

Automação em tratores

LER 332 - Mecânica e Máquinas Motoras
Departamento de Engenharia de Biossistemas

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

Objetivo

Abordar as recentes evoluções na automação de controles e de processos na operação de tratores e os avanços e tendências no seu projeto

Eletrônica embarcada no trator

Dos anos 1980 a 2000 – automação de comandos da cabine

Década de 2000 – sistemas de direção automática se consolidam

Acontecendo:

- comunicação entre o trator e a máquina
- comunicação entre o trator/máquina e o sistema gestor e entre conjuntos na frota

Próximos 20 anos:

- veículos autônomos
- potência elétrica para acionamentos
- trator elétrico

Eletrônica embarcada no trator

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

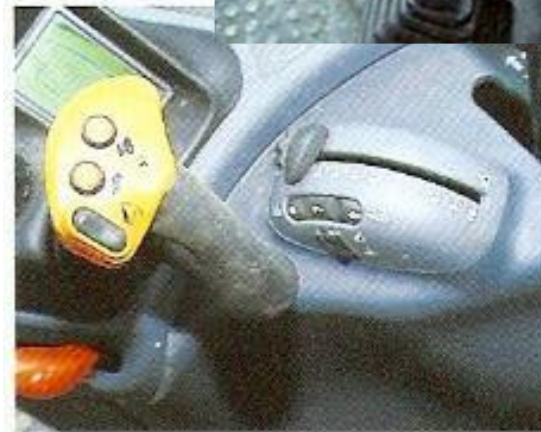
Década de 2000 – sistemas de direção automática se consolidam

Acontecendo:

- comunicação entre o trator e a máquina
- comunicação entre o trator/máquina e o sistema gestor e entre conjuntos na frota

Próximos 20 anos:

- veículos autônomos
- potência elétrica para acionamentos
- trator elétrico



Eletrônica embarcada no trator

Dos anos 1980 a 2000 – automação de comandos da cabine

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

Acontecendo:

- comunicação entre o trator e a máquina
- comunicação entre o trator/máquina e o sistema gestor e entre conjuntos na frota

Próximos 20 anos:

- veículos autônomos
- potência elétrica para acionamentos
- trator elétrico

O surgimento da “barra de luzes”:

aplicações aéreas - substituição do balizamento visual por “bandeirinhas”



Sistemas Globais de Navegação por Satélites - GNSS

Funcionando:

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

Em fase final de construção:

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

Barras de luzes em avião agrícola

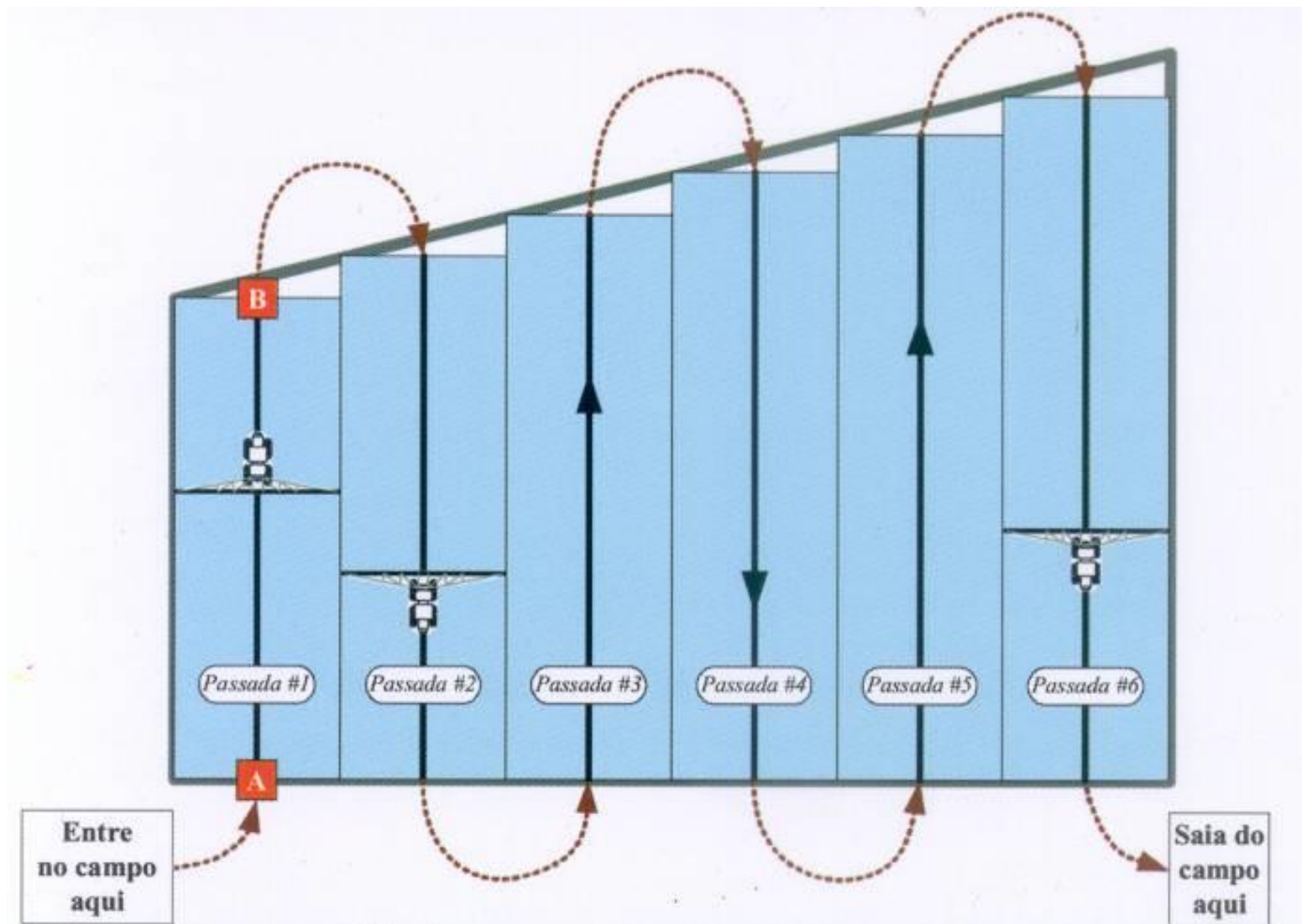


Piracicaba, 1997

Barra de luzes para aplicações terrestres



Solução perfeita para percursos retos



Barra de luzes tradicional



... para percursos curvos

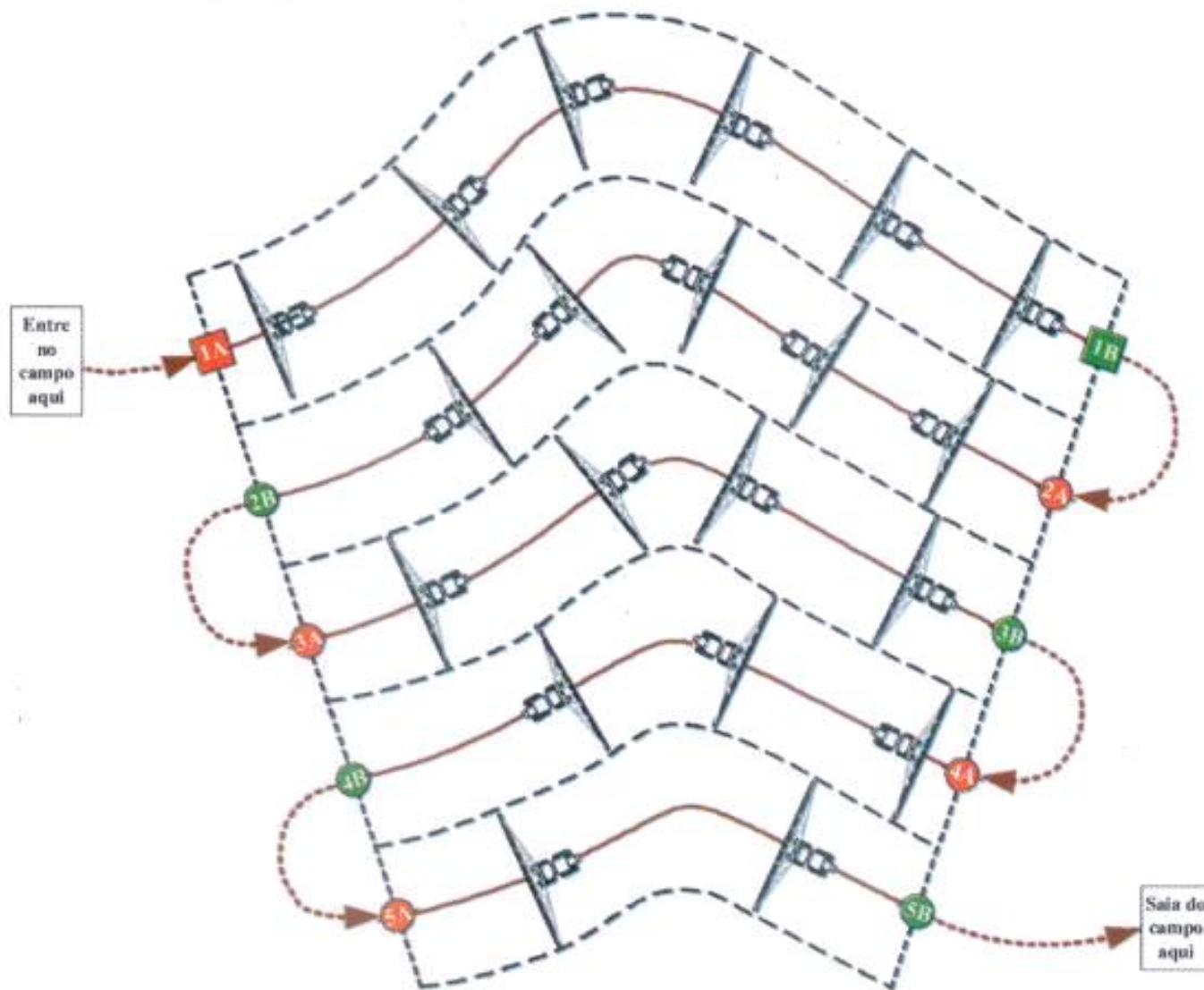


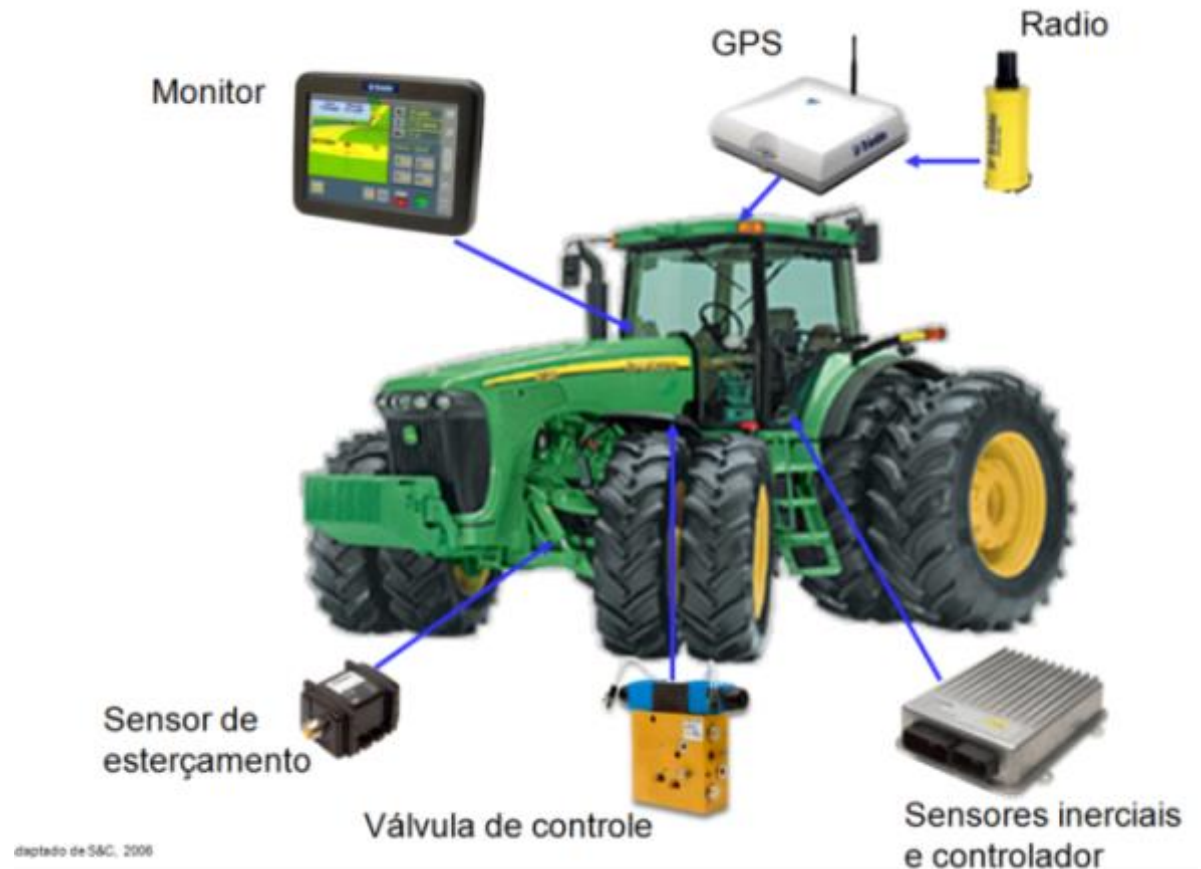
Diagrama trabalho em Contorno (curvas)



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

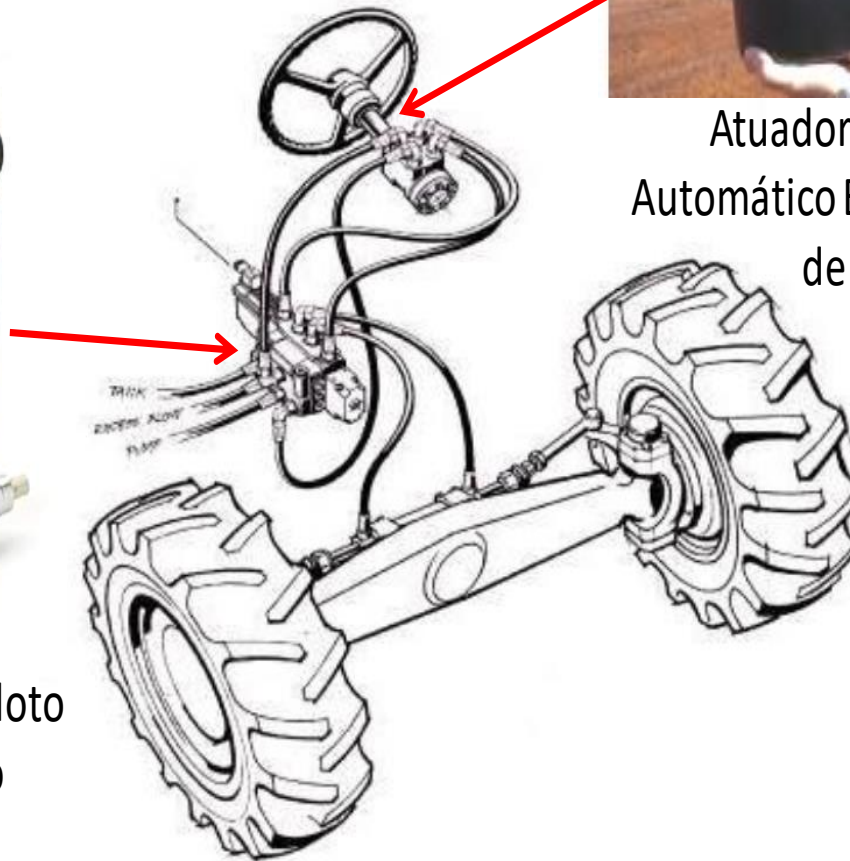


O surgimento dos sistemas de direção automática com GNSS





Bloco de Válvula de um Piloto Automático Hidráulico

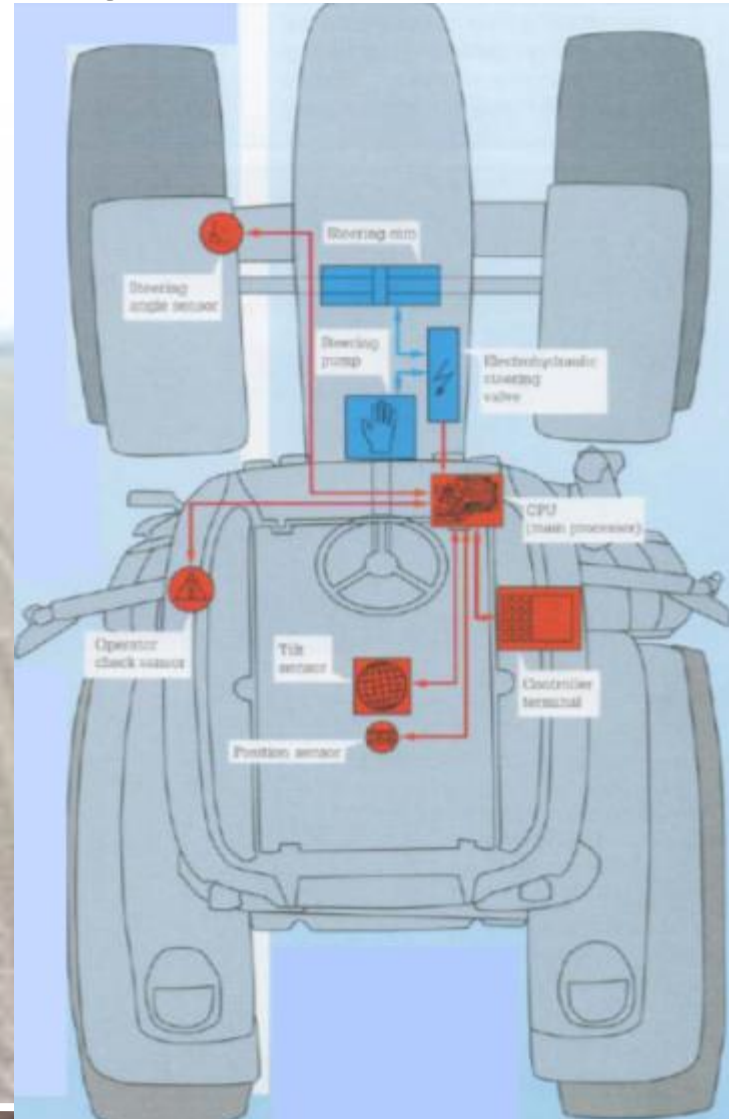


Atuador de um Piloto Automático Elétrico na Coluna de Direção

Adaptado de Timble; John Deere, Salvi (2014)

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



Tipos de sistemas de direção automática:

Atuadores de volante

...motor elétrico na coluna

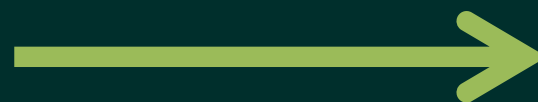




Performance



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 tráfego
- 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)

Canteiro de Cana Otimizado



Coleti, 2009



Tráfego em lavoura de grãos - Australia

Caminhos de rodas na lavoura

Cobertura

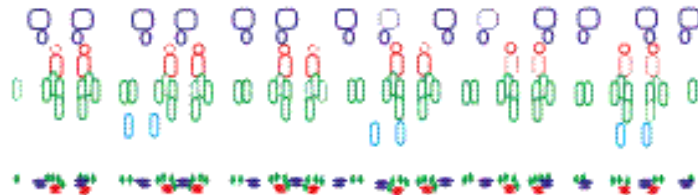
Preparo convencional



Colhedora
Trator e semeadora
Escarificador
Arado de Aiveca
Soma de tráfego

82%

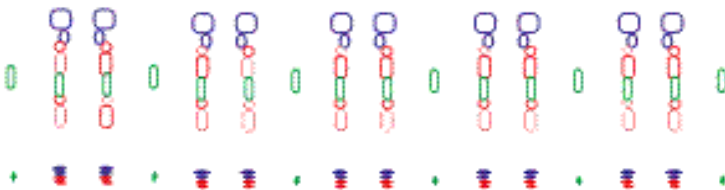
Plantio direto



Colhedora
Trator e semeadora
Pulverizador
Soma de tráfego

46%

Tráfego controlado



Colhedora
Trator e semeadora
Pulverizador
Soma de tráfego

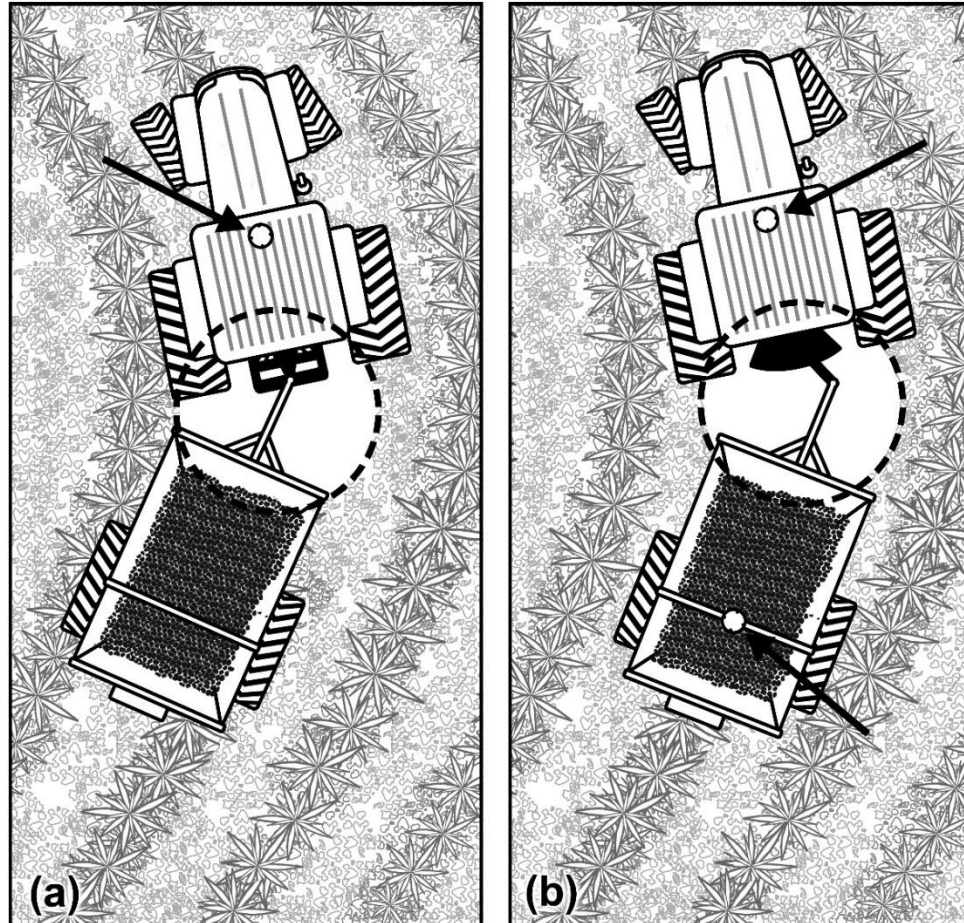
14%

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.

Sistema de direção automática para máquinas e implementos

Sistema ativo



Equipamento de arrasto sem sistema de direção automática

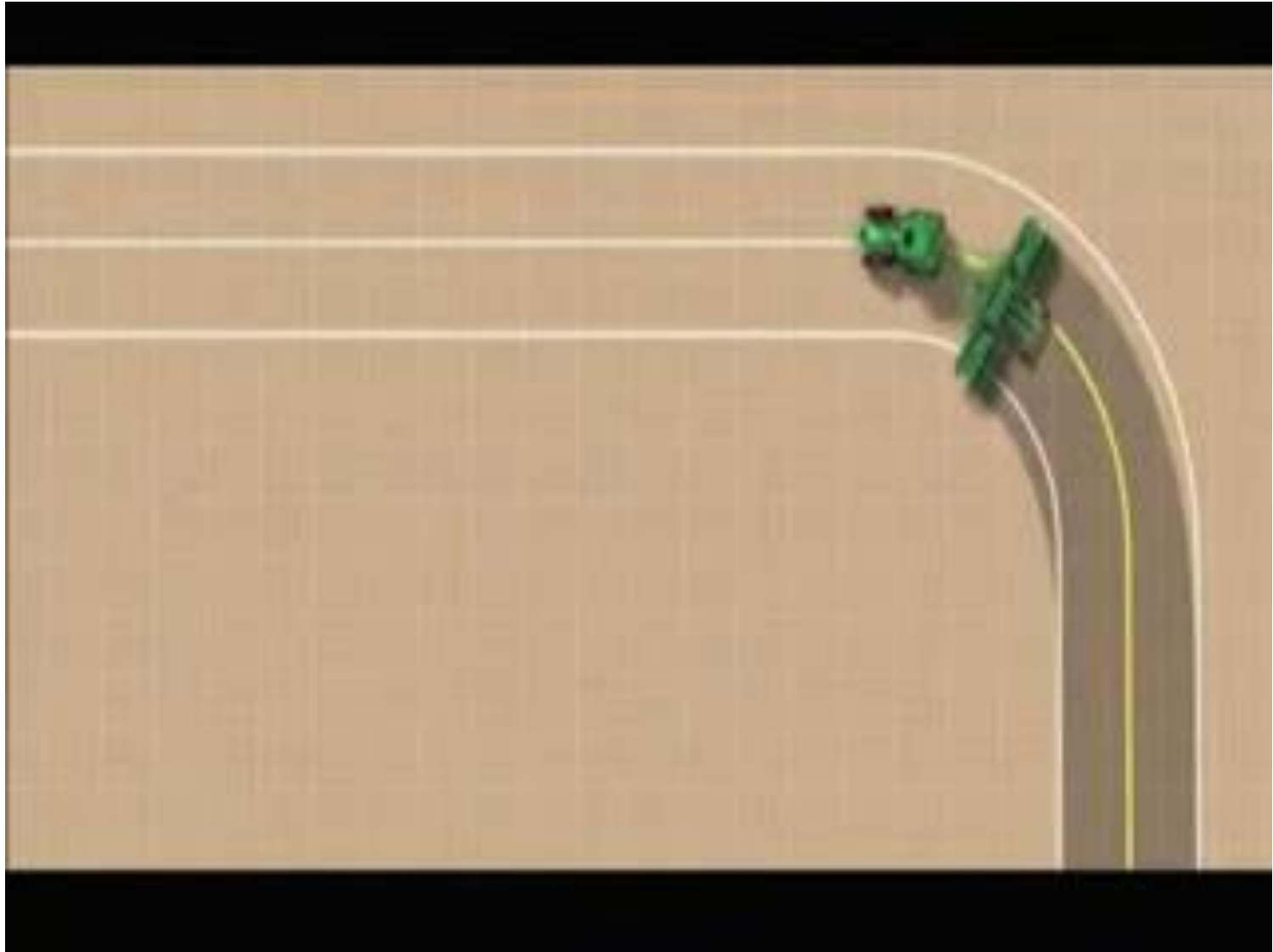
Equipamento de arrasto com sistema de direção automática ativo

Molin et al., 2015

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

Acontecendo:

- **comunicação entre o trator e a máquina**
- comunicação entre o trator/máquina e o sistema gestor e entre conjuntos na frota

Próximos 20 anos:

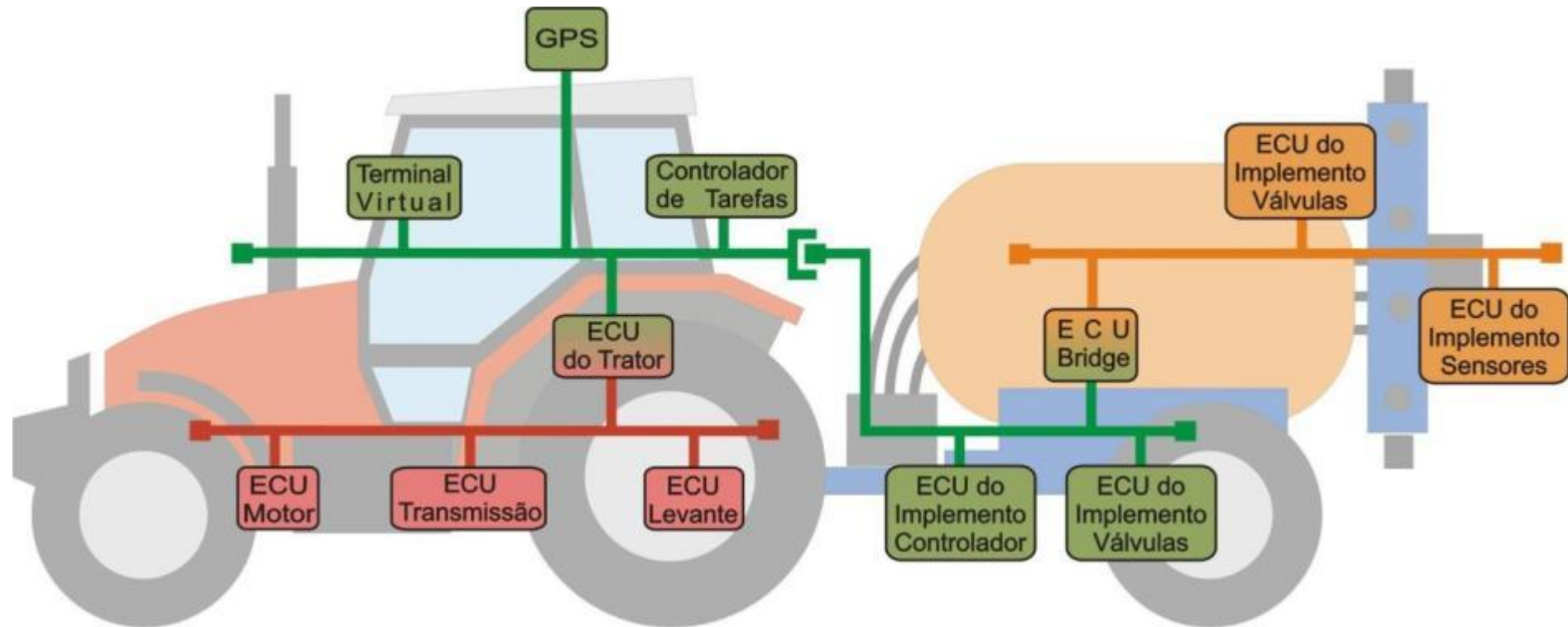
- veículos autônomos
- potência elétrica para acionamentos
- trator elétrico



Padronização da
comunicação
eletrônica entre o
trator e a máquina

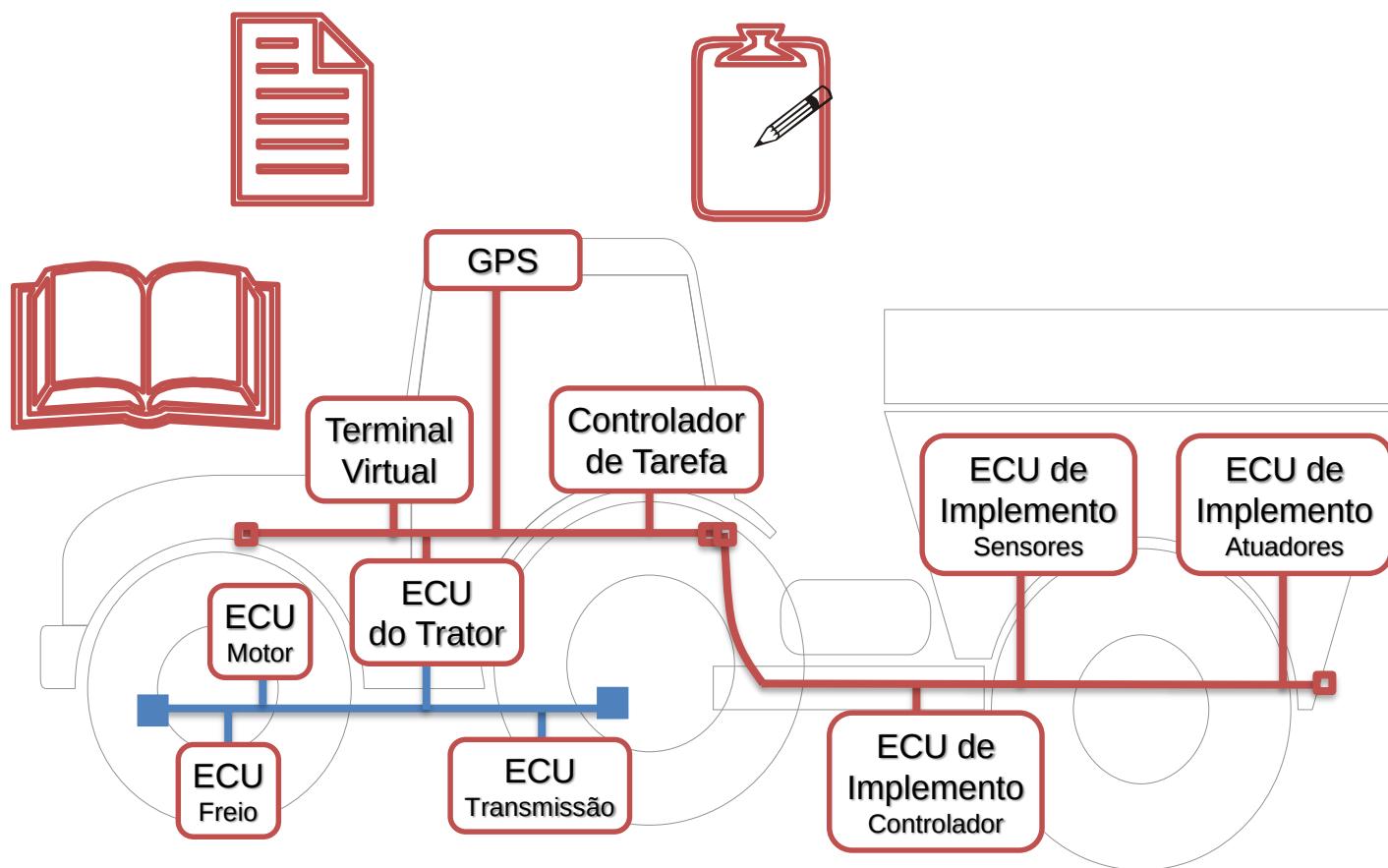


Padronização da comunicação eletrônica entre o trator e a máquina



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

INAMASU, 2010

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

Norma ISO 11783 (ISOBUS)

... 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”)



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

Acontecendo:

- comunicação entre o trator e a máquina
- comunicação entre o trator/máquina e o sistema gestor e entre conjuntos na frota

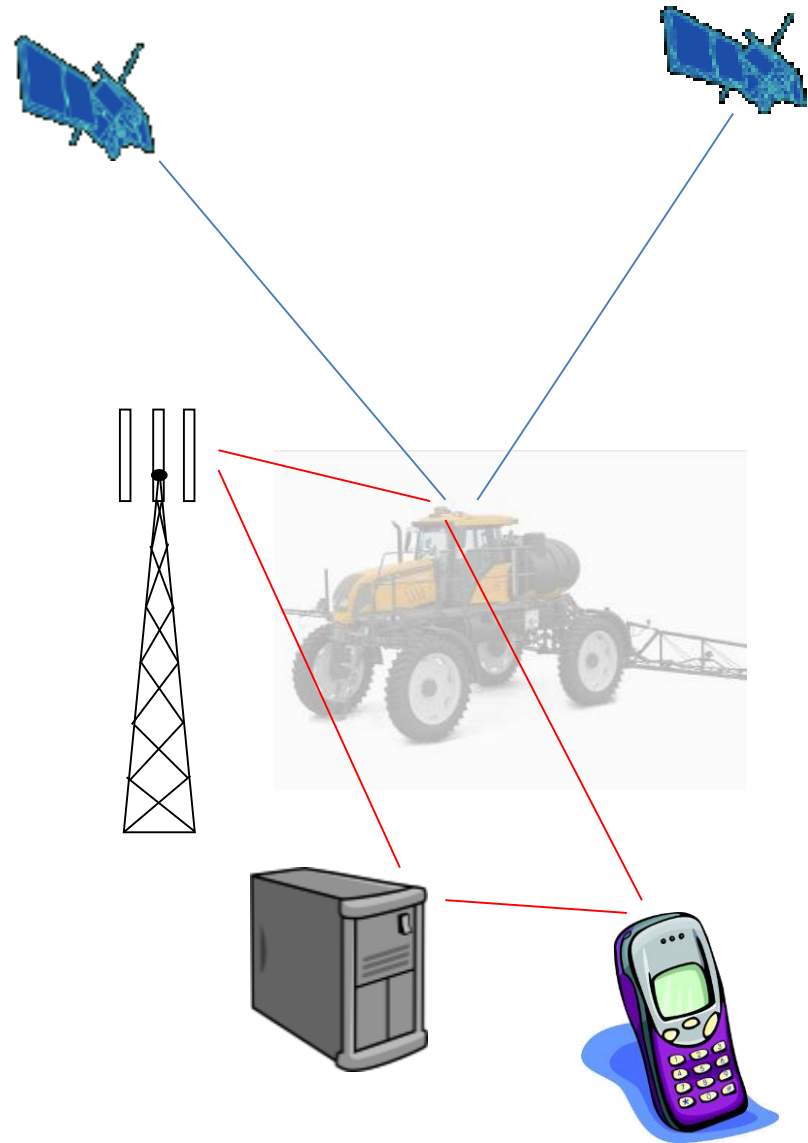
Próximos 20 anos:

- veículos autônomos
- potência elétrica para acionamentos
- trator elétrico

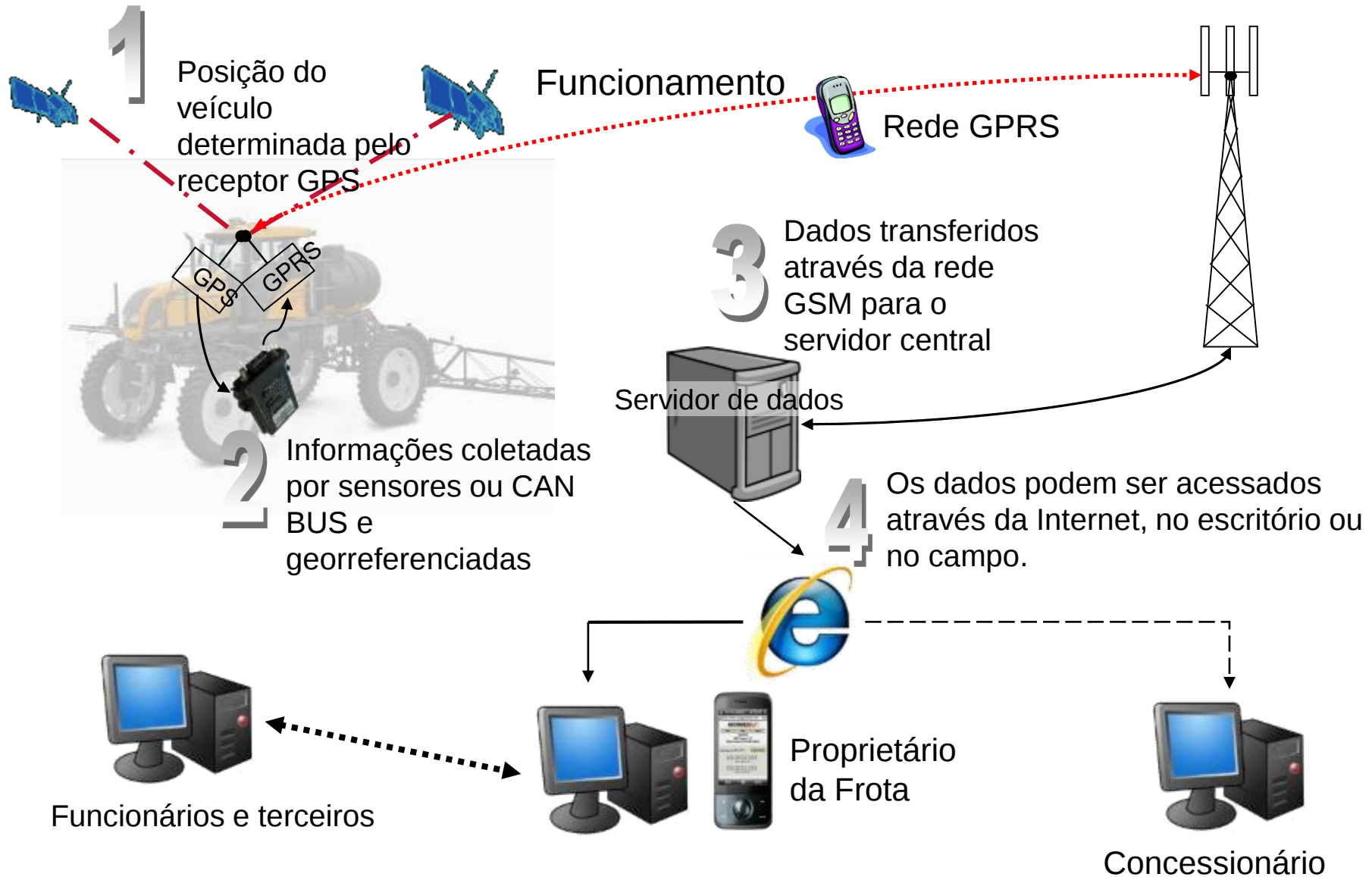
Telemetria

Funções:

Coletar
Gravar/Enviar
Analisar
DADOS!



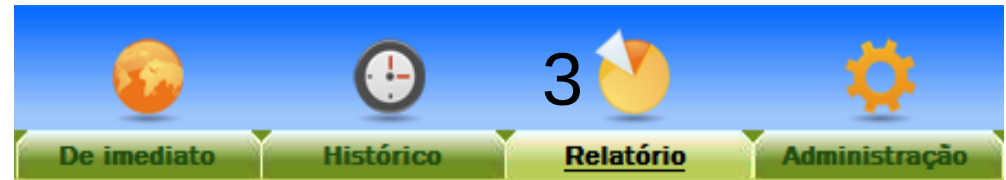
Ex. Sistema AGCOMMAND



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

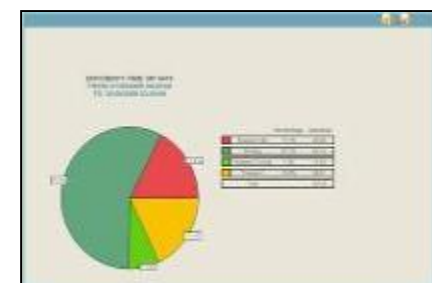
MACHINE	DATE	FUEL CONSUMPTION [L/H]	DISTANCE [KM]	ENGINE HOURS	STOPPED / HOURS	WORKING HOURS	HAZARD HOURS	TRAVELING HOURS	FUEL HOURS [L/HK]	FUEL TOTAL [L]	TOTAL ENGINE HOURS
Manitou MLA	17/11/2009	53.2	25.75	00:00:00	01:05:13	01:45:33	00:00:12	00:27:00	0.0	0.0	0.0
MP 8020	17/11/2009	0.4	14.09	04:00:00	02:01:12	00:00:00	00:03:30	00:10:04	0.0	0.0	3033.0
Sum	17/11/2009		40.34	04:00:00	03:06:25	01:46:13	00:03:46	01:37:04	0.0	0.0	3033.0
Average	17/11/2009	26.9	20.17	02:00:00	01:23:12	00:53:06	00:00:52	00:24:17	0.0	0.0	1507.5

AGCOMMAND

Service for sensor

Table

Machine	Clock	Actual	Unit	Total service	To real	Day real	Days in field	Order	Service time	Service cost	Comments
877202	100	h	200	100	2507:00	-74	X	General inspection			
877202	100	h	50	-50	2507:00	-74	X	Oil service			1 service
877202	200	h	200	-10	2708:00	-43	X	Oil service			
877202	200	h	50	-10	2708:00	-43	X	Oil service			

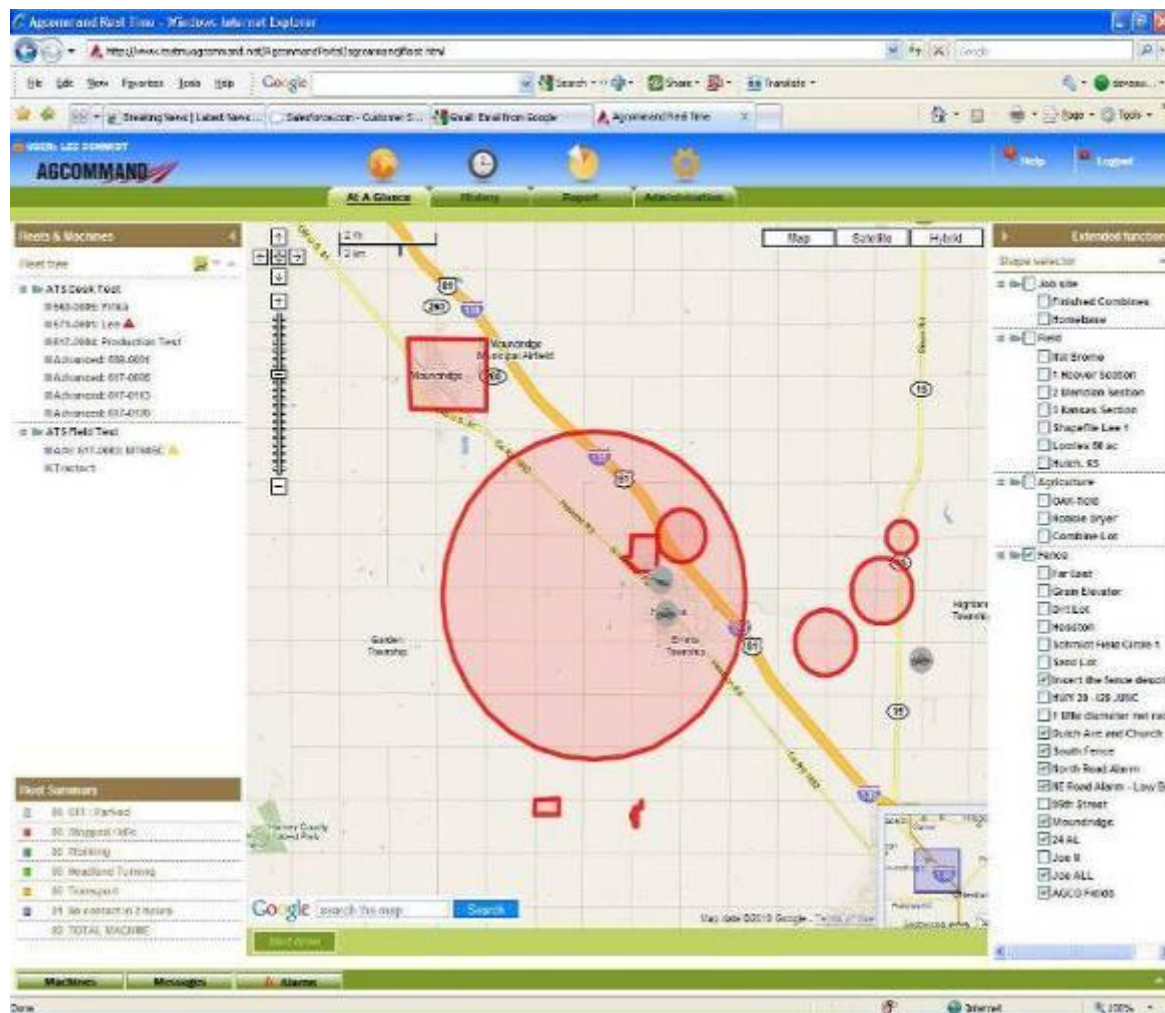


Geoformas e Cerca Limitadoras

Geoforma (Áreas)



Cerca Limitadora - Alarmes



Comunicação entre os conjuntos mecanizados

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

Acontecendo:

- comunicação entre o trator e a máquina
- comunicação entre o trator/máquina e o sistema gestor e entre conjuntos na frota

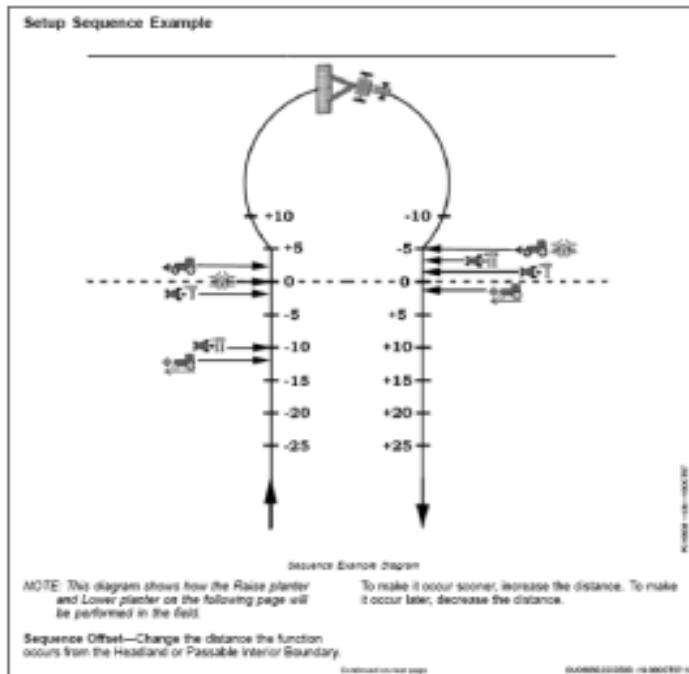
Próximos 20 anos:

- **veículos autônomos**
- potência elétrica para acionamentos
- trator elétrico

Tecnologia de manobra autônoma de cabeceiras



Tecnologia de manobra autônoma de cabeçeiros



Intelligent Total Equipment Control
(John Deere iTEC Pro™ Guidance Systems)

UK
UNIVERSITY OF
KENTUCKY

Setup Sequences			
Sequence	Function	A	B
1	↑	3.5 (m)	-12.0 (m)
2	↓	Extend	-18.0 (m)
3	↓	Extend	-2.0 (m)
4	↓	Off	0.0 (m)
5	↓	Off	2.0 (m)

Raise Planter Sequence

Setup Sequences			
Sequence	Function	A	B
1	↑	On	5.0 (m)
2	↓	On	-5.0 (m)
3	↓	TRACT	-4.0 (m)
4	↓	TRACT	-2.0 (m)
5	↓	5.5 (m)	1.0 (m)

Lower Planter Sequence

A—Sequence Drop-Down Menu C—Function E—Distance
B—Record/Stop Button D—Action F—Previous Function Page G—Next Function Page

040000000000 19-000CT07-02





Eletrônica embarcada no trator

Dos anos 1980 a 2000 – automação de comandos da cabine

Década de 2000 – sistemas de direção automática se consolidam

Acontecendo:

- comunicação entre o trator e a máquina
- comunicação entre o trator/máquina e o sistema gestor e entre conjuntos na frota

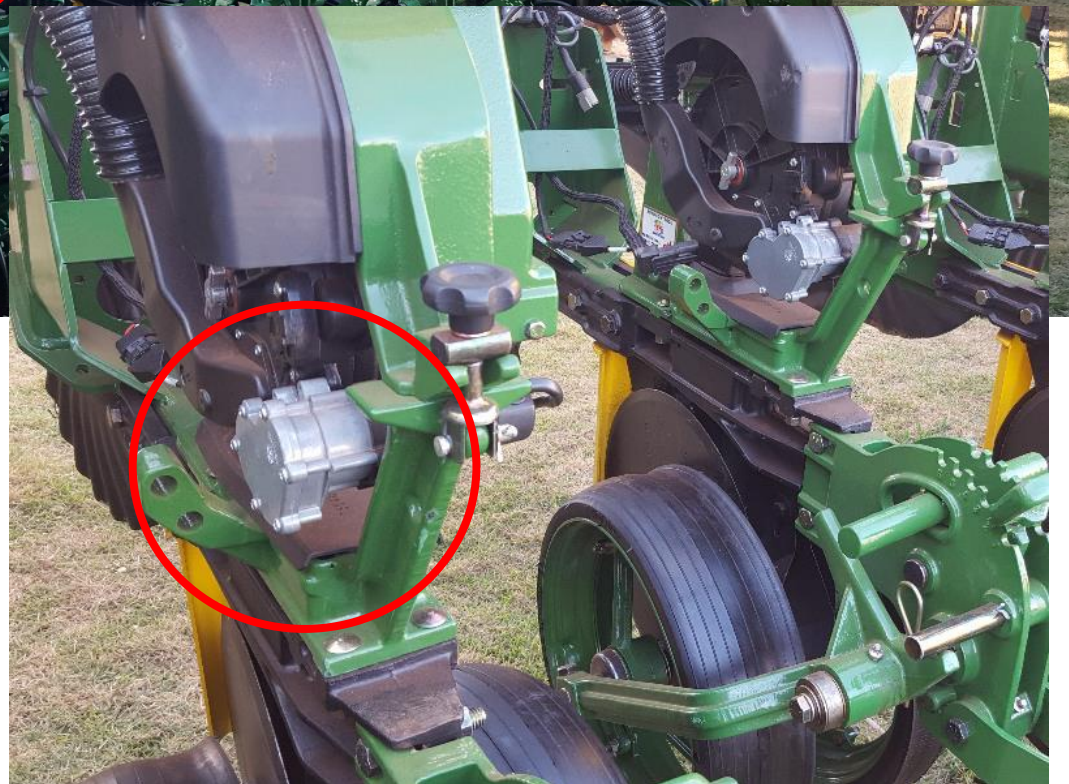
Próximos 20 anos:

- veículos autônomos
- **potência elétrica para acionamentos**
- trator elétrico



Agritechnica 2011





Agrishow 2016



Propulsores elétricos diretamente no rodado



Agritechnica 2011

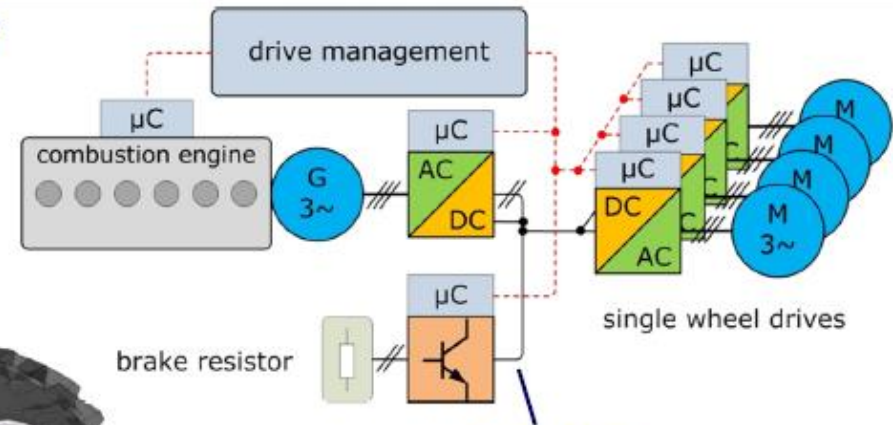
combustion engine
95 kW at 2000 1/min

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



Eletrônica embarcada no trator

Dos anos 1980 a 2000 – automação de comandos da cabine

Década de 2000 – sistemas de direção automática se consolidam

Acontecendo:

- comunicação entre o trator e a máquina
- comunicação entre o trator/máquina e o sistema gestor e entre conjuntos na frota

Próximos 20 anos:

- veículos autônomos
- potência elétrica para acionamentos
- **trator elétrico**



Volvo CE unveils electric wheel loader



www.ivtinternational.com/news; 09/2018

Electric tractors by 2020?

John Deere SESAM prototype

- 174hp continuous power
- 4-hour run time between charges
- 6R Series tractor chassis





www.solectrac.com



<https://tecnoblog.net>



Paralelo a tudo isso
vem a robótica,
mas é outra
história...

