



UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

CAMPUS CURITIBA

DEPARTAMENTO DE MECÂNICA

PROJETO FINAL DE CURSO II

JOÃO PAULO LANDRE LOT

MAURO EMILIO BIESEK JÚNIOR

SÉRGIO HENRIQUE LIEBL

TUTORIAL SOBRE RODAS LIVRES

CURITIBA

JUNHO – 2008

SUMÁRIO

1	APRESENTAÇÃO:	3
2	HISTÓRICO E EVOLUÇÃO:.....	5
3	CLASSIFICAÇÃO:	6
4	RODA LIVRE COM ACIONAMENTO MANUAL:	8
4.1	Manual com transmissão por luva ranhurada:	8
5	RODA LIVRE COM ACIONAMENTO REMOTO:	11
5.1	Acionamento por pressão de fluido:.....	11
5.2	Acionamento a vácuo:	14
5.3	Acionamento a cabo:.....	17
5.4	Acionamento Eletro-magnético:	20
6	RODA LIVRE AUTOMÁTICA:.....	23
6.1	Roda livre automática com acionamento por cames:	23
7	Novas concepções:	25

1 APRESENTAÇÃO:

Com o desenvolvimento dos veículos 4x4, surgiu a necessidade de desenvolver um dispositivo que permitisse que as rodas dianteiras ficassem livres do seu sistema de transmissão quando a tração 4x4 estivesse desligada. Essa necessidade surgiu pelo fato de que, esses veículos durante a maior parte do tempo transitam no modo 4x2, como um veículo de passeio. Nessa condição, o sistema de tração dianteira continuava girando, o que provocava desgaste no sistema de transmissão dianteira sem necessidade, além do aumento da inércia do veículo, o que aumentava o consumo de combustível e tempo para aceleração e desaceleração.

Com o desenvolvimento dos veículos 4x4, foram desenvolvidos veículos que não existe a opção 4x2, estando sempre no modo 4x4, são chamados de veículos com tração permanente e não utilizam rodas livre. Porém, a maioria dos veículos com tração nas quatro rodas permite que a tração nas quatro rodas seja acionada e desacionada pelo usuário. Esses veículos são chamados de *front wheel assist*, e são os veículos que utilizam o sistema de roda livre.

As rodas-livres são montadas nos cubos das rodas dianteiras permitindo que o usuário acople e desacople as rodas do sistema de tração dianteira (semi-eixos, diferencial, juntas homocinéticas, cardam entre outros) evitando a sua rotação e desgaste desnecessário. Além de tornar o veículo tão confortável e econômico quanto um automóvel comum 4x2, permite manter as características de tração e versatilidade 4x4, quando necessário.

Para entender melhor como o sistema funciona, observa-se a Figura 1, onde é possível visualizar a parte móvel do cubo da roda (4), onde a roda é fixada; a parte fixa (5), com a ponta de eixo (3) passando no seu interior; os rolamentos cônicos (1), e a posição da roda livre (2), onde encontra-se montada uma flange fixa. As flanges são os componentes que foram substituídos pelas rodas livre.

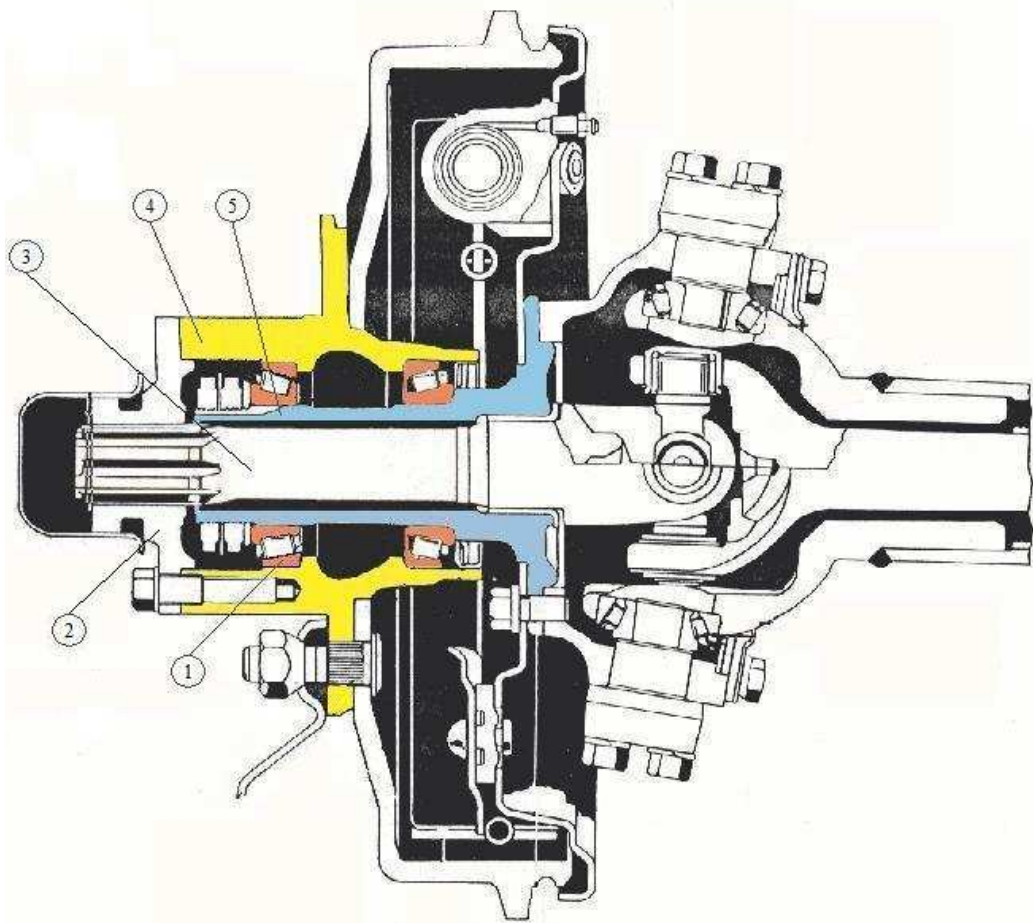


Figura 1 – Cubo dianteiro em corte

Na extremidade da ponta de eixo (3) é montada a roda livre, que também é fixada na parte móvel do cubo da roda (4). Quando a roda livre está desacionada, as duas partes, ponta de eixo (3) e cubo da roda (4), giram de forma independente uma da outra. A roda livre tem a função de promover o acoplamento entre esses dois componentes quando acionada, e transmitir o torque proveniente do motor, da ponta de eixo para a roda do veículo.

As rodas livre também encontraram aplicação na indústria, onde são conhecidas como contra-recuo.

2 HISTÓRICO E EVOLUÇÃO:

No início do século XX, o conceito de roda livre ainda não existia; o que havia eram projetos de embreagens, que de certa forma assemelham-se muito a alguns dos pedidos de patente para roda livre que surgiram posteriormente. Em janeiro de 1909, Alanson P. Brush fez um pedido de patente, que apresentava um mecanismo que permitia a movimentação da roda a uma velocidade maior que a velocidade do eixo de transmissão. Podemos considerar esse como o início da história das rodas livres. Com o auxílio da figura 2 é possível compreender melhor como ocorreu.

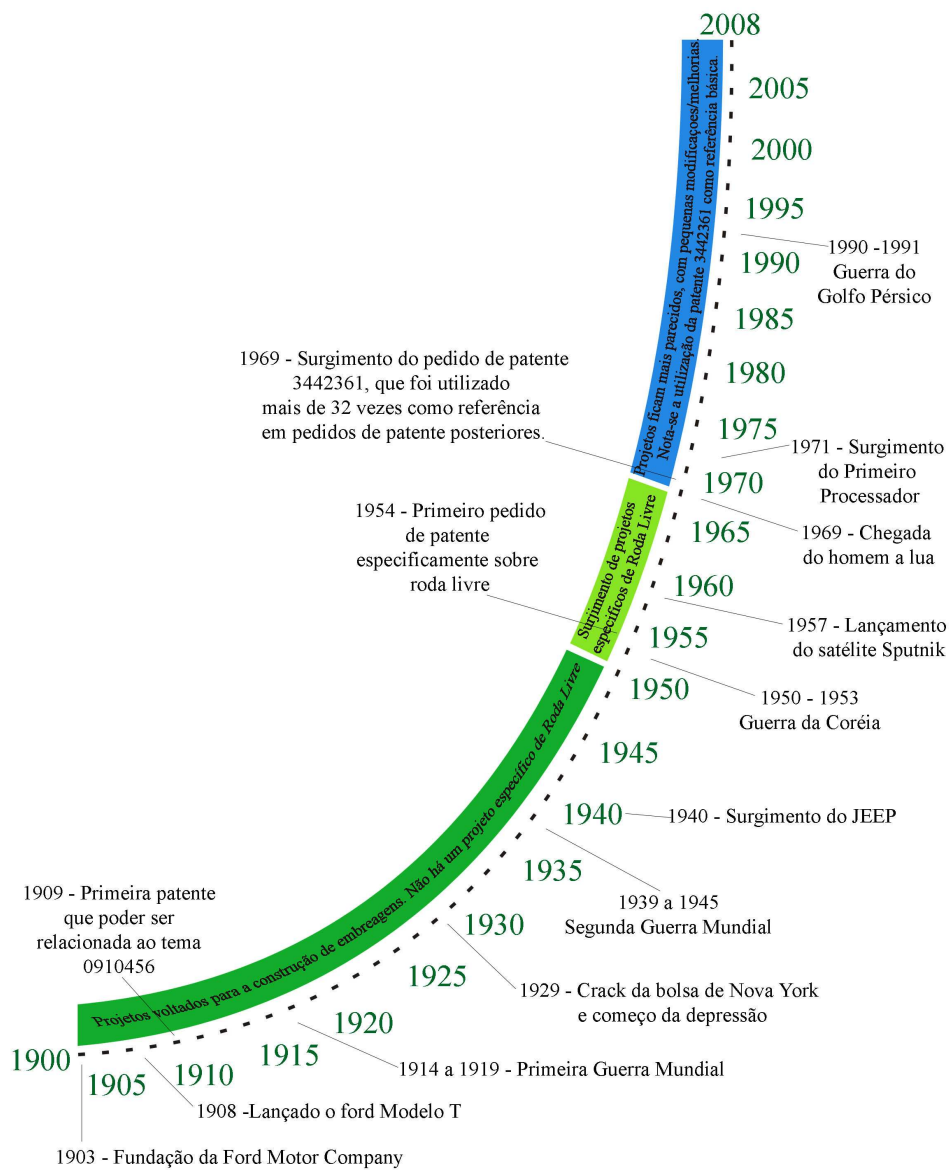


Figura 2 – Linha do Tempo

3 CLASSIFICAÇÃO:

Podemos classificá-las em função do modo de acionamento como, manual, manual com acionamento remoto e automático.

Segundo Niemann (Elementos de máquinas, 2000) as rodas livre podem ser classificadas conforme seus tipos construtivos em dois tipos principais:

- a) Roda livre radial com fluxo de forças no sentido radial;
- b) Roda livre axial com fluxo de forças no sentido axial.

Dentre as rodas livre do tipo “a”, Niemann (Elementos de máquinas, 2000) define os seguintes tipos de roda livre:

- a) Rolos de travamento com estrela interna;
- b) Corpos de travamento entre pistas concêntricas;
- c) Rolos de travamento com uma estrela externa;
- d) Com sapatas articuladas;
- e) Com cunhas curvas;
- f) Com fita helicoidal;
- g) Embutida;
- h) De cubo;
- i) Com rolamentos adicionais;
- j) Sem contato;
- k) Com possibilidade de desligar sob carga;
- l) Com molas independentes nos corpos de travamento;
- m) Com molas reforçadas;
- n) Com guia de gaiola.

Ainda, segundo Nieman (Elementos de máquinas, 2000), existem outros tipos de rodas livre que não são abrangidas pela sua classificação em função de ainda estarem em desenvolvimento, e, provavelmente, por desconhecimento do autor, o

que prova que esta classificação é incompleta; sugere-se então agrupar as rodas livres conforme o tipo de acionamento em manual, automático ou remoto.

Tabela 1 – Tipos de acionamentos para roda livre

Tipo de Acionamento	Subtipos de acionamento	
	Forma Principal	Subcategoria
Manual	Mecânico	Travamento
Acionamento Remoto	Elétrico	Induzido
		Microprocessado
	Fluido	Pressão positiva
		Vácuo
	Mecânico	Cabo
Automático	Mecânico	Atrito
		Por travamento;

4 RODA LIVRE COM ACIONAMENTO MANUAL:

Roda livre manual necessita acionamento junto ao cubo da roda, girando a chave de acionamento.

Este sistema é o mais utilizado devido à sua robustez, apresentando desgaste praticamente nulo, facilidade de manutenção quando necessário, e menor custo de aquisição dentre as opções encontradas no mercado. Em lugares onde ocorre formação de gelo junto ao chão, deve-se tomar cuidado ao sair do veículo para fazer o acionamento para que o veículo não deslize ao ficar freado somente pelas rodas traseiras causando algum acidente.

4.1 Manual com transmissão por luva ranhurada:

Esse modelo de roda livre é o mais usado, pois seu acionamento manual, com transmissão mecânica, passa muita confiança ao usuário de veículos 4x4. Seu funcionamento esquemático pode ser visto nas figuras 3 e 4.

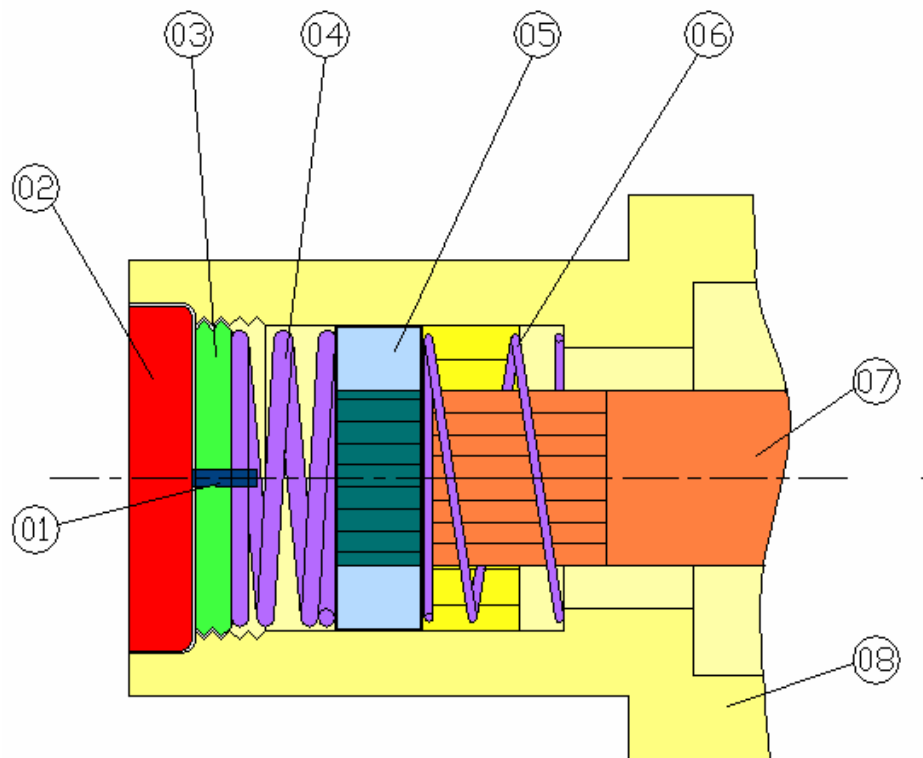


Figura 3 – Manual com transmissão por luva ranhurada - desacionada

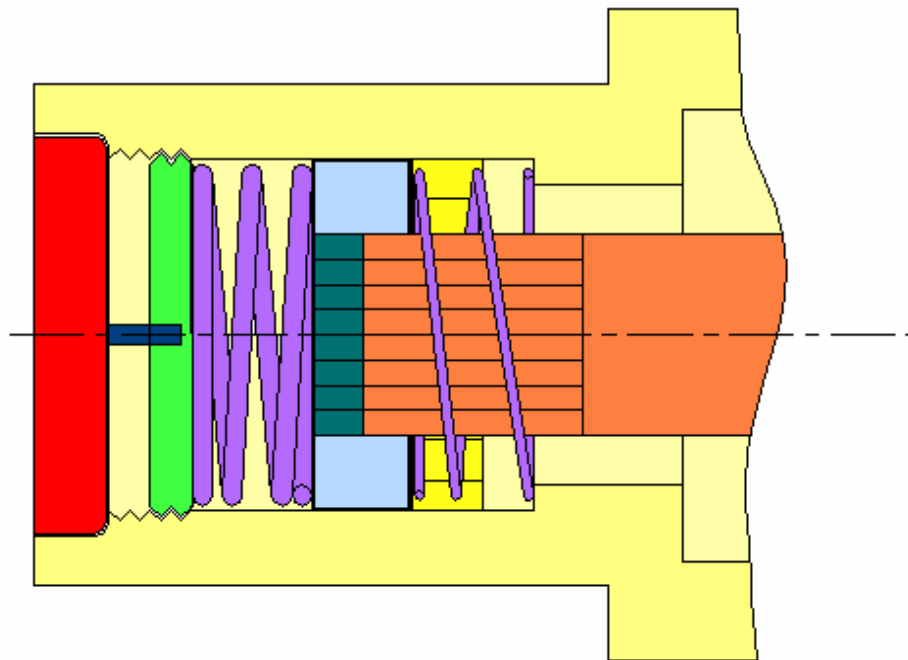


Figura 4 - Manual com transmissão por luva ranhurada desacionada – acionada

Essa roda livre é acionada ao girar a chave de acionamento (02) que está conectada ao acionador (03) pelo pino (01). Ao girar a chave de acionamento (02), no sentido horário, ocorre o avanço do acionador (03) que empurra a mola de acionamento (04), fazendo com que a luva de embreagem (05), que está conectado ao corpo da roda livre (08) por um ranhurado externo, se acople à ponta de eixo do veículo (07) através do ranhurado interno do anel. Ao acionar a roda livre, pode ocorrer que o ranhurado interno da luva de embreagem não esteja alinhado com o ranhurado da ponta de eixo. Nesse caso, o deslocamento gerado pelo acionamento é absorvido pela mola de acionamento até que o alinhamento ocorra e se complete o acionamento.

Para realizar o desacionamento, basta girar a chave de acionamento no sentido anti-horário até o final de seu curso. Dessa forma, o acionador (03) retornará a posição inicial e a mola de retorno (06) fará com que o anel de embreagem seja desacoplado da ponta de eixo do veículo.

Vantagens:

- Tem como característica principal sua grande resistência mecânica, sendo muito difícil ocorrências de falha;
- Baixo custo;
- Quase não necessita manutenção;
- Funcionamento silencioso;
- Permite utilização de freio motor.

Desvantagens:

- Usuário tem o desconforto de descer do veículo para acionar e desacionar.
- Risco de acidente no caso do veículo estar em solo muito liso e o condutor tiver que descer para acionar o dispositivo, o que deixaria o veículo freado somente pelas rodas traseiras.

Manutenção:

- Não exige manutenção periódica, podendo ficar vários anos em uso normal sem necessidade de manutenção.

5 RODA LIVRE COM ACIONAMENTO REMOTO:

As rodas livre com acionamento remoto são muitas vezes confundidas com as de acionamento automático, pois em diversos veículos o usuário não percebe o seu acionamento. Em alguns modelos o condutor aciona e desaciona o dispositivo do interior da cabina, através de alavanca, válvula, botão, cabo ou outra forma de mecanismo de acionamento. Nos modelos mais modernos esse acionamento ocorre sem interferência direta do usuário, pois ao acionar o sistema de transmissão dianteira, um sensor faz o acionamento da roda livre.

5.1 Acionamento por pressão de fluido:

Neste sistema de acionamento remoto há necessidade de uma bomba que deixe o fluido sob pressão para que no instante do acionamento o fluido tenha energia suficiente para promover o acoplamento. Esse tipo de roda livre pode ser desenvolvida para trabalhar tanto com fluido hidráulico como com ar. Nas figuras 5 e 6 é possível ver como o seu acionamento é feito.

É preferível utilizar fluido hidráulico para facilitar a vedação do sistema e também para facilitar a detecção de vazamentos.

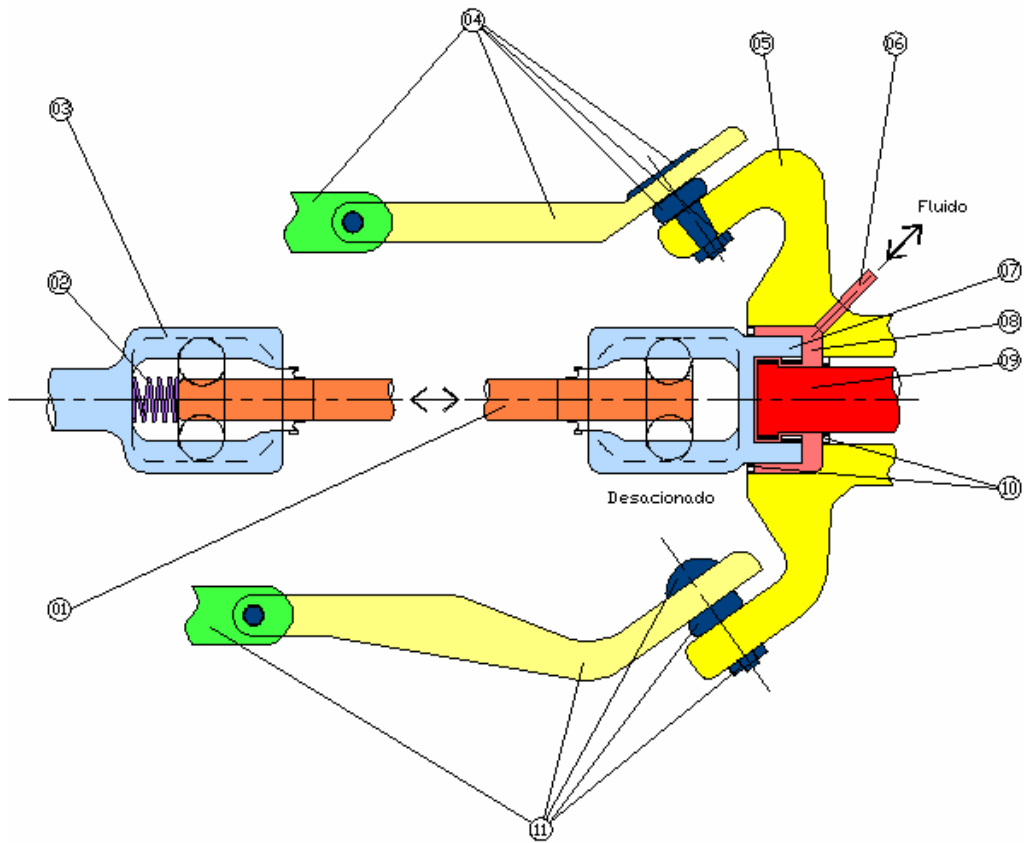


Figura 5 - Acionamento por pressão de fluido - Desacionada

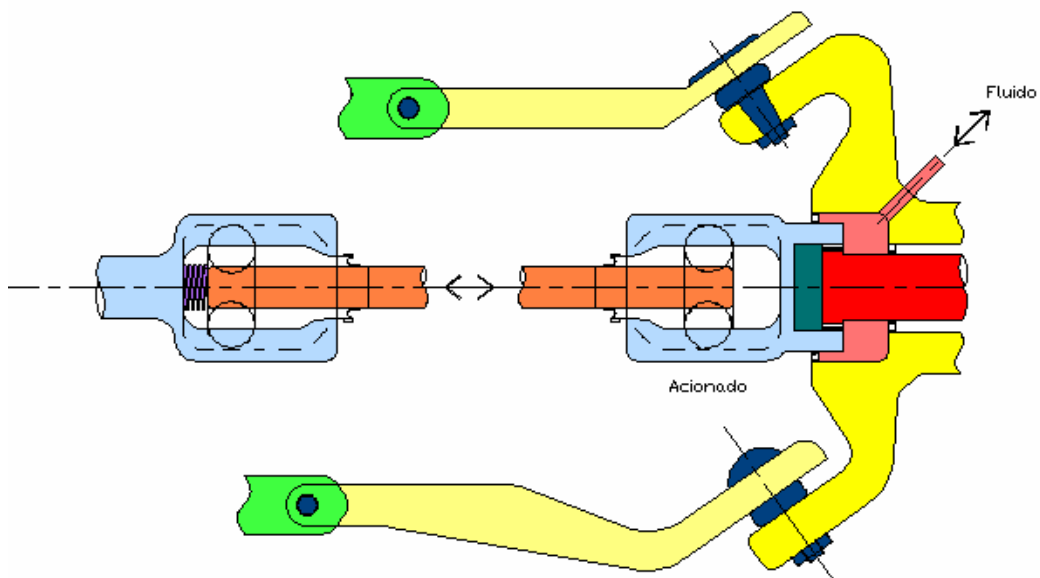


Figura 6 - Acionamento por pressão de fluido - Acionada

Esse sistema é acionado com o deslocamento do semi-eixo (01) dentro das juntas telescópicas universais (03) e (07). Neste caso, se torna aplicável

especialmente em veículos com suspensão independente. As bandejas superior e inferior estão representadas respectivamente por (04) e (11).

O acionamento desse sistema se dá remotamente através de uma chave, que pode ser instalada no painel do veículo. Ao acionar a válvula, o ar acumulado no reservatório de ar por um compressor, vai para o acumulador hidráulico forçando o fluido a sair, preenchendo a cavidade (08) da roda livre. Quando a cavidade é pressurizada, a ponta de eixo (01) é retraída, conectando a junta (07) ao cubo (09), acionando a roda livre e proporcionando tração ao veículo através da roda. Ao ser desligada a chave comutadora, a cavidade (08) é despressurizada e pela ação da mola (02) instalada na base da junta (03), o conjunto é desacionado.

Vantagens:

- Não precisa descer do veículo para acionar, facilitando acionamento.
- Acoplamento mecânico, tornando o sistema tão robusto quanto o sistema mecânico de acionamento manual.

Desvantagem:

- Caso ocorra vazamento do fluido o sistema pára de operar;
- Somente para veículos com suspensão independente;
- Esse tipo de roda livre exige que todo o eixo dianteiro seja adequado a sua utilização;
- Toco de madeira, pedra, e outros tipos de obstáculos podem romper a tubulação por onde o fluido passa e comprometer o seu funcionamento.

Manutenção:

- Verificar vazamentos em mangueiras e retentores regularmente;
- Substituir fluido hidráulico periodicamente conforme orientação do fabricante observando tipo de óleo e período de troca.

5.2 Acionamento a vácuo:

Acionamento é feito de forma remota no painel do veículo. O vácuo é fornecido por uma ligação feita no bloco de admissão. Seu funcionamento fica mais claro nas figuras 6 e 7.

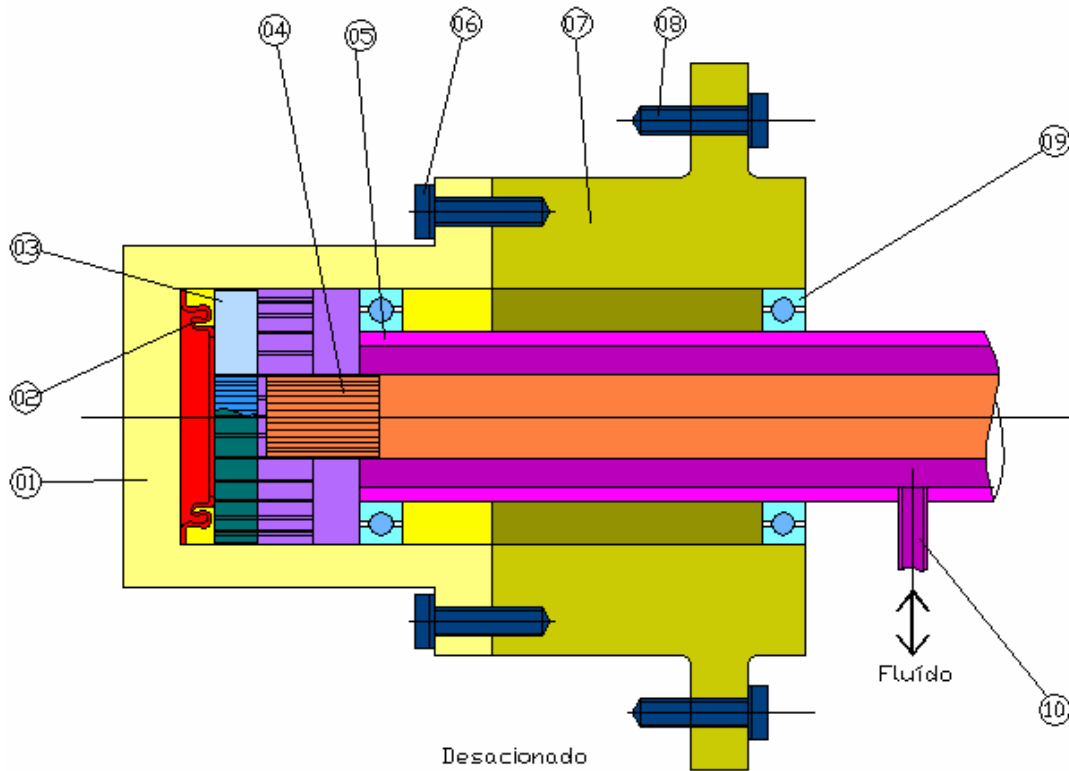


Figura 7 - Acionamento a vácuo - Desacionada

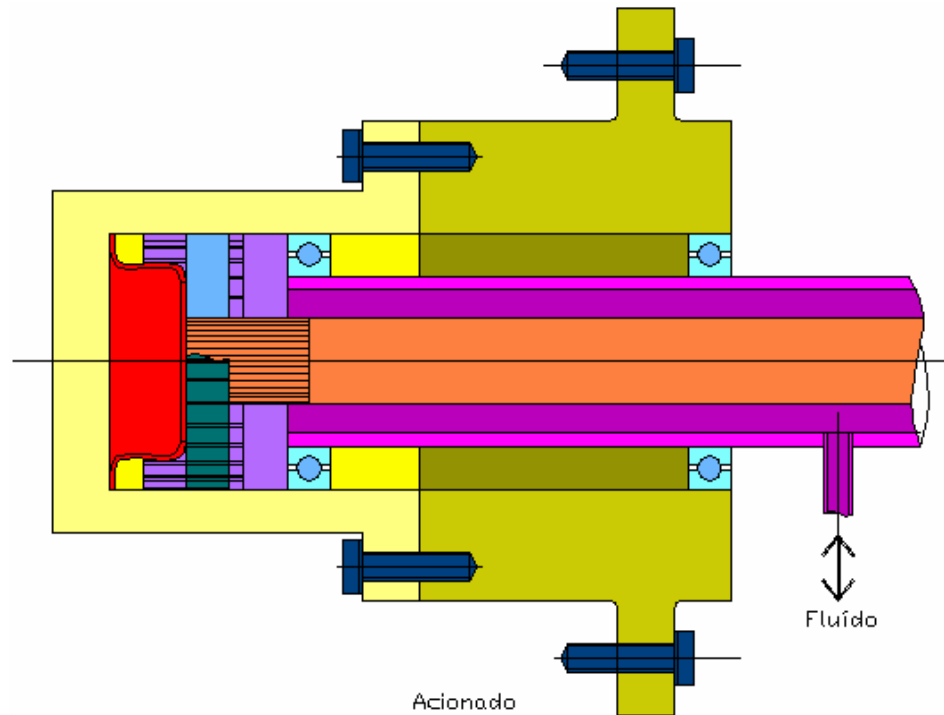


Figura 8 - Acionamento a vácuo - Acionada

Seu acionamento ocorre pela pressão negativa gerada por um sistema a vácuo sobre a membrana de acionamento (02) provocando um movimento axial do anel de acionamento (03), conectando a parte interna do corpo da roda livre (01), que gira na mesma velocidade da roda do veículo, com o ranhurado externo do eixo (04). O objetivo é unir o conjunto girante do cubo da roda (07) ao eixo do veículo que está parado, transmitindo a tração.

O desacionamento ocorre quando o sistema de vácuo é desacionado e a membrana (02) puxa o anel de acionamento (03) para a posição original, liberando o eixo (04) e cessando seu movimento.

O desenho mostra, em sua parte superior, o conjunto na posição “desacionado”. Na parte inferior o conjunto na posição “acionado”.

Vantagem:

- Pode ser adaptado em qualquer veículo *Front Wheel Assist*,
- O usuário não precisa descer do veículo para o acionamento
- Acoplamento mecânico, tornando o sistema tão robusto quanto o sistema mecânico de acionamento manual.

Desvantagem:

- Pedacos de toco, pedra, e outros podem romper a tubulação por onde o fluido passa e comprometer o seu funcionamento.

Manutenção:

- Verificar se há vazamentos em mangueiras e retentores, regularmente.
- Lubrificar os componentes mecânicos

5.3 Acionamento a cabo:

Esse modelo de roda livre é acionada da cabina do veículo por um cabo que ao ser tracionado comuta a posição do garfo acionador, que por sua vez move o colar acionador transmitindo o movimento, figuras 9 e 10.

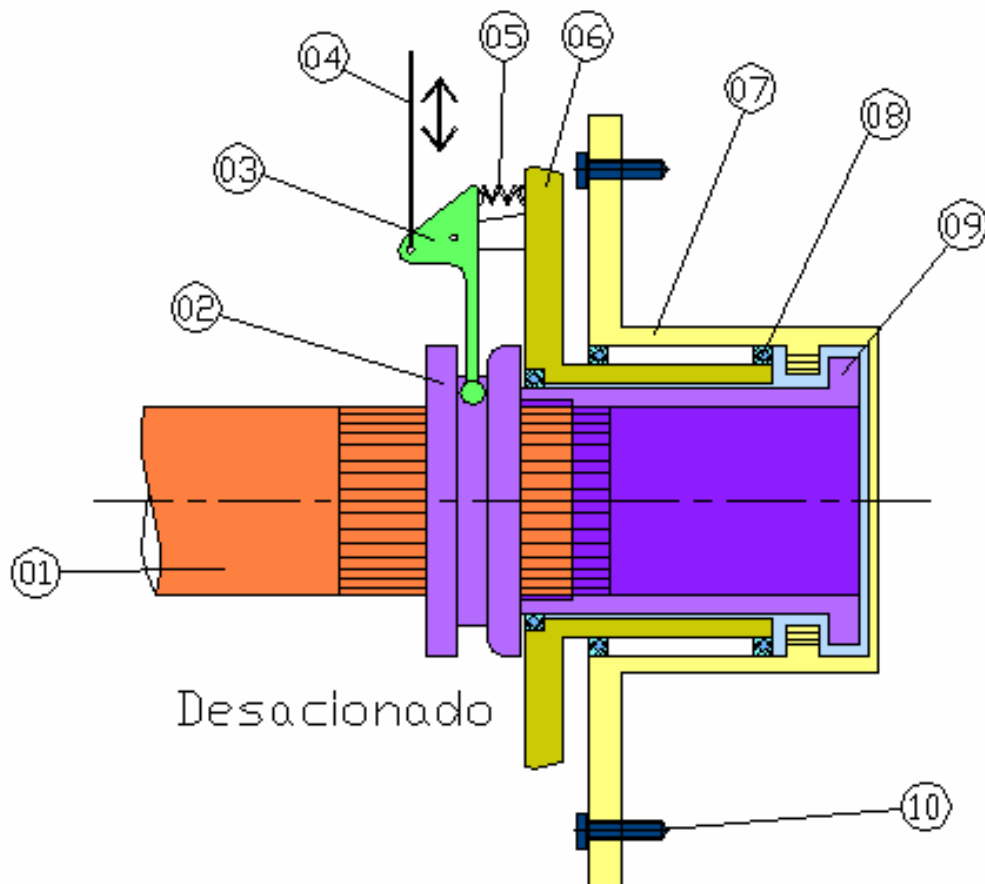


Figura 10 – Acionamento a Cabo - Desacionada

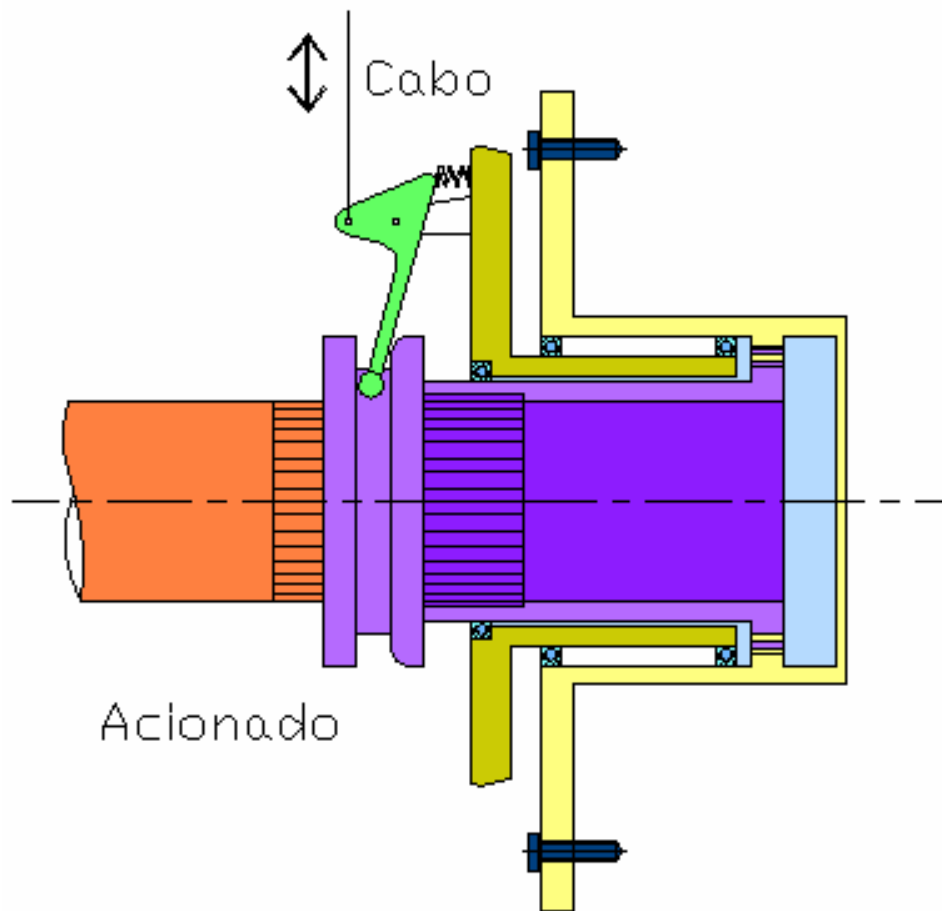


Figura 11 – Acionamento a Cabo - Acionada

O acionamento de uma alavanca de dentro da cabine pelo motorista, provoca o movimento do cabo (04) girando o acionador da roda livre (03) e pressionando a mola de retorno do cabo (05) que se mantém assim enquanto a roda livre está acionada. O giro do garfo acionador (03) provoca movimento axial do colar acionador (02) que está conectado ao puxador (09), que por sua vez envolve a ponta de eixo (01) em sua porção final, promovendo o acoplamento do puxador (09) ao ranhurado interno da carcaça da roda livre (07) que gira sobre o cubo da roda (06) apoiada sobre rolamentos (08). Esse acoplamento pode acontecer com o veículo parado ou em movimento.

O desacionamento da roda livre acontece com a liberação do cabo (04) pelo motorista fazendo com que a mola (05) se descomprima, girando o acionador (03) que empurrará o colar (02) e o puxador (09) de forma a desacoplar-se da ranhura

interna da carcaça da roda livre, fazendo com que a roda do veículo gire independente do eixo do veículo que irá parar.

Vantagem:

- O usuário não precisa descer do veículo para o acionamento
- Sistema de travamento tão robusto quanto o mecânico.

Desvantagem:

- Sujeito a rompimento do cabo de acionamento, por obstáculos e conseqüente falha de acionamento.

Manutenção:

- Realizar limpeza do condute do cabo e eventual troca;
- Verificar engraxamento do anel acionador regularmente, para evitar travamento. Não é obrigatório o uso de graxa grafitada (Molikote).
- Verificar e trocar vedações regularmente

5.4 Acionamento Eletro-Magnético:

Esse sistema de acionamento está sendo muito usado por diversas montadoras. Funciona bem, mas fica a ressalva para a utilização ostensiva com as rodas livre submersas. É um sistema de acionamento remoto que não trabalha com fluido, figuras 11 e 12.

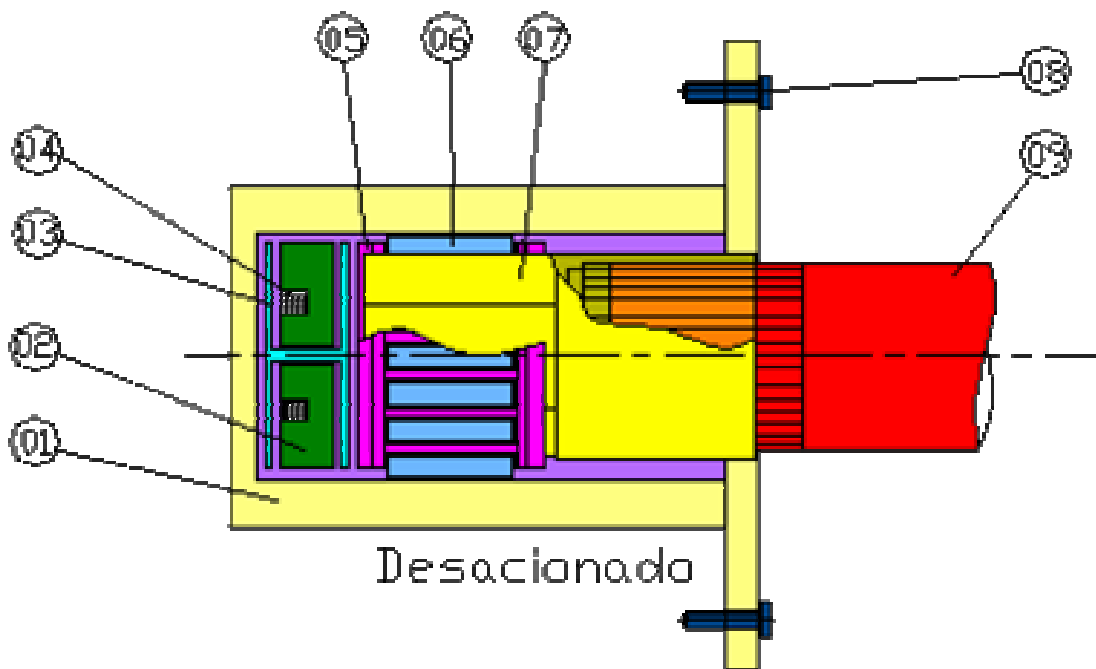


Figura 12 – Acionamento Eletro-Magnético – Desacionada

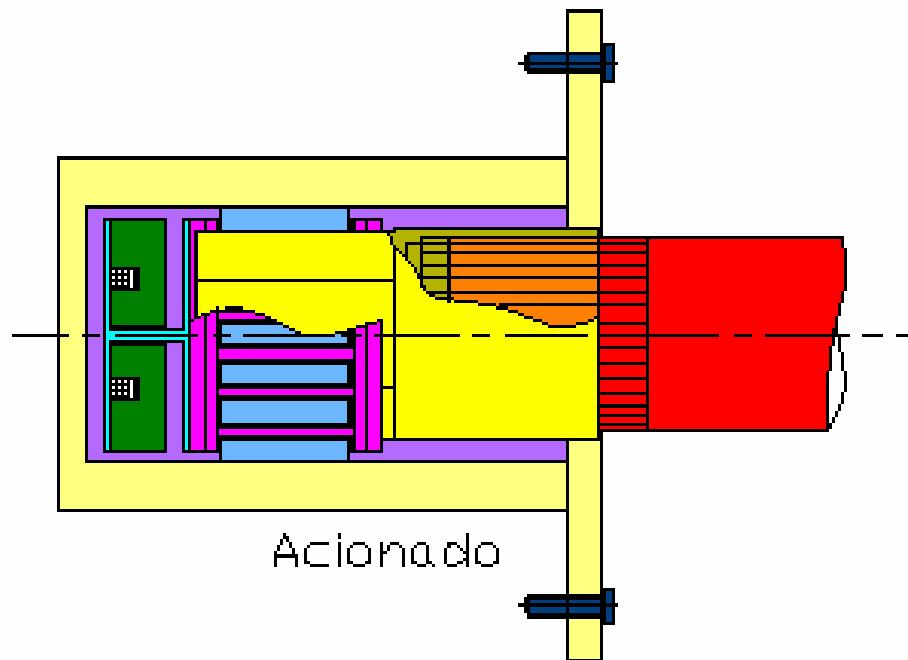


Figura 13 – Acionamento Eletro-Magnético – Acionada

Acionando-se uma chave comutadora dentro do veículo aciona-se a bobina (04) que movimentará o acionador do freio (03) em direção à gaiola (05), provocando movimento relativo entre este e o came acionador (07) através dos roletes (06). O atrito proporcionado pelo contato da gaiola (05) pressionando os roletes (06) contra o came acionador (07) gira o came que está conectado à ponta de eixo (09) que fará com que a roda do veículo fixada pelo parafuso (08) seja tracionada. Notar que o acionamento do freio é necessário somente para que a gaiola (05) pressione os roletes (06) contra a parede interna do came acionador (07) da ponta de eixo (09) no momento do acionamento, pois ele girará juntamente com a gaiola (05).

Vantagem:

- Não trabalha com fluido, eliminando inconveniente com vazamentos.
- O usuário não precisa descer do veículo para o acionamento

Desvantagem:

- Se o veículo trafegar em terreno com muita umidade e barro, pode haver falha do sistema elétrico.

Manutenção:

- Limpar contatos elétricos, evitando possíveis falhas no acionamento;
- Conveniente verificar presença de água no mecanismo, caso utilizado em ambiente aquoso.

6 RODA LIVRE AUTOMÁTICA:

São aquelas em que o acionamento ocorre sem interferência do condutor ou dispositivo remoto.

Com o início do funcionamento do sistema de transmissão dianteira, que é acionado pela caixa de transmissão, a roda livre aciona-se automaticamente. O sistema de transmissão é acionado pelo usuário quando há interesse.

6.1 Roda livre automática com acionamento por cames:

Para melhor explicar o funcionamento desse tipo de roda livre, vamos usar o desenho esquemático abaixo.

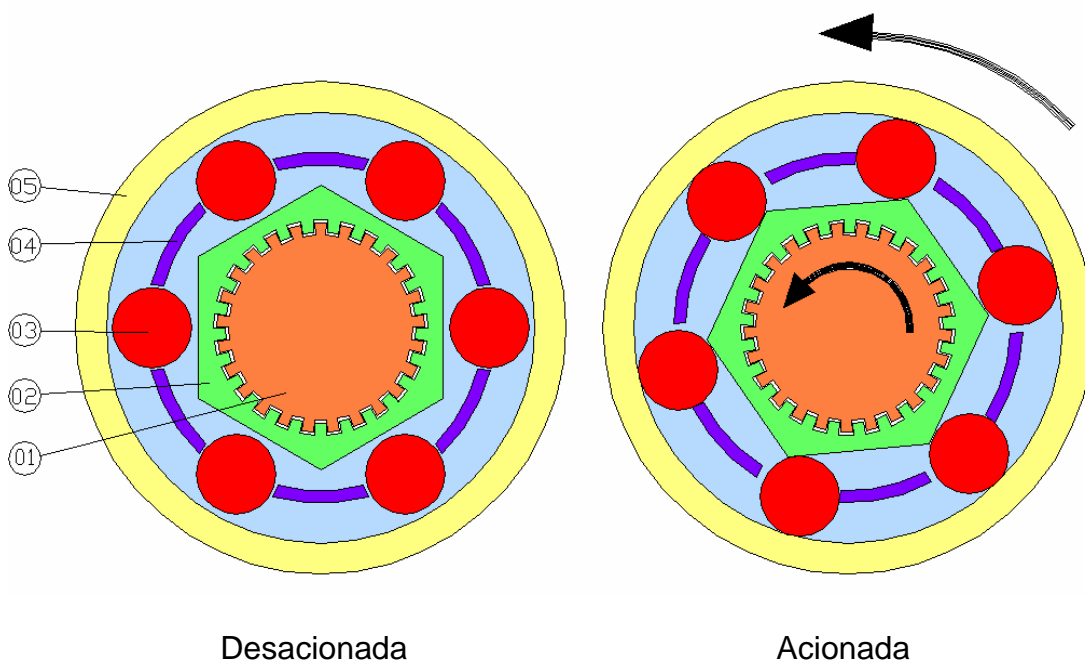


Figura 14 Esquema de funcionamento da roda livre automática com acionamento por cames

Esse modelo de roda livre tem acionamento automático. Seu acionamento ocorre quando é acionada a alavanca da tração, dentro do veículo, e a ponta de eixo do veículo (01) começa a girar. A gaiola separadora de roletes (04) é acoplada por atrito com o cubo da roda. Esse acoplamento tem o objetivo de impedir a rotação da gaiola até o travamento dos roletes, criando um ângulo diferencial entre a rotação

dela e do came de acionamento (02), para que os roletes (03) sejam comprimidos contra a carcaça da roda livre (05) transmitindo a tração da ponta de eixo (01) para a roda que é fixada à carcaça da roda livre.

Vantagem:

- Não necessita acionamento.
- Roda livre é acionada automaticamente ao se acionar a tração.
- Não possui cabos, mangueiras, fios ou qualquer outro componente externo que possa enroscar e danificar o mecanismo.

Desvantagem:

- É comum a ocorrência de falhas nos dispositivos existentes quando o veículo se encontra em meio à lama e somente as rodas da frente estão tracionando.

Manutenção:

- Efetuar engraxamento com graxas grafitadas (Molikote).
- Substituir freios (componente interno da roda livre) regularmente;

7 NOVAS CONCEPÇÕES:

Duas novas concepções de rodas livre foram desenvolvidas e testadas no primeiro semestre de 2008 pelos formandos de Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, João Paulo Landre Lot; Mauro Emílio Biesek Júnior e Sérgio Henrique Liebl.

Os dois projetos desenvolvidos possuem travamento mecânico, a fim de garantir perfeito funcionamento nas mais adversas situações. Os projetos foram testados para funcionamento bidirecional e na utilização de freio motor.

O que chama a atenção nesses projetos é que ambos possuem acionamento automático, garantindo ao usuário a tranquilidade de ter uma roda livre com travamento mecânico e a comodidade de uma roda livre automática.

Os dois protótipos foram desenvolvidos e testados em um Jeep Willys, sendo que ambos funcionaram.

Maiores detalhes serão divulgados assim que o processo de registro das patentes estiver concluído.

Vantagem:

- Travamento mecânico
- A roda livre é acionada automaticamente ao se acionar a tração.
- Não possui cabos, mangueiras, fios ou qualquer outro componente externo que possa enroscar e danificar o mecanismo.