



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
Curso de Engenharia Mecânica

JORGE AUGUSTO SILVA FERREIRA

Estudo de Caso: A Eficiência do Sistema de Freio BDW para Veículos Populares

SÃO LUÍS/MA
2018

JORGE AUGUSTO SILVA FERREIRA

Estudo de Caso: A eficiência do Sistema de Freio BDW para Veículos Populares

Monografia de graduação apresentada ao Curso de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual do Maranhão como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Kaio Henrique Ferreira Nogueira de Nogueira

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO FINAL DA MONOGRAFIA DEFENDIDA PELO(A) ALUNO(A) JORGE AUGUSTO SILVA FERREIRA, E ORIENTADO PELO(A) PROF(A). KAIO HENRIQUE FERREIRA NOGUEIRA DE NOGUEIRA.

ASSINATURA DO(A) ORIENTADOR(A)

SÃO LUÍS/MA
2018

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA CENTRAL – UEMA

Ferreira, Jorge Augusto Silva.

Estudo de caso: a eficiência do sistema de freio BDW para veículos populares / Jorge Augusto Silva Ferreira. – São Luís, 2018.

77p.

Monografia (Graduação) – Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual do Maranhão, 2018.

Orientador: Prof. Kaio Henrique Ferreira Nogueira de Nogueira

1. BDW. 2. Sistema de freio. 3. Disco de freio. I. Título.

CDU 62-592

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA E PRODUÇÃO

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**Estudo de Caso: A eficiência do Sistema de
Freio BDW para Veículos Populares**

Autor: Jorge Augusto Silva Ferreira

Orientador: Kaio Henrique Ferreira Nogueira de Nogueira

A Banca Examinadora composta pelos membros abaixo aprovou esta Monografia:

Prof. Kaio Henrique Ferreira Nogueira de Nogueira
Universidade Estadual do Maranhão

Prof. Lorenni Evren Matias Barros
Universidade Estadual do Maranhão

Prof. Carlos Ronyhelton Santana de Oliveira
Universidade Estadual do Maranhão

A ata da defesa com as respectivas assinaturas dos membros encontra-se no processo de vida acadêmica do aluno.

São Luís/MA, de de 2018.

DEDICATÓRIA

A minha esposa Elisangela Ferreira e a minha sogra Maria das Graças, meus filhos Kevin e Arthur Ferreira.

AGRADECIMENTOS

Ao Senhor nosso Deus que esteve todo tempo ao meu lado.

Ao professor e orientador Kaio Henrique Ferreira Nogueira de Nogueira pela construção da pesquisa, assim como, os esclarecimentos, além de contribuir de forma significativa para o desenvolvimento do trabalho.

Ao amigo Eng. Luiz Felipe por ter colaborado com seus conhecimentos nos testes práticos diretos para obtenção de dados do trabalho.

Aos colegas de curso que de uma forma ou de outra ajudarão na edificação da pesquisa.

À Universidade Estadual do Maranhão e aos professores do DEMECP – Departamento de Engenharia Mecânica e Produção.

À minha companheira Elisangela que sempre me deu forças para que nunca desistisse da graduação.

Meus filhos Kevin e Arthur que me serviram de inspiração para conclusão do curso.

“Tudo posso naquele que me fortalece”.

Filipenses 4.13

RESUMO

O sistema de frenagem BDW (*Brake Disk Waiping*), é um dispositivo que auxilia no aumento da segurança veicular operando em dias chuvosos, no entanto, esse acessório é instalado apenas em veículos de alto custo. A finalidade do BDW é aproximar as pastilhas de freio ao disco sem que haja atrito, fazendo com que a superfície do disco de freio fique limpa e seca retirando qualquer impureza que esteja acumulada devido a água da chuva. Este trabalho propõe validar o emprego do sistema de freio BDW em veículo popular de baixo custo e avaliar a eficiência do freio visando o aumento da segurança. Através de testes práticos diretos com freadas bruscas para determinar a distância de parada com e sem o BDW em pista molhada, plana e com os pneus novos. O veículo de testes foi um VW GOL *TREND* 1.0 com a revisão da manutenção, este foi posto em duas etapas de testes a 60 km/h, sendo que no primeiro realizou-se três freadas bruscas sem o BDW e segundo, também com três freadas bruscas utilizando o BDW. O método utilizado determinou a distância e o tempo de parada de cada teste. Nestas condições de operação o sistema de frenagem BDW adaptado para veículo popular através dos testes realizados, pode-se afirmar que atuação com o BDW em relação ao sem, houve uma redução bem expressiva e com isso uma eficiência do sistema de freio proposto.

Palavras chaves: BDW, Sistema de freio, Discos de freio.

ABSTRACT

The BDW (Brake Disk Waiping) Brake system is a device that assists in increasing vehicular safety while operating on rainy days, however, this accessory is only installed on high-cost vehicles. The purpose of the BDW is to bring the brake pads to the disc without friction, causing the surface of the brake disc to be clean and dry removing any impurity that is accumulated due to rainwater. This work proposes to validate the use of the BDW brake system in low cost popular vehicle and to evaluate brake efficiency in order to increase safety. Through direct practical tests with abrupt braking to determine the stopping distance with and without the BDW on wet, flat track and with the new tires. The test vehicle was a VW GOL TREND 1.0 with the maintenance revision, this one was put in two stages of tests to 60 km/h, in which the first one was realized three brakes abrupt without the BDW and second, also with three abrupt brakes using the BDW. The method used determined the distance and stopping time of each test. In these operating conditions the BDW braking system adapted to popular vehicle through the tests carried out, it can be affirmed that performance with the BDW in relation to the without, there was a very expressive reduction and with that an efficiency of the proposed brake system.

Key words: BDW, brake system, brake discs.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 2.1-VISTA DE CIMA DA CARROCERIA/CHASSI FUSCA/BRASÍLIA.....	6
FIGURA 2.2-ESQUEMA DE UM FREIO A TAMBOR "SIMPLEX".....	7
FIGURA 2.3-FREIO OU EMBREAGEM TIPO TAMBOR COM SAPATA INTERNA.....	8
FIGURA 2.4-TIPOS DE PINÇA DE FREIO: (A) TIPO FIXO; (B) TIPO FLUTUANTE.....	9
FIGURA 2.5-VISTA FRONTAL E LATERAL EM CORTE DO DISCO DE FREIO SÓLIDO.....	10
FIGURA 2.6-VISTA FRONTAL E LATERAL EM CORTE DO DISCO DE FREIO SÓLIDO.....	11
FIGURA 2.7-PINÇA (A), PASTILHA (B) E DISCO DE FREIO (C).....	11
FIGURA 2.8-SISTEMA DE FREIO CONVENCIONAL.....	13
FIGURA 2.9-DISCO DE FREIO SÓLIDO DO VW GOL G4.....	14
FIGURA 2.10-DISCO DE FREIO VENTILADO DO VW GOL G4.....	15
FIGURA 2.11-PAR DE PINÇAS DE FREIO E JOGO DE PASTILHAS DO VW GOL G4.....	16
FIGURA 2.12-JOGO DE PASTILHAS VW GOL G4.....	17
FIGURA 2.13-TAMBOR DE RODA DO VW GOL G4.....	19
FIGURA 2.14-ESPELHO LONA DE FREIO TRASEIRO DIREITO VW GOL G4.....	20
FIGURA 2.15-JOGO DE LONAS VW GOL.....	21
FIGURA 2.16-CILINDRO AUXILIAR VW GOL.....	22
FIGURA 2.17-CILINDRO MESTRE VW GOL G4.....	23
FIGURA 2.18-HIDROVÁCUO/SERVO-FREIO VOLKSWAGEN GOL G4.....	24
FIGURA 2.19-FLEXÍVEL DO FREIO TRASEIRO VW GOL.....	25
FIGURA 2.20-VISTA INFERIOR DA TUBULAÇÃO DE FREIO DO VEÍCULO DE TESTE.....	26
FIGURA 2.21-FLUIDOS DE FREIO TRW VARGA.....	27
FIGURA 2.22-PEDAL DE FREIO ORIGINAL VW GOL G4.....	28
FIGURA 2.23-ÁLAVANCA DE MÃO DO FREIO DE ESTACIONAMENTO VW GOL.....	29
FIGURA 2.24-MARCAÇÃO DO PONTO INICIAL DE FRENAGEM.....	31
FIGURA 2.25-ETAPAS DO TESTE DE FRENAGEM ATÉ A PARADA.....	31
FIGURA 2.26-DURAÇÃO DA FRENAGEM EM UM DOS TESTES PRÁTICOS.....	33
FIGURA 2.27-VELOCIDADE EM TEMPO REAL DE 60 KM/H DO VEÍCULO DE TESTE.....	33
FIGURA 2.28-PROTETOR/ESPELHO/PRATO FREIO VW GOL G4.....	34
FIGURA 2.29-VEÍCULO PASSAT EQUIPADO COM SISTEMA DE FRENAGEM BDW.....	36
FIGURA 2.30-TELA DE COMANDO ATIVO OU INATIVO DO BDW NO AUDI S5.....	37
FIGURA 3.1-VEÍCULO DE TESTES (VW GOL TREND 1.0).....	39

FIGURA 3.2-PAR DE CONES UTILIZADOS COMO PONTO INÍCIO DA FREADA	41
FIGURA 3.3-RÉGUA FITA MÉTRICA DE 50M.....	42
FIGURA 3.4-CELULAR UTILIZADO COMO CRONÔMETRO.....	43
FIGURA 3.5-CÂMERA FOTOGRÁFICA UTILIZADA NA CAPTAÇÃO DE IMAGENS.	44
FIGURA 3.6-ESGUICHOS DOS DISCOS DE FREIO	45
FIGURA 3.7-ESGUICHOS DOS DISCOS DE FREIO MONTADO.	46
FIGURA 3.8-ESGUICHOS NOS DISCOS DE FREIO INSTALADOS NAS RODAS.....	46
FIGURA 4.1-REGISTRO DA DISTÂNCIA DE PARADA COM BDW.....	50
FIGURA 4.2-REGISTRO DA PARADA TOTAL SEM BDW.....	50
FIGURA 4.3-GRÁFICO DAS ETAPAS SEM BDW.....	52
FIGURA 4.4-GRÁFICO DAS ETAPAS COM BDW	53
FIGURA 4.5-GRÁFICO DAS MÉDIAS DAS DISTÂNCIAS E TEMPO DE PARADA.	53

LISTA DE TABELAS

TABELA 2-1-SISTEMA DE SEGURANÇA VEICULAR.....	4
TABELA 2-2-CLASSIFICAÇÃO DOS FLUIDOS DE FREIOS.	26
TABELA 4-3-FICHA TÉCNICA DO VW GOL TREND 1.0.	47
TABELA 4-4-ETAPA 1 - SEM BDW.....	51
TABELA 4-5-ETAPA 2 - COM BDW.	51
TABELA 4-6-MÉDIA DAS DISTÂNCIA E TEMPO DE PARADA.....	52

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABS	Antilock Braking System
ACC	Adaptive Cruise Control
1.0	Apresenta 1000cc (cilindrada)
BaSO ₄	Sulfato de Bário
BDW	Brake Disc Waiping
DOT	Department of Transportation
ESP	Eletronic Stability System
G4	Quarta Geração do Gol
HP	Horse Power
MDS	Fabricantes de Discos e Tambores de Freios
O	Opcional
°C	Graus Celsius
S	Série
SBBF	Silicone Based Brake Fluid
SBC	Sensotronic Brake Control
T	Formato do esguicho de disco de freio
TCS	Traction Control System
TREND	Palavra no inglês e significa tendência – versão básica do veículo
TRW	Thompson-Ramo-Wooldridge
UFSCar	Universidade Federal de Santa Catarina
VW	Volkswagen

LISTA DE SIMBOLOS

E_c	Energia cinética
cm^3	Centímetro cúbico
cv	Cavalo-vapor
mm	Milímetros
rpm	Rotação por minuto
e	Distância de Parada
m	Massa do veículo
v	Velocidade do veículo
γ	Quociente de Desaceleração
kgfm	Quilograma-força-metro
kg	Quilograma
km	Quilômetros
h	Horas
s	Segundos

SUMÁRIO

FOLHA DE APROVAÇÃO.....	iv
AGRADECIMENTOS	vi
RESUMO	viii
ABSTRACT	ix
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	x
LISTA DE TABELAS	xii
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	xiii
LISTA DE SIMBOLOS.....	xiv
SUMÁRIO	xv
1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 JUSTIFICATIVA	1
1.2 OBJETIVOS	2
1.2.1 GERAL	2
1.2.2 ESPECÍFICO	2
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	3
2.1 CONCEITOS GERAIS	3
2.2 PRINCIPAIS TIPOS DE FREIOS AUTOMOTIVOS	5
2.2.1 SISTEMA DE FREIO A TAMBOR.....	5
2.2.2 SISTEMA DE FREIO A DISCO	9
2.3 COMPONENTES DO SISTEMA DE FREIO PARA VEÍCULO POPULAR VW GOL TREND 1.0.....	12
2.3.1 DISCO	13
2.3.2 PINÇA/CALÍPER	15
2.3.3 PASTILHAS.....	16
2.3.4 TAMBOR	18
2.3.5 SAPATAS E LONAS	19
2.3.6 CILINDRO AUXILIAR.....	21
2.3.7 CILINDRO MESTRE.....	22
2.3.8 HIDROVÁCUO/SERVO FREIO	24
2.3.9 CANOS/DUTOS DE DISTRIBUIÇÃO	25

2.3.10	<i>FLUÍDOS</i>	26
2.3.11	<i>PEDAL DE FREIOS</i>	27
2.3.12	<i>ALAVANCA/FREIO DE ESTACIONAMENTO</i>	28
2.4	DETERMINAÇÃO DE DISTÂNCIA DE FRENAGEM.....	29
2.4.1	<i>ENERGIA CINÉTICA DO VEÍCULO</i>	29
2.4.2	<i>DISTÂNCIA DE PARADA</i>	30
2.4.3	<i>DESACELERAÇÃO</i>	32
2.5	O BDW.....	34
2.5.1	<i>PRÍNCIPIO DE FUNCIONAMENTO DO FREIO BDW</i>	35
3	MATERIAL E MÉTODOS	38
3.1	MATERIAIS.....	38
3.1.1	<i>VEÍCULO VW GOL TREND 1.0</i>	39
3.1.2	<i>CONES DE SINALIZAÇÃO</i>	40
3.1.3	<i>FITA MÉTRICA</i>	41
3.1.4	<i>CELULAR</i>	42
3.1.5	<i>CÂMERA FOTOGRÁFICA</i>	43
3.2	MÉTODOS.....	44
3.2.1	<i>ESGUICHOS DOS DISCOS DE FREIO</i>	44
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	47
5	CONCLUSÃO	54
	REFERÊNCIAS	55

1 INTRODUÇÃO

Adquirir um automóvel nos dias hoje virou para alguns uma questão de status, para outros, uma necessidade. Seja um veículo com uma elevada potência e opcionais diversos, sem utilidade dependendo do proprietário, ou um simples compacto equipado apenas com itens de série como: ar quente, limpador traseiro e desembaçador. De acordo com a opção do motorista, uma questão importante que não se pode esquecer, a segurança que o veículo tem a oferecer.

Com o maior acesso da população a esse meio de transporte, cada vez mais velozes, a engenharia teve de se desenvolver a fim de alcançar níveis de segurança mais rigorosos; como se pode associar a segurança a eficiência da frenagem (ABREU, 2013).

Segundo Soares (2012, p.15), atualmente muitos veículos são acompanhados de alguns sistemas disponibilizados com um nível de potência acima do que comporta as estradas brasileiras, na Europa o fator estrada não afeta tanto o nível de segurança dos condutores como no Brasil, porém há outros fatores que implicam diretamente no fator freio, neste caso a chuva.

O atual trabalho questiona um destes sistemas, o BDW. Cada sistema criado no intuito de promover segurança para os ocupantes, com certeza pode ser considerado como item importante, no entanto, quando se utiliza tempo e esforços financeiros em melhorias, infelizmente, estes são transmitidos para o consumidor final.

Hoje em dia o sistema de freio BDW não se encontra em veículos populares, apenas em alguns veículos com alto custo e desempenho, além do mais, o BDW depende do sistema de freio ABS e alguns acessórios eletrônicos que torna o valor do veículo mais elevado.

O trabalho vai mostrar se há uma eficiência do sistema de freio BDW para veículos populares, pegando um modelo popular e a partir de então, coletar dados dos testes feitos em uma estrada molhada e chovendo, com veículo que dispõem do BDW e sem o BDW, validando o emprego desse sistema em um modelo básico.

1.1 JUSTIFICATIVA

Avaliar se existe um aumento da eficiência de freio BDW em veículos populares, visando a melhoria na segurança, como se trata de uma pesquisa em que o assunto abordado é de difícil elaboração pelo fato que há poucos autores que tratam da questão de um sistema de freio BDW,

a prática para se chegar aos dados também não são fáceis, pois será necessário que o tempo climático esteja em período chuvoso, uma vez que o BDW é utilizado com frequência em períodos de chuva.

A pesquisa em seu término deverá satisfazer as perguntas pertinentes ao tema tratado, contribuindo de forma positiva em trabalhos futuros, pois, os tópicos e conteúdo que iram ser abordados serão de grande ajuda no auxílio de soluções de problemas no que diz respeito a sistema de freio e suas aplicações favorecendo no aumento da segurança.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 GERAL

Envolver a comunidade acadêmica na busca por conhecimentos e pesquisas na área automotiva, de forma específica, no que condiz, sistema de freio automotivo. Incentivar novos estudos, aprimorando ou melhorando processos com investigações que ajudem no desenvolvimento de melhorias na segurança dos condutores e seus ocupantes.

1.2.2 ESPECÍFICO

Determinar através de testes de frenagem com e sem BDW se existe uma diferença nas distâncias de parada do veículo em pista molhada e chovendo.

Desenvolver a partir dos dados colhidos nos testes, gráficos que mostre essa diferença ou não das frenagens nas duas etapas.

Avaliar se os resultados dos testes práticos estão de acordo com a eficiência na frenagem com o emprego do sistema de freio BDW em veículos populares de baixo custo, observando que o mesmo já se aplica em carros de alto custo.

Testar por meio de diversas voltas, colocando o veículo para parar de forma brusca utilizando ou não o BDW, se houve uma redução na distância de parada entre o veículo com o BDW e sem o BDW.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 CONCEITOS GERAIS

Segundo (CHOLLET, 1989, P. 127) os freios provocam a moderação da marcha, a parada completa e a imobilização do veículo estacionado. Os elementos de frenagem possuem sempre uma parte móvel, unida às rodas, e uma parte fixa, solidária ao eixo ou chassi. No momento da frenagem, a parte fixa aplica-se fortemente sobre a parte móvel, provocando um forte atrito que absorve a energia desenvolvida pelo veículo em movimento.

A evolução dos freios levou ao surgimento de dois tipos bem difundidos na indústria automobilística, os freios a tambor e a disco. O freio a tambor foi utilizado pela primeira vez no automóvel MMaybach 1901, pelo Francês Louis Renault em 1902. Já o freio a disco veio a ser patenteado em 1902 pelo inglês Frederick Lanchester (ABREU, 2013).

Desde então, os automóveis evoluíram de forma considerável, aumentando os seus pesos concomitantemente com a potência dos motores. Atualmente, os automóveis populares pesam em torno de 1000 kg e são equipados com motores de 65 HP, que permite atingirem velocidades máximas de aproximadamente 150 km/h (INFANTINI, 2008).

No início da história do automóvel, o condutor contava apenas com dois rudimentares sistemas para garantir sua segurança e dos ocupantes, que eram o sistema de freios e o de iluminação. Ambos são, até hoje, indiscutivelmente básicos em qualquer conjunto (GARDINALLI, 2005). A tabela 1.1, mostra a evolução da segurança veicular como um todo ao passar dos anos, vai desde o melhoramento mecânico dos sistemas de freios a tambor e a disco até o surgimento dos primeiros equipamentos eletrônicos voltados para a melhoria da proteção dos ocupantes.

Tabela 2.1-Sistema de segurança veicular (Adaptado de GARDINALLI, 2005).

Ano de introdução	Sistemas
1988	Freio por cintas externas
1902	Freio a tambor com sapatas internas
1919	Freio a tambor com sapatas internas
1955	Freio a disco
1968	Cinto de segurança de três pontos
1978	ABS “Antilock Braking System”
1979	Tensionador do cinto de segurança pirotécnico
1979	“Airbag”
1987	TCS “Traction Control System”
1989	Barra de proteção de capotamento automática para conversíveis
1995	ESP “Electronic Stability Program”
1995	Limitador de força no cinto de segurança
1995	“Airbag” lateral
2001	ACC “Adaptive Cruise Control”
2001	SBC “Sensotronic Brake Control”
2006	BDW "Breaking Disc Wiping"

Para Iombriller (2002, p. 20), a sua segurança está intimamente ligada a eficiência do sistema de freio, o qual está sujeito a elevadas cargas mecânicas e térmicas.

Mas, para que se tenha ótimos resultados na questão da segurança veicular, é necessário um bom planejamento que vai desde sua idealização de projeto até o consumidor final. Iombriller (2002, p. 20), também fala que atendendo às necessidades do mercado consumidor é preciso buscar:

- otimizar mão de obra: treinamento e qualificando profissionais;
- reduzir custos: considerando cuidadosamente a relação custo/benefício nas possíveis modificações;
- aperfeiçoar o projeto e produção: avaliando novos materiais, bem como novos métodos de produção;
- reduzir o tempo de desenvolvimento: tornando os cálculos e ensaios mais objetivos;
- diversificar os produtos: oferecendo uma gama maior de alternativas ao consumidor, de acordo com as diversas necessidades.

2.2 PRINCIPAIS TIPOS DE FREIOS AUTOMOTIVOS

Os diferentes tipos de freios caracterizam-se pelo modo de ação e comportamento nas diversas condições de funcionamento (CHOLLET, 1989). Atualmente são utilizados basicamente dois tipos de freios: freio a tambor e freio a disco. Os freios devem satisfazer severos requisitos como: distância de paradas curtas, mínimo atraso de respostas e mínimo tempo antes de atingir a eficiência máxima segundo Bosch (1995 apud GIORIA, 2008, p.19)

O sistema de freios de autoveículo tem sua construção de acordo com a finalidade em que irá submeter-se, para uma situação em que se sujeitará a altas velocidades, seu conjunto de freio será projetado para aquela condição de alto desempenho.

2.2.1 *SISTEMA DE FREIO A TAMBOR*

A muito tempo se utiliza os freios acionados por sistemas de alavancas e sapatas atuando externamente nos pneus, no entanto, houve a necessidade de sistemas de freio com mais eficiência e segurança, foi então que surgiu um dispositivo conhecido até os dias atuais, principalmente em carros populares de baixo custo, o freio por acionamento hidráulico movido a tambor, no início se aplicava nas rodas dianteiras de veículos nacionais como pode ser visto na Figura 2.1, como, Fusca, Brasília e etc. Nessa época, era de praxe de quando os freios das rodas dianteira eram a tambor, geralmente o motor vinha no compartimento traseiro e com isso, a tração era traseira em alguns modelos.

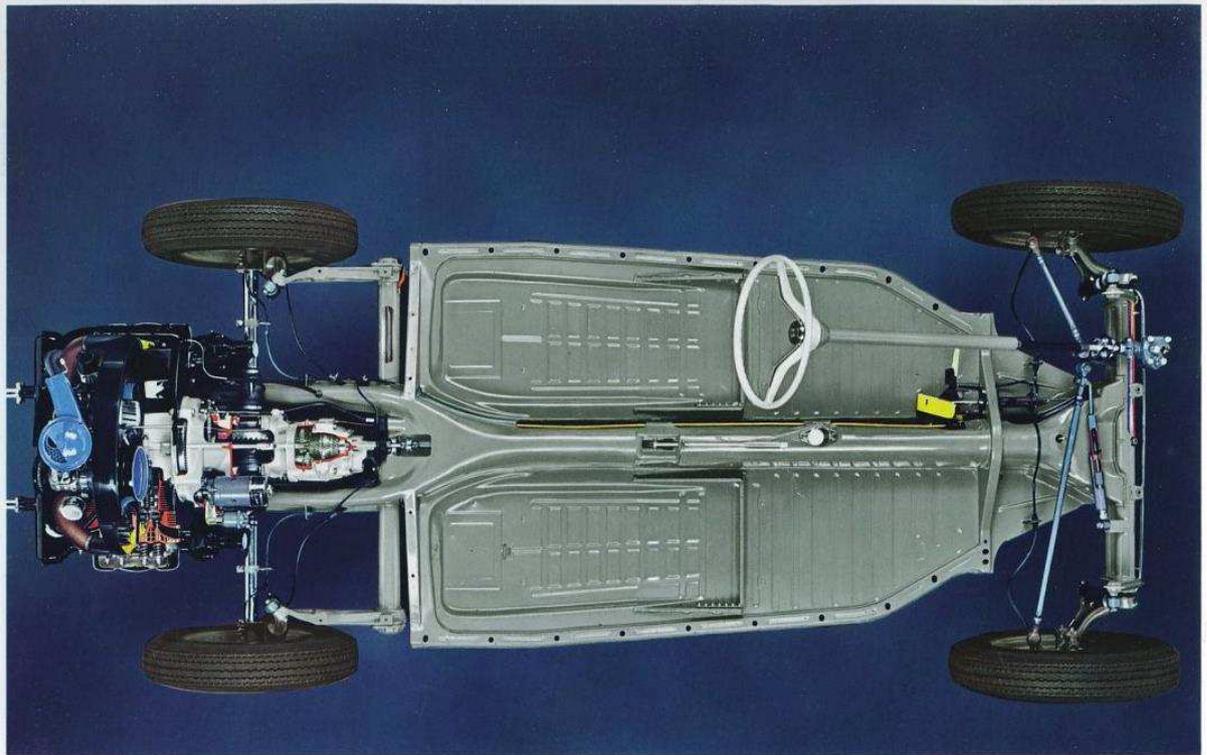


Figura 2.1 - Vista de cima da carroceria/Chassi Fusca/Brasília (Adaptado de FUSKET, 2011).

O sistema de freio a tambor em veículos populares geralmente do tipo ‘Simplex’ é o que está instalado no veículo de teste, é de fácil entendimento, uma vez que, seu funcionamento se dá a partir de mecanismos localizados dentro de seu compartimento interno, onde se alojam de forma organizada e harmônica para o exercício da função.

A operação do freio Simplex é controlada pela pressão bilateral exercida pelo cilindro de freio contra as sapatas e para forçá-las contra o tambor. É uma questão simples equipar o Simplex com um freio de estacionamento mecanicamente controlado (GIORIA, 2008), como é mostrado pela Figura 2.2, utilizada em todos os veículos populares com tração dianteira.

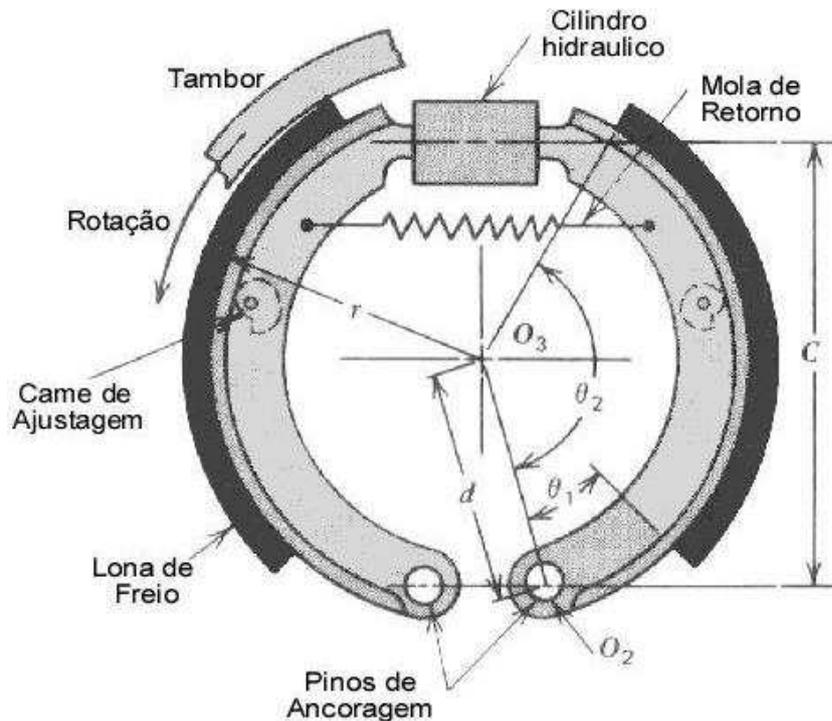


Figura 2.2 - Esquema de um freio a tambor Simplex (Adaptado de ZANGARINI, 2006).

A pressão aplicada ao fluido chegará aos cilindros das rodas e pinças, onde as lonas e pastilhas serão empurradas contra os tambores e disco respectivamente, estes elementos são discutidos de forma separada nos capítulos seguintes. O atrito – resistência ao movimento entre dois corpos – é o princípio de funcionamento de qualquer tipo de freio, como destaca (NAKATA, 2018, p. 8).

Para que o sistema de freio a tambor atue de forma eficiente, é necessário que todos os seus componentes estejam funcionando perfeitamente, uma vez que, algum elemento não realize sua função adequadamente, comprometerá todo o funcionamento correto do conjunto. Mais abaixo na Figura 2.3, é mostrado algumas peças de dentro do tambor de freio de um carro popular que será instrumento de nosso trabalho, e que estes, podem ser encontrados em lojas de autopeças no comércio local, são de fácil colocação, sem muita necessidade de mão de obra especializada, são eles:

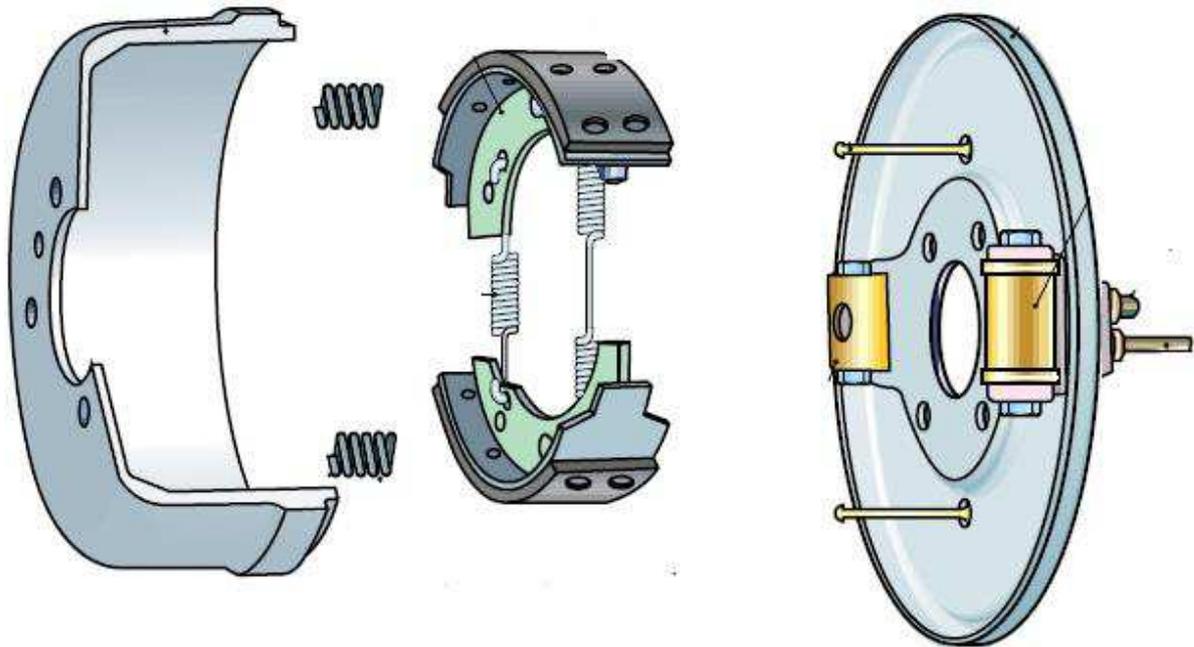


Figura 2.3 - Freio ou embreagem tipo tambor com sapata interna (Adaptado DE ALMEIDA, 2018).

Os elementos identificados neste sistema de freio a tambor e que serão explanados mais adiante, são:

- Tambor;
- Conjunto sapatas/lonas;
- Cilindro auxiliar.

As vantagens e desvantagens de se ter um sistema de freio a tambor segundo formula UFSCar (2018), podem ser descritas abaixo:

- O menor custo relativo;
- O efeito de servo action (aumento da capacidade de frenagem devido ao torque produzido pelo próprio movimento de rotação do tambor na sapata principal);
- A facilidade de inserir um sistema de freio de estacionamento;
- Dilatação térmica (que ocasiona o aumento do tambor, provocando maior curso do pedal);
- Baixa dissipação da energia absorvida (refrigeração do sistema), o que proporciona alta temperatura de trabalho;
- Acúmulo de sujeira dentro do tambor, entre outras.

2.2.2 SISTEMA DE FREIO A DISCO

O sistema de freio a disco, ainda hoje, é o mais utilizado em veículos em geral, nos veículos populares, estes estão presente na parte frontal, já em veículos com de maior potência e robustez, além de vir na frente, também vem na traseira, dando mais segurança e eficiência na frenagem. O modo de funcionamento desse mecanismo segundo Gioria (2008, p. 19), diz que as forças de frenagem em freio a disco são geradas na superfície de um disco, o qual roda solidário à roda do veículo, enquanto uma pinça com formato de U é fixada por componentes estacionários do veículo.

Agora Kawaguchi (2005, p. 24) afirma que seu princípio básico de funcionamento consiste na geração de força de frenagem através do contato das pastilhas nas superfícies laterais do disco por meio de sua movimentação axial provida pelo êmbolo do conjunto freio a disco ou “caliper”, como também é conhecido.

Já Infantini (2008, p. 6), declara que o desempenho do freio a disco consiste em um freio cujas forças de atuação são axiais a um rotor. A superfície de contato do par de fricção é plana, como mostra a figura 2.4.

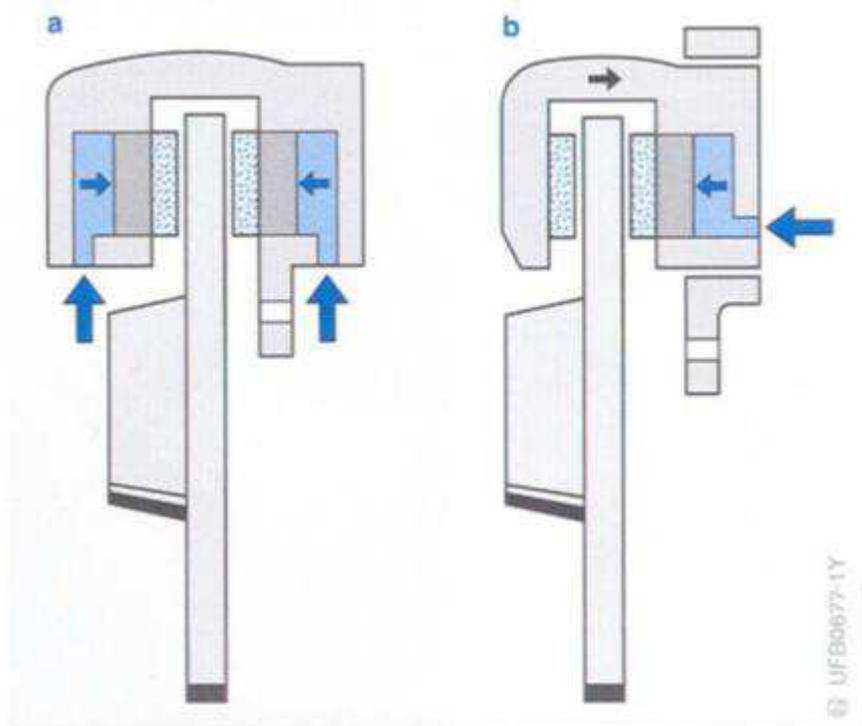


Figura 2.4-Tipos de pinça de freio: (a) tipo fixo; (b) tipo flutuante (Adaptado de BAUER, 2003, apud KAWAGUCHI, 2005, p. 25).

O conjunto freio a disco Figura 2.7, é composta por partes, além disso, também podem ser diferentes seu modo de atuação em relação aplicação de forças no pistão, como no caso das pinças de freio, podendo ser “fixa” e/ou “flutuante” como foram mostradas nas Figuras 2.4a e 2.4b acima , a primeira pinça por ter duplo pistões, ou seja, um em cada lado do disco, atuando de forma conjunta, pois cada um do pistão atua conforme o fluxo de óleo no canal hidráulico. O segundo modelo de pinça, apesar de possuir apenas um pistão chega a ser a melhor opção para alguns autores, pois, um único pistão em movimento é empurrado no sentido do disco. Os discos de freio também podem apresentar dois modelos quanto a dissipação de calor, podendo ser sólidos ou ventilados.

O disco é o componente girante do par de fricção. Tanto o disco solido quanto o disco ventilado são forçados a trocas térmicas com o ambiente, e nos veículos diferentes aos de corrida, são geralmente fabricados em ferro fundido cinzento perlítico, menciona Haynes Publishing (1999 apud INFANTINI, 2008, p.6).

Segundo Abreu (2013, p. 37), disco de freio sólido: são discos que apresentam superfície maciça. É a solução mais simples entre os discos e a mais utilizada nos veículos de passeio até tempos atrás, pois, a maioria dos veículos nacionais não vem mais com essa configuração de disco. São utilizados mais frequentemente por veículos que tenham uma relação peso potência. Como podemos observar na figura 2.5 está representado o disco solido.

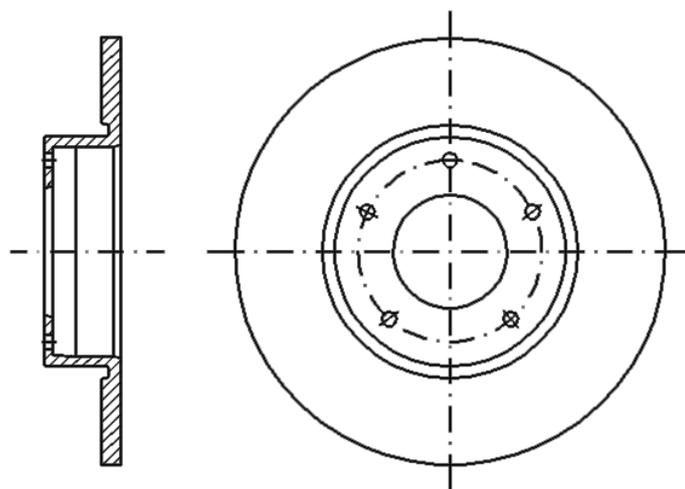


Figura 2.5-Vista frontal e lateral em corte do disco de freio sólido (Adaptado de ABREU, 2013)

Disco de freio ventilado: são discos que apresentam aletas internas entre as faces de contato com as pastilhas, permitindo uma troca térmica mais rápida. Utilizados em veículos com maior potência e maior peso bruto total. Esquemático na Figura 2.6. (ABREU, 2013, p. 38).

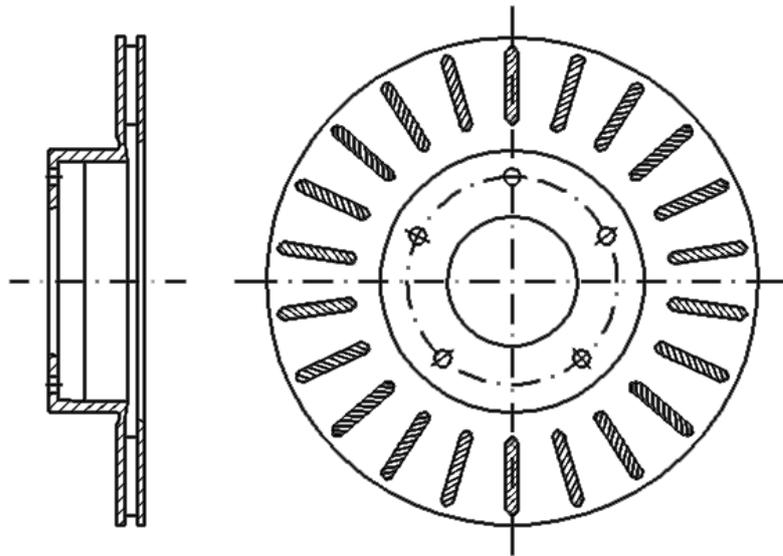


Figura 2.6-Vista frontal e lateral em corte do disco de freio sólido (Adaptado de ABREU, 2013)

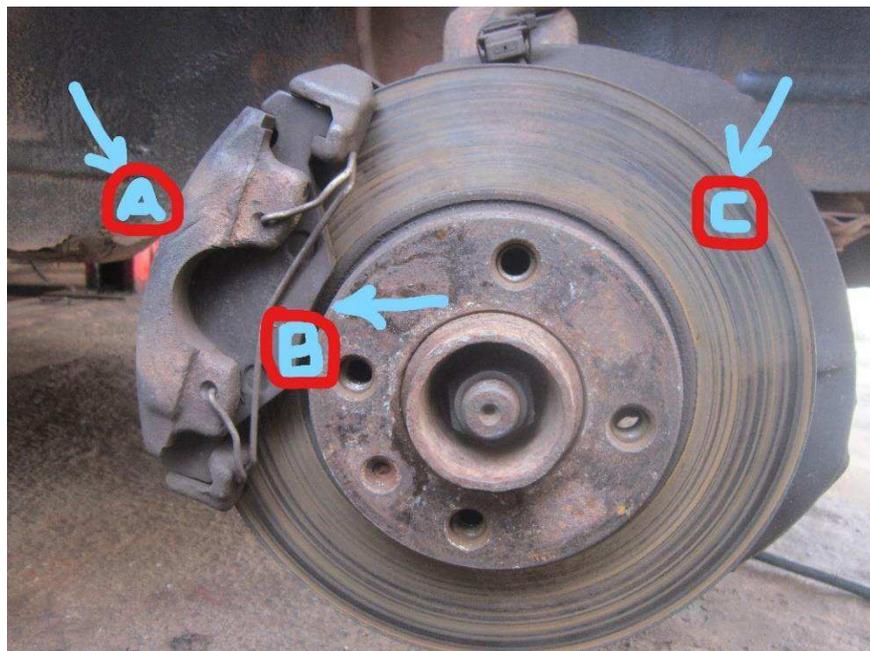


Figura 2.7-Pinça (a), Pastilha (b) e Disco de freio (c).

A pastilha de freio, é um material de fricção conformado no formato de contato do disco com forma plana e que é fixado a uma plaqueta metálica cuja finalidade é transmitir de maneira uniforme as forças de atuação do pistão. É pressionado contra o disco durante a frenagem. É geralmente formado de material compósito (INFANTINI, 2008, p. 6). As pastilhas geralmente são trocadas antes do disco de freio, devido a sua composição já mencionado acima, não é difícil descobrir quando existe a necessidade da substituição da peça, basta identificar alguns critérios, como: o curso do pedal de freio está maior, se há ruídos de atrito entre metais, resposta tardia quanto a distância de parada, observar se há muita sujeira ao redor das rodas da frente, pois pode haver desgaste excessivo das pastilhas devido à má qualidade das mesmas.

As vantagens dos freios a disco segundo Chollet (1989, p. 133) são as seguintes:

- Frenagem sem deformações causadas pelo calor.
- Excelente arrefecimento, graças a circulação de ar interna e externa.
- Insensibilidade aos efeitos externos.
- Regularidade da frenagem nos dois sentidos de marcha.
- Pouco peso em relação à potência de frenagem.
- Fácil montagem das sapatas.

Sua única desvantagem segundo Admin (2018) desse sistema de freio é:

- Apresenta um custo mais elevado e não há o efeito de servo action.

2.3 COMPONENTES DO SISTEMA DE FREIO PARA VEÍCULO POPULAR VW GOL TREND 1.0

Certamente o sistema de freio de um veículo, não é formado apenas pelo o que foi descrito no capítulo anterior, é bem mais do que isso, pois, além do sistema de freio a tambor e disco, são necessários outros elementos para que conjunto funcione de forma eficiente e iremos abordar todos esses componentes referentes ao nosso veículo de teste na Figura 2.8, abaixo.

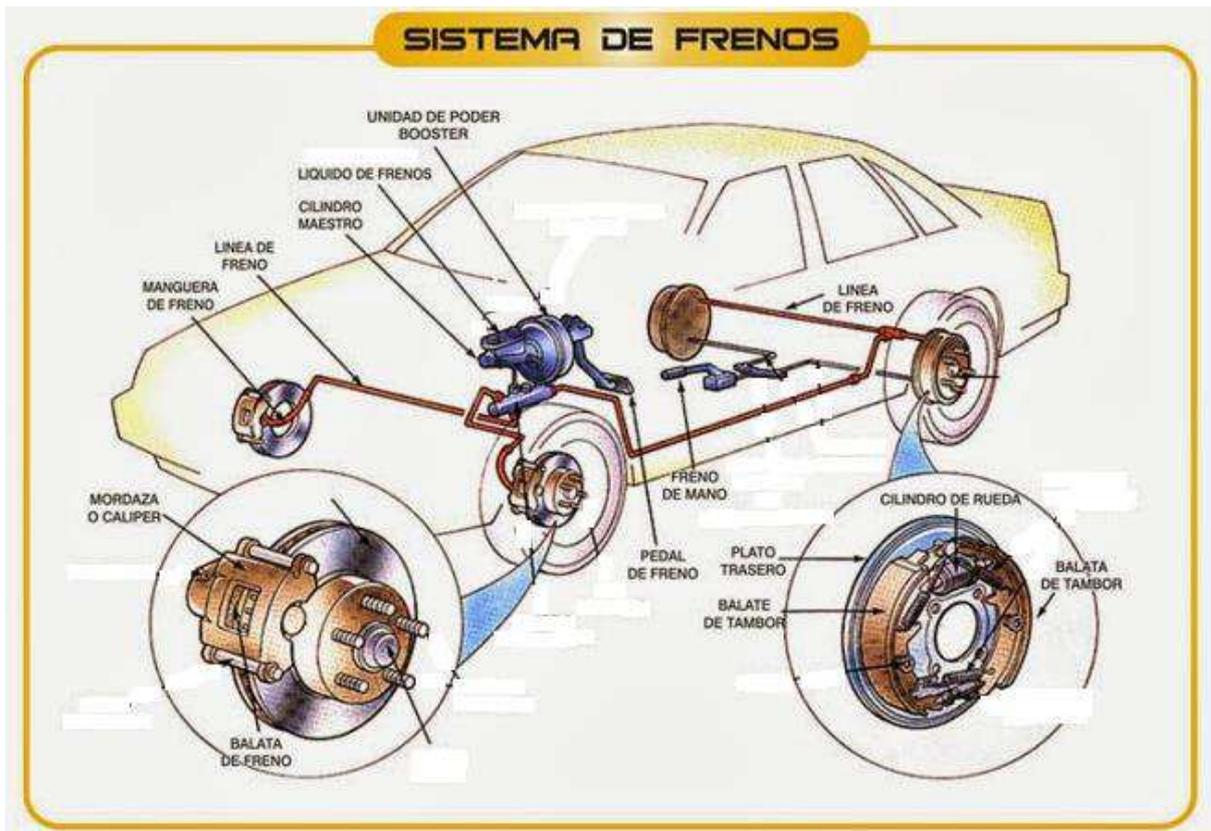


Figura 2.8-Sistema de freio convencional (Adaptado de MECÂNICA VIRTUAL, 2013).

Nos modernos carros de passeio, os sistemas de freios podem ser identificados como sistemas de freios convencionais e sistemas de freios eletrônicos. Nos sistemas convencionais, a energia muscular do condutor é amplificada e transferida para os elementos fundamentais de frenagem por meio puramente mecânico hidráulico (GARDINALLI, 2005, p. 25) como foi visto na figura 2.8.

Como se trata de um estudo de caso em que o principal instrumento do trabalho é um veículo popular, iremos abordar apenas assuntos relacionados a sistemas de freios convencionais.

2.3.1 DISCO

Pode-se dizer que é o elemento mais importante de todo o sistema de freios, fabricado geralmente por ferro fundido cinzento perlítico, possui dois tipos comuns de discos, que é o disco de freio sólido caracterizado por não ter nenhuma fenda ou canal no centro da peça e disco de freio ventilado que este é provido de um rasgo central em que a finalidade é a melhor

passagem de ar com intuito de manter a temperatura não tanto elevada se comparados com o disco sólido.

Os discos de freio do tipo sólido Figura 2.9, são mais suscetíveis a deformações como o empeno, devido a altas temperaturas e aplicações excessiva de carga mecânica. Já o disco de freio do tipo ventilado Figura 2.10, também pode comportar alterações na sua estrutura, dependendo do grau de carregamento de que é submetido. Segundo Maluf (2007), o disco pode sofrer fadiga termomecânica que é a mais encontrada durante as frenagens, caracterizada pela combinação de variação de esforço mecânico e temperatura.

Segundo Kawaguchi (2005, p. 24 apud LIMPURT, 1999), a maior vantagem do uso de freio a disco baseia-se no fato de sua baixa degradação em desempenho a altas temperaturas, de 800 °C a 900 °C. O aumento da espessura devido a dilatação do disco de freio decorrente da frenagem não causa perda de volume do fluido de freio, isto é, não causa nenhum aumento de curso de pedal, nem afeta de modo algum o conforto de frenagem. Além disso, apresenta comportamento linear entre o torque de frenagem e o coeficiente de atrito entre pastilhas e disco.



Figura 2.9-Disco de freio sólido do vw gol g4 (Adaptado de MDS, 2018).



Figura 2.10-Disco de freio ventilado do vw gol g4 (Adaptado de MDS, 2018).

2.3.2 PINÇA/CALÍPER

Esse elemento é fabricado com mesmo material do disco de freio e do tambor já descritos acima, como também foi abordado ainda pouco, podem ser fixa ou flutuante, em nosso veículo de teste e na maioria dos populares, são do tipo flutuantes. A pinça de freio como pode ser vista na Figura 2.11, recebe as pastilhas de freio, na maioria dos modelos de carros, fica alojada no montante ou manga de eixo, porém, em nosso veículo, ela se guarda na torre de suspensão ou telescópio por se tratar de uma peça única. Dependendo da marca ou modelo do veículo, seu designer tem diversas formas, mas a função ou finalidade continua igual para todos, que é fazer com que as rodas desacelerem a partir do atrito gerados pelo rotor.

Quando a pinça apresenta algum tipo de problema, seja por folga, desgastes ou corrosão, a peça completa é substituída, pois os profissionais da mecânica automotiva acham necessário a troca, por não ter peças de reposição disponíveis. No entanto, a peça foi fabricada para ter uma vida útil de muitos anos. Porém, a durabilidade da pinça de freio está comumente relacionada ao óleo de freio que o automóvel apresenta (CANAL DA PEÇA, 2015). Para uma

manutenção preventiva é necessário que o proprietário se atente a troca total do fluido de freio como manda o regulamento do fabricante, se ele não fizer no prazo estipulado pelo manual, com certeza terá problemas no veículo e o mais comum é o de travamento das rodas ou um aquecimento nos freios.



Figura 2.11-Par de pinças de freio e jogo de pastilhas do vw gol g4 (Adaptado de MERCADO LIVRE, 2017).

2.3.3 PASTILHAS

As pastilhas tem papel importante no sistema de freio, sua finalidade é travar ou desacelerar os discos de freio até sua parada parcial ou total, segundo Canal da peça (2015), as pastilhas de freio através do atrito reduzem a velocidade do disco de freio, conseqüentemente as rodas do veículo. As partes que compõem a pastilha da Figura 2.12, estão representadas abaixo:

- Material de Atrito – Composto basicamente de resinas, fibras sintéticas e partículas metálicas.
- Calço ou Base - Aço de elevada resistência mecânica, alguns modelos apresentam uma chapa amortecedora, melhorando o conforto.

- Ranhuras – Sulcos no material de atrito: indicam desgastes; melhoram seu arrefecimento e frequências de vibração.
- Chanfros – Presentes no material de atrito, para preservar o conforto quanto ao acionamento e ruído.



Figura 2.12-Jogo de pastilhas vw gol g4 (Adaptado de PASPEDBRASIL, 2018).

O tipo da matéria base de uma pastilha de acordo com Canal de peça (2015), são:

1. Metálicas - Compostas de ligas metálicas como: latão; ferro e alumínio. Resistentes a altas temperaturas e solicitações mecânicas, consequentemente alto coeficiente de atrito. Oferece boa durabilidade e eficiência, porém com menor conforto.
2. Orgânicas – Compostas basicamente de celulose e resina fenólica. Coeficiente de atrito satisfatório, boa performance térmica e conforto razoável. Baixa durabilidade.
3. Cerâmica - Resistência ao calor; durabilidade, tornaram-se uma excelente escolha para aplicações severas. A cerâmica: óxido de alumínio, boro e o carboneto de silício são os

compostos cerâmicos mais comuns. Conforme Canal de peças (2015), os materiais de atrito são compostos por:

- Ligantes - materiais aglutinantes (resinas termofixas e borrachas) responsáveis por unir os compostos do material de atrito.
- Fibras - fibras acrílicas, de carbono, limalha de latão, lã de cobre, lã de aço, fibra de vidro e lã de rocha, responsáveis pela resistência mecânica.
- Modificadores de atrito - proporcionam características de fricção dos materiais de atrito, modificando o coeficiente de atrito, grafite e sulfetos de molibdênio, antimônio, cobre-zinco, manganês, chumbo e titânio.
- Cargas minerais - aditivos utilizados para complementar a formulação, como exemplo a barita (sulfato de bário BaSO₄).

2.3.4 *TAMBOR*

O tambor de freio, é o principal elemento do sistema de freio a tambor, fabricado de ferro fundido, assim como, o disco e a pinça, não são mais utilizados na parte das rodas dianteiras por causa do seu baixo rendimento e menor estabilidade térmica. Segundo Carros Infoco (2012), a função principal do tambor é formar a superfície de atrito com a qual a lona de freio irá ser comprimida. O tambor também serve como tampa para o sistema evitando entrada de poeira ou qualquer outro detrito, porém ele não é vedado e com certeza será atingido em passagens inundadas. Rolamentos de roda também estão alojados no tambor.

Os freios a tambor Figura 2.13 são compostas por mais partes do que os freios a disco, sendo também mais difíceis de reparar, porém são mais baratos para fabricar e incorporam facilmente um mecanismo de freio de estacionamento (LIRA, 2010). Ainda Segundo Lira (2010), como nos freios a disco, às vezes surgem sulcos profundos nos tambores. Se uma lona de freio gasta for usada por muito tempo, os rebites que a fixam à sapata podem ser os causadores desses sulcos. Um tambor bastante sulcado pode, muitas vezes, ser reparado mediante retífica. Tanto quanto freios a disco têm uma espessura mínima permitida, freios a tambor têm um diâmetro máximo permitido. Como a superfície de contato é dentro do tambor, quando se remove material dele, seu diâmetro fica maior.



Figura 2.13-Tambor de roda do vw gol g4 (Adaptado de MAISKM, 2017).

2.3.5 SAPATAS E LONAS

Handerman (1996 apud INFANTINI, 2008, p.9) afirma que a sapata é o componente no qual a lona é fixada através de rebites ou cola. Tem a função de transmitir as forças de atuação para lona durante a frenagem. É geralmente fabricada em aço.

As sapatas de freio geralmente composta em pares, são pregadas no espelho do conjunto tambor de freio, podem ser retiradas facilmente, através das sapatas que são cravadas as lonas de freio, onde estas após seu desgaste, podem ser substituídas sem a necessidade de outras sapatas de freio, como mostra a Figura 2.14. Segundo Dinamizar Pneus (2015), os primeiros sinais de desgaste da peça que podem ser percebidos pelo motorista e indicar que é hora de substituir a peça são diminuição da capacidade de frenagem nas rodas traseiras e dificuldades para parar o carro com o freio de mão.



Figura 2.14-Espelho Lona de Freio Traseiro direito vw gol g4 (Adaptado de MERCADO LIVRE, 2017).

Sobre as lonas de freio Infantini (2008, p. 9), enfatiza que a composição possui material de fricção conformado em formato cilíndrico e que é pressionado contra o tambor durante a frenagem. É geralmente fabricada em material compósito. As lonas têm a finalidade de provocar o atrito das rodas traseiras com os tambores de freio e são responsáveis por travar o carro quando o freio de mão for acionado pelo motorista, através dos cabos que interligam o sistema. (DINAMICAR PNEUS, 2015).

Geralmente, o período de troca das lonas é maior do que o das pastilhas de freio, por serem acionadas com menor frequência. Em alguns casos podem ultrapassar os 50.000 km, mas é importante a cada revisão periódica observar se há algum tipo de desgaste na peça ou prazo exigido no manual de fábrica para troca (DINAMICAR PNEUS, 2015). As lonas podem ser encontradas em pequenas comercio de autopeças, onde são vendidas em jogo de dois pares como revela a Figura 2.15.



Figura 2.15-Jogo de lonas vw gol (Adaptado de LOJA FAROL, 2018).

2.3.6 CILINDRO AUXILIAR

Os cilindros podem ser de tamanhos e modelos diferentes, porém o principal critério que vai determinar o volume do cilindro, está relacionada com a potência do veículo, no nosso caso, como se trata de um modelo popular e de baixo valor comercial e além do mais tem desempenho moderado se comparado a um carro veloz, a peça é pequena o suficiente para a função, como mostra a Figura 2.16.



Figura 2.16-Cilindro auxiliar vw gol (Adaptado de MERCADO LIVRE, 2018)

O modo de funcionamento é idêntico ao cilindro mestre que iremos abordar no próximo tópico, no entanto, (DIULGHEROGLO, 2010), fala que uma vez que a pressão de freio foi gerada por intermédio do cilindro mestre, a mesma é, em seguida, transmitida para todos os cilindros das rodas através dos circuitos de freios primários e secundários. O mesmo trabalho é proporcionado pelos cilindros de roda nos freios traseiros a tambor. Eles são os responsáveis por receber a pressão de linha vinda do cilindro mestre através dos circuitos de freio, e através da sua área, transformam essa pressão em força de aplicação nas sapatas.

2.3.7 CILINDRO MESTRE

É um dos principais elementos do sistema de freio, sem ela, fica impossível qualquer frenagem. Localizada na parte frontal de outro elemento que iremos abordar mais a frente, no caso, o Hidrovácuo. O cilindro principal como também é conhecido, possui diversos furos para receber os canos hidráulicos por onde passam o fluido, além de ser um suporte para acoplar o reservatório de óleo, como mostra a Figura 2.17.



Figura 2.17-Cilindro mestre vw gol g4 (Adaptado de STREET CAR PARTS, 2018).

Para que o cilindro mestre comece a atuar, é necessário que pressione um outro elemento que vamos discutir mais adiante, que é o pedal de freio. Então, de acordo com que o pedal de freio é pressionado, o cilindro correspondera conforme a força exercida no pedal. O cilindro mestre realiza a conversão da força exercida pelo motorista no pedal, devidamente amplificada pelo servo-freio, na pressão hidráulica que é aplicada no circuito de freio, de forma proporcional à força do pedal, para acionamento dos freios das rodas. (KAWAGUCHI, 2005, p. 12).

Segundo Chollet (1989, p. 136), o pedal de freio atua mecanicamente sobre o pistão do cilindro-mestre. O impulso do pistão sobre o líquido provoca inicialmente o deslocamento dos freios até a superfície e depois a pressão de frenagem.

O veículo teste do projeto tem cilindro-mestre duplo, pois, Carros Infoco (2012), afirma que neste tipo de cilindro mestre os pistões são separados por uma mola, mas também, ligados por uma haste que funciona como um tucho, ou um pistão flutuante. Deste modo é possível equalizar a força fornecida aos dois pistões, o que vai variar é a pressão aplicada ao fluido, pois em alguns casos o diâmetro dos pistões difere.

2.3.8 HIDROVÁCUO/SERVO FREIO

Uma peça indispensável, como podemos observar o cilindro-mestre na Figura 2.18, pois sem o elemento em questão, o pedal de freio seria rígido, duro e sem eficiência de frenagem. A força de aplicação no pedal de freio era muito alta, e para amenizar os altos esforços sobre o pedal de freios criou-se um mecanismo capaz de reduzir sensivelmente essa força (DIULGHEROGLO, 2010, p. 94). Kawaguchi (2005, p. 8), fala que o servo freio é um dispositivo auxiliar que amplifica a força aplicada pelo motorista durante a frenagem do veículo com o objetivo de aumentar o poder e a eficiência da frenagem, ao mesmo tempo em que melhora o seu conforto.

Diulgheroglo (2010, p. 94), diz também que o servo freio é uma câmara bipartida confeccionada em aço que utiliza o vácuo do coletor de admissão do motor do veículo para multiplicar a força aplicada ao pedal de freio, que é direcionada ao cilindro mestre através da haste do pedal. Essa força de multiplicação é produzida através da criação de vácuo do diafragma da câmara.



Figura 2.18-Hidrovácuo/servo-freio volkswagen gol g4 (Adaptado de AUTOPARTS, 2018).

2.3.9 CANOS/DUTOS DE DISTRIBUIÇÃO

As linhas e conexões são utilizadas para transmitir a pressão hidráulica do cilindro mestre às pinças ou aos cilindros de roda (MARTINS DOS SANTOS, 2014). São canais por onde circulam todo o fluido de freio, líquido entra pelo reservatório de óleo, desce pelo cilindro mestre e em seguida percorre o caminho dos dutos até chegar nos componentes hidráulicos, como, a pinça de freio e os cilindros auxiliares. Esses canos de freio podem ser tanto flexíveis nos carros populares são fabricados de borracha Figura 2.19. Quanto aos dutos rígido, esses são produzidos de metal leve como zinco, este também pode ser dobrável, porém, não retorna a sua forma anterior.



Figura 2.19-Flexível do freio traseiro vw gol (Adaptado de MERCADO LIVRE, 2018).

Os tubos flexíveis são mais encontrados nos elementos do automóvel onde há muita movimentação ou rotação de peças, como por exemplo, no telescópio ou coluna de suspensão, para ser mais preciso, na entrada da pinça de freio. Já os tubos duros, como pode ser vista na Figura 2.20, são fixados através de presilhas para permanecerem na mesma posição e são encontrados abaixo dos veículos e nas caixas rodas. Martins dos Santos (2014, p. 25) ressalta também que tubos flexíveis são utilizados normalmente em pontos onde a tubulação necessite se movimentar, como por exemplo, no esterçamento das rodas e nas suspensões.

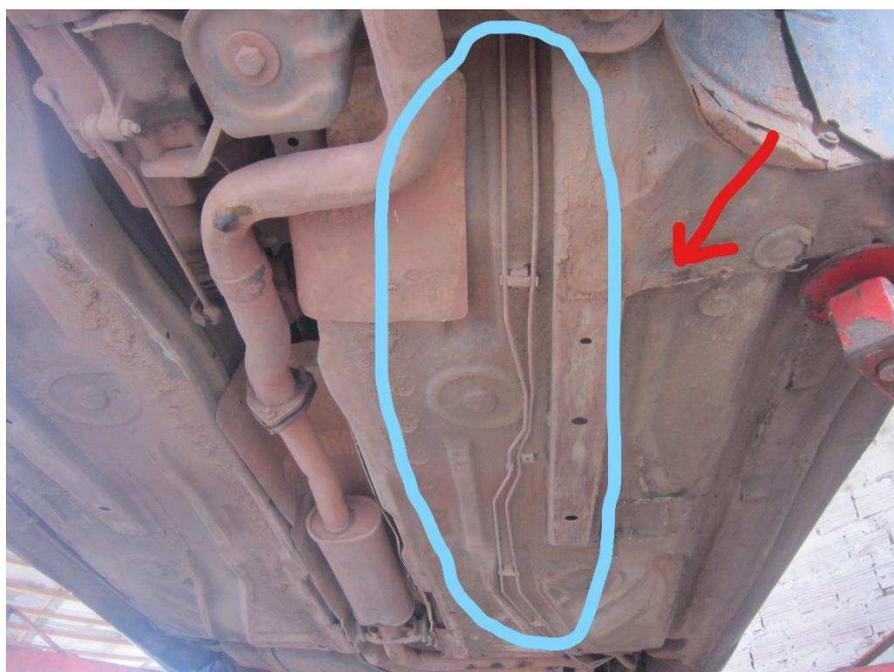


Figura 2.20-Vista inferior da tubulação de freio do veículo de teste.

2.3.10 FLUÍDOS

Martins dos Santos (2014, p. 30), menciona e mostra através da Tabela 2.2, que os fluidos de freios atuais são classificados em quatro tipos, considerando o ponto de ebulição da mistura. Os tipos DOT 3, DOT 4 e DOT 5.1 como podemos ver na Figura 2.18, são a base de glicol, enquanto o DOT 5 refere-se aos fluidos baseados em silicone.

Tabela 2-2-Classificação dos fluidos de freios. (Adaptado de MARTINS DOS SANTOS, 2014)

Tipo de Fluido	Temperatura mínima de ebulição a seco	Temperatura mínima de ebulição úmida
DOT 3	205°C	140°C
DOT 4	230°C	155°C
DOT 5	260°C	180°C
DOT 5.1	260°C	180°C

Segundo Macedo Silva (2017, p. 39), de acordo com DOT (*Department of transportation*) as cores do fluido de freios são:

- DOT 3; DOT 4; DOT 5.1 sem silicone (SBBF) – sem cor âmbar, como podemos ver na Figura 2.21.
- DOT 5 com silicone (SBBF) – roxo.

Uma vez que os fluidos de freios DOT 3, DOT 4 absorvem a água, seu ponto de ebulição diminui. O fluido DOT 5 não absorve essa água do ar e como consequência seu ponto de ebulição permanece mais estável.



Figura 2.21-Fluidos de freio TRW VARGA (Adaptado de LUBRIL LUBRIFICANTES, 2018).

2.3.11 PEDAL DE FREIOS

Os pedais de freios de carros populares geralmente são fabricados de metal e possuem boa resistência mecânica, pois, devido à grande força aplicado pelo condutor no pedal, a peça não corre o risco de sofrer nenhum tipo de dano, como, empeno, trincas e quebra. Segundo Martins dos Santos (2014, p. 21), o pedal de freio é o primeiro componente do acionador hidráulico e está em contato direto com o operador. O pedal de freio é uma haste pivotada que

tem como função transmitir e ampliar a força aplicada pelo condutor até o cilindro-mestre, mostrada na Figura 2.22.



Figura 2.22-Pedal de freio original vw gol g4 (Adaptado de MERCADO LIVRE, 2018).

2.3.12 ALAVANCA/FREIO DE ESTACIONAMENTO

O freio de estacionamento pode ser acionado tanto na mão, através de uma alavanca Figura 2.23. Os freios de estacionamento usam cabos e uma alavanca ou pedal para aplicar mecanicamente os freios. O sistema de freio de estacionamento é independente do sistema de freio hidráulico de forma que em caso de falha do sistema de freio hidráulico o veículo possa ser parado. O sistema de freio de estacionamento pode usar freio do tipo a disco ou a tambor para completar o resto do sistema de freio de estacionamento (SENAI DR - BA, 2007, p. 19)



Figura 2.23-Alavanca de mão do freio de estacionamento vw gol (Adaptado de MERCADO LIVRE, 2018).

2.4 DETERMINAÇÃO DE DISTÂNCIA DE FRENAGEM

Para se testar a eficácia dos freios de um veículo popular é necessário levar em conta algumas variáveis externas que podem interferir no resultado, como o tempo de reação do motorista para aplicar o pedal de freio, a qualidade e o estado de conservação dos pneus, dos materiais de fricção, e discos e tambores de freio, as condições da superfície do pavimento em que o veículo está trafegando. Este tipo de experimento se torna um pouco impreciso por causas das condições climáticas, pois, com o asfalto alagado e com o veículo não dispõem de algum assistente de segurança, fica difícil controlar a sua parada em linha reta., iremos realizar alguns testes práticos diretos no intuito de obter valores e depois determinar através de equações se há a suficiência ou insuficiência dos freios do teste.

Segundo Chollet (1989, p. 175), há dois métodos para medir a eficácia dos freios: a medida da distância de parada e a medida da desaceleração. Nos dois casos, os valores dados dependem não só dos próprios freios, mas também da velocidade do veículo, do estado dos pneus e da natureza da pista de rodagem.

2.4.1 ENERGIA CINÉTICA DO VEÍCULO

A energia do veículo em movimento é proporcional à massa e à velocidade ao quadrado. Quanto maior a massa do veículo, conseqüentemente, sua energia cinética será maior, no

entanto, quando se tratar de veículos de mesma massa, a energia cinética mais elevada, será do veículo de maior velocidade.

Então, para encontrarmos o valor da energia cinética relativa do veículo, precisaremos da equação 2.1, e que dependerá de dois fatores descritos logo abaixo:

- Depende diretamente da massa do veículo;
- Depende diretamente da velocidade do veículo ao quadrado.

$$E_c = \frac{m.v^2}{2} \quad (2.1)$$

2.4.2 DISTÂNCIA DE PARADA

No teste que será realizado no veículo de passeio, iremos fazer a demarcação do ponto de início da frenagem, será em uma via onde não há tráfego de pessoas e nem de carros, em uma área asfaltada, plana e sinalizada, a marcação será feita por dois cones interligadas por uma faixa na horizontal Figura 2.24. No momento exato em que o veículo, posto a uma determinada marcha, chegue ao local determinado, acionam-se firmemente os freios até a parada completa. A distância entre a frente do veículo e a marca dá distância de parada em metros se obterá o valor desejado (CHOLLET, 1989, p. 175). Como podemos observar na Figura 2.25, as etapas até a distância de parada.



Figura 2.24-Marcação do ponto inicial de frenagem.

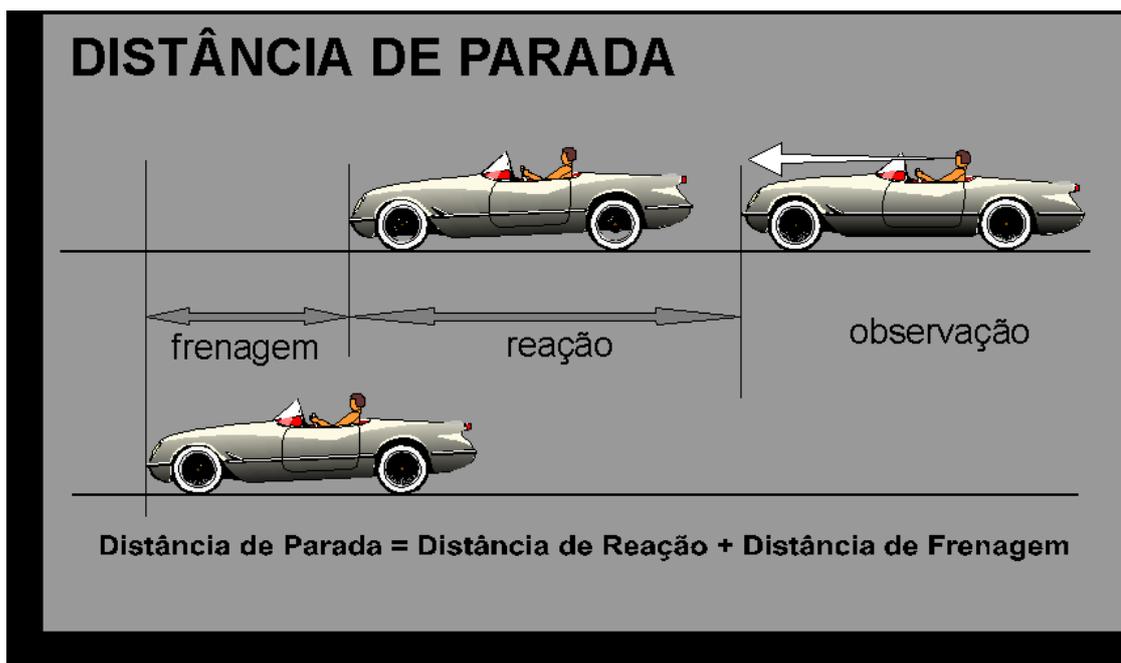


Figura 2.25-Etapas do teste de frenagem até a parada (Adaptado de FONSECA, 2018).

Logo utilizaremos a equação anunciada em seguida para saber o coeficiente da eficácia dos freios que pode ser encontrado pela equação 2.2, e de acordo o valor encontrado, classificá-lo, conforme com Chollet (1989, p. 175), em:

- Freios excelentes, quando o resultado for acima de 200;
- Freios suficientes, seu valor estiver entre 200 e 150;
- Freios insuficientes, número abaixo de 150.

$$\frac{v^2}{e} \quad (2.2)$$

Onde:

V = velocidade do veículo em km/h

e = distância de parada em metros (m)

2.4.3 DESACELERAÇÃO

Conhecido também por aceleração negativa, trata-se da redução ou diminuição da velocidade do veículo, a unidade de medida utilizada é metros por segundo ao quadrado (m/s^2), o que significa dizer que a desaceleração ocorre a cada segundo da frenagem. Segundo Chollet (1989, p. 176), a desaceleração obtém-se medindo a duração da frenagem em segundos (t) a partir do instante em que os freios foram acionados, até a parada completa, podem ser comprovados pela Figura 2.26, feito no teste. A velocidade em m/s (v) que era do veículo no início da frenagem é depois dividida pelo tempo (t) medido. O quociente dá desaceleração em m/s^2 (γ).



Figura 2.26-Duração da frenagem em um dos testes práticos.

Para se encontrar o valor da desaceleração (γ) utilizaremos a equação 2.3 escrita abaixo, o valor da velocidade do veículo Figura 2.27, está em km/h , dividido pelo produto entre 3,6 e o tempo do veículo (CHOLLET, 1989):

$$\gamma = \frac{v[km/h]}{3,6 \times t} \quad (2.3)$$



Figura 2.27-Velocidade em tempo real de 60 km/h do veículo de teste.

2.5 O BDW

O assistente de frenagem BDW (Brake Disc Waiping), traduzindo para o português, ‘freio de disco seco’ em algumas revistas e outros autores denominam o BDW como ‘limpeza nos discos de freio’, seja qual for o nome dado a sigla, sua finalidade será a mesma que é fazer com que as pastilhas de freio se aproximem do disco de freio fazendo assim a retirada de impurezas, o que irá ser explanado mais adiante.

Já se perguntaram para que serve o espelho ou protetor do disco de freio, que podemos ver na Figura 2.28? Bem, essa peça evita que impurezas fixem nos discos de freio, além de impedir que se amontoasse sujeira, como resíduos sólidos dentro do caliper restringindo o bom funcionamento do conjunto. Esse elemento de fundamental importância não é capaz de evitar com que líquidos penetrem nos discos, e com isso, o veículo acaba que retardando o tempo e parada de frenagem.



Figura 2.28-Protetor/espelho/prato freio vw gol g4 (Adaptado de MERCADO LIVRE, 2018).

Em situações de emergência é normal que o motorista aplique o freio do seu veículo com vigor, para evitar colisão. Se o veículo trafega sobre pavimento escorregadio, molhado, e mesmo totalmente seco, o efeito da aplicação violenta do freio frequentemente resulta no

bloqueio das rodas (GARDINALLI, 2005, p. 45). Mas, e se a pista estiver quase coberta pela água e que os pneus não estiverem tocando no asfalto, com certeza, ocorrerá o fenômeno que nós conhecemos como aquaplanagem, que é quando as rodas do veículo não têm a capacidade de aderência sob a pista encharcada e conseqüentemente o veículo fica sem direção ou à deriva. Para Bosch (2003 apud GIORIA, 2008, p. 39), há conseqüências para o travamento das rodas: o aumento da distância de frenagem, o escorregamento descontrolado e a perda da dirigibilidade.

2.5.1 PRÍNCIPIO DE FUNCIONAMENTO DO FREIO BDW

Em tempos normais onde o clima está sol, o asfalto plano e seco, e as condições do sistema de freio do veículo em relação a eficácia da frenagem é ideal, sempre que em situações extremas na utilização dos freios, as rodas acabam travando e a parada de frenagem é retardada. Agora imagine a mesma situação descrita acima, porém, em tempo bastante chuvoso, mesmo com toda habilidade do motorista, o tempo de reação em segundos ao pisar no freio seja em menor tempo, as pastilhas não iram travar os discos de forma instantânea pelo fato de existir algo entre o disco e pastilhas de freio como películas de água e impurezas da chuva que impeçam o atrito imediato no meio delas.

O sistema de frenagem BDW nos veículos de maior tecnologia faz parte do programa eletrônico de estabilidade (ESP), que tem a finalidade de diminuir os riscos de acidentes, garantindo maior autoridade e estabilidade do automóvel. O funcionamento do BDW se dá em tempos de chuva e é acionado quando o condutor não utiliza os freios por um determinado momento.

Em situações de chuva, com o limpador de para-brisas acionado, essa função aproxima, em intervalos regulares, a pastilha ao disco e promove a limpeza do filme de água que se forma sobre o disco de freio. Caso o freio seja acionado, a força de frenagem é imediatamente aplicada sobre os discos de freio de maneira efetiva (MECANICA ONLINE, 2017).

Introduzido pela primeira vez em 2006 no volkswagen Passat como pode ser observado na Figura 2.29, o BDW é um recurso de segurança pouco conhecido até os dias de hoje, como um veículo dirige na chuva, uma porção de líquido se acumula no rotor de freio, quando as pastilhas de freio são aplicadas ao disco, a película de água deve ser removida antes que a frenagem possa ocorrer, resultando em uma resposta de frenagem mais longa e mais lenta (BYTEK, 2013).



Figura 2.29-Veículo Passat equipado com sistema de frenagem BDW (Adaptado de BYTEK, 2013).

Segundo Bytek (2013), veja como os veículos da Volkswagen corrigem essa preocupação:

- O motorista ativa os limpadores;
- A posição do interruptor do limpador de para-brisa é transmitida através das redes de computadores do veículo (o veículo detectou uma situação de direção de chuva);
- O módulo de controle ABS (Anti Lock Braking) recebe este sinal e começa a monitorar com que frequência os freios são aplicados;
- Se o módulo não tiver detectado uma aplicação de freio por um período de 5 minutos, a limpeza do disco de freio é iniciada;
- O módulo ABS aplica uma leve pressão de frenagem para 15 rotações de roda para limpar o disco de qualquer filme de água acumulado;
- O ABS repete este ciclo desde que os limpadores estejam ligados sem que o motorista esteja ciente desse processo.

Segundo (FORUMS.ROSS-TECH, 2016), aparece no computador de bordo do veículo Audi S5 na Figura 2.30, sobre o procedimento de funcionamento do BDW que traduzido para o português, significa: ‘Esta função é usada para manter os discos de freio secos e limpos no clima chuvoso. Uma vez que o limpador do pára-brisas esteja ativo (manualmente ou automaticamente) por mais de 5 segundos, o limpador do disco do freio também estará ativo e engata as pastilhas de freio com uma pressão de freio mínima. Este procedimento será repetido ocasionalmente enquanto os limpadores do pára-brisa estiverem ativos’.

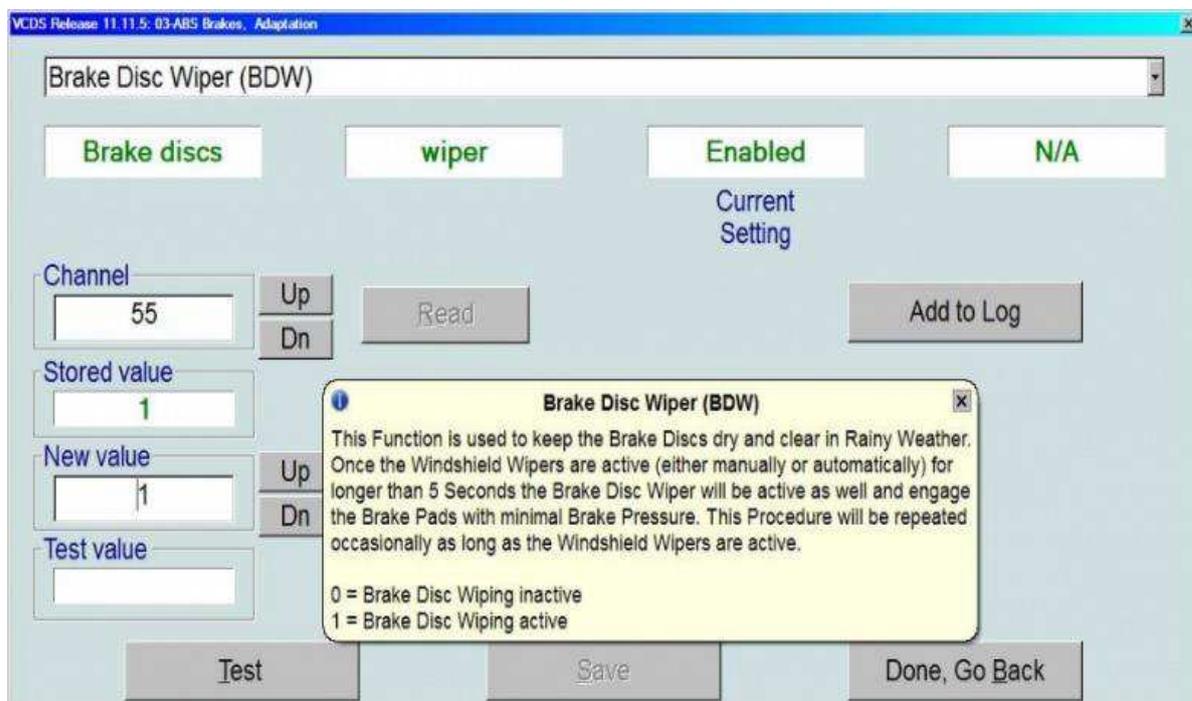


Figura 2.30-Tela de comando ativo ou inativo do BDW no Audi S5 (Adaptado de FORUMS.ROSS-TECH, 2016).

3 MATERIAL E MÉTODOS

Neste capítulo iremos apresentar os materiais, mecanismos e os métodos utilizados para a realização do trabalho. Primeiramente, foram colhidos algumas informações via internet a respeito do tema em questão, logo depois, procurou-se documentos bibliográficos para dar sustentação da teoria, porém, como se trata de um assunto pouco desconhecido no mundo acadêmico, houve a necessidade de se fazer alguns testes práticos diretos para obtenção de dados e posterior aplicação destes valores nas equações buscadas livros de autores com conhecimento na área.

Foram realizados com o veículo VW GOL *TREND* 1.0 mostrado na Figura 3.1, mais adiante, duas etapas de testes, todos os testes feitos em pista molhada e chovendo. A primeira etapa de testes seriam 3 freadas bruscas com os discos de freios molhados, em que, o veículo rodaria um certo instante na chuva sem que se acionasse os freios até o ponto inicial de frenagem. A segunda etapa de testes também seriam de 3 freadas, fazendo o mesmo percurso, no entanto, com o pedal de freio acionado de forma leve para que ocorresse a aproximação mínima das pastilhas no disco sem que gerasse o atrito entre as partes, todo o tempo até que se alcançasse o local marcado para a distância de parada.

O local dos testes aconteceu na Universidade Estadual do Maranhão Campus Paulo VI, localizado no Bairro do Tirirical, no sábado em frente a biblioteca da instituição, onde na data em que foi realizado os testes, não trafegavam nenhum veículo ou pessoas, e o local foi devidamente sinalizado e feitos os ajustes tanto na via para aplicação das técnicas quanto nos materiais para garantir a confiança dos resultados obtidos.

3.1 MATERIAIS

Os materiais para a realização deste trabalho serão listados a abaixo e falado de forma breve sobre cada um deles:

- Veículo VW GOL *TREND* 1.0;

- Cones;
- Fita métrica;
- Celular;
- Câmera fotográfica.

3.1.1 VEÍCULO VW GOL TREND 1.0

O principal material de estudo e de testes do trabalho, onde não possui nenhum tipo de acessório de fábrica e não dispõe de nenhum tipo de dispositivo que pudesse alterar ou manipular algum resultado nos testes. Antes dos testes se buscou fazer um check-up ou avaliação mecânica no veículo para saber se estava dentro dos critérios satisfatórios, para que, os dados fornecidos não se diferenciassem dos obtidos na revisão bibliográfica, por causa de alguma peça ou elemento que estejam em desacordo com o manual do fabricante do carro.



Figura 3.1-Veículo de testes (VW GOL TREND 1.0).

Para que os testes fossem precisos, buscou-se fazer substituição de alguns itens necessários no veículo, com intenção de uma eficácia na frenagem, como:

- Discos;
- Pastilhas;
- Pneus.

Foram feitos também alguns serviços de melhoria, como:

- Alinhamento e balanceamento;
- Troca do fluido de freio;
- Regulagem dos freios a tambor e alavanca de emergência.

3.1.2 CONES DE SINALIZAÇÃO

Como não tínhamos nenhum ponto de referência (árvore, poste e placas) para fazer o local de início das frenagens, acabamos adotando um par de cones mostrado na Figura 3.2, em que os dois foram colocados no centro da via em paralelo a uma distância em que se pudesse passar com folga o veículo. Os cones também serviram de base para a fixação de um outro elemento utilizado na obtenção de dados que foi a fita métrica.



Figura 3.2-Par de cones utilizados como ponto início da freada.

3.1.3 FITA MÉTRICA

Material indispensável, pois, a partir deste elemento, que conseguimos os dados referente a distância de parada nas duas etapas de frenagem. A fita métrica foi posta no centro de um dos cones com a escala zero metros (0m), a medição aconteceu do cone até a frente do veículo, mais precisamente no para-choque dianteiro, como serão visualizadas na Figura 3.3.



Figura 3.3- Fita métrica de 50m.

3.1.4 CELULAR

Como teríamos que registrar os tempos de parada para o cálculo da eficiência de frenagem da desaceleração, precisaríamos de um cronômetro para essa função, no entanto, não o tínhamos, logo, utilizou-se um cronômetro a partir de um aparelho celular como podemos ver na Figura 3.4, em que os tempos encontrados nas desacelerações serão mostrados através de “prints” tirados do dispositivo mais adiante.



Figura 3.4-Celular utilizado como cronômetro.

3.1.5 CÂMERA FOTOGRÁFICA

Foi um elemento essencial que serviu para captar as imagens que foram ilustradas como figuras ao longo do trabalho, essas fotos servirão de prova dos testes práticos direto sem manipulação de resultados, teve um proposito único, que era de registrar todo o acontecimento do trabalho, podemos observar o componente descrito na Figura 3.5.



Figura 3.5-Câmera fotográfica utilizada na captação de imagens.

3.2 MÉTODOS

Para obtenção de dados e comparação de resultados, foram utilizados dois métodos segundo a revisão de bibliografia aplicando-as em duas etapas, esses valores levantados foram adquiridos nos testes ao mesmo tempo em que se realizava cada teste direto de frenagem: distância de parada e desaceleração do veículo.

3.2.1 ESGUICHOS DOS DISCOS DE FREIO

Para que nos testes realizados tivéssemos certeza de que os discos de freios estivessem molhados significativamente e esses testes não fossem interrompidos até que a chuva cessasse, foi criado um mecanismo nas rodas dianteiras com a função de jogar um pequeno jato de água nos discos. Para que funcionasse perfeitamente, foi utilizado para acionar o mecanismo, o dispositivo já instalado no veículo chamado de “esguichos”, ou seja, toda vez que se quisesse pulverizar líquido nos discos de freio, acionava-se as alavancas localizadas próximos a direção ou volante.

Adotamos o nome do mecanismo como “limpador de discos”, em que sua finalidade era deixar os discos de freio sempre molhados com água, simulando uma chuva. Os materiais que foram utilizados para confeccionar o mecanismo serão listados abaixo e conseqüentemente mostrados nas Figuras 3.6, 3.7 e 3.8:

- 01 - Bombinha de água;
- 4m de mangueiras;
- 02 - Esguichos;
- 02 - Braçadeiras plástica;
- 01 – Peça com formato de “T” para distribuição de líquido.

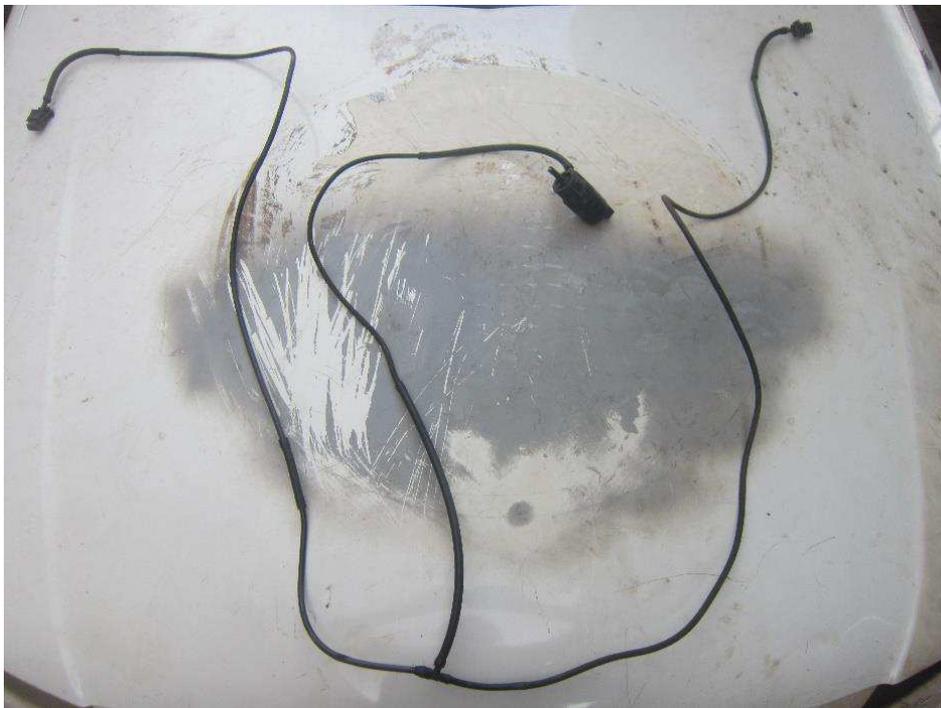


Figura 3.6-Esguichos dos discos de freio.



Figura 3.7-Esguichos dos discos de freio montado.



Figura 3.8-Esguichos nos discos de freio instalados nas rodas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O veículo utilizado como instrumento principal dos testes em pista, possui as mesmas características de fábrica do que podemos verificar na Tabela 4.1.

Tabela 4-1-Ficha técnica do VW GOL TREND 1.0. (Adaptado de Vrum, 2009)

FICHA TÉCNICA	
MOTOR	
Dianteiro, longitudinal, 1.0 litros, 4 cilindros em linha, 8 válvulas; total flex	álcool e/ou gasolina
Número de válvulas por cilindro	2; comando no cabeçote
Diâmetro x curso	67.11 x 70.6 mm
Cilindrada	999 cm ³
Potência máxima (cv / rpm)	68,0 / 5.750 (gasolina)
71,0 / 5.750 (álcool)	
Torque máximo (kgfm / rpm)	9,4 / 4.250 (gasolina)
9,7 / 4.250 (álcool)	
Taxa de compressão	10,8
Sistema de alimentação	Injeção eletrônica multiponto sequencial
TRANSMISSÃO	
Câmbio manual de 5 marchas; tração dianteira	
Relação das marchas	
1a marcha - 3.9	
2a marcha - 2.12	
3a marcha - 1.37	
4a marcha - 0.97	
5a marcha - 0.76	
Ré - 3.17	
Redução do diferencial	5.12

FICHA TÉCNICA (CONTINUAÇÃO)

DIREÇÃO

Mecânica; tipo pinhão e cremalheira

Diâmetro de giro	10,7 m
------------------	--------

SUSPENSÃO

Dianteira	Independente, tipo McPherson, suporte tubular e braços triangulares transversais. Amortecedores telescópicos hidráulicos pressurizados de dupla ação, molas helicoidais de ação linear e barra estabilizadora
-----------	---

Traseira	Interdependente (eixo semi-rígido) com corpo auto estabilizante de perfil "V" e braços tubulares longitudinais. Amortecedores telescópicos hidráulicos pressurizados de dupla ação, molas helicoidais de ação linear
----------	--

FREIOS

Dianteiros	discos ventilados
------------	-------------------

Traseiro	Tambores
----------	----------

RODAS / PNEUS

5J x 14" polegadas (em aço) / 175/65 R 14

TANQUE DE COMBUSTÍVEL

51 litros

CAPACIDADE DO PORTA-MALAS (VDA)

285 litros

DIMENSÕES EXTERNAS

Comprimento	3.931 mm
-------------	----------

Largura	1.651 mm
---------	----------

Altura	1.414 mm
--------	----------

Distância entre-eixos	2.468 mm
-----------------------	----------

DESEMPENHO

Velocidade máxima	166 km/h (gasolina) e 168 km/h (álcool)
-------------------	---

Aceleração de 0 a 100 km/h	13,5 s (gasolina) e 13,0 s (álcool)
----------------------------	-------------------------------------

FICHA TÉCNICA (CONTINUAÇÃO)

CARGA ÚTIL

440 kg

PESO (EM ORDEM DE MARCHA)

872 kg

LISTA DE EQUIPAMENTOS DE SÉRIE E OPCIONAIS

* 2 PORTAS S

* Acionamento elétrico do acelerador S

* Ajuste manual da altura do banco dianteiro esquerdo S

* Banco/encosto traseiro totalmente rebatível S

* Cintos de segurança automáticos de 3 pontos na frente S

* Cobertura do porta-malas, rebatível S

* Console central S

* Câmbio manual de 5 marchas S

* Espelho de cortesia direito S

* Espelho de cortesia esquerdo, com cobertura S

* Espelho retrovisor externo regulável do lado de dentro S

* Grade de proteção do radiador S

* Imobilizador eletrônico S

* Instrumento combinado com hodômetro parcial e indicação do velocímetro em km/h S

* Janelas laterais e traseiras em vidro isolante térmico S

* Pneus 175/65 R14 O

* Pára-choque na cor do veículo S

* Rodas de Liga Leve orbital O

* Sistema de combustível Multi Fuel S

* Tampa do tanque, com chave S

* Tomada(s) de 12 volts S

LEGENDA

S = DE SÉRIE, O = OPCIONAL

O teste experimental da distância de parada do veículo GOL posto à prova na pista da Universidade Estadual do Maranhão permitiu observar e registrar todos os dados que foram utilizados até agora, tais valores podem ser vistos na Tabela 4.2 e 4.3. Estes dados foram todos registrados fotograficamente no momento da parada total do veículo, como pode ser visto na Figura 4.1 e 4.2.



Figura 4.1-Registro da distância de parada com BDW.



Figura 4.2-Registro da parada total sem BDW.

Foram realizados os testes práticos de parada de frenagem com veículo gol Trend 1.0 onde foram listados todos itens de série do veículo de testes mostrado anteriormente na tabela 4.1. Os dados obtidos na primeira etapa com freios secos simulando o sistema de freio com BDW e a segunda etapa com os freios molhados simulando o sistema de freio sem BDW, como pode ser acompanhado pelas seguintes tabelas: tabela 4.2, tabela 4.3 e tabela 4.4.

Tabela 4.2-Etapa 1 - sem BDW.

1ª ETAPA - TESTES SEM BDW	
1ª VOLTA	
VELOCIDADE à 60KM/H	
DISTÂNCIA DE PARADA (M)	TEMPO DA PARADA (S)
16,1 m	2,1 s
2ª VOLTA	
VELOCIDADE à 60KM/H	
DISTÂNCIA DE PARADA (M)	TEMPO DA PARADA (S)
15,1 m	2,0 s
3ª VOLTA	
VELOCIDADE à 60KM/H	
DISTÂNCIA DE PARADA (M)	TEMPO DA PARADA (S)
17,2 m	2,3 s

Tabela 4.3-Etapa 2 - com BDW.

2ª ETAPA - TESTES COM BDW	
1ª VOLTA	
VELOCIDADE à 60KM/H	
DISTÂNCIA DE PARADA (M)	TEMPO DA PARADA (S)
8,1 m	1,53 s
2ª VOLTA	
VELOCIDADE à 60KM/H	
DISTÂNCIA DE PARADA (M)	TEMPO DA PARADA (S)
8,9 m	1,59 s
3ª VOLTA	
VELOCIDADE à 60KM/H	
DISTÂNCIA DE PARADA (M)	TEMPO DA PARADA (S)
8,2 m	1,56 s

Tabela 4.4-Média das distância e tempo de parada.

TESTES DE FRENAGEM	
1ª ETAPA	
MÉDIA SEM BDW	
DISTÂNCIA DE PARADA (M)	TEMPO DE PARADA (S)
16,10 m	2,1 s
2ª ETAPA	
MÉDIA COM BDW	
DISTÂNCIA DE PARADA (M)	TEMPO DE PARADA (S)
8,4 m	1,56 s

A partir dos dados encontrados e dispostos nas tabelas acima, elaboramos um gráfico para melhor entendimento do trabalho, como podemos ver nas Figuras 4.3, 4.4 e 4.5:

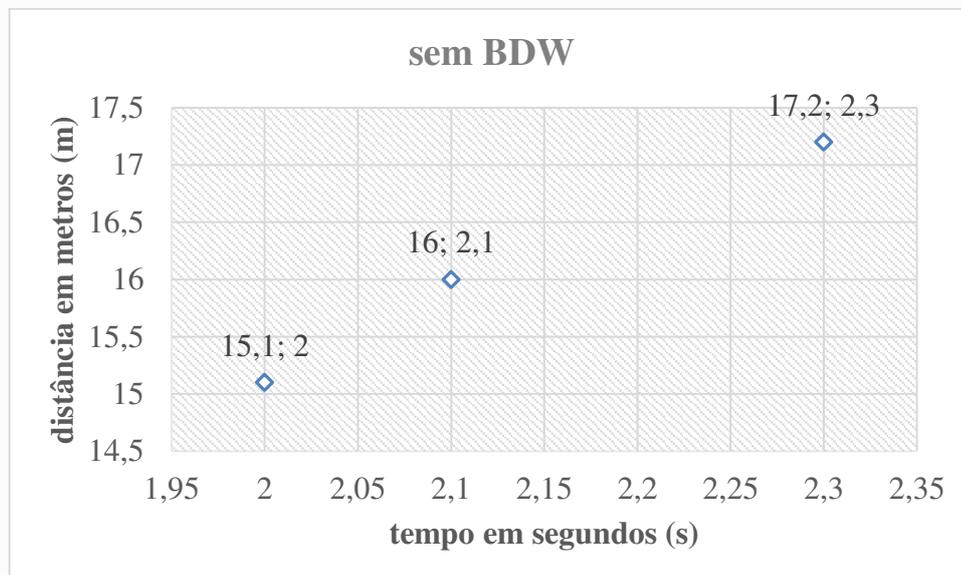


Figura 4.3-Gráfico das etapas sem BDW.

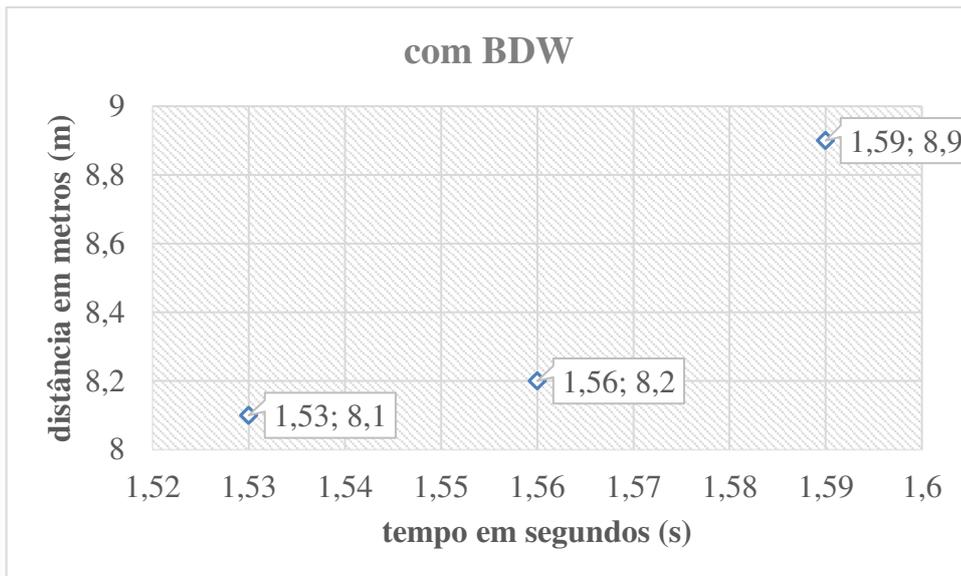


Figura 4.4-Gráfico das etapas com BDW

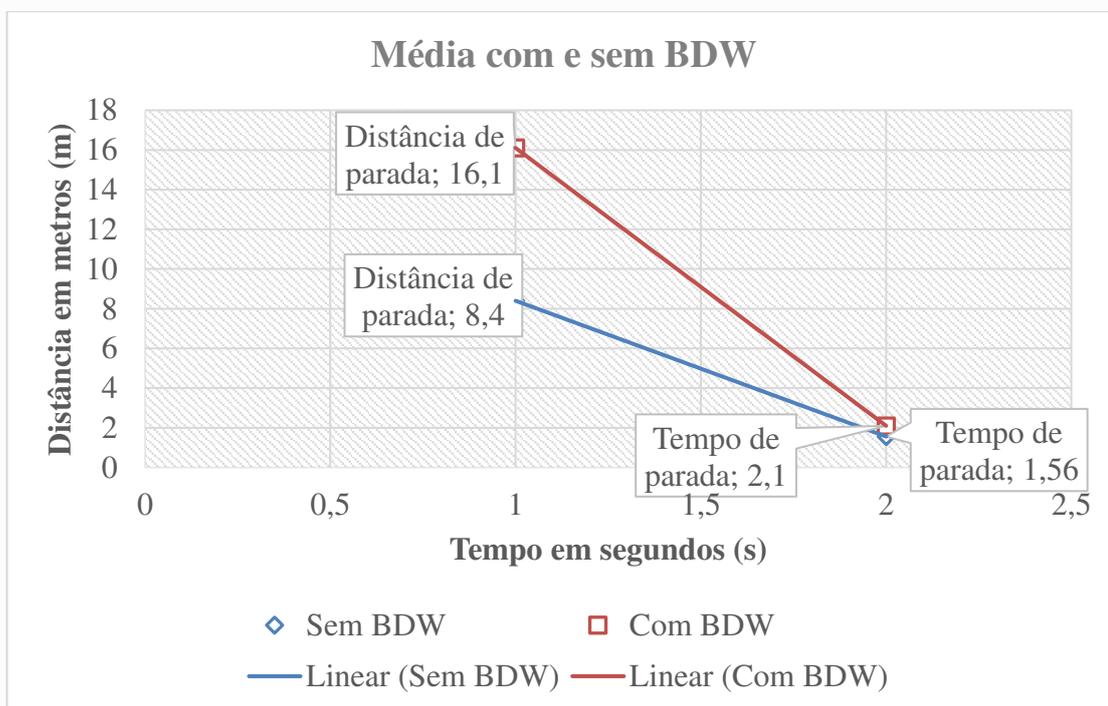


Figura 4.5-Gráfico das médias das distâncias e tempo de parada.

5 CONCLUSÃO

Sabemos que a segurança veicular está fortemente relacionada com a qualidade dos elementos que compõem o sistema de freios, pois, cada peça do sistema tem uma função importante, onde a mesma, deverá funcionar de forma eficaz. A eficiência do sistema de freio não depende apenas do excelente conjunto, mas, também do estado da via de tráfego e das circunstâncias climáticas.

As indústrias automobilísticas têm procurado dentre elas, meios de garantir a segurança dos ocupantes de seus automóveis, melhorando mecanismos que auxiliem na frenagem do veículo. No entanto, essas tecnologias tornam seus produtos mais caros. Mas, será que esta tecnologia encontrada em veículos de alto padrão tem a mesma funcionalidade em veículos de baixo custo? A partir dessa questão, buscou-se verificar a eficiência do sistema de freio BDW para veículos populares através de testes diretos em pista molhada e chovendo.

O veículo utilizado para comprovar a eficiência desse sistema de freio foi um modelo básico de fábrica, o mesmo esteve submetido em diversas praticas, para se extrair dados relacionados com o princípio de funcionamento do sistema de freio BDW, logo, os valores encontrados nos testes com e sem BDW em situações em que o mesmo é mais exigido, foram bem significativos. As diferenças de distâncias de parada utilizando dois métodos de testes com a mesma velocidade de 60 km/h, a etapa de frenagem com o BDW, adotando como referência de cálculo a média das paradas em que houve uma redução 52,17%, em relação a etapa de frenagem sem o BDW. Em relação a diferença de distância de parada de cada teste, chamamos de erro, por que, consideramos o tempo de reação do motorista até aplicação dos freios no momento exato da frenagem como consequência para essa variação na distância.

De acordo com dados obtidos nos testes diretos, podemos concluir que é válido o emprego do sistema de freio BDW em veículos populares de forma eficiente e satisfatória visando o aumento da segurança, que ficou comprovado por meio deste trabalho.

REFERÊNCIAS

ABREU, R. M. D. **SIMULAÇÃO E ENSAIO DE MECANISMO DE FREIO AUTOMOTIVO**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2013.

ACTIVA, S. O que é o EBA ou travagem de emergência autónoma? **circulaseguro**, 2018. Disponível em: <<http://www.circulaseguro.pt/seguranca-activa/o-que-e-o-eba-ou-travagem-de-emergencia-autonoma>>. Acesso em: 01 abr. 2018.

ADMIN. Freios a disco ou a tambor: diferenças e aplicações. **formula.ufscar**, 2018. Disponível em: <<http://www.formula.ufscar.br/blog/freios-a-disco-ou-a-tambor-diferencas-e-aplicacoes/>>. Acesso em: 08 abr. 2018.

AUTOCENTRUM. BDW - Limpador de Disco de Freio. **autocentrum**, 2018. Disponível em: <<https://www.autocentrum.pl/motoslownik/bdw-brake-disc-wiping/>>. Acesso em: 25 abr. 2018.

AUTOPARTS. Hidrovácuo do Servo Freio Gol G2 G3 1995 a 2001 Parati Saveiro G2 G3 G4 até 2001 Com ABS 200 mm. **autopartsonline**, 2018. Disponível em: <<http://www.autopartsonline.com.br/hidrovacu-do-servo-freio-gol-g2-g3-1995-a-2001-parati-saveiro-g2-g3-g4-ate-2001-com-abs-200-mm>>. Acesso em: 11 maio 2018.

BYTEK, A. Limpadores de disco de freio - Um ótimo recurso de segurança da VW! **andrewquadling.wordpress**, 2013. Disponível em: <<https://andrewquadling.wordpress.com/2013/07/23/brake-disc-wipers-a-great-vw-safety-feature/>>. Acesso em: 25 abr. 2018.

CANAL DA PEÇA. Pinça de Freio. **canaldapeca**, 2015. Disponível em: <<https://www.canaldapeca.com.br/blog/pinca-de-freio/>>. Acesso em: 10 abr. 2018.

CARROS INFOCO. Como funciona o Freio a Tambor. **carrosinfoco**, 2012. Disponível em: <<http://www.carrosinfoco.com.br/carros/2012/07/como-funciona-o-freio-a-tambor/>>. Acesso em: 11 abr. 2018.

CARROS ON LINE. O que é um cilindro de roda traseiro. **carro-carros**, 2009. Disponível em: <<http://www.carro-carros.com/carros/auto-repair/auto-brakes/57082.html>>. Acesso em: 13 abr. 2018.

CHOLLET, H. M. **Curso prático e profissional para mecânicos de automóveis: o veículo e seus componentes.** São paulo: hemus, 1989.

DE ABREU, M. **SIMULAÇÃO E ENSAIO DE MECANISMO DE FREIO AUTOMOTIVO.** belo horizonte: UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS, 2013.

DE ALMEIDA, C. **freios e embreagens.** paraná: universidade federal do paraná, 2018.

DIAS, A. Funcionamento e Detalhes do Cilindro Mestre. **carrosinfoco**, 2016. Disponível em: <<http://www.carrosinfoco.com.br/carros/2016/03/funcionamento-e-detalhes-do-cilindro-mestre/>>. Acesso em: 15 abr. 2018.

DINAMICAR PNEUS. Quando trocar a lona de freio. **dinamicarpneus**, 2015. Disponível em: <<https://dinamicarpneus.com.br/quando-trocar-lona-freio/>>. Acesso em: 12 abr. 2018.

DIULGHEROGLO, P. A. Apostila de freios. **EBAH**, 25 NOVEMBRO 2010. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAazwEAC/apostila-freios>>. Acesso em: 25 MARÇO 2018.

FONSECA, L. H. NOÇÕES BÁSICAS DE CONDUÇÃO. **defensiva**, 2018. Disponível em: <<http://defensiva.com.br/livro-2/capitulo-4-nocoos-basicas-de-conducao/>>. Acesso em: 11 maio 2018.

FORUMS.ROSS-TECH. Audi S5 (BDW) Brake Disc Wiper. **forums.ross-tech**, 2016. Disponível em: <[http://forums.ross-tech.com/showthread.php?4991-Audi-S5-\(BDW\)-Brake-Disc-Wiping](http://forums.ross-tech.com/showthread.php?4991-Audi-S5-(BDW)-Brake-Disc-Wiping)>. Acesso em: 25 abr. 2018.

FUSKET.COM. Segredo do Fusca. **fusket.blogspot**, 2011. Disponível em: <<http://fusket.blogspot.com.br/2011/03/segredo-do-fusca.html>>. Acesso em: 04 abr. 2018.

GARDINALLI, G. J. **Comparação do desempenho de frenagem simulada x experimental de um veículo de passeio com freios hidráulicos e abs.** São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2005.

GIORIA, G. D. S. **influencia da utilização do abs na segurança veicular baseada na eficiencia de frenagem e na probabilidade de travamento de roda.** São Carlos: universadade de são paulo escola de engenharia de são carlos, 2008.

INFANTINI, B. **ANÁLISE EXPERIMENTAL E COMPUTACIONAL DA TEMPERATURA DE**. PORTO ALEGRE: UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL, 2008.

IOMBRILLER, F. **Análise térmica e dinâmica do sistema de freio a disco de veículos comerciais pesados**. São Carlos: Escola de engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2002.

KAWAGUCHI, . **COMPARAÇÃO DA ANÁLISE DE CONFORTO DE FRENAGEM SUBJETIVA x OBJETIVA DE UM VEÍCULO DE PASSEIO**. SÃO PAULO: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2005.

LIRA, C. Como funcionam os freios a tambor. **cristianoolira.blogspot**, 2010. Disponível em: <<http://cristianoolira.blogspot.com.br/2010/08/como-funcionam-os-freios-tambor.html>>. Acesso em: 11 abr. 2018.

LOJA FAROL. Jogo Lona de Freio Traseira Crossfox/ Fox/ Gol/ Golf/ Parati/ Polo/ Quantum/ Santana/ Saveiro/ Spacecross/ Spacefox - Frasle VW276. **Lojafarol**, 2018. Disponível em: <<http://www.lojafarol.com.br/produto/jogo-lona-de-freio-traseira-crossfox-fox-gol-golf-parati-polo-quantum-santana-saveiro-spacecross-spacefox-frasle-vw276/20733>>. Acesso em: 12 abr. 2018.

LUBRIL LUBRIFICANTES. FLUIDOS PARA FREIO TRW VARGA. **lubril**, 2018. Disponível em: <<http://www.lubril.com.br/site/portfolio/fluido-para-freio-vargas/>>. Acesso em: 16 abr. 2018.

MACEDO SILVA, L. F. **ANÁLISE EXPERIMENTAL E COMPUTACIONAL DA TEMPERATURA DE DISCOS DE FREIOS E VENTILADOS**. SÃO LUIS: UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO, 2017.

MAISKM. TAMBOR DE FREIO TRASEIRO GOL PARATI GOL PARATI GOL VOYAGE GOLF POLO SANTANA QUANTUM SAVEIRO RO. **maiskm**, 2017. Disponível em: <<https://www.maism.net/9747>>. Acesso em: 11 abr. 2018.

MARTINS DOS SANTOS, C. **PROJETO E DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA DE FREIOS APLICADO A UM VEÍCULO FÓRMULA SAE**. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2014.

MDS. Disco de freio dianteiro Gol e Parati **diskpeças**, 2018. Disponível em: <<https://diskpeças.com.br/auto-pecas/freios/disco-de-freio-dianteiro-gol-e-parati-96-gol-parati-e-saveiro-g2-g3-g4-passat-74-87-quantum-e-santana-84-89-saveiro-98-e-voyage-82-95-mds-d31.html>>. Acesso em: 09 abr. 2018.

MECANICA ONLINE. ESP Adaptativo 9i® é destaque no padrão de segurança da linha Sprinter. **mecanicaonline**, 25 Agosto 2017. Disponível em: <<http://mecanicaonline.com.br/wordpress/2017/08/25/esp-adaptativo-9i-e-destaque-no-padrao-de-seguranca-da-linha-sprinter/>>. Acesso em: 25 Março 2018.

MECNICA VIRTUAL. Sistema eletrônico de frenagem O que é e como funciona? **mecanicavirtual**, 2013. Disponível em: <<http://www.mecanicavirtual.com.ar/2013/09/sistema-electronico-frenado.html>>. Acesso em: 05 jun. 2018.

MERCADO LIVRE. Pinça De Freio Para Disco Ventilado Gol Saveiro Parati G3 G4. **produto.mercadolivre**, 2017. Disponível em: <https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-728374525-pinca-de-freio-para-disco-ventilado-gol-saveiro-parati-g3-g4-_JM>. Acesso em: 10 abr. 2018.

MERCADO LIVRE. cilindro de roda gol g4. **veiculos.mercadolivre**, 2018. Disponível em: <<https://veiculos.mercadolivre.com.br/acessorios/cilindro-de-roda-gol-g4>>. Acesso em: 13 abr. 2018.

MERCADO LIVRE. Flexível do freio gol bola. **carros.mercadolivre**, 2018. Disponível em: <<https://carros.mercadolivre.com.br/pecas/motor/flexivel-do-freio-gol-bola>>. Acesso em: 15 abr. 2018.

MERCADO LIVRE. Hidrovacu Servo Freio Volkswagen Gol G4 5x0612105. **mercadolivre**, 2018. Disponível em: <https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-948705276-hidrovacu-servo-freio-volkswagen-gol-g4-5x0612105-_JM>. Acesso em: 15 abr. 2018.

MERCADO LIVRE. Pedal Freio Vw Gol Parati Saveiro Quadrado. **veiculos.mercadolivre**, 2018. Disponível em: <<https://veiculos.mercadolivre.com.br/acessorios/pedal-de-freio-gol-quadrado>>. Acesso em: 17 abr. 2018.

MERCADO LIVRE. Protetor Espelho Prato Freio Gol Saveiro Parati G2 G3 G4. **produto.mercado livre**, 2018. Disponível em: <https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-847317173-protetor-espelho-prato-freio-gol-saveiro-parati-g2-g3-g4-_JM>. Acesso em: 23 abr. 2018.

MERCADO LIVRE. Tubo De Freio Lado Esquerdo Gol,saveiro,voyage. **produto.mercadolivre**, 2018. Disponível em: <https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-897439154-tubo-de-freio-lado-esquerdo-golsaveirovoyage-_JM>. Acesso em: 16 abr. 2018.

MERCADOLIVRE. Alavanca Freio De Mão Gol Parati Saveiro Bola Completa. **produto.mercadolivre**, 2018. Disponível em: <https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-711302748-alavanca-freio-de-mo-gol-parati-saveiro-bola-completa-_JM>. Acesso em: 11 maio 2018.

NAKATA. CATÁLOGO E DICAS. **nakata**, 2018. Disponível em: <<https://nakata.com.br/CatalogoDicasTecnicas>>. Acesso em: 04 abr. 2018.

OLIVEIRA, F. D. Se freio a disco é melhor, por que ainda usam tambor? **Best Cars**, 2017. Disponível em: <<http://bestcars.uol.com.br/bc/informe-se/noticias/se-freio-a-disco-e-melhor-por-que-picapes-usam-tambor/>>. Acesso em: 31 mar. 2018.

PASPEDBRASIL. PASTILHA DE FREIO DIANTEIRA VW GOL G4 G5 1.0 1.6 1.8 PARATI 1.0 1.6 1.8 2.0 SAVEIRO 1.6 1.8 2.0. **paspedbrasil.loja2**, 2018. Disponível em: <<https://paspedbrasil.loja2.com.br/5974353-PASTILHA-DE-FREIO-DIANTEIRA-VW-GOL-G4-G5-1-0-1-6-1-8-PARATI-1-0-1-6-1-8-2-0-SAVEIRO-1-6-1-8-2-0>>. Acesso em: 15 abr. 2018.

POR VIAS SEGURAS. Velocidade e distância de parada. **vias-seguras**, 2010. Disponível em: <http://www.viasseguras.com/educacao/aulas_de_educacao_no_transito/aula_09_velocidade_e_distancia_de_parada>. Acesso em: 19 abr. 2018.

PRESS, C. ABS, EBD, ESP? Entenda as siglas de freio e estabilidade. **terra**, 2013. Disponível em: <<https://www.terra.com.br/economia/carros-motos/meu-automovel/abs-ebd-esp-entenda-as-siglas-de-freio-e-estabilidade,ab393c0511bcf310VgnVCM4000009bcceb0aRCRD.html>>. Acesso em: 01 abr. 2018.

RODRIGUES, R. Saiba a importância da revisão antes de viajar. **hdlubrificantes**, 2016. Disponível em: <<http://www.hdlubrificantes.com.br/saiba-a-importancia-da-revisao-antes-de-viajar/>>. Acesso em: 17 abr. 2018.

SEGURO, P. Freios. **wejcentroautomotivo**. Disponível em: <<http://wejcentroautomotivo.com.br/freios/>>. Acesso em: 31 mar. 2018.
SENAI DR - BA. **FREIOS**. BAHIA: sanai cimatic, 2007.

SERBINO, E. M. **Um estudo dos mecanismo de desgastes de um disco de freio automotivo ventilado e ferro fundido cinzento perlítico com grafita lamelar.** São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2005.

SOARES, R. **SISTEMA ANTIBLOQUEIO DE FRENAGEM, SENSORIAMENTO E APLICAÇÕES NA ENGENHARIA AUTOMOTIVA.** ITATIBA: UNIVERSIDADE SÃO FRANCISCO, 2012.

STREET CAR PARTS. cilindro de freio vw G2-G3-G4 (bosh) com reservatorio. **streetcarparts**, 2018. Disponível em: <<http://www.streetcarparts.com.br/seminovas.php?busca=RESERVATORIO>>. Acesso em: 15 abr. 2018.

VRUM. ficha técnica gol g4. **estado de minas.vrum**, 2009. Disponível em: <<https://estadodeminas.vrum.com.br/fichatecnica/volkswagen/gol/2009/005228-0>>. Acesso em: 05 maio 2018.

ZANGARINI, R. **Introdução a Freios Automotivos.** Campinas: FEM - UNICAMP, 2006. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAft5QAH/apostila-freio?part=6>>. Acesso em: 06 abr. 2018.