

Automação em tratores

José P. Molin
ESALQ/USP
jpmolin@usp.br



www.agriculturadeprecisao.org.br

Objetivo

Abordar as recentes evoluções que envolvem a automação de controles e de processos na operação de tratores

Bibliografia

- www.leb.esalq.usp.br/aulas.html

Eletrônica embarcada no trator

Dos anos 1980 a 2000 – automação de comandos da cabine

Década de 2000 – sistemas de direção automática se consolidam

Próximos 20 anos:

Comunicação entre o trator e a máquina

Comunicação entre o trator/máquina e o sistema gestor e entre conjuntos na frota

Veículos autônomos

Potência elétrica para acionamentos

Eletrônica embarcada no trator

Dos anos 1980 a 2000 – **automação de comandos da cabine**

Década de 2000 – sistemas de direção automática se consolidam

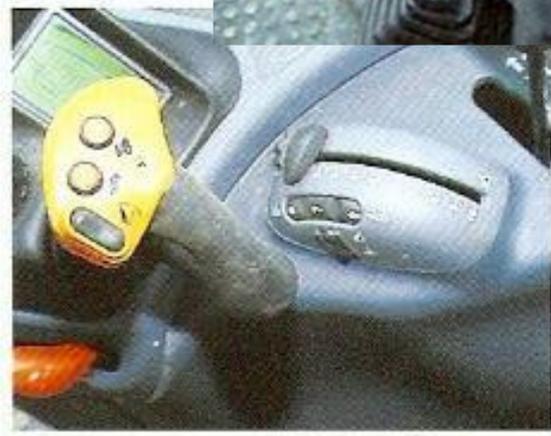
Próximos 20 anos:

Comunicação entre o trator e a máquina

Comunicação entre o trator/máquina e o sistema gestor e entre conjuntos na frota

Veículos autônomos

Potência elétrica para acionamentos



Eletrônica embarcada no trator

Dos anos 1980 a 2000 – automação de comandos da cabine

Década de 2000 – **sistemas de direção automática** se consolidam

Próximos 20 anos:

Comunicação entre o trator e a máquina

Comunicação entre o trator/máquina e o sistema gestor e entre conjuntos na frota

Veículos autônomos

Potência elétrica para acionamentos

Sistemas de Navegação Global por Satélites - GNSS

Funcionando:

- GPS (Global Positioning System) – EUA.
- GLONASS (GLObal'naya NAvigatsionnaya Sputnikovaya Sistema) – Russia.

Em construção:

- Galileo (União Européia)
- BeiDou Satellite Navigation System (BDS) (Compass) - China

O surgimento da “barra de luzes”:

aplicações aéreas - substituição do balizamento visual por “bandeirinhas”



Barras de luzes em avião agrícola

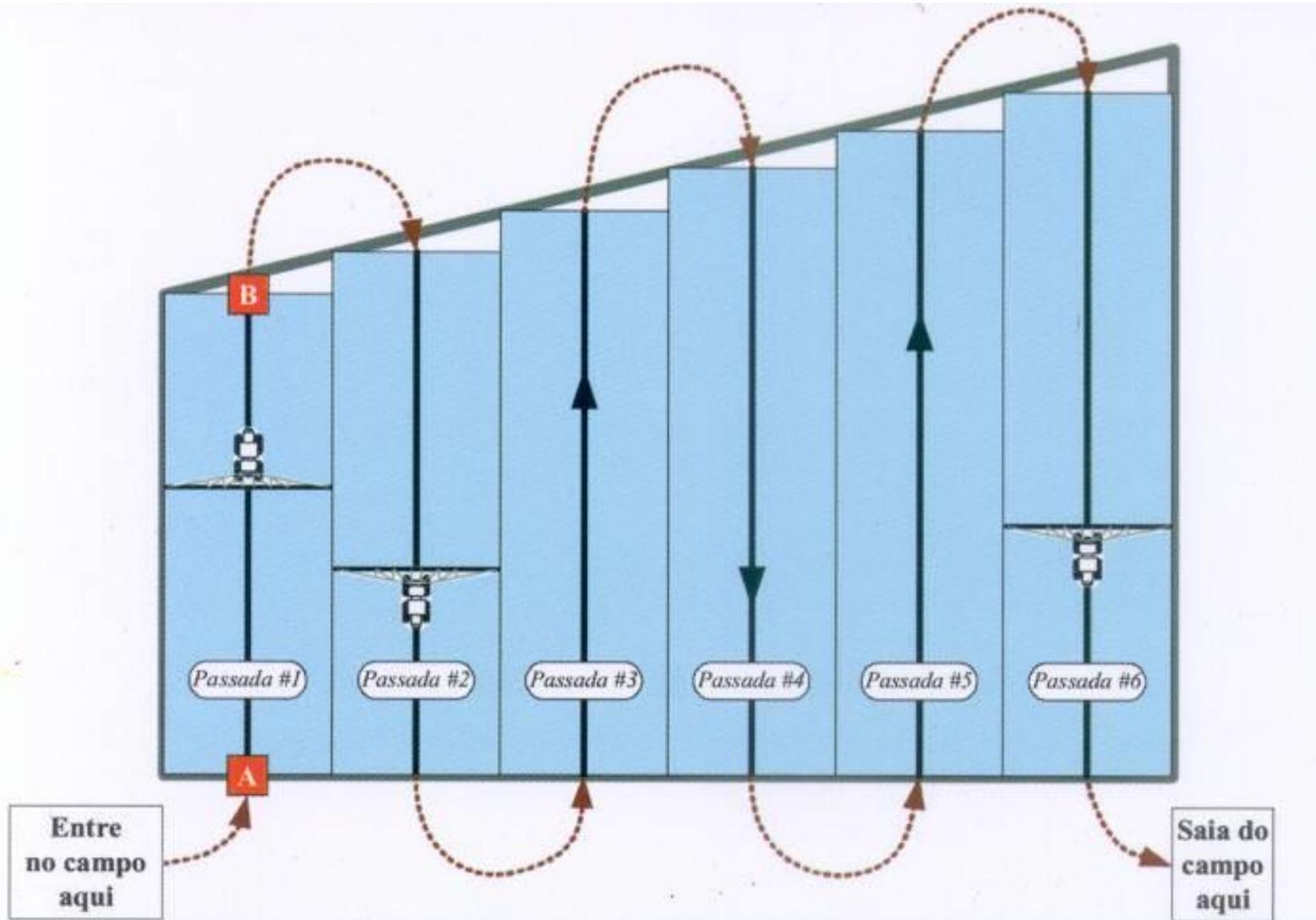


Piracicaba, 1997

Barra de luzes para aplicações terrestres



Solução perfeita para percursos retos



Barra de luzes tradicional



... nem tanto para curvas

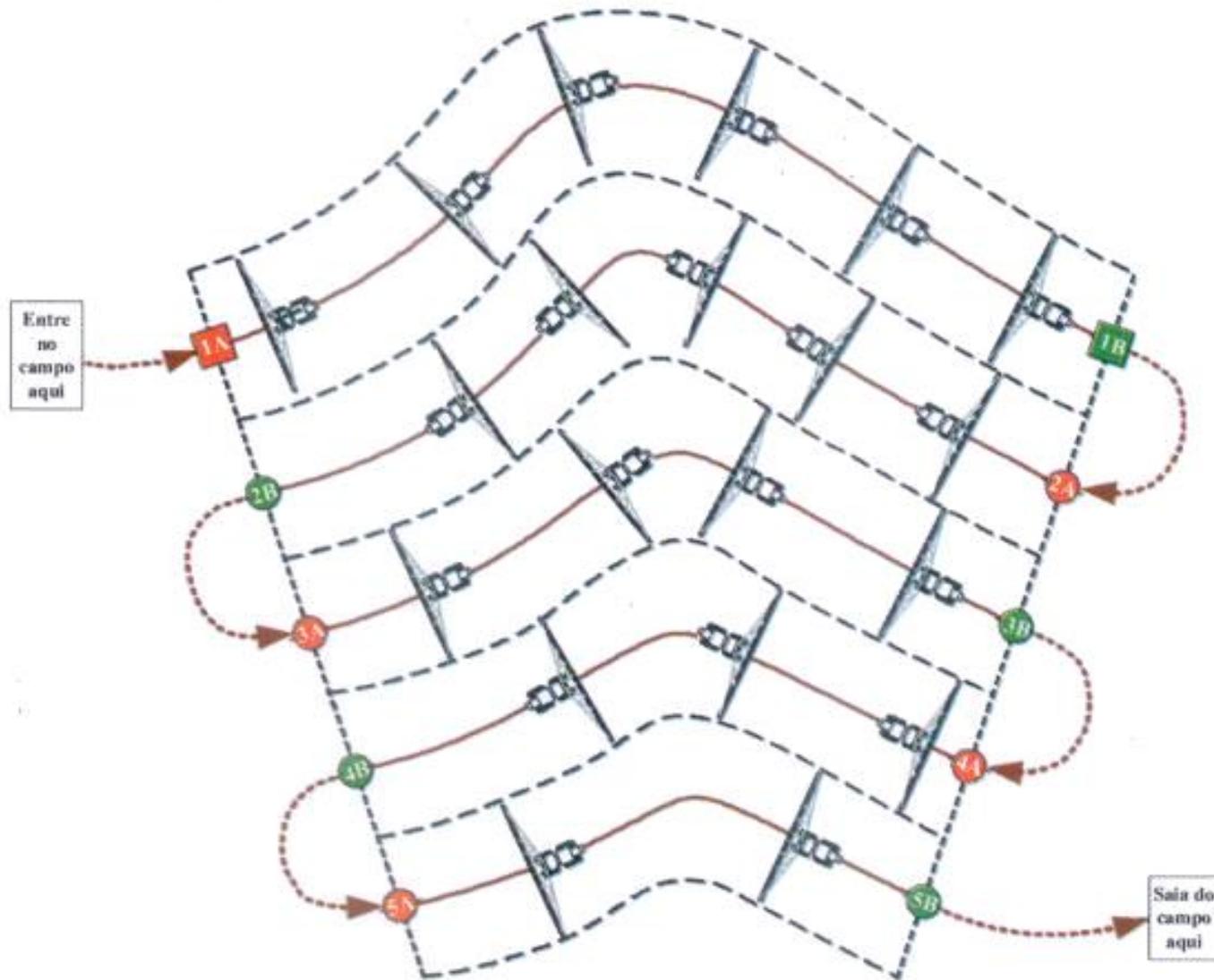


Diagrama trabalho em Contorno (curvas)



Barra de luzes (leds) com
tela auxiliar (estrada virtual)

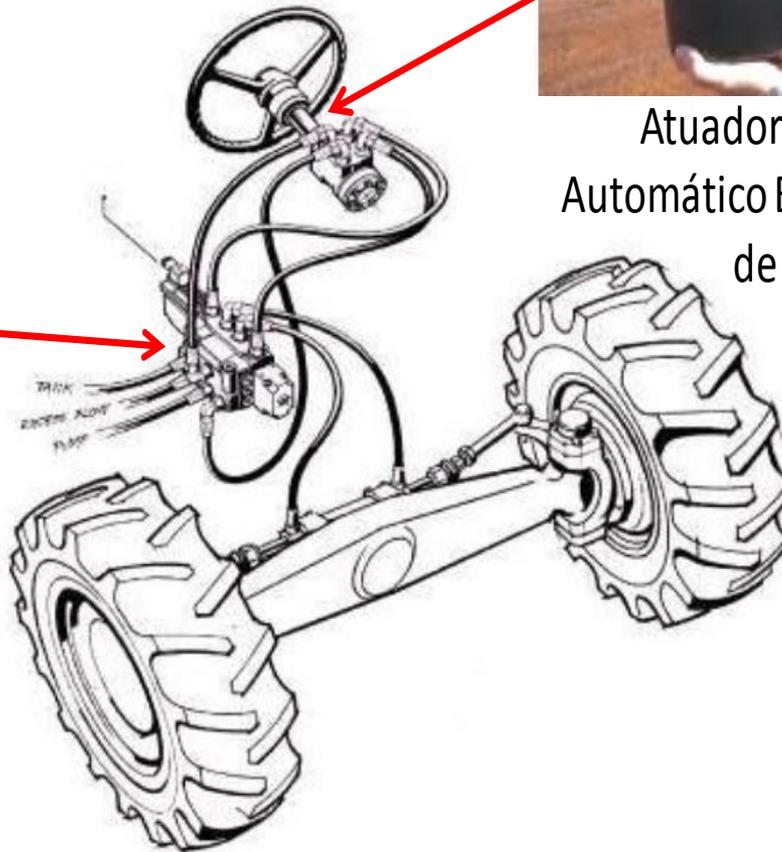


O surgimento dos sistemas de direção automática com GNSS





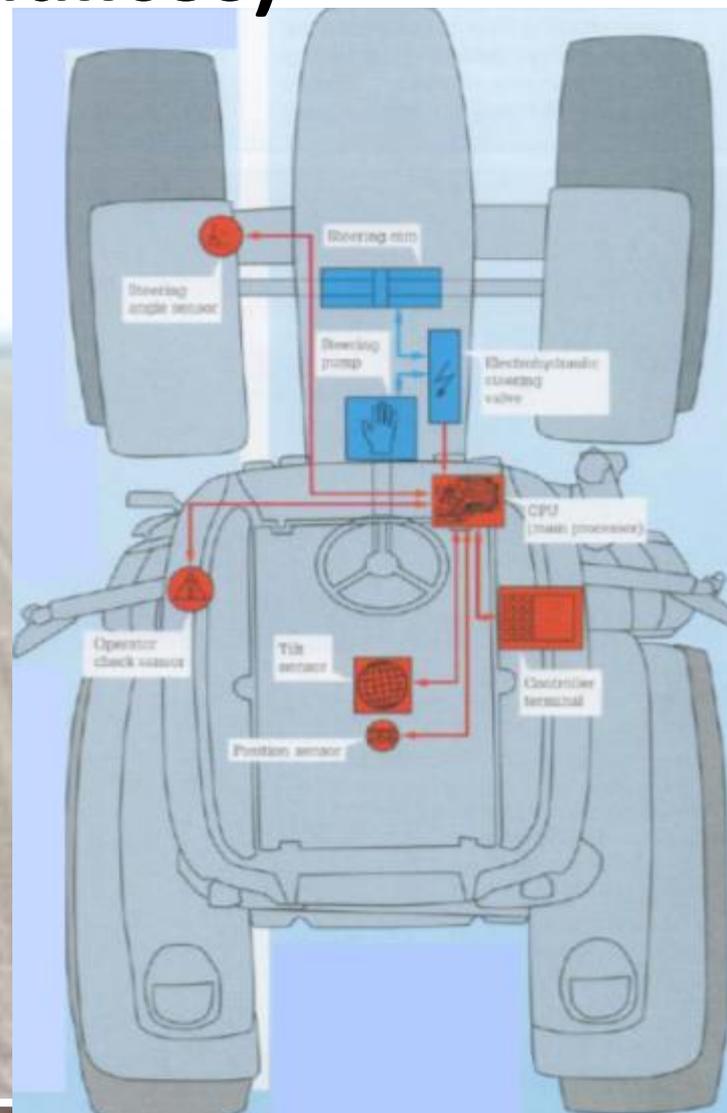
Bloco de Válvula de um Piloto Automático Hidráulico



Atuador de um Piloto Automático Elétrico na Coluna de Direção

Tipos de sistemas de direção automática:

Atuadores Integrados (hidráulicos)



Monitor
(computador)



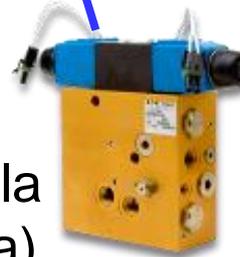
GNSS



Sensor de
esterçamento



Atuador (válvula
eletrohidráulica)



Sensor inercial

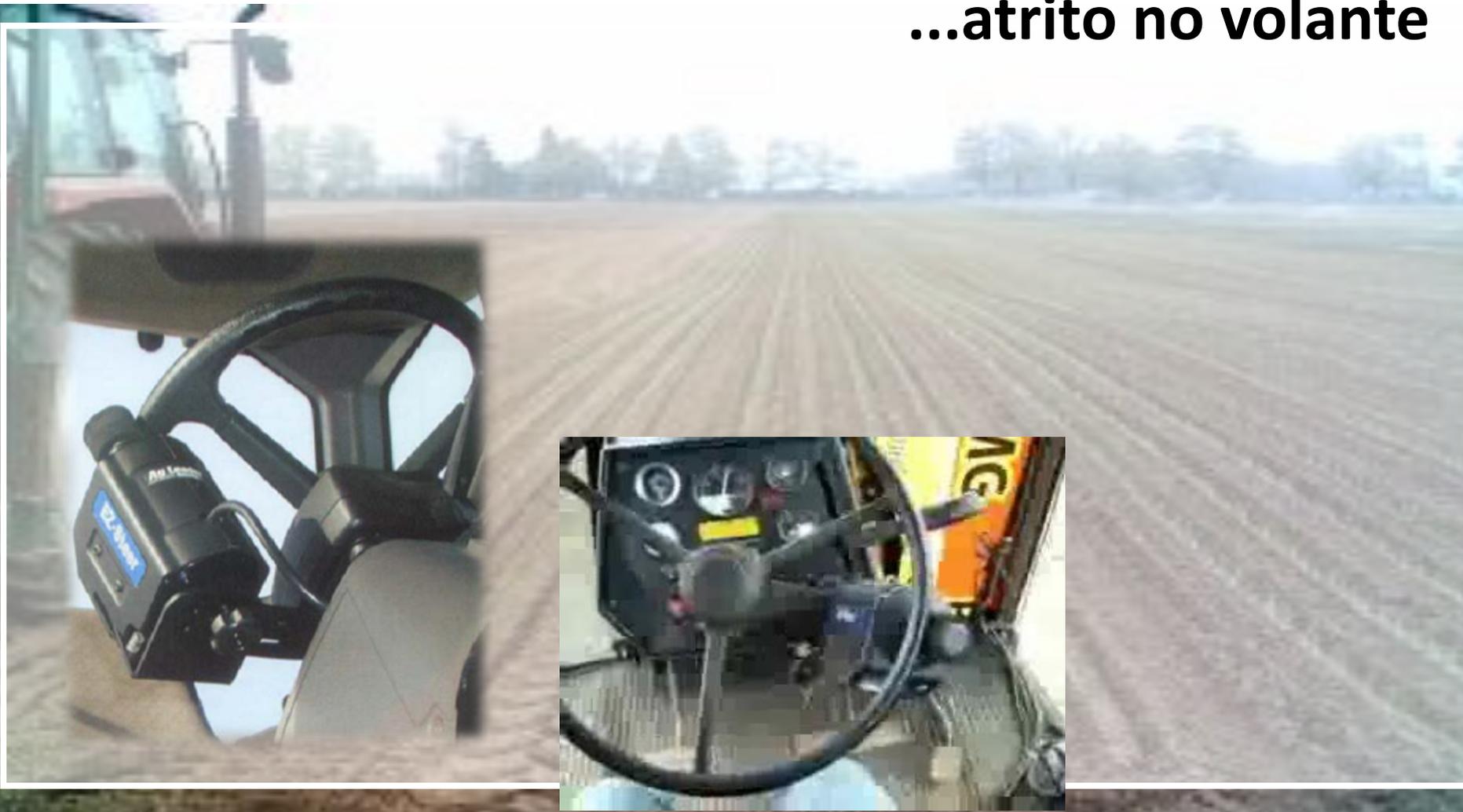


Adaptado de S&C, 2006

Tipos de sistemas de direção automática:

Atuadores de volante

...atrito no volante



Sistema de atuador por atrito no volante



14

Tipos de sistemas de direção automática:

Atuadores de volante

...motor elétrico na coluna



Sistemas de atuação no volante do trator

Motor elétrico diretamente na coluna de direção





Performance ↑

Preço →



Adaptado de Timble; John Deere, Salvi (2014)

Vantagens dos sistemas de direção automática

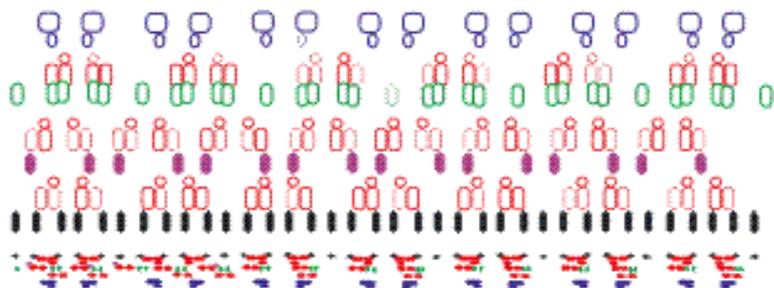
- permitem a redução da compactação do solo e danos às plantas (ou soqueiras no caso da cana) com controle de trafego
- permitem velocidades operacionais maiores
- reduzem a fadiga do operador
- permitem a operação mesmo com falta de visibilidade (dia e noite)
- otimizam o raio de manobras
- minimizam os erros de paralelismo
- permitem a operação com mais do que um conjunto na mesma área
- a operação pode iniciar em qualquer ponto da lavoura
- aumentam o rendimento operacional
- permitem a integração das operações automatizadas sob uma mesma base de dados – plantio, tratos culturais e colheita (percursos gravados)

Tráfego em lavoura de grãos - Australia

Caminhos de rodas na lavoura

Cobertura

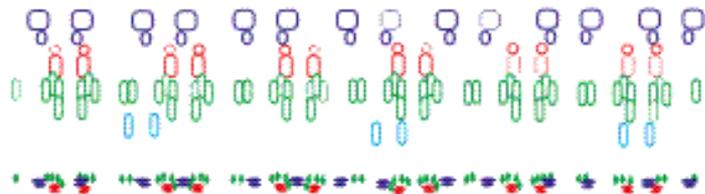
Preparo convencional



Colhedora
Trator e semeadora
Escarificador
Arado de Aiveca
Soma de tráfego

82%

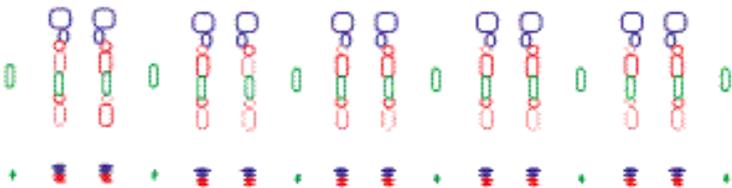
Plantio direto



Colhedora
Trator e semeadora
Pulverizador
Soma de tráfego

46%

Tráfego controlado



Colhedora
Trator e semeadora
Pulverizador
Soma de tráfego

14%

6 vezes menos
tráfego que o
Preparo
Convencional e
3 vezes menos
que o Plantio
Direto !

Revista Plantio Direto, edição 110, março/abril de 2009.

Canteiro de Cana Otimizado



Coleti, 2009



O que acontece quando você opera com sistema de direção automática e sente sono....



Farmers Weekly - <http://www.fwi.co.uk>
07/06/2007





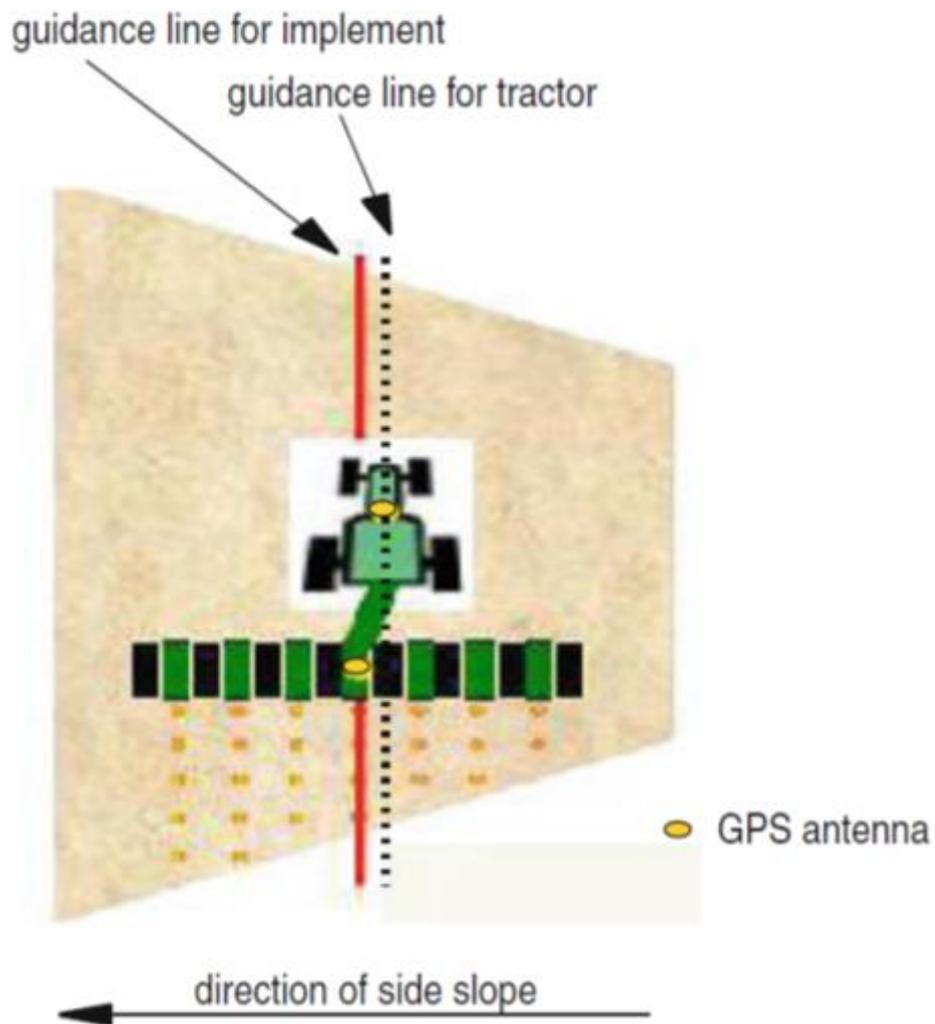


Um dos desafios é sistema de direção automática em máquinas rebocadas...

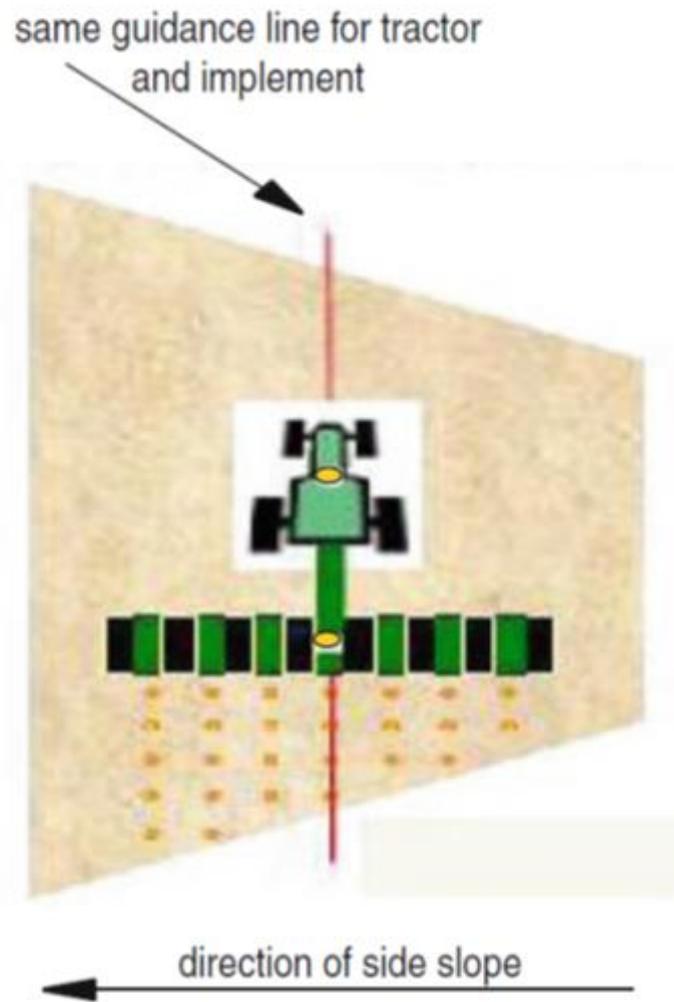


Sistema de direção automática para máquinas e implementos

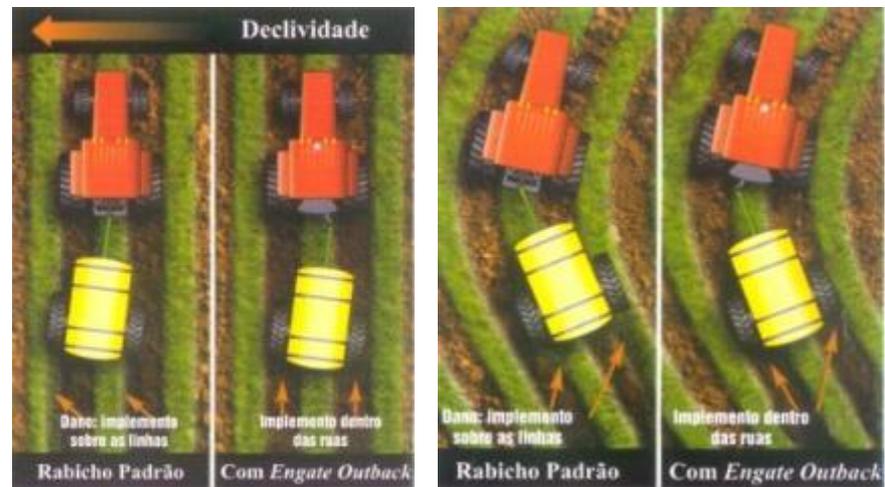
Passivo



Ativo



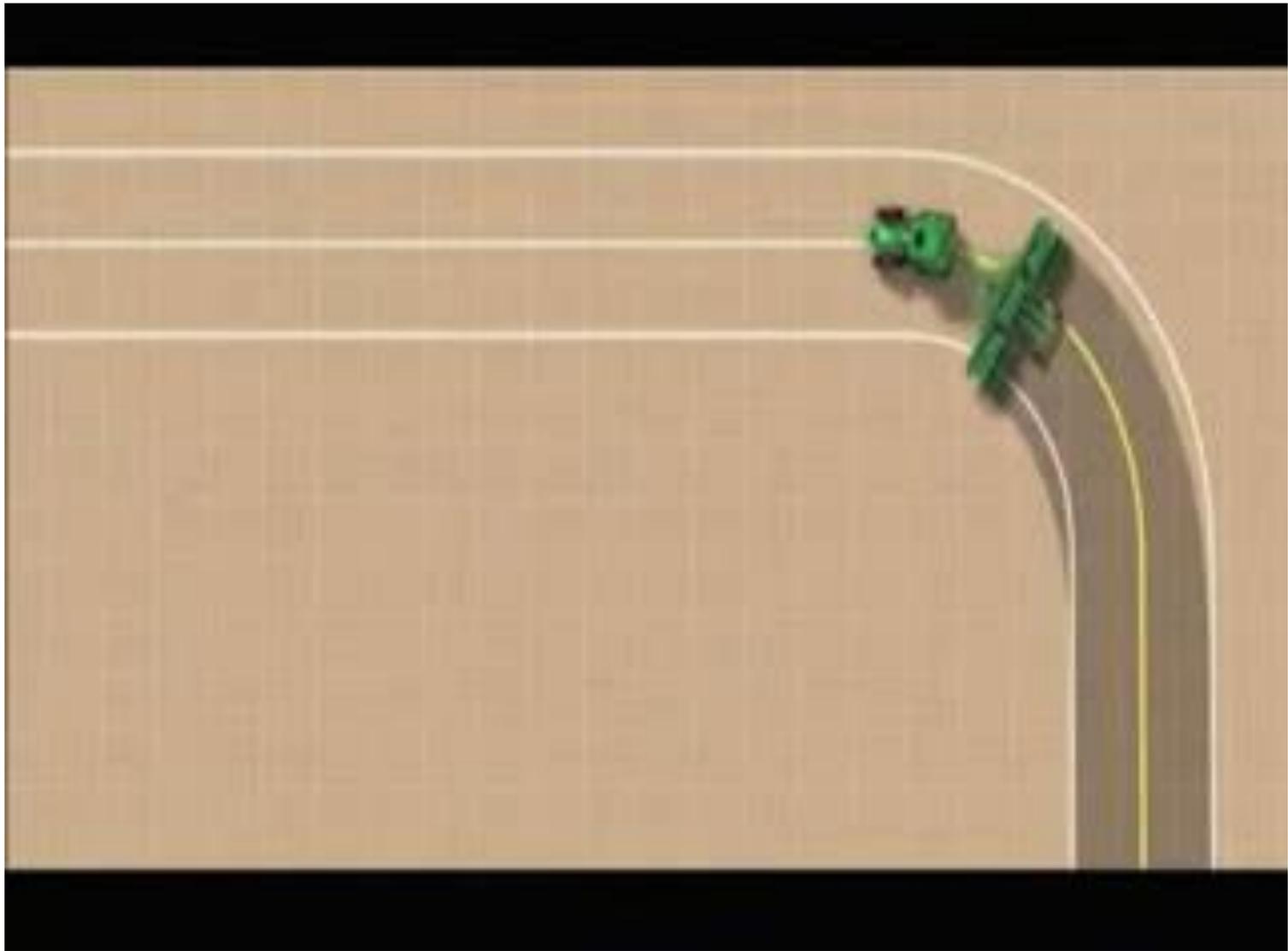
Sistema ativo



Sistema Passivo



Sistema Passivo



Eletrônica embarcada no trator

Dos anos 1980 a 2000 – automação de comandos da cabine

Década de 2000 – sistemas de direção automática se consolidam

Próximos 20 anos:

Comunicação entre o trator e a máquina

Comunicação entre o trator/máquina e o sistema gestor e entre conjuntos na frota

Veículos autônomos

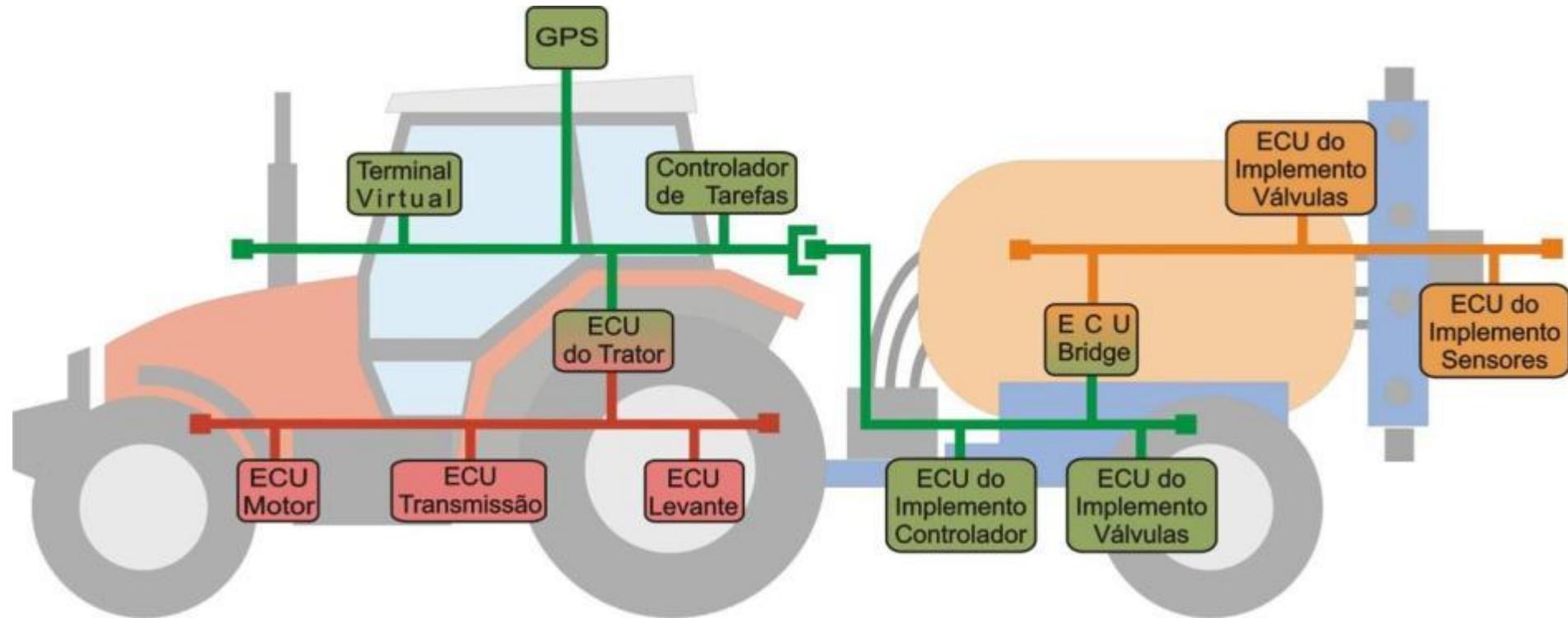
Potência elétrica para acionamentos



Padronização da
comunicação
eletrônica entre o
trator e a máquina

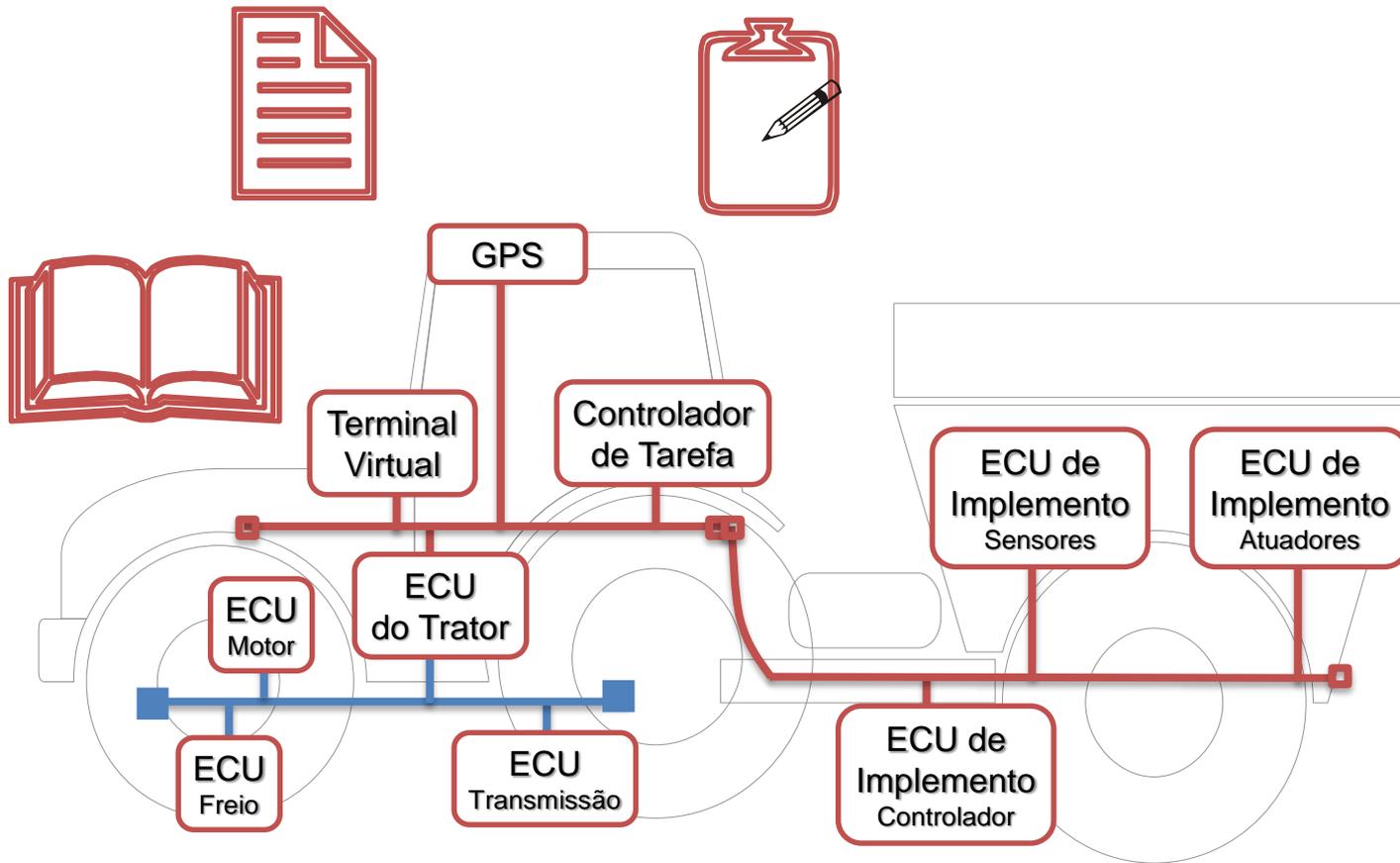


Padronização da comunicação eletrônica entre o trator e a máquina



Padrão ISOBUS 11783

ISO11783 - ISOBUS



- Parte 1
- Parte 2
- Parte 3
- Parte 4
- Parte 5
- Parte 6
- Parte 7
- Parte 8
- Parte 9
- Parte 10
- Parte 11
- Parte 12
- Parte 13

Slide adaptada de Rafael V. de Sousa – Workshop ISOBUS 2007

INAMASU, 2010

Norma ISOBUS 11783

... que tem como elemento central (para o usuário) o “terminal universal”



... controlando adubação em taxa variável



... controlando as seções da barra de um pulverizador



... monitorando a semeadura (“monitor de plantadeira”)





AGRICULTURAL INDUSTRY
ELECTRONICS FOUNDATION

2008 – sete empresas fundadoras

2012 – mais de 140 empresas membros

No Brasil o tema é hoje coordenado pela ABNT

Funcionalidades:

1. UT - Terminal Universal
2. AUX-N – controle auxiliar (ex.: joystick)

Task Controllers:

3. TC-BAS – controlador de tarefas básico (documentação de valores totais de trabalho realizado)
4. TC-GEO – controlador de tarefas georreferenciadas (dados com coordenadas)
5. TC-SC – controlador de tarefas com controle de seção (pulverização, semeadura)
6. TECU – ECU básica do trator (velocidade RPMs, etc)
7. TECU-A – ECU avançada do trator (comunicação bidirecional – “implemento controla o trator”)
8. SQC – controle sequencial (ex.: manobras de cabeceiras)

Eletrônica embarcada no trator

Dos anos 1980 a 2000 – automação de comandos da cabine

Década de 2000 – sistemas de direção automática se consolidam

Próximos 20 anos:

Comunicação entre o trator e a máquina

Comunicação entre o trator/máquina e o sistema gestor e entre conjuntos na frota

Veículos autônomos

Potência elétrica para acionamentos

Telemetria

Funções:

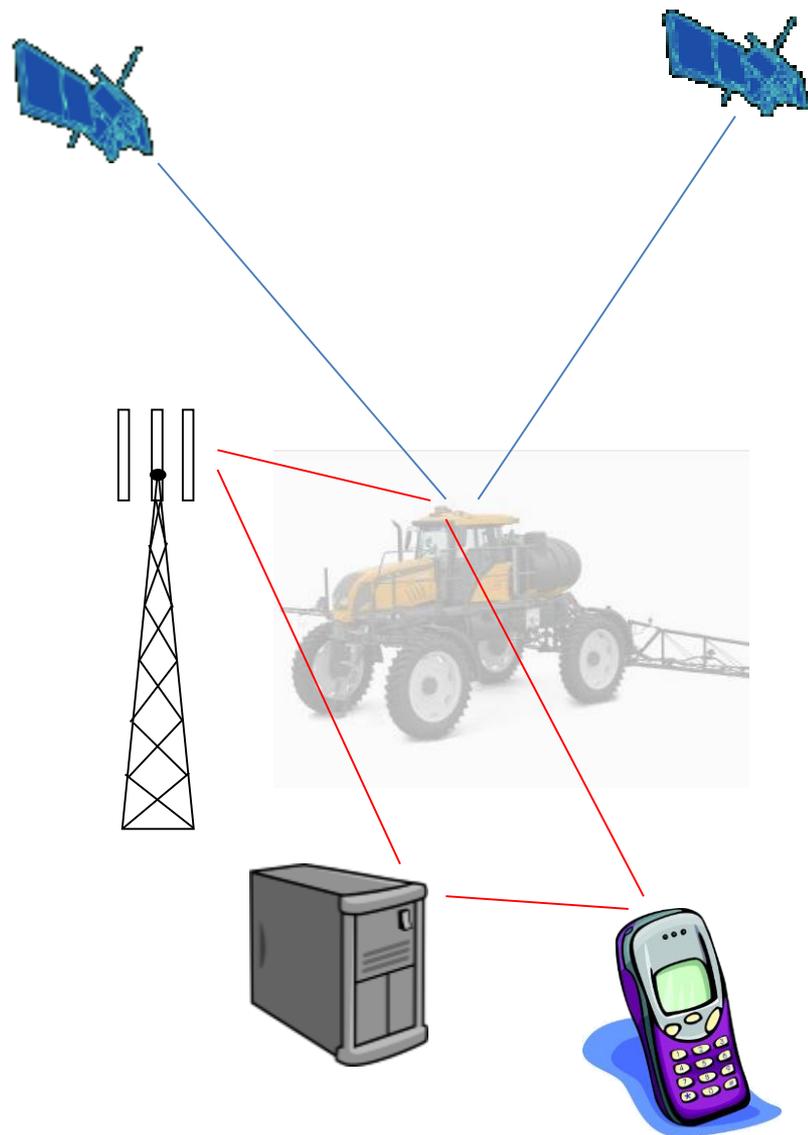
Coletar

Gravar

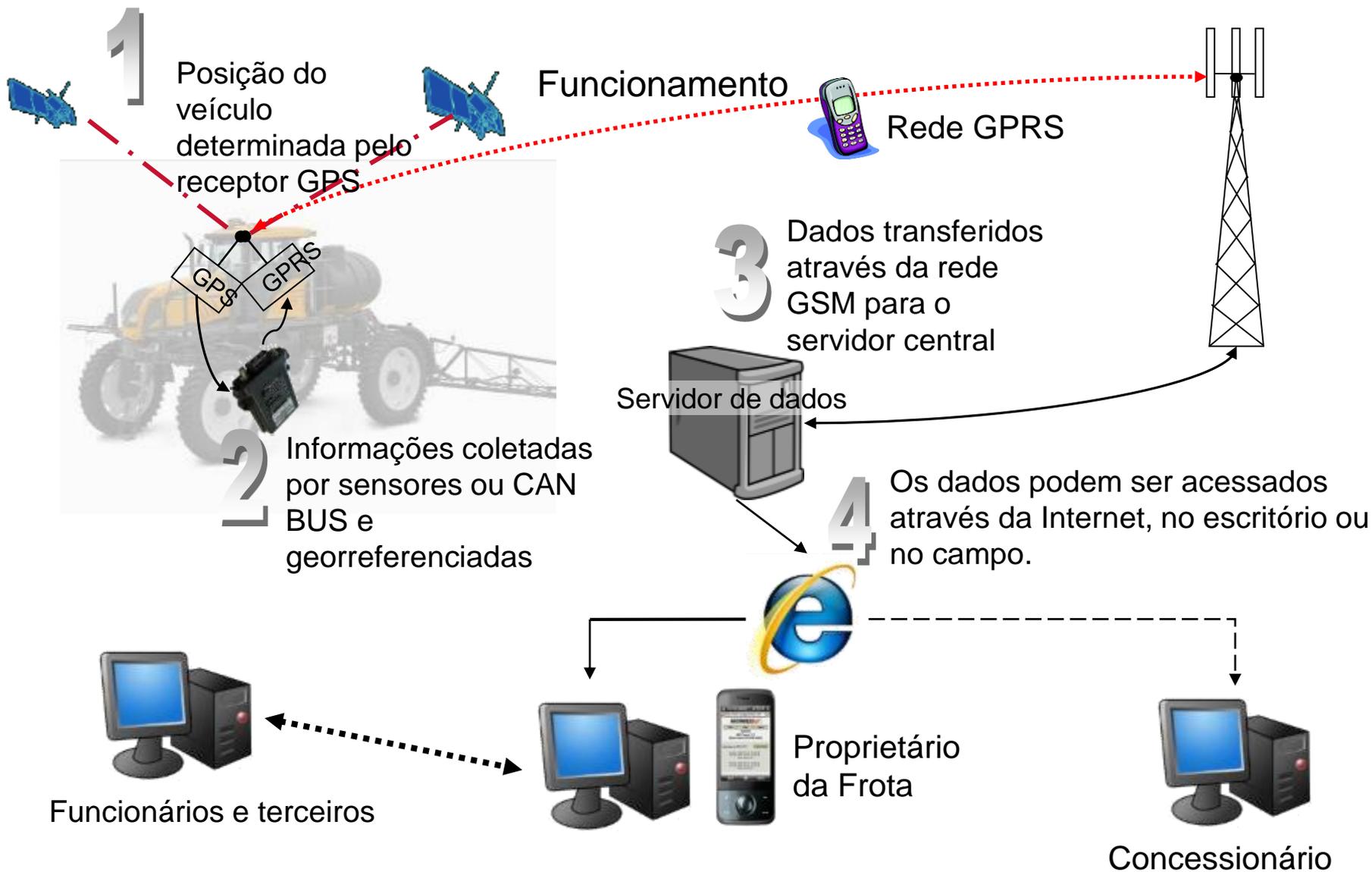
Enviar

Analisar

DADOS!



Ex. Sistema AGCOMMAND



Relatórios

- Os principais relatórios disponíveis no AGCOMMAND são:

- Relatório de Dados
- Relatório de Serviço
- Relatório de Tempo do Motor
- Relatórios de Eficiência
- Relatório de Campo
- Relatório Comparação



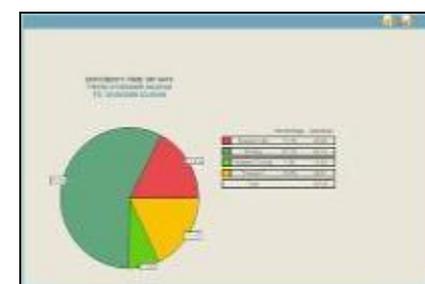
MACHINE OVERVIEW FROM: 17/11/2009 00:00:00 - TO: 17/11/2009 23:59:59

MACHINE	DATE	EFFICIENCY[%]	DISTANCE[KM]	ENGINE HOURS	STOPPED HOURS	WORKING HOURS	TRANSFERRED HOURS	TRANSFERRED HOURS	FUEL CONSUMPTION[L/HK]	FUEL TOTAL[L]	TOTAL ENGINE HOURS
Manitou MLA	17/11/2009	53.2	25.75	00:00:00	01:05:13	01:45:33	00:00:12	00:27:00	0.0	0.0	0.0
MP 8920	17/11/2009	0.1	14.09	04:00:00	02:01:32	00:00:00	00:03:30	00:10:04	0.0	0.0	3033.0
Sum	17/11/2009		40.34	04:00:00	03:06:45	01:46:33	00:03:46	00:37:04		0.0	3033.0
Average	17/11/2009	26.9	20.17	02:00:00	04:23:12	00:53:06	00:00:52	00:24:17	0.0	0.0	1507.5

AGCOMMAND

Search for report

Machine	Date	Actual	Eff	Total speed [L]	Ta [ml]	Day [ml]	Days [ml]	Oper	Service list	Service cost	Comments
87202		100	h	200	150	250700	-74	K	General inspection		
87202		100	h	50	-50	250700	-74	K	Oil service		1 service
87202		200	h	200	-10	270800	-41	K	Oil service		
87202		200	h	50	-210	270800	-41	K	Oil service		

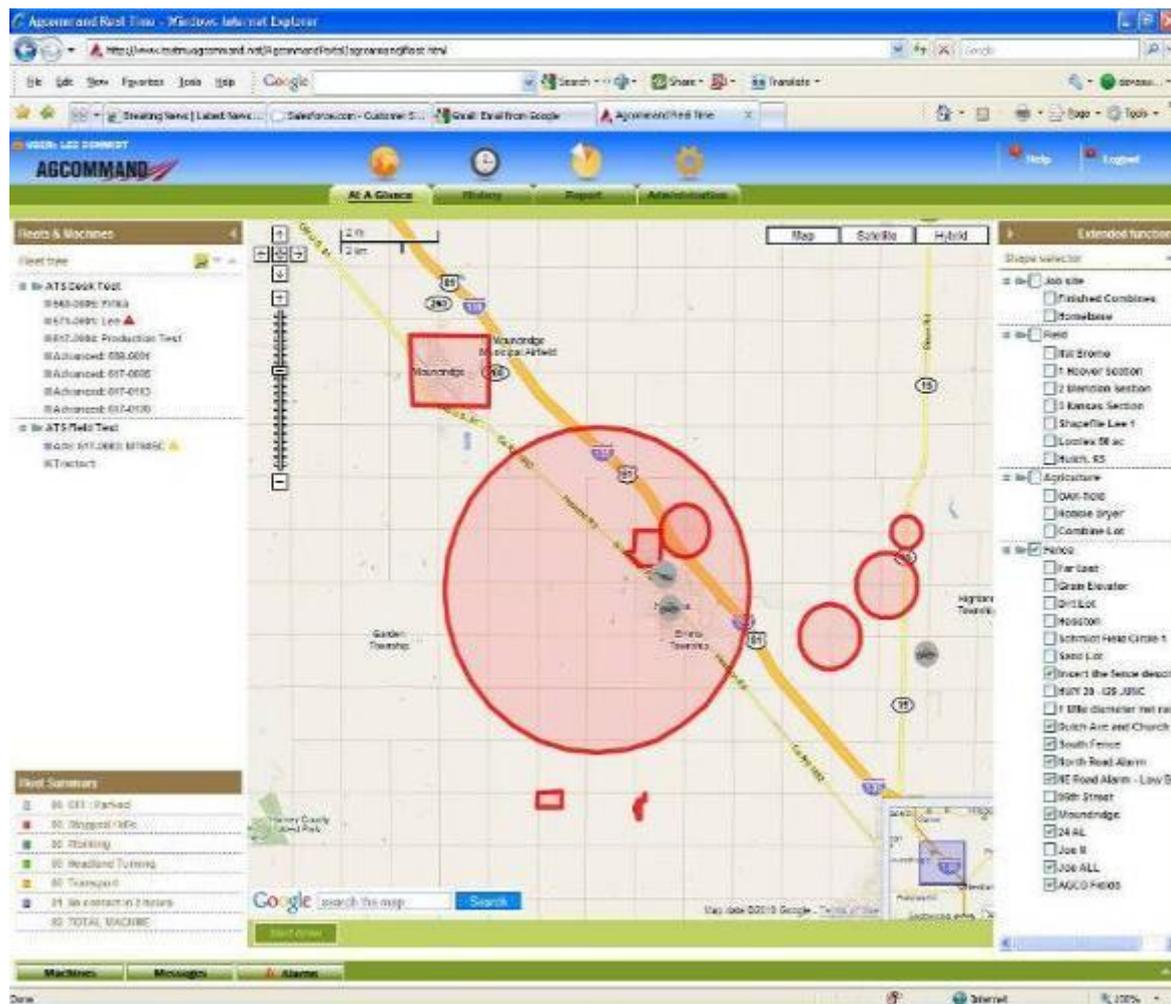


Geoformas e Cerca Limitadoras

Geoforma (Áreas)



Cerca Limitadora - Alarmes



Comunicação entre os conjuntos mecanizados

Normalmente via Wi-Fi

Para informar um ao outro:

Parâmetros da operação

Onde cada um já trabalhou

Produzir o relatório da operação para a lavoura em arquivo único

Já passou

Ainda não passou Já passou



Eletrônica embarcada no trator

Dos anos 1980 a 2000 – automação de comandos da cabine

Década de 2000 – sistemas de direção automática se consolidam

Próximos 20 anos:

Comunicação entre o trator e a máquina

Comunicação entre o trator/máquina e o sistema gestor e entre conjuntos na frota

Veículos autônomos

Potência elétrica para acionamentos

Veículos autônomos - a robótica aplicada à agricultura



Blackmore, 2006

Tecnologia de manobra autônoma de cabeçeiros



iTEC Pro



Medalha de Ouro – Agritechnica 2011 - Hannover









Eletrônica embarcada no trator

Dos anos 1980 a 2000 – automação de comandos da cabine

Década de 2000 – sistemas de direção automática se consolidam

Próximos 20 anos:

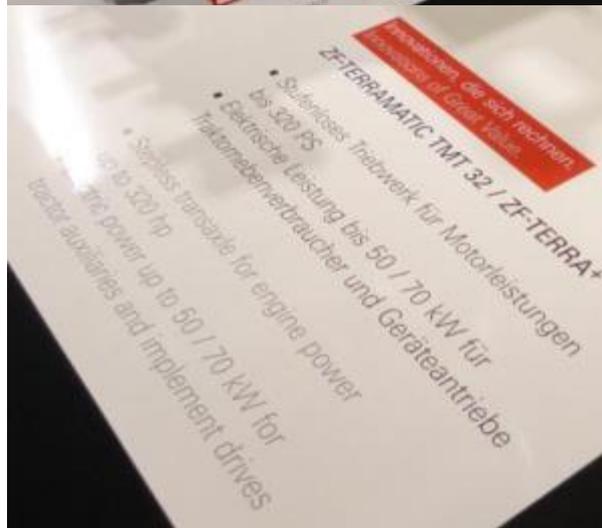
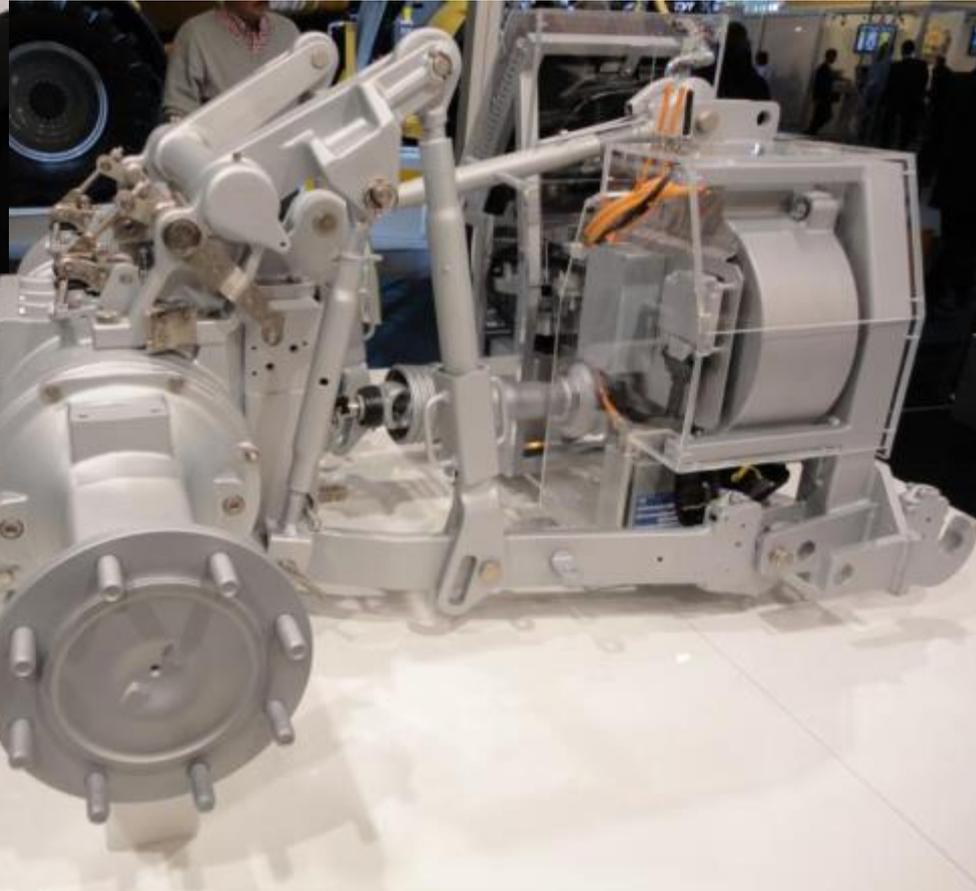
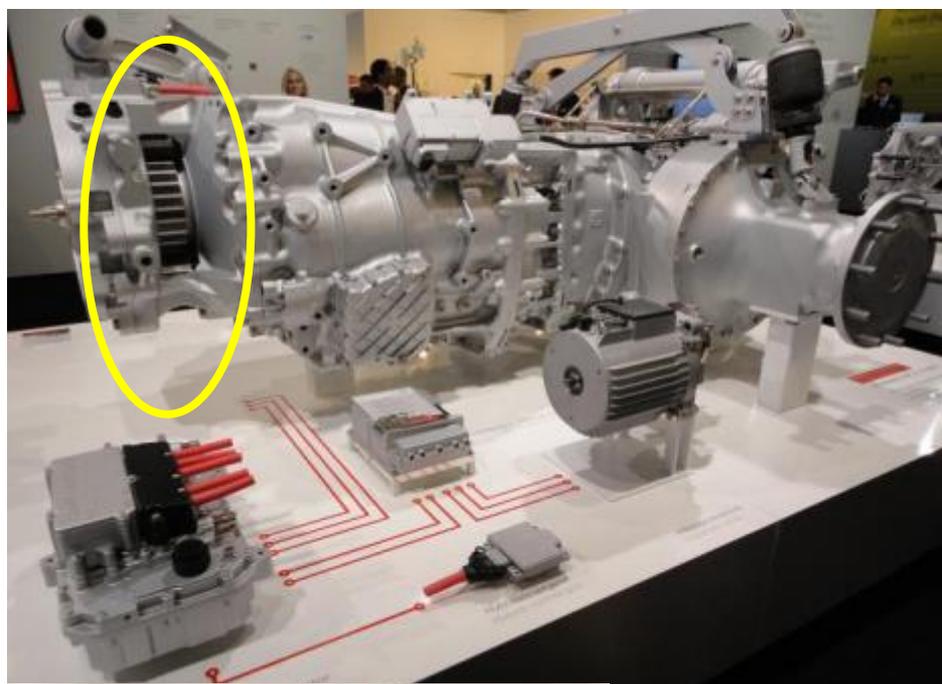
Comunicação entre o trator e a máquina

Comunicação entre o trator/máquina e o sistema gestor e entre conjuntos na frota

Veículos autônomos

Potência elétrica para acionamentos

A eletrificação do trator



Agritechnica 2011



Prof. J. P. Molin

Níveis de implementação da eletrificação em tratores agrícolas:

Conversão	Substituir os acionamentos convencionais por elétricos	Melhorar a eficiência dos componentes Melhorar o controle
Extensão	Estender a funcionalidade das máquinas com a adoção de drives elétricos	Adicionar novas funções Melhorar a funcionalidade
Propósito	Mudar o layout e o princípio de funcionamento total da máquina	Melhorar o desempenho Melhorar a eficiência do sistema

Intensidade:

Parcial	Eletrificação de alguns grupos funcionais da máquina
Total	Eletrificação total da máquina



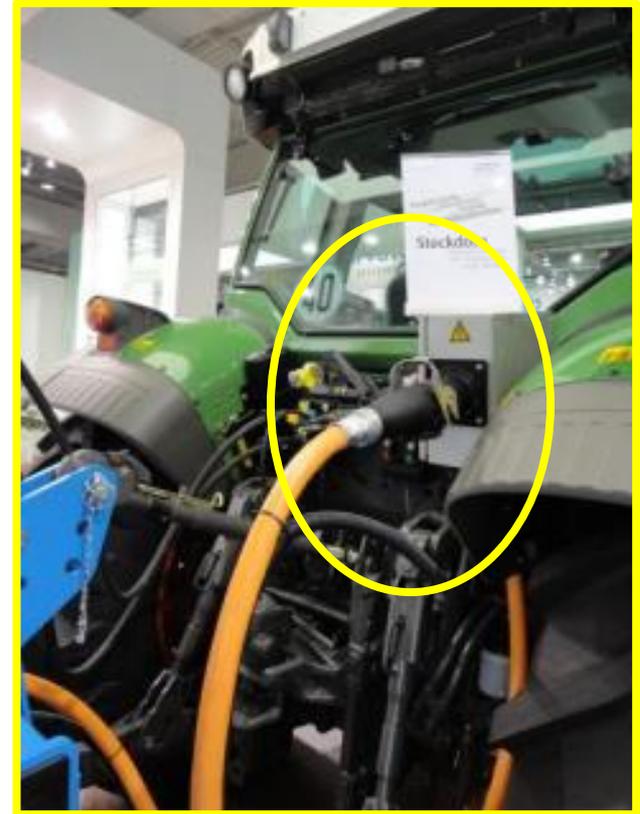
Agritecnica 2011



Agritechnica 2011



Prof. J. P. Molin



Agritechnica 2011



Agrishow 2016





Propulsores elétricos diretamente no rodado

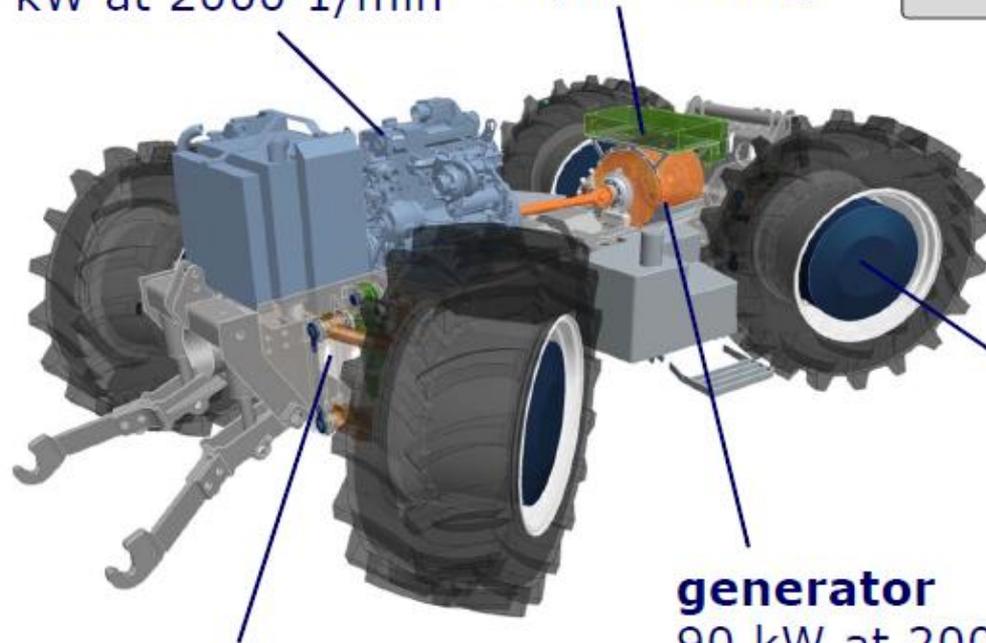


Agritechnica 2011



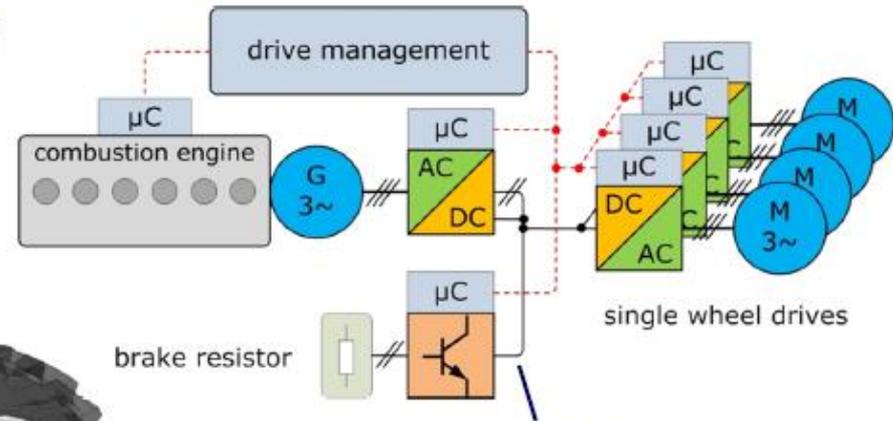
combustion engine
95 kW at 2000 1/min

brake resistor
 $P_{nenn} = 40 \text{ kW}$
 $P_{max} = 200 \text{ kW}$
liquid cooling



suspension
4-wheel steering with hydro-
pneumatic single wheel
suspension

generator
90 kW at 2000 1/min
liquid cooling



DC Link
350 – 650 V
max. 700 V

4 wheel drives
tire 540/60 R28
 $v_{max} = 65 \text{ km/h}$
 $M_{nenn} = 8200 \text{ Nm}$
 $M_{max} = 14000 \text{ Nm}$
 $P_{nenn} = 33 \text{ kW}$
 $P_{max} = 44 \text{ kW}$
liquid cooling

RIGITRAC EWD 120 - DIESEL ELECTRIC

