

**UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ**

**Carlos Alexandre da Silva  
Djalma Duarte Antunes Catarina**

**A ATUAÇÃO DA AERODINÂMICA NA MELHORIA DO ARRASTO  
FAVORECENDO A ECONOMIA DE COMBUSTÍVEL NOS VEÍCULOS**

**Taubaté - SP  
2017**

**UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ**

**Carlos Alexandre da Silva  
Djalma Duarte Antunes Catarina**

**A ATUAÇÃO DA AERODINÂMICA NA MELHORIA DO ARRASTO  
FAVORECENDO A ECONOMIA DE COMBUSTÍVEL NOS VEÍCULOS**

Trabalho de graduação apresentado para  
obtenção do Título de Bacharel em  
Engenharia Mecânica do Departamento  
de Engenharia da Universidade de  
Taubaté.

Orientador: Prof. Me. Leandro Maia  
Nogueira

**Taubaté - SP  
2017**

**Ficha Catalográfica elaborada pelo SIBi – Sistema Integrado  
de Bibliotecas / UNITAU - Biblioteca das Engenharias**

S586a

Silva, Carlos Alexandre da

A atuação da aerodinâmica na melhoria do arrasto favorecendo a economia de combustível nos veículos. / Carlos Alexandre da Silva, Djalma Duarte Antunes Catarina. - 2017.

30f. : il; 30 cm.

Monografia (Graduação em Engenharia Mecânica) – Universidade de Taubaté. Departamento de Engenharia Mecânica e Elétrica, 2017

Orientador: Prof. Me Leandro Maia Nogueira,  
Departamento de Engenharia Mecânica e Elétrica.

1. Aerodinâmica. 2. Arrasto. 3. Veículo. I. Título.

**CARLOS ALEXANDRE DA SILVA  
DJALMA DUARTE ANTUNES CATARINA**

**A ATUAÇÃO DA AERODINÂMICA NA MELHORIA DO ARRASTO  
FAVORECENDO A ECONOMIA DE COMBUSTÍVEL NOS VEÍCULOS**

Trabalho de graduação apresentado  
para obtenção do Título de Bacharel  
em Engenharia Mecânica do  
Departamento de Engenharia da  
Universidade de Taubaté.

Data: 17/11/2017


Resultado: 9,5 (nove inteiros e cinco décimos)

**BANCA EXAMINADORA**

Prof. Leandro Maia Nogueira, Universidade de Taubaté

Assinatura 

Prof. Ivair Alves dos Santos, Universidade de Taubaté

Assinatura 

## **DEDICATÓRIA**

Dedicamos este trabalho de graduação de fim de curso aos nossos familiares e professores que nunca mediram esforços para nos ajudar durante o período acadêmico.

Obrigado por tudo!

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, aos meus pais Carlos Raymundo da Silva e Neide Maria da Silva, a minha namorada Letícia Aparecida Gaia, por sempre me incentivarem tanto em minha vida profissional e também em minha vida pessoal.

Ao nosso professor orientador Leandro Maia Nogueira pelo seu apreço desde o início do trabalho e por sempre nos incentivar com o mesmo.

Aos meus grandes amigos Djalma Duarte, Tiago Cuconato, Raphael Carneiro, Anderson Takaki e Hélio Saar por estarem presente comigo nos bons e maus momentos de minha vida.

Carlos Alexandre da Silva

Agradeço a Deus, meus pais, familiares e amigos por esse primeiro passo muito importante conquistado em minha vida profissional acadêmica, que sempre me ajudaram a atingir meu objetivo, me formar Engenheiro Mecânico.

Ao professor orientador Leandro Maia Nogueira por nos ajudar neste trabalho de graduação.

Em particular agradecer meus amigos Anderson Takaki, Tiago Cuconato, Raphael Carneiro, Hélio Saar e Carlos Alexandre por essa jornada difícil, entretanto muito gratificante.

Djalma Duarte Antunes Catarina

“ Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades, lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram conquistadas do que parecia impossível.”

Charles Chaplin

## RESUMO

A crescente preocupação ambiental e a necessidade de ser criar produtos mais eficientes tem impulsionado os pesquisadores a realizarem estudos acerca da aerodinâmica. Estes dois fatores constituem os principais motivos, pelos quais uma grande procura por conhecimento na área. Esta ciência pode ser considerada relativamente nova e ainda carece de uma base de dados. Entender como a aerodinâmica se relaciona com o consumo de combustível nos automóveis, à medida que o arrasto impõe resistência ao deslocamento dos mesmos, é algo que tem estimulado as indústrias automotivas a investirem grandes esforços na obtenção de ferramentas, que possam representar as condições de tráfego normais e, assim conseguir prever o desempenho do produto em desenvolvimento. Este trabalho aborda um histórico sobre aerodinâmica veicular, trazendo definições e explicações relativa a esta, trazendo definições de forças, como o arrasto aerodinâmico e as característica que influenciam no formato aerodinâmico do veículo. Uma análise da aerodinâmica foi realizada em duas gerações de veículos fabricados no Brasil e verificamos as diferenças aerodinâmicas encontradas nos dois veículos, como o seu formato, apontando qual a melhor a versão entre as duas analisadas. Concluí-se que os veículos ao passar dos anos tem melhorado e muito o seu formato aerodinâmico, e com isso diminuindo o seu coeficiente de arrasto, ajudando na economia de combustível e melhorando seu desempenho.

**Palavras-chave:** aerodinâmica, arrasto, veículo.



## **ABSTRACT**

Growing environmental concern and the need to create more efficient products has prompted researchers to study aerodynamics. These two factors constitute the main reasons why a great demand for knowledge in the area. This science can be considered relatively new and still lacks a database. Understanding how aerodynamics is related to fuel consumption in cars, as trawling resists their displacement, is something that has stimulated the automotive industries to invest great efforts in obtaining tools that can represent traffic conditions and thus predict the performance of the product under development. This work approaches a history of vehicular aerodynamics, bringing definitions and explanations related to this, bringing definitions of forces, such as aerodynamic drag and characteristics that influence the aerodynamic format of the vehicle. An aerodynamic analysis was performed on two generations of vehicles manufactured in the Brazil, and we verified the aerodynamic differences found in both vehicles, such as their format, pointing out the better the version between the two analyzed. It has been concluded that the vehicles over the years have improved and much aerodynamic shape, and thereby lowering their drag coefficient, helping in fuel economy and improving performance.

**Keywords:** aerodynamics, trawling, vehicle.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Rumpler Tropfenauto conhecido como primeiro carro aerodinâmico.....	15
Figura 2: Veículo baseado na proposta de Kamm.....	16
Figura 3: Aerofólio de um carro superesportivo.....	18
Figura 4: Carro Volkswagen Up com spoiler em seu para-choque.....	18
Figura 5: Regiões do veículo modificada para obter menor arrasto.....	19
Figura 6: Veículo sendo testado em sua aerodinâmica pelo túnel de vento .....	21
Figura 7: Primeira geração do Volkswagen Gol .....	25
Figura 8: Última geração do Volkswagen Gol (G6) .....	27

## LISTA DE FÓRMULAS

FÓRMULA 1 – Coeficiente de arrasto .....	20
--	----

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	12
1.1 Justificativa do Tema.....	13
1.2 Objetivo.....	13
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	14
2.1 DEFINIÇÃO DA AERODINÂMICA .....	14
2.2 HISTÓRIA DA AERODINÂMICA VEICULAR .....	14
2.3 DISPOSITIVOS AERODINÂMICOS PROVEDORES DE SUSTENTAÇÃO NEGATIVA ( <i>DOWNFORCE</i> ).....	17
2.3.1 AEROFÓLIO .....	17
2.3.2 SPOILER .....	18
2.4 ARRASTO AERODINÂMICO .....	19
2.5 TÚNEIS DE VENTO.....	20
2.6 ECONOMIA COMBUSTÍVEL .....	21
3 METODOLOGIA.....	23
RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	24
CONCLUSÃO .....	28
REFERÊNCIAS .....	29

# 1 INTRODUÇÃO

O padrão aerodinâmico é um parâmetro crucial que deve ser considerado no desenvolvimento de um veículo, principalmente por ter relação direta com o consumo de combustível. É evidente a preocupação com o tema nos últimos anos devido a crise mundial de energia, a escassez dos recursos naturais e os altos índices de poluição do planeta. Em contrapartida há certa dificuldade de encontrar boas e viáveis ideias para melhorias efetivas nesse quesito, proporcionando grandes desafios aos fabricantes de veículos.

Um dos pontos-chaves para alcançar eficiência nos veículos é a aerodinâmica veicular, mais especificamente um de seus principais fundamentos, o Arrasto Aerodinâmico. Este pode ser definido como uma força resistiva imposta pelo ar ambiente a um objeto, que por ele se locomove. Em outras palavras, no caso dos veículos rodoviários, é a força que aliada ao atrito existente entre os pneumáticos e o pavimento, devido a sua deformação, contrapõe a força propulsiva oriunda do motor.

Muito já se fez em termos de projeto, simulações e experimentos visando reduzir o arrasto aerodinâmico dos automóveis, obtendo assim a economia do combustível. Muitos aspectos que envolvem a aerodinâmica dos veículos necessitam ser estudados para o alcance de melhores resultados.

Ao se movimentarem, os carros têm que se deslocar por um “muro” de ar, que produz em sua dimensão uma potência de resistência, em caminho adverso a deslocação do mesmo. Esta força, que será aprofundada com mais particularidades no seguinte capítulo, ganha o nome de arrasto aerodinâmico, e tem ligação essencial com toda a performance do veículo. É um campo que tem ganhado muita consideração a de evolução aerodinâmica nos automóveis. A aerodinâmica tem uma interferência muito ampla no veículo, pois tem ligação com o consumo, performance, estabilidade e beleza.

## **1.1 Justificativa do Tema**

No cenário atual, as montadoras são impulsionadas a superar as exigências do mercado com o propósito de se manterem competitivas, apostando na melhoria da aerodinâmica dos veículos para reduzir o consumo de combustível para atrair o gosto dos clientes, mesmo ainda que os clientes não possuam muito atrativo por carros muito aerodinâmicos o fato de economizar combustível pode ser um atrativo novo nesses veículos.

## **1.2 Objetivo**

O objetivo deste trabalho é abordar os conceitos relacionados à aerodinâmica veicular que vem conquistando destaque no mercado. O trabalho abordado tem intuito de mostrar que um veículo mais aerodinâmico pode sim ter um coeficiente de arrasto menor e com isso ser mais econômico com o combustível que um veículo menos aerodinâmico.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 DEFINIÇÃO DA AERODINÂMICA**

Segundo (Santos, 2017) aerodinâmica pesquisa o comportamento de efeitos sobre os objetos no ar. Os efeitos aerodinâmicas atuam acima de qualquer instrumento que se conduz no ar. Aviões, barcos, veículos, qualquer que seja o móvel que se mova no ar tem a execução de forças aerodinâmicas. Os engenheiros se fundamentam nos princípios da aerodinâmica para produzir, por exemplo, os aviões.

Os princípios da aerodinâmica se sobrepõem também na indústria automotiva e na criação de instrumentos que transitam por meios que não se relaciona-se ao ar, como por exemplo, os submarinos, ou seja, o início da aerodinâmica se emprega também aos fluidos que não seja o ar. Desenhistas e engenheiros da indústria automotiva utilizam os princípios e visam sempre aperfeiçoar a performance dos automóveis (SANTOS, 2017).

Por isso, aerodinâmica é a região da mecânica dos fluidos que pesquisa o acesso de ar incluindo a região de um instrumento e os resultados incitados por ela (SANTOS,2017).

O estado da estrutura concentrada afeta bastante no fluxo do ar. “Os corpos aerodinâmicos causam mínimas decorrências no fluxo se confrontados com aqueles incitados pelos corpos obtusos (como paraquedas e prédios)” (MUNSON, 2004).

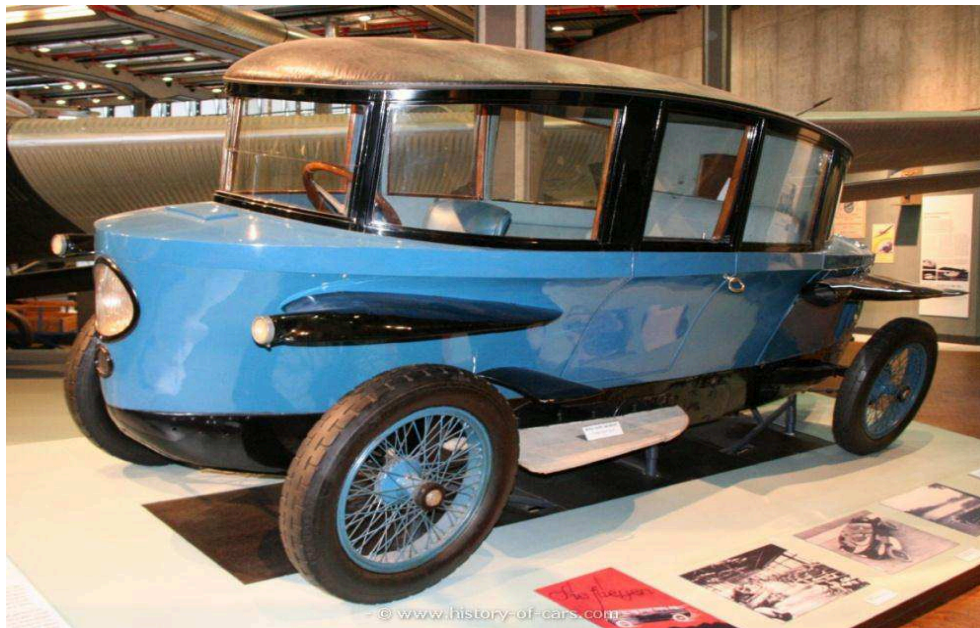
### **2.2 HISTÓRIA DA AERODINÂMICA VEICULAR**

A Primeira Guerra Mundial permitiu o aparecimento de um grande número de pesquisadores direcionados a conhecimentos militares e com final da guerra em 1914 muitos destes pesquisadores se voltaram para o estudo da aerodinâmica veicular. Hucho, Jansen e Elmmelmann (1976) fazem referência a essa época como sendo o início da era que significaria “ a busca de Contornos Suaves “ , nos quais se transmitiam do modelo de uma gota de água em queda livre.

Os especialistas já possuíam consciência do que era preciso para gerar formas aerodinâmicas, os primeiros automóveis não dispunham nada de aerodinâmico (JACKSON, 2009).

No ano de 1921 o criador alemão Edmund Rumpler produziu o Rumpler-Tropfenauto conhecido como o carro gota d'água. Fundamentado na forma mais aerodinâmica possível do mundo, a gota d'água, o carro tinha coeficiente aerodinâmico de apenas 0,27, mas seu aspecto característico não atraiu as pessoas, e somente 100 exemplares foram elaborados (JACKSON, 2009).

Figura 1: Rumpler Tropfenauto conhecido como primeiro carro aerodinâmico



Fonte : Gruszczynski (2003)

Nos Anos de 1930, o Wunibald Kamm apresentou uma geometria na traseira do veículo não tão prolongada. Esta forma deveria seguir o imediato conceito: A partir de uma consistência máxima o veículo deveria dirigir – se devagar de forma a manter o mínimo gradiente de pressão e próximo a região de fragmentação do escoamento haveria um truncamento repentino. Os protótipos criados a partir desse conceito mostravam que era possível obter baixo coeficiente de arrasto em torno de 0,3 sem comprometer a praticidade do plano (HUCHO, 1998).



Figura 2: Veículo baseado na proposta de Kamm



**Fonte: Blog Mundo Automotivo(2010)**

No Final da Segunda Guerra Mundial a América do Norte e a Europa começaram a criar direções distintas em relação a aerodinâmica veicular. No continente europeu continuava-se a aperfeiçoar geometrias propostas no período pré-guerra e assim aplicá-las no mercado. Já no continente americano apareceu um novo pensar geométrico baseado na divisão do veículos em três volumes. Este conceito parecia voltar nos avanços apresentados nos anos 30, porém, detalhes como extremidades arredondadas, faróis e rodas embutidas na carroceria formaram uma geometria que apresentasse um coeficiente de arrasto em torno de 0,55 adaptável com os modelos europeu.( HUCHO, 1998.)

Na década Seguinte estas circunstância mudou com o aparecimento de uma nova abordagem aerodinâmica que ficou conhecida como “ otimização de detalhes “ ( HUCHO, 1998). A aferição da traseira, inclinação do “ capô “ e do vidro, geometria dos vidros retrovisores, tomada de ar para refrigeração do motor, são exemplos de alguns pontos estudados e examinados nas contribuições para a redução do arrasto total do veículo. Esta abordagem consentiu uma redução no coeficiente de arrasto de 0,50 para 0,4 em média.

Na década de 80 em diante a busca por veículos eficazes aumentou, impulsionada pelo alto preço do petróleo. Neste contexto não mais se interrogou a forma como a aerodinâmica era desenvolvida durante as fases dos projetos. E o que

busca atualmente, é sofisticar os instrumentos utilizados nestes tipos de projeto (HUCHO, 1998).

São três os instrumentos utilizados nos estudos da aerodinâmica a análise fluidodinâmica computacional, ensaios em tuneis de ventos, e testes em pista com modelos de pré-produção (HUCHO, 1998).

## **2.3 DISPOSITIVOS AERODINÂMICOS PROVEDORES DE SUSTENTAÇÃO NEGATIVA (*DOWNFORCE*)**

### **2.3.1 AEROFÓLIO**

Uns dos componentes utilizados pelos engenheiros é o aerofólio geralmente combinados com outros acessórios como o spoiler, placas externas, defletores laterais e difusores. Tudo isso com a finalidade de reduzir a turbulência do ar do veículo, seu trabalho é equivalente com de uma asa de avião, mas com colocação incompatível. Em quanto a asa do avião da sustentação a ele para ficar no ar, na Formula 1 por exemplo esse utensílio possibilita uma potência que empurra o veículo para o solo, o chamado downforce. Por outro lado, o aerofólio expande muito o arrasto aerodinâmico (LOPES, 2009).

Nos veículos de rua, essa atribuição é menor utilizada do que nos veículos superesportivos, alguns veículos contam com esse acessório para dar mais agilidade, outros contam para receber mais equilíbrio nas curvas.(LOPOES, 2009).

Os aerofólios quando posicionados perto do solo tem suas qualidades aerodinâmicas aumentadas. Segundo Katz (1995), um aerofólio, independente de sua geometria ou ângulo de ataque pode ser colocado a distância menores que a metade de sua corda, e podendo dobra sua sustentação. É o caso dos aerofólios dianteiros utilizados nos carros de competição.

Figura 3: Aerofólio de um carro superesportivo



Fonte: Lopes (2009)

### 2.3.2 SPOILER

Outro componente da Aerodinâmica é o Spoiler, sua função é abalar a fluência de ar para diminuir a sustentação. O spoiler consegue ser aplicado tanto na parte da frente do carro, afim de retrair a ligação de ar sobre a carroceria, quanto na retaguarda do automóvel com o propósito de organizar o curso de ar na retaguarda do veículo. Também é aplicado como recurso estético para encobrir elementos mecânicos que podem vir a intervir na aerodinâmica(LOPES, 2009).

Figura 4: Carro Volkswagen Up com spoiler em seu para-choque



Fonte: Dieese (2015)

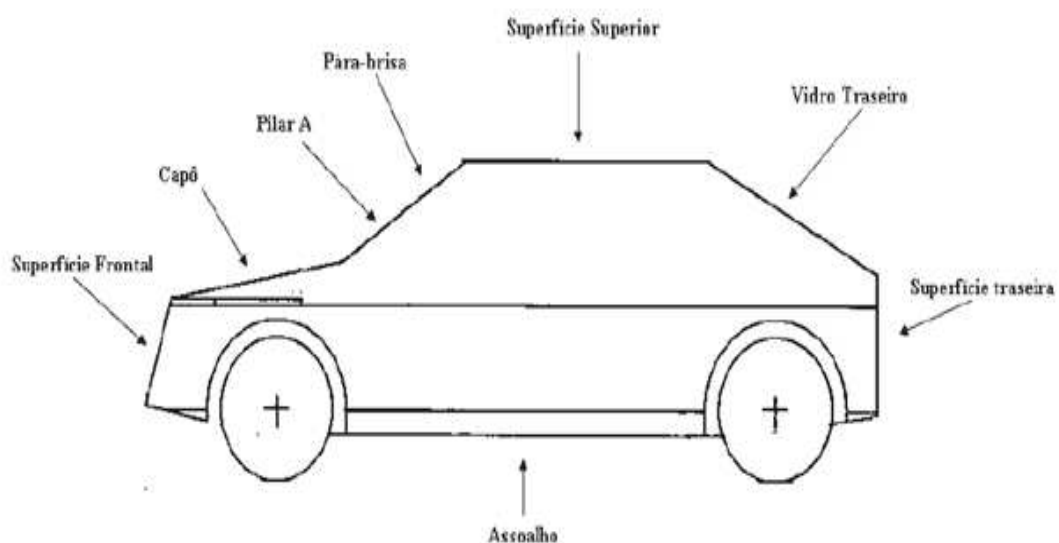
## 2.4 ARRASTO AERODINÂMICO

O Arrasto aerodinâmico mede a força de resistência que o ar exerce sobre um objeto. No caso de um carro quando menor o coeficiente de arrasto, menor o esforço para atingir a velocidade e mais baixo o consumo( MCCORMICK, BARNES W. 1979).

O coeficiente de arrasto do ar é medido em túnel de vento, quanto menor o valor, mais a aerodinâmica é objeto, no caso dos carros de passeio, um valor razoável para o coeficiente de penetração aerodinâmica ( $C_x$ ) é de 0,3( MCCORMICK, BARNES W. 1979).

Para conseguir diminuir o coeficiente de penetração aerodinâmica ( $C_x$ ), onde os projetos buscam aproveitar ao máximo o corpo do carro para facilitar a passagem do fluxo de ar, deve ser considerar formato de traseira, melhorias na parte frontal, ângulo de curvatura do para-brisas, curvatura do teto, arredondamento dos cantos, dianteira mais baixa que a traseira, forma de carro( MCCORMICK, BARNES W. 1979).

Figura 5: Regiões do veículo modificada para obter menor arrasto



Fonte: Gilhaus; Renn (1986)

A Capacidade aerodinâmica de um carro é medida usando o coeficiente de arrasto do veículo. Na essência quanto mais baixo o  $C_x$ , mais aerodinâmico é o

carro e mais facilmente ele se move através da parede de ar contraria a ele.( MCCORMICK, BARNES W. 1979)

O coeficiente de arrasto é igual ao arrasto dividido pelo produto da velocidade ao quadrado multiplicado pela área multiplicada pela metade da densidade do ar (MCCORMICK, BARNES W. 1979). Para facilitar a leitura vejamos a equação a seguir :

$$C_X = F_a / ( A \cdot 0,5 \cdot \rho \cdot V^2 ) \quad (01)$$

## 2.5 TÚNEIS DE VENTO

Os Túneis de Vento são armações que proporcionam o procedimento do ar em variados modelos de instrumentos como, aviões e carros. As instalações permitem observar a passagem do ar sobre os objetos que estão dentro delas, o que não é provável se conseguir em uma circunstância natural, como por exemplo, em um veículo, trafegando por uma estrada ou uma aeronave em pleno voo (LIMA, 2012).

Os Primeiros tuneis de ventos eram apenas dutos com ventiladores com uma das extremidades. Esses tuneis criavam uma corrente de ar irregular e eram muito caro de se operar por isso os tuneis atuais geram uma corrente de ar mais suáveis graças a um modelo de estruturas fechadas, que utiliza o ar circulado para poupar energia elétrica e obter um curso de ar mais seguro e continuo (LIMA, 2012).

Os Túneis de vento uma análise geral são divididos em dois grupos: túneis de circuito aberto e túneis de circuito fechado. Os Abertos estão sempre renovando o ar utilizado durante o exercício, no circuito fechado não há priorização para esta renovação (LIMA, 2012).

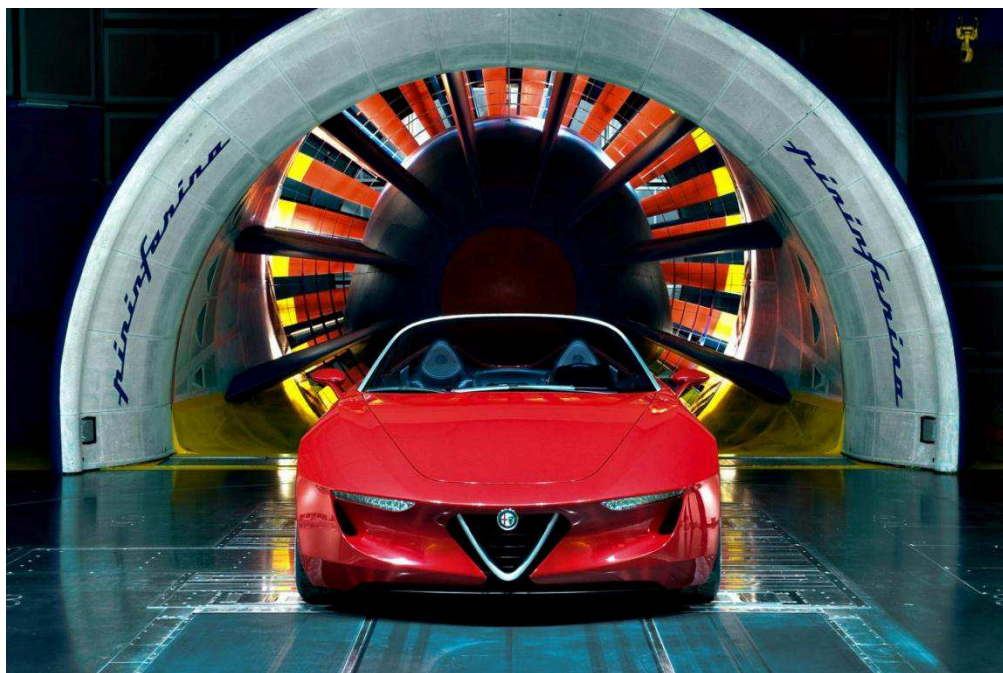
No meio mercatório esse tipo de sustentação é construído para testar a conduta dos automóveis simulando em alta velocidade, isso possibilita a formação de veículos mais seguros e mais ágeis por intermédio de alteração na aerodinâmica (LIMA, 2012).

Essas Estruturas facilitam compreender o automóvel em situação extremas como de chuva, neve e deserto. Os tuneis de vento em empresas automobilísticas a

apresentar uma hélice de 7 metros de amplitude composta por 44 pás que criam ventanias de até 300 km/h (LIMA, 2012).

As repercussões sofridas no veículo pelas chuvas simuladas são medidas por de uma balança com exatidão para encontrar desde um peso de uma moeda até mesmo carregamentos de 4 toneladas. Mais adiante, também são empregados lasers para saber o percurso percorrido pelo ar através do automóvel (LIMA, 2012).

Figura 6: Veículo sendo testado em sua aerodinâmica pelo túnel de vento



Fonte: Robert (2008)

## 2.6 ECONOMIA COMBUSTÍVEL

Este é um dos grandes desafios da indústria automobilística moderna. Os fatores que influenciam no consumo de combustível vão além das características construtivas do seu motor e toda sua tecnologia mecânica e gerenciamento eletrônico que temos hoje em dia (DEVESA E INDINGER, 2012).

O arrasto aerodinâmico, ou seja, as forças geradas pelo ar em um veículo, podem ser responsáveis por até 50% do consumo de combustível, dependendo do modelo, clima, tipo de asfalto e dimensões (DEVESA E INDINGER, 2012).

A aerodinâmica do veículo é o que possibilita que ele rasgue o “muro de ar” e possa ir. Por isso, quanto mais aerodinâmico ele for, inferior será a força do ar e os impedimentos para aceleração, e a despesa de combustível será encurtado. Seguindo essa coerência, é proposto permanecer com as janelas e o teto trancados e as rodas alinhadas. Deixar racks colocados no teto acrescentam significativamente o arrasto do veículo. Posicionar apliques volumosos na carroceria, como tomadas de ar falsas, também dificultam a competência da aerodinâmica (DEVESA E INDINGER, 2012).

O ensinamento aerodinâmico, desta forma, tem colaboração significativa à química atmosférica. Neste contexto, as difusões atmosféricas veiculares dependem também da aerodinâmica do automóvel, já que essa tem expressão sobre a despesa de combustível e também das decorrentes emissões advindas da combustão do combustível. Os instrumentos computacionais para estudos em aerodinâmicas possuem uma poderosa escolha inicial aos enormes e exorbitantes ensaios aerodinâmicos (DEVESA E INDINGER, 2012).

### 3 METODOLOGIA

A composição de um trabalho científico inicia-se pela seleção do foco da pesquisa, que é definição primordial a ser investigada, constituída por meio de um amplo trabalho de revisão de bibliografia, recomendação da bibliografia, recomendação de amigos, pesquisadores, ou desenvolvido a partir do conhecimento, que sustenta a definição da metodologia (CRESWELL, 1994).

Conforme Pereira (2007), definido o foco, o passo seguinte é a escolha do modelo de pesquisa que orientará as próximas ações. Pela perspectiva da maneira da abordagem do problema, esse modelo de pesquisa pode ser qualitativo ou quantitativo (PEREIRA, 2007).

A metodologia aplicada a este trabalho tem como base uma pesquisa bibliográfica feita em livros, banco de dados do Google, Google acadêmico.

Este trabalho foi realizado com um intuito para maior aprofundamento sobre temas da aerodinâmica, particularmente sobre a aerodinâmica veicular, pesquisando desde o início da aerodinâmica veicular e comentando diversos aspectos que fazem um veículo poder melhorar sua aerodinâmica e com isso obter uma melhoria no coeficiente arrasto.

No próximo capítulo resultados e discussão será apresentado uma comparação entre dois veículos iguais, só que de gerações diferentes e comentaremos diversos aspectos e formatos que cada um possui em suas formas aerodinâmicas.



## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ainda que possua um bom formato aerodinâmico os carros de hoje em dia ainda deixam a desejar sobre suas formas aerodinâmicas, se formos comparar com protótipos que estão sendo feitos para ser lançados no futuro, mais esses carros ainda que estão por vim ainda possuem baixa aceitação no mercado, um dos motivos seu design, mais ainda podem chamar atenção do público por possuir um baixo coeficiente de penetração aerodinâmico com isso levando a uma alta economia de combustível, ainda mais nos dias de hoje que o combustível está em um preço elevado.

Com o passar dos anos a aerodinâmica veicular vem se transformando muito e melhorando o formato dos veículos, neste capítulo iremos trazer uma discussão sobre os formatos aerodinâmico de dois veículos iguais só que de gerações diferentes, abordar os seus formatos e o seus coeficientes de arrasto no qual influencia diretamente no consumo de combustível.

Sabemos que o motor e outros componentes do veículo influenciam também diretamente na economia de combustível, mais a aerodinâmica também é um dos principais aspectos em relação a isso, devido ao arrasto aerodinâmico.

O veículo a ser analisado será o Volkswagen Gol, a sua primeira geração lançada no início dos anos de 1980 e a sua última geração que está sendo lançada nos dias de hoje, será feita uma comparação entre os dois veículos comentando sobre suas formas aerodinâmicos e em que um é melhor do que o outro.

A Figura 7 mostra a imagem da primeira produção do Volkswagen Gol. Este veículo mostra um coeficiente aerodinâmico igual a 0,43.

Analisando o modelo desse veículo, verifica-se que a sua frente exibe um formato que não favorece o acesso do fluxo de ar em torno de sua carroceria. Cita-se que a área de passagem do para-choque ao capô apresenta uma forma quadrada, o que faz com que o ar passe por uma grande colisão ao entrar em junção com o veículo. Essa contrariedade também acontece no acesso do capô ao para-brisa, devido a este apresentar uma inclinação bem intensa. Esses sinais

ocasionam uma resistente força diferente a movimentação do veículo, que tem de consumir mais potência para superá-la.

Ao notar-se a modificação do para-brisa para o teto, há mais um item de empecilho à ligação calma do ar. No teto, a ligação do movimento de ar semelhante se depara com problemas, cabido à sua linha de aclividade ser quase imperceptível. Quanto a área da traseira do Gol, percebe-se uma generosa aclividade do vidro traseiro, mas a forma como o curso de ar chega até ele, transversalmente ao teto, torna a aclividade do vidro traseiro inábil. No acesso lateral do curso de ar compreende os mesmos erros encontrados pelo acesso que o ar atravessa ao atravessar por cima do Gol, pois os lugares onde há modificação de direção mostram aparência de quinas. O perfeito seria esses pontos exibirem uma formato mais arredondado.

Até então cabido ao para-brisa quase não dispor uma curvatura horizontal, este protótipo deve expor ruído altíssimos. Por dispor um traçado na qual a traseira é mais elevada que a dianteira, a primeira criação do Gol tem nessa um perfil que auxilia sua aerodinâmica.

Figura 7: Primeira geração do Volkswagen Gol



Fonte : Hernandes (2017)

A sexta criação do Gol, exibida na Figura 8, é a criação que está sendo vendida hoje em dia. Esse protótipo apresenta um coeficiente aerodinâmico igual a 0,34.

Verificando a Figura 8 nota-se que este protótipo mostra na sua dianteira um bom aspecto aerodinâmico, com formatos arredondados que possibilitam uma passagem tranquila do vazamento do ar.

Este carro tem um capô com uma boa forma aerodinâmica, um para-brisa que apresenta inclinação razoável, de jeito que o acesso de ar do principal para o próximo acontece sem amplas condições de energia do motor.

Verificando-se o risco do teto da sexta criação do Gol, percebe-se que ela dispõe uma boa aparência para a aerodinâmica do automóvel, visto que ela segue a série do para-brisa, criando com que o fluxo do ar não tenha ampla confusão e até agora indica uma acividade proveniente que não é capaz permitir de ser apontada.

O acesso do telhado para o vidro traseiro, também aconteceria de uma modo muito suave, já que os traços destes apontam uma sequência bastante agradável. Porém a presença do aerofólio termina perturbando, em virtude que esse instrumento estabelece com que o ar não frequente pedaço do vidro traseiro. Ele foi instalado exclusivamente por demanda de beleza, impedindo o ganho aerodinâmico do veículo.

A lateral do carro Gol, também ajuda na conquista desse bom grau de arrasto. Consegu-se distinguir que esse paradigma indica um inteiro aspecto arredondado que proíbe alterações bruscas no sentido do fluxo e auxilia a diminuir o território do arrasto.

Se confrontarmos a antiga com a nova produção do Gol, nota-se o quanto esse padrão modificou- se nessas seis criações, em tal grau que a diferença do coeficiente de penetração aerodinâmica desses veículos é profundamente grande.

A última criação sem dúvidas, é melhor que a primeira em todos os pontos observados neste aprendizado, a começar a análise da dianteira até a análise da lateral, sendo este um carro com um bom formato aerodinâmico.

Figura 8: Última geração do Volkswagen Gol (G6)



Fonte: Web Carros (2017)

## CONCLUSÃO

A ciência da aerodinâmica veicular é relativamente nova e neste período tem recebido grande destaque. Por isso mais e mais pessoas estão interessadas em descobrir os fenômenos que estão por trás do escoamento que envolve os veículos automotores.

Foi utilizado duas versões de veículos de um mesmo fabricante, para compararmos e analisarmos as suas respectivas formas aerodinâmicas, para obtermos um resultado e o entendimento das duas versões analisada, e mostramos que os veículos atuais possuem uma melhor aerodinâmica do que os veículos de modelos antigos, nos quais vimos que os modelos mais recente possuem um menor coeficiente de arrasto e uma economia considerável de combustível devido suas formas arredondadas.

Conclui-se que a força de arrasto é de grande valor para os ensinamentos aerodinâmicos, estando o coeficiente de arrasto o fundamental critério para compreender se o instrumento possui ou não um bom modelo aerodinâmico.

Quanto aos veículos analisados comprovou-se que as características dominantes que provocam um bom coeficiente aerodinâmico e, conseqüentemente, num bom modelo aerodinâmico são: o formato da traseira do veículo e; uma continuidade nos traços de alteração de componentes. Notou-se que a respeito da relevância no desempenho do veículo, as montadoras sentem-se muito preocupadas similarmente com a beleza, dessa forma este é um motivo de muito valor no instante da escolha do comprador.

Sobre os veículos que estão por vim concluimos que eles tendem a vir cada vez mais com baixo coeficiente de arrasto, como vimos na análise feita o veículo dos anos 80 apresentava um  $c_x = 0,43$  e o veículo dos dias de hoje apresenta um  $c_x = 0,34$ , para um futuro com a mesma diferença de anos entre os dois veículos poderemos ter carros com coeficiente aerodinâmico de até 0,26.

E assim carros mais aerodinâmica podem vir ganhando gosto nas pessoas mesmo que seu design não seja tão aceito, o fato na economia de combustível pode ser um atrativo.

## REFERÊNCIAS

BLOG MUNDO AUTOMOTIVO., BMW recria clássico 328 Kamm Coupé ; **Blogspot**. Disponível em <<http://mundoautomotivo.blogspot.com.br/2010/04/>> Acesso em 16 de agosto de 2017.

CRESWELL, J. W. **Research Design: qualitative & quantitative approaches**. Resumofeitopor Elisabeth Adriana Dudziack: Sage, 1994.

DIEESE. Volkswagen GT UP! Será o primeiro flex turbo nacional. **Smabc**. Disponível em <[http://www.smabc.org.br/smabc/hotsite\\_blog.asp?id\\_CON=3729](http://www.smabc.org.br/smabc/hotsite_blog.asp?id_CON=3729)>. Acesso em 16 de agosto de 2017.

DEVESA, A; INDINGER, T. **Fuel Consumption Reduction by Geometry Variations on a Generic Tractor – Trailer Configuration**. Disponível em:<<http://saecomveh.saejournals.org/>>.Acesso em 19 de agosto de 2017.

FERNANDA. Gol G6: Vantagens, benefícios e características. **Webcarros**. Disponível em <<http://www.webcarros.org/volkswagen/gol-g6/>> Acesso dia 09 de setembro de 2017.

GILHAUS, MA.; RENN, E. **Drag and Driving Stability Related Aerodynamic Forces and Their Interdependence – Results of Measurements on 3/8 scale Basic Cars Shapes**. SAE Paper No. 860211v001, Society of Automotive Engineers, Warrendale, Pa., 1986.

GRUSZCZYNSKI, K. Rumpler Tropfen-Auto. **Powerful Cars**. Disponível em <<http://www.powerful-cars.com/php/rumpler/1921-tropfen-auto.php>>. Acesso em 15 de agosto de 2017.

HERNANDES, D., Volkswagen Gol: a inovação, as versões especiais e o legado da primeira geração. **Flatout**. Disponível em < <https://www.flatout.com.br/volkswagen-gol-a-inovacao-as-versoes-especiais-e-o-legado-da-primeira-geracao/>> Acesso dia 09 de setembro de 2017.

HUCHO, W-H., **Aerodynamics of Road Vehicles**, 4Th Edition, Society of Automotive Engineers, Warrendale, Pa 1998.

HUCHO, W-H., JANSEN,L.J., EMMELMANN. HJ, **The Optimization of Body Details – A Method for Reducing the Aerodynamic Drag of Road Vehicles**, SAE Paper No 760185. Society of Automotive Engineers, Warrendale, Pa., 1976.

JACKSON. História da Aerodinâmica. **Blogspot**. Disponível em < <http://aerodinamica-cars.blogspot.com.br/2009/11/historia-da-aerodinamica.html>>. Acesso em 15 de agosto de 2017.

KATZ.,J., **Race Car Aerodynamics – Design For Speed** 2nd Edition, Bentley Publisher, Cambridge, USA, 1995.

LIMA,L. Para que serve os túneis de vento. **Tec Mundo**. Disponível em <<https://www.tecmundo.com.br/simuladores/33494-para-que-servem-os-tuneis-de-vento-.htm>> Acesso em 18 de agosto de 2017.

LOPES, RF. Tire dúvidas sobre aerodinâmica do carro. **G1 Globo**. Disponível em <<http://g1.globo.com/Noticias/Carros/0,,MUL1114298-9658,00TIRE+DUVIDAS+SOBRE+AERODINAMICA+DO+CARRO.html>> Acesso em 15 de agosto de 2017.

MCCORMICK, BARNES W. **Aerodynamics, Aeronautics, and Flight Mechanics**. p. 24, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1979.

MUSSON, B.R et al. **Fundamentos da mecânica dos fluidos: escoamentos sobre corpos imersos**. Editora; 4<sup>a</sup> ed.; São Paulo; editora Edgard Blücher;2004.

PEREIRA, V. R. **Necessidades do cliente do setor automobilístico: um estudo das percepções de agentes dos elos da cadeia automotiva**. – 112p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2007.

ROBERT A. Túneis de vento. **Automobilesreview**. Disponível em <<http://www.automobilesreview.com/pictures/prior-design/porsche-panamera-wide-body-kit/wallpaper-02.html>> Acesso dia 16 de agosto de 2017

SANTOS, MAS., Aerodinâmica. **Brasil Escola**. Disponível em <<http://brasilecola.uol.com.br/fisica/aerodinamica.htm>>. Acesso em 17 de agosto de 2017.