

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE MAUÁ
CURSO FABRICAÇÃO MECÂNICA**

JHON ALBERT MENEZES SOUZA

**TECNOLOGIA E INOVAÇÃO EM MOTOCICLETAS
ANÁLISE DOS AVANÇOS EM SISTEMAS DE SEGURANÇA**

MAUÁ – SP

2025

JHON ALBERT MENEZES SOUZA

**TECNOLOGIA E INOVAÇÃO EM MOTOCICLETAS
ANÁLISE DOS AVANÇOS EM SISTEMAS DE SEGURANÇA**

Trabalho de graduação apresentado à FATEC Mauá como parte dos requisitos para obtenção do título de Tecnólogo em Fabricação Mecânica.

Orientador: Profº. Esp. Wil Robson Rodrigues de Brito.

MAUÁ – SP 2025

Catálogo-na-Publicação – Biblioteca Fatec Mauá

629.2275

S729t Souza, Jhon Albert Menezes.

Tecnologia e inovação nas motocicletas : análise dos avanços em sistema de segurança / Jhon Albert Menezes Souza. – 2025.
44 p. : il. ; 30 cm.

Orientador: Prof. Esp. Wil Robson Rodrigues de Brito.

Trabalho de conclusão de curso (Curso Superior de Tecnologia em Fabricação Mecânica) – Faculdade de Tecnologia de Mauá.

Referências: p. 41-44.

1. Sistemas de frenagem. 2. Segurança. 3. Tecnologia. I. Brito, Wil Robson Rodrigues de. II. Título.

CDD 23. : Motocicletas 629.2275
Elaborada por Tatiana Sambinelli CRB-8 SP-011003/O

JHON ALBERT MENEZES SOUZA

**TECNOLOGIA E INOVAÇÃO EM MOTOCICLETAS
ANÁLISE DOS AVANÇOS EM SISTEMAS DE SEGURANÇA**

Trabalho de graduação apresentado à FATEC Mauá como parte dos requisitos para obtenção do título de Tecnólogo em Fabricação Mecânica.

Aprovação em:

Profº. Esp. Wil Robson Rodrigues de Brito.
FATEC Mauá
Orientador

Profº Dr. Antônio Carlos Gracias
FATEC Mauá
Avaliador

Profº Dr. Mauro Araujo de Sousa
FATEC Mauá
Avaliador

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Faculdade de Tecnologia de Mauá, por me capacitar e fornecer todo o suporte, conhecimento e estrutura necessários durante todo o curso. Ao professor Wil, pelo conhecimento transmitido nos semestres em que foi o meu professor, e mais ainda por ser meu orientador neste trabalho. Aos meus pais, por ser a minha base, por todo o apoio, e por incentivarem a buscar nossos sonhos e objetivos. Aos meus colegas de classe, por tantos momentos bons, pelo apoio, pelas risadas, por estarem comigo nesses três anos e superarem todos os desafios juntos. E por fim agradeço a Deus, por ter me capacitado, por proteger e me guiar nessa jornada tão importante da minha vida.

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo destacar os avanços tecnológicos em motocicletas, com ênfase em sistemas de segurança e sua função para proteção dos motociclistas e passageiros. A pesquisa visa enfatizar os sistemas de frenagens, airbags, controle de tração e tecnologia de monitoramento, discutindo os diversos tipos de freios, suas competências e desenvoltura do sistema de frenagem. O estudo busca assimilar como tais tecnologias contribuem na diminuição de fatalidades e minimização de lesões em caso de colisões. Por fim, este trabalho propõe-se a oferecer uma análise crítica sobre o avanço tecnológico nas motocicletas, suas funcionalidades, disfunções nos sistemas de frenagem e o potencial de transformar a segurança e reduzir acontecimentos de acidentes em vias.

Palavras-chave: sistemas de frenagem; segurança; tecnologia.

ABSTRACT

This paper aims to highlight technological advances in motorcycles, with an emphasis on safety systems and their role in protecting motorcyclists and passengers. The research aims to emphasize braking systems, airbags, traction control and monitoring technology, discussing the various types of brakes, their capabilities, and the development of the braking system. The study seeks to understand how such technologies contribute to reducing fatalities and minimizing injuries in the event of collisions. Finally, this paper proposes to offer a critical analysis of technological advances in motorcycles, their functionalities, dysfunctions in braking systems and the potential to transform safety and reduce accidents on the roads.

Keywords: braking systems; safety; technology.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Motocicleta do ano 1925.....	16
Figura 2 – Faróis no trânsito atualmente.....	18
Figura 3 – Capacete Preto.....	20
Figura 4 – Luvas de segurança.....	20
Figura 5 – Componentes do freio a disco	22
Figura 6 – Componentes de freio tambor.....	23
Figura 7 – Funcionamento do sistema de freio CBS	24
Figura 8 – Funcionamento do sistema de freio ABS	24
Figura 9 – Pastilhas de freio	27
Figura 10 – Sapatas de freio	28
Figura 11 – Lei da Hidrostática	36
Figura 12 – Ponto de ebulição Norma DOT.....	39
Figura 13 – Painel Honda GL1800	41
Figura 14 – Distância selecionada entre veículos	43
Figura 15 – Controle de cruzeiro adaptativo	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Ponto de ebulição Norma DOT.....	39
--	-----------

LISTA DE SIGLAS ABNT

ABS – Anti Lock Braking System

CBS – Combined Braking System

TCS – Traction Control System

DOT - Department of Transportation

ESP – Electronic Stability Program

ASR – Anti Slip Regulation

LHM – Liquide Hydraulique Mineral

ACC - Controle de Cruzeiro Adaptativo

AEB - Assistente de Frenagem de Emergência

BMW – Bayerische Motoren Werke

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
1.1 Problema de pesquisa	13
1.2 Objetivos	14
1.3 Justificativa	14
1.4 Delimitação	14
1.5 Estruturação	15
2. ORIGEM DOS SISTEMAS DE SEGURANÇA NAS MOTOCICLETAS	16
2.1 Primeiros anos.....	16
2.2 Sistema ABS e outros sistemas de segurança.....	17
3. ITENS DE SEGURANÇA	18
3.1 Faróis das motocicletas	18
3.2 Capacete.....	19
3.3 Luvas de segurança	20
4 FUNCIONALIDADES DOS SISTEMAS DE FREIOS	22
4.1 Freio a disco	22
4.2 Freio a tambor.....	23
4.3 Sistema CBS.....	23
4.4 Sistema ABS.....	24
4.5 Princípios físicos envolvidos na dinâmica da motocicleta	25
4.5.1 Equilíbrio Dinâmico.....	25
4.5.2 Curvas e Força Centrípeta	25
4.5.3 Aceleração e Frenagem	25
4.5.4 Aerodinâmica	26
5 PROBLEMAS EM FREIOS E SOLUÇÕES MODERNA.....	27
5.1 Desgaste de Pastilhas	27
5.2 Desgaste de sapatas	28
5.3 Desgaste ou Empenamento de Discos e Tambores.....	28
5.4 Pinças de Freio Travadas	29
5.5 Falha nos Cilindros de Freio e Estacionamento	29
5.6 Rolamentos de Roda Danificados e Contaminação do Fluido de Freio	29
5.7 Soluções e Manutenção Preventiva.....	30
6 MATERIAIS E COMPONENTES DOS SISTEMAS DE FREIOS	31

6.1 Pastilhas de freio	31
6.1.1 Pastilhas orgânicas.....	31
6.1.2 Pastilhas semimetálicas	31
6.1.3 Pastilhas Sinterizadas (Metálicas)	32
6.1.4 Pastilhas de cerâmica	32
6.1.5 Pastilhas de Carbono-Metálico	32
6.2 Pinças.....	32
6.3 Discos de freios.....	34
6.3.1 Materiais comuns em discos de Freio	35
6.3.2 Tipos de discos de Freio	35
6.4 Kevlar	35
6.5 Fluido de freio	36
6.5.1 Tipos de fluido de freios	37
6.5.2 Base silicone.....	37
6.5.3 Base mineral	38
6.5.4 Fluidos para Freios – DOT 3, DOT 4 e DOT 5.1	38
6.5.5 O que é a norma DOT	40
7 TECNOLOGIAS EM MOTOCICLETAS.....	41
7.1 Criação da tecnologia de conectividade em motocicletas.....	41
7.2 Tecnologias Semiautônomas em Motocicletas.	42
7.3 Assistente de Frenagem de Emergência (AEB).....	42
7.4 Controle de Cruzeiro Adaptativo (ACC).....	42
8 CONCLUSÕES.....	45
REFERÊNCIAS	46

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, os avanços tecnológicos em motocicletas têm se modernizado cada vez mais, em questão da segurança, por conta de altos índices de acidentes. Os motociclistas, devido seus veículos tem exposição direta ao ambiente, enfrentam maiores riscos em diferentes situações, comparando com motoristas de carros. Para a diminuição desses riscos, deve ter o aumento de proteção dos motociclistas e seus passageiros, as empresas estão investindo fortemente em inovações, com a finalidade de implementação de sistemas de segurança avançados.

Entre esses avanços, se destacam-se os sistemas de frenagem, airbags, controle de tração e tecnologias de monitoramento, que desenvolvem um papel para a prevenção de acidentes e nas diminuições de lesões. O desenvolvimento de sistemas de frenagem mais eficazes, são os freios ABS (Anti-lock Braking System) e CBS (Sistemas de Freios Combinados), eles proporcionam maior controle e estabilidade em seus veículos, especialmente em emergências. O sistema controle de tração (TCS) é essencial para evitar as derrapagens em condições de baixa aderência, aumentando ainda mais a segurança em diversas situações de pilotagem. Além disso, o uso de airbags integrados, que se originou em carros, vem se adaptando cada vez mais em motocicletas, proporcionando uma proteção adicional em caso de colisões.

O texto citará a evolução desses sistemas de segurança, relatando a competência de diferentes tipos de freios, como o disco, o tambor e o mais utilizados ultimamente o sistema de freio a carbono. Também será falado sobre o impacto da tecnologia de monitoramento, como o sistema de controle de pressão dos pneus e sensores de colisão, que ajuda a detectar o risco e prevenir o acidente, proporcionando uma melhor experiência de pilotagem mais segura e confiável. O estudo dessas novas tecnologias ajuda a reduzir os riscos de acidentes e aumentam a segurança, não apenas do motociclista, mas também dos passageiros.

1.1 Problema de pesquisa

Diante do avanço constante das tecnologias aplicadas as motocicletas, especialmente no que se refere aos sistemas de segurança, desempenho e sustentabilidade, surge o questionamento:

“Como as inovações tecnológicas influenciam a escolha e a utilização das motocicletas pelos consumidores brasileiros, especialmente em relação aos sistemas de segurança e eficiência?”

1.2 Objetivos

Este trabalho tem como objetivo geral analisar de que forma as inovações tecnológicas presentes nas motocicletas influenciam as decisões dos consumidores, com foco nos aspectos relacionados à segurança, desempenho e sustentabilidade. Para isso, busca-se investigar os principais avanços tecnológicos aplicados ao setor motociclístico, compreender a percepção dos usuários em relação a importância dessas inovações no momento da compra, avaliar o impacto de sistemas como o freio ABS, CBS, Lonas e Freios a Disco na escolha do modelo, identificar a relevância das tecnologias sustentáveis no contexto e analisar as tendências do mercado diante da constante evolução tecnológica.

1.3 Justificativa

Esse estudo justifica-se pela necessidade de proporcionar uma compreensão mais aprofundada acerca dos diferentes sistemas de frenagem presentes nas motocicletas, especialmente diante das constantes inovações tecnológicas que têm transformado o setor automobilístico. A análise proposta possibilita ao consumidor identificar as principais características, vantagens e limitações de cada sistema, contribuindo para uma escolha mais consciente e segura no momento da aquisição de uma motocicleta.

1.4 Delimitação

Este estudo está delimitado à análise dos principais avanços tecnológicos aplicados a segurança de motocicletas nos últimos anos. A pesquisa concentra-se especificamente em sistemas como freios ABS e CBS, controle de tração (TCS), Freios a disco e Lona, airbags integrados e tecnologias de monitoramento, como sensores de colisão e controle de pressão dos pneus. O foco será dado à forma como essas inovações impactam diretamente a redução de acidentes e o aumento da segurança

tanto para motociclistas quanto para os passageiros. Tecnologias que não estejam diretamente relacionadas à segurança, como desempenho ou conectividade, não serão abordadas neste trabalho.

1.5 Estruturação

Este trabalho está estruturado em capítulos que abordam progressivamente os temas propostos. Inicialmente, apresenta-se um panorama geral sobre os riscos enfrentados por motociclistas e a necessidade crescente por maior segurança. Em seguida, explora-se a evolução dos sistemas de frenagem, com destaque para freios a disco, tambor e a carbono, além dos sistemas ABS e CBS.

O capítulo seguinte trata do controle de tração e da implementação de airbags em motocicletas, analisando sua eficácia. Na sequência, o papel das tecnologias de monitoramento, como sensores de colisão e controle de pressão dos pneus, na prevenção de acidentes.

Por fim, o trabalho considera o impacto geral dessas inovações na segurança dos trânsitos no comportamento dos motociclistas, buscando demonstrar os avanços obtidos e os desafios futuros.

2. ORIGEM DOS SISTEMAS DE SEGURANÇA NAS MOTOCICLETAS

A evolução do sistema de segurança começou a partir do ano 1920, e foi evoluindo ainda mais, devido os acidentes e lesões causados por quedas e colisões, com o passar dos anos foram surgindo novas inovações tecnológicas nas motocicletas (Calmon, 2020).

2.1 Primeiros anos

Nos primeiros anos a motocicletas eram basicamente uma máquina sem sistemas de segurança avançadas. Nos anos de 1920, algumas motocicletas começaram a ser equipadas com faróis, sinalizando a visibilidade do motociclista, mas a segurança do piloto era mínima, como mostra a figura 1, referente a motocicleta daquele ano.

Figura 1: Motocicleta Harley-Davidson 1925



Fonte: harley-davidson.com.br

Depois de 1935 foi implantado o sistema de capacetes para os pilotos e foi aumentando ainda mais o número de motociclistas pelo mundo, e teve o aumento de acidentes. Devido ao alto índice de acidentes o capacete passou a ser um item obrigatório por causa da funcionalidade e segurança no piloto, depois foram surgindo outros equipamentos de segurança como as primeiras luvas e as jaquetas de couro, mas sem as devidas tecnologias dos equipamentos que são fornecidos nos tempos atuais (Calmon, 2020).

A partir do ano de 1980, começaram a serem implantadas os sistemas de freios e suspensões nas motocicletas, sendo o freio a disco, que proporciona um maior controle em frenagens. Os sistemas de suspensões também tiveram uma evolução, permitindo um controle maior da motocicleta em diferentes tipos de terrenos, que contribuiu para a estabilidade e a diminuição de chances de acidentes (Conzi, 2013).

2.2 Sistema ABS e outros sistemas de segurança

O sistema ABS (Anti-lock Braking System) foi um marco significativo de segurança nas motocicletas na década de 1990, o sistema ABS impede que as rodas travem durante uma frenagem brusca, reduzindo o risco de derrapagens e aumento a estabilidade da motocicleta. Este sistema se tornou um item de segurança obrigatório em muitas motocicletas de alta cilindrada a partir dos anos 2000 (Calmon, 2020).

Muitos fabricantes começaram a criar sistemas mais sofisticados de segurança, como o controle de tração (TCS) controle eletrônico de estabilidade e sistemas de monitoramento de pressão dos pneus. Esses sistemas ajudaram a prevenir ainda mais os acidentes ao ajustar automaticamente a performance da motocicleta de acordo com as condições de aderência da estrada e do comportamento do motociclista (Maracinni, 2022).

Atualmente, além do sistema ABS, foram implantadas novas tecnologias como o sistema de airbags para motociclistas, assistência de curvas, assistência de frenagem de emergência e o sistema de monitoramento de colisão. E teve um novo sistema o wearables (dispositivos vestíveis) que monitora a saúde do piloto, como sensores de batimento cardíaco e sensores de impacto (Calmon, 2020).

3. ITENS DE SEGURANÇA

3.1 Faróis das motocicletas

Os faróis de uma motocicleta têm diversas funcionalidades importantes, além de garantir a visibilidade durante a condução. O farol principal da moto é essencial para iluminar o caminho a noite ou em condições de pouca visibilidade, como neblina ou chuvas fortes. Além dos faróis iluminarem o caminho, eles permitem que outros motoristas vejam a moto, aumentando a segurança no trânsito (Ferreira, 2021).

Os faróis possuem duas opções de intensidade no farol sendo eles o farol baixo e o farol alto. O farol baixo é utilizado para a condução do dia a dia, o farol alto serve para iluminar o mais longe possível, sendo usado em vias escuras ou sem iluminação. Porém o farol alto deve ser desligado quando outro veículo estiver vindo em sentido oposto para evitar o ofuscamento (Silva, 2020).

Algumas motocicletas têm luz de posição, eles aumentam a visibilidade do veículo, principalmente em condições de tráfego intenso. Esses tipos de faróis são mais comuns em motos de turismo e motocicletas maiores. Os faróis de neblina emitem luz de forma a reduzir o ofuscamento causado pela neblina e permitir uma visibilidade mais clara em condições adversas. E as setas de sinalização que são usadas para a realização de manobras, para a mudança de via, aumentando ainda mais a segurança (Almeida, 2019). Como mostra a figura 2, do uso do farol no trânsito atualmente.

Figura 2: Faróis no trânsito atualmente



Fonte: g1.globo.com/transito/noticia/2023/07/15/motociclistas-devem-usar-faros.html

3.2 Capacete

O capacete é um dos equipamentos de segurança mais importantes. A principal função do capacete é proteger a cabeça do motociclista em caso de queda e acidente. Ele ajuda a absorver o impacto, reduzindo o risco de lesões graves, como traumatismos cranianos, além de proteger a cabeça, ele ainda protege o pescoço, já que ajuda a diminuir os efeitos de um impacto violento, reduzindo a possibilidade de lesões ou danos no crânio e na coluna cervical. E a proteção contra detritos que se encontram pelas estradas (Gomes, 2018).

Os visores do capacete que protegem dos ventos, poeira, chuva e insetos, ele também ajuda a reduzir o impacto da luz solar direta. Os visores podem ser feitos com materiais como os plásticos, metal, vidro temperado ou acrílico, que evitam arranhões e podem ter tratamentos contra raios UV, aumentando ainda mais o conforto e proteção do piloto. Esses materiais garantem ainda mais a resistência a impactos, garantindo ainda mais a durabilidade e segurança dos visores (Silva, 2020).

Os capacetes bem projetados proporcionam um conforto ao motociclista durante longas viagens, ajudando a reduzir a fadiga. O design e o ajuste adequado do capacete evitam e melhoram a estabilidade da cabeça durante a pilotagem. Alguns desses capacetes tem os sistemas de ventilação que permitem a circulação do ar, para evitar o superaquecimento da cabeça, especialmente em dias muito quentes, além de reduzir o suor e a umidade. Alguns capacetes têm certos adesivos reflexivos ou são pintados com cores chamativas, ajudando a aumentar a visibilidade do motociclista, especialmente a noite e em condições de baixa luminosidade (Ferreira, 2021).

O uso de capacete é obrigatório por lei em muitos países, inclusive no Brasil pelo código de trânsito brasileiro (Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997). A fiscalização e o uso do equipamento visam a reduzir os números de lesões fatais em acidentes de trânsito e aumenta a segurança dos motociclistas, na figura 3 mostra o capacete que são usados atualmente.

Figura 3: Capacete preto



Fonte: motosports.com.br

3.3 Luvas de segurança

As luvas são um equipamento essencial para a segurança do motociclista, oferecendo proteção contra impactos e abrasões. Elas são projetadas para proteger as mãos em caso de quedas e são fabricadas com materiais resistentes, como couro, outros tecidos reforçados e o kevlar como citado mais a frente, a fim de minimizar os danos. Muitas luvas contam com proteções específicas nas articulações dos dedos, palmas e punhos, o que contribui para a redução do risco de fraturas em situações de impacto, na figura 4, mostra como e uma luva que são muitos usadas entre os motociclistas:

Figura 4: Luvas de segurança



Fonte: motopel.com.br

Elas oferecem um melhor controle da moto, proporcionando mais aderência ao guidão, que é essencial para a estabilidade e precisão da pilotagem, em condições adversas como na chuva e ventos fortes. Também ajuda a reduzir a fadiga das mãos durante viagens longas. Em viagens longas, especialmente em climas mais frios, as luvas ajudam a proteger as mãos de ventos gelados e algumas delas são impermeáveis que ajuda na proteção contra a chuva. E não pode faltar que elas são uma boa proteção contra o sol, evitando uma exposição direta, evitando queimaduras solares (Maracinni, 2022).

4 FUNCIONALIDADES DOS SISTEMAS DE FREIOS

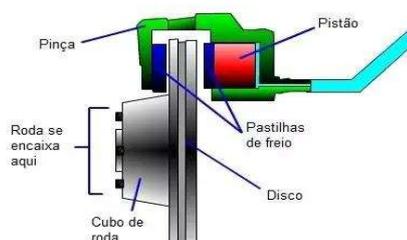
Os sistemas de freio em motocicletas têm como principal função garantir a desaceleração e a parada segura do veículo, por meio da conversão de energia cinética em calor por atrito. Os tipos mais comuns são o freio a disco, o freio a tambor, o sistema de freios combinados (CBS) e o sistema antibloqueio (ABS), cada um com suas características técnicas e funcionais específicas (Diulgheroglo, 2010).

O sistema de freios de um veículo é um excelente exemplo da aplicação prática de diversos conceitos da Física, principalmente nas áreas da Mecânica e da Termodinâmica. Seu funcionamento baseia-se na conversão da energia cinética do veículo em energia térmica, por meio do atrito gerado nas superfícies de frenagem. Vale destacar que o atrito e o calor são consequências do funcionamento do sistema, e não o seu objetivo (Diulgheroglo, 2010).

4.1 Freio a disco

O freio a disco é um dos sistemas mais modernos e eficientes. Ele é composto por um disco metálico acoplado à roda e por uma pinça de freio contendo pistões hidráulicos e pastilhas. Quando o manete do freio dianteiro ou o pedal do freio traseiro é acionado, o fluido de freio pressuriza os pistões, que empurram as pastilhas contra o disco, gerando atrito e reduzindo a rotação da roda, como mostra na figura 5, cada peça envolvida no freio a disco. Entre suas principais vantagens, destacam-se a alta eficiência de frenagem, resposta rápida ao comando, boa dissipação de calor, evitando perda de desempenho por superaquecimento, manutenção simplificada, com fácil inspeção visual (Silva, 2020).

Figura 5: componentes de um freio a disco

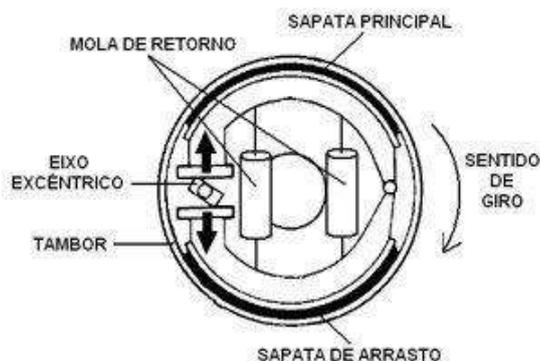


Fonte: researchgate.net

4.2 Freio a tambor

A Mais tradicional e comum em motocicletas de baixa cilindrada, o freio a tambor é composto por um tambor fixado à roda e por duas sapatas internas. Quando o freio é acionado, as sapatas são empurradas contra a parede interna do tambor, gerando o atrito necessário para a desaceleração, como mostra na figura 6, referente os materiais usados no freio a tambor. Embora seja menos eficiente que o freio a disco, especialmente em condições severas de uso, o freio a tambor apresenta vantagens como boa resistência à água e poeira, menor custo de manutenção e simplicidade construtiva (Branco, 2023).

Figura 6: Componentes do freio a tambor



Fonte: autosauer.blogspot.com

4.3 Sistema CBS

O sistema de freio combinado tem como objetivo melhorar a estabilidade e a eficiência da frenagem, especialmente para pilotos iniciantes. Quando o piloto aciona apenas um dos comandos, geralmente o pedal traseiro o sistema distribui automaticamente parte da força de frenagem para a roda dianteira. Isso promove uma desaceleração mais equilibrada entre os eixos, reduzindo o risco de derrapagens e melhorando o controle em frenagens de emergência, na figura 7 mostra o funcionamento do sistema CBS.

Figura 7: Funcionamento do sistema de freio CBS

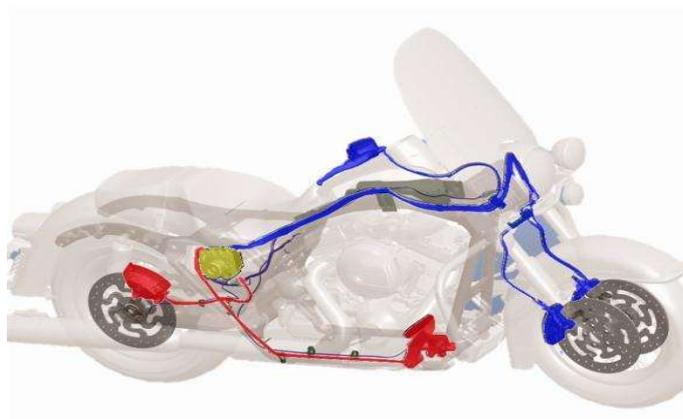


Fonte: webmotors.com.br

4.4 Sistema ABS

O ABS é um sistema eletrônico que evita o travamento das rodas durante frenagens bruscas. Ele atua por meio de sensores que monitoram constantemente a velocidade de rotação das rodas. Caso uma delas comece a travar, o sistema intervém modulando a pressão hidráulica do freio naquele eixo, restabelecendo a aderência. O ABS é essencial para manter a estabilidade da motocicleta em situações de baixa aderência, como pistas molhadas, areia ou óleo, e é cada vez mais comum em motocicletas de média e alta cilindrada. O funcionamento do sistema ABS é mostrado na figura 8 (Bosch, 2020).

Figura 8: Funcionamento do sistema de freio ABS



Fonte: blogauto.com.br

4.5 Princípios físicos envolvidos na dinâmica da motocicleta

O funcionamento e o comportamento dinâmico das motocicletas estão diretamente relacionados a princípios fundamentais da Física, especialmente nas áreas da mecânica clássica, dinâmica, cinemática e termodinâmica. Esses princípios explicam como a moto se movimenta, freia, faz curvas e mantém sua estabilidade mesmo contando com apenas duas rodas. (Gianetti, 2014).

4.5.1 Equilíbrio Dinâmico

Diferentemente dos veículos de quatro rodas, a motocicleta só se mantém em pé durante o movimento devido à ação de forças como o momento angular e o efeito giroscópio gerado pelas rodas em rotação. Esse efeito estabiliza o veículo, dificultando a inclinação involuntária. Quando a velocidade diminui ou a moto para esse equilíbrio é perdido, exigindo que o piloto apoie os pés no chão para manter a moto em pé. (Gianetti, 2014).

4.5.2 Curvas e Força Centrípeta

Durante curvas, a física atua por meio da força centrípeta e da inclinação angular. Ao entrar numa curva, a moto se inclina para o interior da trajetória, de forma que o vetor da força resultante entre a força centrípeta e o peso do conjunto passe pelo centro de massa da motocicleta. Isso é necessário para manter o equilíbrio e evitar derrapagens ou quedas. Quanto maior a velocidade ou menor o raio da curva, maior deve ser a inclinação (Tipler & Mosca, 2009).

4.5.3 Aceleração e Frenagem

A aceleração e a frenagem obedecem à Segunda Lei de Newton ($F = m \cdot a$). A força do motor aplicada à roda traseira gera a aceleração, enquanto os freios produzem

uma força contrária ao movimento. Durante a frenagem, o peso da motocicleta é transferido para a roda dianteira, aumentando sua carga e aderência razão pela qual o freio dianteiro tem maior capacidade de frenagem. A força de atrito entre os pneus e o solo também é crucial, sendo dependente do coeficiente de atrito estático e das condições da pista (Tipler & Mosca, 2009).

4.5.4 Aerodinâmica

A resistência do ar (força de arrasto) aumenta com o quadrado da velocidade, exigindo maior potência do motor para manter altas velocidades. Em motocicletas de alta performance, carenagens e a postura do piloto são projetadas para reduzir essa resistência e melhorar a estabilidade (Pereira, 2018).

5 PROBLEMAS EM FREIOS E SOLUÇÕES MODERNA

Problemas mecânicos em freios representam riscos sérios à segurança veicular, pois comprometem diretamente a capacidade de frenagem. Entre os mais comuns, destaca-se o desgaste das pastilhas ou sapatas de freio, que ocorre devido ao atrito constante entre os componentes. Esse desgaste é frequente tanto em sistemas de freio a disco quanto em sistemas de freio a tambor (Costa, 2024).

5.1 Desgaste de Pastilhas

Nos freios a disco, o contato direto entre as pastilhas e os discos gera calor e provoca desgaste progressivo. Já nos freios a tambor, o atrito ocorre entre as sapatas e a superfície interna do tambor. Quando esses componentes estão muito gastos, produzem ruídos ao frear e reduzem significativamente a eficiência da frenagem, um exemplo de uma pastilha e mostrado na figura 9. As principais causas do desgaste incluem, atrito contínuo, intensificado em situações de tráfego intenso ou descidas prolongadas, uso de materiais de baixa qualidade, que aceleram a degradação, condução agressiva, com frenagens bruscas e frequentes (Branco, 2023).

Figura 9: Pastilhas de freio



Fonte: Honda, 2018

5.2 Desgaste de sapatas

Ignorar esse tipo de desgaste pode gerar danos adicionais ao sistema, aumentar os custos de reparo e colocar em risco a segurança dos ocupantes, um exemplo de uma sapata de freio usados em muitas motos, como mostra na figura 10 (Injesan, 2023).

Figura 10: Sapata de freios



Fonte: Motoclube,2016

5.3 Desgaste ou Empenamento de Discos e Tambores

O desgaste ou empenamento dos discos ou tambores é outro problema comum, que afeta diretamente o equilíbrio e a suavidade da frenagem. Isso geralmente ocorre devido ao aquecimento excessivo, provocado por frenagens prolongadas ou intensas, como em descidas acentuadas (Leite, 2024).

Esse tipo de falha se manifesta por meio de vibrações no pedal ou manete de freio. O problema afeta freios a disco (discos empenados) e freios a tambor (tambores ovalizados). A perda da geometria original compromete o contato uniforme com pastilhas ou sapatas, reduzindo a eficiência e o controle da frenagem (Leite, 2024).

5.4 Pinças de Freio Travadas

Esse problema ocorre exclusivamente em freios a disco, pois são eles que utilizam pinças com pistões hidráulicos. O travamento pode acontecer por falta de lubrificação, acúmulo de sujeira ou corrosão interna. Isso impede o retorno dos pistões, fazendo com que as pastilhas fiquem em contato constante com o disco, o que aumenta o desgaste prematuro, superaquece o sistema, pode provocar travamento parcial da roda (Hella, 2024).

5.5 Falha nos Cilindros de Freio e Estacionamento

Os cilindros mestres e secundários são essenciais no sistema hidráulico, tanto nos freios a disco quanto no tambor. Vazamentos ou danos nas vedações comprometem a pressão do sistema, fazendo com que o pedal ou manete fique "baixo" ou esponjoso, exigindo maior curso para acionar os freios. O freio de estacionamento geralmente opera por acionamento mecânico via cabo, sendo comum em freios a tambor traseiros. Problemas como rompimento ou travamento do cabo podem impedir o acionamento completo do freio, causar travamento involuntário da roda, mesmo sem o uso do freio. As causas incluem desgaste, oxidação, falta de manutenção e exposição a poeira ou umidade (Bittencourt,2020).

5.6 Rolamentos de Roda Danificados e Contaminação do Fluido de Freio

Embora não façam parte diretamente do sistema de freios, rolamentos desgastados afetam o alinhamento das rodas e geram ruídos, interferindo na frenagem. Desgaste nos rolamentos pode causar vibração ou até travamento parcial da roda, comprometendo a estabilidade do veículo. O fluido de freio é higroscópico, ou seja, absorve umidade do ar com o tempo. A presença de água ou impurezas reduz a capacidade do fluido de manter a pressão hidráulica ideal, pode acabar causando que o pedal fique esponjoso, a frenagem fique ineficiente, corrosão interna em cilindros e

tubulações. Esse problema afeta diretamente os sistemas hidráulicos dos freios a disco e tambor (Lobo, 2018).

5.7 Soluções e Manutenção Preventiva

Manter um sistema de freios em perfeito estado é essencial para a segurança do condutor, passageiros e demais usuários da via. Entre as principais soluções preventivas estão as revisões periódicas, com inspeção das pastilhas, discos, lonas, tambores, pinças, cilindros e cabos, a troca regular do fluido de freio (a cada 1 ou 2 anos), para evitar contaminação e perda de eficiência, o uso de peças de boa qualidade, preferencialmente originais ou certificadas, as revisões periódicas, com inspeção das pastilhas, discos, lonas, tambores, pinças, cilindros e cabos, troca regular do fluido de freio (a cada 1 ou 2 anos), para evitar contaminação e perda de eficiência, evitar superaquecimento, utilizando o freio-motor em descidas longas e a calibragem correta dos pneus e alinhamento das rodas, para garantir o contato ideal com o solo (Bosch, 2023).

6 MATERIAIS E COMPONENTES DOS SISTEMAS DE FREIOS

6.1 Pastilhas de freio

A escolha de uma pastilha de freio para motocicletas deve considerar principalmente o material de fabricação, pois ele influencia diretamente na eficiência da frenagem e na durabilidade do componente. A eficiência refere-se à capacidade da pastilha em desacelerar a moto de forma eficaz, enquanto o desgaste indica a vida útil da peça. Geralmente as pastilhas mais eficientes tendem a se desgastar mais rapidamente (Santos, 2020).

Atualmente, existem diversos tipos de pastilhas no mercado, como as sinterizadas e as orgânicas, cada uma adequada a diferentes condições de uso. Algumas são projetadas para alto desempenho em pistas, operando melhor em altas temperaturas, enquanto outras são ideais para o uso urbano, com bom desempenho em temperaturas mais baixas. É fundamental seguir as recomendações do fabricante da motocicleta ao escolher as pastilhas de freio, adaptando-as conforme a intensidade e o tipo de uso da moto, como exemplo: As pastilhas de freio podem ser classificadas em diferentes tipos, cada uma com composição, vantagens e desvantagens específicas, adequadas a diferentes usos e necessidades (Oliveira, 2019).

6.1.1 Pastilhas orgânicas

São compostas por fibras naturais, como resinas, materiais não metálicos e o Kevlar. Elas oferecem uma frenagem suave e silenciosa, causam menor desgaste nos discos de freio e têm um custo acessível. No entanto, possuem menor durabilidade, desempenho reduzido em altas temperaturas e produzem mais poeira. São ideais para uso urbano e motos de baixa cilindrada (Brembo, 2023).

6.1.2 Pastilhas semimetálicas

São feitas de uma mistura de metais como ferro, cobre e alumínio combinados com materiais orgânicos. Possuem boa dissipação de calor, maior durabilidade em relação às orgânicas e desempenho consistente em várias condições. Por outro lado, podem gerar mais ruído, desgastar mais os discos e produzir maior quantidade de

poeira. São recomendadas para uso misto, tanto urbano quanto rodoviário, e motos de média cilindrada (Brembo, 2023).

6.1.3 Pastilhas Sinterizadas (Metálicas)

São compostas por partículas metálicas compactadas sob alta pressão e temperatura. Elas garantem excelente desempenho em altas temperaturas, alta durabilidade e desempenho estável em diferentes condições climáticas. Contudo, tendem a ser mais ruidosas e a desgastar mais os discos. São indicadas para motos de alta performance, uso esportivo e off-road (Santos, 2020).

6.1.4 Pastilhas de cerâmica

Contêm fibras cerâmicas e materiais não ferrosos. Oferecem frenagem silenciosa, menor geração de poeira, excelente desempenho em altas temperaturas e menor desgaste dos discos. Seu custo é elevado e o desempenho pode ser reduzido em condições extremas de frio. São preferidas por motos esportivas e pilotos que buscam desempenho superior. (Brembo, 2023)

6.1.5 Pastilhas de Carbono-Metálico

Combinam carbono com materiais metálicos, proporcionando alta durabilidade, excelente desempenho em altas temperaturas e boa resistência ao desgaste. Apesar do custo elevado e do potencial aumento de ruído, são usadas principalmente em corridas e motocicletas de alto desempenho (Brembo, 2023).

6.2 Pinças

Embora os sistemas de freio a disco estejam se tornando cada vez mais comuns em motocicletas, existem diferenças significativas nas pinças de freio utilizadas, especialmente entre motos de baixa e alta cilindrada, bem como em modelos de competição.

A fixação da pinça pode ser flutuante ou fixa. Pinças flutuantes, geralmente encontradas em motos de menor cilindrada, possuem um ou dois pistões em um lado e movem-se lateralmente para aplicar pressão nas pastilhas de ambos os lados do disco. Já as pinças fixas, comuns em motos de alta performance, são montadas rigidamente e possuem pistões em ambos os lados do disco, proporcionando uma frenagem mais eficiente e uniforme (Brembo, 2023).

Outros fatores que influenciam o desempenho das pinças incluem a rigidez da peça (monobloco ou bipartida), o material de fabricação (como alumínio ou ferro fundido) e a quantidade de pistões. Pinças monobloco, usinadas a partir de um único bloco de metal, oferecem maior rigidez e menor peso, sendo preferidas em aplicações de alto desempenho. A quantidade de pistões também varia, com modelos de competição utilizando até 12 pistões para garantir uma distribuição de força mais uniforme e eficiente (Bosch, 2022).

Essas características afetam diretamente a sensibilidade e a resposta do sistema de freio, influenciando a experiência de pilotagem e a segurança. Portanto, é essencial considerar o tipo de pinça mais adequado ao estilo de pilotagem e às especificações da motocicleta (Brembo, 2023).

As pinças de freio são componentes essenciais no sistema de frenagem das motocicletas, apresentando diferentes tipos e materiais que influenciam diretamente o desempenho e a durabilidade.

As pinças flutuantes ou deslizantes possuem pistões apenas de um lado e se movem lateralmente para aplicar pressão uniforme nas pastilhas. Elas são comuns em motos de baixa cilindrada devido ao custo reduzido e facilidade de manutenção. Essas pinças são leves e econômicas, porém apresentam menor rigidez estrutural e dissipação de calor limitada (Bosch, 2022).

Por outro lado, as pinças fixas são montadas rigidamente, com pistões em ambos os lados do disco, sendo utilizadas em motos de alta performance e competições. Apresentam maior rigidez, melhor dissipação de calor e proporcionam uma frenagem mais precisa, embora tenham custo mais elevado e manutenção mais complexa (Brembo, 2023).

Outro tipo bastante utilizado em motos esportivas modernas são as pinças radiais, fixadas perpendicularmente ao eixo da roda, o que proporciona maior rigidez. Elas oferecem melhor sensibilidade e controle na frenagem, mas possuem custo mais alto e compatibilidade limitada a modelos específicos (Brembo, 2023).

Quanto aos materiais utilizados, as pinças podem ser fabricadas em ferro fundido, que é robusto e resistente, mas mais pesado. São comuns em motos de entrada e uso urbano, apresentando durabilidade e baixo custo, porém com menor dissipação de calor. As pinças de alumínio são leves e possuem boa dissipação térmica, sendo indicadas para motos de média e alta performance. Seu custo é mais elevado, mas proporcionam redução de peso e melhor desempenho térmico. Já as pinças feitas com ligas de magnésio são extremamente leves e resistentes, utilizadas em motos de competição de alto nível. Embora ofereçam máxima redução de peso e excelente desempenho, apresentam alto custo e menor durabilidade para uso cotidiano (Bosch, 2022).

6.3 Discos de freios

O disco de freio é um componente essencial no sistema de frenagem de motocicletas, influenciando diretamente na eficiência e segurança durante a pilotagem. Diversos fatores, como tamanho, geometria, material e espessura, impactam seu desempenho. As características dos discos de freio são o tamanho do disco, que proporcionam maior área de contato com as pastilhas, resultando em melhor dissipação de calor e maior potência de frenagem, geometria design do disco, incluindo perfurações, ranhuras ou ventilações, auxilia na dissipação de calor, remoção de detritos e gases, além de melhorar a performance em condições adversas, como chuva. As espessuras dos Discos mais espessos tendem a ser mais duráveis e resistentes a deformações térmicas, porém adicionam peso ao conjunto. A escolha do material afeta diretamente a eficiência térmica, durabilidade e custo do disco. (Wilson, 2003).

6.3.1 Materiais comuns em discos de Freio

Os materiais mais comuns nos desenvolvimentos dos discos de freios são descritos por fundido, amplamente utilizado devido ao seu baixo custo e boa capacidade de dissipação de calor. O aço Inoxidável oferece maior resistência à corrosão e é comum em motos de média e alta performance. O carbono-Cerâmica e encontrado em motocicletas de alto desempenho e competição, proporciona excelente dissipação de calor e redução de peso, porém com custo elevado (Wilson ,2003).

6.3.2 Tipos de discos de Freio

O freio é uma parte essencial para o veículo, afinal, é ele que garante que o automóvel pare de se locomover, assegurando assim mais controle para a direção. Alguns tipos de discos de freio são os discos sólidos simples e econômicos, adequados para motos de baixa cilindrada e uso urbano, discos ventilados que possuem canais internos que melhoram a dissipação de calor, ideais para motos de maior porte ou uso intenso, discos perfurados ou ranhuras eles melhoram a evacuação de gases e água, aumentando a eficiência da frenagem em condições adversas, discos flutuantes permitem pequena movimentação entre o centro e a pista de frenagem, reduzindo tensões térmicas e melhorando a performance em altas temperaturas (Wilson, 2003).

6.4 Kevlar

O Kevlar é uma fibra sintética de alta resistência desenvolvida pela química Stephanie Kwolek na empresa DuPont em 1965. Esse material é conhecido por sua excepcional resistência à tração, sendo cinco vezes mais resistente que o aço em peso equivalente, além de ser leve, flexível e resistente ao calor (Mills; Gilchrist, 1991).

Seu principal uso é em equipamentos de proteção individual, como coletes à prova de balas, capacetes e roupas para motociclistas, além de aplicações industriais e aeroespaciais. No caso dos motociclistas, o Kevlar é amplamente utilizado em calças, jaquetas e luvas, oferecendo proteção contra abrasão em casos de quedas, sem comprometer tanto a mobilidade do usuário.

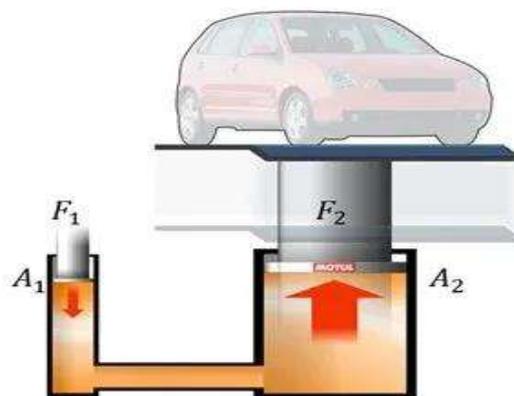
Segundo Hatch (2002), o Kevlar possui uma estrutura molecular com ligações de hidrogênio altamente orientadas, o que garante rigidez e resistência a impactos e cortes. Além disso, Mills e Gilchrist (1991) destacam que o Kevlar mantém suas propriedades mesmo em altas temperaturas, o que o torna ideal para situações de alto atrito, como em acidentes de motocicleta.

6.5 Fluido de freio

O sistema de freios é o principal responsável por diminuir a velocidade de um veículo, sendo essencial para garantir a segurança do condutor, dos passageiros e de outras pessoas no trânsito. Um mau funcionamento desse sistema pode causar acidentes graves (Reimann, 2020).

Existem diferentes tecnologias que podem melhorar a eficiência da frenagem. No caso dos veículos leves, o sistema geralmente funciona com base no atrito entre componentes como o contato entre as pastilhas e o disco de freio, no uso de fluido hidráulico e no Princípio de Pascal. Esse princípio afirma que, em um fluido em equilíbrio, qualquer pressão aplicada em um ponto é transmitida igualmente para todos os outros pontos do fluido. Na figura 11 mostra a ilustração como essa lei da hidrostática se aplica ao funcionamento dos freios:

Figura 11: Lei da Hidrostática



Fonte: <https://www.motul.com>

Quando aplicamos uma força F_1 sobre um êmbolo com área A_1 , é gerada uma pressão P_1 . De acordo com o Princípio de Pascal, essa pressão se espalha igualmente por todo o fluido, chegando ao outro êmbolo com área A_2 , onde também se estabelece uma pressão P_2 , igual a P_1 . Como a área A_2 é maior, a força resultante F_2 também será maior. No entanto, o deslocamento do êmbolo maior será proporcionalmente menor. Esse princípio é utilizado em prensas hidráulicas e no sistema de freios dos veículos (Heinemann, 1996).

Como a força necessária para frear um carro é muito maior do que a força que conseguimos aplicar com o pé, o sistema de freios precisa multiplicar essa força. O fluido hidráulico tem papel essencial nesse processo, pois precisa ser incompressível e resistente às condições extremas de operação (Bosch, 2022).

6.5.1 Tipos de fluido de freios

Os sistemas de freio e embreagem hidráulica utilizam fluidos com diferentes composições: base mineral (LHM), base de silicone ou base glicol. Atualmente, os mais comuns nos carros são os de base glicol, regulamentados pelas normas DOT.

6.5.2 Base silicone

O fluido DOT 5, feito com base de silicone, é pouco utilizado. Ele aparece em algumas aplicações industriais e em certos modelos de motocicletas. Esse tipo de fluido é hidrofóbico, ou seja, não absorve água, e só pode ser usado em sistemas projetados especificamente para ele. Além disso, não pode ser misturado com outros fluidos DOT, como DOT 3, DOT 4, DOT 4 LV ou DOT 5.1 (Bosch, 2022).

6.5.3 Base mineral

O fluido mineral tem mais aplicações que o de silicone, mas ainda é menos comum que o de base glicol. Ele é usado principalmente em máquinas agrícolas, veículos industriais, algumas motos e, no passado, em sistemas hidráulicos de carros da Citroën que exigiam o LHM. Esse fluido não é higroscópico, ou seja, não absorve água (Santos, 2019).

Por isso, se houver entrada de umidade no sistema, essa água ficará isolada, o que pode reduzir o ponto de ebulição para a temperatura da água, aumentando o risco de falhas nos freios especialmente se a manutenção preventiva não for feita corretamente. Outro fator que limita o uso em larga escala dos fluidos minerais é a falta de normas técnicas padronizadas, como as da linha DOT, o que dificulta garantir desempenho e qualidade (Medeiros, 2020).

6.5.4 Fluidos para Freios – DOT 3, DOT 4 e DOT 5.1

O fluido de freio à base de poliglicol, regulamentado pelas normas DOT (Department of Transportation), se tornou tão comum no setor automotivo que, muitas vezes, o próprio nome do fluido já indica o nível de desempenho conforme a classificação DOT.

Essa ampla adoção se deve a algumas características importantes, entre elas:

- **Normas bem definidas:** Os critérios técnicos e as propriedades exigidas são claros e padronizados.
- **Higroscopicidade:** Esse tipo de fluido absorve a umidade do ambiente, o que ajuda a evitar falhas no sistema causadas por contaminação com água.
- **Alto ponto de ebulição:** Isso garante que o fluido continue funcionando mesmo sob altas temperaturas geradas durante a frenagem.

Entre as diferentes classificações DOT, os principais fatores que variam são a temperatura de ebulição e a viscosidade. Esses parâmetros ajudam a definir qual tipo de fluido é mais adequado para cada aplicação. A tabela a seguir (SAE Internacional, 2020) apresenta essas especificações de forma comparativa.

Figura 12: Ponto de ebulição norma DOT

Tipo	Ponto de ebulição seco	Ponto de ebulição úmido	Viscosidade cinemática a -40 °C
DOT 3	205 °C (401 °F)	140 °C (284 °F)	≤ 1500 mm ² /s
DOT 4	230 °C (446 °F)	155 °C (311 °F)	≤ 1800 mm ² /s
DOT 4 LV	250 °C (482 °F)	165 °C (329 °F)	≤ 750 mm ² /s
DOT 5.1	260 °C (500 °F)	180 °C (356 °F)	≤ 900 mm ² /s

Fonte: <https://www.motul.com>

- Ponto de ebulição seco: temperatura de ebulição do fluido livre de contaminação por água, ou seja, quando novo
- Ponto de ebulição úmido: temperatura de ebulição do fluido após ter 3,7% de água absorvida;
- Viscosidade: capacidade do fluido de manter sua fluidez em diferentes temperaturas, essencial para o funcionamento adequado de sistemas como ABS e ESP

Estes são os parâmetros mínimos para atender a norma DOT.

Durante a frenagem, o atrito entre os componentes do sistema gera calor, e parte desse calor é transferido para o fluido de freio. Se a temperatura ultrapassar o ponto de ebulição do fluido, ele pode se transformar em vapor dentro das tubulações, o que compromete a eficiência da frenagem podendo até causar falhas graves. Por isso, em veículos de competição, é essencial utilizar fluidos com altíssima resistência térmica, garantindo maior segurança e desempenho. Esses fluidos costumam ser compatíveis entre si, o que permite, na maioria dos casos, uma atualização para versões de maior performance (Pinto, 2021).

Por exemplo, se o manual do carro recomenda o uso de fluido DOT 4, geralmente é possível substituí-lo por um DOT 5.1, que oferece maior proteção térmica e melhor desempenho. No entanto, é fundamental sempre seguir as orientações do fabricante. Como mostrado na tabela de especificações DOT, alguns produtos, como os da Motul, superam os requisitos mínimos da norma. Um exemplo é o RBF 660,

desenvolvido para competições, que atinge 325 °C de ponto de ebulição a seco e supera os padrões úmidos exigidos para o DOT 4 (Pinto, 2021).

Além da resistência térmica, o fluido de freio precisa ser formulado com aditivos anticorrosivos, ter boa compatibilidade com os materiais do sistema, manter fluidez em baixas temperaturas e apresentar viscosidade estável. Vale lembrar que veículos modernos com sistemas como ABS, ESP ou ASR geralmente exigem fluidos DOT 4 LV, que têm viscosidade mais baixa. Já carros e motos de alta performance costumam usar DOT 5.1, também por conta da baixa viscosidade e do ponto de ebulição mais elevado (Bosch, 2022; SAE, 2020).

6.5.5 O que é a norma DOT

A norma DOT (Department of Transportation) estabelece os padrões técnicos para os fluidos de freio utilizados em veículos automotores, definindo requisitos como ponto de ebulição, composição química e compatibilidade com os componentes do sistema hidráulico. Os principais tipos de fluidos são classificados como DOT 3, DOT 4, DOT 5 e DOT 5.1, cada um com características específicas para atender diferentes demandas de desempenho e segurança. A escolha adequada do fluido conforme a norma é essencial para evitar falhas na frenagem causadas pela vaporização do líquido sob altas temperaturas, garantindo a eficiência e confiabilidade do sistema de freios (Pinto, 2021).

7 TECNOLOGIAS EM MOTOCICLETAS

O avanço tecnológico possibilitou com que as marcas de motocicletas pudessem incorporar recursos que antes era considerado luxo e exclusivos. A conectividade por meio de sistemas como Bluetooth, Apple CarPlay e Android Auto, permitisse que os motociclistas conectem seus smartphones ao painel da moto, acessando mapas de navegação, chamadas e mídias de forma mais segura. Essa integração reduz a distração, uma vez que muitas dessas funções foram desenvolvidas por comando de voz ou botões de navegação no guidão, contribuindo para a pilotagem mais consciente e segura. (Caldeira, 2019)

7.1 Criação da tecnologia de conectividade em motocicletas.

A primeira motocicleta a incorporar tecnologias avançadas de conectividade e integração foi a BMW Motorrad ConnectedRide, lançada em 2015. Esse sistema permitia a integração do smartphone com a motocicleta, oferecendo navegação, comunicação e monitoramento em tempo real. (Silva, 2017.)

Após o avanço da BMW em sistemas de integração de conectividade, a Honda GL 1800 Gold Wing foi a primeira a adotar o Apple Carplay, em 2018, e, desde 2020, oferece também conectividade com o Android Auto em todas as versões do modelo. As atualizações do software podem ser realizadas tanto pelo próprio motorista, em casa, ou até mesmo nas concessionárias. (Calderia, 2019)

Figura 13: Painel Honda GL1800



Fonte: Nakata automotiva

7.2 Tecnologias Semiautônomas em Motocicletas.

Os equipamentos autônomos referem-se a dispositivos e tecnologias que operam de forma independente, sem a necessidade de intervenção humana constante. No motociclismo, esses equipamentos têm ganhado destaque, oferecendo uma série de funcionalidades que aumentam a segurança e eficiência na pilotagem. (Caldeira, 2019).

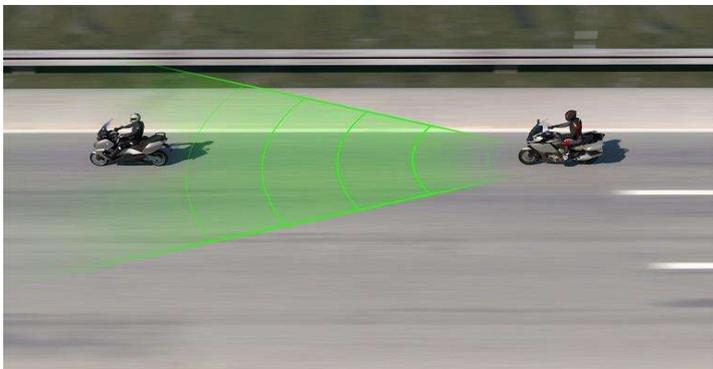
7.3 Assistente de Frenagem de Emergência (AEB)

O assistente de frenagem de emergência utiliza sensores para detectar obstáculos à frente e, caso o piloto não reaja a tempo, aciona automaticamente os freios para evitar uma colisão. Quando o sistema identifica uma desaceleração rápida, ele aumenta a pressão nos freios, permitindo que a motocicleta reduza a velocidade de forma mais eficiente. (Bosch, 2023).

7.4 Controle de Cruzeiro Adaptativo (ACC)

O ACC (Controle de Cruzeiro Adaptativo) foi desenvolvido em parceria entre o Grupo BMW e Bosch. O equipamento oferece muito mais conforto, especialmente em longas viagens, por controlar a velocidade da moto de acordo com a distância selecionada pelo piloto em relação ao veículo que segue à frente, inclusive outras motos. O comando por ser facilmente ajustado por meio de botões localizados no guidão da motocicleta. (Bosch, 2020).

Figura 14: Distância selecionada entre veículos.



Fonte: Universo Motor,2020

Figura 15: Controle de cruzeiro adaptativo.



Fonte: Universo Motor,20206

8 CONCLUSÕES

A evolução dos sistemas de segurança nas motocicletas fala sobre um compromisso com a proteção dos motociclistas e a redução de acidentes. Com a introdução de faróis e capacetes, e as inovações tecnológicas mais recentes, como os sistemas ABS e dispositivos vestíveis. A implementação de equipamento de proteção, como capacetes, luvas e sistemas de freios avançados, tem sido fundamental para diminuir os riscos associados à pilotagem.

Os sistemas de freios, desempenham um papel crucial na segurança, para a desaceleração e parada segura das motocicletas. A compreensão dos princípios físicos que reagem a dinâmica das motocicletas, como o equilíbrio dinâmico e a força centrípeta, que é vital para a pilotagem segura. A manutenção adequada dos sistemas de freios e a adoção de práticas preventivas são fundamentais para garantir a qualidade dos sistemas e a segurança dos motociclistas. Sistemas de segurança como ABS, CBS e controle de tração têm ganhado espaço e contribuído para uma pilotagem mais segura, especialmente em áreas urbanas com alto risco de acidentes. Ao mesmo tempo, avanços em eficiência, como a injeção eletrônica e o desenvolvimento de modelos elétricos, refletem uma preocupação crescente com economia de combustível e sustentabilidade.

A segurança nas motocicletas é um aspecto que evolui constantemente, sempre havendo novas inovações tecnológicas e pela conscientização sobre a importância da proteção. O conjunto de equipamentos de segurança, sistemas de frenagem e a educação dos motociclistas são essenciais para promover um trânsito mais seguro e para reduzir os números de acidente, contribuindo para um futuro mais seguro pelas vias de trânsito.

Embora o fator preço ainda seja determinante para grande parte dos consumidores, observa-se uma tendência gradual de valorização da tecnologia, principalmente entre os que buscam mais conforto, segurança e economia no uso diário. Com o avanço contínuo da inovação e a ampliação da oferta de modelos tecnologicamente mais avançados, é provável que essa influência se intensifique nos próximos anos, moldando um novo perfil de consumidor no setor motociclístico brasileiro.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Rodrigo P. Sistemas de iluminação automotiva: fundamentos e aplicações. São Paulo: Editora Mobilidade, 2019.

ANFAVEA. Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores. Manual técnico de segurança veicular. São Paulo, 2022.

BITTENCOURT, Eduardo. *Freios automotivos: fundamentos, diagnóstico e manutenção*. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2020.

BOSCH. O que é Substituição de Sistema de Freio com Pinças Flutuantes de Moto e para que serve. *Imprensa Velox Wheels*, 2022. Disponível em: <https://imprensavw.com.br/motos/glossario/o-que-e-substituicao-de-sistema-de-freio-com-pincas-flutuantes-de-moto-e-para-que-serve/>. Acesso em: 10 jun. 2025.

BOSCH. Sistema de freio Bosch – manutenção e reparo profissional. *Rede 47 Automotive*, 2023. Disponível em: <https://www.rede47.com.br/oficina-mecanica/sistema-de-freio-bosch/>. Acesso em: 10 jun. 2025.

BOSCH. *Tecnologia de segurança em motocicletas – sistema ABS*. Stuttgart: Bosch Press, 2020.

BRASIL. Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997. Institui o Código de Trânsito Brasileiro. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9503.htm. Acesso em: 9 jun. 2025.

BRASIL AUTOPARTS. Tipos de pastilhas de freio e suas aplicações. Disponível em: <https://brasilautoparts.com.br>. Acesso em: 10 jun. 2025.

BREMBO. *Guia técnico de freios para motocicletas: componentes, materiais e aplicações*. Curno: Brembo S.p.A., 2023. Disponível em: <https://www.brembo.com>. Acesso em: 16 jun. 2025.

CALMON, Fernando. *Segurança sobre duas rodas: novas tecnologias no Brasil*. São Paulo: Editora Auto Esporte, 2020.

CALDEIRA, Ricardo. Honda Gold Wing: conectividade e tecnologia de ponta sobre duas rodas. *Revista Duas Rodas*, 2019. Disponível em: <https://www.revistaduasrodas.com.br/honda-gold-wing-conectividade-e-tecnologia/>. Acesso em: 10 jun. 2025.

CONZI, Daniel. *Manual de segurança para motociclistas: equipamentos e direção defensiva*. Porto Alegre: Editora Motus, 2013.

COSTA, João. Situações que causam danos às pastilhas de freio. *Revista Reparação Automotiva*, São Paulo, 23 jul. 2024. Disponível em: <https://reparacaoautomotiva.com.br/2024/07/23/situacoes-que-causam-danos-as-pastilhas-de-freio>. Acesso em: 10 jun. 2025.

DENATRAN. Manual Brasileiro de Fiscalização de Trânsito. Brasília: Ministério da Infraestrutura, 2021.

DIULGHEROGLO, T. *Física aplicada ao cotidiano*. São Paulo: Moderna, 2010.

FERREIRA, Daniel M. *Tecnologias de segurança para motociclistas*. São Paulo: Editora RideSafe, 2021.

GIANNETTI, Bruno. *Dinâmica de motocicletas*. São Paulo: Mecatrônica Press, 2014.

GOMES, Renato A. *Acidentes de trânsito e equipamentos de proteção individual*. Belo Horizonte: TecMotos, 2018.

HATCH, Kathryn. *Textile Science*. 2. ed. New York: West Publishing Company, 2002.

HEISERMAN, David L. *Automotive Technology: Principles, Diagnosis, and Service*. New York: Delmar, 1996.

HELLA. *Sistemas de freio: falhas, causas e soluções técnicas*. 2024. Disponível em: <https://www.hella.com>. Acesso em: 16 jun. 2025.

HONDA MOTORS. *Sistema CBS e sua aplicação em motocicletas*. Manual Técnico. São Paulo: Honda, 2019.

INJESAN. Dicas para identificar desgaste de freios. Disponível em: <https://injesan.com.br>. Acesso em: 10 jun. 2025.

LEITE, Leandro. Saiba identificar sinais de desgaste do sistema de freio. *Revista O Mecânico*, São Paulo, 12 set. 2024. Disponível em: <https://omecanico.com.br/saiba-identificar-sinais-de-desgaste-do-sistema-de-freio/>. Acesso em: 17 jun. 2025.

LOBO, João. *Manual de sistemas de freios: funcionamento, diagnóstico e manutenção*. São Paulo: Érica, 2018.

MARACCINI, Matheus. *Tecnologia e proteção no motociclismo moderno*. Rio de Janeiro: RideTech, 2022.

MEDEIROS, Carlos A. *Fluidos hidráulicos e suas aplicações industriais*. Rio de Janeiro: Editora Técnica, 2020.

MILLS, N. J.; GILCHRIST, A. The effectiveness of motorcycle protective clothing. *Accident Analysis & Prevention*, v. 23, n. 2-3, p. 153–166, 1991.

MOTUL. Guia técnico de fluidos para freios. Disponível em: <https://www.motul.com>. Acesso em: 10 jun. 2025.

OLIVEIRA, Marcos A. *Manutenção preventiva de freios em veículos de duas rodas*. Belo Horizonte: Editora Técnica, 2019.

PEREIRA, Vitor. *Aerodinâmica de motos de alta performance*. Curitiba: AutoTech, 2018.

PINTO, D. *Sistemas de freios em motocicletas: análise técnica*. Porto Alegre: Bookman, 2021.

PONTO BRANCO. Como identificar ruídos no sistema de freios, 2023. Disponível em: <https://pontobranco.com.br>. Acesso em: 10 jun. 2025.

REIMANN, Amanda. *Freios: como funciona o principal sistema de segurança do carro*. UOL Carros, 2020. Disponível em: <https://www.uol.com.br/carros>. Acesso em: 16 jun. 2025.

SAE INTERNACIONAL. Especificações técnicas de fluidos de freio DOT. *Motul Expert*, 2020. Disponível em: <https://api.motulexpert.com.br/uploads/dot-51.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2025.

SANTOS, Ricardo L. *Pastilhas de freio: tipos, materiais e aplicações*. Rio de Janeiro: ProtecMotos, 2020.

SANTOS, E.; ARAÚJO, M. *Tecnologia e segurança veicular*. Salvador: Edufba, 2019.

SILVA, João P. *Freios automotivos: teoria e manutenção*. Rio de Janeiro: Editora Técnica, 2020.

SILVA, André L. *Capacetes de motocicleta: construção, segurança e regulamentações*. Rio de Janeiro: Protec Motos, 2020.

SILVA, Marcos. *BMW ConnectedRide: conectividade e inovação sobre duas rodas*. *Blog Eurobike*, 2017. Disponível em: <https://loja.eurobike.com.br/blog/conheca-o-connectedride-navigator-da-bmw-motorrad.html>. Acesso em: 10 jun. 2025.

TIPLER, Paul A.; MOSCA, Gene. *Física para cientistas e engenheiros*. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

WILSON, Jack Erjavec. *Automotive Technology: A Systems Approach*. 4. ed. Albany: Delmar, 2003.