

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS – UNIS/MG

ENGENHARIA MECÂNICA

ALVARO MOSCARDINI AVILA

Biblioteca Monsenhor Domingos Prado Fonseca
N. Class. <u>M620.112</u>
Cutter <u>A953c</u>
Ano/Ed. <u>2010</u>

**COMPARATIVO ENTRE BUCHAS DE BRONZE E BUCHAS DE
POLIPROPILENO APLICADAS EM FEIXES DE MOLAS DE SUSPENSÃO
INSTALADOS EM VEÍCULOS TIPO ÔNIBUS**

Varginha - MG

2010

ALVARO MOSCARDINI AVILA

**SISTEMA DE BIBLIOTECAS
FEPESMIG
BIBLIOTECA MONSENHOR DOMINGOS PRADO FONSECA**

**COMPARATIVO ENTRE BUCHAS DE BRONZE E BUCHAS DE
POLIPROPILENO APLICADAS EM FEIXES DE MOLAS DE SUSPENSÃO
INSTALADOS EM VEÍCULOS TIPO ÔNIBUS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS/MG como pré-requisito para a obtenção do grau de Engenheiro Mecânico, sob a orientação do Prof. Fabiano Farias de Oliveira.

Varginha - MG

2010

ALVARO MOSCARDINI AVILA

**COMPARATIVO ENTRE BUCHAS DE BRONZE E BUCHAS DE
POLIPROPILENO APLICADAS EM FEIXES DE MOLAS DE SUSPENSÃO
INSTALADOS EM VEÍCULOS TIPO ÔNIBUS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS/MG como pré-requisito para a obtenção do grau de Engenheiro Mecânico pela banca Examinadora composta pelos membros: Prof. Esp. Márcio de Santana, Prof. Ms. Alexandre Soriano e Prof. Esp. Fabiano Farias de Oliveira.

Aprovado em 30 / 11 / 2010



Prof.º Esp. Márcio de Santana



Prof.º Ms. Carlos Manoel Frade



Prof.º Esp. Fabiano Farias de Oliveira

OBS.:

Dedico este trabalho a Deus que sempre está ao meu lado dando força e sabedoria. Dedico, também, a meus pais e minha esposa, pelo apoio e incentivo, e por fim, a meus filhos que me são inspiração de vida.

Agradeço a meus colegas, por todo o apoio e companheirismo durante este período. Agradeço aos professores, que me auxiliaram durante todo o processo e montagem desse trabalho.

“A guerra deve ser a última solução. Os combates, quaisquer que sejam os resultados, tem sempre um gosto amargo, mesmo para os próprios vencedores. Só se deve travá-los quando não houver outra saída”.

Sun Tzu

RESUMO

Buchas aplicadas em feixe de molas são peças comuns, mas que exigem treinamento e capacitação de pessoal para eventual substituição e acompanhamento preventivo. Existe também, o custo gerado com aplicação de graxa lubrificante entre o pino de fixação e bucha. Observando esse cenário, o artigo apresenta uma comparação entre buchas confeccionadas com bronze e buchas confeccionadas com polipropileno, cujo objetivo, será a comprovação da resistência mecânica, durabilidade e custos com a aplicação, em feixe de molas, de uma das buchas em detrimento da outra. Como resultado, estima-se que as buchas de polipropileno sejam mais resistentes que as buchas comuns de bronze e que não gerem ruídos ou desgaste prematuro dos pinos que fazem a fixação dos feixes ao chassi.

Palavras-chave: Feixe de molas. Buchas de bronze. Buchas de polipropileno.

ABSTRACT

Bushes applied leaf springs are common parts, but they require training and capacity building for eventual replacement and preventive monitoring. There is also the cost incurred with the application of grease between the retaining pin and bushing. Observing this scenario, the article presents a comparison made with bronze bushings and bushings made of polypropylene, whose goal will be to proving the strength, durability and cost of implementation, in springs, one of the bushings against the another. As a result, it is estimated that the bushings are polypropylene stronger than common brass bushings and they do not generate noise or premature wear of the pins that make the setting of the chassis beams.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 - Feixe de Molas Semi-elípticas (a).....	16
Figura 02 - Feixe de Molas Semi-elípticas (b).....	17
Figura 03 - Lâmina Principal de um Feixe de Molas Semi-elípticas.....	18
Figura 04 - Espigão de um Feixe de Molas Semi-elípticas.....	18
Figura 05 - Bucha de Bronze e Pino ainda não Instalados.....	19
Figura 06 - Suporte Jumelo de um Feixe de Molas Semi-elípticas.....	19
Figura 07 - Grampo de um Feixe de Molas Semi-elípticas.....	20
Figura 08 - Abraçadeira de um Feixe de Molas Semi-elípticas.....	20
Figura 09 - Ponta (Olhete) da Lâmina Principal de um Feixe de Molas Semi-elípticas.....	22
Figura 10 - Ponta (Olhete) da Lâmina Principal de um Feixe de Molas (a) - Extremamente Danificado.....	23
Figura 11 - Ponta (Olhete) da Lâmina Principal de um Feixe de Molas (b) - Extremamente Danificado.....	23
Figura 12 - Bucha de Bronze e Pino Desgastados.....	24
Figura 13 - Suporte Jumelo de um Feixe de Molas – Com Jumelo Quebrado.....	24
Figura 14 - Esquema de formação de um monômero e um polímero.....	28
Figura 15 - Bucha de Bronze e Pino ainda não Instalados.....	30
Figura 16 - Buchas de Polipropileno ainda não Instaladas.....	31
Figura 17 - Buchas de Polipropileno e Pino ainda não Instalados.....	31

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Controle de Lubrificação	33
Tabela 02 - Substituição e Inspeção das Buchas.....	37

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01 - Custos com Lubrificante x Quilometragem.....	34
Gráfico 02 - Gastos de Lubrificante x Quilometragem.....	35
Gráfico 03 - Paradas para Manutenção x Quilometragem	36
Gráfico 04 - Custo Total com Buchas x Quilometragem.....	38

SUMÁRIO

1.0 INTRODUÇÃO	13
2.0 METODOLOGIA	14
2.1 MÉTODOS PARA REALIZAÇÃO DO ESTUDO DE CASO	14
3.0 REFERÊNCIAL TEÓRICO	16
3.1.0 COMPONENTES E ESPECIFICAÇÕES DOS FEIXES DE MOLA	16
3.1.1 FEIXES DE MOLA	16
3.1.2 MANUTENÇÃO E DESGASTE DOS COMPONENTES	21
3.2.0 MATERIAIS DE ENGENHARIA	25
3.2.1 MATERIAIS CLÁSSICOS E MATERIAIS NÃO CLÁSSICOS	25
3.2.2 MATERIAIS NÃO CLÁSSICOS - METAIS	26
3.2.3 MATERIAIS NÃO CLÁSSICOS - LIGA METÁLICA	26
3.2.4 MATERIAIS NÃO CLÁSSICOS - BRONZE	27
3.2.5 MATERIAIS NÃO CLÁSSICOS - POLÍMEROS SINTÉTICOS	28
4.0 MATERIAL E MÉTODO PARA ANÁLISE E RESULTADOS OBTIDOS	30
4.1 ESTUDO DE CASO	30
4.2 PROCEDIMENTO PARA MONTAGEM E ANÁLISE DOS DADOS	32
4.3 RESULTADOS DA ANÁLISE	32
5.0 CONCLUSÃO	39
REFERÊNCIAL BIBLIOGRÁFICO	40

1 INTRODUÇÃO

Buchas aplicadas em feixe de molas são peças comuns, mas que exigem treinamento e capacitação de pessoal para eventual substituição e acompanhamento preventivo. São necessários equipamentos e ferramentas apropriadas, pois é considerado um serviço literalmente pesado e de grande esforço, levando em conta que, um feixe de molas já preparado para ser instalado em um veículo tipo ônibus chega a pesar algo em torno de 90 kg (noventa quilogramas) e que esse feixe deve ser de todo retirado do veículo. Portanto, constatou-se a necessidade de buchas confeccionadas com material mais resistente ao desgaste e que não provocasse, com sua instalação, efeitos indesejáveis como, por exemplo, ruídos ou desgaste prematuro dos pinos que fazem a fixação dos feixes aos jumelos e que conseqüentemente, os ligam ao chassi. Dentre os fatores analisados, também será levado em conta o custo/benefício com a instalação desses componentes.

As buchas comuns feitas com bronze serão substituídas por buchas feitas com polipropileno tratado, material que nesse caso tem-se demonstrado mais resistente ao desgaste. Será levantado um comparativo entre os dois materiais com objetivo a comprovação dessa resistência e os benefícios com a utilização do polipropileno na confecção de buchas para feixe de molas. Todos os testes e os trabalhos serão executados em um veículo tipo ônibus, separado exclusivamente para o estudo de caso, com apoio do setor de manutenção/reparação mecânica veicular da empresa Viação Niteroi Ltda.

A empresa Viação Niteroi Ltda fundada em 14 de julho de 1969 na cidade de Lavras/MG, cuja atividade é direcionada para a realização de Transporte Rodoviário de Passageiros, tanto em linha regular intermunicipal, como em transporte fretado contínuo/eventual de característica municipal, intermunicipal e interestadual. Possui atualmente, uma frota com 20 (vinte) veículos tipo ônibus e tem aberto suas portas para que algumas pesquisas, desse porte, que visam estudo de peças e componentes desenvolvidas para veículos tipo ônibus, possam ser realizadas em suas dependências e com a disponibilização de veículos para teste, ferramental e pessoal para acompanhar os serviços.

2 METODOLOGIA

Nesse capítulo será relacionado a metodologia utilizada para o estudo e o desenvolvimento do trabalho, o qual, visa a comparação de peças construídas com diferentes materiais.

2.1 MÉTODOS PARA REALIZAÇÃO DO ESTUDO DE CASO

“Pesquisa? Pesquisa é o processo de investigação, operação e trabalho que visa a descoberta de novos conhecimentos, a invenção de novas técnicas e a exploração ou criação de novas realidades”. (BAZZO E PEREIRA, 2005, pag.34)

“O desenvolvimento tecnológico está relacionado, sobretudo, à definição de procedimentos técnicos, tão eficazes quanto possível, para permitir a produção de algum bem ao serviço. A ciência procura descobrir leis e explicações que possam desvendar os fenômenos da natureza. A tecnologia, através dos conhecimentos disponíveis, especialmente dos científicos, procura obter instrumentos, processos e sistemas e planejar linhas de ação que tenham valor prático”. (BAZZO E PEREIRA, 2005, pag.34)

Lançando mão desses conceitos, pode-se afirmar que o desenvolvimento científico e tecnológico andam paralelamente, pois o desenvolvimento de um abre caminhos para o aperfeiçoamento do outro e vice-versa.

Bazzo e Pereira (2005, pag.34) “[...] A ciência, através dos conhecimentos, permite a evolução da tecnologia e, a tecnologia permite à ciência dar corpo às mais audaciosas idéias”.

“Há uma forte semelhança entre os procedimentos necessários para se realizar uma pesquisa científica ou um desenvolvimento tecnológico. Desde a atitude psicológica até o próprio método de trabalho a ser empregado, muitas semelhanças podem ser identificadas. Tantas são elas que um método estabelecido para fazer ciência também pode ser utilizado, com pequenas adaptações, para fazer tecnologia”. (BAZZO E PEREIRA, 2005, pag.35)

“A diferença básica entre a pesquisa científica e desenvolvimento tecnológico está nos objetivos finais, pois, sendo a organização das duas análogas, fica a cargo do pesquisador definir a metodologia mais apropriada de acordo com o tema e os objetivos pretendidos”. (BAZZO E PEREIRA, 2005, pag.36).

“Um método de trabalho é um conjunto ordenado de procedimentos - ou processos - que são escolhidos por quem pesquisa, tomando como base principal o tipo de tarefa e os resultados pretendidos [...]”. (BAZZO E PEREIRA, 2005, pag.37)

Durante o processo serão analisados e registrados alguns fatores e estabelecidas variáveis que influenciarão diretamente no estudo de caso. Observações visuais e o registro das condições das peças componentes do processo serão realizados em tempo determinado com objetivo de estabelecer uma relação entre resistência ao desgaste e custos gerais. Previsões e hipóteses, também foram levantadas para se comprovar ou negar estimativas existentes com respeito a viabilidade de instalação dos componentes.

3 REFERÊNCIAL TEÓRICO

Todo o capítulo relaciona itens de extrema importância para uma melhor compreensão da necessidade do comparativo entre os tipos de buchas em questão. Serão explanados, além de características dessas buchas, itens como:

- Feixe de molas e peças componentes;
- Desgaste das buchas e pinos;
- Materiais de engenharia.

3.1 COMPONENTES E ESPECIFICAÇÃO DOS FEIXES DE MOLAS

Abaixo, estarão relacionados dados sobre feixe de molas. Conhecer seus componentes e especificação torna-se necessário para uma melhor compreensão da funcionalidade das buchas componentes.

3.1.1 FEIXE DE MOLAS

Os componentes mais importantes para o funcionamento de todo o conjunto da suspensão de um veículo pesado tipo ônibus são os feixes de molas, pois trabalham constantemente, mesmo com o veículo parado e sem carga, pois suportam seu próprio peso, algo em torno de 18.000 kg (dezoito mil quilos). É responsabilidade das molas manter esses veículos seguros, estáveis e com boa dirigibilidade.



Figura 1: Feixe de Molas Semi-elípticas (a)

Fonte: BOSCH, Robert. Manual de Tecnologia Automotiva

Ilustração de um feixe de molas semi-elípticas instalado em veículo tipo ônibus.



Figura 2: Feixe de Molas Semi-elípticas (b) - Equipa Chassi OF 1721 da Mercedes Benz

Fonte: o autor

As principais funções das molas são absorver as vibrações causadas pelas irregularidades do solo e suportar o peso da carroceria e da carga transportada. Além disso, devem manter o eixo corretamente posicionado em relação ao chassi e são fundamentais na hora de determinar o ângulo de cáster ou alinhamento da direção.

O feixe de molas é composto por:

- Molas semi-elípticas ou parabólicas (lâminas);
- Espigão (pino de centro);
- Buchas;
- Pinos;
- Suporte jumelo;
- Grampos;
- Abraçadeiras;
- Rebites;
- Parafusos.

Ilustração de uma lâmina principal de um feixe de molas semi-elípticas.



Figura 3: Lâmina Principal de um Feixe de Molas Semi-elípticas - Equipa Chassi OF 1721 da Mercedes Benz

Fonte: o autor

Ilustração de um espigão de um feixe de molas semi-elípticas.

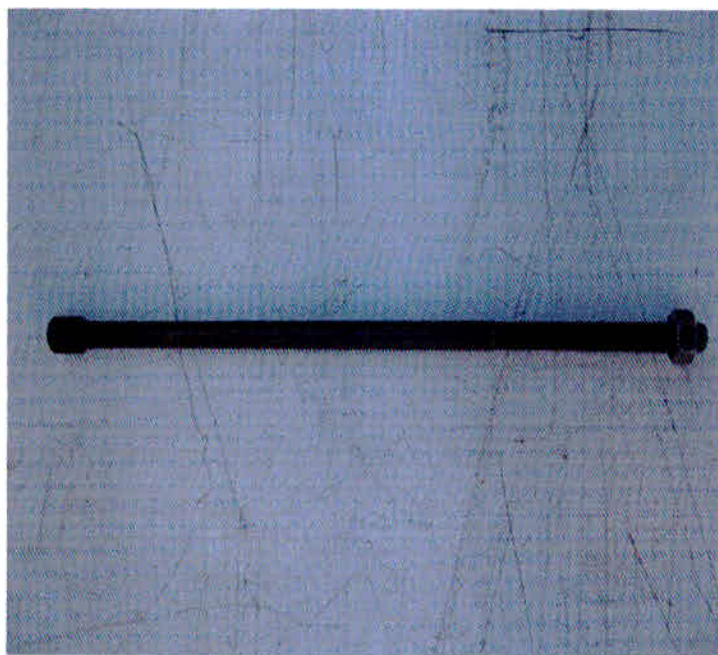


Figura 4: Espigão de um Feixe de Molas Semi-elípticas - Equipa Chassi OF 1721 da Mercedes Benz

Fonte: o autor

Ilustração de uma bucha de bronze e um pino para instalação em feixe de molas.



Figura 5: Bucha de Bronze e Pino ainda não Instalados - Equipa Chassi OF 1721 da Mercedes Benz

Fonte: o autor

Ilustração de um suporte e um jumelo para instalação de feixe de molas.



Figura 6: Suporte Jumelo de um Feixe de Molas Semi-elípticas - Equipa Chassi OF 1721 da Mercedes Benz

Fonte: o autor

Ilustração de um grampo para instalação em feixe de molas.

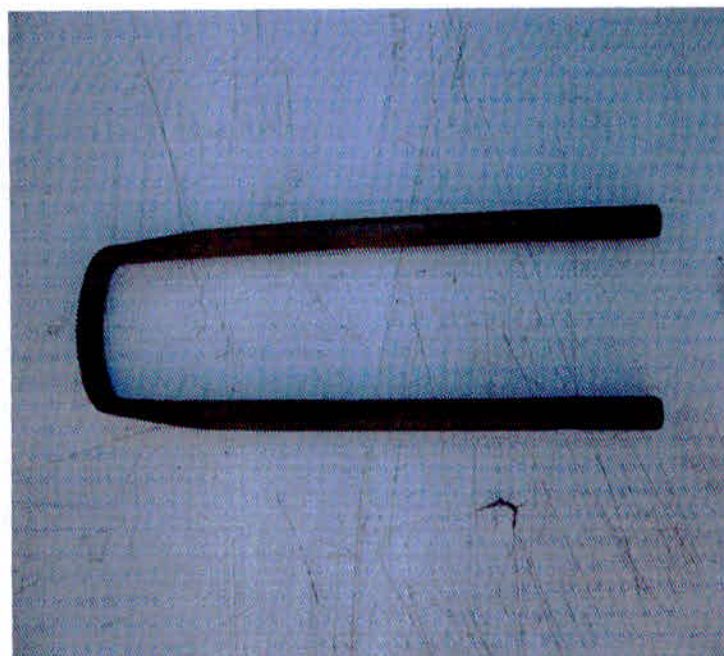


Figura 7: Grampo de um Feixe de Molas Semi-elípticas - Equipa Chassi OF 1721 da Mercedes Benz

Fonte: o autor

Ilustração de uma abraçadeira para instalação em feixe de molas.



Figura 8: Abraçadeira de um Feixe de Molas Semi-elípticas - Equipa Chassi OF 1721 da Mercedes Benz

Fonte: o autor

As lâminas possuem características elásticas e alteram seu perfil semi-elíptico ou parabólico ao passar por ondulações ou depressões de solo, absorvendo as vibrações do veículo. A rigidez, definida como o número de oscilações que a mola fará depois de comprimida e liberada, é uma de suas principais características, pois determina a força necessária para causar uma flexão adequada. A relação entre o peso do veículo e a rigidez da mola, por sua vez, estabelece a frequência de oscilações. Quanto mais alto o valor dessa frequência, mais rígido, ou menos confortável é o veículo.

3.1.2 MANUTENÇÃO E DESGASTE DOS COMPONENTES

A vida útil das buchas e pinos em um feixe de molas e até mesmo do próprio feixe esta condicionada ao uso do veículo, às condições das estradas em que roda e da manutenção preventiva realizada. Seguindo as recomendações dos fabricantes, o mais importante na manutenção desses componentes, quando constituídos por buchas de cobre, é a lubrificação, que deve ser realizada com certa frequência, geralmente, a cada 5.000 km no máximo, quando o veículo estiver inserido em serviço comum, ou seja, não trafegando por estradas com piso irregular ou com excesso de carga. Também, aos 50.000 km se faz necessário a substituição das buchas de bronze e dos pinos, levando em conta que, o total desgaste das buchas permite o contato direto do pino com o olhete da mola (Furo formado pela dobra das pontas extremas da mola, permitindo assim, a acomodação da bucha e, por onde passara o pino para posterior fixação ao jumelo que, por sua vez, está acoplado ao chassi) e, conseqüentemente, danificando-a.

O feixe de molas, quando submetido a constantes preventivas, pode resistir até 200 mil quilômetros sem que haja a necessidade da substituição de molas componentes. Depois desta quilometragem, como conseqüência natural dos arriamentos já instaurados, começam a ocorrer quebra de lâminas componentes do feixe.

A inspeção inclui ainda os componentes auxiliares, como pinos de fixação, arruelas de encosto, suportes, jumelos, grampos, amortecedores e batentes. Isso porque se essas peças estiverem danificadas podem causar um desalinhamento do feixe de molas provocando a ruptura de lâminas e conseqüente desalinhamento do veículo que ocasionará desgaste irregular e prematuro dos pneus.

Os defeitos mais comuns dos feixes de molas são:

- Quebra das lâminas;
- Quebra do espigão;
- Quebra das abraçadeiras;
- Desgaste das buchas e dos pinos;
- Desgaste das arruelas de encosto;
- Desgaste ou até mesmo a quebra do jumelo;
- Grampos soltos ou quebrados;
- Ruídos provocados por falta de lubrificação;
- Perda de altura, provocada pelo arriamento do feixe de molas;

Dentre todos esses defeitos, na falta de manutenções preventivas, ocorre com maior intensidade o desgaste das buchas componentes, pois são desenvolvidos justamente para eliminação do atrito ou contato direto entre a mola e pino de fixação da mola ao jumelo. Sendo assim, as buchas são as peças componentes da suspensão que mais sofrem desgaste no decorrer da utilização do veículo.

Abaixo, ilustração do olhete de uma mola já com a bucha confeccionada com bronze instalada.



Figura 9: Ponta (Olhete) da Lâmina Principal de um Feixe de Molas Semi-elípticas

Fonte: o autor

Ilustração de uma bucha e olhete de mola danificado, com detalhe para o total desgaste da parte inferior da bucha de bronze e desgaste acentuado da parte inferior do olhal da mola, inclusive com trincas.



Figura 10: Ponta (Olhete) da Lâmina Principal de um Feixe de Molas (a) – Extremamente Danificado

Fonte: o autor



Figura 11: Ponta (Olhete) da Lâmina Principal de um Feixe de Molas (b) – Extremamente Danificado

Fonte: o autor

Ilustração de uma bucha de bronze e um pino de aço com desgastes acentuados.



Figura 12: Bucha de Bronze e Pino Desgastados - Equipa Chassi OF 1721 da Mercedes Benz

Fonte: o autor

Ilustração de um suporte com o jumelo quebrado.



Figura 13: Suporte Jumelo de um Feixe de Molas – Com Jumelo Quebrado

Fonte: o autor

Portanto, saber o momento exato para a substituição dos componentes de um feixe de molas é fundamental. Observar se o veículo apresenta perda de altura entre a mola e o jumelo, excesso de vibrações e trancos, são indícios de que pinos, buchas ou molas devem ser substituídos.

3.2 MATERIAIS DE ENGENHARIA

“Os materiais de engenharia podem ser distribuídos em duas grandes divisões: os clássicos ou convencionais e os não clássicos ou não convencionais. Os principais materiais de engenharia clássicos compreendem as madeiras, as cerâmicas, os vidros e os metais [...]”. (MANO, 2007, pag.47)

“Dentre os principais materiais de engenharia não clássicos ou não convencionais, de importância industrial produzidos por polimerização, estão polímeros sintéticos”. (MANO, 2007, pag.59 e 60)

3.2.1 MATERIAIS CLÁSSICOS E MATERIAIS NÃO CLÁSSICOS

À disposição e para seu desenvolvimento econômico/social, os seres humanos encontram uma grande variedade de materiais que podem ser divididos em dois grandes grupos, que são:

- Materiais clássicos ou convencionais;
- Materiais não clássicos ou não convencionais.

“Os materiais clássicos compreendem a grande classe dos produtos renováveis...” (MANO, 2007, pag.47)

Materiais clássicos devem conter carbono e hidrogênio, podendo apresentar em sua composição átomos de oxigênio, nitrogênio, enxofre ou fósforo. Como exemplo clássico desses materiais, temos a madeira.

“Os materiais não clássicos são encontrados em rochas e constituídos de metais e seus derivados ou formados por polimerização dando origem a polímeros sintéticos.” (MANO, 2007, pag.47)

A esses materiais, podemos acrescentar uma ilimitada diversidade de produtos sintéticos, dos quais, destacamos os polímeros, que dependendo do material, pode possuir excelentes propriedades mecânicas.

3.2.2 MATERIAIS NÃO CLÁSSICOS - METAL

“A Idade dos Metais seguiu-se a Idade da Pedra. Caracterizou-se pelo começo da substituição da pedra pelo metal. O primeiro metal empregado pelo homem foi o cobre, cujo uso começou no Egito, pouco depois de 4000 AC. O cobre, quando ligado ao estanho, dá origem ao bronze. O ferro foi usado primeiramente pelos hititas, a partir de 150 AC, e posteriormente por outros povos orientais. Admite-se, no entanto, que o descobrimento do ferro, assim como o do cobre, deu-se em regiões distintas e sem influência recíproca”. (MANO, 2007, pag.2)

Deste a antiguidade, o metal tem sido usado pelos homens, tanto para a formação de pequenos itens utilitários, como para, desenvolvimento de ferramentas e armas.

É um elemento, substância ou liga caracterizado por boa condutividade elétrica e calor, possui alto ponto de fusão e elevada dureza. Suas propriedades metálicas começam a aparecer, quando os átomos, em número cada vez maior, se agrupam formando grandes partículas.

Efeitos que podem ser observados com o ajuntamento são:

- Resistência mecânica;
- Brilho;
- Maleabilidade;
- Ductilidade;
- Condutividade;
- Magnetismo.

3.2.3 MATERIAIS NÃO CLÁSSICOS - LIGA METÁLICA

Liga metálica é toda substância, resultante da união de dois ou mais elementos, onde, pelo menos um deles é metal.

“Define-se como uma substância com propriedades metálicas e composta por dois ou mais elementos químicos, dos quais pelo menos um deles é um metal. O método mais comum para produzir uma liga consiste na solidificação dos seus elementos derretidos. Contudo, o termo liga costuma aplicar-se aos metais fabricados intencionalmente mediante mistura por adição”. (MARTINS, PEREIRA, 2006, pag.120)

Abaixo, estão relacionados alguns exemplos de ligas metálicas:

- Bronze – liga de cobre (Cu) e estanho (Sn);
- Latão – liga de cobre (Cu) e zinco (Zn);
- Aço – liga de ferro (Fe) e carbono (Co).

Os métodos mais importantes para a obtenção de ligas metálicas são por:

- Fusão dos metais – acontece quando a mistura dos metais é aquecida até ao ponto de fusão e, em seguida, homogeneizada e colocada para resfriar, tendo como resultado a formação da liga. Este é o processo mais empregado, pois geralmente, os metais são miscíveis no estado líquido.

Obs: Alguns materiais não são miscíveis no estado líquido, como exemplo temos: Chumbo e Zinco; Ferro e Mercúrio; etc.

- Compressão de pó dos metais – Consiste em submeter a mistura dos metais, no estado pulverizado, a forte compressão acompanhada de aquecimento. Algumas vantagens desse processo são: Obtenção de liga de metais não miscíveis; Obtenção de ligas de metais de alto ponto de fusão; Permite obter ligas de diferentes graus de porosidade, que é importante na construção de ligas para mancais, onde os poros tem a função de reter o lubrificante.

3.2.4 MATERIAIS NÃO CLÁSSICOS - BRONZE

Na antiguidade, o bronze pode ter sido o primeiro material usado industrialmente pelo Homem. Formado por uma liga de cobre (Cu) e estanho (Sn), o bronze é uma liga binária, ou seja, formada por dois componentes obtida por fusão dos metais e possui características como:

- Excelente resistência a oxidação;
- É de fácil moldagem;
- Elevada resistência ao desgaste por fricção, sendo amplamente usado em mancais de deslizamento.

Atualmente, bronze é o nome genérico para ligas de cobre cujos elementos adicionados principais não são o níquel nem o zinco. Funde-se entre 900°C e 950°C, formando um material mais duro, quanto maior for a adição de cobre.

3.2.5 MATERIAIS NÃO CLÁSSICOS - POLÍMEROS SINTÉTICOS

Dentre os materiais não convencionais de engenharia, estão os polímeros sintéticos. Esses polímeros, substâncias químicas formadas por muitas partes. A estrutura molecular de um polímero consiste na repetição de pequenas unidades, originando uma molécula bastante longa, de alta massa molar, ou seja, uma macromolécula. Estas pequenas unidades são chamadas de monômeros. Logo, polimerização é a reação que promove a união dos monômeros para formar um polímero.

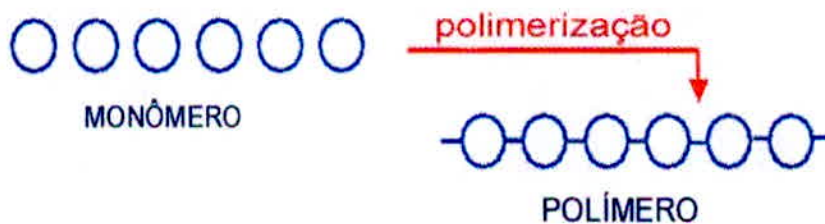


Figura 14: Esquema de formação de um monômero e um polímero

Fonte: MANO, Eloisa Biasotto. Polímeros como Materiais de Engenharia.

A diversidade de estruturas que podem ser formadas pelo encadeamento dos monômeros e a alta massa molar dos polímeros conferem a estes materiais propriedades químicas e físicas especiais, como por exemplo:

- Resistência à abrasão, ao calor e à umidade;
- Elasticidade ou dureza;
- Alta viscosidade.

Alguns dos polímeros mais conhecidos e utilizados por industriais em geral são:

- Polietileno (PE) – cujas características marcantes são a alta resistência química e baixo coeficiente de fricção;
- Poli(cloreto de vinila) (PVC) – utilizado para formação de peças rígidas e ao mesmo tempo flexíveis;
- Polipropileno (PP) – possui alta resistência química, mas quando, tratado tem sua resistência mecânica melhorada.

Os polímeros de engenharia de uso geral são conhecidos a algum tempo, alguns já foram produzidos em grande escala há mais de 20 anos.

O poliacetal (ou polioximetileno), o primeiro material anunciado pela DuPont em 1958, possui certas características, que até hoje não foram superadas, como exemplo:

- Resistência a fricção e a abrasão;
- Resistência a reagentes e a solventes;
- Alta resistência a fadiga.

Geralmente é utilizado por indústrias automobilísticas em geral, para confecção de:

- Cintos de segurança;
- Engrenagens;
- Mecanismos de janelas de carro

A diversidade de estruturas que podem ser formadas pelo encadeamento dos monômeros e a alta massa molar dos polímeros conferem a estes materiais propriedades químicas e físicas especiais, como por exemplo:

- Resistência à abrasão, ao calor e à umidade;
- Elasticidade ou dureza;
- Alta viscosidade.

Suas principais características são listadas abaixo:

- Peso reduzido – comparado a cerâmica e metais;
- Facilidade de fabricação e processamento;
- Eliminação de tratamento auto-corrosivo;
- Alta resistência ao impacto;
- Bom isolamento elétrico;
- Menor custo energético de fabricação;
- Custo de acabamento reduzido.

Esses polímeros apresentam módulo de elasticidade elevado, possibilitando ampla oportunidade de substituição por materiais tradicionais, como por exemplo, o metal.

4.0 MATERIAL E MÉTODO PARA ANÁLISE E RESULTADOS OBTIDOS

4.1 ESTUDO DE CASO

Buchas comuns são feitas com bronze, que é um material dúctil e mais usado para instalação em feixe de molas de veículos tipo ônibus. Sua função é eliminar o atrito entre materiais que não podem se desgastar, podendo romper-se quando em contato. No caso específico, os materiais que não podem entrar em atrito são as molas (em seu alojamento para os pinos) e os pinos. Portanto, como medida de manutenção e segurança, esses conjuntos são constantemente lubrificados e vistoriados, fazendo-se necessário a substituição de pinos e buchas com determinada quilometragem rodada pelo veículo

Abaixo, ilustração de uma bucha de bronze e um pino de aço.



Figura 15: Bucha de Bronze e Pino ainda não Instalados - Equipa Chassi OF 1721 da Mercedes Benz

Fonte: o autor

As buchas comuns feitas com bronze serão substituídas por buchas feitas com polipropileno, material tratado e desenvolvido com intuito de proporcionar maior resistência ao desgaste.

Abaixo, ilustração de buchas de polipropileno e pinos de aço.



Figura 16: Buchas de Polipropileno ainda não Instaladas - Equipara Chassi OF 1721 da Mercedes Benz

Fonte: o autor



Figura 17: Buchas de Polipropileno e Pino ainda não Instalados - Equipara Chassi OF 1721 da Mercedes Benz

Fonte: o autor

As buchas fabricadas com polipropileno, assim como as buchas fabricadas com bronze, serão adquiridas juntamente com os pinos apropriados, já em formato e dimensões ideais para instalação, formando um conjunto com as buchas.

Realizou-se um comparativo entre os dois materiais, com objetivo, a comprovação da resistência e os benefícios com a utilização do polipropileno tratado na confecção de buchas para feixe de molas.

O Projeto será desenvolvido em local preparado com instalações e ferramental apropriado. As buchas de polipropileno serão adquiridas em formato e medidas apropriadas para instalação, conforme dados do fornecedor. Também, estará a disposição um veículo para a realização de testes.

4.2 PROCEDIMENTO PARA MONTAGEM E ANÁLISE DOS DADOS

Montou-se um conjunto novo de buchas de bronze e pinos de aço no feixe de molas dianteiro lado esquerdo e um conjunto de buchas de polipropileno e pinos de aço no feixe de molas dianteiro lado direito. A escolha do lado de montagem dos feixes é aleatória, pois não depende das condições da pista de rolagem, serviço e/ou carga em que o veículo for submetido, o desgaste das buchas é uma constante independentemente do lado de montagem. Não será analisado formas ou métodos de desgaste e nem a fórmula ou química utilizada na construção do material que foram confeccionadas as buchas de bronze e as buchas de polipropileno, mas sim, a capacidade de resistência ao desgaste, ou seja, a durabilidade das buchas. O parâmetro para afirmação de estado destruído das buchas, ou seja, desgaste acentuado, estabelecendo o momento de sua substituição, será o momento em que pelo menos uma das buchas, pelo desgaste, se aproximar do rompimento total ou parcial.

A forma mais apropriada para a comparação da resistência mecânica entre uma bucha e outra e o estudo da durabilidade será a quantidade em quilômetros rodados pelo veículo. Para tanto, serão registrados a quilometragem e as inspeções visuais quanto ao comportamento e situação das buchas.

4.3 RESULTADOS DA ANÁLISE

Tabelas e gráficos com demonstrações das análises realizadas foram registrados com intuito de melhor demonstrar os resultados colhidos.

A Tabela 1 apresenta o Controle de Lubrificação das Buchas e Pinos Instalados, levantando um comparativo entre as buchas de bronze e buchas de polipropileno.

Tabela 1: Controle de Lubrificação

TABELA - CONTROLE de LUBRIFICAÇÃO das BUCHAS e PINOS INSTALADOS

Veículo tipo ônibus - Modelo OF 1721 Mercedes Benz

430 km Rodados por Dia

1.720 km Rodados para Lubrificação

LUBRIFICAÇÃO

PARADAS P/ MANUTENÇÃO	BUCHAS DE BRONZE					BUCHAS DE POLIPROPILENO				
1	0	km	0,200	kg	R\$ 1,80	0	km	0,000	kg	R\$ 0,00
2	1.720	km	0,400	kg	R\$ 3,60	1.720	km	0,000	kg	R\$ 0,00
3	3.440	km	0,600	kg	R\$ 5,40	3.440	km	0,000	kg	R\$ 0,00
4	5.160	km	0,800	kg	R\$ 7,20	5.160	km	0,000	kg	R\$ 0,00
5	6.880	km	1,000	kg	R\$ 9,00	6.880	km	0,000	kg	R\$ 0,00
6	8.600	km	1,200	kg	R\$ 10,80	8.600	km	0,000	kg	R\$ 0,00
7	10.320	km	1,400	kg	R\$ 12,60	10.320	km	0,000	kg	R\$ 0,00
8	12.040	km	1,600	kg	R\$ 14,40	12.040	km	0,000	kg	R\$ 0,00
9	13.760	km	1,800	kg	R\$ 16,20	13.760	km	0,000	kg	R\$ 0,00
10	15.480	km	2,000	kg	R\$ 18,00	15.480	km	0,000	kg	R\$ 0,00
11	17.200	km	2,200	kg	R\$ 19,80	17.200	km	0,000	kg	R\$ 0,00
12	18.920	km	2,400	kg	R\$ 21,60	18.920	km	0,000	kg	R\$ 0,00
13	20.640	km	2,600	kg	R\$ 23,40	20.640	km	0,000	kg	R\$ 0,00
14	22.360	km	2,800	kg	R\$ 25,20	22.360	km	0,000	kg	R\$ 0,00
15	24.080	km	3,000	kg	R\$ 27,00	24.080	km	0,000	kg	R\$ 0,00
16	25.800	km	3,200	kg	R\$ 28,80	25.800	km	0,000	kg	R\$ 0,00
17	27.520	km	3,400	kg	R\$ 30,60	27.520	km	0,000	kg	R\$ 0,00
18	29.240	km	3,600	kg	R\$ 32,40	29.240	km	0,000	kg	R\$ 0,00
19	30.960	km	3,800	kg	R\$ 34,20	30.960	km	0,000	kg	R\$ 0,00
20	32.680	km	4,000	kg	R\$ 36,00	32.680	km	0,000	kg	R\$ 0,00
21	34.400	km	4,200	kg	R\$ 37,80	34.400	km	0,000	kg	R\$ 0,00
22	36.120	km	4,400	kg	R\$ 39,60	36.120	km	0,000	kg	R\$ 0,00
23	37.840	km	4,600	kg	R\$ 41,40	37.840	km	0,000	kg	R\$ 0,00
24	39.560	km	4,800	kg	R\$ 43,20	39.560	km	0,000	kg	R\$ 0,00
25	41.280	km	5,000	kg	R\$ 45,00	41.280	km	0,000	kg	R\$ 0,00
26	43.000	km	5,200	kg	R\$ 46,80	43.000	km	0,000	kg	R\$ 0,00
27	44.720	km	5,400	kg	R\$ 48,60	44.720	km	0,000	kg	R\$ 0,00
28	46.440	km	5,600	kg	R\$ 50,40	46.440	km	0,000	kg	R\$ 0,00
29	48.160	km	5,800	kg	R\$ 52,20	48.160	km	0,000	kg	R\$ 0,00
30	49.880	km	6,000	kg	R\$ 54,00	49.880	km	0,000	kg	R\$ 0,00

Fonte: o autor

Esse comparativo foi realizado em 30 (trinta) etapas, cada uma dessas etapas representa paradas para manutenção e inspeção dos componentes.

SISTEMA DE BIBLIOTECAS FEPESMIG

BIBLIOTECA MONSENHOR DOMINGOS PRADO FONSECA

Nessa tabela acima, estão relacionados dados como:

- Quilometragem (km) para cada parada do veículo e intervenção da equipe de manutenção para realização de lubrificação e inspeção;
- Quantidade (kg) de lubrificante gasto para lubrificação das buchas componentes de um único feixe de molas;
- Custo (R\$) com a lubrificação de um único feixe de molas.

Logo após, o gráfico 1 apresenta a Evolução dos Custos com Lubrificante, relacionando dados da quilometragem percorrida versus o custo com lubrificante.



Gráfico 1: Custos com Lubrificante x Quilometragem
Fonte: o autor

O gráfico acima descreve um custo de R\$ 56,00 (Cinquenta e seis reais) com lubrificante, após o veículo ter percorrido 49.880 km (Quarenta e nove mil oitocentos e oitenta quilômetros).

Esses custos são crescentes no decorrer do período estabelecido para a realização das manutenções.

Quanto ao período estabelecido para a realização das manutenções é estabelecido uma quilometragem total de 49.880 km (Quarenta e nove mil oitocentos e oitenta quilômetros) que representa a quilometragem máxima rodada pelo veículo para que haja substituição das buchas de bronze e verificação do estado das buchas de polipropileno.

O gráfico 2 apresenta a Evolução dos Gastos de Lubrificante, relacionando dados da quilometragem percorrida versus a quantidade de lubrificante.



Gráfico 2: Gastos de Lubrificante x Quilometragem
Fonte: o autor

O gráfico acima descreve um gasto de 6,000 kg (Seis quilogramas) com lubrificante, após o veículo ter percorrido 49.880 km (Quarenta e nove mil oitocentos e oitenta quilômetros).

È importante salientar que o gráfico demonstra o somatório dos gastos lubrificante. Esses gastos são crescentes no decorrer do período estabelecido para a realização das manutenções.

Quanto ao período estabelecido para a realização das manutenções é estabelecido uma quilometragem total de 49.880 km (Quarenta e nove mil oitocentos e oitenta quilômetros) que representa a quilometragem máxima rodada pelo veículo para que haja substituição das buchas de bronze e verificação do estado das buchas de polipropileno.

O gráfico 3 apresenta a Evolução das Paradas para Manutenção, relacionando dados da quilometragem percorrida versus a quantidade de paradas para manutenção.



Gráfico 3: Paradas para Manutenção x Quilometragem
Fonte: o autor

O gráfico acima descreve um número de 30 (Trinta) paradas para manutenção, após o veículo ter percorrido 49.880 km (Quarenta e nove mil oitocentos e oitenta quilômetros).

Essa evolução das paradas é crescente no decorrer do período estabelecido para a realização das manutenções.

Quanto ao período estabelecido para a realização das manutenções é estabelecido uma quilometragem total de 49.880 km (Quarenta e nove mil oitocentos e oitenta quilômetros) que representa a quilometragem máxima rodada pelo veículo para que haja substituição das buchas de bronze e verificação do estado das buchas de polipropileno.

Finalizando, tem-se a tabela 2 e o gráfico 2 com os resultados conclusivos do estudo.

Tabela 2: Substituição e Inspeção das Buchas

**TABELA - SUBSTITUIÇÃO/INSPEÇÃO das BUCHAS e PINOS
 INSTALADOS**

Veículo tipo ônibus - Modelo OF 1721 Mercedes Benz

49.880 km Rodados em 116 Dias

SUBSTITUIÇÃO/INSPEÇÃO

DIAS	BUCHAS DE BRONZE		BUCHAS DE POLIPROPILENO	
	Rodagem	Custo	Rodagem	Custo
0	0 km	100,00 R\$	0 km	180,00 R\$
116	49.880 km	200,00 R\$	49.880 km	0,00 R\$
232	99.760 km	300,00 R\$	99.760 km	0,00 R\$
348	149.640 km	400,00 R\$	149.640 km	360,00 R\$

Fonte: o autor

Os dados aqui levantados demonstram um comparativo, quilometragem versus custo das buchas de bronze das buchas de polipropileno tratado.

O gráfico 4 apresenta a Evolução dos Custos com Buchas, relacionando dados da quilometragem percorrida versus o custo total com aquisição das buchas.

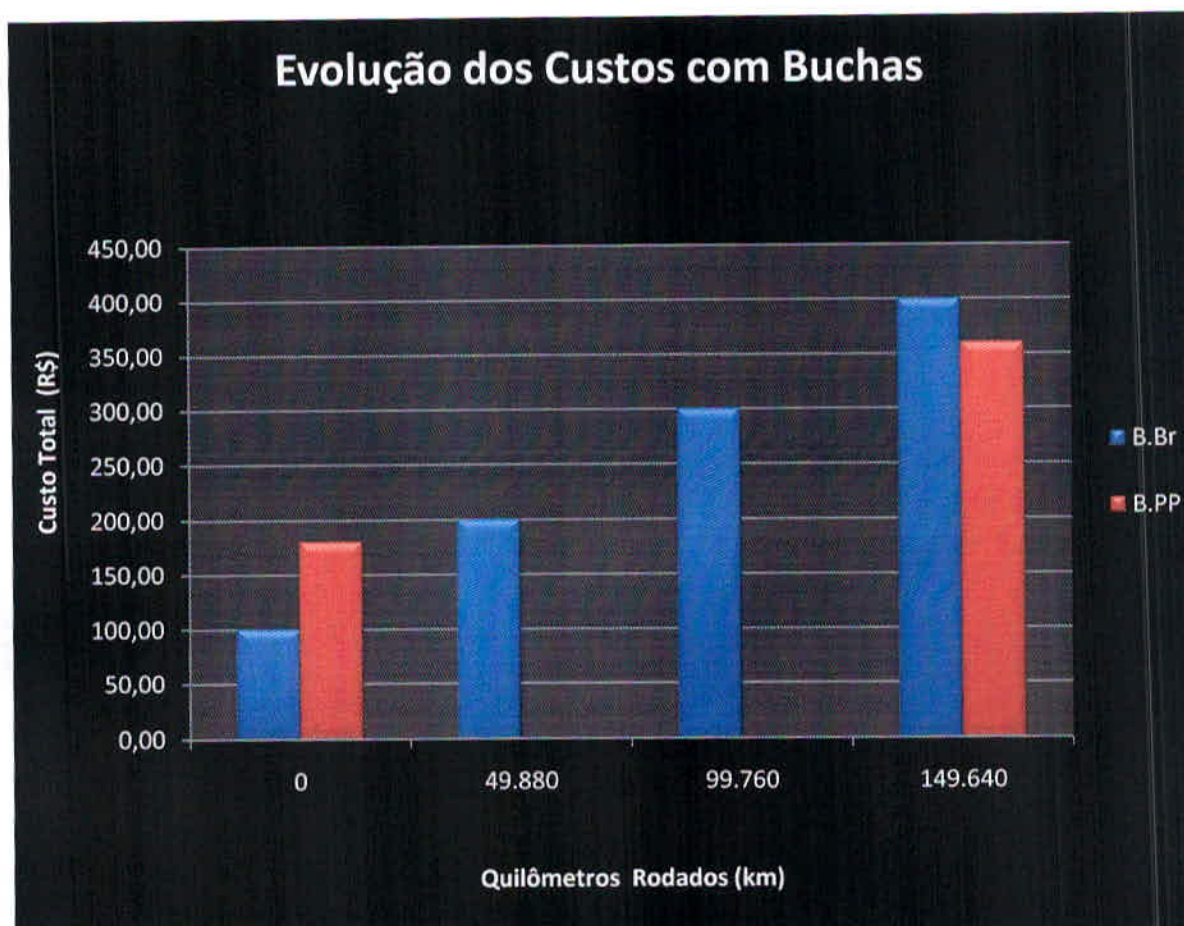


Gráfico 4: Custo Total com Buchas x Quilometragem
Fonte: o autor

Através desses comparativos, fica evidenciado que, as buchas de polipropileno tratado proporcionam um número duas vezes menor de paradas para intervenção da equipe de manutenção e geram um custo 10% (dez por cento) menor que a buchas de bronze.

5.0 CONCLUSÃO

Todo o trabalho e pesquisa foi desenvolvido com o propósito de diminuir as paradas do veículo para manutenção e reparo das buchas e pinos componentes de um feixe de molas. Previamente, foi estimado que as buchas de polipropileno tratado seriam mais resistentes que as buchas comuns de bronze e que não gerassem, com sua instalação, ruídos ou desgaste prematuro dos pinos que fazem a fixação do feixe ao chassi. Após estudos e análises ficou comprovado que as buchas de polipropileno resistiram a uma quilometragem três vezes superior, como mostrado pelas tabelas relacionadas acima. Quanto aos pinos, instalados juntos com as buchas de polipropileno, não foram danificados, mas por medida de prevenção, focando a segurança, ficou estabelecido que a substituição do conjunto, buchas de polipropileno e pinos, será a cada 99.760 km (noventa e nove mil, setecentos e sessenta quilômetros) rodados, ou seja, duas vezes a quilometragem que as buchas comuns de bronze resistem.

Mesmo não realizando a substituição das buchas de polipropileno e pinos dentro da quilometragem máxima demonstrada pela tabela e gráfico correspondente, fica comprovado a viabilidade de instalação desse conjunto, mesmo que, os custos com sua aquisição sejam relativamente iguais aos custos com aquisição do conjunto de buchas comuns de bronze e pinos, pois reduz em uma vez as paradas do veículo para manutenção e reparo desses componentes, gerando redução de gastos com lubrificante e com a designação ou eventual contratação de pessoal para controle e manutenção desses componentes.

REFERÊNCIAL BIBLIOGRÁFICO

- A.M, Marco Rache. **Mecânica Diesel**, Copyright 2004 by Hemus. ISBN 85-289-0387-7
- BAZZO, Walter Antonio; PEREIRA, Luiz Teixeira do Vale. **Introdução à Engenharia**: 6ª edição revisada e ampliada. Florianópolis-SC: UFSC, 2005. ISBN 85-328-0091-2
- BOSCH, Robert. **Manual de Tecnologia Automotiva**: 1. Automóveis – Projetos e construção – Manuais, guias, etc., 2. Engenharia automotiva I. Tradução da 25ª edição alemã. São Paulo-SP: Edgard Blücher, 2005. Título original: Kraftfahrtechnisches Taschenbuch. ISBN 85-212-0378-0
- CHIAVERINI, Vicente. **Tecnologia Mecânica**: Processos de Fabricação e Tratamento. 2ª edição. São Paulo-SP: McGraw-Hill, 1986.
- MANO, Eloisa Biasotto. **Polímeros como Materiais de Engenharia**: 1. Materiais de Engenharia, 2. Polímeros e Polimerização. 4ª reimpressão. São Paulo-SP: Edgard Blücher, 1991. ISBN 85-212-0060-9
- NEHMI, Victor A. **Química Inorgânica**: Metais e Não Metais. 12ª edição. São Paulo-SP: Átomo, 1980.
- VILANOVA, Carolina. **Revista O Mecânico**, Reparação do Feixe de Molas do Ford. São Paulo-SP, edição nº 191, p. 28-33, jan./fev. 2010
- Manual de Manutenção Mercedes Benz**, edição D (09/01), A 384 584 78 95, p. 16
- Manual de Reparações**: Motores séries OM 447 e OM 449, edição 07/95. Mercedes Benz do Brasil S/A
- <http://www.spmet.pt/conceitos%20basicos.pdf> – acessado dia 03/04/2010
- <http://www.revistaocarreteiro.com.br/modules/revista.php?recid=49&edid=7> – acessado dia 14/04/2010