

UNIVERSIDADE DE ÉVORA
ESCOLA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA - DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA RURAL



MECANIZAÇÃO AGRÍCOLA

BASES DE ÓLEO-DINÂMICA
TRANSMISSÕES HIDRÁULICAS EM MÁQUINAS AGRÍCOLAS

(Apontamentos para uso dos Alunos)

JOSÉ OLIVEIRA PEÇA

ÉVORA

2013

INDICE

Resumo	3
1. Arquitectura básica de uma Transmissão Hidráulica (T.H.)	4
2. Aspectos gerais das transmissões hidráulicas.....	4
3. Componentes básicos de uma T.H.	5
3.1. Reservatório.....	5
3.2. Filtro de óleo.....	6
3.3. Bomba de óleo.....	6
3.4. Actuadores hidráulicos	8
3.4.1. Cilindros hidráulicos de duplo efeito (CHDE).....	8
3.4.2. Associação de CHDE em paralelo.....	9
3.4.3. Cilindros hidráulicos de simples efeito (CHSE)	11
3.4.4. Força e potência de cilindros hidráulicos	12
3.4.5. Motores hidráulicos (MH).....	13
3.4.6. Momento e potência de motores hidráulicos.....	14
3.5. Válvulas.....	15
3.5.1. Válvulas de segurança	15
3.5.2. Válvulas de retenção.....	16
3.5.3. Válvulas de gaveta.....	16
3.5.4. Válvula de regulação de caudal	17
4. O tractor como potência hidráulica nas aplicações agrícolas.....	18
4.1. Sistema hidráulico de 3 pontos do tractor	19
4.1.1. Braços (barras) do sistema hidráulico do tractor	19
4.1.2. Funções e comandos do sistema hidráulico do tractor	21
4.1.2.1. <i>Função de subida e descida</i>	22
4.1.2.2. <i>Função de controlo de posição da alfaia - CPA</i>	22
4.1.2.3. <i>Controlo de flutuação da alfaia - CFA</i>	24
4.1.2.4. <i>Controlo de esforço de tracção - CET</i>	24
4.1.2.5. <i>Função de limite de altura máxima - CLAM</i>	25
4.1.2.6. <i>Função de controlo da velocidade de descida – CVD</i>	26
4.1.2.7. <i>Comando rápido de subida e descida – CR</i>	26
4.2. Serviço Externo do Sistema Hidráulico do tractor	26
4.2.1. Comandos	27
4.2.2. Válvulas para actuar cilindros hidráulicos.....	28
4.2.2.1. <i>Válvula com detenção e kick-out</i>	29
4.2.2.2. <i>Válvula de detenção com flutuação</i>	30
4.2.2.3. <i>Válvula para cilindros hidráulicos de simples efeito</i>	31
4.2.3. Caudal contínuo de óleo e retorno de baixa pressão	32
5. Equipamentos agrícolas com sistema hidráulico autónomo.....	35
6. Protecção do operador e do equipamento.....	36

Resumo

Este trabalho destina-se a apoiar a aprendizagem de estudantes do ramo das ciências agrárias sobre aspectos relevantes das transmissões hidráulicas em máquinas agrícolas.

A transmissão hidráulica efectua a transmissão de potência desde uma fonte (exemplo: o Serviço Externo do Sistema Hidráulico do tractor) para diversos actuadores hidráulicos nos equipamentos agrícolas. São apresentadas as transmissões hidráulicas de equipamentos agrícolas, com a preocupação focada na identificação dos componentes presentes e na sua função dentro do sistema.

O texto não está vocacionado para aspectos de dimensionamento; contudo, faz-se a apresentação de alguns princípios básicos de óleo-dinâmica, possibilitando um entendimento crítico perante alternativas de concepção.

Este trabalho reúne textos de anteriores edições do mesmo autor:

Bases de Óleo-dinâmica (transmissões hidráulicas)(2011; 2008).

Fundamentos de óleo-dinâmica e exemplos de circuitos em equipamentos agrícolas (2005; 2004; 2002; 1994; 1988; 1986).

Os textos acima indicados foram publicados periodicamente no contexto de disciplinas em cursos da Universidade de Évora, nomeadamente:

- *Mecânica Aplicada* (1983/84 a 2003/04) - disciplina obrigatória do 3º semestre os cursos de Engenharia Agrícola e Engenharia Zootécnica;
- *Fundamentos de Engenharia nas Máquinas Agrícolas* – (2004/05 e 2005/06) – disciplina obrigatória do 3º semestre de Engenharia Agrícola;
- *Tecnologia dos Equipamentos Agrícolas* – (2004/05 e 2005/06) – disciplina obrigatória do 3º semestre de Engenharia Zootécnica;
- *Mecanização Agrícola* (2006/07 até ao presente) – unidade curricular obrigatória do 3º semestre da licenciatura em Agronomia;
- *Princípios de Engenharia Aplicados à Ciência Animal* (2006/07 até ao presente) – unidade curricular obrigatória do 1º ciclo em Ciência e Tecnologia Animal.

1. Arquitectura básica de uma Transmissão Hidráulica (T.H.)

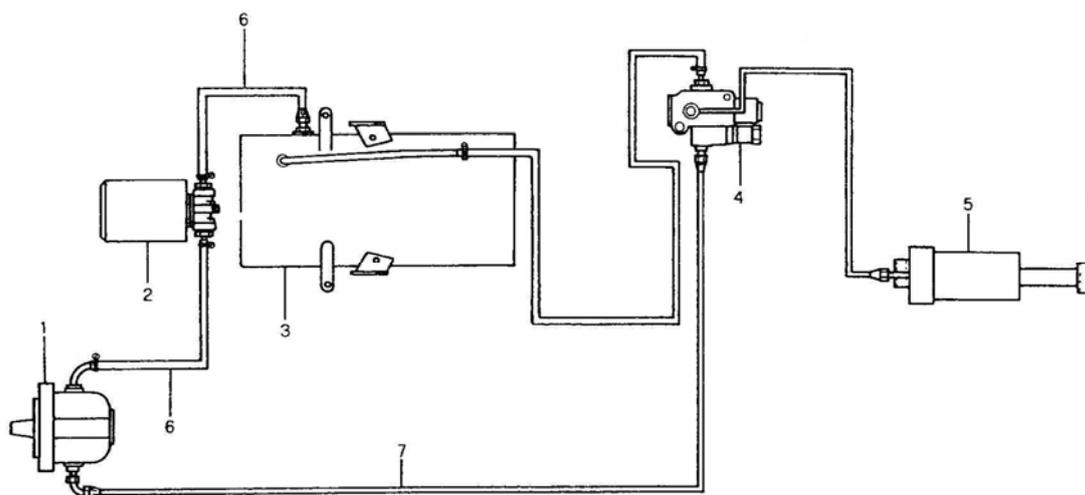


Figura 1 – Esquema simplificado de uma transmissão hidráulica

O óleo contido num reservatório (3) é impulsionado pela bomba de óleo (1) ligada a um motor (não representado). O caudal de óleo assim gerado é dirigido para a válvula direccional (4). Esta válvula pode ser controlada mecanicamente (alavanca) ou electricamente (botão nas electro-válvulas) para dirigir óleo para o actuador (5). Quando o actuador não estiver em função a válvula direccional (4) dirige o óleo para o reservatório (retorno). Desta forma o óleo está sempre em circulação. Nesta circulação o óleo é filtrado no filtro (2). Integrado na válvula direccional está a válvula de limite de pressão, também conhecida por válvula de segurança cuja função é permitir passagem directa do óleo para o reservatório assim que a pressão no circuito ultrapasse um valor limite.

2. Aspectos gerais das transmissões hidráulicas

As transmissões hidráulicas (T.H.) são um modo muito flexível e seguro de efectuar uma transmissão de energia. Basicamente trata-se de um fluxo de óleo, gerado por uma bomba, que é conduzido em tubos e controlado por válvulas. Esse fluxo é transformado em energia mecânica em cilindros ou em motores hidráulicos.

As T.H. apresentam as seguintes vantagens:

São simples - constituídas por componentes resistentes ao desgaste e avarias;

São compactas - um motor hidráulico é mais pequeno que o motor Diesel ou eléctrico, de potência equivalente ;

São flexíveis - a liberdade permitida por canalizações de borracha (mangueiras) é incomparavelmente maior do que a permitida por rodas dentadas, correias , veios, etc.

A desvantagem das T.H. reside no perigo de contaminação do óleo que, em aplicações agrícolas, é sobretudo devido a poeiras. A presença de filtros e a sua regular substituição, permite minorar este problema. As poeiras danificam o interior dos componentes, os quais são fabricados com tolerâncias de grande precisão.

Nas aplicações agrícolas são ainda fruto de contaminação a mistura de óleos que poderá acontecer quando uma mesma T.H. de uma alfaia for actuada por tractores diferentes.

Como em qualquer transmissão de energia há sempre uma parte que é dissipada sob a forma de calor, constituindo uma perda em termos de energia recebida. No caso das T.H. o aquecimento do óleo dá-se quer na bomba, quer na sua passagem nos tubos e nos diversos estrangimentos das válvulas. Por vezes estes sistemas possuem um permutador de calor (radiador de óleo) no sentido de manter a temperatura do óleo dentro de limites e evitar a sua deterioração.

3. Componentes básicos de uma T.H.

3.1. Reservatório

Reservatório do óleo (*reservoir; sump*) - tem um local para se ver o nível (vareta ou visor de nível), um bujão no topo para reabastecimento, um bujão na parte inferior para a mudança do óleo e um respirador para garantir a entrada e a saída do ar com as mudanças de nível do óleo no interior.



Figura 2 - Reservatório de óleo do sistema hidráulico autónomo de uma máquina de revestir fardos de feno-silagem em película plástica <http://www.mchale.net/>



Figura 3 - Reservatório de óleo do sistema hidráulico de um tractor FENDT 211F. Notar o símbolo de óleo de hidráulico colocado no bujão de enchimento.

3.2. Filtro de óleo

O filtro de óleo (*oil filter*) está frequentemente situado no tubo de retorno ao reservatório, imediatamente antes da entrada neste. É um dos componentes de substituição ou limpeza periódica, segundo os preceitos indicados no MANUAL DE OPERADOR da máquina. Por vezes existe mais do que um filtro:



Figura 4 – Exemplo de filtro de óleo

3.3. Bomba de óleo

A bomba de óleo (*oil pump*) destina-se a gerar o caudal de óleo. Faz-se notar que as bombas produzem caudal. A pressão é criada no fluxo de óleo pelas restrições internas impostas nas válvulas e mangueiras e, naturalmente, pelas cargas impostas externamente nos actuadores (cilindros e motores hidráulicos). Se não houver resistência ao fluxo de óleo, a bomba estará a impulsionar óleo a uma pressão reduzida, a suficiente para conduzir o óleo nos tubos e válvulas.



Figura 5 - Bomba de óleo de carretos (aspecto exterior e interior)

Para além da bomba de carretos (*spur gear pump*) existem a bomba de carretos internos (*internal gear pump*) e a bomba de palhetas (*vane pump*):

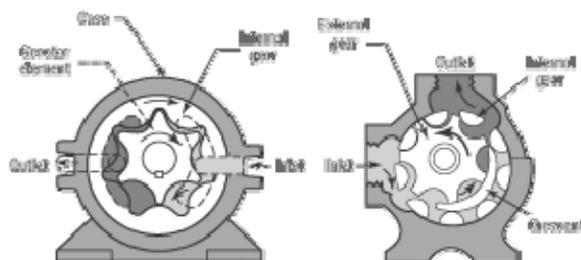


Figura 6 - Bomba de carretos internos

<http://www.hydraulicspneumatics.com/>

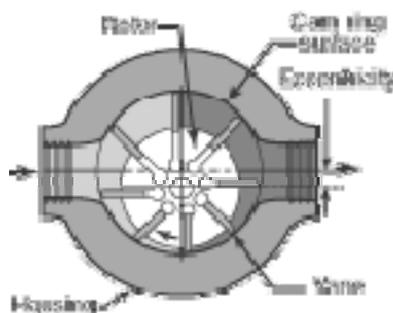


Figura 7 - Bomba de palhetas

<http://www.hydraulicspneumatics.com/>

O caudal produzido por uma bomba é dado pela seguinte expressão:

$$Q = \frac{V \times \eta \times n}{60} \quad \text{eq.1}$$

sendo:

Q - Caudal de óleo (m^3/s); V - Volume interno oferecido pela bomba em cada rotação (m^3); n - Velocidade de rotação da bomba (rpm); η - Rendimento volumétrico da bomba (decimal). Representa o que se perde devido à compressão do óleo, e às fugas internas de jusante para montante na bomba.

As bombas de carretos, as de carreto interno e as de palhetas, são exemplos de bombas em que V é sempre constante, pelo que a única maneira de se variar o caudal Q é recorrendo à variação da rotação n que é fornecida pelo motor a que estão ligadas.

Existe ainda um tipo de bombas, conhecida como bombas de êmbolos (*piston pump*); são bombas mais complexas de maior tamanho e mais caras. Alguns dos seus modelos permitem variar o volume interno V , como por exemplo a bomba de êmbolos axiais de débito variável, conhecida pela sua designação inglesa *Swashplate pump*. Nestas bombas, é possível variar o caudal sem alterar a velocidade de rotação do motor (Diesel ou eléctrico) a que estão ligadas; pode inclusivamente interromper-se o fornecimento de caudal, sem alterar a velocidade de rotação da bomba.

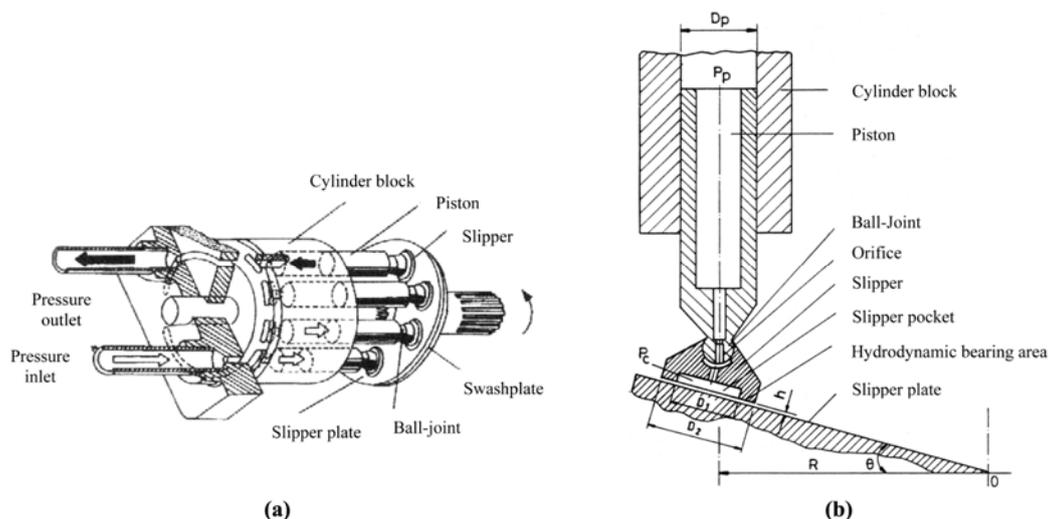


Figura 8 - Bomba de êmbolos axiais de débito variável (*Swashplate pump*)

Um exemplo da vantagem destas bombas pode ser apreciado recorrendo à figura 1: quando o cilindro hidráulico não estiver a ser actuado, a bomba de débito variável interrompe automaticamente o fornecimento de óleo. Se, de outra forma, a bomba fosse do tipo carretos ou palhetas (volume constante) ter-se-ia de continuar a bombear óleo, o qual seria dirigido na válvula direccionada de volta para o reservatório. Embora este processo se realize a baixa pressão requer energia, o que reduz a sua eficiência. Bombas de débito variável são hoje comuns em sistemas hidráulicos dos tractores da gama média e alta. Bombas de carretos e palhetas (volume constante) usam-se em equipamentos agrícolas que possuem sistemas hidráulicos autónomos, como adiante se verá.

Mais informação sobre este tipo de bombas:

<http://www.hydraulicspneumatics.com/200/FPE/Pumps/Article/True/6402/Pumps>

3.4. Actuadores hidráulicos

Os actuadores são os cilindros hidráulicos, para movimento linear e os motores hidráulicos para movimento de rotação.

3.4.1. Cilindros hidráulicos de duplo efeito (CHDE)

Os CHDE (*double-acting hydraulic cylinder*) movem-se sob pressão do óleo em ambos os sentidos podendo exercer força quer a estender quer a encolher a haste. Possui duas ligações de óleo para o exterior (duas manguelas).

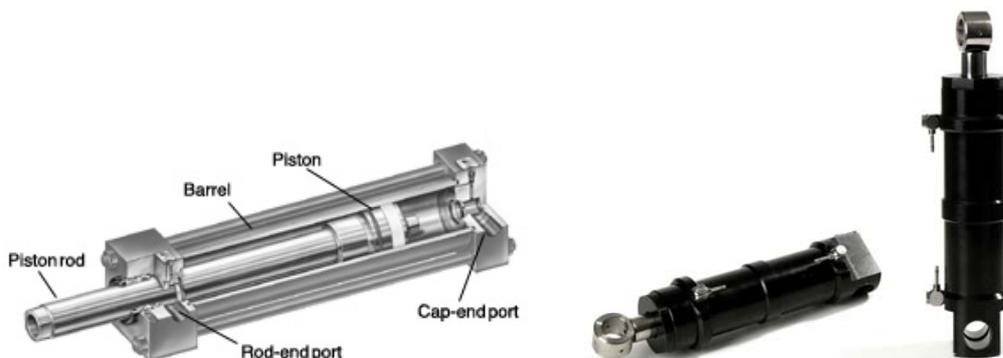


Figura 9 - Cilindro hidráulico de duplo efeito <http://www.hydraulicspneumatics.com/>



Figura 10 - Cilindro hidráulico de duplo efeito usado como 3º ponto no sistema de 3 pontos do tractor Fendt 415 Vario. Aula de Tractores e Equipamentos Automotrizes 2011/12

3.4.2. Associação de CHDE em paralelo

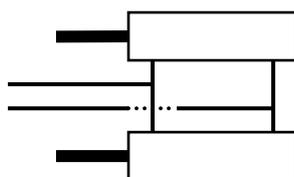


Figura 11 -Taipal traseiro (*rear door*) de semi-reboques, actuado hidráulicamente, é operado por dois CHDE (um de cada lado do taipal) em paralelo. Tractores e Equipamentos Automotrizes 2011/12 – Visita à herdade dos Padres



Figura 12 - Abertura e fecho de tampas nas enfardadeiras de fardos redondos via dois CHDE (um de cada lado do taipal) em paralelo

A agricultura moderna apoia-se, cada vez mais, em alfaias de grande largura de trabalho (*work width*) que, por serem de grandes dimensões, possuem cilindros hidráulicos que rebatem os corpos dos componentes activos para a posição de transporte ou de trabalho.



Figura 13 - Os dois cilindros hidráulicos assinalados, actuados em paralelo, rebatem o corpo do lado esquerdo do vibrocultor. Um segundo par de CHDE actuados em paralelo rebate o corpo direito <http://kvernelandgroup.papirfly.no>

Alfaias de grande largura de trabalho (*work width*), em virtude do seu maior peso, são frequentemente rebocadas (*trailed implement*) e não montadas (*mounted implement*) no tractor. Estas alfaias possuem cilindros hidráulicos que actuam as rodas para a posição de transporte ou de trabalho.



Figura 14 - O virador de feno (*trailed tedder*) da figura, possui um CHDE para actuar as rodas de transporte (*transport wheels*) e um par de CHDE, em paralelo, para o rebatimento dos corpos laterais (*folding wings*). www.claas.com

3.4.3. Cilindros hidráulicos de simples efeito (CHSE)

Os CHSE estendem sob pressão do óleo e recolhem devido à acção da força de uma mola, ou devido à acção da gravidade. Possui uma única ligação de óleo para o exterior (uma mangueira).

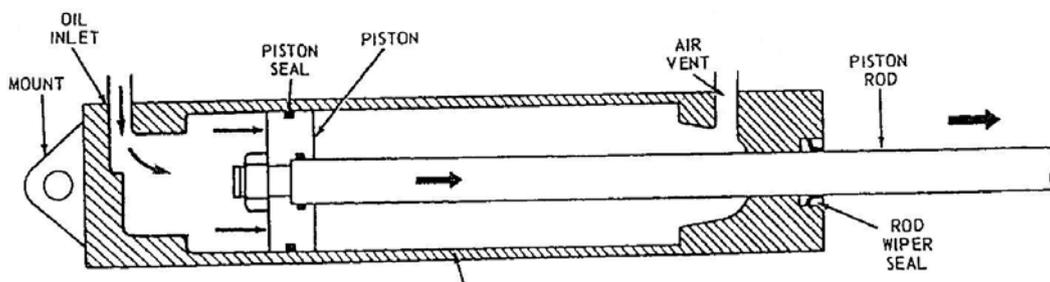


Figura 15 - Cilindro hidráulico de simples efeito. Notar a ligação à atmosfera no lado direito do cilindro (orifício ventilador)



Figura 16 - O semi-reboque (*farm trailer*) da figura dispõe de um CHSE para rebater (*tip*) a caixa; O peso da caixa fará recolher a haste do cilindro. Aula do Mestrado de Olivicultura e Azeite - Herdade de Torre de Figueiras (Monforte)

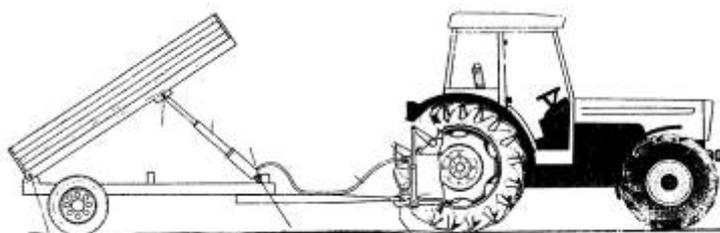


Figura 17 - Cilindros telescópico para possibilitar que, quando recolhida, a haste ocupe o menor espaço possível.



Figura 18 - Semi-reboque basculante com caixa rebatida por dois cilindros hidráulicos de simples efeito (CHSE), em paralelo. Tratores e Equipamentos Automotrizes 2011/12 – Visita à herdade dos Padres

3.4.4. Força e potência de cilindros hidráulicos

Desprezando o atrito do êmbolo no cilindro e supondo que o óleo contido no lado oposto se escoa para o reservatório a uma pressão reduzida, então a relação entre a força exercida pelo cilindro e a pressão do óleo é:

$$F = p \times A \quad \text{eq. 2}$$

sendo :

F - Força exercida pelo cilindro (kN)

p - pressão do óleo (kPa)

A - área do êmbolo exposta à pressão p (m²)

A expressão anterior permite concluir que para exercer a mesma força a estender e a encolher, um CHDE necessita de maior pressão neste último caso em resultado da diminuição da área útil do êmbolo ocupada pela haste.

Para uma mesma pressão, um CHDE exerce maior força a estender do que encolher.

O volume do cilindro exposto à entrada de óleo é:

$$V = A \times c$$

Sendo:

V - volume interno (m³)

A - área do êmbolo exposta à pressão p (m²)

C - curso do êmbolo (m)

Dividindo ambos os membros pelo tempo, fica:

$$Q = A \times v \quad \text{Eq.3}$$

sendo:

Q - o caudal de óleo que entra no cilindro (m³/s) ;

A - área do êmbolo exposta à pressão p (m²);

v - velocidade de deslocamento da haste (m/s)

A expressão permite concluir que um CHDE que receba o mesmo caudal a estender e a encolher, encolhe mais depressa do que estende.

Nos sistemas hidráulicos o caudal está limitado pela bomba e a pressão está limitada pela válvula de segurança. Podemos concluir da equação 3 que um cilindro hidráulico com um êmbolo de grande diâmetro, desloca-se devagar, mas, de acordo com a equação 2 pode fornecer uma força elevada.

Do mesmo modo, um cilindro hidráulico de pequeno diâmetro desloca-se depressa, mas exercendo uma pequena força.



Figura 19 - Um par de CHDE actuados em paralelo rebate a lança do carregador frontal. Para o mesmo caudal, os CHDE encolhem mais depressa do que estende; para uma mesma pressão, os CHDE exercem maior força a estender do que encolher. Como consequência o carregador tem mais força para levantar carga e desce mais depressa para o solo. Controlo de Equipamentos e Mecanização Aplicada.

Sendo potência o produto de força e velocidade, combinando as equações 2 e 3, conclui-se que a potência fornecida por um cilindro hidráulico será:

$$P = p \times Q \quad \text{Eq.4}$$

sendo :

P - potência (kW); p - pressão do óleo (kPa); Q - Caudal do óleo (m³/s)

3.4.5. Motores hidráulicos (MH)

Os MH são semelhantes a bombas funcionando ao contrário, isto é, os motores hidráulicos recebem um caudal de óleo e transformam esse caudal em rotação. Possui duas ligações de óleo para o exterior (duas mangueiras)

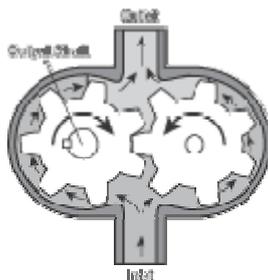


Figura 20 - Motor hidráulico de carretos <http://www.hydraulicspneumatics.com/>



Figura 21 - Motor hidráulico de accionamento de órgãos activos de uma trituradora de rama de poda



Figura 22 - Motor hidráulico de accionamento do ventilador de um semeador mono-grão, pneumático, de sementeira directa. Controlo de Equipamentos e Mecanização Aplicada -visita de estudo à herdade da Lobeira (Ciborro)

Os MH mais vulgares são os motores de carretos e motores de palhetas, usados em numerosas máquinas agrícolas.

Motores de êmbolos axiais são usados em transmissões hidrostáticas de ceifeiras debulhadoras, pulverizadores auto-motrizes e em transmissões contínuas de tractores agrícolas. Mais informação em:

<http://www.hydraulicspneumatics.com/200/FPE/MotorsActuators/Article/True/6428/MotorsActuators>

3.4.6. Momento e potência de motores hidráulicos

A velocidade de rotação de um motor hidráulico é dada pela seguinte equação, em que:

$$n = \frac{60 \times Q \times \eta}{V} \quad \text{Eq.5}$$

Q - Caudal de óleo fornecido ao motor (m^3/s);

V - Volume interno do motor (m^3);

n - Velocidade de rotação do motor hidráulico (*rpm*);

η_v – Rendimento volumétrico do motor (devido a fugas internas no motor).

A potência fornecida por um motor hidráulico é:

$$P = \Delta p \times Q \times \eta_t \quad \text{Eq.6}$$

sendo :

P - potência fornecida pelo motor hidráulico (*kW*);

Δp - Diferença de pressão do óleo entre a entrada e saída do motor (*kPa*);

Q - Caudal do óleo fornecido ao motor hidráulico (m^3/s);

η_t - Rendimento total do motor hidráulico ($\eta_t = \eta_v \times \eta_i$).

Sendo potência o produto do momento pela velocidade angular, então o momento fornecido por um motor hidráulico será o quociente entre a potência e a velocidade angular. Exprimindo esta em termos de *rpm*, e atendendo às equações 5 e 6, fica:

$$M = \frac{\Delta p \times V \times \eta_i}{2\pi} \quad \text{Eq.7}$$

sendo:

M - Momento fornecido por um motor hidráulico (*kNm*);

V - Volume interno do motor (m^3).

Δp - Diferença de pressão do óleo entre a entrada e saída do motor (*kPa*);

η_i - Rendimento interno do motor hidráulico (devido ao atrito interno dos componentes).

Uma vez que o caudal (Q) e a pressão (p) estão limitadas no sistema, podemos concluir:

- Da equação 5: um motor hidráulico de grande volume interno roda devagar;
- Da equação 7: um motor hidráulico de grande volume interno fornecer um elevado momento.

Em oposição, um motor hidráulico de pequeno volume interno roda depressa e com baixo momento.

3.5. Válvulas

Existem três grandes tipos de válvulas (*valves*):

- as que controlam a pressão do óleo no sistema (*pressure control valves*);
- as direccionais (*directional control valves*), que orientam o óleo no sistema;
- as que regulam o caudal de óleo (*flow control valves*).

3.5.1. Válvulas de segurança

As válvulas de segurança (*Relief valve*), são o exemplo mais comum de válvulas limitadoras de pressão, tendo a função de proteger o sistema de pressão elevada que possa causar danos, como o empeno de hastes de cilindros ou o rebentamento de mangueiras.

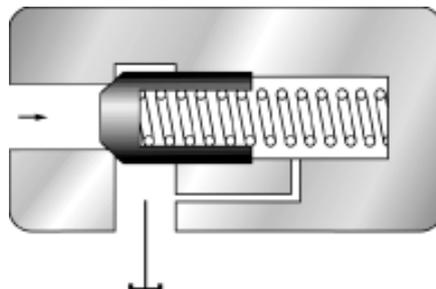


Figura 23 - Válvula de segurança <http://www.hydraulicspneumatics.com/>

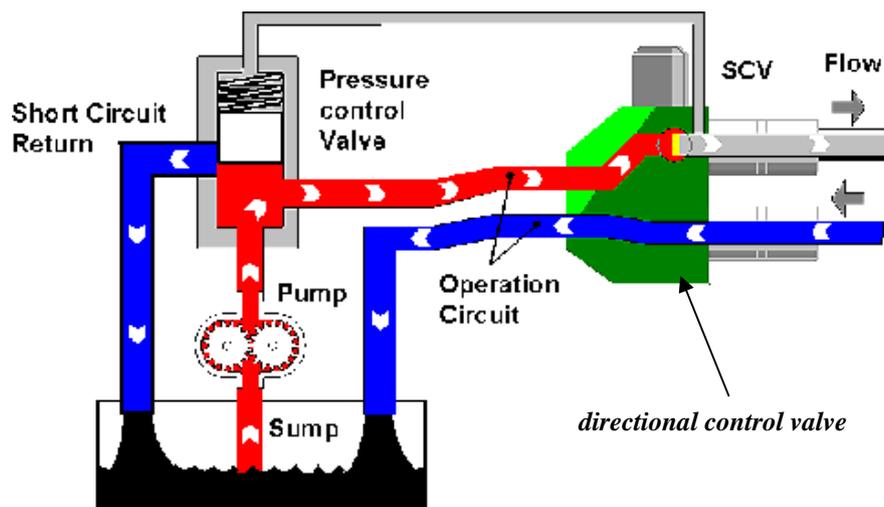


Figura 24 - Estando a válvula direccional (*directional control valve*) impossibilitada de passar óleo (*flow*), o aumento de pressão provocado pela bomba de óleo (*pump*) que continua a bombar, vai empurrar o êmbolo da válvula limitadora de pressão (*pressure control valve*), vencendo a força da mola (do outro lado do êmbolo), abrindo passagem para o reservatório do óleo (*sump*). Ficou, assim, aberto o retorno ao reservatório pela válvula de segurança (*short circuit return*).

Na válvula de segurança (*Relief valve*), quando a pressão do óleo atinge o limite de segurança, a força que está a ser exercida sobre o núcleo da válvula é suficiente para o descolar (vencendo a força de uma mola). O óleo encontrará caminho para o reservatório ou para a entrada da bomba.

3.5.2. Válvulas de retenção

As válvulas de retenção (*check valve*) são a forma mais simples de **válvula direccional**, permitindo o fluxo de óleo num sentido, mas impedindo-o no sentido oposto.



Figura 25 - Válvula de retenção <http://www.hydraulicspneumatics.com/>

A válvula de retenção permite passar óleo apenas num sentido (de baixo para cima na figura anterior), fechando se o fluxo se inverte.

3.5.3. Válvulas de gaveta

As válvulas de gaveta (*spool valves*) constituem um numeroso grupo dentro das válvulas direccionais, mostrando-se na figura um exemplo simples. As separações no

núcleo da válvula permitem abrir e fechar as passagens definidas no corpo da válvula à medida que o núcleo desliza no corpo da válvula.

A figura seguinte mostra as posições que levam o cilindro a estender ou a encolher:

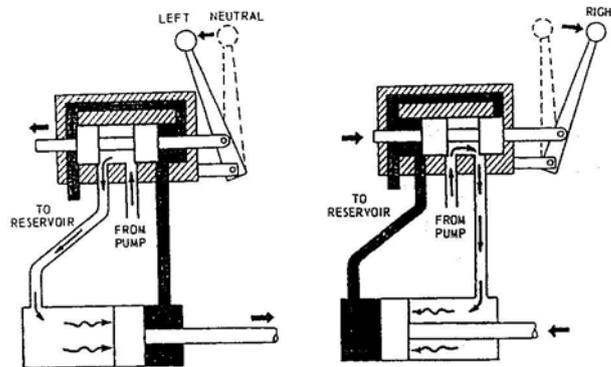


Figura 26 - Movendo para a esquerda a alavanca de comando da válvula direccional, fica permitida a passagem de óleo vindo da bomba para o lado esquerdo do cilindro; simultaneamente, o lado direito do cilindro fica ligado ao reservatório. Assim, com a entrada de óleo no lado esquerdo e saída no lado direito, a haste do cilindro estende. Movimentando a alavanca de comando da válvula direccional para a direita realiza-se o oposto

A actuação destas válvulas pode ser feita através de alavanca ou pode ser efectuada de forma remota por um comando electromagnético activado por um botão (electro-válvula).

3.5.4. Válvula de regulação de caudal

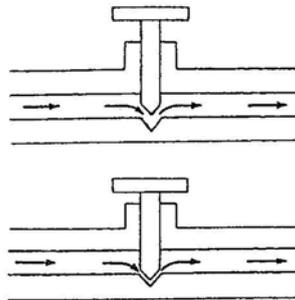


Figura 27 - Princípio básico de uma válvula de regulação de caudal

A figura 28 mostra um tipo vulgar de válvula reguladora de caudal – válvula divisora de fluxo (*flow-divider valve*)

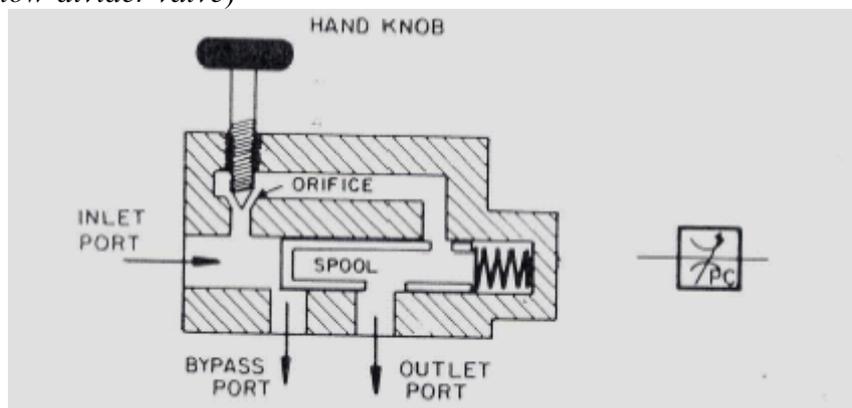


Figura 28 - Válvula reguladora de caudal – válvula divisora de fluxo (*flow-divider valve*)

Na figura 28, actuando regulador (*hand knob*) no sentido do sinal - o caudal à saída da válvula (*outlet port*) diminui; tal deve-se ao facto de o regulador fechar mais a passagem de óleo no orifício de estrangimento (*orifice*), impondo, desta forma, um abaixamento da pressão do óleo a jusante do orifício (perda de carga). Havendo maior diferença de pressão à direita e à esquerda da gaveta (*spool*), a gaveta será empurrada para a esquerda, comprimindo a mola, fechando mais a saída de óleo (*outlet port*) para o circuito, diminuindo, assim o caudal para o circuito. Simultaneamente a gaveta abre mais a passagem para o reservatório (*bypass port*), por onde se dirige o excesso de óleo que não foi para o circuito.

Uma válvula divisora de fluxo possibilita variar o caudal, permitindo, por exemplo, regular a saída de óleo de dentro ou para dentro de um actuador, o que influenciará a velocidade a que este se desloca (cilindro) ou roda (motor hidráulico).



Figura 29 - Válvula de regulação de caudal inserida no circuito de um motor hidráulico (não visível), a qual permite variar a velocidade de translação do fundo móvel de um semi-reboque distribuidor de estrume, possibilitando, assim, regular a densidade de distribuição do estrume (*ton/ha*).

Existem diversos tipos de válvulas de controlo de caudal, cujo princípio de funcionamento está para além do interesse do curso. Informação complementar pode ser obtida em:

<http://www.hydraulicspneumatics.com/200/FPE/Valves/Article/True/6409/Valves>

4. O tractor como potência hidráulica nas aplicações agrícolas

O tractor agrícola possui um sistema hidráulico completo (*tractor hydraulic system*), uma vez que tem o seu próprio reservatório, filtro(s), bomba (ligada ao motor Diesel) e válvulas e actuadores. que, de entre outras funções, permite o accionamento hidráulico dos braços inferiores do sistema de barras existente na traseira e destinado à montagem de alfaías.

O tractor tem ainda o Serviço Externo do Sistema Hidráulico (S.E.S.H.) que fornece caudal de óleo a alfaías que tenham actuadores (cilindros ou motores), dispensando a alfaia de ter todos os restantes componentes.

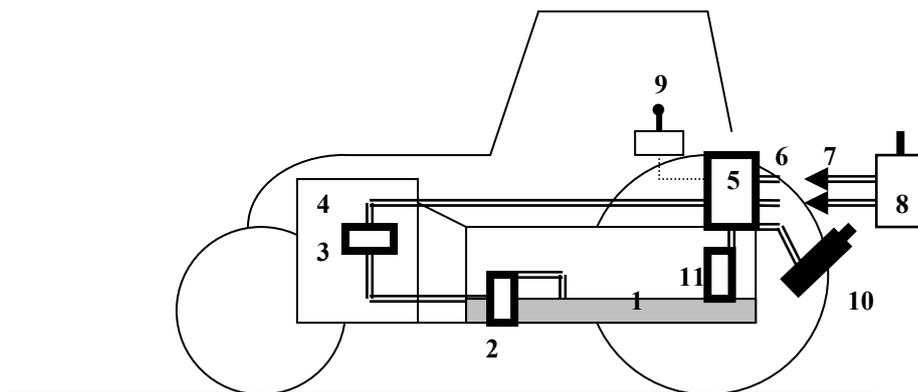


Figura 30 – Esquema simplificado do sistema hidráulico de um tractor agrícola: 1 – Reservatório (cárter da transmissão do tractor); 2 – Filtro de óleo do sistema hidráulico (aspiração); 3 – Bomba de óleo do sistema hidráulico (accionada pelo motor Diesel); 4 – Motor Diesel; 5 – Bloco de Válvulas; 6 – Tomadas de óleo do SESH (fêmea); 7 – Acoplamento macho nas mangueiras de actuador externo (na alfaia); 8 – Cilindro hidráulico (na alfaia); 9 – Comando das válvulas; 10 – cilindros do sistema de 3 pontos; 11 – Filtro de óleo do sistema hidráulico (retorno).

O sistema hidráulico do tractor agrícola será tratado com maior detalhe na unidade curricular optativa “Tractores e Equipamentos Automotrizes”, completada com aplicação em trabalhos práticos na unidade curricular optativa “Controlo de Equipamentos e Mecanização Aplicada”. Por agora serão apresentadas exclusivamente as funcionalidades principais e os seus comandos.

4.1. Sistema hidráulico de 3 pontos do tractor

4.1.1. Braços (barras) do sistema hidráulico do tractor

Na traseira de um tractor agrícola existe um conjunto de 3 barras que constituem o sistema de 3 pontos para ligação de alfaias (*three point linkage / lifting system*): É formado pelo braço superior ou 3º ponto (*top link*) e dois braços inferiores (*lower link*).

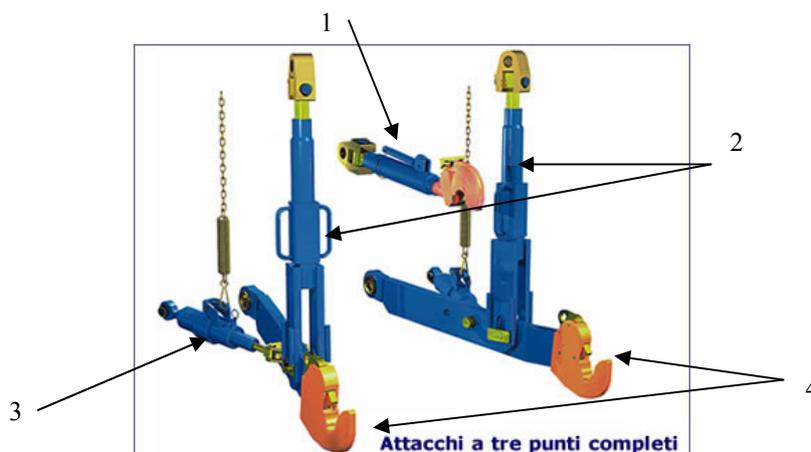


Figura 31 - Sistema de 3 pontos para ligação de alfaias (*three point linkage / lifting system*): 1 - Braço superior ou 3º ponto (*top link*); 2 - Pendural (*lift rod*); 3 - Esticador (*stabiliser*); 4 - Braço inferior (*lower link*).

Os braços inferiores são accionados por cilindros hidráulicos de simples efeito (*single acting hydraulic cylinders*), ligados em paralelo. Quando a hastes dos cilindros estendem os braços inferiores sobem e alfaia é levantada. Quando a hastes dos cilindros recolhem os braços inferiores descem e alfaia é baixada.

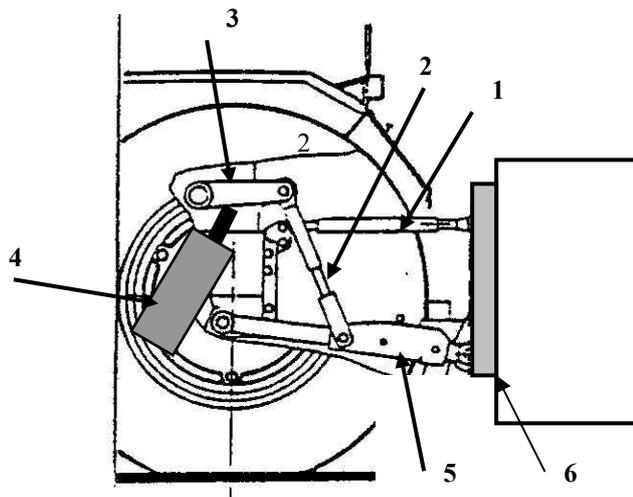


Figura 32 - Sistema de 3 pontos para ligação de alfaia (*three point linkage / lifting system*): 1 - Braço superior ou 3º ponto (*top link*); 2 - Pendural (*lift rod*); 3 - Braço de elevação (*lifting arm*); 4 - Cilindro hidráulico (*hydraulic cylinder*); 5 - Braço inferior (*lower link*); 6 - Cabeçote da alfaia (*implement headstock*).



Figura 33 - Tractor Deutz-Fahr Agrofarm 420, usado nas aulas do ano lectivo de 2009/10



Figura 34 - Na extremidade dos braços inferiores existem engates rápidos (*quick couplers*) para ligar ao cabeçote da alfaia.



Figura 35 – Cabeçote da alfaia (*implement hedstocka*) - estrutura da alfaia através da qual esta se liga ao tractor.

4.1.2. Funções e comandos do sistema hidráulico do tractor

Os comandos do sistema hidráulico do tractor reflectem a grande variedade de alfaias com que o tractor pode trabalhar. Assim, não há um único comando para actuar os cilindros hidráulicos do sistema de 3 pontos; existem, de facto, vários comandos que se especializam em determinada função de controlo adequada à alfaia com que o tractor vai trabalhar. Os comandos, variando na apresentação de fabricante para fabricante, estão identificados com símbolos auto-explicativos.

Seguidamente o texto indica os controlo principais.

O controlo das válvulas direccionais e de regulação de caudal do sistema hidráulico dos tractores de média e elevada potência é feito recorrendo a comandos eléctricos; é por isso que as válvulas são designadas or electro-válvulas. A figura 36 mostra o painel de controlo electro-hidráulico (*eletronic linkage control- ELC*) do tractor VALTRA N82.

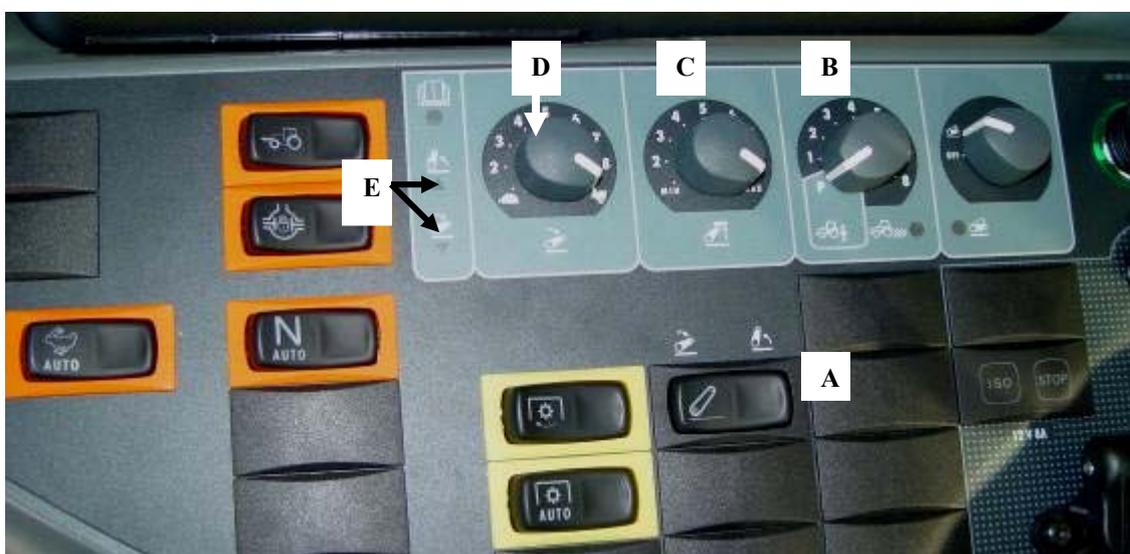


Figura 36 – Aspecto parcial do painel lateral de comando do tractor Valtra N82: A - Comandos para subida e descida dos braços inferiores em operação de montagem de alfaias; B - Comando de selecção (CS) de: controlo de posição, controlo de esforço de tracção, controlo misto; C - Comando de limite de altura máxima – CLAM; D - Controlo da velocidade de descida – CVD; E- Indicadores luminosos de subida/descida

4.1.2.1. Função de subida e descida

No exemplo da figura 36 esta função é assegurada pelo interruptor **A**; enquanto o operador estiver a carregar no lado esquerdo do botão os braços inferiores descem; enquanto o operador estiver a carregar no lado direito do botão os braços sobem. Se deixar de carregar os braços param.

A acção deste interruptor está repetida no comando remoto existente no guarda-lamas traseiro (*external linkage control buttons*)



Figura 37 – Comandos no guarda-lamas para subida e descida dos braços inferiores em operação de montagem de alfaias

Enquanto o operador estiver a carregar no botão correspondente os braços sobem ou descem. Se deixar de carregar os braços param.

Esta função de subida e descida dos braços inferiores é usada na operação de montagem de alfaias. Há que ter em consideração que ao comandar os braços inferiores com estes comandos o operador deverá assegurar-se da não presença de pessoas na trajectória do equipamento e da altura máxima a que pode levantar para não colidir com a cabine.

4.1.2.2. Função de controlo de posição da alfaia - CPA

A função de controlo de posição da alfaia (*implement position control*) permite escolher uma determinada altura dos braços inferiores em relação ao solo e mantê-la fixa.

O CPA usa-se:

- Com qualquer equipamento montado nos três pontos, quando em transporte;
- Com equipamentos montados que trabalham acima do solo, nomeadamente: pulverizadores (*sprayers*); distribuidores centrífugos de adubo (*broadcast spreaders*); gadanheiras (*mowers*), desensiladoras (*siloblock cutters*), destroçadores de fardos (*bale shredders*) etc.



Figura 38 – Transporte de alfaia montada nos 3 pontos e aplicação de fungicida com pulverizador montado: duas situações de utilização do controlo de posição da alfaia (CPA)

O CPA é executado com a participação de dois comandos: **Comando de selecção (CS)** e o **Comando de Posição / Profundidade (CPP)** (*position and draft knob*). Primeiro, com o CS, o operador selecciona **controlo de posição da alfaia (CPA)**. No caso do tractor Valtra N82 (figura 36) o CS é o potenciómetro (*knob*) **B** e a selecção de CPA faz-se rodando na totalidade no sentido contrário ao dos ponteiros do relógio (letra P). Seguidamente, o operador do tractor, escolhe a altura desejada com o CPP. No caso do tractor Valtra N82 o CPP é o potenciómetro indicado na figura 39 e o posicionamento dos braços inferiores, mais acima ou mais abaixo, efectua-se rodando o potenciómetro. A cada número indicado no CPP corresponde uma determinada posição fixa acima do solo.

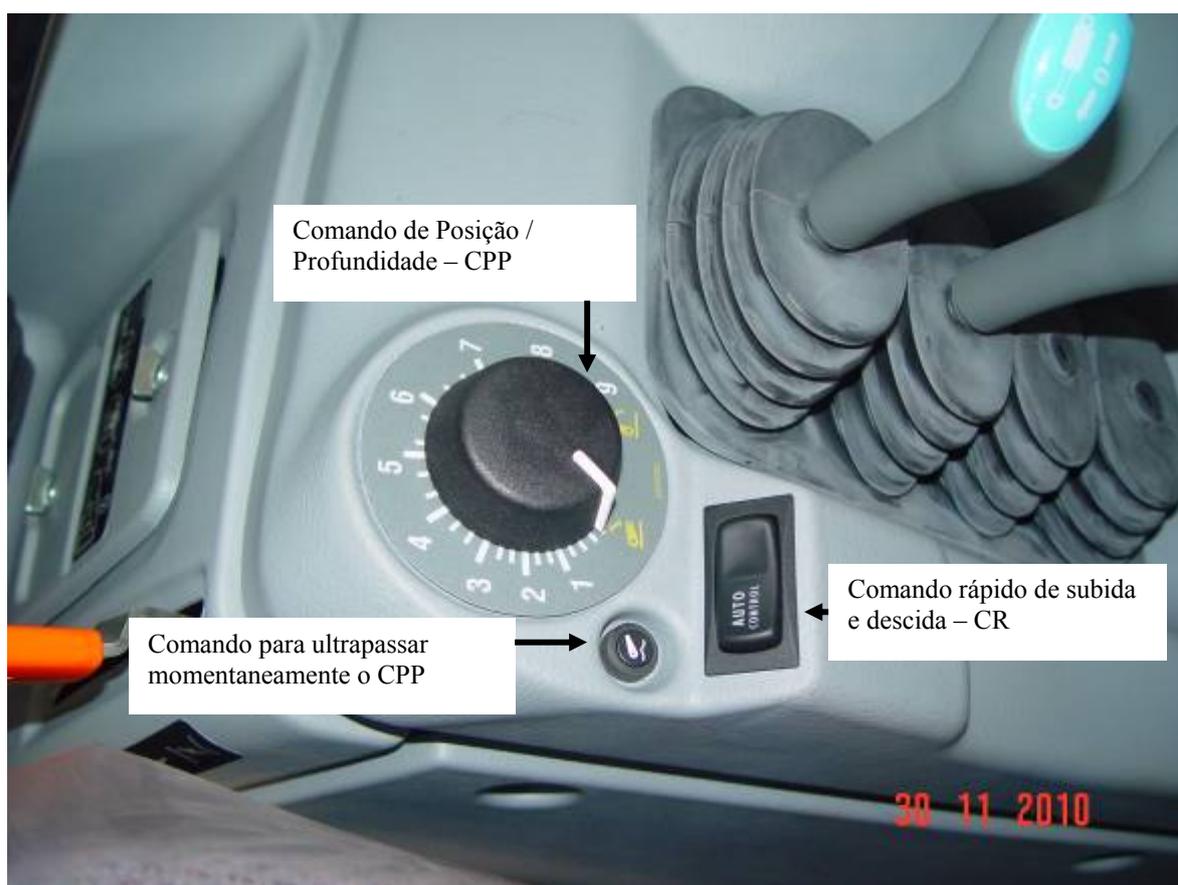


Figura 39 – Painel à direita do volante do tractor Valtra N82 usado nas aulas de 2010/11

4.1.2.3. Controlo de flutuação da alfaia - CFA

A função de controlo de flutuação da alfaia (*float control*) permite que os braços inferiores do sistema hidráulico fiquem livres de subir ou descer, possibilitando liberdade à alfaia para seguir o relevo do terreno.

O CFA usa-se é usado com alfaias montadas que se apoiam sobre a superfície do terreno, como por exemplo o semeador de linhas (*seed drill*); o virador / ajuntador de feno (*hay rake*).



Figura 40 – Sementeira com um semeador mecânico de linhas; situação de utilização do controlo flutuante da alfaia (CFA). Herdade das Lages Grandes, unidade Curricular Tractores e Equipamentos Automotrizes

No caso do tractor Valtra N82 o CFA é obtido com o potenciómetro (*knob*) **B** (figura 36) seleccionado para o CPA - controlo de posição da alfaia (letra P) e com o potenciómetro CPP, indicado na figura 39, rodado para a posição mais baixa (rodado para a esquerda).

4.1.2.4. Controlo de esforço de tracção - CET

A função de controlo de esforço de tracção (*draft control*) é utilizada com as alfaias que actuam com o solo (*soil engaging implements*).



Figura 41 – Lavoura com charrua de aivecas, reversível: situação de utilização do controlo de esforço de tracção (CET)

O CET é executado com a participação de dois comandos: **Comando de selecção (CS)** e o **Comando de Posição / Profundidade (CPP)** (*position and draft knob*). Primeiro, com o CS, o operador selecciona **controlo de esforço de tracção (*draft control*)**. No

caso do tractor Valtra N82 (figura 36) o CS é o potenciómetro (*knob*) **B** e a selecção de CET faz-se rodando na totalidade no sentido dos ponteiros do relógio. Seguidamente o operador do tractor, através do Comando de Posição / Profundidade – CPP (*position and draft knob*) no painel de comando selecciona o esforço a que o CET estabilizará os braços inferiores do sistema hidráulico, o que para cada condição de particular de solo corresponderá a uma determinada profundidade de trabalho da alfaia. No caso do tractor Valtra N82 o CPP é o potenciómetro indicado na figura 39. Rodando o potenciómetro no sentido dos números menores o CET só estabiliza a posição dos braços inferiores quando o esforço de tracção atingir um valor elevado, permitindo, assim, que a alfaia fique a trabalhar mais funda no solo. Rodando o potenciómetro no sentido dos números maiores o CET fixa logo a posição dos braços inferiores para esforços de tracção baixos, impedindo, assim, que a alfaia trabalhe funda no solo.

Estando seleccionado, através do Comando de Posição / Profundidade – CPP (*position and draft knob*) o esforço a que o CET estabilizará os braços inferiores do sistema hidráulico (uma determinada profundidade de trabalho da alfaia), o CET reagirá sempre que houver alteração de esforço. Assim, irregularidades do terreno, variações da consistência do solo, vão motivar que o CET actue variando automaticamente a profundidade a que a alfaia trabalha de forma a manter o esforço de tracção previamente seleccionado pelo operador no CPP. Se a resistência do solo aumentar, naturalmente aumenta o esforço de tracção e o CET reage levantando os braços inferiores e consequentemente a alfaia trabalhará menos funda por forma a manter-se o esforço de tracção previamente seleccionado pelo operador no CPP. Um indicador luminoso no painel (normalmente acompanhado com uma seta para cima) indicará que o CET efectuou o accionamento automático do sistema hidráulico para levantar ligeiramente os braços inferiores. Um outro indicador (seta para baixo), indicará o oposto.

A sensibilidade com que o sistema actua em face das irregularidades de resistência do solo é máxima quando o CS está no **controlo de esforço de tracção (*draft control*)**. No caso do tractor Valtra N82 (figura 36) corresponde a rodar o CS totalmente no sentido dos ponteiros do relógio. A sensibilidade pode ser diminuída escolhendo posições intermédias do CS – **controlo misto (*intermix*)**. No caso do tractor Valtra N82 o CS (figura 36) tem posições entre 1 e 6; quanto menor o número, menor a sensibilidade às irregularidades de resistência do solo e, consequentemente, menor variação na profundidade de trabalho. Em contrapartida maior é a variação na força de tracção imposta ao tractor.

A frequência de alternância dos indicadores luminosos de subida/descida dá uma indicação da maior ou menor sensibilidade de actuação do sistema. No caso do tractor Valtra N82 (figura 36) os **Indicadores luminosos de subida/descida** são os *LED* (E) no painel de comando. Informam se os braços inferiores estão a subir (luz vermelha) ou a descer (luz verde). Quando os braços inferiores estão parados as luzes estão apagadas.

4.1.2.5. Função de limite de altura máxima - CLAM

A função de limite de altura máxima (*maximum lift height limit*) permite limitar a altura máxima de levantamento dos braços inferiores. No caso do tractor Valtra N82 (figura 36) o CLAM é efectuado com potenciómetro (*knob*) **C**.

4.1.2.6. Função de controlo da velocidade de descida – CVD

A função de controlo da velocidade de descida – CVD (*rate of drop*) permite seleccionar uma descida da alfaia mais rápida ou mais lenta. No caso do tractor Valtra N82 (figura 36) o CVD é efectado com potenciómetro (*knob*) **D**.

4.1.2.7. Comando rápido de subida e descida – CR

O Comando rápido de subida e descida – CR (*raise/lower rocker switch*) permite efectuar as manobras de cabeceira (*turning at the headlands*), em que antes de iniciar a volta é necessário levantar a alfaia do solo, e depois, no reiniciar da nova passagem, é necessário baixar a alfaia até a posição de trabalho, previamente estabelecida.

No caso do tractor Valtra N82 o CR é o interruptor (*rocker switch*) indicado na figura 39, no painel de comando (*control panel*).

O CR tem 3 posições: subida, descida e neutro. Na posição de descida (auto control) os braços inferiores descem até ao valor limite imposto, previamente, pelo operador através do CPP.

Na posição de subida (oposto ao auto control) os braços inferiores sobem até à altura limite imposta, previamente, pelo operador através do CLAM.

Ao passar o interruptor para a posição intermédia os braços inferiores serão mantidos na posição em que se encontravam na altura em que se actuou o interruptor.

4.2. Serviço Externo do Sistema Hidráulico do tractor

O Serviço Externo do Sistema Hidráulico (S.E.S.H.) fornece caudal de óleo a alfaias que tenham actuadores (cilindros ou motores).

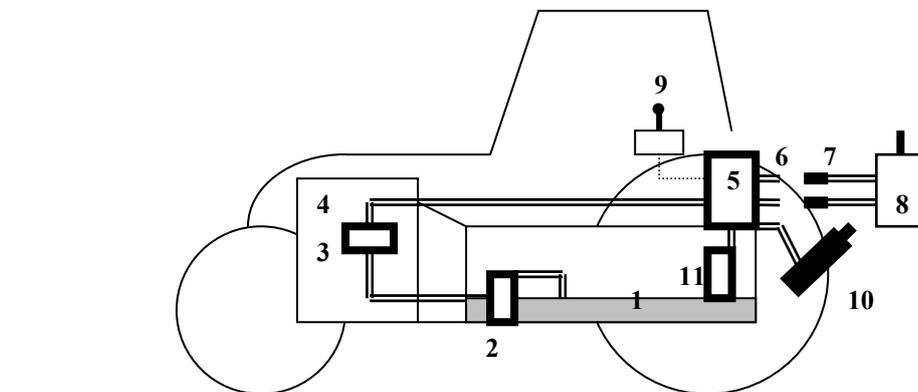


Figura 42 – Esquema simplificado do sistema hidráulico de um tractor agrícola: 1 – Reservatório (cárter da transmissão do tractor); 2 – Filtro de óleo do sistema hidráulico (aspiração); 3 – Bomba de óleo do sistema hidráulico (accionada pelo motor Diesel); 4 – Motor Diesel; 5 – Bloco de Válvulas; 6 – Tomadas de óleo do SESH (fêmea); 7 – Acoplamento macho nas mangueiras de actuator externo (na alfaia); 8 – Cilindro hidráulico (na alfaia); 9 – Comando das válvulas; 10 – cilindros do sistema de 3 pontos; 11 – Filtro de óleo do sistema hidráulico (retorno).

O sistema termina em tomadas de hidráulico nas quais se podem ligar mangueiras das alfaias que queiram este serviço (figura 43).

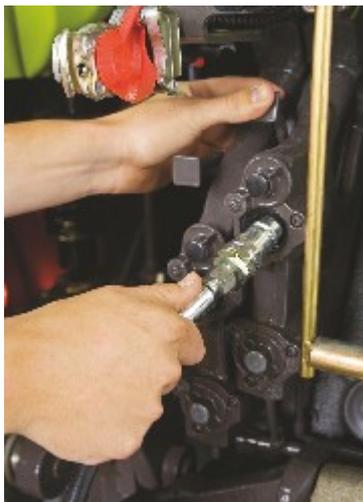


Figura 43 – Ligação do acoplamento macho à tomada do SESH do tractor (acoplamento fêmea)

O conjunto formado pelo acoplamento macho/fêmea (*Quick-acting hydraulic couplings*) permitem a passagem de óleo em ambos os sentidos. Ao serem separados não haverá fuga de óleo do sistema, uma vez que cada um tem uma válvula de retenção.

4.2.1. Comandos

No caso do tractor Valtra N82 o operador dispõe de 2 de válvulas do SESH, bastando contar o número das respectivas alavancas de comando (*spool valve control*) situadas na cabina.



Figura 44 – Comandos das válvulas do SESH do Tractor Valtra N82

Cada válvula serve um par de tomadas (*hydraulic couplers*).

No caso do tractor Valtra N82 as tomadas (figura 45) encontram localizadas na traseira do tractor



Figura 45 – Tomadas do SESH do tractor (acoplamento fêmea) devidamente protegidas por tampas de plástico (*dust caps*)

Notar que as tomadas estão indexadas à respectiva alavanca da válvula por um código de cores.

4.2.2. Válvulas para actuar cilindros hidráulicos



Figura 46 – Virador juntador de feno cujo posicionamento lateral em relação ao tractor é efectuado por um cilindro hidráulico de duplo efeito ligado ao SESH do tractor

A ligação de um cilindro hidráulico de duplo efeito - CHDE (*double acting hydraulic cylinder*) faz-se ligando as duas mangueiras (*hydraulic hose*) ao par de tomadas de uma válvula de duplo efeito (*double-acting spool valve*) do SESH (figura 47).

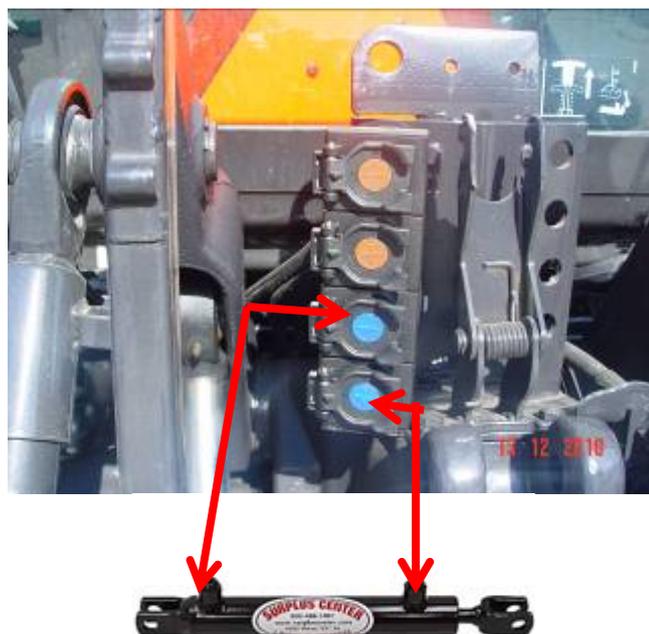


Figura 47 – Ligação de um cilindro hidráulico de duplo efeito às tomadas da válvula 1

No presente caso qualquer das válvulas (1 ou 2 da figura 44) poderia ser usada. A válvula comandada pela alavanca 1 (figura 44) estende (*extend*) a haste (*ram*) do CHDE ao puxar a alavanca na direcção do assento; recolhe (*retract*) a haste, ao levar a alavanca na direcção oposta. Quando o operador deixa de actuar na alavanca esta regressa à posição intermédia (por acção de uma mola) e o CHDE fica trancado (não estende nem recolhe).

Permutando as ligações das mangueiras nas respectivas tomadas, as acções na alavanca para recolher e estender a haste são, agora, as inversas.

Quando a haste do CHDE chega ao termo do seu curso, deve-se, de imediato, libertar a alavanca, para esta passar para a posição neutra. Deste modo evita-se sobrecarga de pressão e subsequente aquecimento do óleo do SH por laminagem na válvula de alívio de pressão (*safety valve*).

4.2.2.1. Válvula com detenção e kick-out

Neste tipo de válvula a detenção significa que a sua alavanca, uma vez levada à posição de estender ou de recolher, permanece nessa posição, mesmo que o operador retire a mão. No caso do tractor Vatra N82 a válvula 1 (figura 44) pode ser configurada para permitir detenção mecânica da alavanca na posição de estender. Assim configurada a alavanca ao ser levada à posição de estender, permanece nessa posição mesmo se o operador retirar a mão. Só regressa à posição neutra se for levada pelo operador. Deste modo ao estender um CHDE, quando este chega ao termo do seu curso, deve-se, de imediato, levar a alavanca para a posição neutra, evitando-se sobrecarga de pressão e aquecimento do óleo do sistema hidráulico por laminagem na válvula de alívio de pressão (*safety valve*).

Pela razão anterior, é muito útil ter a válvula com detenção equipada com o sistema Kick-out. Este sistema permite que, ao recolher ou ao estender o CHDE, assim que a haste chegue ao fim do seu curso, a alavanca retorne, automaticamente, para a posição neutra. Isto deve-se ao facto deste tipo de válvula ser sensível ao súbito

aumento de pressão do óleo no sistema ocasionado pelo fim de curso da haste do cilindro hidráulico.



Figura 48 – Abertura da tampa da enfardadeira de fardos redondos (*round baler*) para libertar o fardo

A abertura e fecho da tampa da enfardadeira da figura 48 é feito por acção de dois CHDE trabalhando em paralelo. Com uma válvula de detenção e sistema *kick-out* o operador da enfardadeira pode na abertura ou no fecho da tampa apenas actuar a alavanca da válvula do SESH para a posição de levantar ou baixar, respectivamente, e retirar a mão. Assim que o levantamento ou o fecho tiver terminado a alavanca retorna ao neutro automaticamente.

A válvula com detenção é indicada quando o tractor necessita de estar continuamente a fornecer óleo para uma alfaia, o que doutra forma requereria a presença da mão do operador constantemente na alavanca.

4.2.2.2. Válvula de detenção com flutuação

Por vezes, em trabalho, os CHDE de alfaias necessitam de estar livres para estender ou recolher, e não em posição neutra (trancados). A figura 49 mostra um virador de feno (*hay tedder*); os 2 CHDE visíveis na fuga servem para rebater os rotores extremos para o centro, permitindo à alfaia uma menor largura para transporte na estrada. No entanto, em trabalho, a válvula onde estão ligados deverá permitir flutuação (*floating*) possibilitando que a alfaia se acomode à ondulação lateral do terreno.

Este aspecto é comum a todas as alfaias com grande largura de trabalho.



Figura 49 - Os cilindros hidráulicos deverão estar ligados a válvula do SESH com flutuação

No caso do tractor Vatra N82, a válvula comandada pela alavanca 2 (Figura 50) estende (*extend*) a haste (*ram*) do CHDE ao puxar a alavanca na direcção do assento; recolhe (*retract*) a haste, ao levar a alavanca na direcção oposta. Quando o operador deixa de actuar na alavanca esta regressa à posição intermédia (por acção de uma mola) e o CHDE fica trancado (não estende nem recolhe).

Levando a alavanca para além da posição de recolher esta fica com detenção (permanece nessa posição mesmo que o operador retire a mão) e nessa posição permite a função de flutuação (*floating*):



Figura 50 – Comando das válvulas do SESH do tractor Vatra N82. A válvula 2 possui detenção na posição de recolher, com flutuação.

A figura 51 mostra os símbolos correntemente colocados junto das alavancas de comando:

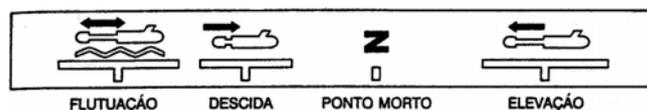


Figura 51 – Símbolos junto das alavancas de comando das válvulas do SESH

4.2.2.3. Válvula para cilindros hidráulicos de simples efeito

As válvulas do SESH dos tractores podem ser convertidas de duplo efeito para simples efeito. A conversão para um e para o outro tipo de actuadores é feita de forma simples, explicada no MdO do tractor e através de um autocolante (*sticker*) no local da conversão da válvula.

No caso do tractor Vatra N82 a ligação de um CHSE faz-se ligando a mangueira à tomada inferior da válvula que tiver sido convertida para simples efeito (*single-acting spool valve*).

No caso de CHSE que rebatem caixas de semi-reboques, deve-se usar a válvula da alavanca 2 (figura 50).



Figura 52 – CHSE de rebatimento da caixa de um semi-reboque. Visita de estudo à herdade de Torre de Figueira

A mangueira do CHSE liga-se à tomada inferior desta válvula. Para estender a haste (levantar a caixa), actuar a alavanca no sentido do assento. Retirar a mão assim que a haste atinja o final do curso para a alavanca regressar ao neutro. Na posição neutra o cilindro encontra-se bloqueado (a caixa fica imóvel). Para recolher a haste (baixar a caixa), levar a alavanca para a posição flutuante, não esquecendo de no final levar a alavanca para a posição neutra.

4.2.3. Caudal contínuo de óleo e retorno de baixa pressão

Há alfaias que devido a terem um grande número de actuadores hidráulicos, necessitariam um elevado número de válvulas no SESH do tractor. Nas figuras 53 a 58 apresenta-se o exemplo da máquina de revestir fardos (*bale wrapper*) de feno-silagem (*haylage*) em película plástica (*plastic film*), constitui um exemplo de equipamento que utiliza cilindros e motor hidráulico. Os cilindros, em número de três, são usados para: actuação do braço de carga; para rebater a mesa; actuação do suporte de descida do fardo. O MH destina-se a efectuar a rotação da mesa e dos rolos, realizando a rotação do fardo em torno do seu eixo vertical e horizontal, respectivamente.



Figura 53 - Braço de carga do fardo para a mesa rotativa www.mchale.net



Figura 54 - Mesa rotativa em torno de dois eixos



Figura 55 - Rebatimento da mesa rotativa para evacuar o fardo



Figura 56 - Suporte de descida do fardo

Ver: <http://www.mchale.net/products/wrappers/991B> > view product video

No conjunto este modelo de enrolador de fardos tem 4 actuadores o que, à primeira vista, o tornaria incompatível com o SESH de um vulgar tractor. Para ultrapassar estas situações os construtores de alfaia colocam na própria alfaia o conjunto de válvulas que distribuem óleo para os diversos actuadores.



Figura 57 - Conjunto de válvulas que distribuem óleo para os diversos actuadores www.mchale.net

A figura anterior mostra os comandos das 4 válvulas do enrolador de fardos, cada uma para o seu actuador: cilindro de actuação do braço de carga (*loading arm*); cilindro para rebater a mesa (*rotating table*); cilindro de actuação do suporte de descida do fardo (*bale damper*); motor hidráulico para rodar a mesa e rolos (*rollers*).

Para o tractor só vão 2 mangueiras:



Figura 58 – Mangueiras de óleo para ligação ao SESH

uma leva o óleo do tractor para o conjunto das válvulas e a outra traz o óleo de volta para o tractor. Do SESH requer-se apenas uma válvula de actuação de um cilindro de duplo efeito, com detenção (para caudal contínuo) e retorno de baixa pressão.



Figura 59 - Tomada de retorno de baixa pressão (*free flow return line*)

5. Equipamentos agrícolas com sistema hidráulico autónomo

Há alfaias dispõem de um sistema hidráulico autónomo prescindindo na totalidade ou em parte do Serviço Externo do Sistema Hidráulico (SESH) do tractor. Estas alfaias com sistema hidráulico autónomo (*independant hydraulic system*), têm o seu próprio reservatório de óleo (*oil tank*), bomba de óleo (*hydraulic pump*), válvulas (*hydraulic valves*) e actuadores. Apenas requerem a tdf do tractor para ligação da bomba.



Figura 60 – Semi-reboque misturador e distribuidor de ração (*mix feeders*) são exemplos frequentes de equipamentos com sistema hidráulico autónomo www.sgariboldi.it



Figura 61 – Comandos do bloco de válvulas direccionais e de controlo de caudal que permitem dirigir e regular o fluxo de óleo para cilindros e motores hidráulicos dos diferentes órgãos do semi-reboque misturador e distribuidor de ração com sistema hidráulico autónomo <http://www.faresinagri.com/it/>

As figuras 62 e 63 mostram um enrolador de fardos em película plástica (*bale wrapper*) que possui sistema hidráulico autónomo, requerendo do tractor a ligação à tomada-de-força.



Figura 62 - enrolador de fardos em película plástica www.mchale.net

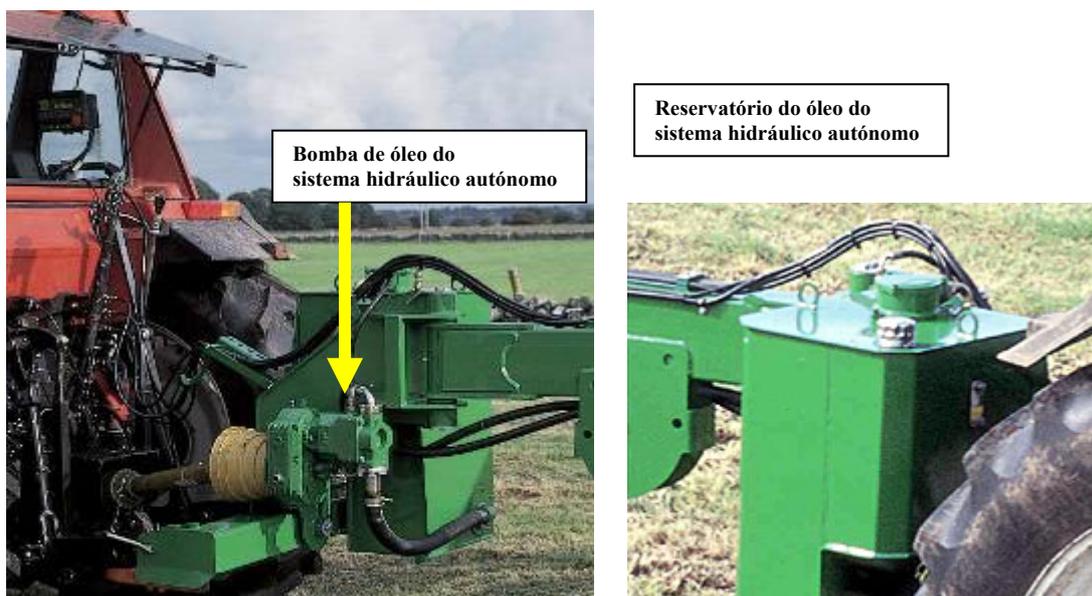


Figura 63 - enrolador de fardos em película plástica www.mchale.net

6. Protecção do operador e do equipamento

Nunca trabalhe debaixo de equipamento suportado por componentes hidráulicos, pois este poderá baixar se o comando for actuado (mesmo com o motor parado) ou devido a avaria num tubo ou numa ligação. Use sempre um suporte seguro para o equipamento que tenha que ser assistido na posição levantada.



O óleo do sistema hidráulico, sob pressão, pode penetrar na pele ou nos olhos, causando sérios danos físicos e cegueira. A fuga de um fluido sob pressão pode não ser visível, pelo que em caso de inspecção, utilize um pedaço de cartão ou de madeira e

nunca a mão. Se qualquer fluido penetrar a pele, deverá procurar de imediato ajuda médica (www.safehydraulicseurope.com).