Anhanguera

EDUARDO DE MENDONÇA CARNEIRO

FUNCIONAMENTO DO SISTEMA DE FREIO ANTITRAVAMENTO (ABS) E SEUS COMPONENTES

NITERÓI
2017

EDUARDO DE MENDONÇA CARNEIRO

FUNCIONAMENTO DO SISTEMA DE FREIO ANTITRAVAMENTO (ABS) E SEUS COMPONENTES

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à instituição Centro Universitário Anhanguera de Niterói, como requisito parcial para a obtenção do título de graduado em Engenharia Mecânica.

Orientador: Felipe Borreiro Sanches

NITERÓI
2017

EDUARDO DE MENDONÇA CARNEIRO

FUNCIONAMENTO DO SISTEMA DE FREIO ANTITRAVAMENTO (ABS) E SEUS COMPONENTES

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à instituição Centro Universitário Anhanguera de Niterói, como requisito parcial para a obtenção do título de graduado em Engenharia Mecânica.

BANCA EXAMINADORA

_____

Prof(ª). Titulação Nome do Professor(a)

_____

Prof(ª). Titulação Nome do Professor(a)

_____

Prof(ª). Titulação Nome do Professor(a)

Niterói, ____ de Dezembro de 2017

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela graça que foi me dada, pelo dom da vida e pela oportunidade de chegar até onde cheguei, com saúde e condições para a realização deste trabalho. Dedico este trabalho as pessoas que estão comigo desde o início desta jornada que não foi fácil, mas felizmente mais uma trajetória que se encerra para que outra possa se iniciar, aos meus pais Francisco Paulo e Isabel Carneiro, que me ajudaram e ao longo da minha vida tornaram possível alcançar meus objetivos e seguir em busca dos meus sonhos, agradeço também a minha noiva, Helayne Silva. Agradeço também a todos os professores que foram fundamentais ao longo de toda a minha graduação.

CARNEIRO, Eduardo de Mendonça. **Funcionamento do sistema de freio antitravamento (ABS) e seus componentes**. 2017. 35 Folhas. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica) – Centro Universitário Anhanguera, Niterói, 2017.

RESUMO

O sistema antitravamento de freio (ABS) é usado em automóveis para evitar o deslizamento e bloqueio das rodas após o acionamento do freio. É o sistema de segurança do automóvel que tem como função controlar o torque necessário para manter a velocidade ideal das rodas, ou seja, controla a velocidade de rotação da roda impedindo assim o seu travamento. Compreendendo a função de seus componentes exigidos de forma individual, porém de forma agrupada para o seu pleno funcionamento. É um sistema automatizado que funciona com princípios de limite de frenagem. O tempo de resposta é muito rápido, de modo que facilita a direção do condutor. O ABS geralmente oferece um controle avançado do veículo e minimiza a distância de parada em superfície escorregadia e/ou seca. O referido trabalho foi elaborado explicando e exemplificando o funcionamento do sistema antitravamento ABS e fazendo uma análise de seus principais componentes.

Palavras-chave: Sistema ABS; Sistema antitravamento; Freios automotivos; Componentes do ABS;

CARNEIRO, Eduardo de Mendonça. **Operation of the anti-lock brake system (ABS) and yours components**. 2017. 35 Folhas. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica) – Centro Universitário Anhanguera, Niterói, 2017.

ABSTRACT

The anti-lock brake system (ABS) is used on cars to prevent slipping and locking of the wheels after the brake is activated. It is the safety system of the car that has the function of controlling the torque necessary to maintain the ideal speed of the wheels, that is, it controls the speed of rotation of the wheel, thus preventing its locking. Understanding the function of its required components individually, but in a grouped way for its full operation. It is an automated system that works with brake limit principles. The response time is very fast, so that it facilitates the driver's direction. ABS generally provides advanced vehicle control and minimizes stopping distance on slippery and / or dry surfaces. This work was elaborated explaining and exemplifying the operation of the anti-locking ABS system and making an analysis of its main components.

Key-words: ABS system; Anti-lock system; Automotive brakes; ABS components;

Anhanguera

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO. 08

2. PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO DO SISTEMA DE FREIO. 10

2.1. COMPONENTES BÁSICOS DO FREIO. 10

2.1.1. Pedal de freio. 11

2.1.2. Servo freio. 11

2.1.3. Cilindro mestre. 12

2.1.4. Disco de freio. 13

2.1.5. Freio a tambor. 14

2.1.6. Fluído de freio. 15

3. APRESENTAÇÃO DO SISTEMA DE FREIO ABS 16

3.1. A IMPORTÂNCIA DO ABS. 18

3.1.1. Efetividade do freio ABS. 19

3.1.2 Distância de parada 19

4. O FREIO ABS E SEUS COMPONENTES. 21

4.1. MODULADOR HIDRÁULICO. 22

4.2. BOMBA HIDRAÚLICA. 22

4.3. UNIDADE DE CONTROLE ELETRÔNICO (ECU). 23

4.4. SENSORES DE VELOCIDADE. 24

4.4.1. Tipos de freio ABS. 24

4.4.2. 4 Canais / 4 sensores. 25

4.4.3. 3 Canais / 3 sensores. 25

4.4.4. 1 Canal / 1 sensor. 26

CONSIDERAÇÕES FINAIS. 27

REFERÊNCIAS. 28

1 - INTRODUÇÃO

Os veículos são constituídos por vários sistemas interligados que cumprem funções distintas visando atender à função determinante da qual se destina, seja o transporte de passageiros ou cargas. Dentre esses sistemas evidenciasse o sistema de freio que constitui um dos componentes mais importantes e imprescindíveis de um veículo, trata-se de um componente que obedece a rigorosos requisitos de segurança, sendo projetado exclusivamente para dar o máximo de rendimento em um curto espaço de tempo, com um mínimo de manutenção requerida, porém sendo necessária preventivamente assim garantindo ao motorista uma frenagem segura. Conforme consta na norma brasileira NBR-10966, um sistema de freios é “a combinação de peças cuja função é reduzir a velocidade de um veículo em movimento, ou fazê-lo parar, ou conservá-lo imóvel se já estiver parado.”. A motivação para o desenvolvimento de um sistema antitravamento ABS (acrônimo para a expressão alemã Antiblockier-Bremssystem, embora mais usualmente traduzido para a inglesa Anti-lock Braking System), é que se pode melhorar o desempenho da frenagem dos veículos comparado com os sistemas de freios mais utilizados, consequentemente aumentado significativamente a chance do condutor desviar de algum obstáculo. Em relação ao sistema de freio ABS, apresenta-se um sistema de sensores e controle conectados a um sistema convencional de freio que são responsáveis pela melhora significativa da frenagem do veículo, resultando em um desempenho de alta relevância e eficiência nas áreas de estabilidade, dirigibilidade e distância final de parada.

Com o passar da história automotiva surgiram gradativamente, projetos com o objetivo de tornar o uso deste, progressivamente uma experiência segura, confortável e eficiente. No princípio da evolução automotiva eram somente estes os subsistemas responsáveis por assegurar a segurança do condutor, sendo eles o sistema de iluminação e o sistema de frenagem, ambos existentes em todos os veículos automotores, ressaltando apenas quanto à adequação e eficiência em cada veículo, tendo cada um o próprio sistema específico. O presente estudo tem como objetivo principal, compreender o Sistema Antitravamento (ABS) utilizado em freios automotivos e analisar os seus componentes consultando as características fundamentais sobre o assunto, juntamente com os fatores que influenciam na

eficiência de tal sistema que age de forma a regular a pressão hidráulica ou pneumática evitando dessa forma o travamento das rodas e garantindo melhores condições de dirigibilidade do veículo e maior segurança do condutor.

No Brasil, o ABS foi introduzido em 1991. Na Europa, o equipamento é obrigatório nos veículos fabricados desde 2004 e somente com início em janeiro de 2014, também passou a ser item obrigatório em todos os carros nacionais (CONTRAN). Existem vários modelos de sistemas de freios ABS, mas seu conceito é único. Como ocorre o funcionamento desses componentes em situações no qual são exigidos?

O objetivo geral desta monografia é compreender o mecanismo dos principais componentes necessários para o perfeito funcionamento de todo o sistema ABS por meio dos seguintes objetivos:

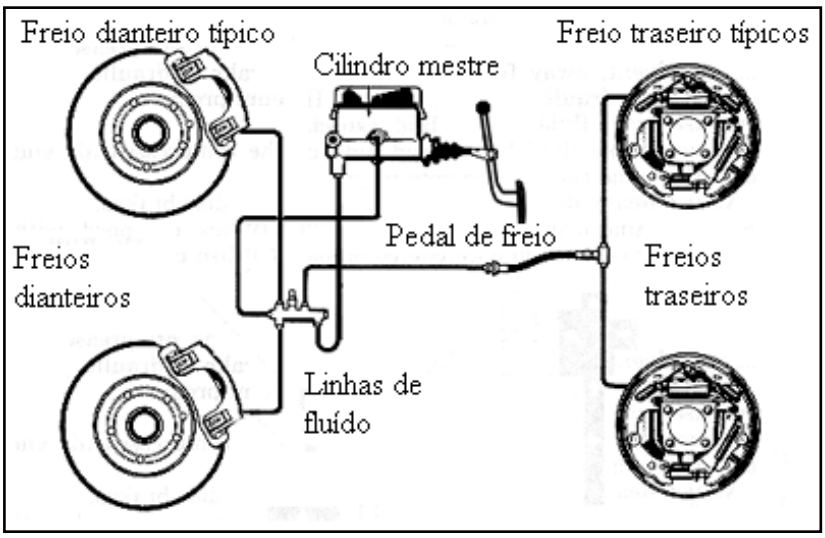
- Entender todo o procedimento do sistema de freio do carro;
- Explicar a principal função do sistema ABS e o porquê de ser um dos principais itens de segurança dos veículos;
- Descrever cada componente necessário ao funcionamento completo do sistema ABS;

O tipo de pesquisa realizado neste trabalho foi uma revisão de literatura, no qual para atingir o objetivo proposto foi realizado consulta a livros, dissertações e em artigos científicos selecionados através de busca nas seguintes bases de dados: O livro “Uma introdução à modelagem quase estática de veículos automotores de rodas (ROSA, da E.; LEAL, L. da C. M.; NICOLAZZI, L. C. 2008)”, artigos acadêmicos já publicados e principalmente o site da BOSCH, uma das grandes empresas especializadas na área de peças automotivas, que conta com um vasto material a ser explorado. O critério utilizado para escolha desses materiais base foi a objetividade no qual foi abordado o assunto, o período de publicação dos artigos pesquisados foram dos últimos 10 anos. As palavras-chave utilizadas na busca foram: ”Sistema ABS” e “sistema antitravamento de freio”.

2 - PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO DO SISTEMA DE FREIO

De modo geral, é simples, o sistema de freio é uma combinação de peças cuja função é reduzir progressivamente a velocidade de um veículo em movimento, ou fazê-lo parar, ou conservá-lo imóvel se já estiver parado (FERREIRA, 2008). Normalmente os freios equipados com discos dianteiros e tambores traseiros de freios compõem o esquema que é usado por uma grande parte dos automóveis fabricados no Brasil, conforme a Figura 1.

Figura 1 - Configuração típica de um sistema de freio automotivo.



Fonte: Charles (2005)

Inicialmente eram utilizados apenas sistemas de freios mecânicos, o que está se tornando escasso. A evolução dos sistemas apenas mecânicos são os conhecidos de sistemas hidráulicos que utilizam a pressão de um fluido para exercer a frenagem do veículo.

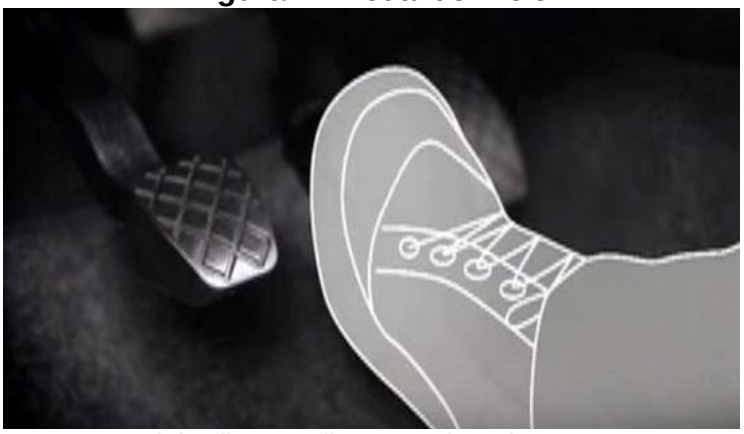
2.1 - COMPONENTES BÁSICOS DO FREIO

Todo o sistema de freio automotivo é composto por elementos interligados entre si, são eles os principais: Pedal de freio, servo freio, cilindro mestre, disco de freio e pastilhas, tambor de freio, lonas e sapatas e fluido de freio.

2.1.1 – Pedal de freio

Conforme a Figura 2, o pedal é o primeiro componente do sistema de freio a ser acionado mecanicamente, o mesmo é desenvolvido para se conectar a uma haste com o objetivo de realizar o trabalho como uma alavanca, resultando em um aumento exponencial da força que anteriormente foi exercida no pedal pelo condutor (ACDELCO, 2005).

Figura 2 - Pedal de Freio



Fonte: Portal do cliente Volkswagen (2017)

É capaz de suportar grandes forças sem o mínimo de deformação, na outra extremidade está localizado o servo freio e o cilindro mestre.

2.1.2 - Servo freio

Conforme mostra a Figura 3, ao lado esquerdo encontra-se o cilindro mestre, também é possível observar o acionador localizado ao lado direito, o mesmo é encaixado na outra extremidade do pedal de freio onde é incumbido de receber a força mecânica realizada anteriormente no pedal (DIAS, 2016).

Figura 3 – Servo Freio

Fonte: Canal da peça (2015)

O servo freio é um dispositivo projetado para multiplicar a força no ato da frenagem, tendo como funcionalidade maximizar a força aplicada no pedal do freio pelo motorista por intermédio da diferença de pressão entre as duas câmaras.

2.1.3 - Cilindro mestre

De acordo com Limpert (1999), é acionado indiretamente pelo condutor ao pisar no freio, o cilindro mestre é o componente que produz a força hidráulica de todo o sistema de freio. Este recebe a força de acionamento do servo freio e a transforma em pressão hidráulica dentro de um circuito que irá distribuir o fluido de freio pressurizado para as quatro rodas do automóvel, ou seja, sua função é exercer a pressão no fluido, para que este acione os pistões contidos nas pinças e nos cilindros de roda, para que as mesmas respectivamente exerçam sua função conforme a Figura 4.

Figura 4 – Cilindro Mestre

Fonte: Carros infoco (2016)

O cilindro mestre é instalado na parte dianteira do servo freio, nele são conectadas todas as tubulações que conduzem o fluído de freio diretamente às rodas.

2.1.4 - Disco de freio

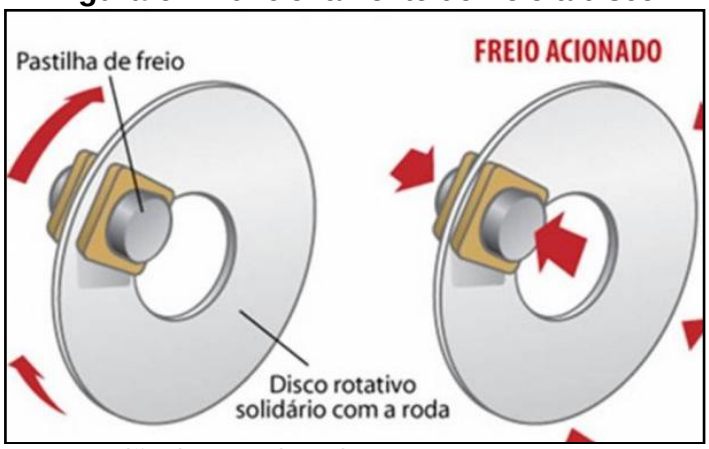
De acordo com Limpert (1999), após todo o funcionamento do sistema de freio, desde acionar o pedal do freio, passando pelo servo freio, cilindro mestre e fazendo com que a pressão hidráulica seja distribuída e direcionada do fluido até o pistão, chegando ao disco de freio conforme a Figura 5.

Figura 5 – Disco de freio

Fonte: Lethal Performance (2016)

Este atua sobre as pastilhas de freio e sapatas com lonas que entram em contato com o disco de freio e com o tambor, respectivamente nas rodas dianteiras e traseiras conforme Figura 6.

Figura 6 – Funcionamento do freio a disco



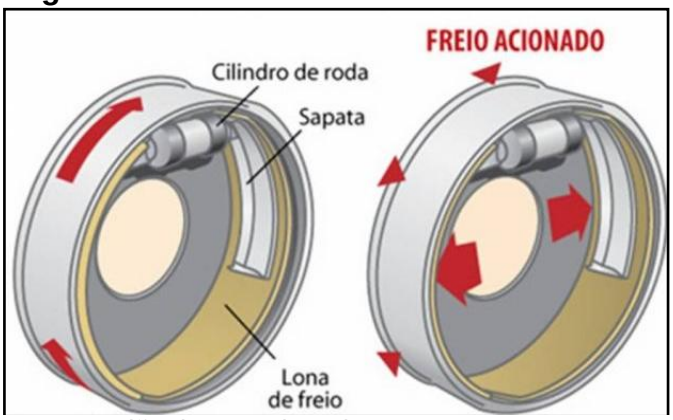
Fonte: Salão do carro (2012)

A pastilha de freio ao ser acionada pelo circuito hidráulico, faz com que os êmbolos avancem, comprimindo-as contra o disco gerando o atrito para que diminua a velocidade da roda e conseqüentemente do veículo (DIAS, 2016).

2.1.5 - Freio a tambor

Na frenagem, as lonas são empurradas pelos êmbolos do cilindro da roda em oposição ao tambor, gerando este atrito, neste caso são as lonas que exercem pressão contra uma superfície giratória, chamada de tambor, conforme ilustrado na Figura 7.

Figura 7 – Funcionamento do freio a Tambor



Fonte: Salão do carro (2012)

Um freio hidráulico de tambor consiste em um tambor, geralmente fabricado em ferro fundido, contendo em seu interior duas sapatas de formato semicircular que funcionam como apoio para as lonas de freio que desde 1902, proporciona uma

funcionalidade e durabilidade considerável, razão pela qual ainda é encontrada nos veículos.

2.1.6 - Fluido de freio

O fluido de freio tem como função principal servir como meio de transmissão para o sistema, ou seja, transmitir a pressão aplicada para os pistões de cilindros de roda e pinça de freio resultando no acionamento das pastilhas e sapatas/lonas de freio conforme a Figura 8. Outro objetivo do fluido é lubrificar todos os componentes do sistema e suportar as altas temperaturas decorrentes das frenagens (BOSCH, 2016).

Figura 8 – Fluido de Freio

Fonte: Bosch automotive (2014)

Na Tabela 1, contém informações referentes ao órgão que regulamenta as especificações dos fluídos de freio, as normas DOT (*Department of Transportation*) em tradução, Departamento de transportes – EUA. O mesmo regula e determina o grau para o ponto de ebulição correspondente a cada especificação (BOSCH, 2016).

Tabela 1 – Especificações do fluído de freio

Fluidos Bosch Fluidos Bosch	Ponto de ebulição		Viscosidade	
	seco	úmido	40 ºC	100 ºC
DOT 3 Cor do fluido: azul	≤ 205	≤ 140	≤ 1500	≤ 1,5
DOT 4 Cor do fluido: vermelho	≤ 230	≤ 155	≤ 1800	≤ 1,5
DOT 5.1 Cor do fluido: âmbar	≤ 260	≤ 180	≤ 1800	≤ 1,5

Fonte: Bosch automotive (2014)

3 - APRESENTAÇÃO DO SISTEMA DE FREIO ABS

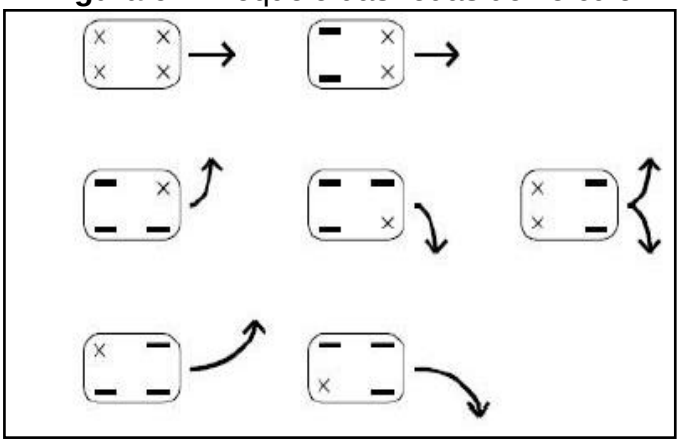
Os sistemas de freio antitravamento são uma característica e obrigatoriedade de segurança padrão nos carros, porém todo desenvolvimento da tecnologia ABS foi um longo processo. Os atuais sistemas de freio antitravamento foram originados de sistemas desenvolvidos para trens no início de 1900 (PETERSEN, 2003). Em 1928, foi patenteado o dispositivo *brake power regulator* [freio regulador de potência] pelo alemão Kersel Wessel, porém tal projeto nunca saiu do papel. Paralelamente Werner Möhl projetou o *safety device for hidraulic brakes* [Dispositivo de segurança para freios hidráulicos] e Richard Trappe inventou o *brake blocking preventer* [trava de prevenção], ambos os sistemas se mostraram ineficientes.

Com a evolução, décadas seguintes, os sistemas antitravamento foram desenvolvidos para ajudar as aeronaves pararem rapidamente em pistas escorregadias. Em 1947, os primeiros aviões a usar o sistema ABS foram os bombardeiros B-47 para evitar o estouro do pneu com o longo caminho a percorrer, até a total parada em pistas de concreto seco e para evitar a derrapagem do mesmo em pistas com altos índices de gelo. A origem do ABS se deu na Fórmula 1 e o modelo utilizado foi criado pela Bosch, uma empresa alemã, sendo disponibilizado para uso em 1978, com o nome *AntiBlockierSystem* [ABS]. A frenagem dos veículos ocorre em dois momentos: primeiramente, quando o motorista tira o pé do acelerador e aciona o pedal do freio e o segundo corresponde à pressão na qual o pedal do freio é submetido. Na realização da frenagem é aconselhável que se utilize o freio motor, paralelamente efetuando antes a redução de marchas ou no decorrer do acionamento do pedal de freio, assim evitando o travamento das rodas, que pode ocasionalmente fazer com que o motorista perca o controle do veículo no decorrer da frenagem.

Se os mecanismos encarregados da tração do veículo não forem eficientes, as consequências estarão relacionadas com o nível de desempenho do veículo. Já na frenagem, se isso ocorrer, na melhor das hipóteses haverá um aumento significativo da distância de parada, ou falta de dirigibilidade do veículo, com consequências imprevisíveis (ROSA; LEAL; NICOLAZZI, 2008).

A Figura 9 ilustra o que pode acontecer dentro do intervalo de apenas 0,5s após o bloqueio (x) de uma ou mais rodas no processo de frenagem (SILVA, 2001).

Figura 9 – Bloqueio das rodas do veículo



Fonte: SILVA (2001)

O ABS é um importante componente de um complexo sistema de direção dos carros (SOLYOM; RANTZER, 2003). Anteriormente quando os carros não acompanhavam o sistema de freio ABS, em um cenário emergencial de frenagem, a força provocada pelo condutor no pedal de freio por ser de intensidade maior que o pneu poderia suportar, causava o travamento total das rodas, o veículo ficava instável e consequentemente sem controle, visto que o mesmo não oferece mais qualquer reação a qualquer comando de direção do motorista, pelo fato do pneu neste instante não ter a capacidade de exercer qualquer aderência ao solo. O ABS é basicamente um mecanismo que impede o bloqueio das rodas no momento da frenagem, portanto impede que haja a falta de aderência do pneu e perda do controle do veículo.

O veículo que possua o sistema ABS, os sensores de velocidade presentes em cada uma das rodas medem constantemente a velocidade de rotação e informando-as à unidade de controladora do ABS (ECU, sigla em inglês). Quando o motorista pisa no freio a pressão é aumentada pela unidade hidráulica que atua sobre o disco de freio, o sensor mede a velocidade da roda e envia o sinal para a central eletrônica (ECU), Quando os sensores detectam algum bloqueio nas rodas, remetem um sinal à central, que envia as instruções ao modulador para ampliar ou reduzir a pressão do fluido sobre cada cilindro de roda.

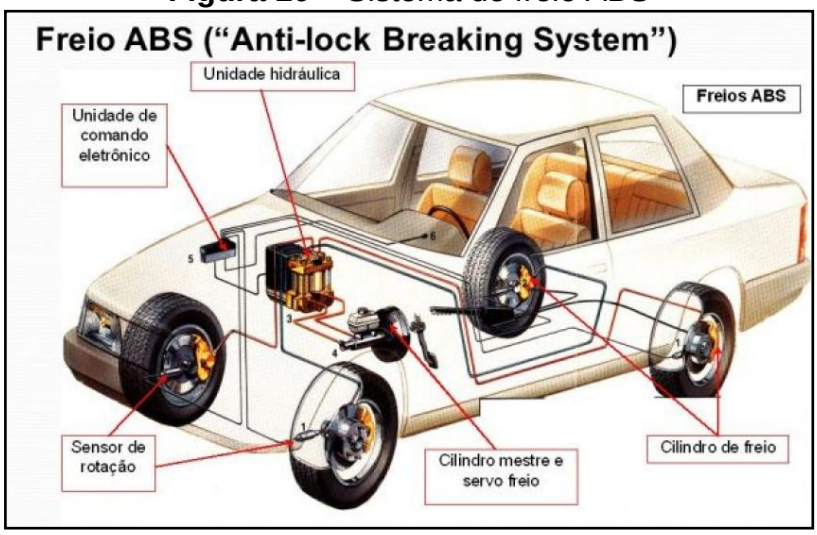
O ABS pode chegar a liberar totalmente os freios de uma roda e manter a pressão sobre as demais, se necessário for, tudo em fração de segundo.

O computador é responsável por manter o desempenho de frenagem no ponto de máximo coeficiente de atrito entre os pneus e a solo. Assim, o ABS impede que haja o travamento total das rodas garantindo uma frenagem segura.

Em geral, oferece controle do veículo minimizando a distância de parada em qualquer tipo de superfície.

Os freios ABS basicamente, conforme a Figura 10, dispõe de um centro de unidade de controle eletrônico (ECU), modulador hidráulico e sensores de velocidade nas rodas.

Figura 10 – Sistema de freio ABS

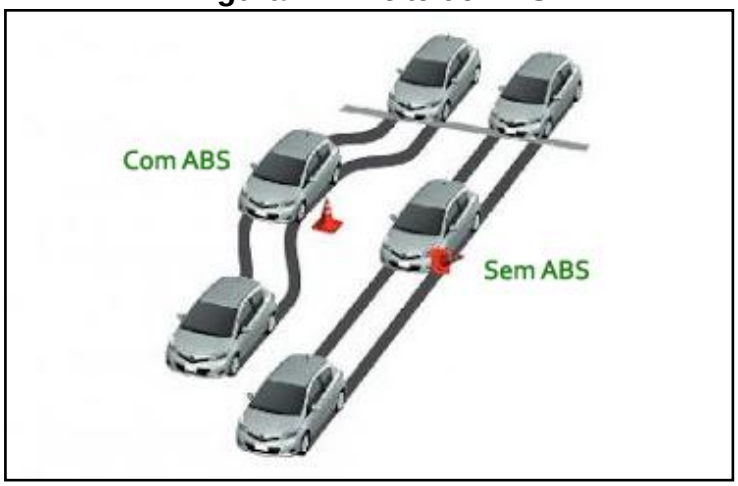


Fonte: Freiar (2014)

3.1 - A IMPORTÂNCIA DO ABS

A distância de parada é um dos fatores mais importantes quando se trata de frenagem, desacelerando e parando o veículo. Ao se deparar repentinamente com algum obstáculo, a reação inicial do condutor é pisar bruscamente no freio, quando o veículo não possui o sistema ABS, ocorre o travamento das rodas porém de uma forma que a mesma é arrastada continuamente, neste instante o condutor não possui qualquer controle sobre o veículo até a parada (LIMA, 2011). Quando o veículo possui o sistema ABS, o sensor verifica a pressão individualmente nas rodas, aliviando a mesma naquelas onde a tendência de travamento seja maior, conforme apresentado na Figura 11.

Figura 11: Efeito do ABS



Fonte: Freios breque (2017)

3.1.1 - Efetividade do freio ABS

Na tabela 2, é evidenciada a real importância do sistema ABS no momento da frenagem do veículo e sua efetividade.

Tabela 2 - Efetividade do ABS

VELOCIDADE (Km/h) e (m/s)		FRENAGEM (m)	FRENAGEM com ABS (m)
60	16,7	17,7	14,2
70	19,4	24,1	19,3
80	22,2	31,5	25,2
90	25,0	39,8	31,9
100	27,8	49,2	39,3
110	30,6	59,5	47,6
120	33,3	70,8	56,6
130	36,1	83,1	66,5
140	38,9	96,4	77,1

Fonte: UFRGS (2012)

3.1.2 – Distância de parada

A distância de parada é um fator importante quando se trata de frenagem. A distância de parada é a função da massa do veículo, velocidade inicial e força de frenagem, conforme na Tabela 3.

Em todos os tipos de superfície da estrada sempre existe algum atenuante que pode agravar este fator importante. O objetivo fundamental do sistema de freio é a desaceleração e parada do veículo, a força de atrito máxima pode não ser descrita em alguns casos, como asfalto e gelo na superfície, de modo que significativamente mais força pode ser obtida em um lado do veículo do que do outro lado. Então ao acionar o freio, resultará em um momento de derrapagem que tenderá a puxar o veículo para o lado proporcionando resultados de instabilidade.

Tabela 3 – Distância de parada

VELOCIDADE (Km/h) e (m/s)		DISTÂNCIA TOTAL (m)	DIST. TOTAL - ABS (m)
60	16,7	34,4	30,8
70	19,4	43,5	38,7
80	22,2	53,7	47,4
90	25,0	64,8	56,9
100	27,8	76,9	67,1
110	30,6	90,0	78,1
120	33,3	104,1	90,0
130	36,1	119,2	102,6
140	38,9	135,2	116,0

Fonte: UFRGS (2012)

O conceito básico do sistema ABS, tornando o deslizamento nas rodas de modo proporcional e mantendo o veículo no controle do condutor.

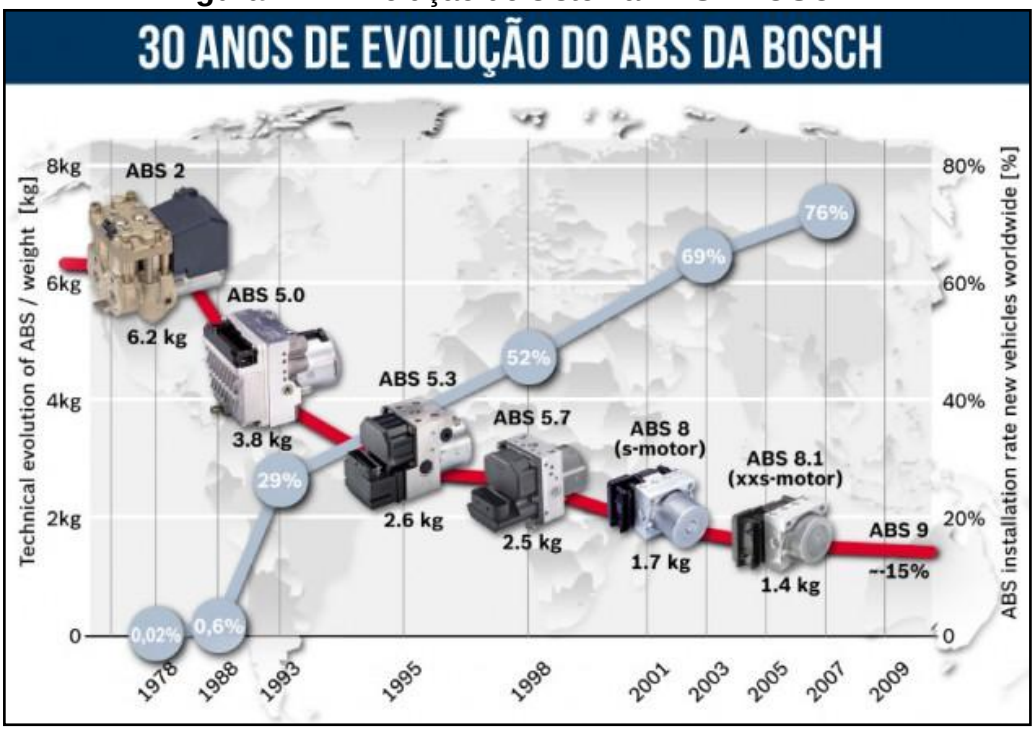
4 - O FREIO ABS E SEUS COMPONENTES

O ABS modula a pressão do freio independente da força no pedal, para que a velocidade da roda volte ao nível de deslizamento e alcance necessário para o ideal desempenho. Há quatro principais componentes responsáveis por todo este sistema:

- Modulador Hidráulico;
- Unidade de controle eletrônico (ECU);
- Sensores de velocidade;
- Bomba Hidráulica.

A Figura 12 resume a evolução do módulo eletrônico do sistema de freio ABS ao longo dos anos em relação a sua massa, evidenciando que muitas mudanças e aperfeiçoamentos foram necessários para sua melhora.

Figura 12 – Evolução do sistema ABS - BOSCH.



Fonte: Nictheroy clube de veículos antigos (2017)

4.1 - MODULADOR HIDRÁULICO

Mediante a ação das bobinas eletromagnéticas, o modulador abre ou fecha as válvulas hidráulicas de entrada e saída do fluido para os cilindros de cada roda. A função da unidade hidráulica é manter, aumentar ou reduzir a pressão de frenagem de acordo com os comandos da ECU do ABS, de acordo com a Figura 13.

Figura 13 – Modulador Hidráulico (HCU)

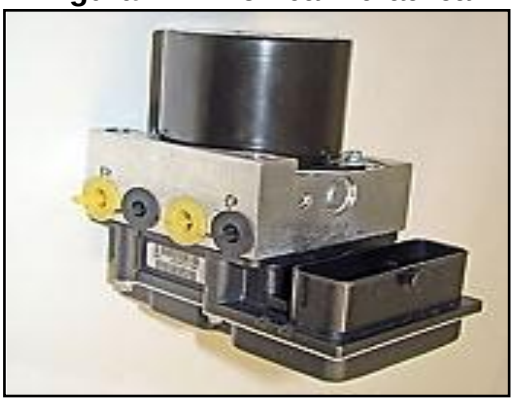
Fonte: Kormee ABS (2017)

A unidade contém a válvula, a solenoide e pistão. Sob condição de frenagem severa, o sistema controla a retenção e a liberação do circuito hidráulico de freio. Sempre que ocorrer uma situação de frenagem difícil, o sistema detecta a mudança na rotação do sensor de velocidade e decidi se deve segurar ou liberar a pressão para o sistema de freio. Caso algum pneu perder a tração e comece a derrapar o sistema irá entender e receberá a indicação de que precisa liberar a pressão para que isto não ocorra (DIAS, 2016).

4.2 - BOMBA HIDRAÚLICA

Segundo Vilanova (2015), após o ABS entrar em funcionamento, é necessário reduzir a pressão hidráulica presente na roda, a bomba hidráulica tem como principal função reduzir a pressão da roda e fazer com que retorne ao cilindro, é neste momento que é possível perceber a trepidação do pedal como resultado da passagem desta pressão através dessa válvula, conforme figura 14,

Figura 14 – Bomba Hidráulica



Fonte: O mecânico (2015)

A bomba hidráulica encontra-se na Figura 14, localiza-se agrupada em conjunto com o modulador hidráulico.

4.3 - UNIDADE DE CONTROLE ELETRÔNICO (ECU)

Recebe os sinais dos 4 sensores e calcula a velocidade de rotação de cada uma das rodas. O controlador monitora os sensores de velocidade em todos os momentos. Ao ser acionado o freio, comanda o funcionamento das bobinas eletromagnéticas de acordo com a rotação de cada roda, e se necessário aciona a bomba hidráulica conforme a Figura 15.

O trabalho da ECU é receber, amplificar e filtrar os sinais do sensor para calcular a rotação de velocidade e aceleração do veículo. A ECU também usa as velocidades de duas rodas diagonalmente opostas para calcular uma estimativa de velocidade do veículo.

Figura 15 – Unidade de Controle Eletrônico - ECU

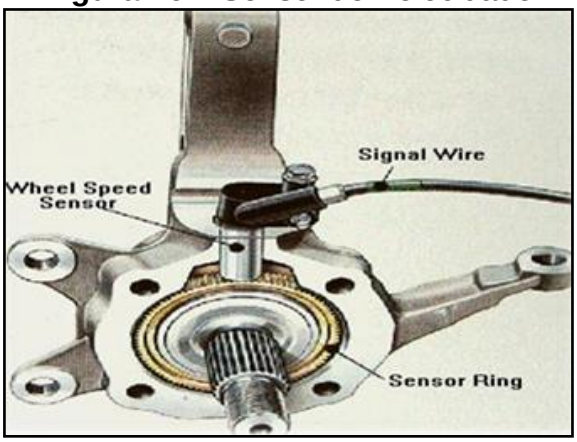
Fonte: BBA reman (2017)

O deslizamento de cada roda é obtido comparando a velocidade de referência com a roda individual. Durante o deslizamento ou a aceleração da roda, é enviado o sinal de condição para alertar a ECU, o alerta do microcomputador envia a informação à válvula de controle de pressão da solenoide do modulador de pressão, para adequar a pressão de freio individualmente nas rodas.

4.4 - SENSORES DE VELOCIDADE

É utilizado para determinar a aceleração ou desaceleração. Fixos na suspensão, um para cada roda. Possuem bobina e imã que gera um sinal. A rotação da roda é verificada via campo magnético ao redor dos sensores. As variações deste campo magnético geram tensão no sensor (DIAS, 2016). Conforme a tensão é induzida ocorre o efeito na rotação da roda conforme ilustrado na Figura 16.

Figura 16 – Sensor de Velocidade



Fonte: Carros infoco (2016)

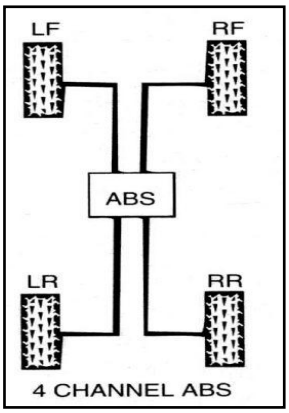
4.4.1 - Tipos de freio ABS

Diferentes tipos do sistema ABS de freio são usados dependendo do seu objetivo final. Dependendo do canal (válvula) e número de sensores de velocidade, o freio ABS possui as seguintes variantes: 4 Canais - ABS de 4 sensores, 3 Canais - ABS de 3 sensores e 1 Canal - ABS de 1 sensor.

4.4.2 - 4 Canais / 4 sensores

De acordo com Dias (2016), é o mais utilizado, o sistema conta com um sensor de velocidade em todas as quatro rodas e contém válvulas separadas para as quatro rodas. Ao usar essa configuração, o controlador monitora cada roda individualmente, ou seja, cada roda tem seu próprio sistema hidráulico de controle conforme na Figura 17.

Figura 17 – Sensor de Velocidade 4 canais

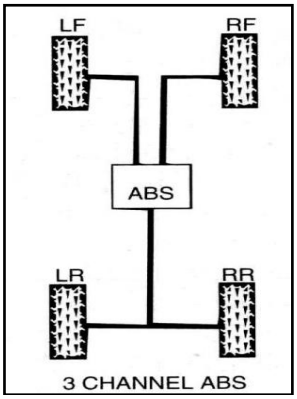


Fonte: Carros infoco (2016)

4.4.3 - 3 Canais / 3 sensores

De acordo com Dias (2016), este tipo de sistema pode ser encontrado comumente nas caminhonetes e ainda em alguns utilitários, com quatro rodas ABS, neste esquema há em cada uma das rodas dianteiras uma válvula e um sensor de velocidade que trabalham individualmente, e apenas uma válvula e um sensor para ambas as rodas traseiras conforme Figura 18.

Figura 18 – Sensor de Velocidade 3 canais



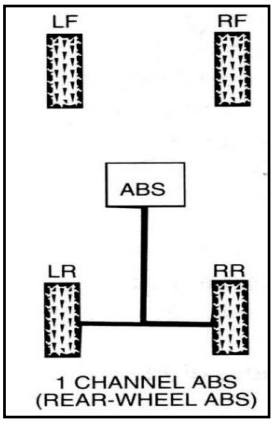
Fonte: Carros infoco (2016)

4.4.4 - 1 Canal / 1 sensor

De acordo com Dias (2016), este Arranjo pode ser visto em caminhões pesados com ABS na roda traseira. Consiste numa válvula, que opera tanto na retaguarda da roda e um sensor de velocidade localizado no eixo traseiro.

É semelhante à parte traseira de um sistema de três canais. As rodas traseiras são monitoradas juntas e ambas são acionadas conforme Figura 19.

Figura 19 – Sensor de Velocidade 1 canal



Fonte: Carros infoco (2016)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o desenvolvimento da tecnologia nos automóveis a tendência é que o sistema de frenagem assim como todos os sistemas restantes, principalmente de segurança dos veículos, torne-se mais avançado. O sistema antitravamento tem por função, ajudar o motorista a ter um melhor controle do veículo em algumas condições da estrada ou fatores adversos de direção defensiva onde uma frenagem emergencial pode ser necessária.

Nos veículos sem sistema antitravamento de freio (ABS), o condutor que se deparar em condições adversas por exemplo, terá que bombear o pedal de freio repetidas vezes de forma a garantir que a roda não trave, ocorrendo assim involuntariamente uma derrapagem. O sistema ABS monitora a velocidade na roda com sensores, controlando assim a força incidida na roda, determinando a pressão conforme necessário, de modo que todas as rodas trabalhem em uma velocidade calculada. Fatores estes que ocorrem ligeiramente em frações de segundos e sem que o motorista note qualquer execução do processo, exceto uma momentânea pulsação no pedal de freio, que por sinal é normal e não significa que se deva reduzir a pressão do pé no pedal.

É necessário entender o funcionamento individual de cada componente do sistema de freio comum, para que seja necessário o entendimento do sistema ABS, pois em termos simples, o sistema ABS é um complemento do sistema convencional de freio, tendo sido elaborado e projetado com o objetivo de tornar o veículo seguro para que em momentos em que o mesmo seja exigido, corresponda de forma rápida e eficiente. Além do fator segurança, o ABS também evita que os pneus sofram desgaste irregular nas freadas, devido ao travamento irregular das rodas, assim sendo aumentando a vida útil dos pneus.

REFERÊNCIAS

ACDELCO. **Mais perto do cliente.** Edição março/abril, 2004. Disponível em: <http://www.acdelco.com.br/jornais/pdfs/1085809050109acdelco13.pdf>. Acesso em 15 nov. 2017.

BBBA REMAN. **BMW 3 series MK60 ABS ECU** . Disponível em: < http://www.bba-reman.com/gb/content/bmw-3-series-mk60-abs-ecu>. Acesso em 24 set. 2017

BOSCH AUTOMOTIVE. **Fluido de Freio Bosch.** Disponível em: <http://br.bosch-automotive.com/media/parts/download_2/freios/5025-Folder_Fluidos_Freiosv3.pdf>. Acesso em 01 nov. 2017.

KORMEE ABS. **Car e light commercial vehicle ABS**. Disponível em: <http://kormeeabs.com/3-car-abs/165086>. Acesso em 26 set. 2017.

CLIENTE VOLKSWAGEN. **Freios ABS. Entenda por que o pedal do freio trepida**. Disponível em: <http://cliente.vw.com.br/dicas-para-seu-carro/freios-abs-entenda-por-que-o-pedal-do-freio-trepida-+10>. Acesso em 28 ago. 2017.

CONTRAN - Conselho Nacional de Trânsito. **Resoluções nº 311 e 312**. Disponível em: <www.denatran.gov.br/contran.htm>. Acesso em: 01 abr.2017.

DIAS, Anderson. **Funcionamento e detalhes dos Freios Antibloqueio (ABS).** Disponível em: http://www.carrosinfoco.com.br/carros/2016/09/funcionamento-e-detalhes-dos-freios-anti-bloqueio-abs/>. Acesso em 10 set. 2017.

DIAS, Anderson. **Funcionamento e Detalhes do Cilindro Mestre**. Disponível em: < http://www.carrosinfoco.com.br/carros/2016/03/funcionamento-e-detalhes-do-cilindro-mestre/Acesso em 11 set. 2017.

DIAS, Anderson. **Sistema de Freios Automotivos, 2016**. Disponível em: http://www.carrosinfoco.com.br/carros/2016/02/sistema-de-freios-automotivos/. Acesso em: 07 Set.2017.

FERREIRA, A. B. de H. **Mini Aurélio, 7.ª ed**., Curitiba: Positivo, 2008.

FREIAR. **Freios: a diferença entre os sistemas hidráulico e eletrônico**. Disponível em: <http://www.freiar.com.br/portal/index.php/freios-a-diferenca-entre-os-sistemas-hidraulico-e-eletronico>. Acesso em 10 set. 2017.

FREIO BREQUE. **Freio ABS é melhor que freio convencional**. Disponível em: <https://freiosbreque.com.br/freio-abs-e-melhor-que-freio-convenciona/>. Acesso em 25 ago.2017.

CANAL DA PEÇA. **Veja como identificar falhas no servo freio**. Disponível em: < http://blog.canaldapeca.com.br/2017/03/31/video-veja-como-identificar-falhas-no-servo-freio/>. Acesso em 01 set. 2017.

LETHAL PERFORMANCE. **Brembo 2015 Mustang**. Disponível em: <http://www.lethalperformance.com/brembo-2015-mustang-gt-380mm-6-piston-gt-brake-kit-drilled-rotors.html>. Acesso em 31 ago.2017.

LIEF-UFRGS. **Distancias de Frenagem em Situacoes Realistas**. Disponível em: < https://lief.if.ufrgs.br/pub/cref/pe_Goulart/AULA_3_-_Distancias_de_Frenagem/AULA%203%20-%20Distancias%20de%20Frenagem.ppsx>. Acesso em 30 set. 2017.

LIMA, Marcos Leandro de. **Apresentação do Sistema FCW como alternativa para diminuir acidentes de trânsito do tipo colisão traseira.** FATEC/SA – Faculdade de tecnologia de Santo André – Trabalho de conclusão de curso: 2011.

LIMPERT, R. **Brake design and safety**. 2. Ed. Warrendale - EUA: SAE International, 1999.

MACHADO, R. 2009. **Freio ABS passa a ser obrigatório**. Disponível em: <http://www.estadao.com.br/noticias/impresso, freio-abs-passa- a-serobrigatorio, 351726,0.htm>. Acesso em: 15 mar. 2017.

NVCA. **A evolução do ABS**. Disponível em: <http://ncva.com.br/ncva/index.php/2016-02-25-14-02-45/biblioteca/55-artigos-tecnicos/122-a-evolucao-do-abs>. Acesso em 29 ago. 2017.

PETERSEN, I. **Wheel Slip Control in ABS brakes Using Gain Scheduled Optimal Control with Constraints**. PhD thesis, Department of Engineering Cybernetics Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, Norway, 2003.

PRIETO, Ronaldo Deziderio. **Freios Hidráulicos** - Da Física Básica À Dinâmica Veicular, Do Sistema Convencional Aos Sistemas Eletrônicos. São Paulo, Senai, 2014.

PRIMOS AUTO CENTER. 2013, **Freios**. Disponível em: <http://primusautocenter.com.br/site/servicos/freios>. Acesso em: 18 mar. 2017.

ROSA, da E.; LEAL, L. da C. M.; NICOLAZZI, L. C. **Uma introdução à modelagem quase estática de veículos automotores de rodas (2008)**. Disponível em: <http://www.grante.ufsc.br>. Acesso em 02 ago. 2017.

SILVA, P. C. M da. **Elementos dos sistemas de tráfego (2001).** Disponível em: <http://vsites.unb.br/ft/enc/pagdisc/engtraf/apostilas/APOSTILA1.pdf>. Acesso em ago. 2017

SOLYOM, S; RANTZER, A. **ABS CONTROL - A design model and control Structure**. Springer-Verlag, London, 2003

VILANOVA, Carolina. **Mantendo o ABS em ordem**. Disponível em: < http://omecanico.com.br/mantendo-o-abs-em-ordem/>. Acesso em 28 set. 2017.