

**APLICAÇÃO DA ELECTRÓNICA E INFORMÁTICA NOS EQUIPAMENTOS  
AGRÍCOLAS  
2007**

## ÍNDICE

1- Introdução .....	1
2- Alguns conceitos de electrónica .....	1
3- A monitorização e a automatização .....	3
4- Os captosres .....	4
4.1- Captosres Boleanos .....	5
4.1.1- Captosres de interrupção .....	5
4.1.1.1- Captosres de interrupção mecânicos .....	5
4.1.1.2- Captosres por interrupção magnéticos .....	5
4.1.2- Captosres de proximidade .....	6
4.1.2.1- Captosres de proximidade indutivos de relutância variável .....	6
4.1.2.2- Captosres de proximidade indutivos de correntes de Foucault .....	6
4.1.2.3- Captosres de proximidade de efeito Hall .....	6
4.2- Captosres escalares .....	6
4.2.1- Captosres escalares potenciométricos .....	7
4.2.2- Captosres escalares electromagnéticos de bobines diferenciais .....	7
4.2.3- Captosres escalares electromagnéticos de variação de indutância .....	8
4.2.4- Captosres escalares térmicos .....	8
4.2.5- Captosres escalares de deformação por resistência .....	8
4.2.6- Captosres escalares de deformação por fenómenos magneto-elásticos .....	10
4.2.7- Captosres escalares de ultra-sons .....	10
4.2.8- Captosres de efeito Doppler .....	11
5- A aplicação da electrónica nos tractores agrícolas .....	12
5.1- Utilização da electrónica no sistema hidráulico dos tractores .....	13
5.1.1- O controlo de posição .....	14
5.1.2- O controlo de tracção .....	15
5.2- Controlo da velocidade real relativamente ao solo .....	17
5.3- Escorregamento das rodas motrizes .....	18
5.4- Utilização da electrónica nas transmissões dos tractores .....	19
5.4.1- Bloqueio de diferenciais .....	19
5.4.1.1- Diferencial autoblocante .....	19
5.4.1.2- Engrenamento automático controlado .....	20
5.4.2- Ligação da tracção às quatro rodas .....	20
5.4.3- Caixas de velocidades .....	20
5.5- Utilização da electrónica nos motores dos tractores .....	23
6- Utilização integrada da electrónica .....	25
6.1- Melhoria da eficiência à tracção .....	25
6.1.1- Eficiência da tracção resultante da regulação da bomba injectora .....	25
6.1.2- Eficiência da tracção; sua relação com a transmissão .....	26

6.1.3- Eficiência da tracção ao nível das rodas .....	26
6.2- Melhoria das condições de funcionamento dos equipamentos accionados pela TDF .....	27
7- Ligação dos equipamentos ao tractor .....	28
8- Controlo electrónico nos equipamentos de precisão .....	28
8.1- Utilização dos sistemas electrónicos do tractor para controlo dos equipamentos de precisão .....	28
8.2- Utilização de sistemas electrónicos próprios nos equipamentos de precisão .....	29
8.2.1- Equipamentos de mobilização .....	29
8.2.2- Equipamentos de sementeira plantação e fertilização .....	29
8.2.3- Equipamentos de tratamentos fitossanitários .....	30
8.2.3.1- Regulação do débito actuando no retorno do pulverizador .....	32
8.2.3.2- Regulação do débito da bomba do pulverizador .....	33
8.2.4- Equipamentos de colheita .....	34
8.2.4.1- Equipamentos de colheita de grão .....	33
8.2.4.1.1- Controlo do regime dos veios de accionamento .....	34
8.2.4.1.2- Controlo da perda de grão .....	35
8.2.4.1.3- Controlo da altura de corte .....	36
8.2.4.1.4- Controlo da horizontalidade do sistema de limpeza .....	37
8.2.4.1.5- Controlo do regime do batedor .....	37
8.2.4.2- Equipamentos de colheita de forragem .....	38
8.2.4.3- Enfardadeiras .....	39
8.2.4.3.1- Enfardadeiras de fardos redondos .....	39
8.2.4.2- Enfardadeiras de fardos paralelepípedicos .....	39
 BIBLIOGRAFIA .....	 40

## **1- Introdução**

A utilização e expansão da electrónica nos equipamentos agrícolas não tem acompanhado o desenvolvimento verificado em outras actividades, nomeadamente as militares e do sector automóvel, pois, para além de uma recessão generalizada na agricultura, as condições de realização das operações agrícolas são geralmente bastante incómodas e de difícil reprodutividade, o que torna a investigação mais morosa.

Apesar destes constrangimentos têm-se verificado algumas aplicações destas tecnologias neste sector o que tem melhorado quer as condições de conforto e segurança do operador quer do funcionamento das máquinas. Estas melhorias devem-se à possibilidade que o utilizador tem de receber, quase que instantaneamente, os dados relativos ao funcionamento dos equipamentos, electrónica monitorizada (**monitorização**), comandar automaticamente o funcionamento de determinados órgãos, electrónica automatizada (**automatização**) ou utilizar robots (**robotização**); os dados medidos pelos sensores (captore) podem também ser utilizados para posterior tratamento.

A não utilização de dispositivos electrónicos implica que cada função da máquina seja directamente solicitada pelo operador que, para o efeito, dispõe de comandos apropriados. Esta situação, que permite um maior contacto com o meio, tem-se tornado, devido ao crescente número de factores a ter simultaneamente em consideração, impossível de gerir, pelo que os sistemas de ajuda à condução, que transmitem informações necessárias à tomada de decisões, têm-se vindo a impor.

Em alguns tractores, especialmente os de maior potência, já se incluem diferentes tipos de captore cujos dados, recebidos dos vários elementos do tractor e/ou dos equipamentos com que funcionam, são tratados por processadores que permitem uma gestão mais racional de toda esta informação.

Para além dos aspectos ergonómicos e de funcionamento, a electrónica tem permitido uma evolução discreta, mas importante, nos equipamentos, a qual tem, no entanto, como fim último a utilização do tractor sem condutor. Ensaio efectuados com este objectivo relacionam-se quer com os sistemas de direcção autónomos, sem utilização de dispositivos activos no solo, quer com a utilização de "olhos electrónicos" que estão ligados ao sistema de direcção, que determinam a posição do tractor em relação a um dado ponto. Para estas situações os limites das parcelas devem ser assinalados por postes reflectores que, quando detectados pelos captore, fazem com que os microprocessadores desencadeiem uma série de comandos no tractor, como o levantamento de uma charrua e a mudança de direcção. A utilização de um tractor totalmente automático com uma gadanheira tem sido estudada com algum êxito no Japão, sendo a direcção assegurada por um captor óptico montado na alfaia.

## **2- Alguns conceitos de electrónica**

O estudo da aplicação da electrónica nos equipamentos agrícolas implica o conhecimento de alguns conceitos, tais como:

- mostrador: indicador visual que utiliza diodos luminosos (LED) ou cristais líquidos, para permitir a leitura de dados;
- amplificador electrónico: dispositivo que permite aumentar as correntes eléctricas de fraca intensidade;

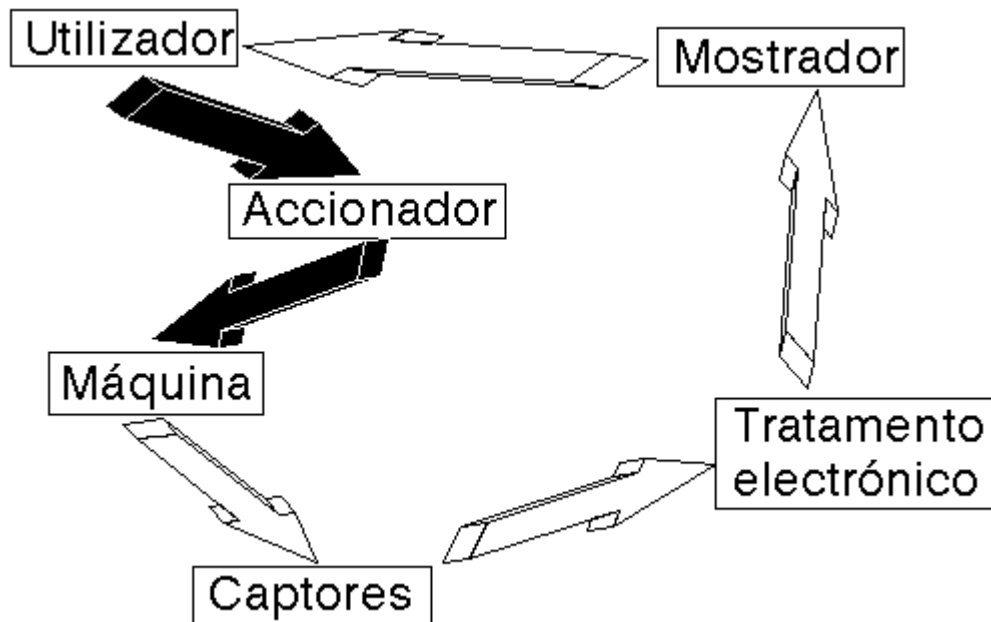
- sinal analógico: sinal que indica de uma forma contínua uma grandeza física, como, por exemplo, a indicação dada por um voltímetro de agulha;
- sinal digital (binário): sistema de numeração baseado na combinação de dois números, 0 e 1;
- circuito impresso: modo de ligação entre os vários componentes de um circuito electrónico, utilizando condutores;
- circuito integrado: circuito electrónico em que os seus componentes, ou seja, os semi-condutores, as resistências, os indutores e condensadores, se encontram montados numa pequena placa de silício;
- comparador: dispositivo electrónico destinado a comparar um sinal eléctrico medido, com um introduzido pelo operador, sendo o resultado destinado a comandar um dado sistema;
- instrução (consigne): valor introduzido pelo operador para servir de referência à automatização ou assistência ao funcionamento de um sistema;
- conversor analógico-numérico: circuito electrónico que transforma os sinais eléctricos analógicos (sinais contínuos) em informações numéricas (sinais binários);
- digital: termo que traduz a conversão de um sinal contínuo em impulsos representados numericamente. Exemplo de um voltímetro em que o valor a medir é uma tensão sendo a sua leitura numérica;
- indutância: é o quociente entre o fluxo de indução electro-magnético dum circuito pela intensidade da corrente que atravessa esse circuito;
- informática: ciência do estudo automático de informação;
- memória electrónica: sistema de armazenamento de informação. A memória ROM (Read Only Memory) não pode ser alterada e a RAM (Random Access Memory) é utilizada para armazenamento temporário de dados ou informação;
- microprocessador: circuito electrónico integrado, que utiliza dados numéricos, cuja estrutura permite a execução de operações lógicas para tratamento de informação;
- ordenador: conjunto electrónico capaz de efectuar vários cálculos, utilizando operações elementares, segundo uma lógica programada;
- oscilador: circuito electrónico que gera correntes eléctricas variáveis, correntes alternativas ou impulsos eléctricos;
- efeito piezoeléctrico: aparecimento de cargas eléctricas em duas faces de determinados materiais submetidos a esforços mecânicos (efeito piezoeléctrico directo), utilizado, por exemplo, nos sistemas de detecção de choques, ou deformação de certos materiais submetidos a diferenças de potencial (efeito piezoeléctrico inverso), por exemplo, os emissores de ultrasons;
- potenciómetro: resistência eléctrica que permite ao operador modificar as características (resistência) de um circuito eléctrico ou electrónico;
- radar: (Radio Detecting and Ranging) sistema de detecção e medição de distâncias por emissão de ondas radio-eléctricas. As distâncias são medidas em função do tempo que decorre entre a emissão da onda e a sua recepção depois de reflectida;
- relutância: é a resistência à condução magnética. É o equivalente à resistência na corrente eléctrica;

- semi-condutores: elementos que constituem a maior parte dos componentes electrónicos (silício) e que podem funcionar como condutores ou isoladores eléctricos;
- sonar: (Sound Navigation and Ranging) sistema de detecção que utiliza ondas sonoras para medição de distâncias. Estas são função do tempo que decorre entre a emissão e a recepção;
- transdutor: sistema que permite a conversão de um tipo de energia em outro. Exemplo, a conversão de energia mecânica em eléctrica obtida por um transdutor de quartzo;
- ultra-sons: ondas acústicas não detectadas pelo ouvido humano.

### 3- Monitorização e automatização

A monitorização, que é a forma menos evoluída de utilização dos equipamentos electrónicos, tem como objectivo fornecer indicações ao operador, algumas das quais não seriam perceptíveis por este, para que introduza as regulações necessárias ao bom funcionamento dos equipamentos; estas regulações são efectuadas do posto de condução o que permite uma grande comodidade e ganho de tempo.

Representando a organização de um sistema de monitorização tem-se:

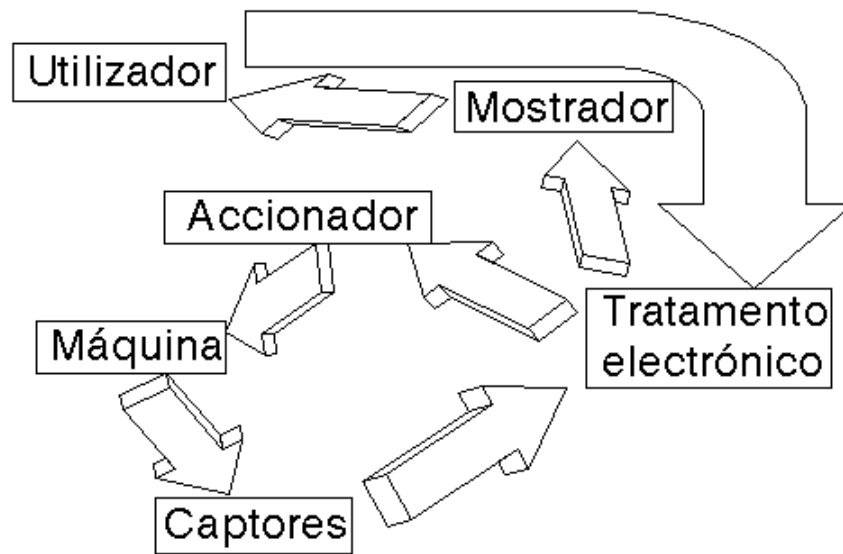


**Figura 1-** Princípio de um sistema de monitorização ou indicação.  
Fonte: CEMAGREF (1991)

Como se pode observar na figura 1, os captores enviam sinais para uma unidade electrónica de tratamento de dados onde estes são analisados, sendo depois enviados para o operador, através de um mostrador ou por sinais sonoros, podendo aquele actuar ou ignorar estas informações; sendo os dados recebidos de uma forma contínua o operador tem conhecimento das alterações de funcionamento resultantes das regulações por ele efectuadas.

Relativamente à automatização esta pode ser integral, ou seja, basear-se na utilização da informação obtida pelos captores para accionamento de um ou mais órgãos da máquina, ou assistida, caso os dados dos captores estejam condicionados aos dados introduzidos pelo operador; o controlo de

tracção do sistema hidráulico e a regulação da bomba de injeção pelo afastamento das massas centrífugas são dois exemplos da automatização assistida.



**Figura 2-** Organograma do sistema de automatização electrónica  
Fonte: CEMAGREF (1991)

As relações entre utilizador - tratamento electrónico - mostrador só são efectivas quando a automatização funciona com intervenção do operador (automatização assistida) como, por exemplo, o engate automático do trem dianteiro e desengate a partir de uma dada velocidade. Como exemplo da automatização integral, sem intervenção do operador, tem-se, por exemplo, a gestão das relações de transmissão.

A automatização pode ser utilizada para melhorar sistemas já existentes, como é o caso da regulação electrónica das bombas de injeção, ou para criação de novos mecanismos que não seriam possíveis sem a sua utilização como, por exemplo, a automatização assistida do sistema de elevação hidráulico em função do escorregamento das rodas motrizes.

Relativamente à constituição dos sistemas electrónicos de monitorização e automatização os elementos principais são os captore (sensores), sendo os dados por eles obtidos tratados num computador e, eventualmente, utilizados para accionamento de um ou mais órgãos (sistemas de actuação).

#### 4- Os captosres

Os captosres, que complementam ou substituem os órgãos sensitivos do operador, têm como principais funções medir determinadas grandezas físicas, que são convertidas em sinais eléctricos analógicos ou digitais (binários), transmitindo-os aos sistemas electrónicos de tratamento da informação; o funcionamento dos captosres e a sua adaptação ao tipo de medições a efectuar, determinam a natureza dos circuitos electrónicos de tratamento da informação.

Relativamente ao tipo de captosres estes são classificados conforme o tipo de sinal fornecido em:

- captosres Boleanos;
- captosres escalares.

#### 4.1- Captosres Boleanos

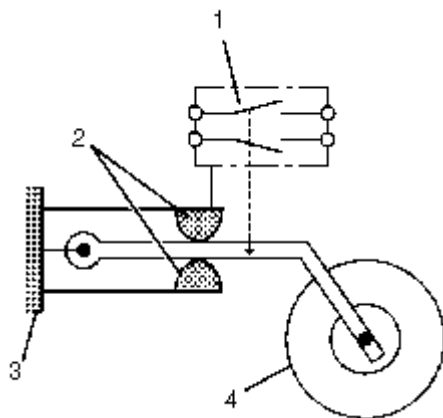
Os captosres Boleanos, que fornecessem directamente ou depois de tratamento, um sinal binário (**0** ou **1**), têm inúmeras aplicações, nomeadamente como interruptores (mecânicos ou magnéticos) e como captosres de proximidade (captosres indutivos de relutância variável, captosres indutivos de corrente de Foucault, captosres de efeito Hall).

##### 4.1.1- Captosres de interrupção

Os captosres de interrupção podem ser accionados por acção mecânica ou magnética.

##### 4.1.1.1- Captosres de interrupção mecânicos

Os captosres de interrupção mecânicos têm várias utilizações, nomeadamente para controlo da carga vertical de rodas de suporte (Figura 3), mas são bastante sensíveis ao desgaste e à oxidação dos contactos.



**Figura 3-** Esquema de um sistema de controlo de tracção de uma roda de suporte de uma charrua.

1- Interruptor regulável 2- Batentes elásticos 3- Quadro  
4- Roda de suporte.

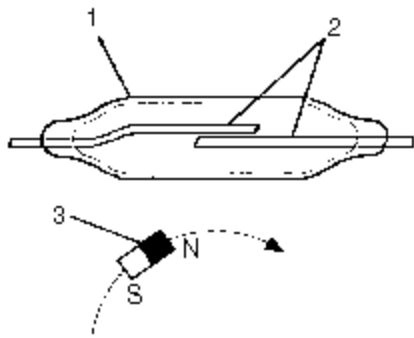
Fonte: CEMAGREF (1991)

Como se observa na figura 3 as oscilações verticais do braço da roda, entre os dois batentes elásticos, estabelece ou interrompe a corrente num interruptor, cuja posição é regulável, em função da carga a que a roda está sujeita. O aumento de carga, que conduz a um esmagamento da borracha superior comanda o interruptor, accionando o electro-distribuidor, que provoca uma diminuição do comprimento do braço do terceiro ponto, diminuindo a profundidade de trabalho; a diminuição da carga na roda provoca uma acção contrária.

##### 4.1.1.2- Captosres por interrupção magnéticos

Os captosres por interrupção da acção magnética ou interruptores à distância, são utilizados quando a frequência de interrupções da corrente é grande ou em meios desfavoráveis aos de acção mecânica.





**Figura 4-** Princípio de funcionamento de um interruptor de acção magnética

1- Ampola de vidro 2- Lâminas flexíveis 3- Íman móvel

Fonte: CEMAGREF (1991)

Estes captosres são constituídos por uma ampola em vidro cheia com um gás inerte que protege duas lâminas flexíveis que funcionam como interruptor; o circuito é estabelecido quando o íman atrai uma das lâminas. A utilização principal destes captosres é na determinação de regimes de veios ou de

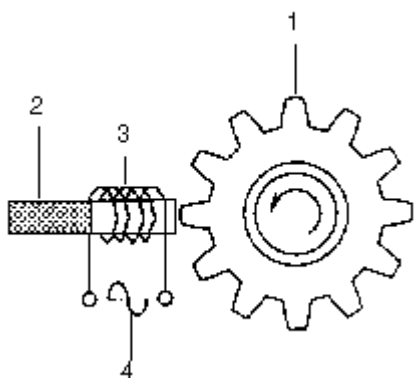
peças com movimentos alternativos, como, por exemplo, nos medidores de débitos de combustível, regimes das rodas, etc.

#### 4.1.2- Captosres de proximidade

Os captosres de proximidade são captosres capazes de reconhecer a passagem, presença ou movimento de uma peça, sendo os principias tipos os captosres indutivos, passivos e activos, e os de efeito Hall.

##### 4.1.2.1- Captosres de proximidade indutivos de relutância variável

Os captosres indutivos de relutância variável são constituídos por um íman permanente e uma bobine não alimentada, variando o campo magnético quando da passagem de um dente da roda dentada em frente do captor. A concentração do campo magnético que resulta da passagem do dente aumenta o fluxo magnético que atravessa a bobine, produzindo nesta uma corrente induzida que prolonga o fluxo magnético existente (Lei de Lenz); a frequência desta cadência é igual ao número de dentes.



**Figura 5-** Esquema de um captor indutivo de relutância variável

1- Roda dentada 2- Íman permanente 3- Bobine 4- Saída da corrente

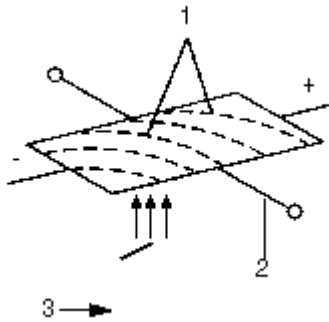
Fonte: CEMAGREF (1991)

##### 4.1.2.2- Captosres de proximidade indutivos de correntes de Foucault

Os captosres indutivos que utilizam as correntes de Foucault, são constituídos basicamente por um oscilador e uma peça metálica, que se comporta como uma bobine quando colocada num campo magnético, onde se originam correntes de indução (correntes de Foucault) que se opõem à variação do fluxo magnético. Estes captosres são utilizados geralmente como captosres de posição ou para determinação de regimes, sendo a sua principal vantagem a de permitir assinalar a presença ou passagem de qualquer peça metálica.

#### 4.1.2.3- Captores de proximidade de efeito Hall

Os captores de efeito Hall baseiam-se no aparecimento de uma tensão, perpendicular ao sentido da corrente, numa placa semi-condutora colocada num campo magnético.



**Figura 6-** Representação do princípio do efeito de Hall  
1- Trajectória dos elementos com carga 2- Tensão Hall 3- Campo magnético  
Fonte: CEMAGREF (1991)

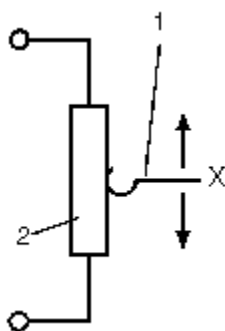
#### 4.2- Captores escalares

Os captores escalares, em que a informação dada é proporcional ao valor da grandeza medida, são utilizados em vários sistemas, como, por exemplo, nos captores de posição potenciométricos (resistivos), electromagnéticos de bobines diferenciais e de variação de indutância, nos medidores de deformação por resistência ou indutância, nos captores térmicos, nos captores de ultra-sons, nos radares de efeito Doppler, etc.

##### 4.2.1- Captores escalares potenciométricos

Os captores potenciométricos quantificam, pelo deslocamento de um cursor ao longo de uma resistência, as variações da resistência da corrente; o potenciômetro utiliza corrente contínua com uma intensidade (I) estando o sinal eléctrico, com uma tensão (U), ligada à resistência (R), pela relação  $U = R \cdot I$ . A pista resistente sobre a qual se desloca o cursor pode ser um fio plástico condutor de resolução infinita, ou uma bobine, em que a resolução depende do diâmetro do fio.

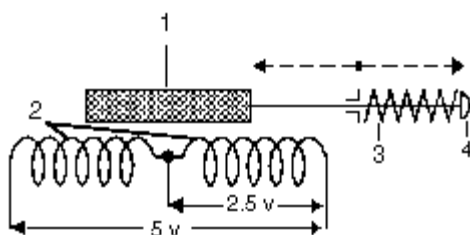
Devido ao desgaste a que as pistas das resistências estão sujeitas estes captores têm uma utilização limitada nos equipamentos agrícolas.



**Figura 7-** Esquema de um captor potenciométrico linear  
1- Cursor 2- Resistência  
Fonte: CEMAGREF (1991)

##### 4.2.2- Captores escalares electromagnéticos de bobines diferenciais

Os captores electromagnéticos de bobines diferenciais, que são captores de posição indutivos de variação de tensão, são constituídos por bobines ligadas em série e alimentadas por corrente alternativa de alta frequência.

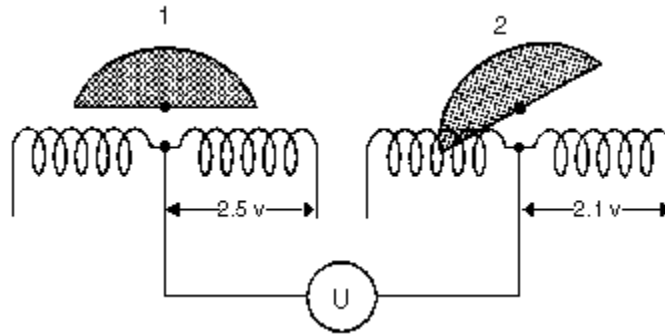


**Figura 8-** Esquema de um captor de posição linear  
1- Núcleo coaxial 2- Bobines 3- Mola 4- Apalpador  
Fonte: CEMAGREF (1991)

Como se observa na figura 8 o núcleo de ferro, cujo movimento depende do deslocamento a medir, move-se paralelamente às bobines, estando, na fase de repouso, colocado simetricamente em relação a estas; nesta

situação a indutância das bobinas relativamente ao núcleo de ferro é a mesma. O deslocamento do núcleo provoca uma alteração do campo magnético o que faz variar a tensão de saída.

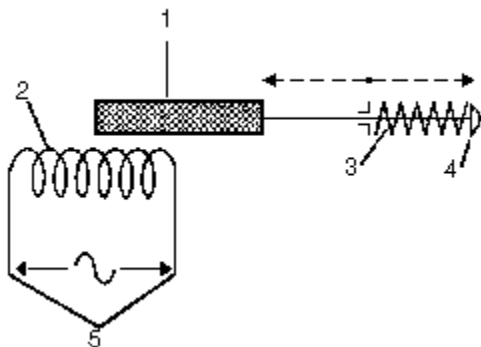
Os captosres de posição linear podem ser utilizados para determinação da posição dos braços superiores do sistema hidráulico e os rotativos nos sistemas de direcção em que o ângulo de viragem das rodas traseiras é função do das dianteiras; o ângulo de viragem dos dois trens pode ser idêntico ou inverso.



**Figura 9-** Esquema de um circuito de comparação da tensão de dois captosres de posição angulares com bobinas diferenciais ( $U = 0.4 \text{ v}$ ).  
1- Captor traseiro 2- Captor dianteiro  
Fonte: CEMAGREF (1991)

#### 4.2.3- Captosres escalares electromagnéticos de variação de indutância

Os captosres electromagnéticos de variação de indutância, que permitem obter um sinal de frequência variável, são constituídos por uma bobine alimentada por corrente alternativa de alta frequência que está colocada num circuito oscilante e um núcleo de ferro a cuja posição corresponde uma dada indutância na bobine.



**Figura 10-** Esquema de um captor electromagnético de variação de indutância  
1- Núcleo de ferro 2- Bobine 3- Mola 4- Apalpador  
5- Ligações a um circuito R.L.C.  
Fonte: CEMAGREF (1991)

Como se pode observar na figura 10 o captor encontra-se inserido num circuito ressonante R.L.C. (R- resistência; L- Impedância C- Capacidade) cuja frequência depende dos valores das variáveis anteriores e cada posição do núcleo 1 varia, alterando a

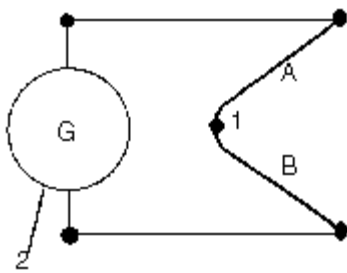
frequência da ressonância do circuito.

Estes captosres são utilizados nos sistemas hidráulicos, para controlo de posição e tracção dos equipamentos, e nas transmissões Tractoshift.

#### 4.2.4- Captosres escalares térmicos

Os captosres escalares térmicos, que são utilizados para medição de temperaturas, têm um circuito constituído por dois condutores metálicos diferentes cuja junção, quando sujeita a uma dada

temperatura, origina uma força electromotriz, que é função da natureza dos condutores e da temperatura; este fenómeno é conhecido como "efeito Seebeck"

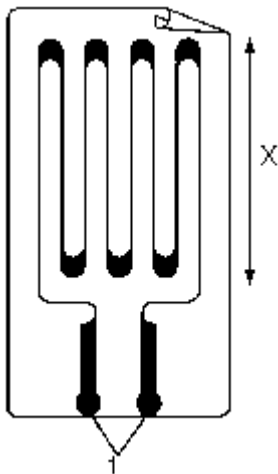


**Figura 11-** Esquema de um captor térmico  
1- Junção dos fios condutores 2- Galvanómetro.  
Fonte: CEMAGREF (1991)

Estes captosres térmicos utilizam-se em várias situações nomeadamente para determinação da temperatura da água, óleo motor, gases de escape, etc.

#### 4.2.5- Captosres escalares de deformação por resistência

Os medidores de deformação por resistência permitem determinar, em função da variação da resistência resultante da deformação sofrida pelo medidor, a força que a origina; estes estudos são abordados no âmbito da extensometria.



**Figura 12-** Esquema de um medidor de deformação por resistência  
1- Saídas  
Fonte: CEMAGREF (1991)

Estes captosres são constituídos por um fio condutor, colocado numa peça paralela à que é sujeita à deformação, cuja resistência é dada por:

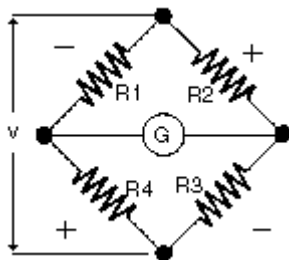
$$R = \sigma * L / S$$

em que  $\sigma$  é a resistividade, L o comprimento do fio e S a sua secção. A variação da resistência é proporcional à variação do comprimento do fio, ou seja:

$$\Delta R / R = K * \Delta L / L \quad e \quad F = k * \Delta R / R = k * K * \Delta L / L$$

em que F é a força responsável pela deformação.

O valor de  $\Delta R / R$  é medido por uma Ponte de Wheaststone que é constituída por quatro resistências montadas na estrutura que se pretende estudar, de tal forma que os efeitos pretendidos se juntem e os parasitas se anulem.



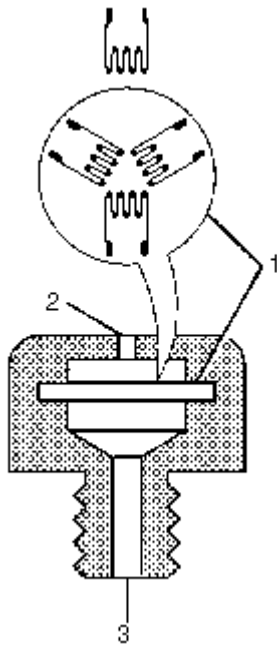
**Figura 13-** Esquema de uma ponte de Wheaststone  
Fonte: CEMAGREF (1991)

Para se estabelecer o equilíbrio nesta ponte é necessário que as resistências variem de forma que:

$$\frac{\Delta R1}{R1} + \frac{\Delta R3}{R3} = \frac{\Delta R2}{R2} + \frac{\Delta R4}{R4}$$

ou seja, que as duas resistências opostas actuem no mesmo sentido e as adjacentes em sentidos contrários.

Estes captosres utilizam-se, por exemplo, para pesagens, como captosres de press3o nos circuitos de calda dos pulverizadores, etc.

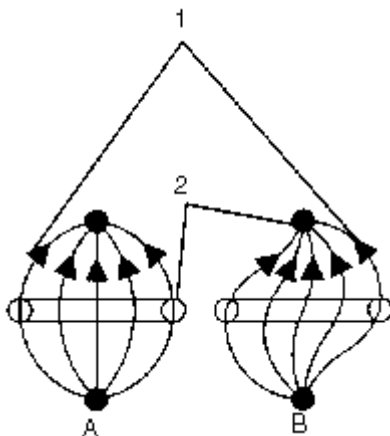


**Figura 14-** Captor de press3o por deformação de resistências  
1- Resistências deformáveis 2- Press3o atmosférica 3- Press3o do líquido  
Fonte: CEMAGREF (1991)

#### 4.2.6- Captosres escalares de deformação por fenômenos magneto-elásticos

Os medidores de deformação por fenômenos magneto-elásticos baseiam-se na alteração das curvas de força do campo magnético dos materiais conforme estão ou não sujeitos a tensões; diferentes materiais têm campos magnéticos diferentes.

Assim, quando um corpo metálico é sujeito a uma força exterior (força a medir) a permeabilidade magnética do material altera-se; a permeabilidade caracteriza a facilidade com que um fluxo magnético atravessa um material sujeito a um campo magnético. Esta característica é o inverso da relutância.



**Figura 15-** Princípio da magneto-elasticidade  
A- Em repouso B- Sob deformação 1- Linhas de força do campo magnético 2- Armaduras magnéticas das bobines.  
Fonte: CEMAGREF (1991)

De uma forma semelhante ao que se passa com a electricidade a relutância ( $r$ ) determina o valor do fluxo magnético ( $\Phi$ ) que se instala sob o efeito de um campo magnético ( $B$ ), ou seja:

$$B = r * (\Phi)$$

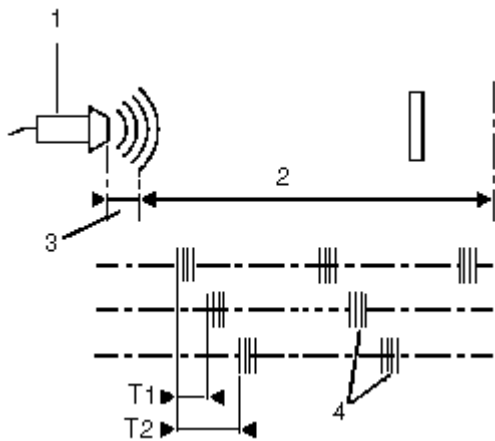
A magneto-elasticidade é utilizada, por exemplo, em captosres montados no sistema de controlo de tracção de tractores.

#### 4.2.7- Captosres escalares de ultra-sons

Os captosres de ultra-sons, utilizados para medir distâncias, baseiam-se na emissão-recepção de ultra-sons.

Os emissores baseiam-se no efeito piezoeléctrico inverso, ou seja, nas ondas que um cristal de quartzo emite quando é sujeito a variações de tensão; as vibrações têm a mesma frequência que a tensão de excitação, que deve ser igual à da ressonância do quartzo.

Os receptores, que funcionam sob o efeito piezoeléctrico directo, baseiam-se no aparecimento de cargas eléctricas nas duas faces opostas do quartzo quando este é sujeito a tensões.



**Figura 16-** Princípio de funcionamento de um captor e ultra-sons

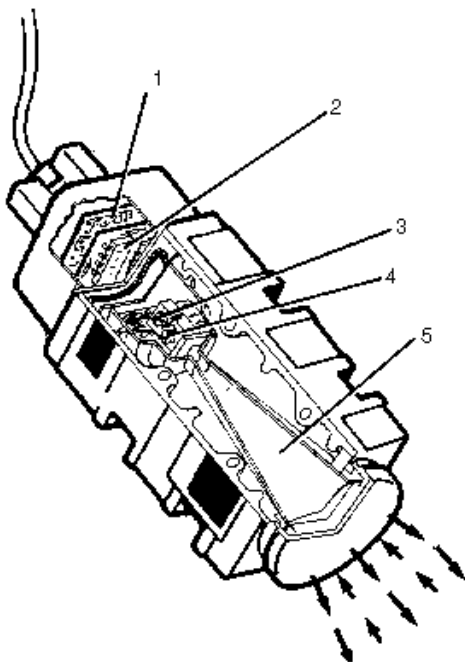
1- Captor 2- Domínio de medição 3- Limite inferior 4- Ondas de ultra-sons

Fonte: CEMAGREF (1991)

Relativamente ao funcionamento o captor emite ondas que, depois de reflectidas pelo objectivo, são captadas pelos receptores, sendo o tempo que decorre entre a emissão e recepção proporcional à distância a medir; considerando os diferentes tipos de energia envolvidos neste processo os captores dispõem de transdutores.

Entre as principais aplicações dos captores de ultra-sons

destacam-se a medição da profundidade de uma lavoura e a estabilização das rampas dos pulverizadores.



#### 4.2.8- Captores de efeito Doppler

Os captores de efeito Doppler (radares) utilizam a variação da altura do som resultante do deslocamento da fonte sonora, ou seja, o movimento relativo entre um emissor de ondas (sonoras, luminosas, hertzianas) e um observador, faz com que a frequência das ondas recebidas seja diferente das emitidas; este fenómeno verifica-se quando da aproximação de um veículo automóvel, em que o som é agudo, tornando-se normal quando está perto, e mais grave à medida que se afasta.

**Figura 17-** Princípio de um radar de efeito Doppler

1- Carta analógica de comparação de frequências 2- Carta numérica de controlo e tratamento de informação 3- Emissor 4- Receptor 5- Antena.

Fonte: CEMAGREF (1991)

Considerando a frequência emitida (Fe) e a recebida (Fr) a fórmula que traduz o fenómeno da emissão-recepção das ondas que induzem ao funcionamento do radar é a seguinte:

$$Fr - Fe = Fe \times \frac{\pm 2 \times \text{velocidade do equipamento}}{\text{velocidade da luz}}$$

o sinal de  $\pm$  depende do sentido do movimento.

Relativamente aos sistemas de cálculo estes comparam as medições efectuadas pelos captores com os parâmetros introduzidos pelo operador. Os sistemas de actuação permitem, através de componentes mecânicos, pneumáticos, hidráulicos e eléctricos, a actuação em deferentes elementos das máquinas repondo as condições ideais de funcionamento. Pode-se afirmar que os captores são a

"chave" da evolução electrónica aplicada aos equipamentos agrícolas, pois trabalham geralmente em condições críticas, devido à humidade, pó, produtos químicos, etc.

Assim, e em resumo, o funcionamento dos sistemas electrónicos depende da informação introduzida pelo operador e da registada pelos captadores, podendo os dados ser tratados como:

- informação para o utilizador relativa ao funcionamento do material, nomeadamente o regime motor ou TDF, temperatura do motor, pressão de óleo, etc.;
- informação do utilizador através do accionamento de comandos, exemplo, os captadores do sistema hidráulico;
- accionamento automático do equipamento sem intervenção do operador, mas segundo dados previamente estabelecidos;
- registo automático de informações para posterior análise.

Estes elementos electrónicos podem assim ser do tipo passivo, ou seja, limitarem-se a fornecer informações sobre as condições de funcionamento dos equipamentos, deixando ao operador a responsabilidade da intervenção (**monitorização**), ou activas, em que se verifica uma reacção dos diferentes elementos para repor as condições de funcionamento (**automatização**).

Relativamente aos dados tem-se verificado, especialmente nos registos automáticos, alguns problemas nomeadamente ao nível da compatibilidade entre os equipamentos electrónicos de registo e os computadores de bordo dos tractores, assim como a dificuldade de harmonização das fontes de informação das máquinas e os sistemas de registo dos tractores. A resolução destes problemas implica uma normalização na definição dos sistemas de ligação entre o tractor e os equipamentos, que poderá inclusivamente ser do tipo "rádio".

## **5- A aplicação da electrónica nos tractores agrícolas**

Relativamente à aplicação dos principais dispositivos electrónicos nos tractores podemos dizer que estes são utilizados:

- ao nível do sistema hidráulico do tractor;
- na determinação da velocidade efectiva relativamente ao solo;
- na determinação do escorregamento das rodas motrizes;
- nas transmissões;
- no motor.

### 5.1- Utilização da electrónica no sistema hidráulico dos tractores

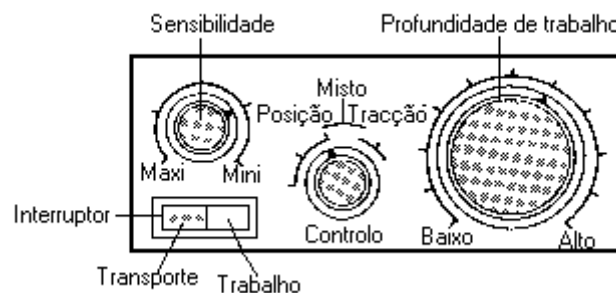
O sistema hidráulico com regulação electrónica difere do sistema hidráulico clássico apenas na forma como é efectuado o seu comando, que é constituído por:

- captores de tracção montados nos braços inferiores do sistema tripolar que, através de sistemas deformáveis (barras de flexão) com transdutores de movimento por indução ou extensómetros, indicam, pela variação de um sinal eléctrico, a força de tracção;
- captores de posição, montados no veio de rotação dos braços de elevação que, mediante rotação, accionam um transdutor de movimento linear;
- um sistema electrónico de accionamento que, recebendo os sinais dos captores, compara-os com os parâmetros introduzidos pelo operador, fazendo actuar um electro-distribuidor.

Assim, não havendo dispositivos mecânicos ao nível dos comandos, consegue-se com este sistema uma grande fiabilidade e insensibilidade ao desgaste. Para além destes aspectos a electrónica, ao nível do sistema hidráulico, permite obter várias funções tais como:

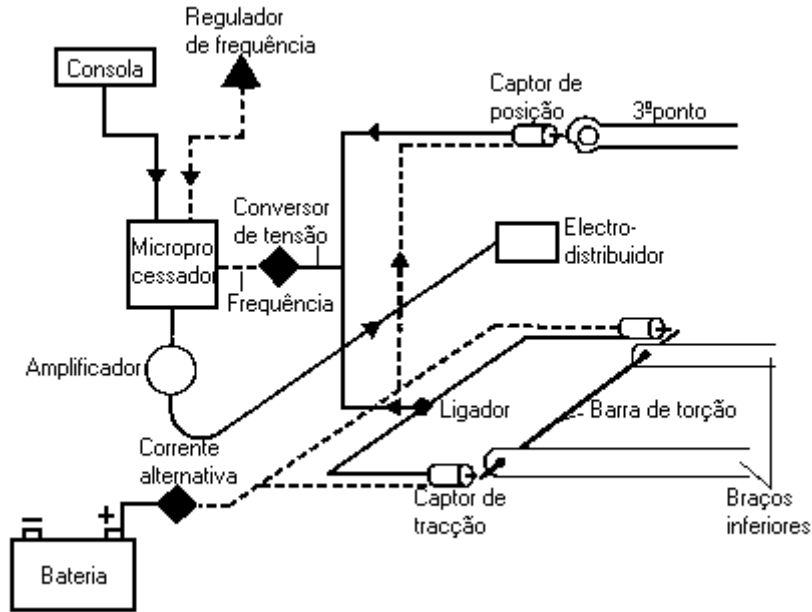
- limitação da altura máxima de elevação da alfaia, o que permite evitar ângulos exagerados nos veios de transmissão;
- bloqueio do sistema de elevação na posição máxima;
- regulação da velocidade do equipamento;
- indicação luminosa da posição da alfaia, que permite ao operador estimar a sensibilidade da regulação;
- possibilidade de ligação com o sistema de controlo de escorregamento.

Representando esquematicamente a consola e o sistema hidráulico em geral tem-se:



**Figura 18-** Consola para introdução de dados relativos ao sistema hidráulico  
Fonte: BP N° 138 (1982)





**Figura 19-** Representação geral do sistema hidráulico de elevação das alaias com regulação electrónica  
 Fonte: BP N° 138 (1982)

Considerando o funcionamento deste sistema o controlo do fluxo de óleo nos êmbolos é assegurado por um electro-distribuidor, gerido pelo microprocessador, em função dos dados introduzidos pelo operador e das informações recebidas sob a forma de frequências eléctricas, transmitidas pelos captores de posição e tracção; os dados fornecidos pelo operador prendem-se com o modo de controlo (posição, tracção ou misto), a profundidade de trabalho, a sensibilidade e a supressão do controlo.

Os captores são alimentados por corrente alterna fornecida por um conversor, sendo as informações fornecidas por aqueles, variações de frequência resultantes da conversão de variações de tensão. Comparando estas frequências com as introduzidas através de um regulador, o microprocessador actua nas electro-válvulas deslocando-se estas com uma grande precisão de movimentos e um tempo de reacção muito pequeno, o que permite uma boa qualidade de trabalho.

### 5.1.1- O controlo de posição

A posição dos braços superiores do sistema tripolar, dada pelo contacto dos captores com um excêntrico montado no eixo daqueles, é medida por um captor (potenciómetro eléctrico) que, em função da posição dos braços, emite um sinal eléctrico que é comparado com o sinal estabelecido pelo operador, sendo depois conduzido para a unidade central de processamento. Esta emissão é efectuada da mesma forma que, num rádio, a posição do índice do potenciómetro é transformado em volume sonoro.

Caso os dois sinais sejam diferentes, ou seja, a posição dos braços seja diferente da desejada pelo operador, o processador envia um sinal eléctrico para o distribuidor que deixa passar o óleo para os êmbolos (subida) ou cárter (descida), fazendo assim movimentar os braços para a posição correcta; neste caso o sinal captado é igual ao fixado. A diferença entre estes dois sinais, a partir da qual o

distribuidor reage, corresponde a uma elevação das extremidades dos braços inferiores (rótulas) de  $\pm 5$  mm.

### **5.1.2- O controlo de tracção**

A força de tracção necessária depende da resistência oferecida pelo equipamento com que se está a trabalhar a qual se reflecte no binário desenvolvido ao nível dos semi-eixos; aumentando o valor deste, a carga do motor (binário desenvolvido) também cresce, diminuindo o regime motor que se aproxima do valor correspondente ao ponto de binário máximo. Antes de se atingir este regime é enviado um sinal eléctrico para o distribuidor para se corrigir a posição dos braços do sistema hidráulico.

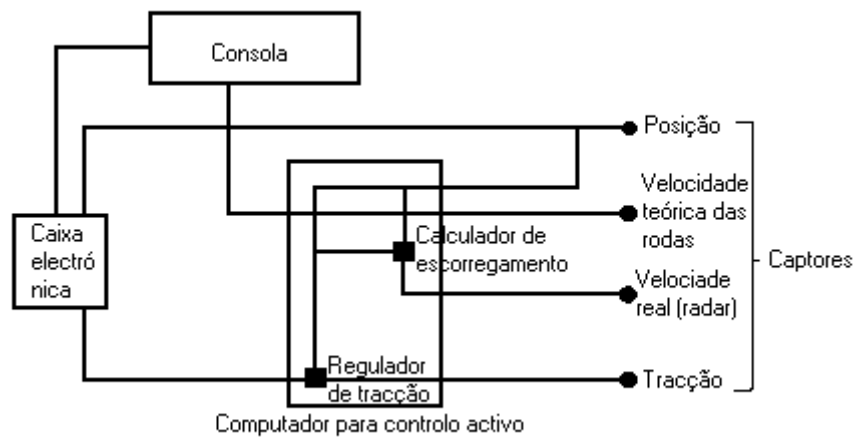
Antes de chegar ao distribuidor o sinal deve passar num "comparador" cuja função é assegurar a prioridade do controlo de tracção sobre o de posição e de anular o primeiro a partir de uma posição dada dos braços, impedindo assim uma subida exagerada destes; a variação de amplitude vertical, ao nível das rótulas, originada pelo controlo de tracção é, geralmente, inferior a 10 cm.

O funcionamento dos captosres de tracção, situados nas extremidades da barra de flexão, baseia-se, geralmente, no deslocamento de um núcleo no interior de uma bobine, que altera a corrente indutiva desta e a corrente alternativa de alimentação. O somatório dos sinais provenientes dos captosres, efectuado pelo processador, é proporcional à força de tracção, mesmo que as cargas sejam assimétricas, sendo a correcção efectuada em função do valor médio.

A comparação dos dados introduzidos pelo operador e os determinados pelos captosres pode ser analógica ou digital.

Relativamente regulação do tipo analógica as medições efectuadas pelos captosres são transformadas em corrente eléctrica, cuja intensidade, tensão ou frequência, são proporcionais aos valores medidos; estas medições são efectuadas de uma forma contínua (sinal analógico), verificando-se, em algumas situações, um aumento do sinal transmitido como resultado do aumento da tensão provocada pelo acréscimo do ruído.

Neste sistema de elevação a tensão da corrente proveniente de um sensor que meça a velocidade teórica pode ser comparada com a obtida pelo radar (velocidade real), obtendo-se uma diferença de velocidades que corresponde um dado escorregamento; quando esta diferença é inferior a  $0.8 \text{ km.h}^{-1}$ , somente o controlo de tracção intervém na regulação mas, para valores superiores, verifica-se uma actuação do controlo de posição, o que provoca uma diminuição da força de tracção necessária para se atingir aquela diferença de velocidade; nesta situação o operador é informado mediante um aviso sonoro.

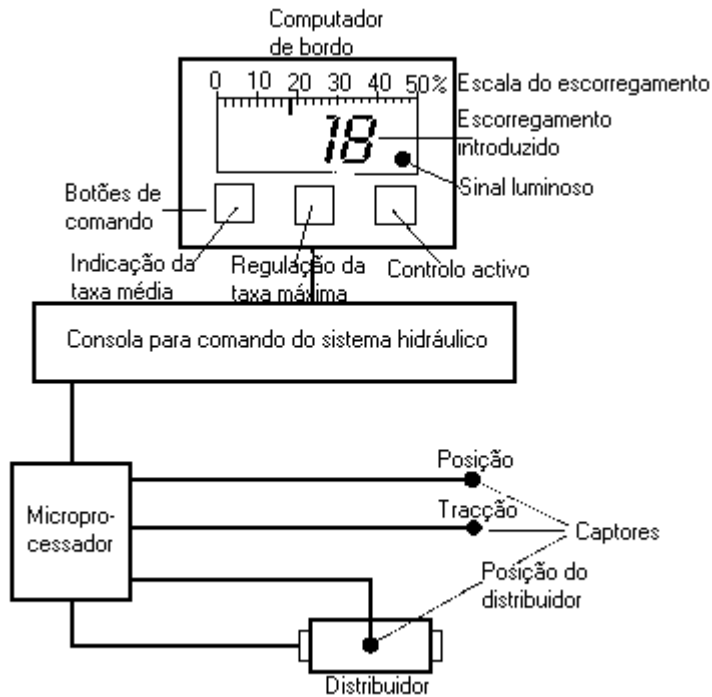


**Figura 20-** Ligação entre o computador de bordo e o sistema electrónico analógico para controlo do escorregamento  
 Fonte: BP N° 156 (1991)

Este tipo de regulação pode ser aplicado em qualquer tractor desde que se utilize um comutador para corrigir o raio de carga dos pneus.

No que se refere à regulação do tipo digital, mais comum, esta baseia-se na transformação das medições dos captadores em impulsos eléctricos, que são transmitidos ao processador que os trata em função dos dados introduzidos pelo operador, agindo depois no sistema de elevação. O termo digital sugere que o sinal é representado por um número binário, obtido da amostragem de uma variação contínua (sinal analógico), definida em intervalos de tempo discretos, pelo que a informação obtida é inferior à resultante da utilização de sinais analógicos.

Este sistema actua em função dos sinais dos captadores e dos introduzidos pelo operador, podendo ser adaptado para controlo directo do escorregamento, pela memorização da tensão máxima necessária para deslocar a gaveta do distribuidor.



**Figura 21-** Ligação entre o computador de bordo e o sistema de elevação electrónico numérico para controlo do escorregamento  
 Fonte: BP N° 156 (1991)

## 5.2- Controlo da velocidade real relativamente ao solo

O controlo da velocidade relativamente ao solo é efectuado por um radar dirigido para o terreno, com uma inclinação de 35-45°, cujo funcionamento se baseia no efeito de Doppler. Este consiste numa variação aparente da frequência da onda electromagnética recebida por um receptor relativamente à enviada, devido ao movimento relativo entre a fonte de emissão e o receptor.

Assim, o sinal emitido reflecte-se no terreno voltando ao emissor que o recebe com uma variação de frequência proporcional à velocidade de deslocamento do tractor; as frequências variam entre os 10-24 GHz (Gigahertz) proporcionando os valores mais baixos uma melhor definição do sinal e, portanto, maior sensibilidade.

Os captadores de medição de velocidade devem estar colocados sensivelmente ao meio do tractor para minimizar as oscilações verticais do trem dianteiro e as radiações devem ser emitidas segundo uma direcção oposta à do movimento para se evitar o choque.

Relativamente ao grau de precisão, que depende da velocidade de deslocamento, regularidade do terreno, da mudança da textura e coloração do solo, ele situa-se, para velocidades superiores a 2 km.h<sup>-1</sup>, nos 2-3%.

Não sendo a radiação emitida perigosa para o homem deve-se, no entanto, evitar olhar directamente para o emissor durante o funcionamento.

### 5.3- Escorregamento das rodas motrizes

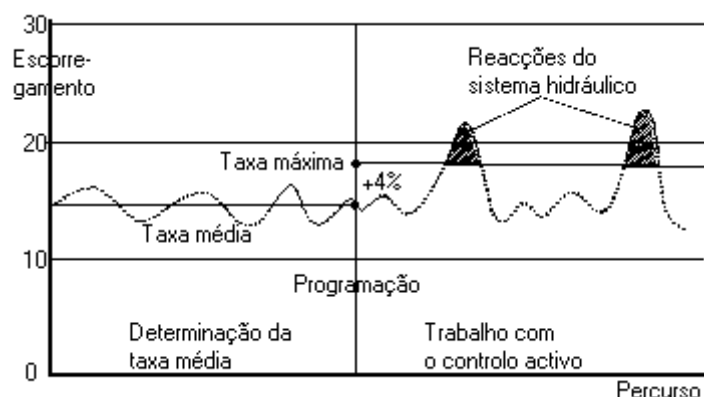
O escorregamento, medido em percentagem, é a relação entre a diferença entre a distância real e teórica (sem escorregamento) e esta última. Para a sua determinação é necessário conhecer a velocidade de deslocamento e o diâmetro das rodas, que é introduzido através da consola, sendo o escorregamento função do número de voltas dadas pela roda.

Relativamente ao número de voltas das rodas este é medido por um sensor, magnético ou óptico, que é colocado junto a esta, mas em posição fixa, que conta os impulsos de uma roda dentada ou uma coroa circular com faixas radiais alternadamente escuras e claras. Com o número de impulsos o processador determina o número de voltas da roda que, juntamente com o raio desta, permite determinar a distância teórica; a distância real é obtida por radar.

Relativamente às taxas de escorregamento estas dependem, fundamentalmente, da força de tracção desenvolvida, considerando-se como aceitáveis, em condições de trabalho, valores de 10-15%; valores superiores conduzem a gastos exagerados de combustível e pneus e a uma diminuição da capacidade de trabalho.

O equipamento que permite controlar a taxa máxima de escorregamento é constituído por um computador de bordo que calcula permanentemente o seu valor. Este cálculo pode ser efectuado de duas formas diferentes:

- seleccionando no computador de bordo e de forma numérica, uma taxa máxima de escorregamento. Quando a regulação efectuada no sistema de elevação não permite manter o escorregamento num nível inferior ao valor introduzido, o computador faz com que a alfaia levante para além do valor escolhido. Nesta situação o operador é avisado mediante um sinal luminoso, podendo modificar o valor máximo do escorregamento. Esta forma de regulação pode ser utilizada quer com o sistema de elevação do tipo analógico quer digital;
- a segunda forma para controlo máximo do escorregamento, mais completa que a anterior, é utilizada com os sistemas de elevação do tipo numérico, e consiste em seleccionar a taxa máxima de escorregamento, mas de uma forma contínua, de 1 em 1 %, depois de conhecida a taxa média de escorregamento dada pelo computador; o cálculo deste valor permite fixar uma taxa máxima de escorregamento em função das condições de trabalho e fazê-la variar quando essas condições mudam.



**Figura 22-**Programação da taxa máxima de escorregamento em função da taxa média

Fonte: BP N° 156 (1991)

Assim, em função do valor médio do escorregamento o operador introduz um valor máximo superior em 4-5%, para poder ultrapassar as variações de tracção que se verificam em trabalho contínuo; quando o valor do escorregamento total (escorregamento médio + escorregamento introduzido) é demasiado alto, por exemplo, superior a 25%, o condutor deve diminuir a profundidade de trabalho.

#### **5.4- Utilização da electrónica nas transmissões dos tractores**

A utilização da electrónica ao nível das transmissões tem-se centrado especialmente nos seguintes pontos:

- bloqueio dos diferenciais;
- ligação da tracção às quatro rodas;
- caixas de velocidades.

##### **5.4.1- Bloqueio dos diferenciais**

A utilização de tractores de 4RM, em situações difíceis, implica que cada uma das rodas dianteiras fique sujeita a diferentes condições de carga e de contacto com o solo; a primeira situação verifica-se, por exemplo, quando o tractor está em posição inclinada ou a alfaia é do tipo "offset" e a segunda, por exemplo, em trabalhos de lavoura quando uma das rodas se encontra no fundo do rego e a outra em terreno ainda não mobilizado.

Assim, em condições de aderência distintas, uma das rodas dianteiras pode apresentar escorregamento contínuo, não desenvolvendo o trem força de tracção, o que torna a direcção difícil de controlar e provoca um desgaste exagerado do pneu.

Para contornar este tipo de problemas o diferencial do trem dianteiro deve ser bloqueado, depois de bloqueado o do trem traseiro, para evitar que toda a potência seja desenvolvida por este.

Assim, para se obter estes bloqueios utilizam-se os seguintes sistemas:

- diferenciais autoblocantes;
- engrenamento automático controlado.

##### **5.4.1.1- Diferencial autoblocante**

O diferencial autoblocante de comando electrónico do trem dianteiro, apresenta um funcionamento semelhante ao do trem traseiro, ou seja, têm um conjunto de embraiagens multi-discos, em banho de óleo, que permitem libertar os semi-eixos quando se efectuam curvas ou quando o tractor se desloca a grande velocidade; este tipo de bloqueio actua de uma forma progressiva, pois os discos são submetidos a um crescente aumento de pressão, para não se verificarem esforços de torção bruscos. Existem tractores que, em trabalho, por exemplo em lavouras, o operador pode bloquear os diferenciais, mas que quando se levantam os equipamentos o bloqueio é automaticamente desligado, voltando-se a ligar quando se desce novamente a alfaia.

#### 5.4.1.2- Engrenamento automático controlado

Este sistema não é constituído propriamente por um diferencial, mas por duas embraiagens laterais que, quando entram em contacto, tornam solidários os dois semi-eixos.

Em trajectos rectilíneos o binário é igualmente distribuído pelos dois semi-eixos, mas em curva ou condições de aderência diferentes, os discos do semi-eixo que têm tendência a rodar mais depressa afastam-se.

O ângulo de viragem das rodas anteriores, nos tractores de 4RM, pode ser determinado por um sensor, que permite desengatar o trem dianteiro quando o raio de viragem é superior a  $15^\circ$ .

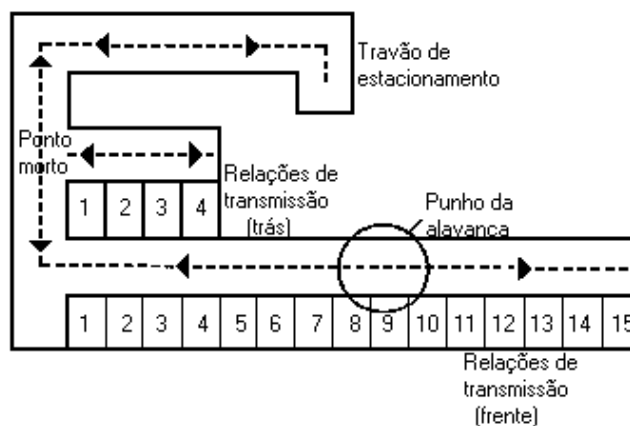
Este sistema de bloqueio pode igualmente accionar-se automaticamente quando a diferença de velocidade de rotação das rodas, incluindo as anteriores, atinge  $\pm$  os 18%.

#### 5.4.2- Ligação da tracção às quatro rodas

Em alguns tractores de quatro rodas motrizes existem embraiagens multidiscos, em banho de óleo, que permitem ligar ou desligar de uma forma automática o eixo dianteiro tornando-o assim motriz ou não conforme as situações. Assim, por exemplo, a velocidades superiores a  $14 \text{ km.h}^{-1}$ , a tracção dianteira desliga-se automaticamente, voltando-se a ligar para velocidades inferiores; há tractores de 4RM com travões nas rodas da frente que, quando se trava, se liga a tracção às quatro para que a aderência das rodas dianteiras melhorem a eficiência da travagem; a tracção às quatro rodas motrizes é especialmente importante nas travagens efectuadas em transporte com reboques de grande capacidade.

#### 5.4.3- Caixas de velocidades

Nas caixas de velocidades de comando electrónico o engrenamento da relação de transmissão mais correcta para cada situação é efectuado automaticamente por dispositivos electro-hidráulicos que permitem uma progressão suave e um controlo rigoroso nas mudanças de velocidade.



**Figura 23-** Curso da alavanca manual de selecção das relações de transmissão  
Fonte: BP N° 156 (1991)

A constituição destas caixas inclui uma parte mecânico-hidráulica formada por um conjunto de carretos permanentemente engrenados, montados em vários eixos horizontais e paralelos entre si, cuja transmissão de movimento é assegurada por embraiagens multidiscos, em banho de óleo, e uma parte electrónica formada por um conjunto de captosres, accionadores, processadores, comandos e indicadores. Este tipo de embraiagem consome mais energia que as embraiagens a seco, pelo que a sua presença, em grande número, conduz a perdas de potência.

Relativamente aos dispositivos electrónicos os captosres, geralmente dois, medem o regime do motor e o regime à saída da caixa, sendo este último considerado como a imagem da velocidade de deslocamento. Os accionadores principais são electro-válvulas que comandam a alimentação das embraiagens multi-discos; podem existir também accionadores complementares para impedir os movimentos do selector de velocidades evitando-se assim falsas manobras.

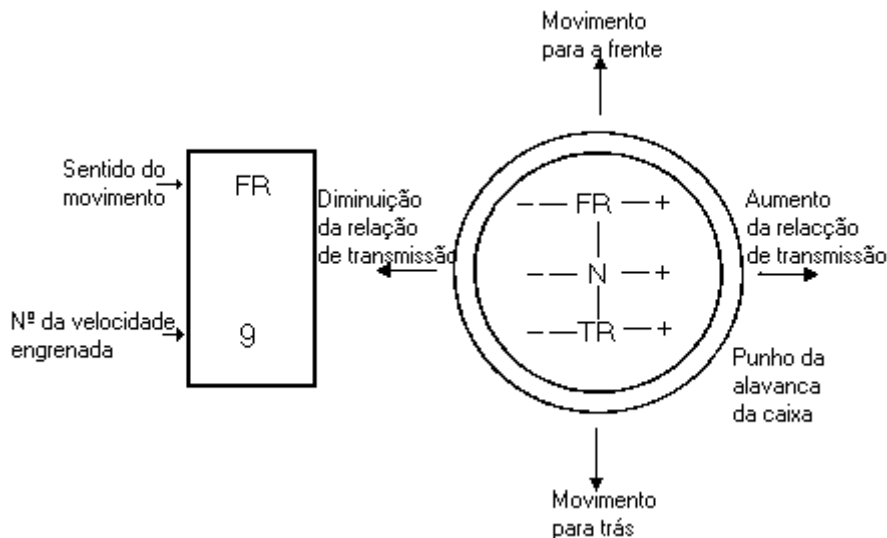
O processador (caixa electrónica) tem como principais funções interpretar os regimes à entrada e saída da caixa e os dados fornecidos pelo selector de velocidades comparando-os com os que podem ser obtidos pela posição em que se encontra o selector e o pedal. Caso estes regimes sejam diferentes o processador emite um sinal eléctrico para um dos solenóides que comandam as electro-válvulas que deixam passar o óleo para a embraiagem multidisco correspondente à relação de transmissão que permite uma adaptação do regime motor à velocidade de deslocamento; a indicação da relação de transmissão escolhida é indicada na consola do equipamento electrónico.

Os comandos electrónicos da caixa de velocidades constam de:

- um selector multifuncional;
- o comando de inversão de sentido de marcha;
- um pedal de accionamento progressivo ("embraiagem").

O selector multifuncional permite escolher a relação de transmissão desejada, deslocando o tractor para a frente ou para trás (movimento da alavanca para a frente ou para trás), ou para se imobilizar (colocação da alavanca no ponto intermédio); movimentando transversalmente o selector, ao nível dos pontos anteriores, acelera-se (movimento para a direita) ou reduz-se a velocidade (movimento para a esquerda). A deslocação deste selector, para obter a relação imediata é efectuada apenas com um ligeiro impulso, pois mantendo-se a pressão na alavanca as relações vão sendo sucessivamente introduzidas até se obter a relação desejada; a indicação num mostrador numérico, que se encontra junto ao selector, permite ao condutor conhecer qual a relação de transmissão que está a utilizar.





**Figura 24-** Selector multifuncional de comando manual da caixa de velocidades  
 Fonte: BP N° 156 (1991)

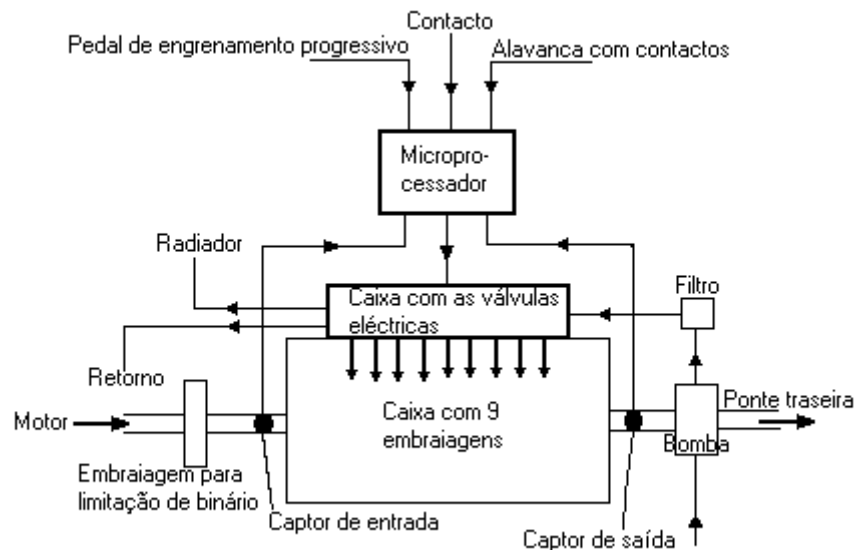
A inversão de sentido de marcha implica o deslocamento do selector multifuncional até à relação desejada, passando pela posição neutra. A presença de um transmissor de binário permite automatizar a inversão do movimento pois, quando se desembraia o sistema, provoca-se uma acção electro-hidráulica sobre o comando do inversor; a presença do transmissor permite absorver as diferenças de regime entre o motor e a caixa de velocidades. A existência de um captor que controla a velocidade de rotação de saída da caixa impede que a embraiagem seja accionada a um regime alto. O pedal de accionamento progressivo que se encontra ligado ao processador, tem duas funções principais:

- permitir deslocar o tractor de uma forma gradual e precisa em trajectos curtos, como por exemplo, para atrelagem dos reboques. Para este tipo de operação o processador desliga a transmissão deixando sair o óleo que se encontra sob pressão, o qual regressa depois de uma forma progressiva para a embraiagem;
- mudar a relação de transmissão sem utilizar o selector multifuncional, permitindo assim que aquela operação seja efectuada sem utilizar as mãos, bastando, para o efeito, pressionar este pedal e o acelerador; caso se pressione primeiro o pedal de accionamento progressivo e depois o acelerador diminui-se a velocidade, podendo mesmo inverter o sentido de deslocamento, ou, caso contrário, aumentar-se a velocidade sem inverter o sentido da marcha. O processador interpreta as variações da posição do pedal de accionamento e do regime motor modificando a relação de transmissão; o número de relações de transmissão que são "passadas" depende do tempo em que se tem o pé apoiado no pedal de accionamento.

Para além das funções apresentadas os dispositivos electrónicos permitem ainda:

- quando da inversão do sentido da marcha numa velocidade elevada, que aquela se faça de uma forma progressiva, pela utilização de diferentes relações de transmissão, e só quando se atinge uma velocidade baixa ( $\pm 0.8 \text{ km.h}^{-1}$ ) é que a embraiagem da mudança de sentido seja completamente alimentada;

- a partir de uma dada relação de transmissão, a alteração desta ser feita sem intervenção do selector, apenas com o pedal de accionamento progressivo;
- seleccionar a relação de transmissão para arranque do tractor.



**Figura 25-** Caixa de velocidades de comando electrónico  
 Fonte: BP Nº 156 (1991)

### 5.5- Utilização da electrónica nos motores dos tractores

A diminuição de massa dos motores, conseguida quer pela redução do número de peças quer pela utilização de novas manerias, é um dos aspectos mais utilizados pelos construtores para reduzirem o seu custo. Estas alterações devem, no entanto, ser acompanhadas por alterações que melhorem as suas prestações, nomeadamente a gestão da bomba injectora, mantendo-se, assim, a mesma potência.

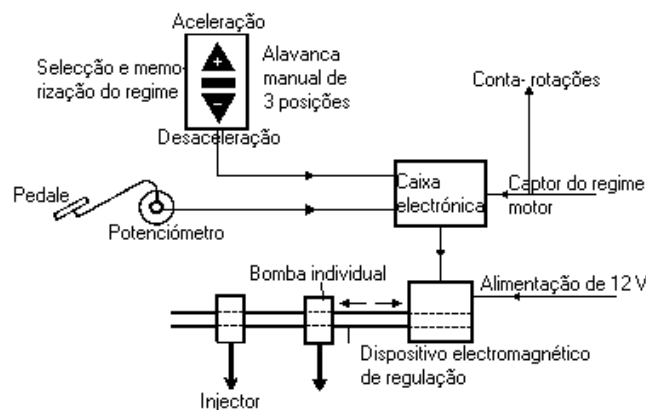
Relativamente às bombas de injeção de accionamento mecânico, quer o regulador seja mecânico ou pneumático, têm o seu débito condicionado pelo operador, através do acelerador e regime motor, o que torna a sua resposta às diferentes solicitações bastante lenta.

O sistema de regulação mais frequente consiste em duas massas que se afastam de um eixo à medida que aumenta o regime motor sendo a sua deslocação transmitida ao doseador da bomba, reduzindo-lhe o seu débito. As massas centrífugas provocam a compressão das molas, que não é uniforme pois, à medida que estas se comprimem, a sua resistência aumenta, sendo necessário aumentar o regime motor (força centrífuga); este aspecto explica porque é que a redução do débito se faz durante uma dada zona de variação do regime, zona de regulação, e que o regime máximo em vazio seja superior ao regime máximo em carga. Nos motores sobrealimentados para além destes dois factores intervém também a pressão de ar do compressor.

No que respeita ao ajustamento do ponto de injeção ao regime motor este apenas se verifica nas bombas rotativas, que apresentam um variador de avanço, mas o mesmo já não acontece com grande parte das bombas em linha, pelo que não é possível adaptar os débitos às diferentes condições de funcionamento.

Relativamente ao princípio de funcionamento das bombas injectoras com dispositivos electrónicos ele não tem sofrido grandes alterações, o mesmo não acontecendo com a regulação dos seus débitos. A regulação electrónica da bomba é feita accionando, através de um electro-íman, a cremalheira de comando do débito de combustível, caso das bombas em linha, ou utilizando pequenos motores eléctricos, caso das bombas rotativas; neste caso o avanço à injeção é efectuado por outro motor eléctrico.

Estas regulações são efectuadas em função dos dados introduzidos pelo operador, maior ou menor aceleração, e pelos determinados pelos captores como, por exemplo, o regime motor, a carga a que este está a funcionar, a localização do ponto morto superior de um êmbolo de referência, o início da injeção (o captor está colocado no bico do injector), a pressão e temperatura do óleo, a temperatura de funcionamento do motor, a pressão do ar de admissão, etc., que são enviadas para um microprocessador de gestão, que por sua vez dá as "ordens" de comando relativas ao débito e avanço da injeção; esta gestão permite também uma maior segurança no funcionamento do motor e uma redução na libertação de fumos quando das acelerações.



**Figura 26**-Injecção electrónica num motor de construção modular  
Fonte: BP N° 156 (1991)

A introdução da electrónica, permitindo uma maior reserva de binário, o que facilita a condução e otimiza a utilização da potência em condições difíceis, tem conduzido ao aparecimento de motores que desenvolvem potências mais ou menos constantes junto do regime nominal do motor.

Assim, e em resumo, pode-se afirmar que o controlo electrónico das bombas injectoras, tem as seguintes vantagens:

- ajustamento do débito em função das diferentes condições de funcionamento, nomeadamente diferentes altitudes;
- optimização dos consumos em função da carga do motor;
- temporização do débito, quando das acelerações bruscas, eliminando-se assim os fumos de escape, especialmente nos motores sobrealimentados;
- maior progressividade nas acelerações.

## **6- Utilização integrada da electrónica**

Os sistemas electrónicos apresentados nos pontos anteriores funcionam, normalmente, em conjunto, melhorando as condições de execução dos trabalhos efectuados à tracção e à tomada de força.

### **6.1- Melhoria da eficiência à tracção**

A utilização dos dispositivos electrónicos apresentados tem como principal objectivo aumentar a capacidade de tracção nas rodas motrizes dos tractores. Considerando que este objectivo depende, entre outros factores, das condições de funcionamento do motor, da caixa de velocidades, da profundidade de trabalho e da eficácia do contacto solo - órgãos de locomoção, é necessário conhecer a relação entre estes elementos.

#### **6.1.1- Eficiência da tracção resultante da regulação da bomba injectora**

O aumento da eficiência de tracção baseado na regulação da bomba de injeção, consiste na integração das informações relativas à força de tracção e binário motor, que é traduzida pela posição da cremalheira da bomba de injeção, para corrigir a posição do sistema de elevação das alfaia. Assim, utilizando o controlo de tracção, quando a resistência oposta pelo equipamento aumenta, a carga do motor (binário desenvolvido) também cresce, fazendo com que o regulador, gerido pelo processador em função dos dados introduzidos e do regime motor medido por captosres, desloque a cremalheira aumentando o débito; este movimento é detectado por um captor de posição da cremalheira e enviado para o microprocessador que controla a posição do sistema hidráulico, alterando-a até se obter o binário motor definido pelo operador.

A utilização do sistema de controlo de posição verifica-se quando o regime motor diminui, aproximando do valor relativo ao binário máximo evitando-se sobrecargas do motor; alguns destes sistemas "aconselham" a mudar a relação de transmissão.

#### **6.1.2- Eficiência da tracção; sua relação com a transmissão**

A máxima eficiência à tracção está relacionada com a combinação óptima da relação de transmissão e do regime do motor, que permite igualmente uma diminuição no consumo e desgaste.

Esta melhoria baseia-se nas relações entre o binário e o consumo com o regime motor, definidas pelas curvas características do motor, cuja representação matemática é introduzida através da consola.

Assim, utilizando as determinações do regime motor e regime das rodas, efectuadas pelos captosres, o computador determina a relação de transmissão engrenada e, em função do regime do motor e seu binário, o ponto de funcionamento óptimo assim como o consumo específico do motor nessa situação; caso este ponto difira do consumo mínimo a unidade de controlo altera a relação de transmissão e o regime.

A determinação do binário é efectuada indirectamente pela medição da temperatura dos gases de escape.

### **6.1.3- Eficiência da tracção ao nível das rodas**

A capacidade de tracção, depois de consideradas as "performances" do motor e transmissões, depende da aderência do sistema de locomoção no solo.

Implicando a força de tracção um certo escorregamento das rodas o seu valor deve, no entanto, ser suficientemente baixo, sem sobrecarregar excessivamente os semi-eixos, para não se verificarem perdas acentuadas de potência, um desgaste anormal dos pneus e uma compactação exagerada do solo.

Para se obter uma boa aderência dos tractores, que lhes permita trabalhar em condições de tracção normais e de uma forma contínua, é necessário controlar a taxa de escorregamento ou utilizar os órgãos de locomoção que melhor se adaptem a cada uma das situações; esta última opção não é abordada nestas notas.

Assim, dependendo a melhoria da eficiência à tracção da taxa de escorregamento, é aconselhável condicionar o funcionamento do sistema hidráulico à sua variação, substituindo o controlo de tracção pelo controlo do escorregamento (controlo do tipo activo). Quando a força de tracção é obtida com um valor de escorregamento superior ao previamente definido, o sistema hidráulico actua, em tempo real, elevando a alfaia, voltando esta à sua posição inicial quando se atingirem os valores de escorregamento iniciais (melhoria das condições de aderência).

Relativamente ao controlo da taxa de escorregamento este pode ser efectuado utilizando dispositivos electrónicos, que constam de uma calculadora que compara a velocidade teórica, obtida, por exemplo, através das indicações de um captor colocado na cadeia de transmissão, e a velocidade real, dada por um radar direccionado para o solo.

Depois de efectuadas estas comparações a calculadora envia para o processador os impulsos, cuja frequência é proporcional à velocidade de deslocamento, onde são interpretados para se determinar a velocidade real, sendo esta comparada com a teórica; para controlo do valor de escorregamento obtido é necessária uma ligação deste sistema ao distribuidor do sistema hidráulico, para variar a força de tracção (binário, ou potência) em função daquele valor.

A utilização simultânea destes dois sistemas (controlo de escorregamento e tracção) permite limitar a taxa máxima de escorregamento, podendo funcionar com o sistema hidráulico do tipo analógico (mais simples) ou numérico (sistema mais complexo). No primeiro o operador selecciona no computador de bordo o valor máximo de escorregamento, sendo este comparado com o determinado em trabalho, que é função da posição do sistema hidráulico. Quando este se aproxima do valor máximo o processador comanda o sistema de controlo activo do escorregamento elevando o equipamento. O segundo sistema consiste também em seleccionar a taxa máxima de escorregamento, mas de uma forma contínua e depois de conhecida a taxa média de escorregamento calculada pelo computador. Esta determinação permite conhecer o escorregamento em trabalho utilizando um valor não arbitrário, que pode ser alterado em função das condições de trabalho. Neste caso, o condutor verifica primeiro qual o escorregamento médio num dado percurso, introduzindo um valor um pouco superior; quando este valor é muito elevado, mais que 25%, deve-se diminuir a profundidade de trabalho.

## **6.2- Melhoria das condições de funcionamento dos equipamentos accionados pela TDF**

O conhecimento da potência desenvolvida pelo motor e TDF, medida a partir do binário e regime desta, permite aos processadores compararem os seus valores detectando qualquer aumento do regime motor provocado por uma diminuição da potência à TDF, que resulte do decréscimo acentuado do binário que se observa quando as rodas patinam; esta situação pode ser utilizada para controlo do escorregamento sem ser necessário dispor de um sistema de radar.

Conjugando o controlo do sistema hidráulico com o da bomba injectora é possível, quando se utiliza todo o binário motor, estabelecer a força de tracção máxima e, comparando os regimes motor e da TDF, regular a potência transmitida às alfaias accionadas por esta. Nesta situação é possível interferir no funcionamento do sistema de ligação das alfaias e no da TDF, ajustando-os à potência desenvolvida pelo motor e ao escorregamento das rodas, sem necessitar de um captor que meça a força de tracção e escorregamento das rodas (radar).

Existem sistemas electrónicos que controlam a progressão da velocidade do veio de saída da TDF e desliga-o automaticamente se o equipamento bloquear; o engrenamento deste veio é feito de uma forma progressiva, verificando-se um escorregamento de  $\pm 2\%$ , qualquer que seja a carga aplicada, evitando-se, assim, solicitações demasiado bruscas com cargas ligeiras ou escorregamentos elevados com grandes cargas.

## **7- Ligação dos equipamentos ao tractor**

As ligações electrónicas dos equipamentos aos tractores têm levantado alguns problemas pois, por vezes, não existem tomadas de alimentação eléctrica para as alfaias e/ou compatibilidade de comunicação entre os computadores de bordo e os equipamentos electrónicos utilizados nas alfaias; a utilização da tomada eléctrica do tractor para funcionar com os reboques não está adaptada para transmitir potência eléctrica.

Assim, e como forma de permitir a comunicação entre os equipamentos de diferentes construtores, a segurança e conforto do operador e a evolução do sistema, é necessário proceder a uma normalização, tendo a legislação francesa estabelecido quatro pontos fundamentais relativos:

- às ligações para determinação da velocidade real de avanço, velocidade teórica, regime da TDF, posição do sistema hidráulico, tomada de alimentação 12V-3A;
- às ligações para transmissão de dados do e para o tractor;
- às tomadas de alimentação eléctricas de 12V e 40A para o computador de bordo;
- à transferência de dados através de sistemas sem fios, para permitir a transmissão de informação quaisquer que sejam as condições de humidade e poeira.

## **8- Controlo electrónico nos equipamentos de precisão**

O controlo e regulação dos equipamentos de precisão pode ser obtido quer através dos sistemas electrónicos e informáticos do tractor quer por sistemas próprios.

### **8.1- Utilização dos sistemas electrónicos do tractor para controlo dos equipamentos de precisão**

Os sistemas electrónicos do tractor para controlo dos equipamentos de precisão, podem ser utilizados em inúmeras situações, tais como:

- na utilização do computador de bordo do tractor para determinação da superfície total ou horária trabalhada, utilizando a largura de trabalho do equipamento e a velocidade do tractor;
- no controlo de escorregamento das rodas do tractor através do sistema de ligação das alfaias para, por exemplo, controlo da profundidade do trabalho de mobilização. O dispositivo electrónico de elevação encontra-se ligado a um captor de posição que regula a profundidade de trabalho para não se verificar um escorregamento excessivo nas rodas do tractor.

Para os tractores que não possuem computador de bordo é sempre possível utilizar uma consola para introdução de dados e montar os dispositivos de medição nos equipamentos, nomeadamente, semeadores, distribuidores de adubos, enfardadeiras, pulverizadores, etc., que permitam calcular a velocidade de trabalho, a distância percorrida e a superfície trabalhada; esta última determinação implica que se introduza a largura de trabalho e, para obter a velocidade, é necessária uma roda de suporte de que se conheça o perímetro.

### **8.2- Utilização de sistemas electrónicos próprios nos equipamentos de precisão**

A utilização dos sistemas electrónicos abrange um número crescente de alfaias pelo que se apresentarão apenas as aplicações mais frequentes.

#### **8.2.1- Equipamentos de mobilização**

Os equipamentos electrónicos associados aos equipamentos de mobilização encontram-se pouco difundidos, estando, na maioria das vezes, montados no próprio tractor.

Entre estes dispositivos os que permitem o controlo de profundidade, montados em rodas de suporte, são os mais frequentes, estando os dispositivos para controlo da compactação do solo, importantes nas mobilizações mínimas, a despertar também grande interesse.

#### **8.2.2- Equipamentos de sementeira, plantação e fertilização.**

Nos semeadores em linhas a electrónica e informática permitem controlar e regular a quantidade de semente distribuída. Relativamente ao controlo este é efectuado pela transmissão, para uma calculadora, dos impulsos resultantes do impacto das sementes numa placa sensível; a calculadora indica a quantidade de semente distribuída comparando o número de impactos com o peso de 1000 grãos, que foi introduzido pelo operador, e a largura de trabalho.

No que respeita à regulação da quantidade semeada por hectare, definida pelo operador, é efectuada pela calculadora que, medindo a velocidade de deslocamento, altera o regime de um motor, que acciona o rotor de distribuição da semente, de forma a anular as variações de débito resultantes da variação da velocidade.

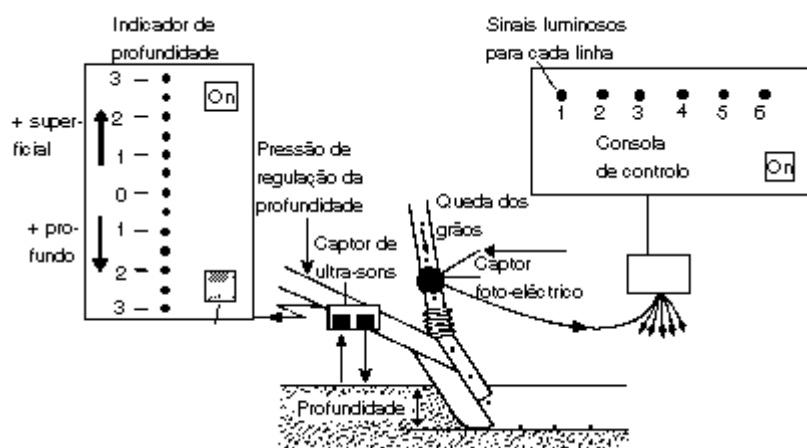
Nos semeadores monogrão estes dispositivos são mais frequentes e mais precisos, e aplicam-se principalmente na regulação da:

- distribuição dos grãos;
- profundidade de sementeira.

A distribuição dos grãos é controlada através de captores com células fotoeléctricas colocadas nos socos de enterramento de cada elemento semeador, ligadas à consola do computador, que apresenta vários sinais luminosos correspondentes a cada um dos elementos; quando se verifica uma anomalia na distribuição e as sementes não passam em frente dos captores, o computador emite um sinal sonoro.

A quantidade de semente é determinada em função do número de grãos e da superfície semeada. Relativamente à profundidade de sementeira esta é obtida por um captor de ultrasons colocado junto ao soco de um elemento semeador que mede a distância ao solo e a transmite a um indicador luminoso da consola. Antes de se iniciar a sementeira é necessário regular, através de dispositivos hidráulicos, a pressão de apoio dos socos no solo e a escala do indicador; a deslocação do sinal luminoso para cima indica uma diminuição de profundidade da sementeira e para baixo o aumento do seu valor.

Um alarme sonoro indica variações importantes na profundidade de sementeira devendo o operador corrigi-las modificando hidráulicamente a pressão dos socos no solo.



**Figura 27-** Controlo da distribuição dos grãos e profundidade de sementeira.  
Fonte: BP N° 153 (1989)

Nos distribuidores de adubos a aplicação da electrónica visa fundamentalmente a regulação do débito, para o que é necessário conhecer, para cada um dos tipos de adubos, a relação entre a abertura de saída do adubo e o seu débito. Através dos dispositivos electrónicos, essa abertura varia em função das condições de funcionamento do equipamento. Estes elementos determinam a velocidade de deslocamento do tractor e, em função desta e da largura de trabalho, regulam a abertura de alimentação do sistema de distribuição feita, geralmente, através de um êmbolo de comando eléctrico.



Alguns equipamentos de distribuição de adubos apresentam dispositivos electrónicos que determinam a velocidade de rotação do(s) disco(s) de distribuição, desde que o seu accionamento seja feito através de um motor hidráulico de regime variável, a área trabalhada e a quantidade distribuída.

### **8.2.3- Equipamentos de tratamentos fitossanitários**

Nos pulverizadores de jacto projectado, para aplicações em culturas baixas, a electrónica e informática é geralmente utilizada para aumentar a regularidade e precisão da distribuição da calda. Estas características dependem quer do grau de sobreposição dos jactos quer da manutenção do débito, cuja regulação é feita proporcionalmente ao avanço (**DPA**- Débito Proporcional ao Avanço).

A regularidade do volume aplicado por unidade de superfície é função do:

- débito, em  $L \cdot \text{min}^{-1}$ , dos bicos da rampa;
- da velocidade de avanço da rampa (tractor).

Considerando que estes dois factores se encontram relacionados, pois o débito é função da raiz quadrada da pressão de funcionamento da bomba, e esta do regime da TDF (motor), quando este diminui a pressão também baixa, o que conduz a variações na distribuição da calda.

Nos restantes tipos de pulverizadores os equipamento electrónico podem ser utilizados para controlo da pulverização (controladores de pulverização) ou para calcular e regular automaticamente o débito do pulverizador (calculadores - reguladores de pulverização).

O controlador permite ao operador dispor permanentemente de todas as informações relativas ao trabalho que está a efectuar, nomeadamente a velocidade de avanço do tractor e o débito do pulverizador; estas informações são calculadas em função dos dados medidos por um captor de velocidade e um medidor de débito e indicadas no mostrador da consola.

O calculador - regulador permite, para além das informações obtidas com o controlador, regular o débito de pulverização. Este dispositivo é constituído por:

- uma consola de controlo com mostrador, de memória não volátil, e um módulo de comando;
- uma electro-válvula de esfera para controlo do débito (pressão);
- um captor de velocidade;
- um medidor de débito (pressão).

Relativamente à consola, montada no interior da cabine do tractor, ela pode funcionar de dois modos distintos:

- modo de "Funcionamento" que é utilizado durante a pulverização e que permite obter indicações de velocidade, superfícies, quantidade de calda distribuída, nível do reservatório, etc.;
- modo de "Programação" que é utilizado para introdução ou modificação das características da pulverização (programação do microprocessador); sendo a memória não volátil as constantes introduzidas são conservadas mesmo que a consola não seja mais ligada.

O módulo de comando permite iniciar a pulverização em função dos parâmetros escolhidos.

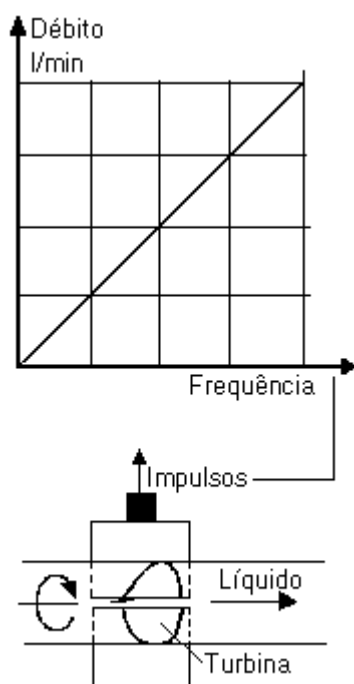
A electro-válvula deve-se encontrar no circuito de pressão, depois do circuito de retorno, e o mais próximo possível da rampa.

O captor de velocidade pode ser de radar (de efeito Doppler) ou magnético (de efeito Hall), podendo-se utilizar, caso exista, o radar do tractor, ou então um captor magnético montado na roda do pulverizador, quando este é rebocado, ou numa roda do tractor.

Os medidores de débito, que devem ser colocados o mais perto possível dos bicos, são geralmente de dois tipos:

- os debímetros;
- os captores de pressão.

Os debímetros são constituídos basicamente por uma turbina helicoidal, cuja rotação depende do fluxo da calda, e em que o regime é medido pela frequência com que as pás da hélice passam junto ao captor, que emite impulsos com uma frequência proporcional ao débito; esta medição apresenta um erro de  $\pm 1\%$ , sendo o seu valor independente da viscosidade da calda e do estado dos bicos.

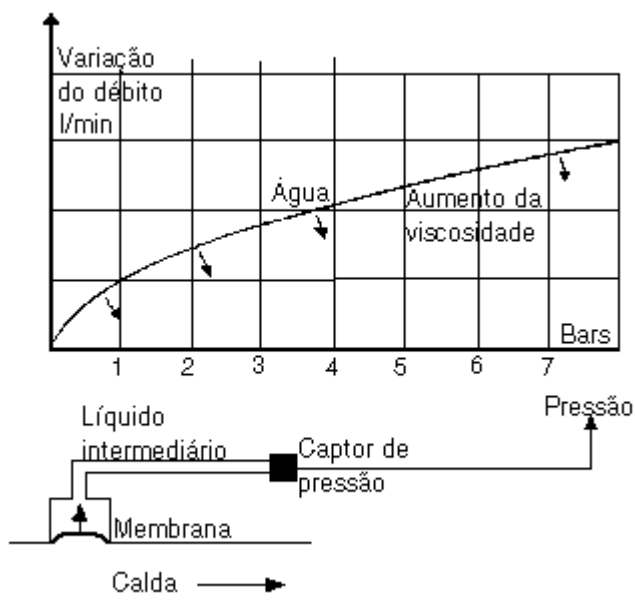


**Figura 28-** Representação esquemática de um debímetro.  
Fonte: BP Nº 153 (1989)

Os captores de pressão permitem determinar indirectamente o débito pois este é directamente proporcional à raiz quadrada da pressão dependendo, no entanto, da densidade e viscosidade do líquido. A pressão nestes equipamentos, medida entre os 0 e 7 bar, para culturas baixas, e 0 e 45 bar, para vinhas e pomares, é dada através de uma membrana que se encontra em contacto com o líquido, que modifica a resistência do circuito eléctrico ou actua sobre um quartzo piezoeléctrico alterando a tensão da corrente. Estes captores necessitam de uma correcção conforme o tipo de calda e débito dos bicos.

Assim, utilizando-se estes equipamentos, têm-se introduzido várias alterações ao nível do circuito da calda, quer no retorno para o reservatório quer no próprio débito da bomba, para que as diferenças de velocidades sejam acompanhadas de alterações do

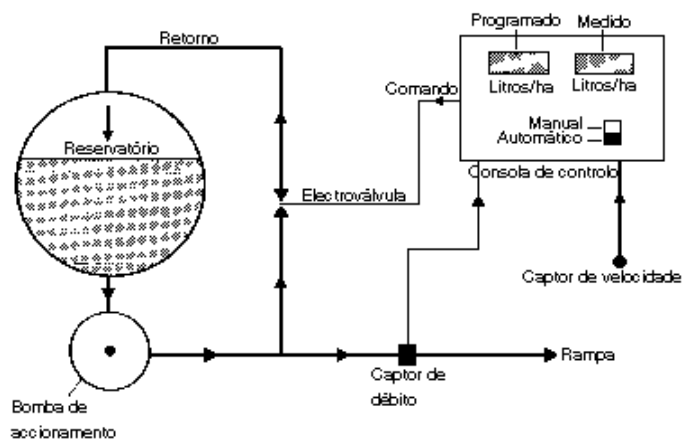
débito dos bicos, o que permite manter constante o débito total durante o trabalho.



**Figura 29-** Representação esquemática de um captor de pressão  
 Fonte: BP N° 153 (1989)

### 8.2.3.1- Regulação do débito actuando no retorno do pulverizador

Utilizando as informações dos captores e as introduzidas pelo operador, o computador calcula o débito da rampa em função da velocidade de deslocamento, actuando na abertura de uma electroválvula que regula a quantidade de calda que vai para o reservatório.



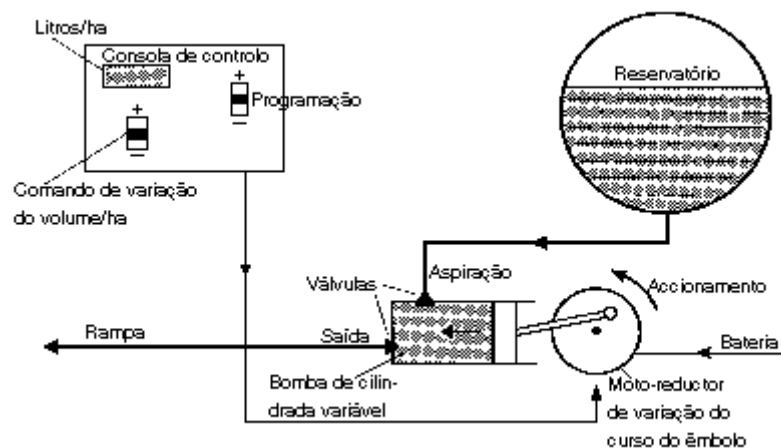
**Figura 30-** Regulação do débito actuando no retorno do pulverizador  
 Fonte: BP N° 153 (1989)

Os dispositivos electrónicos utilizados neste sistema asseguram, geralmente, a regulação do débito ou da pressão, a alteração do débito total durante o trabalho e o débito dos bicos e sua alimentação. Para além destas funções há dispositivos electrónicos que permitem obter informações sobre o volume de calda existente no reservatório ou mesmo sobre o débito da bomba de enchimento para se introduzir um volume definido no reservatório.

### 8.2.3.2- Regulação do débito da bomba do pulverizador

A regulação do débito na bomba é utilizada nos pulverizadores em que não há retorno de calda para o reservatório.

Os dispositivos electrónicos mais recentes permitem regular o débito das bombas volumétricas, accionadas através de uma roda de suporte do pulverizador, no caso deste ser rebocado, ou através da transmissão, nos automotrizes, fazendo assim variar o curso do(s) êmbolo(s) por forma a manter-se o débito proporcional à velocidade de deslocamento. O volume a aplicar por unidade de superfície é introduzido pelo operador no computador, que comanda um moto-reductor eléctrico que faz variar o curso do êmbolo.



**Figura 31-** Regulação do débito nos pulverizadores que não apresentam circuito de retorno.  
Fonte: BP N<sup>o</sup> 153 (1989)

Para além das regulações ao nível dos débitos os pulverizadores automotrizes podem apresentar vários dispositivos electrónicos, nomeadamente de apoio à condução.

### 8.2.4- Equipamentos de colheita

Os equipamentos de colheita apresentam características específicas conforme o tipo de culturas em que são utilizados, pelo que se consideram separadamente cada um deles.

#### 8.2.4.1- Equipamentos de colheita de grão

Os sistemas electrónicos montados nas ceifeiras debulhadoras são geralmente mais complexos que os dos tractores pois, para além das indicações relativas ao funcionamento do motor, transmissões etc., devem fornecer informações sobre os diferentes órgãos de trabalho, nomeadamente as relativas aos veios de accionamento e das perdas de grão. Alguns destes equipamentos apresentam mesmo dispositivos para aumentar a eficiência de corte e limpeza do grão, o que se torna particularmente útil na colheita em parcelas com declive lateral.

Devido a esta complexidade estes sistemas têm tendência a serem substituídos por computadores de bordo, que permitem trabalhar um maior número de variáveis e serem transportados para casa, onde os dados memorizados podem ser tratados com software especializado; a presença de uma impressora, juntamente com o computador de bordo, permite o registo das diferentes variáveis.

Os computadores de bordo mais recentes utilizados nas ceifeiras debulhadoras apresentam cinco programas base sendo a leitura dos dados feita num ecrã catódico. Os programas geralmente utilizados permitem:

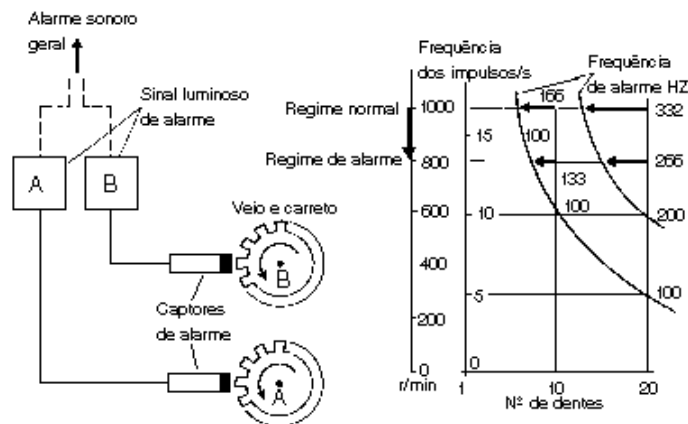
- o conhecimento do regime dos veios, velocidade de deslocamento e funcionamento do motor;
- a taxa de enchimento da tremonha;
- o registo dos dados relativos à colheita;
- conhecer as características do equipamento;
- o controlo dos circuitos eléctricos.

#### 8.2.4.1.1- Controlo do regime dos veios de accionamento

O controlo dos veios de accionamento permite conhecer o seu regime, emitindo-se um sinal sonoro quando a sua variação ultrapassa um determinado valor (10-20%).

Estes controlos são utilizados em vários elementos, nomeadamente nos órgãos de alimentação, nos agitadores, no transporte do grão para a tremonha, nos crivos de limpeza, ventilador, tira palhas, etc.; o batedor apresenta geralmente um sistema próprio.

Relativamente aos captadores utilizados, alimentados pela bateria, eles detectam a passagem dos dentes existentes nos veios, emitindo impulsos com uma frequência que é função do número de dentes e do regime do veio; o regime de cada veio, cuja variação é sinalizada através de um alarme sonoro, é regulado pelo cálculo da relação da frequência mínima dos impulsos, por minuto, relativamente ao número de dentes.



**Figura 32-** Captadores utilizados para controlo do regime dos veios de accionamento nas ceifeiras-debulhadoras.

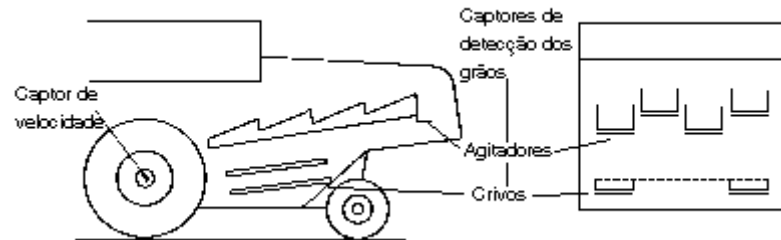
Fonte: BP Nº 153 (1989)

#### 8.2.4.1.2- Controlo da perda de grão

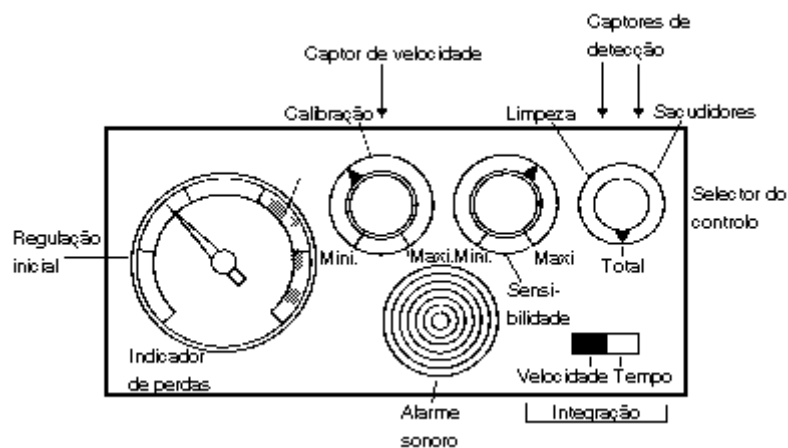
O controlo do grão que cai para o solo depende, entre outros aspectos, da velocidade de deslocamento pelo que a sua indicação é fundamental para o operador poder escolher a velocidade máxima (débito máximo), em função de um dado nível de perdas.

Este sistema de controlo funciona pela medição da frequência dos impactos dos grãos em captadores piezoeléctricos colocados à saída dos agitadores e dos crivos de limpeza, que enviam esta

informação para uma caixa electrónica que interpreta a frequência dos impactos; esta é efectuada depois de uma regulação da sensibilidade do sistema que é introduzida em função do tipo de grão. A indicação das perdas, depois de introduzidas as correcções, é dada em função da velocidade de avanço ou da totalidade das perdas ao nível dos agitadores e crivos de limpeza.



**Figura 33-** Colocação dos captadores de controlo das perdas de grão  
 Fonte: BP N° 153 (1989)

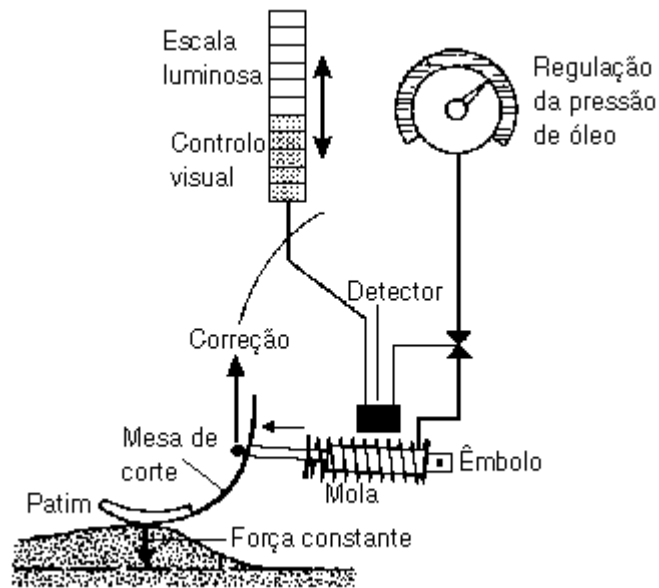


**Figura 34-** Representação esquemática da consola de controlo do sistema de controlo de perdas de grão  
 Fonte: BP N° 153 (1989)

#### 8.2.4.1.3- Controlo da altura de corte

O primeiro controlo electrónico na barra de corte prende-se com a regulação da altura de corte que, depois de estabelecida, pode ser mantida automaticamente durante todo o trabalho.

O segundo controlo deste órgão relaciona-se com a sua posição relativamente ao solo para acompanhar a inclinação do terreno. Esta regulação é efectuada através de electro-válvulas que alimentam os êmbolos de suspensão e que são comandadas por contactos montados nos patins que deslizam no solo. Este ajustamento depende da regulação da sensibilidade e da velocidade de reacção obtida pela pressão do óleo nos êmbolos em relação com pressão exercida pela mesa de corte no solo.

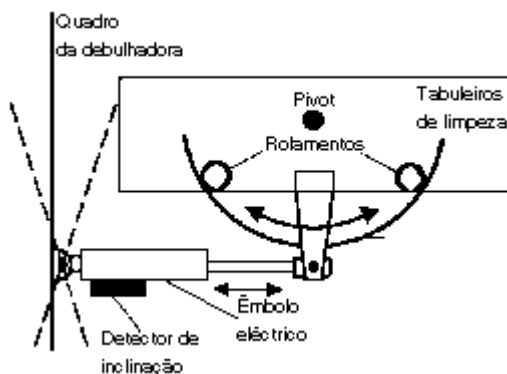


**Figura 35-** Representação do sistema de regulação da altura de corte  
 Fonte: BP N° 153 (1989)

#### 8.2.4.1.4- Controlo da horizontalidade do sistema de limpeza

A inclinação transversal do terreno e a velocidade são dois dos principais factores responsáveis pela perda de grão para o solo. Assim, e em relação ao primeiro, têm-se desenvolvido vários dispositivos automáticos que, embora não contrariem completamente a diminuição do débito do grão, permitem ajustar a horizontalidade dos crivos até níveis de inclinação de  $\pm 15\%$ .

Este sistema de correcção baseia-se, fundamentalmente, no suporte dos tabuleiros através de um eixo "pivot" horizontal montado na parte dianteira dos tabuleiros e de dois rolamentos na parte traseira que se deslocam numa pista circular.



**Figura 36-** Representação esquemática do sistema de horizontalidade dos tabuleiros de limpeza do grão  
 Fonte: BP N° 153 (1989)

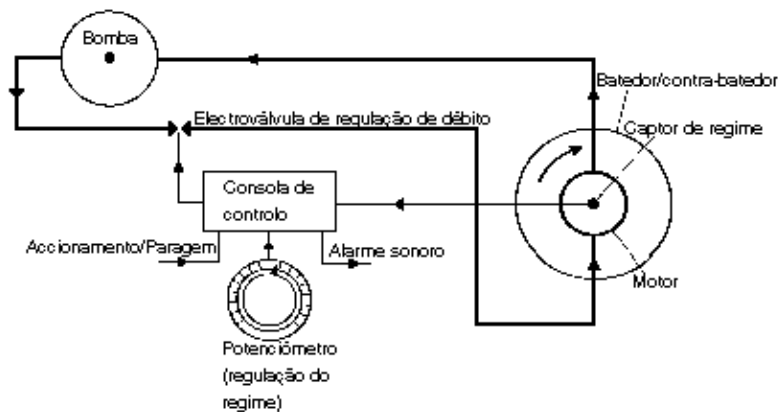
O accionamento deste sistema é efectuado através de um êmbolo que é comandado electronicamente, sendo a correcção efectuada em função da inclinação.

#### 8.2.4.1.5- Controlo do regime do batedor

Os sistemas electrónicos para controlo do regime do batedor permitem mantê-lo constante quando o regime motor varia, ou mesmo reduzir a velocidade de deslocamento da ceifeira, em caso de um afluxo exagerado de cereal ao sistema de debulha.

Estes sistemas de regulação constam de um circuito electro-hidráulico fechado constituído por:

- uma bomba de débito variável para accionamento do batedor. A bomba é accionada pelo motor da ceifeira que apresenta uma electro-válvula de regulação do regime da bomba em função da carga a que este está sujeito;
- um potenciómetro para regulação do regime do batedor ligado a um circuito electrónico de controlo com um captor de velocidade de rotação.



**Figura 37-** Representação esquemática do sistema de regulação electro-hidráulica do regime do batedor.

Fonte: BP Nº 153 (1989)

Relativamente ao funcionamento do sistema de controlo do batedor a variação de carga motor conduz a uma variação de tensão na electro-válvula, o que implica uma alteração do débito da bomba e a reposição do regime inicial. Para além desta função estes dispositivos podem controlar a progressividade do regime no arranque e paragem do batedor e emitem um sinal sonoro quando a rotação diminui em cerca de  $150 \text{ r.min}^{-1}$ .

#### 8.2.4.2- Equipamentos de colheita de forragem

A utilização de sistemas electrónicos nos colhedores de forragens permite:

- detectar metais que se encontrem no seio da forragem;
- controlar a afiação das facas;
- a regulação do afastamento das facas relativamente à contra-faca;

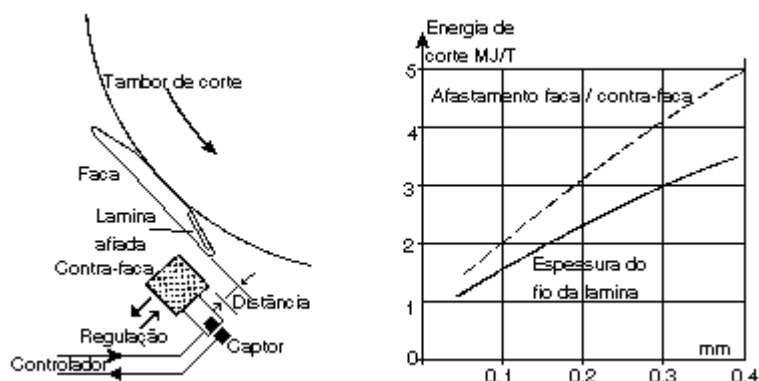
A detecção de objectos metálicos é particularmente importante nestes equipamentos pois, devido à energia cinética do(s) tambor(es), os estragos podem ser importantes para além de por em causa a segurança das pessoas.

Os detectores, colocados no interior do primeiro rolo de alimentação, comandam o movimento destes podendo mesmo fazer parar o equipamento.

Relativamente à afiação das facas esta é efectuada com uma pedra esmeril que tem movimento rectilíneo alternativo ao longo do fio da lâmina; este movimento é conferido por um motor eléctrico, sendo o seu regime e a posição da pedra esmeril controlados electronicamente; depois de efectuada esta operação o esmeril recua para a sua posição inicial.



No que respeita à regulação da distância entre a faca e a contra-faca (0.1-0.2 mm) esta é feita através de dois motores eléctricos dispostos nas duas extremidades que deslocam a contra-faca; durante esta operação um solenóide e um captor controlam esta regulação e a caixa electrónica o regime do motor, o ajustamento das facas e a regulação do captor. A utilização destes dois dispositivos automáticos num mesmo conjunto, deve-se a que a tensão para o corte da forragem varia em função do grau de afiação das facas e da distância entre estas e a contra-faca.



**Figura 38-** Sistema de afiação automática e regulação da distância faca contra-faca num colhedor de forragem.  
Fonte: BP N° 153 (1989)

### 8.2.4.3- Enfardadeiras

Os dispositivos electrónicos nas enfardadeiras têm como principais objectivos a contagem do número de fardos e indicar a regularidade da compressão lateral, que resulta da regularidade da alimentação em toda a largura do tambor recolhedor (pick up).

Para além destas funções estes dispositivos permitem nas enfardadeiras de fardos redondos automatizar o sistema de atamento e ejeção dos fardos e, nas de fardos paralelepípedicos (enfardadeiras volantes), o controlo do movimento do êmbolo.

#### 8.2.4.3.1- Enfardadeiras de fardos redondos

Nas enfardadeiras de fardos redondos que apresentam câmara de compressão de volume fixo, os dispositivos automáticos limitam-se, geralmente, ao controlo dos sistemas de atamento, mediante a utilização de fio ou filme plástico, e à sua ejeção para o exterior, depois de atingido o grau de compressão previamente definido; esta operação é normalmente acompanhada por um aviso sonoro.

Nas enfardadeiras em que a câmara de compressão é de volume variável as operações anteriores, que são indicadas numa consola colocada na cabine do tractor, são efectuadas logo que o diâmetro do fardo, que é previamente estabelecido, é atingido; o grau de compressão do fardo é introduzido separadamente. A sequência destas operações é assinalada com a emissão de sinais sonoros, podendo estes ser emitidos quando o diâmetro se aproxima do valor estabelecido, para que o operador pare o tractor para interromper a alimentação da enfardadeira e se processar ao atamento do fardo; algumas enfardadeiras apresentam sistemas de atamento que permitem reforçar o atamento dos topos dos fardos.

#### **8.2.4.3.2- Enfardadeiras de fardos paralelipédicos**

Neste tipo de enfardadeiras os dispositivos electrónicos permitem regular a densidade dos fardos e controlar a variação da densidade e os sistemas de controlo.

Relativamente à regulação da densidade esta é efectuada por um microprocessador que compara a variação do seu valor com uma escala de referência; a variação da densidade é dada por captos colocados na biela do êmbolo e enviada para o processador que comanda os êmbolos hidráulicos que deslocam as paredes do canal de compressão.

Para além do controlo da compressão lateral dos fardos o sistema electrónico permite controlar o número de golpes por fardo ou unidade de tempo, a pressão a que o fardo é sujeito, o funcionamento dos atadores e o escorregamento das correias de accionamento do sistema de alimentação (pick-up).

## **BIBLIOGRAFIA**

- Bodria, L. (1990). La electrónica en el tractor y las máquinas agrícolas. Máquinas e Tractores **7**: 21-29
- Bontemps, P. (1985). Le relevage «electronique»-Exemple des tracteurs Massey Ferguson, Série 2005. BI **333**: 43-47
- B.P. 1982. Tracteurs de grande puissance. La documentation agricole **138**: 1-24
- B.P. (1989). Contrôles electroniques sur les machines à travail de précision. La documentation agricole **153**: 1-24
- B.P. (1991). Perfectionnements récents des tracteurs. La documentation agricole **156**: 1-24
- Chauvet, G. (1989). Electronique et équipement agricole. BTMEA **38**: 40-45
- Deterre, D. (1983). Contrôle électronique des relevages du BIMA. TMA **804**: 22-23
- Deterre, D. (1984). L' électronique pour réguler la pompe d'injection. TMA **813**: 60-61.
- Deterre, D. (1990). Commande électronique de l' injection. TMA **904**: 62-68
- Deterre, D. (1992). Rélevage électronique Zetor. Economie et simplicité. TMA **925**: 20-21
- Lecocq, J. (1990). Liaisons tracteurs, machines, bureau. TMA **904**: 56-60
- Montalescot, J. (1992). Liaisons électriques et électroniques tracteurs-outils. Cultivar **314**: 68
- Pitts, M. (1991). Digital signal processing. What affect can it have on your agricultural designs ?. Agricultural Engineering / September. 24-28.
- Vernet,C. (1990). Pulvérisation viticole. Maitriser de la précision. TMA **902**: 28-29
- Vromandt, G. (1992). Ce qui se cache sur les capots. Cultivar **314**: 56-57
- Vromandt, G. (1992). Des électrons un peu partout. Cultivar **314**: 58