

Caracterização da Evolução da Eficiência e da Qualidade dos Serviços Prestados pelos Automóveis

João Afonso Bastos Barata

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em

Engenharia Mecânica

Orientadores: Prof. Tânia Alexandra Dos Santos Costa e Sousa
Dr. Tiago André Perdigão Alexandre Ribeiro

Júri

Presidente: Prof. Edgar Caetano Fernandes

Orientador: Dr. Tiago André Perdigão Alexandre Ribeiro

Vogal: Prof. Carlos Augusto Santos Silva

Novembro 2019

Esta dissertação encontra-se ao abrigo do antigo acordo ortográfico.

Agradecimentos

Em primeiro lugar, queria agradecer aos meus orientadores, Prof. Tânia Sousa e Tiago Ribeiro pelo seu apoio e disponibilidade para responder a todas as questões que coloquei e dúvidas que surgiram na realização deste trabalho. A sua contribuição e orientação foram extremamente essenciais para a realização desta dissertação.

Em segundo lugar, agradecer aos meus colegas mais próximos, António Amaral, Francisco Fernandes, Nuno Mendes e Rodrigo Plácido pelo seu apoio e companheirismo nesta difícil jornada no Instituto Superior Técnico. As noites longas de estudo vão com certeza ser recordadas para sempre por todos.

Um reconhecimento importante, também para a instituição que me proporcionou estes seis anos de ensino e trabalho árduo. Um obrigado ao Instituto Superior Técnico por toda a preparação e ferramentas que forneceu para enfrentar este desafio e os que se seguirão na vida profissional que iniciarei em seguida.

Um agradecimento especial à minha família pela ajuda em todos os momentos nos quais precisei deles e em especial ao meu pai pela sua contribuição com sugestões, discussões e conhecimentos do mercado automóvel que em tantas medidas ajudaram este trabalho.

Finalmente um agradecimento aos amigos e amigas que tiveram sempre comigo nos momentos positivos e negativos e sem os quais isto tudo não teria sido possível. É também pela sua amizade que esta jornada foi experienciada com mais felicidade e apoio.

Resumo

O número de veículos ligeiros de passageiros em circulação na Europa (EU28) é cerca de 257 milhões (em 2016) e, juntamente com o resto do sector automóvel, estes contribuem para a criação de um número significativo de postos de trabalho (6,1% de força de trabalho europeia). Por outro lado, por dependerem maioritariamente do consumo de combustíveis fósseis, contribuem significativamente para a emissão de GEE e poluentes, como por exemplo, as partículas, que têm um impacto significativo na saúde humana.

Dada a conjuntura actual, em que a redução dos impactes ambientais é uma prioridade nos transportes, é contraproducente a massa média dos veículos na UE estar a aumentar. Este aumento de massa está associado a maiores impactes e consumos energéticos na produção, contribui para um maior consumo de combustível e muitas vezes também para um preço superior. Todos estes aspectos realçam a importância da massa no sector automóvel. Com esta tese, pretendeu-se reavaliar a eficiência do serviço do transporte e a qualidade dos vários serviços prestados pelos automóveis através de uma caracterização mais detalhada e também executar uma análise mássica da evolução do parque automóvel europeu. Pretendeu-se também analisar qual o serviço que mais contribuiu para o aumento de massa do veículo e se o aumento da qualidade dos serviços foi proporcional ao aumento da massa.

Para atingir estes objectivos, foi proposta uma análise do parque automóvel de veículos ligeiros de passageiros registados anualmente na UE no século XXI, focada nos modelos representativos dos diferentes segmentos do mercado. A análise a cada modelo foi executada dividindo os componentes do veículo em 5 serviços: base, segurança, controlo de emissões, conforto e performance. Estes foram caracterizados através da sua massa e de indicadores da sua qualidade. Os resultados obtidos evidenciaram um aumento de qualidade no transporte e nos restantes serviços analisados. Entre 2001 e 2017, o consumo diminuiu 32%, a potência específica (kW/l) aumentou 42%, as emissões diminuíram 30% e a classificação Euro NCAP aumentou de 3,75 para 4,71 estrelas. No entanto esta melhoria de qualidade está associada a um aumento de massa. De 2001 a 2017 a massa média dos veículos ligeiros de passageiros aumentou 80 kg, cerca de 6%. Destes, 14 kg são afectos ao serviço base, 55,4 kg ao conforto, 8,2 kg à segurança e 2,4 kg ao controlo de emissões. O aumento de massa foi associado ao aumento da quota de mercado de SUV's, veículos tipicamente mais pesados. Esta transição não permitiu que se atingisse o total potencial consequente do desenvolvimento tecnológico.

Palavras-chave: Transporte, Serviços, Conforto, Segurança, Controlo de Emissões, Análise Mássica.

Abstract

The number of light passenger vehicles circulating in Europe (EU28) is around 257 million (data from 2016). Together with the rest of the automobile sector they contribute with a significantly large number of jobs, 6,1% of the European work force. On the other hand, because of their dependence on fossil fuels, they contribute largely to GEE emissions and pollutants, such as soot, which has a negative impact on human health.

Given the current situation, where reducing environmental impacts is a priority in transport, it is counter-productive that the average mass of vehicles in the EU is increasing. This mass increase is associated with higher environmental impacts and energy consumption on production and contributes to higher fuel consumption and often also to a higher price. All of these aspects show the importance of mass in the automobile industry. The aim of this thesis was to reassess the efficiency of the transport service and the quality of the various services provided by cars through a more detailed characterization. Additionally, there was the purpose of identifying which service contributes the most to the mass increase of the vehicle and whether the increase in service quality is proportional to mass increase.

To achieve these objectives, an analysis of the lightweight passenger vehicles fleet registered annually in the EU in the 21st century, was proposed, focused on models that are representative of the different market segments. The analysis of each model was executed dividing vehicle components and assigning them into 5 services: base, safety, emission control, comfort and performance. The results showed an increase in quality in transportation and in all the other services analysed. Between 2001 and 2017, consumption decreased by 32%, specific power (kW/l) increased by 42%, emissions decreased by 30% and the Euro NCAP rating increased from 3.75 to 4.71 stars. However, this quality improvement was associated with a mass increase. From 2001 to 2017 the average mass of passenger cars increased by 80 kg, which corresponds to 6%. Of these 80 kg, 14 kg are allocated to the base service, 55,44 kg to comfort, 8,2 kg to safety and 2,4 kg to emission control. The mass increase was associated with the increase in market share of SUV's, typically heavier cars. This transition did not allow the full potential of technological development to be achieved.

Keywords: Transport, Services, Comfort, Safety, Emissions Control, Mass Analysis, Environmental Impact.

Índice

1. Introdução.....	1
1.1. Motivação	1
1.2. Objectivos.....	3
1.3. Estrutura	4
2. Estado de Arte.....	5
2.1 Transporte	5
2.1.1. Relação Massa Total vs. Consumo	7
2.1.2. Evolução da Massa dos Serviços	8
2.2. Serviços no Transporte	10
2.2.1. História dos Serviços	10
2.2.2. Caracterização dos Serviços	14
3. Metodologia	21
3.1. Intervalo Temporal e Modelos da Análise.....	21
3.2. Serviços Analisados	22
3.3. Recolha de Dados e Análise Mássica.....	24
3.4. SUV's.....	32
4. Resultados e Discussão.....	36
4.1. Análise do Serviço Transporte	36
4.2. Análise dos Serviços	41
4.3. Performance	50
5. Conclusões e Trabalho Futuro	53
5.1. Conclusões.....	53
5.2. Trabalho Futuro	56
Referências	58
Anexos.....	62
Anexo A – Exemplo da Informação Mássica de um Veículo	62

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Valores Médios e Limites de Emissões de CO2 em g/km na UE (ICCT, 2018)	2
Tabela 2 - Veículos Analisados por Segmento de Sector Automóvel	22
Tabela 3 - Comparação de Indicadores de Performance entre Dois Veículos (Cars-Data, [s.d.])	24
Tabela 4 - Componentes do Serviço Base.....	25
Tabela 5 - Componentes do Serviço do Controlo de Emissões	26
Tabela 6 - Componentes do Serviço da Segurança	26
Tabela 7 - Componentes do Serviço do Conforto	28
Tabela 8 - Grupos de Componentes nos Serviços	30
Tabela 9 - Componentes Afectos a cada Grupo no Serviço Base.....	31
Tabela 10 - Componentes Afectos a cada Grupo no Controlo de Emissões	31
Tabela 11 - Componentes Afectos a cada Grupo no Conforto	31
Tabela 12 - Componentes Afectos a cada Grupo na Segurança	32
Tabela 13 - Massa de Veículos Pertencentes ao Segmento Small Medium (Cars-Data, [s.d.])	33
Tabela 14 - Veículos Estudados no Segmento dos SUV's	34
Tabela 15 - Percentagem de Quota de Mercado dos Sub-segmentos dos SUV's (JATO Dynamics Limited, [s.d.], [s.d.], [s.d.])	34
Tabela 16 - Erro em % entre a Massa nos Documentos da UE e a Massa Obtida no Presente Trabalho	39
Tabela 17 - Indicadores da Segurança, do Controlo de Emissões e Erro em % das Emissões em Relação às Publicadas pela UE (Cars-Data, [s.d.]; Euro NCAP, [s.d.]; ICCT, 2018)	43
Tabela 18 - Evolução em kg e % da Massa dos Serviços nos SUV's vs. sem SUV's.....	44
Tabela 19 - Evolução da Classificação Euro NCAP dos SUV's vs. sem SUV's	45
Tabela 20 - Massa em kg dos Grupos de Componentes do Serviço Base	46
Tabela 21 - Massa em kg dos Grupos de Componentes do Conforto.....	47
Tabela 22 - Massa em kg dos Grupos de Componentes do Controlo de Emissões	48
Tabela 23 - Massa em kg dos Grupos de Componentes do Serviço da Segurança	49

Índice de Figuras

Figura 1 - Emissões Globais de GEE por Sector Económico em 2014 (EPA, [s.d.])	1
Figura 2 - Evolução da Massa e Potência Específica do Modelo Volkswagen Golf (ICCT, 2017, 2018)5	
Figura 3 - Evolução do Consumo de Combustível nos EUA e na UE (Zachariadis, 2006)	6
Figura 4 - Consumo de Combustível vs. Massa nos EUA em 1980 e 2006 (Knittel, 2011)	7
Figura 5 - Evolução da Massa Total e dos Serviços em kg nos EUA (Zoepf, 2011)	8
Figura 6 - Estimativa da Contribuição dos Avanços Tecnológicos para a Redução de Massa nos EUA (Mackenzie, Zoepf e Heywood, 2014).....	9
Figura 7 - Evolução dos Automóveis (Cars Evolution and Modern Transport Vector, [s.d.])	10
Figura 8 - Quotas de Mercado dos Segmentos do Mercado Automóvel na UE (ICCT, 2018)	11
Figura 9 - Factores na Aquisição de Automóveis em Espanha e na Suécia (Koppel, 2005)	12
Figura 10 - Factores na Aquisição de Veículos no Canadá (Vrkljan e Anaby, 2011)	12
Figura 11 - Números e Previsões de Utilizadores em Plataformas de Car-sharing Mundiais (Frost & Sullivan, 2016).....	14
Figura 12 - ISO 2631-1 Directrizes do Conforto (Neves e G, 2014)	15
Figura 13 - Acelerações de Referência Seguras (Neves e G, 2014).....	16
Figura 14 - Guias Gerais para Classificações Euro NCAP (Euro NCAP, [2012]).....	16
Figura 15 - Mapa das Emissões de CO2 de Amostra de Veículos na UE (ICCT, 2018).....	17
Figura 16 - Estimativa do Ajuste no Limite de Emissões de CO2 do Procedimento WLTP (Mock et al., 2014).....	18
Figura 17 - Impacto da Diminuição do Arrasto, Massa e Potência no Consumo de Combustível (Cogotti, 1985).....	19
Figura 18 - Evolução do Coeficiente de Resistência Aerodinâmica nos Automóveis (Ts e Sovran, 1993)	20
Figura 19 - Cronologia da Legislação Automóvel Relacionada com o Controlo de Emissões (Varma et al., 2011).....	23
Figura 20 - Evolução da Massa em kg dos Automóveis Registados na UE	36
Figura 21 - Evolução Massa vs. Consumo de Energia dos Automóveis Registados na UE	37
Figura 22 - Evolução da Massa vs. Volume dos Automóveis Registados na UE	38

Figura 23 - Evolução da Massa Total vs. Sem SUV's vs. SUV'S em kg dos Automóveis Registados na UE.....	40
Figura 24 - Evolução do Volume Total vs. SUV's vs. Sem SUV's em m ³ dos Automóveis Registados na UE.....	41
Figura 25 - Massa Absoluta em kg dos Serviços dos Automóveis Registados na UE.....	42
Figura 26 - Massa em % Associada a cada Serviço dos Automóveis Registados na UE.....	42
Figura 27 - Comparação Percentual 2001 (à esquerda) vs. 2017 dos Grupos de Componentes do Serviço Base	46
Figura 28 - Comparação Percentual 2001 (à esquerda) vs. 2017 dos Grupos de Componentes do Conforto.....	48
Figura 29 - Comparação Percentual 2001 (à esquerda) vs. 2017 dos Grupos de Componentes do Controlo de Emissões	49
Figura 30 - Comparação Percentual 2001 (à esquerda) vs. 2017 dos Grupos de Componentes da Segurança	50
Figura 31 - Evolução da Massa (kg) vs. Potência Específica (kW/l) vs. Potência (kW) vs. Velocidade Máxima (km/h) vs. Aceleração (0-100 km/h em segundos) vs. Peso/Potência (kg/kW) dos Automóveis Registados na UE.....	51

Lista de Abreviaturas

Gases com Efeito de Estufa **GEE**

União Europeia **UE**

Life Cycle Assessment **LCA**

Estados Unidos da América **EUA**

Sport Utility Vehicle **SUV**

New Car Assessment Programme **NCAP**

National Highway Traffic Safety Administration **NHTSA**

Worldwide Harmonized Light Vehicle Test Procedure **WLTP**

New European Driving Cycle **NEDC**

Anti-lock Braking System **ABS**

United Nations Economic Commission for Europe **UNECE**

Turbocharged Direct Injection **TDI**

Positive Crankcase Ventilation **PCV**

Exhaust Gas Recirculation **EGR**

Body-in-white **BIW**

Environmental Protection Agency **EPA**

International Council on Clean Transportation **ICCT**

Coefficiente de Resistência Aerodinâmica **Cd**

Ar-condicionado **AC**

Electronic Control Unit **ECU**

Volkswagen **VW**

1. Introdução

1.1. Motivação

A sociedade está prestes a entrar numa revolução. Uma revolução histórica que fará com que o mundo e as suas “regras” sejam alterados de uma forma, por enquanto, totalmente imprevisível. Os transportes com números cada vez mais elevados e mais preocupantes, actualmente são responsáveis por 14% das emissões globais de gases com efeito de estufa, (GEE) (Figura 1) e contribuem para a poluição local nas cidades (óxidos de nitrogénio, partículas, monóxido de carbono, hidrocarbonetos e dióxido de enxofre), serão um dos sectores onde as mudanças se vão fazer sentir em força.

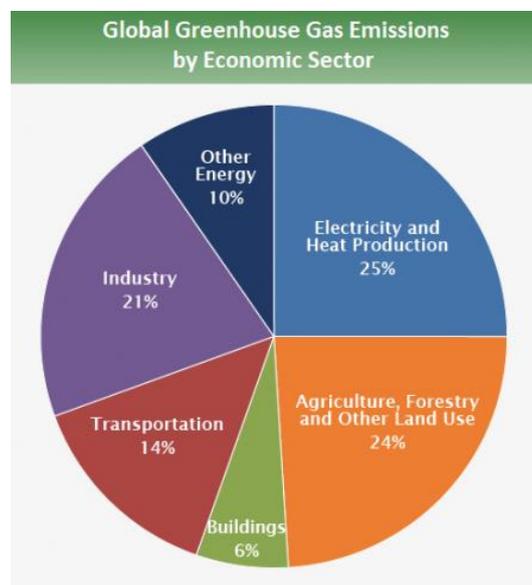


Figura 1 - Emissões Globais de GEE por Sector Económico em 2014 (EPA, [s.d.])

No final de 2016, 1320 milhões de veículos em circulação, (Sarah Petit, [2016]) confirmam o estatuto do automóvel como o meio de transporte dominante do último século. Os decisores políticos têm tomado medidas que obrigam os fabricantes automóveis a reduzir as emissões de GEE e de poluentes locais, sendo um dos objectivos a descarbonização total deste sector (European Commission, [2009]). Apesar de ainda longe, dado que 95% da energia dos transportes deriva do petróleo (EPA, [2008]), é possível começar a sentir uma mudança de paradigma, e metas como as propostas por organizações como a UE (Tabela 1) são cada vez mais ambiciosas. Com o crescimento deste sector em economias como a chinesa e indiana é crucial que a sua descarbonização se dê com a maior celeridade possível. Estudos recentes indicam que, caso não sejam tomadas medidas até 2035, o limite do aumento de 2K na temperatura média do planeta, proposto no acordo de Paris, será ultrapassado em 2100 com uma probabilidade superior a 67% (Aengenheyster *et al.*, 2018).

Tabela 1 - Valores Médios e Limites de Emissões de CO2 em g/km na UE (ICCT, 2018)

Ano	Valores Médios	Limite
1995	186	---
2005	161	---
2015	120	130
2020	---	95
2025	---	81
2030	---	67

A eficiência dos automóveis é um dos factores decisivos na implementação de políticas e tendências. Esta eficiência é tipicamente quantificada tendo em consideração o serviço global que os transportes oferecem, ou seja, a deslocação de um local para o outro, e a energia necessária para o fazer, nomeadamente, o consumo de combustível/electricidade. Contudo, o serviço do transporte é composto por vários sub-serviços. A divisão em serviços traz a este tipo de análise novas ferramentas que ao analisar passageiro.km ou consumo não existiriam. Actualmente a análise apenas do transporte como movimento de A para B não revela todas as conclusões de modo a se perceberem os fenómenos a acontecer no mercado automóvel. É por isto que a denominação serviço foi definida. Além disso, o consumo de combustível e as emissões de poluentes resultantes directamente desse consumo, não representam a totalidade do impacte ambiental causado pelos automóveis. A extracção de matérias primas, construção do veículo, manutenção e posterior deposição dos materiais no fim de vida do automóvel também contribuem para o impacte ambiental.

Cerca de 6% a 22% das emissões no ciclo de vida de um veículo estão relacionadas com a extracção de matérias primas e produção (Weiss *et al.*, 2009) dependendo, principalmente, do consumo de combustível, local de produção e tempo de vida útil do automóvel. Veículos nos EUA aproximam-se mais dos 6% e na UE dos 22% devido às tendências verificadas em ambos os mercados, relacionadas com o consumo de combustível e políticas ambientais. Nos EUA o consumo de combustível durante a vida útil do veículo é muito superior ao da UE. Assim sendo, a divisão em serviços é relevante para afectar os impactes ambientais associados ao serviço global de transporte a cada um dos serviços e, além disso, perceber o impacto que cada serviço tem na eficiência agregada através do seu impacto na massa.

As análises de ciclo de vida automóvel, nos quais se avalia o impacte total do veículo, podem beneficiar de um estudo deste tipo de modo a caracterizar mais profundamente as emissões para extracção, construção e deposição e a que serviços estas se afectam. Apesar da diminuição de emissões e do desenvolvimento de processos mais eficientes de construção e extracção de matérias primas ao longo do tempo, é natural que, com a prevista diminuição do uso de combustíveis fósseis nos automóveis, devido à electrificação do mercado, as percentagens de emissões relacionadas com estes estágios do ciclo de vida do veículo aumentem, o que por sua vez, aumenta a importância deste assunto.

Existe trabalho disponível onde é feita uma avaliação estatística detalhada do parque automóvel europeu e da sua eficiência, onde o objectivo é a exposição da evolução do mercado automóvel europeu em relação a tecnologias, emissões e consumos de energia (ICCT, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018). Existe também trabalho sobre o impacto da variação da massa nos veículos ligeiros tendo em conta quatro dos cinco serviços mencionados acima (carro base, conforto, segurança e controlo de emissões) e as suas evoluções e desenvolvimentos no mercado dos EUA entre 1975 e 2010 (Zoepf, 2011). No entanto existe, claramente, uma falta de entrosamento entre estes dois tipos de análise. Dois automóveis com a mesma massa e eficiência continuam a ser muito diferentes para os utilizadores, construtores e decisores políticos.

1.2. Objectivos

O objectivo principal desta tese é propor e testar uma metodologia para analisar o serviço de transporte oferecido pelos veículos ligeiros de passageiros. Ao contrário de o analisar como um todo, pretende-se observar o comportamento dos serviços que o compõem (base, conforto, segurança, controlo de emissões, performance e design) ao longo do tempo. Pretende-se analisar para cada um dos serviços, a massa de automóvel que lhe é afectada, a sua variação, que advém do acréscimo e melhoria dos mesmos, e outras características que os possam avaliar e caracterizar. Esta metodologia permitirá avaliar o valor real que estes serviços representam para os intervenientes neste sector, sejam eles os consumidores, construtores ou decisores políticos. Os resultados permitirão melhorar modelos de previsões da evolução do mercado, emissões de GEE, consumos de combustível a nível europeu e outros indicadores que caracterizam os automóveis. Espera-se ainda que sirva de base para uma base de dados de modo a facilitar trabalhos/pesquisas semelhantes no futuro dada a dificuldade de obter acesso a este tipo de informação. Pretende-se com isto reunir dados e tirar conclusões que vão beneficiar entidades, empresas, fabricantes automóveis e consumidores em vários sentidos.

De modo a cumprir estes objectivos, os passos que compuseram esta tese foram os seguintes:

1. Revisão bibliográfica.
2. Estudo do parque automóvel europeu no século XXI.
3. Recolha de dados e elaboração da análise mássica.
4. Recolha de dados que caracterizem os automóveis e os serviços prestados pelos mesmos.
5. Elaboração e posterior análise dos resultados que explicitam a evolução das características do parque automóvel europeu.

1.3. Estrutura

A tese está dividida em cinco capítulos.

O primeiro capítulo é composto por uma introdução onde são explicitadas as motivações para a realização deste trabalho. De seguida os objectivos, ou seja, um conjunto de questões que pretendem ser respondidas ou discutidas, e logo a seguir, uma breve descrição da estrutura da tese.

O segundo capítulo é dedicado à revisão da literatura relevante, nomeadamente, à evolução da caracterização do serviço do transporte através dos veículos ligeiros de passageiros, à síntese dos resultados obtidos em análises mássicas semelhantes à executada neste trabalho e à definição e modo de caracterização de cada serviço constituinte do transporte ao longo do tempo.

No terceiro capítulo é discutida a metodologia usada para a realização do trabalho. Assuntos como a obtenção dos dados, posterior tratamento, intervalo temporal e método para a análise executada irão ser apresentados. Além disto, cálculos que sejam usados no trabalho irão ser explicitados.

O quarto capítulo é onde os resultados do estudo sobre o parque automóvel europeu serão apresentados. Será também neste capítulo que irá ser executada uma análise dos vários resultados e dados apresentados tendo em vista a obtenção das conclusões e respostas ao objectivo da tese.

O quinto capítulo, sendo o final, é composto pelo resumo das conclusões de todos os capítulos, tendo em atenção situações específicas, bem como as conclusões gerais do trabalho. Além disto, é feita uma breve discussão do que podia ter sido feito de forma diferente para melhorar a precisão dos resultados, as limitações na execução do trabalho e o que poderá ser investigado no futuro relacionado com o tema de modo a aprofundar o estudo aqui realizado.

2. Estado de Arte

2.1 Transporte

Como referido no capítulo anterior os catalisadores para uma transformação do serviço do transporte estão activos. Alterações climáticas, urbanização, alterações demográficas e o avanço tecnológico são os agentes para esta mudança. Por isto, e cada vez mais, o serviço do transporte, oferecido pelos VLP, e a sua caracterização são objecto de estudo pelas diversas organizações a nível mundial. Prova disso são relatórios sobre o mercado automóvel europeu “European Market Vehicle Statistics” (ICCT, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018). O objectivo destes documentos, que começaram a ser produzidos em 2011, dois anos depois de serem definidos os limites de emissões de dióxido de carbono por km percorrido na UE até 2030, é oferecer um retrato estatístico da frota automóvel de veículos ligeiros e pesados a nível europeu desde 2001. O foco da pesquisa é nas tecnologias do veículo (gasóleo, gasolina, híbrido, eléctrico, gás natural e ainda start-stop, transmissão automática, etc.), no consumo de combustível e nas emissões de dióxido de carbono e outros gases poluentes. Além disto, em cada relatório, faz-se um estudo de parâmetros técnicos chave onde se compara a evolução mássica e de performance de certos modelos do mercado automóvel, evolução dos veículos típicos de cada continente, massa média dos veículos de cada país, etc. (Figura 2).

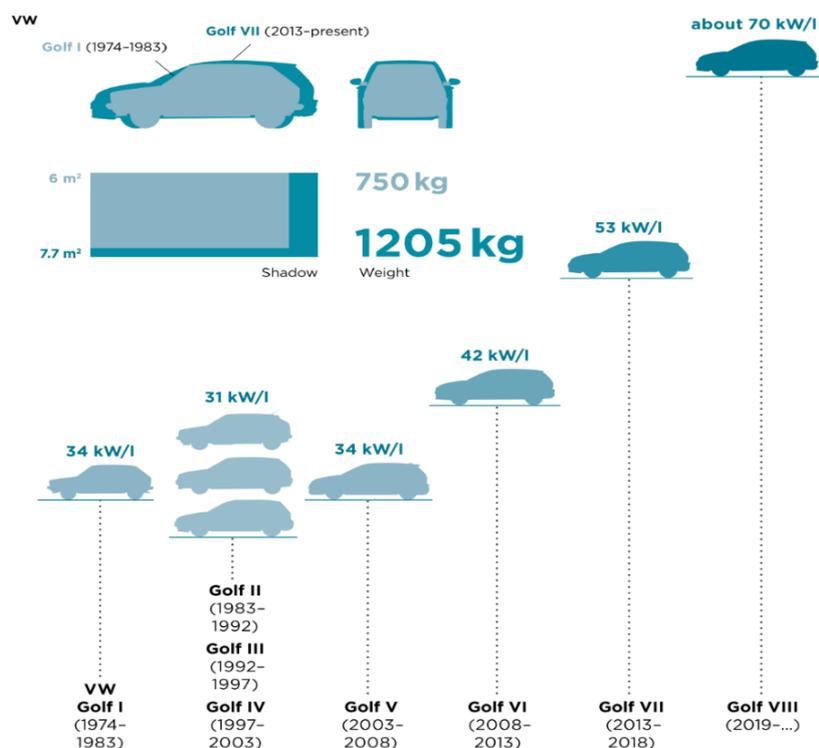


Figura 2 - Evolução da Massa e Potência Específica do Modelo Volkswagen Golf (ICCT, 2017, 2018)

O serviço do transporte tem como indicador principal da sua caracterização o consumo de combustível. O estudo do consumo de combustível, como já foi referido neste documento, é extremamente importante, principalmente por estar directamente relacionado com as emissões de dióxido de carbono para a atmosfera. A evolução deste indicador tem sido estudada ao longo do tempo de modo a caracterizar o transporte e a diferenciar as tendências de consumo em países e/ou continentes. Em (Zachariadis, 2006), onde foi estudada a evolução deste indicador nos EUA e na UE, podem ser observadas estas diferenças nas tendências de consumo (Figura 3). O consumo de combustível, que reflecte o consumo de energia, é o tema mais desafiante para decisores políticos e construtoras automóveis sendo este o motivo pelo qual é tão debatido. É ainda possível verificar, na Figura 3, que o progresso tecnológico foi mais célere na década de 1970, período em que os preços da gasolina eram elevados. Esta conclusão está de acordo com outros estudos onde se verifica que a inovação tecnológica está dependente do preço da energia. Geralmente, quando o preço da energia é alto, a inovação tecnológica é mais rápida.

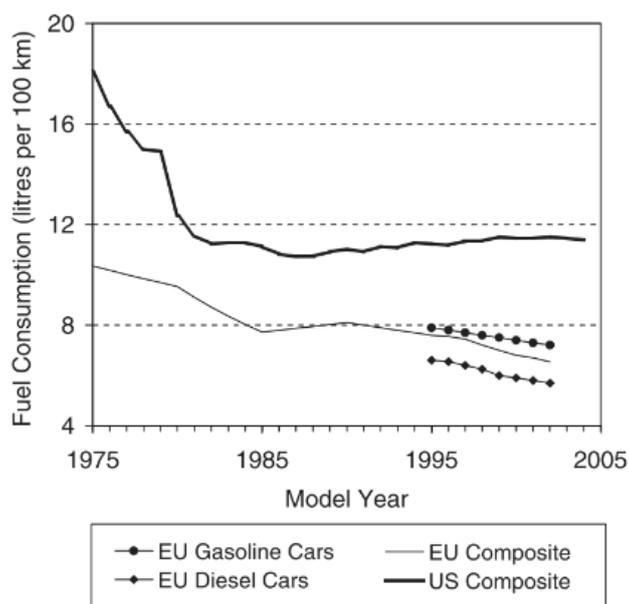


Figura 3 - Evolução do Consumo de Combustível nos EUA e na UE (Zachariadis, 2006)

Contudo a caracterização do transporte não fica por aqui. As mais diversas entidades procuram métodos cada vez mais precisos e objectivos de avaliar este serviço, que com o aumento da tecnologia tem englobado cada vez mais serviços. A divisão do transporte, nos serviços que presta, proposta nesta tese cria um problema que muitos autores já tentaram solucionar que é o método para avaliar serviços como o conforto, a segurança, a performance e o controlo de emissões. Alguns, como o controlo de emissões podem ser considerados directos e objectivos, no entanto, o conforto e a segurança possuem um grau de subjectividade mais elevado.

2.1.1. Relação Massa Total vs. Consumo

É para resolver o problema da caracterização dos serviços que estudos como a análise mássica podem ter utilidade. A massa dos veículos é uma característica extremamente importante. A importância de estudar e analisar esta componente é elevada por ter uma relação directa com o consumo de combustível. O trabalho de L. Cheah (Cheah, 2010) pretende avaliar precisamente esta relação bem como avaliar a potencial poupança de energia e alteração de custos relacionados com a diminuição da massa. Uma das conclusões foi que, com a redução de 10% de massa de um veículo, o consumo de combustível diminuiria 7% ou, em termos absolutos, por cada 100 kg a menos, equivale uma poupança de 0,39 l/100km. Outra das conclusões foi que seria possível a redução da massa até 40%, ou 690 kg. Para isto acontecer foram considerados três factores chave; o uso de materiais mais leves como alumínio e aços de alta resistência, o redesign dos veículos de modo a maximizar a redução de peso e ainda a mudança das tendências de consumo tornando os segmentos de veículos pequenos os mais procurados.

Esta relação entre consumo e massa é analisada, mais uma vez, no trabalho de Knittel (Knittel, 2011) onde é estimada uma redução de 4% no consumo de combustível por cada 10% de redução de massa. O objectivo deste trabalho é estimar o avanço tecnológico no sector automóvel e analisar os *trade-offs* entre consumo de combustível, potência e massa. Como pode ser observado na Figura 4, onde são mostrados os consumos de combustível (miles per gallon) em 1980 e 2006, em relação à massa dos veículos, um automóvel com a mesma massa tem actualmente um consumo de combustível menor do que em 1980. Devido ao avanço tecnológico, e apesar de em 2006 os carros serem em média mais pesados e mais potentes do que em 1980, verificou-se uma redução no consumo de combustível de 15%. Os resultados deste trabalho indicam também que, com este avanço tecnológico, e se a massa dos veículos e potência tivessem sido mantidas ao nível verificado em 1980, a redução no consumo de combustível seria de 60%.

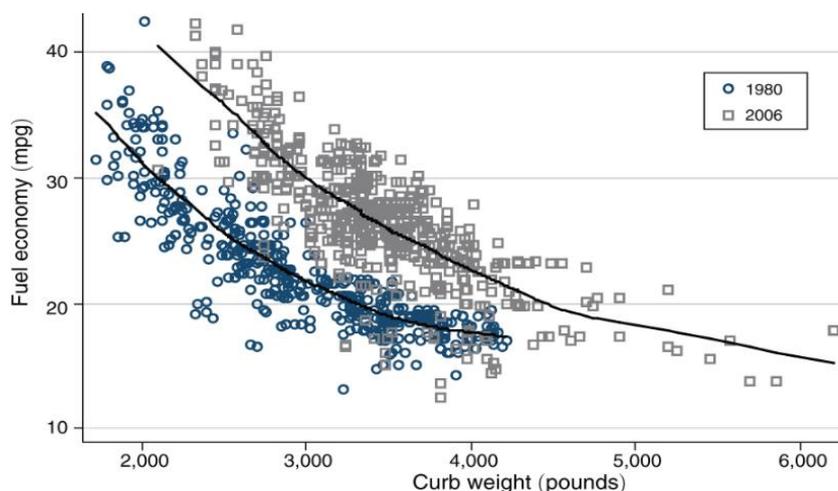


Figura 4 - Consumo de Combustível vs. Massa nos EUA em 1980 e 2006 (Knittel, 2011)

2.1.2. Evolução da Massa dos Serviços

Ainda em relação à massa, o trabalho feito por S. Zoepf (Zoepf, 2011) faz uma caracterização mais detalhada onde se decompõe a massa do veículo em quatro serviços diferentes. O trabalho desta tese evidencia claramente as tendências das variações de massa nos diferentes serviços prestados pelos veículos nos últimos 40 anos, com o objectivo de, ao analisar essas tendências, tirar conclusões sobre a evolução desses serviços. O método usado neste trabalho foi analisar as evoluções mássicas em modelos representativos do parque automóvel dos EUA ao longo do tempo. Foi feita uma divisão em quatro serviços; carro base, conforto, segurança e controlo de emissões. Nesta análise foi considerada a média de disponibilidade de componentes opcionais para fazer o cálculo da massa média dos veículos, isto é, foi usada uma fórmula para calcular o acréscimo, por exemplo, dos airbags tendo em conta a quantidade de veículos com este equipamento na frota automóvel.

Neste estudo as conclusões foram: os carros nos EUA, reduziram a sua massa de 1845 kg para 1378 kg, no período entre 1975 e 1987, e de seguida aumentaram a sua massa até 1591 kg em 2010. Analisando separadamente percebemos que a realidade pode ser enganadora. O “carro base” reduz de 1650 kg para 1190 kg em 2010 sendo que a maior redução se dá entre 1975 e 1982. Desde 1982, em que o valor era 1183 kg, a variação foi sempre insignificante como podemos observar no valor de 2010. Em 1975, 195 kg eram dos serviços secundários e em 2010 passaram a ser 401 kg, ou seja, passaram de 10,5% da massa total para 25,2%. Apesar da massa total média entre 1975 e 2010 ter diminuído, a massa destes serviços secundários sofreu um grande aumento, o que pode ser justificado pelo aumento do conforto e segurança, e diminuição de emissões de gases poluentes, verificados nos automóveis nesse intervalo temporal (Figura 5).

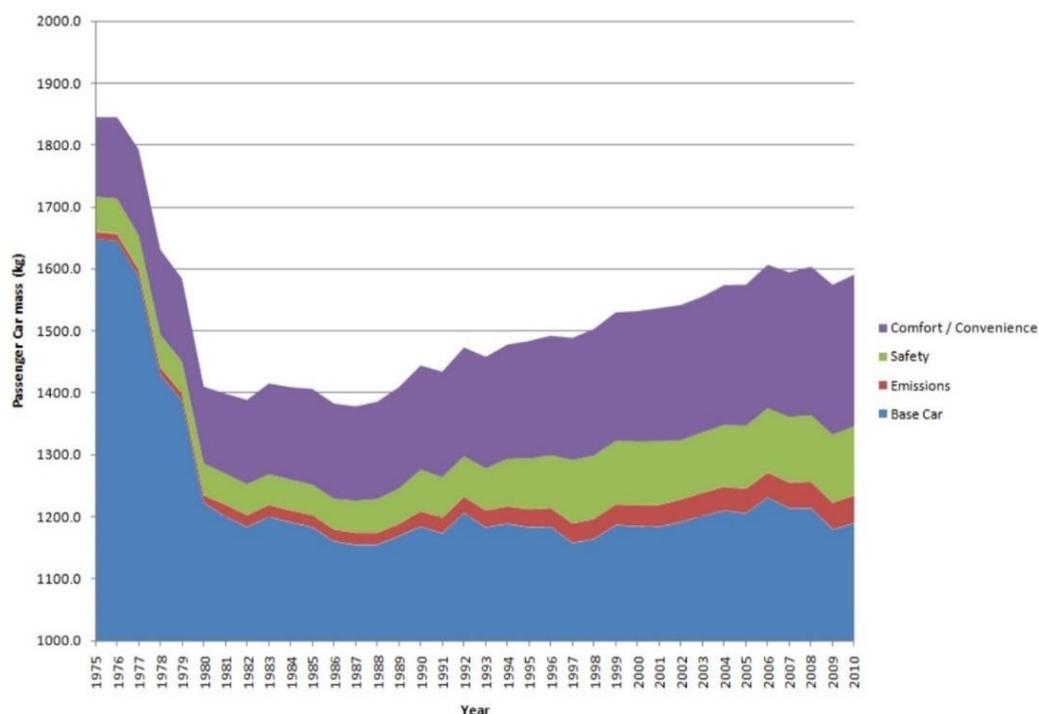


Figura 5 - Evolução da Massa Total e dos Serviços em kg nos EUA (Zoepf, 2011)

Num trabalho mais aprofundado sobre as tendências evidenciadas na tese mencionada anteriormente, (Zoepef, 2011) feito pelo mesmo autor, (Mackenzie, Zoepef e Heywood, 2014) é estimado que, em relação a 1975, os serviços secundários foram “culpados” por um acréscimo de 250 kg na massa dos veículos até 2009. Nesse mesmo intervalo temporal as evoluções tecnológicas e novos materiais permitiram uma redução de 790 kg sendo os maiores responsáveis a mudança para tracção dianteira, o uso de materiais alternativos e a carroçaria monobloco (Figura 6). No entanto, estas evoluções não foram capazes de compensar o aumento de massa, directo e indirecto, relacionado com o elevado número de componentes, instrumentos, sistemas e funcionalidades acrescentados aos veículos. O método utilizado para esta análise foi bottom-up, em que foram analisadas tecnologias que permitem a redução de peso analisando dados de modelos de veículos e a literatura. De seguida foram analisadas as que acrescentam peso, geralmente relacionadas com conforto e segurança. Uma estimativa para as duas foi feita e em jeito de conclusão foram agregadas chegando a uma estimativa geral.

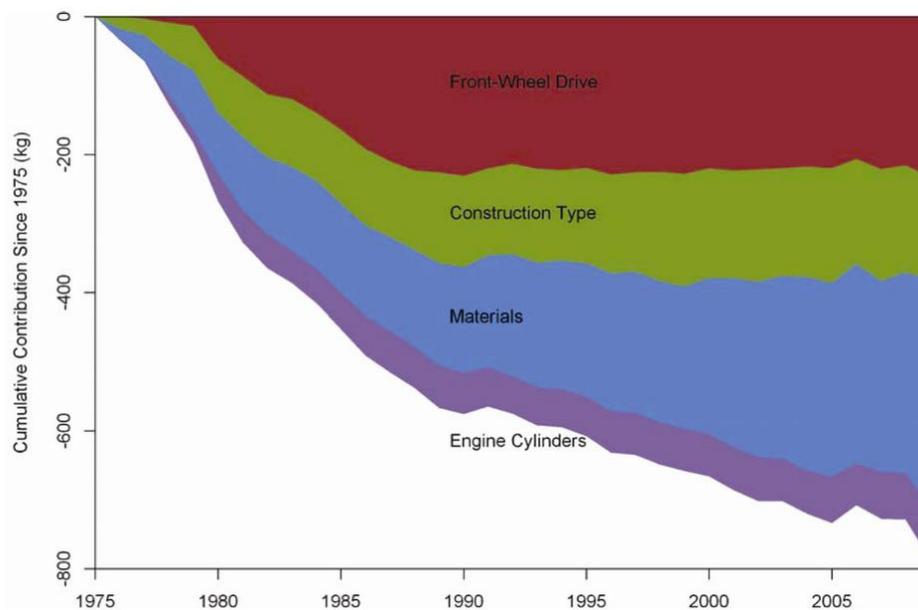


Figura 6 - Estimativa da Contribuição dos Avanços Tecnológicos para a Redução de Massa nos EUA (Mackenzie, Zoepef e Heywood, 2014)

Outros tipos de análise em que a questão da análise mássica é proeminente são os modelos de ciclo de vida automóvel. Para fazer um modelo deste tipo, é necessário executar um trabalho de pesquisa de elevada precisão acerca do automóvel, tal como numa análise mássica. É isso mesmo que é feito em (Burnham, Wang e Wu, 2006) em que é analisada a criação da base de dados para um modelo de análise de ciclo de vida de automóvel. Neste caso os autores, com acesso a relatórios de desmantelamento, optaram por utilizar uma lista de grupos de componentes, onde são conhecidos os que mais variam entre veículos, como por exemplo o motor que, não é apenas um componente, mas sim um grupo de componentes. Deste modo foram estimadas as massas típicas desses grupos para dois veículos diferentes, um com 893 kg e outro com 1511 kg.

2.2. Serviços no Transporte

2.2.1. História dos Serviços

A história do mercado automóvel europeu mais recente evidencia as evoluções dos serviços prestados pelos VLP. Nos anos 50/60 era sinal de prosperidade ter um veículo de grandes dimensões como um Mercedes 180, Borgward Isabella ou um Hudson Hornet, este último claramente mais presente no mercado norte-americano. Transmitem uma ideia de luxo e elevado nível social, eram confortáveis e tinham performances elevadas para a época. Alguns eram semelhantes a automóveis de competição, sem terem, contudo, grandes preocupações com a segurança. Nesta época, este factor ainda não era uma questão preocupante para os utilizadores. Estes veículos integravam-se na classe dos executivos, sendo considerados os primeiros modelos deste tipo.

No final da década de 60, embora se mantenham as características gerais anteriores, vai-se observando uma nova tendência. Os automóveis começam a tornar-se mais baixos e aerodinâmicos. Inicia-se assim uma procura de melhores performances e melhores consumos através de linhas mais aerodinâmicas. O conforto continua a ser um dos factores mais importantes bem como a performance. Aqui, ao contrário dos anos anteriores, a segurança, que ainda era um aspecto secundário, começa a tornar-se um assunto mais discutido e são implementadas as bases das directrizes europeias de segurança rodoviária. Estas directrizes são desenvolvidas nos anos 70 e 80 (Varma *et al.*, 2011), décadas onde a performance se torna o factor mais importante na escolha de um veículo. O design ganha ainda mais força, a seguir à performance e o conforto torna-se secundário. Aqui inicia-se a preocupação com a segurança que, apesar de ser importante, não é ainda suficiente para se comparar com os restantes factores.

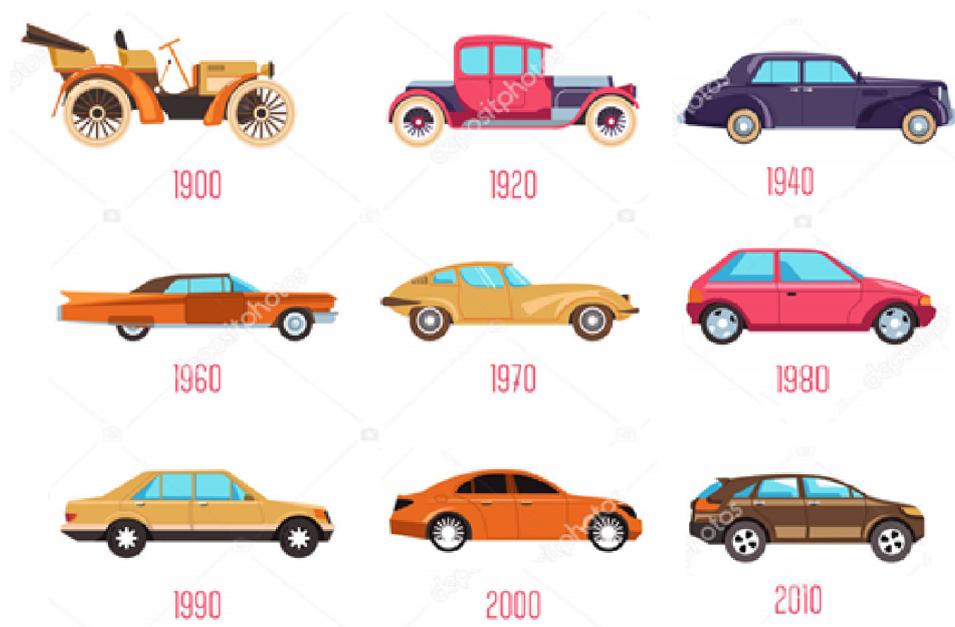


Figura 7 - Evolução dos Automóveis (Cars Evolution and Modern Transport Vector, [2012])

Já nos anos 90, marcas como a Volvo, sobressaíram como sinónimo de qualidade devido à sua grande aposta na segurança. As campanhas e legislações impostas, relacionadas com a segurança, começaram a ter efeitos no mercado, tanto que uma grande parte dos consumidores optavam pela compra destes automóveis. A segurança, ao invés da performance, começa, aos poucos, a tornar-se o serviço prioritário na compra de um automóvel.

Nos anos 2000 a segurança e o conforto mantêm o seu estatuto prioritário. Além destes, o consumo de combustível, torna-se também num dos factores prioritários aquando da compra de um veículo. A problemática das alterações climáticas começa a ter impacto no sector automóvel com a definição de limites de emissões de dióxido de carbono por km percorrido, aparecendo os primeiros híbridos e eléctricos. Devido à importância dada à segurança e ao conforto, as marcas apostam nos SUV's, Sport Utility Vehicles. Estes veículos, mais espaçosos e maiores, são facilmente associados pelos consumidores a estas características e, apesar de terem consumos maiores que os veículos mais leves, aumentam a sua quota de mercado, ano após ano. Devido às suas dimensões e robustez transmitem segurança, conforto e, devido à sua versatilidade, transmitem um estilo de vida diferente e status. Os SUV's são, actualmente, a escolha de eleição do consumidor, como podemos ver na Figura 8.

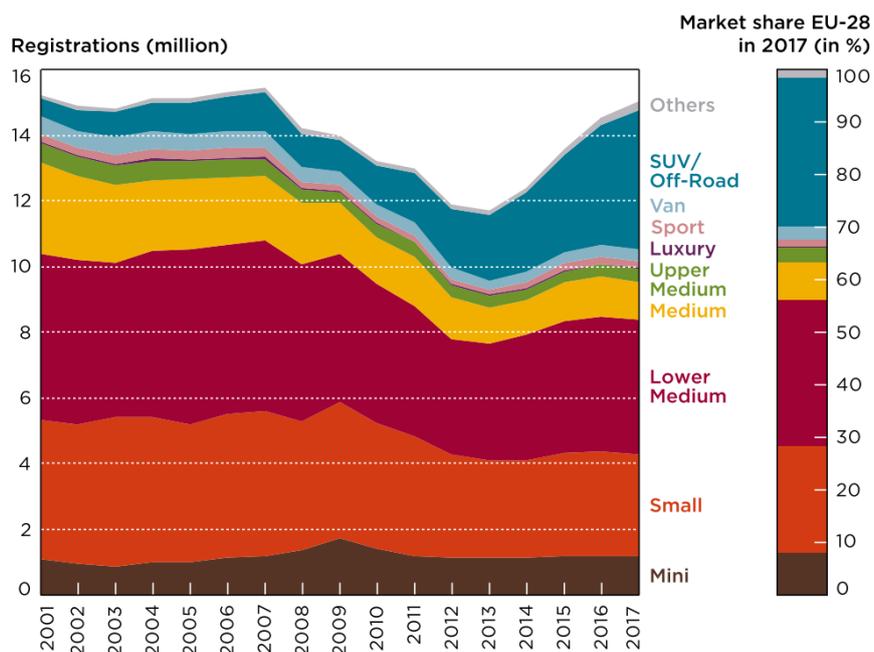


Figura 8 - Quotas de Mercado dos Segmentos do Mercado Automóvel na UE (ICCT, 2018)

Como percebemos pelo parágrafo anterior, do ponto de vista do utilizador as tendências nas preferências dos tipos de veículos sofreram grandes alterações ao longo do tempo. Neste momento as preocupações dos consumidores são bem diferentes do que acontecia na segunda metade do século vinte. A segurança e conforto são, actualmente, serviços cruciais. Em Koppel et al (Koppel, 2005) dados dos consumidores de Espanha e da Suécia foram analisados através de respostas a um questionário. O estudo concluiu que a segurança é o principal factor na aquisição de um veículo, enquanto que o

conforto é um dos cinco principais. O consumo de combustível é também considerado um dos factores mais importantes na escolha de um novo veículo. Neste estudo, a classificação Euro NCAP, European New Car Assessment Programme, bem como características relacionadas com a segurança, foram seleccionadas como os factores prioritários na compra de um veículo, como pode ser observado na Figura 9. Performance e design são claramente factores secundários nesta análise enquanto que o controlo de emissões não foi analisado.

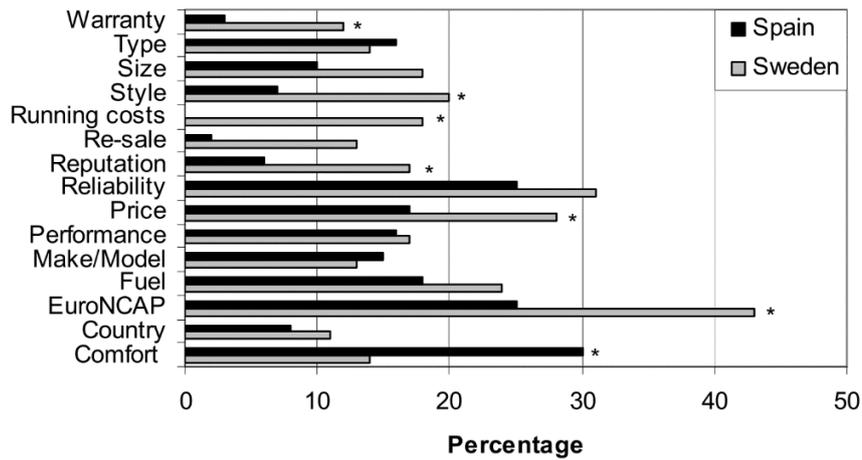


Figura 9 - Factores na Aquisição de Automóveis em Espanha e na Suécia (Koppel, 2005)

Numa análise dos factores a um nível global verifica-se mais uma vez que a segurança (Martin Armstrong, [s.d.]) é o factor prioritário logo seguido pelo consumo de combustível, o que reforça o serviço da segurança como o mais importante para o utilizador. Ainda noutro estudo feito por Vrkljan e Anaby (Vrkljan e Anaby, 2011) no mercado canadiano as conclusões foram semelhantes. Nesta análise foram considerados oito factores entre eles segurança, espaço, preço, conforto, performance, design, fiabilidade e consumo. Os factores mais importantes foram, mais uma vez, a segurança e a fiabilidade enquanto que os menos importantes foram a performance e o design, o que pode ser observado na Figura 10.

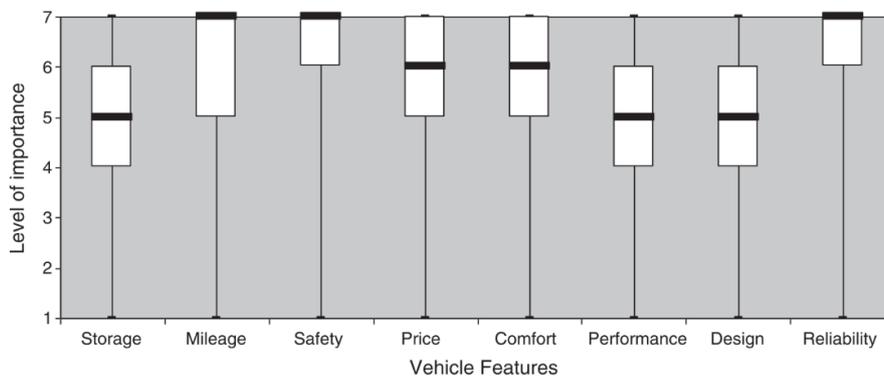


Figura 10 - Factores na Aquisição de Veículos no Canadá (Vrkljan e Anaby, 2011)

Na óptica dos decisores políticos, os serviços com maior importância são a segurança e o controlo de emissões. Talvez este último tenha, hoje em dia, um peso maior sendo que cada vez mais se implementam metas de redução das emissões de dióxido de carbono por km, emissões estas que estão directamente relacionadas com o consumo de combustível do veículo. O tema do aquecimento global tem posto cada vez mais pressão para que os decisores políticos tomem medidas que diminuam o impacto ambiental, global e local, do uso do automóvel. Isto pode ser observado no objectivo de emissões de CO₂ da UE para 2030, que é 67 gCO₂/km, cerca de metade do objectivo para 2015 (ICCT, 2018), bem como nos sucessivos regulamentos que restringem emissões de hidrocarbonetos, partículas e outros poluentes (Varma *et al.*, 2011). Além disto, países como Portugal preveem em 2050, na pior das hipóteses, ter a totalidade do parque automóvel composto por híbridos plug-in. Estes tipos de veículos conseguem emissões geralmente abaixo das 30 gCO₂/km (ICCT, 2018) cumprindo assim as metas regulamentares impostas pela EU.

Como não podia deixar de ser, a questão da segurança rodoviária é ainda muito actual e, apesar de actualmente estar num estado de desenvolvimento legislativo mais avançado que o controlo de emissões, pode ser melhorado de modo a diminuir o número de mortes nas estradas e atingir os objectivos propostos pela UE (European Transport Safety Council, [s.d.]). Estas metas passam por, até 2020, reduzir em 50% o número de mortes de 2010. Até 2017, a redução foi de apenas 20%, o que evidencia que há ainda muito trabalho a fazer, medidas a implementar e tecnologias a explorar. Por este motivo, procedimentos como os testes Euro NCAP têm planeadas várias actualizações nos próximos anos de modo a, com o aumento da exigência das avaliações dos seus testes, pressionarem as marcas a aumentar ainda mais a segurança activa e passiva dos seus veículos. Estas actualizações recaem na segurança dos utilizadores, mas também na dos peões e ciclistas. Anteriormente, os acidentes entre automóveis e bicicletas não eram testados, mas com o aumento de plataformas de bike sharing e da mudança no tipo de transportes e comportamentos nas grandes cidades, surgiu a necessidade deste tipo de análise ser introduzida e explorada de um modo mais aprofundado (Euro NCAP, 2015).

Para as marcas todos os serviços são importantes porque têm de cumprir com a legislação imposta pelos decisores políticos e com os parâmetros pretendidos pelos consumidores. A legislação influencia principalmente os serviços da segurança e do controlo de emissões, enquanto que os parâmetros pretendidos pelos consumidores influenciam o serviço do transporte como um todo, mas mais especificamente a segurança, o conforto e ainda a performance como pudemos observar nos parágrafos anteriores. Tudo isto com um foco enorme nos custos e eficiências dos processos de construção de modo a disponibilizar a melhor relação qualidade/preço para o consumidor num mercado que é extremamente competitivo e que está em constante evolução. Prova desta evolução é o facto de construtoras automóveis como Volkswagen, BMW e Mercedes, já terem começado a expandir o seu negócio para as plataformas de car sharing, algo que há uns anos atrás era impensável (Olivia Gagan, [2016]), mas que pode ser justificado pelo crescente número de utilizadores deste tipo de mobilidade, o que pode ser observado na Figura 11.

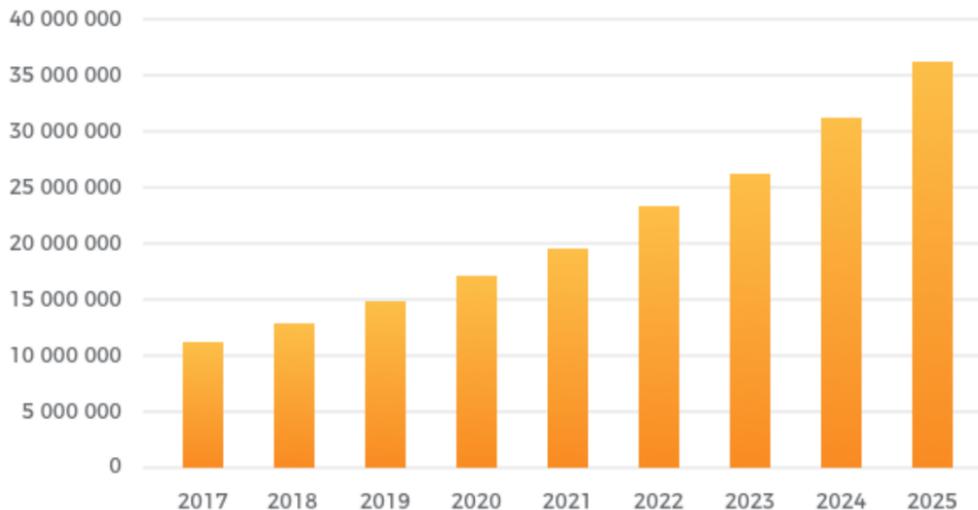


Figura 11 - Números e Previsões de Utilizadores em Plataformas de Car-sharing Mundiais (Frost & Sullivan, 2016)

2.2.2. Caracterização dos Serviços

Os serviços no transporte, como já referido anteriormente, têm sofrido evoluções, ganho proeminência ao longo do tempo e têm sido objecto de estudo para vários autores e instituições.

O conforto é um serviço em amplo desenvolvimento desde há algumas décadas. Pode ser definido como o nível de bem-estar consciente que o ocupante do veículo sente. Vários factores afectam o conforto e segundo K. Ormuz (Krunoslav e Muftic, 2004) este pode ser dividido em três tipos: dinâmicos, ergonómicos e de ambiente. Destes, os que mais influência têm em termos da sua avaliação são: a percepção da temperatura, a velocidade do ar no habitáculo, a percepção da aceleração vertical, a luz e ergonomia no interior e a sensação de velocidade. Estes factores são os que o autor considerou como mais aptos a caracterizar este serviço, factores estes, que são subjectivos e tornam uma caracterização do mesmo difícil de obter.

M. Gameiro da Silva (Gameiro da Silva, 2002) propõe uma divisão diferente dos factores que influenciam o conforto. O autor divide o conforto em cinco tipos: conforto térmico, qualidade do ar, som, vibração e outros de menor importância. São, ainda, sugeridos pelo autor métodos de avaliação para todos estes factores. Estes factores, apesar de passíveis de medição objectiva, são subjectivos devido à percepção de cada pessoa sobre o que é confortável ser diferente.

O conforto térmico pode ser avaliado através de medições individuais com sensores em resposta às várias variáveis físicas que o influenciam como, temperatura do ar, velocidade do ar, humidade relativa e temperatura média de radiação. A qualidade do ar pode ser avaliada através dos métodos usados para o conforto térmico complementados por espectroscopia emissão-absorção de infravermelhos. O som pode ser avaliado, não só pela sua intensidade, mas também pela frequência, impulsividade e tonalidade. Em termos de vibração a avaliação pode ser feita através de sensores em que são medidas as acelerações laterais e longitudinais. Segundo o autor, é de ressaltar que, com o aumento da

capacidade dos sistemas de medição no passado mais recente, estes métodos de avaliação sofreram fortes evoluções nas décadas mais recentes.

É neste último factor, relacionado com a vibração ou com a dinâmica, que T. Neves (Neves e G, 2014) propõe uma avaliação objectiva do conforto. Isto é, baseando-se nestes aspectos e na ISO 2631-1 para os transportes públicos, o autor propõe uma caracterização objectiva deste serviço. Esta norma estabelece directrizes para os valores de aceleração, ou seja, atribui a diferentes intervalos de valores de aceleração um nível de conforto, como se pode ver na Figura 12. Ao medir as acelerações longitudinais, verticais e laterais em vários percursos base foi possível comparar os valores obtidos com as opiniões dos passageiros nesse mesmo percurso e chegar a conclusões sobre a confortabilidade do carro.

Magnitude (m/s ²)	Comfort Level
≤0,315	Not uncomfortable
0,315 to 0,630	A little uncomfortable
0,500 to 1,000	Fairly uncomfortable
0,800 to 1,600	Uncomfortable
1,125 to 2,500	Very uncomfortable
≥2,000	Extremely uncomfortable

Figura 12 - ISO 2631-1 Directrizes do Conforto (Neves e G, 2014)

A conclusão deste documento é que, além de reduzir o conforto a factores dinâmicos, para pequenas acelerações as classificações atribuídas são confiáveis. No entanto para valores mais altos de acelerações os resultados apresentados são muito menos fiáveis, devido ao facto de 45% destes percursos terem sido considerados desconfortáveis. O nível de desconforto obtido costuma ser maior do que o que na realidade é sentido pelo passageiro. Isto acontece, porque os níveis da ISO 2631-1 são para o transporte público onde, por vezes, o passageiro viaja em pé. Num veículo ligeiro de passageiros os níveis teriam de ser adaptados para valores mais elevados de modo a estarem de acordo com as características do transporte.

Além de propor uma avaliação ao conforto, T. Neves propõe também uma avaliação objectiva da segurança baseada em pressupostos semelhantes aos que utilizou anteriormente. Para avaliar a segurança o autor descarta a aceleração vertical e considera apenas a longitudinal e lateral. Para classificar este serviço o trabalho foca-se em avaliar as condições de segurança dos ocupantes, e não a percepção das mesmas para os ocupantes.

Ao contrário do conforto, em que existe a ISO 2631-1, na questão da segurança não existem valores definidos para intervalos de acelerações considerados seguros ou inseguros. Estes valores foram definidos pelo autor baseando-se na literatura. Para as acelerações longitudinais foram considerados valores limite de 0,5 G e 0,35 G, e para as laterais 90% dos valores das acelerações longitudinais (Figura 13).

Safety Level	Longitudinal deceleration (m/s ²)	Lateral acceleration (m/s ²)
Hard	≤ -3,43	≤ 2,94
Extreme	≤ -4,91	≤ 4,42

Figura 13 - Acelerações de Referência Seguras (Neves e G, 2014)

As conclusões foram semelhantes às da avaliação do conforto. Mais uma vez, reduzem, neste caso a segurança, a factores dinâmicos que não estão definidos por uma norma internacional. Os resultados apresentam um grande número de situações onde a segurança é posta em causa, mas que, no entanto, o veículo se encontrava bem abaixo do limite de velocidade da estrada onde circulava, o que pode significar que os valores de referência foram demasiado conservadores.

No entanto, a UE ao longo dos anos tem conseguido estabelecer para os intervenientes no sector o que se pode considerar como a caracterização mais aceite do serviço da segurança, os testes Euro NCAP. Estes testes existem desde 1997 e são apoiados pelas mais diversas instituições (UE, Federação Internacional do Automóvel, e outras federações a nível nacional). Foram baseados nas directrizes de segurança implementadas desde os anos 80 (Varma *et al.*, 2011) e nos testes implementados pela NHTSA, National Highway Traffic Safety Administration (J.Tarbet, 2004 pt 1, 2004 pt 2). Ao longo dos anos sofreram várias alterações e actualizações tendo em vista a diminuição da sinistralidade rodoviária de acordo com os objectivos propostos pela UE. Os veículos são avaliados em condições de impacto frontal, lateral, traseiro, contra poste, e quanto às consequências desses impactos nos seus intervenientes, sejam eles adultos e/ou crianças, pedestres e num futuro recente velocípedes. Além disto, os sistemas de ajuda de condução e de prevenção de acidentes são também avaliados. É, assim, atribuída aos automóveis uma classificação de 0 a 5 estrelas dependendo dos resultados obtidos nos diversos testes. Na Figura 14 estão descritas as directrizes gerais dadas a cada avaliação.



Figura 14 - Guias Gerais para Classificações Euro NCAP (Euro NCAP, [2012])

Em relação ao serviço do controlo de emissões, a sua caracterização, é actualmente feita através do procedimento WLTP, Worldwide Harmonized Light Vehicle Test Procedure (Mock *et al.*, 2014). Este, é um procedimento usado globalmente para determinar os níveis de GEE emitidos pelos veículos bem como o consumo de combustível de carros convencionais e híbridos e ainda a autonomia dos veículos eléctricos. Foi desenvolvido pela UNECE, United Nations Economic Commission for Europe, para substituir o procedimento NEDC, New European Driving Cycle, que incluía um grande número de tolerâncias e de possibilidades de flexibilidade nos resultados obtidos, além de não estar adaptado às mais recentes tecnologias, permitindo assim às construtoras automóveis resultados melhores que os verificados em situações reais, e é usado pela UE, Índia, Coreia do Sul e Japão. O desenvolvimento deste procedimento foi importante para a UE, que deste modo passou a ter uma forma mais precisa e eficaz de verificar o cumprimento, ou incumprimento, dos limites de emissões de dióxido de carbono por km impostos às construtoras automóveis.

É de realçar que estes limites de emissões de dióxido de carbono por km são estabelecidos de acordo com a massa média dos veículos para os fabricantes. Isto significa que os fabricantes de carros mais pesados podem ter emissões mais altas do que os fabricantes de carros mais leves. A curva é estabelecida de modo a que sejam atingidos os objectivos para as emissões médias em toda a frota da UE. Estas curvas já estão estabelecidas e podem ser observadas na Figura 15. No caso de um fabricante automóvel ultrapassar o limite de emissões correspondente à massa média da sua frota terá de pagar uma multa. O valor da multa dependerá do número de veículos registados e das g/km de emissões acima do limite.

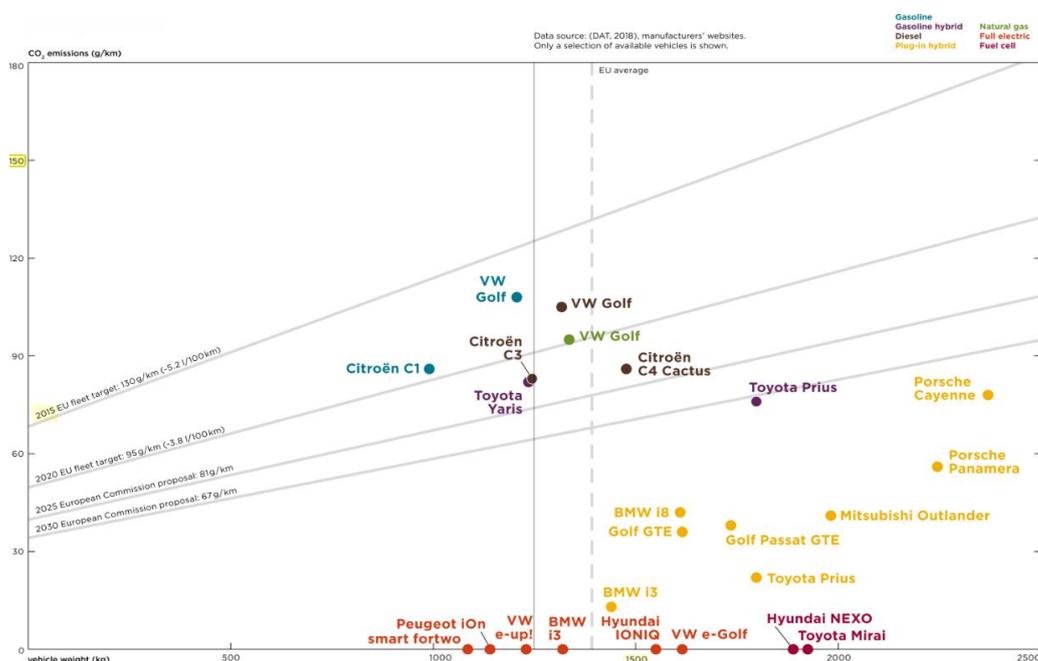


Figura 15 - Mapa das Emissões de CO₂ de Amostra de Veículos na UE (ICCT, 2018)

É importante perceber que o procedimento NEDC foi desenvolvido e introduzido quando ainda não se mediam as emissões de dióxido de carbono dos veículos, nem estas estavam relacionadas com a performance económica das construtoras automóveis. Esta situação é bem distinta da verificada hoje

em dia, onde as emissões de dióxido de carbono precisam de ser determinadas com grande precisão. Isto acontece devido aos impactos competitivos que acarretam podendo resultar em pagamentos de multas avultadas caso um construtor automóvel não atinja os valores limite de emissões estabelecidos, como foi explicado no parágrafo anterior. Com contextos históricos tão distintos é natural que os limites de emissões de dióxido de carbono, que foram definidos com base no procedimento NEDC, sejam revistos e ajustados para este novo procedimento, como é estimado em (Mock *et al.*, 2014) e pode ser observado na Figura 16.

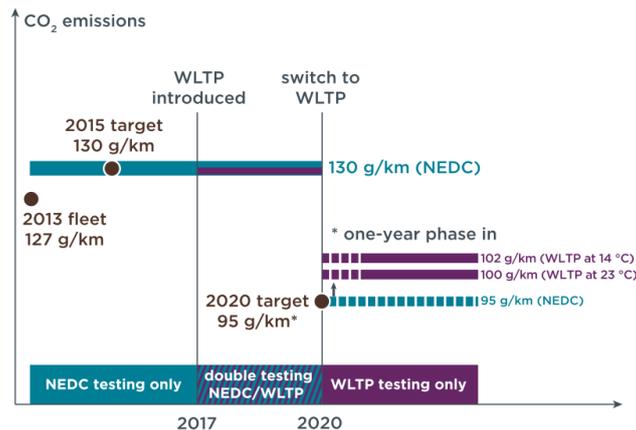


Figura 16 - Estimativa do Ajuste no Limite de Emissões de CO₂ do Procedimento WLTP (Mock *et al.*, 2014)

No entanto, devido a no intervalo temporal de estudo se utilizar o procedimento NEDC, ou se estar no momento de transição, entre o NEDC e o WLTP, os valores utilizados neste trabalho, para caracterizar o serviço do controlo de emissões, foram obtidos com o NEDC.

A UE tem um vasto compêndio de relatórios e documentos que, mais uma vez, evidenciam a importância destes outros serviços prestados no âmbito do serviço principal do transporte. O relatório (Varma *et al.*, 2011) tem como objectivo principal a análise do trade-off entre o preço dos veículos e os desenvolvimentos de performance ambiental e segurança entre 1990 e 2010.

O relatório conclui que o cumprimento da legislação ambiental e de segurança desde o final dos anos 80 levou a um aumento directo do preço dos veículos nos primeiros anos desse período. Mais especificamente, devido aos construtores automóveis terem de incorporar novas tecnologias, como por exemplo conversores catalíticos (catalisadores). No entanto com o passar do tempo e com a legislação em evolução, tal como a tecnologia, tornou-se extremamente difícil separar o aumento do preço dos automóveis dos seus possíveis e diversos motivos, como o desenvolvimento tecnológico, legislação ambiental e de segurança, preferências do consumidor ou reputação da marca.

Em relação à performance e à sua caracterização não foram encontrados estudos relevantes em que seja apresentada uma medida de avaliação para este serviço. No entanto, geralmente são aceites como medidas caracterizadoras deste serviço um conjunto de indicadores. Os mais comuns, e em que a informação é normalmente pública, são a velocidade máxima, o tempo de aceleração 0-100 km/h, o

binário máximo, a potência específica (kW/l) e a relação peso potência. Outros não tão usuais, por vezes devido às informações não serem de fácil acesso, são o tempo de travagem dos 100-0 km/h e as recuperações dos 80-120 km/h.

O design dos veículos é também um dos serviços preponderantes. Ao longo do tempo as construtoras automóveis têm investido uma grande quantidade de recursos nesta questão. Existem dois motivos principais para explicar este grande investimento, que acabam por ser as duas funcionalidades do design. O primeiro é o aspecto visual para o consumidor. Apesar de, segundo os estudos analisados neste trabalho, não ser um factor preponderante na compra de um veículo, continua a ser um factor de decisão e por isso os fabricantes automóveis têm de adaptar o design dos automóveis às preferências e tendências dos consumidores. Contudo, não existe nenhum método objectivo para uma caracterização deste aspecto. Ao contrário do primeiro, o segundo motivo que é o design funcional, pode ser caracterizado objectivamente. As implicações do design no funcionamento do veículo são muito mais que puramente estéticas. A aerodinâmica do automóvel, vai ser afectada pelas suas "linhas" e assim, através do coeficiente de resistência aerodinâmica, podemos caracterizar o design funcional do veículo. Aliás, a importância do coeficiente de resistência aerodinâmica é bastante elevada, visto que a sua diminuição percentual em relação à diminuição da massa e potência tem como consequência uma maior redução de combustível, como pode ser observado na Figura 17.

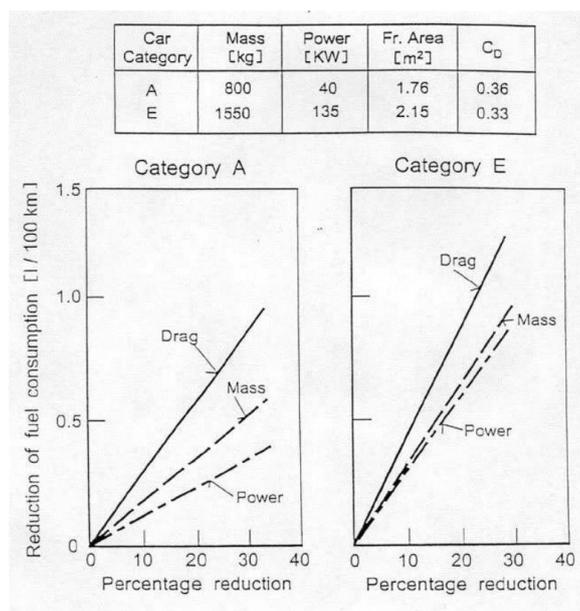


Figura 17 - Impacto da Diminuição do Arrasto, Massa e Potência no Consumo de Combustível (Cogotti, 1985)

Este grande investimento das construtoras automóveis no design resultou naturalmente em avanços e inovações tecnológicas no método de avaliação do coeficiente de resistência aerodinâmica. Esta caracterização, e mesmo o desenvolvimento do design do veículo em fase de produção, começaram por ser estudadas em túneis de vento. Estas ferramentas têm permitido grandes desenvolvimentos no design funcional dos automóveis, como pode ser observado na Figura 18.

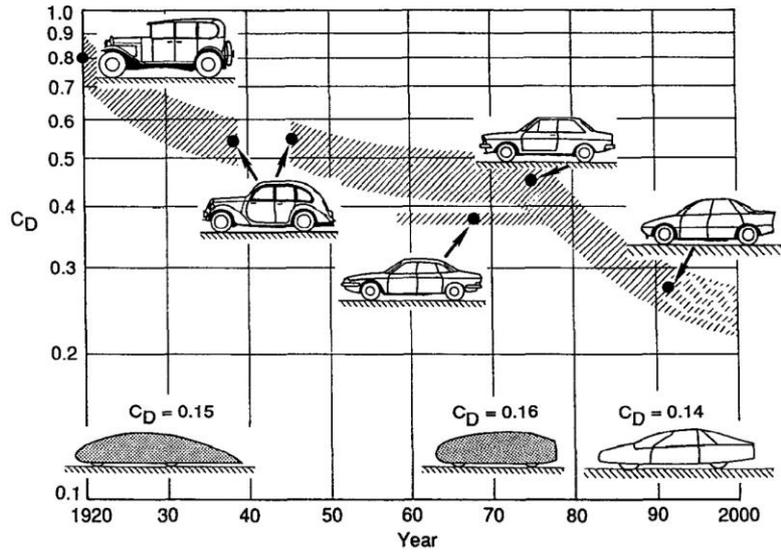


Figura 18 - Evolução do Coeficiente de Resistência Aerodinâmica nos Automóveis (Ts e Sovran, 1993)

3. Metodologia

Neste capítulo irá ser exposta a metodologia utilizada para atingir os objectivos propostos nesta dissertação.

Na primeira parte do capítulo serão explicitados os modelos integrantes da análise, os segmentos do mercado automóvel e o intervalo temporal da mesma, bem como os motivos destas escolhas. A segunda parte do capítulo será sobre os serviços analisados, as hipóteses para a sua caracterização e as razões para o método utilizado para os caracterizar. De seguida será explicado o método geral para a análise mássica. Recolha de dados, lista e grupos de componentes por serviço e cálculos também serão abordados. Finalmente, na última parte, serão apresentadas as especificidades da análise mássica feita ao segmento dos SUV's. É também nesta secção que tudo o que é feito de um modo distinto em relação ao método geral será explicitado.

3.1. Intervalo Temporal e Modelos da Análise

O intervalo temporal da análise tem o seu início em 2001 e termina em 2017. Isto acontece por duas razões. A primeira é que existe um maior número de dados online para veículos recentes. Este factor é importante devido à falta de colaboração das marcas e empresas em ceder os dados pretendidos. A segunda razão é o intervalo temporal da análise dos relatórios detalhados do parque automóvel europeu, disponíveis publicamente pela UE (ICCT, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018), ser também entre 2001 e 2017, o que facilita o trabalho de comparação de resultados.

Os veículos ao qual foi feita a análise foram escolhidos tendo em conta a sua relevância no mercado automóvel e no segmento que representam. Estes dados, mais uma vez, puderam ser observados a nível europeu nos Pocketbook's da UE (ICCT, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018). Sendo assim o mercado automóvel foi dividido em sete segmentos: Mini, Small, Lower Medium, Medium, Upper Medium, SUV e Luxury. Poderiam ser incluídos outros pequenos segmentos como Sport e Van, mas a sua relevância para o trabalho não justificava a sua inclusão. Os segmentos analisados totalizavam em todos os anos estudados pelo menos 96% da quota de mercado. Os dados recolhidos para cada veículo foram utilizados como representativos do segmento ao qual pertenciam excepto nos SUV's. Este segmento, devido às suas características, teve um tratamento diferente dos restantes o que será aprofundado e explicado no subcapítulo 3.4. SUV's. Os veículos analisados em cada segmento, excepto os SUV's, podem ser observados na Tabela 2.

Tabela 2 - Veículos Analisados por Segmento de Sector Automóvel

Segmentos	Veículos
Mini	Fiat Panda 2ª Geração e 3ª Geração
Small	Renault Clio 2ª Geração, 3ª Geração e 4ª Geração
Lower Medium	Volkswagen Golf MK5, MK6 e MK7
Medium	Volkswagen Passat B5, B6, B7 e B8
Upper Medium	Mercedes Classe E 3ª Geração e 4ª Geração
Luxury	BMW Série 7 4ª Geração, 5ª Geração e 6ª Geração

3.2. Serviços Analisados

Analisando os veículos e os intervenientes no mercado automóvel, bem como as suas preocupações, foi possível identificar seis tipos principais de serviços distintos num automóvel: base (todos os componentes necessários para o veículo transitar do ponto A ao ponto B), segurança, conforto, controlo de emissões, performance/desempenho e design.

Para classificar/avaliar os serviços prestados pelos automóveis foram seleccionados dois métodos:

1. Análise mássica individual de cada serviço constituinte do transporte e em relação ao serviço do transporte na sua globalidade;
2. Análise de características específicas que avaliam objectivamente o serviço correspondente.

Dos seis serviços mencionados anteriormente (base, conforto, segurança, controlo de emissões, performance e design), alguns estão interligados e outros podem ser considerados mais independentes. A interligação entre eles teve de ser posta de parte em algumas peças constituintes do automóvel. De seguida segue-se uma discussão da abordagem escolhida para analisar cada serviço, de acordo com as duas alternativas explicitadas anteriormente.

Serviços como a segurança e o conforto, apesar de se cruzarem em pequenos pontos, são bastante independentes dos restantes, o que torna clara a distinção entre componentes que os constituem. Deste modo a realização duma análise mássica pareceu adequada nestes dois casos. Ainda em relação a estes dois serviços e apesar de existirem componentes que são opcionais, apenas foram considerados os componentes equipados de série na variante do modelo automóvel em questão. Isto é, com o acesso a base de dados online (Auto-Data, [2018]; Cars-Data, [2018]) foi possível a verificação dos extras existentes, ou não existentes, nos modelos em questão. Para o serviço da segurança foi ainda analisada a classificação obtida pelos diversos modelos nos testes Euro NCAP.

Para o serviço base e o controlo de emissões já existe uma maior interligação. No entanto a separação dos constituintes de cada um é, ainda, possível de se fazer o que, mais uma vez, permite a realização

de uma análise mássica adequada. No que se refere à categoria de controlo de emissões foram contabilizados todos os equipamentos implementados nos veículos por obrigação legislativa. Uma cronologia deste tipo de legislação pode ser analisada num estudo da UE sobre o impacto destas medidas no preço dos veículos (Varma *et al.*, 2011), o que pode ser observado na Figura 19. Para o serviço de controlo de emissões foram também analisadas as emissões de dióxido de carbono.

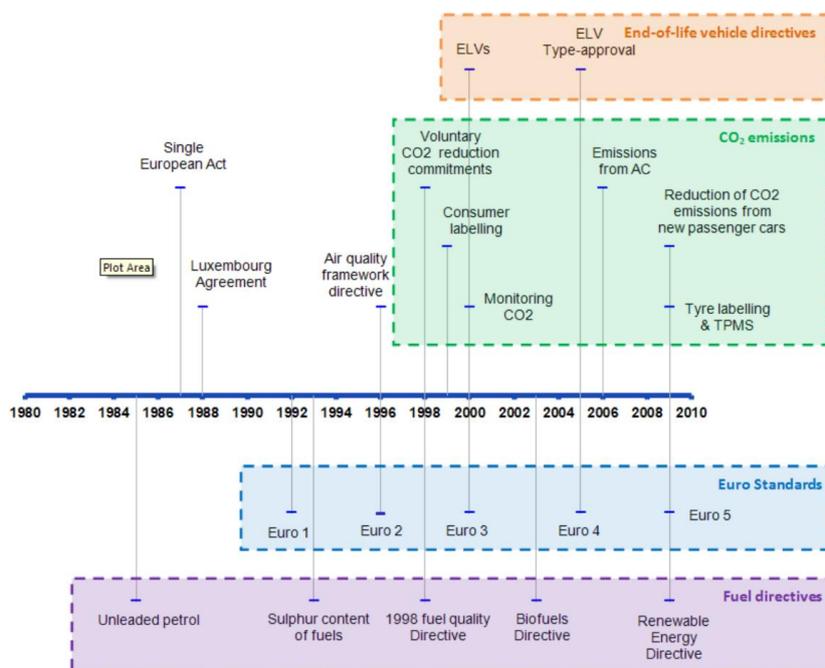


Figura 19 - Cronologia da Legislação Automóvel Relacionada com o Controlo de Emissões (Varma *et al.*, 2011)

Relativamente ao design e à performance a avaliação torna-se mais subjectiva. O design não tem grande influência na massa do veículo, não existem componentes neste serviço aos quais possa ser associada massa, o que torna a análise mássica inútil. Ainda para mais o grau de subjectividade deste serviço é talvez o maior dos seis. Uma discussão sobre a evolução do design e o valor real que acrescenta ao utilizador é extremamente subjectiva de se fazer, o que a inviabiliza. O factor onde este serviço é preponderante, é no consumo. O design influencia a aerodinâmica do veículo que por sua vez influencia o consumo. Apesar de ser preponderante na questão aerodinâmica, devido a não ser exequível uma análise mássica, nem uma avaliação/caracterização da totalidade das funcionalidades do design através de algum indicador objectivo, este não foi analisado nesta tese.

Em relação à performance, a análise é mais objectiva do que no caso do design. No entanto, a separação dos constituintes deste serviço dos restantes, principalmente do transporte, é impossível de se fazer tornando a análise mássica também não exequível. Por outro lado, a análise da performance pode ser executada discutindo a evolução de características específicas relacionadas com a mesma, e ainda, se essas evoluções acrescentam um valor real ao utilizador ou não. Medidas como o tempo dos 0-100km/h, 100km/h-0, velocidade máxima, kg/cv e binário máximo são medidas objectivamente

indicadoras da performance dum veículo. Assim, através da evolução destes números ao longo de um intervalo temporal, poderão ser tiradas conclusões deste serviço (Tabela 3).

Tabela 3 - Comparação de Indicadores de Performance entre Dois Veículos (Cars-Data, [s.d.])

Veículo	Volkswagen Golf I 1.6 Diesel (1973)	Volkswagen Golf VII 1.6 TDI (2012)
Potência Máxima (kW)	40	81
Binário Máximo (Nm)	100	250
Velocidade Máxima (km/h)	143	200
0-100 km/h (s)	16.8	10.5

Depois de ponderar os prós e contras mencionados acima e a importância de cada serviço para todos os intervenientes, a análise mássica executada neste trabalho focou-se em 4 serviços: o base, a segurança, o conforto e o controlo de emissões. O serviço da performance, em que uma análise mássica não é exequível, avaliou-se quanto ao valor acrescentado do seu desenvolvimento para o utilizador através da evolução de indicadores da performance do veículo. Estes indicadores foram a velocidade máxima (km/h), a aceleração dos 0-100 km/h (s), a potência específica (kW/l, sendo os litros a cilindrada do motor), a potência (kW) e a relação peso/potência (kg/cv). O design, pelas características semelhantes à performance e por não ser objectivo de analisar quanto ao valor real acrescentado, não se analisou, como já tinha sido referido anteriormente. A segurança e o controlo de emissões foram ainda analisados quanto à classificação obtida nos testes Euro NCAP e às emissões de dióxido de carbono respectivamente.

3.3. Recolha de Dados e Análise Mássica

O método para a análise mássica foi elaborado tendo como objectivo a diminuição do impacto da falta de informação existente, ou disponível publicamente, sobre a massa dos componentes dos veículos. Para esta análise foram tidos em conta dois pontos de partida:

- Lista base composta por 124 componentes estratificada pelos serviços que prestam (de acordo com um modelo de análise de ciclo de vida automóvel (Burnham, Wang e Wu, 2006) e com bases de dados online (Cars-Data, [2018])) e onde são conhecidos os componentes em que existe uma maior variação de massa entre automóveis. No Anexo A pode ser observado um exemplo de lista de componentes e dados recolhidos para um veículo, no qual, a negrito, se encontram os componentes em que existe uma maior variação na massa;

• Massa dos componentes para dois veículos, um de 893 kg e um de 1510 kg (Burnham, Wang e Wu, 2006).

Deste modo chegou-se à lista final de componentes a analisar, como pode ser observado nas tabelas seguintes (Tabela 4, Tabela 5, Tabela 6 e Tabela 7). Devido a uma maior facilidade na nomenclatura e posterior pesquisa foi usada a língua inglesa para nomear os componentes.

Tabela 4 - Componentes do Serviço Base

Componentes	Significado
Body-in-White	Estrutura primária do veículo, geralmente uma peça única ao qual outros componentes principais estão conectados
Body Panels	Painéis como capot, tecto, portas, etc.
Bumpers	Pára-choques dianteiro e traseiro, barras de impacto e peças necessárias para montagem
Body Hardware	Componentes diversos do corpo
Glass	Pára-brisas dianteiro, traseiro e janelas das portas
Restraint System	Estrutura e calhas dos bancos
Body Sealers/Deadeners/Fasteners	Isolamentos e parafusos
Door Module	Isolamento da porta, conjunto de acabamentos, puxadores, grelhas das colunas
Instrument Panel Module	Estrutura, suportes, superfícies externas, peças de armazenamento, painel do porta-luvas, exterior e tampa
Engine Unit	Bloco, cabeças dos cilindros, injeção de combustível, sistema de ignição, sistema de refrigeração do motor, alternador, bombas e sistema de lubrificação
Engine Fuel Storage System	Depósito de combustível, tubagens, blindagem e isolamento do tanque
Powertrain Thermal System	Radiador, bomba de água e ventoinha
Exhaust System Except Catalytic	Tubos de escape, silenciador e blindagens térmicas
Powertrain Electric System	Cabos, sensores, interruptores e processadores de controlo
Transmission Unit	Caixa de velocidades, conversos de torque e controlos
Cradle	Conjunto da estrutura que suporta a montagem do motor
Driveshaft	Eixo dianteiro, eixo traseiro, eixo propulsor (conecta a caixa de velocidades a um diferencial) e semieixo (conecta as rodas a um diferencial)

Differential	Conjunto de engrenagens que transmite energia do eixo de transmissão e permite que cada uma das rodas motrizes gire em velocidades diferentes, fornecendo às mesma uma quantidade igual de torque
Corner Suspension	Braços superiores e inferiores, juntas, molas, amortecedores, eixo estabilizador e articulação da direcção
Braking System	Discos, pastilhas, rolamentos, pinças e protecções contra respingos
Wheels	Jantes
Tires	Pneus
Steering System	Volante, coluna de direcção, juntas e articulações
Chassis Electrical System	Buzina, cabos, interruptores, sensores e processadores
Battery	Bateria

Tabela 5 - Componentes do Serviço do Controlo de Emissões

Componentes	Significado
PCV Valve	Válvula controladora dos gases que saem do cárter
EGR Valve	Válvula de recirculação dos gases do motor
Emission Control Electronics	Sensores, processadores e equipamentos de feedback das emissões do motor
Catalytic Converter	Catalisador e peças de montagem
Diesel Particulate Filter	Filtro de partículas

Tabela 6 - Componentes do Serviço da Segurança

Componentes	Significado
ABS	Módulo, sensores, electrónica e bomba
Brake Force Distribution	Sensores, módulos da força de travagem e unidade de controlo e cabos
Brake Assist	Sensores, interruptores, unidade hidráulica e bomba de retorno e cabos
Emergency Brake Assist	Sensores conectados ao modulo do Brake Assist e cabos (percebe situações de emergência e aplica uma força superior à aplicada pelo condutor)
Collision Avoidance System	Sensores e cabos de ligação ao modulo do Brake Assist (aqui a

	travagem é feita automaticamente, sem input do condutor)
Stability Control	Sensores de velocidade, ângulo de viragem, velocidade rotacional e cabos
Traction Control	Sensores de velocidade, modulo e cabos
Locking Differential	Engrenagens e sensores (mecanismo que caso seja necessário mantém ambas as rodas no mesmo eixo forçando-as a girar em uníssono independentemente da tração existente)
Airbag Driver	Airbag, sensores e material de montagem
Passenger Airbag	Airbag, sensores e material de montagem
Side Airbags	Airbag, sensores e material de montagem
Head/Curtain Airbags	Airbag, sensores e material de montagem
Hill Assist	Sensores, cabos e outros
Lane Assist	Sensores, cabos e outros
Blind Spot Assist	Sensores, luzes, cabos e outros
Fatigue Sensor	Módulo, geralmente ECU do automóvel (analisa o comportamento do condutor e alerta caso exista uma mudança no mesmo)
Tire Pressure Sensor	Sensores, cabos e outros
City Safety System	Sensores e cabos de ligação ao modulo do Brake Assist (travagem feita automaticamente, sem input do condutor, para baixas velocidades)
Night Vision Recognition	Câmara termográfica, cabos, visor e outros
High Beam Assist	Sensores, cabos e outros (mecanismo que em condições noturnas reconhece automaticamente veículos e ajusta a intensidade dos faróis)
Traffic Sign Recognition	Sensores, cabos e outros
Collision Warning System	Sensores, cabos e outros
Self -levelling Suspension	Sensores, sistema hidráulico e outros
Safety Belts	Cintos de segurança, tensores, cliques e sistema de montagem
Headrests	Encostos de cabeça
BIW Safety	Reforços estruturais
Exterior Lighting	Faróis (médios, máximos, piscas, luz de travagem e marcha-atrás)

Tabela 7 - Componentes do Serviço do Conforto

Componentes	Significado
Seating	Bancos (interior, estofos)
Paint	Vernizes, e-coat, camada base e final
Trim and insulation	Cobertura do travão de mão, cinzeiros, suportes para copos, painéis de interruptores, ganchos para casacos, armazenamento, palas de sol e tapetes
Interior electronics	Cabos e controlos para luzes interiores e instrumentos
Exterior trim	Placas com nome do modelo, cobertura dos pára-choques, defletores de ar e cobertura dos retrovisores
Heating, ventilation, ac	Sistemas de escoamento de ar, aquecimento e ar-condicionado (condensador, ventoinha, controlos e tubagens)
Central Locking	Módulo, interruptores, cabos e outros
Keyless entry/start	Comando, recetor, cabos e outros
Start button	Botão, cabos e outros
Control circuit	Cabos e outros
Electric windows	Interruptores, cabos, elevadores e outros
Power steering	Sistema geral, bomba hidráulica, cremalheira, pinhão, acoplador e tubagens
Cruise control	Módulo, actuador, interruptor, sensor de velocidade, luzes indicadoras e outros
Dual-zone climate control	Botões de ajuste, cabos e outros
Parking sensors	Sensores, cabos e outros
Reverse camera	Câmara, cabos e outros
Parking lot	Sensores, cabos e outros
Electric parking brake	Actuador, módulo de travagem, cabos e interruptor
Start/stop system	Starter, alternador, unidade de controlo, conversor, sensores e cabos
Seat height adjustment	Peças de ajuste, estrutura e sistema de montagem
Lumbar support	Material do encosto
Electric seat adjustment	Interruptores, cabos e outros
Ventilated seats	Estrutura, tubagens, cabos e outros
Sport seats	Bancos (interior, estofos)
Leather steering wheel	Pele do volante
Adjustable steering wheel	Peças e calhas para ajuste e outros
Heated steering wheel	Interruptores, cabos e outros
Leather seats	Pele dos bancos
Folding rear seats	Peças de ajuste, estrutura e sistema de montagem

Sliding rear seat	Calhas e outros
Central armrest	Apoio, sistema de montagem e estrutura
Auto dimming rear view mirror	Sensores, cabos e outros
Reading lights	Lâmpadas, interruptores e cabos
Makeup mirror with light	Espelho, lâmpada, sensor e cabos
Adjustable dashboard lights	Interruptores de ajuste, cabos e outros
Tachometer	Sensores, cabos e outros
Trip-odometer	Sensores, cabos e outros
Water temperature	Sensores, cabos e outros
Outdoor temperature	Sensores, cabos e outros
Onboard computer	Visor, unidade electrónica, controlos, cabos e outros
Audio system	Colunas, subwoofer, módulo e cabos
Digital radio	Rádio
Steering wheel controls radio	Botões, interruptores e cabos
Audio input	Entradas de áudio, cabos e outros
Navigation system	Visor, controlos, cabos e outros
Bluetooth	Peça de frequência rádio, cabos e outros
Intermittent wipers	Sensores, cabos e outros
Alloy wheels	Jantes (costumar reduzir massa)
Sliding/tilting roof	Vidro, estrutura e sistema de montagem
Panoramic roof	Vidro, estrutura e sistema de montagem
Roof rails	Barras e sistema de montagem
Metallic paint	Tinta metálica
Color keyed bumpers	Tinta
Tinted glass	Películas
Rear privacy glass	Vidro, estrutura de suporte e montagem
Electric mirrors	Interruptores de ajuste, cabos e outros
Folding Exterior Mirrors	Eixo e outros
Automatic Dimming Mirrors	Sensores, cabos e outros
Turn Signal in Mirrors	Lâmpadas, cabos e outros
Front Fog Lights	Faróis de nevoeiro, cabos e outros
Automatic Headlights	Sensores, interruptores e outros
Xenon Headlights	Lâmpadas
Led Headlight	Lâmpadas
Led Rear Headlight	Lâmpadas
Parking Lights	Faróis, cabos e outros
Burglar Alarm	Alarme, sensor, unidade de controlo e cabos

Para os 23 veículos o procedimento foi:

1. Pesquisar a massa exacta do maior número de componentes possível, dando uma maior ênfase na pesquisa de componentes cuja massa mais varia de carro para carro.
2. Complementar valores em falta com média ou estimativa ponderada através dos valores conhecidos na literatura e/ou dos dados do modelo de análise de ciclo de vida automóvel.
3. Verificação da validade da pesquisa através da comparação da massa final com a massa disponível publicamente atribuída ao veículo.

De modo a avaliar o quão representativos são os resultados da análise mássica, foi ainda feita uma estimativa do erro médio da massa da frota automóvel resultante desta mesma análise, em relação aos valores divulgados pela UE nos seus documentos oficiais (ICCT, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018).

Ao considerar que a massa de cada veículo típico de um segmento representa a massa do segmento, a massa média da frota automóvel foi calculada da seguinte forma:

$$\sum_{i=1}^{n,m} ni \times mi = \text{Massa média da frota automóvel}$$

Sendo i cada segmento, n a quota de mercado e m a massa.

Para maior facilidade na posterior análise de resultados, e de modo a obter uma melhor organização dos dados, foram ainda definidos grupos de componentes dentro de cada serviço, o que pode ser observado na Tabela 8. O cálculo da massa média de cada componente e grupo de componentes foi executado através do mesmo cálculo que a massa média da frota automóvel.

Tabela 8 - Grupos de Componentes nos Serviços

Serviço	Grupos
Base	Body, Interior, Powertrain, Chassis e Bateria
Conforto	Climatização, Som, Interiores, Exteriores, Ajudas de Condução, Ergonomia, Sensores e outros
Segurança	Estrutural, Retenção, Airbags, Sistemas Activos
Controlo de Emissões	Electrónica e Equipamento de Feedback e Catalisador, Válvulas e Filtro de Partículas

A tomada de decisões acerca destes grupos, e quais os componentes que pertencem a cada um deles, foi, por vezes, ambígua devido à possibilidade de alguns poderem ser incluídos em mais do que um grupo. Nas tabelas seguintes (Tabela 9, Tabela 10, Tabela 11, Tabela 12) são explicitados os componentes afectos a cada grupo.

Tabela 9 - Componentes Afectos a cada Grupo no Serviço Base

Grupos	Componentes
Body	Body-in-white, Body Panels, Bumpers, Body Hardware, Glass, Body Sealers/Deadeners/Fasteners e Door Module
Interior	Restraint System e Instrument Panel Module
Powertrain	Engine Unit, Engine Fuel Storage System, Powertrain Thermal System, Exhaust System Except Catalytic, Powertrain Electric System e Transmission Unit
Chassis	Cradle, Driveshaft, Differential, Corner Suspension, Braking System, Wheels, Tires, Steering System e Chassis Electrical System
Bateria	Battery

Tabela 10 - Componentes Afectos a cada Grupo no Controlo de Emissões

Grupos	Componentes
Electrónica e Equipamento de Feedback	Emission Control Electronics
Catalisador, Válvulas e Filtro de Partículas	PCV Valve, EGR Valve, Catalytic Converter e Diesel Particulate Filter

Tabela 11 - Componentes Afectos a cada Grupo no Conforto

Grupos	Componentes
Climatização	Heating, Ventilation, AC, Dual-zone Climate Control, Ventilated Seats e Heated Steering Wheel
Som	Audio System, Digital Radio, Audio Input e Steering Wheel Controls Radio
Interiores	Trim and Insulation, Sport Seats, Leather Seats, Folding Rear Seats, Sliding Rear Seat, Reading Lights, Makeup Mirror with Light, Adjustable Dashboard Lights, Sliding/Tilting Roof, Panoramic Roof and Rear Privacy Glass
Exteriores	Paint, Exterior Trim, Parking Lot, Intermittent Wipers, Alloy Wheels, Metallic Paint, Tinted Glass, Color

	Keyed Bumpers, Turn Signal in Mirrors, Front Fog Lights, Xenon Headlights, Led Headlight, Led Rear Headlight, Parking Lights, Burglar Alarm, Roof Rails e Folding Exterior Mirrors
Ajudas de Condução	Electric Windows, Power Steering, Cruise Control, Parking Sensors, Reverse Camera, Electric Seat Adjustment, Onboard Computer, Navigation System, Electric Mirrors, Auto Dimming Exterior Mirrors, Automatic Headlights e Auto Dimming Rear View Mirror
Ergonomia	Seating, Seat Height Adjustment, Lumbar Support, Leather Steering Wheel, Adjustable Steering Wheel, Central Armrest
Sensores e Outros	Interior Electronics, Central Locking, Keyless Entry/Start, Start Button, Control Circuit, Electric Parking Brake, Start/Stop System, Tachometer, Trip-odometer, Water Temperature, Outdoor Temperature e Bluetooth

Tabela 12 - Componentes Afectos a cada Grupo na Segurança

Grupos	Componentes
Estrutural	BIW Safety
Retenção	Safety Belts e Headrests
Airbags	Driver Airbag, Passenger Airbag, Side Airbags e Head/Curtain Airbags
Sistemas Activos	ABS, Brake Force Distribution, Brake Assist, Emergency Brake Assist, Collision Avoidance System, Stability Control, Traction Control, Hill Assist, Lane Assist, Blind Spot Assist e Fatigue Sensor

3.4. SUV's

O segmento dos SUV's, devido às suas particularidades, foi analisado de um modo diferente dos restantes. Geralmente os segmentos do mercado automóvel apresentam, cada um, veículos com características similares. Aliás os segmentos do mercado automóvel são isso mesmo, uma tentativa de agrupar veículos semelhantes numa classe. De facto, no segmento Small Medium, se observarmos as características dos principais veículos (Volkswagen Golf, Ford Focus, Seat Leon, Mazda 3, Kia Ceed, Mercedes Classe A, etc.) verifica-se que apesar de algumas diferenças os automóveis são análogos

(massa, dimensões, chassis, performance, motor, etc.), como podemos ver na Tabela 13. Temos ainda, por exemplo, casos como o do Toyota Aygo, Citroen C1 e Peugeot 107 que resultam de uma colaboração entre fabricantes automóveis (Carbuyer, [s.d.]). Como é de esperar, nestes segmentos, as características dos automóveis não estão significativamente longe das médias do mesmo.

Tabela 13 - Massa de Veículos Pertencentes ao Segmento Small Medium (Cars-Data, [s.d.])

Veículos	Massa (kg)
Volkswagen Golf VII	1354
Seat Leon III	1305
Mercedes A W176	1370
Ford Focus	1336
Kia Cee'd II	1375
Audi A3 8V	1295
Mazda 3 III	1295

No entanto o segmento dos SUV's não apresenta este comportamento. De facto, neste caso, existem diversos subsegmentos. Através do contacto estabelecido com a JATO (empresa global fornecedora de dados do mercado automóvel) foram fornecidos alguns dados e informações que permitiram tomar as decisões e obter respostas sobre como tratar este segmento. Segundo estes dados a divisão em subsegmentos verifica-se especialmente desde 2010, ano em que os SUV's começaram a expandir, em termos de oferta, com a introdução de vários modelos. Até então, salvo algumas exceções, os SUV's eram veículos grandes e pesados. Entre 2000 e 2009 os modelos mais icónicos foram o Land Rover Defender, Land Rover Range Rover, Land Rover Discovery, BMW X5, Volvo XC90, Volkswagen Touareg, etc. Alguns modelos de dimensões menores, como Honda CR-V, Honda HR-V e Suzuki Vitara também tiveram sucesso. No entanto, até 2009/2010, verificou-se a predominância dos modelos de grandes dimensões.

De 2010 em diante, adoptou-se a divisão em quatro sub-segmentos (Small, Compact, Mid-Size e Large) tal como verificado nos dados da JATO (JATO Dynamics Limited, [s.d.], [s.d.], [s.d.]). Outro sub-segmento geralmente considerado é o Crossover. No entanto, por estar dividido da mesma forma que os SUV's (Small Crossover, Compact Crossover, Mid-Size Crossover e Large Crossover), é prática usual para fins estatísticos não o considerar como um, mas sim reparti-lo pelos sub-segmentos restantes.

Assim o estudo executado nos SUV's foi dividido em dois períodos. O primeiro período entre 2001 e 2009 em que se considerou uma estabilidade no mercado e em que o segmento se comportava como um só. O segundo entre 2010 e 2017 em que se trataram os SUV's como um conjunto de quatro sub-segmentos: Small, Compact, Mid-Size e Large.

Para ambas as fases os veículos estudados foram os seguintes:

Tabela 14 - Veículos Estudados no Segmento dos SUV's

Anos	Small	Compact	Mid-Size	Large
2001-2009	---	Honda CR-V, Honda HR-V	---	BMW X5 E53, Land Rover Range Rover e Discovery
2010-2017	Dacia Duster	Nissan Qashqai I e II	Volvo XC60	BMW X5 E70 e F15

No primeiro período, entre 2001 e 2009, por falta de dados disponíveis, foi considerado que os veículos analisados representavam partes iguais em termos de quota de mercado, o que por sua vez fez com que estes anos carecessem de evolução. Isto é, entre 2001 e 2009 foi considerado que o mercado dos SUV's esteve estagnado o que está relativamente de acordo com os dados da UE (ICCT, 2018) onde é possível verificar que valores como a massa, cilindrada do motor e número de cilindros se mantêm relativamente estáveis.

No segundo período, entre 2011 e 2017, a abordagem foi diferente. Aqui, já com os dados da JATO (JATO Dynamics Limited, [s.d.], [s.d.], [s.d.]) foi possível dividir o segmento dos SUV's pelos sub-segmentos correspondentes e respectivas quotas de mercado, o que pode ser observado na Tabela 15. Com estes dados e com veículos correspondentes a cada sub-segmento (Tabela 14), foi possível estimar a massa média dos SUV's neste intervalo temporal.

Tabela 15 - Percentagem de Quota de Mercado dos Sub-segmentos dos SUV's (JATO Dynamics Limited, [s.d.], [s.d.], [s.d.])

Ano	Small	Compact	Mid-Size	Large
2010	16,84	41,05	10,53	31,58
2011	19,09	37,27	10,91	32,73
2012	16,43	34,29	9,29	40,00
2013	21,21	30,30	7,27	41,21
2014	26,67	29,23	7,18	36,92
2015	34,29	29,05	8,57	28,10
2016	34,40	31,20	9,60	24,80
2017	35,71	31,07	9,64	23,57

De modo análogo à massa média do parque automóvel, o cálculo utilizado para este segmento foi:

$$\sum_{j=1}^{n,m} nj \times mj = \text{Massa média do segmento dos SUV'S}$$

Sendo j cada sub-segmento, n a quota de mercado e m a massa.

Em relação às restantes questões, a análise executada a este segmento, seguiu o mesmo tipo de trabalho que se realizou nos segmentos convencionais. Foi usada a mesma lista de componentes, o mesmo método tanto para efectuar a análise mássica como para a recolha de dados e ainda os mesmos indicadores característicos da segurança, controlo de emissões e performance.

4. Resultados e Discussão

Neste capítulo são apresentados os resultados da pesquisa e recolha de dados executada ao longo deste trabalho bem como uma análise dos mesmos. Inicialmente será analisado o serviço do transporte, de seguida serão estudados os serviços aos quais se fez a análise mássica (base, conforto, controlo de emissões e segurança). Finalmente será analisada a evolução dos vários indicadores da performance.

4.1. Análise do Serviço Transporte

Como podemos observar na Figura 20, a massa média do parque automóvel europeu de veículos registados em cada ano tem a tendência de aumentar desde 2001. Se em 2001 a massa média era 1286 kg, em 2017 passou a ser 1366 kg, ou seja, verificou-se um aumento de cerca de 6%. Se não tivesse havido desenvolvimento tecnológico, o consumo médio teria aumentado 0,31 l/100km dada a estimativa de que a cada 100 kg corresponde um aumento de consumo de 0,39 l/100km. Com os registos anuais de veículos situado nos 15.2 milhões (ICCT, 2018) e a distância média percorrida em cerca de 12000 km (ODYSSEE-MURE, [s.d.]), verifica-se que este aumento de 80 kg corresponderia a um consumo extra de cerca de $20,15 \times 10^6$ GJ de energia e a emissões extra de $1,48 \times 10^9$ kg de dióxido de carbono anualmente num cenário de estagnação tecnológica. Numa época em que o impacto ambiental é tão discutido, este aumento no consumo de energia e emissões de gases poluentes é, sem dúvida, muito significativo. Tendo em consideração o limite de emissões de dióxido de carbono para 2020/2021, 95 g/km, e o valor registado em 2017, 115 g/km (119 g/km nos dados oficiais da UE), fica claro de que ainda existe um longo caminho a percorrer por parte das construtoras automóveis de modo a cumprirem a legislação num futuro próximo dificultado pela tendência de aumento de massa.

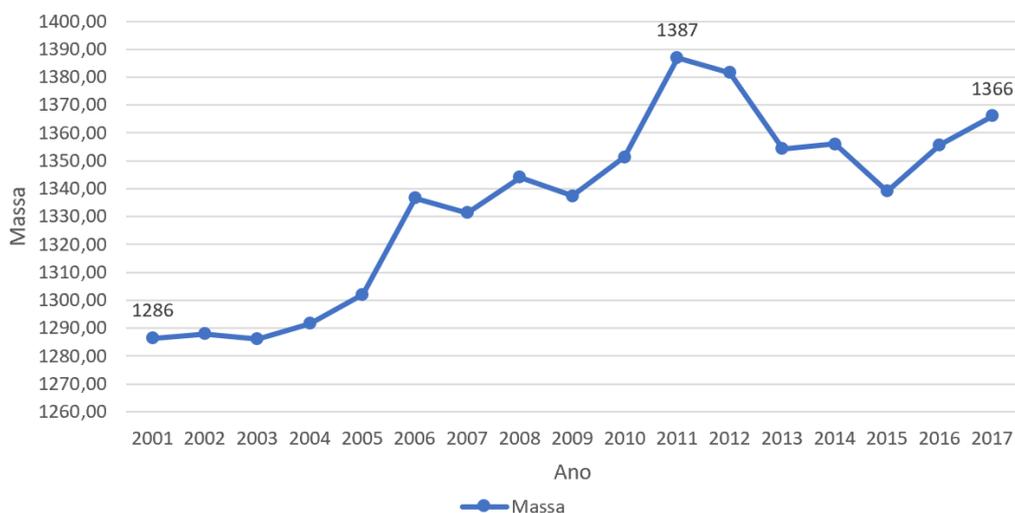


Figura 20 - Evolução da Massa em kg dos Automóveis Registados na UE

No entanto, 2017 não é o ano onde a massa é mais elevada. De facto, em 2011 regista-se um valor de 1387 kg, 7% superior ao de 2001, e 1,5% superior ao de 2017. Este pico em 2011, e posterior redução de massa, pode ser justificado pelo facto de em 2009 a UE ter chegado a acordo em relação aos limites de emissões de dióxido de carbono por km entre 2015 e 2030. Eventualmente, em 2009, os construtores automóveis pressionadas pela legislação começaram a procurar formas de reduzir os valores das emissões dos seus veículos. Para atingir este objectivo a redução de massa é um dos factores relevantes; no entanto, existem outros factores tais como o design, a potência e o desenvolvimento tecnológico que também são importantes. Em 2011 essas alterações começaram a ser sentidas no mercado e em apenas 4 anos, até 2015, verificou-se uma queda na massa superior a 40 kg. Entretanto, no ano 2013, o limite de emissões imposto para 2015 já tinha sido cumprido a nível europeu. Contudo, o trajecto mais recente evidencia novamente um aumento de massa: em 2017 a massa esteve a cerca de 20 kg de atingir os valores máximos de 2011.

Como podemos ver na Figura 21, na EU, apesar do constante aumento de massa, que no intervalo temporal da análise foi 80 kg, o consumo diminui significativamente ano após ano totalizando um decréscimo de 32%.

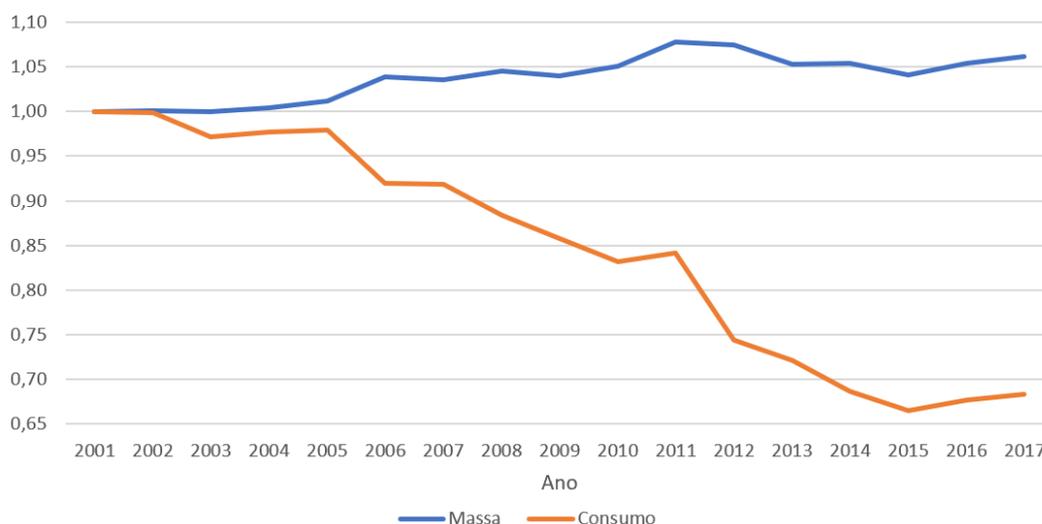


Figura 21 - Evolução Massa vs. Consumo de Energia dos Automóveis Registados na UE

Observando mais atentamente e segmentando o gráfico em dois períodos, de 2001 a 2011 onde a massa apenas aumentou, e de 2012 a 2015 onde decresceu, podemos tirar conclusões adicionais. No primeiro período, verifica-se uma redução de cerca de 15% no consumo. Já no segundo período, onde se dá também um decréscimo na massa, a redução é de quase 20% em relação a 2011.

Esta diferença de comportamento entre os dois períodos indica que realmente quando a massa é reduzida tem como consequência uma redução de consumo. No entanto, clarifica também que o principal motivo para esta redução foi o desenvolvimento tecnológico nos motores de combustão. A queda mais abrupta nos consumos, depois de 2011, acontece após a definição de valores limites de emissões dos automóveis e o início da crise de dívida pública europeia (Lane, 2012). Após estes acontecimentos, os fabricantes automóveis implementam uma política ainda mais forte de redução de

consumos. Esta política estava de acordo com a procura dos consumidores na época, devido aos custos associados à energia, e ainda com o objectivo da diminuição das emissões.

Ajustando os valores da estimativa feita anteriormente sobre o impacto do aumento de 80 kg na massa do parque automóvel europeu no consumo de energia e emissões anual, e já considerando este desenvolvimento tecnológico, chegamos a um consumo de cerca de $16,15 \times 10^6 GJ$ de energia e a emissões de $1,24 \times 10^9 kg$ de dióxido de carbono. Estes valores são cerca de 20% inferiores aos estimados anteriormente.

Naturalmente, e acompanhando este acréscimo de massa, o volume dos veículos também sofreu um aumento desde 2001, como pode ser observado na Figura 22. Com estes aumentos, tanto na massa como no volume, os impactes ambientais no ciclo de vida do veículo são também mais elevados. Automóveis 6% mais pesados e 12% mais volumosos necessitam de uma maior quantidade de matéria prima e energia na sua produção e em todas as fases do seu ciclo de vida.



Figura 22 - Evolução da Massa vs. Volume dos Automóveis Registados na UE

Os resultados obtidos para a evolução da massa estão de acordo com os dados da UE, onde uma subida significativa foi também verificada, neste caso, cerca de 9%. Nos Pocketbook's da UE (ICCT, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018) o aumento é de 1268 kg para 1395 kg. Esta correlação de resultados pode ser comprovada na Tabela 16.

Em relação ao mercado norte americano (Zoepf, 2011), as diferenças entre as massas no intervalo temporal são menores. Em 2001 a massa média do veículo americano era 1540 kg e em 2010 era 1590 kg. Ao contrário da UE, onde se verificou uma subida de 7% neste período, nos EUA o aumento foi de apenas 3%. Uma das razões que pode explicar esta diferença é que historicamente os EUA têm uma quota de mercado de SUV's bastante elevada em comparação à UE. No entanto, desde 2001 em que os SUV's representavam apenas 2% nas vendas de automóveis no mercado europeu, verificou-se um

aumento bastante considerável até os 9% em 2010 e 28% em 2017. Com esta transição na quota de mercado deste segmento de veículos tipicamente mais pesados, é normal que o aumento de massa registado na UE seja superior ao verificado nos EUA. É possível dizer que existiu uma mudança na tendência de consumo europeia e que esta alteração a aproximou da realidade americana.

Tabela 16 - Erro em % entre a Massa nos Documentos da UE e a Massa Obtida no Presente Trabalho

Ano	Erro Relativo	Ano	Erro Relativo
2001	1,45	2010	1,51
2002	0,07	2011	0,44
2003	1,29	2012	1,32
2004	2,89	2013	2,58
2005	2,83	2014	2,45
2006	2,08	2015	3,32
2007	3,31	2016	2,61
2008	2,25	2017	2,08
2009	0,71	--	--

Devido à dicotomia entre os SUV's e os restantes segmentos pareceu adequado estudar as diferenças entre a evolução da massa nestes dois conjuntos separadamente, com o objectivo de uma melhor caracterização do transporte.

Observando a Figura 23, é visível a redução da massa tanto nos SUV's como nos restantes segmentos. No entanto, a massa no mercado total aumenta. Isto ajuda a comprovar o que foi dito anteriormente, apesar de um maior desenvolvimento tecnológico nos motores, também existiu uma aposta na área da redução de massa. Esta redução é obtida através do uso de materiais mais leves e/ou simplesmente remoção/diminuição de componentes, sendo uma realidade verificada na totalidade dos segmentos do mercado.

O decréscimo é ainda mais significativo nos SUV's do que nos restantes, também pelo facto destes se estarem a expandir para veículos tipicamente de menores dimensões em relação ao que se verificava anteriormente. Como mencionado no capítulo 3, os SUV's são o segmento do mercado automóvel com maior evolução nos últimos anos. Esta evolução verifica-se tanto ao nível das escolhas dos consumidores, pois os SUV's são os veículos mais associados com segurança e conforto sendo estes dois dos factores principais na aquisição de um veículo, mas também da diversidade de modelos oferecida pelos fabricantes, factores estes que evoluem em conjunto.

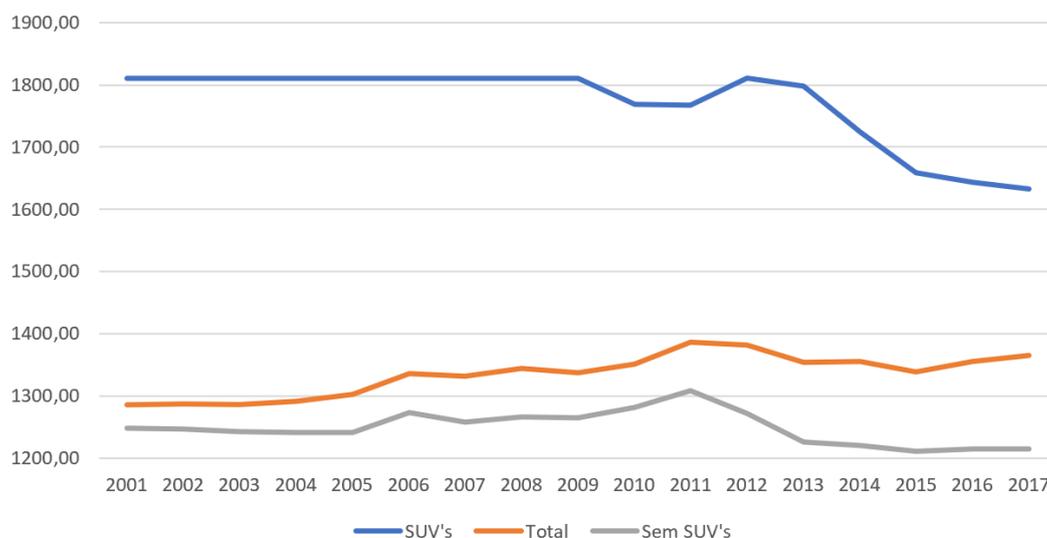


Figura 23 - Evolução da Massa Total vs. Sem SUV's vs. SUV'S em kg dos Automóveis Registados na UE

Como se explica então o aumento da massa na UE se todos os segmentos sofreram uma redução da mesma? Em 2001 a percentagem de SUV's vendidos na UE era 2%, em 2017 era 28% e, actualmente, já ultrapassou os 30% (em 2018 a quota de mercado de automóveis registados foi 34% (JATO, [s.d.])). Isto é, apesar de todos os segmentos reduzirem a massa, cada vez mais os consumidores optam por veículos de massa mais elevada. Naturalmente o resultado é uma massa média maior nos automóveis registados em 2017 do que a verificada em 2001.

Com o intuito de perceber o impacto desta mudança no tipo de veículos adquiridos pelos consumidores, considerando uma estagnação das quotas de mercado ao nível de 2001 e o desenvolvimento tecnológico existente desde essa data, estima-se para o ano de 2017 um valor de emissões de 101 gCO₂/km, em vez de 115 gCO₂/km e uma massa de 1280 kg, em vez de 1366 kg. Esta estimativa evidencia que, mesmo impondo uma alteração no tipo de consumo, os limites de emissões de 2020/2021 não iriam ser cumpridos. Contudo, é uma redução significativa, cerca de 12%, que colocava as construtoras automóveis relativamente perto de atingir os valores estabelecidos para o futuro próximo, 95 gCO₂/km e colocava também a massa num valor inferior ao registado em 2001.

Contrariamente ao que foi visto anteriormente, a relação dos volumes entre estes dois grupos não segue a tendência evidenciada na massa. Nos SUV's existe uma redução de volume que acompanha o decréscimo da massa fomentado pela recente diversidade acrescentada ao segmento. Já nos restantes segmentos, apesar de uma redução de 2% da massa entre 2001 e 2017, o volume sofre um aumento de 4% (Figura 24).

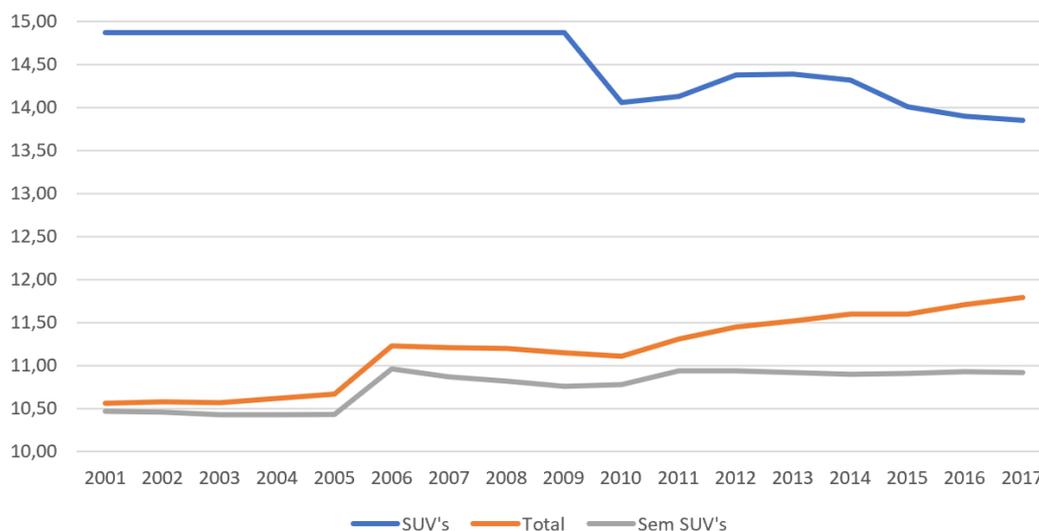


Figura 24 - Evolução do Volume Total vs. SUV's vs. Sem SUV's em m³ dos Automóveis Registados na UE

Esta tendência de maiores volumes nos segmentos além dos SUV's é observável ao longo dos anos através da evolução de vários modelos no mercado, como por exemplo o VW Golf e Polo. Estes modelos, no início dos anos 2000, transitaram para segmentos maiores, de Small para Lower Medium e de Mini para Small respectivamente. Naturalmente, um acréscimo de volume em todos os segmentos e uma mudança de hábitos para veículos tipicamente maiores, mesmo que os maiores tenham diminuído o seu volume, tem como consequência o aumento do volume médio do veículo registado na UE.

4.2. Análise dos Serviços

A análise mássica dos serviços evidencia três tendências principais. O conforto sofre um aumento considerável na massa absoluta e relativa. O serviço base diminui a massa relativa e aumenta ligeiramente a massa absoluta. Os restantes serviços tendem a aumentar a massa absoluta e a manter a massa relativa (Figura 25, Figura 26).

A massa do carro base, entre 2001 e 2017, sofre um aumento de 13,9 kg, cerca de 1,4%, mas a massa relativa desce de 77,1% para 73,6%. Esta diferença de 13,9 kg, considerando a massa total do serviço base que ronda os 1000 kg, pode ser considerada como insignificante. É curioso observar que as principais funções do veículo, asseguradas por este serviço, contribuíram apenas com 17,5% do aumento verificado na massa média de automóveis registados na UE.

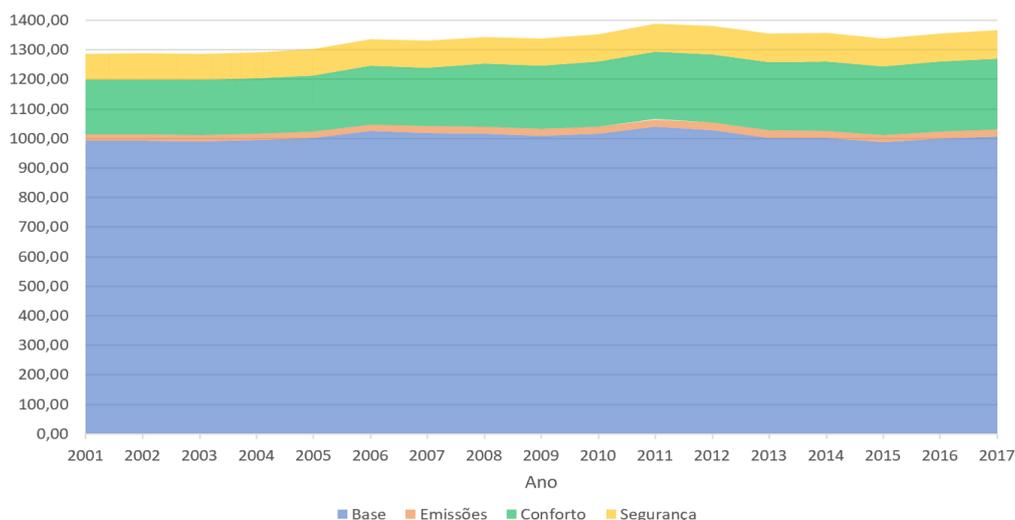


Figura 25 - Massa Absoluta em kg dos Serviços dos Automóveis Registrados na UE

A maior alteração verifica-se no conforto. Este serviço, entre 2001 e 2017, sofre um aumento de 185 kg para 240,3 kg, ou seja, uma subida de 29,9%. Estes valores correspondem a uma subida da massa, em relação à massa total do veículo, de 14,4% para 17,6%. É ainda responsável por 68,8% do incremento de 80 kg verificado na massa média de automóveis registados na UE. Esta tendência no conforto é justificada por uma maior procura dos consumidores em aspectos relacionados com este serviço, principalmente acessórios suplementares (navegadores de bordo, ecrãs, sistemas de som, automatismos, etc.), barulho e vibrações reduzidas, maior conforto térmico e um maior espaço no interior do veículo, o que também pode ser justificado pelo aumento da quota de mercado dos SUV's. Estes veículos, através das campanhas de marketing das construtoras automóveis, são os mais identificados como possuidores das características mencionadas anteriormente (Transport & Environment, [s.d.]).

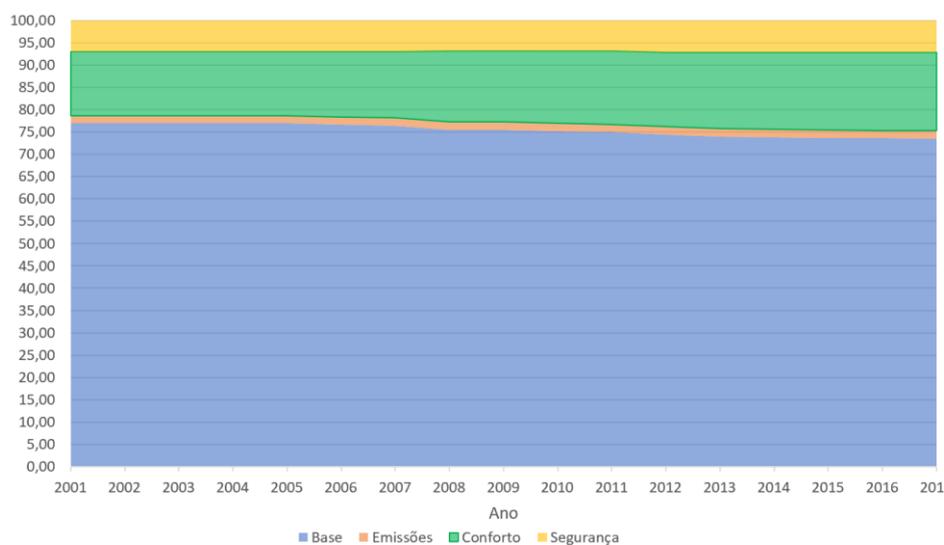


Figura 26 - Massa em % Associada a cada Serviço dos Automóveis Registrados na UE

Em relação à segurança e ao controlo de emissões, ambos sofrem alterações insignificantes em massa relativa, de 6,87% a 7,06% e de 1,68% a 1,75% respectivamente. Contudo, os valores de massa absoluta sofrem um aumento. A segurança de 88,4 kg para 96,5 kg, um acréscimo de 9,2% e o controlo de emissões de 21,6 kg para 23,9 kg, um aumento de 10,6%. Estes acréscimos nos dois serviços, em relação ao aumento de 80 kg verificado na massa média de automóveis registados na UE, tem um impacto de 10% para a segurança e 3,7% para o controlo de emissões. De acordo com o aumento de massa absoluta, ambos os serviços melhoraram a sua qualidade objectivamente, como pode ser observado na Tabela 17.

Tabela 17 - Indicadores da Segurança, do Controlo de Emissões e Erro em % das Emissões em Relação às Publicadas pela UE (Cars-Data, [s.d.]; Euro NCAP, [s.d.]; ICCT, 2018)

Ano	Euro NCAP	Emissões (g/km)	Erro Emissões
2001	3,75	165	2,58
2003	3,99	150	9,05
2005	4,83	152	6,38
2007	4,80	148	7,05
2009	4,74	137	6,31
2011	4,86	130	4,57
2013	4,82	121	4,70
2015	4,76	112	6,07
2017	4,71	115	3,36

Na avaliação de zero a cinco estrelas dos testes Euro NCAP regista-se um aumento de, aproximadamente, uma estrela. Esta melhoria na avaliação Euro NCAP é ainda mais significativa se tivermos em consideração que os testes actualmente são mais exigentes do que em 2001. Nas emissões verifica-se, também, uma diminuição de 50 gCO₂/km. Esta diminuição de 30%, apesar de significativa e positiva, ainda não permite um relaxamento por partes dos fabricantes automóveis tendo em vista a legislação para 2020/2021. A procura dos utilizadores pela segurança, os objectivos da UE para a sinistralidade rodoviária e o aperto legislativo verificado nas emissões, em que 2015 foi o primeiro ano com um limite de emissões imposto pela UE, podem ser consideradas as razões principais para as alterações positivas verificadas na qualidade destes serviços.

Em comparação com o mercado norte americano, e entre 2001 e 2010, verificam-se tendências semelhantes (Zoepf, 2011). Serviços como a segurança, controlo de emissões e base são caracterizados por variações percentuais pequenas em relação à massa total do automóvel, situadas entre 1% e 2%. O serviço onde de facto se verifica uma diferença significativa, é o serviço do conforto

com um aumento de 14% (no mercado europeu o aumento nestas datas foi 17%). Este aumento de maior intensidade na UE pode ter vários motivos. No final dos anos 90, nos EUA, os aparelhos de ar-condicionado estavam quase totalmente estabelecidos, enquanto que na UE isso não acontecia. Este componente constitui uma porção relevante da massa do serviço do conforto. Outro factor importante é que, desde de 2001, a tendência verificada no mercado europeu de aumento de SUV's nas estradas aproxima o tipo de automóveis nos dois mercados, visto que historicamente os EUA se caracterizaram por automóveis de maiores dimensões e mais pesados. Estes veículos têm tipicamente um maior número de componentes, instrumentos e/ou tecnologias relacionadas com o serviço do conforto e da segurança.

Mais uma vez, pareceu adequado analisar as diferenças entre os SUV's e os restantes segmentos. Como podemos perceber ao observar a Tabela 18 existem algumas diferenças entre os dois grupos.

Tabela 18 - Evolução em kg e % da Massa dos Serviços nos SUV's vs. sem SUV's

Ano	Base	Emissões	Conforto	Segurança	Base SUV's	Emissões SUV's	Conforto SUV's	Segurança SUV's
2001	963,06 (77,13)	20,91 (1,67)	179,09 (14,34)	85,54 (6,85)	1358,74 (75,05)	32,92 (1,82)	280,96 (15,52)	137,77 (7,61)
2009	958,25 (75,75)	22,73 (1,80)	199,47 (15,77)	84,51 (6,68)	1358,74 (75,05)	32,92 (1,78)	280,96 (16,93)	137,77 (7,61)
2011	985,71 (75,32)	23,37 (1,79)	211,27 (16,14)	88,43 (6,76)	1291,62 (73,10)	30,60 (1,73)	315,69 (17,87)	128,96 (7,30)
2013	911,33 (74,30)	21,81 (1,78)	207,48 (16,91)	85,97 (7,01)	1316,22 (73,22)	31,18 (1,73)	318,59 (17,72)	131,56 (7,32)
2015	898,54 (74,22)	21,47 (1,77)	206,11 (17,02)	84,83 (7,01)	1203,17 (72,54)	28,34 (1,72)	306,96 (18,51)	120,14 (7,24)
2017	901,58 (74,20)	21,55 (1,77)	207,02 (17,04)	84,88 (6,99)	1184,39 (72,52)	27,86 (1,71)	303,37 (18,58)	117,50 (7,20)

Em ambos os casos o serviço base sofre uma redução em massa absoluta e em massa percentual. A evolução deste serviço verificado no mercado dos SUV's não permite retirar ilações sobre o desenvolvimento tecnológico em relação à redução de massa. Como já vimos anteriormente, o principal motivo para este decréscimo de 174 kg é o alargamento da oferta para veículos mais pequenos. No entanto, nos restantes segmentos, onde o mercado tem um nível de estagnação elevado, é possível associar a redução de 61 kg ao uso de materiais mais leves e remoção/diminuição de componentes. É de realçar também que os restantes segmentos têm uma percentagem maior de massa afectada ao serviço base e que o seu decréscimo é 0,5% superior ao verificado nos SUV's.

Percentualmente, e em ambos os casos, a redução no serviço base é compensada pelo aumento no serviço do conforto. Os SUV's, em relação aos restantes segmentos, caracterizam-se por uma maior massa percentual e absoluta de componentes afectos ao conforto, o que comprova a ideia de que são

automóveis mais focados neste serviço. Desde 2001, o aumento da electrónica e tecnologias presentes nos veículos traduziu-se no acréscimo de 22 kg nos SUV's e de 28 kg nos restantes segmentos.

Em relação aos restantes serviços, tanto as emissões como a segurança apresentam valores relativamente estáveis percentualmente. Já em massa absoluta, os SUV's apresentam diferenças significativas, tanto o controlo de emissões como a segurança reduzem a sua massa, 5 kg e 20 kg respectivamente, enquanto que a variação verificada nos restantes segmentos é inferior a 1 kg. Tal como é transmitido pelas construtoras automóveis, ao associarem os SUV's a segurança e conforto, estes têm a massa percentual e absoluta relacionada com a segurança mais elevada que os restantes, apesar de percentualmente a diferença ser pequena. Curiosamente, apesar desta massa mais elevada afecta ao serviço da segurança, as classificações Euro NCAP desde a revolução iniciada em 2009/2010 no mercado dos SUV's evidenciam o contrário (Tabela 19). Um dos pontos mais negativos e que pode ser um dos motivos para estes valores é a sua tendência para o capotamento em virtude de um centro de gravidade mais elevado. Esta probabilidade em alguns estudos chega a ser o dobro em relação aos restantes segmentos (NTHSA, [2011]).

Tabela 19 - Evolução da Classificação Euro NCAP dos SUV's vs. sem SUV's

Ano	Euro NCAP Sem SUV's	Euro NCAP SUV's
2010	4,77	4,66
2011	4,89	4,62
2012	4,88	4,67
2013	4,87	4,58
2014	4,88	4,47
2015	4,89	4,31
2016	4,89	4,31
2017	4,88	4,29

Os grupos de componentes de cada serviço permitem uma análise mais profunda da evolução dos veículos. Naturalmente, devido ao aumento de massa média dos automóveis, a maior parte destes grupos aumentou a sua massa. Contudo, serão explicitadas outras razões que possam explicar este fenómeno.

Ao analisar o serviço base de todos os segmentos mais pormenorizadamente (Tabela 20), é de notar o impacto que o aumento de 80 kg na massa total média dos veículos tem nos grupos de componentes estruturais do automóvel. Tanto o Body como o Chassis sofrem um aumento de 4 kg e 13 kg respectivamente. Isto é, do incremento de 80 kg, 17 kg são estrutura e suporte para os restantes 63

kg. Ainda em relação a estes dois grupos é curioso ambos terem o pico mais elevado antes da alteração de consumo para veículos mais pesados, o que de certa forma mostra também o esforço na redução de massa feito pelos fabricantes automóveis. Apesar de ter de propulsionar uma massa mais elevada, o Powertrain sofre uma redução de cerca de 7 kg, mais uma prova do desenvolvimento tecnológico nos motores, transmissões e outros constituintes deste grupo.

Tabela 20 - Massa em kg dos Grupos de Componentes do Serviço Base

Ano	Body	Interior	Powertrain	Chassis	Bateria
2001	352,68	37,16	336,13	253,23	15,89
2005	355,78	37,43	338,07	256,44	16,08
2009	353,02	39,36	328,34	275,10	16,12
2013	355,31	39,39	327,78	268,76	16,79
2017	356,53	39,43	328,99	266,75	17,29

A Bateria e o Interior evidenciam um comportamento semelhante ao aumentarem ambos entre 1 kg e 2 kg. Este aumento pode ser justificado pelo crescente uso de electrónica e tecnologia, o que faz com que o veículo necessite de um módulo de painel de instrumentos mais elaborado e ainda pela mudança no consumo para veículos mais pesados que necessitam de baterias maiores. Percentualmente as variações entre 2001 e 2017 não são significativas, como pode ser observado na Figura 27. As únicas variações existentes são um decréscimo de 1% no Powertrain e um aumento, também de 1%, no Chassis.

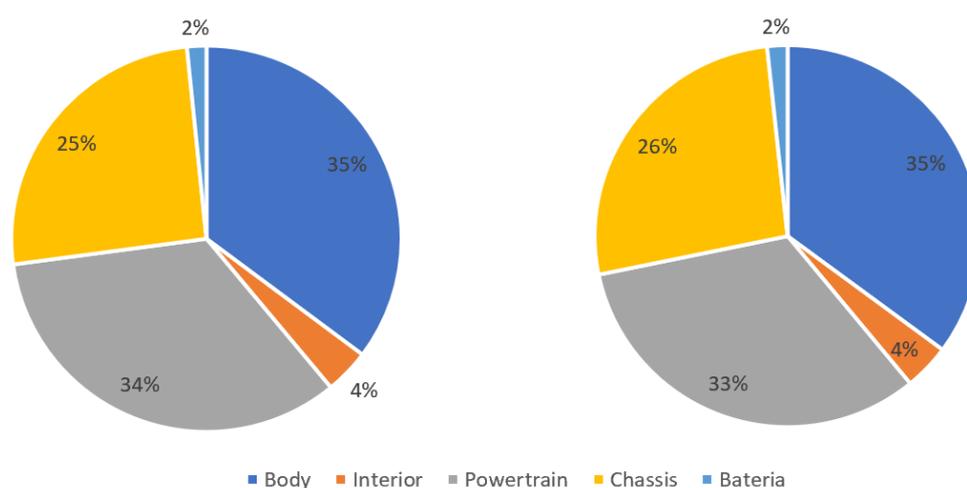


Figura 27 - Comparação Percentual 2001 (à esquerda) vs. 2017 dos Grupos de Componentes do Serviço Base

Os grupos de componentes relacionados com o conforto são os mais afectados pelo aumento de massa. Analisando o crescimento de massa da Climatização (Tabela 21) podemos, de certo modo, confirmar a adopção mais tardia dos aparelhos de ar-condicionado na UE, como proposto anteriormente. Este grupo sofre um acréscimo de 12 kg, mas curiosamente este aumento não se deve à mudança na tendência de consumo de aquisição de automóveis mais pesados. Como já discutido anteriormente, a mudança no mercado acontece sobretudo a partir de 2009/2010, no entanto, a Climatização tem o seu pico em 2009. Assim, podemos concluir também que este é um dos grupos de componentes onde a redução de massa tem sido mais bem-sucedida visto que desde 2009, e tendo em consideração esta alteração no mercado, a Climatização reduziu a massa em cerca de 1 kg. Outro grupo com um aumento elevado é o Som, um crescimento de 120%. Com apenas 12,5 kg em 2001, este grupo atingiu um valor de 27,5 kg em 2017. Se num passado recente a maior parte dos veículos dos segmentos intermédios e pequenos possuíam um sistema de som simples com 2 a 4 colunas hoje em dia a realidade é muito distinta. Actualmente uma versão normal do Toyota Yaris, um veículo do segmento Small, possui 8 colunas, o que obviamente afecta bastante a massa do Som.

Tabela 21 - Massa em kg dos Grupos de Componentes do Conforto

Ano	Climatização	Som	Interiores	Exteriores	Sensores e Outros	Ergonomia	Ajudas de Condução
2001	51,60	12,53	20,19	18,54	16,27	39,26	26,61
2005	52,41	12,84	20,23	19,04	16,36	39,38	26,51
2009	64,46	18,34	22,11	20,98	17,10	41,75	26,10
2013	63,75	24,39	24,09	22,63	20,22	44,74	28,11
2017	63,86	27,54	26,68	24,57	21,47	45,90	30,28

Em relação aos restantes grupos de componentes os aumentos situam-se entre os 3 kg e os 6 kg sendo que em todos eles os maiores incrementos se realizam depois de 2009. É seguida assim a tendência verificada no mercado de aumento de massa relacionado com uma maior procura de conforto e veículos com estas características, geralmente os SUV's. Exemplos disto são por exemplo os Roof Rails e Panoramic Roofs que fazem parte dos Interiores e Exteriores. Ambos são componentes pesados e mais frequentes nos SUV's do que nos restantes segmentos. Em termos percentuais, como se pode observar na Figura 28, o Som aumenta de 7% para 11%, as Ajudas de Condução reduzem 2% e a Climatização e Ergonomia decrescem 1%. Os restantes grupos de componentes vêm a sua massa percentual estagnada.

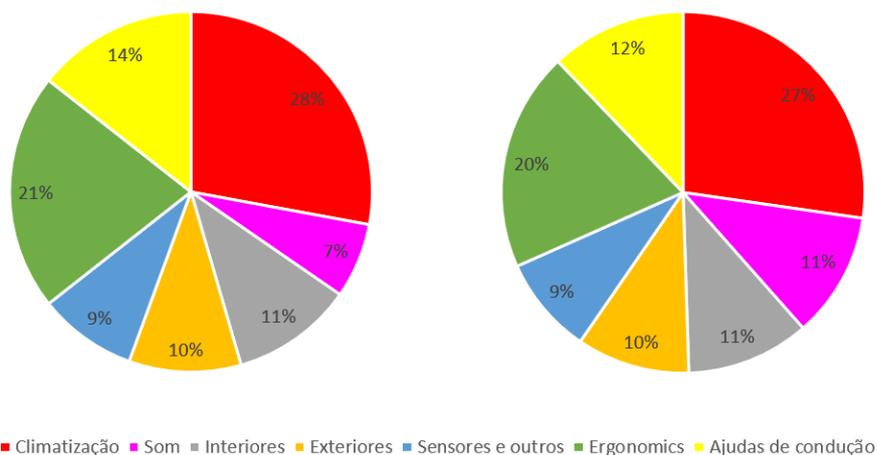


Figura 28 - Comparação Percentual 2001 (à esquerda) vs. 2017 dos Grupos de Componentes do Conforto

Os dois grupos de componentes no controlo de emissões apresentam um aumento de massa gradual ao longo do tempo, o que pode ser observado na Tabela 22. Ambas as variações estão por volta de 1 kg e correspondem a um aumento de 8,6% para a Electrónica e Equipamento de Feedback e 14,2% para o Catalisador, Válvulas e Filtro de Partículas. As razões para este aumento são, mais uma vez, a alteração no mercado para veículos mais pesados, mas também o apertar da legislação de emissões de CO₂ e sobretudo de outros poluentes. As sucessivas Euro Standards, em 2001 EURO 3 e actualmente EURO 6, restringiram cada vez mais a emissão de óxidos de nitrogénio, hidrocarbonetos, monóxido de carbono e partículas responsáveis pela poluição local e diminuição da qualidade do ar nas cidades (Varma *et al.*, 2011). De modo a cumprir estes regulamentos a implementação de catalisadores e filtros de partículas, apesar de não ser obrigatória, tornou-se cada vez mais comum ao longo do tempo.

Tabela 22 - Massa em kg dos Grupos de Componentes do Controlo de Emissões

Ano	Electrónica e Equipamento de Feedback	Catalisador, Válvulas e Filtro de Partículas
2001	13,89	7,74
2005	14,11	7,86
2009	14,70	8,25
2013	14,95	8,48
2017	15,09	8,84

É ainda de notar que a implementação dos filtros de partículas reduziu as emissões das mesmas em 90%. No entanto, é prática usual e problema grave, em vários países da Europa serem retirados os

filtros quando estes dão problemas mecânicos (Auto Express, [2014]). Muitos destes países estão a estudar medidas para contrariar esta tendência. Em relação à massa percentual estes grupos de componentes evidenciam uma ligeira variação. A Electrónica e Equipamento de Feedback decrescem 1% e logicamente o Catalisador, Válvulas e Filtro de Partículas aumentam 1%.

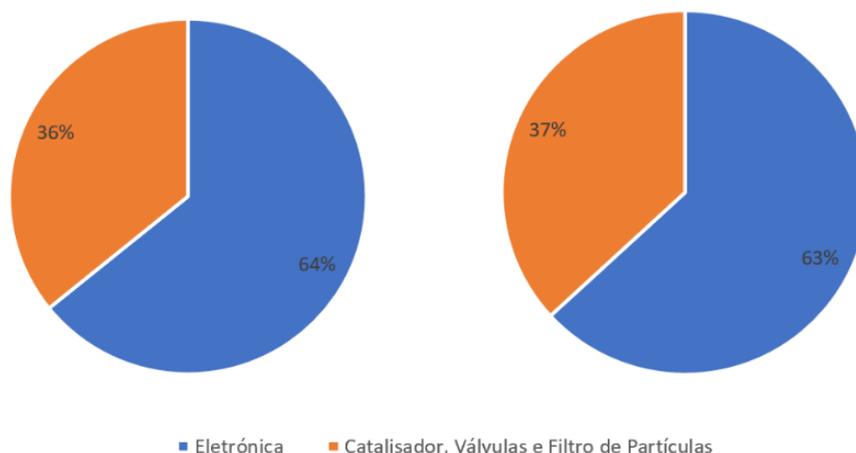


Figura 29 - Comparação Percentual 2001 (à esquerda) vs. 2017 dos Grupos de Componentes do Controlo de Emissões

Ao observar a Tabela 23 é perceptível que três dos quatro grupos de componentes da segurança seguem a tendência de aumento de massa verificada nos automóveis. O grupo da Retenção, composto pelos cintos de segurança e encostos de cabeça é o único que sofre uma redução, ligeiramente superior a 1 kg e equivalente a 7,4%. O decréscimo nestes componentes faz todo o sentido porque, mesmo com a mudança para veículos mais pesados, tanto os cintos de segurança como os encostos de cabeça, na maior parte dos casos, continuam a ser cinco e a ter o mesmo tamanho. Posteriormente, com a utilização de materiais mais leves, desenvolvimento de novos mecanismos e diminuição de tamanho/número dos componentes, é expectável a diminuição de massa verificada neste período.

Tabela 23 - Massa em kg dos Grupos de Componentes do Serviço da Segurança

Ano	Estrutural	Airbags	Retenção	Sistemas Ativos
2001	18,44	31,98	19,99	17,95
2005	18,81	31,85	19,90	18,89
2009	18,70	30,70	19,61	20,66
2013	20,83	34,07	18,94	21,53
2017	22,20	32,83	18,51	22,87

Logicamente, o contrário acontece nos outros três grupos. No Estrutural e Airbags a passagem para automóveis maiores e mais pesados causa um impacto na massa, o que é visível dado o aumento verificado após 2009/2010. O Estrutural aumenta cerca de 4 kg, ou seja, 20,4% e os Airbags por volta de 1 kg, ou seja, 2,7%. Além da alteração de consumos, a evolução da legislação e dos testes de segurança com o objectivo da diminuição da sinistralidade rodoviária também influenciam o incremento de reforços estruturais e número de airbags. O grupo dos Sistemas Activos aumenta cerca de 5 kg, isto é, 27,4%. O desenvolvimento tecnológico desde o final dos anos 90 e o uso cada vez mais frequente de sistemas como o ABS, controlo de tracção, de estabilidade e outros contribui para este incremento de massa gradual no intervalo temporal da análise. Em percentagem de massa existem algumas diferenças assinaláveis (Figura 30). A Retenção reduziu 3%, redução esta que foi uniformemente distribuída pelos restantes grupos de componentes, resultando assim no aumento de 1% em cada um deles.

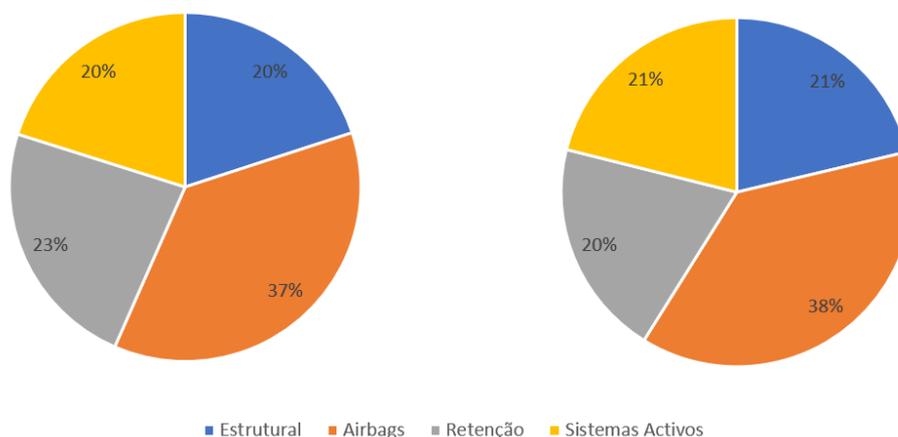


Figura 30 - Comparação Percentual 2001 (à esquerda) vs. 2017 dos Grupos de Componentes da Segurança

4.3. Performance

A análise da Performance executada neste trabalho revela de um modo geral um desenvolvimento positivo nos automóveis. Na Figura 31 é possível observar que os cinco indicadores apresentam melhorias substanciais apesar do aumento da massa que dificulta a performance do veículo em todos os aspectos.

A velocidade máxima, provavelmente o indicador menos importante para caracterizar o desenvolvimento tecnológico, cresce cerca de 5%, e tal como a potência, que cresce cerca de 30%, indicam uma franca melhoria na performance. Os principais motivos para esta melhoria, que se verifica sobretudo desde 2009/2010, são o aumento de quota de mercado de SUV's e a redução de massa conseguida em todos os segmentos da frota automóvel. Os SUV's, por serem maiores e mais pesados, costumam possuir motores com uma maior potência. Até 2009, em relação a 2001, a potência

aumentou 12% e a massa 5%, o que se traduziu numa velocidade máxima constante durante este período. Contudo, desde essa data, a potência cresce 16% e a massa apenas 1%. Apesar da mudança para os SUV's, os esforços de redução de massa quase colmataram a sua subida. Como consequência, a velocidade máxima cresce 5% neste período. Estes dois indicadores costumam estar associados, uma maior potência produz uma maior velocidade máxima. Esta associação é comprovada pelo coeficiente de correlação entre os dados, no valor de 0,81. Fortemente correlacionados estão também o peso/potência e a aceleração, com um valor de 0,92. Estes indicadores apresentam uma melhoria de 17,5% e 15% respectivamente. Naturalmente, por estarem dependentes da potência, também nestes casos os maiores aumentos acontecem após 2009/2010.

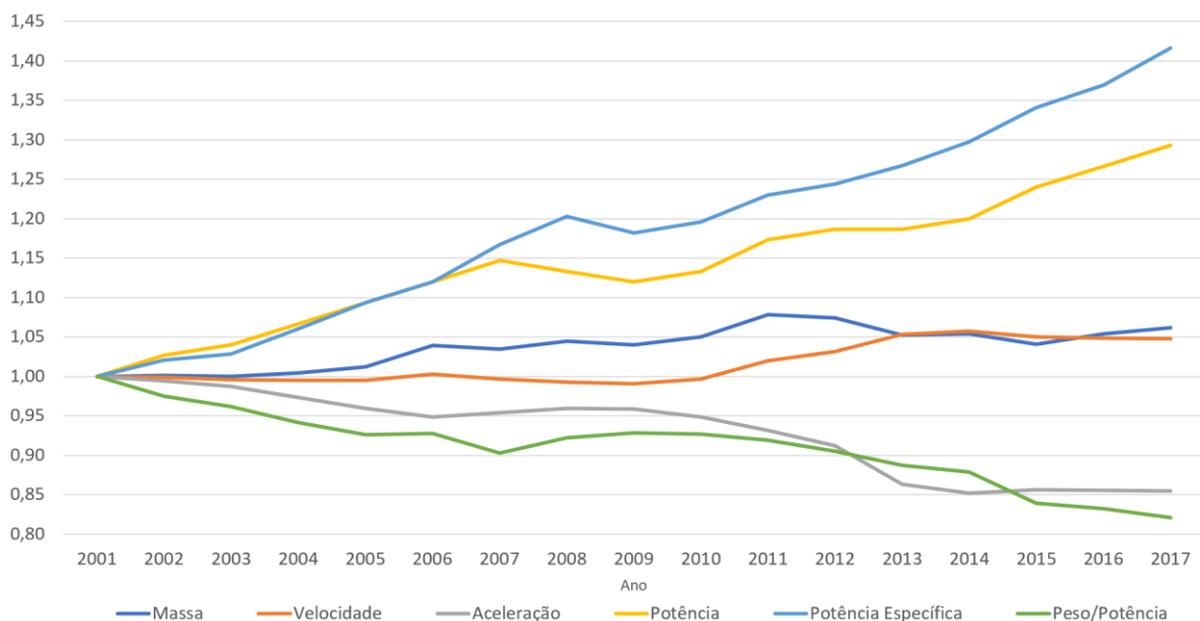


Figura 31 - Evolução da Massa (kg) vs. Potência Específica (kW/l) vs. Potência (kW) vs. Velocidade Máxima (km/h) vs. Aceleração (0-100 km/h em segundos) vs. Peso/Potência (kg/kW) dos Automóveis Registados na UE

Ainda em relação à Performance, é possível observar que a potência específica foi o indicador com maior progresso, em relação a 2001 aumentou 42%. Este indicador avalia a relação entre a potência do motor e o volume de deslocamento dos pistons do mesmo (vulgarmente cilindrada) e por isso, esta evolução é extremamente significativa e indicadora do desenvolvimento tecnológico. Geralmente, quanto maior o volume de deslocamento maior a potência possível de obter. Foi neste aspecto que a legislação para o limite de emissões mais influenciou as construtoras automóveis nos anos mais recentes, na procura do desenvolvimento na eficiência térmica dos motores tendo em vista uma diminuição dos consumos com aumento de performance. Como pudemos observar na Figura 2, a potência específica manteve-se relativamente constante desde os modelos dos anos 70 até aos modelos introduzidos no início deste século, o VW Golf I em 1974 com 34 kW/l e o VW Golf V em 2003 também com 34 kW/l. No entanto, o modelo seguinte, VW Golf VI apresenta uma melhoria de 23,5% em 2008 com 42 kW/l e em 2013, o VW Golf VII, já apresenta uma melhoria de 55,9% com 53 kW/l. O

esforço dos fabricantes de veículos em desenvolvimentos nos motores de combustão tem de ser de alguma forma enaltecido. Se há uns anos os automóveis circulavam nas estradas com eficiências térmicas nos seus motores entre os 20% e 30%, actualmente esses números são bem diferentes. Veículos entre os mais vendidos, como por exemplo o Toyota Prius, apresentam eficiências de 40% (Voelcker, [s.d.]), nos desportos motorizados a Mercedes quebrou recentemente os 50%, número impensável de atingir há uns anos atrás (Noble, [s.d.]) e actualmente marcas como a Hyundai já têm como objectivo para os seus veículos de estrada estes 50% de eficiência térmica (Bruce, [s.d.]).

5. Conclusões e Trabalho Futuro

5.1. Conclusões

Dada a conjuntura actual, em que a redução dos impactes ambientais é uma prioridade nos transportes, é contraproducente a massa média dos veículos na UE estar a aumentar. A caracterização deste fenómeno e a identificação das causas subjacentes foi a motivação para esta tese. Para atingir este objectivo, foi proposta e testada uma metodologia para analisar o transporte e os serviços oferecidos pelo mesmo nos veículos ligeiros de passageiros (base, conforto, segurança, controlo de emissões e performance).

Em primeiro lugar optou-se por fazer uma análise da evolução mássica dos serviços base (todos os componentes necessários para o veículo transitar do ponto A ao ponto B), conforto, controlo de emissões e segurança do parque automóvel europeu de veículos registados entre 2001 e 2017. A relação de associação da massa de um componente a um serviço não foi possível para a performance, daí não ter sido analisada nesta fase. Este tipo de análise foi executado nesta tese pela primeira vez a nível europeu, previamente apenas tinha sido feita para o mercado norte-americano e, nesse caso, não tinham sido analisadas as diferenças entre os SUV's e os restantes segmentos. Esta distinção foi introduzida na análise de modo a obter uma melhor caracterização e compreensão das tendências evolutivas do mercado.

A metodologia usada teve algumas limitações, nomeadamente, a dificuldade de acesso a dados. O ideal seria ter acesso a bases de dados de relatórios de desmantelamento. Com esta informação facilmente acessível, a amostra de veículos representativos do mercado poderia ser substancialmente maior, dada a facilidade na recolha de dados, mas infelizmente esta informação é de muito difícil acesso. Vários contactos estabelecidos com construtoras automóveis, organizações e empresas deste ramo foram infrutíferos. Para contornar estas dificuldades, foi definido um método com base em listas de componentes de um ciclo de vida automóvel e bases de dados online (Auto-Data, [s.d.]; Burnham, Wang e Wu, 2006; Cars-Data, [s.d.]). Um extenso trabalho de pesquisa foi executado, onde as massas de todos os componentes disponíveis publicamente foram recolhidas. As restantes foram estimadas com médias ponderadas através dos dados do relatório do ciclo de vida automóvel, onde são evidenciadas as massas dos componentes de um veículo com 893 kg e outro com 1510 kg. Além da amostra limitada, e como explicado anteriormente, a massa de alguns componentes teve que ser estimada usando valores médios. Contudo, devido ao facto dos veículos que pertencem ao mesmo segmento terem características similares e, independentemente do segmento, apresentarem proporções relativamente iguais de massa de componentes afectos aos serviços que prestam, esta simplificação não terá adulterado significativamente os resultados gerais. No entanto, os resultados a um nível micro, como por exemplo o componente em si, podem ter sido prejudicados em alguns casos.

Em segundo lugar optou-se por analisar a evolução de indicadores que caracterizam os vários serviços, neste caso, o controlo de emissões, a segurança e a performance. Os restantes serviços não foram

analisados devido à inexistência de indicadores objectivos para os caracterizar. Nesta fase, excepto o tamanho da amostra que já foi discutido anteriormente, não existiram limitações assinaláveis.

As conclusões sobre a evolução dos serviços prestados pelos automóveis são, na sua maioria, claras. Os automóveis e todos os serviços prestados pelos mesmos aumentaram a sua massa, principalmente, devido ao crescimento da quota de mercado dos SUV's. Estes veículos comparativamente aos restantes segmentos têm uma massa mais elevada em todos os serviços. Em massa relativa destaca-se uma percentagem mais elevada afecta ao conforto, cerca de 1,5%, e menor, em cerca de 2%, afecta ao serviço base.

No caso do serviço global, o transporte, um aumento de massa corresponde directamente a um aumento nos consumos, por sua vez associado à diminuição da eficiência do serviço. No entanto, o aumento da massa de cada um dos serviços secundários pode corresponder a um aumento na qualidade do mesmo, principalmente no conforto. Mesmo assim, no caso do transporte e apesar do aumento de massa, a qualidade melhorou. Os consumos extra, provenientes do acréscimo de massa, foram totalmente compensados pelo desenvolvimento tecnológico significativo no sistema propulsor dos veículos, onde a eficiência térmica tem aumentado de forma significativa. Isto é possível de verificar não só na evolução da performance dos veículos, mas também no controlo de emissões, que está intimamente relacionado com o consumo de combustível e que registou uma queda de 30% entre 2001 e 2017. Esta redução que neste momento ainda é insuficiente para cumprir os limites legislados para 2020/2021, teria sido mais significativa se não tivesse havido crescimento da quota de mercado nos veículos registados do segmento dos SUV's. De certa forma, a popularidade dos SUV's está a cancelar/suprimir as reduções de emissões obtidas através do desenvolvimento tecnológico.

Em relação aos restantes serviços secundários, através da análise executada neste trabalho é possível afirmar que nunca os automóveis foram tão seguros, tão confortáveis e nunca tiveram performances de tão elevada qualidade. O aumento de qualidade verificado nestes serviços está não só associado ao aumento de massa, mas sobretudo ao desenvolvimento tecnológico.

Na segurança, cada vez mais a segurança activa, principalmente através da electrónica proveniente do desenvolvimento tecnológico, tem tido uma maior capacidade de prevenir acidentes. Sistemas como o ABS, controlo de tracção, de estabilidade, sistemas de travagem automática, avisos de perigo e de saída de faixa de rodagem são cada vez mais utilizados nos veículos comuns. Estes sistemas actualmente não acrescentam uma quantidade significativa de massa. Na segurança passiva também tem havido desenvolvimentos significativos: a estrutura dos automóveis absorve de forma mais eficaz impactos, os mecanismos nos cintos de segurança sofrem evoluções e os airbags crescem tanto em número como em qualidade.

No conforto, os sistemas de som, a ergonomia dos bancos, redução de vibrações e barulhos bem como a sensação térmica sofreram também grandes melhorias. Aliás, este é o serviço onde o aumento de massa foi maior, 68,8% do acréscimo de 80 kg no valor de massa média total do automóvel é atribuído a este serviço, e onde a qualidade do mesmo foi realmente melhorada pelo incremento na massa.

No entanto, apesar de todo este desenvolvimento tecnológico positivo, existem duas perguntas que devem ser feitas. Para cumprir com a legislação de emissões de dióxido de carbono e outros poluentes, as construtoras automóveis investiram grandes quantidades de dinheiro no desenvolvimento de soluções de redução de massa e aumento de eficiência em todos os segmentos de veículos. Então, por que razão a escolha dos consumidores tem levado ao aumento de massa que contraria todo este desenvolvimento? O que pode ser feito para contrariar esta tendência que cresce ano após ano? Até porque é de realçar que este aumento de massa não aumenta os impactes ambientais apenas na vida útil do automóvel. Todo o ciclo de vida do veículo é afectado negativamente, desde a extracção ao abate dos veículos, o que implica que este é um problema que se mantém mesmo atingindo 100% de electrificação na frota automóvel.

Segundo o relatório “Mission Impossible: How car makers can reach their 2021 CO2 targets and avoid fines” (Transport & Environment, [s.d.]) a razão principal são as campanhas agressivas de marketing em favor dos SUV’s feitas pelas construtoras automóveis, o que parece um pouco contraditório da parte das mesmas, depois do investimento que fizeram e continuam a fazer na redução de emissões. Os SUV’s ficaram assim associados à segurança e conforto, dois dos factores mais importantes na aquisição de um veículo, como podemos perceber no capítulo 2, mas também associados a um status elevado e a um estilo de vida diferente da norma, devido às suas dimensões e capacidade para se adaptar aos vários tipos de terreno. No entanto, o que se verifica é que não são tão seguros como os restantes segmentos, consomem mais combustível e conseqüentemente emitem mais GEE e geralmente, têm um preço mais elevado que o veículo não SUV equivalente. Nos EUA, onde a legislação é mais favorável a aquisição deste veículos e o custo do combustível também, estima-se um TCO, Total Cost of Ownership, 10%-12% superior (Lundin, [s.d.]).

Concluindo, caso não tivesse existido uma alteração para veículos mais pesados, as conseqüências seriam as seguintes: o desenvolvimento tecnológico seria ainda mais evidente, a segurança média dos testes Euro NCAP seria superior, o consumo e, por conseguinte, as emissões seriam reduzidas e a massa média, e todos os impactes provenientes da mesma, seriam também menores.

Para inverter esta tendência de aquisição de veículos mais pesados existem várias medidas que os decisores políticos podem implementar. Estas medidas podem ser importantes porque por enquanto para o indivíduo, o benefício de adquirir um veículo com um impacte ambiental elevado, supera largamente o prejuízo pessoal que resulta da divisão por todos do impacto negativo dessa decisão.

Em primeiro lugar, as leis de emissões de CO2 dos automóveis que são a peça central da política de emissões de transporte da UE, foram acordadas há uma década e a maioria dos fabricantes automóveis investiu grandes quantidades de dinheiro para as cumprir. A Comissão Europeia deve aplicar o regulamento como estipulado e não introduzir nenhum enfraquecimento de última hora sob pressão das construtoras e/ou dos governos. No entanto, estas leis têm um problema. O objectivo de emissões para cada construtora é calculado em função da massa média de veículos vendidos pela mesma. Isto significa que se abre espaço a que se mantenham competitivos carros que consomem mais, mesmo quando se afirma que se pretende o contrário. Uma revisão neste aspecto, que provavelmente vai ser explorado por muitos fabricantes, seria também bem-vinda.

Em segundo lugar, os testes executados pela Comissão Europeia, Estados-Membros e as autoridades de homologação devem garantir que não há manipulação de resultados dos ensaios através de um extenso processo de verificação da conformidade, o que escândalo após escândalo se prova que não tem acontecido.

Por último, os governos podem ajudar na mudança para veículos com zero e/ou baixas emissões de GEE, ao reformar os sistemas de tributação de automóveis com o objectivo de aumentar os incentivos para estes veículos e, por sua vez, aumentar os impostos dos mais poluidores. Além disto, podem ainda ajudar as frotas com elevada quilometragem, como táxis e frotas corporativas, a transitar para veículos com zero emissões o mais rápido possível (como alguns países já fazem), o que iria acelerar a transição e ainda servir de suporte à instalação da infraestrutura de carregamento.

5.2. Trabalho Futuro

Em relação ao trabalho futuro, existem várias abordagens possíveis de seguir para aprofundar o trabalho aqui realizado. Na revisão bibliográfica e na metodologia foram abordadas várias limitações e como estas foram colmatadas nesta tese. Uma delas, como já referido anteriormente, está relacionada com a amostra de veículos, onde é sugerido um alargamento da mesma de modo a obter uma melhor representação do parque automóvel europeu de carros registados. Obter o acesso a relatórios de desmantelamento dos veículos analisados seria também extremamente importante. Esta medida, além de tornar o processo de recolha de dados manifestamente mais célere e fidedigno, tornaria a divisão de componentes nos serviços e grupos respetivos mais correcta. Existem componentes que partilham sensores, módulos e outros, o que em algumas ocasiões não foi possível de apurar. Sugere-se também o alargamento do intervalo temporal de modo a aumentar a janela da análise. Deste modo, poderiam ser retiradas melhores conclusões sobre as razões historicamente encontradas para o desenvolvimento ou estagnação tecnológica ao longo do tempo.

Os relatórios de desmantelamento seriam também extremamente úteis para estender o tipo de análise aqui executada ao ciclo de vida dos automóveis. Sugere-se assim uma análise mássica dividida nos serviços prestados pelos veículos, desde o momento da extracção dos materiais necessários para um certo componente, até à deposição dos mesmos. Esta análise permitiria perceber os *trade-offs* entre o aumento de qualidade dos serviços e tecnologias, relativamente ao impacte ambiental proveniente desta melhoria e ainda, os *trade-offs* da redução de massa através do uso de materiais mais leves que, por vezes, apresentam outro tipo de problemas energéticos e/ou ambientais, como por exemplo o seu fabrico.

Sugere-se ainda, que a análise incorpore veículos eléctricos e híbridos, visto que a sua presença no mercado automóvel ganha dimensão ano após ano. Esta introdução iria criar dificuldades acrescidas, como por exemplo, a criação de listas de componentes adaptadas a cada um dos tipos de veículos analisados.

Em relação à análise executada ao segmento dos SUV's é sugerido que a análise feita à primeira década deste século seja mais aprofundada. Seria um desafio obter o acesso aos dados de vendas e atribuí-los a cada subsegmento, mas permitiria uma caracterização mais pormenorizada deste sector.

A análise da evolução de outros indicadores de performance relacionados com a travagem e comportamento do carro em curva, como por exemplo o tempo dos 100-0 km/h, distribuição de peso e altura do centro de massa é também sugerida, com o objectivo de avaliar o comportamento do veículo nas várias condições em que este se pode deparar num trajecto.

Finalmente, é sugerida a inclusão do design neste tipo de análise. Como discutido no capítulo 3, não é exequível uma análise mássica ao design. No entanto, a sua avaliação através de algum indicador poderia ser testada. A parte do design funcional poderia ser classificada através do coeficiente de resistência aerodinâmica, no entanto, para a parte do design estético, os desafios existentes na definição de uma medida de avaliação do mesmo seriam uma dificuldade dada a subjectividade do mesmo.

Referências

- AENGENHEYSTER, Matthias *et al.* - Risk and the Point of No Return for Climate Action. **Earth System Dynamics Discussions**. . ISSN 2190-4995. 2018) 1–26. doi: 10.5194/esd-2018-17.
- AUTO-DATA - **Technical specs, data, fuel consumption of cars** [Em linha] [Consult. 2 set. 2019]. Disponível em WWW:<URL:https://www.auto-data.net/en/>.
- AUTO EXPRESS - **Thousands of UK motorists removing diesel particulate filters** [Em linha] [Consult. 19 out. 2019]. Disponível em WWW:<URL:https://www.autoexpress.co.uk/car-news/consumer-news/95410/thousands-of-uk-motorists-removing-diesel-particulate-filters>.
- BRUCE, Chris - **Hyundai Aims For 50 Percent Thermal Efficiency For Future Engines** [Em linha] [Consult. 21 out. 2019]. Disponível em WWW:<URL:https://www.motor1.com/news/184754/hyundai-future-powertrain-efficiency-plan/>.
- BURNHAM, Andrew; WANG, M.; WU, Y. - Development and Applications of GREET 2.7 — The Transportation Vehicle-Cycle Model. **Energy**. 2006) 124. doi: 10.2172/898530.
- CARBUYER - **Citroen C1 vs Toyota Aygo vs Peugeot 108 | Carbuyer** [Em linha] [Consult. 2 set. 2019]. Disponível em WWW:<URL:https://www.carbuyer.co.uk/news/142764/citroen-c1-vs-toyota-aygo-vs-peugeot-108>.
- CARS-DATA - **Car specs database** [Em linha] [Consult. 28 ago. 2019]. Disponível em WWW:<URL:https://www.cars-data.com/en/>.
- Cars Evolution and Modern Transport Vector** - [Em linha] [Consult. 7 out. 2019]. Disponível em WWW:<URL:https://www.vectorstock.com/royalty-free-vector/cars-evolution-retro-vehicles-and-modern-transport-vector-2480331978>.
- CHEAH, Lynette W. - Cars on a Diet : The Material and Energy Impacts of Passenger Vehicle Weight Reduction in the U . S . **Engineering**. 2010) 13.
- COGOTTI, A. - Road vehicle aerodynamics. **Ata**. . ISSN 00012661. 38:3, Mar. 1985 (1985) 143–149.
- EPA - **Global Greenhouse Gas Emissions Data** [Em linha] [Consult. 2 out. 2019]. Disponível em WWW:<URL:https://www.epa.gov/ghgemissions/global-greenhouse-gas-emissions-data>.
- EPA - **Global Greenhouse Gas Emissions Data | Greenhouse Gas (GHG) Emissions | US EPA** [Em linha] [Consult. 28 ago. 2019]. Disponível em WWW:<URL:https://www.epa.gov/ghgemissions/global-greenhouse-gas-emissions-data>.
- EURO NCAP - **How To Read The Stars** [Em linha] [Consult. 3 out. 2019]. Disponível em WWW:<URL:https://www.euroncap.com/en/about-euro-ncap/how-to-read-the-stars/>.
- EURO NCAP - **Euro NCAP Latest Safety Ratings** [Em linha] [Consult. 12 out. 2019]. Disponível em WWW:<URL:https://www.euroncap.com/en/ratings-rewards/latest-safety-

ratings/#?selectedMake=0&selectedMakeName=Select a
make&selectedModel=0&selectedStar=&includeFullSafetyPackage=true&includeStandardSafetyPack
age=true&selectedModelName=All&selectedProtocols=348>.

EURO NCAP - 2020 ROADMAP EUROPEAN NEW CAR ASSESSMENT PROGRAMME March 2015.
March (2015).

EUROPEAN COMMISSION - **Transport in the EU** [Em linha] [Consult. 2 out. 2019]. Disponível em
WWW:<URL:https://ec.europa.eu/clima/policies/international/paris_protocol/transport_en>.

EUROPEAN TRANSPORT SAFETY COUNCIL - **Road deaths in the European Union – latest data |
ETSC** [Em linha] [Consult. 28 ago. 2019]. Disponível em
WWW:<URL:https://etsc.eu/euroadsafetydata/>.

FROST & SULLIVAN - **Future of Carsharing Market to 2025** [Em linha] [Consult. 2 out. 2019].
Disponível em WWW:<URL:https://store.frost.com/future-of-carsharing-market-to-2025.html>.

GAMEIRO DA SILVA, M. C. - Measurements of comfort in vehicles. **Measurement Science and
Technology**. . ISSN 09570233. 13:6 (2002). doi: 10.1088/0957-0233/13/6/201.

ICCT - European Vehicle Market Statistics Pocketbook. 2011).

ICCT - European Vehicle Market Statistics Pocketbook. 2012).

ICCT - European Vehicle Market Statistics Pocketbook. 2013).

ICCT - European Vehicle Market Statistics Pocketbook. 2014).

ICCT - European Vehicle Market Statistics Pocketbook. 2015).

ICCT - European Vehicle Market Statistics Pocketbook. 2016).

ICCT - European Vehicle Market Statistics Pocketbook. 2017).

ICCT - European Vehicle Market Statistics Pocketbook. 2018).

J.TARBET - Cost and Weight Added by the Federal Motor Vehicle Safety Standards for Model Years
1968-2001 in Passenger Cars and Light Trucks pt 2. 201:2004).

J.TARBET - Cost and Weight Added by the Federal Motor Vehicle Safety Standards for Model Years
1968-2001 in Passenger Cars and Light Trucks pt 1. **US Department of Transportation, National
Highway Traffic Safety Administration**. December (2004).

JATO - **Global SUV boom continues in 2018 but growth moderates** [Em linha] [Consult. 16 out.
2019]. Disponível em WWW:<URL:https://www.jato.com/global-suv-boom-continues-in-2018-but-
growth-moderates/>.

JATO DYNAMICS LIMITED - **B-SUV** [Em linha] [Consult. 2 set. 2019]. Disponível em
WWW:<URL:https://www.jato.com/wp-content/uploads/2017/09/B-SUV.jpg>.

JATO DYNAMICS LIMITED - **C-SUV** [Em linha] [Consult. 2 set. 2019]. Disponível em
WWW:<URL:https://www.jato.com/wp-content/uploads/2017/09/C-SUV.jpg>.

JATO DYNAMICS LIMITED - **D-SUV** [Em linha] [Consult. 2 set. 2019]. Disponível em WWW:<URL:<https://www.jato.com/wp-content/uploads/2017/09/D-SUV-Premium.jpg>>.

KNITTEL, Christopher R. - Automobiles on steroids: Product attribute trade-offs and technological progress in the automobile sector. **American Economic Review**. . ISSN 00028282. 101:7 (2011) 3368–3399. doi: 10.1257/aer.101.7.3368.

KOPPEL - Quality criteria for the safety assessment of cars based on real-world crashes: How important is vehicle safety in the new vehicle purchase process? **CEA Insurers of Europe**. . ISSN 00014575. December:2005). doi: 10.1016/j.aap.2007.11.006.

KRUNOSLAV, Ormuz; MUFTIC, Osman - Main Ambient Factor Influencing Passenger Vehicle Comfort. **Proceedings of 2nd International Ergonomics Conference, Ergonomics**. 2004).

LANE, Philip R. - The European sovereign debt crisis. **Journal of Economic Perspectives**. . ISSN 08953309. 26:3 (2012) 49–68. doi: 10.1257/jep.26.3.49.

LUNDIN, Andy - **The Economics of Sedans vs. SUVs - Vehicle Research - Fleet Financials** [Em linha] [Consult. 24 out. 2019]. Disponível em WWW:<URL:<https://www.fleetfinancials.com/306200/the-economics-of-sedans-vs-crossovers-suvs-in-fleet>>.

MACKENZIE, Donald; ZOEPF, Stephen; HEYWOOD, John - Determinants of US passenger car weight. **Int. J. Vehicle Design**. 2014).

MARTIN ARMSTRONG - **Most Important Factors When Buying a Car | Statista** [Em linha] [Consult. 28 ago. 2019]. Disponível em WWW:<URL:<https://www.statista.com/chart/13075/most-important-factors-when-buying-a-car/>>.

MOCK, Peter *et al.* - The WLTP: How a new test procedure for cars will affect fuel consumption values in the EU. **ICCT White Paper**. 2014:9 (2014) 1–20. doi: 10.1016/j.enpol.2013.12.013i.

NEVES, Ferreira Gaspar; G, Tiago Manuel - Experimental evaluation of comfort and safety in light-duty vehicles Mechanical Engineering October 2014 Acknowledgments. 1:October (2014).

NOBLE, Jonathan - **Mercedes F1 engine hits «remarkable» efficiency target** [Em linha] [Consult. 20 out. 2019]. Disponível em WWW:<URL:<https://www.autosport.com/f1/news/131772/mercedes-engine-hits-remarkable-dyno-target>>.

NTHSA - **LTV Issues** [Em linha] [Consult. 19 out. 2019]. Disponível em WWW:<URL:<https://icsw.nhtsa.gov/cars/problems/studies/LTV/>>.

ODYSSEE-MURE - **Change in distance travelled by car** [Em linha] [Consult. 11 out. 2019]. Disponível em WWW:<URL:<https://www.odyssee-mure.eu/publications/efficiency-by-sector/transport/distance-travelled-by-car.html>>.

OLIVIA GAGAN, Raconteur - **Car-sharing: breathing new life into automotive manufacturing** [Em linha] [Consult. 28 ago. 2019]. Disponível em WWW:<URL:<https://www.raconteur.net/manufacturing/car-sharing-manufacturing>>.

SARAH PETIT - **World Vehicle Population** [Em linha] [Consult. 28 ago. 2019]. Disponível em

WWW:<URL:https://wardsintelligence.informa.com/WI058630/World-Vehicle-Population-Rose-46-in-2016>.

TRANSPORT & ENVIRONMENT - How car makers can reach their 2021 CO2 targets and avoid fines. [s.d.]).

TS, Schwalbach; SOVRAN, Gino - Aerodynamics of Road. **Annu. Rev. Fluid Mech.** Figure 1 (1993) 485–537.

VARMA, Adarsh *et al.* - Effects of regulations and standards on vehicle prices. November (2011) 165.

VOELCKER, John - **Next Toyota Prius Hybrid: 40-Percent Thermal Efficiency From Engine** [Em linha] [Consult. 20 out. 2019]. Disponível em WWW:<URL:https://www.greencarreports.com/news/1098429_next-toyota-prius-hybrid-40-percent-thermal-efficiency-from-engine-toyota-says>.

VRKLJAN, Brenda H.; ANABY, Dana - What vehicle features are considered important when buying an automobile? An examination of driver preferences by age and gender. **Journal of Safety Research**. . ISSN 00224375. 42:1 (2011) 61–65. doi: 10.1016/j.jsr.2010.11.006.

WEISS, M. *et al.* - On the road in 2020—A life-cycle analysis of new automobile technologies, Energy Laboratory Report # MIT EL 00-003. October 2000 (2009).

ZACHARIADIS, Theodoros - On the baseline evolution of automobile fuel economy in Europe. **Energy Policy**. . ISSN 03014215. 34:14 (2006) 1773–1785. doi: 10.1016/j.enpol.2005.01.002.

ZOEPF, Stephen M. - Automotive Features: Mass Impact and Deployment Characterization. **Mechanical Engineering**. 2011).

Anexos

Anexo A – Exemplo da Informação Mássica de um Veículo

Volkswagen Golf MK7					
			1225,0		
	Peça	Disponibilidade	Peso(kg)		
Total					
			1237,8		
Carro base:	TOTAL BASE		915,5	<u>CARRO BASE</u>	
	Body-in-white		168,1	Body:	333,1
	Body panels		60,1	Serviço	36,4
	Bumpers		6,2	Total	26,9
	Body hardware		7,3		
	Glass		32,8	Interior:	38,8
	Seating and restraint system		18,2	Serviço	4,2
	Body sealers/deadeners/fasteners		33,7	Total	3,1
	Door module		24,9		
	Instrument panel module		20,7	Powertrain:	274,7
	Engine unit		104,0	Serviço	30,0
	Fuell cell stack		0,0	Total	22,2
	Engine fuel storage system		52,3		
	Powertrain thermal system		26,7	Chassis:	252,9
	Exhaust system except catalytic		38,7	Serviço	27,6
	Powertrain electric system		10,0	Total	20,4
	Transmission unit		43,0		
	Cradle		23,8	Bateria:	16,0
	Driveshaft		52,7	Serviço	1,7
	Differential		24,8	Total	1,3
	Corner suspension		18,0		
	Braking system		33,8		
	Wheels		36,3	<u>EMISSÕES</u>	
	Tires		39,9	Eletrónica	15,3
	Steering system		13,6	Serviço	67,0
	Chassis electrical system		10,0	Total	1,2
	Battery		16,0		
Emissões:	TOTAL CE		22,9	Catalisador e válvulas	7,5

	PCV Valve		0,6	Serviço	33,0
	EGR Valve		1,2	Total	0,6
	Emission control electronics		15,3		
	Diesel Particulate Filter	In Catalytic	0,0		
	Catalytic converter		5,7	<u>CONFORTO</u>	
Conforto:	TOTAL CC		216,6	Climatização:	63,6
	Seating and restraint system		36,3	Serviço	29,4
	Paint		9,4	Total	5,1
	Trim and insulation		19,8		
	Interior electronics		12,7	Som:	20,2
	Exterior trim		7,6	Serviço	9,3
	Heating, ventilation, ac	sim	62,9	Total	1,6
	central locking	sim	3,6		
	keyless entry/start	sim	0,1	Interiores:	20,6
	start button	não	0,0	Serviço	9,5
	control circuit	não	0,0	Total	1,7
	electric windows	sim(frente)	8,2		
	power steering	sim	13,1	Exteriores:	20,8
	cruise control	sim	1,5	Serviço	9,6
	dual-zone climate control	sim	0,7	Total	1,7
	parking sensorrs	sim	1,9		
	reverse camera	202 €	0,0	Sensores e outros	20,7
	parking lot	682 €	0,0	Serviço	9,5
	electric parking brake	sim	0,1	Total	1,7
	start/stop system	sim	3,6		
	seat height adjustment	sim(frente)	2,7	Ergonomics	41,9
	lumbar support	sim(frente)	1,1	Serviço	19,4
	electric seat adjustment	não	0,0	Total	3,4
	ventilated seats	não	0,0		
	sport seats	582 €	0,0	Driving Aids	28,5
	leather steering wheel	sim	0,1	Serviço	13,2
	adjustable steering wheel	sim	0,9	Total	2,3
	heated steering wheel	não	0,0		
	leather seats	não	0,0		
	folding rear seats	sim	0,5	<u>SEGURANÇA</u>	
	sliding rear seat	não	0,0	Estrutural	16,8
	central armrest	sim	0,8	Serviço	20,3
	auto dimming rear view mirror	sim	0,1	Total	1,4
	reading lights	sim	0,1		
	makeup mirror with light	sim	0,1	Airbags	34,3

	adjustable dashboard lights	sim	0,1	Serviço	41,4
	tachometer	sim	0,1	Total	2,8
	trip-odometer	sim	0,1		
	water temperature	sim	0,1	Retenção	12,9
	outdoor temperature	sim	0,1	Serviço	15,6
	onboard computer	sim	3,5	Total	1,0
	audio system	sim	20,0		
	digital radio		215 €	0,0	Active systems
	steering wheel controls radio	sim	0,1	Serviço	22,8
	audio input	sim	0,1	Total	1,5
	navigation system	sim	0,1		
	bluetooth	sim	0,1		
	intermittent wipers	sim	1,6		
	alloy wheels	sim	0,0		
	sliding/tilting roof	não	0,0		
	panomarc roof	não	0,0		
	roof rails	não	0,0		
	metallic paint		586 €	0,0	
	color keyed bumpers	sim	0,0		
	tinted glass	sim	0,0		
	rear privacy glass		270 €	0,0	
	electric mirrors	sim	0,1		
	folding exterior mirrors		156 €	0,0	
	automatic dimming exterior mirrors	não	0,0		
	turn signal in mirrors	sim	0,2		
	front fog lights	sim	1,9		
	automatic headlights	sim	0,2		
	xenon headlights		1 053 €	0,0	
	led headlight	não	0,0		
	led rear headlight	não	0,0		
	parking lights	sim	0,1		
	burglar alarm	sim	0,3		
Segurança:	TOTAL S		82,9		
	ABS	sim	1,4		
	brake force distribution	sim	1,1		
	brake assist	sim	0,1		
	emergency brake assist	não	0,0		
	collision avoidance system	não	0,0		
	stability control	sim	1,0		
	traction control	sim	1,0		

	locking differential	sim	0,1		
	airbag driver	sim	10,6		
	passenger airbag	sim	10,6		
	side airbags	sim(frente)	6,5		
	head/curtain airbags	sim	6,5		
	hill assist	sim	0,1		
	lane assist	540 €	0,0		
	blind spot assist	não	0,0		
	fatigue sensor	não	0,0		
	tire pressure sensor	sim	1,3		
	city safety system	sim	0,1		
	night vision recognition	não	0,0		
	high beam assist	137 €	0,0		
	traffic sign recognition	não	0,0		
	collision warning system	não	0,0		
	self -levelling suspension	não	0,0		
	Safety belts	sim	8,3		
	Headrests	sim	4,6		
	BIW safety		16,8		
	Exterior lighting		12,7		