abrangidos pela norma “Conventional”, em relação aos abrangidos pela norma Euro 4, possuem também emissões mais elevadas, na ordem dos 335%. No entanto, para os VLP com as velocidades limite de 90km/h e 100 km/h, a evolução das emissões de VOC não progrediu do mesmo modo para as duas faixas de cilindrada. Enquanto a faixa de cilindrada inferior demonstra reduções de emissões consecutivas aquando da introdução de uma nova norma, a faixa de cilindrada superior apresenta uma subida nas emissões da norma Euro 1 para a norma

Euro 2. Assim sendo, constata-se o papel importante que é dado à velocidade no cálculo das emissões de VOC, como acontece com as emissões de CO₂.

No que diz respeito à relação existente entre as emissões de VOC e as velocidades limite praticadas, verifica-se para os VLP, ao contrário do esperado, que, para algumas normas de emissão, as emissões diminuem com o aumento da velocidade limite. Por exemplo, os veículos abrangidos pela norma Euro 2, pertencentes à faixa de cilindrada “D<2,0L”, para as velocidades limite de 90km/h, 100km/h e 120km/h, emitem, respetivamente, 0,016gVOC/km; 0,015gVOC/km e 0,013gVOC/km. No entanto, para os VCL, constata-se que, em todas as normas, as emissões aumentam com o aumento da velocidade limite. Por exemplo, os veículos abrangidos pela norma Euro 4, para as velocidades limite de 90km/h, 100km/h e 120km/h, emitem, respetivamente, 0,024gVOC/km; 0,025gVOC/km e 0,027gVOC/km.

Confrontando as emissões de VOC dos VLP com as dos VCL, à semelhança do que acontece com as emissões de CO, constata-se que os VCL são mais poluentes. Por exemplo, para as velocidades limite de 90km/h, 100km/h e 120 km/h, verifica-se que os VCL abrangidos pela norma Euro 4, em relação aos VLP pertencentes à faixa de cilindrada “D>2,0L”, com a mesma norma, possuem emissões superiores na ordem dos 314%, 339% e 371%, respetivamente.

Estabelecendo a comparação entre as emissões de VOC dos VLP a diesel e as emissões de VOC dos VLP a gasolina, conclui-se que os veículos a gasolina são mais poluentes. Por exemplo, para as velocidades limite de 90km/h, 100km/h e 120km/h, verifica-se que os VLP a gasolina abrangidos pela norma Euro 4, em relação aos VLP a diesel, pertencentes à faixa de cilindrada “D>2,0L”, com a mesma norma, possuem emissões superiores na ordem dos 167%, 183% e 233%, respetivamente.

Anexo K

Neste Anexo, são apresentados os cálculos dos fatores de emissão de NO_x, do consumo de combustível e consequentemente dos fatores de emissão de CO₂, para os VLP a diesel, efetuados com base na metodologia utilizada pelo modelo Copert 4 (NTZIACHRISTOS e SAMARAS, 2010). Estes cálculos foram realizados para as velocidades limite de 90km/h e 120km/h.

A estimativa dos fatores de emissão de NO_x, para os veículos abrangidos pelas normas Euro, à exceção dos veículos abrangidos pela norma Euro 5, é efetuada através da equação 5. No Quadro 19, encontram-se presentes os coeficientes a utilizar na equação e respetivos resultados. Quanto aos veículos abrangidos pela norma Euro 5, as suas emissões de NO_x correspondem a uma redução de 28% das emissões dos veículos com norma Euro 4. A estimativa dos fatores de emissão de NO_x, para os veículos abrangidos pela norma “*Conventional*”, dependendo das suas cilindradas, é efetuada através das equações 10 e 11.

$$\text{c.c}<2,0\text{L:} \quad FE = 0,918 - 0,014.V + 0,000101.V^2 \quad (\text{Eq.10})$$

$$\text{c.c}>2,0\text{L:} \quad FE = 1,331 - 0,018.V + 0,000133.V^2 \quad (\text{Eq.11})$$

Quadro 19: Verificação dos resultados obtidos pelo modelo Copert 4, para os fatores de emissão de NO_x dos VLP a diesel

Legislação tecnológica	Cilindrada (L)	a	b	c	d	e	NO _x (g/km)
V=90 (km/h)							
Convencional	<2,0	-	-	-	-	-	0,476
	>2,0	-	-	-	-	-	0,788
Euro 1	-	3,10E+00	1,41E-01	-6,18E-03	-5,03E-04	4,22E-04	0,620
Euro 2	-	2,40E+00	7,67E-02	-1,16E-02	-5,00E-04	1,20E-04	0,604
Euro 3	-	2,82E+00	1,98E-01	6,69E-02	-1,43E-03	-4,63E-04	0,703
Euro 4	-	1,11E+00	0,00E+00	-2,02E-02	0,00E+00	1,48E-04	0,491
Euro 5	-	-	-	-	-	-	0,353
V=120 (km/h)							
Convencional	<2,0	-	-	-	-	-	0,692
	>2,0	-	-	-	-	-	1,086
Euro 1	-	3,10E+00	1,41E-01	-6,18E-03	-5,03E-04	4,22E-04	0,790
Euro 2	-	2,40E+00	7,67E-02	-1,16E-02	-5,00E-04	1,20E-04	0,911
Euro 3	-	2,82E+00	1,98E-01	6,69E-02	-1,43E-03	-4,63E-04	1,003
Euro 4	-	1,11E+00	0,00E+00	-2,02E-02	0,00E+00	1,48E-04	0,817
Euro 5	-	-	-	-	-	-	0,588

A estimativa do consumo de combustível, para os veículos abrangidos pelas normas Euro, é efetuada através da equação 5. No Quadro 20, encontram-se enunciados os coeficientes a utilizar na equação e respetivos resultados. Os fatores de emissão de CO₂ são calculados através da equação 6. A $r_{H:C}$, considerada para o diesel foi de 2,0. A estimativa do consumo de combustível, para os veículos abrangidos pela norma “*Conventional*”, é efetuada através da equação 12.

$$FE = 118,489 - 2,084.V + 0,014.V^2 \quad (\text{Eq.12})$$

Quadro 20: Verificação dos resultados obtidos pelo modelo Copert 4, para o consumo de combustível (FC) e consequentemente para os fatores de emissão de CO₂ dos VLP a diesel

Legislação tecnológica	Cilindrada (L)	a	b	c	d	e	FC (g/km)	CO ₂ (g/km)
V=90 (km/h)								
Convencional	<2,0	-	-	-	-	-	44,3	139,1
	>2,0	-	-	-	-	-	44,3	139,1
Euro 1	<2,0	1,45E+02	6,73E-02	-1,88E-01	-3,17E-04	9,47E-03	45,6	143,1
	>2,0	1,95E+02	7,19E-02	1,87E-01	-3,32E-04	9,99E-03	61,2	192,1
Euro 2	<2,0	1,42E+02	4,98E-02	-6,51E-01	-1,69E-04	1,32E-02	46,3	145,2
	>2,0	1,95E+02	7,19E-02	1,87E-01	-3,32E-04	9,99E-03	61,2	192,1
Euro 3/Euro 4/ Euro 5	<2,0	1,62E+02	1,23E-01	2,18E+00	-7,76E-04	-1,28E-02	44,0	138,1
	>2,0	1,95E+02	7,19E-02	1,87E-01	-3,32E-04	9,99E-03	61,2	192,1
V=120 (km/h)								
Convencional	<2,0	-	-	-	-	-	70,0	219,7
	>2,0	-	-	-	-	-	70,0	219,7
Euro 1	<2,0	1,45E+02	6,73E-02	-1,88E-01	-3,17E-04	9,47E-03	57,4	180,0
	>2,0	1,95E+02	7,19E-02	1,87E-01	-3,32E-04	9,99E-03	74,5	233,9
Euro 2	<2,0	1,42E+02	4,98E-02	-6,51E-01	-1,69E-04	1,32E-02	55,9	175,4
	>2,0	1,95E+02	7,19E-02	1,87E-01	-3,32E-04	9,99E-03	74,5	233,9
Euro 3/Euro 4/ Euro 5	<2,0	1,62E+02	1,23E-01	2,18E+00	-7,76E-04	-1,28E-02	52,2	163,7
	>2,0	1,95E+02	7,19E-02	1,87E-01	-3,32E-04	9,99E-03	74,5	233,9