

UNIVERSIDADE SÃO FRANCISCO  
Curso de Engenharia Elétrica

**CÉLIO ROBERTO SOARES**

**SISTEMA ANTIBLOQUEIO DE FRENAGEM,  
SENSORIAMENTO E APLICAÇÕES NA ENGENHARIA  
AUTOMOTIVA**

Itatiba  
2012

**CÉLIO ROBERTO SOARES – R.A. 002200601406**

**SISTEMA ANTIBLOQUEIO DE FRENAGEM,  
SENSORIAMENTO E APLICAÇÕES NA ENGENHARIA  
AUTOMOTIVA**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Elétrica da Universidade São Francisco como requisito parcial para obtenção do título Bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. André Renato Bakalereskis,

Itatiba  
2012

**CÉLIO ROBERTO SOARES – R.A. 002200601406**

**SISTEMA ANTIBLOQUEIO DE FRENAGEM,  
SENSORIAMENTO E APLICAÇÕES NA ENGENHARIA  
AUTOMOTIVA**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Elétrica da Universidade São Francisco como requisito parcial para obtenção do título Bacharel em Engenharia Elétrica.

**Data de aprovação: \_01/\_12/2012**

**Banca Examinadora:**

---

Prof. André Renato Bakalereskis (Orientador)

Universidade São Francisco

---

Prof. Renato Franco de Camargo (Examinador)

Universidade São Francisco

---

Engenheiro de Produtos Thiago Silva (Examinador)

Kromberg & Schubert Ltda

*Dedico este trabalho primeiramente a Deus, sem o qual o caminho percorrido jamais teria se tornado possível, A minha mãe Célia Pereira da Silva Soares, ao Meu pai Jorge Eugênio Soares, minha esposa Gislaine Siomões Crivellari Soares, aos meus irmãos Paulo Henrique Soares e Mayra da Silva Soares.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus por me proporcionar a graça de ter conquistado este diploma.

Ao meu Pai Jorge Eugênio Soares, pela formação incondicional no caráter e maior exemplo de profissionalismo e retidão que pude receber em minha vida, a minha mãe Célia Pereira da Silva Soares por todo carinho e amor que me acompanhaste não somente na faculdade, mas em toda minha vida, este curso de graduação é totalmente oferecido a esta mulher que me mostrou como eu posso ser capaz e que sempre acreditou em mim, pelas orações incessantes em todos os momentos, por me acompanhar em todas minhas dificuldades cuidando de minhas tristezas e compartilhando minhas alegrias.

A minha esposa Gislaine, pelo companheirismo em todos os momentos, pela paciência nessa reta final do curso e por me amar incondicionalmente acreditando em mim, muitas vezes mais que eu mesmo.

Aos meus irmãos Paulo Henrique e Mayra meus eternos caçulas, obrigado pela eterna admiração, que possamos sempre compartilhar esta admiração somente porque são meu sangue e não preciso de nada mais que isso para ama-los.

Aos amigos conquistados neste curso de graduação Samuel, Marcos, Flavio, Junior, Flávia e André e aos amigos de sempre Felipe e Lucas amizades estas fortalecidas neste curso de graduação, com certeza vocês são o maior presente que Deus poderia ter me dado nos últimos anos de minha vida, sem duvida vocês fizeram com que este fardo fosse mais fácil de carregar, sem vocês muitas coisas não seriam possíveis o amor que nos une se estenderá por toda vida. A palavra de Deus diz que aquele que possui um amigo possui um tesouro sem duvida posso dizer que sou um homem rico.

*“Parti para minha mais longa travessia, e, mesmo que ela só durasse esse único dia, eu havia escapado do maior perigo de uma viagem, da forma mais terrível de um naufrágio: não partir.”*

*Amyr Klink, **Paratü entre dois polos.***

## Sumário

Lista de Abreviaturas .....	9
Lista de Figuras .....	10
Lista de Tabelas.....	11
Lista de Equações.....	12
Resumo.....	13
Abstract .....	14
1. Introdução. ....	15
1.1 Impactos.....	16
2. Revisão Bibliográfica.....	18
2.1 Historia do automóvel .....	18
2.2 Evoluções do desenvolvimento na Engenharia da mobilidade.....	20
2.3 A evolução dos freios.....	23
2.3.1 Primeiros dispositivos de frenagem. ....	24
2.3.2 A evolução da Engenharia no desenvolvimento de freios.....	26
2.3.3 O desenvolvimento do sistema ABS.....	28
2.4 Norma CONTRAN 312. ....	32
2.4.1 Norma CONTRAN resolução 380.....	34
3. Métodos.....	36
3.1 Sistemas de segurança Ativo e Passivo.....	36
3.2 Sensoriamento e funcionamento do sistema ABS.....	37
3.2.1 Módulos de comunicação CAN. ....	38

3.2.2 A atuação dos sensores.....	40
3.2.3 Funcionamento do modulador hidráulico e antibloqueio das rodas.....	43
3.3 Impactos referentes ao coeficiente de atrito ( $\mu$ ) empregado na frenagem. ....	45
4. Resultados. ....	48
4.1 Eficiência na atuação do sistema ABS em comparação ao sistema convencional de frenagem. ....	48
4.1.2 Impactos no tempo de frenagem do veículo.....	49
4.1.3 Comparativo de distância de frenagem de veículos com e sem sistema ABS .....	51
4.1.4 Impactos de Custo de um veículo equipado com sistema ABS. ....	56
5.Conclusão .....	58
6.Referências Bibliográficas .....	60
7.Anexo – Circuito Elétrico do sistema.....	62

## **Lista de Abreviaturas**

ABS – Antilocking Brake System

CAN – Controller área network

CONTRAN – Conselho nacional de Transito

DENATRAN – Departamento nacional de transito

DMU – Digital Mock-up

ECU – Electrical control Unit

ESP - Electronic Stability Program

TCS - Traction Control System

## Lista de Figuras

Figura. 1. Carro de Lenoir Fonte: <a href="http://www.lambertucci.com.br/images/carro_lenoir.JPG">http://www.lambertucci.com.br/images/carro_lenoir.JPG</a> .....	19
Figura2. Patente de Otto, fonte: Capelli 2002.....	19
Figura3. Interior Ford B-max Fonte: <a href="http://autorealidade.blogspot.com.br/2011/02/ford-apresentara-em-genebra-o-conceito.html">http://autorealidade.blogspot.com.br/2011/02/ford-apresentara-em-genebra-o-conceito.html</a> .....	21
Figura4. Console Cadillac 2012 fonte: <a href="http://www.diariodocarro.com.br/automotor/site/?cat=22">http://www.diariodocarro.com.br/automotor/site/?cat=22</a> .....	22
Figura5. Roda Suméria, fonte: (Diulgheroglo 2012).....	24
Figura.6. Roda, na Mesopotâmia, Fonte: (Diulgheroglo 2012).....	24
Figura.7. Freio de cinta, Fonte: (Diulgheroglo 2012).....	25
Figura. 8. Benz Velo 1885 1º veículo com freio de mão, Fonte: (Diulgheroglo 2012).....	26
Figura.9. Renault Voiturette, Fonte: (Diulgheroglo 2012).....	27
Figura.10 O Veículo de Lanchester modelo 1910, Fonte: (Diulgheroglo 2012).....	28
Figura. 11, Evolução do freio a disco, Fonte: (Diulgheroglo 2012).....	28
Figura.12. Veículo BMW 700, Fonte: (Diulgheroglo 2012).....	29
Figura.13. Mercedes Classe S, Fonte: <a href="http://">http://</a> (Diulgheroglo 2012).....	29
Figura.14. Evolução do dispositivo ABS, Fonte: (Diulgheroglo 2012).....	31
Figura.15. Sistemas de segurança ATIVA, Fonte: <a href="http://www.bosch-esperience.com.br/br/language1/from_abs_to_esp.html">http://www.bosch-esperience.com.br/br/language1/from_abs_to_esp.html</a> .....	37
Figura16. Níveis de tensão na rede CAN.....	40
Figura. 17. Sensores de velocidade, Fonte: (Bosch 1999).....	40
Figura. 18. Sensores de velocidade e captação de sinais, Fonte: (Bosch 1999).....	41
Figura. 19. Sensores traseiro e dianteiro, Fonte (Diulgheroglo 2012).....	41
Figura. 20. Veículo com sistema ABS integrado, Fonte (Bosch 2003).....	42
Figura. 21. Modulador de pressão hidráulica, Fonte (Bosch 1999).....	43
Figura. 22. Princípio de controle do modulador hidráulico, Fonte (Bosch 2003).....	44
Figura. 23. Força de atrito de frenagem, fonte: (ABEID 2010).....	46
Figura24. Distância de frenagem em asfalto seco. [13].....	54
Figura25. Distância de frenagem em asfalto molhado. [13].....	55.
Figura26. Delta de preço do sistema ABS. [13].....	57.
Figura27. Esquema elétrico do sistema. Fonte: [16].....	62.

## Lista de Tabelas

<i>Tabela1. Custo dos acidentes por gravidade.....</i>	<i>16</i>
<i>Tabela2. Divisão de categorias de veículos.....</i>	<i>33.</i>
<i>Tabela3. Cronograma de implementação do sistema nos veículos leves.....</i>	<i>34.</i>
<i>Tabela4. Cronograma de implementação do sistema nos veículos pesado....</i>	<i>35.</i>
<i>Tabela5. Cronograma de implantação veículos classe N1.....</i>	<i>36</i>
<i>Tabela 6, Coeficiente de atrito conforme pavimento.....</i>	<i>48</i>
<i>Tabela7. Distancia de frenagem para veículos sem sistema ABS.....</i>	<i>49</i>
<i>Tabela 8, Coeficiente de atrito conforme pavimento.....</i>	<i>52</i>
<i>Tabela9. Distância de frenagem de um veículo com sistema ABS.....</i>	<i>54</i>
<i>Tabela10. Distância de frenagem de um veículo sem sistema ABS.....</i>	<i>54</i>

## Lista de Equações.

Equação 1 – Calculo de tempo de frenagem.....	50
Equação 2 – Calculo de distância de frenagem.....	53

## Resumo

SOARES, Célio Roberto. **Sistema Antibloqueio de frenagem, sensoriamento e aplicações** na Engenharia automotiva. Itatiba 2012. 62f. Trabalho de conclusão de curso, Universidade São Francisco, Itatiba, 2012.

Este trabalho tem o objetivo de apresentar o funcionamento e aplicações do sistema antibloqueio de frenagem, sistema ABS, seus benefícios e o comparativo com sistema convencional de frenagem. No entanto conforme descrito nesta monografia até o início de 2014 por meio da resolução 312 do CONTRAN o sistema ABS será obrigatório em todos os veículos, pois conforme descrito nas resoluções 312, 380 e 395 o órgão considera que existe a necessidade de melhorar a segurança veicular dos condutores e passageiros, e este sistema também age como um controlador na estabilidade do veículo no momento de frenagem.

Portanto o sistema aqui apresentado, no atual momento da indústria automobilística passa de um item opcional disponibilizado apenas em veículos considerados mais sofisticados à item obrigatório em todos os veículos como sistema obrigatório de segurança veicular, este dispositivo como demonstrado nesta monografia irá representar um acréscimo no valor final do veículo, porém os resultados de melhoria na segurança são facilmente perceptíveis.

**Palavras-chave:** ABS, sensores, sistemas automotivo, ECU, CONTRAN, Segurança, DENATRAN.

# Abstract

SOARES, Celio Roberto. Antilock **braking system, and sensing applications in automotive engineering**. Itatiba 2012.62f. Completion of course work, University San Francisco, Itatiba, 2012.

This paper aims to present the operating system and applications antilock braking system ABS, its benefits and the comparison with the conventional braking system. However as described in this monograph until the beginning of 2014 by 312 resolution CONTRAN the ABS system will be mandatory in all vehicles, as described in this resolution because the agency believes that there is a need to improve vehicle safety for drivers and passengers and this system also acts as a controller in the stability of the vehicle when braking.

Therefore the system presented here, at the present time the auto industry is an optional item only available in vehicles considered more sophisticated item will be mandatory on all vehicles as mandatory vehicle safety system, this device as shown in this monograph will represent an increase in value end of the vehicle, but the results of improved security are easily noticeable.

**Keywords:** ABS, sensors, automotive systems, ECU, CONTRAN, Security, DENATRAN.

# 1. Introdução.

As aplicações da engenharia no campo da mobilidade apresentaram grandes avanços nos últimos anos, assim os campos de inovação estão cada vez mais vastos. Atualmente muito se aplica em termos de horas de trabalho de engenharia para desenvolvimento de dispositivos de segurança, cada vez mais a gama de produtos desenvolvidos para disponibilizar as pessoas segurança tem se tornado um tanto quanto extensa.

Se tratando de projetos chamados europeus o nível de investimento no âmbito de segurança é significativamente elevado, os incentivos por parte do governo e o alto nível competitivo entre as montadoras disponibiliza aos condutores na Europa e Estados Unidos uma gama de produtos equipados com dispositivos de segurança em grande escala.

O presente trabalho aborda um destes sistemas, o ABS. Cada sistema desenvolvido para segurança leva consigo a importância considerada em seu desenvolvimento e suas aplicações favorecendo o condutor do veículo e seus passageiros, porém o sistema ABS pode ser considerado como um dos mais importantes.

Podemos verificar a importância deste componente analisando-se o nível de desenvolvimento que envolve motores, atualmente muitos veículos são 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 (ex; neve).

Um diferencial no quesito segurança dos condutores europeus são as autoestradas, estas por sua vez permitem a utilização de carros em alta velocidade, permitindo os condutores muitas vezes chegarem ao limite da velocidade que um veículo pode oferecer.

No Brasil a disponibilidade destas autoestradas não acontece, no entanto um dos maiores desafios do governo e seus órgãos de segurança é disponibilizar um ambiente seguro aos condutores.

Cada vez mais a potência envolvendo novos lançamentos é maior, por isso o sistema antibloqueio se mostra de extrema importância, inclusive os

últimos lançamentos envolvendo motocicletas também contam com este equipamento.

## 1.1 Impactos

Como o responsável pela condução do veículo é aquele que o conduz, muitos acidentes poderiam ser evitados, porém essa não é a realidade das rodovias brasileiras o número de acidentes tem se tornado cada ano um grande problema para toda administração pública.

Além de todas as vidas que são perdidas nestes acidentes o custo total destes acidentes é algo que também poderia ser evitado, segundo relatório disponibilizado pelo projeto IPEA disponibilizado pelo DENATRAN (2006) o custo total estimado dos acidentes nas rodovias brasileiras foi de 6,5 bilhões de reais.

Segundo o mesmo relatório do DETRAN (2006) o custo de um acidente sem vítimas possui um custo médio de 16.840,00 conforme demonstrado na tabela1 abaixo, podemos visualizar também que um acidente com vítimas e com fatalidade esse valor é aumentado consideravelmente.

*Tabela1. Custo dos acidentes por gravidade Fonte: DENATRAN (2006)*

Nível de Gravidade do Acidente	Número de Casos	Custo Total (R\$ de dez/05)	%	Custo Médio (R\$ de dez/05)
Sem vítima	68.423	1.152.269.508	17,7	16.840
Com vítima	36.966	3.180.258.879	48,8	86.032
Com fatalidade	5.210	2.179.556.664	33,5	418.341
<b>Todos</b>	<b>110.599</b>	<b>6.512.085.051</b>	<b>100,0</b>	<b>58.880</b>

Podemos perceber que o tema segurança veicular sem dúvida precisa ser abordado incisivamente pelas autoridades, como citado anteriormente na Europa a consciência das autoridades locais está além para estes temas, porém no Brasil muitos avanços já podemos perceber referentes a isso.

Muitas campanhas publicitárias em mídia são disponibilizadas com o intuito de conscientizar os motoristas, como citado anteriormente o campo da tecnologia tem se mostrado um grande aliado no combate aos acidentes, e esse canal de atuação na prevenção de acidentes foi utilizado pelo CONTRAN através da resolução 312 de 2006, e posteriormente ratificado pelas resoluções 380 e 395.

Segundo a resolução 312 do CONTRAN por considerar o sistema antibloqueio ABS se tratar de um sistema auxiliar ao sistema de freio convencional, que proporciona ao condutor o controle do veículo durante o processo de frenagem principalmente em pista escorregadia, estabelece como obrigatório a veículos nacionais e importados comercializados em território nacional o uso do sistema ABS, tema este abordado na presente monografia tem como objetivo reduzir o índice destes acidentes provocados em sua maioria por excesso de velocidade.

Segundo a o CONTRAN este sistema deve ser disponibilizado em 100% dos veículos até o fim de 2013.

A tecnologia de freio ABS desenvolvida pela BOSCH tem como objetivo sim disponibilizar ao condutor segurança durante a condução de um veículo, porém como já mencionado anteriormente a responsabilidade sobre o veículo é daquele que o conduz, cabe ao condutor usufruir deste sistema de maneira que o mesmo seja eficiente no momento de necessidade real, pois se o sistema for utilizado como um incentivo a mais ao excesso de velocidade este por sua vez perde a função de proporcionar segurança ao condutor e seus passageiros.

O objetivo deste trabalho é apresentar o funcionamento de um veículo equipado com sistema ABS, a maneira em que se exerce seu sensoriamento e as utilizações praticas no campo da engenharia automotiva.

Desenvolver um comparativo entre o sistema convencional de freio e o sistema de freio equipado com sistema ABS, demonstrando a eficiência deste sistema em relação ao convencional.

E por fim conscientizar a comunidade que o sistema ABS age com eficiência na prevenção de acidentes provocados por travamento de rodas.

## 2. Revisão Bibliográfica

### 2.1 História do automóvel

A palavra automóvel expressa por si só o conceito de uma das maiores invenções do homem, no entanto a palavra automóvel nasceu do grego auto por definição e mobilis de mobilidade.

A indústria automotiva hoje indispensável para a sobrevivência do ser humano não demonstra uma data determinada historicamente para sua idealização, na verdade conforme citado por Capelli (2010) o mesmo surgiu por meio de uma série de adaptações tecnológicas, os primeiros indícios do automóvel se deram a partir de 1769 quando Nicolas Cugnot desenvolveu um automóvel a vapor. Este veículo foi desenvolvido no Reino Unido, região também onde se deram as primeiras restrições de trânsito, nesta época se iniciaram-se as primeiras frentes reguladoras no quesito de Leis de trânsito e afins, hoje possuímos uma determinada gama de órgãos responsáveis pelo desenvolvimento destas leis, como exemplo no Brasil o CONTRAN órgão este que será citado neste trabalho .

Os primeiros automóveis possuíam um sistema de combustão realizada fora do motor denominados veículos de combustão externa (*figura 1*). Também citado por Capelli (2010) os primeiros registros de veículos de combustão interna se deram em 1860 desenvolvido pelo belga Etienne Lenoir propulsionado por gás de carvão, percorrendo cerca de 11,2km em três horas.

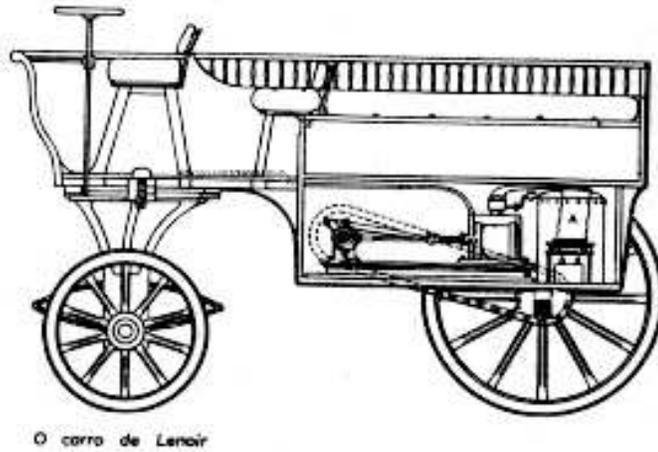


Figura.1. Carro de Lenoir Fonte: [http://www.lambertucci.com.br/images/carro\\_lenoir.JPG](http://www.lambertucci.com.br/images/carro_lenoir.JPG)

Porém a grande inovação tecnológica e utilizada até os dias atuais foi desenvolvida pelo Alemão Nicolaus Otto em 1876, o mesmo desenvolveu o automóvel com motor quatro tempos conforme patente apresentada (figura 2), Karl Benz desenvolveu o primeiro motor a gasolina em patenteado em vinte e nove de janeiro de 1886, porém como o processo de combustão é o mesmo desenvolvido por Otto, o Engenheiro alemão ficou com as glórias da inovação e o ciclo de quatro tempos que recebeu o nome do inventor Ciclo Otto.

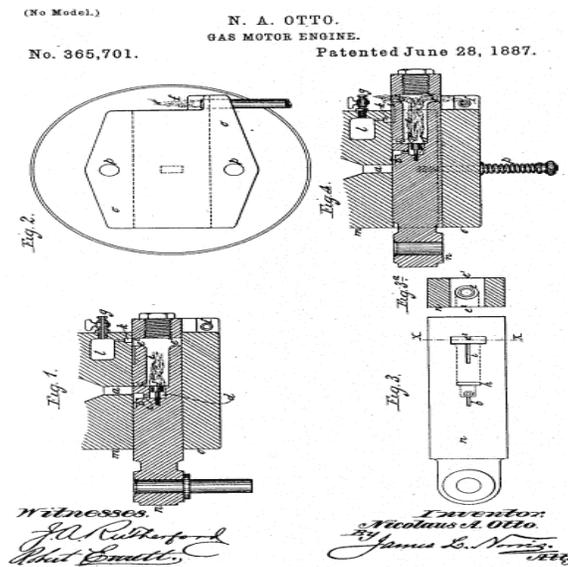


Figura2- Patente de Otto, fonte: Capelli 2002

Após anos de inovações tecnológicas os carros, invenções que mudaram o rumo dos automóveis se deram entre as décadas de 60 á 80, onde

surtem os registros da injeção a gasolina primeiramente nos carros de formula 1 e posteriormente nos próximos anos aos carros de passeio.

## **2.2 Evoluções do desenvolvimento na Engenharia da mobilidade.**

Durante os anos o entusiasmo e as constantes descobertas envolvendo a engenharia automotiva transformaram os transportes que conhecíamos e o que utilizamos nos dias atuais.

Conforme Pietro (2002) um projeto automotivo é um processo de estabelecer uma ideia através das necessidades humanas ou de um devido publico alvo, a questão do publico alvo atualmente muito se deve aos inúmeros projetos que são desenvolvidos ao redor do mundo para atender respectivamente cada região e seus habitantes. Mais a frente será abordado um tema abordado as restrições do mercado brasileiro devido as leis do CONTRAN.

Atualmente segundo Pietro (2002) pode-se definir desenvolvimento de projeto dividido através de algumas fases, são elas:

- 1-Estabelecimento das especificações requeridas para o produto;
- 2- Desenhos dos sistemas e formação de estrutura do produto;
- 3-Estabelecimento da organização operacional;
- 4- Síntese de projeto;

A maior revolução no desenvolvimento de automóveis aconteceu por volta dos anos 1954 à 1958, era grande a liberdade que possuíam os estilistas da época e os mesmos se inspiravam nos acontecimentos e nas inovações de visual e moda da época. Por esse motivo nesta época se percebe o grande numero de carros desenvolvidos com design baseados na industria de aviões.[1]

Nesta época o apelo dos designers americanos para o desenvolvimento não acompanhavam pesquisa de mercado, mas sim uma

visão patriótica devido a disputa americana com a união soviética no campo da engenharia de aviões e espacial.

Atualmente os Designers acompanham tendências de mercado necessidades de seus clientes etc... porém poucas tendências do mercado em geral são traduzidas a indústria automotiva, a necessidade de velocidade no desenvolvimento atual gira em torno desta premissa um exemplo disso é o nível de eletrônica embarcada encontrada nos veículos atuais.

Os veículos atuais possuem uma grande quantidade de itens eletrônicos propostas estas para satisfazer os consumidores que buscam incessantemente estes recursos em nossos veículos atuais. Alguns destes itens são demonstrados através das *figuras 3 e 4*.



Figura. 3. Interior Ford B-max Fonte:

<http://autorealidade.blogspot.com.br/2011/02/ford-apresentara-em-genebra-o-conceito.html>



Figura 4. Console Cadillac 2012 fonte:

<http://www.diariodocarro.com.br/automotor/site/?cat=22>

Segundo Pietro (2002) a velocidade do desenvolvimento dos produtos é responsável pelo sucesso e pela satisfação das montadoras quanto aos seus clientes.

Os métodos responsáveis por este desenvolvimento a nível acelerado para atender a demanda de mercado, passam pela utilização de protótipos eletrônicos desenvolvidos em softwares de auto eficiência.

Esses desenvolvimentos dentro das plataformas atuais de softwares , beneficiam a engenharia muito mais do que externamente mas o design mais importante se observa o interior do veículo.

A este modelo eletrônico utilizado no desenvolvimento Pietro (2002 ) menciona o nome de “ *digital Mock-up* “ (DMU) estes mockups digitais nada mais são do que modelos eletrônicos que carregam o desenho completo de veículo, porém em uma demonstração 3D, isto possibilita a visualização minuciosa de cada extremidade interna de um veículo.

Este tipo de arquivo possibilita também a realização de protótipos mais refinados fisicamente, visto que toda alteração antes de partir para o modelo físico do veículo pode ser minuciosamente administrada e redesenhada no ambiente virtual.

E este nível de entendimento da engenharia automotiva tem proporcionado um nível de projeto rápido e seguro, por isso as plataformas de veículos distribuídas pelas automotivas são cada vez mais rápidas e a cada vez mais carregadas de tecnologia. [1]

Segundo Pietro (2002) A concepção, aprovação de um veículo poderia levar cerca de dez anos, porém nos dias atuais com as ferramentas utilizadas no desenvolvimento, este tempo pode ser reduzido em até três anos dependendo da complexidade embarcada neste veículo.

Esta velocidade no desenvolvimento propicia as montadoras a lançarem uma quantidade elevada de modelos de veículos, atendendo cada vez mais as expectativas dos clientes e cada vez mais atualizado com o mercado.

## **2.3 A evolução dos freios.**

Conforme citado por Diulgheroglo ( 2012 ) “tudo que se move tem que parar “ frase esta que se remete a uma das leis primordiais da física, a Lei da inércia foi responsável por um dos maiores dilemas do desenvolvimento do transporte em si.

Segundo manual Bosch (2005) equipamento de freio é o conjunto de todos os sistemas que compõe o freio de um veículo e cuja finalidade é reduzir ou manter sua velocidade, levá-lo a imobilidade ou mantê-lo imóvel.

O dilema da frenagem é oriundo da invenção da roda, que segundo Diulgheroglo (2012) após anos de pesquisas arqueológicas ainda não totalmente confirmadas, a roda foi inventada por volta do ano de 3.000 AC e ligam sua invenção a civilização Suméria, a roda também pode ser encontrada na Mesopotâmia, ligada aos Assírios aos Egípcios, Hicsos e Romanos.



Figura. 5. Roda na Suméria, Fonte: (Diulgheroglo 2012)



Figura. 6. Roda na Mesopotâmia, Fonte: (Diulgheroglo 2012)

### **2.3.1 Primeiros dispositivos de frenagem.**

Com a invenção da roda muitas portas se abriram para uma infinidade de invenções, porém como mencionado no item 1.4 *A evolução dos freios* a sociedade se viu a frente de um novo dilema, como parar o movimento após o mesmo ter sido iniciado.

Como descrito por Diulgheroglo (2012) após inúmeras tentativas não satisfatórias iniciaram-se o desenvolvimento dos primeiros dispositivos de freio, a princípio muito rústicos apenas com a finalidade de auxiliar o homem nos processos de interrupção de movimento.

Segundo Diulgheroglo (2012) os primeiros freios foram constituídos por dispositivos mecânicos simples; uma alavanca com pivotagem e uma sapata de madeira na outra extremidade em contato com a roda proporcionando assim o processo de frenagem. O Sistema de freios desse dispositivo era feito manualmente através de uma alavanca presa a um suporte.

Após alguns anos virem os primeiros freios traseiros conhecidos como freios de cinta (*figura7*) fixados ao eixo traseiro do veículo, e em volta dele uma cinta, conforme Diulgheroglo (2012) no início sob essas cintas eram inseridos um determinado material suscetíveis ao atrito a princípio este material era o couro.

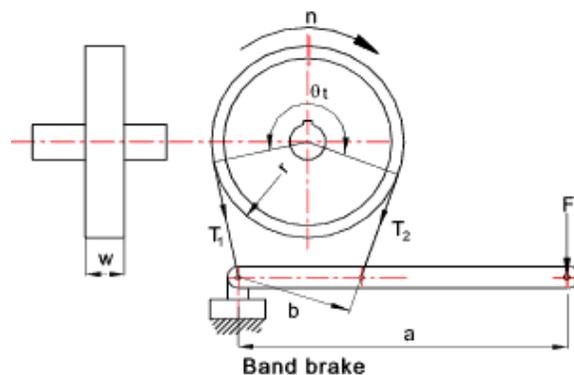


Figura. 7. Freio de cinta , Fonte: (Diulgheroglo 2012)

Como mencionado por Diulgheroglo (2012) o material composto de couro demonstrava uma degradação térmica devido ao atrito provocado pelas rodas com a sapata. Posteriormente então iniciaram as utilizações de Crina, cabelo ou tecido de algodão umedecido em betumem para agregar fibras permitindo uma melhor conformação dimensional.

Um dos primeiros veículos desenvolvidos que utilizaram esse tipo de freio de mão conhecido como band brake foi o Benz velo de 1885 demonstrado na figura8.



Figura. 8. Benz Velo 1885 1º veículo com freio de mão Fonte:(Diulgheroglo 2012)

### **2.3.2 A evolução da Engenharia no desenvolvimento de freios.**

A evolução do transporte exigiu um grande desafio dos engenheiros, segundo Diulgheroglo (2012) a evolução dos motores proporcionou com eles um incremento na velocidade do veículo, desta maneira os freios também precisaram evoluir, pois os atuais já não eram mais satisfatórios a nova realidade para qual estavam caminhando.

A evolução dos freios seguia a evolução dos veículos onde eram utilizados, sendo assim conforme Diulgheroglo (2012) o moderno conceito de freio a tambor foi inventado em 1902 pelo francês Louis Renault a partir de um sistema montado por ele próprio em um veículo Mayback 1901 o Renault Voiturette ilustrado na figura9.



*Figura. 9. Renault Voiturette , Fonte: (Diulgheroglo 2012)*

A introdução dos freios a tambor nos veículos demonstrou uma melhoria nos sistema de freio, pois por se tratar de um sistema fechado o mesmo se tornou um sistema limpo.

Porém como mencionado por Diulgheroglo (2012 ) este novo sistema fechado para os freios representou um problema relacionado a temperatura provocada no interior do tambor de freio, foi então que em 1930 os freios passaram a ser acionados por pressão de óleo através de pequenos cilindros hidráulicos ou mesmo pistões.

Porém o grande triunfo da Engenharia aconteceu no inicio de 1900 quando em 1902 como mencionado por Diulgheroglo (2012 ) o inventor inglês Frederick Lanchester inventou o freio a disco.

O freio a disco desenvolvido por Frederick Lanchester foi introduzido em seu veiculo em meados de 1910 (*figura10*), este dispositivo ganhou fama graças a vitória da equipe Jaguar sobre seus concorrentes nas 24 horas de Le Mans em 1955.

Como mencionado por Diulgheroglo (2012) foi então que a partir da década de 60 que os freios a disco foi introduzidos nos veículos de série, e conforme ilustrado na *figura11* os freios a disco foram recebendo melhorias e seu desenvolvimento foi sendo ajustado até chegarmos ao freio a disco que conhecemos hoje.



Figura.10. O Veiculo de Lanchester modelo 1910 , Fonte: (Diulgheroglo 2012)

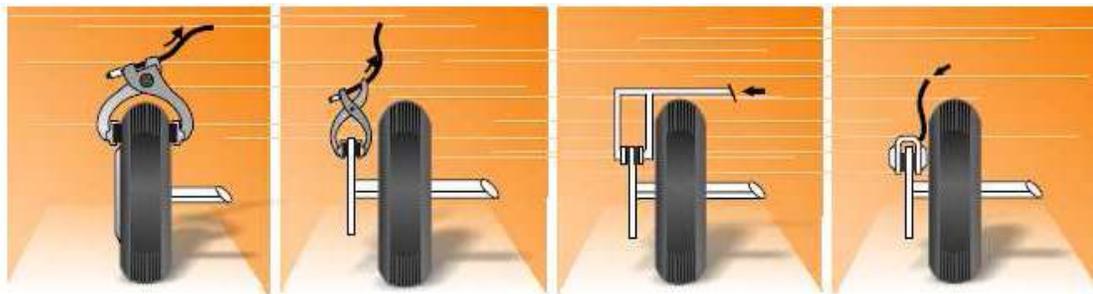


Figura. 11, Evolução do freio a disco , Fonte:(Diulgheroglo 2012)

### 2.3.3 O desenvolvimento do sistema ABS.

Conforme Gioria (2008) a história do ABS teve seu início em 1908 com a criação do dispositivo batizado de slip-prevention regulator de autoria de J.E.Francis, este dispositivo foi desenvolvido para utilização em veículos ferroviários. Então em 1928 o alemão Kerl Wessel concebeu um

dispositivo batizado de brake Power regulator, segundo Gioria (2008) outros dois dispositivos foram concebidos nos anos posteriores o safety device for hydraulic brakes de Werner Möhl e o braking-blocking preventer de Richard Trappe, porém nenhum deles obtiveram sucesso na implantação.

Porém a grande evolução aconteceu em 1929 segundo Gioria (2008) Gabriel Voisin o francês pioneiro em automobilística e aviação, utilizava um dispositivo de sistema hidráulico para impedir o travamento das rodas do trem de pouso do avião impedindo o mesmo a derrapar durante o pouso.

Foi então que segundo Gioria (2008) em 1936 a Bosch patenteou seu primeiro sistema que visava impedir o travamento das rodas quando os freios por sua vez são aplicados, a intenção do invento era impedir o travamento das rodas, diminuir a distância de frenagem do veículo, impedir o escorregamento descontrolado e a perda da dirigibilidade do veículo pelo motorista.

A grande impulsionadora do sistema ABS aconteceu em 1952 com o auxílio da segunda guerra mundial, como aplicação deste sistema estava no campo da Aeronáutica o sistema Dunlop-Maxaret foi concebido para aplicação de aviões este sistema antibloqueio de rodas era inteiramente mecânico.

O primeiro carro de produção a receber o sistema Dunlop-Maxaret foi o Jeep FF em 1966. Somente com a introdução de semicondutores em 1964 segundo Gioria (2008) foi possível introduzir o controle dos sistemas ABS eletronicamente, ano em que Heinz Lieber desenvolveu o primeiro ABS para automóveis para a Daimler Benz.

Em 1970 segundo Gioria (2008) com a colaboração da Daimler-Benz a Teldix apresentou o primeiro sistema batizado de ABS1, porém sua confiabilidade eletrônica deixava a desejar, pois a mesma era constituída de um grande número de componentes e assim apresentando uma grande quantidade de potenciais de erro.

Foi quando em 1978 conforme BOSCH (2005) surgiu o ABS2, isso só foi possível com a utilização de circuitos integrados digitais ao invés de componentes analógicos.

Conforme Gioria (2008) a introdução da microeletrônica, permitiu ao sistema ABS uma redução no número de componentes para apenas 140, com isso a Bosch conseguiu um sistema confiável para a aplicação em automóveis, os primeiros veículos que receberam o ABS2 foram o BMW série 700 (*figura 12*) e no Mercedes classe S (*figura 13*).



*Figura.12. Veículo BMW 700 , Fonte: (Diulgheroglo 2012)*



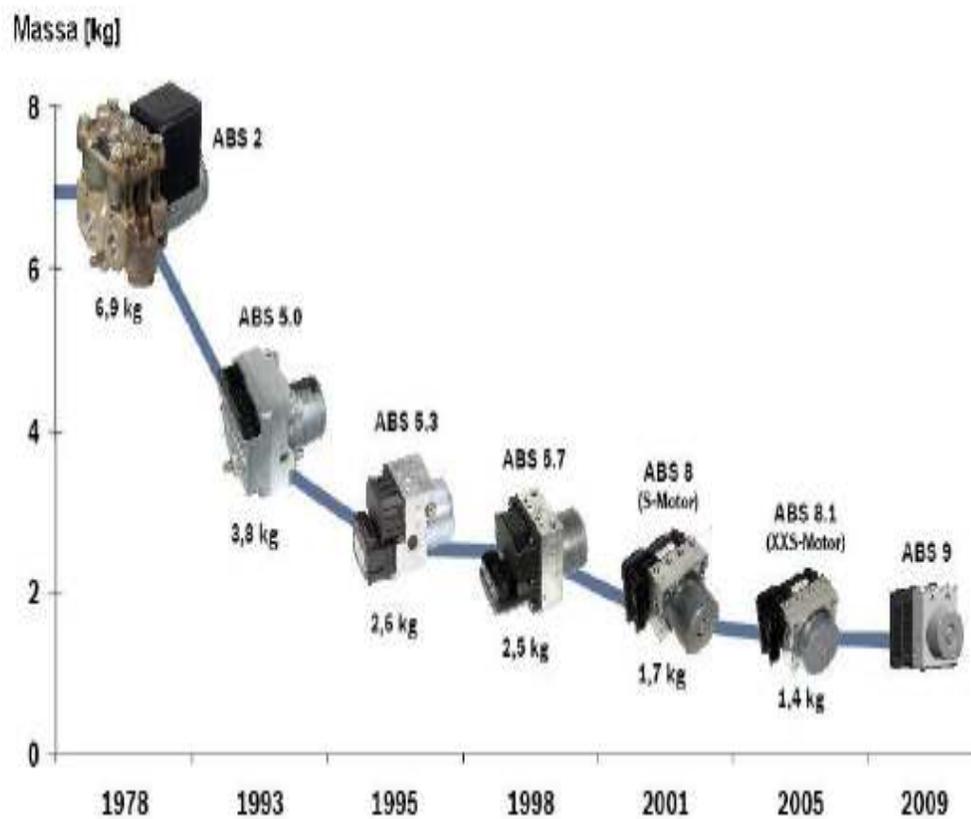
*Figura.13. Mercedes Classe S , Fonte: (Diulgheroglo 2012)*

Após a introdução da microeletrônica em 1983 a Bosch chegou ao ABS 2S com a massa reduzida para 4,3 kg, segundo Gioria (2008) a integração dos componentes na unidade de controle eletrônica reduziu o número de componentes pela metade esta versão possuía apenas 70 componentes.

Segundo Gioria (2008) em 1989 a Bosch apresentou o ABS 2E com uma memória programável de 8kbyte. Mais tarde em 1993 no salão de Frankfurt a Bosch apresentou o novo ABS versão 5.0 este que possuía uma memória de 16Kbyte. Em 1998 surgiu o ABS 5.7 com uma redução de massa

para 2.5kg a capacidade de memória aumentando para 48Kbyte. E em 2001 a Bosch introduziu o ABS 8 com capacidade de 128 Kbyte e a massa reduzida para 1,7Kg.

Atualmente o sistema Bosch de ABS está na versão 9, conforme demonstrado na *figura14* a evolução do sistema ABS desde sua primeira versão.



*Figura.14. Evolução do dispositivo ABS , Fonte: (Diulgheroglo 2012)*

## 2.4 Norma CONTRAN 312.

O CONTRAN é o órgão responsável por regulamentações que visam instituir no sistema de trânsito brasileiro limitações para o desenvolvimento de novos veículos. CONTRAN significa conselho nacional de trânsito. Este órgão foi criado em, de 23 de setembro de 1997 pelo artigo 12 da Lei nº 9.503.

A resolução 312 do CONTRAN instituída em três de abril de dois mil e nove restringe o desenvolvimento de veículos sem o sistema antitravamento de rodas. Segundo a norma do CONTRAN 312 esta restrição foi dividida em fases de implementação dividindo os veículos por classes de categoria, segundo art.1 que estabelece como obrigatório a utilização do sistema antitravamento de roda ABS, para veículos novos produzidos, saídos de fábrica , estes veículos originários de novos projetos foram divididos nas categorias M1, M2, M3 , N1, N2, N3 e 0, nacionais e importados. Abaixo na *tabela1* a divisão das categorias.

*Tabela2. Divisão de categorias de veículos Fonte: CONTRAN 2011*

Categoria	M	Veículo automotor que contém pelo menos quatro rodas, projetado e construído para o transporte de passageiros.
	M1	Veículos projetados e construídos para o transporte de passageiros, que não tenham mais que oito assentos, além do assento do motorista.
	M2	Veículos projetados e construídos para o transporte de passageiros que tenham mais que oito assentos, além do assento do motorista, e que contenham uma massa não superior a 5t.
	M3	Veículos projetados e construídos para o transporte de passageiros, que não tenham mais que oito assentos, além do assento do motorista, e tenham uma massa máxima superior a 5t.
	N	Veículo automotor que contém pelo menos quatro rodas, projetado e construído para o transporte de cargas.
	N1	Veículos projetados e construídos para o transporte de cargas e que contenham uma massa máxima não superior a 3,5 t.
	N2	Veículos projetados e construídos para o transporte de cargas e que contenham uma massa máxima superior a 3,5 t e não superior a 12 t.
	N3	Veículos projetados e construídos para o transporte de cargas e que contenham uma massa máxima superior a 12 t.
	0	Reboques (Incluindo semirreboques).

Conforme resolução do CONTRAN (2009) o sistema ABS deverá ser introduzido a novos projetos, após considerar alguns fatores e chegar ao consenso de que o sistema antitravamento de rodas influencia na segurança do condutor. Os pontos avaliados foram:

Considerando a necessidade de aperfeiçoar e atualizar os requisitos de segurança para os veículos automotores nacionais e importados. [6]

Considerando a necessidade de garantir a segurança dos condutores e passageiros dos veículos. [6]

Considerando que o sistema antitravamento das rodas – ABS, melhora a estabilidade e a dirigibilidade do veículo durante o processo de frenagem [6]; e.

Considerando também que se trata de um sistema adicional ao sistema de freio existente, que permite o condutor manter o controle do veículo durante o processo de frenagem principalmente em pista escorregadia com possibilidade de evitar acidentes causados pelo travamento das rodas.[6]

Resolve segundo o artigo 1 descrito acima que define as categorias de veículos, implementar o sistema ABS nos veículos automotores nacionais e importados.

Esta implementação deverá ocorrer conforme descrito no artigo 3 desta resolução seguindo um cronograma de implantação;

1- Veículos das categorias M1 e N1:

*Tabela3. Cronograma de implantação do sistema nos veículos leves Fonte: CONTRAN 2011*

<b>Data de implantação</b>	<b>Percentual de Produção</b>
01 de Janeiro de 2010	8%
01 de Janeiro de 2011	15%
01 de Janeiro de 2012	30%
01 de Janeiro de 2013	60%
01 de Janeiro de 2014	100%

2- Veículos das categorias M2, M3, N2, N3 e 0.

*Tabela4. Cronograma de implantação do sistema nos veículos pesados. Fonte: CONTRAN 2011*

<b>Data de implantação</b>	<b>Percentual de Produção</b>
01 de Janeiro de 2013	40%
01 de Janeiro de 2014	100%

Segundo parágrafo único da resolução 312 do CONTRAN (2009) a partir de 1 de Janeiro de 2014 todos os veículos nacionais e importados, saídos de fábrica somente só serão registrados e licenciados se dispuserem de sistema antitravamento de rodas – ABS.

#### **2.4.1 Norma CONTRAN resolução 380.**

Após a disponibilização da resolução 312 do CONTRAN (2011), foi preciso realizar algumas alterações para que a resolução entrasse em vigor da melhor maneira possível, e atende-se as expectativas criadas ao ser concebida.

Porém como ao divulgar-se a resolução 312, o conteúdo nela imposto só pode ser alterado com a criação de outra resolução que ratifica-se a anterior, sendo assim foi emitida a resolução 380 que é a que está vigente atualmente. A resolução 380 também sofreu uma ratificação composta pela resolução 395, porém o conteúdo alterado não representa um conteúdo extenso.

As alterações impostas na resolução 380 se tratam de, a inclusão de uma nova categoria anteriormente não prevista na resolução 312, segue abaixo conforme disponibilizado na resolução 380.

Segundo CONTRAN (2011) assim é determinado Artigo 1º Os veículos N1 da espécie carga e especial do tipo caminhonete, com peso bruto total – PBT até 3.500kg, que compartilhem plataforma e cabine com veículos N2 das espécies carga e especial do tipo caminhão, devem atender o seguinte cronograma:

*Tabela5. Cronograma de implantação veículos classe N1, Fonte: CONTRAN 2011*

<i>DATA DE IMPLANTAÇÃO</i>	<i>PERCENTUAL DA PRODUÇÃO</i>
<i>01 de janeiro de 2013</i>	<i>100%</i>

Também foi alterado na resolução 380, o artigo 5 o novo conteúdo do artigo 5 conforme CONTRAN (2011) diz que, fica a critério do órgão máximo executivo de trânsito da união admitir, para efeito de comprovação do atendimento das exigências desta resolução, o resultado de testes e ensaios obtidos por procedimentos similares de mesma eficácia, realizados no exterior.

E por fim o artigo 7 que depois foi ratificado na resolução 395 determina que a resolução 380 sobrepõe a 312 sendo assim determinada esta a resolução a ser seguida para implantação do sistema ABS em território nacional.

## **3. Métodos.**

### **3.1 Sistemas de segurança Ativo e Passivo.**

Um sistema de segurança passivo é o sistema composto por um conjunto de mecanismos que visa minimizar os resultados provocados por um determinado acidente. Um exemplo clássico deste tipo de sistema é o “AIR BAG” dispositivo acionado por sensores que tem como objetivo reduzir o impacto do condutor do veículo contra o automóvel.

No entanto o inverso a este tipo de sistema existe os sistemas de segurança Ativo, este por sua vez é o sistema que visa minimizar as possibilidades de acontecer um acidente.

O conjunto de componentes e possibilidades que são colocados a disposição do condutor de um veículo com a finalidade de evitar um determinado acidente é denominado sistema de segurança ativa. Pois auxilia e interfere diretamente num determinado resultado final ou ação que se destina o veículo.

Um exemplo de sistema de segurança ativa é o tema abordado neste trabalho o Sistema ABS. Atualmente se dispensa um grande esforço por parte da Engenharia da mobilidade no desenvolvimento de sistemas com a finalidade de funcionamento para a segurança ativa.

Outros dois exemplos deste tipo de dispositivo são demonstrados na figura15 o TCS, dispositivo desenvolvido pela BOSCH com intuito de proporcionar a aceleração com o mínimo ou nulo de derrapagem do veículo, e o ESP sistema que trabalha no intuito de evitar a derrapagem do veículo.



Figura.15. Sistemas de segurança ATIVA , Fonte:

[http://www.bosch-esperience.com.br/br/language1/from\\_abs\\_to\\_esp.html](http://www.bosch-esperience.com.br/br/language1/from_abs_to_esp.html)

### 3.2 Sensoriamento e funcionamento do sistema ABS.

O sistema de freios ABS conforme mencionado anteriormente no item 3.1 *Sistemas de segurança ativo e passivo* foi desenvolvido para auxiliar na segurança de um determinado veículo agindo com o intuito de limitar as chances de acontecerem um acidente.

Por isso o sistema deve corresponder de imediato logo que solicitado pelo condutor, impedindo assim o travamento das pastilhas de freio e não ocorrendo a derrapagem do mesmo.

Para que esse sistema funcione perfeitamente alguns itens são imprescindíveis no conjunto composto pelo sistema ABS, e um deles sequer nem é percebido pela grande maioria dos usuários que possuem um veículo com este dispositivo.

Tratam-se dos responsáveis pelo envio das informações captadas em cada roda individualmente e enviadas ao módulo de controle do ABS, para que este por sua vez determine como e quando o sistema deve entrar em funcionamento.

Para que estas informações sejam totalmente seguras elas são enviadas ao módulo do ABS pelo que chamamos de linha CAN.

Por isso antes de explanarmos a aplicação do sensoriamento e como o mesmo é feito será realizado uma breve abordagem neste tipo de cabo e suas aplicações.

### **3.2.1 Módulos de comunicação CAN.**

O Protocolo de transferência de dados denominado CAN ( *Controller Area Network* ) é o protocolo de comunicação serial síncrono com eficiência de suporte e distribuição de dados em tempo real com um alto nível de segurança e confiabilidade no dados transportados.

Esse sistema funciona em um sistema chamado multi-mestre, isto é todos os módulos podem se tornar mestre ou escravo em um determinado momento.

Todos os módulos verificam o estado do sistema, analisando se outro módulo está ou não enviando mensagens com maior prioridade. Caso isto seja percebido, o módulo cuja mensagem tiver menor prioridade cessará sua transmissão e o de maior prioridade continuará enviando sua mensagem deste ponto, sem ter que reiniciá-la. Isso se deve ao fato deste protocolo ser fundamento no conceito CSMA/CD with NDA (Carrier sense multiple Acces/ Colision detection with Non-Destructive Arbitration).

### 3.2.1.2 Transferência de dados da comunicação CAN.

A transferência de dados de um protocolo CAN é feita através de cabos. As redes com 2 e 4 fios trabalham com os sinais de dados CAN\_H (CAN *High*) e CAN\_L (CAN *Low*).

Considerando o CAN fundamentado em 2 e 4 fios, seus condutores elétricos devem ser trançados e não blindados.

Os dados enviados através da rede devem ser interpretados pela análise da diferença de potencial entre os fios CAN\_H e CAN\_L. Por isso, o barramento CAN é classificado como Par Trançado Diferencial.

Este conceito atenua fortemente os efeitos causados por interferências eletromagnéticas, uma vez que qualquer ação sobre um dos fios será sentida também pelo outro, causando flutuação em ambos os sinais para o mesmo sentido e com a mesma intensidade.

Como o que vale para os módulos que recebem as mensagens é a diferença de potencial entre os condutores CAN\_H e CAN\_L permanecerá a comunicação não é prejudicada.

OS dados CAN são representados por bits em nível "0" ou nível "1", estes representados por bits dominantes ou recessivos criados a partir da condição presente nos fios CAN\_H e CAN\_L conforme demonstrado na figura 16 ilustrando os níveis de tensão em uma rede CAN assim como os bits dominantes e recessivos.

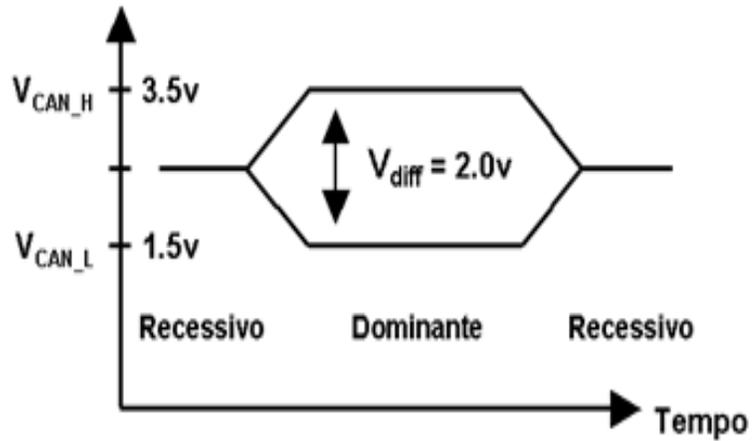


Figura16. Níveis de tensão na rede CAN. Fonte: Bosch (1991)

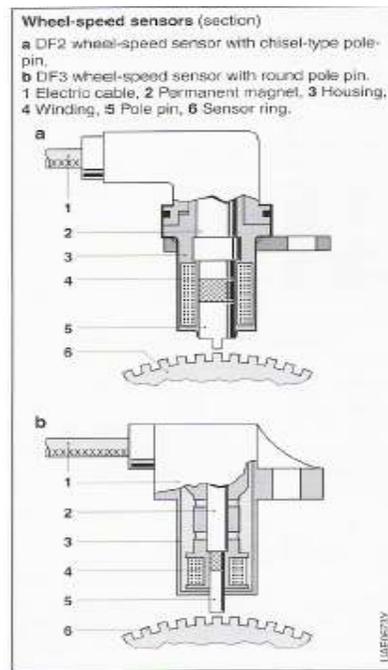
### 3.2.2 A atuação dos sensores.

Para o funcionamento do sistema ABS é imprescindível a existência dos sensores (figura17), esses por sua vez são sensores de interferência eletromagnética de efeito hall ou de relutância magnética variável

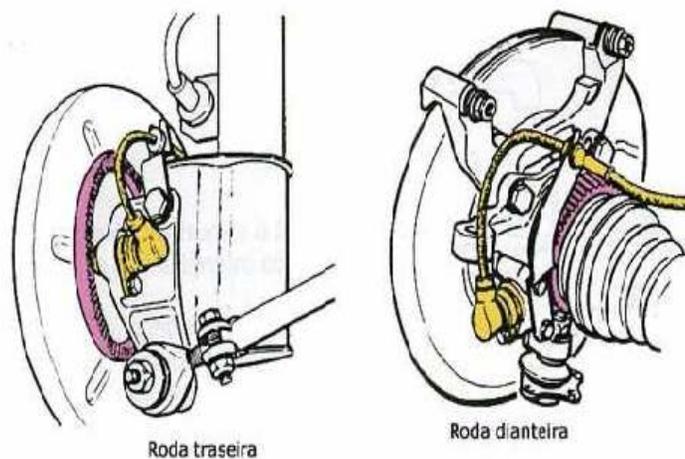


Figura. 17. Sensores de velocidade, Fonte: (Bosch 1999)

Os sensores de velocidade são instalados individualmente as rodas dos veículos (*figura 18*), esses sensores são excitados por uma roda dentada que é fixada ao cubo da roda (*figura 19*), no entanto alguns sensores também podem ser encontrados no diferencial do veículo.



*Figura. 18. Sensores de velocidade e captação de sinais, Fonte: (Bosch 1999)*



*Figura. 19. Sensores traseiro e dianteiro, Fonte (Diulgheroglo 2012)*

Os sinais gerados são enviados a ECU através de linha CAN conforme descrito no item **3.2.1.2 Transferência de dados da comunicação CAN**, e esses sinais por sua vez são a base para o cálculo da velocidade angular do veículo.

A partir destes cálculos realizados pela ECU é que o módulo direciona o sistema ABS para que o mesmo controle todo o sistema de freio que pode ser visualizado como uma visão macro do veículo da figura20.

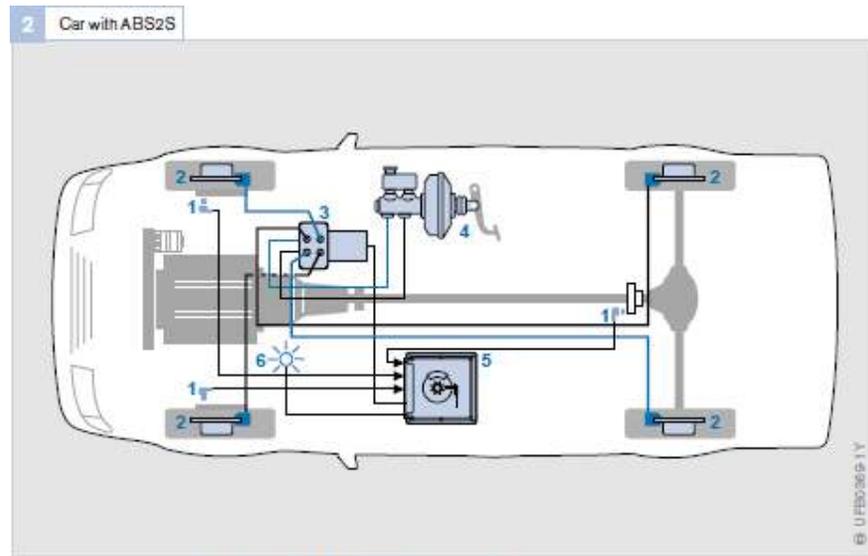


Figura. 20. Veículo com sistema ABS integrado, Fonte (Bosch 2003)

Todas as informações geradas pelos sensores item (1) da figura18 são enviadas a ECU item (5) da figura20 e este sistema eletrônico é quem realiza toda a análise do sinal recebido pelos sensores, e é esta central eletrônico quem determina as ações a serem realizadas pelo conjunto eletrônico existente neste sistema, a ECU determina então como o Modulador hidráulico (item3) irá acionar o sistema de frenagem, impedindo o bloqueio das rodas.

### 3.2.3 Funcionamento do modulador hidráulico e antibloqueio das rodas.

O Modulador hidráulico (Figura21) é a unidade composta pelas válvulas solenoides, pela bomba de retorno que é acionada por um motor elétrico, e pelos seus acumuladores.



Figura. 21. Modulador de pressão hidráulica, Fonte (Bosch 1999)

Este componente é o responsável por acionar os comandos calculados anteriormente pela ECU ele é o responsável pela integração hidráulica entre o cilindro mestre e os cilindros individuais de cada roda.

O funcionamento deste componente é a base do sistema ABS, toda análise matemática feita anteriormente pela ECU é incluída ao módulo hidráulico, este por sua vez exerce seu funcionamento independente da interferência externa ao sistema, isto é , o motorista.

Independente da pressão exercida pelo motorista ao pedal de freio, todo o controle da frenagem nas rodas é denominada pelo módulo hidráulico, este exerce força aos discos de freio a partir do controle do sistema ABS (figura22) evitando o travamento da roda.

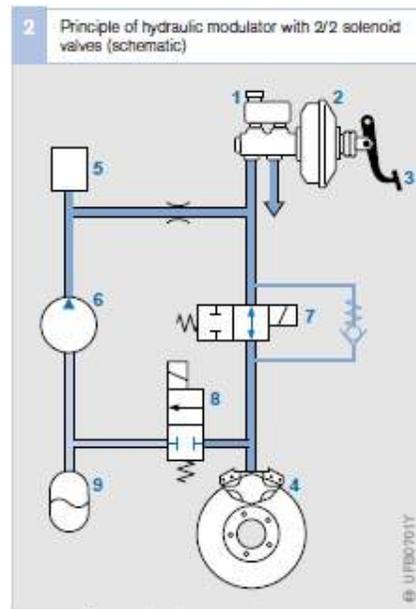


Figura. 22. Princípio de controle do modulador hidráulico, Fonte (Bosch 2003)

Na figura 22 podemos visualizar o funcionamento do modulador hidráulico, como podemos observar o pedal (3) exerce a força ou comando de frenagem a unidade servo-freio (2) que inicia o processo de frenagem em conjunto com o cilindro mestre (1) inserindo pressão ao fluido de freio do sistema. A partir deste momento o modulador começa a receber as informações de cálculo do escorregamento especificadas pelo sistema, então o sistema recebe uma intervenção do software, que determina a instabilidade de uma determinada roda.

Esta intervenção inicia-se com o fechamento da válvula solenoide de entrada, do tipo normalmente aberta (7), neste momento o ABS entra num módulo denominado *manutenção de pressão*, neste momento como citado acima mesmo que o motorista aumente a pressão da força exercida nos freios, o ABS intervirá no aumento de pressão interna no sistema.

Se o bloqueio persistir, o ABS entra num estágio denominado *regulação de pressão* onde o controle do sistema parte a válvula solenoide de saída normalmente fechada (8), que proporciona o enchimento da câmara acumuladora (9) e ao se obter o nível Máximo deste reservatório, se inicia então o processo de recalque do fluido de freio através da bomba de retorno.

Este processo é finalizado com o sucesso na regulação da pressão do sistema, indicando então o funcionamento normal do sistema ABS, retornando o comando do sistema para sua condição normal, cessando o risco do travamento da roda.

Neste momento o ABS se encontra em sua posição de início novamente que é a de acréscimo de pressão e este fica em stand-by no aguardo em uma nova solicitação eletrônica de intervenção no processo de frenagem.

A duração deste ciclo só pode durar cerca de 20 segundos, isso irá depender também da velocidade em que o carro se encontra.

### **3.3 Impactos referentes ao coeficiente de atrito ( $\mu$ ) empregado na frenagem.**

Toda a eletrônica descrita nos itens acima levam em consideração um item muito importante, o coeficiente de atrito entre as rodas e o solo no momento da frenagem.

Todos os cálculos realizados pelo módulo de controle do ABS são diretamente afetados por esse item que para os usuários do veículo sequer é levado em conta. Como definido por Abeid ( 2010 ) no momento da frenagem quando as rodas rolam sem deslizar o atrito entre os pneus e o solo é considerado estático, e quando as rodas estão travadas em relação ao solo o atrito é cinético. Sendo assim pode se concluir que para o funcionamento ideal de um freio o atrito proporcionado pelo mesmo no ato da frenagem deve sempre ser o mais estático possível, impossibilitando assim o travamento das rodas.

Mesmo com todo controle disponibilizado pelos módulos eletrônicos do sistema ABS o coeficiente de atrito provocado no contato entre os pneus e o solo é o responsável pelo ato da frenagem, como representado na *figura 23* o torque contrário ao movimento do veículo proporcionado pela força de atrito é o

responsável pela diminuição da velocidade até que o veículo obtenha uma velocidade igual à zero.

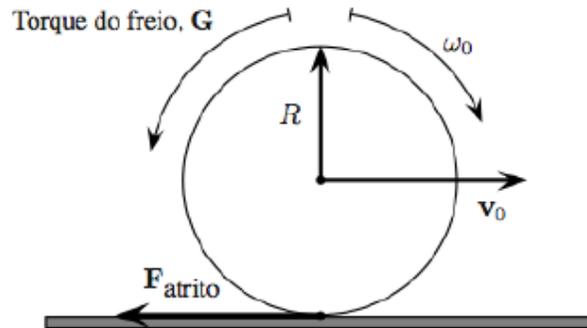


Figura. 23. Força de atrito de frenagem, fonte: (ABEID 2010)

O controle do sistema ABS é a todo o momento realimentado com informações sobre a força necessária para realizar torque contrário à roda que se projeta, como citado anteriormente mesmo que o condutor do veículo exerça força no pedal de freio além do necessário, a roda não irá travar pois quem controla a força de atrito empregada aos discos de freio são os cálculos feitos pelo módulo do sistema ABS, através dos dados enviados pelos sensores das rodas.

Porém para cada situação os controles desses dados devem ser analisados conforme suas condições de escorregamento, se o condutor do veículo aciona o freio em uma pista com pavimento seco, as condições de atrito são determinadas pelo asfalto seco em contato com o pneu, porém se o condutor aciona os freios em uma pista com pavimento molhado em condições de chuva, a força de atrito para que a frenagem seja feita com sucesso é outra.

É possível confirmar a diferença de frenagem em diferentes tipos de solo conforme demonstrado em análise Jr. Toresan [11], para cada situação há um coeficiente de atrito específico. Isso faz com que os cálculos de para o sistema de freio sejam diferentes, em cada situação o sistema precisa modular a força de atrito a ser exercida conforme a necessidade imposta fisicamente pelo coeficiente de atrito de determinada região.

Conforme estudo realizado por Jr.Toresan [11] demonstra que dependendo do tipo de pavimento que o freio é submetido o coeficiente de atrito é diferente (*tabela 6*), em alguns casos como podemos perceber a diferença é grande.

*Tabela 6, Coeficiente de atrito conforme pavimento.Fonte: [14]*

Tipo de pavimento	Coeficiente de Atrito $\mu$	
	Sem ABS	Com ABS
Asfalto Seco	0,75 $\mu$	0,83 $\mu$
Asfalto molhado	0,31 $\mu$	0,44 $\mu$
Pedra Compactada	0,69 $\mu$	0,58 $\mu$
Grama	0,66 $\mu$	0,56 $\mu$

Como se pode analisar a diferença do coeficiente de atrito de um pavimento para outro pode representar muito no calculo de escorregamento realizado pelo módulo ABS.

Os dados referentes ao coeficiente de atrito são de extrema importância para o módulo ABS, pois este possui uma relação direta com taxa de deslizamento entre pneu e solo.

Deve-se ressaltar que os valores apresentados na tabela 5 levam em consideração o solo em condições perfeitas de nivelamento, isto é, sem imperfeições ou buracos, outro fator que deve ser levado em conta é a condição dos pneus, se estiverem gastos ou com imperfeições anatômicas o coeficiente de atrito também terá um comportamento diferenciado.

## 4. Resultados.

### 4.1 Eficiência na atuação do sistema ABS em comparação ao sistema convencional de frenagem.

O impacto da introdução do sistema de freio controlado eletronicamente pode não ser perceptível a condutores leigos em tecnologia, porém ao se colocar a condução de um veículo equipado com ABS, isso pode se tornar totalmente perceptível e muitas vezes isso se mostra eficiente em um momento de necessidade em condições extremas.

O sistema de freio convencional possui um retardamento na eficiência no momento da frenagem do veículo, isso pode representar deltas impressionantes se observarmos a eficiência do sistema ABS, segue abaixo análises possibilitando uma melhor visualização destes resultados;

Tabela6. Distância de frenagem para veículos sem sistema ABS. Fonte: [14]

<b>Velocidade</b>	<b>Condição climática</b>	<b>Aumento de distância de frenagem sem ABS</b>
80km/h	Asfalto seco	A distância aumenta em 19%
80km/h	Asfalto Molhado	A distância aumenta em 21%

Porém deve-se ressaltar que a finalidade do sistema de freios ABS não é reduzir a distância de frenagem anteriormente conhecida por um veículo sem o equipamento, sua função é impedir o travamento das rodas e assim fazer com que o veículo não perca a estabilidade.

Importante se ressaltar também que mesmo equipado com sistema ABS um veículo freando em uma superfície molhada apresenta uma distância de frenagem maior do que em uma superfície seca, isso porque as Leis da física referentes ao atrito provocado pelas rodas ao solo até o momento da anulação total da velocidade ainda deve ser considerada.

## 4.1.2 Impactos no tempo de frenagem do veículo

Segundo manual de tecnologia automotiva BOSCH (2005) 1km/h

corresponde a  $t = \frac{1}{3,6s}$  ;

Sendo assim,

Utilizando a equação (1) aplicado a um veículo com velocidade constante temos o tempo em que esse veículo exerce frenagem até o momento de para parada total onde a velocidade é 0

Lembrando que para estes cálculos não foram considerados condições climáticas e outros fatores, apenas a dinâmica de freio versus tempo.

Calculo do tempo Tf (tempo de frenagem),

$$Tf = Vi \times t \quad (1)$$

Considerando um veículo trafegando em uma rodovia a uma velocidade de 80km/h

Temos,

$$Tf = 80 \times \frac{1}{3,6}$$

$T_f = 22,22$  segundos.

Portanto um veículo a uma velocidade constante de 80kmh leva 22,22 segundos para frear totalmente.

Analisando o tempo obtido podemos ser levados a pensar que este resultado não se influencia muito, pois 22 segundos não representam muito tempo, porém isso não é verdade. Esse tempo é mais do que suficiente para se perder uma vida.

Supondo que se conduz um carro, e há certo instante uma pessoa atravessa a pista, o tempo de reação do condutor deve ser imediato para que seja evitado um acidente, se levarmos em conta um simples gesto de mover o volante para a direita e depois novamente para a esquerda leva 2 segundos 1 para cada movimento concluímos que este é o tempo a se evitar um acidente.

Porém o fato de utilizar 2 segundos para desviar o veículo de seu curso e retorna-lo ao curso anterior pode representar um problema ao invés de solução para o condutor, se este veículo é retirado da rota bruscamente ao retornar o mesmo a rota o comando do motorista é quase que instantâneo de voltar o volante e pisar ao freio para reduzir a velocidade do mesmo, se ao retornar a roda o freio travar a mesma o veículo irá ser conduzido a 2 possíveis condições

1- por sua massa ser induzida a uma direção repentinamente mesmo que o volante esteja ao sentido contrário este veículo pode ser conduzido a um início de giro fazendo com que o motorista perca o domínio sobre o veículo e o mesmo seja conduzido às cegas em qualquer direção.

2- Com o início do giro e a continuidade do travamento das rodas a massa do veículo pode conduzi-lo a condição de suspensão do veículo conhecida como capote, neste caso todo controle do condutor sobre a situação é perdido.

Este é o campo de atuação do sistema ABS evitar que o travamento das rodas ao retornar o veículo a sua rota seja traumático a ponto de influenciar na condução do veículo, considerando a situação as 2 ocasiões apresentadas seriam evitadas se o veículo estiver equipado com sistema ABS, visto que o travamento das rodas não aconteceria e o retorno ao curso seria satisfatório.

Lembrando que se trata de uma simulação de um veículo a 80km/h o fator irresponsabilidade ao volante e alta velocidade não se enquadra no exemplo.

Como demonstrado acima os 22,2 segundos correspondentes ao tempo de frenagem à 80kmh representa grande importância no trânsito, com demonstrado na tabela 8 a mesma base de cálculo foi replicada a uma variação de velocidades e pode se visualizar como condutores estão sujeitos perder o controle de uma máquina em frações de segundos.

O presente trabalho não aborda o fator embriaguez ao volante, condições emocionais de cada condutor e nem mesmo se no momento de conduzir um veículo os motoristas utilizam de um item tão indispensável na atualidade como o celular, se incluíssemos esses fatores externos a pesquisas os números provenientes do impacto provocado pelo homem ao trânsito seriam elevados exponencialmente.

*Tabela8. Tempo de frenagem. Fonte: [14]*

Velocidade ( km/h )	tempo de frenagem (s)
90	25
100	27,8
120	33,3
130	36,1
140	38,9
160	44,4

### **4.1.3 Comparativo de distância de frenagem de veículos com e sem sistema ABS**

Como mencionado no item 4.1 a função do sistema ABS não é diminuir a distância de frenagem de um veículo nem proporcionar ao condutor uma maior segurança para excessos de velocidade, mas sim impedir o travamento das rodas.

No entanto não podemos ignorar o fato de que esse artefato proporciona sim uma frenagem muito mais eficaz reduzindo também a distancia de frenagem de um veículo comparando o com um veículo sem o sistema empregado ao mesmo.

Como também mencionado no item 3.3, isso se deve ao fator de que o módulo do ABS calcula o nível da força de atrito captada pelos sensores empregados em cada roda.

E para cada pavimento o coeficiente de atrito encontrado é diferente, sendo assim os valores finais das distancias apresentadas também são diferentes, como mencionado na tabela 6 em determinados casos como numa pista molhada distancia de frenagem pode ser até 21% menor comparado a um veículo sem o sistema ABS.

É possível visualizarmos estas diferenças em distancia de frenagem utilizando os dados exemplificados na *Tabela 5, Coeficiente de atrito conforme pavimento*, lembrando que os dados informados na *Tabela 5* foram adquiridos através de análise promovida em campo, as distancias informadas servem como base de estudo para a eficiência do sistema. Para cada ocasião de terreno o coeficiente de atrito se comporta de maneira particular ao mesmo.

A distância de frenagem de um veículo pode ser calculada através da equação:

$$d = \frac{1}{\mu} \frac{v_0^2}{2g} \quad (2)$$

Onde;

$v_0^2$  deve ser considerado em  $m^2/s^2$ .

O  $g$  é referente a aceleração da gravidade em  $m/s^2$ .

$\mu$  é o coeficiente de atrito da superfície ao qual o pneu está submetido.

Assim se obtêm o valor da distância em metros.

Para exemplificar a equação (2) foram consideradas as velocidades anteriormente utilizadas na Tabela7. Tempo de frenagem, as distâncias de frenagem encontradas foram representadas na tabela 8 para veículos com ABS e Tabela 9 para veículos sem ABS.

Tabela9. Distância de frenagem de um veículo com sistema ABS. Fonte:[14]

Velocidade ( km/h )	Coeficiente de atrito( $\mu=0,83$ )	Coeficiente de atrito( $\mu=0,44$ )
	Asfalto seco (d=m)	Asfalto Molhado (d=m)
90	38	72
100	47	89
120	68	129
130	80	151
140	93	175
160	121	229

Tabela10. Distância de frenagem de um veículo sem sistema ABS. Fonte[14]

Velocidade ( km/h )	Coeficiente de atrito( $\mu=0,75$ )	Coeficiente de atrito( $\mu=0,31$ )
	Asfalto seco (d=m)	Asfalto Molhado (d=m)
90	43	103
100	52	127
120	76	183
130	89	214
140	103	249
160	134	325

Conforme demonstrado nas tabelas 8 e 9 a diferença de frenagem também é considerável, esta diferença pode ser melhor observada nos gráficos 1 e 2 abaixo comparando a distância de frenagem de um veículo com ABS e um veículo sem ABS.

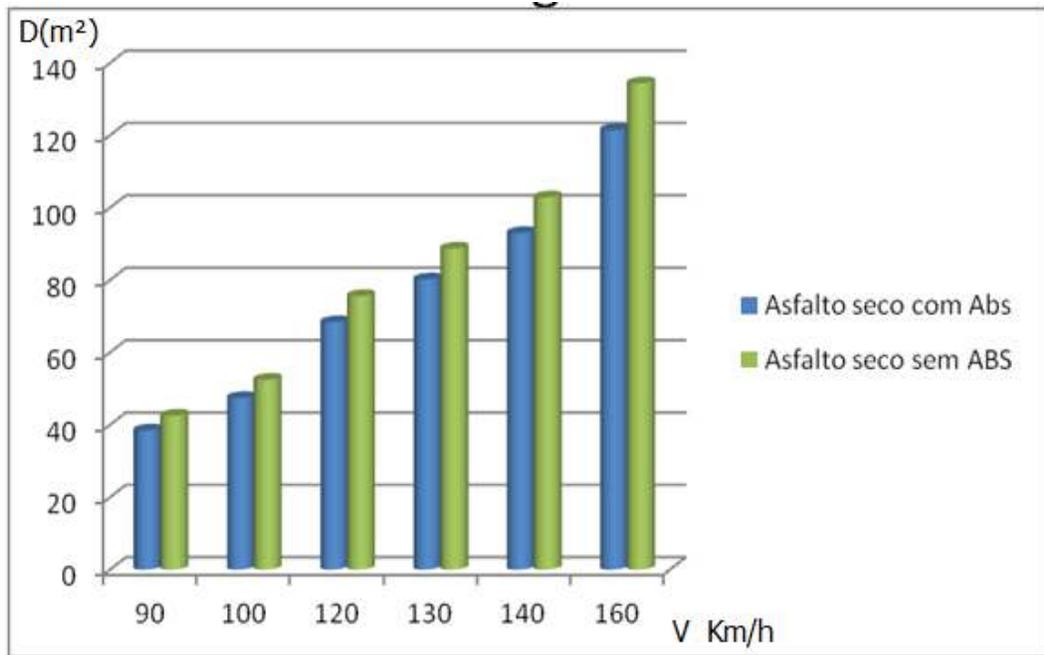


Figura24. Distância de frenagem em asfalto seco.[14]

Conforme representado no gráfico 1 às diferenças entre as distâncias (eixo Y)de frenagem para um veículo com ABS e um veículo sem ABS, se tratando de velocidades ( eixo X )pequenas na se mostra muito pouco representativa, assim podemos visualizar até a velocidade de 90km/h.

Porém quando esta velocidade é maior que 90km/h os deltas entre as distâncias finais é consideravelmente alto, um exemplo é aos 130km/h enquanto um veículo com sistema ABS freia completamente em uma distância de 80m, um veículo sem o sistema ABS possui uma distância de frenagem de 89m.

No gráfico 8 foi evidenciado os dados referente ao delta de frenagem em piso seco, porém se o condutor está me uma situação de chuva, isto é, com asfalto molhado os valores entre um veículo com ABS e um veículo sem ABS são muito mais significativos como ilustrado no gráfico 2.

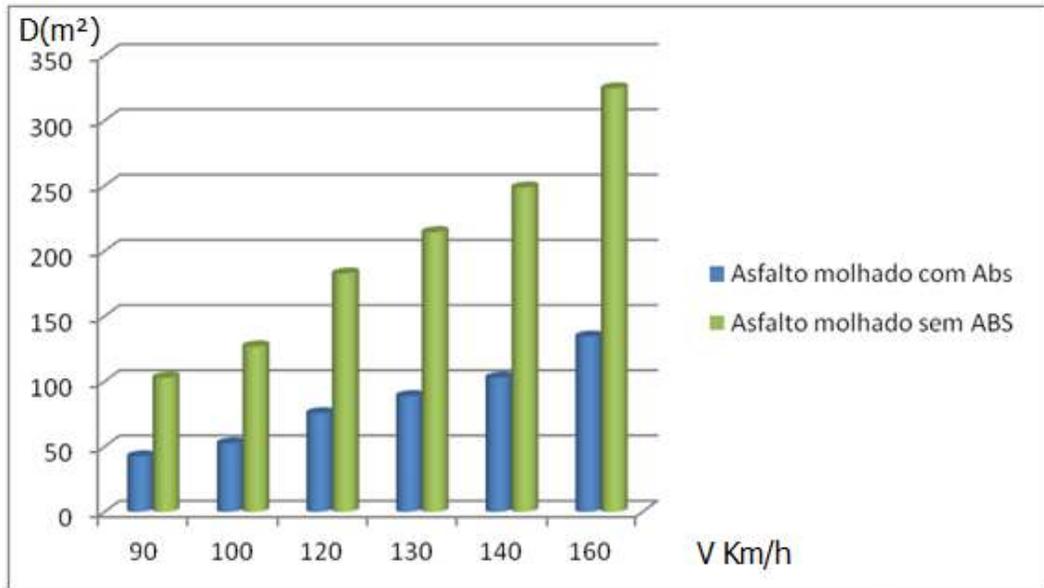


Figura25. Distância de frenagem em asfalto molhado. [14].

Conforme representado no gráfico 2 às distâncias são consideravelmente maiores, o uso do sistema ABS em um dia com asfalto molhado se torna imprescindível.

Neste caso mesmo em velocidades consideradas pequenas como 90kmh o delta entre as distâncias é muito alto, neste caso por exemplo enquanto com ABS a distância de frenagem é 43m, para um veículo sem sistema ABS a distancia final de frenagem está na casa dos 100m.

Se levarmos em consideração que a velocidade que um motorista conduz um veículo sempre está entre 100km/h á 120km/h podemos dizer que no caso onde o asfalto possuir uma condição de chuva, o perigo sempre será constante.

#### **4.1.4 Impactos de Custo de um veículo equipado com sistema ABS.**

Conforme estudos apresentados nos temas abordados anteriormente são evidentes os fatores que comprova o quanto o sistema ABS melhora o produto após sua implantação.

Porém atualmente no Brasil o usuário que deseja usufruir deste item crucial para a segurança, precisa investir uma quantia maior pela obtenção de um veículo equipado com tal tecnologia se comparado com o mesmo veículo que não possuem tal dispositivo.

Num comparativo entre dois veículos de duas montadoras diferentes de uma mesma determinada categoria apresenta-se uma cotação diferente entre desses veículos com sistema ABS e sem o sistema ABS:

Um Voyage modelo 2012 com motorização 1.6 cambio manual e total flex, possui um custo atual de R\$ 34.590,00.

O mesmo veículo Voyage 2012 apenas com a inclusão do chamado pacote opcional de segurança incluindo o sistema ABS aumenta o valor deste veículo para R\$ 38.958,00.

Sendo assim,

Para adquirir um veículo Voyage equipado do sistema ABS é necessário investir R\$ 4.368,00 a mais.

Isto significa 12,6% de aumento no preço final no comparativo entre o mesmo veículo apenas com a inclusão do sistema ABS.

Para comprovar se este aumento é equivalente a outras montadoras também, é demonstrada a cotação do veículo Siena modelo 2012 com motorização 1.6 flex é vendido atualmente a R\$ 33.990,00.

Este mesmo veículo com o opcional KIT segurança aumenta o valor do veículo a R\$ 37.100,00,

Portanto;

A aquisição de veículo Siena equipado com sistema ABS é necessário investir R\$ 3.110,00 reais a mais.

Para este caso apresenta-se um aumento de 9,1% no valor final de venda do veículo.

Para uma melhor visualização deste comparativo podemos analisar os valores representados no gráfico abaixo e o impacto referente a este percentual no valor final atribuído ao veículo.

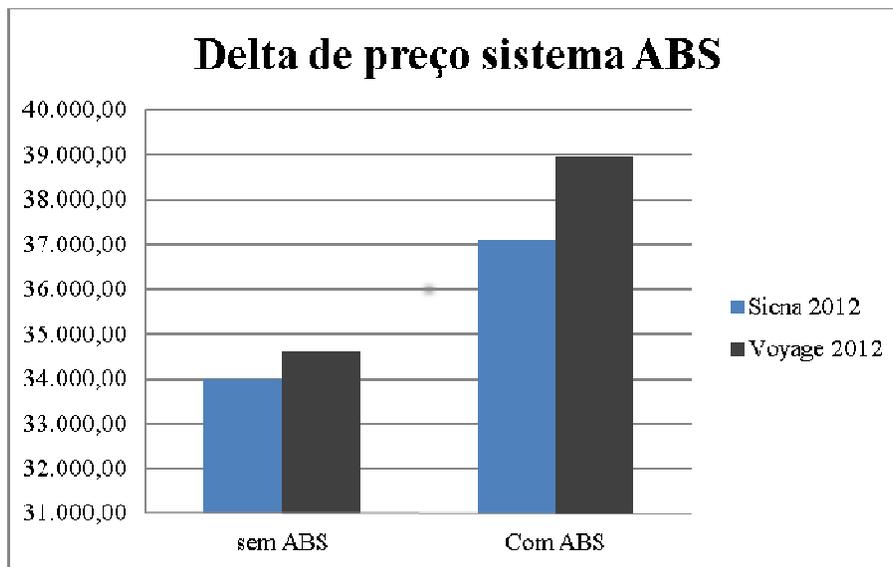


Figura26. Delta de preço do sistema ABS.[14].

## 5. Conclusão

Os avanços da engenharia no campo automotivo tem se destacado nos últimos anos, a inclusão da eletrônica embarcada em sistemas automotivos permitiram ao longo dos anos o aperfeiçoamento do automóvel.

Conforme demonstrado no presente trabalho o sistema ABS pode ser considerado um dos avanços tecnológicos dos mais importantes para a indústria automotiva, os resultados apresentados comparando o sistema controlado por ABS com o sistema convencional evidenciam a eficácia deste sistema.

Como apresentado em bibliografia, o benefício oferecido aos condutores referente à utilização de um veículo com sistema ABS é considerado pela legislação do CONTRAN através da resolução 312 em 100% da frota produzida no Brasil. Podemos concluir através de mais esta iniciativa que este sistema é capaz de reduzir os índices de acidentes provocados pela derrapagem de rodas.

Além da diretriz imposta pela resolução 312 do CONTRAN, os inúmeros exemplos citados nos resultados da presente monografia demonstram que um veículo equipado com o sistema antibloqueio pode reduzir drasticamente a distância de frenagem de um determinado veículo evitando colisões anteriormente destinadas a acontecer exclusivamente por conta da derrapagem do veículo, fato este que inibe qualquer ação do condutor para que o acidente seja evitado.

Conforme apresentados nos resultados os índices de redução na distância de frenagem são consideravelmente alto, se considerar os índices de redução em condições de asfalto molhado os índices demonstram ainda mais a eficácia deste sistema.

Outro tema a ser considerado como benefício na introdução do sistema ABS deve ao fato de proporcionar também a condutores iniciantes o benefício do antitravamento das rodas de seu veículo, sendo que sem este sistema isso só pode ser feito através de grande experiência de pilotagem (utilizando o threshold breaking esta técnica é conhecida e utilizada em sua maioria por pilotos de corrida) onde o condutor usa técnicas de frenagem totalmente

condicionadas a sua experiência para evitar o travamento das rodas, com a utilização do sistema todo controle fica sobre cargo do módulo do sistema ABS.

Um índice negativo que deve ser ressaltado é referente ao custo deste item, sabemos que atualmente esse sistema pode render ao bolso do proprietário que o adquire em conjunto ao seu novo veículo um aumento substancial em seu preço chegando a alguns casos a representar de 12% á 15% no preço final de compra do veículo. Isso conforme abordado no trabalho é a condição atual do mercado brasileiro onde esse sistema ainda é visto como um item “opcional” ao veículo a ser adquirido. Porém estimasse que com a obrigatoriedade do sistema essa porcentagem tende a diminuir nos próximos anos, no entanto hoje como relatado esse valor é consideravelmente alto.

Podemos concluir que atualmente mesmo que este sistema represente um aumento no custo do produto, seus benefícios são totalmente satisfatórios e o custo benefício para obtenção do mesmo vale o investimento.

## 6.Referências Bibliográficas

- [1] Prieto, Valter Sequero Junior. **Projetos Automotivos: Proposta para redução de tempo de desenvolvimento**. 2002. 110p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) escola Politécnica da universidade de São Paulo , São Paulo 2002.
- [2] Capelli, Alexandre. **Eletroeletrônica automotiva injeção eletrônica, Arquitetura do motor e sistemas embarcados**. Editora Érica, São Paulo 2002.
- [3] Diulgheroglo A. Pedro, Apostila de freios disponível em: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAzwEAC/apostila-freios>. acesso em 04 de março 2012.
- [4] Carro de lenoir disponível em:[http://www.lambertucci.com.br /images/ carro\\_lenoir.JPG](http://www.lambertucci.com.br/images/carro_lenoir.JPG) acesso em 03 de março 2012.
- [5] BOSCH. Conventional and eletronic Braking systems. 3.ed. German 2003.
- [6] BRASIL, Conselho nacional de transito Resolução 312 de abril de 2009.
- [7] Bosch.**Manual de tecnologia automotiva** 25ª edição. Editora Edgard Blücher Ltda.São Paulo 2005.
- [8] Gioria, Gustavo dos Santos. **Influência da utilização do ABS na segurança veicular baseada na eficiência de frenagem e na probabilidade de travamento de roda**. 2008.124p.Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica ) – Escola de engenharia de São Carlos, São Paulo 2008. Disponível em:<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18149/tde-22102009-105940/pt-br.php>.
- [9]Denatran-IPEA, relatório executivo **Impactos sociais e econômicos dos acidentes de trânsito nas rodovias brasileiras**. 2006.
- [10] Abeid Leonardo. **As forças de atrito e os freios ABS numa perspectiva do ensino médio**. 2011.50p.Dissertação acadêmica-Universidade federal do Rio de Janeiro, Dezembro de 2010.Disponível em:[http://www.if.ufrj.br/~pef/ producao\\_academica/dissertacoes/2010\\_Leonardo\\_Abeid/dissertacao\\_Leonardo\\_Abeid.pdf](http://www.if.ufrj.br/~pef/producao_academica/dissertacoes/2010_Leonardo_Abeid/dissertacao_Leonardo_Abeid.pdf) , acesso em 29 de outubro de 2012.

- [11]JR. Toresan Wilson, **Calculo de velocidade para veículos Equipados com sistema de freios ABS**,Disponível em:<http://acrigs.com.br/Artigos/abs-calculo%20de%20velocidade.pdf>, acesso em 01 de novembro de 2012.
- [12] BRASIL, Conselho nacional de transito Resolução 380 de abril de 2011.
- [13] BRASIL, Conselho nacional de transito Resolução 395 de Dezembro de 2011.
- [14] Soares, Célio, edição de figuras. Itatiba 2012.
- [15] Bosch, **CAN Specification**, version 2.0, manual técnico stuttgart 1991.
- [16] Esquema elétrico sistema ABS, Chevrolet Disponível em [http://www.chevy-rezzo.narod.ru/ru/documents\\_2005/kalos/ewd-rhd-t/5t2\\_5\\_24.ru.html](http://www.chevy-rezzo.narod.ru/ru/documents_2005/kalos/ewd-rhd-t/5t2_5_24.ru.html), acesso em 01 de dezembro de 2012.

## 7. Anexo – Circuito Elétrico do sistema

O circuito elétrico demonstrado abaixo faz parte do sistema de um Chevrolet russo, e o mesmo serve como base de estudo para o funcionamento do sistema ABS.

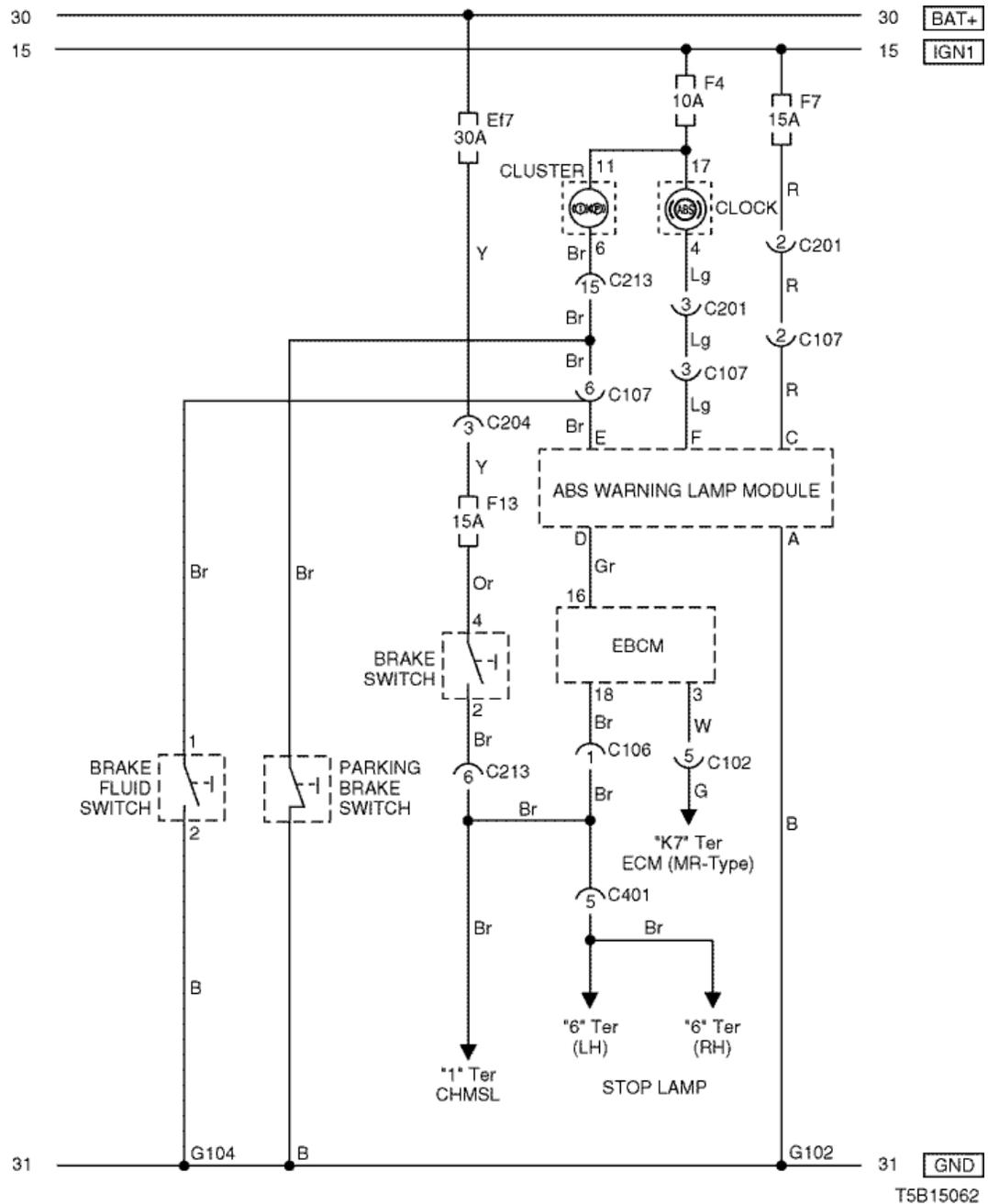


Figura27. Esquema elétrico do sistema. Fonte:[16]