
COMPARATIVO PASTILHAS DE FREIO METÁLICAS X PASTILHAS DE FREIO CERÂMICAS

Andrigo da Rosa^a, Kleiton Guareze^a, Lucas Merlin Meggiolaro^a, Paulo Ricardo Godois^a, Rafael Martins^a, Igor Luiz Penso^{a*}

a) Centro Universitário da Serra Gaúcha - FSG

Informações de Submissão

* Autor correspondente (Orientador)
Igor Luiz Penso, endereço: Rua Os Dezoito
do Forte, 2366 - Caxias do Sul - RS - CEP:
95020-472

Palavras-chave:

Pastilhas de freio. Metálica. Cerâmica.
Automóveis. Disco.

Resumo

O artigo é sobre uma comparação geral da diferença entre a pastilha de freio metálica e a cerâmica, tendo por base, uma breve apresentação da década na qual começaram a usar o freio por pastilha, apresentando quais tipos de pastilha de freio existentes no mercado, especificando cada uma delas, detalhando qual a composição da pastilha de freio metálica e cerâmica, também mostrando qual a diferença entre elas, qual função cada uma tem maior performance, e qual a mais utilizada no dia a dia. Esta pesquisa foi realizada coletando dados da internet, artigos sobre os assuntos de freios, mas nada específico sobre pastilha metálica e cerâmica. Ao nosso ver a pastilha de freio cerâmica é muito mais eficiente comparada a metálica assim dando maior segurança, gera menos ruído, dando mais conforto aos passageiros do veículo, tendo como principal ponto contra o custo elevado.

1 INTRODUÇÃO

Componente do sistema de freio composto por uma placa metálica de fricção à base de resina, fibras sintéticas e partículas metálicas, que envolve o disco de freio. Quando o pedal do freio é acionado, o circuito hidráulico aciona as pastilhas estas quais comprimem o disco proporcionando a frenagem. Atualmente, o amianto, muito utilizado antigamente nos componentes dos freios, por ser considerado um material poluente e nocivo à saúde, vem sendo substituído no mundo todo por materiais alternativos que não prejudicam nem o desempenho nem a durabilidade das pastilhas e lonas. As pastilhas de freio podem ser compostas por materiais orgânicos, semi-metálicos, metálicos ou cerâmicas. Cada material tem diferentes características que afetam o coeficiente de atrito, a durabilidade da pastilha e do disco de freio, assim como o barulho e o pó gerados na frenagem, entre outros, nesta APS o foco será em pastilhas metálicas e cerâmicas.



Imagem 1: Pastilhas de Freio Cerâmicas

Fonte: www.bosch.com.br



Imagem 2: Patilhas de Freio Metálicas Fonte:

www.bosch.com.br

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 História dos Freios

No início, o sistema de frenagem era muito precário e simplificado se comparados com os modelos atuais. Com o surgimento das primeiras bicicletas, o método para se frear era simplesmente colocando o calçado entre o garfo e a roda da mesma.

O ferreiro escocês Kirkpatrick Macmillan em 1838, criou o conceito de pinçar contra a roda, onde a alavanca exercia compressão em um bloco de madeira com eventuais tiras de couro contra o pneu da bicicleta, atualmente é contra o aro. Os primeiros veículos utilizavam este conceito, porém existiam problemas, pois o atrito era concentrado em uma pequena superfície, forçando a roda ou as roldanas e retardando em muito a parada do veículo.

Por volta de 1900, o francês Louis Renault, contribuiu com uma significativa melhoria introduzindo o freio a tambor por expansão interna, ainda usado atualmente.

Os primeiros carros só tinham freios traseiros, pois se acreditava que freios dianteiros causariam instabilidade e desvio. Mas na verdade ocorre o oposto e na década de 1920 surgem freios nas quatro rodas. Também nesta época surgiram vários dispositivos para ampliar e assistir a força muscular do condutor para acionar os freios. Dentre elas, surgiu a ideia de assistência gerada pelo vácuo do motor, utilizada atualmente. Além disso, foi montado os primeiros carros com assistência hidráulica em 1921 pela Dusenber e depois pela Chrysler.

Os freios a tambores apesar de serem revolucionários, tinham problemas com a dissipação de calor em altas velocidades e perda de eficiência em poças de água. Assim, surgem os freios a discos montados inicialmente no Crosley em 1948. Seu conceito inicial foi idealizado em meados de 1890, e em 1898, uma das primeiras versões foram utilizadas por Elmer Ambrose Sperry num carro elétrico onde a pastilha era forçada contra o disco por meio eletromagnético. Os carros ingleses e franceses começaram a serem produzidos com discos de freio em escala industrial nos anos de 1950 e os americanos em 1960.

A atual combinação de discos na dianteira e tambores na traseira trouxe melhorias para o desempenho da frenagem e foi seguida de um dispositivo para controlar de modo variável a pressão exercida nos freios traseiros de acordo com a distância entre chassi e eixo. Este conceito, denominado de válvula sensível a carga, foi introduzido nos anos de 1970 pela Fiat.

Por último, um conceito que melhorou significativamente a frenagem em carros

comuns foi o ABS (Anti-lock Braking System). Originalmente desenvolvido para aviões, a patente da versão mecânica foi apresentada nos anos 1920 e nos anos 1970 surgiram as versões eletrônicas que monitoram a velocidade de cada roda, e quando uma delas reduz a velocidade são acionados pulsos de pressão hidráulica prevenindo o travamento da roda.



Imagem 3: Eventos importantes na história da frenagem automotiva Fonte: SIMTH, C., EngineertoWin, MBI, 2001

2.2 Tipos de Pastilhas de Freio

Orgânica: Feitas a base de celulose e resina fenólica. Antigamente se utilizava as besto (amianto) para melhorar as propriedades em altas temperaturas, mas atualmente esse material está proibido por ser cancerígeno. Tem um razoável coeficiente de atrito sob baixos esforços e baixas temperaturas de operação. Desgastam pouco o disco de freio, são baratas e quase não produzem barulho. Por outro lado, desgastam-se mais rápido e se degeneram sob alta temperatura (vitrificam). São mais indicadas para uso urbano, sem compromisso com alto desempenho.

Semi-Metálica: Estas pastilhas têm, tipicamente, latão, ferro e/ou alumínio adicionados em diferentes proporções à resina, de forma a incrementar suas características em altas temperaturas e a resistência mecânica do composto. Em relação às orgânicas, tem um custo pouca coisa superior – largamente compensado pela maior durabilidade, eficiência e sensibilidade. Geram pouco ou nenhum desgaste adicional no disco de freio, mas são mais ruidosas que estas.

Metálica: São parentes próximas das semi-metálicas. Levam uma carga maior de pó metálico para se adequarem às exigências de alto desempenho, mantendo os mesmos benefícios e qualidades. Assim como as semi-metálicas, estas têm longa vida útil e proporcionam frenagens mais progressivas e consistentes

Sinterizada: Estas pastilhas são feitas de uma mistura de metais em pó, tipicamente alumínio, bronze, cobre, ferro e cerâmicas - estes últimos voltados para altas temperaturas,

moldada em alta temperatura e pressão de forma que se torna um bloco sólido e homogêneo. Podem ser formuladas para funcionarem melhor a baixas, médias ou altas temperaturas, porém usualmente tem comportamento apenas mediano quando frias. Também dependendo de sua composição podem ser mais ou menos agressivas a disco.

Cerâmica: Além de não sujar a pinça de freio e a roda com fuligem, este material proporciona grande potência de frenagem (mas com menor linearidade que a de carbono) e alta durabilidade da pastilha com o mesmo desgaste do disco de freio oferecido pelas organometálicas. Assim como a de carbono, esta pastilha gera muito calor na pinça de freio e tem um escudo térmico no seu verso. Também é recomendável usar fluido de freio.

3 METODOLOGIA

3.1 Extração e produção dos materiais cerâmicos

Grande parte das matérias-primas utilizadas na indústria cerâmica tradicional é natural, encontrando-se em depósitos espalhados na crosta terrestre. Após a mineração, os materiais devem ser beneficiados. O processo de fabricação, propriamente dito, tem início somente após essas operações. As matérias-primas sintéticas geralmente são fornecidas prontas para uso, necessitando apenas, em alguns casos, de um ajuste de granulometria. Os materiais cerâmicos geralmente são fabricados a partir da composição de duas ou mais matérias-primas, além de aditivos e água ou outromeio.

Raramente emprega-se apenas uma única matéria-prima. Dessa forma, uma das etapas fundamentais do processo de fabricação de produtos cerâmicos é a dosagem das matérias-primas e dos aditivos, que deve seguir com rigor as formulações de massas, previamente estabelecidas.

Existem diversos processos para dar forma às peças cerâmicas, e a seleção de um deles depende fundamentalmente de fatores econômicos, da geometria e das características do produto.

Os métodos mais utilizados compreendem: colagem, prensagem, extrusão e torneamento. O processamento térmico é de fundamental importância para obtenção dos produtos cerâmicos, pois dele dependem o desenvolvimento das propriedades finais destes produtos. Esse tratamento compreende as etapas de secagem e queima. Nessa operação, conhecida também por sinterização, os produtos adquirem suas propriedades finais. As peças, após secagem, são submetidas a um tratamento térmico a temperaturas elevadas, que para a maioria dos produtos situa-se entre 800 °C a 1700 °C, em fornos contínuos ou intermitentes

O ciclo de queima, dependendo do tipo de produto, pode variar de alguns minutos até vários dias. Durante esse tratamento ocorre uma série de transformações em função dos componentes da massa, tais como: perda de massa, desenvolvimento de novas fases cristalinas, formação de fase vítrea e a soldagem dos grãos. Portanto, em função do tratamento térmico e das características das diferentes matérias-primas são obtidos produtos para as mais diversas aplicações. Normalmente, os cerâmicos tradicionais são obtidos a partir de três componentes básicos, a argila (silicato de alumínio hidratado ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$) com aditivos) a sílica (SiO_2) e o feldspato ($\text{K}_2\text{OAl}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$).

As telhas, tijolos, a porcelana, louça sanitária e moldações cerâmicas são exemplos de aplicação deste grupo de materiais. As microestruturas destes materiais são, em geral, polifásicas, pelo que as suas propriedades dependem fortemente das percentagens das diferentes fases, assim como da sua forma e distribuição. Na figura 3 pode observar-se uma micro estrutura deste tipo (moldação cerâmica para vazamento de uma liga metálica). Deve referir-se que a preparação de amostras cerâmicas para análise material gráfica exige a utilização de técnicas adequadas, uma vez que a sua elevada dureza e fragilidade tende a originar elevadas taxas de arrancamento dos grãos ("pull-out") durante o polimento.

Por outro lado, a sua elevada resistência à corrosão exige reagentes químicos extremamente corrosivos e concentrados, o que leva a cuidados redobrados no seu manuseamento. Alguns casos são utilizados ataques térmicos, que embora de menor risco são mais demorados.



Imagem 4: Extração de cerâmica

Fonte: <http://www.ceramica6.com.br/materia-prima-ceramica6.php>

3.2 Utilização da cerâmica na indústria automobilística

Após o fim da Segunda Guerra Mundial, os países centrais começaram a priorizar seus programas de pesquisa e desenvolvimento a área de matérias, isso foi estimulado pela descoberta dos polímeros, novas ligas metálicas e novos materiais cerâmicos, o surgimento

desses materiais impulsionou o desenvolvimento de diversos segmentos industriais de transformação graças a suas propriedades peculiares.

Dentre as mudanças sofridas por algumas das empresas do setor de autopeças no que concerne a avanços na renovação técnico-organizativa, está o uso de novos materiais, notadamente o plástico, mas também materiais cerâmicos, novas ligas mais resistentes, etc...

Na indústria automobilística é cada vez mais extensivo o uso da metalurgia do pó (processo também utilizado para a obtenção de matérias cerâmicas), para fabricação de peças mecânicas e partes estruturais, simplificando os trabalhos de montagem pela redução das operações de usinagem nas montadoras. Enfim os metais se tornaram também mais leves e eficientes para as novas funções que vêm sendo incorporadas a cada novo modelo de automóvel, já os materiais cerâmicos, para funções mecânicas está bem mais atrasado do que se era esperado a alguns anos atrás, apesar de ser empregada desde os anos 1920 na fabricação de velas de ignição e rotores dos motores elétricos de veículos, elas aguardam ainda desenvolvimentos que as tornem técnica e economicamente utilizáveis na produção em série. A dificuldade na fabricação de peças de material cerâmico tem sido o grande obstáculo para a utilização destes materiais na indústria automobilística, aproximadamente 30 partes automobilísticas (de um total de 15.000) são feitas de cerâmicas.

Veículos baseados em materiais cerâmicos não deverão estar disponíveis no mercado, em um futuro previsível, mas o uso de componentes cerâmicos deve continuar aumentando de forma lenta e contínua. As aplicações deverão ser em componentes eletrônicos, sensores químicos, turbo carregadores e catalisadores. Aplicações estruturais, segundo tudo indica, serão introduzidas em um ritmo muito mais lento do que foi imaginado nos anos 1970.

Onde a Metalurgia do Pó é empregada



Imagem 5: Elementos de um automóvel fabricados por metalurgia do pó
Fonte: SIMTH, C., EngineertoWin, MBI, 2001

3.3 Componentes de cerâmica encontrados nos automóveis

Para muitos fabricantes, a cerâmica é o material cuja aplicação mais vai crescer nos próximos anos dentro da indústria automobilística, sendo os motores mais beneficiados com estes materiais. As peças internas feitas desse material vão precisar de menos lubrificação, durar mais e ser mais leves que as similares de ferro e alumínio. Por serem mais resistentes às altas temperaturas que as feitas de metal, são mais estáveis e não se deformam nem dilatam quando em condições críticas de uso, além disso, o calor dissipa melhor nas peças cerâmicas que nas metálicas, o que é importante em componentes que sofrem atritos severos, como é o caso dos discos de freio.

Para que apresentem essas características, as modernas cerâmicas de engenharia têm em suas fórmulas alumina, sílica, titânio, areia, feldspato e zircônia. Esses elementos, combinados, formam o composto cerâmico, que tem ainda mais uma vantagemem relação

aos metais. É a flexibilidade, que possibilita a manufatura de peças complexas com precisão.

Existem ainda as espumas cerâmicas, que podem ser utilizadas em filtros e catalisadores. Na lista de peças de cerâmica que já estão sendo testadas, além destes últimos estão ainda os anéis, válvulas, pistões, camisas (o revestimento interno dos cilindros, quando este pode ser removido), polias até mesmo componentes grandes, como cabeçotes e blocos de motores. Problemas como as altíssimas temperaturas a que pistões e cilindros estão expostos, (sem falar no atrito, ataque dos combustíveis e gases resultantes da queima do combustível), são contornados com o uso de silício monocristalino.

Assim como outros tipos de cerâmica, a que tem por base o silício é dura, leve, tem baixo coeficiente de atrito e dilatação e é ainda mais resistente às altas temperaturas. Para ter ideia das vantagens desse material, no caso dos blocos de motor, estes não precisariam de lubrificação e refrigeração, suprimindo bombas de óleo, filtros, radiador, bomba de água, mangueiras e demais agregados. Então, o que impede as fábricas de começar a fabricar esses componentes? Em uma palavra, o custo.

Na verdade, este ainda é um material difícil de ser trabalhado, o que o torna caro. O pó de silício deve ser comprimido sob altas temperaturas, cozido e depois curado. A peça leva mais tempo para ser feita que outra de metal. Em compensação, ela pode ter eventuais rebarbas removidas e receber acabamento mais rapidamente.

Estudos avançados apontam para a viabilidade da fabricação de blocos e demais componentes, dependendo apenas do volume de produção, uma vez que a matéria-prima, o silício, é abundante e barata. Assim, as válvulas de cerâmica (que hoje já equipam os motores de carros da Fórmula 1) poderiam deixar de ser um luxo tecnológico de grandes equipes de competição e passar a equipar até mesmo os carros populares.



Imagem 6: Motor F1 Ferrari, todos os avanços tecnológicos de carros de rua tem como “testes” a F1
Fonte: www.Ferrari.com

3.4 Sistema de frenagem

Para quem achava que depois dos caríssimos discos de freio de carbono usados em

carros de competição não havia mais novidade, atenção. Muito mais eficientes que os tradicionais discos fabricados em ferro fundido, os discos de cerâmica já equipam carros de séries especiais da Porsche e Mercedes. O emprego da cerâmica em freios de veículos não chega a ser uma novidade. Quem segura um avião caça que toca o convés de um porta aviões a 240 km/h e tem que pararem menos de cem metros, ainda que com a ajuda de um gancho? São eles, os freios com discos de cerâmica.

O princípio continua o mesmo: os discos são "agarrados" por pastilhas e freiam o veículo. O que muda é o material de fabricação dos discos e pastilhas. Como o coeficiente de atrito da cerâmica é maior do que o de ferro fundido, a distância necessária para parar é menor. Veja o exemplo do Porsche 911 Turbo: de 240 km/h a zero, o carro equipado com freios de cerâmica ganha 11 metros em cada segundo de freada. Um ganho de eficiência de 25% em relação a outro equipado com discos de ferro. O material cerâmico consegue atuar de forma contínua, suportando o calor gerado durante o processo de frenagem.

Assim, ele é mais resistente ao fading, fenômeno que ocorre quando os freios são exigidos durante um tempo prolongado. Com o uso contínuo do pedal, o sistema superaquece e a distância para imobilizar o carro fica cada vez maior. Isso não é problema para os discos cerâmicos, que podem atingir cerca de 1400 graus. E, na chuva, as pastilhas, também de um composto cerâmico, mantêm a eficiência, pois não absorvem água.

Mas as vantagens não terminam aí. Os discos cerâmicos são bem mais leves que os de ferro fundido o peso do Porsche Turbo, por exemplo, é aliviado em vinte quilos quando equipado com eles. Sua durabilidade também é muito maior: em testes, eles chegaram aos 300000 quilômetros de vida útil, enquanto as pastilhas resistem a 60000 quilômetros. Convém não confundir com material de que são feitos os novos freios com a cerâmica vista no dia-a-dia, nos azulejos, nos pisos e nas louças. Estamos falando de um material de altíssima tecnologia, cuja base é feita de oxigênio, nitrogênio, carbono, boro e silicone, além de metais como alumínio, zircônio e titânio. Durante o processo de fabricação, os metais são transformados em um pó finíssimo e queimados à temperatura de 1700 graus, transformando-se em cerâmica "técnica", muito mais estável e resistente do que a que é obtida a partir da argila ou do barro, queimado em fornos de alta temperatura. Comparado aos discos de fibra de carbono empregados em carros de competição, o material cerâmico leva vantagem em dois aspectos.

Apesar do preço alto (o conjunto dianteiro da Mercedes custa 6000 dólares), o material cerâmico é ainda bem mais acessível que o de carbono. E apresenta um comportamento eficiente mesmo quando frio, enquanto o de carbono só atua plenamente quando atinge altas temperaturas. O alto custo da peça, devido à tecnologia necessária para

sua fabricação, impede, pelo menos por enquanto, que o equipamento seja "democratizado". Submetidos a temperaturas altíssimas durante a produção, esses discos podem se deformar no "nascimento". É natural que a novidade seja utilizada em modelo sem que o emprego desse sistema não pesa tanto no preço final do carro. Como o Porsche 911 Turbo, que é oferecido com os discos de cerâmica opcionais (denominado pela empresa de Porsche Ceramic Composite Brakes), e o Mercedes CL55 AMG F1 Limited Series, equipado com os C-Brakes.



Imagem 7: Porsche 911 Carrera Turbo

Fonte: www.Porsche.com



Imagem 8: Disco de freio e pastilhas de cerâmica Porsche 911 Carrera Turbo

Fonte: www.Porsche.com

3.5 Características de modelos metálicos

Existem dois tipos de pastilhas metálicas: metálico-inferior e Semi-Metálica. O modelo metálico-inferior contém apenas um mínimo montante, de 10 a 30 por cento, de aço ou cobre, de forma que produzem menos ruído e poeira do que o tipo semi-metálicas, mas mais do que pastilhas de freio de cerâmica. Os modelos semi-metálicas contêm mais metal-30 a 65 por cento - e mais tipos de metais, tais como arame de aço cortado ou lã, cobre, ferro ou pó de grafite misturados com enchimentos inorgânicos.

Este tipo de pastilha de freio é mais ruidoso, desgasta os discos de freio mais rapidamente e pode não oferecer um desempenho do freio durante temperaturas mais frias tão

bom quanto pastilhas de cerâmica ou modelos metálico-inferior. No entanto, é mais durável do que os outros dois e tem uma boa transferência de calor.

3.6 Materiais para Construção de Pastilhas de Freio Metálicas

Pastilhas de freio usualmente são feitas de materiais compósitos, conforme mencionado anteriormente. Nesta seção, serão detalhados os diferentes materiais que podem ser usados para confecção dessas importantes peças de frenagem. O processo de fabricação é geralmente a compactação a quente, e são utilizados de 10 a 20 componentes diferentes. É necessário que se tenha os seguintes componentes

- **Aglutinante:** responsável por manter a estrutura unida formando uma matriz termicamente estável. Geralmente são usadas resinas fenólicas termofixas. A adição de borracha promove um maior umedecimento da matriz.

- **Materiais Estruturais:** promovem resistência mecânica. Podem ser usados metais, carbono, vidro e/ou fibras de kevlar. Raramente são usados outros materiais.

- **Enchimento:** provem uma facilidade para a manufatura e preenchem espaço sem altos custos. Podem ser utilizados, por exemplo, mica, vermiculita ou sulfato de bário.

- **Aditivos para atrito:** são utilizados alguns materiais para promover melhor condição de atrito na interface pastilha-disco. Lubrificantes sólidos como o grafite são utilizados para promover uma estabilidade do coeficiente de atrito em altas temperaturas. Partículas abrasivas como silício e alumínio também ajudam a aumentar o coeficiente de atrito. A adição do silício ainda promove uma superfície de contato mais aderente, pois remove óxidos e outros filmes de superfície do disco.

A respeito do material para fabricar um disco de freio, o ferro fundido cinzento representa a melhor das opções. Com uma composição de 3 a 4 % de carbono, possui grafita livre na forma de veios em uma matriz perlítica. Possui boas propriedades para dissipação térmica, satisfatória resistência ao desgaste, resistência mecânica suficiente, é barato e relativamente fácil de se fabricar por fundição.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1 Análise Pastilhas de cerâmica x Pastilhas metálicas

4.2 Vantagens das pastilhas de cerâmica:

Estética:

Como as pastilhas de cerâmica não tem componentes metálicos, elas não soltam

aquele pó preto que suja toda a roda.

Durabilidade:

O conjunto pastilha e disco de cerâmica tem durabilidade e resistência muito maiores que as metálicas.

Ruídos:

Pastilhas de cerâmica tornam a frenagem muito mais silenciosa.

Desempenho:

Suportam altíssimas temperaturas sem deformidades. Assim, trabalham melhor o efeito que chamamos de fading, que é a perda de eficiência com o uso do freio por tempo prolongado.

Possuem um maior coeficiente de atrito que as pastilhas metálicas. Por isto, o carro percorre menos distância até parar.

Chuva:

Mantém a eficiência quase total, pois não absorvem água.

4.3 Desvantagens das pastilhas de cerâmica:

O preço elevado, que não permite a “democratização” delas no Brasil.

Além disto, em muitos carros, é necessário que as pastilhas de cerâmica também acompanhem um disco de cerâmica, para otimizar seu funcionamento.

4.4 Vantagens das pastilhas metálicas:

Preço:

As opções variam muito: são vendidas desde pastilhas baratas e de baixa qualidade, até pastilhas com custo elevado e de altíssima qualidade.

Manutenção:

Qualquer oficina de autopeças do País tem conhecimento e estoque destas peças.

Ruídos:

Pelo barulho, é possível identificar se está na hora de substituí-las.

4.5 Desvantagens das pastilhas metálicas:

Como possui inúmeras opções no mercado, muita gente opta pelas mais baratas, o que acaba prejudicando a eficiência do sistema de freios. Deixam as rodas muito sujas, poissoltam aquele pó preto.

Exige a manutenção frequente. Dependendo do uso, é necessária a sua substituição a

cada 10 mil km.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A cerâmica é um material utilizado desde a pré-história, tendo várias finalidades de uso, sendo ainda fundamental para a sociedade mesmo em tempos modernos, recentemente foi descoberto que pode substituir metais na indústria automobilística, devido a sua grande resistência mecânica a compressão e ao desgaste além de ser um material refratário.

Como podemos perceber, as pastilhas de cerâmica são a melhor opção, mas não se iluda, não é o mesmo material utilizado para a construção de casas, porcelanatos e pisos, tal material é oriundo de muita pesquisa e alta tecnologia empregada na formula 1 e NASA. Realmente, o preço elevado acaba sendo o problema. Mas, se colocarmos na balança, percebemos que elas possuem duração maior (vida útil), então o preço praticamente se equipara, também temos que pensar que, como seu desempenho é melhor, cada centímetro diminuído na hora da frenagem pode ser decisivo entre um susto e um acidente.

Devemos levar em conta que existem inúmeros tipos de carros e cada um com um tipo de freio específico que desempenham melhor a sua função, por isso sempre devemos prestar atenção nas especificações do fabricante na hora da revisão periódica, se respeitamos os parâmetros para maior segurança e manter a originalidade do veículo, prevista no projeto inicial da engenharia.

6 REFERÊNCIAS

LIMPERT, RUDOLF, **Brake Design and Safety**, 2ªed., SAE International, 1999.

NORTON, ROBERT L., **Projeto de Máquinas**, 2ªed., Bookman, 2004.

SHIGERU, M. F., **Freios**, UNIFEI, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR-6143, Pastilhas de Freio a Disco. Determinação do Atrito e Desgaste Através da Bancada de Ensaio **Krauss**.

SANTOS, ALIANDRO H. C., Avaliação do Desempenho de Pastilhas Automotivas Nacionais, Tese de mestrado, FEM/UNICAMP, 2005.

Jr., William D. Callister – **Ciências e Engenharia de Materiais: Uma Introdução**– 5ªed. LTC editora.

Chiaverini, Vicente – **Tecnologia Mecânica, Materiais de Construção Mecânica**– Volume III – 2ª ed. Editora Afiliada.

BERG, E.A.T. (1989). **Matéria-prima versus processamento**. In: II ENOMAT – Encontro Estadual sobre Novos Materiais, Rio de Janeiro, RJ, agosto de 1989.

FIAT. **Apostila automotiva Fiat ano 2000** : freios. 2000.

FORD. **Apostila automotiva Ford ano 2004** : conceito e funcionamento de freios.