



UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR
Artes e Letras

Tuning e Eco Design
Estratégias para redução do consumo de veículos da
classe económica através do design aerodinâmico

Daniel Bacelar Pereira

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Design Multimédia
(2º ciclo de estudos)

Orientador: Professor. Doutor Ernesto Vilar Filgueiras
Coorientador: Professor. Doutor Helder Joaquim Dinis Correia

Covilhã, outubro de 2014

Dedicatória

Aos meus pais e ao meu irmão.

Resumo

Com o impacto no ecossistema e a economia a ocuparem um lugar cimeiro nas preocupações da sociedade, a indústria automóvel viu-se obrigada a adotar novas estratégias para melhorar a eficiência na redução do consumo das classes económicas. Estratégias de design aerodinâmico utilizadas em veículos de classes superiores para reduzir o atrito e diminuir o esforço para ganhar mais velocidade, foram adotadas por designers amadores que se dedicam a interferir nos seus automóveis, argumentando o ganho de diversas características que vão do estético ao funcional (*i.e.* velocidade, estabilidade e economia). No entanto, denota-se a falta de aplicação do design profissional em prol de algumas características e principalmente a economia de combustível. Para avaliar a eficiência destas estratégias e a sua verdadeira aplicação no campo do design automóvel, este estudo recorre à opinião do utilizador, e a testes em túnel de vento reais e simuladores digitais, para avaliar as soluções aerodinâmicas do design amador encontradas no mercado e em *websites* especializados, aqui identificados como car tuning. Para além de pretendermos compreender quais as estratégias mais indicadas para melhorar a eficiência aerodinâmica dos automóveis, recorrendo apenas ao design amador, serão testadas diversas estratégias oriundas do design profissional, identificadas através de publicações especializadas ou em processos de engenharia inversa associados ao design aerodinâmicos de modelos populares.

Palavras-chave

Design automóvel, aerodinâmica, economia, consumos, eficiência.

Abstract

The impact on the ecosystem and the economy taking a top place in the concerns of society, the automobile industry was forced to adopt new strategies to improve the efficiency in the reduction of the fuel consumption in low budget car category. Aerodynamic design strategies used in upper class vehicles to reduce drag and decrease the effort to gain more speed, were taken by amateur designers who dedicate themselves to interfere in their cars, arguing gain several features ranging from the aesthetic to the functional (*i.e.* speed, stability and economy). However, there is a lack of application of professional design in favor of some characteristics and especially fuel economy. To evaluate the effectiveness of these strategies and their real application in the field of automotive design, this study resorts to the opinion of the user, and tests on real wind tunnel and digital simulators to assess the aerodynamic amateur design solutions found in the market and specialized websites, here identified as car tuning. In addition we wish to understand what are the most suitable strategies to improve the aerodynamic efficiency of the car, using only the amateur design, will test various strategies derived from the professional design, identified through specialized publications or in reverse engineering processes associated with the design of aerodynamic popular models.

Keywords

Car design, aerodynamic, economy, consumption, efficiency.

Índice

Capítulo 1 - Introdução	1
1.1 Problema de estudo	1
1.2 Objetivos	3
Capítulo 2 - Estado da arte	5
2.1 Eco Tuning	6
2.2 Definição de modelos de referência para ensaios de design aerodinâmico	15
Capítulo 3 - Metodologia	19
3.1 Estudo de campo: Consulta à opinião do utilizado	20
3.1.1 Amostra	20
3.1.2 Ferramenta de pesquisa: questionário	20
3.2 Análise experimental: design aerodinâmico	21
3.2.1 Testes em túnel de vento físico	21
3.2.2 Testes em túnel de vento virtual	22
3.2.3 Ensaios de design aerodinâmico	24
Capítulo 4 - Resultados	25
4.1 Resultados do estudo de campo	25
4.2 Resultados da análise experimental	31
4.2.1 Testes em túnel de vento físico	31
4.2.2 Testes em túnel de vento virtual	32
4.2.3 Análise comparativa	35
4.2.4 Ensaios de design aerodinâmico	37
Capítulo 5 - Conclusões e considerações finais	41
5.1 Estudos futuros	42
5.2 Constrangimentos do estudo	42
Bibliografia	44
Websites	46
Anexos	47
Anexo 1 - questionário	47
Anexo 2 - resultados do questionário	59
Anexo 3 - Modificações de ECT	61

Lista de Figuras

Figura 1 - Níveis de eficiência em relação às emissões de carbono (portal das fincas)	1
Figura 2 - Volkswagen Golf (standard) e Volkswagen Golf BlueMotion (ecológico)	3
Figura 3 - Automóvel com entradas de ar frontais verdadeiras (1) e falsas (2).	7
Figura 4 - Estratégia Eco Car Tuning, cobertura das entradas de ar frontais.	8
Figura 5 - Modelo que utiliza a solução "traseira "Kammback".	9
Figura 6 - Estratégia Eco Car Tuning, traseira "Kammback".	9
Figura 7 - Veículo que apresenta uma traseira com a forma "boatend".	10
Figura 8 - Exemplo de estratégia Eco Car Tuning, traseira "Boatend".	10
Figura 9 - Automóvel com as cavas de rodas traseiras cobertas.	11
Figura 10 - Exemplo de estratégia Eco Car Tuning, cobertura das cavas de rodas traseiras.	11
Figura 11 - Jantes de carros de alta cilindrada com grandes aberturas para refrigeração do sistema de travagem em altas velocidades.	12
Figura 12 - Coberturas para as rodas.	12
Figura 13 - Veículo que recorre a utilização de um spoiler dianteiro.	13
Figura 14 - Adição de um spoiler dianteiro.	13
Figura 15 - Defletor de pneu dianteiro.	14
Figura 16 - Defletor lateral traseiro.	15
Figura 17 - Mercedes-Benz CLA.	16
Figura 18 - Estratégias para otimização aerodinâmica do Toyota Prius.	17
Figura 19 - Estrutura do estudo.	19
Figura 20 - Túnel de vento do Departamento de Ciências Aeroespaciais.	22
Figura 21 - Nível de envolvimento e gosto pelo mundo automóvel	25
Figura 22 - Opinião sobre o apesto geral dos veículos.	26
Figura 23 - Opinião sobre estratégias ECT e a sua ausência.	28

Figura 24 - Grau de importância das qualidades a ter em conta na aquisição de um veículo.	29
Figura 25 - Classe de veículos de eleição.	29
Figura 26 - Ensaio em túnel de vento físico.	32
Figura 27 - Ford Fiesta com todas as estratégias combinadas.	33
Figura 28 - VW Polo com todas as estratégias combinadas.	33
Figura 29 - Nissan Micra com todas as estratégias combinadas.	34
Figura 30 - Mapa de pressão frontal (Ford Fiesta, Nissan Micra, VW Polo).	36
Figura 31 - Legenda do esquema de cores do mapa de pressão.	36
Figura 32 - Modelo 3d Fiat Uno utilizado.	38
Figura 33 - Fiat Uno modificado (frente).	38
Figura 34 - Fiat Uno modificado (perfil).	39
Figura 35 - Fiat Uno modificado (traseira).	39
Figura 36 - Mapa de pressão frontal (Fiat Uno standard e Fiat Uno modificado)	40
Figura 37 - Legenda do esquema de cores do mapa de pressão.	40

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Modelos mais vendidos em 2013 (focus2move)	2
Tabela 2 – Divisão das diferentes classes de veículos (Euro NCAP).	4
Tabela 3 – Coeficiente de Atrito divulgado pelas marcas. vs. Coeficiente de Atrito do modelo 3D extraído Flow Design.	24
Tabela 4 – Resultado dos testes em túnel de vento virtual.	34
Tabela 5 – Percentagem de área de alta pressão em relação à dimensão frontal do automóvel.	36
Tabela 6 – Resultado dos testes em túnel de vento virtual.	40
Tabela 7 – Percentagem de área de alta pressão em relação à dimensão frontal do automóvel.	40

Lista de Acrónimos

AT	Autoridade Tributária e Aduaneira
Cd	Coeficiente de atrito
CFD	Computational Fluid Dynamics
ECT	Eco Car Tuning
Euro NCAP	European New Car Assessment Programme
GEE	Gases de Efeito Estufa
UE	União Europeia
VW	Volkswagen

Capítulo 1- Introdução

1.1 Problema de Estudo

A indústria automóvel tem vindo a aumentar a utilização dos acrónimos associados as suas marcas “eco”, “green”, “blue” e o mais recentemente “i”, (*i.e.* Opel Ecoflex, Skoda GreenLine, Volkswagen BlueMotion, BMW i3) que antes eram apenas sinónimo de tecnologia, *innovation* e *intelligence* (*i.e.* iPhone), passaram na ultima década, a ter conotações ecológicas (*i.e.* BMW i3) Isto deve-se a uma crescente preocupação ambiental que impõe uma urgência na conceção de novas soluções e estratégias para reduzir o consumo de combustíveis fósseis.

Tendo em conta que a redução de consumo, normalmente esta associada a emissão de CO₂, a Figura 1 demonstra os níveis de emissão de gramas de CO₂ por quilómetro estabelecidos pela Autoridade Tributária e Aduaneira (AT) de Portugal, e que tem alterado a industria do automóvel que procura lançar novos modelos para manter características como: desempenho (velocidade), força (medidas em cavalo-vapor) e os níveis cimeiros de emissão de poluentes.



Figura 1- Níveis de eficiência em relação às emissões de carbono (imposto sobre veículos)

Devido ao crescimento exponencial o setor automóvel é a parte mais relevante deste problema pois o ano de 2002 existiam mais de 812 milhões de automóveis em circulação e as projeções preveem que em 2030, esse número ultrapasse os 2 mil milhões de veículos por todo o mundo (Dargay *et.al.*,2007). Este fato alerta os governos para serem cada vez mais exigentes com os níveis de emissões de CO₂ g/km de todas as gamas de veículos e não somente dos veículos populares como era habitual. A Tabela 1 mostra que modelos de classes

intermediárias ou superiores, ignoram estas preocupações de poupança de combustível, refletido aqui nas emissões de CO₂/g/Km, apesar de demonstrarem em seus anúncios publicitários esta preocupação.

Tabela 1- Modelos mais vendidos em 2013 (focus2move)

Posição	Modelo	Unidades Vendidas	Emissões de CO ₂	Classificação portal das finanças
1	Toyota Corolla	1.015.510	133 g/Km	B
2	Ford Focus	1.006.947	137 g/Km	B
3	Ford F-Series	751.770	325 g/Km	. ¹
4	Toyota Camry	742.815	206 g/Km	D
5	Hyundai Elantra	700.462	158 g/Km	B

Na Tabela 1, ainda podemos concluir que, dos cinco modelos mais vendidos em todo o mundo, nenhum apresenta características de Eco Design claras (i. e. que apelam diretamente à consciência ecológica dos seus proprietários ou que possuam nível de eficiência da classe A), constando até um modelo pesado e bastante poluente (Ford F-Series) com emissões três vezes maiores do que os automóveis com boa eficiência (ver Figura 1). Os dois modelos mais vendidos são mais eficientes e menos poluentes que os seus sucessores, e, apesar de estarem serem classificados como B, estes veículos são apresentados comercialmente como veículos económicos. Ainda com base na Tabela 1 compreendemos que conceito de automóvel económico é mais forte comercialmente do que o conceito ecológico, mesmo estes estando implícitos no mesmo conceito. Isto é, um automóvel com reduzidos consumos vai poluir menos e que esta é a estratégia adotada pela indústria automóvel no século XXI.

Nos automóveis de motor a combustão, podemos observar dois fatores que merecem ser destacados: o primeiro fator é que a associação ao critério “económico” divulgado pelas marcas prende-se, na sua maioria a apenas à aplicação de um motor de baixa cilindrada, pneus mais estreitos e subtração de peso dos modelos convencionais.

O segundo fator reside no pouco aproveitamento do design como ferramenta para a melhoria da eficiência aerodinâmica e conseqüente redução dos consumos e emissões poluentes. Na sua maioria, o design é meramente reconhecido e associado aos atributos estéticos e simbólicos que realçam o valor do automóvel, não tendo um papel comercial ou, predominantemente declarado, como elemento ativo na redução dos consumos. Como

¹ N.A.: Não comercializado em Portugal

podemos ver na Figura 2, os modelos que ostentam as siglas “eco”, “green”, “blue” e outros, diferem dos restantes modelos utilizando soluções mecânicas mais eficientes, não recorrendo ao design.



Figura 2 - Volkswagen Golf (standard) e Volkswagen Golf BlueMotion (ecológico)

Com base nesta lacuna no design automóvel, nascem as premissas deste este projeto, que pretende avaliar, analisar e comparar as diferentes estratégias de design aerodinâmico e os modelos de disponíveis no mercado, bem como avaliar a eficiência das estratégias amadoras do que definiu-se aqui como Eco car tuning (ver item 2.1) para que seja utilizada, de forma racional pelos designers profissionais. Acredita-se que pode existir um amplo espaço para o design marcar o seu lugar na melhoria da aerodinâmica do automóvel e por conseguinte, o seu papel como ferramenta de eficiência prática, em detrimento das reconhecidas vertentes estéticas e simbólicas (Löbach, 1976).

1.2 Objetivos

O objetivo principal deste projeto é estudar e identificar estratégias de design aerodinâmico que possam ser utilizadas como contributos reais para a melhoria da eficiência aerodinâmica e por conseguinte, a redução nos consumos dos veículos.

Como objetivos específicos:

1. Investigar e identificar as estratégias de design utilizadas para melhorar a eficiência aerodinâmica reduzindo os consumos. Procuramos estas soluções em veículos de referência aerodinâmica e em soluções que utilizam as modificações como forma de atingir as melhorias desejadas.
2. Através de um inquérito, procuramos compreender a posição do utilizador em relação as estratégias encontradas, aos fatores que mais valorizam na aquisição de um automóvel e as classes de eleição.

3. Testar em túnel de vento a aplicação das estratégias seleccionadas aos automóveis da classe económica.
4. Testar em túnel de vento a eficiência dos veículos da classe económica quando inalterados.
5. Recolha das estratégias mais eficientes resultantes dos ensaios.
6. Aplicação destas estratégias a um modelo com baixa eficiência aerodinâmica.

A European New Car Assessment Programme (Euro NCAP) subdivide as categorias dos veículos ligeiros da seguinte maneira:

Tabela 2- Divisão das diferentes classes de veículos (Euro NCAP).

Euro NCAP	Segmento
Supermini	Classe A Classe B
Pequeno Familiar	Classe C
Grande Familiar	Classe D Classe E
Executivo	Classe F

Para este estudo escolhemos os veículos da Classe B, pois é neste segmento que encontramos uma predominância na preocupação pela economia. Procuramos, também, compreender o nível de desempenho aerodinâmico alcançado por esta classe de veículos.

Objetivamente, existem dois tipos de estratégias no que diz respeito à utilização do design como forma de melhorar eficiência aerodinâmica: implícito no design original do veículo e acessórios aplicados posteriormente. Sendo a primeira opção, alterações feitas na conceção original do automóvel, ou seja, o design geral do veículo já recai sobranceiramente sobre a eficiência aerodinâmica e a segunda opção são soluções complementares ao veículo. As alterações pós-conceção ou “after marking” foi a estratégia base eleita, visto ser muito mais abrangente e conter uma notável facilidade na sua disseminação. Esta opção foca a possibilidade do próprio consumidor configurar a sua viatura conforme o seu gosto e possibilidades. Nada lhe é imposto. Para além disso, existe a vantagem de se poder alargar esta solução a automóveis mais antigos.

Podemos considerar que esta abrangência é benéfica para o consumidor, dado o facto de que os carros com mais idade geralmente possuem uma aerodinâmica menos eficiente em comparação aos modelos contemporâneos equivalentes. Um Fiat Punto de 1994 consome mais do que um Fiat Punto de 2014. Estabelecendo soluções que o consumidor possa adquirir para

o seu automóvel de modo abranger uma considerasse fatia de público dando a este, poder de escolha.

Capítulo 2- Estado da Arte

Com uma história que ultrapassa um século de existência, o é normal que o design do automóvel tenha sido alvo de inúmeras mudanças. No entanto, as preocupações com a aerodinâmica não surgiram de imediato e são relativamente recentes na sua história. Os automóveis com preocupações aerodinâmicas surgiram apenas em meados dos anos 30, motivados pelo avanço da tecnologia aeronáutica, fortemente instigada durante a 2ª Grande Guerra (Hucho *et. al.*, 1993). Os designers e engenheiros começaram a direcionar a sua atenção para a eficiência aerodinâmica, em resposta a recente capacidade dos automóveis atingirem maiores velocidades. Este atributo conduziu a um potencial aumento tanto da estabilidade como das velocidades (Hennessy *et. al.*, 2011). O Chrysler Air Flow (1934 - 1937) foi um dos modelos pioneiros ao oferecer um automóvel eficiente e que minimizava a resistência ao ar.

Até ao fim do século XX a preocupação com a aerodinâmica era vista como um meio para melhorar a performance do automóvel (velocidade, conforto e estabilidade), o atributo ecológico e poupança de combustível aparecem mais tarde para dar novo propósito a eficiência aerodinâmica. Em 2009, medidas mais restritas foram impostas pela União Europeia (UE). Metas que impõem a redução em, pelo menos, 20% nos Gases de Efeito Estufa (GEE) até 2020. Os automóveis contribuem com cerca de 12% dos GEE emitidos na UE, (Fontaras *et. al.*, 2012)

Como o **atrito aerodinâmico** é a força oposta à direção do movimento e que atua em todos os corpos retardando-os, via de regra para os construtores, apenas recorrem ao aumento da potência do motor dimensionando-o para superar o arrasto aerodinâmico. Como resultado, a eficiência pode ser traduzida em consumo de combustível, que por sua vez, é compensado pelo design aerodinâmico (Bettes, 1982).

É notório o peso que a eficiência aerodinâmica tem no automóvel, afetando diretamente o rendimento e o consumo de combustível dos veículos modernos. Uma redução de uma centésima no valor coeficiente de atrito, equivale à uma redução de consumo na ordem dos

0.1 litros de combustível por cada 100 Km (Aerodynamics Champion, 2014). No entanto, é difícil encontrar autores que apresentem recomendações de design para otimizar a relação entre o arrasto aerodinâmico e o consumo de combustível.

Da mesma forma que o automóvel passou a beneficiar dos avanços tecnológicos da indústria aeroespacial na década de 30 do século passado, nas últimas décadas do século XX a indústria automobilística beneficiou do progresso das tecnologias digitais com base nas “Computational Fluid Dynamics” (CFD), sofrendo uma forte alteração nas formas e contornos mais aerodinâmicos. As CFD são ferramentas de simulação computadorizadas indispensáveis para a otimização da eficiência aerodinâmica. Este auxílio computacional permite que a equipa de design e a equipa de engenheiros possam trabalhar de forma coordenada reduzindo consideravelmente os constrangimentos dos processos de conceção de modelos em escala real (Mock-Up) testando o coeficiente aerodinâmico já nos modelos digitais (Beccaria *et. al.*, 1999; Angelis *et al.*, 1996). Por este motivo será utilizada um CFD (Flow Design da Autodesk) para avaliar a eficiência aerodinâmica dos modelos na fase experimental deste estudo.

2.1 Eco Car Tuning

Car tuning é o ato modificar ou melhorar a performance através de alterações físicas ou apliques na carroceira do veículo com argumento de melhora, a estabilidade, a estética e a emissão sonora do automóvel. (unichip)

Por Eco Car Tuning (ECT) entendemos ser o ato de reduzir os consumos do automóvel através de estratégias e soluções aerodinâmicas aplicadas a carroceira do veículo com o propósito de reduzir o atrito aerodinâmico.

Para encontrar as principais estratégias utilizadas pelo Eco Car Tuning, foi realizada uma pesquisa em várias fontes com literatura científica, revistas comerciais, artigos de opiniões, publicações dos construtores e blogs de aficionados pelo tema. Na literatura científica, foram encontrados 18 artigos que versam sobre aerodinâmica, design automóvel, túnel de vento, consumos, economia e ecologia. Nas revistas convencionais e artigos de opinião as informações são a lista de coeficiente de atrito, quais os modelos mais aerodinâmicos do mercado, as estratégias de ECT e estratégias adotadas pelas marcas. As informações dos construtores possuem valores que contradizem muitos dos testes que realizamos nas fases experimentais. Nos blogues verificamos um grande amadorismo e imprecisão das soluções propostas e pouco justificadas. Para sintetizar toda a informação dispersa neste vários meios, foram utilizados sites recomendados por revistas, artigos de opinião e blogs como repositório

de todas as modificações com resultados efetivos para a ECT. Foi pesquisado num conjunto de sites especializados obras e lugares na internet sendo um deles o Ecomodder.com e que teve como resultado a classificação de várias soluções encontradas, nomeadamente:

- I. Cobrir parcialmente entradas de ar frontais;
- II. Traseira “Kammback”;
- III. Traseira “Boatend”;
- IV. Cavas das rodas traseiras cobertas;
- V. Coberturas para as rodas;
- VI. Spoiler dianteiro;
- VII. Defletores de pneus dianteiros;
- VIII. Defletor traseiro lateral.

I. Cobrir parcialmente entradas de ar frontais.

Para refrigerar o motor, todos os carros a combustão possuem uma entrada de ar frontal protegida por uma grelha. A entrada de ar/grelha é utilizada muitas vezes como elemento estético ou simbólico do veículo sobrepondo, muitas vezes, as funcionalidades de refrigeração. A componente estética e simbólica é tao forte nos automóveis que muitas marcas aplicam aberturas não funcionais para promover um equilíbrio estético ou ligar-se à identidade da marca. Na Figura 2, vemos a grelha central funcional (1) e simulação de grelhas falsas (2)



Figura 3 - Automóvel com entradas de ar frontais verdadeiras (1) e falsas (2).

O Eco Car Tuning ao bloqueio destas entradas de ar para a melhorar a aerodinâmica, argumentando que estas aberturas causam dificultam o ar de fluir naturalmente, causando turbulência na parte frontal do veículo.



Figura 4 - Estratégia Eco Car Tuning, cobertura das entradas de ar frontais

II. Traseira “Kammback”.

No segmento dos carros Utilitários, a forma da traseira do automóvel é definida pela capacidade de carga e estética. Devido à turbulência gerada por algumas formas menos regulares, a “forma de lágrima” é aerodinâmica, que recorre aos princípios de mecânica dos fluidos, como a configuração mais eficiente aerodinamicamente. No entanto, na década de 30 o engenheiro alemão Wunibald Kamm (1893 - 1966) concluiu que, se à forma da lagrima fosse cortada a parte posterior o efeito aerodinâmico se mantinha relativamente idêntico.

Com isto era possível ter a eficiência da “forma de lágrima” sem haver o excedente de peso e material que esta implica. Assim surgiu a traseira Kammback, assim denominada atualmente em sua honra. Existe um vasto leque de modelos automóveis que optaram por esta forma.



Figura 5 - Modelo que utiliza a solução "traseira "Kammback".

Os aficionados pelo Eco Car Tuning adicionam na traseira dos veículos, estruturas que tentam replicar este princípio com a intenção de torna-lo mais eficiente aerodinamicamente e aerodinâmico.



Figura 6 - Estratégia Eco Car Tuning, traseira "Kammback".

III. Traseira “Boatend”.

A “Boatend” recorre a mesmo problema da “Kammback” apresentando uma solução diferente pelo facto de a traseira do veículo manter a configuração “forma lágrima”. Por se assemelhar à traseira de uma pequena embarcação esta estratégia recebe a denominação de “Boatend”, traseira de barco (tradução nossa).

Esta opção é consensual no que diz respeito à melhoria da eficiência aerodinâmica, no entanto o uso desta estratégia está bastante condicionada devido à sua forma agressiva e pouco funcional para a condução de um veículo citadino e dificuldade de utilidade no espaço interior.



Figura 7 - Veículo que apresenta uma traseira com a forma “boatend”.

O Eco Car Tuning recorre à adição desta estratégia aos automóveis que altera. No entanto, esta é a solução é a mais complexa, dispendiosa e de estética bastante controversa entre os apreciadores de automóveis.



Figura 8 - Exemplo de estratégia Eco Car Tuning, traseira “Boatend”.

IV. Cavas das rodas traseiras cobertas.

As cavas das rodas e as próprias rodas são elementos no automóvel que causam turbulência. Tapar as cavas das rodas é algo que vai fazer com que o ar circule em volta do veículo com mais facilidade, melhorando significativamente o escoamento do ar. Esta solução é recorrente nos automóveis entre os anos 30 e os anos 60 do século XX.



Figura 9 - Automóvel com as cavas de rodas traseiras cobertas.

Os praticantes de Eco Car Tuning adicionam coberturas às cavas das rodas traseiras a veículos que não possuem esta estratégia.



Figura 10 - Exemplo de estratégia Eco Car Tuning, cobertura das cavas de rodas traseiras.

V. Coberturas para as rodas.

As rodas são uma área problemática dificultando o escoamento lateral do ar interferindo na estabilidade do veículo. As jantes das rodas são um acessório estético com muito peso perante o público. No automobilismo de competição, o design destas é pensado de forma a direcionar o ar para os refrigerar os travões. Nas viaturas económicas este aspeto não é necessário visto não se atingirem velocidades que comprometam a integridade dos travões e as travagens não necessitam de arrefecimento imediato. Apesar disto, muitos veículos com pouca ou média cilindrada que recorrem à ECT, colocam coberturas nas rodas (jantes) sem que, se perceba os prejuízos que isto possa estar associado a funcionalidade dos travões.



Figura 11 - Jantes de carros de alta cilindrada com grandes aberturas para refrigeração do sistema de travagem em altas velocidades.

Cobrir as jantes de forma adequada, com uma superfície suave, proporciona um melhor escoamento do ar que de outra forma criaria turbulência no interior das rodas. É uma opção com poucos custos e de fácil aplicação usada pelo Eco Car Tuning.



Figura 12 - Coberturas para as rodas.

VI. Spoiler dianteiro.

A parte de baixo de um veículo económico é a área com mais elementos prejudiciais ao escoamento aerodinâmico como o cárter, o sistema de escapes e o depósito. Devido a ser uma superfície irregular a turbulência causada é bastante significativa. Cobrir toda esta área, formando uma superfície plana o que facilitaria o escoamento seria a opção ideal visto melhorar o escoamento do ar. No entanto, para além de ser uma modificação dispendiosa, é deveras complexa visto que grande parte dos automóveis não suporta esta solução. O ECT utiliza como solução alternativa para interferir no coeficiente aerodinâmico da parte de baixo do veículo, sem alterá-lo, a instalação de um spoiler dianteiro que reduz a turbulência frontal e aproxima o fluxo de ar do solo, afastando-o da superfície irregular do fundo do veículo que reduz a sua estabilidade e aderência ao solo.



Figura 13 - Veículo que recorre a utilização de um spoiler dianteiro.

Inserir um Spoiler dianteiro é uma solução simples e barata, os aficionados pelo ECT recorrem com muita frequência a adição de spoilers dianteiros em seus veículos.



Figura 14 - Adição de um spoiler dianteiro.

VII. Defletores de pneus dianteiros.

Como os pneus são estruturas planas no plano frontal dos veículos e esta é visto ser uma superfície que se opõe-se à direção do fluxo de ar causando elevada resistência. A solução encontrada pelos fabricantes automóveis consiste na aplicação de um elemento independente em forma de barreira ou inserido na forma do para-choques que direciona o fluxo de ar para fora dos pneus.

Nos veículos sem defletores de pneus dianteiros, os praticantes do Eco Car Tuning recorrem frequentemente à adição de um elemento independente, sendo muito semelhante à estratégia usada pela indústria automóvel

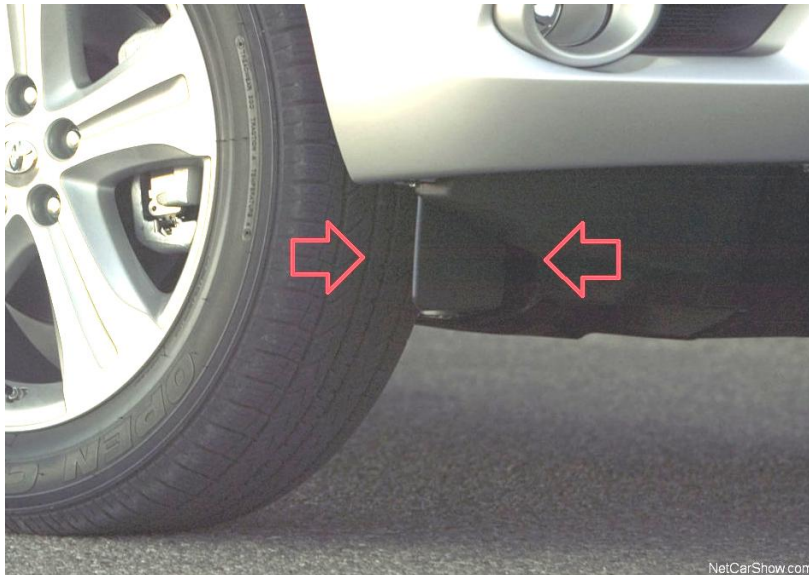


Figura 15 - Defletor de pneu dianteiro.

VIII. Defletor traseiro lateral.

Extremidades traseiras arredondadas são ineficientes aerodinamicamente, causando turbulência na esteira de ar produzida pelo veículo. Vincar esta extremidade permite que o ar siga um trajeto mais perpendicular à traseira do automóvel criando uma considerável diminuição na turbulência. Tal como no difusor dianteiro, esta estratégia é produzida pela indústria automóvel em duas soluções: elementos adicionais ou no design do para-choques traseiro.

Sendo algo de fácil aplicação, os praticantes do ECT recorrem frequentemente à dicção de um elemento independente, na lateral da traseira do veículo.



Figura 16 - Defletor lateral traseiro.

Um ponto comum entre as fontes pesquisadas está na opinião de especialistas e aficionados pelo automobilismo que discutem a relação entre funcionalidade real e meros atributos estéticos ligados ao ECT, não visualizando consenso entre eles nem tendências. Para que se possa avaliar a opinião dos consumidores a cerca identificação destas estratégias, a afinidade estética e simbólica das soluções de ECT serão testadas no Estudo de Campo (cap. 4).

2.2 Definição de Modelos de Referência para Ensaio de Design Aerodinâmico

A lista de automóveis com o melhor desempenho aerodinâmico é extensa conta com 12 modelos (motorburn), porém conta com vários modelos que não correspondem especificamente aos requisitos pretendidos. Dessa lista constam veículos que têm um número de produção bastante reduzido e são fruto de uma produção quase artesanal e veículos que pertencem à classe dos superdesportivos, o que faz com que o seu preço de venda ao público seja bastante avultado. Ambos ficam excluídos deste estudo, tendo em conta que pretendemos otimizar veículos de massas e não série específicas para grupos sociais abastados. Contudo, estratégias aplicadas nos segmentos de luxo ou superdesportivos, devem ser estudados e podem transitar para as nossas estratégias.

Para a seleção dos modelos que serão utilizados como referência no estudo experimental foram estabelecidos os seguintes critérios:

- Pertencer a uma classe comercial, ou seja, ser feito em produção massificada e dentro de uma faixa de custo acessível a classe média (média 15.000 euros);
- Não pertencer as gamas de alto-luxo, séries exclusivas ou superdesportivos;
- Selecionar o modelo com melhor coeficiente de atrito;
- Selecionar o modelo com melhor coeficiente de atrito e maior número de vendas global.

Neste sentido, foram selecionados: o Mercedes-Benz CLA e o Toyota Prius. Ambos são exemplares na forma como lidam com o desempenho aerodinâmico, no entanto, são dois modelos completamente distintos na sua filosofia.

Mercedes-Benz CLA

O Mercedes-Benz CLA é descrito pelo site da Mercedes como sendo o automóvel de serie melhor aerodinâmico do mercado, contando com um coeficiente de atrito dinâmico de 0,23 (μd) (Aerodynamics Champion, 2014).

Restringimos, portanto, a escolha a apenas dois modelos: o Mercedes-Benz CLA e o Toyota Prius. Ambos são exemplares na forma como lidam com o desempenho aerodinâmico, no entanto, são dois modelos completamente distintos na sua filosofia.

O Mercedes-Benz CLA é descrito como sendo o automóvel de serie mais aerodinâmico do mercado, contando com um valor recordista de Cd de 0,23. Esta marca é atingida devido a utilização de estratégias inerentes ao desenho do automóvel (Aerodynamics Champion, 2014).



Figura 17 - Mercedes-Benz CLA.

Toyota Prius

O Toyota Prius é um modelo híbrido que tem como argumento de mercado a elevada eficiência aerodinâmica, devido à utilização de motores de baixa cilindrada suportado por um motor elétrico e que com um coeficiente de atrito dinâmico de $0,25 (\mu)$. É também patente na sua estética estes objetivos.

Ao contrário do CLA, as linhas do Prius transparecem claramente as estratégias aerodinâmicas discutidas no subcapítulo 2.1 (Eco Car Tuning) assumindo-se como um modelo que pretende ser um sinónimo de ecologia e poupança energética (Prius design elements, 2014)



Figura 14 - Estratégias para otimização aerodinâmica do Toyota Prius.

Como já foi referido estes 2 modelos possuem um vasto leque de soluções que os tornam exemplos a seguir na questão da eficiência aerodinâmica. No entanto, parte dessas estratégias ou simplesmente estão escondidas na estrutura do veículo ou são produto de estudos de engenharia, em que o design não entra como preocupação. Posto isto, retiramos 3 estratégias de cada modelo, estratégias essas que podem ser observadas à lupa do design.

Capítulo 3- Metodologia

A investigação para este estudo, contou com a pesquisa de obras impressas, de artigos, e de lugares na Internet. Esta última foi deveras recorrente pois o nível de aprofundamento académico no que toca a estratégias aerodinâmicas complementares é escasso. Com a investigação pudemos afirmar que, estas estratégias são algo bastante recente e que tem um número vasto de áreas por explorar. Os resultados destas estratégias provém das experiencias e testemunhos dos proprios utilizadores. Apoiados neste facto, vimos oportunidade para aprofundar esta matéria.

A Figura X apresenta a estrutura do estudo, as fases e a hierarquias as etapas que constituem estas fases.



Figura 19 - Estrutura do estudo.

3.1 Estudo de Campo: Consulta à opinião do utilizador

Como o produto deste estudo destina-se a comercialização de massas é imperativo ter o conhecimento da opinião do utilizador comum, não especialista, a cerca de diversos critérios abordados neste trabalho. Como o nosso estudo foca em algo que afetará diretamente o automóvel e a as suas qualidades estéticas, antes mesmo do reconhecimento das suas potencialidades a nível económico, é necessário compreender como as estratégias ECT são interpretadas pelos seus potenciais consumidores.

3.1.1 Amostra

O questionário contou com uma amostra heterogenia e acidental, totalizado 66 inquiridos voluntariamente. A amostra tem idades compreendidas entre os 19 e os 66 anos (média de 30,17 e desvio padrão de 10,77 anos). A amostra é constituída por 70% de indivíduos do sexo masculino e a formação académica é composta maioritariamente por indivíduos das áreas de Design (56%) e Engenharia (14%). Sujeitos com diversas formação académicas, estudantes e técnicos de nível médio completam a amostra. Menos de 10% da amostra esta diretamente ligado ao ramo automotivo e nenhum dos integrantes é desenvolvedor de soluções aerodinâmicas.

3.1.2 Ferramenta de pesquisa: Questionário

Foi elaborado e validado um questionário (ver anexo 1), publicado online pelo Google Docs a 19 de Maio de 2014 e encerrado a 30 do mesmo mês. A ferramenta de inquérito esta dividida em três grupos de questões:

- **1ª Grupo de questões:** Caracterização da amostra (n questões);
- **2ª Grupo de questões:** Avaliação da opinião sobre soluções e aspetos estéticos dos automóveis alterados por estratégias Eco Car Tuning;
- **3ª Grupo de questões:** Avaliação da opinião sobre soluções e aspetos estéticos e simbólico de acordo com as classes dos automóveis;

O questionário inicia-se com o primeiro grupo de questões que visam a caracterização da amostra, saber a idade, o género, a ocupação/formação e o grau de afinidade com a indústria ou produtos automotivos. De seguida, segundo grupo de questões, encontram-se as questões relacionadas com avaliação da opinião sobre soluções e aspetos estéticos dos automóveis alterados por estratégias Eco Car Tuning (b).

Neste grupo, foram apresentados vários modelos de automóveis que correspondem a diferentes estratégias de design amador e design profissional para a ECT. No terceiro grupo de questões público-alvo foi questionado sobre o seu gosto em relação a estratégias aerodinâmicas ou a inexistência destas nas classes de automóveis do mercado, questões de estilo e afinidade simbólica e as questões finais incidiram sobre quais as preocupações mais importantes tidas em conta na aquisição de um veículo e qual a categoria automóvel de eleição.

Tanto às questões sobre o design global dos automóveis, como às questões sobre as estratégias específicas foram requeridas respostas em escalas tipo Likert, em que se categorizavam por: “detesto”, “não gosto”, “indiferente”, “gosto” e “adoro”.

3.2 Análise experimental: Design aerodinâmico

Segundo muitos dos autores de referência neste estudo (*Wind tunnel investigations of aerodynamic coefficients of road vehicles on bridge deck; High-performance road-vehicle optimised aerodynamic design; Some innovative concepts for car drag reduction body design*) a melhor forma de compreender e analisar as estratégias aerodinâmicas é a utilização de um túnel de vento. Esta ferramenta permite obter dados detalhados sobre a eficiência, ou a falta dela, de um veículo convencional ou modificado. Existem dois tipos de túnel a considerar: o túnel de vento físico, que requer análise de objetos reais ou modelos em escala. Da mesma forma que a literatura aponta diversos estudos que utilizam simuladores de túneis de vento virtual, que aparecem na forma de um software (Huang, 2011; Guilmineau, 2008; Beccaria). Os objetos em estudo necessitam de ser igualmente virtuais, ou seja, modelos em 3 dimensões. Para este estudo foi utilizado o software Flow 3D Design da empresa Autodesk e os modelos utilizados foram recolhidos em sites especializados em modelação automobilística tendo as suas medidas sido as suas medidas comparadas com as medidas dos veículos reais fornecidas pelos construtores.

3.2.1 Testes em Túnel de Vento Físico

Tendo em conta que a plataforma ideal este estudo seria a realização dos testes no túnel de vento físico existente no Departamento de Ciências Aeroespaciais da UBI. Visto tratar-se de um túnel à escala foi imperativo a aquisição de modelos também à escala para a avaliação dos coeficientes aerodinâmicos. Devido ao custo e da escassez de réplicas à escala pretendida limitou-se a aquisição a apenas um automóvel, sobre o qual iam incidir todos os testes. Todos os testes foram orientados e supervisionados pelo Professor Doutor Hélder Correia.

O funcionamento do túnel de vento em questão baseia-se no princípio da utilização de uma célula de pressão. Quando o objeto é exposto à força do ar, um sistema semelhante a uma balança leva a que a dita célula seja pressionada. Os dados são então captados por um computador, dando os resultados em tempo real.

O modelo adquirido tratou-se de um Seat Ibiza de 5 portas (2009- Presente) numa escala 1:24. Fabricado pela Bburago, este modelo respeita, a um bom nível, as dimensões e detalhes do automóvel replicado.



Figura 20 - Túnel de vento do Departamento de Ciências Aeroespaciais.

3.2.2 Testes em Túnel de Vento Virtual

Perante as inúmeras dificuldades durante os testes em túnel de vento físico, que com o modelo utilizado não era capaz de apresentar resultados válidos (ver item 4.2.1) decidimos recorrer a um túnel de vento virtual

A escolha sobre um túnel de vento digital pode ser justificada pela recorrente utilização deste tipo de plataformas pela indústria automóvel. Foi escolhido o Flow Design da Autodesk é um programa de CFD fiável que é direcionado para os designers, pois apresenta um interface simples e intuitiva podendo ser utilizado em todas as fases de desenvolvimento dos conceitos.

Enquanto que, no túnel de vento real descrito anteriormente, estaria restrito a apenas 1 modelo devido às dificuldades já relatadas no ponto 3.2.1. O túnel de vento virtual, poderia testar mais modelos, em escala real e assim a amostra foi alargada para 3 automóveis (adquiridos em bancos de modelos online especializados), mantendo o estudo como inicialmente proposto pelo orientador.

Foram estabelecidos critérios para a seleção dos 3 modelos que recaíram sobre a data do veículo, o seu sucesso comercial e a qualidade e precisão da modelação. Aqui o próprio simulador CFD foi utilizado como filtro, avaliando os modelos e comparando aqueles que possuíam coeficientes de atrito iguais ou muito próximos dos coeficientes divulgados pelos fabricantes.

Os modelos escolhidos para os testes em túnel de vento virtual são viaturas com um elevado sucesso comercial, podendo ser encontrados em abundância nas estradas. Os escolhidos foram:

- Ford Fiesta (2008),
- Volkswagen Polo (2009),
- Nissan Micra (2002),
- Fiat Uno (1983).

Estas réplicas corresponderam de igual maneira aos nossos requisitos, pois o seu nível de precisão em relação aos modelos reais demonstrou ser bastante elevado e os coeficientes de atrito são iguais ou muito próximos dos indicados pelos construtores (Tabela 3).

Como resultados deste processo avalisamos, identificamos e retiramos as estratégias sucedidas presentes nos modelos do Ford Fiesta (2008), Volkswagen Polo (2009), Nissan Micra (2002) para serem aplicadas na otimização do modelo de um Fiat Uno (1983) que devido ao seu desenho angular, é um bom exemplo da fraca eficiência aerodinâmica e pode ser melhorado com facilidade, permitindo a avaliação dos impactos das mais simples alterações.

A tabela 3 mostra o Coeficiente de Atrito disponibilizado pelas respetivas marcas e comparado com o CA e dos modelo 3D em Flow Design.

Tabela 3 - Coeficiente de Atrito divulgado pelas marcas vs. Coeficiente de Atrito do modelo 3D extraído Flow Design.

Modelo	Coeficiente de Atrito divulgado pelas marcas (μd)	Coeficiente de Atrito modelo 3D em Flow Design (μd)
Volkswagen Polo (2009)	0.32	0.38
Nissan Micra (2002)	0.33	0.40
Ford Fiesta (2008)	0.33	0.39
Fiat Uno (1983)	Não encontrado	0.46

3.2.3 Ensaios de design aerodinâmico

Analisamos e extraímos, dos modelos de referência para o design aerodinâmico, as estratégias inerentes ao seu design que contribuem para o seu desempenho de referência. Estas estratégias foram posteriormente aplicadas a um Fiat Uno, que devido ao baixo nível de atenção a sua eficiência aerodinâmica, se torna um excelente candidato a ser melhorado. Abandonando, em parte, o conceito de peças independentes e aplicáveis, decidimos intervir a na forma geral do automóvel. De modo a não perder o cunho comparativo, certos aspetos foram mantidos relativamente inalterados, como as dimensões e alguns painéis do automóvel.

Capítulo 4- Resultados

4.1 Resultados do Estudo de Campo

Consideramos o inquérito efetuado deveras satisfatório visto que a participação ultrapassou os 60 indivíduos. Com estes resultados conseguiu-se um nível de informação que de outra forma seria impossível. Para além da informação global, parcelamos os resultados em mais duas categorias: resultados de acordo com os sexos, e resultados de acordo com o nível de envolvimento e gosto pelo mundo automóvel. Desta maneira podemos compreender com maior eficácia o que um público diversificado aprova, desaprova e pretende.

Foram efetuadas 5 questões referentes a aspetos gerais do design de determinados modelos. De seguida, inquiriu-se o utilizador recorrendo a 14 questões sobre estratégias aerodinâmicas. Para terminar surgiram 2 perguntas referentes ao grau de importância dos fatores apresentados e qual a classe de eleição na aquisição de um veículo.

Nível de envolvimento e gosto pelo mundo automóvel

Em relação o nível de envolvimento e gosto pelo mundo automóvel percebemos que, no critério “não gosto” a adesão foi nula seguindo-se do “profissional” com 12% e do “indiferente” com 14%. A maioria é preenchida pelo “gosto” (39%) e pelo “adorno” (35%).

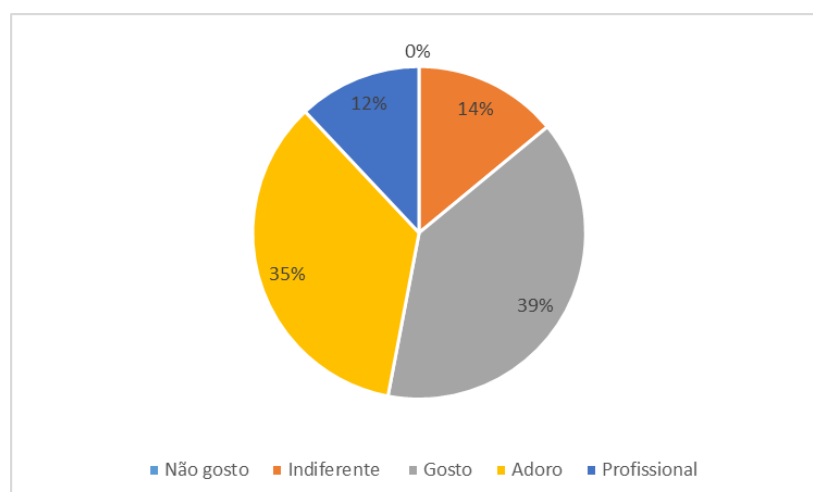


Figura 21 - Nível de envolvimento e gosto pelo mundo automóvel

Aspetto geral dos veículos

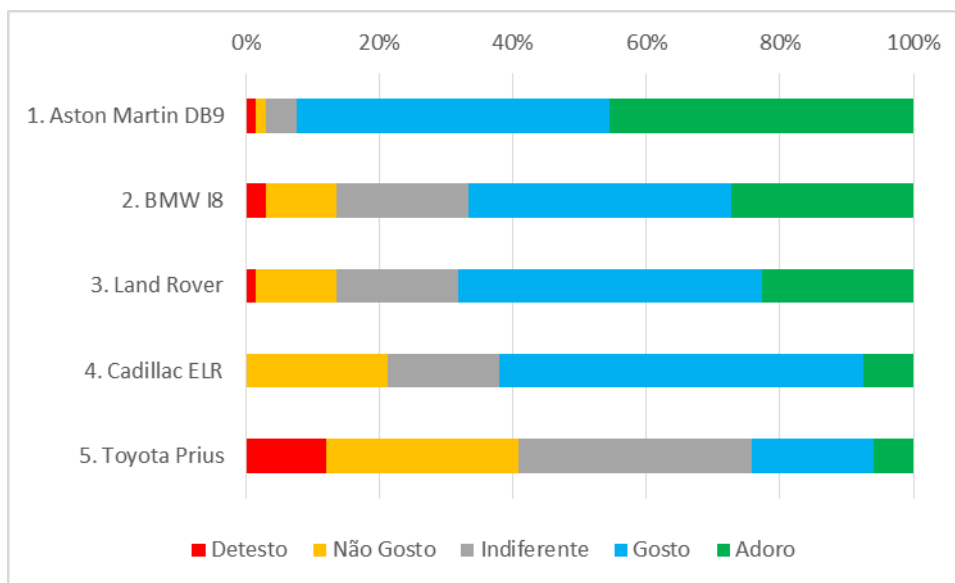


Figura 22 - Opinião sobre o aspeto geral dos veículos.

1. Aston Martin DB9 - Desportivo com design clássico. Relativamente ao Aston Martin percebemos que dos inquiridos apenas 5% foram indiferentes para com este modelo, tendo o “gosto” e o “adoro” reunido 92% das opiniões. Este foi o modelo que reuniu mais apreciação por parte dos inquiridos, revelando que o design clássico é a estética mais estimada pelo utilizador.

2. BMW i8 - Desportivo com design ecológico. Com uma percentagem de 66% o “gosto” e o “adoro” foram a opinião predominante. Tendo apenas 3% respondido “detesto”. O utilizador aprecia a estética ecológica vincada do i8, mesmo não alcançando os níveis de aceitação do Aston Martin.

3. Range Rover - Todo-o-terreno com aspeto robusto e anguloso. Apenas 2% dos inquiridos responderam “detesto” nesta questão. A maior fração encontra-se na opinião “gosto” e “adoro” reunindo 68%. O que corrobora o fato de o utilizador ter interesse em veículos de grande porte, que não assumem qualquer responsabilidade ecológica.

4. Cadillac ELR - Automóvel híbrido, no entanto o seu design não transparece a sua vertente ecológica. Mais de metade dos inquiridos optou pela opinião “gosto” (55%), em contraste com “detesto” que contou com 0% dos votos. Percebemos que os inquiridos apreciam o esforço por parte da indústria automóvel ao conceber carros ecológicos mas que não o transpareçam pela sua estética.

5. Toyota Prius - Design ecológico fortemente vincado. O “indiferente” (35%) e o “não gosto” (29%) foram as opções com maior quantidade de votos dos inquiridos quando confrontados

com o Toyota Prius. Este é o modelo que revelou ser o menos apreciado pelo utilizador. Comparado com o Cadillac, visto serem automóveis com características ecológicas semelhantes, percebemos que o fator de decisão se baseou nas diferentes linguagens estéticas. Isto levou-nos a concluir que o utilizador não acolhe com agrado o design ecológico em automóveis da classe económica. No entanto esta estética é bem recebida quando aplicada a desportivos.

Detalhes aerodinâmicos do ECT

O (1) **ângulo proeminente entre capô e para-brisas** revelou ser uma estratégia que reuniu uma considerável quantidade de “gosto” tendo chegado aos 55%, tendo apenas 3% revelado que a detestam. Na estratégia oposta, ou seja, o (2) **ângulo amplo entre capô e para-brisas**, a indiferença ficou nos 36% sendo a quantidade de “não gosto” e de “detesto” de 35%.

Quando confrontados com a (3) **traseira “Kammback”** e com a (4) **traseira “boatend”**, 59% dos inquiridos escolheu o “não gosto” e “detesto” 59%, no entanto é a segunda estratégia que recolhe um maior percentual de “detesto” (18%) contra os 6% da traseira “Kammback”.

Um total de 62% dos inquiridos não gosta ou a detesta a estratégia (5) **cavas de rodas traseiras cobertas**. Já a (6) **ausência desta solução** totalizou 79% de “gosto” e de “adoro” contra 24% da mesma classificação na estratégia de cobrir as cavas das rodas traseiras

Em resposta à questão referente à estratégia (7) **“cobertura de jantes”**, apenas 6% revelou adorar esta solução enquanto, 64% revelou não gostar e até mesmo detestar. Em contrapartida, as (8) **jantes tradicionais** que equipam a grande maioria dos automóveis revelou um elevado nível de indiferença que ultrapassa os 50%

Em relação ao (9) **spoiler dianteiro** 46% dos inquiridos revelou detestar e não gostar desta estratégia aerodinâmica, sendo que (10) **a sua subtração** revelou causar indiferença em 41% dos utilizadores.

Confrontados com os (11) **defletores de pneus dianteiros**, 50% dos inquiridos revelou ser indiferente a esta estratégia aerodinâmica. A (12) **inexistência desta solução** é também causa de indiferença por parte do utilizador contando, no entanto, com um valor mais baixo de 41%.

Os (13) **defletores laterais traseiros** contam com um percentual de “gosto” e “adoro” de 40%, no entanto a (14) **ausência desta solução** recolhe um valor ligeiramente superior de aprovação (44%).

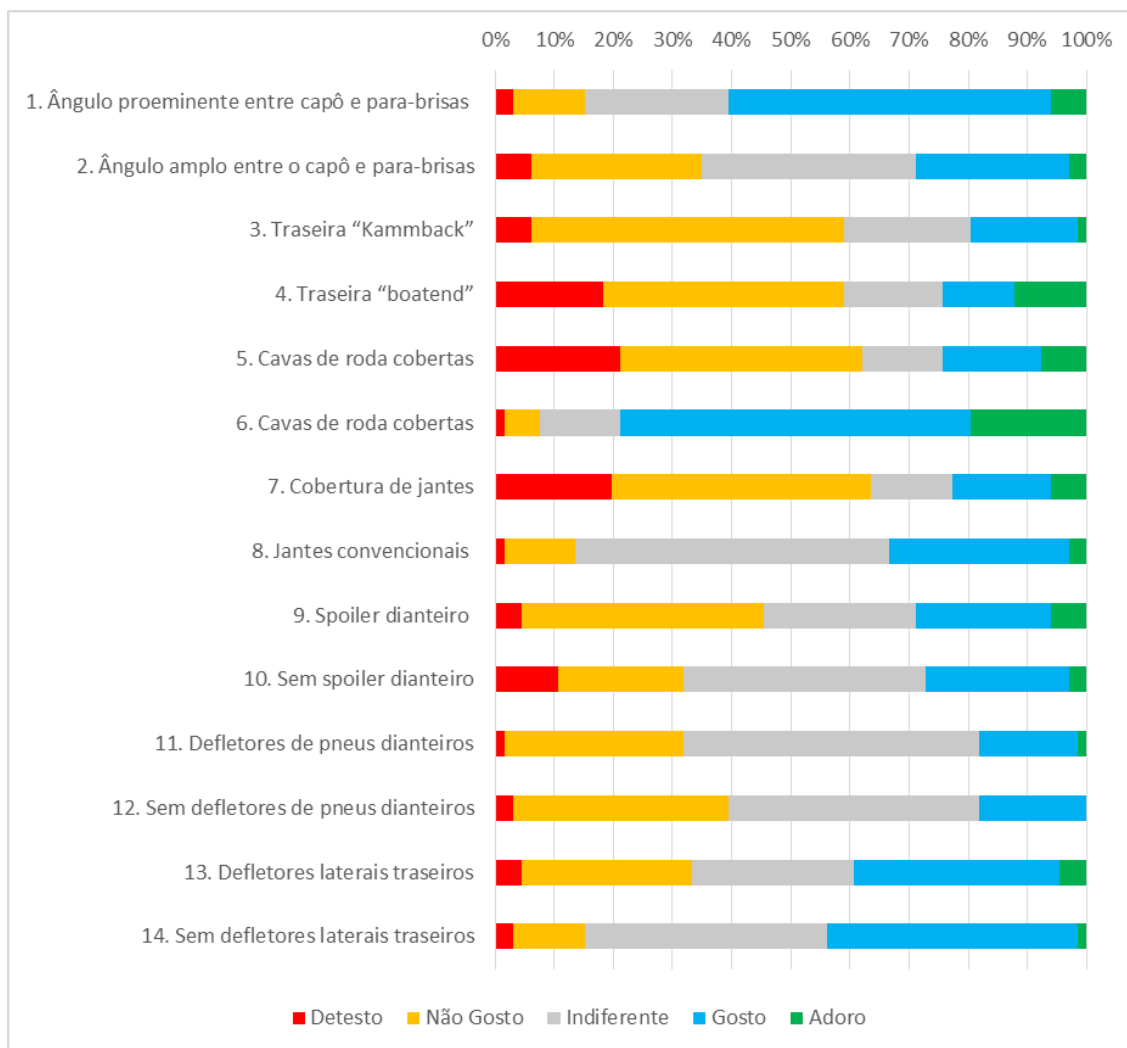


Figura 23 - Opinião sobre estratégias ECT e a sua ausência.

Grau de importância das qualidades a ter em conta na aquisição de um veículo.

Os inquiridos revelaram que, as qualidades que mais têm em conta quando pensam em adquirir um veículo são os consumos e o preço, sendo a performance a de menor relevância.

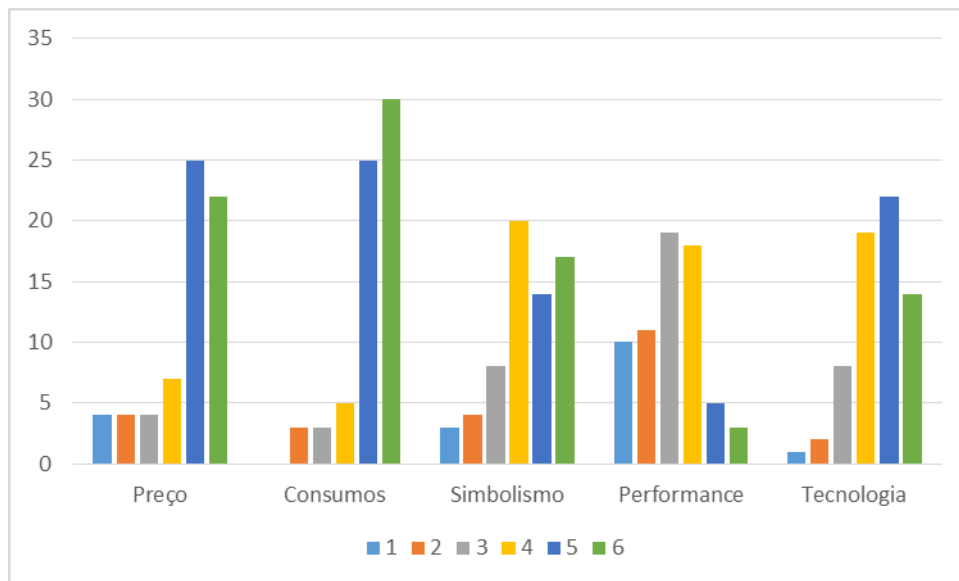


Figura 24 – Grau de importância das qualidades a ter em conta na aquisição de um veículo.

Classe de eleição

Desportivo foi a classe de eleição dos inquiridos reunindo 30% dos votos, seguido do familiar (20%). O executivo revelou-se ser a classe menos desejada com apenas 6% dos votos.

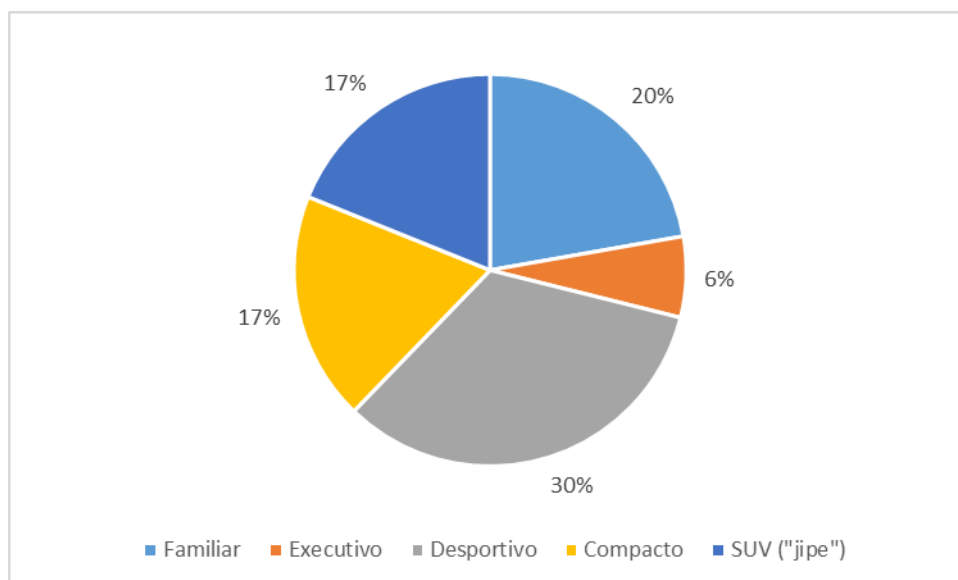


Figura 25 - Classe de veículos de eleição.

O Aston Martin foi o modelo que mais reuniu um consenso positivo revelando ser bastante apreciado pelo público. No entanto, 10% do público feminino revelou ser indiferente a este automóvel. Por seu lado o BMW i8 notoriamente agrada mais ao público profissional do que ao amador, revelando uma percentagem de aprovação 80% para 40% respetivamente. Contudo 45% dos inquiridos do sexo feminino mostrou indiferença ou desagrado em relação ao BMW. No caso do Range Rover, estando nós a falar de um veículo pesado e imponente é interessante perceber o agrado tanto do público feminino (70%) como do masculino (68%). Tendo mesmo uma taxa de aprovação ligeiramente superior no caso das mulheres. O Cadillac ELR obteve uma aprovação equiparada em ambos os sexos com 66% a referir que gosta ou adora este modelo. Paradoxalmente 25% do público feminino referiu o seu desagrado em relação a o ELR. O Prius mostrou ser um veículo desinteressante para o público. Já 50% dos inquiridos profissionais mostram o que não gostam ou detestam este modelo da Toyota.

Tendo este questionário seguido uma lógica de apresentar as estratégias a sua ausência, chegamos à conclusão que os utilizadores não apreciam a maioria destas soluções. A indiferença foi patente na opinião obtida. No caso do difusor dianteiro não foi apenas a sua existência que se revelou indiferente para os inquiridos como também a sua ausência. Com isto, decidimos retirar esta estratégia das soluções que posteriormente seriam testadas visto que, estando nós a falar de algo que tem como fim a comercialização, esta reação do utilizador denotou ser uma estratégia inviável. A solução que despertou um impacto mais negativo por parte do público foi a cobertura para as rodas, tendo uma percentagem de “não gosto” e de “detesto” de 64%, no entanto agrada em específico a 35% do público feminino. Mesmo não alcançando este percentual, as restantes estratégias tiveram uma apreciação global bastante equiparada, oscilando entre os 59% e os já referidos 64%. É também curioso perceber que, em relação à traseira “Kammback”, uma estratégia já recorrente na indústria automóvel, 68% do público profissional declare não gostar e até mesmo detestar esta solução.

Quando questionados pelo grau de importância dados aos aspetos preço, consumo, simbolismo, performance e tecnologia, globalmente o público demonstrou mais atenção ao fator consumo. Neste caso, tanto o sexo masculino como o feminino atribuem o mesmo grau de relevância igualados em 80%. Compreendeu-se que dos inquiridos são os engenheiros quem mais importância dá ao preço com um percentual de 78%. Os homens são quem também considera o preço como o fator de menos peso. Relativamente ao simbolismo são as mulheres que lhe atribuem o maior peso, com uma fatia de 70% no peso de decisão. Designer revelou ser a profissão que mais tem em consideração o fator do simbolismo na aquisição de um automóvel. No fator performance, 66% dos engenheiros consideram ser algo indiferente, tendo sido os amadores, a fatia de público que mais importância dá a este aspeto em 54%. O fator tecnológico foi visto por 10% das mulheres como algo a não ter em consideração em contraste com 60% dos homens que a veem como fundamental. No entanto nem a profissão de designer a de engenheiro atribuíram tanta relevância a este aspeto com as restantes profissões (60%)

4.2 Resultados da Análise Experimental: Teste de Aerodinâmica

Serão efetuados testes que nos possibilitem compreender e selecionar estratégias de design aerodinâmico. Com recurso a um túnel de vento físico e a um túnel de vento virtual iremos ensaiaremos as soluções aerodinâmicas aplicadas a modelos da classe económica, estudando os seus resultados. Testadas estas estratégias e em conjugação com as soluções encontradas nos veículos de referência aerodinâmica procederemos à modificação de um modelo (Fiat Uno) de baixa eficiência aerodinâmica.

4.2.1 Testes em Túnel de Vento Físico

Com a aquisição do modelo a escala procedeu-se então à preparação dos testes em Túnel de vento físico. Este procedimento de preparação consistiu em criar um suporte com o objetivo de prender o modelo à balança. Para isso foi utilizado um tubo de ferro que foi posteriormente fixado ao modelo. Foi necessário também a utilização de uma lâmina de madeira com o propósito de simular a base para o modelo, ou seja, a estrada. As posteriores modificações a serem acrescentadas ao automóvel seriam esculpidas em massa epóxi. Com todo este processo completo procedeu-se ao teste do modelo sem alguma alteração.

No entanto, com os dados obtidos pelos vários testes preliminares compreendemos que não iríamos obter dados viáveis. A balança do túnel não possui precisão suficiente para um modelo de escala tão reduzida, pois esta foi calibrada para objetos de maiores dimensões. Decidimos, então, abandonar os testes em túnel de vento físico e procurar uma nova forma de realizar os ensaios. Ver resultados em Anexo 4.



Figura 26 - Ensaio em túnel de vento físico.

4.2.2 Testes em Túnel de Vento Virtual

O processo de testes em túnel de vento virtual no Flow Design é semelhante ao do túnel de vento físico. Uma vez o modelo 3d do automóvel importado, é necessário um compasso de espera para que o fluxo de ar estabilize. Neste software podemos analisar o coeficiente de atrito, ter uma visão 3d do fluxo de ar, usar planos para melhor visualizar o escoamento ou pressão e ter um mapa impresso no automóvel das áreas de pressão.

Com o software e os modelos adquiridos, procedemos a testes preliminares. Obtendo resultados satisfatórios seria necessário iniciar o processo de adição das estratégias aos modelos 3d. Para isso foram usados dois programas de modelação: o Rhinoceros e o SolidWorks. Para ver as modificações em mais detalhe, consultar o Anexo 3.



Figura 27 - Ford Fiesta com todas as estratégias combinadas.



Figura 28 - VW Polo com todas as estratégias combinadas.



Figura 29 - Nissan Micra com todas as estratégias combinadas.

Depois dos testes das estratégias aplicadas aos modelos, obtivemos os resultados.

Tabela 4 - Resultado dos testes em túnel de vento virtual.

Estratégias	Efeito das estratégias no Cd. dos modelos					
	Ford Fiesta		Nissan Micra		VW Polo	
	Cd. da marca	% Cd. Alt.	Cd. da marca	% Cd. Alt.	Cd. da marca	% Cd. Alt.
Ent. Ar front. Cobertas	0,33	+30%	0,33	+8%	0,32	+26%
Tampas nas jantes	0,33	0%	0,33	0%	0,32	0%
Kammback	0,33	+2,50%	0,33	0%	0,32	+5%
Cavas traseiras tapadas	0,33	0%	0,33	0%	0,32	0%
Defletores laterais traseiros	0,33	0%	0,33	-	0,32	0%
Combinação	0,33	+32%	0,33	+8%	0,32	+28%

A estratégia “entradas de ar frontais cobertas” revelou-se muito prejudicial na maioria dos modelos ensaiados. Admitimos quem em determinadas viaturas, esta estratégia poderá ser eficiente, mas no caso particular dos modelos ensaiados, tem um profundo impacto negativo. Impacto esse que pode chegar a um acréscimo no coeficiente de atrito de 30%.

A explicação para este fenómeno prende-se com o facto de que, as reentrâncias da parte frontal do automóvel ao serem cobertas, existe bloqueio à passagem do ar que, caso contrário, seguiria para o compartimento do motor. Ou seja, o fluxo que se destinaria a refrigerar o motor e que se escoaria pelo fundo do automóvel é retido na frente do mesmo criando uma maior área de pressão.

A aplicação de uma traseira com a forma “Kammback” também se revelou prejudicial, havendo aumentos no Cd. na ordem dos 5%. O escoamento traseiro destes modelos revelou-se eficiente, pelo que, adicionar esta estratégia apenas vai aumentar a superfície de atrito aerodinâmico.

As restantes estratégias mostraram-se redundantes. No caso particular do Nissan Micra, a inexistência da solução “defletores laterais traseiros” deve-se ao facto de este automóvel já apresentar um desenho traseiro que apresenta esta estratégia.

4.2.3 Análise Comparativa

Fomos conduzidos à necessidade da comparação entre os 3 modelos testados. Estes veículos foram importados para o software, completamente inalterados, ou seja, na sua versão standard, com o objetivo de comparar as suas características aerodinâmicas. Estudamos o coeficiente de atrito, o seu escoamento e a distribuição da pressão, tanto no ar circundante como no próprio corpo do modelo. O objetivo foi retirar um conjunto de soluções existentes no modelo mais eficiente.

Modelos Ensaiaados

Utilizando os modelos standard, ou seja, sem alterações, precedemos a mais um conjunto de testes no Flow Design. Desta vez, o principal intuito foi avaliar a performance nativa dos automóveis, como forma a entender qual deles teria o melhor desempenho e a causa disso. Os 3 automóveis anunciam valores de Cd bastante semelhantes (ver Tabela 3) nas suas respetivas características, no entanto, os testes revelaram que o modelo com melhor desempenho é o Ford Fiesta. Este modelo é especialmente exímio na redução de áreas de alta pressão, verificando-se áreas bastante reduzidas em comparação aos rivais.

Tabela 5 - Percentagem de área de alta pressão em relação à dimensão frontal do automóvel.

Modelos	Zonas de alta pressão (58.132Pa)
Ford Fiesta	17%
Nissan Micra	29%
VW Polo	33%

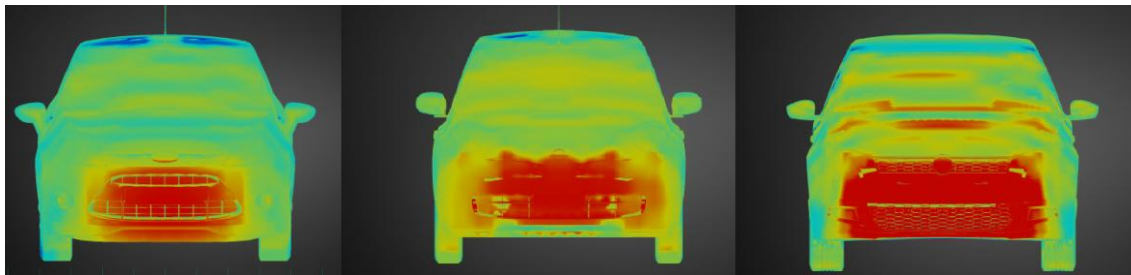


Figura 30 - Mapa de pressão frontal (Ford Fiesta, Nissan Micra, VW Polo).

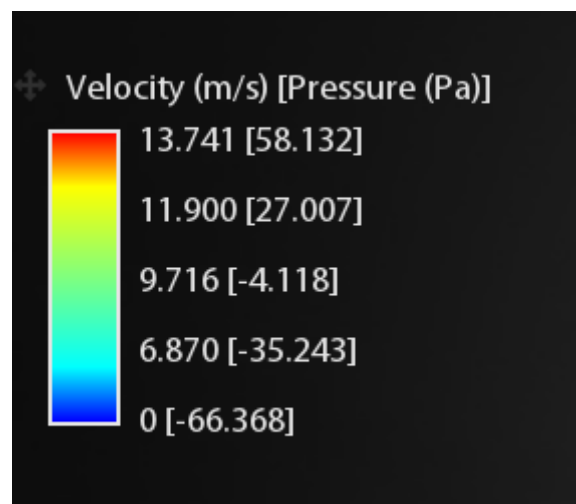


Figura 31 - Legenda do esquema de cores do mapa de pressão.

Tendo em conta que os 3 modelos têm uma forma relativamente semelhante (hatchback) as diferenças entre eles não são abismais. No entanto, compreendemos que o Ford possui determinadas estratégias que não encontramos nem no VW, nem no Nissan.

Ford Fiesta

- Reduzida área frontal devido a um arredondamento acentuado da mesma
- Ângulo bastante suave entre a frente e o pilar A
- Perfil esguio e pouco anguloso
- Traseira com bom escoamento de ar

Modelos de referência para o design aerodinâmico

Da mesma forma que retiramos estratégias do modelo mais eficiente ensaiado, procedemos à compreensão e seleção nos modelos de referência para o design aerodinâmico das mesmas. Tivemos em conta, apenas aquelas soluções que se encaixavam no perfil do veículo a ser modificado, visto tratar-se de segmentos diferentes. Decidimos então retirar 3 soluções de cada modelo.

Mercedes CLA

- Perfil esguio e pouco anguloso
- Reduzida área frontal devido ao ângulo horizontal acentuado dos faróis
- Canais frontais de escoamento de ar

Toyota Prúis

- Reduzida área frontal devido a um arredondamento acentuado da mesma
- Perfil esguio e pouco anguloso
- Traseira com bom escoamento de ar

4.2.4 Ensaios de design aerodinâmico

O culminar desta análise comparativa incide sobre a modificação de um modelo de uma época temporal em que a aerodinâmica não estava no topo das preocupações das marcas automóveis. O Fiat Uno de 1983, foi um modelo de enorme sucesso mundial e é possuidor d uma estética angular que era típica da década de 80 no design automóvel. Com uma área frontal bastante grande, com um ângulo entre a frente e o habitáculo bastante acentuado, faz com que este modelo seja suscetível de consideráveis melhorias.



Figura 32 - Modelo 3d Fiat Uno utilizado.

Abandonando, portanto, o conceito de acessórios aerodinâmicos, precedemos a alterações profundas no modelo. Com as estratégias coletadas nas etapas anteriores, foram modificadas: a frente, reduzindo a área de alta pressão e sulcando canais de escoamento no local aonde ficariam os faróis; aumentamos o ângulo entre a frente e o habitáculo, levando a um escoamento mais suave; diminuimos a altura do tejadilho, para que o modelo tenha um perfil mais esguio sem perder habitabilidade; redesenhamos a traseira de modo a que a esteira seja mais uniforme e reduzindo a turbulência. O novo modelo possui a mesma dimensão entre eixos e a mesma largura do automóvel original.

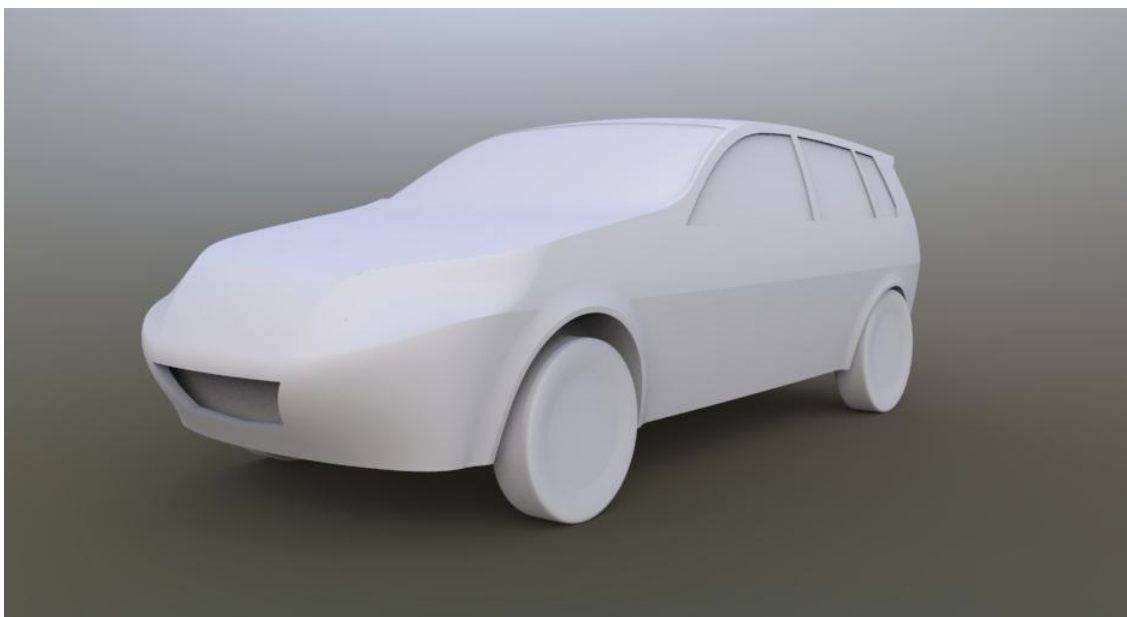


Figura 33 - Fiat Uno modificado (frente).

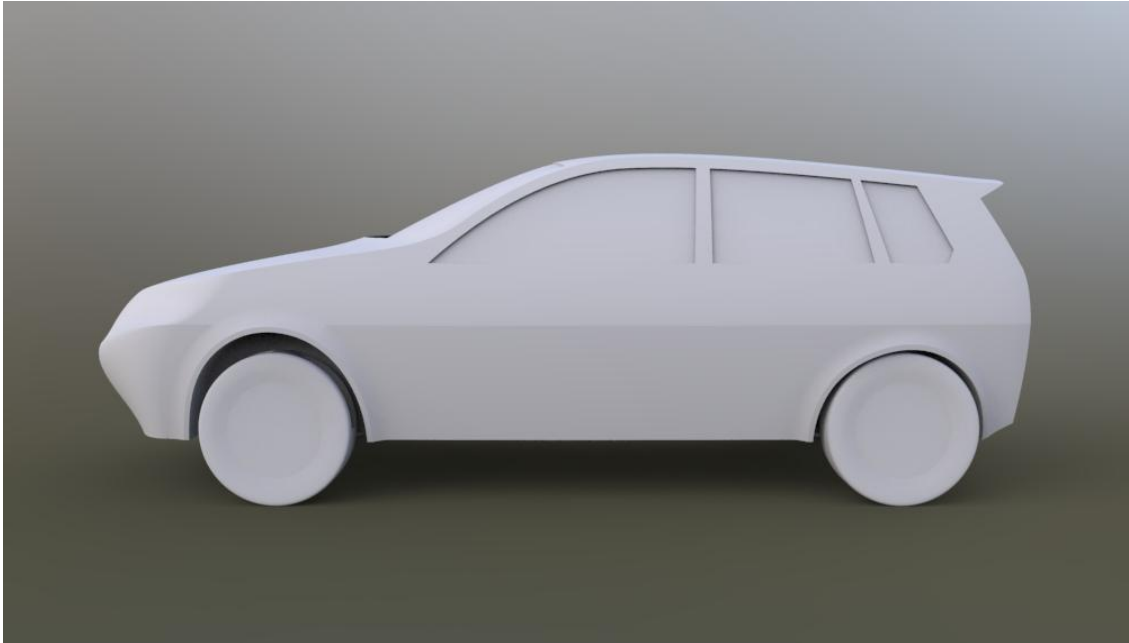


Figura 34 - Fiat Uno modificado (perfil).

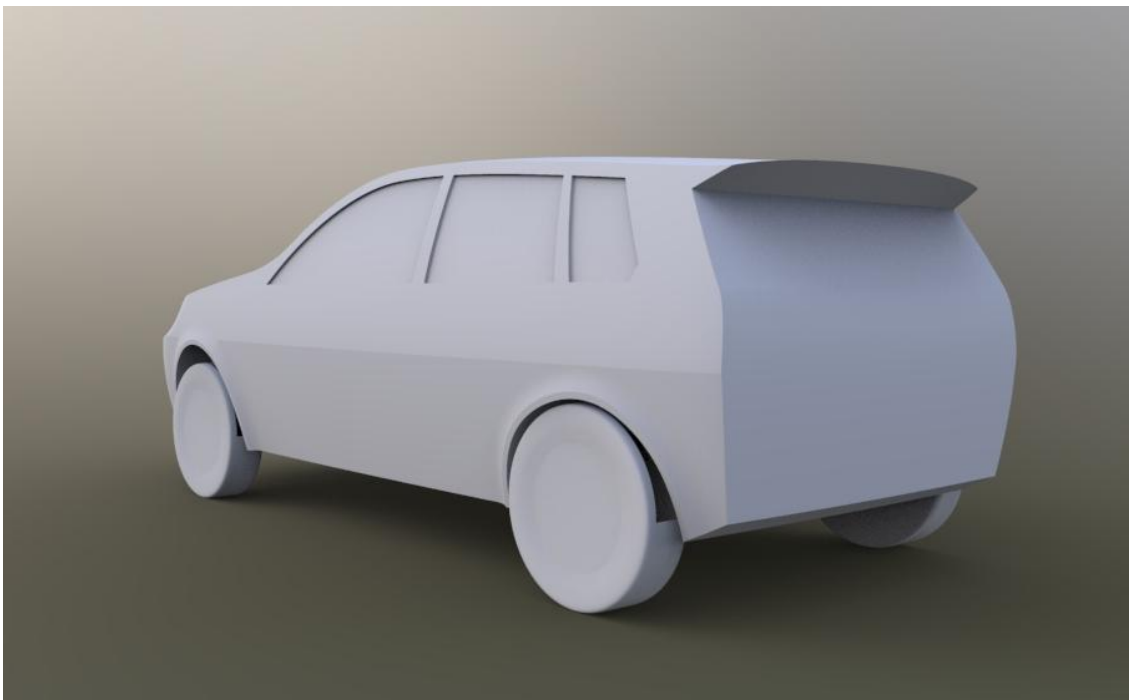


Figura 35 - Fiat Uno modificado (traseira).

O resultado destas modificações foi significativo, houve uma redução de 43% de redução no valor de coeficiente de atrito. É interessante perceber que estas alterações, não comprometendo as virtudes do automóvel como a habitabilidade e elevada a altura ao solo, melhoram consideravelmente a eficiência aerodinâmica do veículo.

Para além de um valor de coeficiente de atrito relativamente baixo, com a estratégia de redução da área frontal ao torna-la curva e aplicação de canais de escoamento do ar, a pressão frontal foi consideravelmente reduzida.

Tabela 6 - Resultado dos testes em túnel de vento virtual.

Fiat Uno		
Cd. do veículo inalterado obtido no Flow Design (μd)	Cd. do veículo alterado obtido no Flow Design (μd)	% de redução no Cd
0,52	0,29	45%

Tabela 7 - Percentagem de área de alta pressão em relação à dimensão frontal do automóvel.

Modelos	%
Fiat Uno Standard	41%
Fiat Uno Modificado	11%

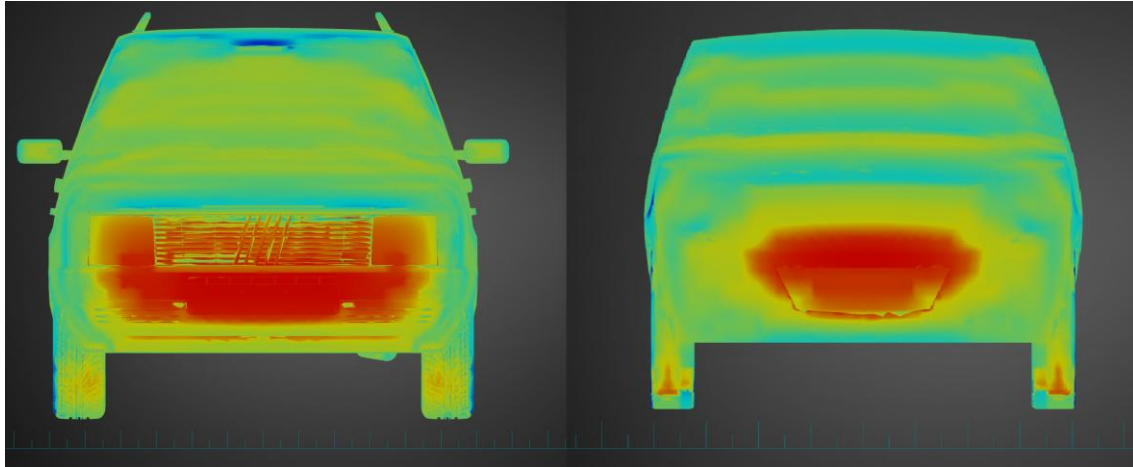


Figura 36 - Mapa de pressão frontal (Fiat Uno standard e Fiat Uno modificado).

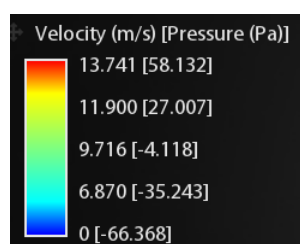


Figura 37 - Legenda do esquema de cores do mapa de pressão.

Capítulo 5- Conclusões e Considerações

Finais

Deste estudo foram retiradas varias conclusões vindas das pesquisas, do inquérito ao público e dos testes efetuados. Da pesquisa elaborada percebeu-se que, cada vez mais, a eficiência aerodinâmica vem a ocupar um lugar cimeiro na lista de prioridades das marcas ao conceber os seus automóveis. Compreendeu-se, também, a ligação entre o design e a aerodinâmica, tendo certos modelos reportado mais de 1000 horas em túnel de vento com uma estrita parceria entre os engenheiros e os designers. É, portanto, fácil de concluir que o designer, cada vez mais, precisa de possuir um vasto conhecimento na ciência da aerodinâmica com o fim de facilitar o processo de desenvolvimento e criar novas estratégias que conjuguem a eficiência e a estética.

A consulta à opinião do utilizador fez-nos compreender que, as estratégias aerodinâmicas não são completamente bem-vindas. Concluindo-se que, cabe ao design tornar essas soluções viáveis comercialmente, pois também entendemos que no momento da compra o consumidor tem uma elevada atenção aos consumos do automóvel.

Com o estudo do Mercedes-Benz CLA compreendeu-se algo que até este momento não é muito claro para o consumidor: a eficiência aerodinâmica não tem, necessariamente, de estar associada a uma estética controversa. Com o CLA, a Mercedes provou ao público que é possível alcançar valores recordistas de coeficiente de atrito, de escoamento e de isolamento sonoro sem abdicar do valor estético. É também com este modelo que percebemos que o design em favor da aerodinâmica consegue atingir uma grande eficiência sem haver uma redução na motorização do veículo. Este era uns principais temas para este estudo. Provar que, ao invés de alterar a potência do motor, conseguir economia apenas recorrendo a soluções de design aerodinâmico.

Dos testes efetuados compreendemos diversos factos. Compreendemos que os automóveis selecionados (Nissan Micra, VW Polo e Ford Fiesta) já são possuidores de uma boa eficiência no que diz respeito a lidar com as forças do ar. Tendo isto em mente, é bastante difícil conseguir melhorias acentuadas recorrendo a acessórios e aplicações. Ao contrário do descrito pela pesquisa efetuada, que possivelmente poderemos considerar como senso comum, visto não haver rigor académico e científico nos resultados apresentados nestas fontes, percebeu-se que nos modelos atuais essas modificações podem no mínimo ser redundantes e no máximo ser prejudiciais para o veículo. Estando nós a falar de acessórios, que em alguns casos podem ser dispendiosos e requerer mão-de-obra especializada, concluímos que como estratégias

comerciais são extremamente inviáveis tendo em conta os seus resultados práticos e o seu impacto estético negativo, como podemos concluir através do inquérito realizado. Consideramos claramente que, ao não testarmos todos os veículos existentes no mercado, não poderemos afirmar que estas soluções são inviáveis em todos os veículos, no entanto podemos afirmar, com alguma certeza, que nos modelos testados, e potencialmente nos restantes veículos do mesmo segmento e da mesma década estas estratégias são de evitar.

Concluimos, portanto, que a forma mais viável de melhorar a eficiência seria, não a partir de acessórios mas sim, através de modificações e soluções inerentes ao corpo e forma geral do veículo. Assim, a partir do design, conseguimos obter o desempenho obtido sem recorrer a requeridos avanços na engenharia e mecânica do automóvel.

5.1 Estudos Futuros

Este estudo abriu caminho para a conceção de algo que poderá servir de guia para outros profissionais na área do design automóvel. Numa próxima etapa este estudo terá de contar com um conjunto de ferramentas que melhor satisfaçam as necessidades dos testes. Existe necessidade de acesso a um túnel de vento físico com capacidade de albergar testes a automóveis em escala real. Isto para possuir um nível de recolha de resultados mais precisa e perentória no mundo científico. Com este estudo concluído seremos capazes de criar um guia de normas pela qual os designers se podem guiar, aumentando a eficiência dos seus conceitos.

5.2 Constrangimentos do Estudo

Como já foi referido, este estudo culminaria na conceção de uma plataforma multimédia, muito ao estilo dos configuradores oferecidos pelas marcas automóveis nos seus sites de venda ao público. Esta plataforma pretendia oferecer ao consumidor a possibilidade de, no conforto da sua casa ou estabelecimento, seleccionar e compreender estratégias que potencialmente seriam capazes de melhorar a eficiência económica do seu veículo. Aqui falaríamos em eficiência económica porque, como já foi referido, este conceito tem um impacto mais profundo no público do que a eficiência aerodinâmica propriamente dita. Este configurador pretendia ser intuitivo no seu interface, informativo e abrangente a um vasto número de veículos e soluções. No entanto, o facto de os testes elaborado para este estudo ter tomado uma enorme quantidade do tempo disponível, fez com que fosse de todo impossível a realização da plataforma almejada com qualidade digna de apresentação. Para ser mais preciso nesta explicação, todos os testes foram extremamente demorados e numerosos. Com os testes em túnel de vento físico vimos-mos limitados a uma janela de

disponibilidade de utilização demasiado tardia no calendário, testes que, como já foi referido, se revelariam instrutivos.

Os ensaios em túnel de vento virtual também se revelariam morosos e numerosos, empurrando os resultados para uma data demasiado tardia. O principal problema residiu no facto de que a plataforma multimédia dependia intrinsecamente dos resultados obtidos nos testes, pois sem estes, o configurador seria completamente redundante.

Bibliografia

- Angelis, W., D. Drikakis, F. Durst, and W. Khier. 1996. "Numerical and Experimental Study of the Flow over a Two-Dimensional Car Model." *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics* 62 (Janeiro): 57-79.
- Baeder, D. et al. 2011. "Interference Effects of Cooling Air-Flows with External Aerodynamics." *International Journal of Automotive Engineering* 2: 115-21.
- Beccaria, Matteo et al. 1999. "High-Performance Road-Vehicle Optimised Aerodynamic Design: Application of Parallel Computing to Car Design." *Future Generation Computer Systems* 15(3): 323-32.
- Bernd, L. (2000). *Design industrial: Bases para a configuração dos produtos industriais*. São Paulo, Brasil. Editora Edgard Blucher Ltda., Ed. (1ª edição.)
- Bettes, William H. 1982. "The Aerodynamic Drag of Road Vehicles Past , Present , and Future." *Engineering & Science* (Janeiro): 4-10.
- Fontaras, Georgios, and Panagiota Dilara. 2012. "The Evolution of European Passenger Car Characteristics 2000-2010 and Its Effects on Real-World CO₂ Emissions and CO₂ Reduction Policy." *Energy Policy* 49(2012): 719-30.
- Guilmineau, Emmanuel. 2008. "Computational Study of Flow around a Simplified Car Body." *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics* 96(6-7): 1207-17.
- Helander, Martin G. et al. 2012. "Emotional Needs of Car Buyers and Emotional Intent of Car Designers." *Theoretical Issues in Ergonomics Science* 14(5): 1-20.
- Hennessy, Kathryn, and Beth Landis Hester. 2011. *The Definitive Visual History of the Automobile*. Nova Iorque, EU: Dorling Kindersley Limited.
- Huang, Xuefei, Jianqi Zheng, and Xiang Yao. 2011. "Ecological Car Design Based on CAD Technology." *ICEOE 2011 - 2011 International Conference on Electronics and Optoelectronics, Proceedings* 4: 312-14.
- Khaled, Mahmoud, Hicham El Hage, Fabien Harambat, and Hassan Peerhossaini. 2012. "Some Innovative Concepts for Car Drag Reduction: A Parametric Analysis of Aerodynamic Forces on a Simplified Body." *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics* 107-108: 36-47.

Schillings, Claudia, Stephan Schmidt, and Volker Schulz. 2011. "Efficient Shape Optimization for Certain and Uncertain Aerodynamic Design." *Computers and Fluids* 46(1): 78-87. h

Scoltock, James. 2013. "Mercedes-Benz CLA." *Automotive Engineer* (September): 8-11.

Ts, Schwalbach, and Gino Sovran. 1993. "AERODYNAMICS OF ROAD." *Annu. Rev. Fluid Mech.*: 485-537.

Walker, Guy H, Neville a Stanton, and Mark S Young. 2006. "The Ironies of Vehicle Feedback in Car Design." *Ergonomics* 49(2): 161-79.

Watkins, Simon, and Gioacchino Vio. 2008. "The Effect of Vehicle Spacing on the Aerodynamics of a Representative Car Shape." *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics* 96(6-7): 1232-39.

Yang, Zhigang, Wenjun Gu, and Qiliang Li. 2011. "Aerodynamic Design Optimization of Race Car Rear Wing." *Proceedings - 2011 IEEE International Conference on Computer Science and Automation Engineering, CSAE 2011* 3: 642-46.

Zhu, L., L. LI, Y. Xu, and Q. Zhu. 2012. "Wind Tunnel Investigations of Aerodynamic Coefficients of Road Vehicles on Bridge Deck." *Journal of Fluids and Structures* 30: 35-50.

Hennessy, K., & Hester, B. L. (2011). *The definitive visual history of the automobile*. Nova Iorque, EU: Dorling Kindersley Limited.

Websites

Aerodynamics Champion (acedido em Agosto de 2014) [[http://www. www5.mercedes-benz.com.com](http://www.www5.mercedes-benz.com.com)]

Chiptuning and Eco-Tuning for professionals (acedido em Setembro de 2014) [<http://www.allcartuning.com>]

Eco Vehicle tuning (acedido em Setembro de 2014) [[http:// www.ecovehicletuning.com](http://www.ecovehicletuning.com)]

Ecomodder (acedido em Abril de 2014) [<http://www.ecomodder.com>]

Ecotune (acedido em Abril de 2014) [<http://www.ecotune.ie>]

Eco-tuning (acedido em Julho de 2014) [<http://www.chiptuning.com>]

Focus2move (acedido em Setembro de 2014) [[http://www. focus2move.com](http://www.focus2move.com)]

Imposto sobre veículos (acedido em Setembro de 2014) [<http://www.impostosobreveiculos.info>]

Motorburn (acedido em Setembro de 2014) [<http://www.motorburn.com>]

Prius design elements (acedido em Setembro de 2014) [<http://www.toyota-global.com>]

Unichip (acedido em Setembro de 2014) [<http://www.unichip.co.za/>]

Anexos

Anexo 1 - Questionário

3/10/2014

Questionário sobre Design Automóvel - Google Forms

Questionário sobre Design Automóvel

Este questionário visa avaliar o gosto do público referente a diversos aspectos sobre o design automóvel. Note-se que, mesmo tendo um baixo conhecimento sobre o mundo automóvel, a sua opinião é fundamental.

* Required

1. **1. Data de Nascimento ***

Example: December 15, 2012

2. **2. Género ***

Mark only one oval.

- Masculino
 Feminino

3. **3. Profissão/área de estudo ***

Mark only one oval.

- Design
 Engenharia
 Other: _____

4. **4. Nível de envolvimento e gosto pelo mundo automóvel ***

Mark only one oval per row.

Não gosto	Indiferente	Gosto	Adoro	Profissional
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

5. **Classifique, segundo o seu gosto, o aspecto geral dos seguintes veículos.**



<https://docs.google.com/forms/d/1gyz9jllpUgC3H6i0RomatPscV0TseC5EP034MFFs9o/edit>

1/10

5. *
1

Mark only one oval per row.

	Detesto	Não gosto	Indiferente	Gosto	Adoro
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

6. *
2

Mark only one oval per row.

	Detesto	Não gosto	Indiferente	Gosto	Adoro
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>



7. *
3

Mark only one oval per row.

	Detesto	Não gosto	Indiferente	Gosto	Adoro
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>



8. *

4

Mark only one oval per row.

	Detesto	Não gosto	Indiferente	Gosto	Adoro
_____	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>



9. *

5

Mark only one oval per row.

	Detesto	Não gosto	Indiferente	Gosto	Adoro
_____	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

6. Classifique, segundo o seu gosto, os vários detalhes nos seguintes veículos.



10. *

1

Mark only one oval per row.

Detesto	Não gosto	Indiferente	Gosto	Adoro
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>



11. *

2

Mark only one oval per row.

Detesto	Não gosto	Indiferente	Gosto	Adoro
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>



12. *

3

Mark only one oval per row.

Detesto	Não gosto	Indiferente	Gosto	Adoro
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>



13. *

4

Mark only one oval per row.

Detesto	Não gosto	Indiferente	Gosto	Adoro
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>



14. *

5

Mark only one oval per row.

Detesto	Não gosto	Indiferente	Gosto	Adoro
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>



15. *

6

Mark only one oval per row.

Detesto Não gosto Indiferente Gosto Adoro



16. *

7

Mark only one oval per row.

Detesto Não gosto Indiferente Gosto Adoro



17. *

8

Mark only one oval per row.

Detesto Não gosto Indiferente Gosto Adoro



18. *

9

Mark only one oval per row.

Detesto Não gosto Indiferente Gosto Adoro

3/10/2014

Questionário sobre Design Automóvel - Google Forms



19. *

10

Mark only one oval per row.

Detesto	Não gosto	Indiferente	Gosto	Adoro
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>



20. *

11

Mark only one oval per row.

Detesto	Não gosto	Indiferente	Gosto	Adoro
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>



21. *

12

Mark only one oval per row.

Detesto	Não gosto	Indiferente	Gosto	Adoro
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>



22. *

13

Mark only one oval per row.

Detesto	Não gosto	Indiferente	Gosto	Adoro
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>



23. *

14

Mark only one oval per row.

	Detesto	Não gosto	Indiferente	Gosto	Adoro
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

24. **7. De 1 a 6 qualifique quais as qualidades que mais tem em atenção na aquisição de um automóvel. ***

Sendo 1 baixa atenção e 6 o máxima de atenção.

Mark only one oval per row.

	1	2	3	4	5	6
Preço	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Consumos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Simbolismo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Performance	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tecnologia	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

25. **8. Num automovel com um valor que ronde os 20.000€, qual a classe que elegeria? ***

Mark only one oval.

- Familiar
 Executivo
 Desportivo
 Compacto
 SUV ("jipe")
 Utilitário

26. **Muito obrigado pela atenção.**

Se pretender deixar a sua opinião faça-o no espaço abaixo.

Resultados do Questionário

Público: Masculino (70%) e Feminino (30%)

Idade: 1963 a 1995

Profissão/área de estudo: Design (56%); engenharia (14%); outros (30%)

Nível de envolvimento e gosto pelo mundo automóvel

Não gosto	0	0%
Indiferente	9	14%
Gosto	26	39%
Adoro	23	35%
Profissional	8	12%

Especto geral dos veículos

1. Aston Martin – design clássico, desportivo e emocional

Detesto	1	2%
Não gosto	1	2%
Indiferente	3	5%
Gosto	31	47%
Adoro	30	45%

2. BMW i8 – design futurista com forte vertente ecológica

Detesto	2	3%
Não gosto	7	11%
Indiferente	13	20%
Gosto	26	39%
Adoro	18	27%

3. Range Rover – aspeto robusto, geométrico e que não transparece aerodinâmica e ecologia

Detesto	1	2%
---------	----------	----

Não gosto	8	12%
Indiferente	12	18%
Gosto	30	45%
Adoro	15	23%

4. Cadillac ELR – automóvel híbrido, mas o seu design apenas tem subtis pormenores ecológicos.

Detesto	0	0%
Não gosto	14	21%
Indiferente	11	17%
Gosto	36	55%
Adoro	5	8%

5. Toyota Prius – aspeto ecológico fortemente vincado

Detesto	8	12%
Não gosto	19	29%
Indiferente	23	35%
Gosto	12	18%
Adoro	4	6%

Detalhes aerodinâmicos

1. Ângulo proeminente entre capo e para-brisas

Detesto	2	3%
Não gosto	8	12%
Indiferente	16	24%
Gosto	36	55%
Adoro	4	6%

2. Ângulo quase inexistente entre capo e para-brisas

Detesto	4	6%
Não gosto	19	29%
Indiferente	24	36%
Gosto	17	26%
Adoro	2	3%

3. Traseira Kamback

Detesto	4	6%
---------	---	----

Não gosto	35	53%
Indiferente	14	21%
Gosto	12	18%
Adoro	1	2%

4. Traseira Boat end

Detesto	12	18%
Não gosto	27	41%
Indiferente	11	17%
Gosto	8	12%
Adoro	8	12%

5. Rodas traseira cobertas

Detesto	14	21%
Não gosto	27	41%
Indiferente	9	14%
Gosto	11	17%
Adoro	5	8%

6. Rodas traseiras descobertas

Detesto	1	2%
Não gosto	4	6%
Indiferente	9	14%
Gosto	39	59%
Adoro	13	20%

7. Cobertura de jantes

Detesto	13	20%
Não gosto	29	44%
Indiferente	9	14%
Gosto	11	17%
Adoro	4	6%

8. Jantes convencionais

Detesto	1	2%
---------	---	----

Não gosto	8	12%
Indiferente	35	53%
Gosto	20	30%
Adoro	2	3%

9. Spoiler dianteiro

Detesto	3	5%
Não gosto	27	41%
Indiferente	17	26%
Gosto	15	23%
Adoro	4	6%

10. Sem spoiler dianteiro

Detesto	7	11%
Não gosto	14	21%
Indiferente	27	41%
Gosto	16	24%
Adoro	2	3%

11. Difusor dianteiro

Detesto	1	2%
Não gosto	20	30%
Indiferente	33	50%
Gosto	11	17%
Adoro	1	2%

12. Sem difusor dianteiro

Detesto	2	3%
Não gosto	24	36%
Indiferente	28	42%
Gosto	12	18%
Adoro	0	0%

13. Difusor traseiro

Detesto	3	5%
---------	---	----

Não gosto	19	29%
Indiferente	18	27%
Gosto	23	35%
Adoro	3	5%

14. Sem difusor traseiro

Detesto	2	3%
Não gosto	8	12%
Indiferente	27	41%
Gosto	28	42%
Adoro	1	2%

Ordem de qualidades em atenção na compra de um veículo

- Preço
- Consumos
- Estética
- Tecnologia
- Performance
- Simbolismo
- Classes de eleição

Classes de eleição

Familiar	13	20%
Executivo	4	6%
Desportivo	20	30%
Compacto	11	17%
SUV ("jipe")	11	17%
Utilitário	7	11%

Anexo 3 - Modificações de ECT









