

AS TRANSMISSÕES MECÂNICAS NOS TRATORES

1996

ÍNDICE

1- Introdução	1
2- Alguns conceitos de física e mecânica	1
3- Engrenagens e os trens de engrenagens	4
3.1- Engrenagens	4
3.2- Trens hepíclóidal	5
3.2.1- Constituição de um trem hepíclóidal	6
3.2.2- Aplicações dos trens epíclóidais	6
4- As transmissões mecânicas para as rodas motrizes	8
4.1- Embraíagem	8
4.1.1- Embraíagem monodisco de simples efeito	9
4.1.2- Embraíagem de dois discos e duplo efeito	11
4.1.3- Embraíagem de dois discos e comandos separados	12
4.1.4- Embraíagem multidiscos	13
4.2- Caixa de velocidades	14
4.2.1- Caixa de velocidades convencional	14
4.2.1.1- Caixa de velocidades com carretos deslizantes	15
4.2.1.2- Caixas de velocidades com carretos permanentemente engrenados	16
4.2.1.3- Mangas deslizantes	16
4.2.1.4- Dispositivos sincronizadores	17
4.2.2- Amplificadores de tração e caixas de velocidades semi-automáticas	19
4.2.2.1- Amplificadores de tração	20
4.2.2.1.1- O sistema amplificador «Hi-Lo»	20
4.2.2.1.2- O sistema amplificador «Dual-Power»	21
4.2.2.1.3- O sistema amplificador «Tratorshift»	22
4.2.2.2- caixas de velocidades semi-automáticas	24
4.3- Ponte traseira	25
4.3.1- Par cónico	25
4.3.2- Diferencial	25
4.3.3- Redutores finais	27
4.4- Ponte traseira	28
5- As transmissões mecânicas para a tomada de força	30
5.1- Tomada de força motor	31
5.1.1- Tomada de força dependente	31
5.1.2- Tomada de força semi-dependente	32
5.1.3- Tomada de força independente	33
5.1.4- Tomada de força totalmente independente	33
5.2- Tomada de força trator	34

6- A automatização nos comandos das transmissões	34
Bibliografia	36

1- Introdução

As transmissões constituem o conjunto de elementos das cadeias cinemáticas e dinâmicas que ligam o motor aos diferentes órgãos que desenvolvem potência; a transmissão da potência motor a estes órgãos é geralmente efetuada por dispositivos mecânicos e hidráulicos, devendo, em qualquer dos casos, estes estarem adaptados ao equipamento por forma a permitir a melhor utilização das potencialidades do motor.

Relativamente às diferentes formas de transmissão, apenas vão ser abordadas as transmissões mecânicas utilizadas na translação do trator e acionamento da tomada de força. Este tipo de transmissão, constituído por engrenagens ou trens de engrenagens, necessita, geralmente, para a alteração do regime, de ser interrompido, não existindo assim uma variação contínua de velocidade, mas várias relações de velocidades.

2- Alguns conceitos de física e mecânica

O estudo das transmissões mecânicas pressupõe um conhecimento de alguns conceitos de física e mecânica dos quais se destacam a força, o trabalho realizado pela força, a pressão, o binário, o trabalho realizado pelo binário, a velocidade, o regime, a velocidade angular, a potência, a transmissão da velocidade, a transmissão do binário, a transmissão da potência e o atrito

Força (F), expressa em Newton (N), define-se como tudo o que é susceptível de mudar o estado de repouso ou movimento de um corpo, ou de provocar a sua deformação; qualquer força caracteriza-se por apresentar um ponto de aplicação, uma direção, um sentido e uma intensidade.

O trabalho de uma força (W), desde que esta tenha uma direção, sentido e intensidade constante, corresponde ao produto da intensidade da força (F) pela projeção do deslocamento (d) do ponto de aplicação sobre a direção da força, ou seja:

$$W = F * d * \cos \alpha$$

em que W é expressa em Joules, F em Newton e d em metros.

A pressão, expressa em Pa, representa o quociente entre a força exercida numa dada superfície e a área desta; 1 Pa corresponde à pressão que resulta da aplicação de uma força de 1 N numa superfície de 1 m². Os múltiplos do Pa são o bar (1 bar = 100 000 Pa) e o megapascal (Mpa = 1 000 000 Pa).

O binário é o conjunto de duas forças iguais e de sentido contrário que atuam perpendicularmente nas extremidades de um braço. O momento do binário (Mc), expresso em N.m, é o produto da intensidade de uma dessas forças (F) pelo comprimento do braço (l), ou seja:

$$Mc = F * l$$

Quando o binário motor é igual ao binário resistente a velocidade do trator mantém-se constante, quando é maior que o resistente o trator acelera e quando é menor o trator perde velocidade.

O trabalho de um binário, expresso em Joules, é produto do momento do binário (Mc) pelo deslocamento angular dado em radianos (rad), ou seja:

$$W = Mc * \alpha = F * r * \alpha$$

Velocidade é a distância linear percorrida numa unidade de tempo; é geralmente definida em m / s, embora se utilize frequentemente o km / h.

O regime é a velocidade de rotação de um corpo girando em torno de um eixo, expresso em número de voltas por unidade de tempo, por exemplo, em rotações por minuto (tr / mn).

Velocidade angular, expressa em radianos por segundo (rad / s), é a velocidade (ω) de um corpo, animado de uma rotação uniforme em volta de um eixo, e que gira um radiano num segundo (1 tr / mn = 2π radianos por minuto = 0.104 rad / s).

Potência (P) é a quantidade de trabalho produzida ou gasta na unidade de tempo (t), geralmente o segundo (s), ou seja:

$$P = \frac{W}{t}$$

A unidade de potência é o Watt (W), sendo 1 W = 1 J / s, e o seu múltiplo o kW; o cavalo foi a unidade anteriormente utilizada (1cv = 0.736 kW).

Considerando o trabalho resultante de um binário, a potência correspondente ao produto do momento do binário (Mc) pela velocidade angular (ω) é dada por:

$$P = \frac{W}{t} = Mc * \frac{\alpha}{t} = Mc * \omega$$

A transmissão mecânica mais simples utiliza dois carretos de diâmetros diferentes, perfeitamente engrenados, sendo a relação de transmissão, designada por razão do trem de engrenagens, dado por:

$$- r = \frac{\omega B}{\omega A}$$

O valor de r negativo indica que os carretos giram em sentido inverso.

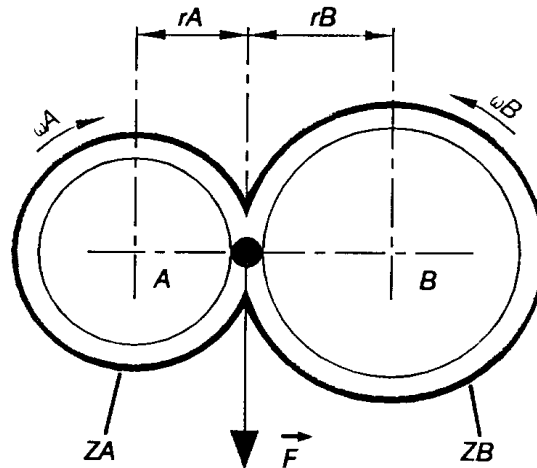


Figura 1- Representação de uma transmissão mecânica elementar
 Fonte: CEMAGREF (1991)

Considerando o número de dentes do carreto A como Z_A e o de B como Z_B , e que a relação das velocidades de rotação dos dois carretos é igual à relação inversa do número de dentes, tem-se:

$$r = \frac{\omega_B}{\omega_A} = \frac{-Z_A}{Z_B}$$

o que equivale a dizer que, para um dado ponto de contacto dos carretos, passam o mesmo número de dentes durante um dado intervalo de tempo.

Relativamente a um conjunto de carretos a razão do trem de engrenagens é dada pela relação entre a velocidade angular de saída e a de entrada, ou, entre o produto do número de dentes condutores e o produto do número de dentes conduzidos, ou seja:

$$r = \frac{\omega_f}{\omega_i} = \frac{\text{produto do número de dentes condutores}}{\text{produto do número de dentes conduzidos}}$$

A transmissão do binário entre dois carretos processa-se da mesma forma que numa alavanca, sendo o ponto de contacto o ponto de aplicação da força tangencial (F). Assim, considerando a figura 1, o binário no carreto A é dado por $F \cdot r_A$ e no B por $F \cdot r_B$, sendo o binário neste último superior pois o raio também o é. A potência transmitida é dada por:

$$P = C \cdot \omega$$

em que P é expresso em W, C em daN e ω em rad / s.

A transmissão da potência permite adaptar o binário e a velocidade às condições de trabalho. Considerando um trator de duas rodas motrizes com 73.9 kW de potência nominal, às 2300 tr / mn, um binário motor de 307 N.m, um rendimento à transmissão de 0.9 (90%) e com um raio, em carga, das rodas motrizes de 0.85 m, a trabalhar com uma charrua à velocidade de 6.6 km / h, tem-se:

- potência de tração disponível em cada roda motriz = $\frac{73900 * 0.9}{2} = 33\ 255\ \text{W}$;

- velocidade das rodas = $\frac{6600}{3600} = 1.83\ \text{m / s}$, a que corresponde uma velocidade angular de $\frac{1.83}{0.85 * 2 * \pi} * 2\pi = 2.15\ \text{rad / s}$;

- binário aplicado a cada roda motriz = $\frac{33255}{2.15} = 15\ 467\ \text{N.m}$;

- força de tração teórica (sem perdas por rolamento) = $\frac{15467}{0.85} * 2 = 36\ 393\ \text{N}$

A diferença entre o binário nas rodas motrizes e o binário motor resulta da transmissão, que deve permitir adaptar a potência do motor às condições de trabalho, privilegiando, nas mobilizações, o binário nas rodas que é o fator fundamental para desenvolver força de tração.

3- Engrenagens e os trens de engrenagens

As transmissões mecânicas de movimento utilizam diferentes tipos de engrenagens e trens de engrenagens.

3.1- Engrenagens

As engrenagens utilizadas nas transmissões são de dentes cilíndricos diretos e de dentes helicoidais.

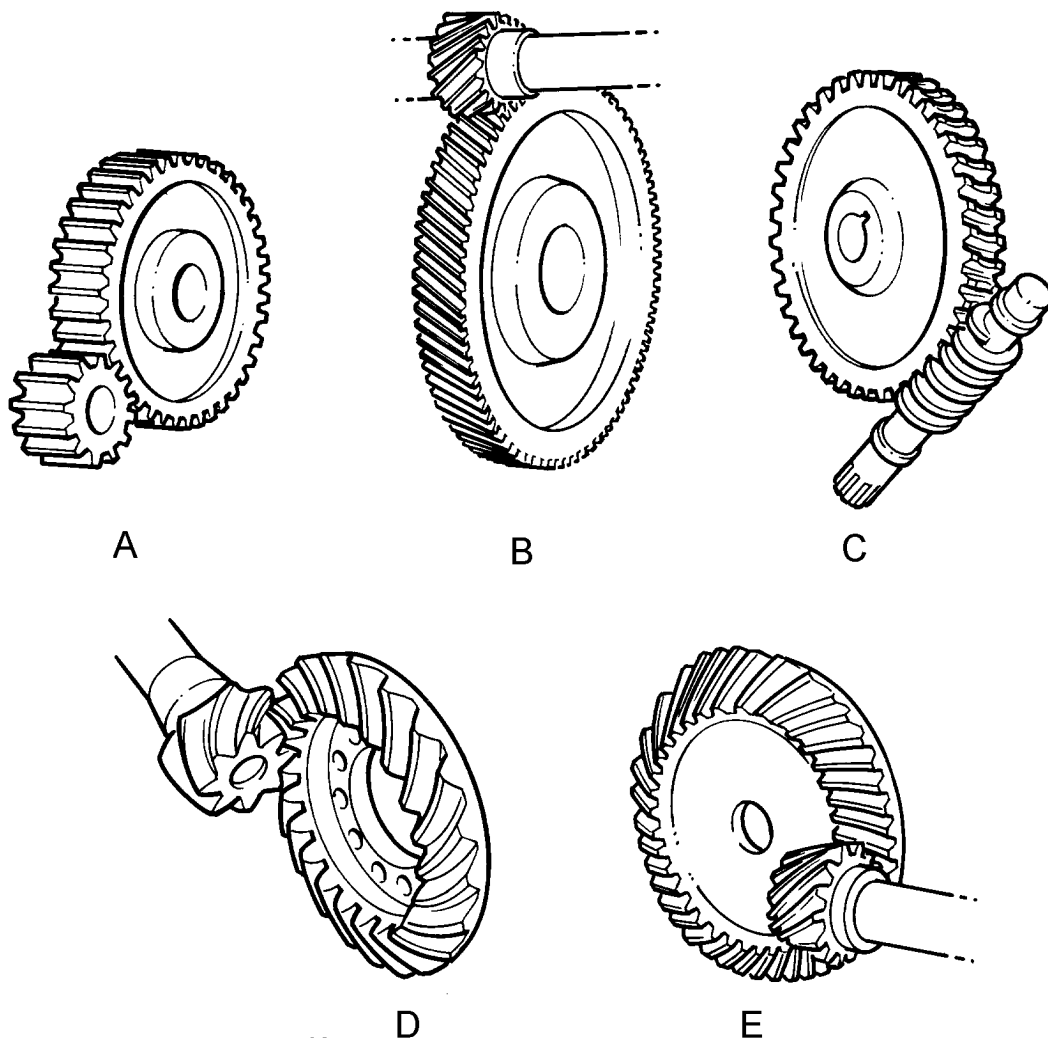


Figura 2- Diferentes tipos de engrenagens

A- Carretos cilíndricos de dentes diretos B- Carretos cilíndricos de dentes helicoidais C- Coroa dentada e parafuso sem-fim D- Carretos cônicos helicoidais E- Carretos hipóides
 Fonte: CEMAGREF (1991).

3.2- Trens hepicicloidais

Os trens epicicloidais, também designados por trens planetários, são mecanismos constituídos por vários carretos engrenados entre si e que estão montados em veios paralelos.

A utilização de pares de carretos a funcionar como redutores tem como principal inconveniente o volume ocupado, situação que é agravada quando se pretende inverter o sentido de rotação do veio conduzido pois, neste caso, é necessário intercalar entre este e o condutor, um terceiro carreto.

3.2.1- Constituição de um trem hepicicloidal

Os trens hepicicloidais permitem diminuir o volume dos redutores, pois tornam possível substituir o carreto maior (conduzido) por uma roda de coroa, com dentes interiores, que está ligada

ao veio de saída, que se encontra no seguimento do veio de entrada (veio do carreto condutor). Este conjunto, em que os veios são coaxiais, forma um trem epicycloidal; esta designação deve-se à forma da trajetória percorrida por um ponto da circunferência de um satélite em relação à roda de coroa, durante o movimento desta.

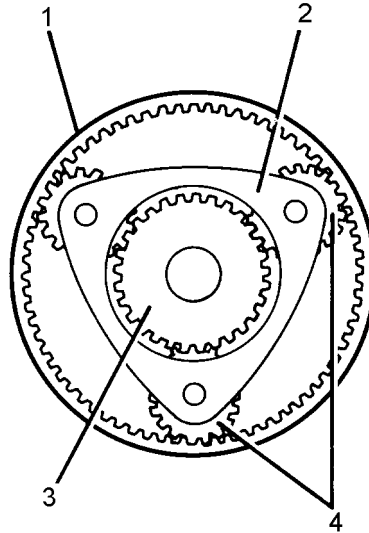


Figura 3- Representação esquemática de um trem hepicycloidal
1- Roda de coroa 2- Porta - satélites 3- Planetário 4- Satélites
Fonte: CEMAGREF (1991).

Como se pode observar na figura 3, um trem epicycloidal é constituído por um carreto central, designado por planetário ou solar, carretos intermédios, que giram loucos no seu eixo, que são os satélites, e a roda de coroa. A designação de satélites prende-se com o movimento que estes carretos têm quando a roda de coroa não roda, pois giram em torno do seu eixo e deslocam-se no interior da roda de coroa e à volta do planetário, à semelhança do movimento da terra em torno do sol; para um maior equilíbrio estes trens têm mais que um satélite cujos eixos se reúnem num mesmo porta - satélites.

3.2.2- Aplicações dos trens epicycloidais

A utilização mais frequente dos trens epicycloidais é para redução dos regimes por forma a aumentar-se o binário disponível no veio de saída; o caso mais comum é a sua aplicação como redutores finais nas transmissões às rodas e nas caixas de velocidades semi-automáticas, em que se pode utilizar mais que um trem.

Relativamente à variação da quantidade do movimento esta depende do número de dentes do planetário e da roda de coroa, pois a redução será tanto maior quanto maior for o número de dentes da roda de coroa e menor o do planetário.

Quadro 1- Variação da quantidade de movimento de um trem epicycloidal em que a roda de coroa tem 60 dentes e o planetário 20.

Entrada do movimento	Peça fixa	Saída do movimento	Relação entre o regime do veio de saída e o de entrada	Inversão	
				r: redução m: multiplicação	s:sim n:não
Planetário	Coroa	Porta-satélites	1/4	r	n
Planetário	Porta-satélites	Coroa	1/3	r	s
Coroa	Planetário	Porta-satélites	3/4	r	n
Coroa	Porta-satélites	Planetário	3	m	s
Porta-satélites	Planetário	Coroa	4/3	m	n
Porta-satélites	Coroa	Planetário	4	m	n

Para além da variação da quantidade de movimento os trens podem ser utilizados para inversão do sentido de rotação do movimento do veio de saída.

A determinação da variação de quantidade de movimento e sentido de rotação pode ser efectuado utilizando um método vectorial, onde estão representados o planetário, porta-satélite e a roda de coroa.

Assim, considerando a figura 4-A observa-se que quando a entrada de movimento se faz pelo planetário e o elemento fixo é a roda de coroa a saída efectua-se pelo porta-satélites, sendo o sentido da rotação igual ao do elemento de entrada e a quantidade de movimento inferior a este (1/4). Na figura 4-B a entrada do movimento faz-se pelo planetário, mas é o porta-satélites que se encontra imobilizado pelo que a saída se faz pela roda de coroa, sendo o movimento de sentido contrário ao da entrada e desmultiplicado (1/3).

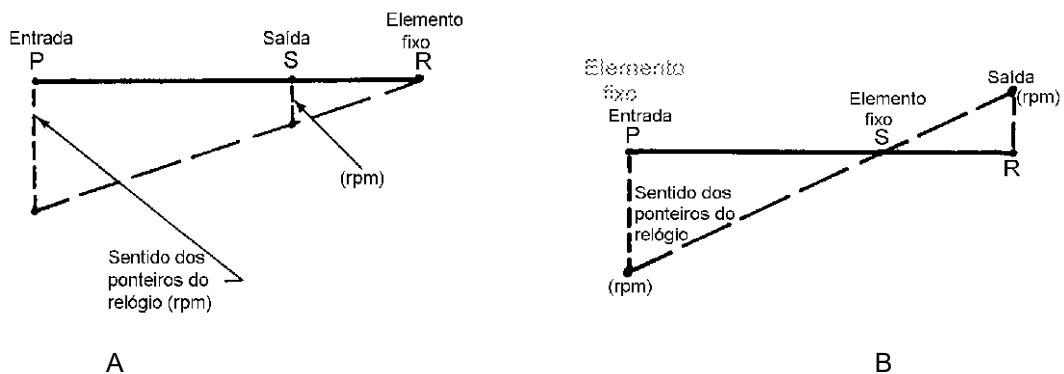


Figura 4- Representação vectorial do movimento num trem epicycloidal

P- planetário S- Porta-satélites R- Roda de coroa

Fonte: AAVIM

4- As transmissões mecânicas para as rodas motrizes

A cadeia de transmissão para as rodas motrizes apresenta os seguintes elementos:

- embraiagem;
- caixa de velocidades;

- ponte traseira;
- ponte dianteira

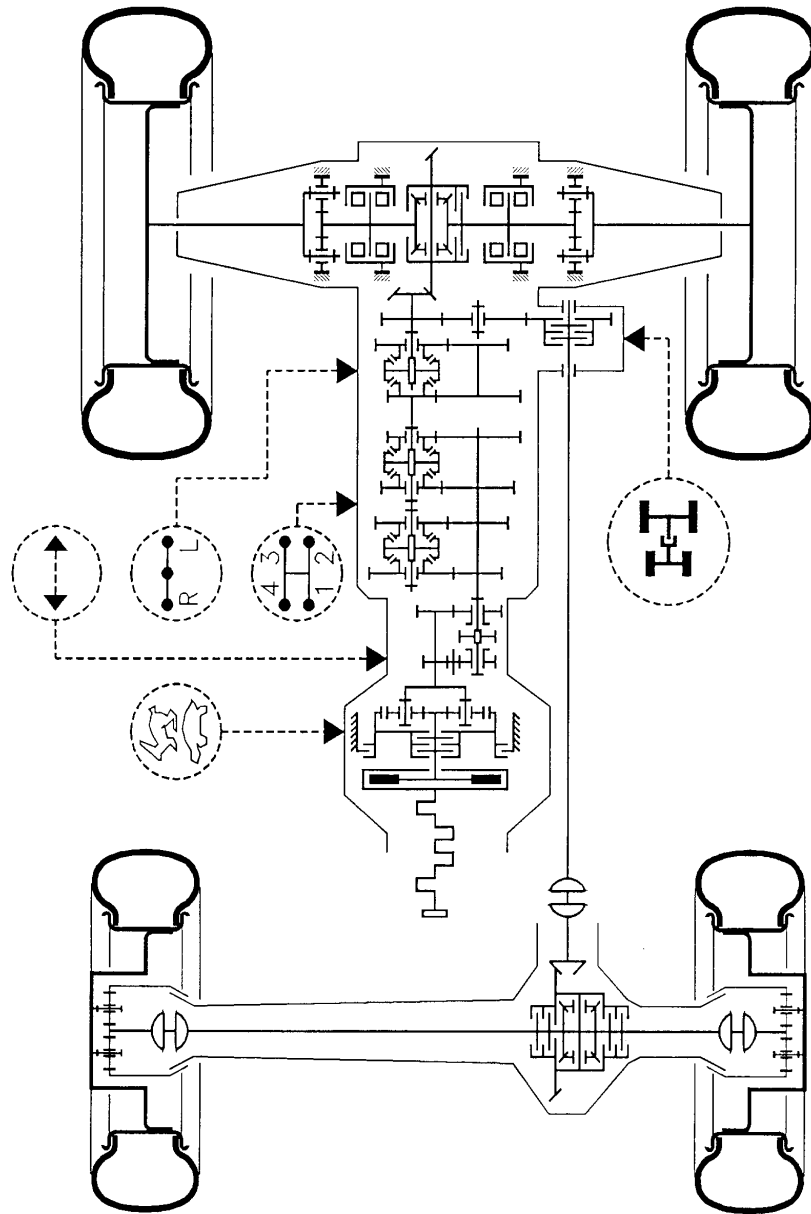


Figura 5- Representação da cadeia cinemática de um trator de quatro rodas motrizes
 Fonte: CEMAGREF (1991).

4.1- Embraiagem

A embraiagem é o primeiro elemento da cadeia de transmissão e é fundamental para por o motor a funcionar, pois o motor de combustão interna para começar a trabalhar não pode estar sob carga. Só depois de o motor estar a funcionar a um determinado regime é que se pode transmitir o seu movimento, devendo este ser efetuada de uma forma progressiva pelo que é necessário a presença de uma embraiagem. Estas devem permitir a transmissão de binário e serem resistentes ao

desgaste; estas qualidades dependem do diâmetro dos discos, da superfície activa das guarnições, do número e do tipo das guarnições.

A fricção, ao nível da embraiagem, manifesta-se quando os ferodos entram em contacto com as superfícies de pressão (prato de pressão e volante motor); este contacto progressivo é necessário para permitir uma aderência gradual, não devendo, no entanto, dar-se durante bastante tempo para evitar o aquecimento.

As duas superfícies de pressão pressionam o disco com uma dada pressão (P), imprimindo-lhe movimento de rotação segundo uma força (F), proporcional ao binário motor, das quais resulta uma força P que é oblíqua relativamente às forças anteriores, e dada por:

$$P = F * \operatorname{tg} \varphi ;$$

em que P e F são expressas em N; $\operatorname{tg} \varphi$ representa o coeficiente de aderência que nas embraiagens é 0.3 a 0.4.

O binário transmitido (Mc) é dado por:

$$Mc = P * \operatorname{tg} \varphi * r * 2n;$$

em que r é o raio do disco e 2n representa as duas superfícies de fricção.

Relativamente aos principais tipos de embraiagens que se encontram nos tratores tem-se:

- embraiagem monodisco de simples efeito;
- embraiagem de dois discos e duplo efeito;
- embraiagem de dois discos e comandos separados;
- embraiagem multidiscos.

4.1.1- Embraiagem monodisco de simples efeito

A embraiagem monodisco de simples efeito é o caso mais simples pois apenas permite desligar ou ligar o veio condutor a um único veio conduzido; este tem montado o disco de embraiagem que, quando da posição de embraiado se encontra pressionado, por ação de molas, por um prato de pressão contra o volante motor e quando desembraiado, ação que resulta de se carregar no pedal de embraiagem, liberta-se deixando de receber movimento.

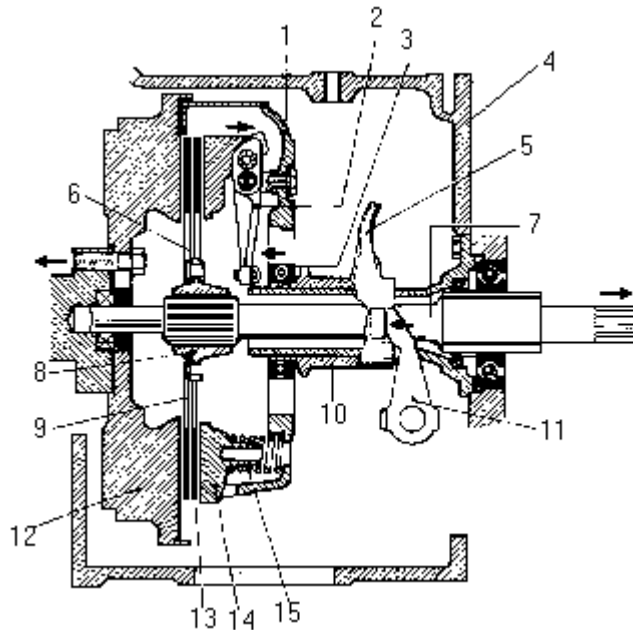


Figura 6- Representação de uma embraiagem monodisco a seco.

1- Tampa da embraiagem 2- Alavanca da embraiagem 3- Rolamento de encosto 4- Cárter da embraiagem 5- Copo de lubrificação 6- Disco da embraiagem 7- Veio primário 8- Núcleo do disco 9- Disco de embraiagem 10- Manga deslizante 11- Garfo 12- Volante motor 13- Guarnições 14- Prato de pressão 15- Molas da embraiagem

Fonte: CEMAGREF (1986)

Relativamente aos discos de embraiagem estes são em aço e apresentam, nas suas faces, duas coroas circulares de material antifricção, vulgarmente designado por guarnições ou ferodos, e que é feito de material composto ou cerâmico - metálico. O primeiro material, que é termorresistente, é um aglomerado de fibras metálicas e resina e o segundo é feito de bronze tratado a altas temperaturas e material cerâmico composto à base de silicatos ou óxidos metálicos. Os ferodos sendo maus condutores de calor fazem com que este se dissipe para o volante motor e prato de pressão; o calor produzido pelo disco resulta do atrito deste com o volante e prato de pressão durante as operações de embraiar e desembraiar.

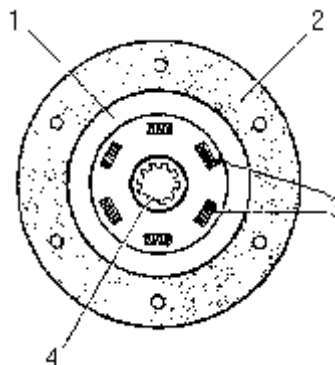


Figura 7- Representação de um disco de embraiagem.

1- Disco 2- Guarnição 3- Molas de amortecimento 4- Núcleo.

Fonte: CEMAGREF (1986)

O funcionamento da embraiagem, durante a ação de desembraiar, consiste no afastamento do prato de pressão do volante motor. Esta deslocação resulta da pressão exercida sobre o pedal de embraiagem que, por intermédio de uma forquilha, desloca uma manga deslizante e o rolamento de encosto sobre o veio primário, pressionando as alavancas da embraiagem que comprimem as molas permitindo o afastamento do prato de pressão do volante. As molas podem ser substituídas por um diafragma, constituído por uma coroa metálica curva e elástica formada por várias lâminas, que funciona de mola e alavanca de comando

A operação de embraiar consta da descompressão das molas que estão a pressionar o prato contra o disco e volante. A presença do rolamento de encosto tem como objectivo diminuir o atrito com as alavancas da embraiagem durante as operações de acionamento não devendo, no entanto, funcionar em permanência pois pode-se danificar (gripar).

Para que a transmissão do movimento através da embraiagem seja progressivo, a constituição das guarnições deve ter em consideração este aspecto; os discos têm também molas que funcionam como amortecedores de torção. A progressividade da transmissão do movimento depende também, para além do correto acionamento do pedal da embraiagem, da montagem do disco, pois esta deve ser feita por forma a ficar perfeitamente centrado com o volante e prato de pressão, evitando-se assim movimentos relativos radiais que conduzem a deslizamentos.

O desgaste das guarnições dos discos conduz à diminuição da pressão do prato o que conduz a um acréscimo do deslizamento do disco quando o binário resistente aumenta.

4.1.2- Embraiagem de dois discos e duplo efeito

Este tipo de embraiagem caracteriza-se por permitir ligar e desligar, sucessivamente e numa ordem precisa, os veios que transmitem movimento de avanço ao trator e o da tomada de força.

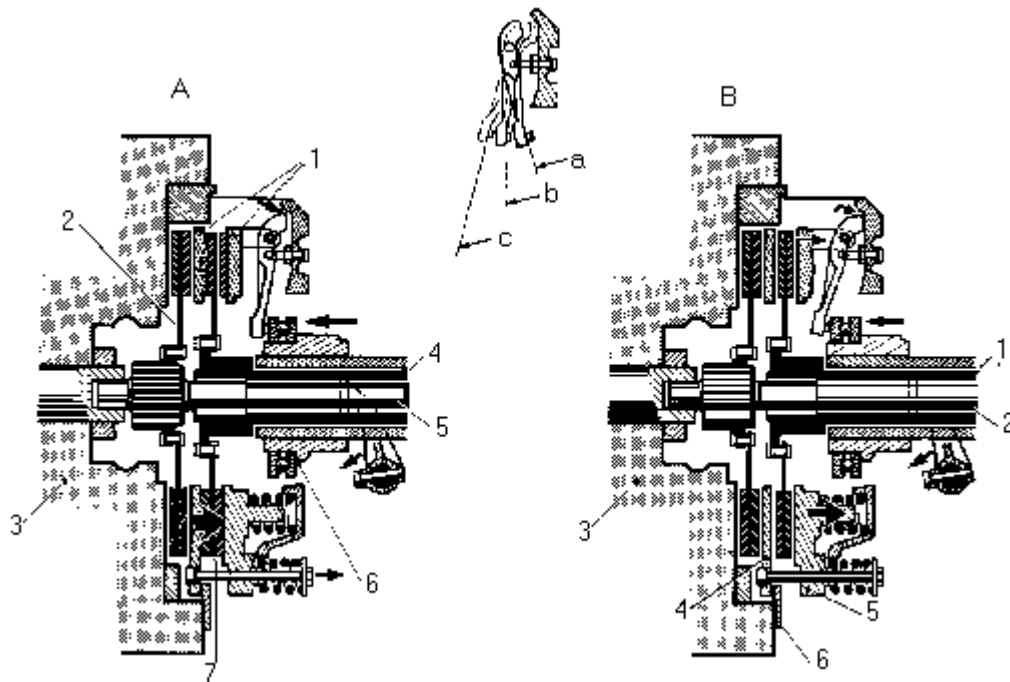


Figura 8- Esquema de uma embraiagem de dois discos e duplo efeito.

a- os dois discos são acionados, b- o disco esquerdo é libertado c- os dois discos são libertos

A: 1- Prato de pressão 2- Disco do avanço 3- Volante motor 4- Veio da TDF 5- Veio primário da caixa de velocidades 6- Rolamento de encosto 7- Disco da TDF

B: 1- Veio para a TDF 2- Veio primário da caixa de velocidades 3- Volante motor 4- Prato de pressão intermédio 5- Prato de pressão 6- Batente do prato intermédio.

Fonte: CEMAGREF (1986)

Como se pode observar na figura 8 existem neste tipo de embraiagem dois veios concêntricos, sendo o interior o primário da caixa de velocidades e o exterior o da TDF, tendo cada um deles um disco de embraiagem; a existência de dois discos implica que haja também dois pratos de pressão que se encontram ligados entre si e são comprimidos um contra o outro por molas.

Este conjunto compreende assim um disco que comanda o veio exterior, os dois pratos de pressão e o disco de embraiagem do veio interior; este disco, que se encontra junto ao volante e que permite transmitir movimento às rodas, encontra-se pressionado pelos dois pratos de pressão enquanto o da TDF apenas por um.

Relativamente ao seu funcionamento a manga deslizante provoca inicialmente, durante a operação de desembraiar, a translação em bloco dos pratos de pressão e disco da embraiagem da TDF, o que faz com que o trator pare mas a TDF continue em funcionamento e, só depois, é que é libertado o disco do veio exterior parando então a TDF. Nesta segunda fase o movimento de translação do prato intermédio é interrompido por um batente sendo então comprimidas o segundo conjunto de molas o que corresponde à maior pressão que se exerce no pedal de embraiagem.

4.1.3- Embraiagem de dois discos e comandos separados

A embraiagem de dois discos e comandos separados tem uma constituição semelhante à da embraiagem anterior mas as operações de embraiar e desembraiar os dois discos são efetuadas por

comandos separados; o acionamento separado dos dois pratos de pressão permite o funcionamento das duas cadeias independentemente uma da outra. A cadeia que transmite o movimento às rodas motrizes é acionada pelo pedal e a da TDF por um comando manual.

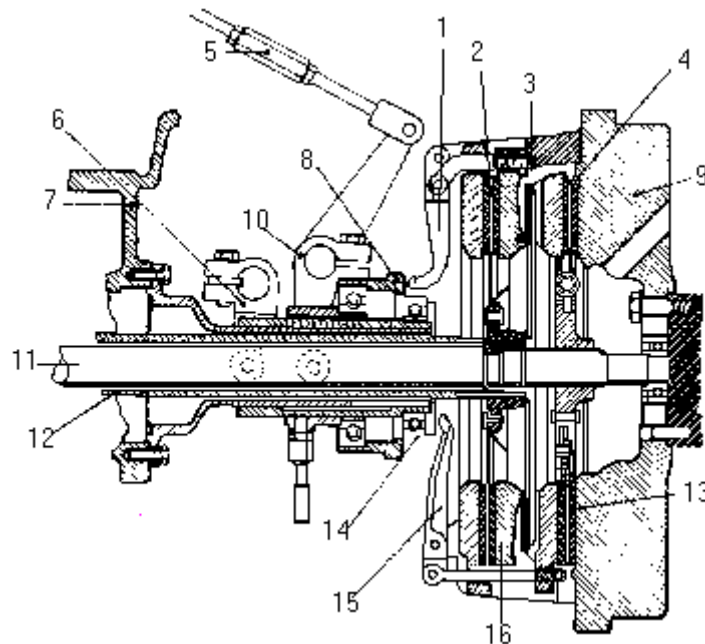


Figura 9- Representação de uma embraiagem de dois discos e comandos separados.

1- Alavanca do mecanismo B 2- Disco de embraiagem B 3- Mola de diafragma 4- Prato de pressão da embraiagem A 5- Comando manual da embraiagem B 6- Garfo da embraiagem A 7- Cárter da embraiagem 8- Batente do rolamento da embraiagem B 9- Volante motor 10- Garfo da embraiagem B 11- Veio primário da caixa de velocidades 12- Veio da TDF 13- Disco da embraiagem A 14- Rolamento de encosto da embraiagem A 15- Alavancas da mecanismo A 16- Prato de pressão da embraiagem B

Fonte: CEMAGREF (1986)

4.1.4- Embraiagem multidiscos

As embraiagens multidiscos são utilizadas em diferentes cadeias cinemáticas nomeadamente para transmissão de movimento à tomada de força; este tipo de embraiagem não apresentam problemas de aquecimento mas têm menor rendimento devido ao escorregamento provocado pelo óleo.

Estas embraiagens, que são geralmente em banho de óleo, são constituídas por dois conjuntos de discos, sendo os condutores em bronze e os conduzidos, dispostos alternadamente com os anteriores, em aço; o óleo tem uma função de intermediário na fricção e refrigeração.

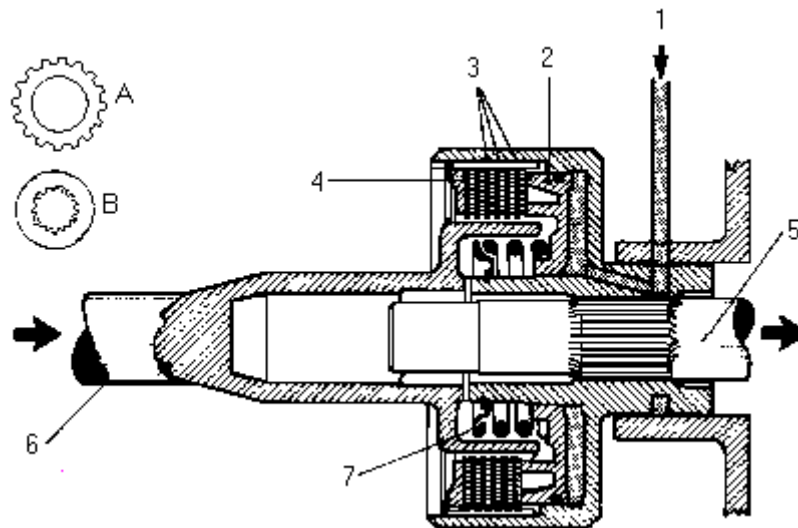


Figura 10- Representação de uma embraiagem multidiscos em banho de óleo.

A- Disco conduzido B- Disco condutor

1- Chegada de óleo 2- Êmbolo 3- Discos de embraiagem 4- Prato da embraiagem 5- Veio da TDF

6- Veio condutor 7- Mola de afastamento do êmbolo.

Fonte: CEMAGREF (1986)

Como se pode observar na figura 10 os discos condutores, que têm no meio um orifício com ranhuras, estão montados no veio que vem do motor, e os conduzidos, que tem o dentado na sua periferia, estão montados no interior do cárter que é solidário com o veio conduzido; o número de discos de cada conjunto permite ter uma área de contacto suficientemente grande para se transmitir um binário elevado.

Relativamente ao seu funcionamento, quando em repouso, os dois conjuntos de discos encontram-se separados, não se transmitindo o movimento, mas, quando o êmbolo, devido à sua deslocação por pressão do óleo que penetra no interior do cilindro os comprime, há transmissão de movimento (posição embraiada); quando a pressão do óleo deixa de se fazer sentir a mola que se encontra no interior do cárter afasta o êmbolo ficando os discos livres (posição desembraiada).

4.2- Caixa de velocidades

A caixa de velocidade é o elemento da transmissão que permite desmultiplicar o regime motor por forma a adaptá-lo às diferentes condições de trabalho; a potência motor é transmitida segundo um binário e velocidade às rodas motrizes, sendo o primeiro tanto mais elevado quanto maior for a desmultiplicação e a velocidade tanto mais elevada quanto mais alta for a relação de transmissão.

4.2.1- Caixa de velocidades convencional

Uma caixa de velocidades convencional é um conjunto de carretos que podem estar ou não engrenados, caixas de carretos deslizantes ou de carretos permanentemente engrenados, que permitem obter uma dada relação de transmissão ou um ponto morto (interrupção do movimento). No primeiro tipo de caixa os carretos apresentam os dentes direitos e no segundo os dentes são helicoidais o que permite um funcionamento mais silencioso; este tipo de dentes não pode ser utilizado nas caixas de carretos deslizantes porque os dentes helicoidais exercem uma reação axial que dificulta o engrenar e desengrenar das relações.

A escolha das diferentes relações de transmissão ou da posição de ponto morto, é efetuada por um seletor de velocidades, que tem uma alavanca de velocidades cuja extremidade é um dedo de selecção, que se encontra na extremidade inferior da alavanca.

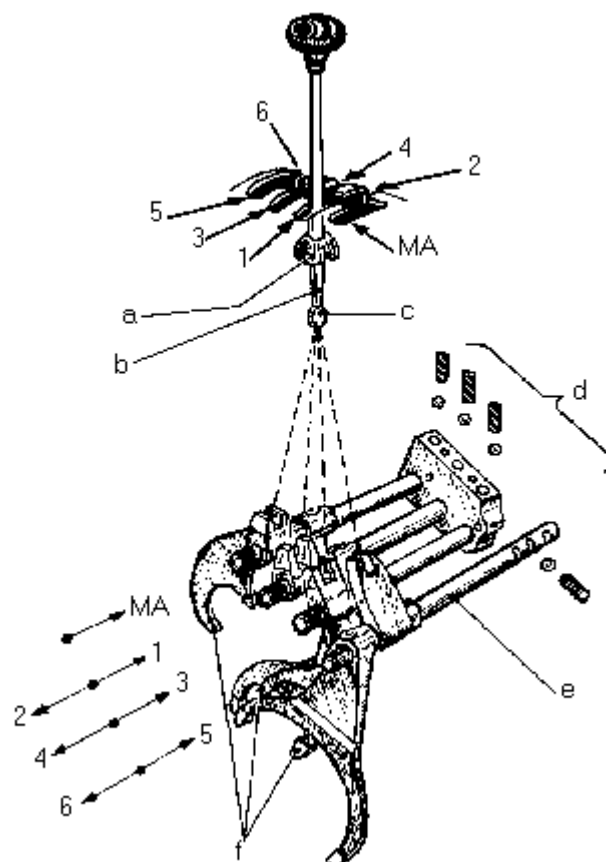


Figura 11- Esquema de um dispositivo seletor de velocidades de uma caixa com seis relações de transmissão para a frente e uma para trás.

a- Rótula b- Selector das velocidades c- Dedo de selecção d- Bloco de fixação e- Eixo dos garfos
f- Garfos

Fonte: CEMAGREF (1986)

4.2.1.1- Caixa de velocidades com carretos deslizantes

Nas caixas de carretos deslizantes os trens podem deslocar-se lateralmente, mantendo-se solidário com o seu veio, relativamente ao movimento de rotação.

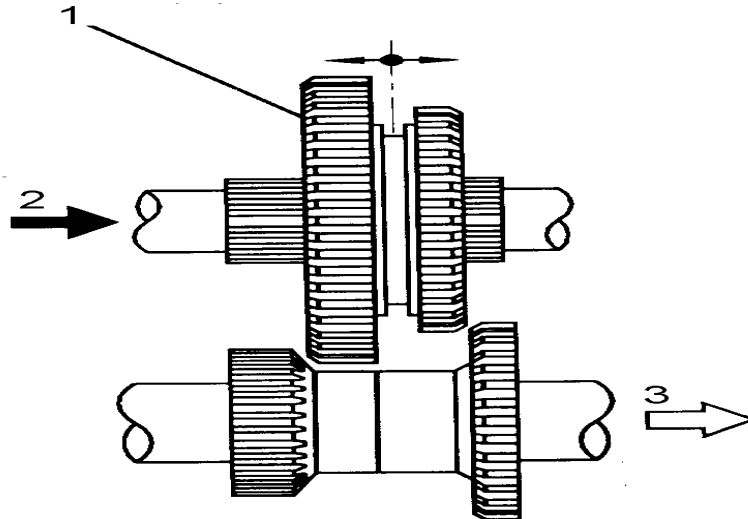


Figura 12- Representação de um par de carretos deslizantes
 1- Carretos deslizantes 2- Veio primário 3- Veio secundário
 Fonte: CEMAGREF (1991)

Para mudar a relação de transmissão em movimento nestas caixas é necessário alguma prática, pois é fundamental que o par de carretos a engrenar tenha a mesma velocidade periférica. Assim, supondo que o trator, quando se desembraia, mantém a mesma velocidade de avanço, apenas o par de carretos que estava engrenado tem a mesma velocidade tangencial ou seja os carretos estão sincronizados, pelo que qualquer outro engrenamento conduz a variações bruscas nos regimes dos veios onde os trens estão montados; para evitar que isto aconteça é necessário sincronizar os carretos antes de os engrenar, o que se consegue fazendo uma dupla embraiagem por forma a aumentar ou diminuir o regime motor conforme se pretende uma relação de transmissão mais baixa ou mais alta.

4.2.1.2- Caixa de velocidades com carretos permanentemente engrenados

Relativamente à transmissão de movimento nos carretos permanentemente engrenados, pode ser efetuada de duas formas distintas:

- através de mangas deslizantes;
- por dispositivos sincronizadores.

4.2.1.3- Mangas deslizantes

Nas caixas em que a transmissão do movimento é obtida por mangas deslizantes os trens condutores giram livres (loucos) sobre o respectivo eixo, sem folga axial, mas, quando da sobreposição parcial da manga sobre o carreto o movimento do veio torna-se solidário com aquele.

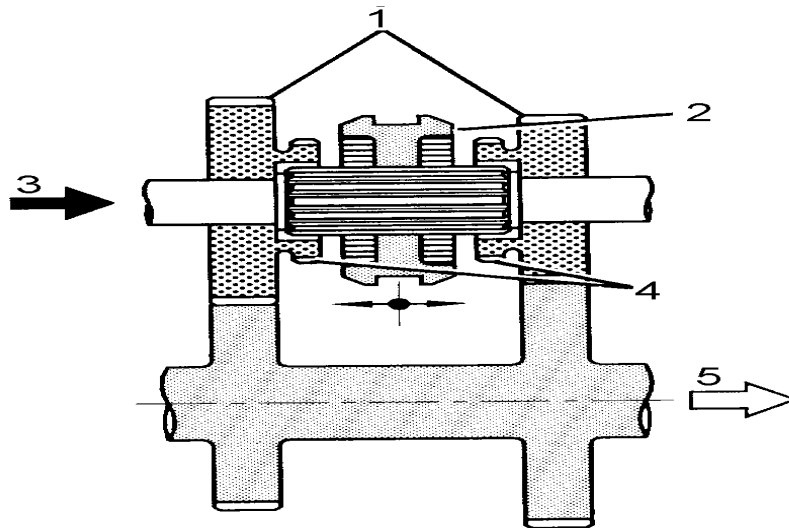


Figura 13- Representação da transmissão de movimento em carretos permanentemente engrenados utilizando uma manga deslizante.

1- Carretos 2- Manga deslizante 3- Veio primário 4- Dentes laterais de engrenamento 5- Veio secundário

Fonte: CEMAGREF (1991)

Como se pode observar na figura 13, a manga apresenta um orifício central com um estriado interior, que lhe permite rodar solidária com o veio onde está montada e deslocar-se lateralmente nas caneluras do eixo, e dois rebasamentos laterais, com a periferia interior dentada, para engrenar nos dentes laterais do carreto que se pretende engrenar, fixando-o ao seu eixo.

4.2.1.4- Dispositivos sincronizadores

Os dispositivos sincronizadores têm alguma semelhança com o sistema anterior mas permitem sincronizar o movimento de rotação do veio e do carreto livre antes de se engrenarem os dentes laterais do sincronizador com os dentes laterais do carreto da relação de transmissão seleccionada. Este sincronismo obtém-se por intermédio de cones de fricção, machos e fêmeas que, quando se põem em contacto, aumentam ou diminuem a velocidade do carreto livre até a igualar à do veio onde está montado, procedendo-se só depois à sua "fixação" ao eixo; estes dispositivos podem ser utilizados também para mudar a gama das velocidades (altas para baixas e vice-versa).

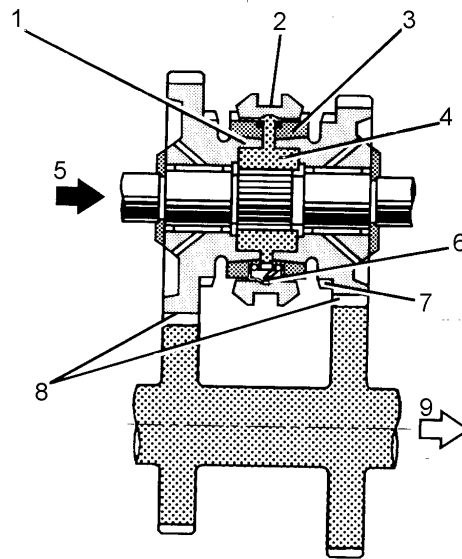


Figura 14- Princípio de um sincronizador

1- Cone de sincronização 2- Manga deslizante 3- Ligação cônica intermédia 4- Núcleo deslizante
5- Veio primário 6- Trinco 7- Dente de transmissão 8- Carretos loucos 9- Veio secundário.

Fonte: CEMAGREF (1991)

Considerando as inúmeras situações em que se utilizam os tratores, é muito importante que se disponha de um número de relações suficientemente elevado para poder escolher, para cada trabalho, a combinação que, em termos de força de tração e velocidade, melhor se ajuste a cada situação; sendo fundamental, para se dispor da potência máxima do trator, funcionar perto do regime nominal, diminui-se significativamente a possibilidade de variação da velocidade de translação, pelo que é fundamental dispor-se de, pelo menos, seis relações de transmissão.

Assim, para ter um número de relações bastante grande, os tratores têm pelo menos uma caixa de pré-selecção, com uma alavanca de selecção própria, que permite ter uma gama de velocidades baixas e uma alta, multiplicando-se assim por dois o número de velocidades da caixa principal. Para além destas duas gamas pode ainda existir uma outra opção que permita velocidades de deslocamento muito baixas; as caixas de pré-selecção podem estar posicionadas antes ou depois da caixa de velocidades, sendo esta última opção preferível pois o binário a que os carretos da caixa ficam sujeitos é menor.

Considerando o escalonamento das relações de transmissão define-se relação de progressão (RP) entre duas velocidades consecutivas, ao regime nominal do motor, como a relação entre a velocidade teórica obtida em cada uma das relações de transmissão, ou seja, considerando que a velocidade em 5ª é de 5.2 km/h e em 6ª é de 6 km/h, a RP é de 1.15 (6 / 5.2).

Para gamas de velocidades, por exemplo entre 4 e 12 km/h, que é o intervalo em que grande parte dos trabalhos agrícolas são efectuados, define-se uma relação média de progressão (RMP), considerando que dentro daquela gama e ao regime nominal do motor existem sete relações de transmissão, como:

$$RMP = \sqrt[7]{\frac{12.75}{4.3}} = 1.17$$

Representando esquematicamente uma caixa de velocidades tem-se:

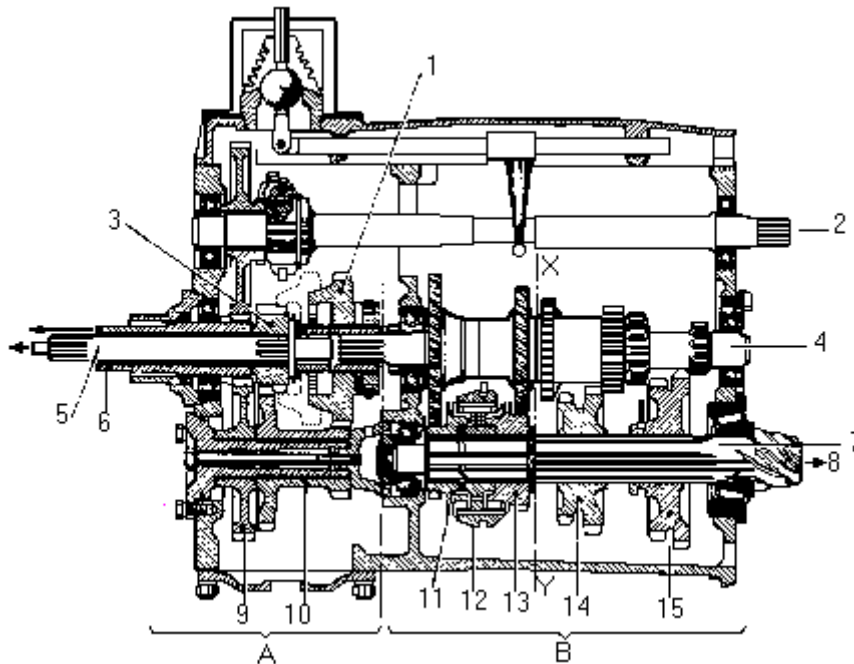


Figura 15- Esquema de uma caixa de velocidades com 10 relações de transmissão

A- Caixa de pré-selecção B- Caixa de seis relações de transmissão

1- Carreto deslizante 2- Veio da TDF 3- Carreto de desmultiplicação 4- Veio intermediário 5- Veio primário 6- Veio da TDF 7- Veio secundário 8- Movimento para o diferencial 9- Carreto para acionamento da TDF ventral 10- Trem intermediário de desmultiplicação 11- Carreto da 6ª velocidade 12- Sincronizador da 5 e 6ª velocidade 13- Carreto da 5ª velocidade 14- Trem deslizante da 3 e 4ª velocidade 15- Trem deslizante da 1 e 2ª velocidade

Fonte: CEMAGREF (1986)

Como se pode observar na figura 15 a gama baixa de velocidades é obtida derivando o movimento do veio primário através do carreto nº 1, e a gama alta pela transmissão directa do movimento do primário ao intermediário; esta gama é obtida pela posição a tracejado do carreto nº 1.

4.2.2- Amplificadores de tração e caixa de velocidades semi-automáticas

A mudança de relação de transmissão em carga só é possível com utilização de amplificadores de tração e com uma caixa de velocidades semi-automática, vulgarmente designadas por « Power - Shift», pois nas convencionais é necessário interromper a cadeia de transmissão, o que

conduz à diminuição ou paragem do trator, desgaste acentuado da embraiagem, perdas de tempo, etc.

4.2.2.1- Amplificadores de tração

Os amplificadores de tração, também designados por redutores de velocidade, são montados em complemento das caixas de velocidades convencionais e permitem aumentar para o dobro ou triplo, o número de relações de transmissão e modificar, em carga, estas relações, sem interromper o movimento de avanço do trator; estes dispositivos podem ser montados conjuntamente com um inversor do sentido de deslocamento.

Assim, as principais vantagens destes elementos são as de aumentar a força de tração disponível, por alteração da gama normal para a gama amplificadora (sem desembraiar), dentro dos limites da relação de desmultiplicação do amplificador de binário e da aderência do trator. Nos trabalhos à TDF a redução da velocidade resultante da passagem para a gama amplificadora pode ser suficiente para evitar a diminuição do regime do motor, ou mesmo a sua paragem; a redução de velocidade está normalmente compreendida entre os 20-25 %, o que corresponde, teoricamente, a um acréscimo de força de tração de 25-33 %.

Dos sistemas amplificadores de tração mais utilizados apenas serão apresentados os seguintes:

- sistema «Hi-Lo»;
- sistema «Dual Power»;
- sistema «Tractoshift».

4.2.2.1.1- O sistema amplificador «Hi-Lo»

O sistema «Hi-Lo», que se encontra colocado à entrada da caixa de velocidades, é constituído por dois conjuntos de carretos redutores axiais e dois conjuntos multidiscos, em que um é uma embraiagem que permite ligar (desligar) o porta-satélites com o veio de saída; a operação de embraiar é feita hidraulicamente e a de desembraiar mecanicamente, por molas. O segundo conjunto funciona de travão, immobilizando o porta-satélites e tornando-o solidário com o cárter da transmissão; a operação de imobilização do porta-satélite é efetuada ao contrário da anterior, ou seja, mecanicamente por molas e a libertação dos discos por pressão hidráulica. O conjunto de discos da embraiagem permite que o sistema funcione em posição "alta (normal)" «Hi» e os discos dos travões em posição "baixa (lenta)" «Lo»; o acionamento mecânico dos discos dos travões permite que, em caso de falta de pressão do óleo, a gama baixa seja engrenada, assegurando-se assim uma ligação mecânica permanente entre as rodas e o motor, por forma a que este possa funcionar como travão numa descida e ser posto a trabalhar por reboque.

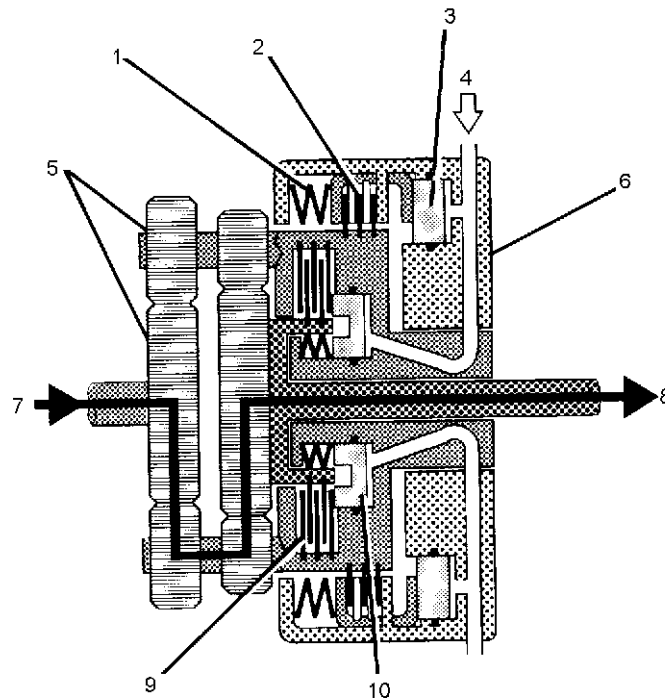


Figura 16- Esquema de um dispositivo amplificador de tração «Hi-Lo» da John Deere.
 1- Mola 2- Freio multidiscos 3- Êmbolo 4- Pressão de comando 5- Carretos redutores 6- Cárter
 7- Entrada do movimento 8- Saída do movimento 9- Embraiagem multidiscos 10- Êmbolo
 Fonte: CEMAGREF (1992)

Quando o amplificador funciona na gama normal (high) a pressão do óleo liberta os discos de travagem, atuando nos de embraiagem, por forma a tornar solidário o porta-satélites do redutor com o veio de saída, que vai para a caixa de velocidades; nesta situação a relação de transmissão não de altera, ou seja, a velocidade à entrada e saída do amplificador é igual.

Como se pode observar na figura 16, na gama lenta (low) verifica-se a anulação da pressão nos discos da embraiagem, sendo os discos de travagem pressionados por molas imobilizando o porta-satélites com o cárter, dando-se então uma desmultiplicação do movimento entre os veios de entrada e saída através dos satélites; a redução da velocidade é de $\pm 25 \%$.

4.2.2.1.2- O sistema amplificador «Dual Power»

O sistema «Dual Power», caracterizado por ser montado antes da caixa de velocidades convencional, é constituído por:

- um trem epicicloidal no qual a roda de coroa é condutora, o porta-satélites conduzido e o planetário fixo ou móvel conforme a combinação desejada;
- uma embraiagem e um sistema de travagem multidisco comandados hidraulicamente, permitindo a primeira tornar solidário o carreto central e o porta-satélites para se obter a gama

normal, e o segundo, imobilizar o carreto central com o cárter das transmissões, para se obter a gama ampliada (lenta).

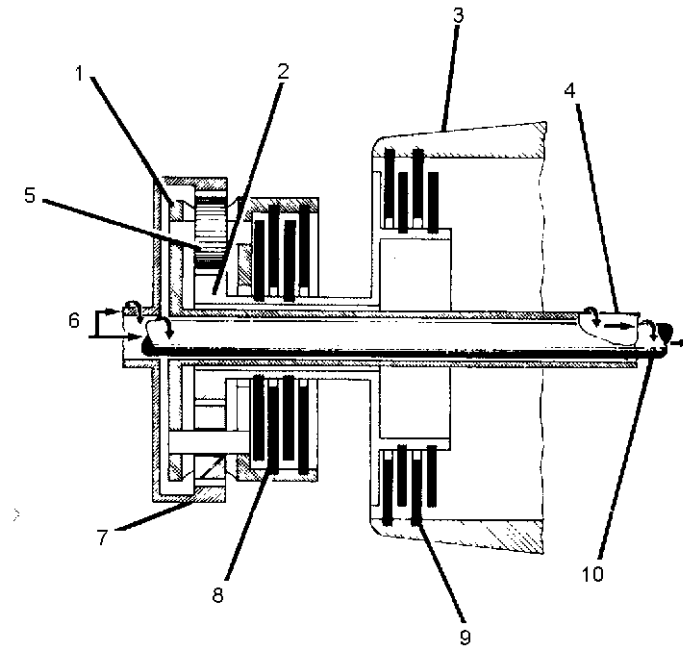


Figura 17- Representação de um amplificador de tração «Dual Power» da Ford

1- Porta-satélites 2- Planetário 3- Cárter fixo da transmissão 4- Veio primário da caixa de velocidades 5- Satélites 6- Motor 7- Roda de coroa 8- Embraiagem multidiscos 9- Travões multidiscos 10- Veio da TDF.

Fonte: CEMAGREF (1992)

Assim na gama normal os discos do sistema de travagem encontram-se livres e os da embraiagem tornam o carreto solar solidário com o porta satélite, o que faz com que os diferentes carretos do trem fiquem solidários, sendo o regime à saída igual ao de entrada (motor). Na gama de amplificação da tração (lenta) os travões fazem com que o carreto solar fique solidário com o cárter, ao mesmo tempo que se desembraia o porta-satélites, verificando-se assim uma desmultiplicação do regime motor em $\pm 22\%$; os discos, com dentado interior, dos travões e embraiagem estão montados no planetário.

4.2.2.1.3- O sistema amplificador «Tractoshift»

O sistema amplificador «Tractoshift» encontra-se colocado entre a caixa de velocidades propriamente dita e a caixa de pré-selecção, e permite alterar a relação de transmissão obtendo-se quatro relações de transmissão, ou seja, uma rápida, uma normal, uma lenta e a inversão do sentido do movimento; o funcionamento deste sistema é semelhante a uma caixa de velocidades semi-automática pois não é necessário desembrar o motor da transmissão.

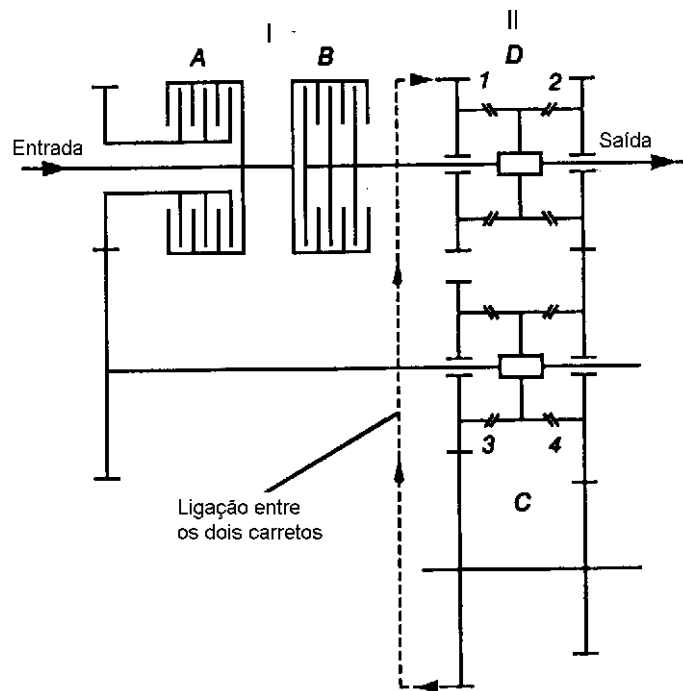


Figura 18- Representação esquemática de um amplificador-inversor de tração «Tractoshift»
 I- Embraiagens multidiscos; II- Sincronizadores, 1, 2, 3, 4- Carretos
 Fonte: CEMAGREF (1992)

O sistema representado na figura 18 é constituído por duas embraiagens multidiscos e dois sincronizadores, com comandos electro-hidráulicos, cujas combinações são as representadas no quadro 2; as duas embraiagens constituem um mesmo conjunto cujo cárter condutor é comum.

Quadro 2- Diferentes combinações das relações de transmissão de um sistema amplificador-inversor de tração «Tractoshift»

Combinação seleccionada	Relação obtida	Embraiagem acionada	Posição do sincronizador
Para a frente:			
rápido	1.2	A	C4 e D2
normal	1	B	C3 e D2 (inactivos)
lento	0.8	A	C3 e D2
Para trás	1	A	C3 e D1

A utilização de sincronizadores nestes amplificadores permite reduzir as suas dimensões, o que torna possível a utilização do cárter das transmissões clássicas, e limitar as perdas por atrito nas embraiagens multidiscos; a posição dos sincronizadores é dada por captos que só permitem a embraiagem quando os carretos se encontram na posição correta.

4.2.2.2- Caixa de velocidades semi-automáticas

As caixas de velocidades semi-automáticas, também designadas por caixas de velocidades «powershift», permitem alterar as relações de transmissão em carga, sem desembraiar, portanto sem interromper a transmissão da potência do motor; o termo «powershift» significa mudança da relação de transmissão sob potência.

Assim, nos tratores que dispõem destas caixas, que podem substituir as convencionais, é possível escolher, sem interrupção da cadeia de transmissão, a velocidade de tração que melhor se ajuste a cada trabalho, ou mesmo inverter o sentido de marcha.

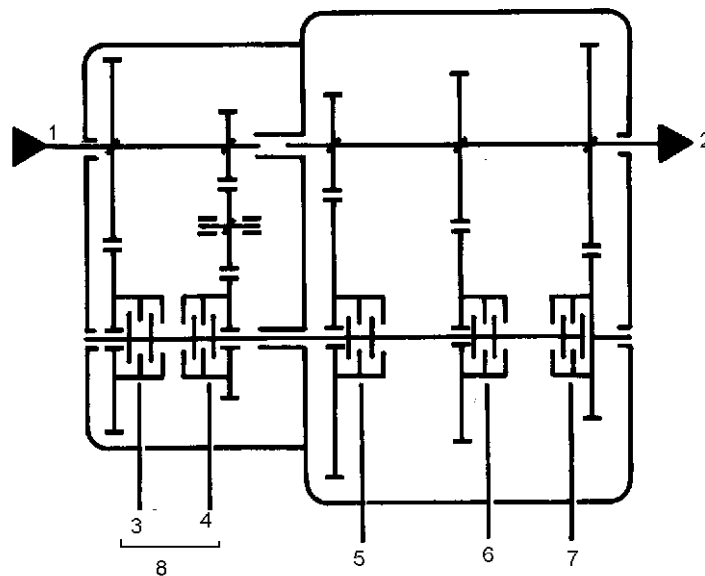


Figura 19- Representação geral de uma caixa de velocidades «Powershift»
1- Entrada do movimento 2- Saída do movimento 3- Embraiagem para deslocamento para a frente
4- Embraiagem para deslocamento para trás 5- 3ª RT 6- 2ª RT 7- 1ª RT 8- Inversor
Fonte: CEMAGREF (1992)

Considerando o esquema da figura 19, constata-se que existem três relações para a frente e três para trás, e que todos os carretos se encontram permanentemente engrenados, tornando-se solidários com o veio intermédio por embraiagens multidiscos; esta operação é executada pelo operador do seu posto de condução não sendo necessário utilizar a embraiagem principal. A utilização de sistemas de embraiagem multidiscos implica perdas de potência significativas pois, quando se desembraia, há atrito entre os disco; considerando estas perdas a utilização das caixas semi-automáticas, em associação com uma caixa de velocidades convencional, apresenta vantagens.

4.3- Ponte traseira

A ponte traseira inclui a parte da transmissão situada depois da caixa de velocidades e é constituída por:

- par cónico;
- diferencial;
- redutores finais.

4.3.1- Par cónico

O par cónico, cujos carretos têm dentes cônicos helicoidais, permite converter o movimento longitudinal do motor em movimento transversal para cada um dos semi-eixos; os dentes cônicos helicoidais suportam maiores binários que os direitos e facilitam a lubrificação.

4.3.2- Diferencial

O diferencial é o elemento que permite às duas rodas motrizes girarem à mesma velocidade quando o trator se desloca em linha recta ou a velocidades diferentes nas curvas, sem patinar, absorver potência e prejudicar a direção.

Quanto à sua constituição compreende dois carretos cônicos solidários com os semi-eixos das rodas, que se designam por planetários, dois ou quatro carretos com o mesmo passo que os anteriores, que giram loucos em eixos montados na caixa do diferencial, que é solidária com a roda de coroa, que se designam por satélites, e um carreto de dentes helicoidais que está colocado na extremidade do veio secundário da caixa de velocidades, que se designa por pinhão de ataque.

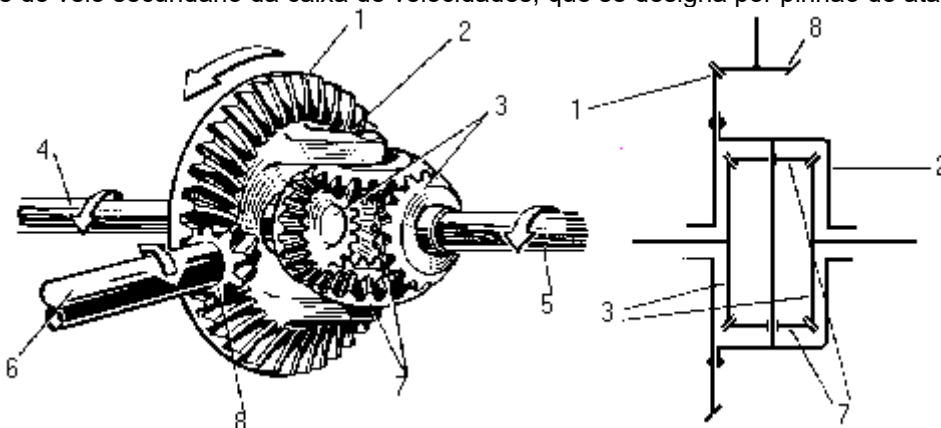


Figura 20- Representação de um par cónico e diferencial.

1- Roda de coroa 2- Câster do diferencial 3- Planetários 4- Semi-eixo direito 5- Semi-eixo esquerdo 6- Veio secundário 7- Satélites 8- Pinhão de ataque

Fonte: CEMAGREF (1991)

Relativamente ao seu funcionamento quando o trator se desloca em linha recta e as rodas motrizes têm a mesma aderência, os planetários desenvolvem o mesmo binário e transmitem aos

satélites duas forças iguais e de sentidos contrários, pelo que estes não rodam em torno do seu eixo. Considerando uma curva ou qualquer outra situação em que os regimes das rodas são diferentes, os binários desenvolvidos nos planetários são diferentes, sendo diferentes também os binários transmitidos aos satélites o que os obriga a girar em torno do seu eixo, deixando portanto aos planetários e rodas motrizes a possibilidade de adquirirem velocidades diferentes; a média da velocidade das duas rodas é igual à que se obtêm em linha recta, nas mesmas condições.

O conjunto de um satélite e dois planetários pode ser comparado a uma prancha que está apoiada pelas suas extremidades em duas molas (a tensão destas correspondentes à aderência das rodas no solo), em que se aplica no seu centro de gravidade uma dada força. Nesta situação, desde que se aplique no centro da prancha uma dada força e as molas sejam iguais a tensão a que ficam sujeitas é igual e o seu somatório igual à força aplicada; esta situação é semelhante ao deslocamento em linha recta, sem escorregamento.

Quando a tensão de uma das molas é menor, a prancha tem tendência a inclinar-se para esse lado, pelo que é necessário reduzir a força aplicada por forma ao conjunto não se desequilibrar; o somatório das duas resistências é obviamente inferior ao da situação anterior; situação semelhante ao deslocamento com escorregamento parcial de uma/duas rodas.

Quando a tensão de uma das molas é praticamente nula o deslocamento da prancha faz-se perpendicularmente ao sentido da força aplicada, pois praticamente apenas uma das molas contraria aquela força; esta situação é semelhante à verificada quando uma das rodas não tem aderência sendo necessário utilizar o bloqueio do diferencial. Na situação de falta de aderência de uma das rodas o momento criado no satélite é igualmente distribuído pelos dois planetários, mas não é desenvolvida praticamente nenhuma força de tração.

A presença do diferencial é, como foi referido, fundamental em qualquer transmissão mecânica mas, em determinadas situações, nomeadamente quando uma das rodas não tem aderência, é inconveniente pois o binário transmitido à outra roda é igual, sendo então a força de tração desenvolvida pelo trator limitada pela aderência da roda motriz que patina. Assim, e para ultrapassar esta situação, é necessário tornar os dois semi-eixos solidários o que permite suprimir a limitação da força de tração resultante do escorregamento da roda com menor aderência; esta operação é efetuada por um dispositivo designado por bloqueio do diferencial.

Como se pode observar na figura 21 o bloqueio consiste em solidarizar a caixa do diferencial a um dos semi-eixos o que impede a rotação dos satélites; qualquer que seja o dispositivo de bloqueio é fundamental não o acionar durante as curvas pelo que geralmente só se encontra activo quando o pedal do bloqueio é pressionado, voltando à posição de descanso por intermédio de uma mola.

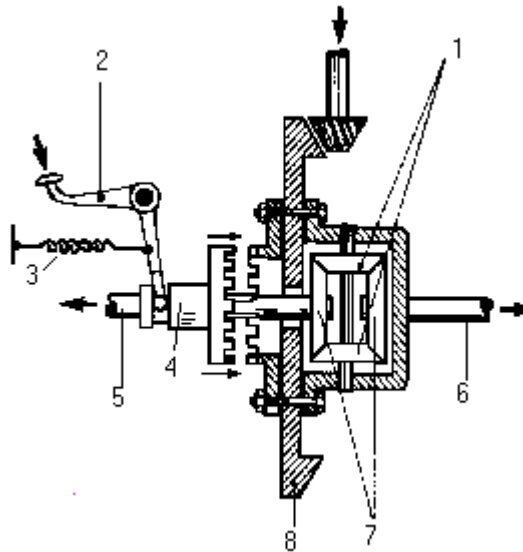


Figura 21- Representação de um dispositivo de bloqueio do diferencial.

1- Satélites 2- Pedal de comando 3- Mola de chamada 4- Manga com dentes laterais 5- Semi-eixo esquerdo 6- Semi-eixo direito 7- Planetários 8- Roda de coroa

Fonte: CEMAGREF (1991)

Para além do sistema mecânico representado na figura 21 o bloqueio pode ser acionado por discos de fricção de comando mecânico ou hidráulico, sendo este último a solução mais evoluída pois permite o bloqueio em movimento.

4.3.3- Redutores finais

Os redutores finais, que são trens de engrenagens simples ou hepicicloidais, colocados entre o diferencial e as rodas motrizes, têm como objectivo principal desmultiplicar ainda mais o regime motor, aumentando-se assim o binário disponível nas rodas; para além deste aspecto os redutores finais permitem diminuir o binário a que os carretos, nomeadamente os da caixa de velocidades, estão sujeitos assim como aumentar o espaço livre inferior do trator.

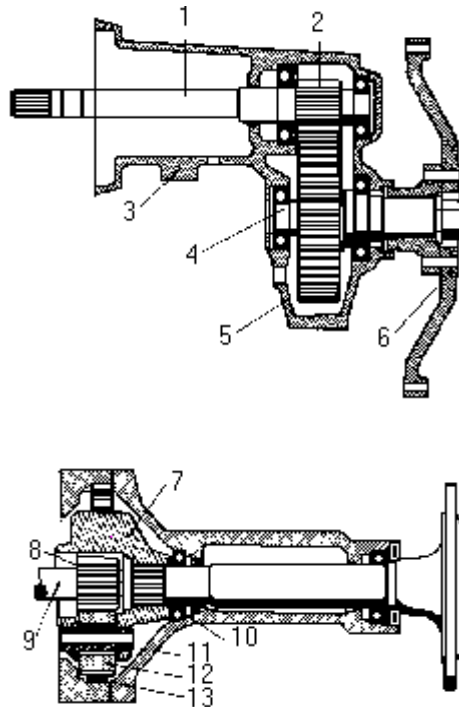


Figura 22- Representação de um redutor final de carretos com dentes direitos colocado junto à roda.
 1- Semi-eixo 2- Carreto condutor 3- Cárter do redutor 4- Semi-eixo da roda 5- Carreto conduzido
 6- Jante da roda 7- Porta satélite condutor 8- Carreto solar 9- Semi-eixo do diferencial 10- Cárter do redutor 11- Eixo dos satélites 12- Satélite 13- Grande coroa fixa.
 Fonte: CEMAGREF (1991)

A diferença da colocação do redutor final junto ao diferencial ou às rodas prende-se fundamentalmente com o binário que os semi-eixos podem suportar.

4.4- Ponte dianteira

A ponte dianteira nos tratores de duas rodas motrizes serve apenas para mudança de direção, mas nos de quatro rodas motrizes, permite transmitir movimento às rodas da frente.

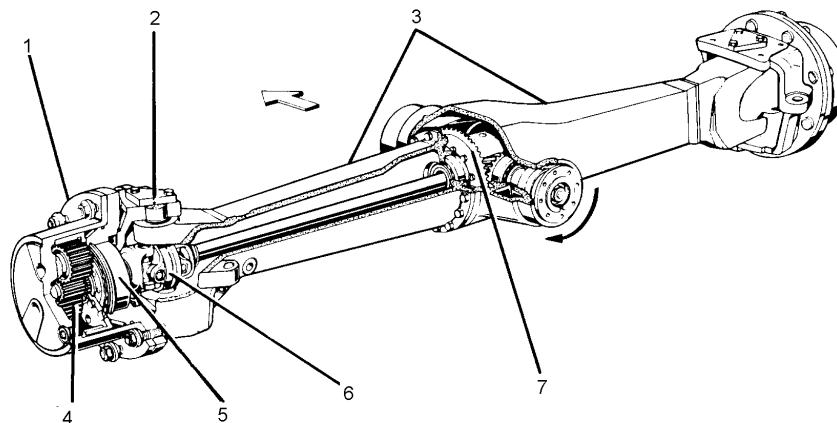


Figura 23- Representação de um trem dianteiro
 1- Eixo da roda 2- Pivô 3- Cárter 4- Redutor final 5- Rolamento 6- Cardan 7- Diferencial
 Fonte: CEMAGREF (1991)

Quanto à sua constituição este tem à semelhança da ponte traseira um par cônico, um diferencial, dois semi-eixos e os redutores finais; estes são montados junto das rodas e apresentam uma desmultiplicação importante para compensar a pequena desmultiplicação do par cônico.

Relativamente ao bloqueio do diferencial este pode ser acionado pelo operador ou automático. No primeiro caso, o sistema de funcionamento é semelhante ao da ponte traseira, sendo geralmente acionados em simultâneo, podendo os automáticos ser de diferencial com escorregamento limitado ou “NON SPIN”.

O diferencial com escorregamento limitado ou diferencial auto-blocante tem uma embraiagem multi-disco entre o planetário e a caixa do diferencial. Quando o binário nos semi-eixos é diferente, resultante de diferentes escorregamentos das rodas, a reação dos dentes cónicos do planetários comprimem os discos contra a caixa do diferencial bloqueando-o.

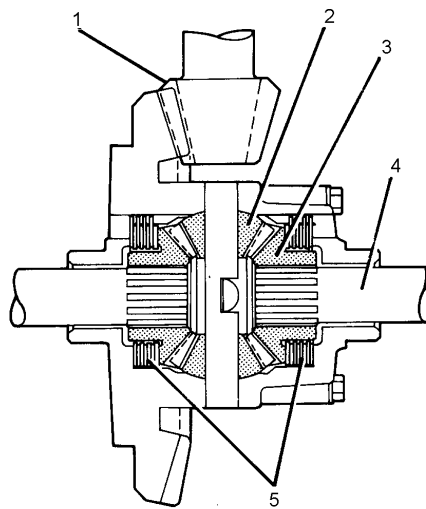


Figura 24- Representação de um diferencial de escorregamento limitado
1- Par cônico 2- Satélite 3- Planetário 4- Semi-eixo 5- Discos de fricção
Fonte: CEMAGREF (1991)

O sistema “NON SPIN” apresenta uma concepção diferente do diferencial permitindo que em tração, em linha reta, as duas rodas permaneçam solidárias, mesmo que tenham diferentes aderências, mas nas curvas a roda exterior é liberta, permanecendo apenas a interior motriz.

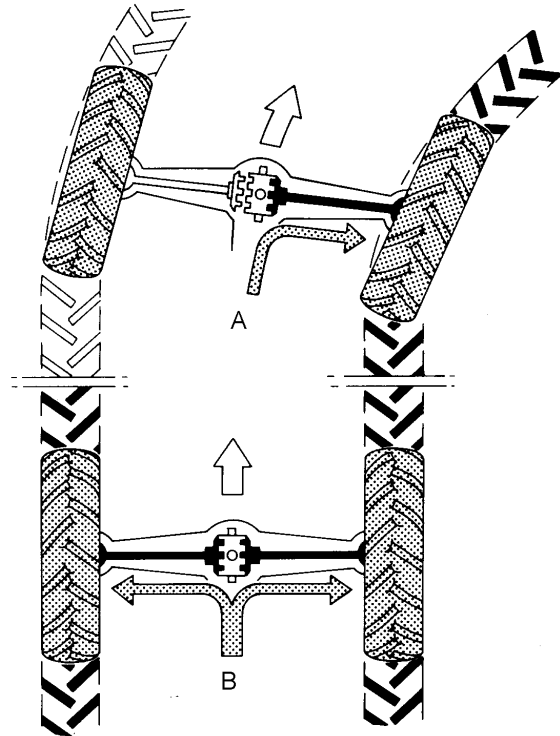


Figura 25- Princípio de ação do sistema NO-SPIN
 A- Tração em viragem B- Tração em linha reta
 Fonte: CEMAGREF (1991)

5- As transmissões mecânicas para a tomada de força

Por tomada de força designa-se uma saída de potência pela ponta de um veio estriado macho à qual se pode ligar o canhão estriado fêmea do veio de transmissão de uma máquina receptora.

Atendendo à importância que esta cadeia tem para o acionamento das alfaias os organismos de normalização e os construtores estabeleceram normas relativas à posição, sentido de rotação, dimensões e regime de rotação do respectivo veio estriado, o que permite a sua utilização com praticamente todo o tipo de equipamentos. O sentido de rotação é o do movimento dos ponteiros do relógio, quando se olha a TDF de frente, havendo dois regimes principais que são as 540 ± 10 rpm e as $1\ 000 \pm 25$ rpm; o regime mais baixo utiliza-se em tratores de menor potência e o mais alto nos tratores de grande potência, podendo, no entanto, coexistirem os dois regimes.

Considerando as normas definidas pela ISO tem-se três tipos de TDF:

- TDF do tipo 1, com 1" 3/8 de diâmetro, seis caneluras e um regime nominal de 540 rpm, que se utiliza nos tratores com potências inferiores aos 48 kW;
- TDF do tipo 2, com 1" 3/8 de diâmetro, vinte e uma caneluras e um regime nominal de 1000 rpm, que se utiliza nos tratores com potências até aos 92 kW;
- TDF do tipo 3, com 1" 3/4 de diâmetro, vinte caneluras e que pode ser utilizada em tratores até 185 kW (este tipo é menos utilizado).

A presença da TDF do tipo 2 permite dividir praticamente por dois o binário motor necessário ao seu acionamento e evitar a multiplicação do regime nas alfaías que trabalhem a 1000 rpm; caso o equipamento com que se pretenda trabalhar funcione a 540 rpm da TDF e o binário necessário ao seu acionamento seja pequeno é possível utilizar a TDF do tipo 2, mas a funcionar a 540 rpm, o que permite trabalhar a um regime motor mais baixo, havendo assim um menor consumo e desgaste.

A transmissão do movimento para a tomada de força (TDF) pode ser efectuada a partir do veio primário da caixa de velocidades ou depois desta, obtendo-se assim um regime da TDF independente ou proporcional à velocidade de deslocamento do trator, designando-se o primeiro tipo de TDF motor e a segundo por TDF trator.

5.1- Tomada de força motor

Nas tomadas de força motor, ou tomadas de força em que o regime é proporcional ao regime motor, o acionamento da cadeia de transmissão é efectuado a partir do veio primário da caixa de velocidades, segundo diferentes formas o que conduz a diferentes tipos de TDF, ou seja:

- tomada de força dependente em que o movimento é obtido depois de uma embraiagem monodisco e simples efeito, ;
- tomada de força semi - independente em que o movimento é obtido a partir de uma embraiagem de duplo disco e duplo efeito;
- tomada de força independente em que o movimento se obtêm a partir de uma embraiagem de duplo disco e comandos separados;
- tomada de força totalmente independente em que o movimento se obtêm a partir de uma embraiagem multidiscos.

5.1.1- Tomada de força dependente

A tomada de força dependente utiliza-se nos tratores mais pequenos e tem como principais inconvenientes o não permitir imobilizar a TDF sem parar o trator e, reciprocamente, parar este sem interromper a transmissão à TDF.

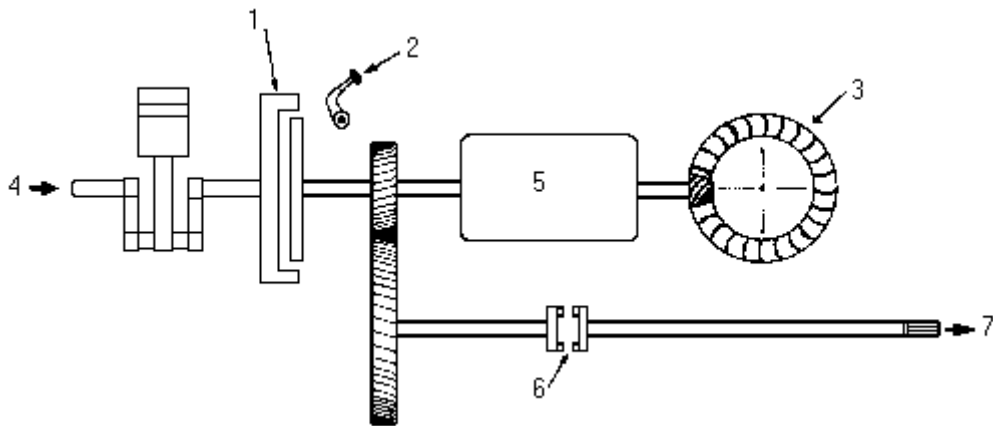


Figura 26- Representação da tomada de força dependente do avanço do trator
 1- Embraiagem de simples efeito 2- Pedal da embraiagem 3- Ponte traseira 4- Movimento do motor 5- Caixa de velocidades 6- Dispositivo de engrenamento da TDF 7- Movimento para a TDF.
 Fonte: CEMAGREF (1986)

5.1.2- Tomada de força semi-dependente

A tomada de força semi-independente caracteriza-se por receber movimento do motor através de um segundo disco de embraiagem (embraiagem de dois discos) sendo o acionamento deste obtido pelo mesmo pedal que controla o disco que transmite o movimento às rodas motrizes.

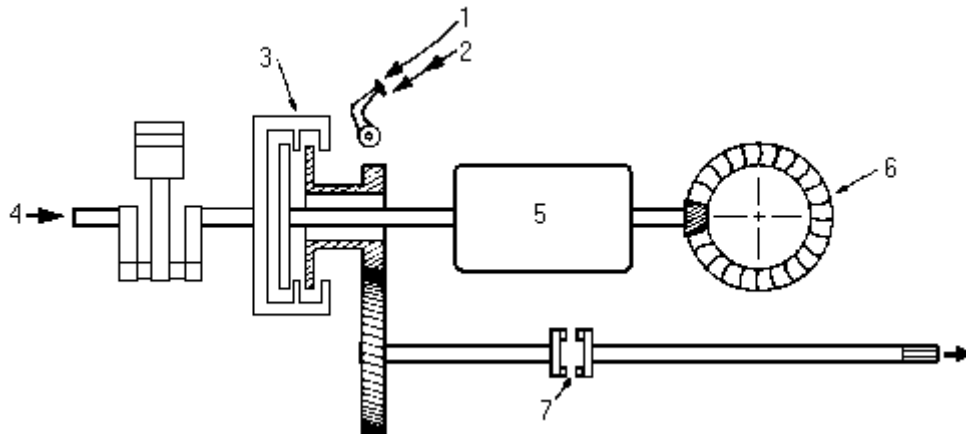


Figura 27- Representação de uma tomada de força semi-independente comandada por uma embraiagem de duplo efeito.
 1- Desembraiar do disco de avanço 2- Desembraiar do disco da TDF 3- Embraiagem de duplo efeito 4- Movimento do motor 5- Caixa de velocidades 6- Ponte traseira.
 Fonte: CEMAGREF (1986)

Como se pode observar na figura 27 na primeira parte do curso do pedal apenas se desembraiar o disco de avanço, o que imobiliza o trator, continuando a TDF a funcionar, e só pressionando o pedal a fundo é que esta última se imobiliza.

5.1.3- Tomada de força independente

A tomada de força independente apresenta uma embraiagem semelhante às das tomadas de força semi-independentes mas com comandos separados para cada um dos discos; o disco de avanço é acionado pelo pedal e o da TDF por um comando manual.

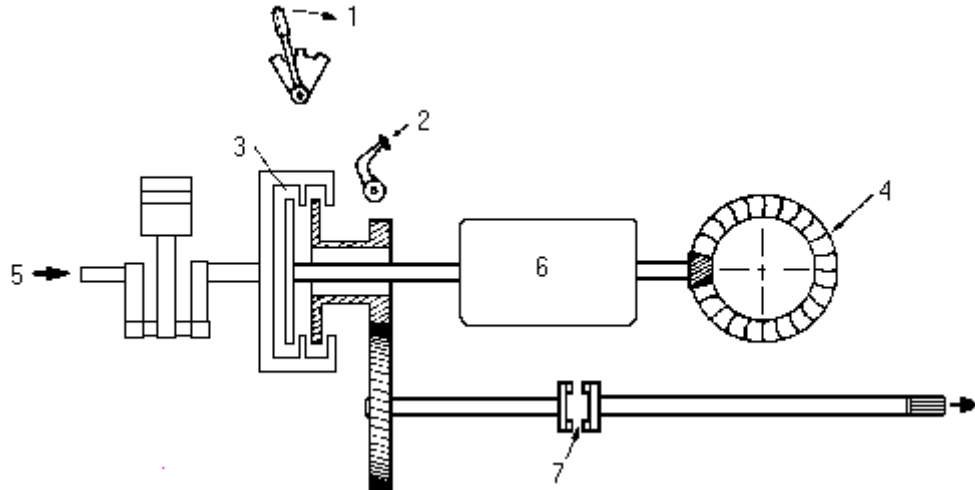


Figura 28- Representação de uma TDF independente de dois discos e comandos separados.
1- Comando do disco da TDF 2- Pedal de acionamento do disco de avanço 3- Embraiagem de dois discos e comandos separados 4- Ponte traseira 5- Movimento do motor 6- Caixa de velocidades 7- Dispositivo de engrenamento da TDF.

Nos tratores em que existe este tipo de TDF os movimentos de translação do trator e de rotação da TDF são independentes bastando para isso desembraiar, engrenar e embraiar o par de carretos da caixa desejado ou o dispositivo de engrenamento da TDF.

5.1.4- Tomada de força totalmente independente

As tomadas de força totalmente independentes têm uma embraiagem multidisco em banho de óleo, funcionando completamente independente da embraiagem do avanço, situação semelhante à anterior, mas em que o embraiar e engrenar é efectuado praticamente em simultâneo.

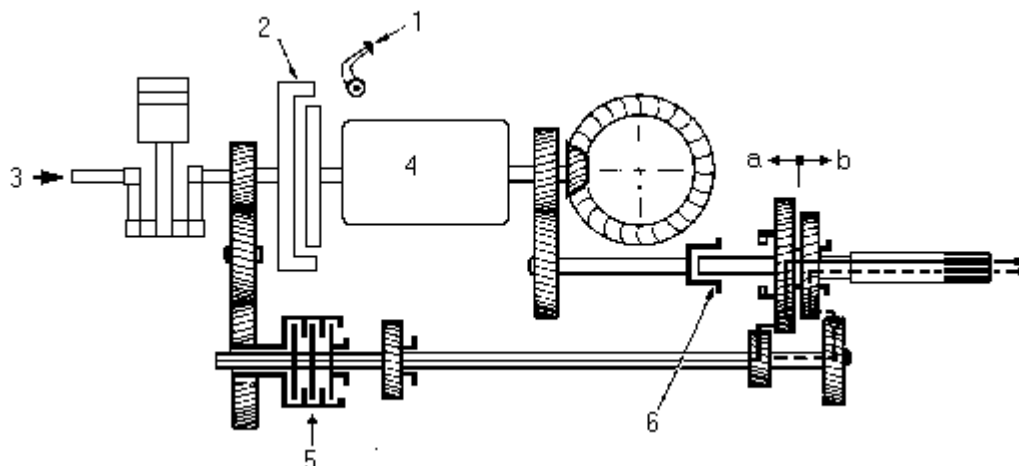


Figura 29- Tomada de força totalmente independente de 540 e 1000 rpm comandada por um embraiagem multidisco, podendo também ter movimento de rotação proporcional à velocidade de deslocamento.

a- 540 rpm b- 1000 rpm

1- Pedal de acionamento do disco de avanço 2- Embraiagem de simples efeito 3- Movimento do motor 4- Caixa de velocidades 5- Embraiagem multidisco 6- Dispositivo de acionamento da TDF proporcional ao avanço.

Fonte: CEMAGREF (1986)

5.2- Tomada de força trator

As tomadas de força trator, ou tomadas de força com regime proporcional ao avanço, apresentam uma rotação que depende da relação de transmissão engrenada na caixa de velocidades e da aceleração do motor. Este tipo de TDF é muito comum nos motocultivadores pois permite transmitir o movimento às rodas de um semi-reboque funcionando o conjunto como tendo quatro rodas motrizes; nos tratores este tipo de TDF é pouco utilizado embora haja determinados equipamentos que a utilizam.

6- A automatização nos comandos das transmissões

A automatização nos comandos das transmissões permite melhorar as prestações dos equipamentos e simplificar o trabalho do operador. Esta automatização baseia-se na utilização de diferentes parâmetros, nomeadamente a velocidade, posição dos comandos, etc., que são medidos por captadores, que estão ligados a unidades electrónicas que, em função dos dados introduzidos pelo operador, aciona diferentes electroválvulas, que fazem atuar os diferentes órgãos.

Quadro 3- Automatização nos comandos das transmissões.

Função	Ação que resulta da automatização	
	Acionar	Desacionar
Bloqueio dos diferenciais anterior e traseiro	<ul style="list-style-type: none">- se não se trava;- se o sistema de levantamento baixa;- se a velocidade é inferior a 14 km / h.	<ul style="list-style-type: none">- atuando sobre os travões;- se o sistema de levantamento sobe;- se a velocidade ultrapassa os 14 km / h;- se a pressão do sistema hidráulico é baixa.
Ponte dianteira	<ul style="list-style-type: none">- quando do deslocamento do trator;- quando da travagem, a uma velocidade superior a 5 km /h;- se o bloqueio dos diferenciais é acionado;- se a velocidade é inferior a 14 km /h	<ul style="list-style-type: none">acionando o interruptor de comando;- se a velocidade é superior a 14 km / h
Tomada de força	<ul style="list-style-type: none">controlo progressivo da embraiagem;- motor em funcionamento	<ul style="list-style-type: none">- se a embraiagem patina;- se a pressão do sistema hidráulico é baixa;- quando o motor para;- em caso de sobre - regime.
Alteração da gama lenta - rápida	<ul style="list-style-type: none">- se a velocidade é inferior a 2 km / h	<ul style="list-style-type: none">Interdito se:- a gama baixa está engrenada;- velocidade superior a 2 km / h;- pressão hidráulica insuficiente

Bibliografia

Barger, E.; Liledahl, J.; Carleton, W.; McKibben, E. (1963). Tractors and their power units. New York. John Wiley & Sons, Inc.

Briosa, F. (1984). Glossário ilustrado de mecanização agrícola. Sintra. Galucho

CEMAGREF- Livre du maitre. (1986). Tracteurs et machines agricoles. Antony. CEMAGREF.

Giacosa, D. (1986). Motores endotérmicos. Barcelona. Ediciones Omega, S.A.

Pugliesi, M. (1976). Manual completo do automóvel. S.Paulo. Gráfica Editora Bisordi Lda.