



FORMAÇÃO CONTINUADA

Mecânica
Veículos Leves
Direção Hidráulica

MECÂNICA DE VEÍCULOS LEVES

DIREÇÃO HIDRÁULICA

2007

© 2007. SENAI-SP

Direção Hidráulica

Publicação organizada e editorada pela Escola SENAI "Conde José Vicente de Azevedo".

Coordenação geral	Newton Luders Marchi
Coordenação do projeto	Márcio Vieira Marinho
Organização de conteúdo	Vander da Silva Souza Ulisses Miguel
Editoração	Teresa Cristina Maíno 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 (011) 6166-1988

Telefax (011) 6160-0219

E-mail senaiautomobilistica@sp.senai.br

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

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	5
CONCEITOS	7
HISTÓRIA DA DIREÇÃO HIDRÁULICA	9
PROPOSTAS DA DIREÇÃO HIDRÁULICA	10
TEORIA HIDRÁULICA	11
FLUIDO HIDRÁULICO	12
• Características típicas do fluido para direções hidráulicas	12
COMPONENTES DO SISTEMA DE DIREÇÃO	13
• Reservatório de óleo	13
• Mangueira de alimentação (ou sucção)	13
• Mangueira de pressão	13
• Bomba hidráulica	14
• Cooler (trocador de calor)	14
• Mecanismo de direção hidráulica	14
• Mangueira de retorno	15
BOMBA HIDRÁULICA	16
• Geração de vazão	17
• Controle de vazão	18
• Controle de pressão	20
• Características básicas das bombas hidráulicas	21
MECANISMO DE DIREÇÃO HIDRÁULICA	22
• Pinhões e cremalheira	22
• Integral de esferas recirculantes	23
FUNIONAMENTO DA DIREÇÃO HIDRÁULICA COM PINHÃO E CREMALHEIRA	24
• Desempenho de retorno da direção após uma curva	26

DIREÇÃO ELETRO-HIDRÁULICA	29
• Funcionamento	30
• Sensor de Velocidade Angular	30
• Luz de Controle da Direção Eletro-Hidráulica	31
• Conjunto Bomba Hidráulica	32
• Unidade de Comando de Direção	33
• Eliminação de Ar no Sistema Hidráulico	36
DIREÇÃO ELÉTRICA	36
• Vantagens da Direção Elétrica	36
• Princípio de Funcionamento	37
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39

INTRODUÇÃO

Desde o início, os veículos automotores passaram por várias modificações, sempre visando melhorias em relação à segurança e conforto para os motoristas e passageiros que os utilizam em diversas condições.

Essas modificações vão desde pneus, que garantem uma boa aderência em solos molhados ou secos, até bancos mais anatômicos que possibilitam ao condutor dirigir por horas sem se cansar, evitando com isso acidentes provocados por falhas humanas e garantindo um maior conforto para os seus passageiros.

Um dos sistemas que com o passar dos anos também sofreu alterações foi o sistema de direção. Esse sistema é um dos mais importantes encontrado no veículo, pois é ele que confere o direcionamento do veículo em manobras, em tráfego de linha reta ou curva, tanto em baixa como em alta velocidade, sem oferecer desgaste prematuro dos pneus e componentes da suspensão.

Uma modificação que o sistema recebeu foi a adoção de um sistema hidráulico que auxilia o funcionamento do sistema mecânico. Esse sistema hidráulico atualmente está sendo substituído por sistemas eletro-hidráulico ou elétrico.

Na década de 40, durante a segunda guerra mundial surgiram os primeiros sistemas de direção com assistência hidráulica. A princípio, os veículos militares cuja movimentação era feita através de esteiras, possuíam um sistema de direção que acionado por alavancas e pedais fazia a frenagem e até mesmo o desligamento de um dos eixos de tração para que se pudesse realizar manobras. Com isso, o esforço realizado pelos condutores nesses veículos para manobrar era muito grande, para isso foram adotados dispositivos hidráulicos que possibilitavam a redução de esforços nas alavancas e pedais do sistema de direção desses veículos.

Com o aperfeiçoamento desse sistema, na década de 50 a indústria automobilística tomou a iniciativa de transferir tal tecnologia para os veículos de passeio, nascendo assim o sistema de direção servo-assistida hidráulicamente – HPS (Hydraulic Power Steering). Com isso, esse trabalho tem por objetivo mostrar o princípio de funcionamento, componentes e as evoluções do sistema até os dias atuais.

CONCEITOS

Antes de falarmos sobre a direção hidráulica, vamos comentar sobre as evoluções do sistema de direção e geometria de direção para podermos entender melhor sobre a necessidade de assistência hidráulica nesse conjunto.

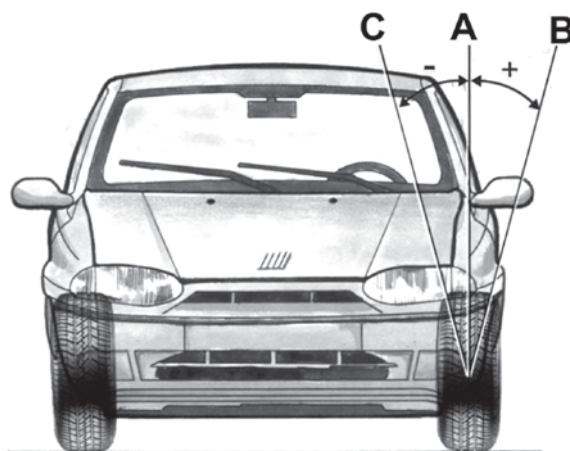
Como os primeiros veículos eram na realidade uma adaptação de motores em carroças, o sistema de direção era realizado através de um conjunto de alavancas que possibilitava a movimentação das rodas dianteiras.

Com o passar do tempo, o peso e a velocidade final dos veículos aumentaram, tornando necessário que a direção ficasse mais precisa e conseqüentemente mais leve. Para isso, o sistema de direção conta com relações de redução elevadas entre as engrenagens de acoplamento para facilitar as manobras em velocidades baixas, mas isto aumenta muito o ângulo de giro do volante e dificulta o controle do veículo em velocidades mais altas.

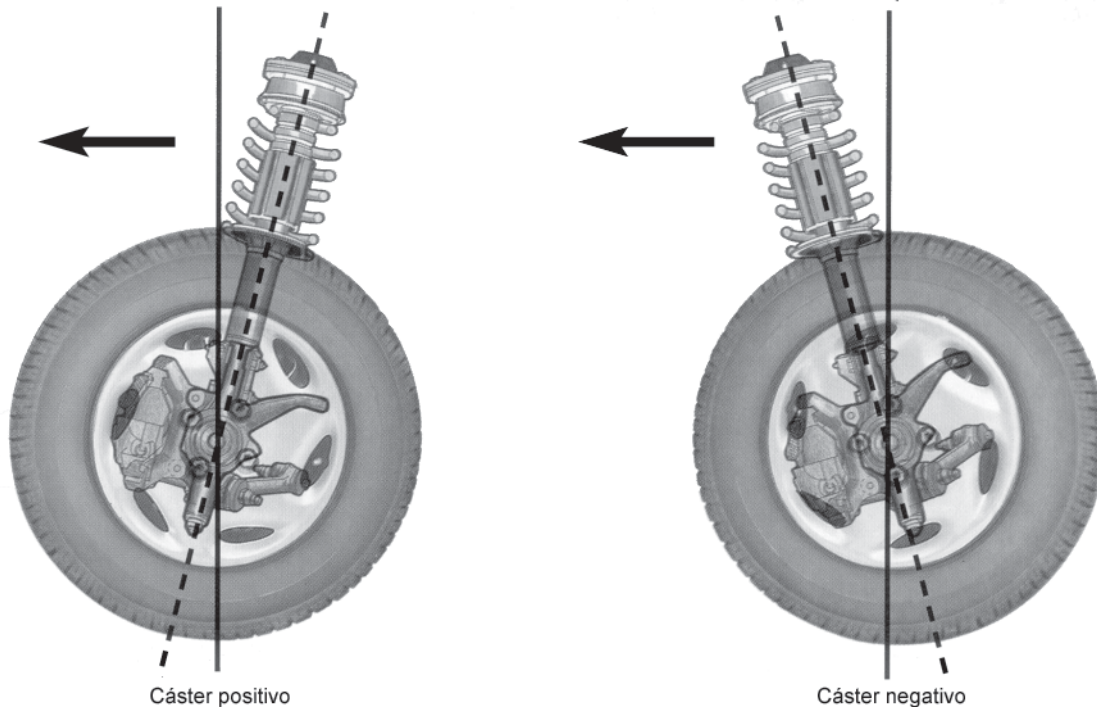
Além dessas relações de engrenagens, os ângulos da geometria de direção garantem um posicionamento correto das rodas. Esse posicionamento facilita as manobras em baixas velocidades, garante uma boa estabilidade em altas velocidades, evita o desgaste prematuro dos pneus e o consumo elevado de combustível.

A geometria de direção é constituída dos seguintes indicadores:

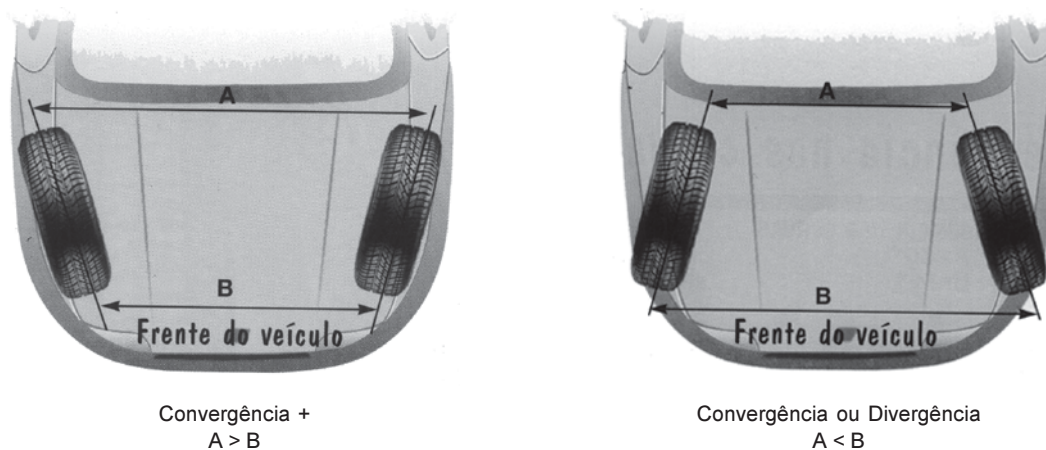
- **Câmbor** - termo em inglês que indica o ângulo de inclinação, ou seja, o ângulo compreendido entre a linha vertical e o plano mediano da roda, medido observando-se o veículo pela frente e com as rodas sem esterçar.



- **Cáster** - é o ângulo formado pela inclinação longitudinal do pino mestre ou da linha imaginária que passa pelos pivôs em relação a um plano vertical.



- **Convergência e divergência** - indica o desvio do paralelismo das rodas dianteiras. Quando as rodas apontam para uma linha imaginária que passa pelo centro do veículo no sentido longitudinal, as rodas estão convergentes, quando apontam para o lado oposto à linha, são divergentes.



Com a evolução tecnológica, dispositivos hidráulicos foram incorporados nos sistemas mecânicos tradicionais para facilitar o manuseio do sistema de direção e garantir uma maior segurança.

HISTÓRIA DA DIREÇÃO HIDRÁULICA

1910 - Surge o primeiro sistema de direção manual nos EUA pela empresa JAYCOX.

1940 - Durante a 2ª guerra mundial surgem os primeiros sistemas de direção com assistência hidráulica para uso militar em tanques de guerra - Saginaw-EUA.

1952 - Com o desenvolvimento dos automóveis de passeio potentes, pesados e pneus maciços surge o sistema hidráulico - HPS (Hydraulic Power Steering).

1958 - As primeiras caixas de direções com pinhão e cremalheira utilizadas no Brasil foram no veículo DKW.

1980 - Surge o conceito de direção hidráulica pinhão e cremalheira (rack & pinion).

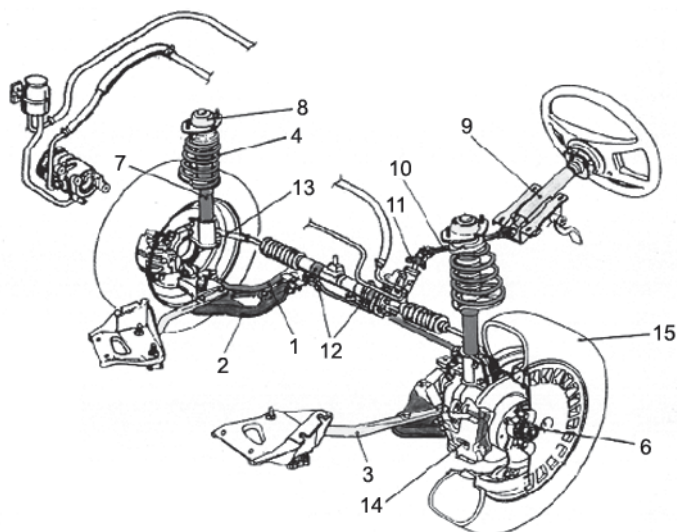
1993 - Surge na Europa, aplicado no RENAULT Clio, as direções EHPS (Eletric Hydraulic Power Steering) onde o acionamento da bomba hidráulica é realizado eletricamente. Em 1997, utilizada pela OPEL na Alemanha e MANDO no Japão.

Década de 2000 - Início da utilização do sistema EPS (Eletric Power Steering), sistema de direção totalmente elétrico já aplicado em alguns veículos na Europa como o Corsa da OPEL, Punto da FIAT e Lupo da VW.

Conceitos futuros - Sistemas de direção Cross By Wire, comando a cabo (eletrônico) sem ligações físicas do volante às rodas.

PROPOSTAS DO SISTEMA DE DIREÇÃO HIDRÁULICA

Atualmente em alguns países da América do Norte, Ásia e Europa, a direção hidráulica é obrigatória, pois atribui ao veículo além de um maior conforto, uma melhor dirigibilidade e conseqüentemente, maior segurança. No Brasil, apenas no final dos anos 90 a direção hidráulica passou a ter maior aceitação pelos usuários.



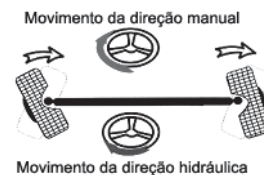
- | | |
|--------------------------|---|
| 1 - Barra estabilizadora | 9 - Coluna de direção |
| 2 - Bandeja de suspensão | 10 - Árvore intermediária |
| 3 - Braço oscilante | 11 - Borracha de vedação do Dash |
| 4 - Mola | 12 - Abraçadeiras de fixação do mecanismo |
| 5 - Manga de eixo | 13 - Terminais de direção |
| 6 - Rolamento de roda | 14 - Pinça de freio |
| 7 - Amortecedor | 15 - Pneu |
| 8 - Rolamento superior | |

Para aumentar a segurança do veículo, o sistema de direção hidráulica atua diretamente nos seguintes itens:

Redução de esforço - reduz cerca de 80% o esforço realizado pelo motorista.



Facilidade de manobras - reduz consideravelmente o tempo necessário para manobras, devido a uma relação pinhão e cremalheira mais direta.



Com essas mudanças geradas pelo sistema de direção hidráulica, o veículo tornou-se instável em altas velocidades e para corrigir este problema, o ângulo cáster foi corrigido para valores mais positivos.

TEORIA HIDRÁULICA

Para entendermos melhor o sistema de direção hidráulica, é necessário conhecer os conceitos básicos da hidráulica.

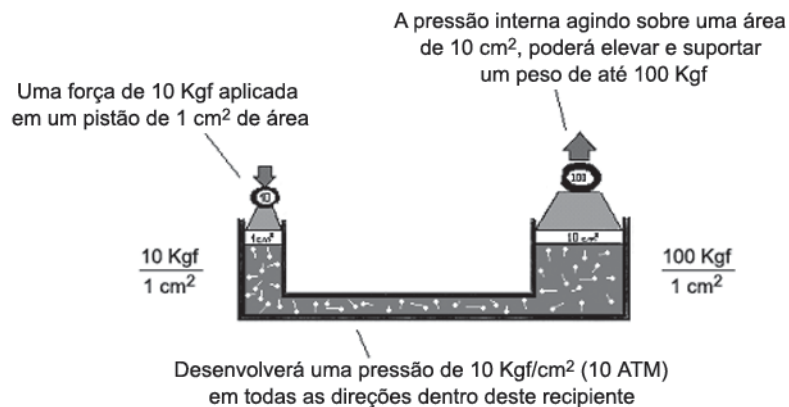
Lei de Pascal

“Uma variação de pressão provocada num ponto de um fluido em equilíbrio transmite-se a todos os pontos do fluido e às paredes que o contêm.”



Exemplo

Todo líquido por ser incompressível pode ser aplicado como um meio de transmissão e/ou multiplicação de forças.



$$F \text{ (Kgf)} = P \text{ (Kgf x cm}^2\text{)} \times A \text{ (cm}^2\text{)}$$

FLUIDO HIDRÁULICO

O fluido para direção hidráulica e equipamentos similares possui 4 funções primárias:

- transmitir energia;
- lubrificar as peças do sistema;
- reduzir as folgas entre as peças;
- resfriar e dissipar calor.

Outras funções que o fluido deve possuir para determinar sua qualidade são as de:

- manter a viscosidade estável em ampla faixa de temperatura;
- possuir estabilidade térmica;
- ser inibidor de ferrugem e corrosão;
- impedir formação de lodo e goma (detergência);
- diminuir formação de espuma;
- separar a água (higroscópio);
- ser compatível com as vedações.

CARACTERÍSTICAS TÍPICAS DO FLUIDO PARA DIREÇÕES HIDRÁULICAS (TIPO ATF)

- Densidade 20/4°C - 0,900
- Coloração - vermelho
- Ponto de fulgor - 200°C
- Ponto de fluidez - - 40°C
- Viscosidade cSt 40°C - 40
- Viscosidade cSt 100°C - 7,5
- Índice de viscosidade - 150

COMPONENTES DO SISTEMA DE DIREÇÃO

É de extrema importância identificar e conhecer a responsabilidade de cada componente de um sistema de direção hidráulica.

RESERVATÓRIO DE ÓLEO

Tem como objetivo o depósito de óleo que está em circulação, refrigeração e eliminação de impurezas que possam surgir no sistema. Alguns modelos são providos de pastilha magnética ou filtros. Para qualquer que seja sua aplicação, o reservatório deve obrigatoriamente estar instalado acima do nível da instalação da bomba hidráulica devido sua alimentação por gravidade, caso contrário está sujeito a problemas de cavitação ou aeração.



Sua aplicação pode ser diretamente acoplada à bomba hidráulica, conhecida como integrada ou aplicada separadamente da bomba, conhecida como remoto.

MANGUEIRA DE ALIMENTAÇÃO (OU SUÇÃO)

É a responsável pela circulação de óleo do reservatório para a bomba hidráulica, trabalha em condição de pressão negativa. Seu leiaute de instalação deve possibilitar fácil escoamento de óleo para bomba hidráulica. A falha de estanqueidade na linha pode ser responsável pela admissão de ar no sistema ocorrendo aeração de óleo e comprometimento de funcionamento.



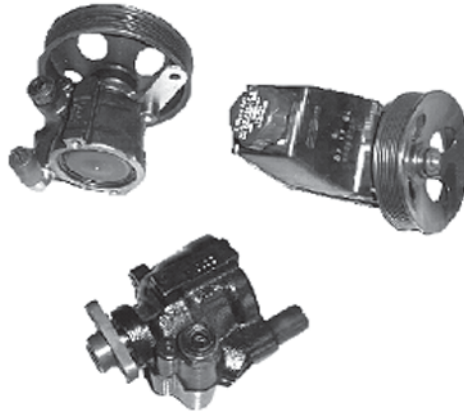
MANGUEIRA DE PRESSÃO

É a responsável pela circulação de óleo da bomba hidráulica para o mecanismo de direção, trabalha em condição de altíssima pressão e temperatura. Dentro de suas características de trabalho está a absorção de ruídos provocados pelas elevações de pressão do sistema.



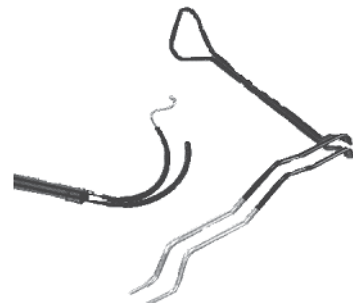
BOMBA HIDRÁULICA

É composta por rotor, palhetas, válvula controladora de vazão e pressão que tem por função gerar vazão e controlar a pressão do sistema. A bomba é acionada pelo motor do veículo através de uma correia e uma polia montada por interferência no seu eixo.



COOLER (TROCADOR DE CALOR)

É o responsável pelo resfriamento do óleo que pode trabalhar na faixa dos 120°C. Geralmente é fabricado em tubulação metálica e é instalado na parte frontal do veículo. Apenas alguns veículos fazem uso deste recurso que usualmente está instalado na linha de retorno, entre a bomba hidráulica e o mecanismo de direção.

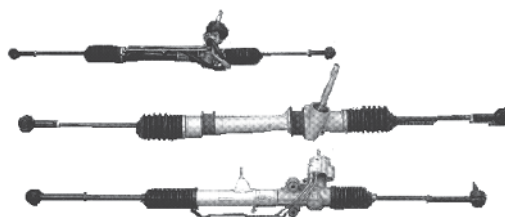


MECANISMO DE DIREÇÃO HIDRÁULICA

Responsável em direcionar as rodas do veículo. Possui alguns tipos construtivos:

- **Pinhão e cremalheira**

- projeto compacto facilitando aplicação quando do desenvolvimento do veículo;
- maior precisão e sensibilidade para dirigir;
- menores níveis de ruído;
- redução de peso possibilitando maior economia de combustível.



- **Integral ou Esferas recirculantes**

Construção robusta apropriada para veículos de médio e grande porte.



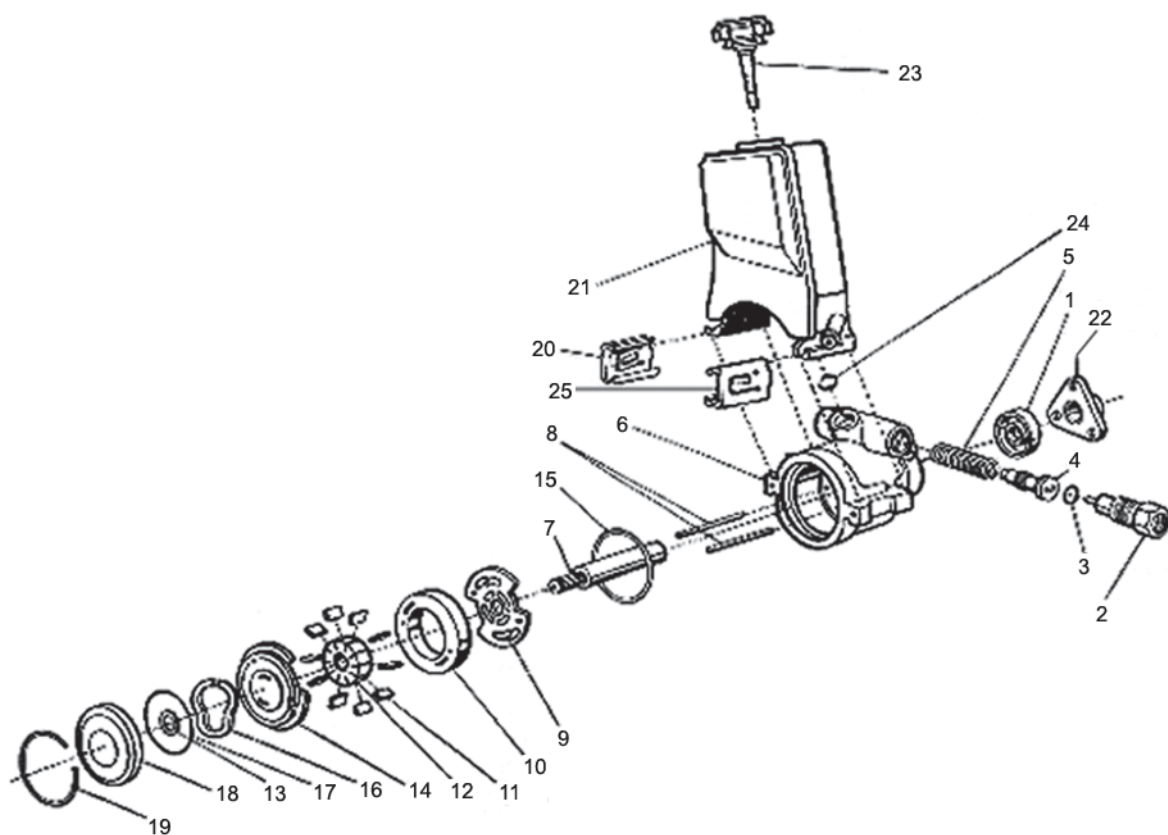
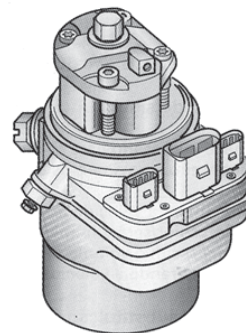
MANGUEIRA DE RETORNO

É a responsável pela circulação de óleo do mecanismo de direção para o reservatório de óleo.



BOMBA HIDRÁULICA

A bomba hidráulica tem por finalidade gerar vazão e em situações de baixa, média e alta velocidades do veículo controlar a pressão do sistema para que possa ser suficiente para reduzir o esforço do motorista no esterçamento. As bombas hidráulicas podem ser encontradas em dois tipos: acionamento por palheta (a maioria delas) ou por engrenagem (no caso das bombas eletro-hidráulicas).

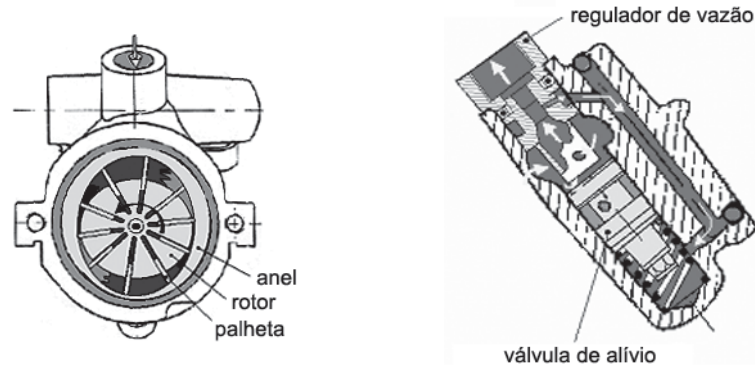


- | | |
|---------------------------------------|--|
| 1 - Retentor | 14 - Prato de pressão (placa superior) |
| 2 - Regulador de vazão | 15 - Anel de borracha (o'ring) |
| 3 - Anel de borracha (o'ring) | 16 - Mola do prato de pressão |
| 4 - Conjunto válvula de alívio | 17 - Anel de borracha |
| 5 - Mola de controle de vazão | 18 - Tampa traseira |
| 6 - Conjunto carcaça com bucha | 19 - Anel de retenção da tampa |
| 7 - Eixo | 20 - Grampo esquerdo |
| 8 - Pino (2 peças) | 21 - Conjunto reservatório |
| 9 - Prato de encosto (placa inferior) | 22 - Adaptador de polia |
| 10 - Anel elíptico | 23 - Conjunto tampa |
| 11 - Palheta (10 peças) | 24 - Anel de borracha |
| 12 - Rotor | 25 - Grampo direito |
| 13 - Anel de retenção do eixo | |

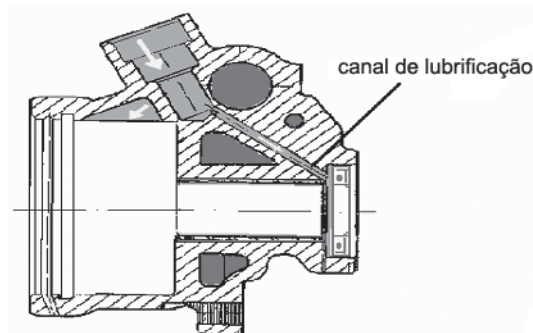
O princípio de funcionamento de uma bomba hidráulica de palheta ocorre com um rotor provido de entalhes, que está engrenado em um eixo mantido em rotação dentro de um anel elíptico. Nos entalhes do rotor são colocadas as palhetas que através da força centrífuga entram e se mantêm em contato com a face interna do anel elíptico.

Com o conjunto fechado por duas placas (pratos de encosto e pressão) formam-se câmaras de bombeamento entre as palhetas, o rotor e o anel.

Na abertura de entrada, um vácuo parcial é criado quando aumenta o espaço entre o rotor e o anel. O óleo que entra nestes espaços fica confinado nas câmaras, sendo empurrado para abertura de saída quando este espaço diminui. A velocidade de deslocamento do óleo depende da rotação da bomba. Após a saída do óleo do conjunto rotativo, ele é direcionado à zona de controle de vazão através das placa inferior e dos canais no fundido da carcaça.



Neste tipo de bomba, o anel elíptico possui duas aberturas de entrada e duas de saída, dispostas a 180° de forma que as forças de pressão ou sucção no rotor se anulem, evitando o surgimento de uma força radial no eixo e na bucha, prolongando assim a durabilidade da bomba.



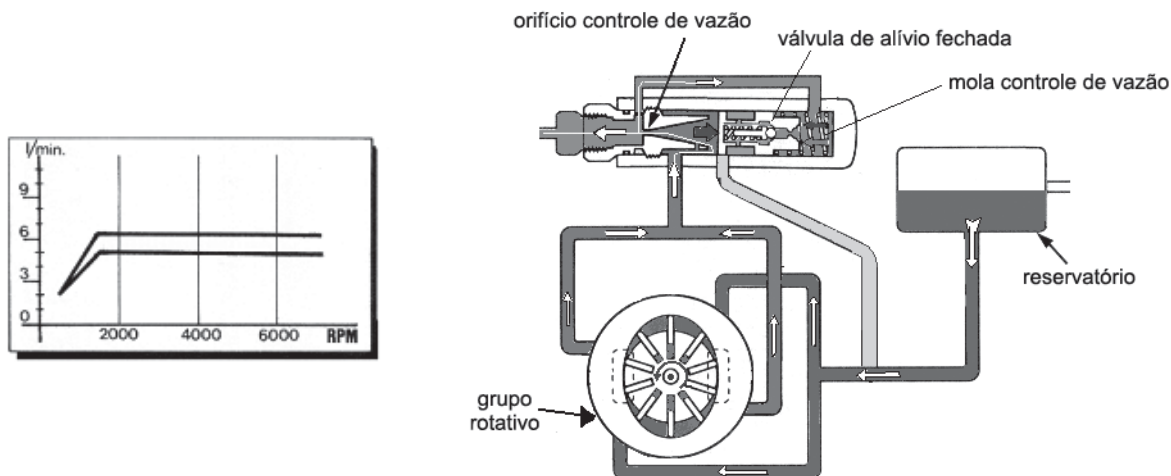
Porém, para este tipo de bomba é necessário que a carcaça possua um canal para a lubrificação da bucha. Nas bombas com rolamento, este canal não existe.

CONTROLE DE VAZÃO

Esse controle determina a vazão fornecida ao sistema em função do volume do cilindro do mecanismo de direção e do tempo de resposta (sensibilidade) requerido para a mesma.

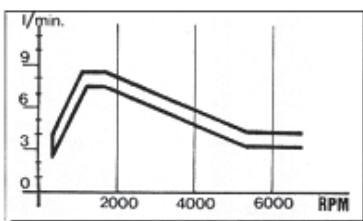
Vazão constante

A vazão do óleo direcionada do grupo rotativo será determinada por um furo calibrado no conjunto regulador de vazão. Por não existir uma variação de diâmetro por onde passa o óleo, será obtida uma vazão constante em diferentes faixas de rotação da bomba.

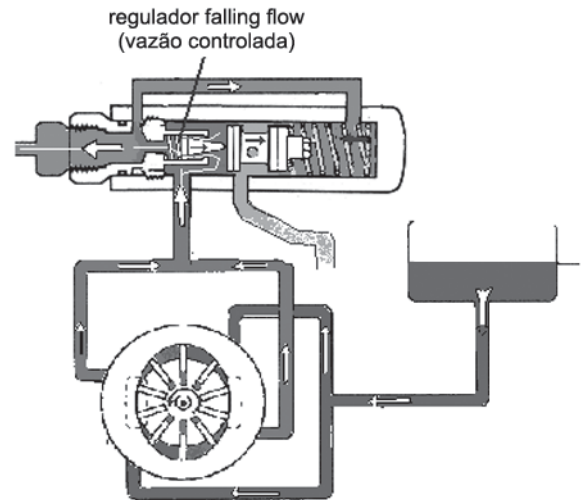


Vazão variável e controlada (falling flow)

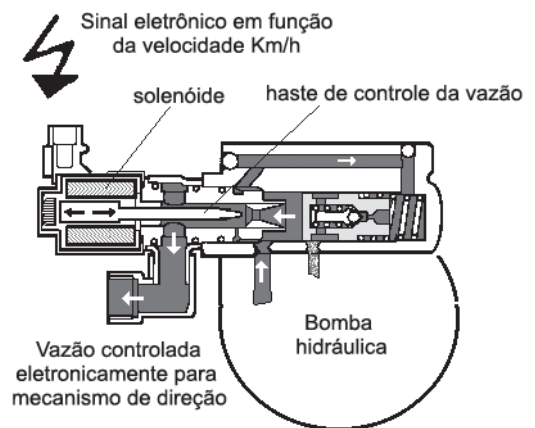
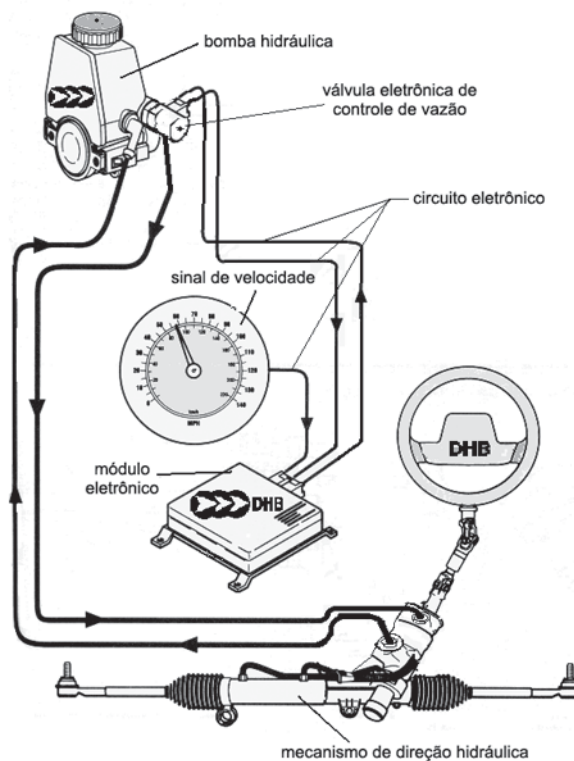
Em função de uma variação na rotação de trabalho da bomba, existem controles mecânicos ou eletrônicos que causam uma variação da área de passagem do óleo, conseguindo uma vazão variável e controlada conforme especificação de cada sistema.



- **Controle mecânico** - este tipo de controle é formado por um pino cônico móvel que de acordo com a rotação do motor altera a área de passagem do óleo, mudando assim a curva de vazão.



- **Controle eletrônico** - este tipo de controle é formado por um módulo eletrônico e uma válvula eletrônica. De acordo com a velocidade do veículo que é informada ao módulo, este faz variar a tensão de alimentação da válvula controladora, variando assim a vazão do óleo para o sistema.



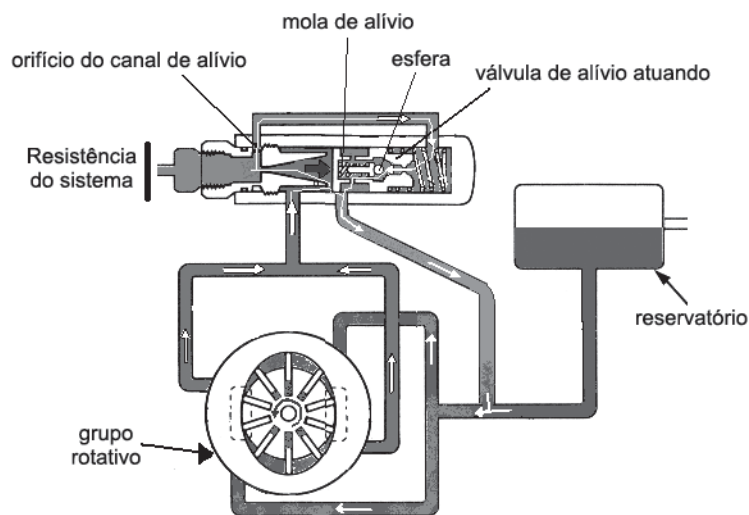
CONTROLE DE PRESSÃO

Em função das forças de reação do sistema de direção, geometria de direção, suspensão, carga sobre o eixo e pneus entre outros fatores, existirá no sistema hidráulico uma elevação de pressão que atendendo as especificações de cada projeto auxiliará no esforço de acionamento da direção.

Quando ocorrer variação de resistência, como por exemplo, num final de curso de direção haverá uma súbita elevação da pressão que é limitada e controlada por uma válvula de alívio existente no interior da bomba. Essa pressão controlada é chamada de pressão de alívio.

Essa válvula com função de um “by-pass” evita que a bomba continue comprimindo o óleo podendo causar danos a algum componente do sistema como uma mangueira, mecanismo de direção ou a própria bomba.

A pressão obtida em um sistema é conseqüência a uma resistência a vazão gerada pela bomba.



CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DAS BOMBAS HIDRÁULICAS

Peso - 2,2 Kg

Velocidade - 7.000 RPM máxima

Operação - 7.000 RPM picos

Vazão mínima a 465 RPM - série .60 → 2,27 LPM
série .88 → 3,33 LPM

Vazão máxima a 1.000 RPM controlada - de 4,16 LPM a 13,25 LPM

Alívio de pressão - de 750/850 PSI até 1.425/1.500 PSI

Temperatura de operação - 135°C (máxima)
150°C (picos)

Potência consumida da bomba hidráulica (teórica)

$$\text{Potência} = \frac{\text{Vazão} \times \text{Pressão}}{426 \text{ (constante)}}$$

onde:

Potência - CV (1CV = 0,986 HP)

Vazão - LPM

Pressão - Kgf/cm² (Bar)

Exemplo de uma bomba com capacidade para 8,0 LPM estando com uma pressão de 98 Bar (1.400PSI)

$$\text{Potência} = \frac{8 \times 98}{426}$$

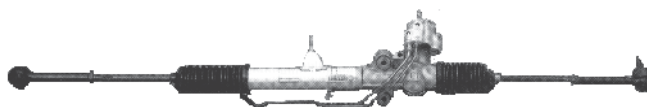
Potência (teórica) = 1,8 CV

MECANISMOS DE DIREÇÃO HIDRÁULICA

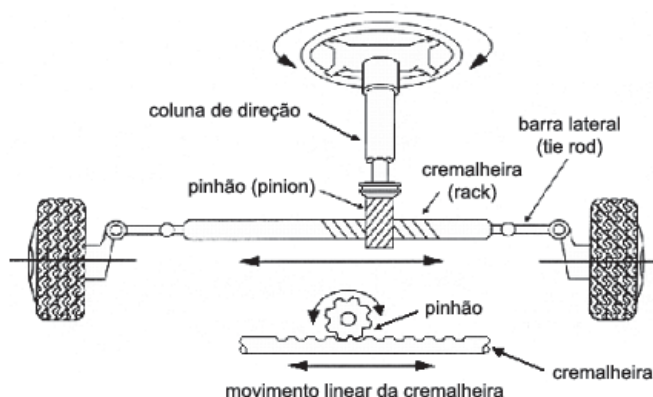
Os mecanismos de direção hidráulica podem ser de dois tipos, pinhão e cremalheira ou integral de esferas recirculantes.

PINHÃO E CREMALHEIRA

Um mecanismo de direção tipo pinhão e cremalheira (rack & pinion) consiste de um sistema de engrenamento entre um pinhão e uma cremalheira com finalidade de converter o movimento rotativo do volante em um movimento linear da cremalheira, que com suas articulações nas extremidades provocam mudanças no posicionamento das rodas.



PRINCÍPIO BÁSICO DO SISTEMA DE DIREÇÃO PINHÃO E CREMALHEIRA

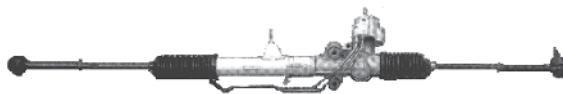


Estes mecanismos de direção possuem algumas características em sua construção atendendo as necessidades de cada projeto.

- **C.T.O (CENTER TAKE-OFF)** - caracterizado pela montagem das barras de direção (tie rods) no centro do conjunto cremalheira.



- **E.T.O (END TAKE-OFF)** - caracterizado pela montagem das barras laterais (inner tie rods) em cada extremidade da cremalheira.



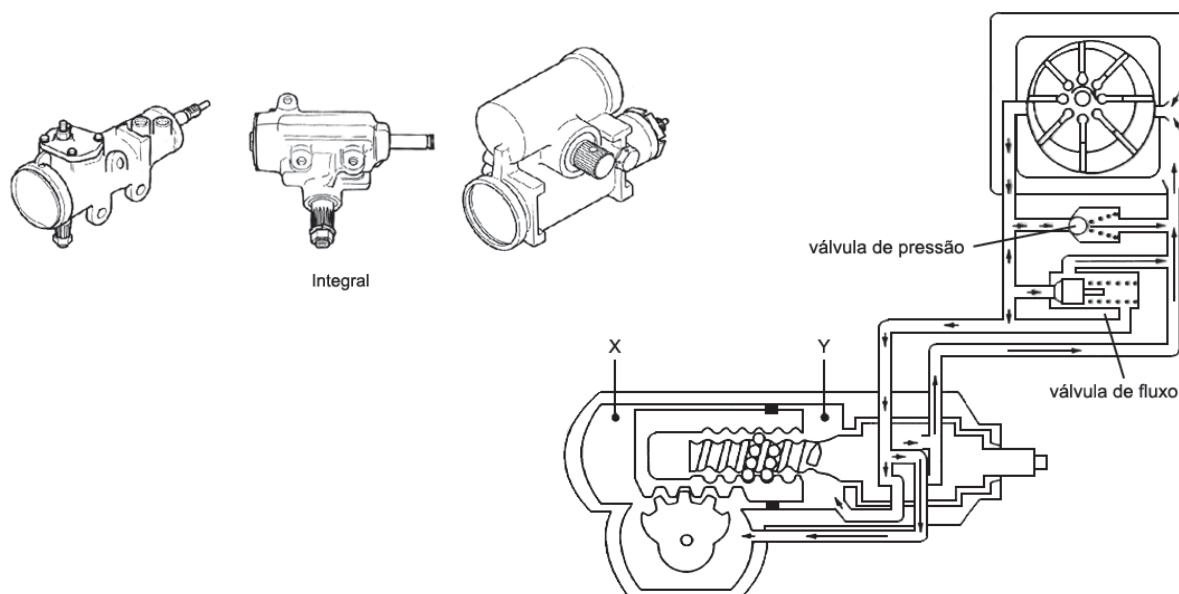
- **CANTILEVER** - caracterizado pela montagem das duas barras de direção na mesma extremidade da cremalheira.



INTEGRAL DE ESFERAS RECIRCULANTES

Esse tipo de mecanismo é derivado do sistema setor e sem fim, porém conta com auxílio hidráulico e pode ser de dois modelos, com um ou dois pistões, dependendo da aplicação. Por ter uma construção mais robusta é aplicado em veículos utilitários e caminhões.

Esse sistema é constituído de eixo sem fim e esferas recirculantes, sendo que com o acionamento do eixo de entrada ocorre um deslocamento linear no pistão que está engrenado a um eixo pitman, que por sua vez articula o barramento de direção.

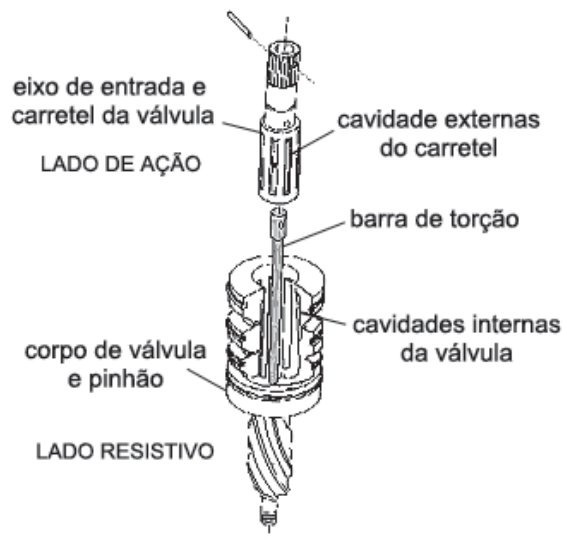


FUNCIONAMENTO DA DIREÇÃO HIDRÁULICA COM PINHÃO E CREMALHEIRA

O funcionamento da direção hidráulica em sistemas com pinhão e cremalheira consiste no trabalho de uma válvula rotativa que se encontra acima do pinhão.

O conjunto válvula rotativa e pinhão, considerado o cérebro do sistema de direção, é responsável pelo direcionamento do óleo conforme solicitação do motorista através do volante, para um dos lados do cilindro da caixa de direção.

A válvula rotativa está dividida em duas partes, uma de ação e a outra resistiva interligadas por uma barra de torção.



Lado de ação - está ligado ao volante de direção e é formado pelo corpo externo da válvula rotativa onde estão alojados os anéis de vedação.

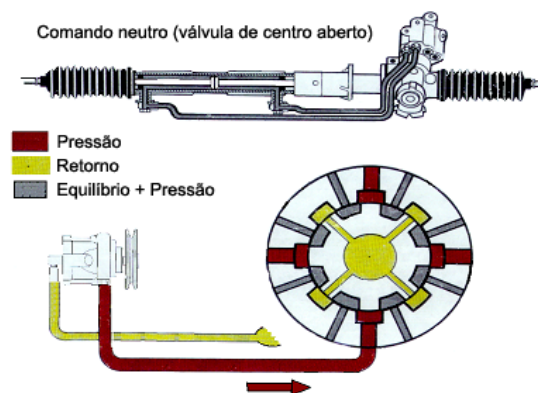
Lado resistivo - está engrenado à cremalheira e é formado pelo pinhão e pelo carretel interno da válvula rotativa.

Barra de torção - a barra de torção é uma fina haste metálica que se torce quando um torque é aplicado a ela. A quantidade de torque que atua na barra de torção é igual à quantidade de torque que o motorista utiliza para virar as rodas. Quanto mais torque o motorista usa para girar as rodas, maior será a torção da barra. À medida que a barra se torce, ela gira o interior da válvula em relação ao lado externo abrindo passagens para o óleo de acordo com a necessidade.

As condições que determinam as passagens que devem ser abertas surgem quando o veículo está em linha reta ou em manobras.

Veículo em linha reta

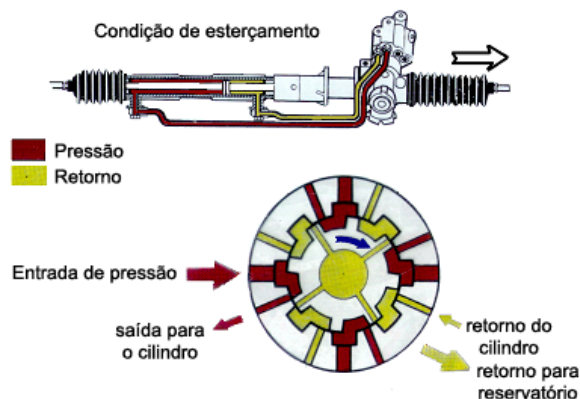
Nesta condição não existe esforço no volante, portanto a válvula rotativa está em posição de repouso, direcionando o óleo para os dois lados do cilindro no mecanismo de direção. Com isso, ocorre um equilíbrio hidráulico no sistema. Chamamos esta condição de livre circulação, na qual o sistema trabalha com pressão baixa. Deve ser observado que devido a algumas restrições no sistema de direção, no momento de teste pode ser encontrada uma pressão de até 150 PSI (3 Bar).



Veículo em manobras

Na condição de manobra ocorre o torque na barra de torção que causa um desalinhamento dos furos da válvula rotativa direcionando a vazão do óleo para um dos lados do cilindro no mecanismo de direção. Neste momento devido às resistências do sistema (pneus no solo, geometria de suspensão, etc.) ocorre uma elevação de pressão que agindo sobre a área do pistão resulta numa força auxiliar para o esterçamento da roda para o lado desejado.

O deslocamento do pistão empurra o óleo que não está pressurizado de volta ao reservatório, através da válvula rotativa e mangueira de retorno.



Se o esforço do volante é mantido em final de curso, a pressão continua a subir até que ocorra o acionamento da válvula de alívio no interior da bomba, que mantém assim a pressão controlada.

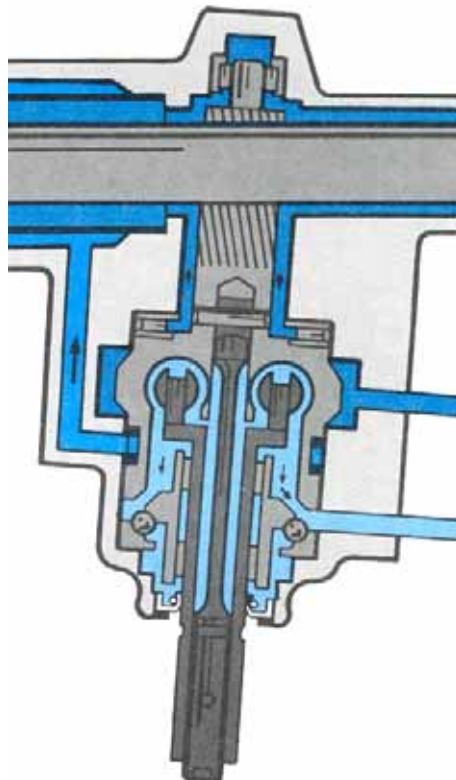
Quando o esforço é aliviado no final de curso, a válvula rotativa volta para a posição de repouso e o sistema trabalha em condição de livre circulação, que provoca queda de pressão.

DESEMPENHO DE RETORNO DA DIREÇÃO APÓS UMA CURVA

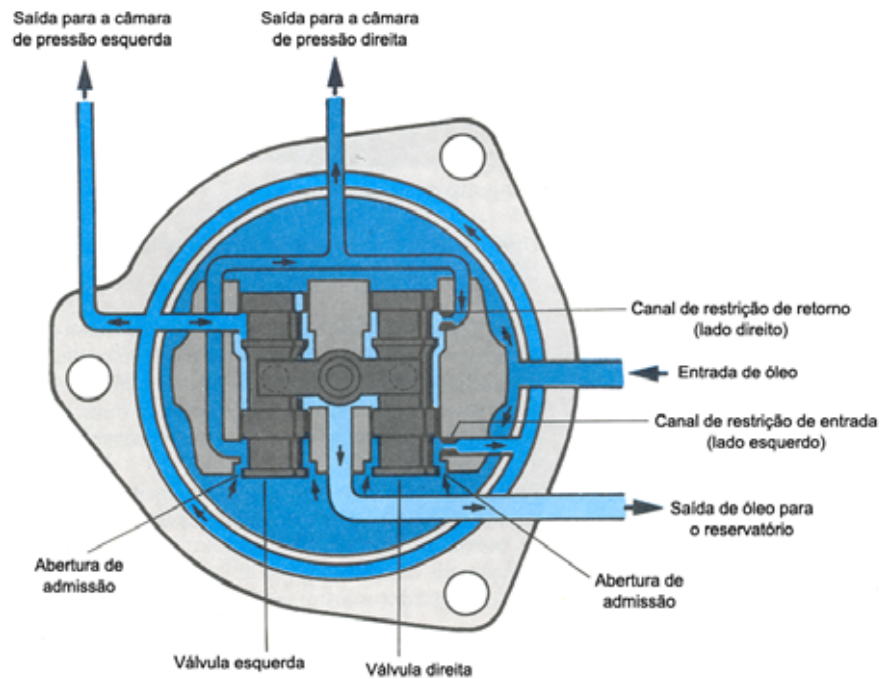
Como foi visto, sem o esforço no volante, o sistema volta a funcionar em regime de livre circulação de óleo. Ao sair de uma curva ou colocar o veículo em movimento após uma manobra, o retorno do sistema de direção depende da geometria da suspensão principalmente do ângulo cáster.

O retorno em sistemas de direção hidráulica é mais lento que em sistemas de direção mecânica devido à resistência do óleo.

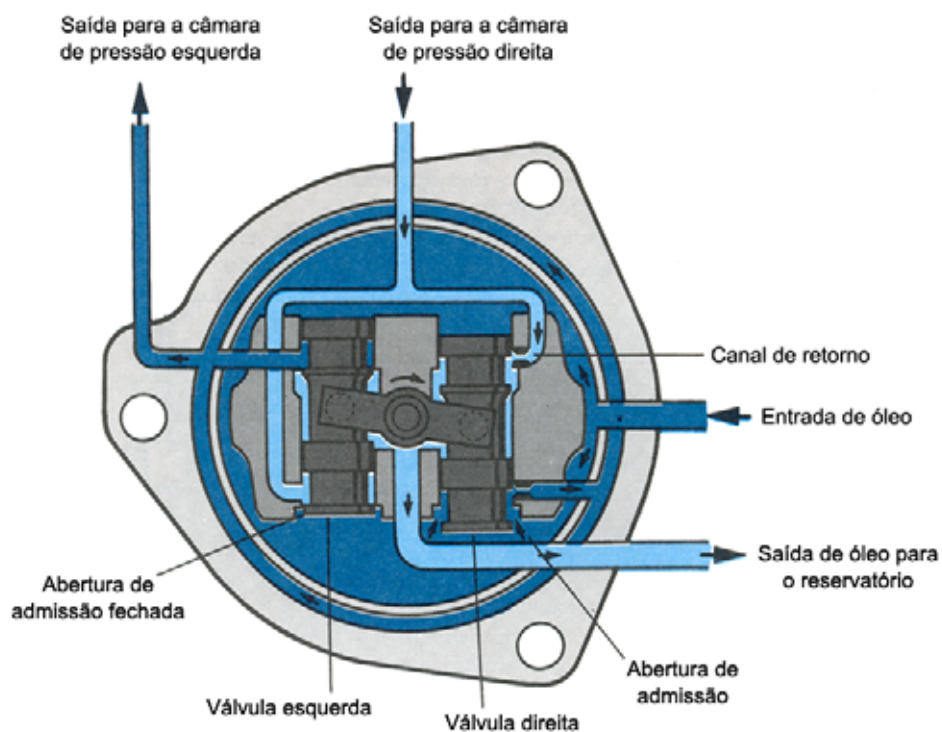
Um outro tipo de válvula rotativa formada por uma válvula com dois pistões também é utilizada. No momento do seu acionamento, gera o movimento de dois pistões montados internamente na válvula que alimentam o cilindro no momento do esterçamento da direção.

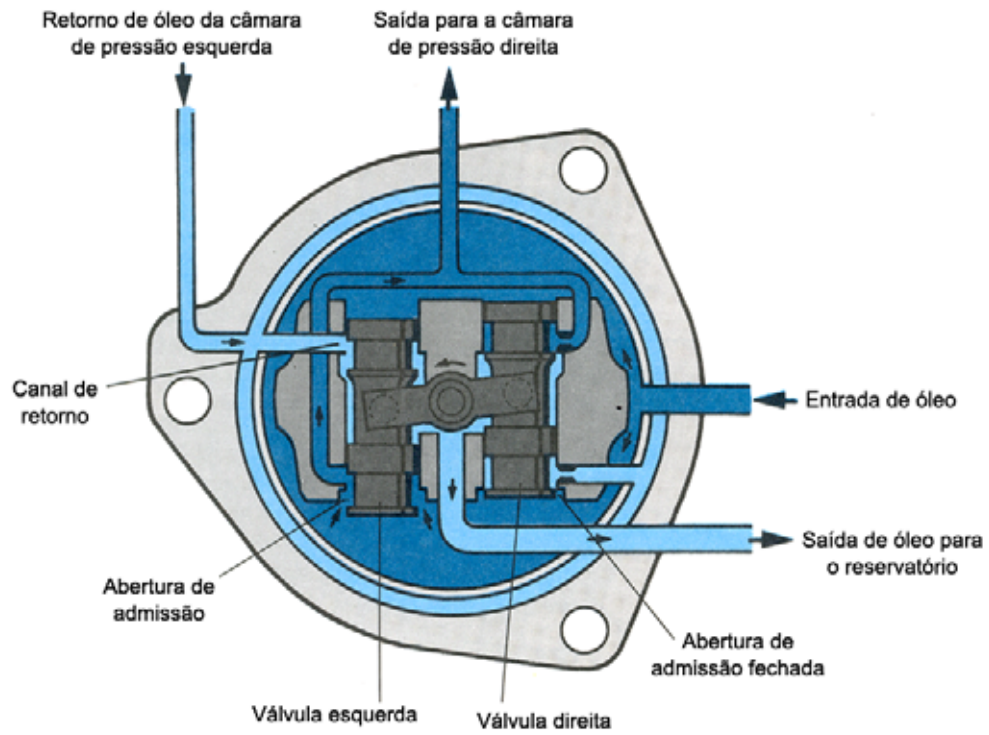


Com o veículo trafegando em linha reta, os pistões estão alinhados permitindo uma vazão igual para os dois lados do cilindro.



Com o veículo em condições de manobra ocorre um desalinhamento entre os pistões que permite uma vazão maior para um dos lados do cilindro, conforme o lado que o volante é esterçado.

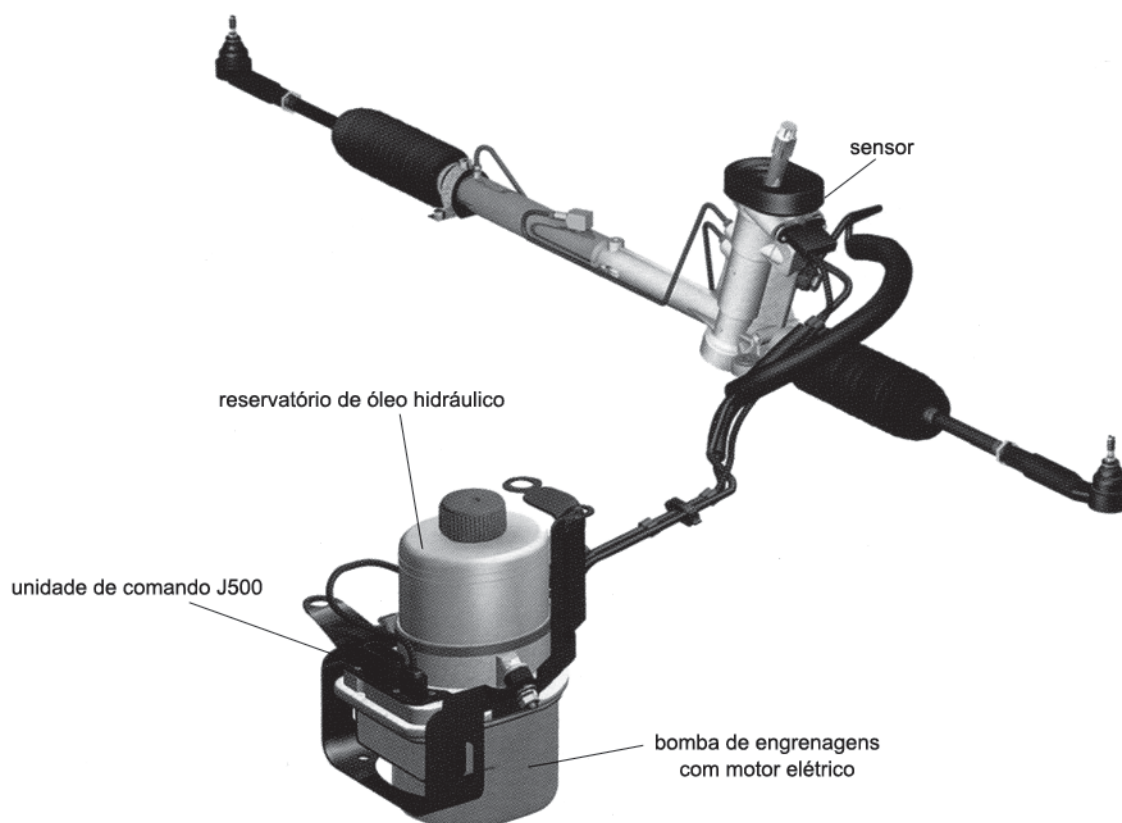




DIREÇÃO ELETRO-HIDRÁULICA

O sistema de direção eletro-hidráulica melhora as propriedades da direção hidráulica convencional, tais como:

- Maior conforto.
- Facilidade nas manobras de estacionamento.
- Menor sensibilidade em altas velocidades (fator de segurança).
- Economia de combustível.
- Não depende do funcionamento do motor.



A principal diferença desse sistema para o sistema convencional é que a pressão necessária para o funcionamento do sistema de direção é gerada por uma bomba hidráulica acionada por um motor elétrico. Esse sistema é composto, além do motor elétrico, por um sensor de velocidade angular e uma unidade de comando de direção eletro-hidráulica (módulo).

FUNCIONAMENTO

O esforço necessário para girar o volante depende do ângulo de direção e da velocidade do veículo. O sensor de velocidade angular localizado na caixa de direção informa à unidade de comando a velocidade angular da coluna de direção. A unidade de comando compara o

ângulo da direção com a velocidade do veículo informada através da rede CAN. Com essas informações, determina a força auxiliar que irá reduzir o esforço necessário para girar o volante.

SENSOR DE VELOCIDADE ANGULAR

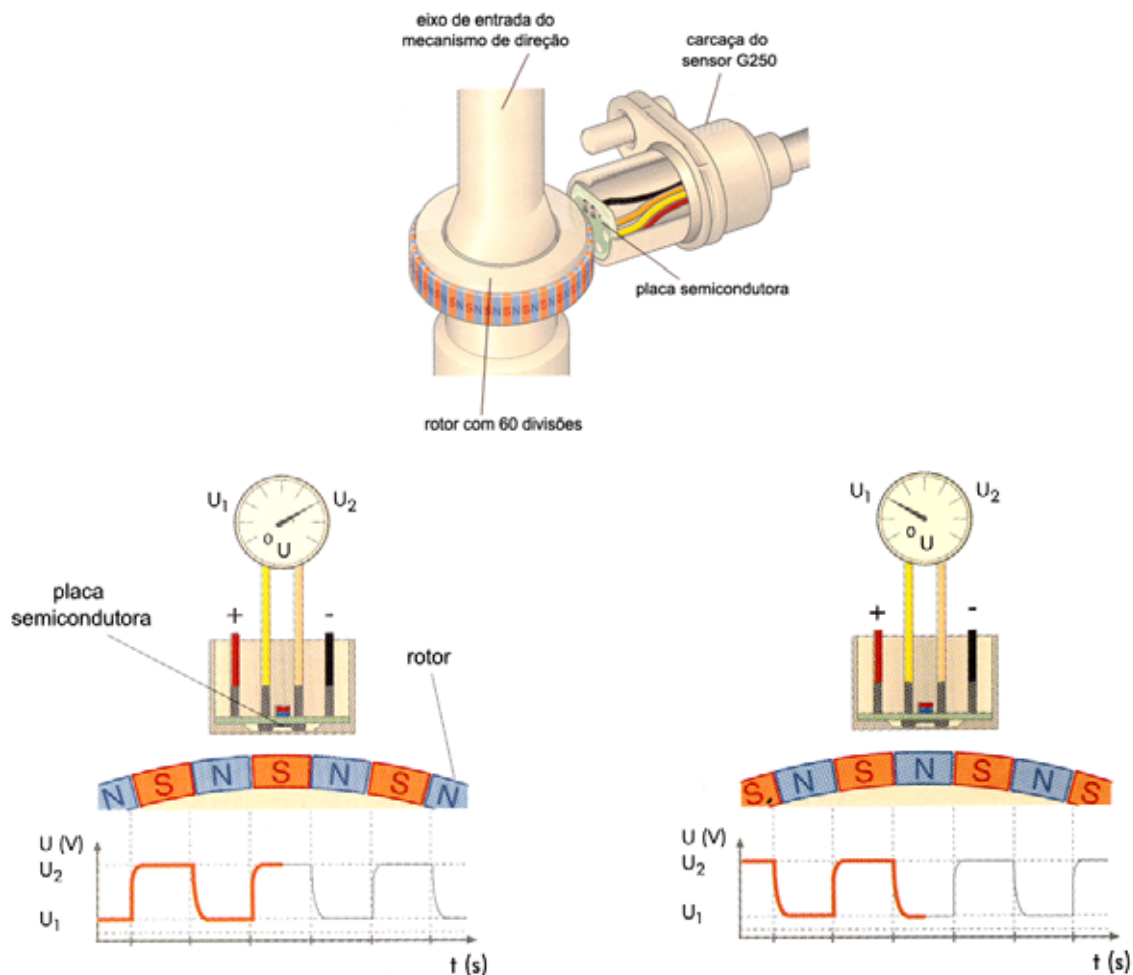
O sensor está localizado acima do pinhão da caixa de direção. O sinal do sensor é utilizado para determinar o ângulo de giro do volante e a velocidade angular da árvore de direção.

Princípio de funcionamento do sensor

O sensor possui um circuito eletrônico formado por um rotor (anel magnético com 60 divisões) e uma placa semicondutora que trabalha segundo o princípio HALL.

A placa semicondutora é sensibilizada por um fluxo de energia magnética, que determina a velocidade angular da árvore da direção.

Quando o ímã do rotor está diretamente na área do sensor, é gerada uma tensão. O valor desta tensão é proporcional à tensão de alimentação do sensor e dos ímãs permanentes. Com o movimento rotacional, esse ímã que estava na área do sensor, sai de posição e causa uma inversão no campo magnético do sensor, reduzindo a tensão.

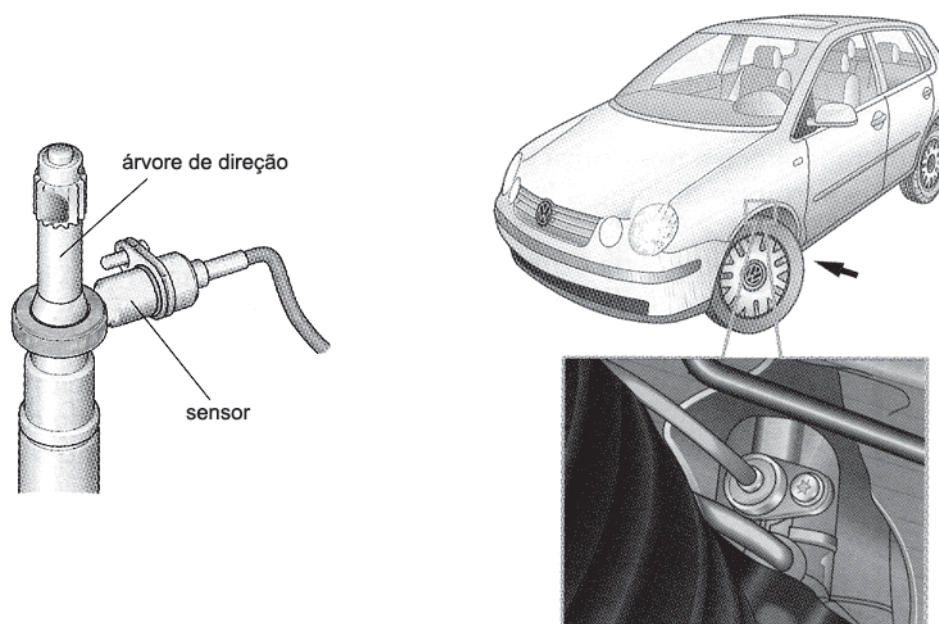


Avaliação do sinal

O sinal do sensor é necessário para a unidade de comando reconhecer os movimentos da direção. Quanto maior a velocidade angular da direção, maior será o número de rotações da bomba e conseqüentemente o volume de óleo (desconsiderando a velocidade do veículo).

Falta de sinal do sensor

Na falha ou avaria do sensor, o sinal não será gerado e o sistema de direção entra em um regime de emergência programada. A função de servo assistência é garantida, embora a direção fique um pouco mais “pesada”.



LUZ DE CONTROLE DA DIREÇÃO ELETRO-HIDRÁULICA

A luz de controle da direção eletro-hidráulica acende após a ignição ser ligada e deve apagar após a partida do motor ou após o término do ciclo de verificação. Se isso não acontecer é porque existem falhas memorizadas na unidade de comando.



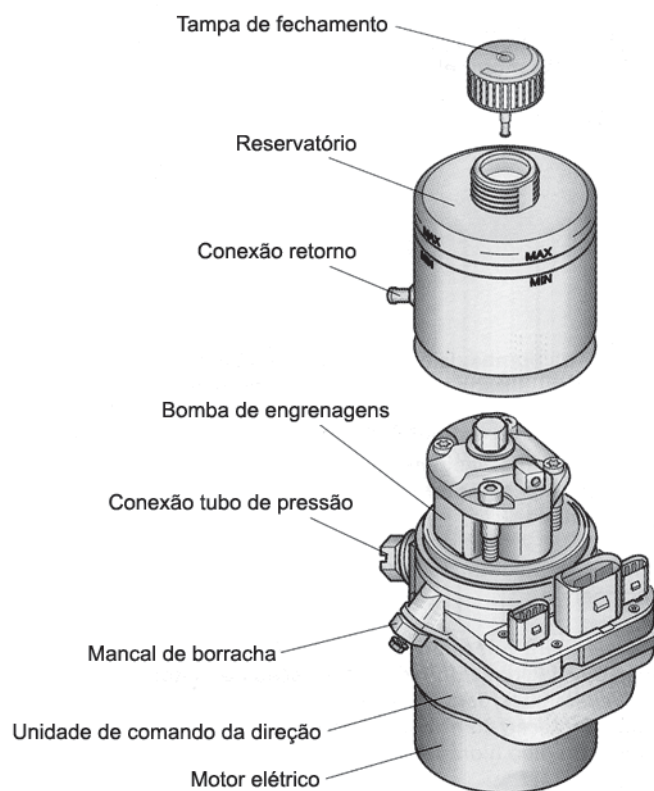
Conjunto bomba hidráulica

O conjunto da bomba hidráulica é selado e montado num suporte específico e protegido por uma cápsula amortecedora de ruídos.

No conjunto da bomba hidráulica estão reunidos:

- Bomba de engrenagens
- Válvula limitadora de pressão
- Motor elétrico
- Reservatório do óleo hidráulico
- Unidade de comando da direção

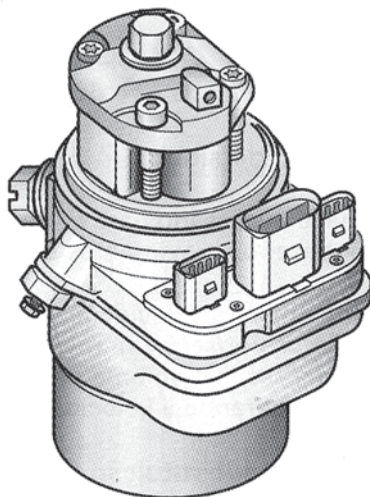
Este conjunto não permite reparos pois não é desmontável. A lubrificação interna é realizada pelo próprio óleo hidráulico. A união da bomba com a caixa de direção é feita por um tubo de pressão. O tubo de retorno do óleo hidráulico está fixado no reservatório.



UNIDADE DE COMANDO DA DIREÇÃO

A unidade de comando da direção é parte integrante do conjunto bomba hidráulica e recebe sinais de rotação do motor, velocidade do veículo e velocidade angular da árvore de direção. De acordo com os sinais recebidos, a unidade faz o acionamento da bomba hidráulica.

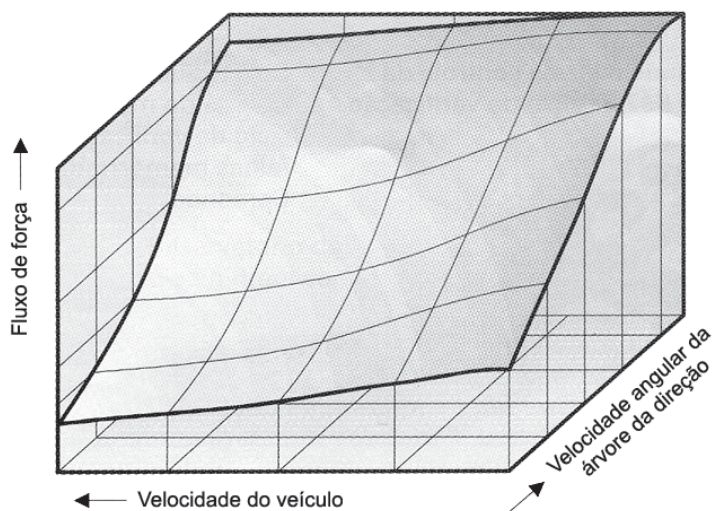
Esta unidade possui proteção de altas temperaturas e tem função de reativação após falhas.

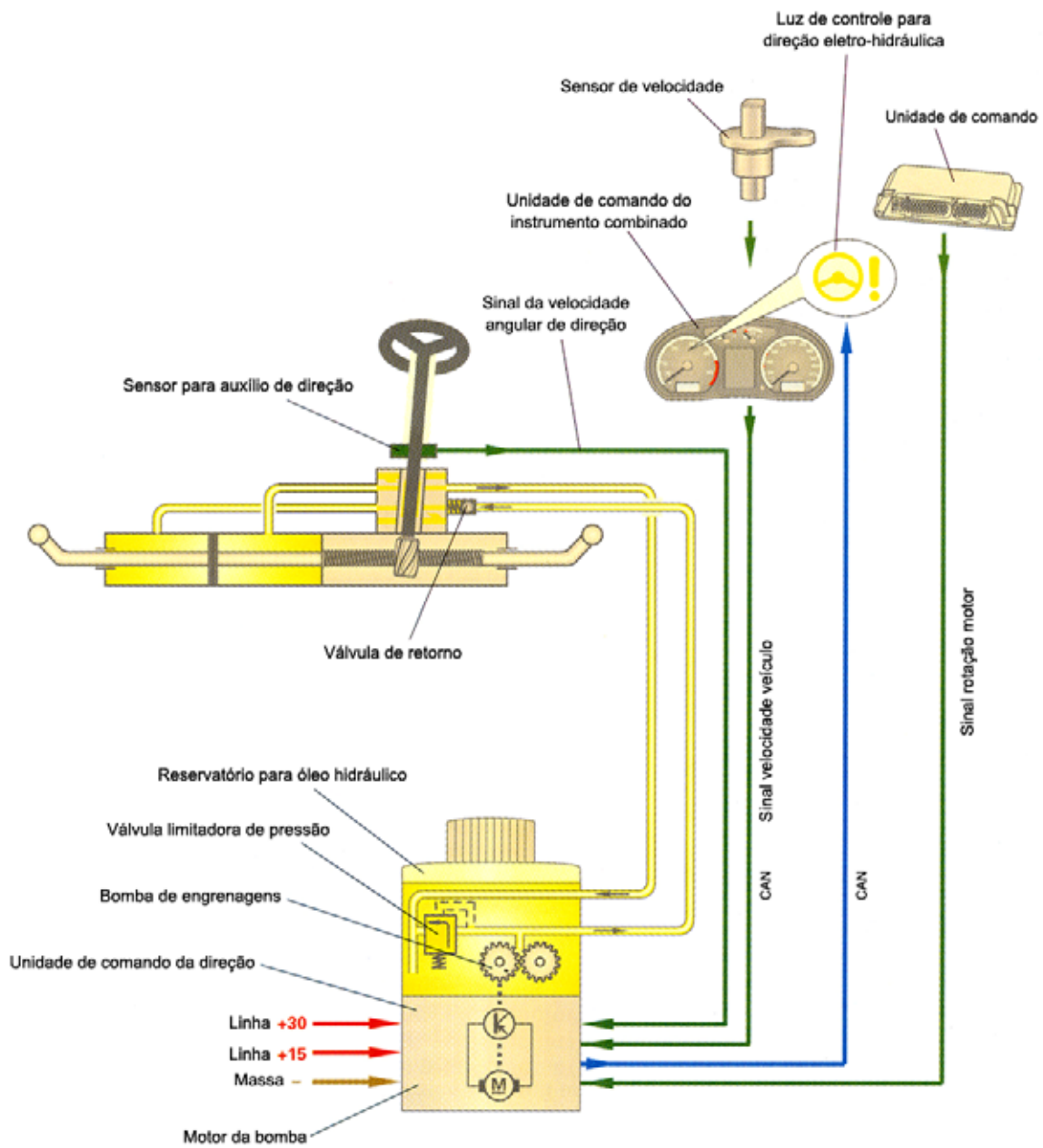


Estratégia de funcionamento da unidade de comando

A unidade de comando dentro das suas estratégias de funcionamento:

- Converte os sinais para o acionamento da bomba de engrenagens dependendo da velocidade angular da árvore da direção e da velocidade do veículo.
- Lê o campo de dados armazenado na memória para determinação da quantidade momentânea necessária de fluxo de força.
- Reconhece e memoriza avarias do sistema que surgirem durante o funcionamento.
- Possui proteção contra reativação de comutação e contra temperaturas elevadas.





ELIMINAÇÃO DE AR NO SISTEMA HIDRÁULICO

A existência de ar no sistema de direção hidráulica provoca a aeração do óleo (surgimento de micro bolhas de ar) que causa o surgimento de ruídos, um funcionamento irregular da direção e principalmente compromete a durabilidade da bomba hidráulica.

A aeração pode surgir também por uma falha de vedação em regiões de trabalho do óleo com pressão negativa, geralmente na linha de alimentação.

Com o sistema em repouso, as micro bolhas ficam agrupadas e isto facilita sua eliminação. Em alguns casos de aeração é necessário esgotar todo o sistema para substituição do óleo.

Procedimentos para a eliminação de ar no sistema

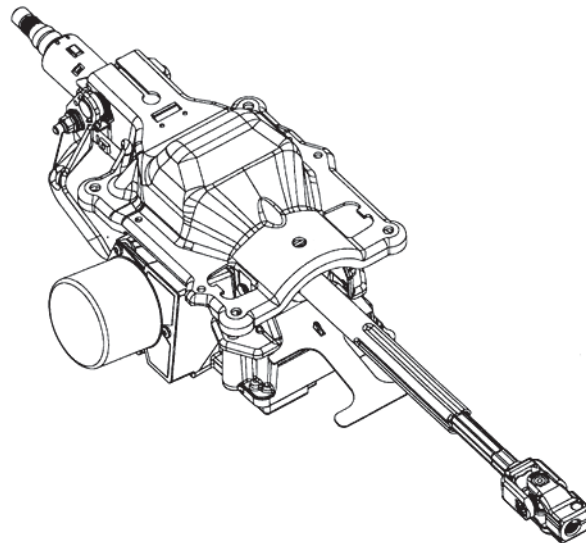
1. Levante as rodas dianteiras.
2. Mantenha o motor desligado.
3. Esterce a direção para a esquerda e direita, no mínimo 10 vezes, atingindo final de curso.
4. Complete o reservatório com óleo especificado.
5. Dê a partida no motor e mantenha-o em regime de marcha lenta.
6. Esterce a direção para a esquerda e direita, no mínimo 10 vezes, sem segurá-la em final de curso.
7. Abaixee o veículo e verifique o nível de óleo.
8. Mantenha o motor funcionando em marcha lenta e efetue novamente o item 6 com as rodas apoiadas no solo.
9. Complete o nível do reservatório, se necessário.

DIREÇÃO ELÉTRICA

Este sistema tem por finalidade utilizar um equipamento eletromecânico para reduzir o esforço do motorista, tanto em baixa quanto em alta velocidade. Esse sistema também utiliza sinais da velocidade do veículo e da velocidade do ângulo de esterçamento para atuar.

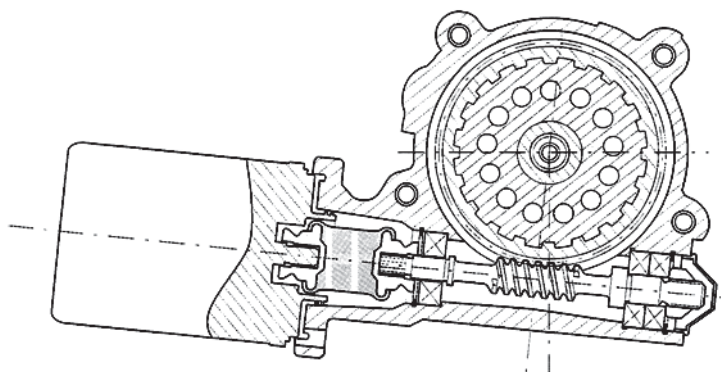
VANTAGENS DA DIREÇÃO ELÉTRICA

- Menor número de componentes e, conseqüentemente, menor peso e instalação e/ou assistência simplificada.
- Consumo de energia somente em momentos de servo-assistência, melhorando o desempenho do veículo e reduzindo o consumo.
- Emissões poluentes reduzidas, uma vez que utiliza energia elétrica.
- Variação da servo-assistência conforme a velocidade do veículo.
- Baixo índice de ruídos de funcionamento.
- Servo-assistência selecionável com base nas exigências do cliente (City e Normal).



PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO

O equipamento é composto por um motor elétrico, uma unidade de comando eletrônica e sensores ópticos de torção.

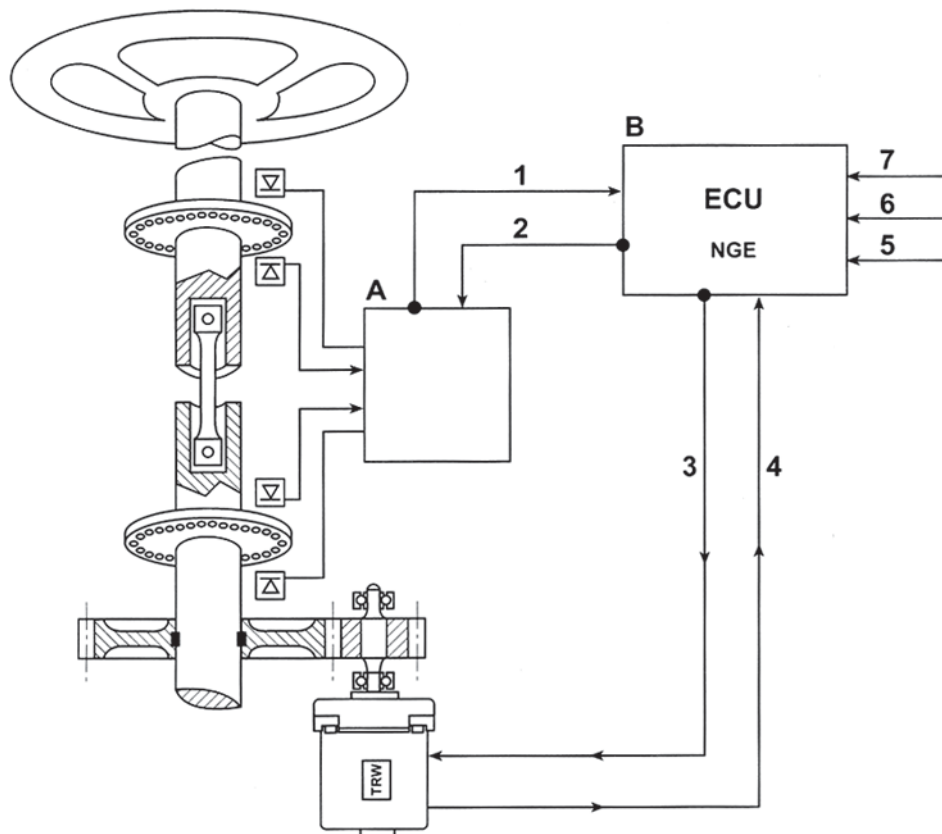


A unidade de comando possui duas estratégias de trabalho, City e Normal. A assistência City possibilita uma maior assistência com o veículo rodando em baixa velocidade e na assistência Normal o sistema modula o funcionamento do motor elétrico de acordo com a variação da velocidade do veículo.

Para realizar essa modulação, a unidade de comando faz a leitura dos sinais do sensor óptico de torção e do sensor de velocidade do veículo.

A coluna de direção possui uma barra de torção que é acionada de acordo com o movimento gerado pelo motorista e dois sensores ópticos que verificam a torção da barra no momento do esterçamento.

Este sistema possibilita também um auxílio no retorno de direção, fazendo com que este seja muito mais rápido se comparado com o sistema servo-hidráulico. Essa correção varia de acordo com a velocidade do veículo, máxima em baixa velocidade e mínima em alta velocidade.



- A - Sensor óptico de torção
- B - Nó da direção elétrica
- 1 - Sinal do sensor óptico de torção
- 2 - Alimentação do sensor óptico de torção
- 3 - Comando do motor
- 4 - Medição da posição do motor
- 5 - Transferência de dados na rede CAN: velocidade, estado, sinais do veículo
- 6 - Ligação com o nó de controle do motor
- 7 - Alimentação

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DHB. **Manual de treinamento do sistema de direção hidráulica**. Agosto de 2001

FIAT do Brasil. **Stilo - Descrição de funcionamento - Direção**. Junho de 2002.

VOLKSWAGEN do Brasil. **Direção eletro-hidráulica Pólo**. Fevereiro de 2002.

_____ . **Sistemas de Direção**. Agosto de 1997.

FIESP
SESI
SENAI
IRS

Sistema
FIESP