



# FORMAÇÃO CONTINUADA

**Mecânica**

Veículos Leves

Sistemas de Suspensão e Direção

# **MECÂNICA DE VEÍCULOS LEVES**

## **SISTEMAS DE SUSPENSÃO E DIREÇÃO**

2004

© 2004. SENAI-SP

**Sistemas de Suspensão e Direção**

Publicação organizada e editorada pela Escola SENAI “Conde José Vicente de Azevedo”

Coordenação geral	Luiz Carlos Emanuelli
Coordenador do projeto	José Antonio Messas
Organização e atualização do conteúdo	Alexandre Santos Muller
Revisão técnica	Ricardo Trava
Editoração	Maria Regina José da Silva Teresa Cristina Maino de Azevedo

SENAI Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial  
Escola SENAI “Conde José Vicente de Azevedo”  
Rua Moreira de Godói, 226 - Ipiranga - São Paulo-SP - CEP. 04266-060

Telefone (0xx11) 6166-1988

Telefax (0xx11) 6160-0219

E-mail [senaiautomobilistica@sp.senai.br](mailto:senaiautomobilistica@sp.senai.br)

Home page <http://www.sp.senai.br/automobilistica>

# SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b>	5
<b>CONCEITOS BÁSICOS</b>	7
• Inclinação	8
• Balanço	9
• Trancos	9
• Guinadas	9
<b>COMPONENTES DA SUSPENSÃO</b>	10
<b>PNEUS E RODAS</b>	11
• Pneus Diagonais	12
• Pneus Radiais	12
• Pneu com Câmara	13
• Pneu sem Câmara	14
• Especificações dos Pneus	15
• Pressão de Enchimento dos Pneus	16
• Rodízio de Pneus	16
• Indicadores de Desgaste da Banda de Rodagem (TWI)	17
• Rodas de Aço Estampado	18
• Roda de Liga Leve	18
• Especificação das Rodas	19
<b>CUBO DE RODA</b>	20
• Travamento com Porca Castelo e Cupilha	21
• Travamento por Amassamento da Porca	21
• Travamento com porca e parafuso Allen	22
• Travamento com Contraporca e Chapa de Travamento	22
<b>MOLAS</b>	25
• Feixe de Molas	25
• Feixe de Mola Auxiliar	26

• Molas Helicoidais	27
• Mola Progressiva	27
• Barras de Torção	28
• Molas de Borracha	28
• Molas Pneumáticas	29
<b>AMORTECEDORES</b>	30
• Amortecedor Hidráulico de Ação Simples	31
• Amortecedor Hidráulico de Ação Dupla	33
• Amortecedor Pressurizado	34
• Amortecedor Eletrônico	35
<b>SISTEMA DE ARTICULAÇÃO</b>	36
• Braços Oscilantes	36
• Terminais de Suspensão (pivôs)	37
• Batentes	38
• Barra Estabilizadora	39
• Braço Tensor	41
• Haste de Controle Lateral	41
<b>TIPOS DE SUSPENSÃO</b>	42
• Suspensão Dependente	43
• Suspensão Independente	45
• Suspensão Semi-independente	48
<b>SISTEMA DE DIREÇÃO</b>	49
• Coluna de Direção	49
• Caixa da Direção Mecânica	51
• Tipos de Direção	52
• Barra de Direção	53
• Direção Hidráulica	61
• Bomba de Palhetas	63
• Caixa de Direção Hidráulica	66
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	68

# INTRODUÇÃO

O módulo - Sistema de suspensão e direção - tem como objetivo desenvolver nos alunos o domínio dos conhecimentos sobre os princípios de funcionamento de um sistema de suspensão e direção.

O desenvolvimento dos estudos desse módulo deve ocorrer em duas fases:

- aulas teóricas
- aulas práticas

A divisão do conteúdo em duas fases distintas é apenas recurso de organização sendo que as aulas de teoria e de prática devem ocorrer simultaneamente e a carga horária variar de acordo com as necessidades didático-pedagógicas.

As aulas teóricas visam desenvolver nos alunos o domínio de conteúdos básicos necessários para a realização dos ensaios.

As aulas práticas devem ser caracterizadas por atividades realizadas direta e exclusivamente pelos alunos.

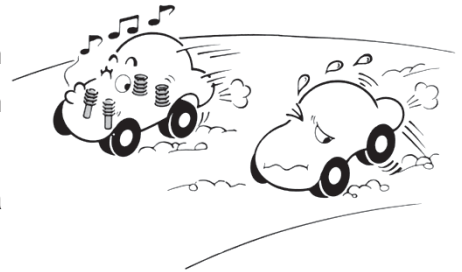


# CONCEITOS BÁSICOS

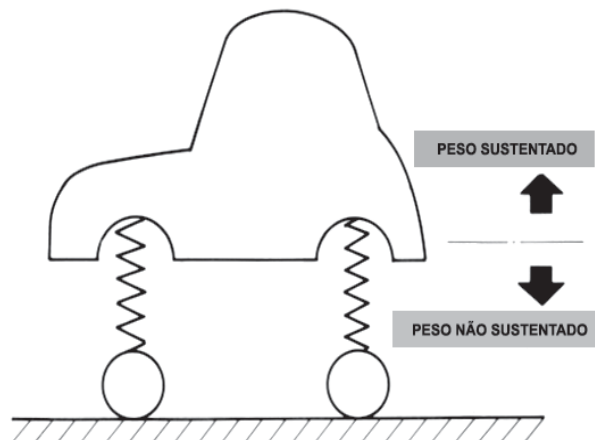
O sistema de suspensão tem como finalidade reduzir o impacto das irregularidades da pista, melhorar o conforto da direção e estabilidade bem como melhorar as características de aderência da roda à pista. É constituído por pneus, amortecedores, molas e barras estabilizadoras. Está localizado entre a estrutura da carroceria e as rodas.

A suspensão conecta a carroceria às rodas e tem as seguintes funções:

- Quando o veículo está em movimento, atua junto com os pneus, para absorver e compensar as várias vibrações, oscilações e impactos causados pelas irregularidades da pista, para proteger os passageiros e a carga bem como melhorar a estabilidade da condução do veículo.
- Transmite à carroceria, as forças de direção e frenagem geradas devido ao atrito entre a superfície de rodagem e as rodas.
- Apóia a carroceria sobre os eixos e mantém a geometria entre as rodas e carroceria.



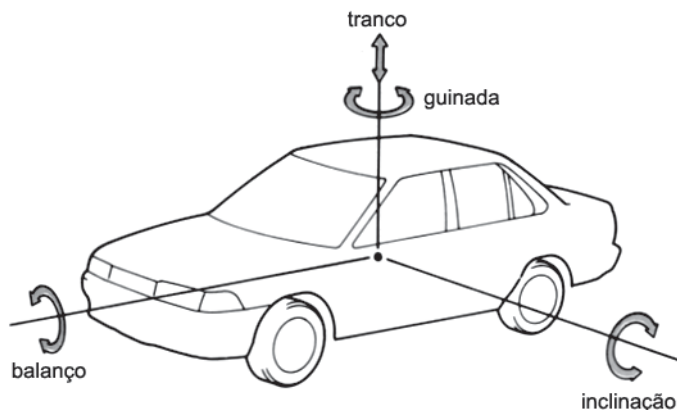
A carroceria e os componentes do veículo como motor, transmissão, etc.. são sustentados pela suspensão. Esses componentes são chamados de peso sustentado, ou seja, é tudo aquilo sustentado pelas molas do veículo. Por outro lado, o sistema de suspensão não é sustentado pelas molas e compõe o chamado peso não sustentado.



Geralmente, quanto maior o peso sustentado, melhor será o conforto ao dirigir, pois conforme o peso sustentado torna-se maior, menor será a tendência da carroceria sacudir devido aos atritos dos pneus com as irregularidades do solo. Inversamente, se o peso não sustentado for grande, será mais fácil para a carroceria sacudir devido às irregularidades do solo.

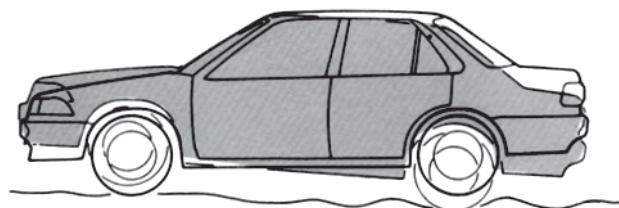


A oscilações e o choque das peças sustentadas do veículo têm particularmente grande influência no conforto ao dirigir. Essa oscilação e choque podem ser classificados da seguinte maneira:



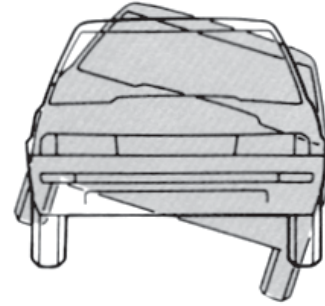
## INCLINAÇÃO

É a oscilação para cima e para baixo em relação ao centro de gravidade do carro, da frente e da traseira do veículo. Isto acontece especialmente quando o carro passa sobre depressões ou bate contra alguma saliência na pista de rodagem, ou quando aceleramos ou freiamos bruscamente o veículo, a inclinação ocorre mais facilmente em veículos com molas mais macias.



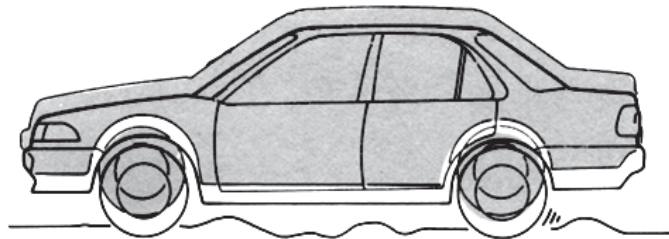
## BALANÇO

Na curvas ou ao rodar em vias com muitas irregularidades, as molas em um dos lados se expandem, enquanto que as do outro lado de contraem. Isto resulta em balanço da carroceria na direção lateral (de um lado para o outro).



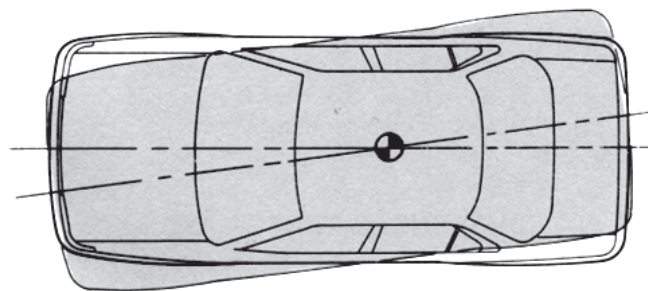
## TRANCOS

É movimento para cima e para baixo da carroceria do veículo como um todo. A ocorrência de trancos é mais provável quando um veículo está rodando em alta velocidade, em uma superfície ondulada. Os trancos ocorrem facilmente quando as molas são macias.



## GUINADAS

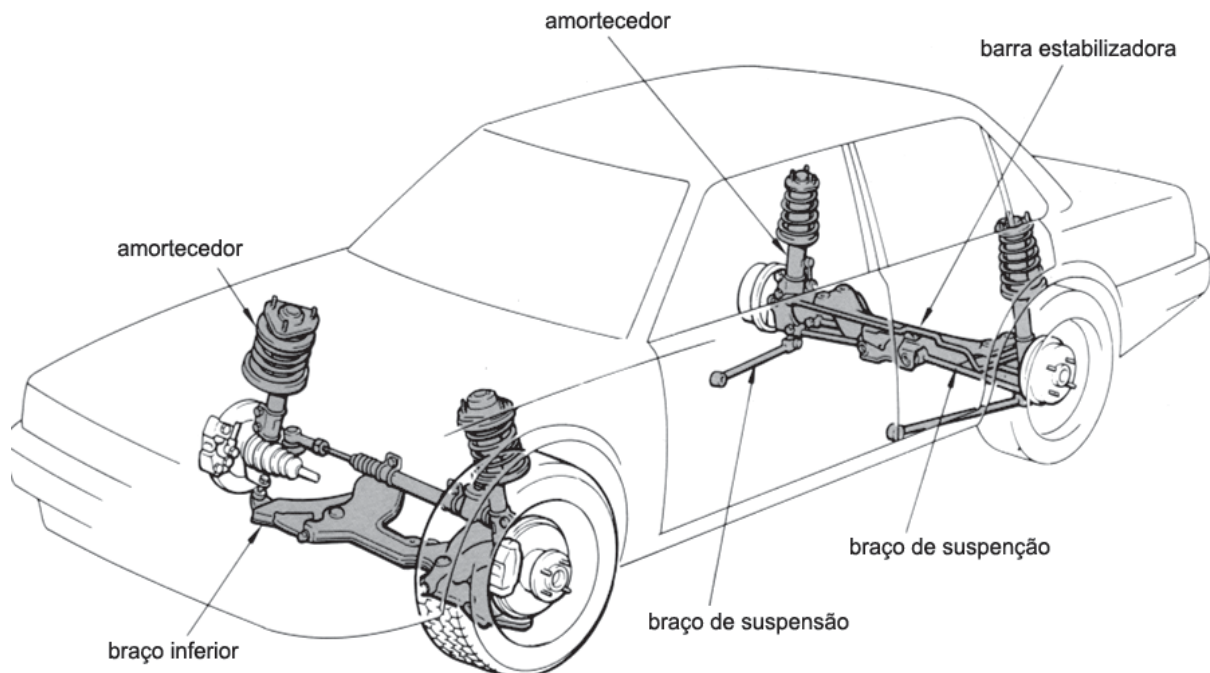
É o movimento da carroceria em relação à linha de centro longitudinal para a direita ou para esquerda.



# COMPONENTES DA SUSPENSÃO

A suspensão é constituída pelos seguintes componentes principais:

- pneus e rodas - auxiliam o sistema de suspensão na absorção das vibrações e impactos do solo;
- cubo de rodas - faz com que as rodas deslizem sobre a superfície;
- molas - neutralizam os choques da superfície de rodagem;
- amortecedores - entram em ação para melhorar o conforto ao dirigir, reduzindo o número de oscilações da mola;
- sistema de articulação - entra em ação para manter os componentes acima em seus lugares, para controlar os movimentos longitudinal e lateral das rodas e manter a carroceria nivelada.



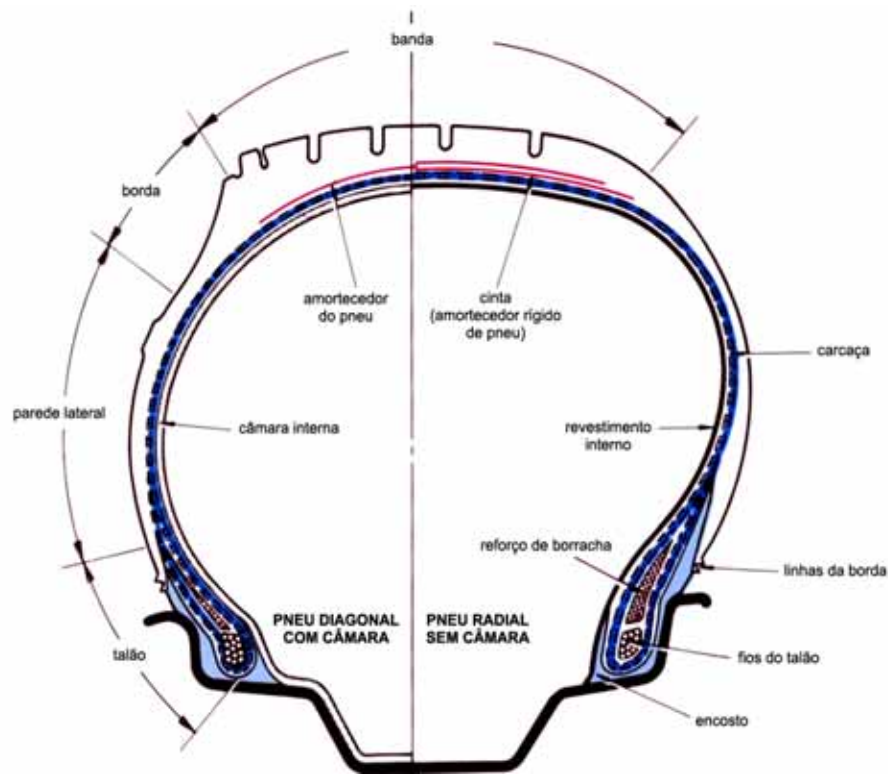
# PNEUS E RODAS

Os veículos movem-se sobre pneus inflados com ar comprimido ou nitrogênio. Os pneus são os únicos componentes da suspensão que estão em contato direto com a pista; rolam na pista e recebem a potência do motor; atuam como compensadores de impactos leves da pista e aumentam o conforto da condução.

Os pneus têm como funções:

- Suportar o peso total do veículo.
- Transmitir as forças da direção e frenagem à pista, controlando a partida, aceleração, desaceleração, paradas e curvas.
- Atenuar o impacto causado pelas irregularidades da pista.

A figura a seguir ilustra a construção básica de um pneu.

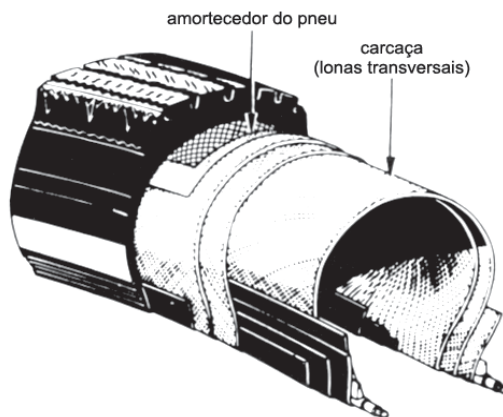


Os pneus de acordo com a construção da sua carcaça são classificados em: pneus diagonais e radiais.

## PNEUS DIAGONAIS

A carcaça dos pneus diagonal é construída em camadas alternadas de fibras unidas e dispostas em ângulo de  $30^{\circ}$  a  $40^{\circ}$  em relação à linha central da circunferência do pneu.

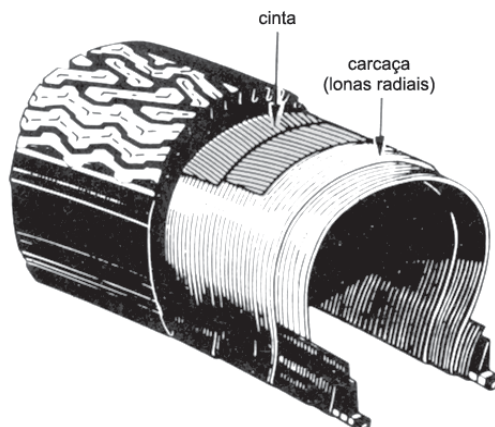
Esta disposição suporta a carga aplicada ao longo da circunferência e transversalmente ao diâmetro. Entretanto, quando o pneu está sujeito à carga vertical da pista, as fibras tendem a se deformar.



## PNEUS RADIAIS

A carcaça do pneu radial consiste de camadas de fibras unidas com borracha e dispostas perpendicularmente à circunferência do pneu. Esta construção oferece grande flexibilidade aos pneus na direção radial.

Entretanto, somente essa carcaça não é capaz de suportar a carga total aplicada ao longo da circunferência do pneu, por isso o pneu radial possui cintas de fibras têxteis resistentes ou fios de aço unidos com borracha que firmam a carcaça, aumentando a rigidez da banda de rodagem. Nesse caso, o desempenho nas curvas e nas altas velocidades é bom mas as ondulações da pista são menos absorvidas do que os outros pneus prejudicando o conforto dos passageiros.



As bandas de rodagem do pneu diagonal tendem a deformar ao tocar a pista, enquanto as bandas de rodagem dos pneus radiais se mantêm juntas devido às cintas de fibras ou fios de aço.



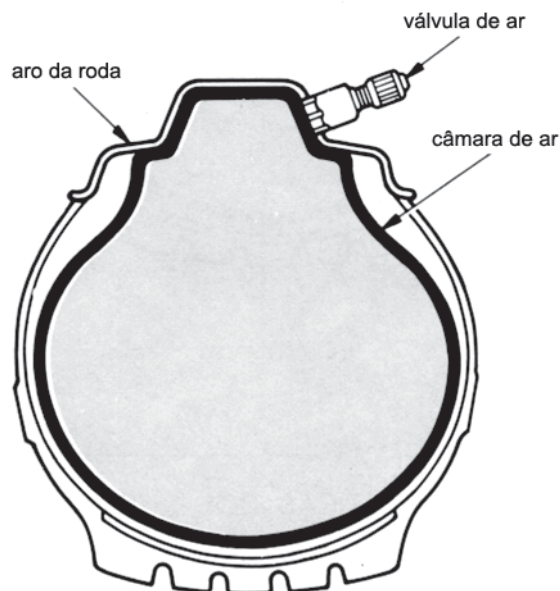
Pneu diagonal

Pneu radial

Os pneus diagonais proporcionam uma condução mais suave, mas são inferiores aos radiais em termos de desempenho e resistência ao desgaste.

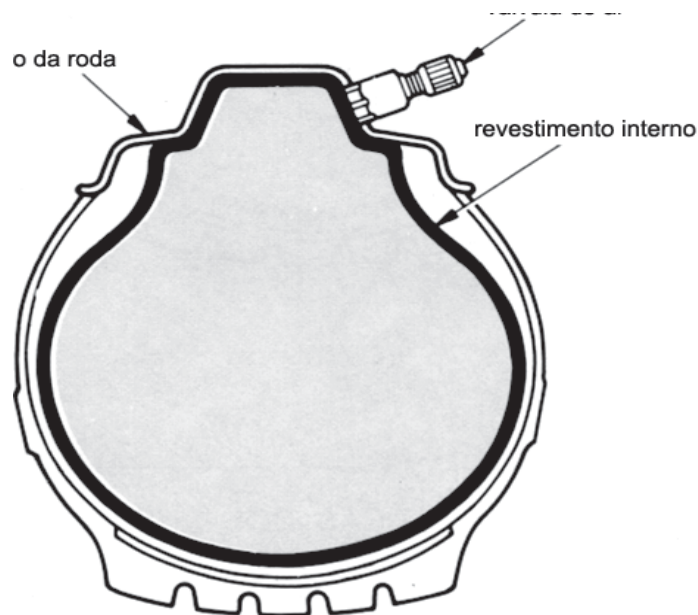
## PNEU COM CÂMARA

O pneu com câmara possui internamente um tubo de borracha que retém o ar ou o nitrogênio pressurizado, possui uma válvula de ar, projetada para fora através de um orifício no aro da roda. Se for furado, o pneu com câmara se esvazia rapidamente.



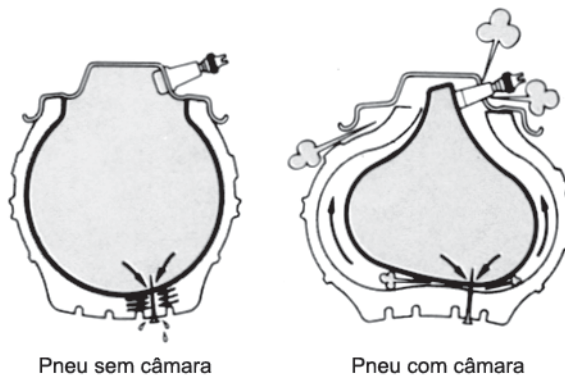
## PNEU SEM CÂMARA

O pneu sem câmara não possui tubo interno. O ar ou nitrogênio é mantido pressurizado através de um forro interno construído com formulação especial de borracha espessa com alta eficiência de vedação. A válvula de ar é fixada diretamente no aro da roda.



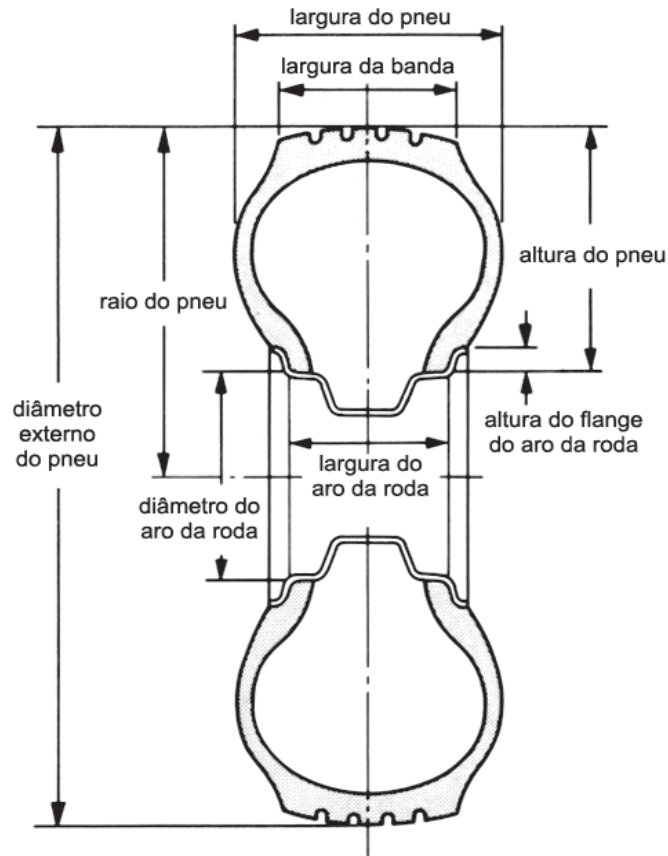
### VANTAGEM DO PNEU SEM CÂMARA

Se um prego ou outro objeto pontiagudo penetrar no pneu, o vazamento de ar no pneu sem câmara será mais lento, devido ao efeito de autovedação do revestimento interno. Se o furo ocorrer com o veículo em movimento, geralmente não haverá uma queda repentina de pressão suficiente para que o motorista perca o controle do veículo.



## ESPECIFICAÇÃO DE PNEUS

A parede lateral do pneu geralmente apresenta gravações de codificações de largura, diâmetro interno, tipo de pneu, etc.



### Sistema de codificação de pneus conforme a International Standardization Organization (ISO)

195 / 70 R 14 86 H  
 ①      ⑤   ⑥   ③   ⑦   ②

- ① Largura do pneu em polegadas (pneus diagonais) ou mm (pneus radiais)
- ② Velocidade máxima permitida
- ③ Diâmetro do aro da roda em polegadas
- ⑤ Aspecto proporcional (altura do pneu/largura do pneu) em %
- ⑥ Pneu radial
- ⑦ Capacidade de transporte de carga (índice de carga)

#### REFERÊNCIA

VELOCIDADES E CÓDIGOS DE VELOCIDADE MÁXIMA PERMITIDOS

Código	S	T	U	H	V	W	Z
Velocidade (km/h)	180	190	200	210	240	270	270 ou mais

CARGA E CÓDIGOS PARA ÍNDICE DE CARGA

Código	78	82	86	90	94	98	102
Carga (kg)	425	475	530	600	670	750	850

## PRESSÃO DE ENCHIMENTO DOS PNEUS

A pressão dos pneus exerce um papel importante em termos de desempenho e segurança absoluta do veículo. Embora sejam fabricados com materiais à prova de vazamento de ar ou nitrogênio, com o tempo os pneus apresentam quantidades mínimas de vazamento gradual de ar ou nitrogênio.

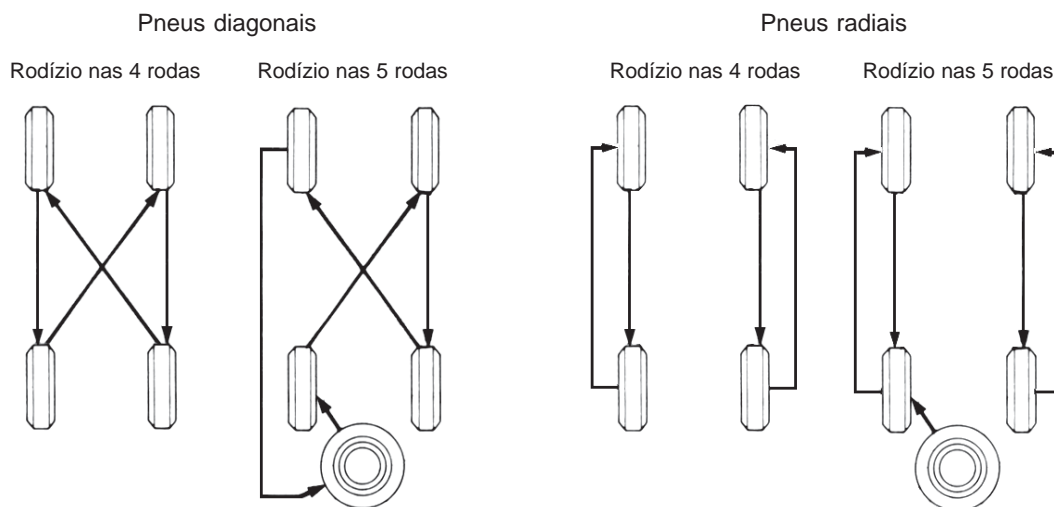
Portanto, a pressão de enchimento dos pneus deve ser inspecionada regularmente e ajustada conforme o necessário, sempre que estiver diferente da especificação.



## RODÍZIO DE PNEUS

O ideal é que os quatro pneus (cinco, incluindo o estepe) apresentem o mesmo padrão de desgaste, com isso o pneu usado durante muito tempo na mesma posição desenvolverá desgaste característico daquela posição.

O rodízio de pneus deve ser regular para que o desgaste seja uniforme. Isto ajudará a aumentar a vida útil dos pneus.

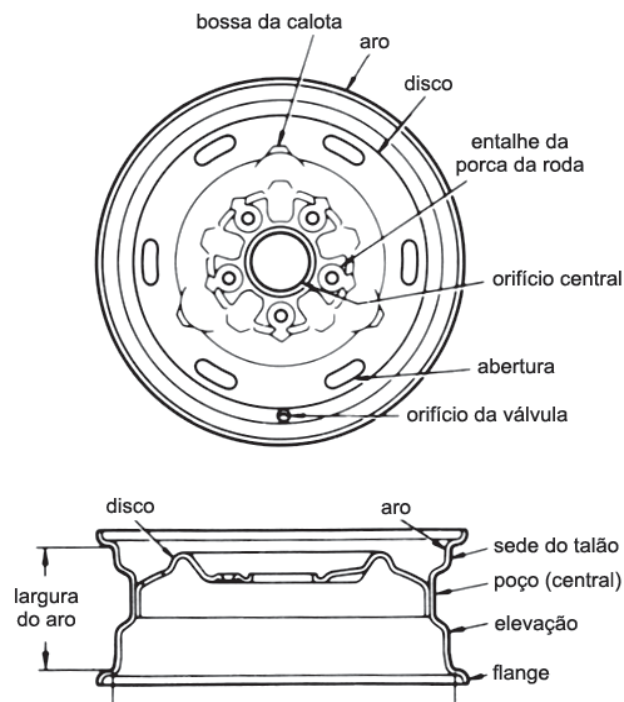


## INDICADORES DE DESGASTE DA BANDA DE RODAGEM (TWI)

Os indicadores de desgaste da banda de rodagem (TWI) são sulcos de 1,6 a 1,8mm moldados em quatro a seis pontos ao longo da circunferência do pneu, eles indicam o limite permitido de desgaste e a necessidade de substituição do pneu.



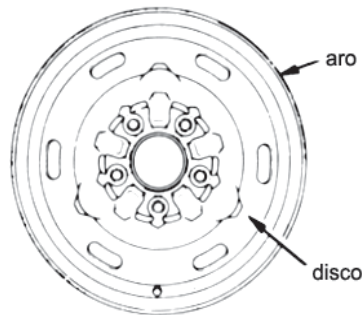
Os pneus não são instalados diretamente nos veículos, mas sim montados nas rodas. Por ser um componente importante na segurança, a roda deve ser suficientemente resistente para suportar as cargas verticais e laterais, as forças de frenagem, etc.. Ao mesmo tempo, deve ser o mais leve possível e estar balanceada para que gire suavemente em altas velocidades.



As rodas são classificadas conforme o método de fabricação e materiais com os quais são fabricadas. Atualmente, há dois tipos mais comuns: aço estampado e liga leve.

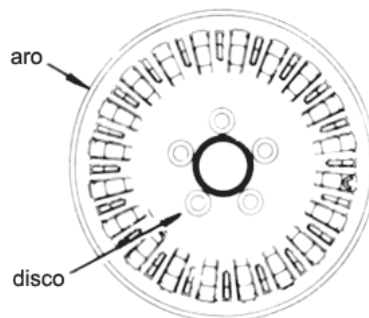
## RODA DE AÇO ESTAMPADO

Consiste de aro soldado a um disco estampado em chapa de aço e é um tipo bem adequado para produção em massa. A maioria dos veículos atualmente utiliza este tipo de roda devido aos altos níveis de durabilidade e qualidade.



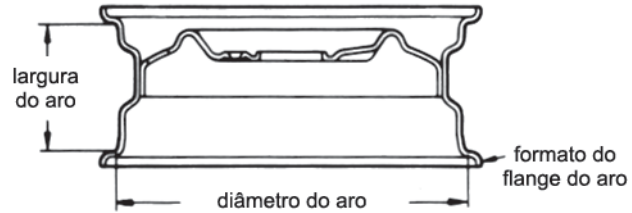
## RODA DE LIGA LEVE

Esse tipo fundido principalmente em liga leve de alumínio e magnésio é amplamente usado não somente em modelos mais leves mas também para melhorar a aparência do veículo.



## ESPECIFICAÇÃO DAS RODAS

O tamanho da roda está indicado na superfície da própria roda, geralmente inclui largura da roda, formato do flange da roda e seu diâmetro.



$$\frac{4\frac{1}{2}}{\textcircled{1}} - \frac{J}{\textcircled{2}} \times \frac{13}{\textcircled{3}}$$

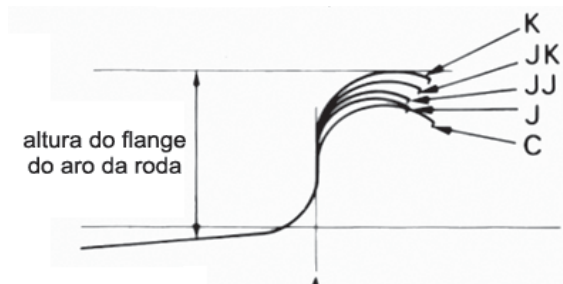
① Largura do aro (em polegadas)

② Formato do flange do aro

$$\frac{5,50}{\textcircled{1}} \frac{F}{\textcircled{2}} \times \frac{15}{\textcircled{3}} \frac{SDC}{\textcircled{4}}$$

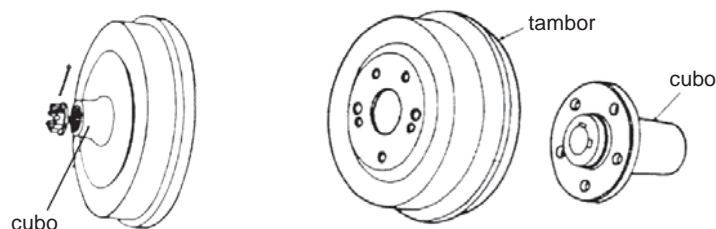
③ Diâmetro do ar (em polegadas)

④ Tipo de aro



# CUBO DE RODA

O cubo de roda é responsável pela rolagem das rodas do veículo. Pode ser de aço ou de ferro fundido. Pode, também, ser fundido com o tambor de freio formando uma peça única. Ou pode ser fixado ao tambor de freio por meio de porcas ou parafusos, com isso é possível separar o cubo do tambor.



O cubo de roda executa sua função através de rolamentos. Por isso é necessário para um bom funcionamento que esses rolamentos estejam bem regulados (quanto a sua folga) e bem lubrificados. Os rolamentos mais utilizados em cubos de rodas são os rolamentos duplos de esferas (blindados) ou de roletes cônicos.



O cubo das rodas motrizes (rodas que movem o veículo) também deve ser capaz de transmitir a tração do eixo para a roda. Por esse motivo, o cubo deve ser fixado por meio de estrias e travados por meio de porcas. Normalmente, essas rodas têm rolamentos duplos de esferas que não possuem regulagem e não necessitam de lubrificação.



Nas rodas não motrizes (que apenas giram passivamente), o cubo é montado sobre um ou dois rolamentos, normalmente de roletes cônicos. Esses roletes devem ser regulados e lubrificados periodicamente com graxa adequada.

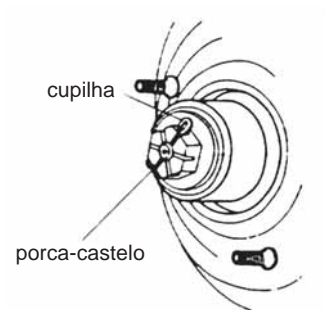
A regulagem do cubo é feita por meio de uma porca que prende o conjunto ao eixo. Esse ajuste deve atender aos padrões especificados pelo fabricante.

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 do 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. Estudaremos a seguir as formas mais comuns de travamento.

## TRAVAMENTO COM PORCA CASTELO E CUPILHA

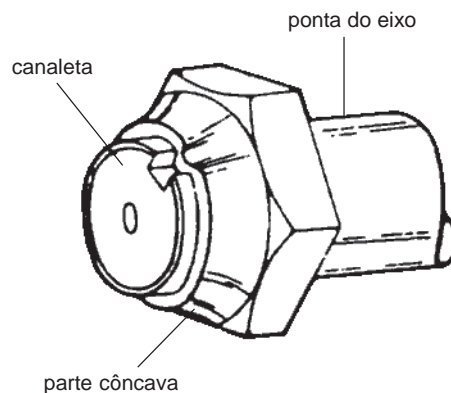
Para esse travamento, a ponta do eixo apresenta um orifício. Quando a porca castelo é apertada, dois dos rebaixos da porca castelo devem coincidir com esse orifício, formando um casal, por onde a cupilha deve passar.



Depois de colocar a cupilha, dobram-se suas pontas, uma em sentido contrário da outra, isto evita que ela saia do canal quando a roda girar.

## TRAVAMENTO POR AMASSAMENTO DA PORCA

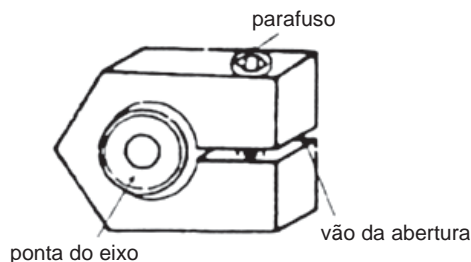
Depois de apertada, a porca é travada com seu próprio material, que é prensado para o interior de uma canaleta existente na ponta do eixo.



Este tipo de porca tem que ser substituída toda vez que desmontado o conjunto.

## TRAVAMENTO COM PORCA E PARAFUSO ALLEN

Neste travamento, a ponta do eixo não tem orifício nem canaleta, mas a porca tem um corte, que sai de uma das faces externa e atravessa a parte rosçada.



Um parafuso allen atravessa perpendicularmente essa abertura, diminuindo-a ao ser apertado, dessa forma, a porca, que já estava apertada, fica travada na ponta do eixo.

## TRAVAMENTO COM CONTRAPORCA E CHAPA DE TRAVAMENTO

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

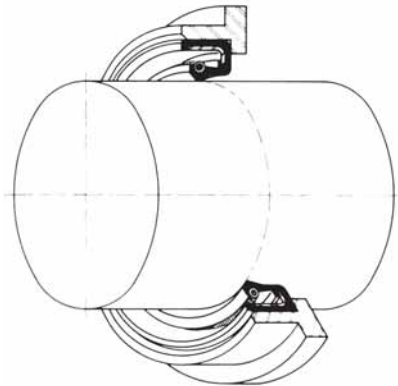


Sobre essa chapa é colocada uma contraporca. Posteriormente, a chapa é dobrada sobre ambas as porcas, travando-as.

Há também uma tampa metálica, chamada protetor de 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 infiltração de impurezas e choques. Este protetor é colocado sob interferência mecânica, cobrindo a ponta do eixo.

Para conter a graxa dentro do cubo de roda e evitar a entrada de impurezas, é utilizado um retentor que tem a função de reter a passagem do lubrificante (graxa), que deve ficar contido no interior do cubo.

O retentor é sempre aplicado entre duas peças que tenham movimento relativo. A sua função de vedação é cumprida tanto na condição estática (cubo parado) como na condição dinâmica (cubo girando).

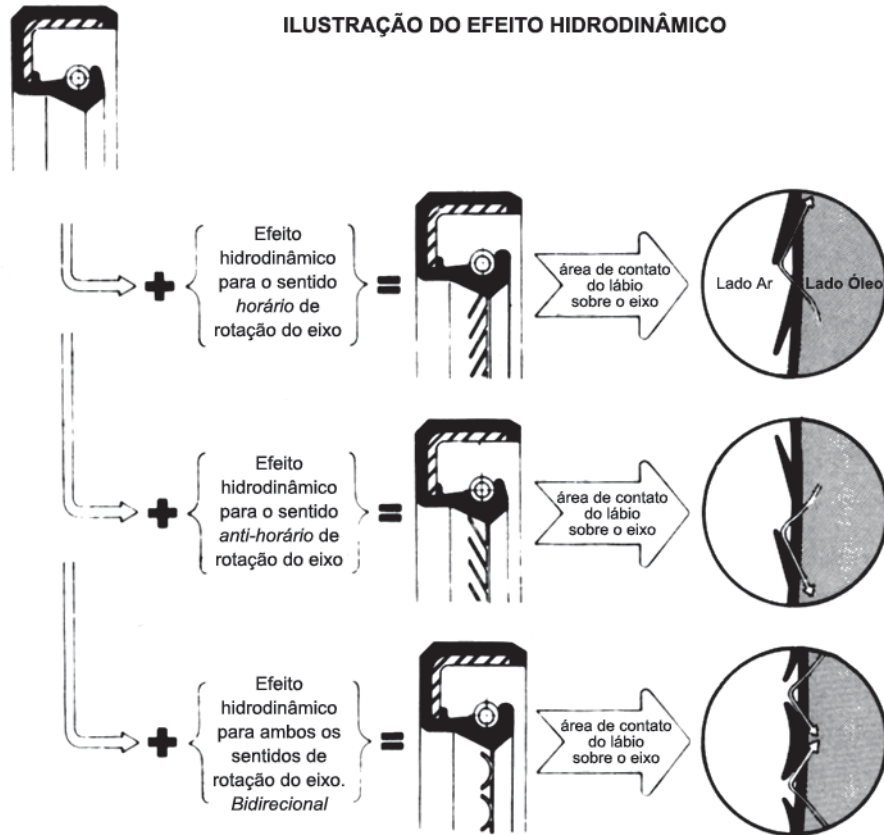


O retentor é composto por um lábio feito de material elastomérico e uma parte estrutural metálica que permite a fixação do lábio na posição correta de trabalho.



A vedação se dá pelo contato permanente que ocorre entre a aresta do lábio e a ponta de eixo. Para completar a estanqueidade, é preciso que haja também a vedação entre a parte externa do retentor e a carcaça.

De acordo com a aplicação do retentor, o eixo que ele está em contato pode ter sentido de rotação horário ou anti-horário. Para auxiliar na vedação com o eixo em movimento, os lábios do retentor possuem estrias que, de acordo com o sentido de rotação do eixo, mudam de posição para obter um efeito hidrodinâmico (efeito que promove o refluxo do lubrificante).



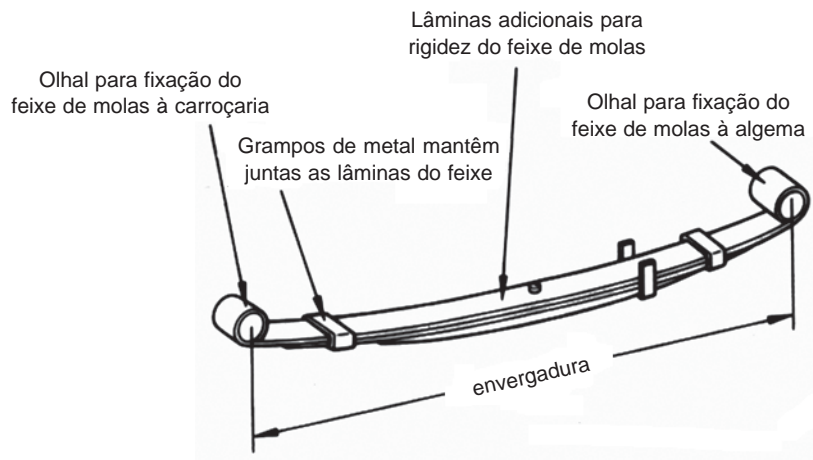
# MOLAS

Nos sistemas de suspensão, as molas mais utilizadas são as molas metálicas, tais como o feixe de molas, molas helicoidais e barras de torção, e as molas não metálicas, tais como as molas de borracha e as molas pneumáticas.

## FEIXE DE MOLAS

Os feixes de molas são constituídos por uma série de lâminas de aço curvadas para compor um feixe a partir da menor para a maior. Essa pilha de lâminas é fixada no centro por um parafuso para evitar que as lâminas escorreguem saindo do lugar. Também são presas por grampos em vários pontos. Ambas as extremidades da lâmina mais longa (chamada de mola mestra) são dobradas para formar olhais, usados para fixar o feixe ao chassi.

Quanto maior for o feixe de molas, mais macio ele será. E quanto mais lâminas existirem em um feixe, maior será a carga suportada. Mas, por outro lado, o feixe ficará mais duro e o conforto ao dirigir estará comprometido.



**OBSERVAÇÕES**

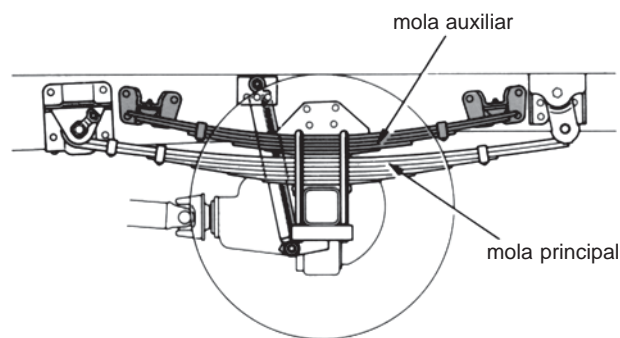
- A curvatura de cada lâmina é chamada de flexão. A flexão das lâminas varia conforme o seu comprimento (flexão maior, mola menor).
- A curvatura de uma lâmina em um feixe é sempre maior do que a lâmina de cima.
- Ao apertar o parafuso central, as lâminas achatam-se ligeiramente, fazendo com que as extremidades das lâminas apertem-se firmemente umas contra as outras.



- A curvatura total do feixe de molas é chamada de arqueamento.

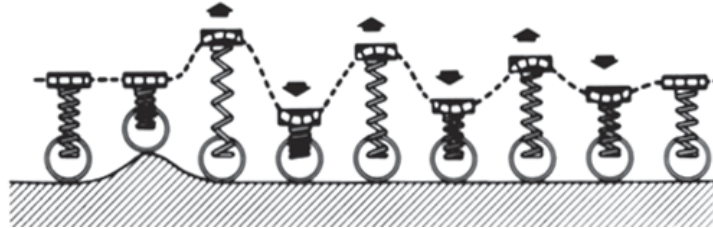
**FEIXE DE MOLA AUXILIAR**

Nos caminhões e muitos outros veículos sujeitos a grandes cargas, são usados feixes de molas auxiliares. O feixe de mola auxiliar é instalado acima do feixe principal, quando a carga é leve, apenas o feixe principal atua, mas quando a carga ultrapassa determinado valor, tanto o feixe principal quanto o feixe auxiliar entram em operação.



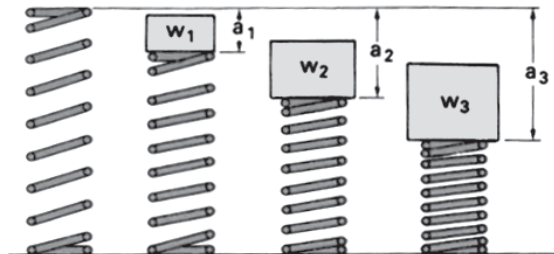
## MOLAS HELICOIDAIS

As molas helicoidais são feitas de varetas de aço especiais para molas as quais são enroladas no formato de espira. Ao se colocar uma carga sobre a mola helicoidal, a espira toda é torcida à medida que a mola se contrai. Desse modo, a energia da força externa é armazenada e o choque é amortecido.

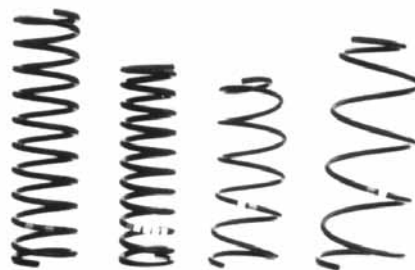


## MOLA PROGRESSIVA

Se a mola for feita de varetas de aço com diâmetro uniforme, a mola toda irá flexionar uniformemente na proporção das mudanças de carga. Isto significa que, se for utilizada uma mola macia, ela não será rígida o suficiente para controlar cargas pesadas, enquanto que, se for utilizada uma mola dura, o resultado será um veículo mais duro, com pouco conforto a oferecer, mas suportando grandes cargas.



Contudo, se for usada uma mola com vareta com diâmetro em constante mudança (do diâmetro mais fino para o mais grosso), as extremidades da mola terão uma constante de mola mais baixa (mais macia) do que no centro (mais dura). Conseqüentemente, sob cargas leves, as extremidades da mola irão se contrair e absorver o choque. Por outro lado, a parte central das molas será rígida o suficiente para absorver os choques.



Outros tipos de molas podem também ser usadas para obter o mesmo efeito:



Mola progressiva com barra cilíndrica e passo variável



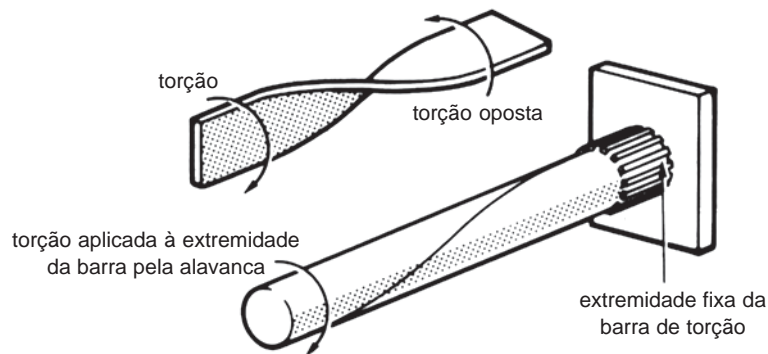
Mola progressiva com barra cônica e passo variável



Mola progressiva com barra cônica e passo e diâmetro variável

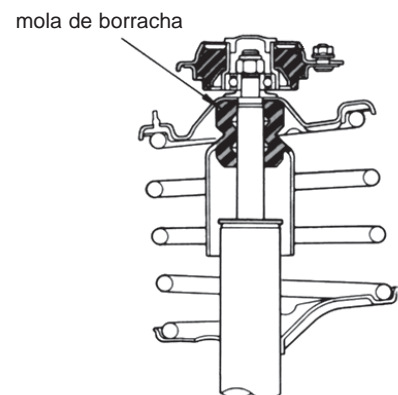
## BARRAS DE TORÇÃO

A barra de torção é uma barra de aço que utiliza sua elasticidade torcional para resistir à torção. Uma das extremidades da barra é fixada ao chassi ou a outra parte estrutural da carroceria e a outra extremidade é fixada a um componente submetido à carga torcional.



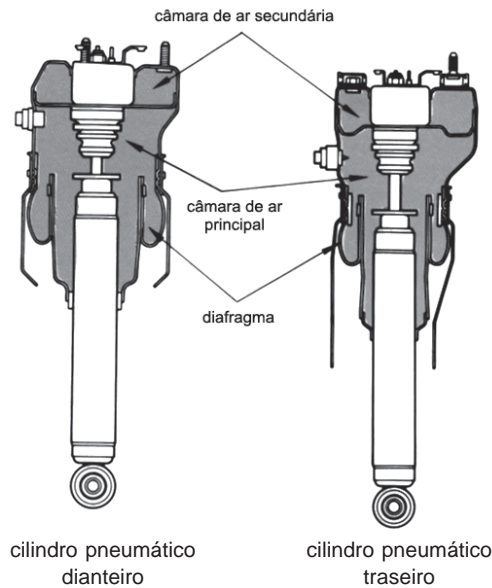
## MOLAS DE BORRACHA

As molas de borracha absorvem a oscilação quando são deformadas por uma força externa. Algumas das vantagens são: podem ser feitas em qualquer formato e são silenciosas durante o uso, porém, o uso não é apropriado para suportar cargas pesadas. Portanto, as molas de borracha são utilizadas como molas auxiliares (batentes) ou como buchas, coxins e outros suportes dos componentes da suspensão.

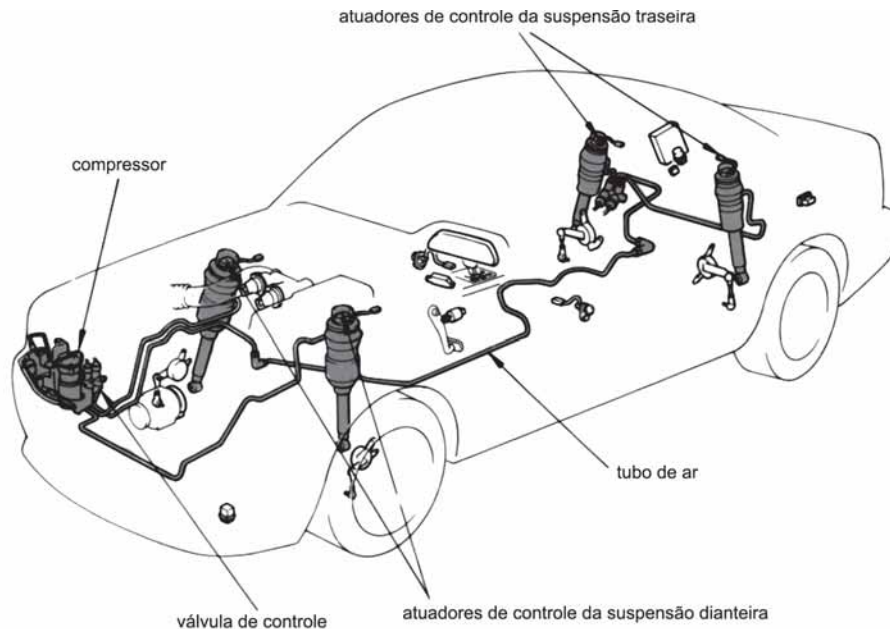


## MOLAS PNEUMÁTICAS

As molas pneumáticas utilizam o princípio de elasticidade do ar quando está comprimido, elas são extremamente macias e sua constante de mola pode ser alterada com o aumento de pressão do ar. Isto proporciona um ótimo conforto ao dirigir, tanto com cargas leves ou cargas pesadas. Outra grande vantagem é a altura do veículo que pode ser mantida sempre constante, por meio do ajuste da pressão do ar.



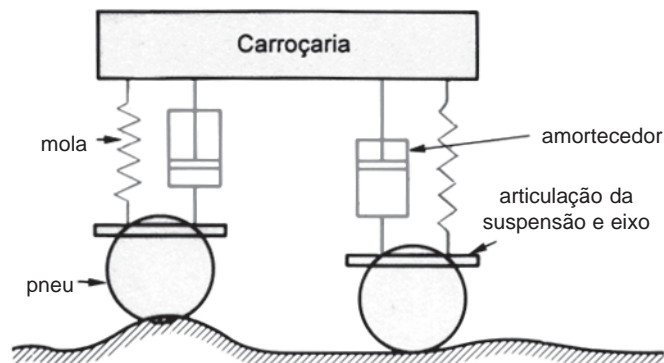
Contudo são necessários dispositivos para controle da pressão do ar e um compressor para gerar essa pressão. Essa pressão de ar pode ser controlada pelo motorista ou automaticamente por dispositivos de controle da altura, tornando o funcionamento e manutenção desse tipo de suspensão muito complexos.



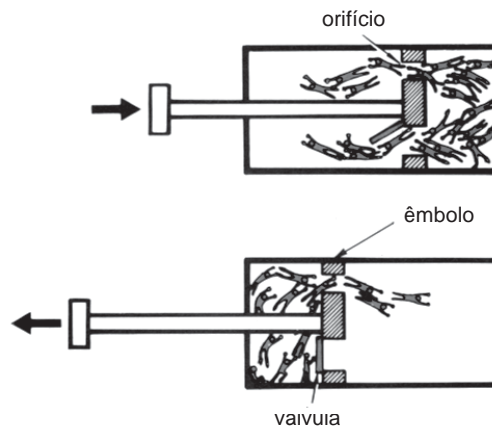
# AMORTECEDORES

Quando o veículo é submetido a irregularidades da pista, as molas se comprimem e se expandem para absorvê-las, mas devido a uma característica das molas elas tenderiam a continuar oscilando. E essa oscilação leva muito tempo para parar, comprometendo o conforto ao dirigir e estabilidade do veículo.

Para isto existem os amortecedores, para absorver essa oscilação das molas, melhorando o conforto e as características de aderência do pneu ao solo, ganhando o veículo com isso mais estabilidade.



Nos automóveis, são utilizados amortecedores telescópicos que utilizam a força de amortecimento gerada pela resistência produzida pelo fluxo do óleo, sendo forçado através de um orifício para amortecer as oscilações das molas.

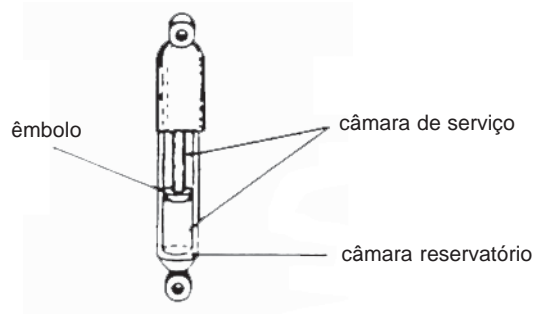


Podemos encontrar quatros tipos de amortecedores, os hidráulicos de ação simples e de ação dupla, o pressurizado e o eletrônico.

## AMORTECEDOR HIDRÁULICO DE AÇÃO SIMPLES

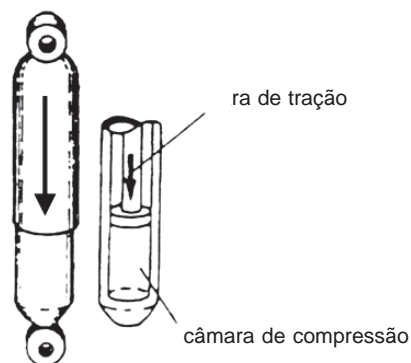
O amortecedor hidráulico utiliza óleo para absorver as oscilações das molas, é composto por dois cilindros, um externo e outro interno, entre esses cilindros se forma a câmara reservatório que armazena o óleo do amortecedor.

O cilindro interno recebe o nome de câmara de serviço, que é dividida por um êmbolo móvel, ele está ligado ao sistema de fixação do amortecedor, neste êmbolo estão as válvulas do amortecedor.

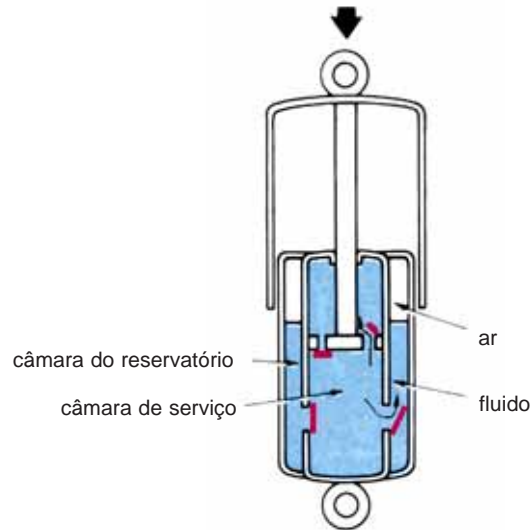


### FUNCIONAMENTO

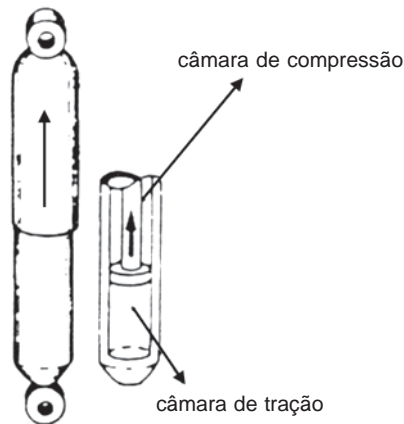
Quando a amortecedor é comprimido (recebendo impacto da pista de rodagem), o êmbolo comprime o óleo na parte inferior da câmara de serviço que passa a ser chamada de câmara de compressão, e a parte superior do cilindro é chamada de câmara de tração.



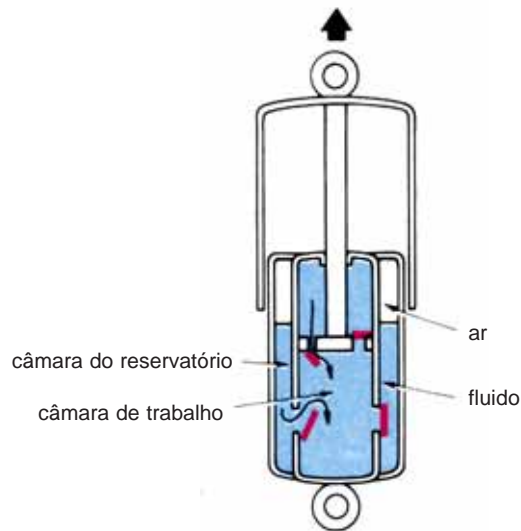
Nessa condição, o óleo passa da câmara de compressão para a câmara de tração, pelas válvulas da haste móvel, que não oferecem resistência à passagem do óleo, e o amortecedor acompanha o movimento da mola, parte do óleo sai por uma válvula localizada na base do amortecedor, que libera a passagem do óleo para a câmara reservatório.



Quando o amortecedor sofre a extensão (absorvendo a oscilação da mola), a compressão do óleo ocorre na parte superior da câmara de serviço, que passa a ser chamada de câmara de compressão, e a parte inferior do cilindro é chamada de câmara de tração.

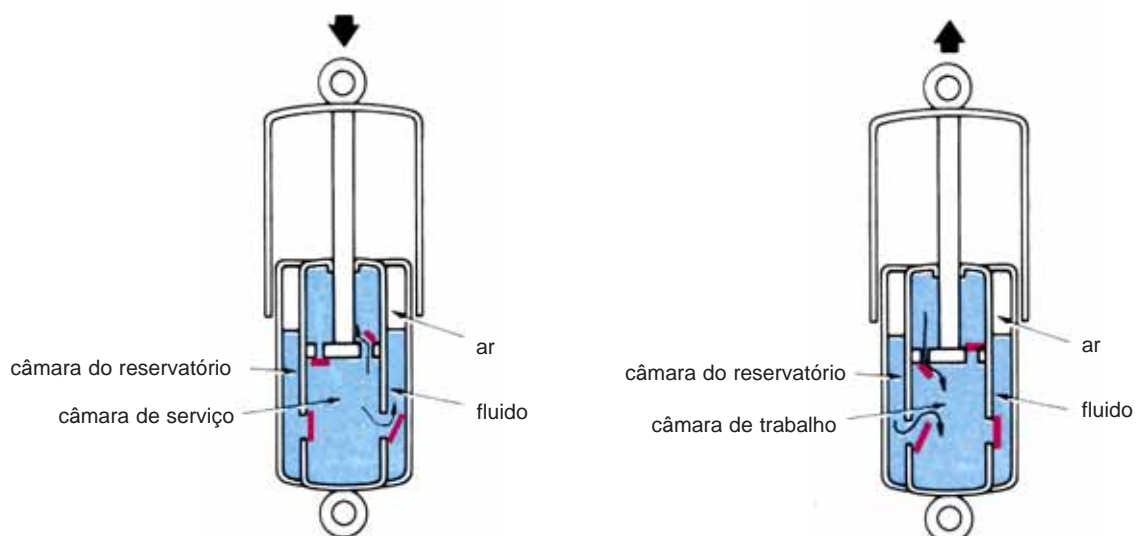


Nesta condição, o óleo que está na câmara de compressão é forçado a descer pelo movimento do êmbolo, passando pelas válvulas da haste móvel, que oferece resistência à passagem do óleo, fazendo com que o amortecedor absorva as oscilações da mola, ao mesmo tempo, o óleo da câmara reservatório volta para câmara de tração, pela válvula da base.



## AMORTECEDOR HIDRÁULICO DE AÇÃO DUPLA

O funcionamento do amortecedor de ação dupla é parecido com o de ação simples. A única diferença está quando o amortecedor de ação dupla está sendo comprimido, ele também oferece uma pequena restrição, para isso a haste móvel possui mais uma válvula, garantindo assim mais estabilidade, comprometendo um pouco o conforto para dirigir do veículo.



## AMORTECEDOR PRESSURIZADO

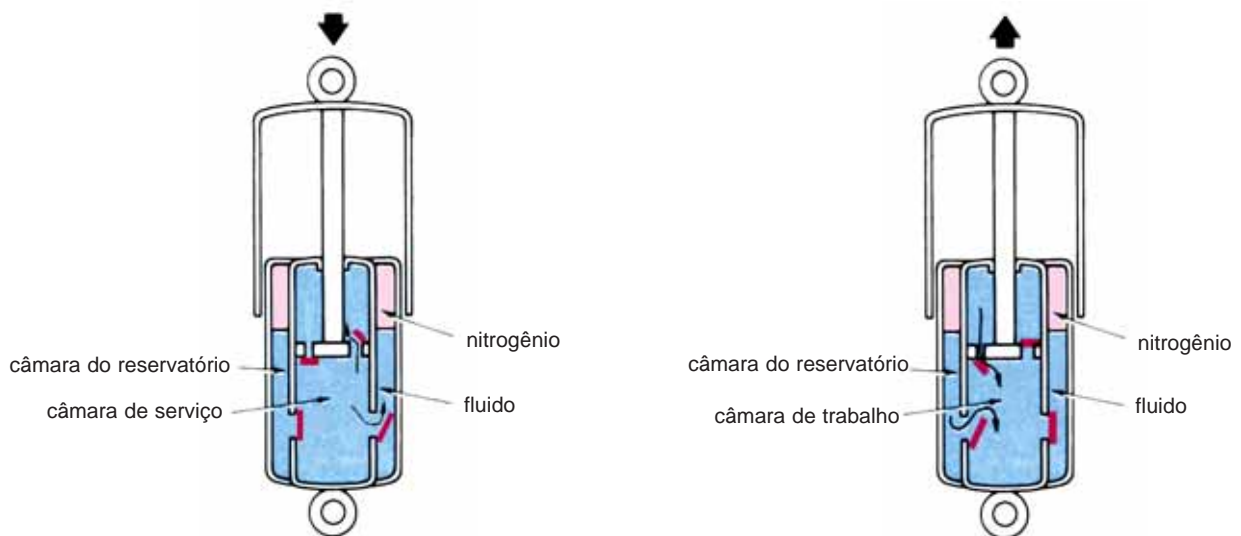
Os amortecedores hidráulicos contêm óleo e ar. Por isso, estão sujeitos à perda de pressão e falha devido à mistura de óleo e do ar.

Esta mistura é chamada de aeração, que é a formação de bolhas de ar nas câmaras de tração e compressão. Isso ocorre com o aumento de temperatura nessas câmaras e provoca a diminuição na capacidade do amortecedor absorver impactos.

A cavitação é provocada por um impacto muito rápido do pneu com o solo, que produz uma perda momentânea da ação do amortecedor.

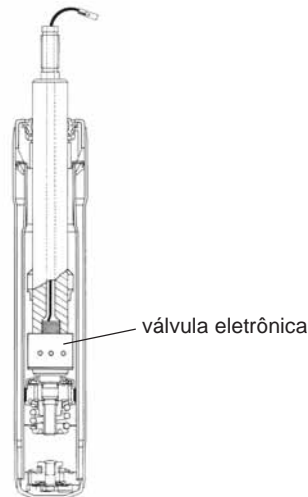
A aeração e a cavitação diminuem a aderência dos pneus ao solo e comprometem a segurança do veículo, por isso foi criado o amortecedor pressurizado.

O amortecedor pressurizado tem o funcionamento igual a um amortecedor de ação dupla, porém, na câmara reservatório é colocado junto com o óleo o gás nitrogênio, que pressurizado não se mistura com o óleo. Com isso, não se formam bolhas e resfriamento do óleo facilitado, impedindo assim a cavitação e a aeração.



## AMORTECEDOR ELETRÔNICO

O princípio de funcionamento hidráulico do amortecedor eletrônico é parecido com o de ação dupla, que já foi estudado anteriormente, a principal diferença está nas válvulas localizadas na haste do amortecedor, que são controladas por um módulo eletrônico, localizado no painel do veículo.



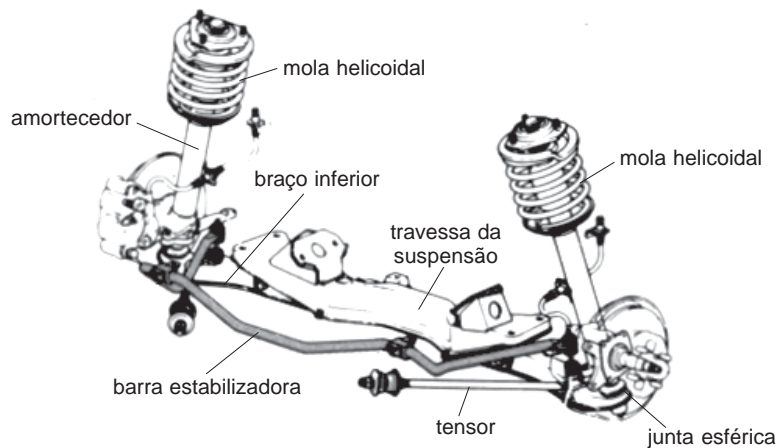
A atuação do módulo ocorre em duas fases, segurança e automática, que deverá ser escolhida pelo motorista. Ao selecionar a condição de segurança, o veículo ficará com o amortecedor mais duro, devido à atuação do módulo na válvula do amortecedor que diminuirá a passagem de óleo entre as câmaras.

Na condição automática, a atuação do módulo depende da velocidade do veículo: de 0 a 10 km/h, o módulo diminui a passagem de óleo entre as câmaras, para facilitar manobras, saídas de garagem, etc.; de 10 a 80 km/h, o módulo aumenta a passagem de óleo entre as câmaras, aumentando o conforto ao dirigir; acima de 80 km/h, o amortecedor volta a condição de segurança, favorecendo a segurança em curvas e manobras em alta velocidade.

# SISTEMA DE ARTICULAÇÃO

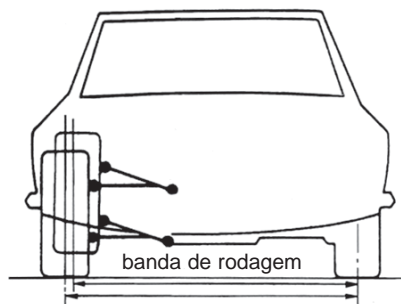
Este sistema é constituído pelos braços oscilantes, terminais de suspensão (pivôs), batentes, barra estabilizadora, braço tensor, e barra de controle lateral. Esses componentes ligam a carroceria do veículo à roda, desempenhando as seguintes funções:

- Permitir articulação e movimentação da roda, devido às irregularidades do solo e movimentos do sistema de direção.
- Nivelar a carroceria, quando o veículo entra em curvas.
- Manter as rodas na posição que obedeça à geometria do veículo.

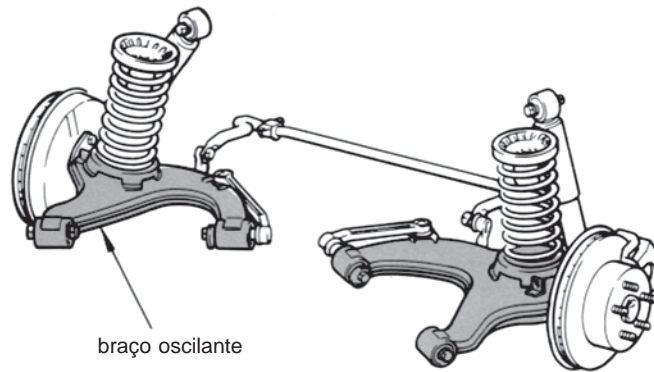


## BRAÇOS OSCILANTES

Faz a ligação entre a carroceria e os componentes da suspensão, transmite as irregularidades do solo, fazendo com que esses sejam absorvidos pelas molas, devido à ação dos terminais de suspensão.

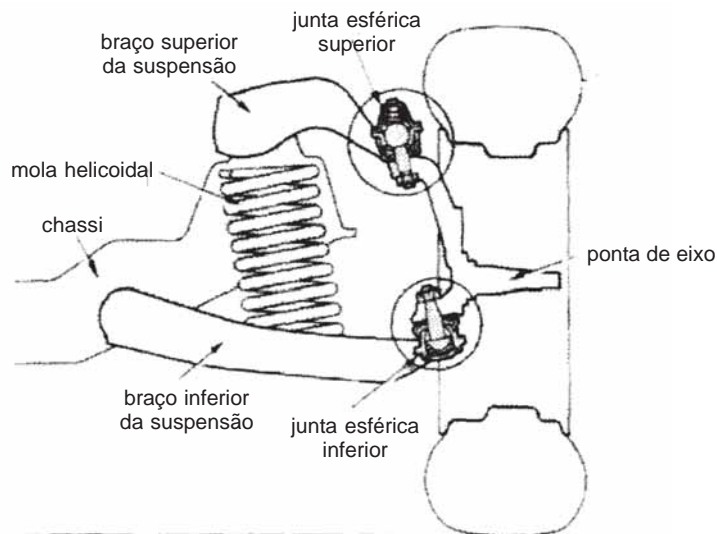


O braço oscilante evita que a roda se movimente no sentido de aceleração e frenagem do veículo por meio do seu formato, que pode mudar de acordo com o tipo de construção da suspensão e, por meio de buchas, que além de permitir movimentação do braço oscilante, absorve os impactos quando existe aceleração e frenagem do veículo.

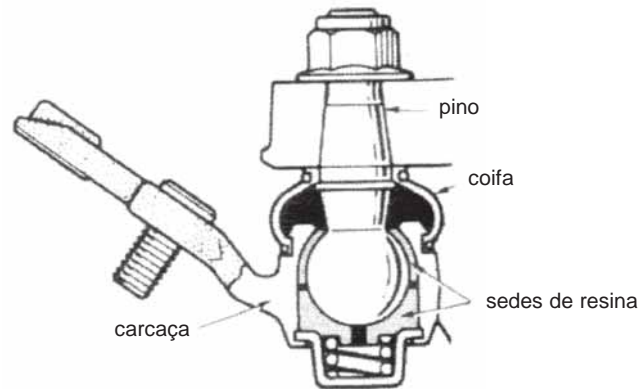


## TERMINAIS DE SUSPENSÃO (PIVÔS)

É a ligação entre o braço oscilante e a ponta de eixo, permite a movimentação desse conjunto, suportando cargas verticais e laterais, que atuam quando o veículo trafega em superfícies irregulares ou quando é transmitido para as rodas o movimento do sistema de direção.



É composto por um pino cônico roscado, por onde é feita a fixação do terminal à ponta de eixo e à outra extremidade com um formato esférico, que se encaixa em um alojamento igualmente esférico. Com isso elimina-se a folga deste terminal, permitindo também a articulação do conjunto.



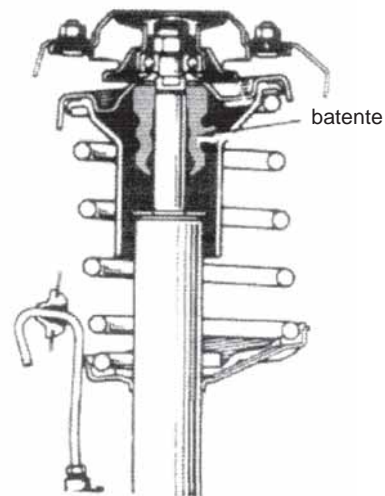
O terminal de suspensão possui uma coifa de borracha, que evita a contaminação da graxa existente no seu interior, que lubrifica os alojamentos esféricos. Uma vez danificada esta coifa, é necessária a substituição do terminal de suspensão.

## BATENTES

Os batentes limitam o curso da suspensão, evitando o contato de metal/metal na compressão ou extensão da suspensão. Podem ser fabricados de borracha ou cellasto, um tipo especial de borracha.



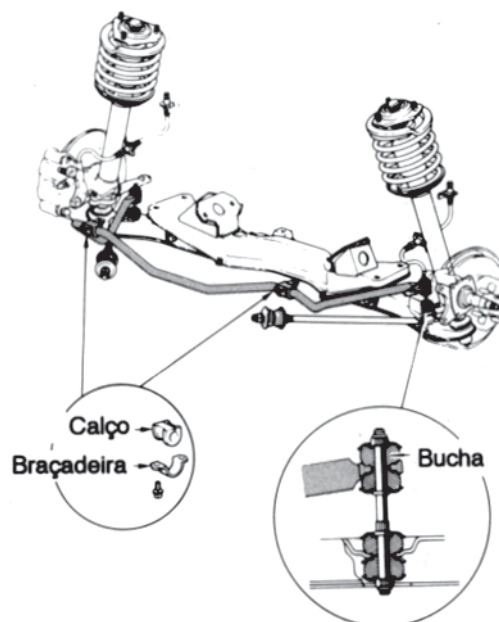
Pode ser instalado no braço oscilante ou na haste do amortecedor de acordo com o tipo de suspensão.



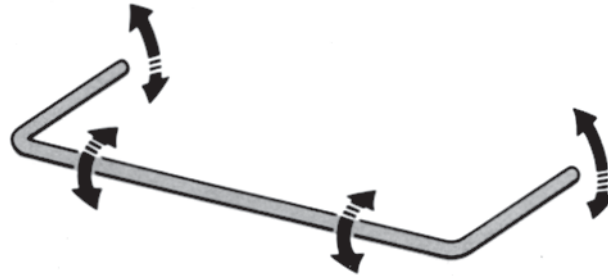
## BARRA ESTABILIZADORA

A função da barra estabilizadora é reduzir a inclinação do veículo devido à força centrífuga gerada quando o veículo faz curvas bem como melhorar a tração nas rodas.

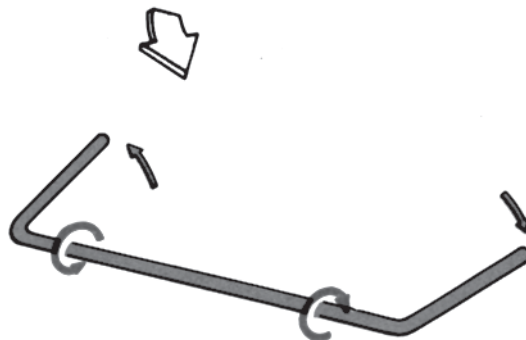
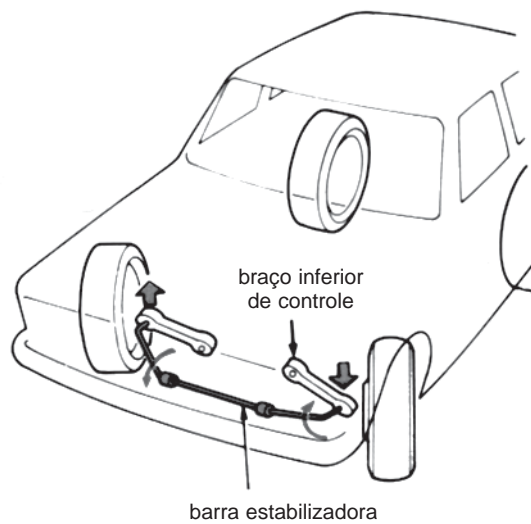
É instalada normalmente nas duas extremidades dos braços inferiores da suspensão. Sua parte central é fixada em dois pontos do chassi ou carroceria por meio de amortecedores de borracha e barras.



Se as rodas se moverem para cima ou para baixo ao mesmo tempo, no mesmo sentido e com quantidade igual de movimento, a barra não terá torção.

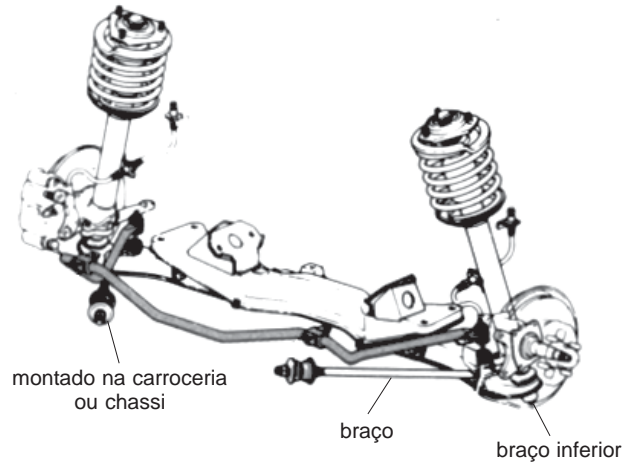


Entretanto, nas curvas, normalmente a mola externa é comprimida enquanto a mola interna é expandida. Por esta razão, uma extremidade da barra estabilizadora é torcida para cima enquanto a outra é torcida para baixo. No entanto, a barra tende a resistir à torção e esta resistência faz reduzir a inclinação da carroceria.



## BRAÇO TENSOR

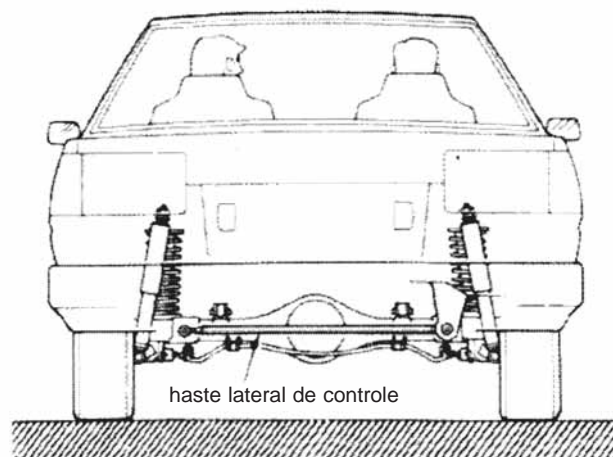
É barra de aço cilíndrica, que liga o braço oscilante à carroceria do veículo. Sua função é suportar os esforços provocados pela aceleração e frenagem do veículo.



Sua fixação à carroceria é feita por buchas de borracha por meio de uma rosca localizada no próprio braço. Esta rosca também é utilizada para o alinhamento do veículo.

## HASTE DE CONTROLE LATERAL (PAHARD)

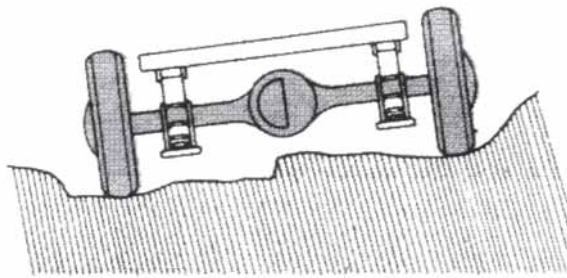
É utilizada para suportar as forças laterais e manter a posição do eixo sem deslocamento lateral. É utilizada principalmente em suspensões traseiras e montada transversalmente, fixada na carroceria e no eixo por buchas de borracha.



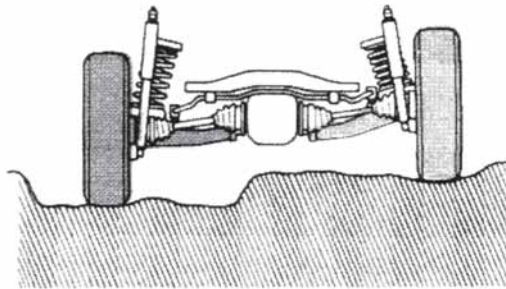
# TIPOS DE SUSPENSÃO

As suspensões são classificadas em três tipos:

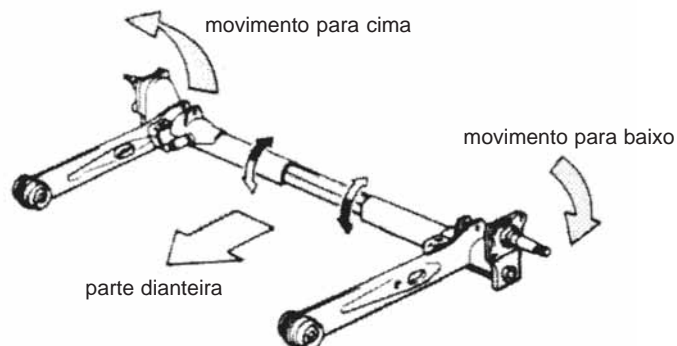
- Suspensão dependente, em que as rodas são conectadas por um único eixo.



- Suspensão independente, onde as rodas têm movimento independente.



- Suspensão semi-independente, em que as rodas são conectadas por um único eixo, mas as rodas possuem movimento independente.



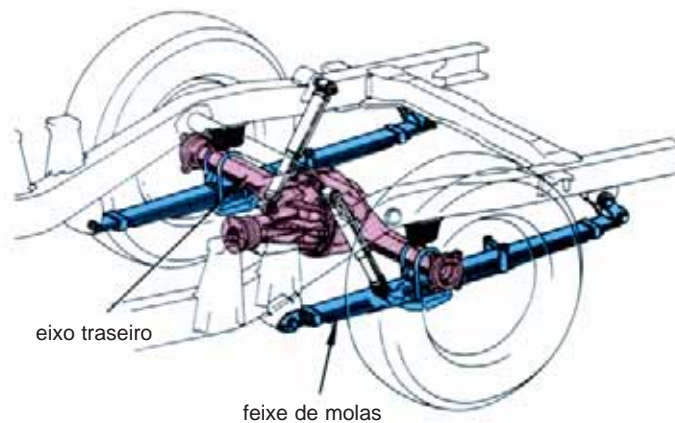
## SUSPENSÃO DEPENDENTE

A suspensão dependente é composta por um pequeno número de peças e construção bastante simples, facilitando sua manutenção. É muito utilizada para uso em veículos pesados (caminhões e ônibus) onde o conforto ao dirigir é deficiente. Pode, também, ser utilizada em automóveis em suspensões traseiras.

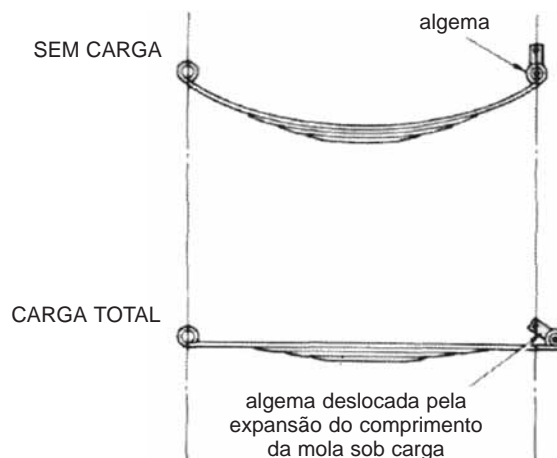
### SUSPENSÃO DEPENDENTE COM FEIXE DE MOLAS

É o tipo de suspensão utilizada em caminhões, ônibus e em alguns veículos leves. Normalmente, sua utilização é na suspensão traseira onde, dependendo do veículo, este pode ter tração nas rodas traseiras ou nas rodas dianteiras.

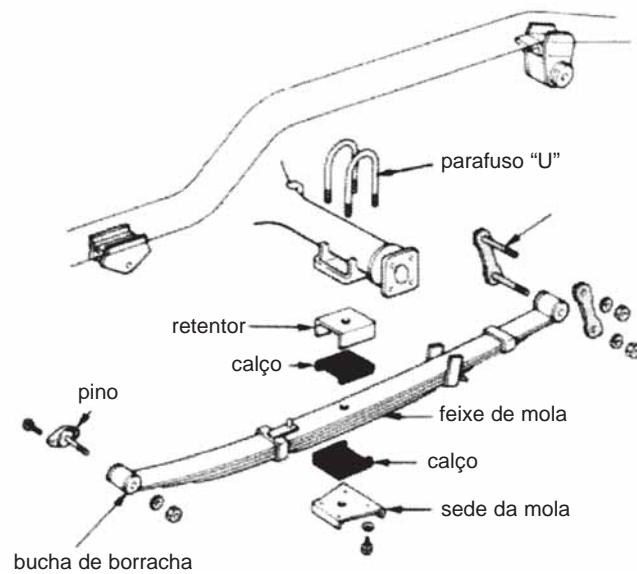
Quando o veículo possui tração traseira, no eixo está acoplado o diferencial que transmitirá rotação para as rodas.



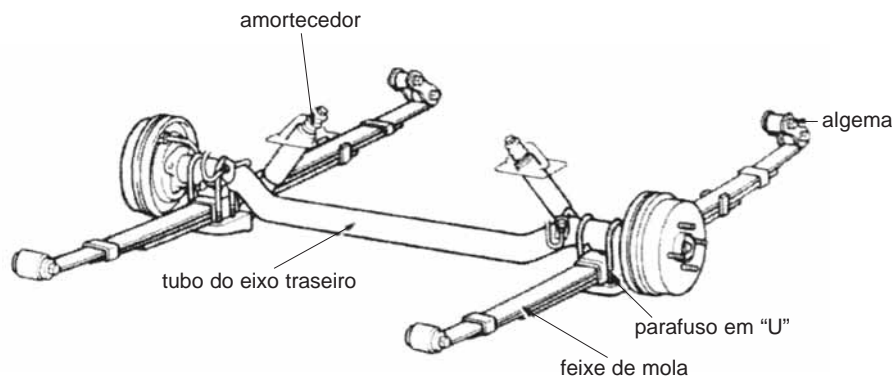
Geralmente, o feixe de mola é fixado ao chassi, em uma das suas extremidades, por meio de buchas de borrachas e pino. Sua outra extremidade é montada por meio de bucha de borracha e uma alga, que compensa a variação do comprimento da mola, quando a mola se flexiona devido às alterações de carga.



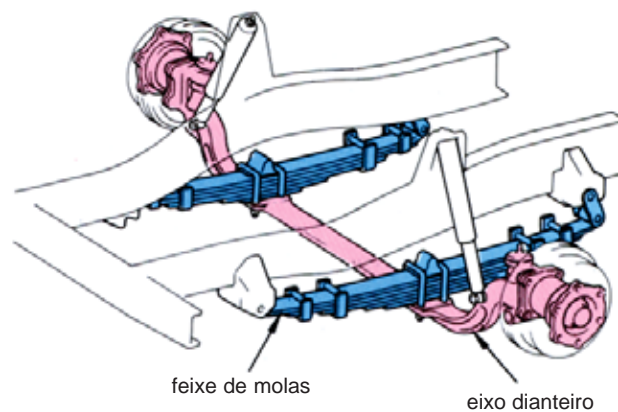
O centro de cada feixe de molas está ligado ao eixo por meio de um par de parafusos em “U”.



Quando o veículo possui tração dianteira, o eixo é somente um tubo rígido onde será montado o feixe de molas.

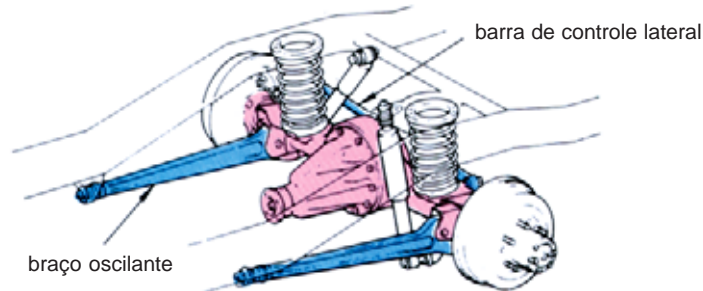


Em alguns casos, podemos encontrar este tipo de suspensão na dianteira de alguns veículos, normalmente ônibus e caminhões. Sua construção é parecida com a dos outros tipos, tendo como única diferença a movimentação das rodas pelo sistema de direção.



## SUSPENSÃO DEPENDENTE COM MOLAS HELICOIDAIS

É utilizada na suspensão traseira de veículos leves que possuem tração traseira. Com as molas helicoidais no lugar do feixe de molas, o veículo ganha conforto e perde sua capacidade de carga.



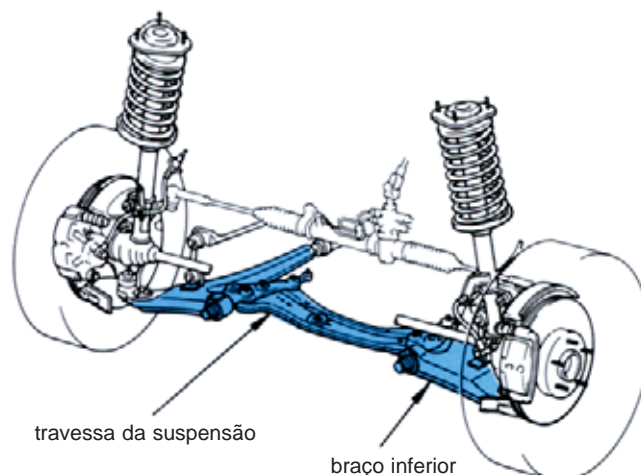
O posicionamento do eixo é feito por braços oscilantes e uma barra de controle lateral. As molas são montadas entre os braços oscilantes ou entre o eixo traseiro e a carroceria.

## SUSPENSÃO INDEPENDENTE

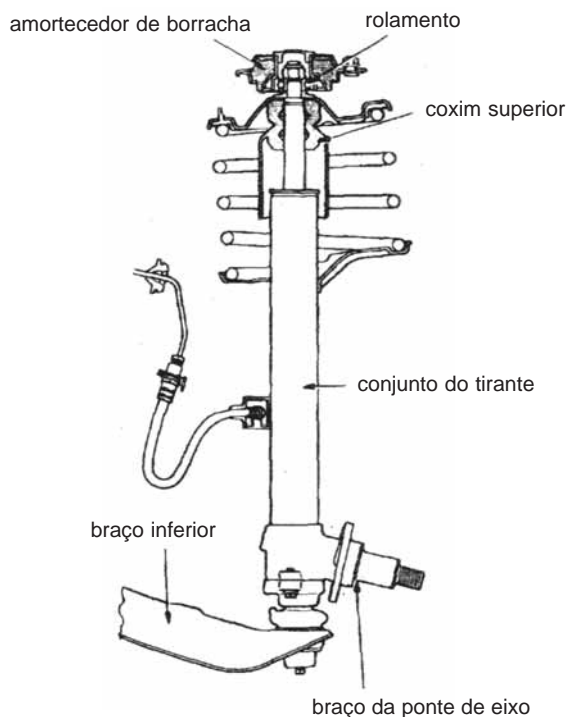
A suspensão independente é a mais utilizada atualmente, devido à aderência dos pneus à pista ser excelente, mantendo o conforto e estabilidade ao dirigir. Como não existe nenhum eixo ligando as rodas, pode-se aumentar o espaço interno do veículo.

### SUSPENSÃO INDEPENDENTE MCPHERSON

É o sistema de suspensão independente mais utilizado nas suspensões dianteiras e traseiras de veículos de médio e pequeno porte. Sua construção é relativamente simples, ocupa pouco espaço, e os amortecedores agem como parte da articulação da suspensão, suportando cargas verticais.

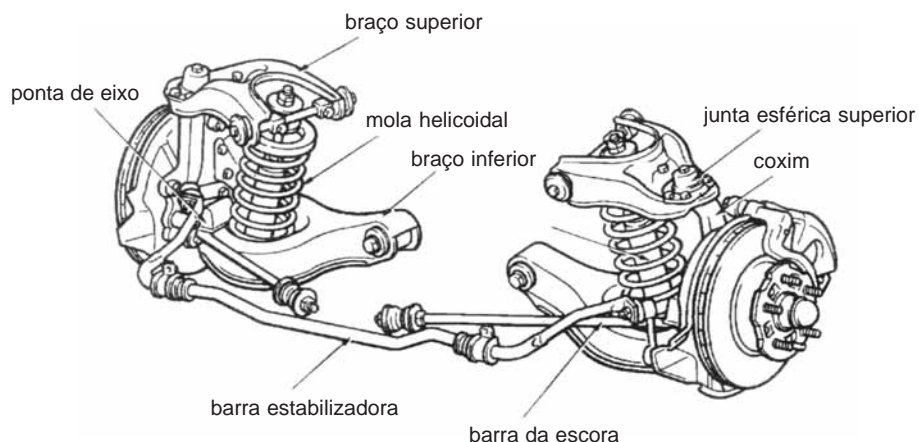


A extremidade superior é montada na carroceria do veículo por meio do amortecedor de borracha e rolamento. A finalidade deste conjunto é permitir a movimentação do amortecedor quando acionamos o sistema de direção.



## SUSPENSÃO INDEPENDENTE COM BRAÇOS OSCILANTES

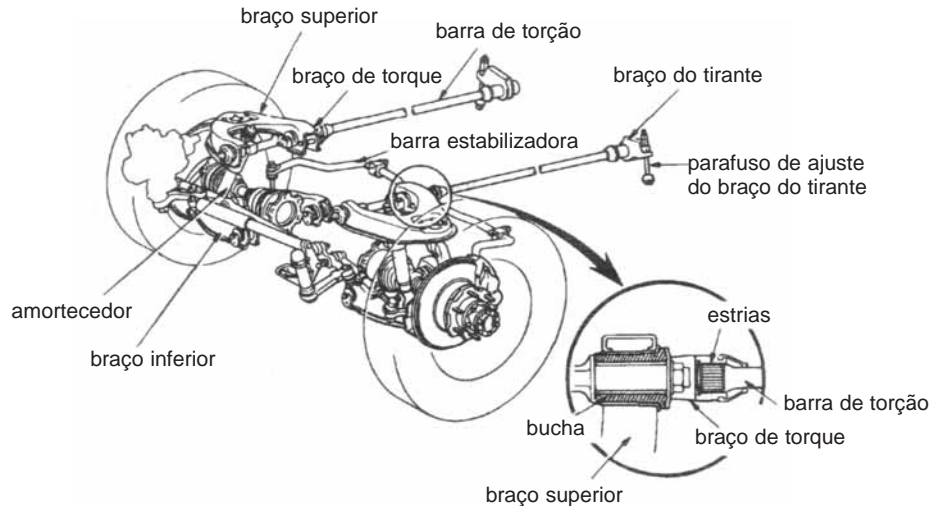
É utilizada em veículos médios. Esse tipo de suspensão pode oferecer uma boa sustentação de peso como bom conforto ao dirigir.



A roda é instalada por meio de um par de braços oscilantes. Uma extremidade do braço oscilante é fixada à carroceria por meio de buchas de borracha. A outra extremidade é fixada à ponta de eixo por meio do terminal de suspensão (pivô). Os amortecedores e molas são montados entre o braço oscilante inferior e a carroceria do veículo.

## SUSPENSÃO INDEPENDENTE COM BARRA DE TORÇÃO

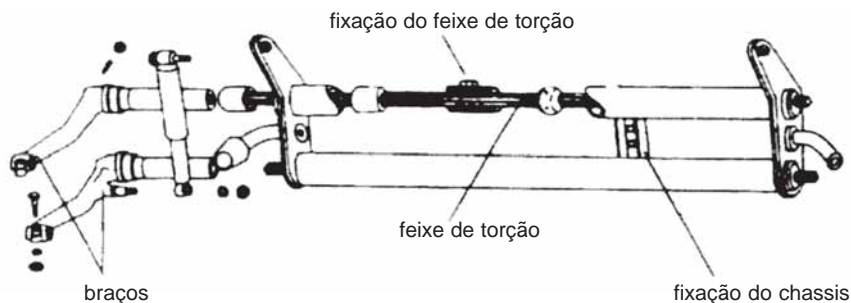
É utilizada em pequenos caminhões e caminhonetes. Sua construção é parecida com a suspensão de braços oscilantes mas no lugar da mola helicoidal é utilizada a barra de torção.



A barra de torção é fixada à carroceria em uma das suas extremidades, e a outra, em um dos braços oscilantes. Na extremidade fixada na carroceria, existe um parafuso de ajuste que torce a barra de torção que sustenta o peso do veículo.

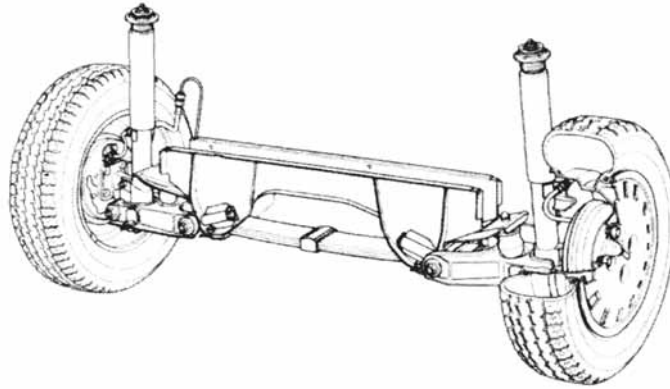
## SUSPENSÃO INDEPENDENTE COM FEIXE DE TORÇÃO

Esse tipo de suspensão 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 e, em seus extremos, está fixado os braços oscilantes que ao se moverem torcem o feixe.



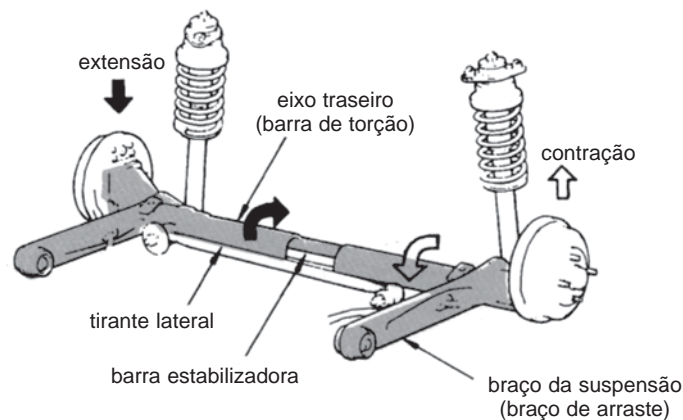
## SUSPENSÃO INDEPENDENTE COM FEIXE DE MOLAS

Esse feixe é montado transversalmente no veículo, preso à carroceria em seu ponto médio. Suas extremidades ficam livres não transmitindo o movimento de uma roda para outra.



## SUSPENSÃO SEMI-INDEPENDENTE

Utilizada na suspensão traseira de veículos de pequeno porte e de tração dianteira, onde existe um eixo de ligação entre as rodas que permanecem com movimentos independentes.



Quando as rodas se movimentam verticalmente em sentidos opostos, o movimento de torção é transformado em torção do eixo que gera força da reação oposta à torção ajudando as molas helicoidais a gerar rigidez à inclinação lateral.

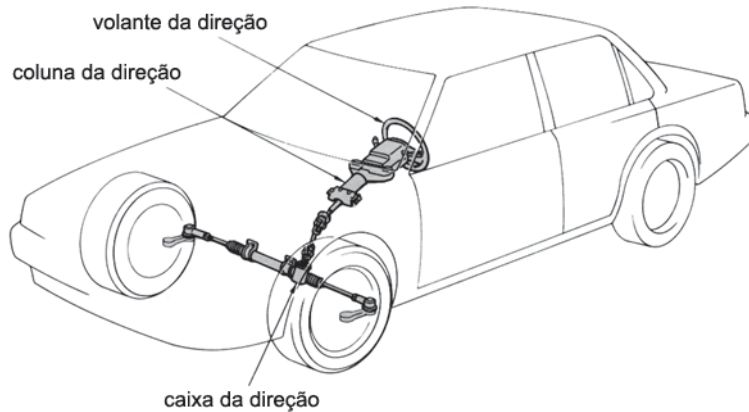
# SISTEMA DE DIREÇÃO

A finalidade do sistema de direção é permitir que o motorista controle a direção do veículo através do movimento das rodas dianteiras.

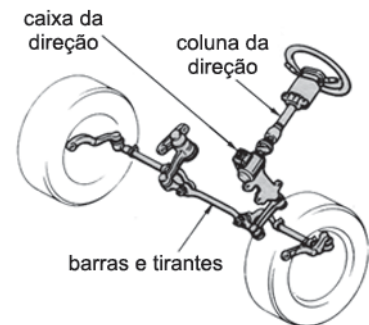
Isto é feito através do volante da direção, da coluna da direção, que transmite a rotação do volante da direção às engrenagens da caixa de direção, das engrenagens da caixa de direção que aumentam a força angular do volante da direção para transmitir mais torque à barra de direção, e da barra da direção que transmite o movimento da caixa da direção às rodas dianteiras.

A configuração do sistema de direção depende do projeto do veículo (sistemas de tração e suspensão usados, seja para comerciais ou para veículos de passageiros, etc). Atualmente são usados os tipos pinhão/cremalheira e esfera.

**DIREÇÃO TIPO PINHÃO-CREMALHEIRA**



**DIREÇÃO TIPO ROSCA SEM-FIM E SETOR**



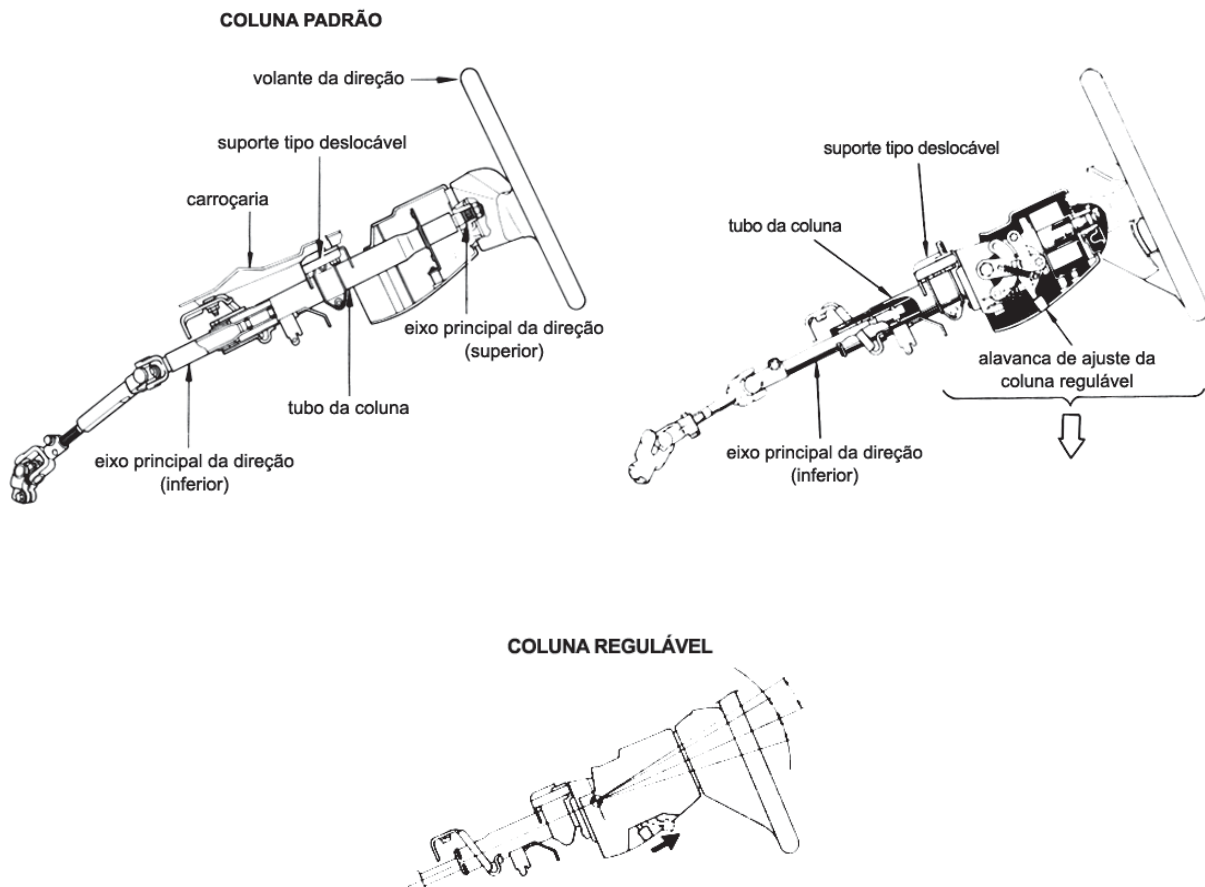
## COLUNA DE DIREÇÃO

A coluna de direção consiste de eixo principal da direção que transmite a rotação do volante da direção à caixa da direção, e do tubo da coluna que fixa o eixo principal à carroçaria. A extremidade superior do eixo principal da direção é cônica e estriado e a fixação do volante da direção é feita através de porca.

A coluna da direção incorpora um mecanismo de absorção de impacto que absorve a força que normalmente seria aplicada ao motorista em caso de colisão. A coluna da direção é fixada à carroçaria através de um suporte tipo deslocável que faz com que a coluna colapse facilmente nas colisões.

A extremidade inferior do eixo principal da direção é conectada à caixa da direção geralmente através da junta flexível ou junta universal para minimizar o impacto da pista transmitido da caixa ao volante da direção.

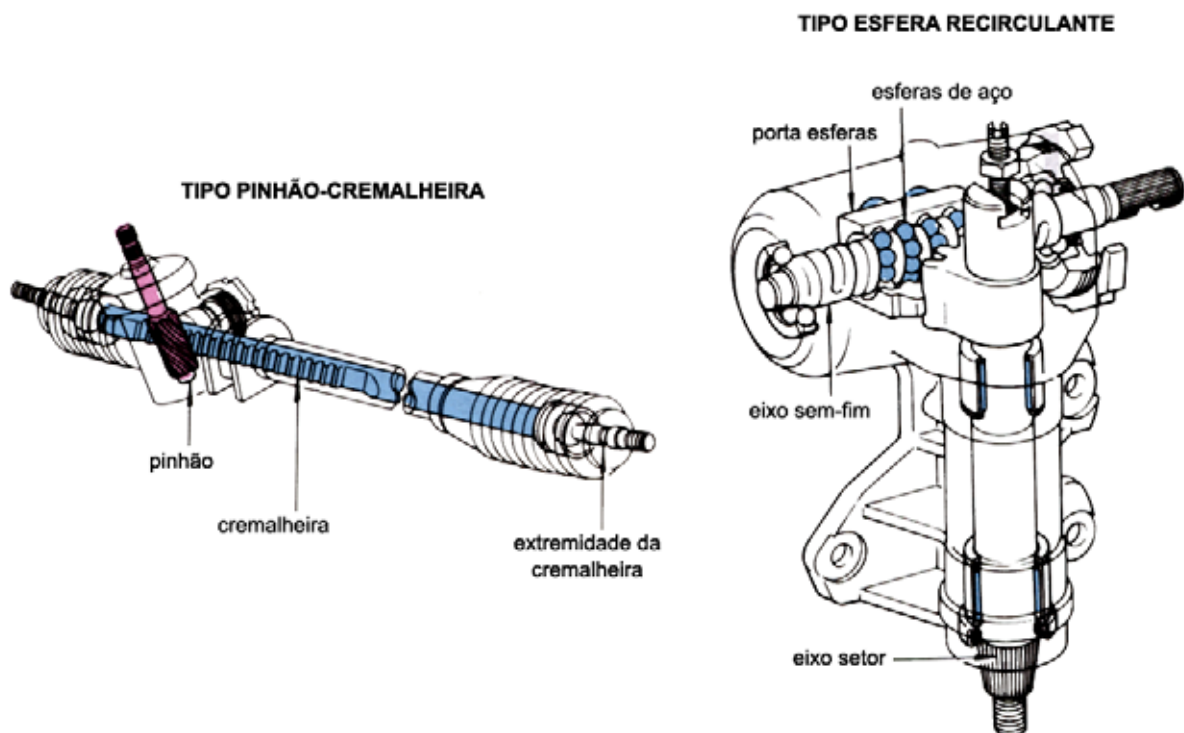
Além do mecanismo de absorção de impacto, o eixo principal da direção de alguns veículos, também pode conter vários sistemas de controle da direção: por exemplo, o mecanismo de trava da direção que trava totalmente o eixo principal; o mecanismo da direção regulável que permite o ajuste da posição vertical do volante da direção; o sistema de direção telescópica que permite alterar o comprimento do eixo da direção e melhorar o conforto do motorista, etc.



## CAIXA DA DIREÇÃO MECÂNICA

As engrenagens do conjunto da caixa da direção não somente esterçam as rodas dianteiras, como também atuam como engrenagens de redução, minimizando o esforço do volante da direção, aumentando o torque de saída. A relação de redução é chamada relação da caixa de direção e normalmente está entre 18 e 20:1. Relação maior faz reduzir o esforço da direção, mas torna necessário girar mais o volante da direção nas curvas.

Há vários tipos de sistemas de caixa da direção, mas o tipo pinhão-cremalheira e esfera recirculante (ou rosca sem-fim) são atualmente os mais usados nos veículos.



O primeiro tipo geralmente é instalado em veículos de passageiros e comerciais de pequeno e médio portes e o segundo tipo em veículos de passageiros e comerciais de médio e grande portes.

### RELAÇÃO DA CAIXA DA DIREÇÃO

Para o tipo esfera recirculante, a relação da caixa da direção é obtida dividindo-se o deslocamento do volante da direção pelo movimento do braço pitman.

$$\frac{\text{Deslocamento do volante da direção (em graus)}}{\text{Movimento do braço pitman (em graus)}}$$

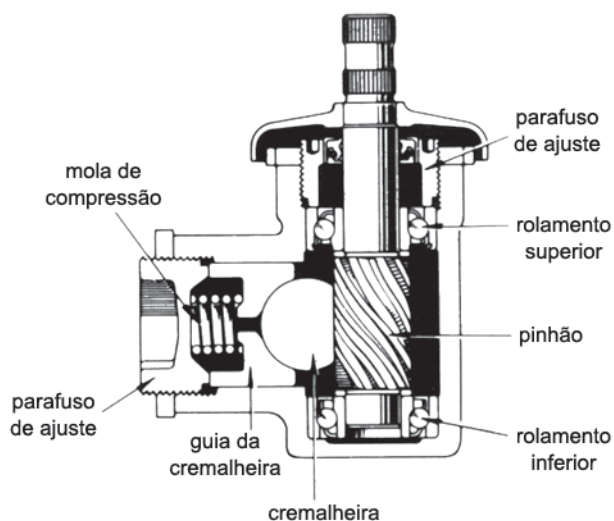
Para o tipo pinhão-cremalheira, a relação é obtida dividindo-se o deslocamento do volante da direção pelo ângulo de direção da roda dianteira.

$$\frac{\text{Deslocamento do volante da direção (em graus)}}{\text{Ângulo de direção da roda dianteira (em graus)}}$$

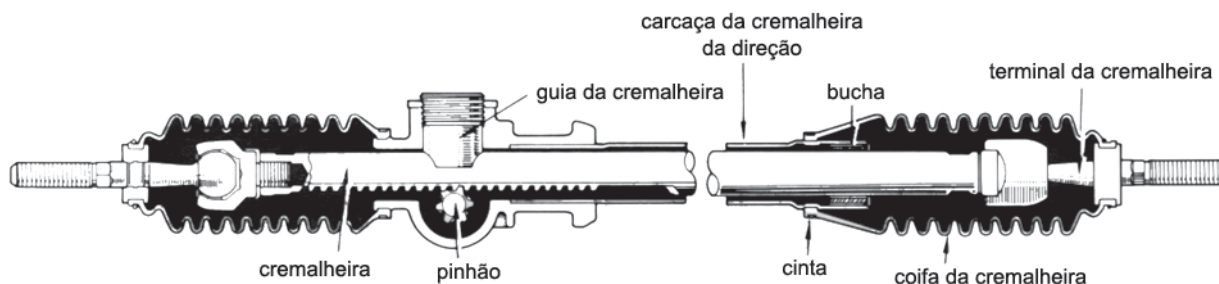
## TIPOS DE DIREÇÃO

### TIPO PINHÃO-CREMALEIRA

O pinhão da direção na extremidade inferior do eixo principal da direção acopla com a cremalheira. Quando o volante da direção é esterçado, o pinhão da direção gira para movimentar a cremalheira para a direita ou para a esquerda.



O movimento da cremalheira é transmitido à ponta de eixo através de barras e terminais da direção.

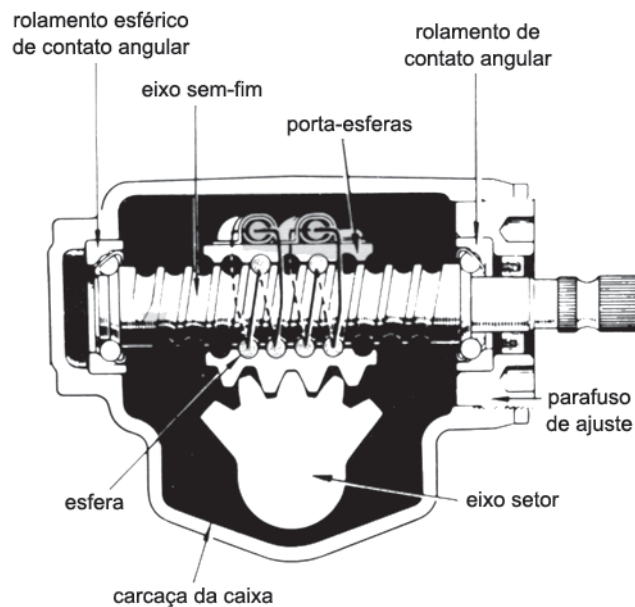


A caixa da direção tipo pinhão-cremalheira apresenta as seguintes vantagens:

- Construção compacta, simples e leve. Uma vez que a caixa é pequena, e a própria cremalheira atua como barra de direção, não são necessárias as hastes de ligação usadas no tipo esfera recirculante.
- O acoplamento de engrenagens é direto, assim a resposta da direção é imediata.
- Há pouco movimento de engrenamento e resistência angular, e há melhor transmissão de torque, portanto a direção é muito leve.
- O conjunto da caixa da direção é totalmente selado e não requer manutenção.

### TIPO ESFERA RECIRCULANTE OU ROSCA SEM-FIM

As duas extremidades do eixo sem-fim são acopladas pelos rolamentos de contato angular. Uma esfera “caminha” no sem-fim que é preenchido por muitas esferas. As esferas rolam nestas canaletas projetadas conforme a figura, o que permite uma contínua recirculação das esferas.



O eixo setor está instalado na carcaça da caixa, através de rolamentos de agulhas. O setor acopla com os dentes do porta-esferas, e à medida em que o sem-fim gira, o porta-esferas movimenta-se. Este movimento faz girar o eixo setor e acionar o braço pitman.

A direção tipo esfera recirculante apresenta pouca resistência de engrenamento, pois o atrito entre o sem-fim e o setor é muito pequeno devido às esferas.

## BARRA DA DIREÇÃO

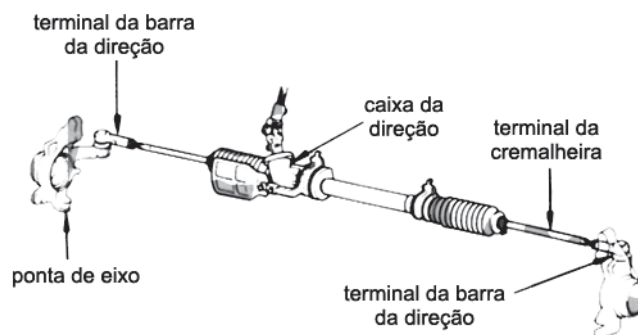
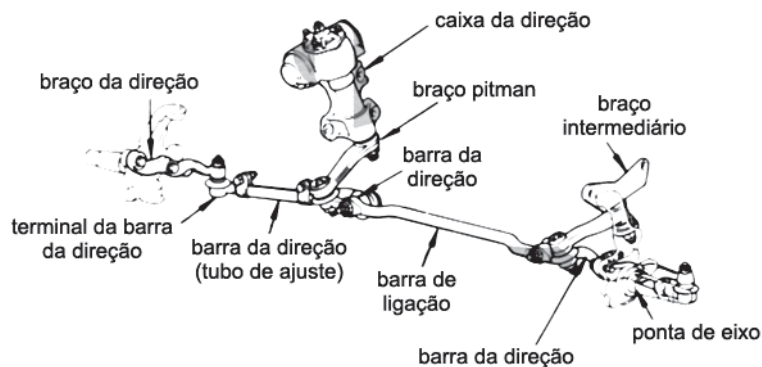
A barra da direção é a combinação das hastes e braços que transmitem o movimento da caixa da direção para as rodas dianteiras esquerda e direita.

A barra da direção deve transmitir com precisão o esterçamento do volante da direção às rodas, com o veículo em movimento. Há vários tipos de barras projetadas para esse fim. A adequabilidade do projeto afeta decisivamente a estabilidade da direção.

### TIPOS DE BARRAS

#### • BARRA DA DIREÇÃO PARA SUSPENSÃO DIANTEIRA INDEPENDENTE

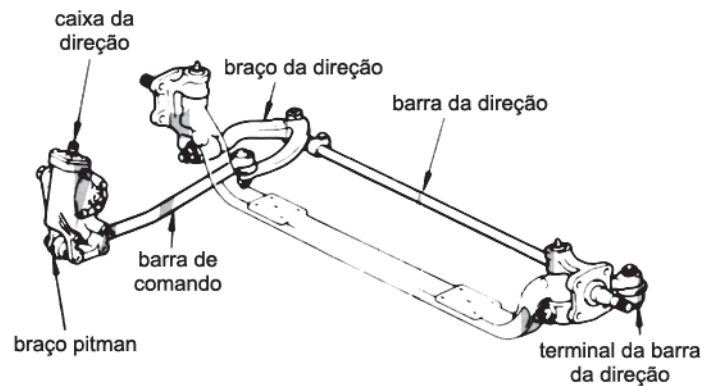
Como as rodas dianteiras direita e esquerda têm movimento independente, há variação na distância entre os braços da direção. Isto significa que, se uma barra de direção for usada na ligação das duas rodas, a convergência não se manterá correta quando as rodas movimentarem no sentido para cima e para baixo. A barra da direção para suspensão independente requer duas barras de direção. Estas são conectadas por uma barra de ligação (a cremalheira atua como barra de ligação no tipo pinhão-cremalheira). Existe um tubo de ajuste de convergência entre a barra de direção e o terminal da barra da direção.



- **BARRA DA DIREÇÃO PARA A SUSPENSÃO TIPO EIXO RÍGIDO**

A barra da direção para a suspensão tipo eixo rígido consiste de braço pitman, barra de comando, braços da direção, barra de direção e terminal da barra da direção. Na barra da direção tipo rígido, o movimento da carroçaria do veículo não causa alteração na distância entre as rodas direita e esquerda, portanto os braços direito e esquerdo podem ser ligados por uma haste.

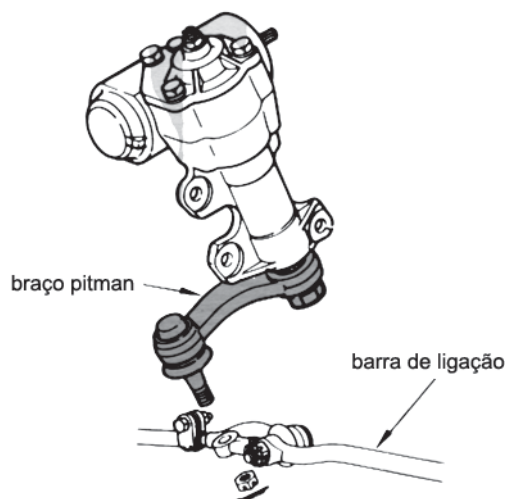
Uma vez que a caixa da direção é fixa ao chassi, a barra de comando que a conecta ao braço da direção possui uma junta esférica em cada extremidade. Esta junta permite que a barra acompanhe os movimentos das molas (tipo feixe) da suspensão.



## COMPONENTES DA BARRA

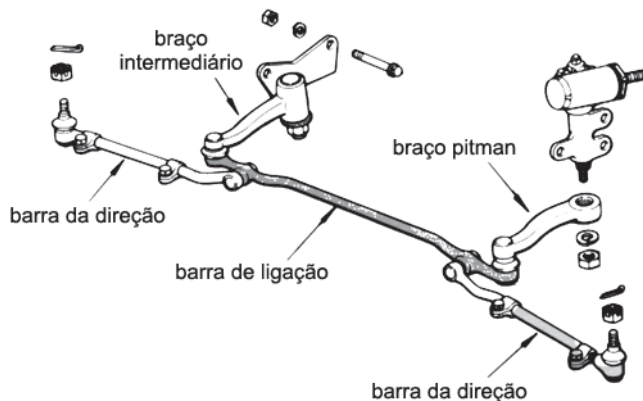
- **BRAÇO PITMAN**

O braço pitman transmite o esterçamento da direção à barra de ligação ou barra de comando. A extremidade maior do braço é ligada ao eixo setor da caixa da direção por conexão cônica e fixada por porca. A extremidade menor é conectada à barra de ligação ou barra de comando através de junta esférica.



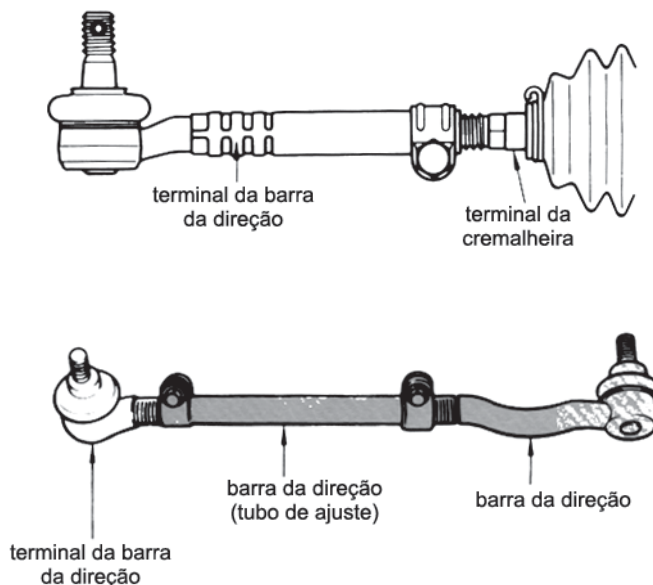
### • BARRA DE LIGAÇÃO

A barra de ligação é conectada ao braço pitman e à barra da direção direita e esquerda. A barra de ligação transmite à barra da direção os movimentos do braço pitman e também está conectada ao braço intermediário.



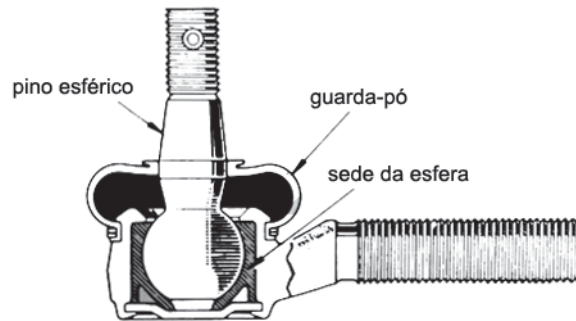
### • BARRA DE DIREÇÃO

O terminal da barra de direção é parafusado à extremidade da cremalheira do sistema de direção tipo pinhão-cremalheira, ou no tubo de ajuste da direção tipo esfera recirculante, e a distância entre as juntas pode ser ajustada.

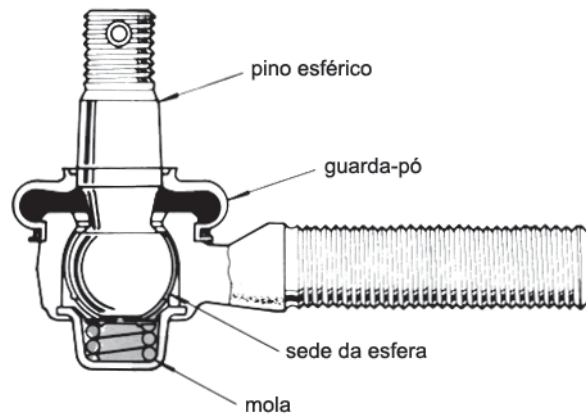


### • TERMINAL DA BARRA DA DIREÇÃO

Os terminais da barra da direção são montados nas extremidades da barra da direção para conectar os braços da direção às barras da direção, barras de ligação, etc. Os terminais das barras da direção formam uma junta esférica conforme figura a seguir.

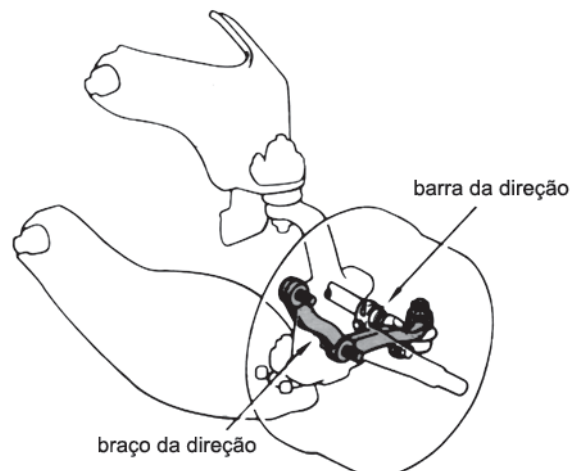


Uma vez que os terminais da barra da direção usados nos veículos de passageiros normalmente não requerem lubrificação, o material usado na sede da esfera deve ser resistente a desgaste, a vedação da coifa deve ser melhor do que o tipo padrão e a graxa usada deve ser do tipo não desgastante. Um terminal de direção que incorpora uma mola compensador de pré-carga e desgaste, também é usado.



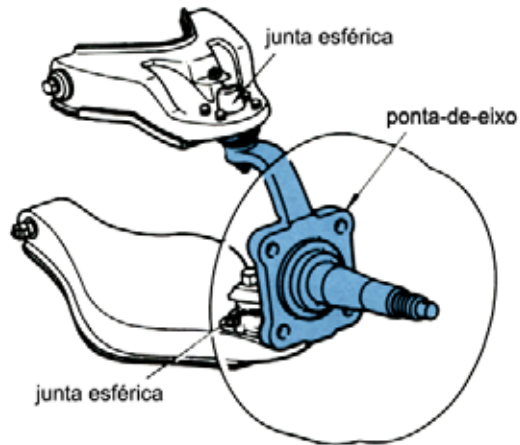
#### • BRAÇOS DA DIREÇÃO

Os braços da direção transmitem o movimento das barras de direção ou barra de comando às rodas dianteiras através da ponta-de-eixo.

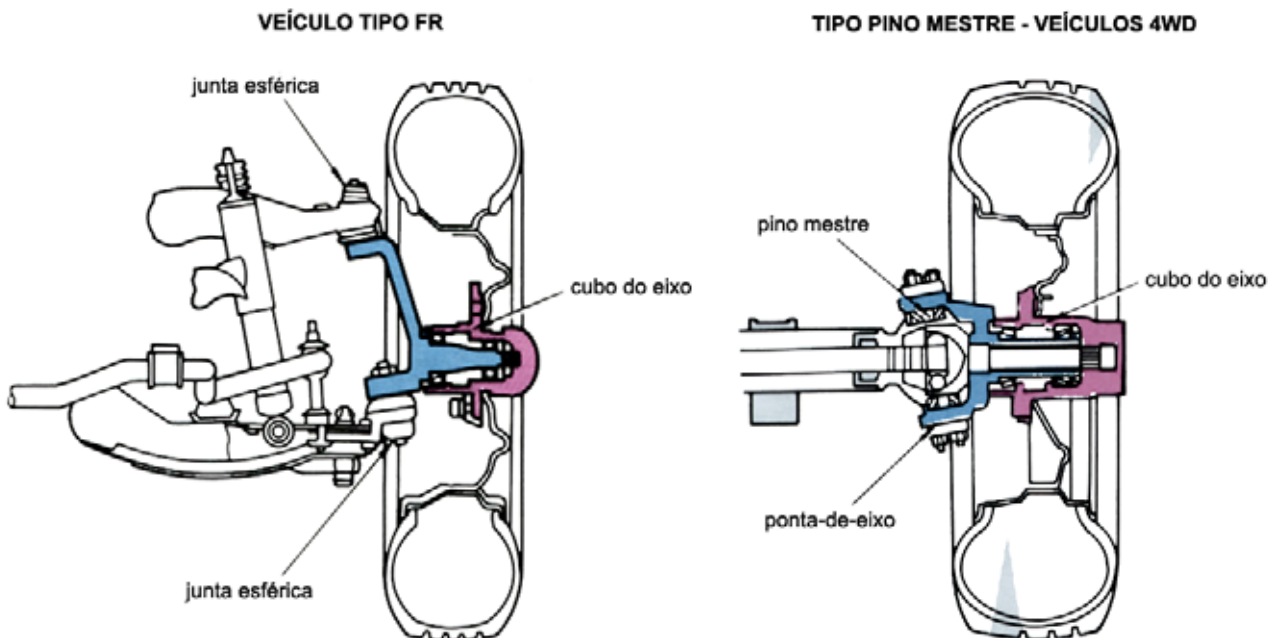


- **PONTA-DE-EIXO**

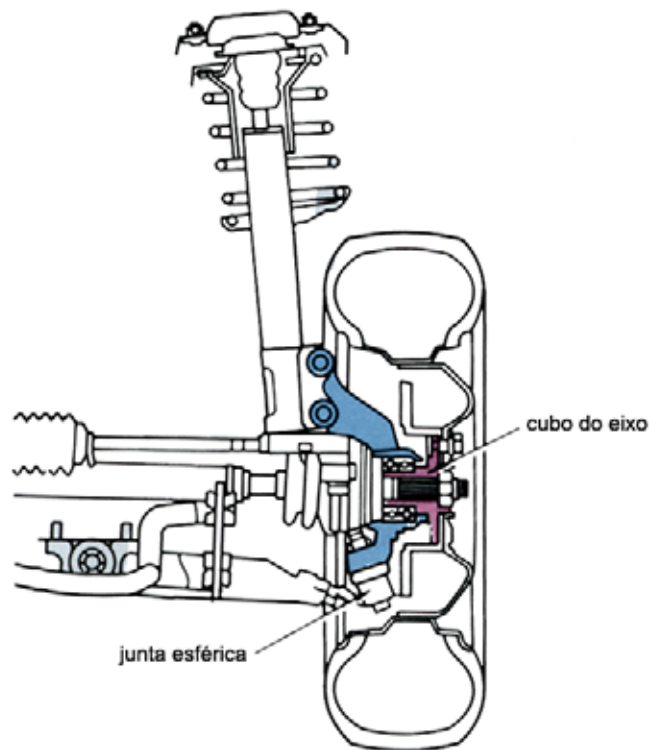
As pontas de eixo suportam a carga aplicada às rodas dianteiras e também funcionam como eixo de rotação das rodas. As pontas-de-eixo giram ao redor das juntas esféricas ou pinos mestres dos braços da suspensão, para fazer esterçar as rodas dianteiras.



A construção da ponta-de-eixo e cubo do eixo difere conforme a tração do veículo nas rodas dianteiras, tração nas rodas traseiras ou tração nas quatro rodas.

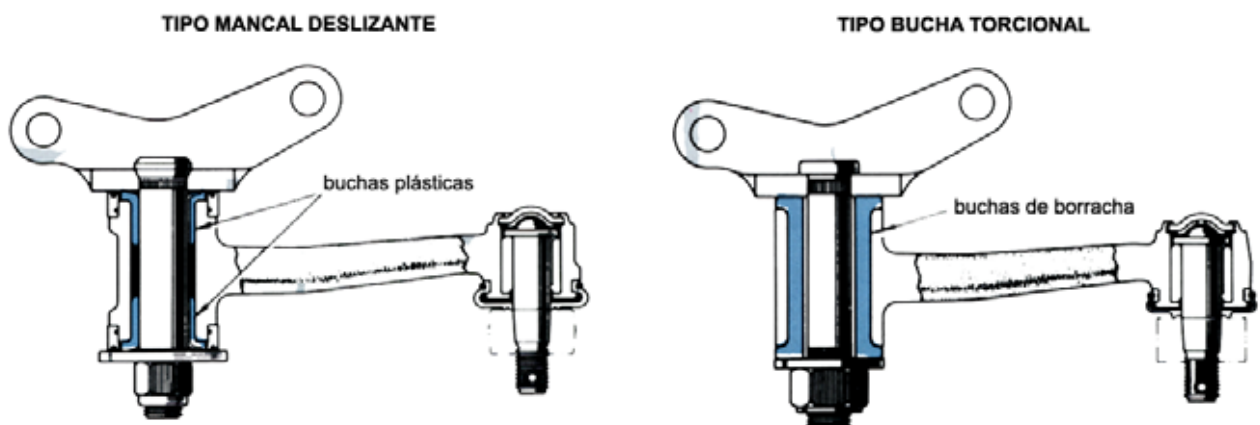


**VEÍCULO TIPO FF/FR  
(TIPO ROLAMENTO ESFÉRICO ANGULAR)**



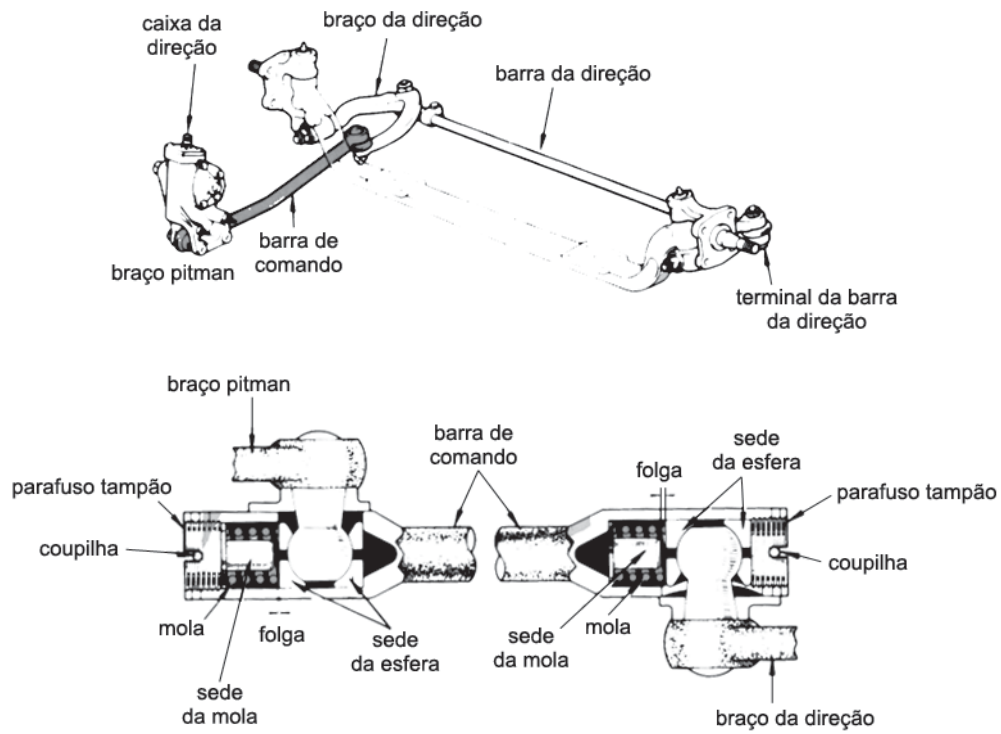
• **BRAÇO INTERMEDIÁRIO**

O pivô do braço intermediário está instalado na carroçaria, e a outra extremidade está conectada à barra de ligação através de uma junta articulada. Este braço apóia uma extremidade da haste de ligação e restringe o movimento da barra na faixa especificada. O mancal do braço intermediário é do tipo torcional ou deslizante. O braço intermediário tipo mancal torcional possui uma bucha de borracha entre o eixo e o suporte, para facilitar o retorno do volante da direção. Atualmente, o braço intermediário tipo mancal deslizante é o mais usado, pois apresenta pouco atrito nos movimentos angulares.



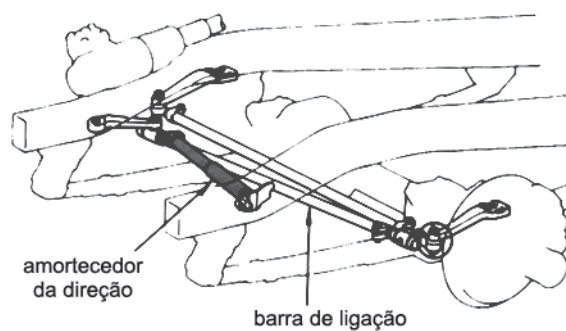
### • BARRA DE COMANDO

A barra de comando conecta o braço pitman ao braço da direção, e transmite os movimentos pitman para a frente e para trás, para a direita e para a esquerda do braço pitman.



### • AMORTECEDOR DA DIREÇÃO

O amortecedor da direção também está posicionado entre a barra da direção e o chassi, para absorver o impacto e vibração das rodas ao volante da direção.

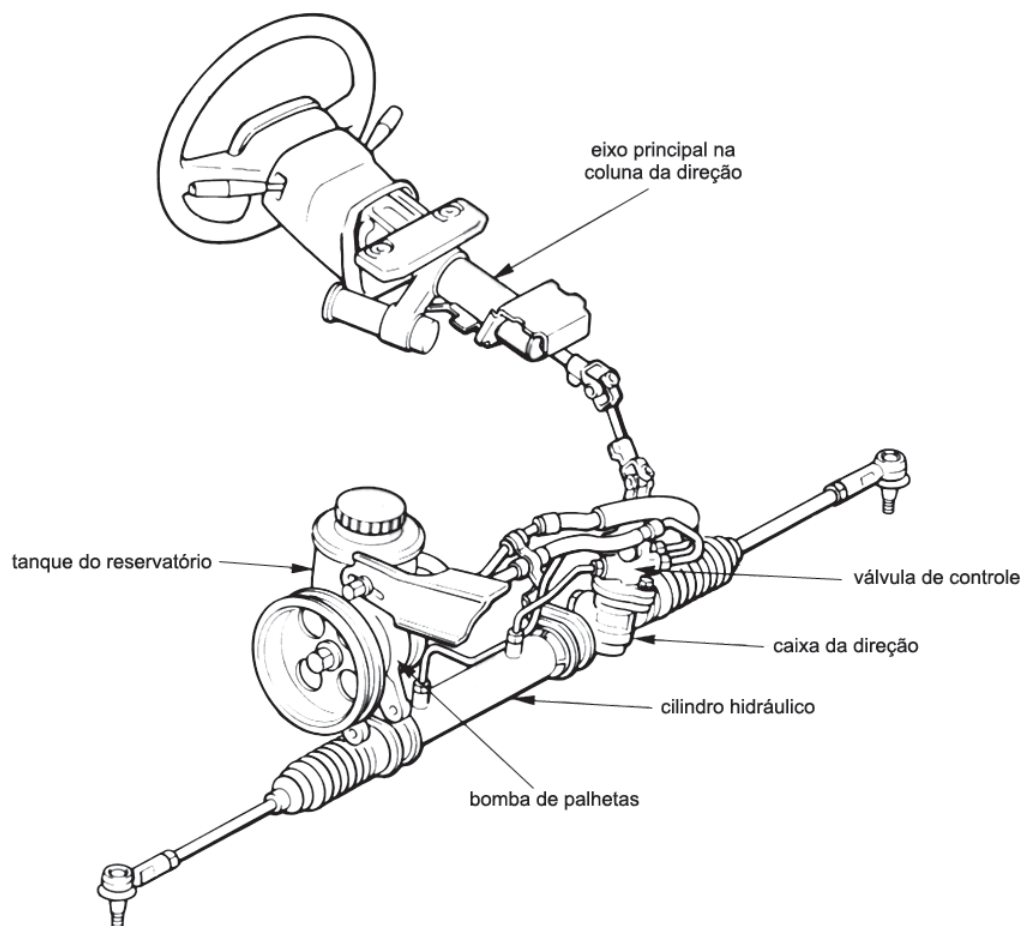


## DIREÇÃO HIDRÁULICA

### VANTAGENS DA DIREÇÃO HIDRÁULICA

Para melhorar a dirigibilidade, a maioria dos veículos modernos está equipada com pneus largos, de baixa pressão, com maior área de contato pneu-pista, e conseqüentemente maior esforço de esterçamento.

O esforço de esterçamento pode ser reduzido aumentando-se a relação de engrenamento da caixa da direção. Entretanto, isto causa maior movimento angular do volante da direção nas curvas, impossibilitando esterçamentos rápidos.



Portanto, a fim de manter pequeno o esforço e ao mesmo tempo obter uma direção ágil, é preciso um dispositivo auxiliar. Em outras palavras, a direção hidráulica, que usada principalmente em veículos de grande porte, atualmente está sendo usada também em veículos compactos.

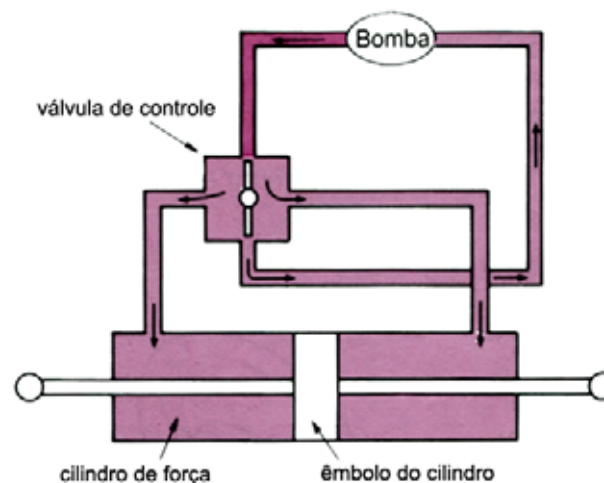
Há vários tipos de sistemas de direção hidráulica, nesta apostila descrevemos o tipo pinhão-cremalheira usado principalmente nos veículos compactos.

## PRINCÍPIOS DA DIREÇÃO HIDRÁULICA

A direção hidráulica possui dois tipos de dispositivos para o esforço de esterçamento. Um deles é o dispositivo hidráulico que utiliza potência do motor e o outro é o motor elétrico. Para o primeiro tipo, o motor é usado para acionar uma bomba, e para o segundo, a bomba é acionada por um motor elétrico independente, instalado no compartimento do motor. Ambos desenvolvem pressão de fluido e esta pressão atua sobre o êmbolo interno do cilindro de modo que o pinhão auxilia no esforço da cremalheira. A variação desta força auxiliar depende do valor da pressão sobre o êmbolo. Portanto, se for necessário maior esforço para o esterçamento, deverá haver um aumento da pressão. A variação da pressão do fluido é obtida pela válvula de controle que é conectada ao eixo principal da direção.

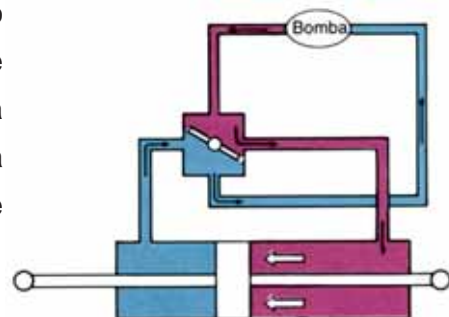
### • POSIÇÃO NEUTRA (RODAS VOLTADAS PARA FRENTE)

A fluído da bomba é enviado à válvula de controle. Se a válvula de controle estiver em posição neutra, todo fluído será dirigido à passagem de alívio e retornará à bomba. Neste ponto, quase nenhuma pressão será gerada e uma vez que a pressão no êmbolo do cilindro é igual em ambos os lados, o êmbolo não terá movimento.



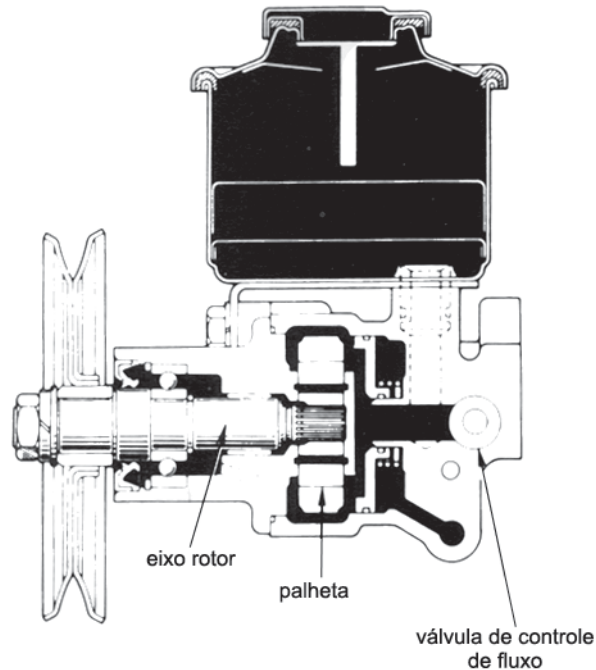
### • NAS CURVAS

Quando o eixo principal da direção gira em qualquer sentido, a válvula de controle também move, fazendo fechar uma das passagens de fluído. A outra passagem abre, fazendo alterar o volume do fluxo do fluído e ao mesmo tempo gerando pressão. Conseqüentemente, haverá diferença de pressão nos dois lados do êmbolo; o êmbolo moverá na direção da pressão mais baixa, e o fluído que passa naquele cilindro retorna à bomba através da válvula de controle.



## BOMBA DE PALHETAS

A direção hidráulica é um dispositivo hidráulico que exige pressão muito alta e esta pressão é gerada pela bomba de palhetas. A designação desse nome é devido ao uso de palhetas na bomba.



Os principais componentes da bomba de palhetas são:

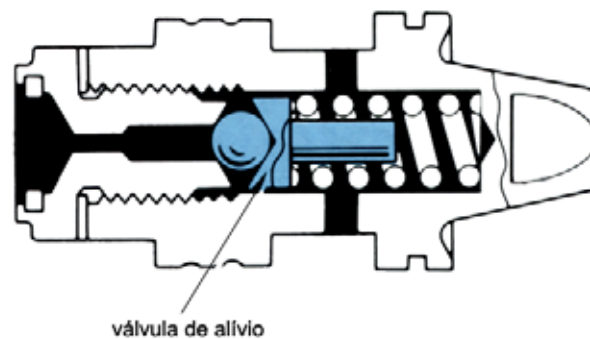
- **Tanque do reservatório** - o tanque contém fluido da direção hidráulica. O tanque é instalado diretamente no corpo da bomba ou separadamente. Se não estiver instalado no corpo da bomba, o tanque é conectado a ele através de duas mangueiras.

Normalmente, a tampa do tanque possui um medidor de nível de fluido. Se o nível do fluido estiver abaixo de um determinado valor, haverá entrada de ar na bomba, o que causará operação incorreta.

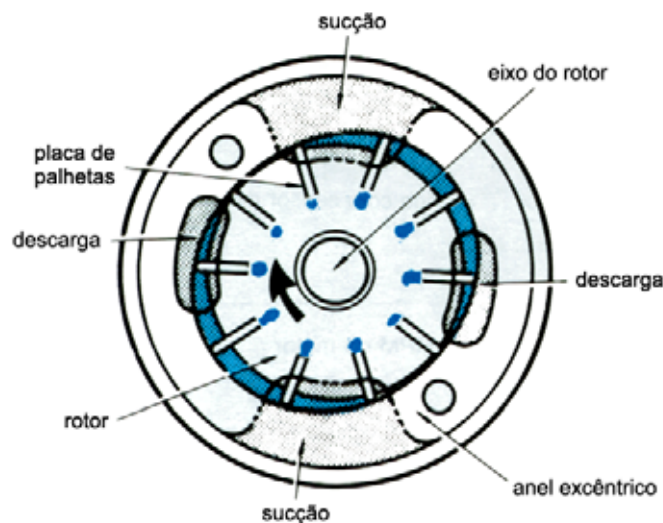
- **Corpo da Bomba** - a bomba é acionada pela polia da árvore de manivelas do motor e correia ou motor elétrico, e transmite fluido sob pressão à caixa da direção. O volume de descarga da bomba é proporcional à rpm do motor, a quantidade de fluido enviada à caixa da direção é regulada pela válvula de controle de fluxo, e o excesso de fluido retorna ao lado de sucção.

- **Válvula de controle de fluxo** - a válvula de controle de fluxo regula o volume do fluido, da bomba à caixa da direção, mantendo constante o fluxo, independentemente da rpm da bomba. Entretanto, muitas bombas de direção hidráulica modernas usam um carretel de controle junto com a válvula, para que o volume do fluido seja diminuído quando a bomba atingir determinada rotação. Isto é chamado direção hidráulica tipo com sensor de rpm, na qual, mesmo em altas velocidades, obtém-se uma força adequada para o volante da direção.

Os dois tipos de bombas possuem uma válvula de alívio montada no interior da válvula de controle de fluxo; esta válvula controla a pressão do fluido. A pressão máxima do fluido ocorre quando o volante da direção gira totalmente para a direita ou para a esquerda e a válvula de controle da direção hidráulica fecha totalmente a passagem de retorno.

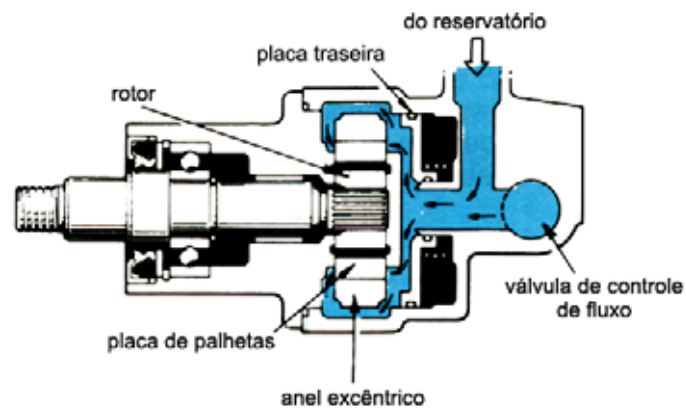


O rotor gira no interior do anel do excêntrico que é fixo à carcaça da bomba. O rotor possui sulcos nos quais as palhetas são encaixadas. A superfície externa do rotor é circular e a superfície interna do anel excêntrico é oval, portanto existe folga entre o rotor e o anel excêntrico. As palhetas que estão fora dessa folga formam a câmara de fluido.

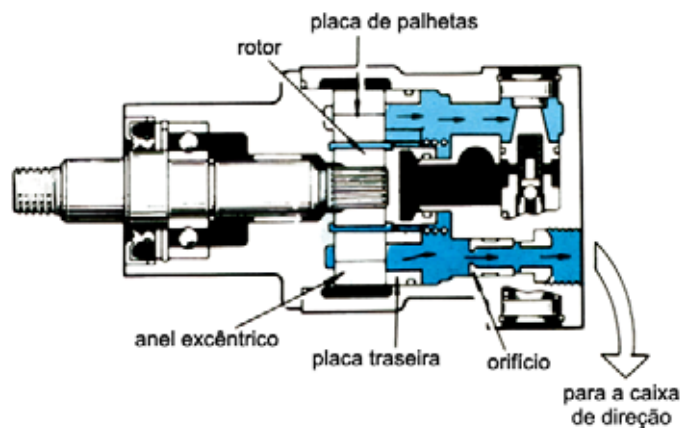


A placa de palhetas é mantida em contato com a superfície interna do anel excêntrico pela força centrífuga e pressão do fluido contra a parte posterior da palheta formando uma vedação, de modo que, quando a bomba produz pressão do fluido, não haja vazamento de pressão entre a placa e o anel excêntrico.

A capacidade da câmara de fluido aumenta ou diminui com o movimento do rotor ao operar a bomba. Em outras palavras, a capacidade da câmara do fluido aumenta na abertura de sucção, portanto o fluido do reservatório é drenado para a câmara de fluido através da abertura de sucção.



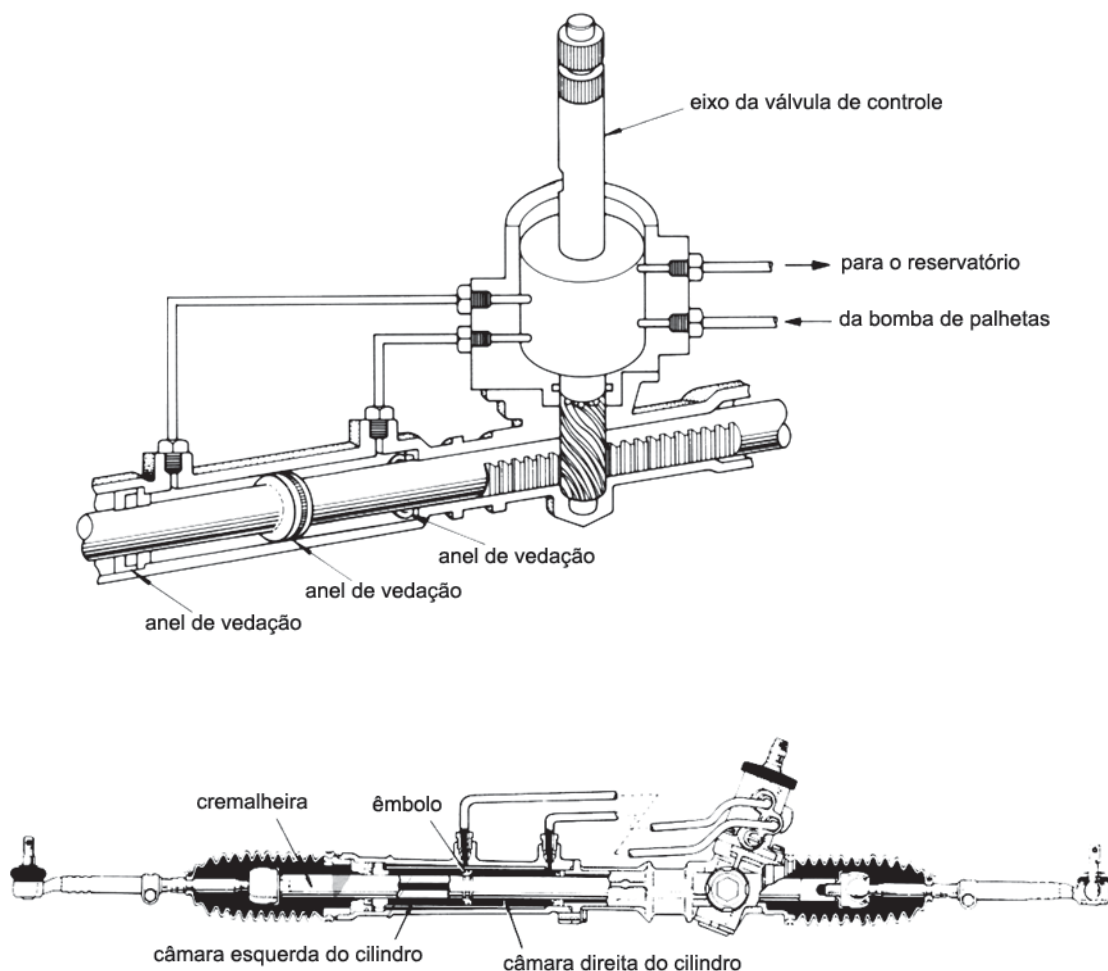
O volume da câmara de fluido diminui no lado de descarga, e quando atinge o valor zero, o fluido previamente drenado para a câmara é eliminado pela abertura de descarga. Assim, o fluido é drenado e descarregado duas vezes a cada revolução do rotor.



## CAIXA DA DIREÇÃO HIDRÁULICA

O êmbolo do cilindro hidráulico está posicionado na cremalheira que move devido ao fluido pressurizado pela bomba de palhetas, atuando sobre o êmbolo em qualquer direção. O vazamento de pressão de fluido é evitado pelo anel de vedação do êmbolo. Também há um vedador de óleo nos dois lados do cilindro que impede vazamentos externos de fluido.

O eixo da válvula de controle é conectada ao volante da direção. Quando o volante da direção está na posição neutra (rodas voltadas para a frente), a válvula de controle também está na posição neutra, portanto o fluido da bomba não atua nas câmaras, mas retorna ao tanque. Entretanto, quando o volante da direção é esterçado em qualquer direção, a válvula de controle altera a passagem fazendo o fluido fluir para uma das câmaras. O fluido da câmara oposta é forçado para fora e retorna ao tanque através da válvula de controle.



Atualmente há três tipos diferentes de válvulas de controle que executam esta mudança de passagem: a válvula carretel, a válvula rotativa e a válvula de registro. Em todos os tipos há uma barra de torção entre o eixo e o pinhão da válvula; e a válvula de controle funciona conforme a torção aplicada à barra.

Se não houver fluido ou pressão do fluido, e a barra for torcida até certo ponto, o batente do eixo da válvula de controle girará o pinhão diretamente e moverá a cremalheira. Em outras palavras, a mesma magnitude de torque no volante de uma direção mecânica será transmitida ao pinhão através do eixo da válvula de controle.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

TOYOTA. *Sistema de Direção - Manual de Treinamento.*

TOYOTA. *Sistema de Suspensão - Manual de Treinamento.*

SABÓ, RETENTORES. *Catálogo de especificação de retentor.*

SENAI-SP. *Suspensão Veicular Básico - Apostila Técnica.* São Paulo, 154p.

**FIESP**  
**SESI**  
**SENAI**  
**IRS**

**Sistema**  
**FIESP**