

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



MECANIZAÇÃO AGRÍCOLA

MONITORIZAÇÃO E CONTROLO EM EQUIPAMENTOS AGRÍCOLAS

(Apontamentos para uso dos Alunos)

JOSÉ OLIVEIRA PEÇA

ÉVORA

2018

INDICE

Resumo	3
1. Sistemas de monitorização	4
1.1. Conceção	4
1.2. Sensores	4
1.2.1. Sensores de proximidade	4
1.2.2. Sensores de posição	5
1.2.3. Sensores de força	6
1.2.4. Sensor de caudal	6
1.3. Exemplos de monitorização	7
1.3.1. Monitorização de velocidade de rotação	7
1.3.2. Monitorização de distância percorrida	9
1.3.3. Monitorização de velocidade de deslocamento	9
1.3.4. Monitorização de área trabalhada.....	10
1.3.5. Monitorização de patinagem	11
1.3.6. Monitorização de massa	12
1.3.7. Monitorização de capacidade de trabalho teórica e real.....	14
1.3.8. Monitorização de consumo.....	14
1.3.9. Monitorização da autonomia	14
1.3.10. Monitorização de caudal mássico.....	15
1.3.11. Monitorização da posição dos braços do SH.....	16
1.4. Sistemas de informação em tractores	16
1.4.1. Exemplos	19
2. Sistemas de controlo	21
2.1. Conceção	21
2.2. Actuadores	22
2.2.1. Actuadores hidráulicos	22
2.2.2. Actuadores electro-mecânicos	22
2.3. Exemplos de controlo	23
2.3.1. Controlo dos 3 pontos em tractores agrícolas.....	23
2.3.1.1. Controlo de posição	23
2.3.1.2. Controlo do esforço de tracção	25
2.3.2. Controlo de patinagem em tractores agrícolas	27
2.3.3. Controlo da densidade de aplicação em distribuidores	28
2.3.4. Controlo da densidade de aplicação em pulverizadores.....	31
2.3.5. Controlo da densidade de sementeira	36
3. ISOBUS	41
3.1. Objectivo	41
3.2. Funcionalidades	43
3.3. Exemplos de funcionalidades num monitor ISOBUS	45

Resumo

Este trabalho destina-se a apoiar os estudantes do ramo das ciências agrárias numa primeira abordagem a sistemas de monitorização e controlo em máquinas agrícolas.

Em diversos equipamentos com relevância para a actividade agro-pecuária são utilizados sistemas de monitorização e controlo. Estes sistemas pressupõem um conjunto de sensores que efectuem a medição de grandezas físicas relevantes em equipamentos ou componentes a controlar. Os sinais são transmitidos a uma unidade de processamento (CPU - *Central Processing Unit*). O CPU (também designado microprocessador) processa os sinais e transforma em informação e envia para um monitor (*display*).

Os sinais são comparados com um sinal de referência (introduzido pelo operador). Em presença de desvios o CPU envia sinais a actuadores (*actuator*), no sentido de corrigir o desvio.

Sistemas de monitorização e controlo facilitam a operação de equipamentos (tractores; ceifeiras-debulhadoras, etc.), substituindo a intervenção do operador. Sistemas de controlo permitem o ajuste automático da distribuição de fertilizantes e fitofármacos em função da velocidade de avanço no campo (DPA), bem como alterar em andamento as densidades de aplicação de fertilizantes, fitofármacos, sementes, etc. (VRT), abrindo portas a tecnologia para agricultura de precisão.

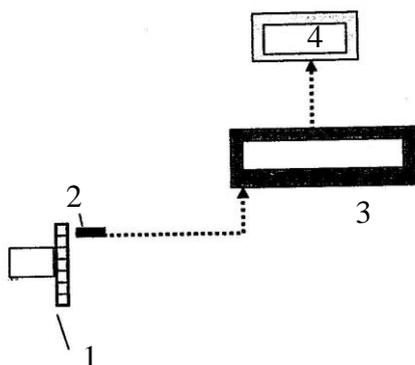
O protocolo ISOBUS veio facilitar a compatibilidade entre *hardware* e *software* dos fabricantes de tractores e alfaías.

Este trabalho actualiza e completa a edição anterior (2009) e destina-se a ser utilizado no contexto da unidade curricular de *Mecanização Agrícola* (2006/07 até ao presente), obrigatória do 3º semestre da licenciatura em Agronomia.

1. Sistemas de monitorização

1.1. Concepção

Em diversos equipamentos com relevância para a actividade agro-pecuária são utilizados sistemas de monitorização. Estes sistemas pressupõem um conjunto de sensores que efectuem a medição de grandezas físicas, transmitindo a sua informação para uma unidade de processamento (CPU - *Central Processing Unit*). O CPU processa a informação e envia para um monitor (*display*).



Sistema de monitorização

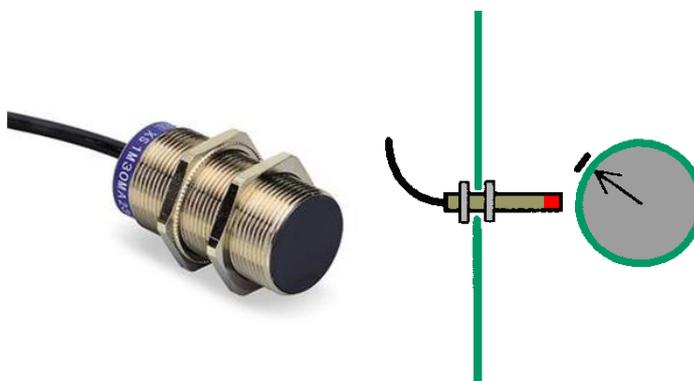
1 – Mecanismo; 2 – Sensor; 3 – Microprocessador; 4 – Monitor

1.2. Sensores

1.2.1. Sensores de proximidade

Os sensores de proximidade (*proximity sensor*) são usados para detectar a presença de um objecto sem recorrerem a contacto efectivo. Conforme o objecto (*target*), assim será usado um particular tipo de sensor desta vasta família.

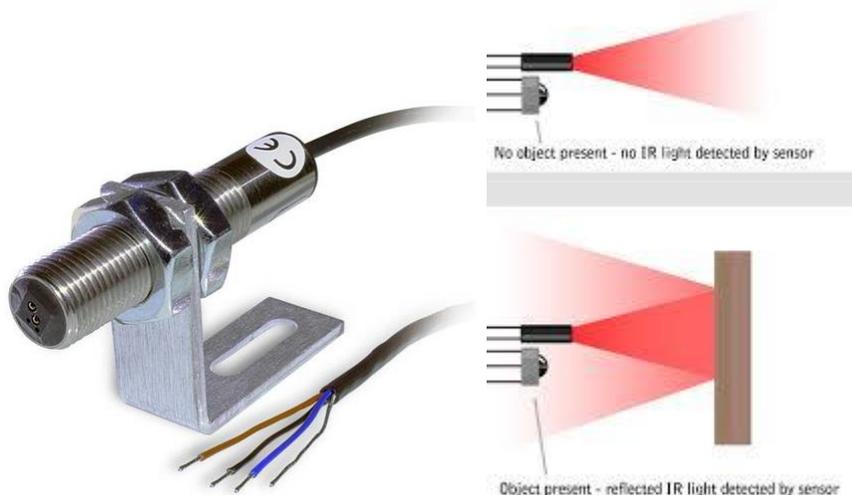
No exemplo, a medição da velocidade de rotação de uma roda dentada metálica é efectuado por um **sensor indutivo de proximidade**.



Sensor indutivo de proximidade

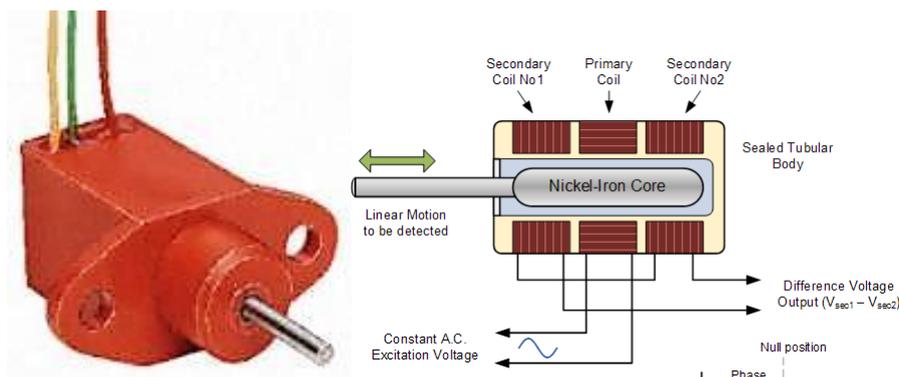
Este é sensível à passagem de cada dente da roda, resultando no envio de um sinal para o CPU.

Outro tipo de **sensor** de proximidade é constituído por um emissor e um receptor de raios **infravermelhos**. O sensor detecta a presença de um objecto pela reflexão do raio infravermelho, captada pelo receptor.



1.2.2. Sensores de posição

Os sensores de posição são basicamente sensores para medir a distância percorrida por um objecto a partir de sua posição de referência. O movimento do objecto pode ser retilíneo ou curvilíneo; Assim, os sensores de posição são chamados sensores de posição linear ou sensores de posição angular.



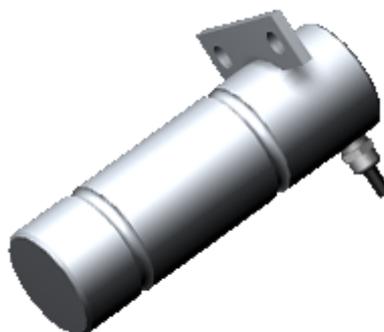
Existem vários princípios de funcionamento em sensores de posição. O exemplo anterior é de um sensor linear de posição do tipo resistência ou potenciométrico (*resistance-based or potentiometric position sensor*). O objecto no seu movimento desloca linearmente a haste ligada ao núcleo do sensor que ao deslocar-se gera um sinal proporcional ao deslocamento.

1.2.3. Sensores de força

Um dos processos de medir força consiste na utilização de um sensor de força (*load cell*) magneto-elástico, o qual produz uma variação de corrente dependente da sua própria deformação a qual por seu lado, depende da força que actua sobre ele. O sensor está de facto a ser solicitado pela força que está a medir.



Compression load cell



Pin load cell

Outro processo de medir força, consiste em medir a deformação que esta provoca numa peça. A medição da força passa então por medir pequenos deslocamentos, o que se consegue com sensores de posição, os quais são capazes de detectar deslocamentos da ordem do milésimo de milímetro. Neste sistema o sensor não está de facto sujeito à força, mas sim a peça cuja deformação é medida.

1.2.4. Sensor de caudal

Se no tubo por onde passa um líquido for colocado um rotor com pás (ex. hélice), este rodará impulsionado pelo líquido e, tanto mais depressa, quanto maior for a velocidade de deslocamento do líquido e consequentemente o seu caudal. A medição do caudal de um líquido fica, portanto, reduzida à medição de uma velocidade de rotação. Este é o princípio simples de funcionamento de um tipo comum de **debímetro** (*flow meter*), o qual é interposto na conduta por onde flui o líquido cujo caudal se pretende medir. Previamente, foi necessária a calibração para estabelecer a equivalência entre as duas grandezas físicas, velocidade de rotação (rpm ou radianos/s) e caudal (litros/minuto; litros/s; m^3/h).



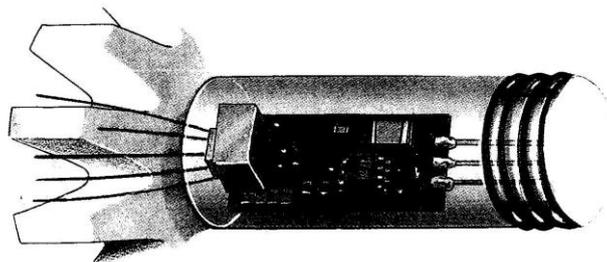
Exemplo de debímetro

É visível nos debímetros a ligação eléctrica do sensor de proximidade que é, geralmente, usado para medir a velocidade de rotação do rotor que se encontra no seu interior.

1.3. Exemplos de monitorização

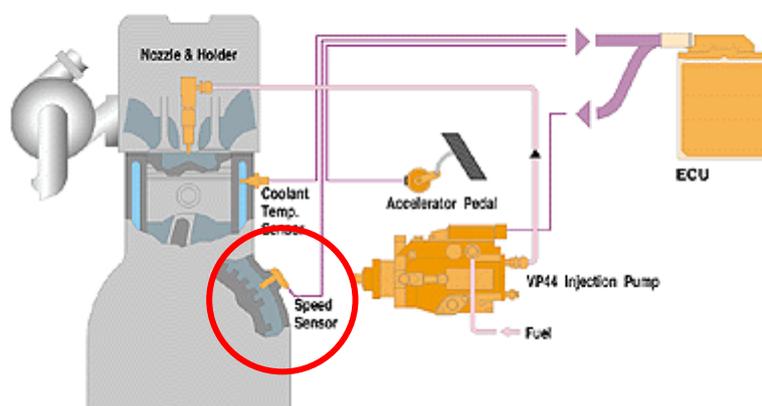
1.3.1. Monitorização de velocidade de rotação

Admitindo que o CPU tem registado o número de dentes da roda e recebe do sensor indutivo de proximidade, um determinado número de sinais num específico intervalo de tempo, o seu *software* poderá traduzir esta informação em velocidade de rotação em rotações por minuto (rpm).



Este processo permite monitorizar a velocidade de rotação de um motor, através de um sensor colocado junto do volante do motor, o qual possui uma coroa dentada para engate do motor de arranque:

VP44 System



Neste caso o CPU toma o nome de ECU (*engine control unit*).

Processo semelhante é utilizado para monitorizar a velocidade de rotação da tomada-de-força.



A informação da rotação do motor e da tomada-de-força é fornecida ao operador de forma analógica ou digital:



Tractor MF 5465

1.3.2. Monitorização de distância percorrida

Em máquinas agrícolas, para medir distância percorrida, é frequente medir-se o número de voltas realizado por uma roda (metálica ou pneumática) de perímetro conhecido. Assim, medir distância passa por medir rotação, sendo para isso utilizado o sensor de proximidade.



Entre uma instrução de entrada e de saída (dada pelo operador) o CPU realiza a contagem de voltas da roda a qual está associada o sensor de proximidade. Tendo sido, previamente introduzido no CPU o perímetro da roda, este efectua os cálculos da distância percorrida entre as duas instruções, a qual é transmitida ao monitor.

Contudo, em medições realizadas sobre solo agrícola, não será rigoroso afirmar que a roda avança, por cada volta que efectua, de uma distância equivalente ao seu perímetro. São conhecidas as situações em que a roda resvala (avança por volta mais do que o seu perímetro). Além disso haverá sempre indecisão em estabelecer qual o perímetro de uma roda pneumática que se deforma por acção da cara vertical que suporta.

Assim, estes dispositivos utilizados para medir distância têm de ser calibrados (Função calibração). Tipicamente a calibração será realizada do seguinte modo: entre a instrução de entrada e de saída a roda é deslocada de uma distância conhecida e marcada no terreno (ex. 100m). Nesta função o CPU regista o número de impulsos (o que é o mesmo que dizer, número de voltas) que o sensor de proximidade forneceu. Doravante passará a associar esse número de voltas a 100m de avanço.

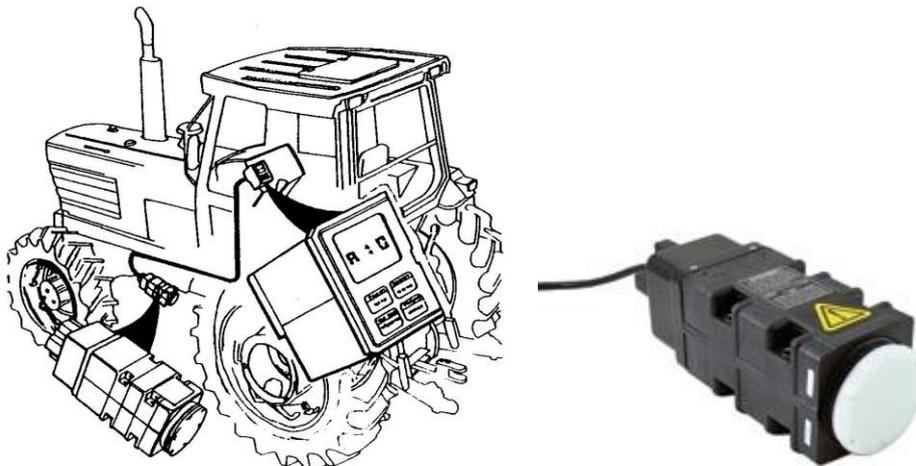
Com esta informação o microprocessador, sempre que contar um certo número de impulsos efectua a correspondente conversão em distância percorrida.

1.3.3. Monitorização de velocidade de deslocamento

Como ficou dito anteriormente, um sensor de proximidade montado numa roda, pode, após calibração, fornecer ao microprocessador a informação necessária para se medir o espaço percorrido. Se o CPU periodicamente efectuar medições do espaço percorrido entre dois instantes de tempo (intervalo de tempo introduzido no software do próprio processador), então a velocidade média nesse intervalo de tempo fica conhecida. Se o intervalo de tempo for pequeno, a velocidade será próxima da instantânea.

A medição da velocidade de avanço de um tractor não pode ser baseada na medição da rotação de uma das suas rodas pelo facto de em trabalho as rodas motoras tenderem a patinar e, portanto, a deslocarem-se a uma velocidade inferior àquela que a sua rotação daria a entender.

Em tractores e outras máquinas, em que existe patinação das suas rodas motoras, é usado um sensor baseado no *efeito de Doppler* – o **Radar** - para medir velocidade instantânea de avanço.



O Radar compara a frequência da onda que transmite e a que é recebida após reflexão no solo. Num veículo em andamento essa diferença de frequência existe e é proporcional ao espaço percorrido pelo veículo. Assim o Radar permite monitorizar a distância percorrida. Conhecendo o intervalo de tempo entre emissão e recepção, pode o CPU efectuar o cálculo da velocidade.

O microprocessador poderá ter a capacidade de calcular e indicar a velocidade média num determinado período de tempo (através da memorização de várias leituras nesse intervalo de tempo).

1.3.4. Monitorização de área trabalhada

A medição da área trabalhada será efectuada do seguinte modo:

- Através do radar é efectuada a medição da distância percorrida;
- No CPU é introduzido o valor da largura de trabalho;



Ceifeira debulhadora Claas Lexion 570 com frente de ripar Shelbourne-Reynolds. Colheita de arroz no Vale do Sado

- Um interruptor (*switch*) desliga a medição sempre que o trabalho seja interrompido (exemplo: voltas de cabeceira)



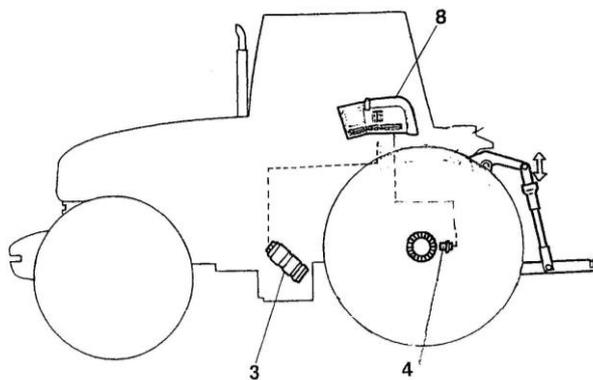
Ceifeira debulhadora Claas Lexion 570 com frente de ripar Shelbourne-Reynolds. Colheita de arroz no Vale do Sado

1.3.5. Monitorização de patinagem

É um facto que as rodas motoras de um tractor patinam quando este puxa uma alfaia. Porém, uma patinagem elevada conduz, por um lado, a um desperdício de energia, uma vez que o tractor e a alfaia não avançam o espaço que deveriam avançar, por outro lado, uma excessiva patinagem conduz a uma degradação no solo e a um desgaste exagerado dos pneus.

Patinagem é quantificada efectuando o cálculo da distância não avançada, em percentagem da distância que se deveria ter avançado. Uma patinagem de 10%, significa que as rodas do tractor rodaram o suficiente para permitir ao tractor cobrir 100m, mas de facto o tractor devido à patinagem só percorreu, efectivamente, 90m.

Alguns tractores medem a patinagem: O radar (3) mede a distância efectivamente percorrida; o sensor de proximidade (4) mede a rotação das rodas traseiras, a qual é proporcional à distância que potencialmente o tractor deveria percorrer. A informação transmitida ao CPU do tractor (8) é traduzida em patinagem e indicada no respectivo monitor ao ser premeida a tecla com símbolo apropriado, que em alguns casos tem escrita a indicação % SLIP.



No entanto, o sistema requer calibração que corresponde a colocar o tractor em condição de patinagem insignificante (no campo, mas sem a alfaia em operação).



Operação de calibragem da patinagem ($\approx 0\%$ slip)

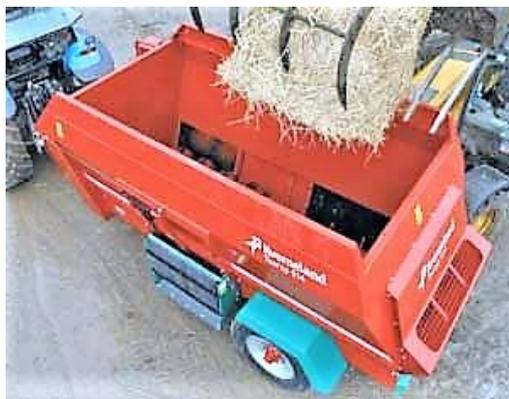
A função “calibração da patinagem” destina-se a informar o CPU dos sinais provenientes do radar e do sensor de proximidade que ao serem processados, serão interpretados como 0% de patinagem.

1.3.6. Monitorização de massa

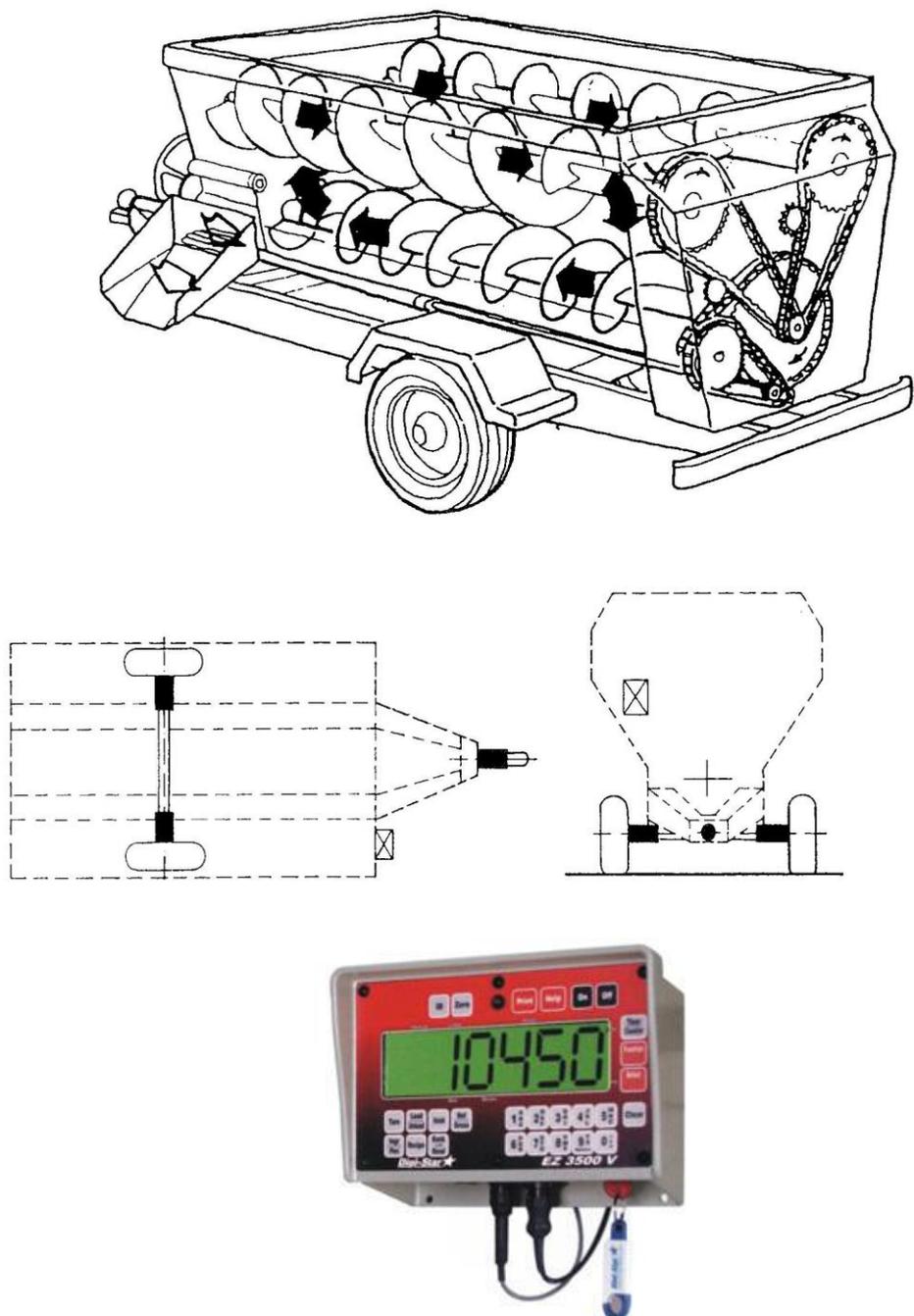
Os sensores de força são frequentemente usados para medir peso e, conseqüentemente, massa nas balanças electrónicas.



Nos semi-reboques misturadores e distribuidores de ração - s.r.m.d.r. (*complete diet mixer/diet feeder*), são frequentes os sistemas de pesagem. Possuem uma balança (*weighing system*) constituída por um conjunto de células de carga (*load cells*), entre a caixa e o chassis e uma unidade processadora (*diet computer*) com um monitor e teclado.



Semi-reboque misturador e distribuidor de ração



Este conjunto permite ao operador controlar a massa dos diferentes componentes a misturar, bem como, na fase de distribuição, controlar a quantidade de mistura a distribuir.

O operador, após digitar em sequência a massa de cada um dos constituintes da ração, pode iniciar a operação de carregamento (mantendo a sequência); assim que a quantidade de qualquer dos constituintes for atingida, um sinal sonoro avisa o operador. No processo de distribuição o operador, após digitar em sequência a massa para cada um dos parques, pode iniciar a operação de distribuição (mantendo a sequência); assim que a quantidade preconizada para qualquer parque tiver sido atingida, um sinal sonoro avisa o operador.



O processador tem, normalmente, capacidade para memorizar um certo número de diferentes dietas (*storing diets capacity*), cada uma constituída por um número de alimentos diferentes (*number of ingredients*): um sistema que tenha a capacidade de memorizar 7 alimentos diferentes poderá compor uma dieta nas proporções certas formada por silagem de milho (C1); feno de luzerna (C2); polpa de beterraba (C3); polpa de citrinos (C4); bagaço de soja (C5); *corn gluten* (C6); *pré-mix* (C7). Uma vez memorizados na balança os valores limite e a sequência de carregamento, o operador só terá de cumprir essa sequência e estar atento ao aviso sonoro.

1.3.7. Monitorização de capacidade de trabalho teórica e real

O radar permite a medição da área trabalhada, com a introdução prévia da largura de trabalho da alfaia. Tendo o CPU medido o tempo total da operação (incluindo voltas de cabeceira; reabastecimentos; outros), bem como o tempo efectivo em trabalho, pode contabilizar o valor da **capacidade de trabalho real, bem como a capacidade de trabalho teórica**, ambas em (ha/h).

1.3.8. Monitorização de consumo

Um debímetro intercalado no sistema de alimentação de combustível transmite sinais que o CPU converte em caudal de combustível (Litros/hora), permitindo saber o **consumo horário** do combustível (L/h);

A CPU realiza, ainda a divisão do consumo horário pela capacidade de trabalho permitindo a monitorização do **consumo por hectare** (L/ha).

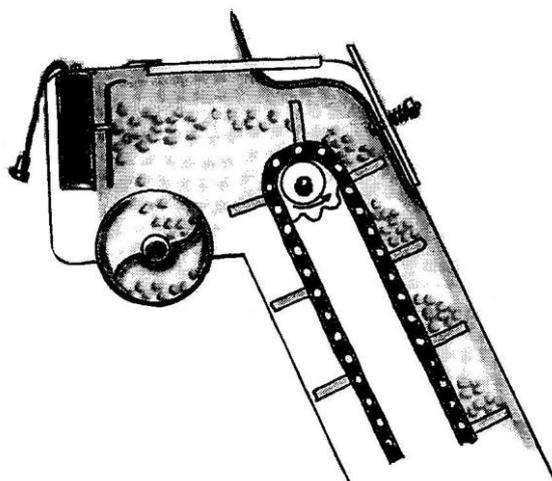
1.3.9. Monitorização da autonomia

A monitorização da autonomia de combustível de um tractor ou outra máquina automotriz (ceifeira debulhadora; corta forragens) é efectuada do seguinte modo: o sensor de nível presente no interior do depósito informa a CPU da quantidade de combustível presente no depósito; quando o operador seleccionar a função autonomia, a CPU efectua a divisão do volume de combustível pelo consumo horário que se está a verificar no momento e, deste modo, permite saber quanto tempo de trabalho resta ao

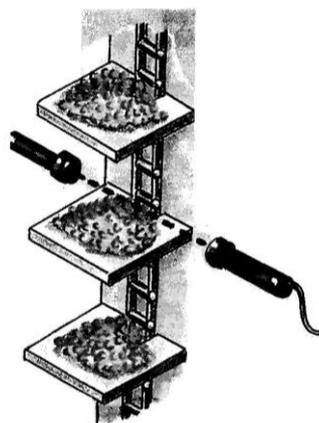
ritmo de consumo actual (Autonomia em horas). Se o volume de combustível for dividido pelo consumo por hectare que se está a verificar no momento, então o sistema permite saber que área de trabalho se pode ainda efectuar ao ritmo de consumo actual (Autonomia em hectares).

1.3.10. Monitorização de caudal mássico

O sistema ilustrado na figura permite medir o caudal de grão (toneladas/hora) à saída de um transportador elevador de grão. Através de uma célula de carga é medida a força de impacto do grão contra uma placa colocada na sua trajectória. Por calibração será possível ter o caudal, admitindo que quanto maior for a massa de grão em cada taça do transportador, maior será a força de impacto. Um sensor de proximidade permitirá medir a velocidade de rotação do tambor motor do transportador e desta forma conhecer o número de taças que passam por hora.



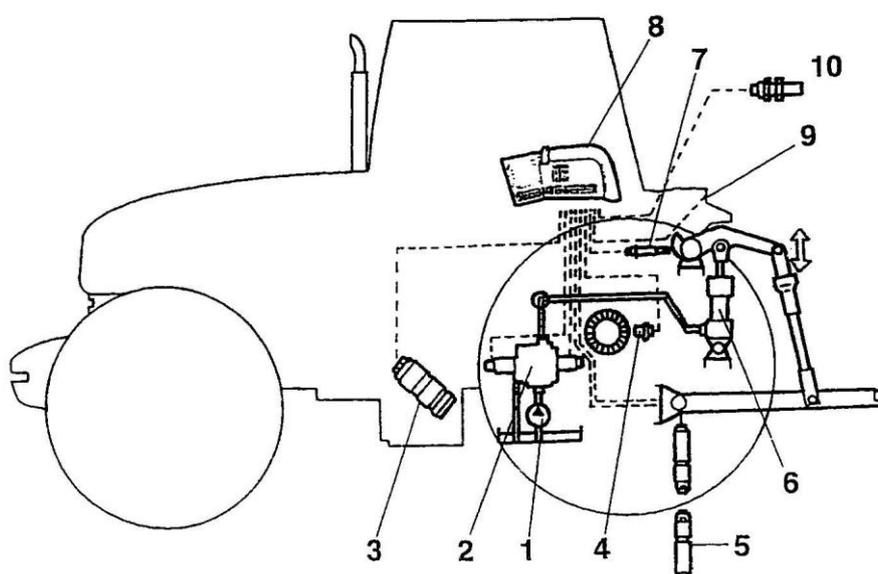
Outra tentativa de monitorizar o caudal de grão está ilustrada na figura seguinte. Através de um sensor infra-vermelho, pode medir-se o tempo de interrupção do feixe de radiação infra-vermelho pela passagem do grão (objecto opaco). O número de interrupções, no tempo, permite determinar o número de taças que passam por hora. Admitindo que o tempo de cada interrupção aumenta com a massa de grão presente, será possível, após calibração, ter uma ideia do caudal.



1.3.11. Monitorização da posição dos braços do SH



O sistema ilustrado na figura seguinte permite monitorizar a posição dos braços inferiores do sistema hidráulico do tractor, parâmetro importante quer na selecção de controlo de posição quer de controlo de esforço de tracção.



Um sensor de posição (7) activado pela came (excêntrico) situada na face interior do braço de elevação, permite monitorizar a variação angular do braço de elevação e, portanto, monitorizar a posição dos braços inferiores em relação ao seu limite inferior e superior.

1.4. Sistemas de informação em tractores

Desde a segunda metade dos anos 80 do século 20 que os tractores de gama média e alta começaram a incorporar a monitorização de diversas grandezas de interesse relevante para o trabalho, como a capacidade de trabalho, o consumo e autonomia. Foram apresentadas diversas configurações do monitor e forma de se interactuar com o sistema. A figura seguinte mostra um dos primeiros monitores de bordo:



Monitor do sistema de informação Massey Ferguson Datatronic I



Tractor Massey Ferguson 3060 Datatronic I da Universidade de Évora

Em meados dos anos 90 os sistemas de informação incorporaram a possibilidade de armazenar dados, os quais podiam ser transferidos para os programas de gestão das

explorações, permitindo uma eficaz acesso a informação relevante para o gestor e, no caso de equipamentos de prestadores de serviços, uma prova do trabalho efectuado.



Monitor do sistema de informação Datatronic II do tractor Massey Ferguson 6130 do Centro de Formação Profissional de Évora usado no Curso de Operadores de Máquinas Agrícolas da Universidade de Évora

A contínua evolução dos sistemas de monitorização e controlo embarcados em veículos, nomeadamente em equipamentos como tractores e outras máquinas automotrizes agrícolas permite hoje a presença de monitores que transcendem a simples monitorização de dados.

Como exemplo, o actual (2017) Datatronic V:





O sistema Datatronic V, como outros exemplos de variados construtores, são ISOBUS compatíveis. Utilizam actual tecnologia presente em *Tablets* e *Smartphones*. Além de monitorizarem funções do tractor e das alfaia, são terminais onde se podem fornecer dados para controlo do tractor (gestão de manobras de cabeceira; gestão de equipamento para auto guiamento do tractor) e da alfaia (gestão de sectores da alfaia, abrindo ou fechando sectores, para evitar deposição em cabeceiras ou para evitar sobreposições). Em presença de equipamentos VRT – *variable rate technology* em distribuidores de adubo; pulverizadores; semeadores, permitem efectuar agricultura de precisão.

1.4.1. Exemplos

Em cada um dos exemplos seguintes mostram-se apenas alguns dos quadros possíveis de seleccionar no respectivo menu do sistema:

Tractor ISEKI TJA 8090

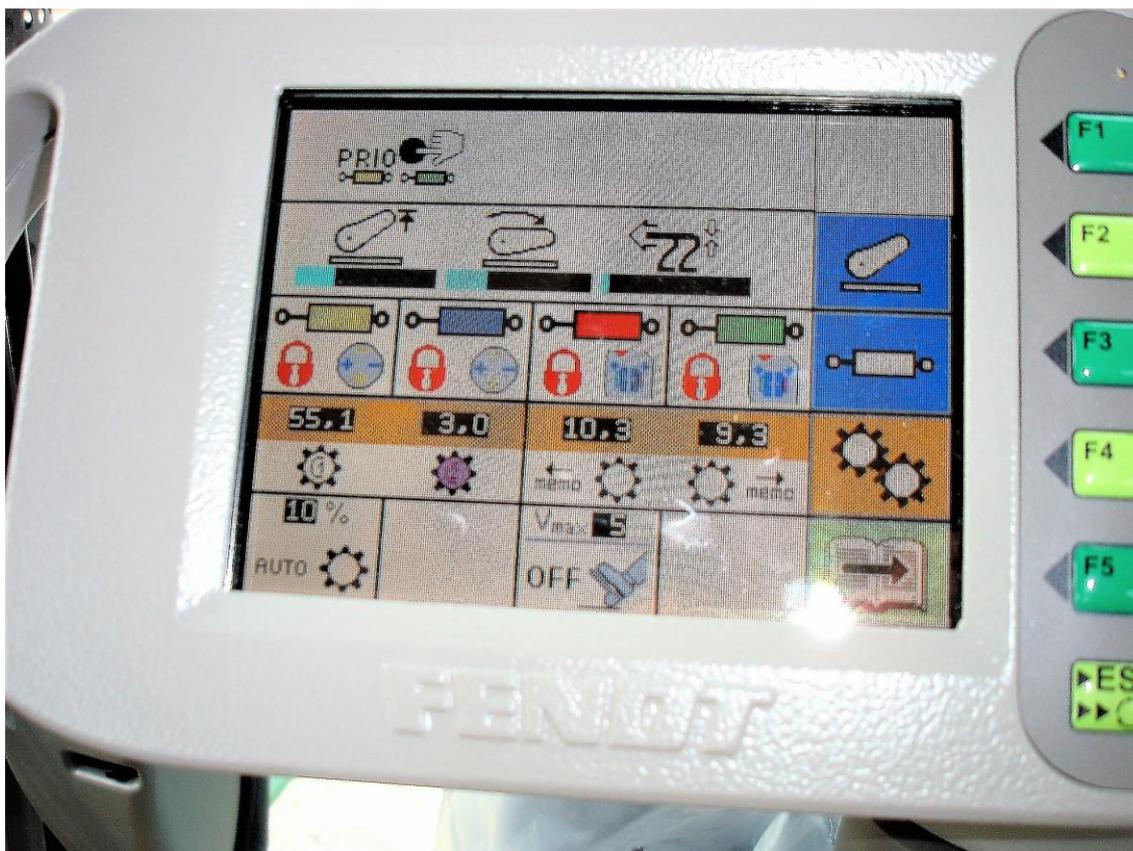


Tractor NEW HOLLAND T6 – 160



Tractor FENDT 415 Vario



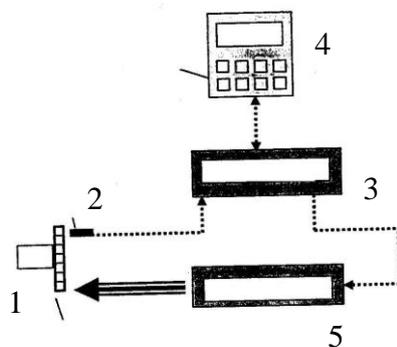


2. Sistemas de controlo

2.1. Conceção

Estes sistemas pressupõem um conjunto de sensores que efectuam a medição de grandezas físicas relevantes em equipamentos ou componentes a controlar. Os sinais são transmitidos a uma unidade de processamento (CPU - *Central Processing Unit*). O CPU (também designado microprocessador) processa os sinais e transforma em informação e envia para um monitor (*display*).

Os sinais são comparados com um sinal de referência (introduzido pelo operador). Em presença de desvios o CPU envia sinais a actuadores (*actuator*), no sentido de corrigir o desvio.



Sistema de controlo

2.2. Actuadores

2.2.1. Actuadores hidráulicos

- Actuadores hidráulicos: cilindros (*hydraulic cylinder*) e motores (*hydraulic motor*) inseridos em sistemas hidráulicos comandados por electro-válvulas. Estes componentes foram abordados nos apontamentos de “Bases de Óleo-dinâmica - Transmissões hidráulicas em máquinas agrícolas” (Edição de 2018).



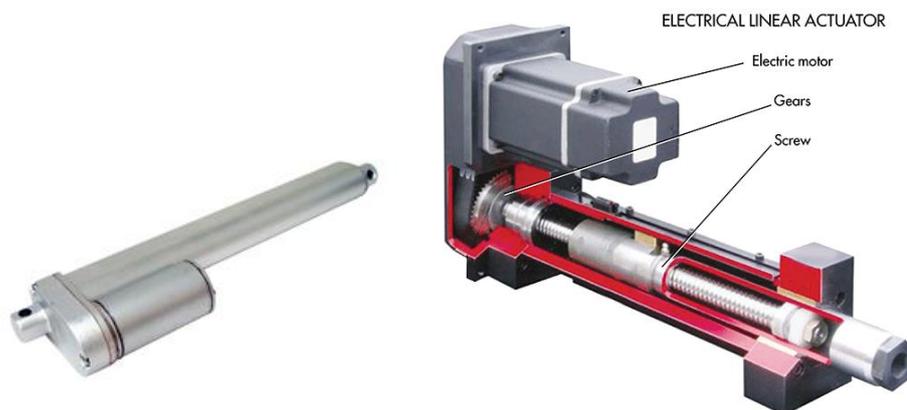
Cilindros hidráulicos



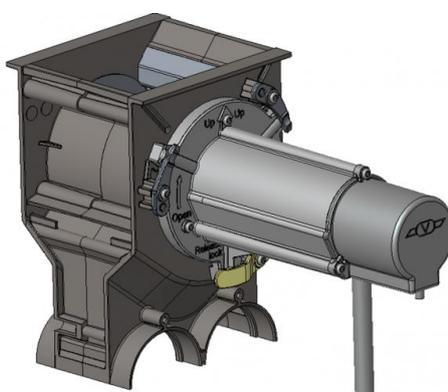
Motor (*hydraulic motor*) que permite variar a velocidade de rotação de doseadores de adubo ou de semente

2.2.2. Actuadores electro-mecânicos

- Actuadores lineares (*linear actuator*). Transformam o movimento rotativo de um motor eléctrico em movimento de translação (por exemplo recorrendo a um mecanismo de fuso).



Actuador linear



- Actuadores rotativos para variar a velocidade de rotação de equipamentos controlados. O exemplo da figura seguinte mostra um actuador (motor eléctrico) que pode variar a velocidade de rotação de um doseador de semente ou adubo.

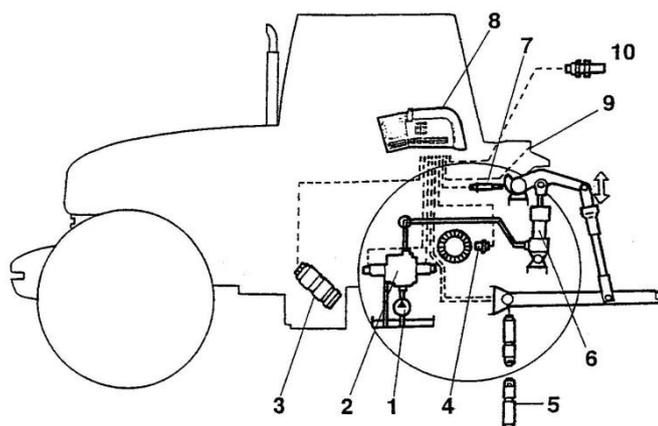
2.3. Exemplos de controlo

2.3.1. Controlo dos 3 pontos em tractores agrícolas

Seguidamente descreve-se o Controlo Electrónico do Sistema Hidráulico de 3 Pontos (*Electronic Linkage Control – ELC*).

2.3.1.1. Controlo de posição





Um sensor de posição (*position sensor*), 7, actuando nos braços de elevação (*cross shaft*) fornece um sinal eléctrico cujo valor depende da posição dos braços inferiores (*lower links*).

Este sinal eléctrico, continuamente enviado à CPU do tractor (8) é comparado com um sinal de referência fornecido à CPU pelo operador do tractor, através de um potenciómetro de comando - Comando de Posição / Profundidade – CP/P (*position and draft knob*)

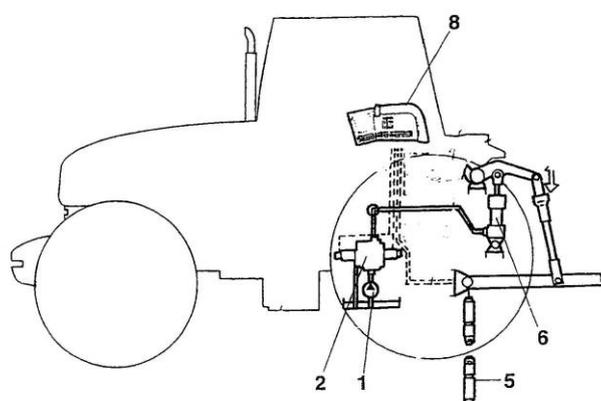


Potenciómetro de comando do ELC de um tractor McCormick

Enquanto o sinal recebido do sensor for diferente do valor de referência, o CPU transmite uma instrução, à electro-válvula (*linkage control valve*), 2, de distribuição de óleo para os cilindros hidráulicos (actuadores) do tractor, no sentido de levantar (*raise*) ou baixar (*lower*) os braços inferiores até que o valor dos sinais coincida. Nesta altura a electro-válvula passará para a posição neutra e a posição dos braços inferiores permanecerá fixa. A cada número indicado no CP/P corresponde uma determinada posição fixa acima do solo.

2.3.1.2. Controlo do esforço de tracção

Células de carga (sensores magneto-elásticos) (5) estão aplicados no ponto de inserção dos braços inferiores dos tractores agrícolas, com o intuito de fornecer um sinal eléctrico dependente do esforço que a alfaia exige ao tractor.



Este sinal eléctrico, continuamente enviado à CPU do tractor (8) é comparado com um sinal de referência fornecido à CPU pelo operador do tractor, através de um potenciómetro de comando - Comando de Posição / Profundidade – CP/P (*position and draft knob*)

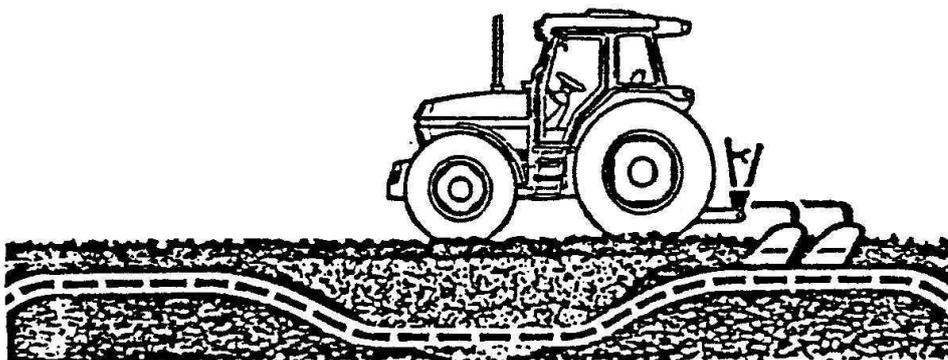


Potenciómetro de comando do ELC de um tractor McCormick

Se o sinal recebido dos sensores for inferior ao valor de referência, a CPU transmite uma instrução à electro-válvula (2) de distribuição de óleo para os cilindros hidráulicos (actuadores) do tractor, no sentido de permitir que os braços inferiores desçam e, em consequência, a alfaia penetre no solo. Este processo mantém-se até haver igualdade entre o sinal recebido dos sensores de força e o sinal de referência.

Quando os sinais forem iguais, a CPU transmite a instrução de manter a posição dos braços inferiores o que implica uma determinada profundidade de trabalho da alfaia. Significa, portanto, que o operador, através do potenciómetro, determina a profundidade pretendida para a alfaia, o que leva a chamar a este comando (potenciómetro), **comando de profundidade**.

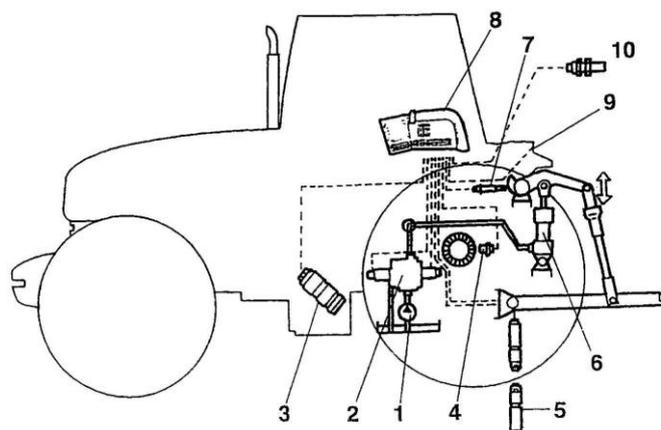
Devido à irregularidade do terreno e à variação da consistência do solo, o sinal proveniente dos sensores pode ultrapassar o sinal de referência.



Neste caso, a CPU dá a instrução de levantar os braços inferiores até que, a consequente diminuição do esforço requerido pela alfaia (em virtude da menor profundidade), coloque de novo em igualdade os dois sinais. Este processo, efectuado sem intervenção do operador do tractor, permite, portanto, manter razoavelmente estável o esforço requerido pela alfaia. Por este motivo, o potenciómetro é igualmente conhecido como **comando de esforço de tracção** (*draught control system*).

2.3.2. Controlo de patinagem em tractores agrícolas

Nos tractores que dispõem de sensores para a medição da patinagem das rodas (Radar 3 e sensor de proximidade 4), a CPU (8) recebe continuamente sinais cujo CPU transformará num sinal de patinagem.



Este sinal é comparado com um sinal de referência que foi, igualmente, fornecido à CPU pelo operador do tractor, através de um potenciómetro.



Painel de comando do sistema hidráulico dos 3 pontos de um tractor SAME

Assim que a patinagem se tornar superior ao valor de referência, o CPU transmite uma instrução à electro-válvula (2) de distribuição de óleo para os cilindros hidráulicos (actuadores) do tractor a instrução para levantar os braços inferiores e portanto de diminuir o esforço exigido pela alfaia, sobrepondo-se, mesmo, às instruções determinadas pelo comando de profundidade / esforço de tracção. Este sistema é conhecido por controlo de patinagem (*slip control*).

2.3.3. Controlo da densidade de aplicação em distribuidores

Nos anos 90 foram introduzidos sensores de força para medir o peso e, portanto a massa de adubo contido na tremonha dos distribuidores centrífugos de adubo.



**Tractor Massey Ferguson 6130 e distribuidor centrífugo de adubo Vicon Rotaflow RS EDW.
Projecto AGRO 390**

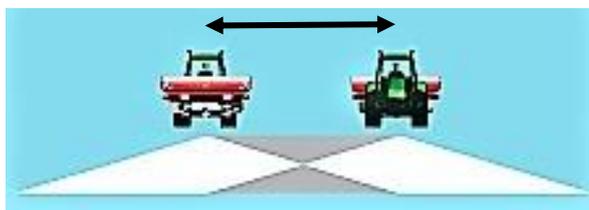
O distribuidor centrífugo tem um conjunto de sensores de força localizados por baixo da tremonha que, duas vezes por segundo, informam o CPU (da alfaia) do valor da massa de adubo contida na tremonha.



Localização de células de carga no distribuidor centrífugo de adubo Vicon Rotaflow RS EDW.

Esta leitura da massa de adubo existente na tremonha, cada 0.5 segundos, constitui uma progressão aritmética de valores cada vez menores e que permite ao CPU calcular o **caudal de massa** de adubo que se está a distribuir por hora (kg/h).

O radar do tractor transmite informação que permite ao CPU (do tractor) contabilizar a velocidade real de avanço. Esta informação é comunicada do CPU do tractor para a CPU do distribuidor, onde foi previamente introduzida a largura de trabalho do distribuidor.



Deste modo a CPU do distribuidor pode calcular a capacidade de trabalho em ha/h .

O CPU da alfaia tendo feito a monitorização do caudal de massa (kg/h) e da capacidade de trabalho (ha/h), por simples divisão, obtém o valor de densidade de distribuição (kg/ha) que se está efectivamente a aplicar.

Previamente, o operador inseriu no painel de comando do CPU (da alfaia) o valor de densidade de distribuição (kg/ha) com que deseja operar.



Painel de monitorização e controlo (Ferticontrol) do distribuidor centrífugo Vicon Rotaflow RS EDW

A densidade de adubação (kg/ha) que se está efectivamente a realizar é continuamente comparada com o valor de referência inserido pelo operador. Sempre que houver divergência nestes valores, o microprocessador, através dos actuadores lineares, controla a abertura dos doseadores (abertura que permite a passagem do adubo da tremonha para os discos de distribuição), ou seja controla o caudal de adubo (kg/h), para que a densidade de adubação que se está a efectuar seja a que o operador fixou inicialmente.



Localização dos actuadores lineares electro-mecânicos no distribuidor centrífugo de adubo Vicon Rotaflow RS EDW.



Doseadores na base da tremonha do distribuidor (esquerda); pormenor de um doseador

Notar, portanto, que:

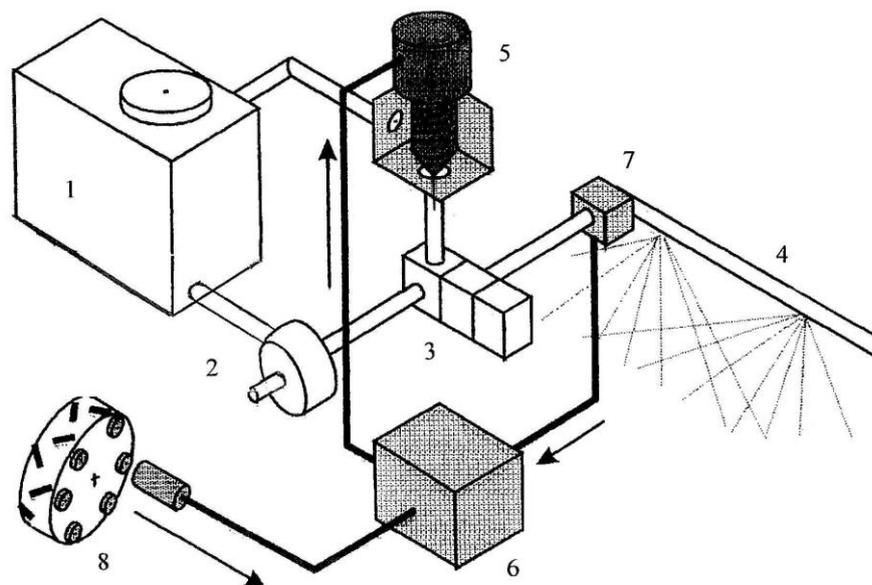
- É uma alfaia DPA (Distribuição Proporcional ao Avanço). O sistema efectua automaticamente a regulação necessária, em função da velocidade de deslocamento, para manter a densidade de adubação.
- É uma alfaia VRT (Variable-Rate Technology). Mesmo em andamento, o sistema regula-se, automaticamente, para cumprir outro valor de densidade de adubação que o operador entretanto deseje inserir, abrindo a porta a uma *agricultura de precisão*.

2.3.4. Controlo da densidade de aplicação em pulverizadores



Tractor Kubota M135GXIII e pulverizador de jacto projectado HARDY
Herdade de Torre das Figueiras - Monforte

A figura seguinte ilustra esquematicamente um método de controlo da densidade de aplicação em pulverizadores:



A calda encontra-se no depósito (1), sendo impulsionada por uma bomba (2) que recebe movimento da tomada de força do tractor. A calda é dirigida para o conjunto de válvulas de distribuição (3), com as quais é possível efectuar os seguintes controlos:

- Começo e o fim da pulverização;
- Quais os segmentos de rampa (4) é que estão a pulverizar;



**Pulverizador de jacto projectado HARDY, vendo-se no topo as válvulas de distribuição
Herdade de Torre das Figueiras - Monforte**

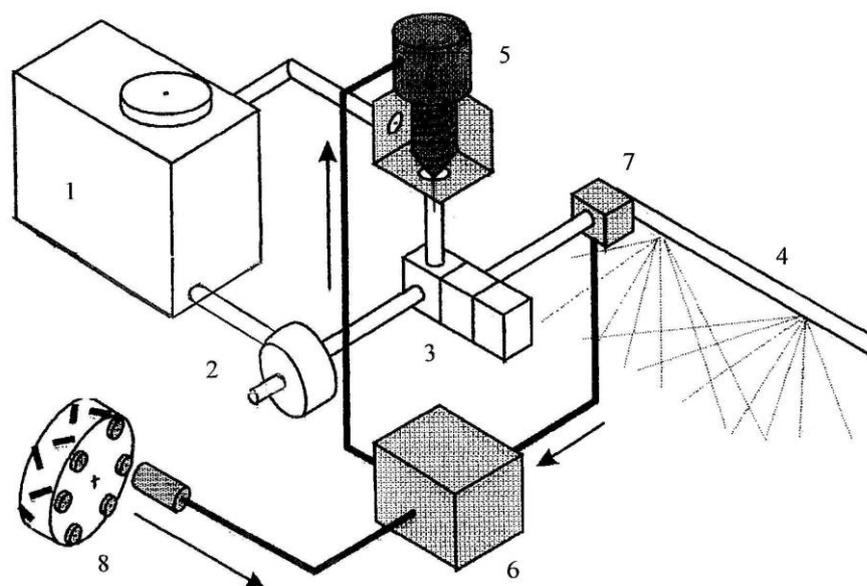


**Pormenor da caixa do medidor de caudal (debímetro) no pulverizador HARDY
Herdade de Torre das Figueiras - Monforte**



**Equipamento de monitorização e controlo do pulverizador de jacto projectado HARDY
Herdade de Torre das Figueiras - Monforte**

O operador insere no painel de comando da CPU (6) o valor de densidade de aplicação (Litros/ha) com que deseja operar.



O radar do tractor transmite informação que permite ao CPU (do tractor) contabilizar a velocidade real de avanço. Esta informação é comunicada do CPU do tractor para a CPU (6) do pulverizador, onde foi previamente introduzida a largura de trabalho do pulverizador. Deste modo a CPU do pulverizador pode calcular a capacidade de trabalho em *ha/h*.



Pulverizador de jacto projectado HARDY
Herdade de Torre das Figueiras - Monforte

Deste modo a CPU do pulverizador pode calcular a capacidade de trabalho em *ha/h*. Se o pulverizador for utilizado com um tractor não provido de radar, então o sistema terá um sensor de proximidade montado numa roda não motora (8) para a medição da velocidade real (após calibração).

A medição do caudal (Litros/h) está continuamente a ser efectuada pelo debímetro (7).

Por simples divisão do caudal pela capacidade de trabalho, o valor de densidade de aplicação (Litros/ha), que se está efectivamente a realizar, está continuamente a ser medido pelo sistema.

A densidade de aplicação (Litros/ha) que se está efectivamente a realizar é continuamente comparada com o valor de referência inserido pelo operador. Sempre que houver divergência nestes valores, a CPU (6), através de actuador electro-mecânico,

controla a válvula (5) que permite o retorno da calda para o depósito (1). Fechando mais ou menos o retorno de calda para o depósito na válvula de controlo de fluxo (5), respectivamente, aumenta-se ou diminui-se o caudal de calda a pulverizar. Deste modo o sistema procurará seguir o valor fixado inicialmente pelo operador.

Notar, portanto, que:

- O sistema efectua automaticamente a regulação necessária, em função da velocidade de deslocamento, para manter a densidade de aplicação (DPA);
- Mesmo em andamento, o sistema regula-se, automaticamente, para cumprir outro valor de densidade de aplicação que o operador entretanto deseje inserir (VRT), abrindo a porta a uma *agricultura de precisão*.

Estes sistemas permitem ainda monitorizar distância percorrida, velocidade de deslocamento, área percorrida e capacidade de trabalho e em particular a monitorização da **autonomia**. Com o depósito cheio no início da pulverização o operador fixa no sistema uma origem para a contagem de tempo; então em qualquer altura da pulverização se o operador premir a tecla **autonomia**, o microprocessador integra no tempo a informação do debímetro, produzindo, portanto uma informação sobre o volume de calda (litros) pulverizado até ao momento e, por simples diferença para capacidade do depósito (inserida no sistema), contabilizar a quantidade de calda que resta no depósito (litros). Por simples divisão deste valor pela informação actualizada de caudal (Litros/h) ou da densidade de aplicação (Litros/ha), fica determinada a autonomia, isto é quanto tempo se tem ou que área é possível cumprir com a quantidade que se dispõe, assumindo que se mantém as condições de trabalho.

2.3.5. Controlo da densidade de sementeira



Semeador de fluxo contínuo com distribuição de sementes em corrente de ar, Kuhn Megant 600,

A figura anterior mostra um exemplo de semeador em linha com distribuição de semente em fluxo de ar, o qual funciona segundo o princípio que foi descrito no ponto 7 dos apontamentos de Transmissões Mecânicas em Máquinas Agrícolas (Edição de 2018).

O semeador é montado no sistema hidráulico do tractor.



Volta de cabeceira do semeador Kuhn Megant 600

Possui 40 linhas e 6m de largura de trabalho:



Vista de trás do semeador Kuhn Megant 600,

As figuras seguintes mostram alguns constituintes do semeador:



Semeador Kuhn Megant 600, sendo visível o cabeçote de ligação ao tractor, a tremonha e os tubos de plástico condutores da semente, um por cada linha



Semeador Kuhn Megant 600, sendo visível a tremonha, o mecanismo doseador de semente (cilindro canelado), situado na base da tremonha e o ventilador que gera a corrente de ar onde são as sementes.

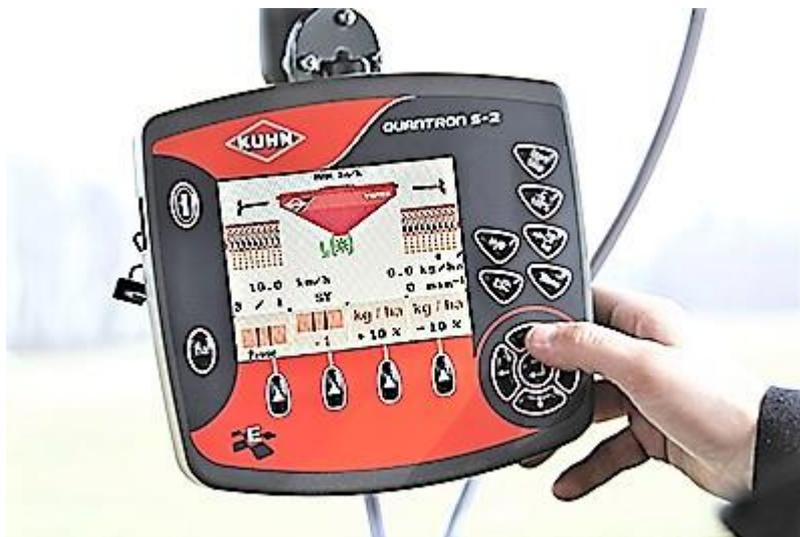


Semeador Kuhn Megant 600, sendo visível o motor hidráulico ligado ao SESH do trator para actuar o ventilador.

O cilindro canelado (doseador da semente) é actuado por um motor eléctrico, sendo o ajustamento axial, para permitir expor maior ou menor volume de canelado ao enchimento de semente, efectuado por um actuador eléctrico controlado pela unidade de controlo (CPU do semeador).

O cilindro canelado de distribuição da semente tem um sensor que informa a unidade de controlo de qual a posição do cilindro canelado, dentro da amplitude de deslocamento axial que ele pode ter.

O operador depois de colocar a semente na tremonha necessita de efectuar a rotina de calibração (ensaio em branco). Esta rotina prevista como uma das funções do sistema será activada, pelo operador, na unidade de controlo



Unidade de controlo Quantron S-2 do semeador Kuhn Megant 600

Esta activação da função calibração motivará o deslocamento axial do cilindro canelado para a posição de calibração.

Seguidamente a rotina incluirá:

1 - Deslocamento do semeador nas condições do campo onde vai trabalhar. O radar do tractor transmite informação que permite ao CPU (do tractor) contabilizar a distância percorrida. Esta informação é comunicada do CPU do tractor para a CPU do semeador, onde foi previamente introduzida, ou está por defeito, a largura de trabalho do semeador. Deste modo a CPU do semeador pode contabilizar a área percorrida (*ha*).

2 - Recolha da semente doseada durante o percurso. Os semeadores têm prevista na sua rotina de calibração, a possibilidade da semente doseada ser desviada para um tabuleiro de recolha.



Tabuleiro de recolha de semente no processo de calibração

3 - Avaliação da massa (balança) de semente recolhida. Este valor da massa (*kg*) é introduzido pelo operador na unidade de controlo.

A partir de agora a unidade de controlo efectua o cálculo da densidade de sementeira (*kg/ha*) e passa a associar a actual posição do cilindro canelado à densidade de sementeira (*kg/ha*) encontrada.

Após a calibração o operador pode digitar na unidade de controlo qual a densidade de sementeira que pretende efectuar. A unidade de controlo automaticamente ajustará axialmente o cilindro canelado para satisfazer esse valor.

O operador pode alterar em movimento a densidade de sementeira, para um valor superior ou inferior a um valor inicialmente fixado, por simples carregar de teclas no painel da unidade de controlo do semeador. Temos assim mais um equipamento VRT, possibilitando a técnica de *agricultura de precisão*.

Notar que, uma vez, regulado o semeador para uma determinada densidade de sementeira, esta mantém-se insensível a qualquer alteração da velocidade de deslocamento (DPA). Se a velocidade de deslocamento do semeador aumentar, o CPU do tractor informa o CPU do semeador deste aumento. Para garantir que a instrução de densidade de sementeira, previamente introduzida, seja respeitada, o CPU do semeador envia a instrução ao motor eléctrico (actuador) do cilindro canelado para aumentar a rotação, garantindo, assim, um valor constante de densidade de sementeira.

A unidade de controlo está ainda apta a monitorizar informação relevante, como: distância percorrida, área trabalhada, velocidade de deslocamento e capacidade de trabalho.

Em situações em que o trator usado com o semeador, não disponha meios de monitorizar com precisão a distância percorrida, o semeador pode ser fornecido com um sensor de proximidade numa das suas rodas, como ilustra na figura seguinte:



Sensor magnético de proximidade numa roda do semeador Kuhn Megant 600

Se for este o caso, na rotina de calibração, o ponto 1 passará a ser o seguinte:

1 – Introduzir na unidade de controlo (CPU do semeador) a distância que vai ser percorrida no campo bem como a largura de trabalho do semeador. Deslocar o semeador nas condições do campo onde vai trabalhar da distância previamente inserida. A partir de agora a unidade de controlo efectua o cálculo da área percorrida (*ha*) e passa a associar o número de voltas da roda (monitorizadas pelo sensor de proximidade) à área percorrida (*ha*).

3. ISOBUS

3.1. Objectivo

No ponto 3, frequentemente, se fez menção da necessidade de comunicação entre o CPU do tractor e o CPU da alfaia. Nos exemplos apresentados, ficou patente que, quer o CPU do tractor, quer o CPU da alfaia, têm os seus monitores para comunicação biunívoca com o respectivo CPU.

Naturalmente, a cabine do tractor facilmente ficará congestionada com equipamentos (e respectivos cabos de ligação), muitas vezes redundantes em algumas funcionalidades. Acresce que, ao mudar de alfaia, outros CPU terão de ser anexados.



Equipamento na cabine do tractor Massey Ferguson 6130 utilizado no Projecto AGRO 390 da Universidade de Évora (agricultura de precisão – AP - com o distribuidor centrífugo de adubo Vicon Rotaflow RS EDW). À esquerda o monitor do distribuidor; à direita o monitor do tractor; ao centro o monitor do sistema de agricultura de precisão

Para evitar os inconvenientes acima mencionados, e para diminuir os custos associados, os fabricantes de equipamentos agrícolas e as empresas de *hardware* e *software* especializado para a agricultura, criaram um protocolo de uniformização. Assim nasceu o ISOBUS.

Assim, um tractor ISOBUS, traz um terminal único (terminal ISOBUS), que substitui os anteriores terminais (tractor; alfaia; AP).



Terminal ISOBUS no tractor Massey (serie 8000)

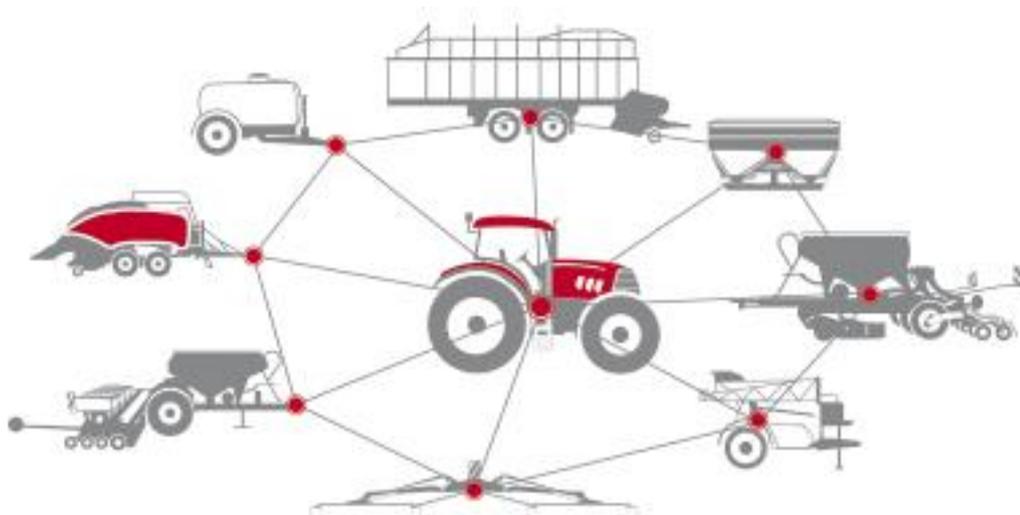
Traz uma tomada ISOBUS na qual são ligadas as fichas ISOBUS dos equipamentos ISOBUS.



Tomada ISOBUS (no tractor) e ficha ISOBUS (nos equipamentos ISOBUS)



Trator e alfaia ISOBUS



Ligação simplificada de um trator ISOBUS e uma multitude de alfaia ISOBUS, inclusivamente de fabricantes diferentes.

3.2. Funcionalidades

A figura seguinte mostra um semi-reboque cisterna com barra de localização (*Dribble bar slurry tank*), para distribuição de efluentes líquidos de origem animal. A seta mostra um autocolante normalizado indicando que o equipamento é ISOBUS.



Semi-reboque (ISOBUS) **HERCULANO** para distribuição de efluentes líquidos de origem animal
AgroGlobal 2018

A figura seguinte reproduz o autocolante onde estão registadas diversas funcionalidades ISOBUS que este equipamento respeita.



UT - *Universal Terminal* - O terminal ISOBUS tem a capacidade de ser usado para operar equipamentos diferentes e de vários fabricantes;

TECU – *Basic Tractor Electronic Control Unit* - O terminal ISOBUS funciona como terminal electrónico do tractor (***Electronic Control Unit - ECU***), fornecendo informações, como velocidade de deslocamento, rpm da tomada de força, posição dos braços do sistema hidráulico, consumos de combustível, etc.;

AUX-N – *Auxiliary Control* - O terminal ISOBUS permite a ligação de comandos adicionais, como Joysticks, que facilitem a operação de equipamentos complexos.

TC-BAS – *Task Controller basic (totals)* - Através da funcionalidade “Task Controller” o terminal ISOBUS pode importar as tarefas a realizar pelo equipamento e, no final da realização do trabalho, pode exportar os valores totais relevantes da tarefa realizada com um equipamento (ex. para o programa de gestão da exploração) . A transferência de dados é feita em formato de dados ISO-XML.

TC-GEO – *Task Controller geo-based (variables)* - Capacidade adicional de adquirir dados georreferenciados ou cumprir tarefas georreferenciadas, como por exemplo, por meio de Mapas de Aplicação.

TC-SC – *Task Controller Section Control* - Ligar ou desligar, automaticamente, a pulverização de secções de barras de pulverizadores; interromper a distribuição de adubo (distribuidores de adubo) ou de sementeira (semeadores de linhas), com base na posição (GPS) e no grau desejado de sobreposição.

Mais informação em:
www.aef-isobus-database.org.

3.3. Exemplos de funcionalidades num monitor ISOBUS



