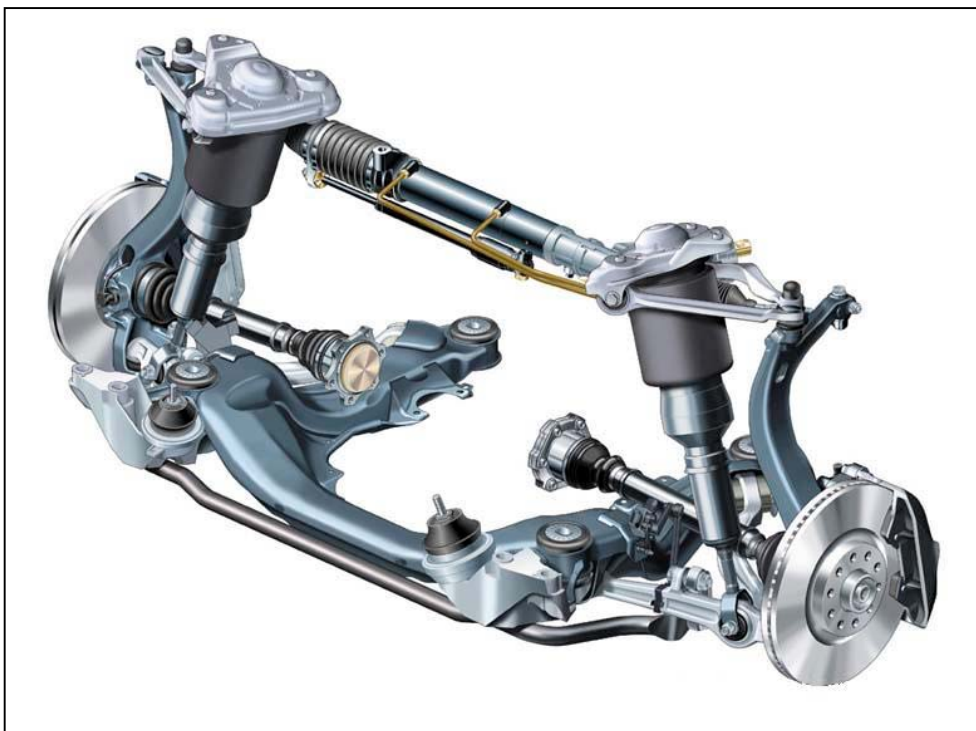

SENAI

Departamento Regional de São Paulo

Sistema de Suspensão



ESCOLA SENAI "ALMIRANTE TAMANDARÉ"

CAI - MECÂNICO AUTOMOBILÍSTICO

CAI - Mecânico Automobilístico

Sistema de Suspensão

© SENAI-SP, 2006

Trabalho elaborado e atualizado pela Escola SENAI “Almirante Tamandaré”, a partir dos conteúdos extraídos da Intranet do Departamento Regional do SENAI-SP.

1ª edição, 2006

Coordenação Geral

Murilo Strazzer

Equipe Responsável

*Coordenação
Estruturação
Revisão*

*Celso Guimarães Pereira
Ilo da Silva Moreira
Aguinaldo Ferreira Santos
Bartolomeu Moio Júnior
Sérgio Atílio Grigio*

*SENAI - Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
Departamento Regional de São Paulo
Escola SENAI “Almirante Tamandaré”
Av. Pereira Barreto, 456
CEP 09751-000 São Bernardo do Campo - SP
Telefone: (011) 4122-5877
FAX: (011) 4122-5877 (ramal 230)
E-mail: senaitamandare@sp.senai.br*

Cód. 120.1.021

Sumário

Página	4	Apresentação / Roda
	15	Estabilizador
	17	Amortecedor
	27	Cubo de roda
	32	Rolamentos
	47	Graxa
	50	Mola
	53	Suspensão dependente
	58	Suspensão independente
	63	Estrutura da suspensão
	69	Referências bibliográficas

APRESENTAÇÃO

Quando dirigimos um veículo, queremos que ele obedeça ao nosso comando. Assim:

- a **suspensão** funciona para que a carroçaria não receba, diretamente, os impactos dos pneus com buracos e lombadas;
- a **barra estabilizadora** dificulta o tombamento do veículo, quando ele faz inclinação numa curva;
- a **caixa de direção** permite que o motorista mude a direção da trajetória do veículo, movimentando o volante de direção com menos esforço;
- o **alinhamento** das rodas com a carroçaria é feito para permitir melhor dirigibilidade e menos desgaste dos pneus;
- as rodas precisam ser equilibradas (**balanceadas**, como se diz tecnicamente) para evitar vibrações das rodas, em determinadas velocidades;
- **cubo** é o elemento de ligação da roda com o eixo.

Estudando esta unidade de ensino você adquirirá conhecimentos básicos sobre rodas, pneus, molas, amortecedores, barra estabilizadora e suspensão dependente e independente.

As operações que você irá executar necessitam de muito cuidado, para **evitar acidentes** com macaco hidráulico e feixe de molas, principalmente. O uso correto das ferramentas contribuirá também para evitar que ocorram acidentes com você e com os equipamentos.

RODA

A roda permite a movimentação do veículo. Ela absorve uma parte dos choques e vibrações produzidos pelos buracos e outras irregularidades do piso por onde o veículo trafega.

A roda é formada pelo aro, pneu e câmara de ar.

Aro

O aro serve de suporte para pneu. Pode ser de aço, que é o mais comum, ou de liga como as que contêm alumínio. Magnésio, etc.



Aro de aço



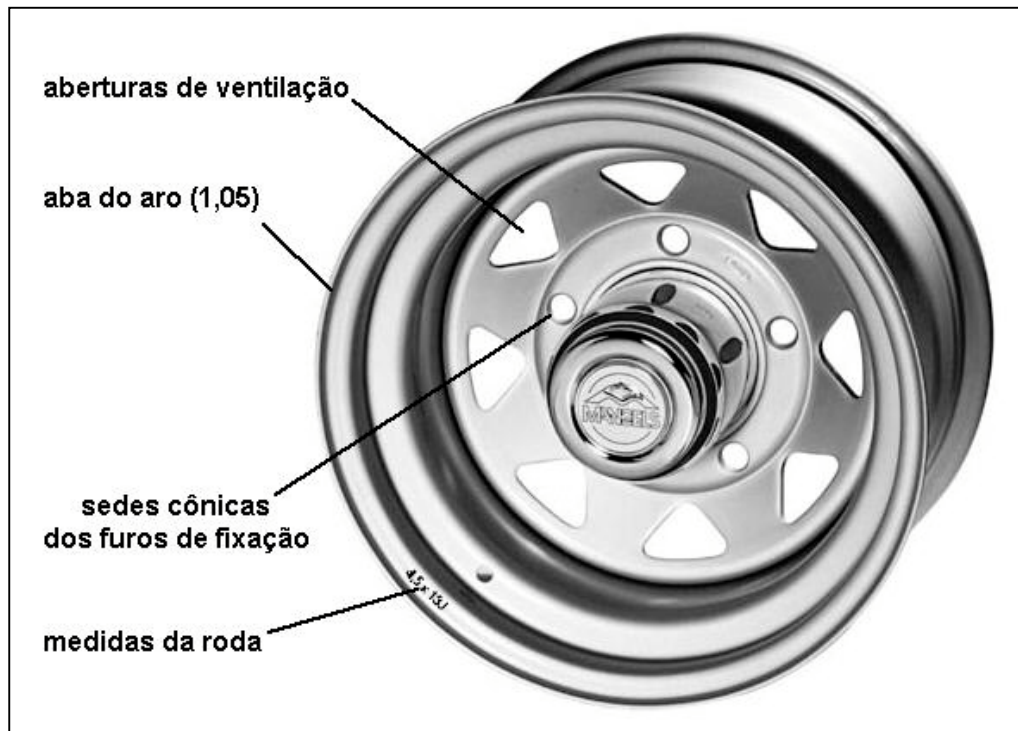
Aro de liga leve

O aro de aço é mais resistente a choques. Já o aro de liga leve está mais sujeito a deformações ou trincas, devido a impacto.

Os aros de liga leve têm as seguintes vantagens:

- sendo mais leves, contribuem para diminuir o peso total do veículo. Por isso, um veículo com rodas de liga leve pode ser freado ou acelerado mais rapidamente;
- os impactos dos pneus com o piso diminuem, o que garante maior aderência das rodas no solo;
- os aros esfriam mais rapidamente, porque as ligas utilizadas geralmente conduzem melhor do que o aço o calor produzido pelos freios e pelo atrito dos pneus com o piso.

A roda tem diversas aberturas. Algumas servem para a ventilação dos freios e outras para a própria fixação da roda ao eixo.

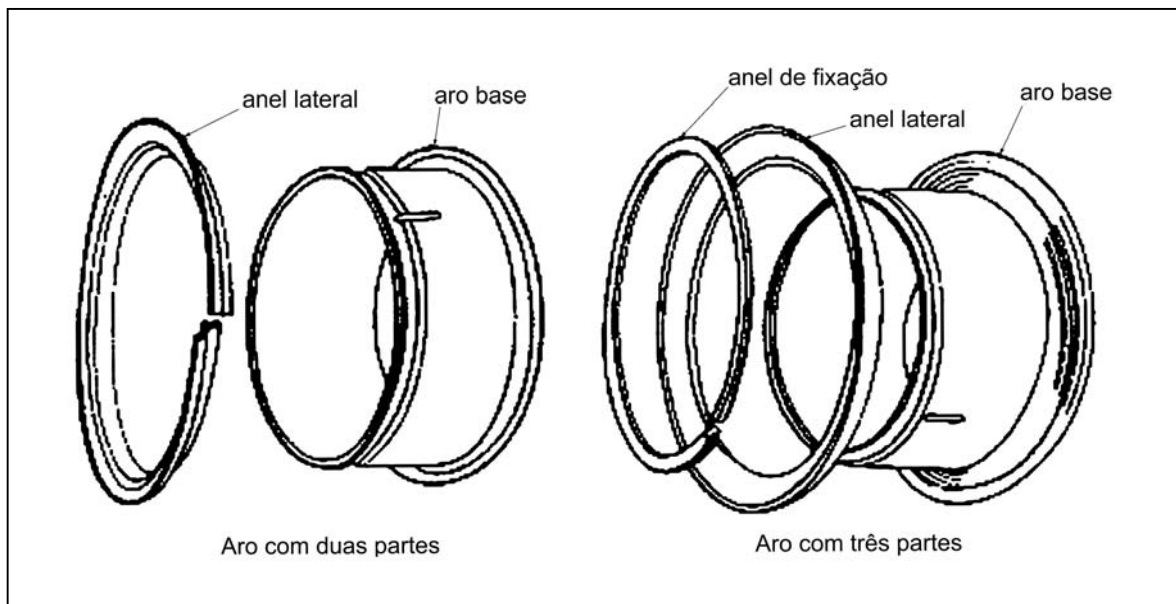


Abertura da roda

Nas rodas de liga leve, os furos de fixação precisam ser protegidos. Eles não podem ficar em contato direto com as porcas ou parafusos de fixação que são de aço. Antigamente essa proteção era feita com graxa mas, atualmente, os furos de fixação vêm com buchas de aço.

Observação

Para veículos pesados e máquinas de terraplanagem usam-se aros desmontáveis formados de duas ou três partes.



Aros desmontáveis

Pneu

Os pneus suportam o peso de um veículo como se fossem almofadas de ar. Além disso, como são flexíveis, não passam os solavancos e batidas contra o piso diretamente ao veículo e seus ocupantes.

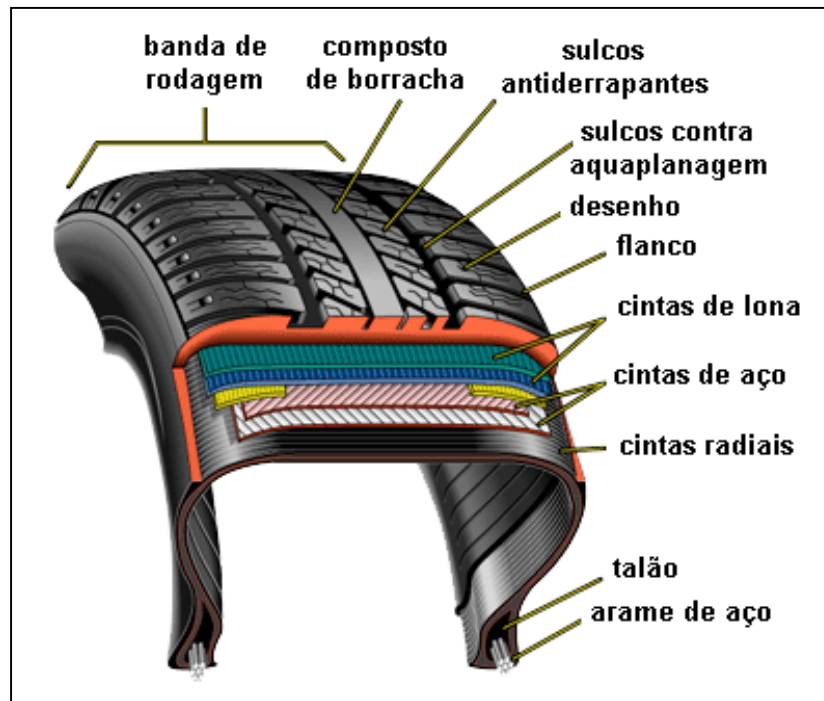
Os pneus são importantes porque seguram o veículo firmemente contra o piso nas curvas e freadas. Para isto acontecer, é importante que a parte do pneu que entra em contato com o piso, ou seja, sua banda de rodagem, esteja bem conservada.

A banda de rodagem deve ter ranhuras com profundidade mínima, especificada pelo fabricante, para permitir que a água escape entre pneu e o piso. Assim os pneus não derrapam, diminuindo a possibilidade de ocorrer hidroplanagem.

A hidroplanagem, ou aquaplanagem, ocorre quando os pneus, a uma certa velocidade, deixam de “drenar”, ou seja, de romper a água empoeçada no solo. Então, o veículo perde totalmente o contato com o solo, principalmente quando os pneus estão desgastados.

A borracha é o material ideal para a fabricação do pneu por ser flexível, elástica e não se gasta rapidamente com o atrito. Entretanto, a borracha dos pneus tem que ser reforçada com fios de algodão, de náilon ou de aço para aumentar sua resistência a deformações, cortes e perfurações.

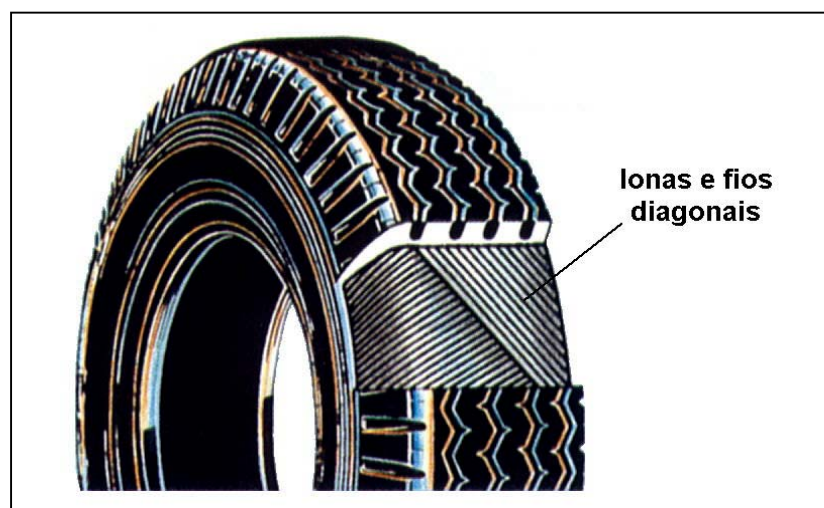
Talão é parte do pneu que se apoia no aro da roda e é reforçada por fios de aço.



Composição do pneu

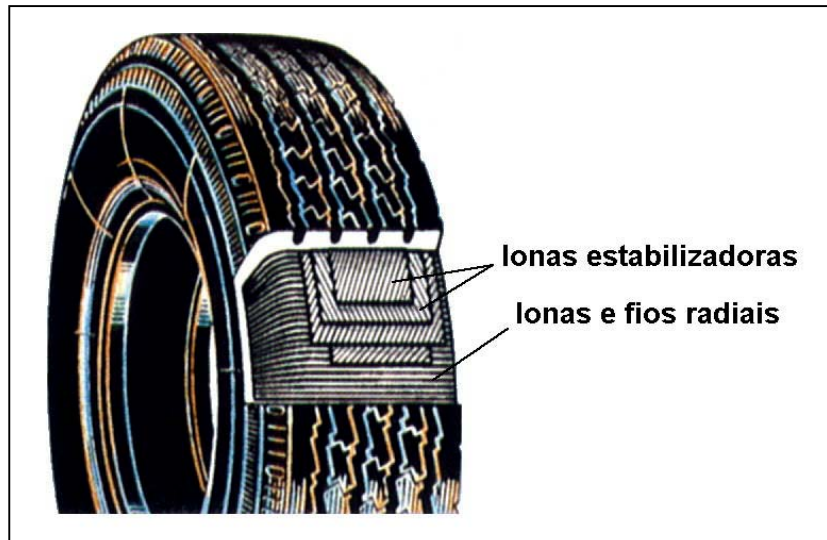
Conforme a disposição dos fios de reforço, o pneu pode ser diagonal ou radial.

No pneu diagonal os fios de reforço são inclinados em relação as laterais do pneu.



Pneu diagonal

No pneu radial, os fios das lonas estendem-se de uma a outra lateral em ângulo reto. O pneu radial tem, também, lonas estabilizadoras que permitem bom apoio da banda de rodagem, mesmo quando o pneu recebe esforço lateral, o que ocorre, por exemplo, nas curvas.

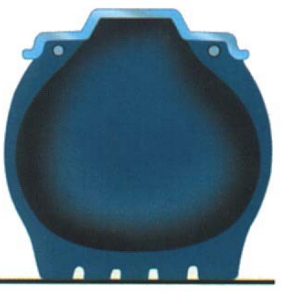
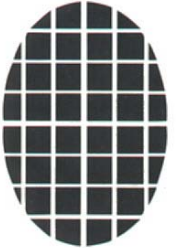
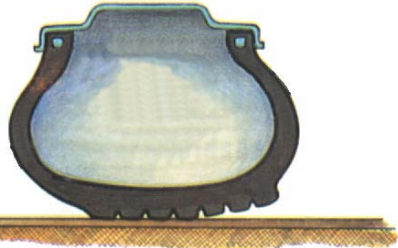
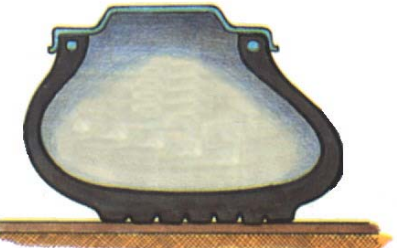


Pneu radial

Os pneus radiais, comparados com os diagonais, apresentam as seguintes vantagens:

- menor flexibilidade da banda de rodagem, o que ocasiona menos aquecimento;
- maior durabilidade;
- parede lateral mais arredondada e banda de rodagem mais larga, o que garante maior aderência ao piso;
- maior economia de combustível.

Veja, a seguir, uma tabela comparativa de comportamento dos pneus diagonal e radial.

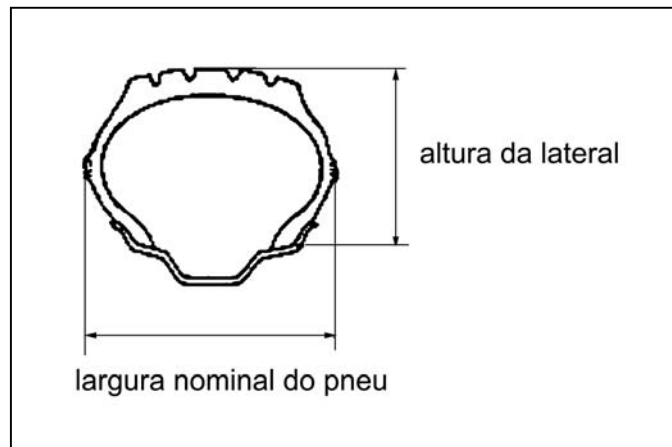
	Pneu Diagonal	Pneu Radial
Pneu sob Carga		
Apoio no Solo		
Apoio nas Curvas		

Comparação entre pneus radial e diagonal

A baixa velocidade, os pneus radiais transmitem mais os impactos causados por buracos e outras irregularidades, tornando o veículo menos confortável.

Os pneus são identificados por um código que informa suas características, conforme apresentado na tabela a seguir.

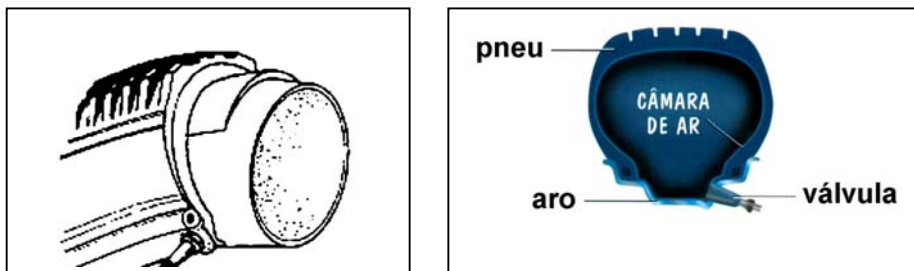
Capacidade de Carga por Pneu (Kg)								Categoria de Limite de Velocidade	
Índice	Kg	Índice	Kg	Índice	Kg	Índice	Kg	Símbolo	Km/h
60	250	74	375	88	560	102	850	M	130
61	257	75	387	89	580	103	875	N	140
62	265	76	400	90	600	104	900	P	150
63	272	77	412	91	615	105	925	Q	160
64	280	78	425	92	630	106	950	R	170
65	290	79	437	93	650	107	975	S	180
66	300	80	450	94	670	108	1000	T	190
67	307	81	462	95	690	109	1030	H	210
68	315	82	475	96	710	110	1060	V	240
69	325	83	487	97	730	111	1090		
70	335	84	500	98	750	112	1120		
71	345	85	515	99	775	113	1150		
72	355	86	530	100	800	114	1180		
73	365	87	545	101	825				



Dimensões dos pneus

Câmara de ar

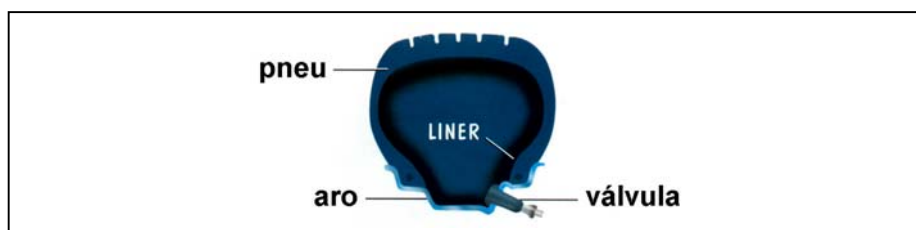
É um tubo circular de borracha que se coloca dentro do pneu. A câmara é enchida com ar comprimido, através de uma válvula. Essa válvula permite a entrada do ar comprimido, mas impede sua saída interior da câmara.



A câmara, montada no pneu e estando com a pressão recomendada pelo fabricante, sustenta o peso total do veículo.

Pneu sem câmara de ar

O pneu sem câmara tem o interior revestido com borracha macia, que impede a saída do ar.



O pneu sem câmara tem as seguintes vantagens sobre os outros:

- montagem mais fácil;
- não se esvazia de vez ao ser furado. O revestimento de borracha macia faz uma espécie de vedação da saída de ar;
- os furos podem ser consertados sem ser necessário desmontar a roda. Para isso, basta usar tampões de borracha apropriados.

Pressão do pneu

À medida que se coloca ar comprimido dentro da câmara de um pneu ou no interior de um pneu sem câmara, ele vai ficando mais cheio e firme. O pneu fica, então, em condições de suportar o peso do veículo

A pressão que o ar deve ter dentro da câmara ou do pneu sem câmara é especificada pelo fabricante. Essa pressão depende de o veículo estar com muito ou pouco peso e é medida com um calibrador.

Os calibradores de pneus podem ser portáteis ou fixos.



Calibradores portáteis



Calibradores fixos

O calibrador portátil tem uma escala que é empurrada pelo ar comprimido do pneu quando seu bocal é encostado na válvula do pneu.

O calibrador fixo é ligado a um compressor de ar através de uma mangueira. Por isso pode executar qualquer uma das seguintes tarefas:

- aumentar a pressão do pneu;
- diminuir a pressão do pneu;
- medir a pressão do pneu.

A medida da pressão é feita pelo manômetro do calibrador fixo, que tem duas escalas:

- Bar ou Kg/cm^2 (quilograma por centímetro quadrado);
- PSI ou Lb/pol^2 (libra por polegada quadrada).

A calibragem dos pneus deve ser feita quando eles estiverem frios, ou seja, à temperatura ambiente. Isto porque os pneus esquentam ao rodarem em contato com o piso e, assim, sua pressão aumenta. Os pneus com pressão acima da recomendada gastam mais na parte central da banda de rodagem. Já nos pneus com pressão menor que a especificada, esse desgaste é mais acentuado nos lados da banda rodagem.



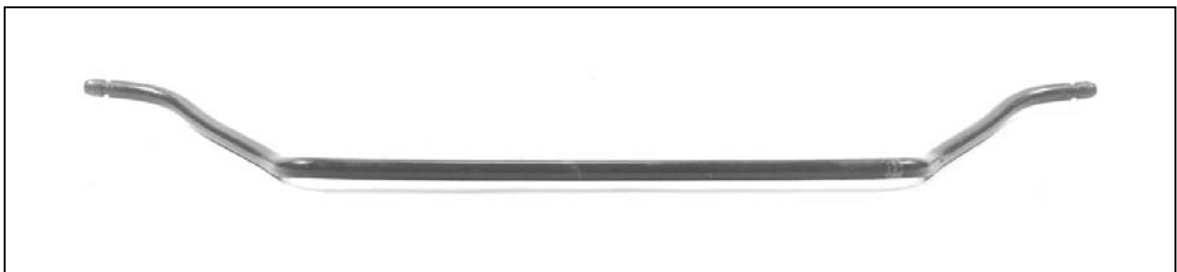
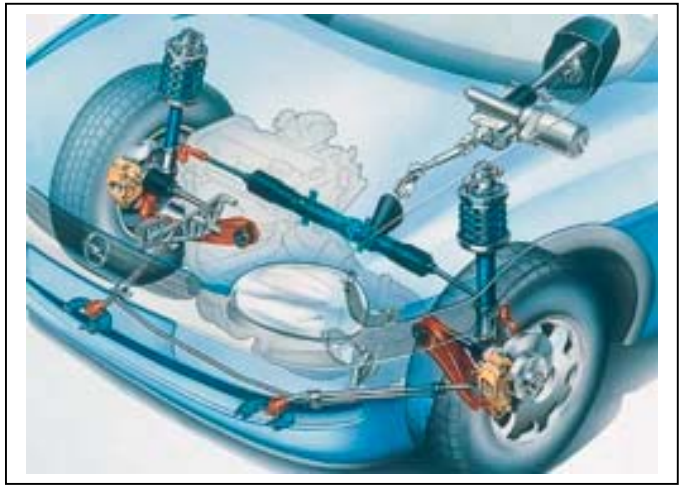
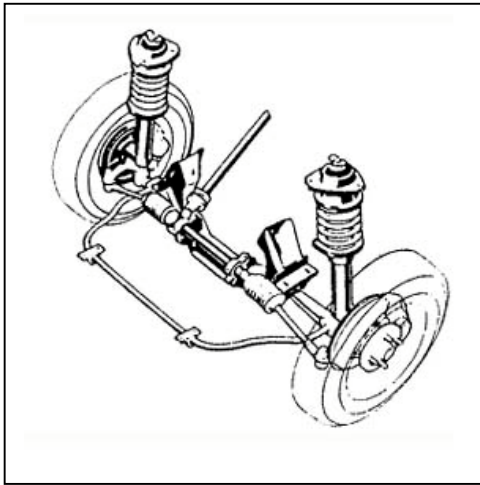
Pressão acima da recomendada Pressão abaixo da especificada Pressão Recomendada

Outros problemas, como mau alinhamento, folga nos rolamentos das rodas, etc., também provocam um desgaste irregular dos pneus. Isto quer dizer que o Mecânico de automóvel experiente pode perceber que o veículo tem problemas de direção, alinhamento, etc. pelo tipo de desgaste ou irregularidades observadas nos pneus, produzidas por esses defeitos.

ESTABILIZADOR

O estabilizador ou barra estabilizadora é uma barra de aço tratado termicamente que impede que a carroçaria se incline muito quando o veículo faz uma curva. Como se vê essa barra estabiliza a carroçaria.

Sistema de Suspensão

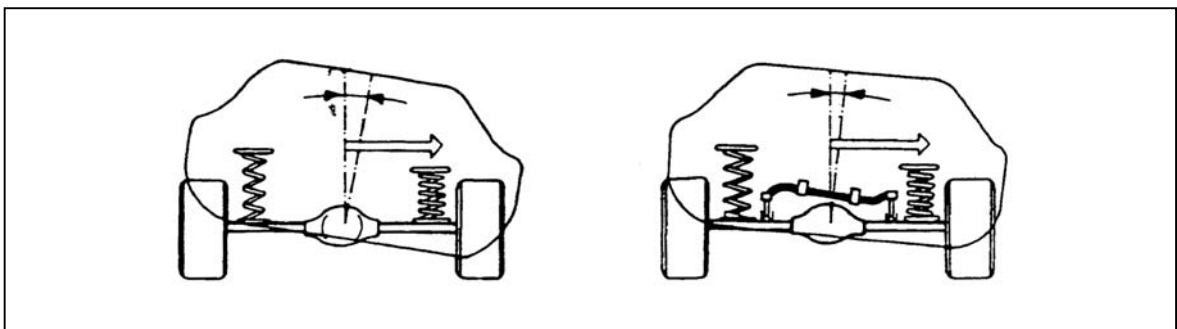


Estabilizador

O estabilizador é instalado na carroçaria ou no chassi do veículo e age tanto na suspensão dianteira como na traseira.

A barra estabilizadora tem seção circular e é encurvada nas extremidades, para formar dois braços de alavanca.

O estabilizador é uma barra de torção, instalada paralelamente aos planos horizontais da carroçaria e dos eixos das rodas. Sua atuação só ocorre quando a carroçaria ou o eixo das rodas se inclina. É por isso que o estabilizador é mais solicitado nas curvas.



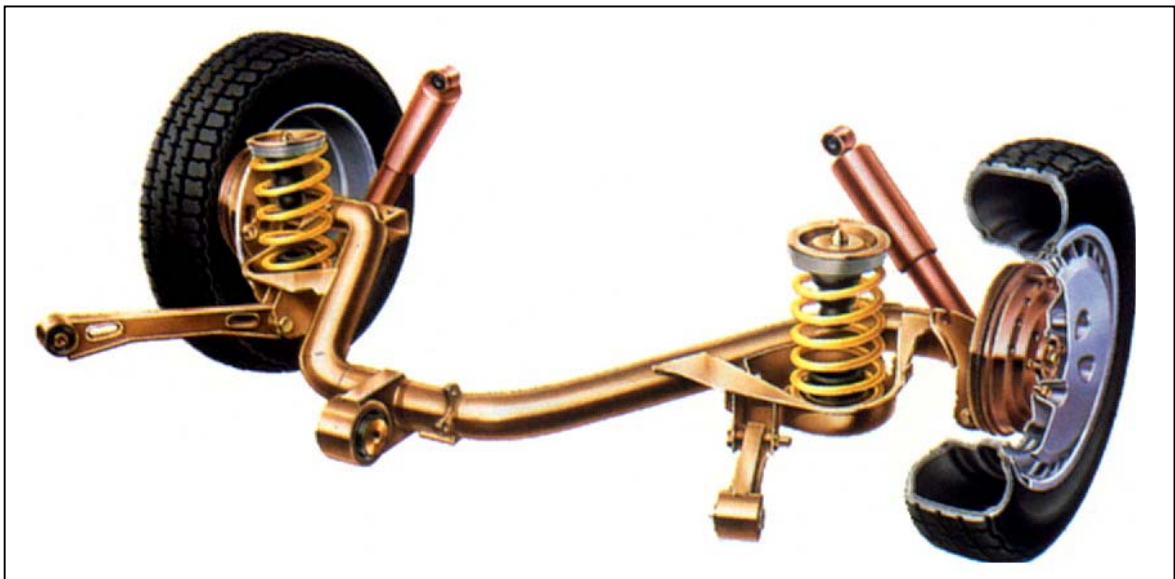
Efeito do estabilizador

O estabilizador é apoiado em suportes com mancais de borracha, também denominados coxins, e retentores de aço, que envolvem a borracha.

Na manutenção periódica dos estabilizadores deve-se:

- substituir os mancais e retentores deformados;
- verificar empenos e deformações;
- substituir o estabilizador que tiver olhais deformados.

Em alguns veículos, os amortecedores telescópicos são montados de forma inclinada; esse sistema é popularmente chamado “andar de marinheiro”. Dessa forma, auxiliam e até substituem o estabilizador em curvas feitas a baixa velocidade.



Suspensão a eixo rígido com amortecedores inclinados

AMORTECEDOR

O amortecedor é uma peça de aço geralmente formada por duas partes, que se movimentam lentamente. Ele é instalado entre a carroçaria. (chassi) e a suspensão do veículo e tem como função amortecer as oscilações das molas e, portanto, da carroçaria.

Os dispositivos que fazem o amortecedor mover-se lentamente podem ser hidráulicos ou hidráulico-pneumáticos. Cada um desses tipos vai ser detalhado a seguir.

Amortecedor hidráulico

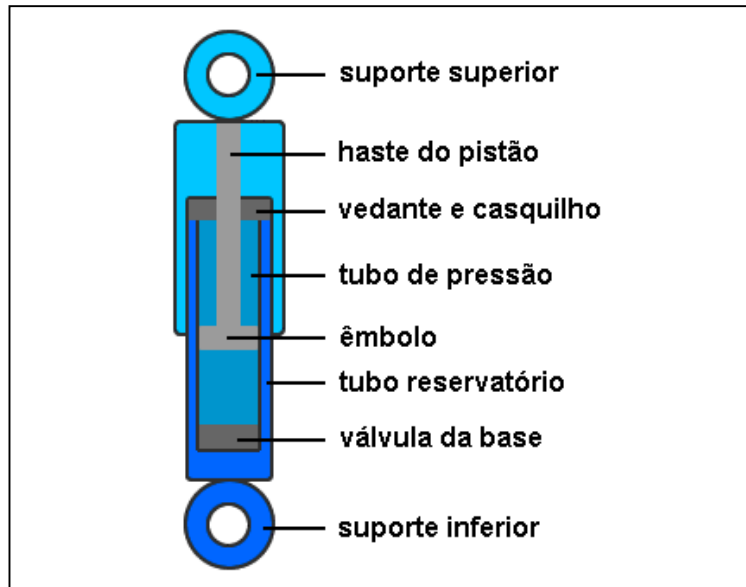
O amortecedor hidráulico utiliza óleo para controlar os movimentos da suspensão e da carroçaria.

O amortecedor hidráulico mais usado é do tipo telescópico – nome que se deve ao fato de ele ser formado por dois tubos que podem entrar um dentro do outro.



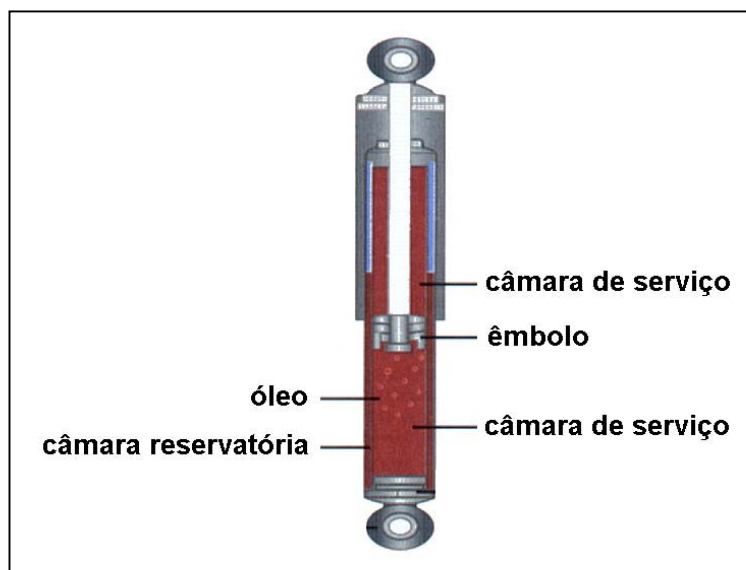
Sistema de Suspensão

O tubo superior ou protetor envolve parcialmente o inferior. Este é uma cápsula fechada, composta por dois cilindros, no interior dos quais está o óleo.



Espaço entre o cilindro interno e o externo chama-se câmara-reservatório. O cilindro interno também tem uma câmara: a câmara de serviço. Ela é dividida em duas partes por um êmbolo móvel.

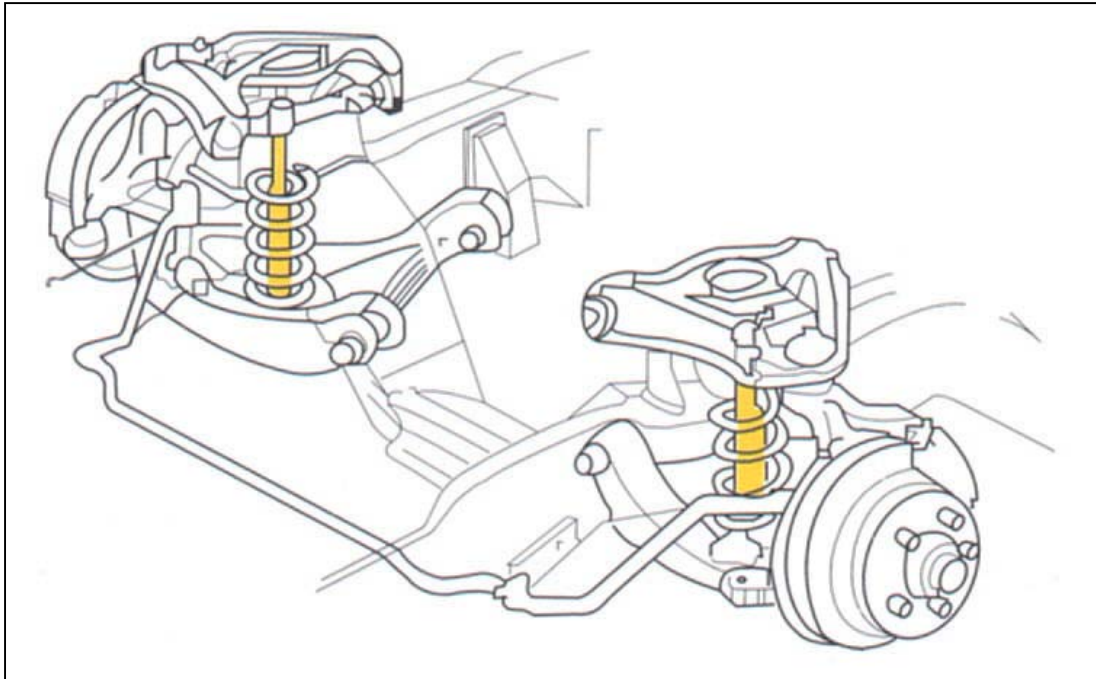
O êmbolo tem uma haste que atravessa o cilindro externo, sendo presa ao protetor e ao sistema de fixação do amortecedor.



Câmaras do amortecedor

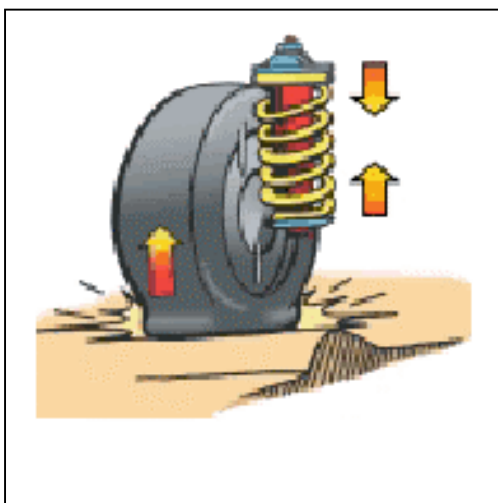
Sistema de Suspensão

O amortecedor fica preso à suspensão e à carroçaria pelo sistema de fixação. Quando uma roda passa em sobre uma pedra ou outra irregularidade do piso, ela sobe e transmite seu movimento para a suspensão que, por sua vez comprime a mola e o amortecedor.

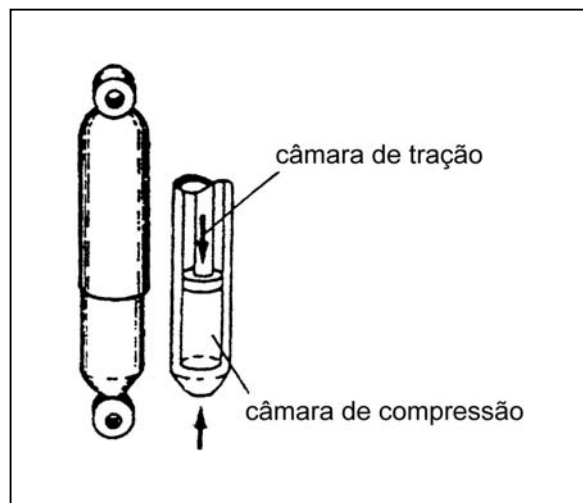


Compressão da mola do amortecedor

Quando o amortecedor é comprimido e se “fecha”, o êmbolo comprime o óleo na parte inferior da câmara de serviço que, nesse caso, passa a ser chamada de câmara de compressão. Ao mesmo tempo, a parte superior do cilindro interno recebe o nome de câmara de tração.



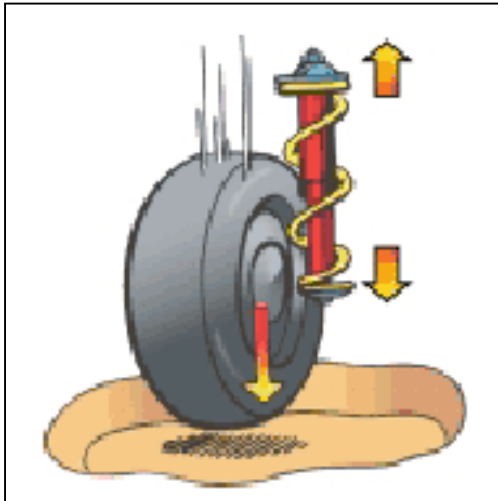
Fechamento da suspensão



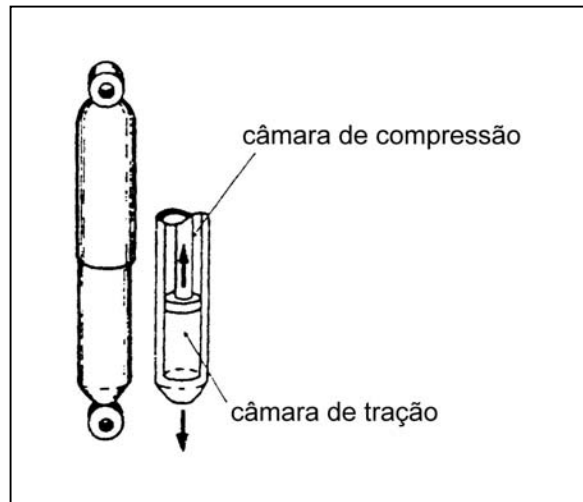
Amortecedor comprimido

Sistema de Suspensão

No movimento contrário, ou seja, quando o amortecedor sofre extensão, a compressão do óleo ocorre na parte superior do cilindro interno. Nesse caso ela recebe o nome de câmara de compressão e a câmara inferior chama-se, então de tração.

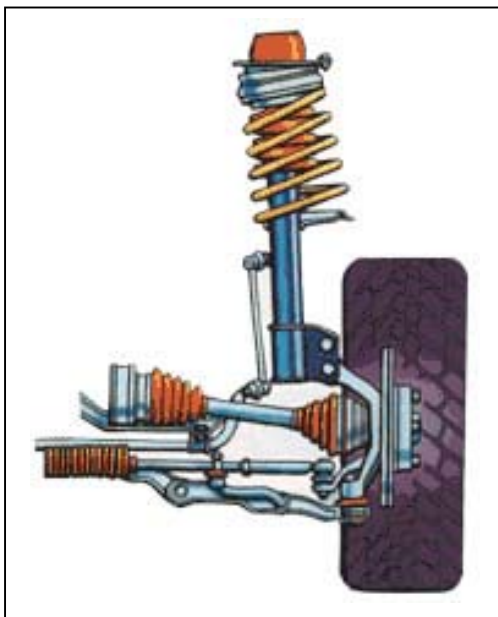


Abertura da suspensão

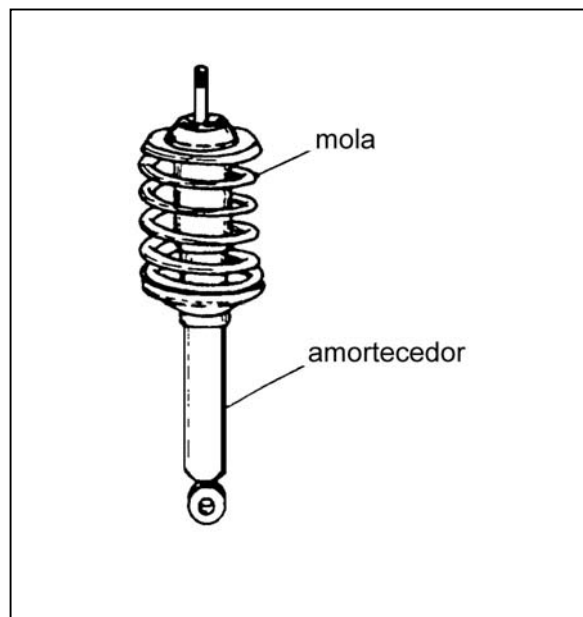


Amortecedor estendido

Tanto na compressão de amortecedor, quanto na sua extensão, o óleo passa de uma câmara para outra através de orifícios existentes no êmbolo controlados por válvulas. Mas essa passagem de óleo é lenta e o amortecedor só pode comprimir-se ou estender-se lentamente. É assim que o amortecedor atenua as vibrações das molas.

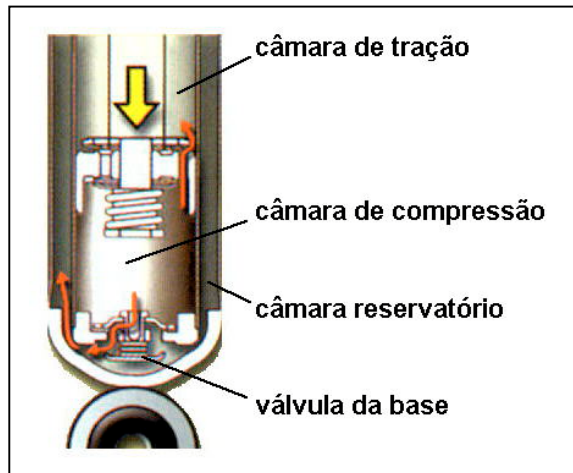


Conjunto mola-amortecedor



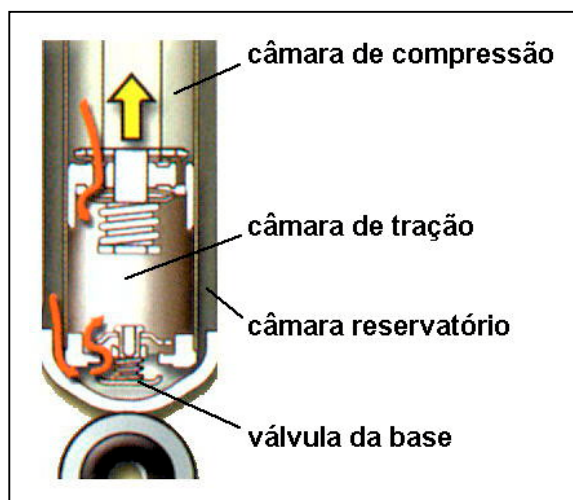
Sistema de Suspensão

Quando o amortecedor é comprimido, o óleo passa da câmara de compressão para a câmara de tração. Como essa última é pequena em relação à primeira (devido ao espaço ocupado pela haste do êmbolo) Parte do óleo sai pela válvula da base para uma câmara-reservatório.



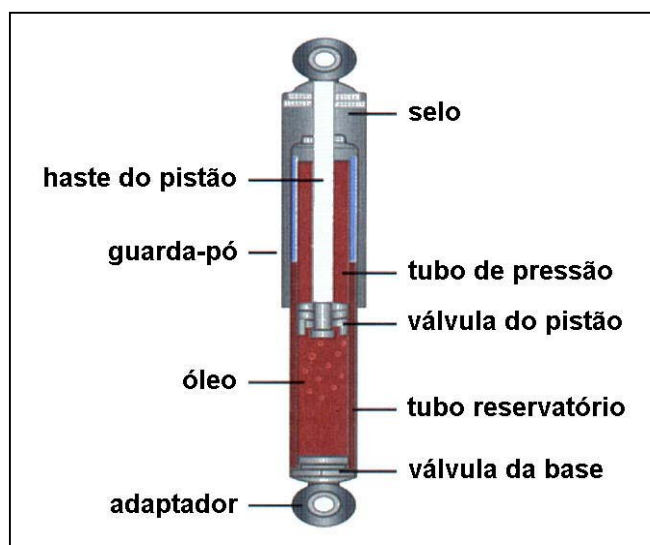
Detalhe da câmara-reservatório na compressão

Na extensão, o óleo que esta na câmara de compressão é forçado a descer pelo movimento do êmbolo. Ao mesmo tempo, o óleo da câmara-reservatório volta para a câmara de tração pela válvula da base.



Detalhe da câmara-reservatório na extensão

Resumindo, o amortecedor hidráulico, do tipo telescópico, é formado pelos elementos descritos na figura a seguir.



Elementos do amortecedor

A passagem lenta do óleo de uma câmara do amortecedor para outra é que garante uma movimentação lenta do amortecedor.

Na compressão, o amortecedor e a mola da suspensão trabalham juntos; na extensão, o amortecedor se opõe à oscilação da mola.

O amortecedor de **ação simples** não apresenta a mesma resistência à compressão do que a extensão, o que ocorre com o amortecedor de **ação dupla**.

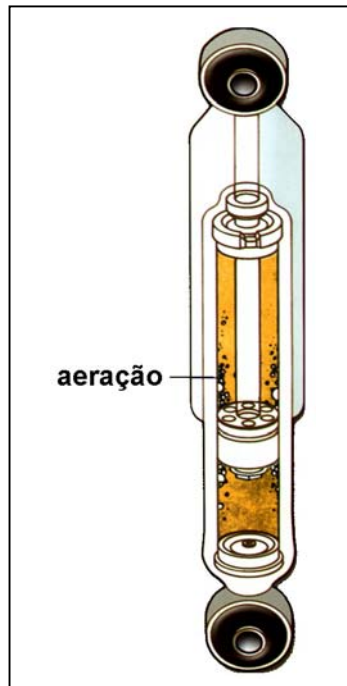
Amortecedor pressurizado

Os amortecedores hidráulicos contêm óleo e ar. Por isso, estão sujeitos à perda de pressão e falha através de dois mecanismos:

- aeração;
- cavitação.

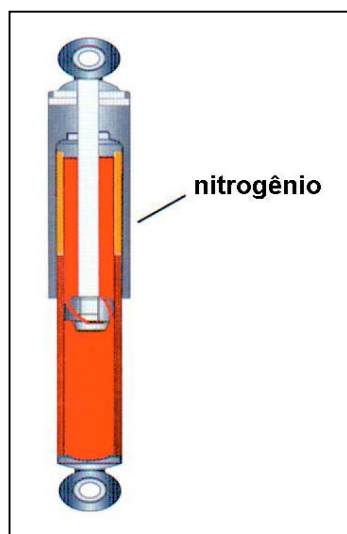
A **aeração** é a mistura de ar com óleo, formando bolhas de ar nas câmaras de tração e de compressão. Ocorre com o aumento de temperatura nessas câmaras e provoca a diminuição na capacidade do amortecedor de absorver impactos.

A **cavitação** é provocada por um impacto muito rápido; produz uma perda momentânea da ação do amortecedor. A cavitação deve-se ao surgimento de um vácuo (abaixamento da pressão do ar) nas câmaras de óleo.



Amortecedor convencional

A aeração e a cavitação diminuem a aderência dos pneus com o piso e comprometem a segurança do veículo. Para resolver esses problemas foi criado o amortecedor pressurizado.



Amortecedor pressurizado

Esse amortecedor tem o gás nitrogênio, o mesmo que compõe a maior parte do ar.

O nitrogênio forma um bolsão na parte superior da câmara-reservatório. Como esse gás não se mistura com o óleo, ele não forma bolhas, ou seja, não ocorre a aeração. Além disso, o nitrogênio auxilia o resfriamento do óleo e, portanto, impede a ocorrência da cavitação.

Precaução

Esse tipo de amortecedor não deve ser aberto! Há risco de **explosão**.

Os amortecedores pressurizados podem ser regulados de acordo com o veículo e o piso em que este se deslocar. Alguns amortecedores pressurizados podem ser regulados mecanicamente. Outros têm uma estrutura diferente e sua regulagem é automática.

Os amortecedores de regulagem automática têm um dispositivo chamado “*stop hidráulico*” ligado à haste. Quando o amortecedor recebe grandes choques, esse dispositivo dificulta a passagem do óleo e, assim, reduz ou elimina o movimento da haste e do êmbolo.

Os amortecedores pressurizados com regulagem mecânica precisam ser ajustados antes da instalação. Essa regulagem é feita pressionando-se o amortecedor até o protetor da haste atingir a marca feita no cilindro do amortecedor (“S” = suave “N” = normal e “F” = forte). Nesse momento gira-se a 180° a haste do amortecedor.

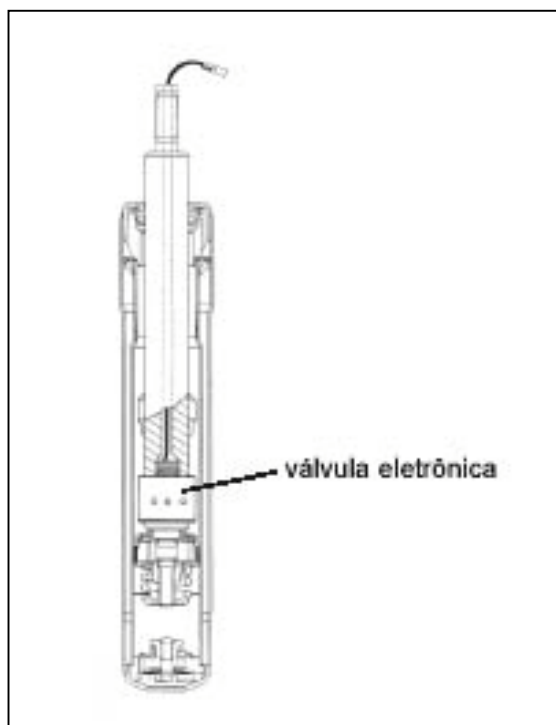
Amortecedor com controle eletrônico

Esse tipo de amortecedor possui válvulas adicionais, controladas por sinal elétrico, que permitem modificar a posição do amortecedor em fração de segundo.

Há duas formas possíveis de acionar o amortecedor com controle eletrônico:

- pelo motorista que, analisando as condições do piso por onde o veículo vai passar, comprime um botão instalado no painel;
- por microprocessador que recebe os sinais de sondas instaladas na suspensão.

Os dois sistemas controlam a abertura ou o fechamento das janelas de passagem de óleo da válvula de tração.

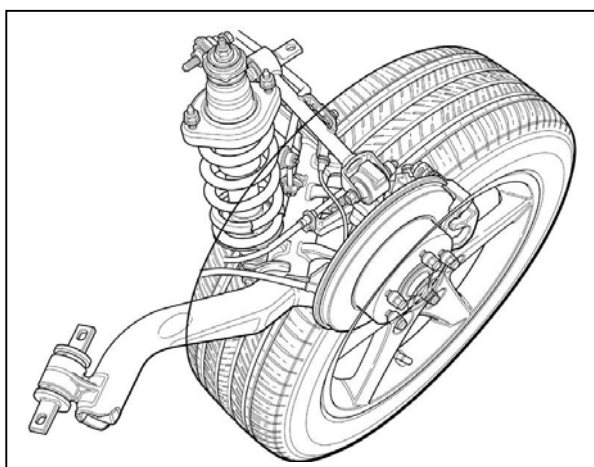


Amortecedor com controle eletrônico

Instalação

Os amortecedores podem ser fixados aos seus pontos de trabalho de duas maneiras:

- por **olhal**, que é o tipo mais comum para fixação do amortecedor ao **eixo do veículo**;
- por **espiga** que é o tipo mais comum para fixação do amortecedor à carroçaria do veículo.

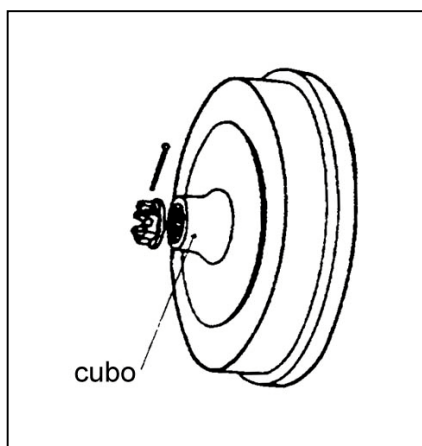


Fixação do amortecedor

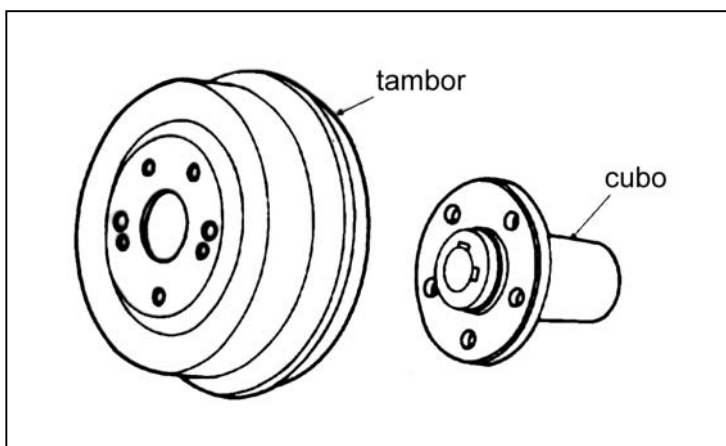
CUBO DE RODA

O cubo de roda é a peça responsável pela rolagem das rodas dos veículos. Pode ser de ferro fundido ou de aço.

O cubo pode ser fundido com o tambor de freio, formando uma única peça, ou pode ser fixado a ele por meio de porcas ou parafusos. Neste último caso, é possível separar o cubo do tambor.

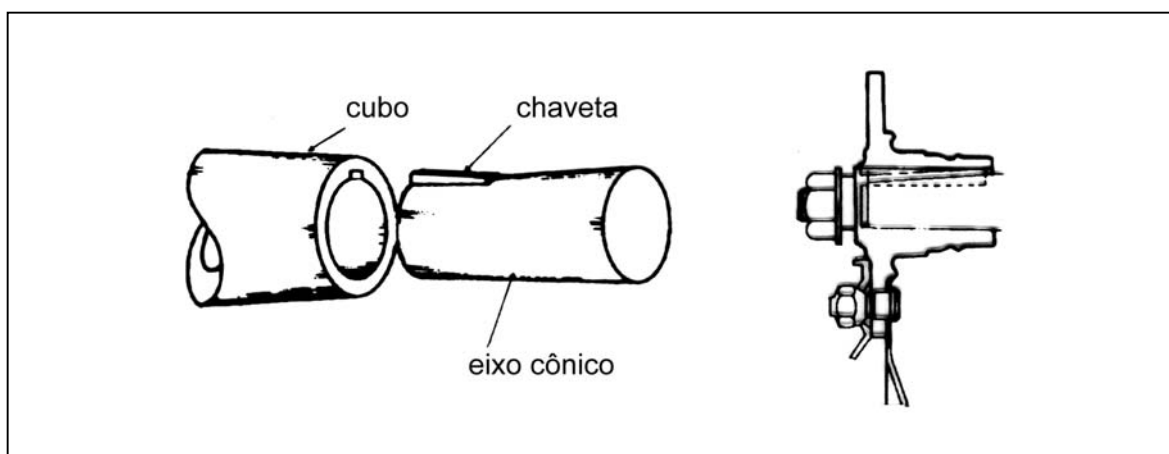


Cubo fundido ao tambor



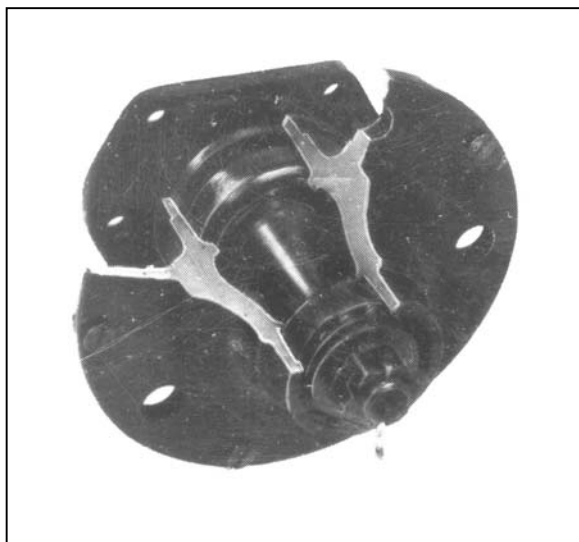
Cubo separado do tambor

O cubo das rodas motrizes, rodas que movem o veículo, deve ser capaz de transmitir a tração do eixo para a roda. Por esse motivo, o cubo deve ser fixado através de cone, de chaveta ou de estrias.



Cone de fixação do cubo de roda

Nas rodas não-motrizes, que apenas giram passivamente, o cubo é montado sobre um ou dois rolamentos que podem ser cônicos ou esféricos.



Cubo montado sobre rolamento cônico



Cubo montado sobre rolamento esférico

Há uma tampa metálica, chamada protetor da porca do cubo, que cobre a ponta do eixo. Sua finalidade é impedir a saída da graxa que lubrifica os rolamentos e proteger os componentes do cubo contra a infiltração de impurezas e choques. Esse protetor é colocado sob interferência mecânica, cobrindo a ponta do eixo.

A porca que prende o conjunto ao eixo tem um ajuste que deve atender aos padrões especificados pelo fabricante, para que o conjunto tenha um desempenho normal.

A porca de Ajuste do cubo pode soltar-se com o movimento de rotação da roda. Para impedir que isso ocorra, utiliza-se uma arruela com uma saliência em seu diâmetro interno, que se encaixa na canaleta existente na ponta de eixo. Essa arruela é montada entre o rolamento externo e a porca de ajuste do cubo, não permitindo que o giro da roda interfira com a porca.

Para manter o ajuste do cubo, a porca deve ser travada. Esse travamento pode ser feito de diversas maneiras. As formas mais comuns são as que utilizam:

- contrapino e porca-castelo;
- travamento por amassamento da porca;

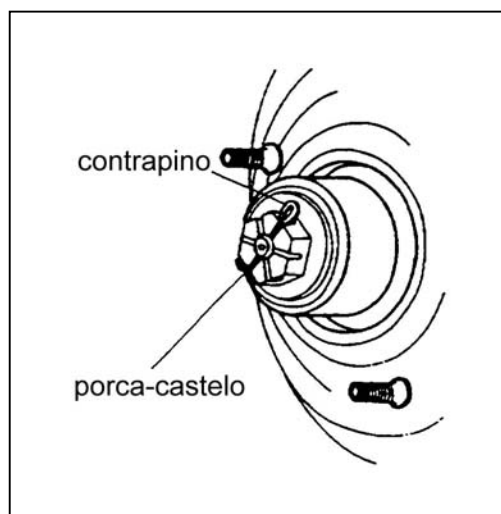
- porca e parafuso allen;
- contraporca com chapa de travamento.

Observação

Existem veículos que utilizam eixos entalhados. Nesse caso, a porca do cubo da roda seria de fixação com travamento e não haveria necessidade da arruela.

Travamento com contrapino e porca - castelo

Para esse travamento, a ponta de eixo apresenta um orifício. Quando a porca-castelo é apertada, dois dos rebaixos do castelo devem coincidir com esse orifício, formando um canal, por onde o contrapino deve passar.

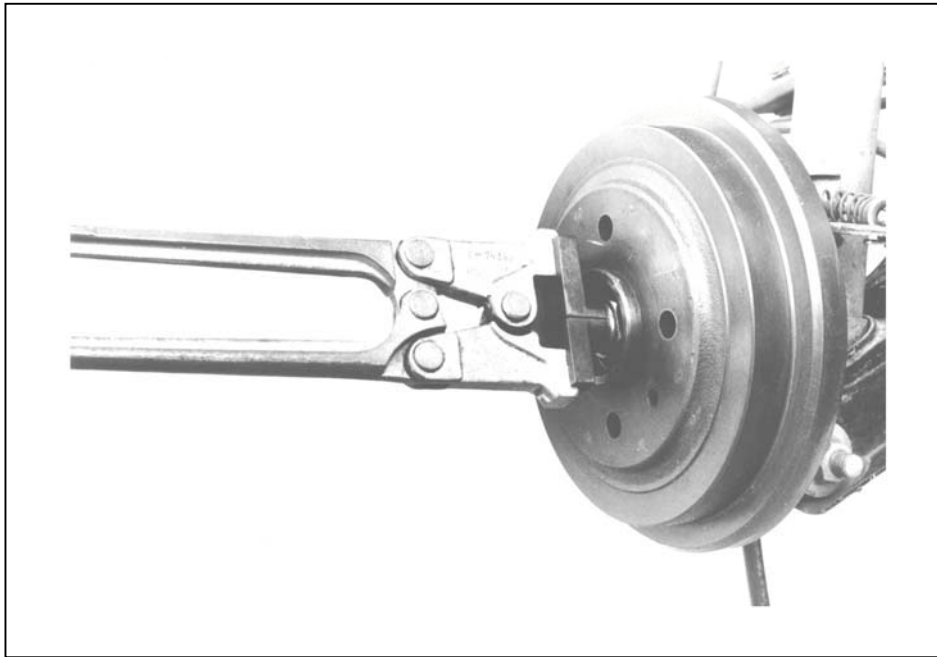


Travamento com contra pino e porca-castelo

Depois de colocar o contrapino no canal, dobram-se suas pontas, uma em sentido contrário ao da outra. Isso evita que ele saia do canal, quando a roda girar.

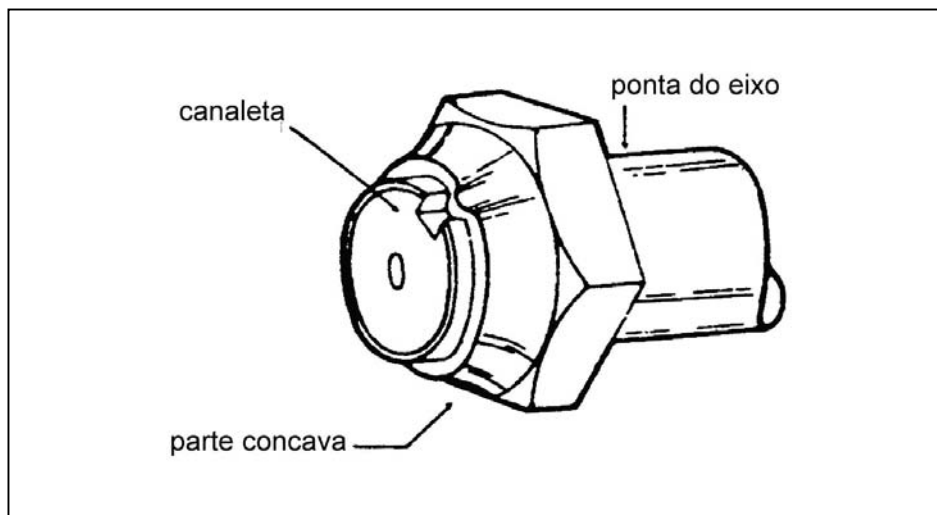
Travamento por amassamento da porca

Esse travamento é feito com ferramenta adequada, como se observa na ilustração a seguir.



Travamento por amassamento da porca

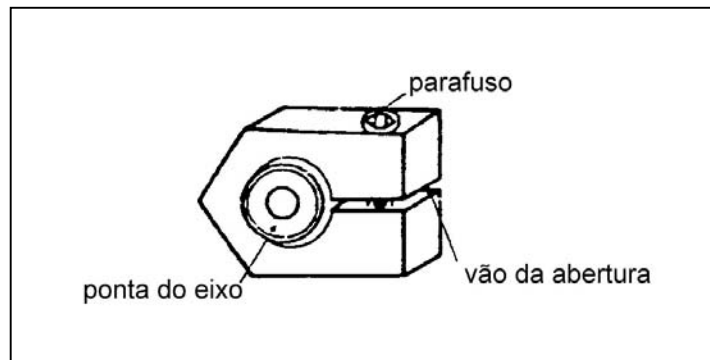
Depois de apertada, a porca é travada com seu próprio material, que é prensado para o interior de uma canaleta existente na ponta do eixo



Porca prensada

Travamento com porca e parafuso allen

Nesse travamento, a ponta de eixo não tem orifício nem canaleta, mas a porca tem um corte, que sai de uma de suas faces externas e atravessa a parte roscada.



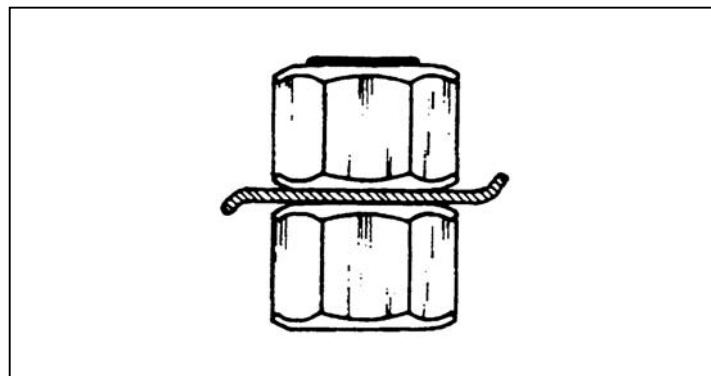
Travamento com porca e parafuso allen

Um parafuso tipo allen atravessa perpendicularmente essa abertura, diminuindo-a ao ser apertado. Dessa forma, a porca, que já estava apertada, fica travada na rosca da ponta de eixo.

Travamento com contraporca e chapa de travamento

Nesse tipo de travamento, a primeira porca ajusta o cubo e, em seguida, é encaixada a chapa-trava, no rasgo do eixo.

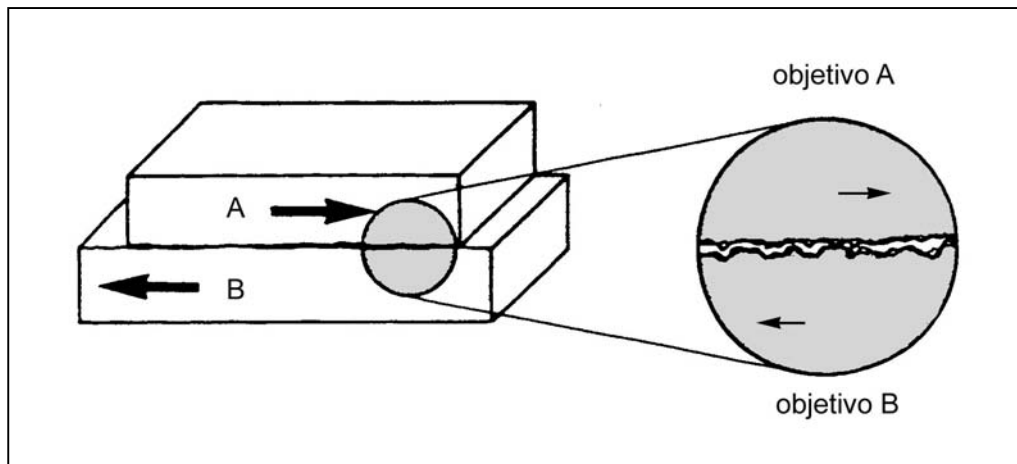
Sobre essa chapa é, então, colocada uma contraporca. Posteriormente, a chapa é dobrada sobre ambas as porcas travando-as.



Travamento com contraporca e chapa

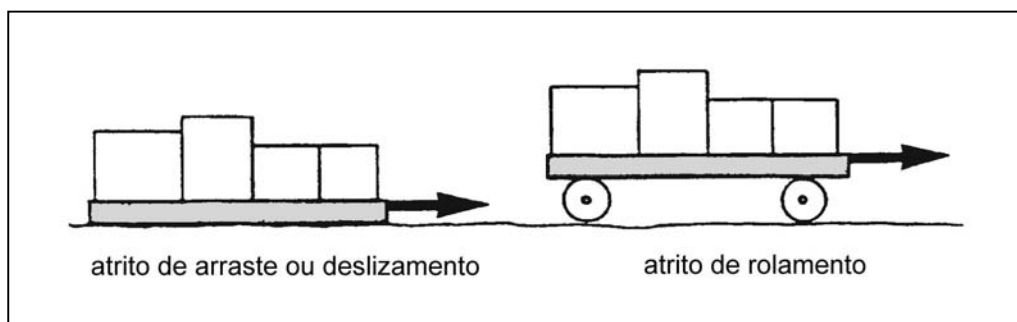
ROLAMENTOS

O movimento de dois objetos que estejam em contato é prejudicado pelo atrito entre suas superfícies. Esse atrito deve-se às irregularidades, saliências e reentrâncias, que as superfícies apresentam. Essas irregularidades se engancham com o movimento dos objetos.



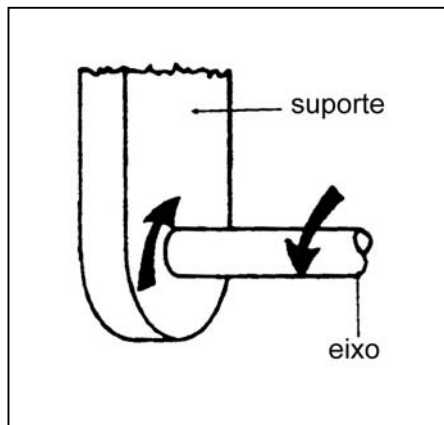
Atrito entre os objetos A e B

Desde a Antiguidade, o homem aprendeu que esse atrito é bem menor quando um corpo rola ao invés de ser arrastado sobre outras.

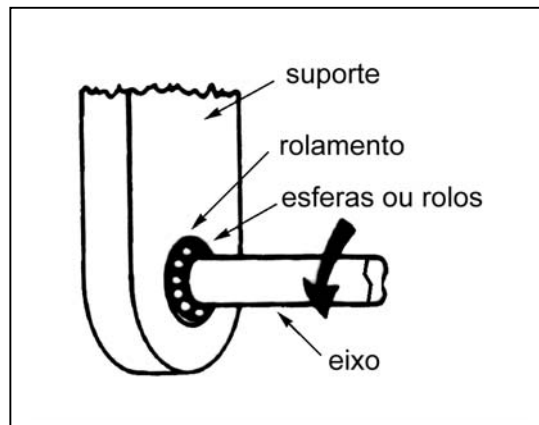


Exemplos de atritos

O rolamento, nome simplificado que se dá ao mancal de rolamento, é um dispositivo que transforma o atrito de arraste em atrito de rolamento, que é bem menor. O rolamento serve de apoio a eixos ou peças, utilizando como componentes intermediários corpos rolantes.



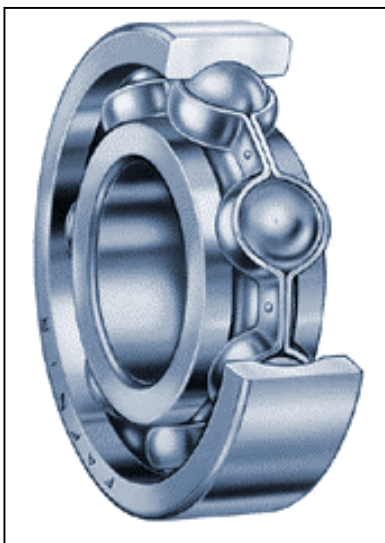
Mancal de deslizamento (mais atrito)



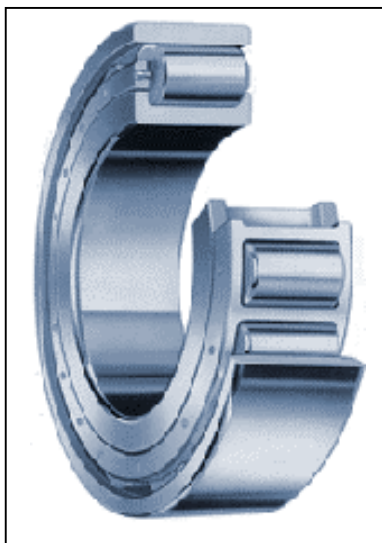
Mancal de rolamento (menos atrito)

Os rolamentos compõem-se, basicamente, de:

- anel externo;
- anel interno;
- separador, que evita o atrito sobre os corpos rolantes;
- esferas ou rolos, que constituem os corpos rolantes e se situam entre os dois anéis do rolamento.



Rolamento de esferas



Rolamento de rolos cilíndricos

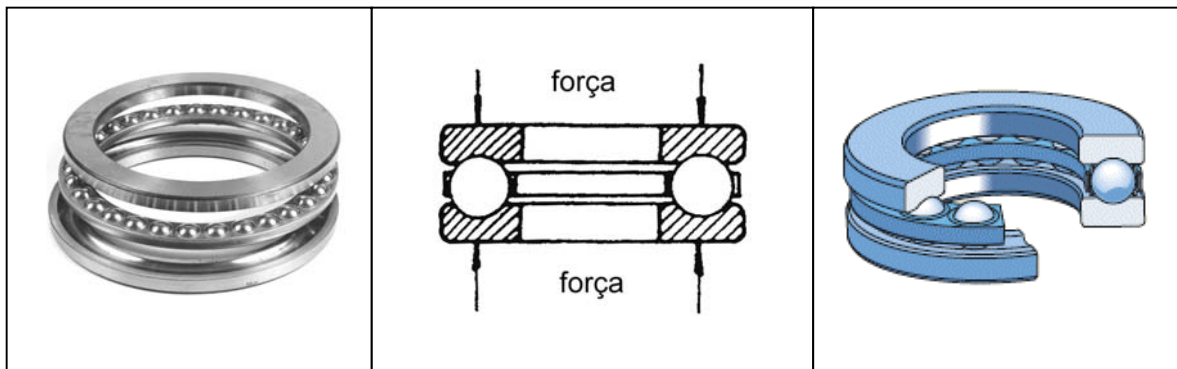


Rolamento de agulhas

Classificação dos rolamentos

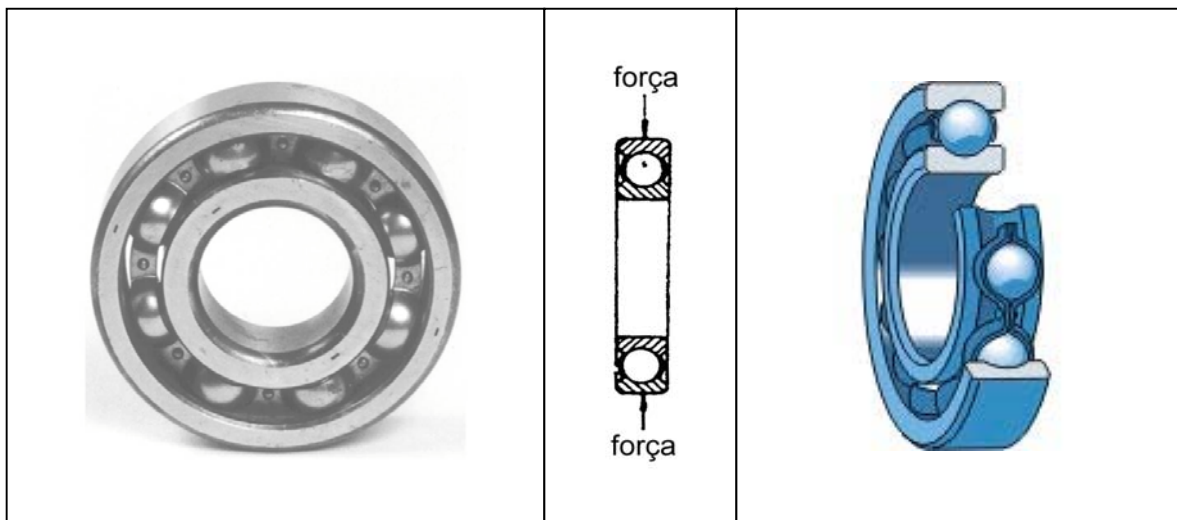
Os rolamentos, segundo os esforços que devem suportar, podem ser divididos em três classes: rolamento axial, rolamento radial e rolamento axial-radial.

O rolamento **axial** deve suportar esforços paralelos ao eixo. É o que ocorre com o mancal de embreagem.



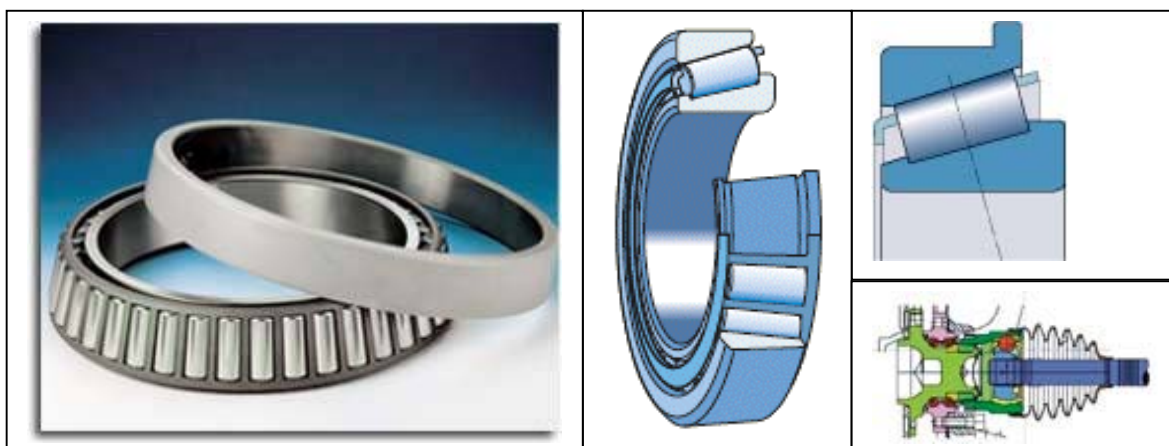
Rolamento axial

O rolamento **radial** é o que suporta esforços ao longo de seu raio. É usado em semi-árvores, geradores, etc.

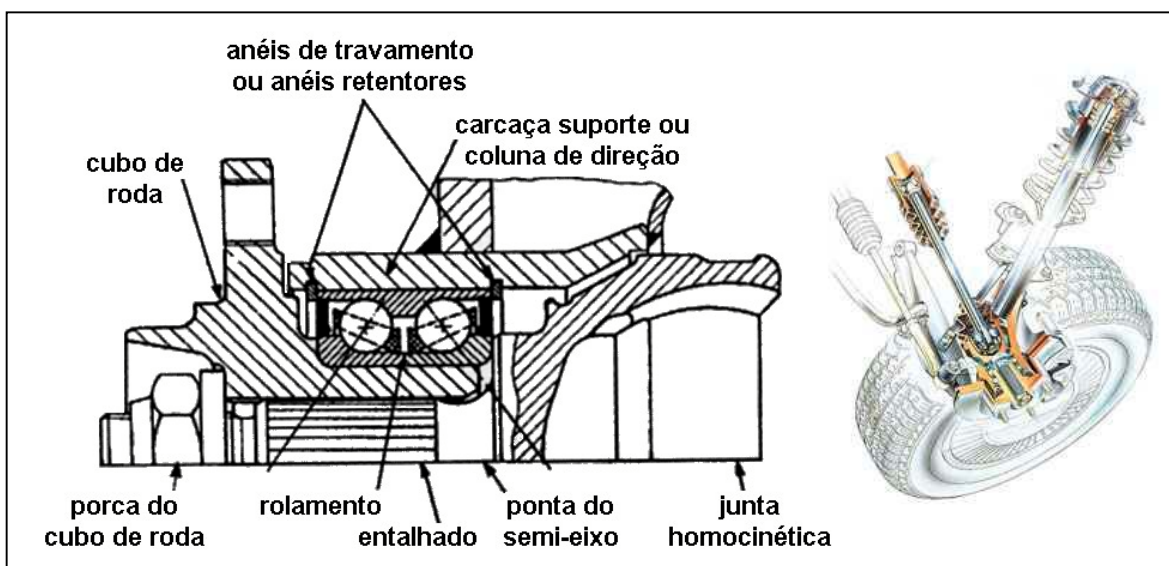


Rolamento radial

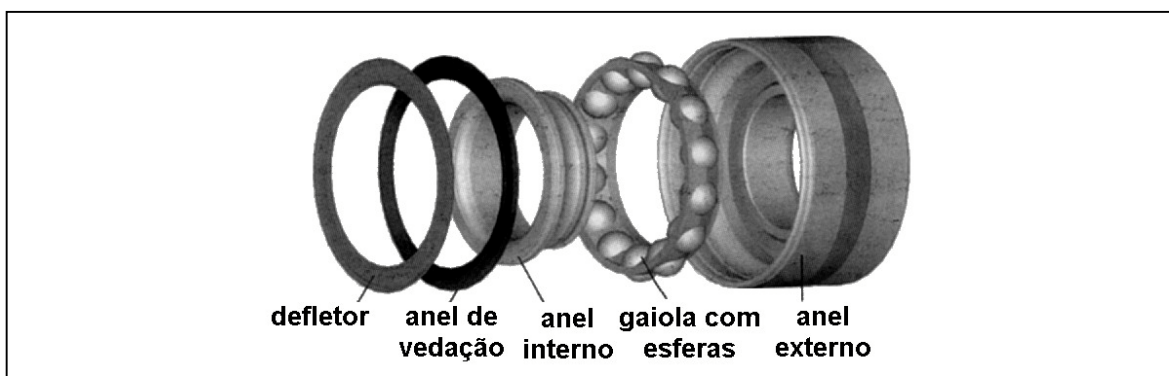
O rolamento **axial-radial** combina os dois tipos anteriores e pode suportar tanto esforços axiais quanto radiais. Por esse motivo, é usado em locais de grande solicitação, como rodas diferenciais. O rolamento axial-radial pode ser de rolos cônicos e de esferas.



Rolamento axial-radial de rolos cônicos

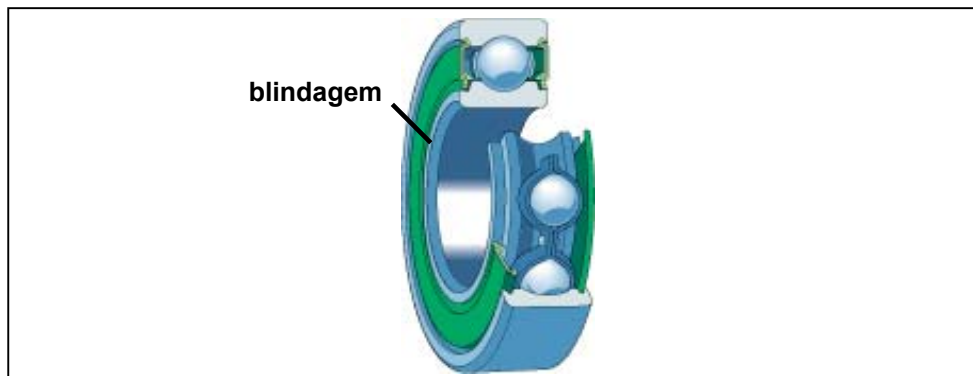


Cubo de roda dianteiro com junta homocinética



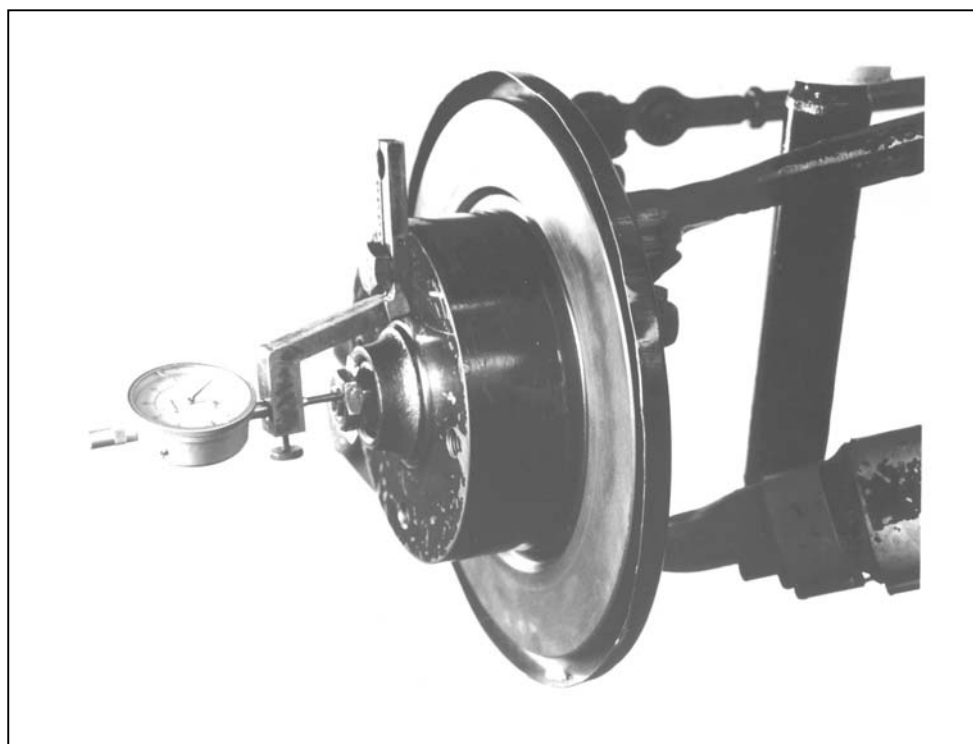
Rolamento axial-radial de esferas

A blindagem do sistema de lubrificação permanente do rolamento é um dos elementos que determinam a vida útil do componente.

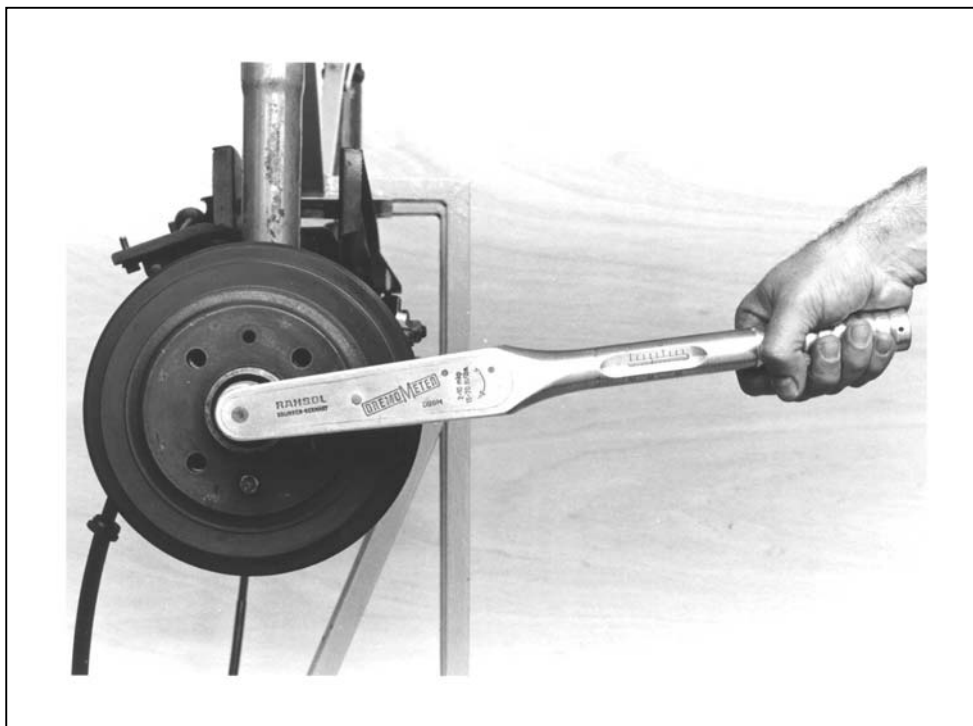


Blindagem

Todos os rolamentos devem trabalhar conforme as especificações do fabricante. Por isso, deve-se observar sua folga de trabalho, que pode ser determinada através de relógio comparador ou pelo toque aplicado ao sistema de fixação do rolamento.



Verificação de folga com relógio comparador



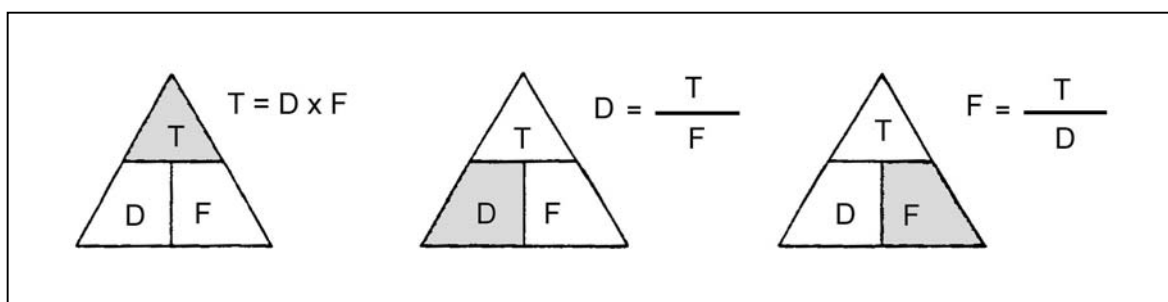
Verificação de folga pela aplicação do torque

Fórmulas para calcular torque e força

T = torque

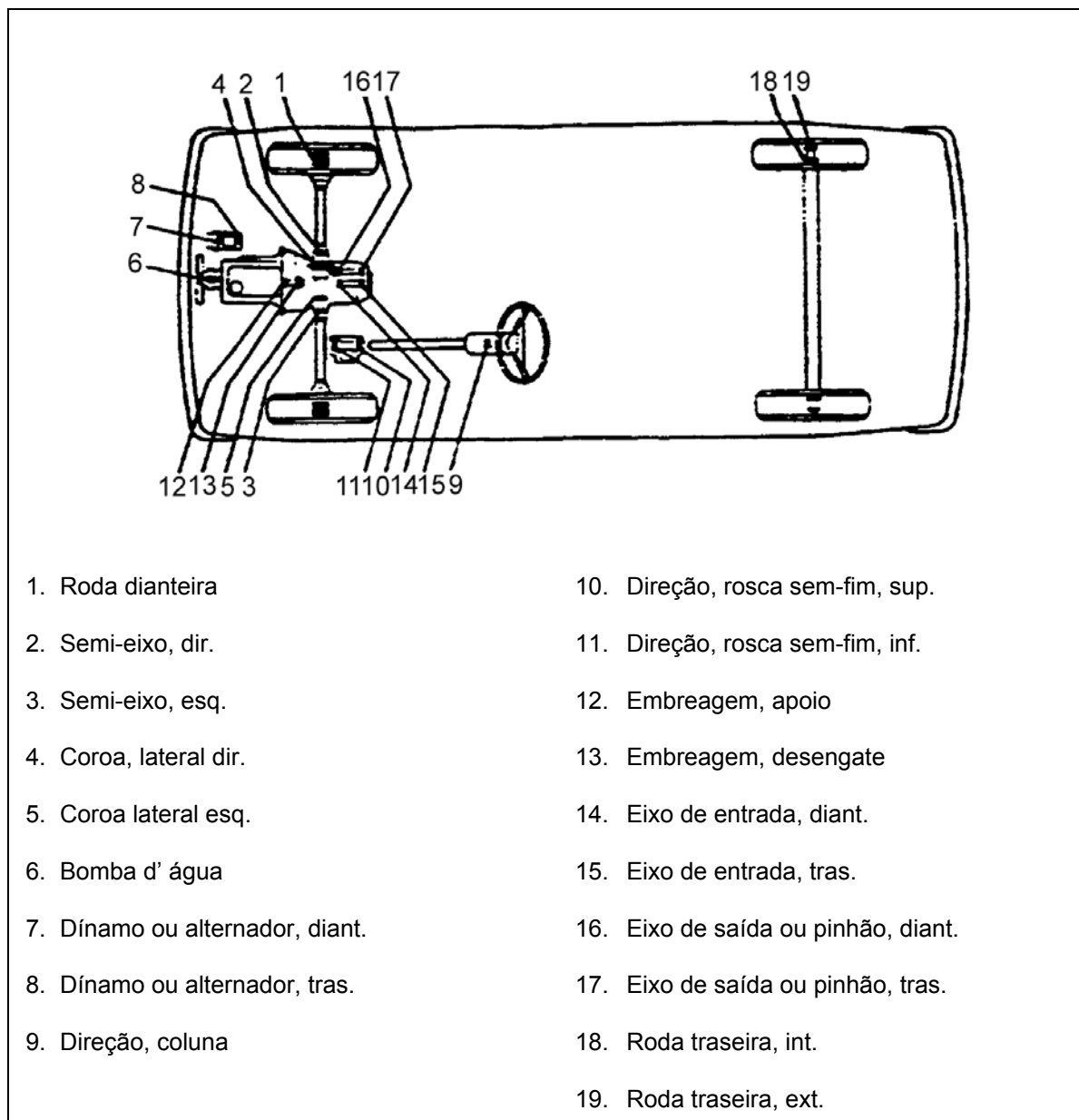
D = distância

F = força

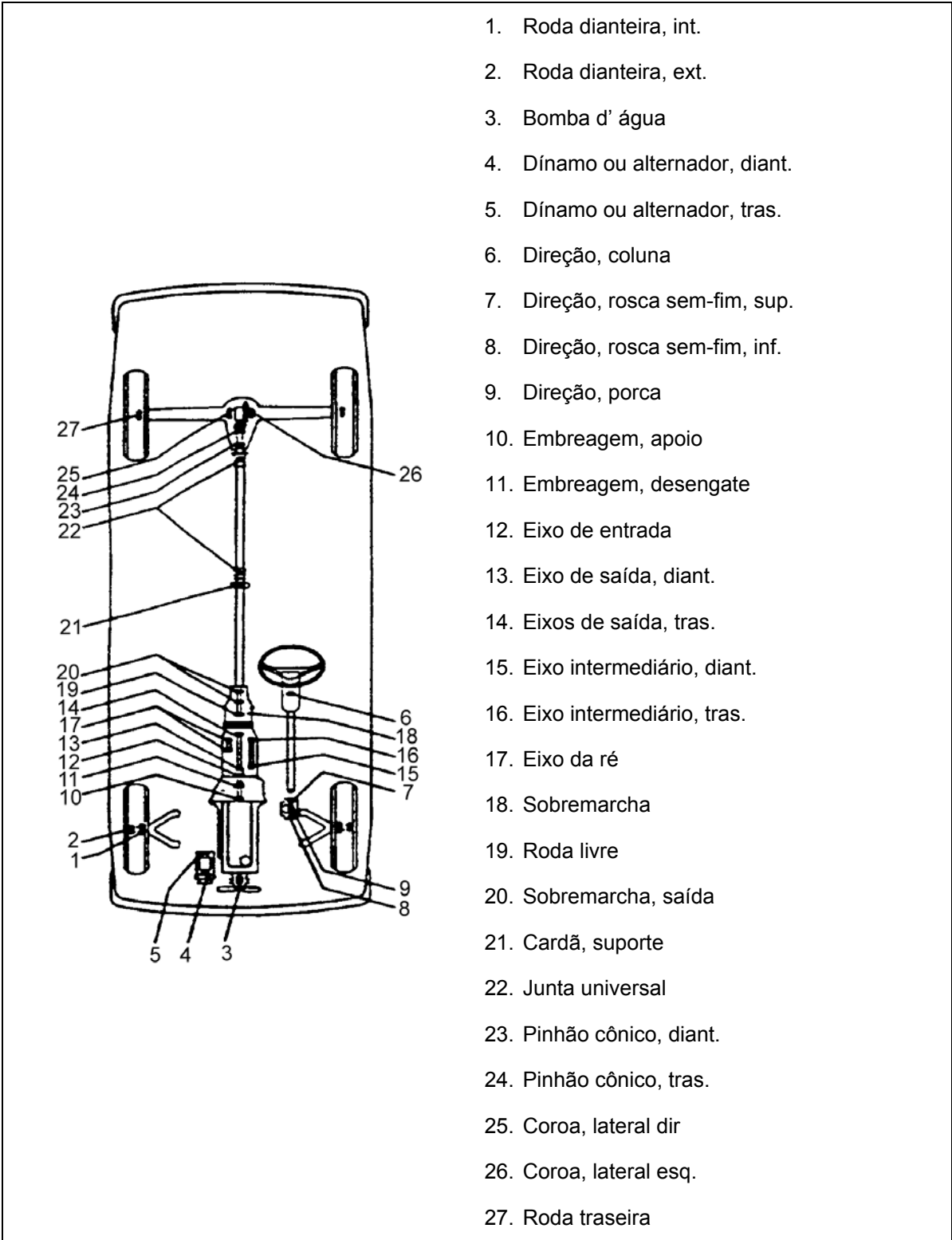


Sistema de Suspensão

Os rolamentos são utilizados em diversas aplicações nos veículos, como mostram as figuras a seguir.



Aplicação dos rolamentos



Limpeza dos rolamentos

Para lavar rolamentos usam-se solventes de petróleo, principalmente o querosene, colocados em uma vasilha.

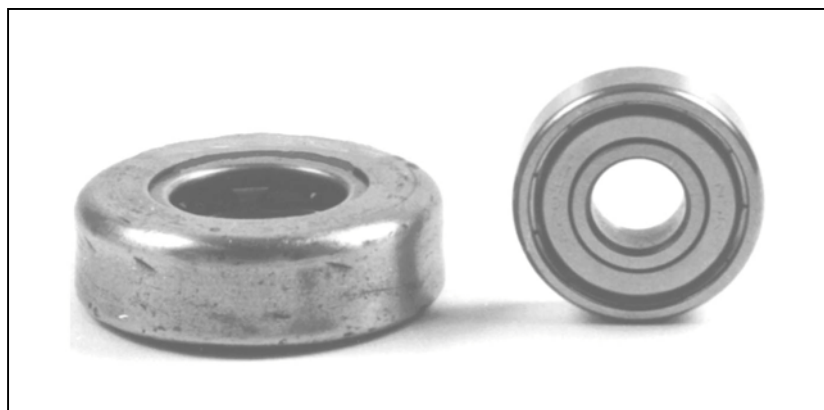
O rolamento deve ser esfregados com um pincel macio ou agitado no líquido de limpeza para desprender sua sujeira.

Após a lavagem, os rolamentos passam por uma secagem com jato de ar comprimido. Nessa secagem, deve-se segurar os dois anéis do rolamento. Evita-se, assim, que ele gire a grande velocidade e se danifique por estar sem lubrificação.

Um rolamento limpo deve ser manuseado, com panos limpos e sem fiapos, até ter suas superfícies lubrificadas e protegidas da oxidação. Não sendo utilizados imediatamente, os rolamentos devem ser lubrificados e embrulhados em papel limpo.

Lubrificação dos rolamentos

Há rolamentos blindados com capas laterais para proteger o lubrificante. Esse tipo de rolamento já vem lubrificado de fábrica e não pode ser lavado.



Rolamentos com blindagem lateral

Os rolamentos que não são blindados devem ser lubrificados com óleo ou graxa. Essa lubrificação deve ser renovada periodicamente.

A lubrificação com óleo deve ser feita com almotolia nos pontos apropriados (oleadeiras). A lubrificação com graxa é feita sempre que se desmontam componentes para revisão e nelas existem rolamentos alojados.

Para serem engraxados, os rolamentos devem estar limpos. Deve-se verificar se a graxa:

- é adequada ao tipo de trabalho desempenhando pelo rolamento, atendendo às especificações do fabricante do veículo ;
- penetrou entre os elementos rolantes e as pistas do rolamento;
- cobriu todas as esferas ou rolos.

Calcula-se a quantidade da graxa necessária para lubrificar um rolamento através da fórmula:

$$G = 0,005.D.B,$$

Onde:

G = gramas de graxas

D = diâmetro externo do rolamento

B = largura do rolamento em mm

Os rolamentos da caixa de mudanças e do diferencial são lubrificados pelo próprio óleo em que estão mergulhados.

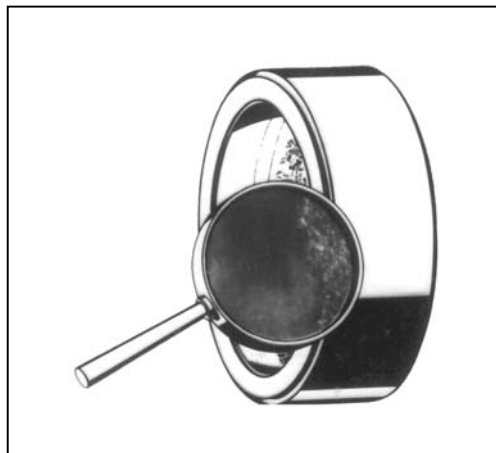
Defeitos dos rolamentos

Ao verificar defeitos em um rolamento, não basta substituí-lo; temos que descobrir sua provável causa e eliminá-la. As causas mais frequentes são:

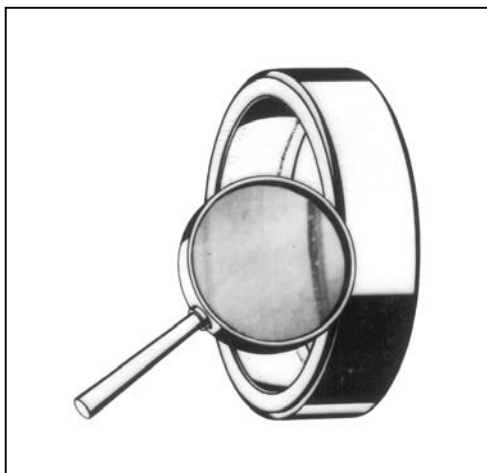
- falha de montagem;

- falha de lubrificação;
- presença de materiais estranhos ao rolamento;
- contaminação com água;
- erros de forma;
- vibrações;
- corrente elétrica;
- fadiga do material

A figura a seguir mostra o desprendimento de material da pistas do anel externo, causada por uma sobrecarga radial, devido à montagem incorreta do rolamento.



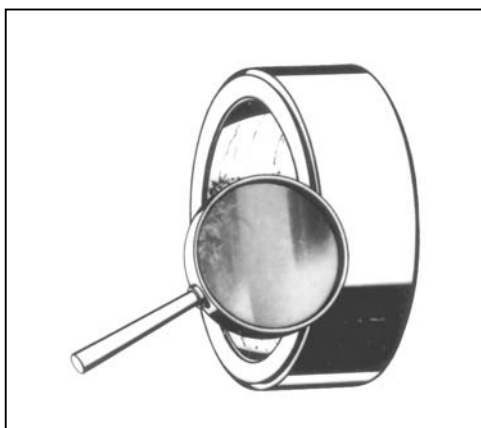
Pode ocorrer uma sobrecarga axial, devida, por exemplo, à expansão térmica do eixo. Assim, o rolamento não consegue acompanhar o deslocamento axial do eixo, o que provoca um desgaste na faixa lateral da pista externa.



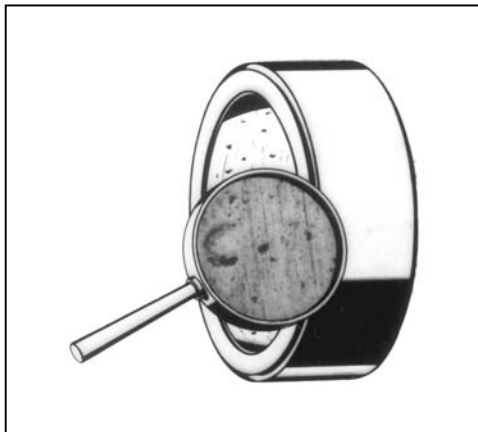
Endentações (marcas) nas pistas e corpos rolantes podem ser devidos a golpes no rolamento é montado com interferência mecânica no eixo.



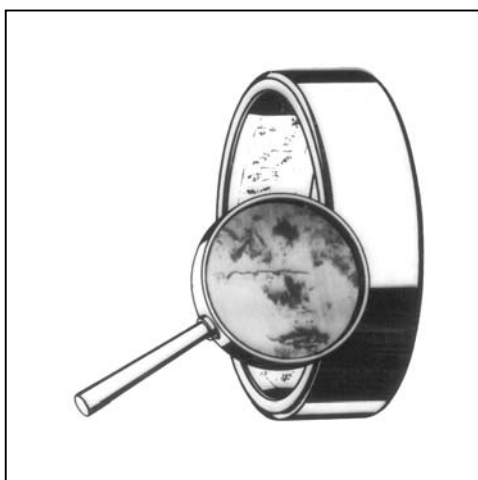
Alto polimento nas pistas, provocado por lubrificação insuficiente.



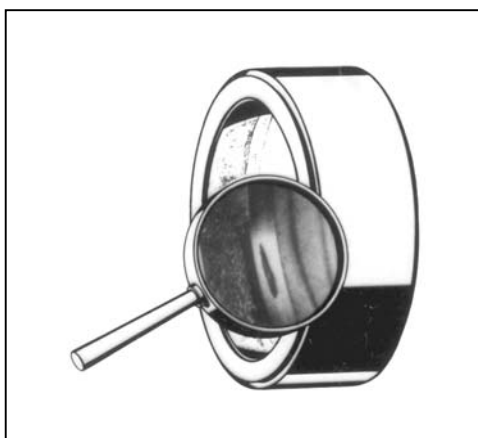
Marcas nas pistas e nos corpos rolantes aparecem quando materiais estranhos entram nos rolamentos, durante sua montagem. Eventualmente, segue-se o desprendimento de material.



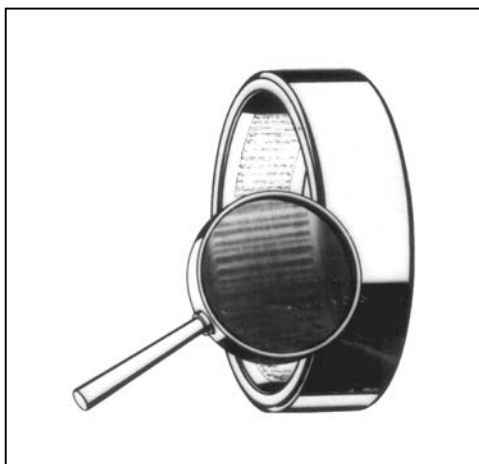
Corrosão dos rolamentos devido à presença de água.



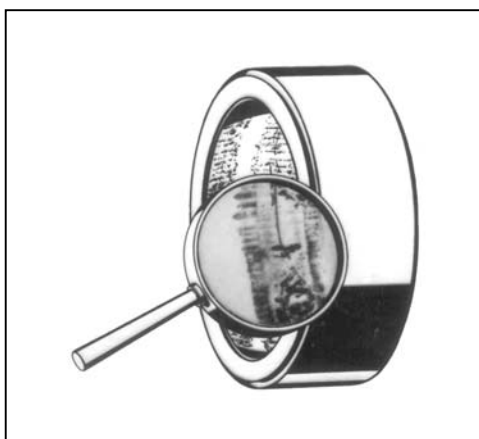
Ovalização do eixo ou do alojamento que produz danos no anel do rolamento.



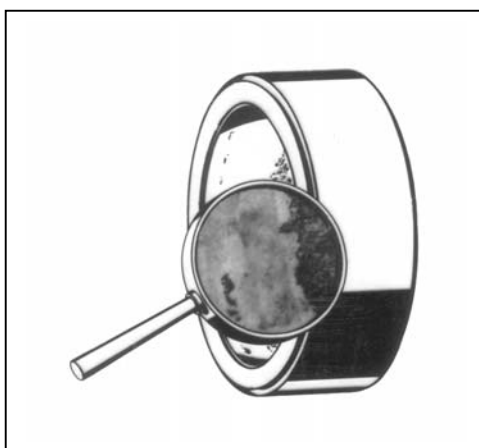
Aspecto dos defeitos produzidos nos rolamentos em equipamentos sujeitos a vibração.



Crateras podem ser produzidas nas pistas do rolamento por uma pequena corrente elétrica, por exemplo pela colocação indevida de um fio-terra.



Um rolamento, por ter completado sua duração normal, pode apresentar trincas por fadiga.



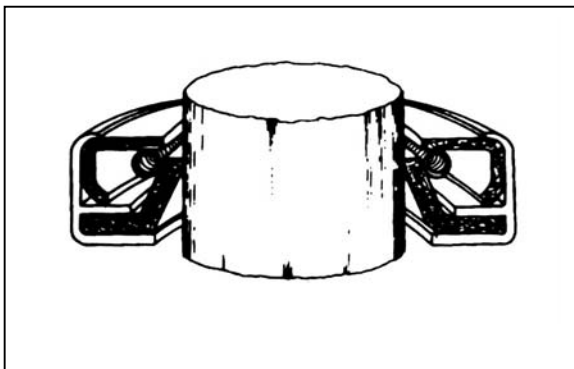
Vedadores

Para conter o lubrificante dentro dos rolamentos, há vários tipos de vedadores de forma e materiais adequados ao trabalho a ser realizado. Os lábios dos vedadores são designados por códigos que especificam suas estrias e o material de que são feitos.

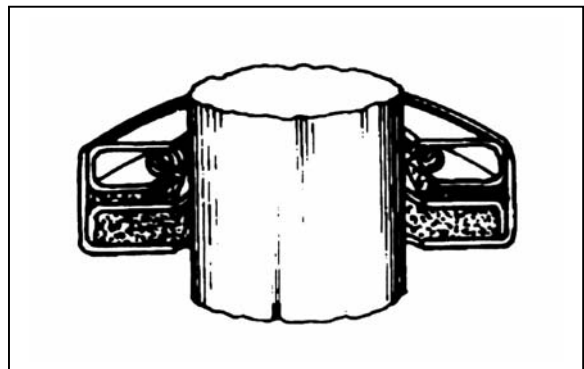
Estrias

- L lisa
- DRr vedador para eixo com movimento horário
- DRL vedador para eixo com movimento anti-horário
- DRW vedador para eixo com movimento bidirecional

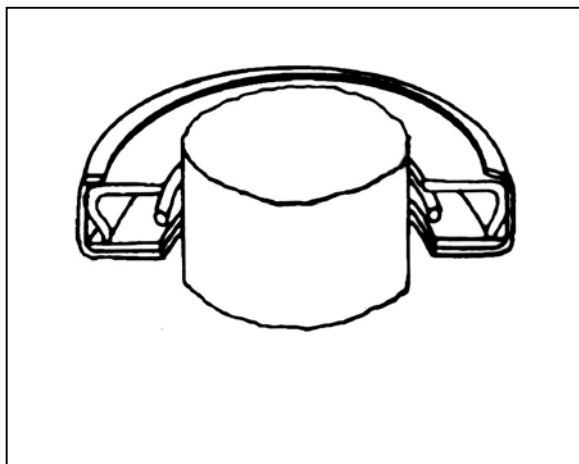
Vê-se, nas ilustrações a seguir, diversos tipos de vedadores.



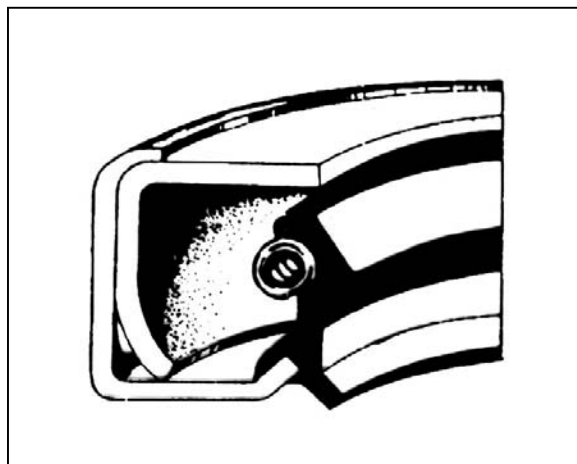
Vedador de couro



Vedador de feltro



Vedador de borracha



Vedador de borracha com 2 lábios de vedação

Um vedador em más condições prejudica o rolamento e diminui sua vida útil. Por isso, deve-se observar nas revisões se os vedadores não apresentam vazamento, endurecimento ou queimaduras. Em qualquer desses casos, e todas as vezes em que for retirado, o vedador deve ser substituído um novo do mesmo tipo.

GRAXA

Quando um corpo se movimenta em relação a outro, aparece uma resistência a esse movimento à qual denomina-se atrito. Portanto, atrito é a interferência que dificulta o movimento entre os corpos.

Nos veículos, há muitos corpos (peças) em movimento e, portanto, muitos pontos onde é comum o atrito.

Esse atrito gera calor e desgastes excessivos das peças, tornando impossível a operação de uma máquina ou de um conjunto mecânico. Como exemplo pode-se citar os rolamentos do cubo das rodas dos veículos, que são mancais sujeitos a grandes esforços e, conseqüentemente, a grande atrito.

Daí a importância da lubrificação, como meio de reduzir ao máximo o atrito entre peças que se movimentam.

Por isso, quando o Mecânico de automóvel desmonta, lava, inspeciona e monta um conjunto, deve estar atento às orientações de cada fabricante a fim de empregar o lubrificante recomendado, visto que esse lubrificante deve atender a certas características que são peculiares a cada conjunto mecânico, a cada máquina, a cada veículo e a cada tipo de trabalho.

A graxa é um lubrificante muito utilizado pelo Mecânico de automóvel e, por isso, é necessário conhecer algumas de suas características.

Entre as características mais importantes, algumas influem na escolha da graxa:

- resistência à água;
- resistência a altas rotações;
- resistência à temperatura;
- resistência a determinada carga.

Alguns tipos de graxa mais usados nas oficinas mecânicas são feitos de dois produtos principais: sabão metálico e óleo lubrificante.

O óleo lubrifica as peças enquanto o sabão metálico, conhecido como espessante, mantém o óleo no ponto a ser lubrificado, isto é dá consistência à graxa, caso contrário o óleo se escoaria, ficando as peças sem lubrificação.

Vários sabões metálicos podem ser usados na fabricação da graxa afim de atender à diversas aplicações.

Os sabões metálicos mais usados são: sódio, lítio, alumínio, chumbo, cálcio, bário e sabões mistos. Esses minerais são encontrados na natureza e são responsáveis pela consistência e característica de cada tipo de graxa.

Em alguns tipos de graxa, para fins especiais, são adicionados aditivos que dão certas propriedades à graxa além de mudar a sua coloração.

Os aditivos mais usados são:

- anti-oxidante;
- anti-desgaste (extrema pressão);
- redutor do ponto de congelamento;
- aditivos para aumentar a untuosidade ; etc.

Características das graxas

Graxa à base de **sabão de cálcio**: resiste à água, suporta temperatura de 80°C, aproximadamente, e é fácil de ser bombeada por pistola.

Graxa à base de **sabão de alumínio**: é macia, resiste à água, suporta temperatura de 75°C e tem aspecto de filamentos, isto é de fiapos.

Graxa à água de **sabão de sódio**: tem um aspecto fibroso, não resiste à água e suporta temperatura de 150°C.

Muitas vezes, para se obterem graxas com várias características, misturam-se vários sabões metálicos, como, por exemplo:

- Graxa à base de sabões de **cálcio** e de **chumbo** reúnem as propriedades da graxa à base de cálcio e alta resistência a **desgaste** proporcionada pelo **chumbo**.
- Graxas à base de sabões de **lítio** e de **bário** resistem bem à água, suportam temperaturas de 150°C e possuem boa aderência.

As graxas à base desses sabões (lítio e bário), devido às suas múltiplas finalidades, também são conhecidas por **multi-purpose** e são as mais usadas na linha automotiva atualmente.

Outro fator importante que influi na escolha da graxa é a sua consistência.

Graxa muito consistente (dura) ou de pouca consistência (mole) poderá não lubrificar a contento, visto que a primeira poderá, pelo efeito da centrifugação, afastar-se do ponto de lubrificação e a segunda poderá escorrer, acarretando danos aos mancais, peças, etc.

A consistência da graxa varia de acordo com um número que vem escrito no vasilhame, sendo 000 a graxa de menor consistência, até 6, que é a de maior consistência, passando pelos valores intermediários que são 00, 0, 1, 2, 3, 4 e 5.

Assim, por exemplo, uma graxa 00 é quase líquida, uma graxa nº 2 é pastosa e uma graxa nº 5 é quase sólida.

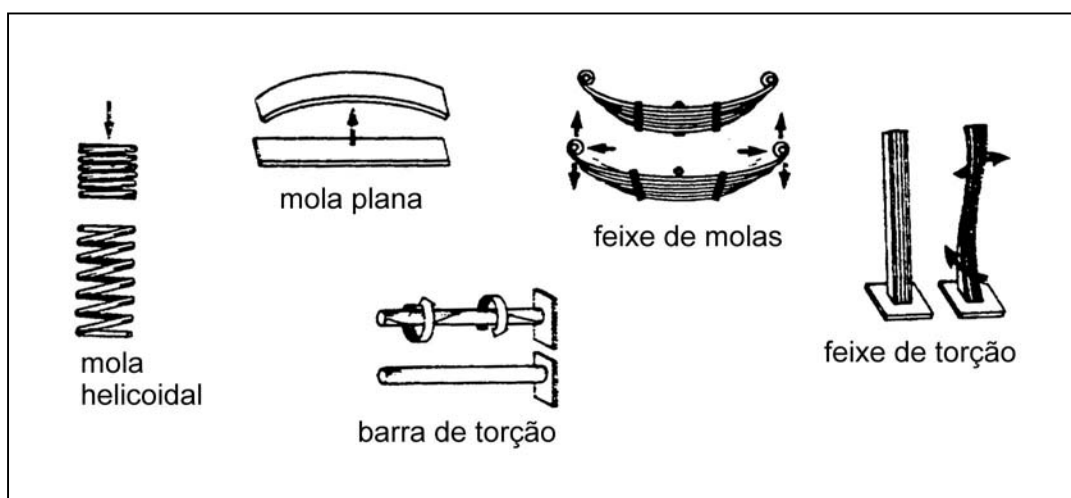
Logo, há um tipo de graxa para cada fim. Seu uso correto, aplicando-se as especificações dos fabricantes do veículo e da graxa, permitem que se obtenha o máximo de rendimento e duração das peças ou conjunto mecânicos.

É sempre bom lembrar que, tão importante quanto a escolha é a quantidade de graxa a ser usada, em cada ponto de aplicação, que deve obedecer rigorosamente à prescrição dos fabricantes.

O assunto é extenso e não se esgota com este texto. Você poderá ampliar seus conhecimentos quanto à fabricação e utilização das graxas consultando manuais, livros, boletins técnicos e revistas, onde encontrará muitas informações úteis a respeito do assunto.

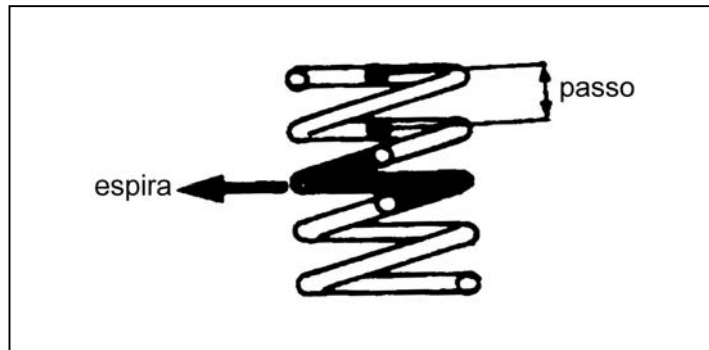
MOLA

Provavelmente, a mola mais conhecida é a que tem a forma helicoidal. Entretanto, a mola pode ter diversas outras formas: mola plana, barra de torção, feixe de molas, feixe de torção.



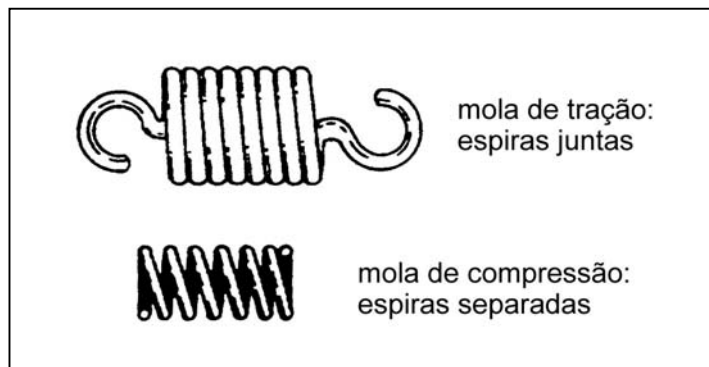
Várias formas de molas

Cada trecho da mola helicoidal que corresponde a uma volta chama-se espira; a distância entre uma espira e a espira seguinte chama-se passo.



Mola helicoidal

Na mola helicoidal de **tração** as espiras estão juntas uma da outra. Assim, quando a mola é tracionada, as espiras se afastam. Já na mola helicoidal de **compressão**, as espiras precisam ter um certo afastamento para permitir uma deformação elástica e absorver a ação da carga aplicada.



Molas helicoidais de tração e de compressão

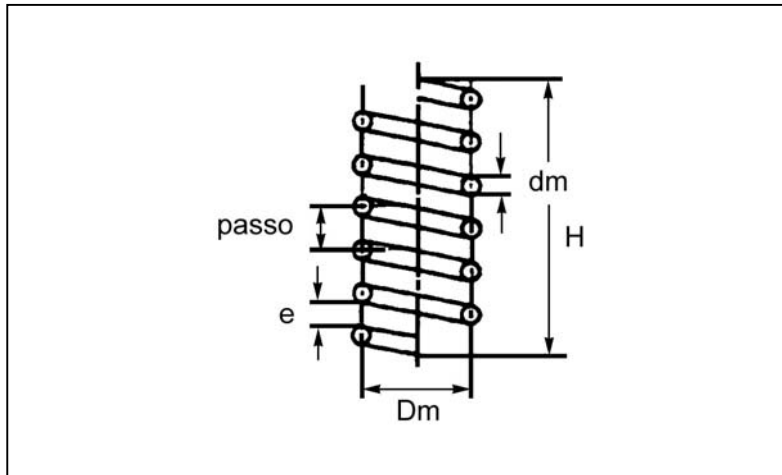
Nas molas de compressão utilizadas em veículos os elos não devem se encostar, mesmo quando são comprimidos. Por isso, se apresentarem espiras deformadas, é sinal de que perderam sua capacidade de resistência e devem, então, ser substituídas.

Para melhor desempenho, deve-se atender às especificações corretas das molas helicoidais. Estas especificações são:

- comprimento da mola (H);
- carga máxima que a mola admite (Qm);

Sistema de Suspensão

- diâmetro médio da mola (D_m);
- diâmetro do arame (até 12mm) ou vergalhão (acima de 12mm) de que a mola é feita (d_m);
- deslocamento que cada espira sofre quando a mola é esforçada (espaço de contração = e).



Além disso, as molas têm uma determinada duração, depois da qual deixam de atuar. Nesse caso, o carro pode ficar mais baixo ou pender para o lado.

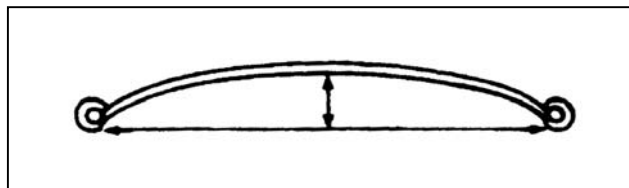


Outro problema, devido a molas danificadas, é o veículo não voltar rapidamente à sua posição original ao ser abaixado e solto.

Por isso, deve-se fazer uma substituição preventiva das molas, de acordo com a especificação do fabricante do veículo. Todos esses cuidados são válidos, também, para feixes de molas com molas semi-elípticas.

Os feixes de mola são especificados quanto a:

- carga máxima;
- comprimento total do feixe;
- número de lâminas;
- comprimento, largura e espessura de cada lâmina;
- flecha do arco de curvatura.



Flecha do arco

As molas de suspensão dos veículos são feitas de aço-liga temperado. Por isso, não devem ser aquecidas, cortadas, soldadas ou arqueadas para não perderem sua capacidade de ação.

SUSPENSÃO DEPENDENTE

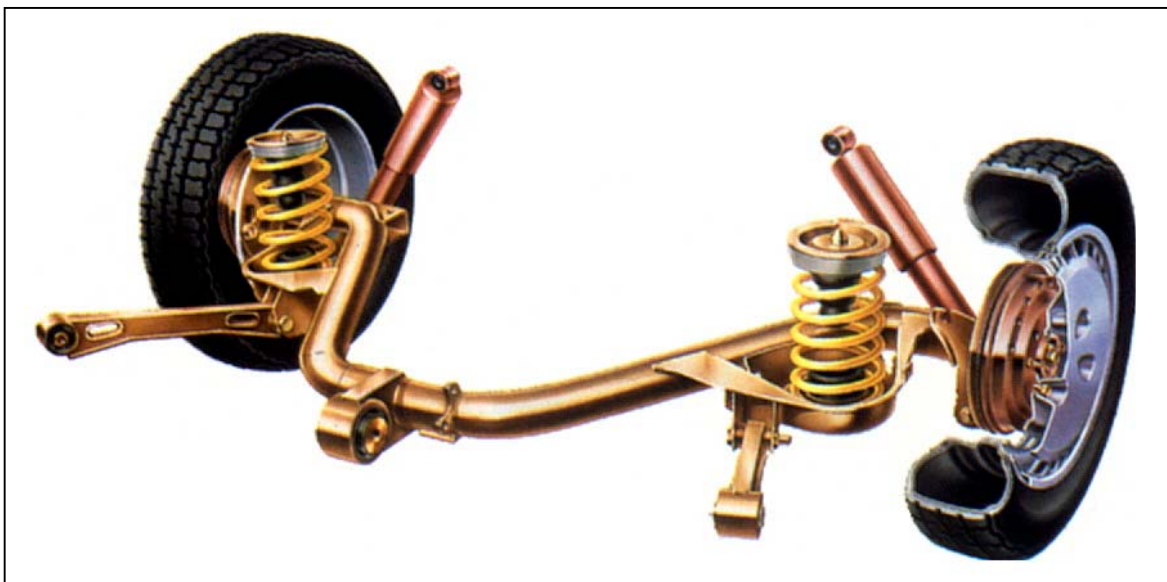
A suspensão tem a finalidade de tornar o veículo confortável e seguro. Ela absorve os impactos recebidos pela roda.

A suspensão de um veículo é constituída por três partes: estrutura, molas e amortecedores.

A **estrutura** faz a ligação das rodas com o chassi e define o tipo de suspensão dependente ou independente.

Sistema de Suspensão

A **suspensão dependente** é caracterizada por um eixo rígido transversal unindo as rodas traseiras ou dianteiras. Na **suspensão independente** é utilizado um eixo articulado para cada roda.



Suspensão dependente



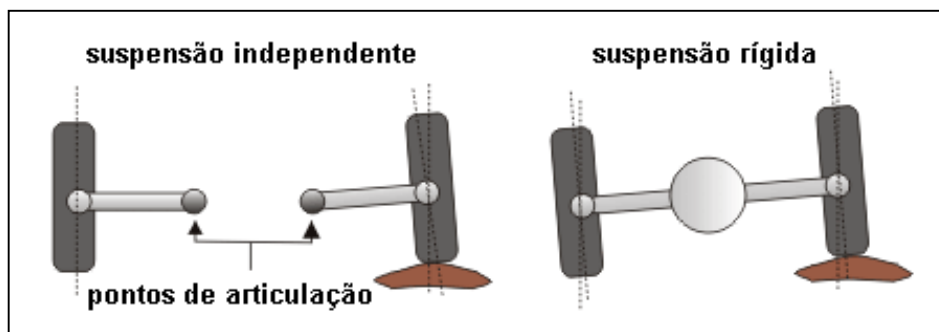
Suspensão independente

Sistema de Suspensão

Na **suspensão dependente**, impactos sofridos por uma roda são transmitidos pelo eixo rígido até a outra roda.

Já na **suspensão independente**, como o nome indica, cada roda move-se independentemente uma da outra, para cima e para baixo, ao passar por choques e oscilações.

Essa comparação é ilustrada pelas figuras abaixo.



Suspensão independente

Suspensão dependente

É fácil perceber que um veículo com suspensão dependente é pouco confortável ao transitar por estradas de terra ou mesmo sobre asfalto esburacado e gasto.

Há dois tipos mais comuns de suspensão dependente: com feixe de molas e com mola helicoidal.



Suspensão dependente com feixe de molas

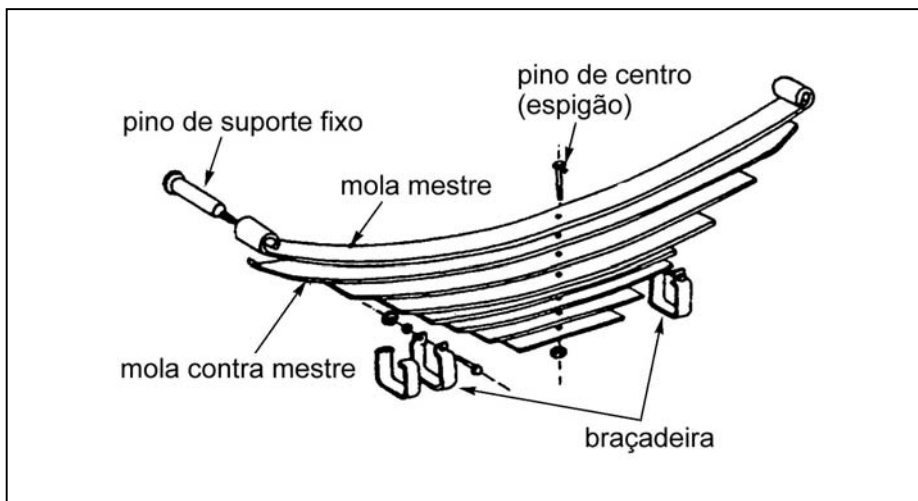


Suspensão com molas helicoidais

A suspensão dependente **com feixe de molas** é, atualmente, pouco utilizada em veículos de passeio. Seu uso está mais direcionado para pick-up, caminhões e ônibus.

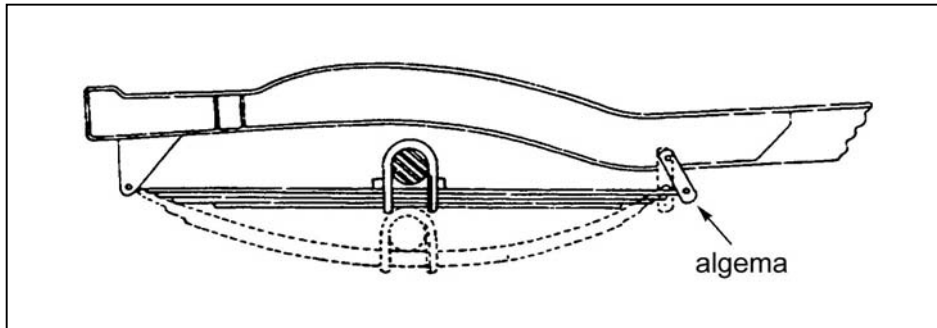
O feixe de molas é constituído por um certo número de lâminas de aço. Esse aço contém manganês e silício, elementos que proporcionam maior elasticidade ao aço.

As lâminas têm comprimentos diferentes. São unidas por um pino central (espigão) e braçadeiras. Essas braçadeiras não impedem que as lâminas se movimentem entre si quando a mola se flexiona.



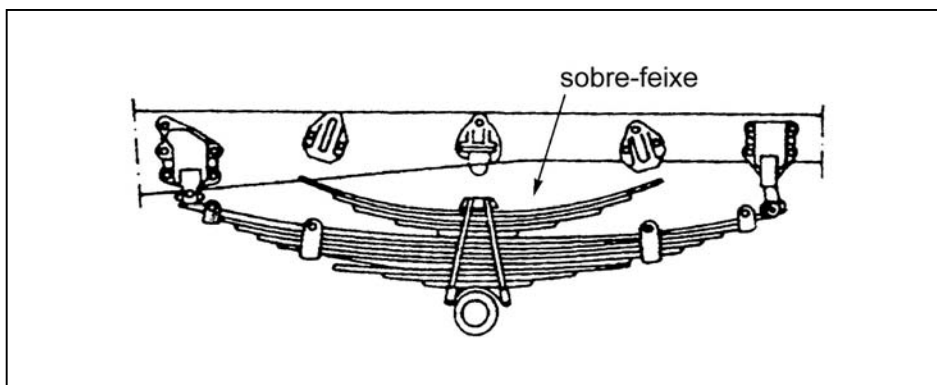
Feixe de molas

Durante a flexão, o comprimento do feixe varia. Por isso, é necessário que ele esteja ligado à carroçaria por uma peça móvel, a algema ou jumelo.



Função de algema

Em veículo pesados e extrapesados há feixes de molas auxiliares (sobre-feixe), que só funcionam quando a carga do veículo atinge determinado valor.



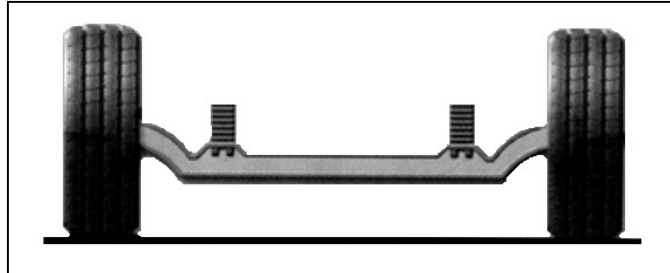
Feixe de mola com sobre-feixe

Suspensão dependente com mola helicoidal

Os veículos atualmente fabricados apresentam uma série de características que levam à utilização de molas helicoidais no lugar de feixe de molas. Entre essas características destacam-se as seguintes:

- carroçaria monobloco;
- mais espaço útil quanto ao tamanho da carroçaria;
- transmissão dianteira;

- conforto interno;
- menor manutenção da suspensão.



Suspensão dependente com mola helicoidal

Além desses motivos, pode-se assinalar que as molas helicoidais:

- ocupam menos espaço e têm menor peso do que o feixe de molas;
- diminuem o ruído da suspensão;
- não exigem longarina, o que torna a estrutura do veículo mais simples;
- oferecem maior conforto, pois a suspensão fica mais macia;
- têm fabricação mais fácil do que os feixes de molas.

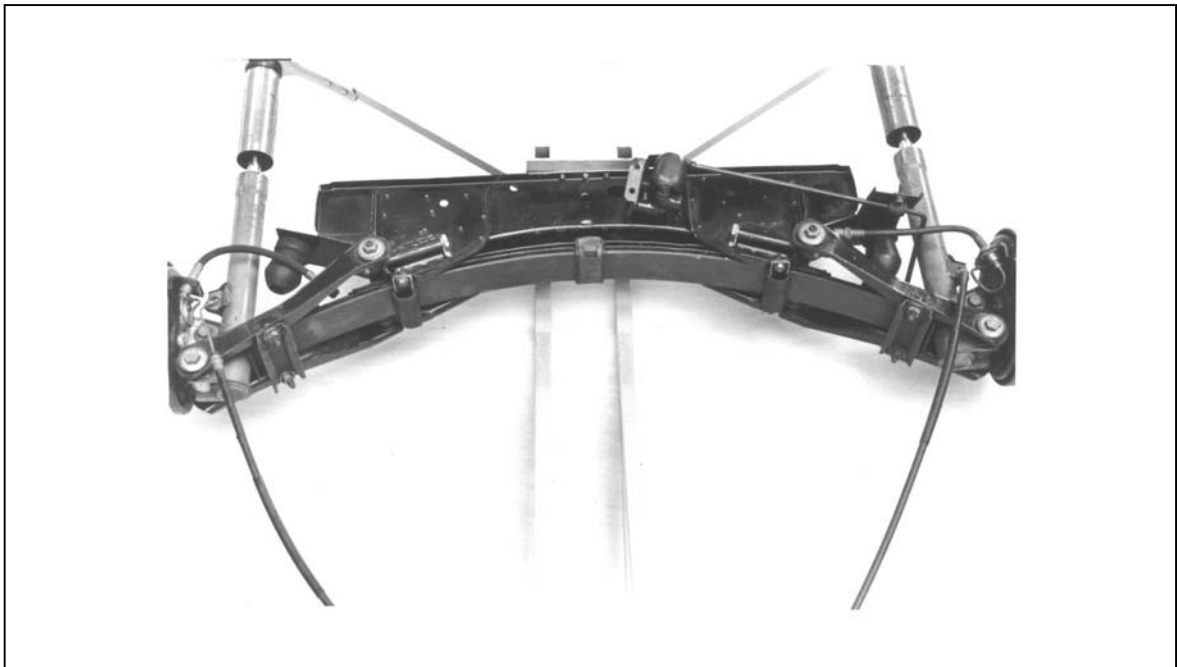
SUSPENSÃO INDEPENDENTE

A suspensão independente garante o movimento de uma roda, ao passar por um obstáculo, não se transmite à outra roda.

O dispositivo que se deforma elasticamente, com o impacto sofrido pela roda, pode ser de diversos tipos, como veremos a seguir.

Feixe de molas em posição transversal

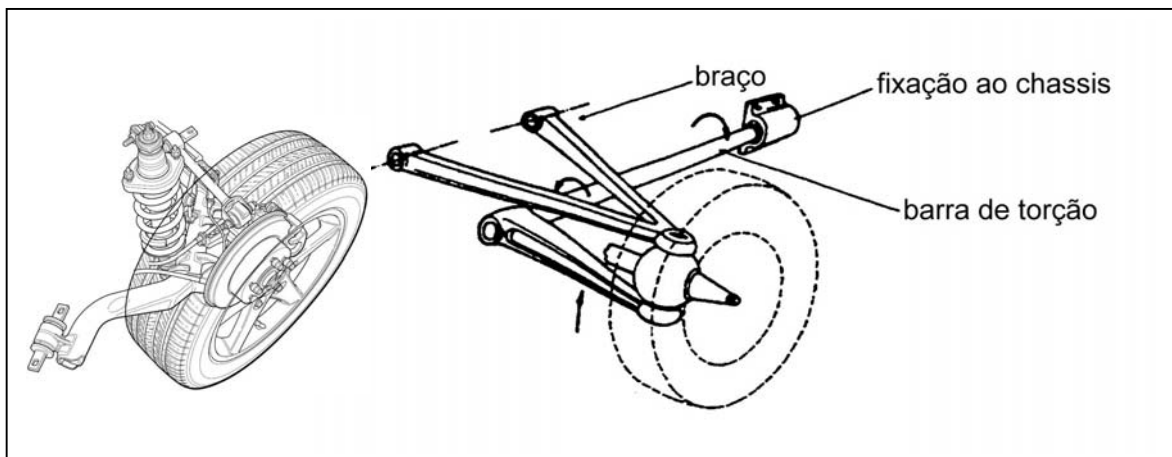
Esse feixe é fixado no seu ponto médio, preso à carroçaria que é do tipo monobloco. Por essa razão, a flexão que ocorre em um dos lados não se transmite ao outro lado do feixe.



Feixe de molas

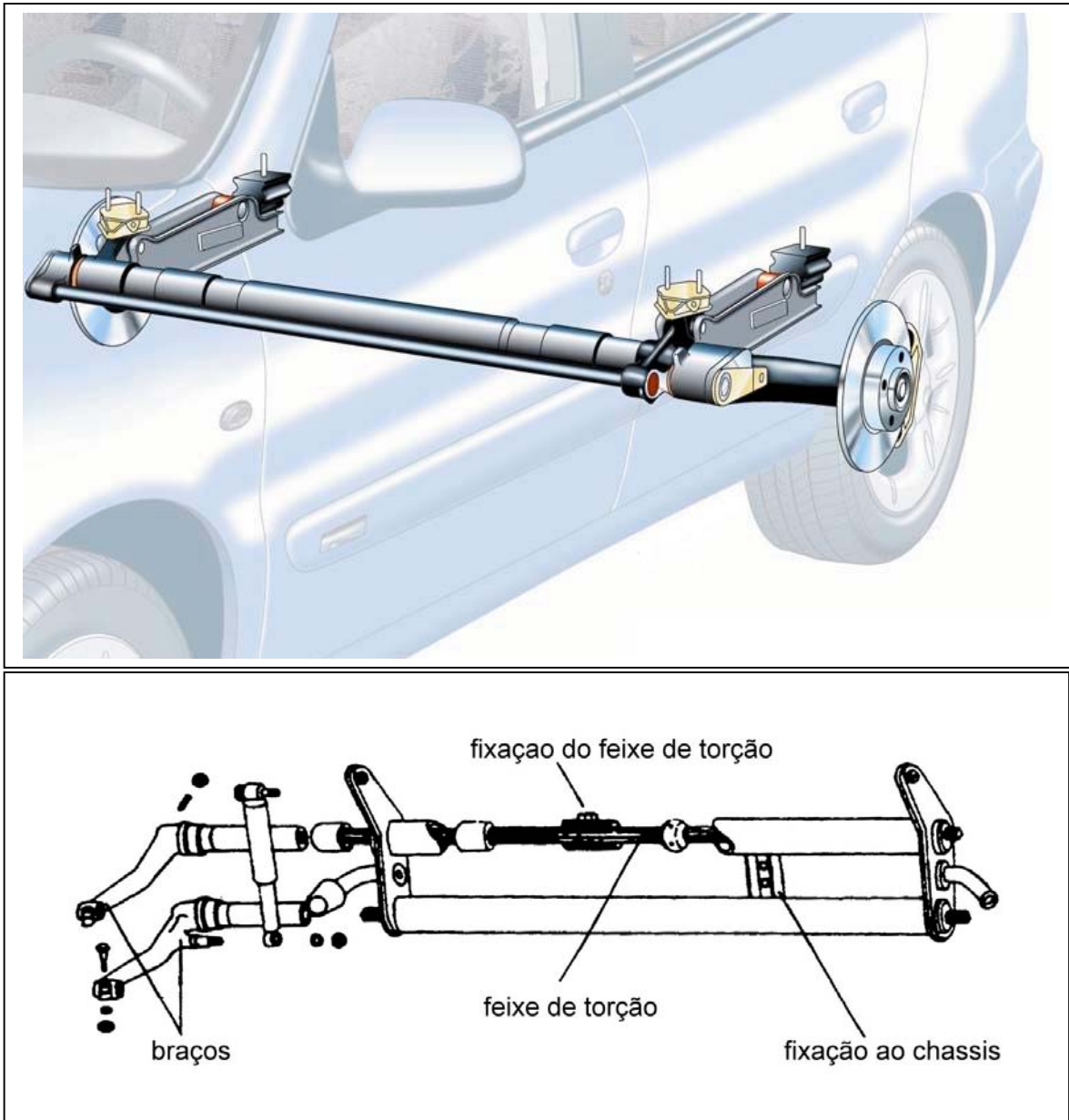
Barra de torção

É um eixo de aço especial, de seção circular, que pode ser deformado por torção. Uma de suas extremidades é fixada do chassi do veículo e outra fica ligada rigidamente ao braço de suspensão. Esse braço recebe a carga e aplica-a à barra de torção.



Feixe de torção

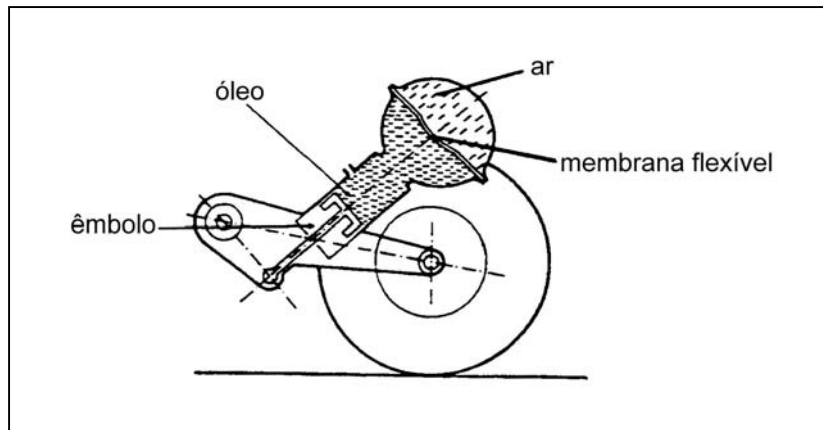
Esse tipo de suspensão independente tem um feixe de lâminas retas e de seção retangular que trabalha dentro de um tubo de aço. O feixe está preso pela parte mediana a seus extremos ficam, livres para se moverem por torção.



Feixe de torção

Suspensão hidropneumática

É um tipo de suspensão hidráulica, onde o ar comprimido funciona como elemento elástico. O amortecimento é feito pela compressão do ar em uma câmara dupla.



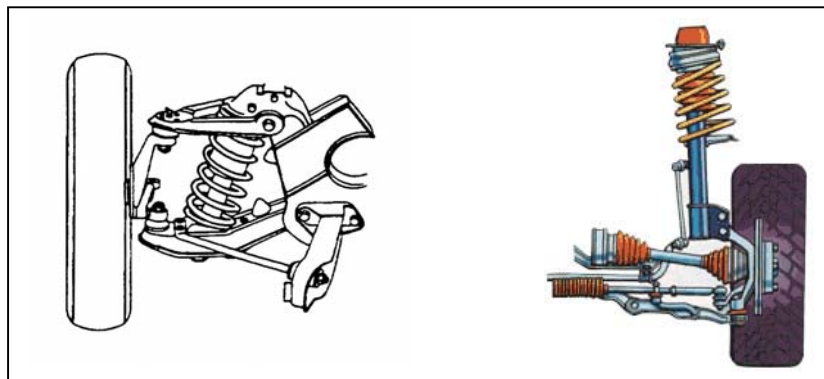
Suspensão hidropneumática

O movimento da roda aciona um êmbolo que se move dentro de um cilindro. Esse cilindro comunica-se com a câmara de óleo que, por sua vez, transmite pressão à câmara de gás (ar) através de uma membrana flexível.

Suspensão independente com mola helicoidal

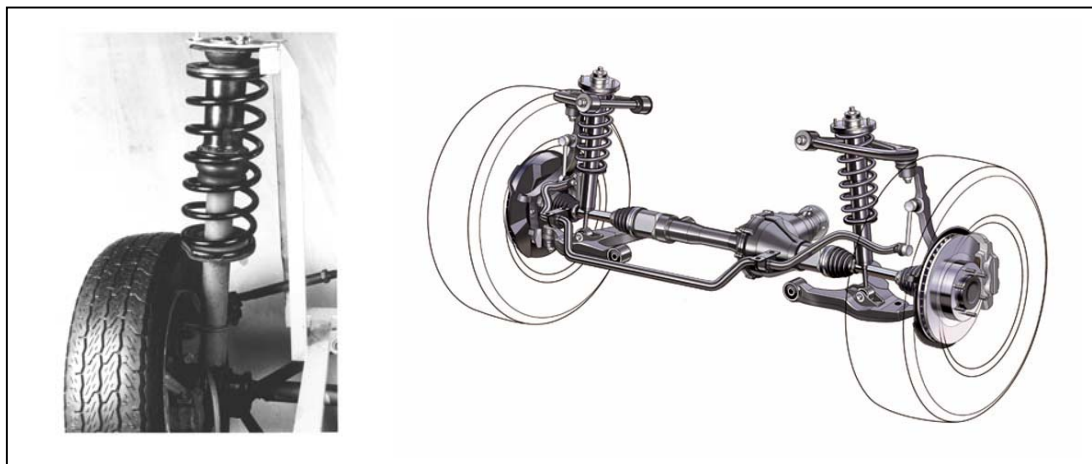
É a mais usada, atualmente, graças às vantagens apresentadas pela mola helicoidal em termos de espaço e fabricação.

A suspensão com mola helicoidal pode ser: braço oscilante e eixo articulado



Braço oscilante

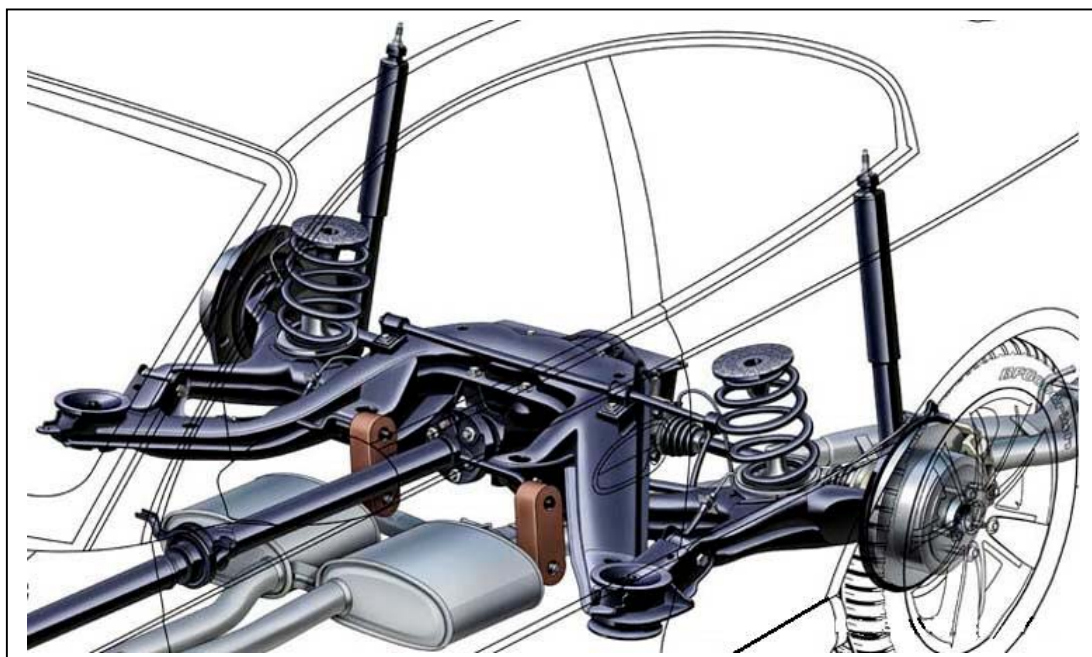
O eixo articulado é do tipo "MacPherson", que tem a vantagem de utilizar o amortecedor de fixação da mola.



Eixo articulado

Observação

Alguns veículos utilizam um outro tipo de suspensão chamada de **semi-independente**, pois, apesar de as rodas estarem ligadas por um mesmo eixo, esse eixo, em determinadas condições de esforço, sofre torção.

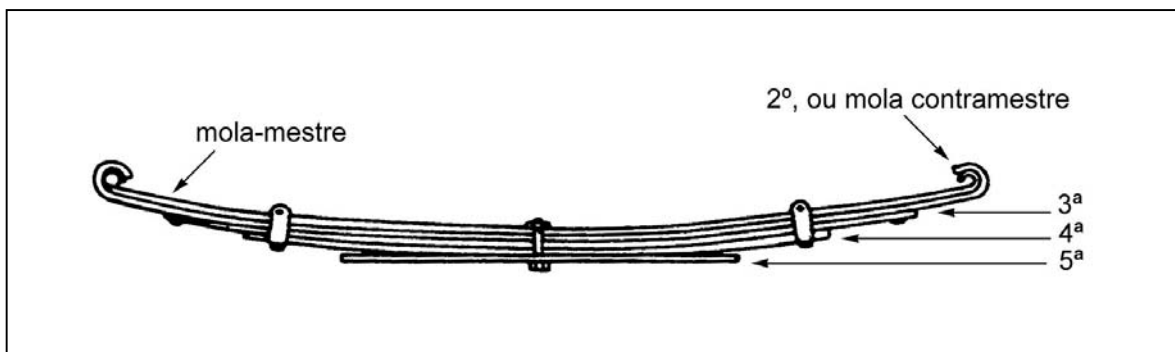


Suspensão semi-independente

ESTRUTURA DA SUSPENSÃO

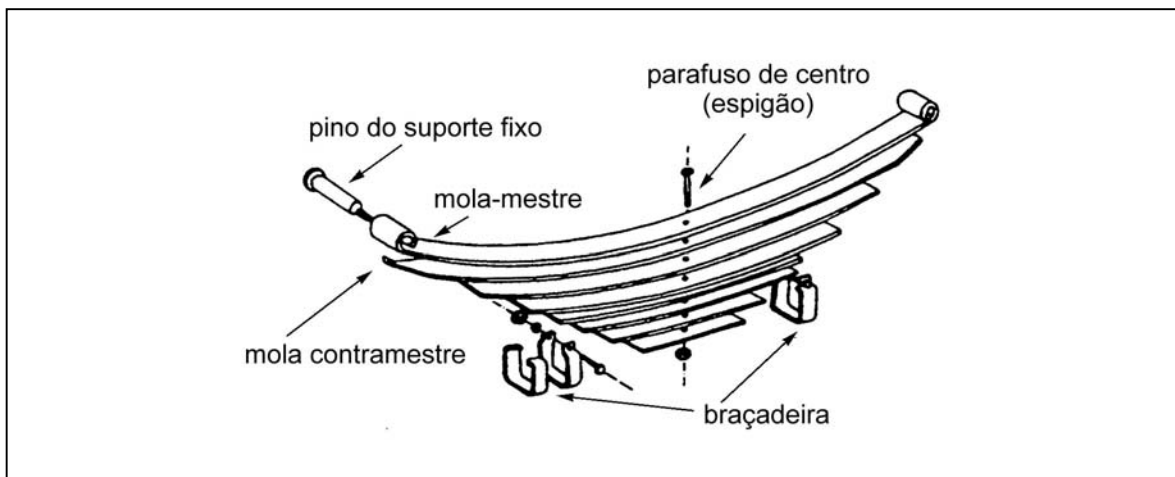
Suspensão com feixe de molas semi-elíptica

O feixe de molas é formado por número variável de lâminas. A lâmina que tem olhais é a lâmina-mestra; segue-se a ela a contramestra. As demais, da maior para a menor, são chamadas terceira, quarta, quinta, etc.



Feixe de molas

As lâminas são montadas umas as outras por meio de um pino central e de braçadeiras.



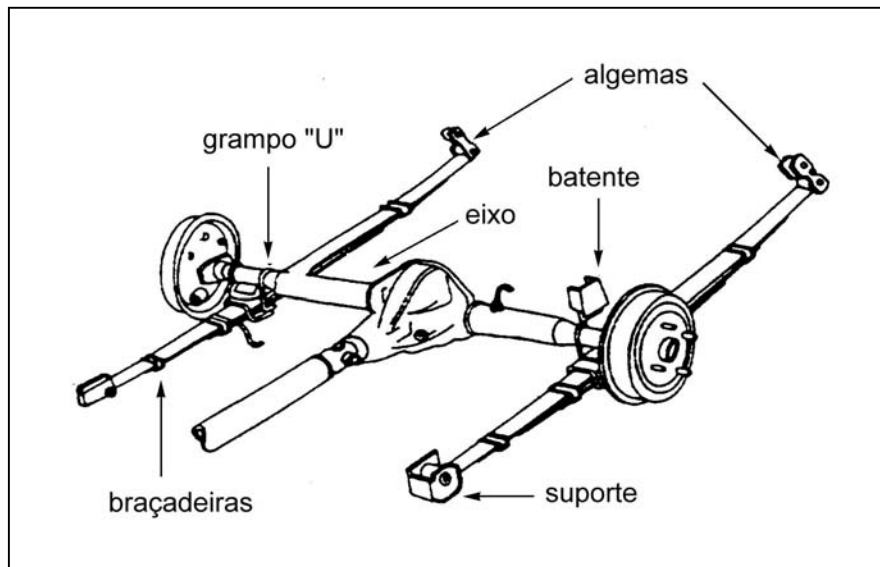
Montagem de feixe de molas

O pino central ou espigão funciona como guia do feixe e posiciona o eixo perpendicularmente à linha longitudinal do veículo. As braçadeiras garantem o alinhamento longitudinal do feixe.

Sistema de Suspensão

Um grampo, em forma de “U”, fixa feixe de molas ao eixo do veículo. O feixe articula-se com o chassi através das algemas (ou jumelos) que permitem sua flexão. Essa flexão do feixe é limitada pelo batente - peça de borracha maciça fixada ao chassi do veículo.

O grampo e as algemas são mostrados abaixo, em uma suspensão dependente com feixe de molas.



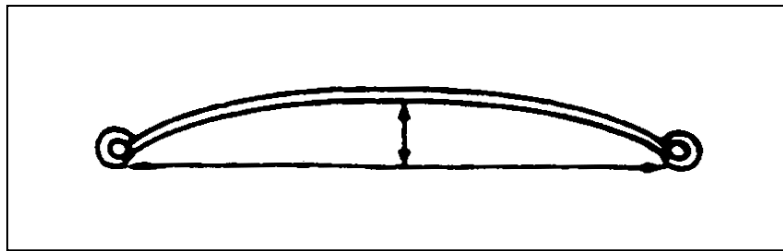
Elementos de uma suspensão dependente

O feixe de molas está ligado ao chassi da seguinte forma:

- na dianteira, através do olhal da mola-mestra ligada ao suporte do chassi;
- na traseira, pelas algemas que possibilitam a flexão do feixe.

A inspeção do feixe de molas e dos outros componentes da suspensão é feita obedecendo-se aos seguintes procedimentos:

- verificar se há lâminas quebradas ou trincadas;
- verificar se os olhais possuem deformações;
- conferir a flexa das lâminas;



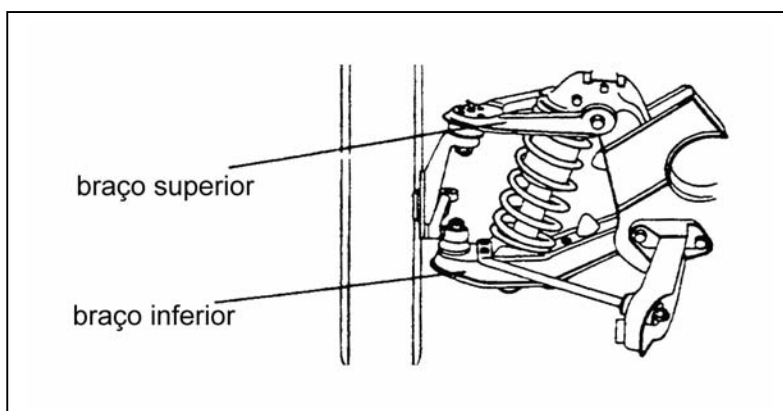
Feixe de lâmina

- examinar as braçadeiras, periodicamente;
- verificar se há folgas e desgastes nos pinos e buchas das algemas e do suporte dianteiro;
- examinar se o parafuso central está quebrado;
- verificar, periodicamente, a fixação do grampo “U” e conferir a centralização do eixo.

Quaisquer defeitos detectados devem ser corrigidos ou, se isso não for possível, deve-se substituir as peças defeituosas.

Suspensão com mola helicoidal

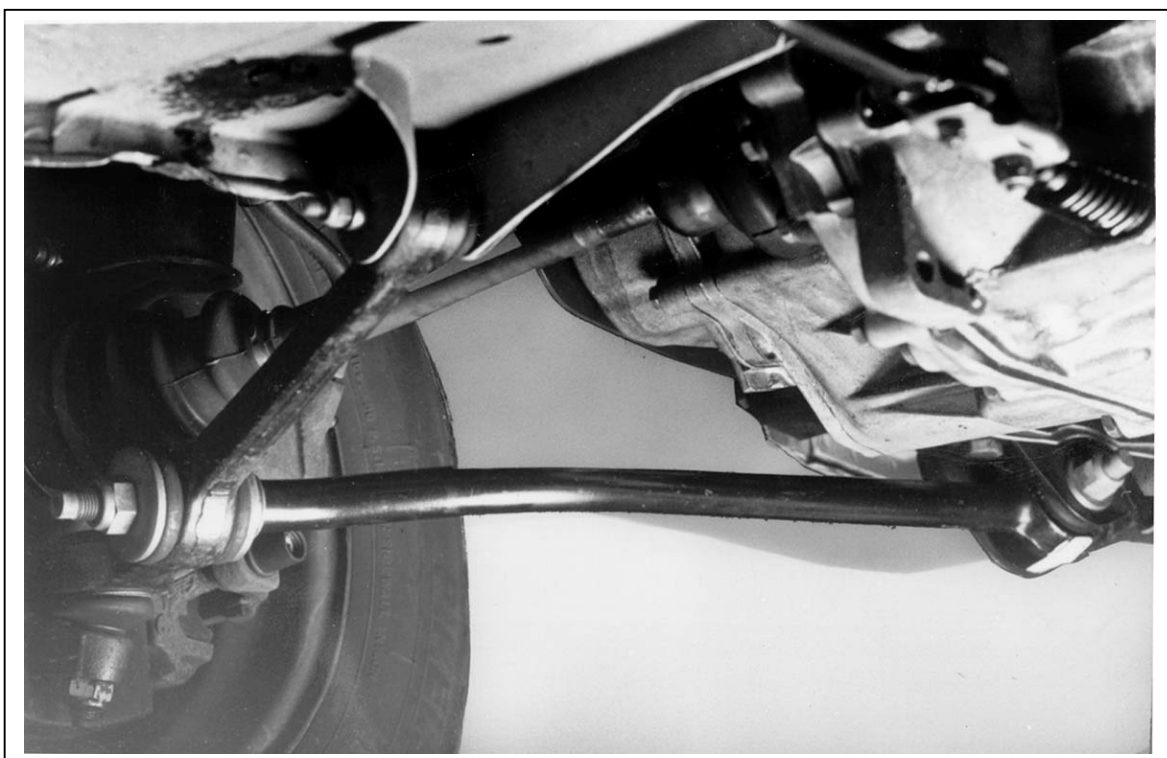
A maioria dos veículos leves possui sistema de suspensão independente com mola helicoidal. Essa mola helicoidal pode ter maior ou menor resistência de acordo com os acessórios instalados no veículo, tais como ar condicionado, direção hidráulica, etc. A oscilação da roda pode se dar através de dois braços de aço, que se articulam: um braço superior e outro inferior.



Na suspensão do tipo “MacPherson”, entretanto, há apenas um braço triangular ou linear.

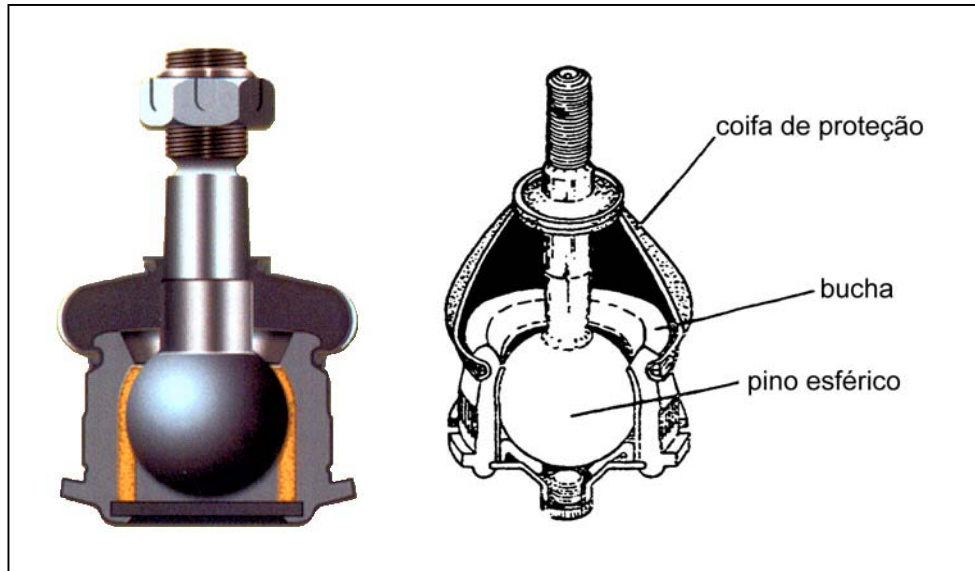


Braço triangular



Braço linear

A ligação dos braços da suspensão com ponta de eixo é feita através da **articulação esférica**.



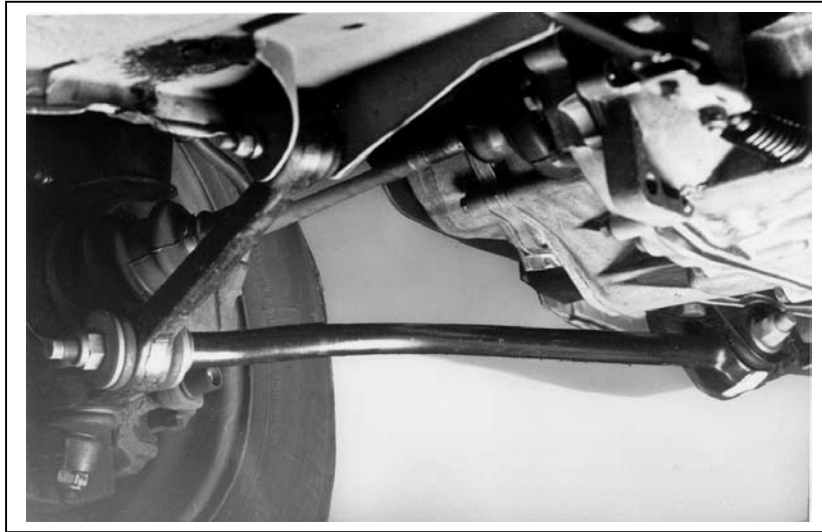
Articulação esférica

A articulação esférica é formada de duas partes:

- uma parte de formato esférico que se encaixa em um alojamento igualmente esférico;
- um eixo cônico com rosca.

Entre a parte esférica e seu alojamento há uma película de lubrificante e uma proteção de borracha, que é uma coifa de proteção.

O tensor é uma borracha de aço cilíndrica que liga o braço à carroçaria do veículo. Sua função é suportar os esforços provocados pelas mudanças de velocidade, quando o veículo “arranca” ou freia.



Tensor

Articulando-se com os braços da suspensão existe, ainda, um eixo de aço. Sua extremidade é chamada, geralmente, de **manga de eixo**.

Na manga de eixo há uma parte roscada, que permite a instalação e a regulação do cubo através de dois rolamento cônicos. Em certos veículos, atualmente, há apenas um rolamento de grande diâmetro e com duas carreiras de esferas.

Quando o veículo se desloca em pisos irregulares, suas rodas sofrem impactos. A mola helicoidal recebe esses impactos através dos braços e se flexiona. Sua flexão é limitada pelo batente ou coxim, que é uma peça de borracha maciça, fixada ao chassi do veículo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FIAT AUTOMÓVEIS S.A. **Alinhamento e Balanceamento de Rodas**. Setor de Treinamento Assistencial / Assistência Técnica. Dezembro / 96.

FIAT AUTOMÓVEIS S.A. **Conheça seu Carro**. Parte integrante do Jornal da Tarde. Klick Editora. 1995.

FIAT AUTOMÓVEIS S.A. **Rodas e Pneus**. Setor de Treinamento Assistencial / Assistência Técnica. Fevereiro / 97.

FIAT AUTOMÓVEIS S.A. **Suspensões**. Setor de Treinamento Assistencial / Assistência Técnica. Julho / 96.

GENERAL MOTORS DO BRASIL. **Revista Oficina Genuína nº1**. Divisão de Peças e Acessórios. Julho / 2002.

GUIA MERCADO AUTOMOTIVO. **Fabricantes**. Photon Editora Ltda.

REVISTA O MECÂNICO. **Manual de Alinhamento de Direção e Balanceamento de Rodas**. Editora Automottiva. São Paulo, maio de 2002.

SKF DO BRASIL LTDA. www.skf.com/portal/skf//home.

STEER TECH. **Catálogo Geral Suspensão**. 2001 / 2002.