

LEB0432 – Máquinas e Implementos Agrícolas

Mecanização e a Agricultura de Precisão



USP



ESALQ



ENGENHARIA DE
BIOSISTEMAS
USP - ESALQ

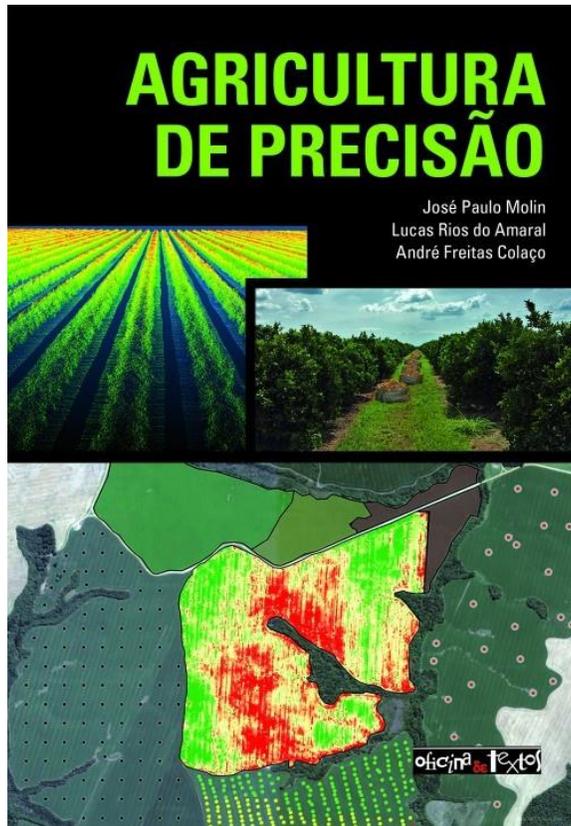
José P. Molin
jpmolin@usp.br

Objetivos

- Abordar a agricultura de precisão, conceituação, técnicas e tecnologias envolvidas e a sua forte interação com as operações mecanizadas
- Apontar os componentes e tecnologias já disponíveis para as operações mecanizadas

Bibliografia

Material no e-Disciplinas



www.ofitexto.com.br

Bibliografia

MOLIN, J. P., AMARAL, L. R., COLACO, A. F. Agricultura de precisão. São Paulo: Oficina de Textos, 2015 p.238.

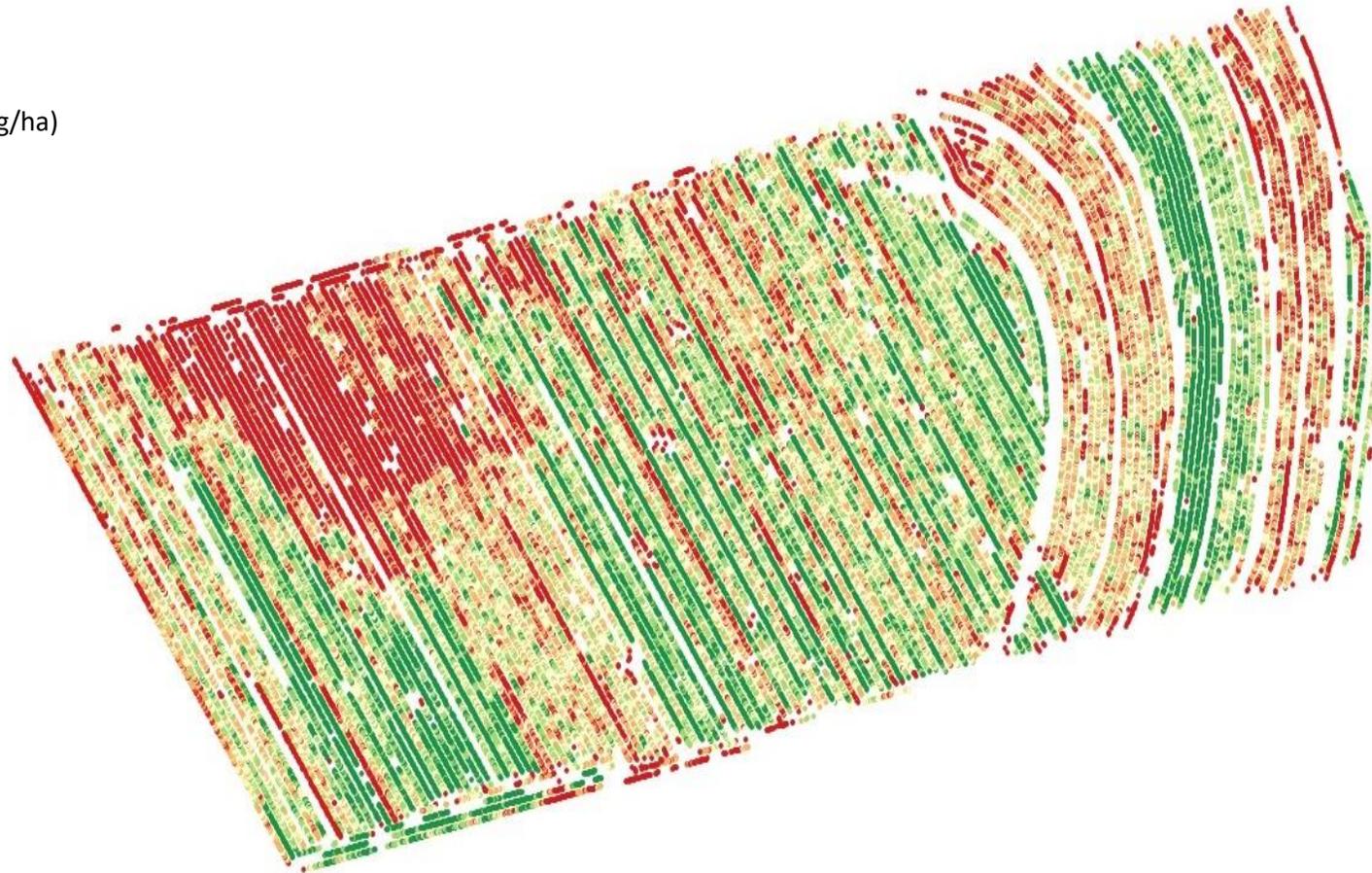
O que é Agricultura de Precisão?

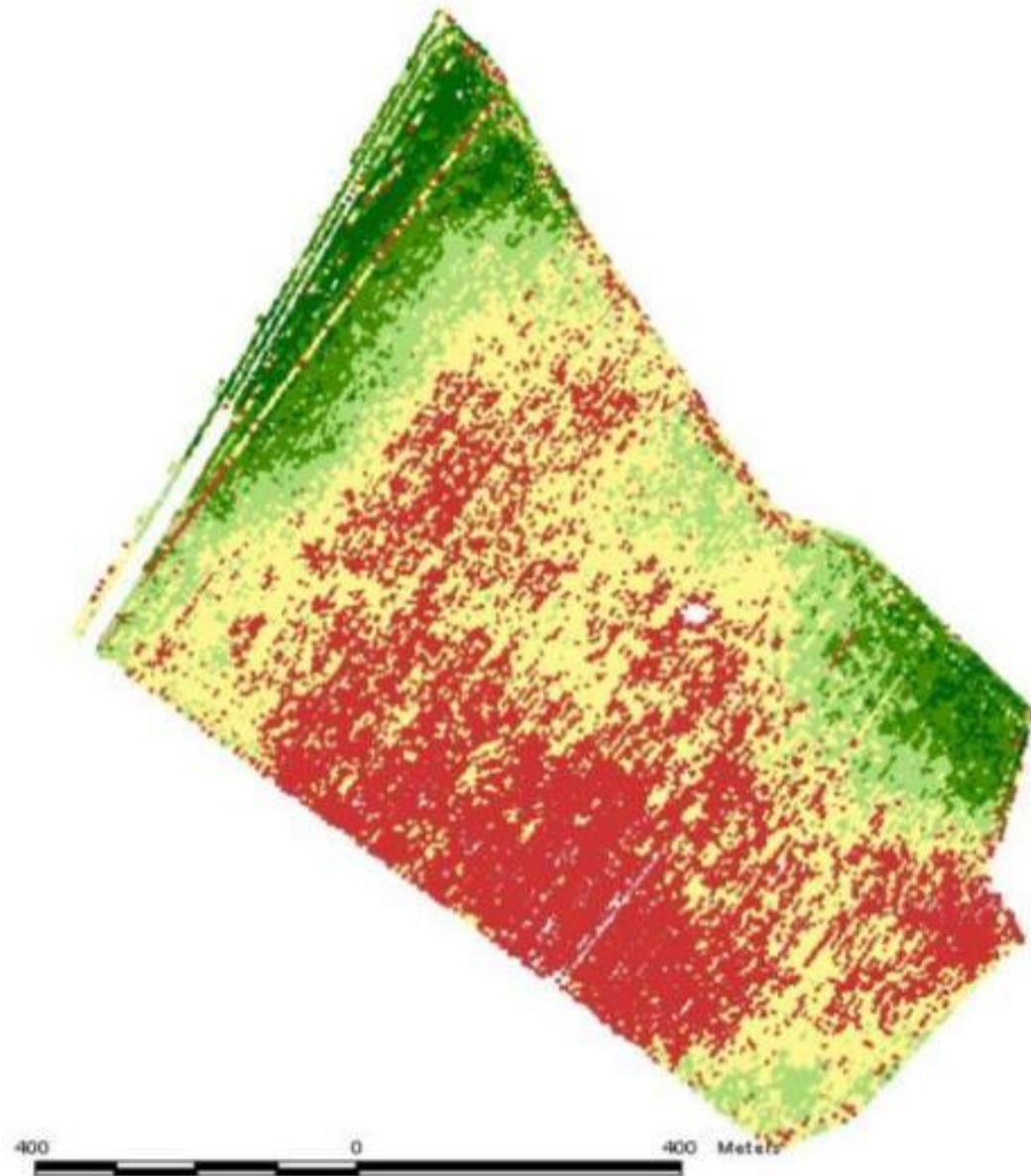
Praticar AP é gerenciar o sistema considerando que
as lavouras não são uniformes

Soja

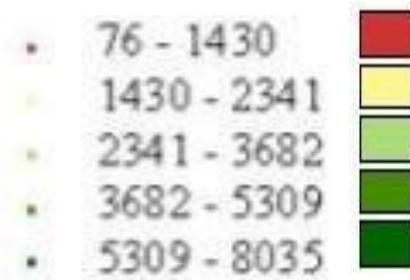
Produtividade (kg/ha)

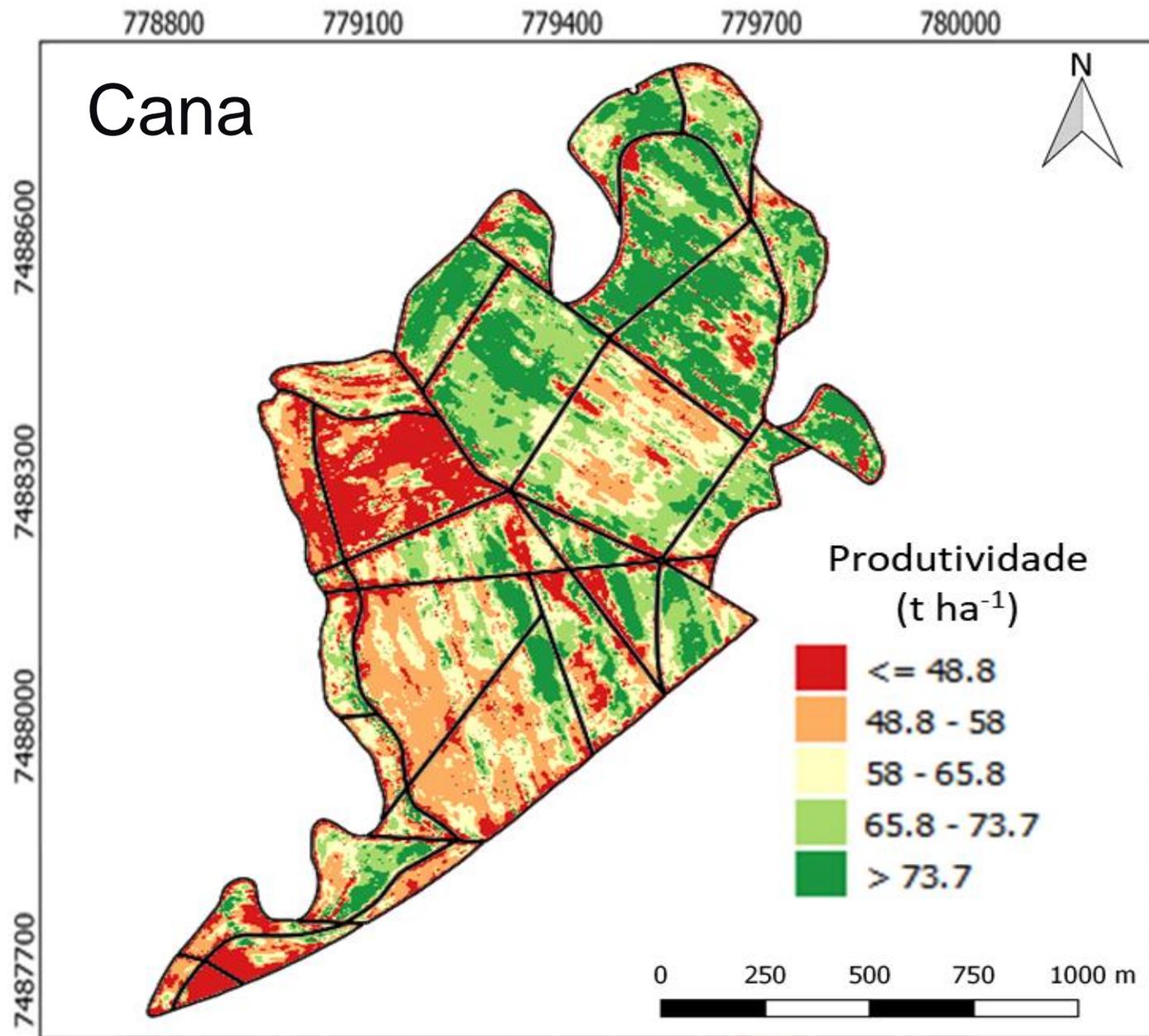
- 100 - 4100
- 4100 - 4500
- 4500 - 4800
- 4800 - 5300
- 5300 - 7200

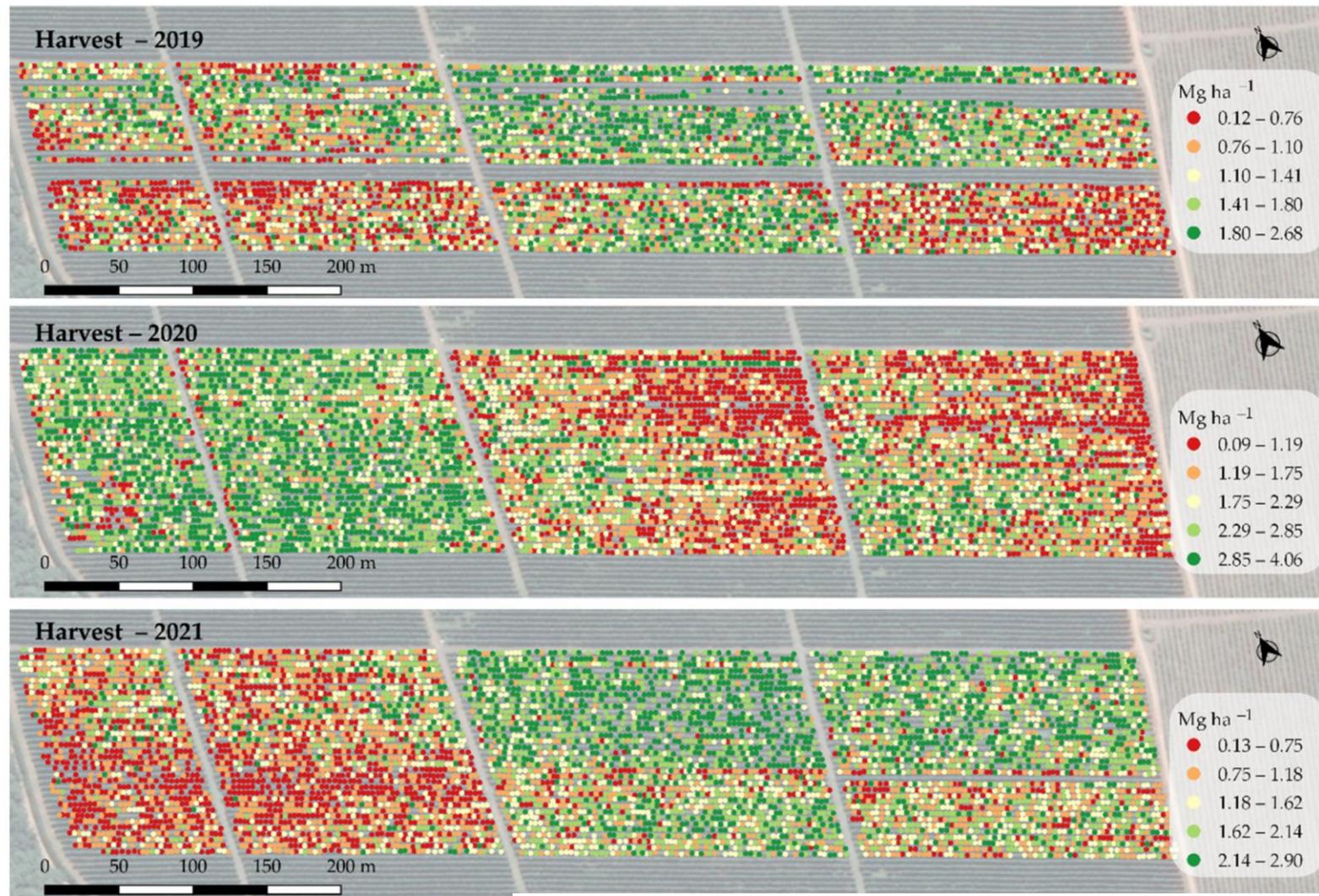




Milho (kg ha^{-1})







Received: 18 April 2022

Accepted: 3 May 2022

Published: 9 May 2022

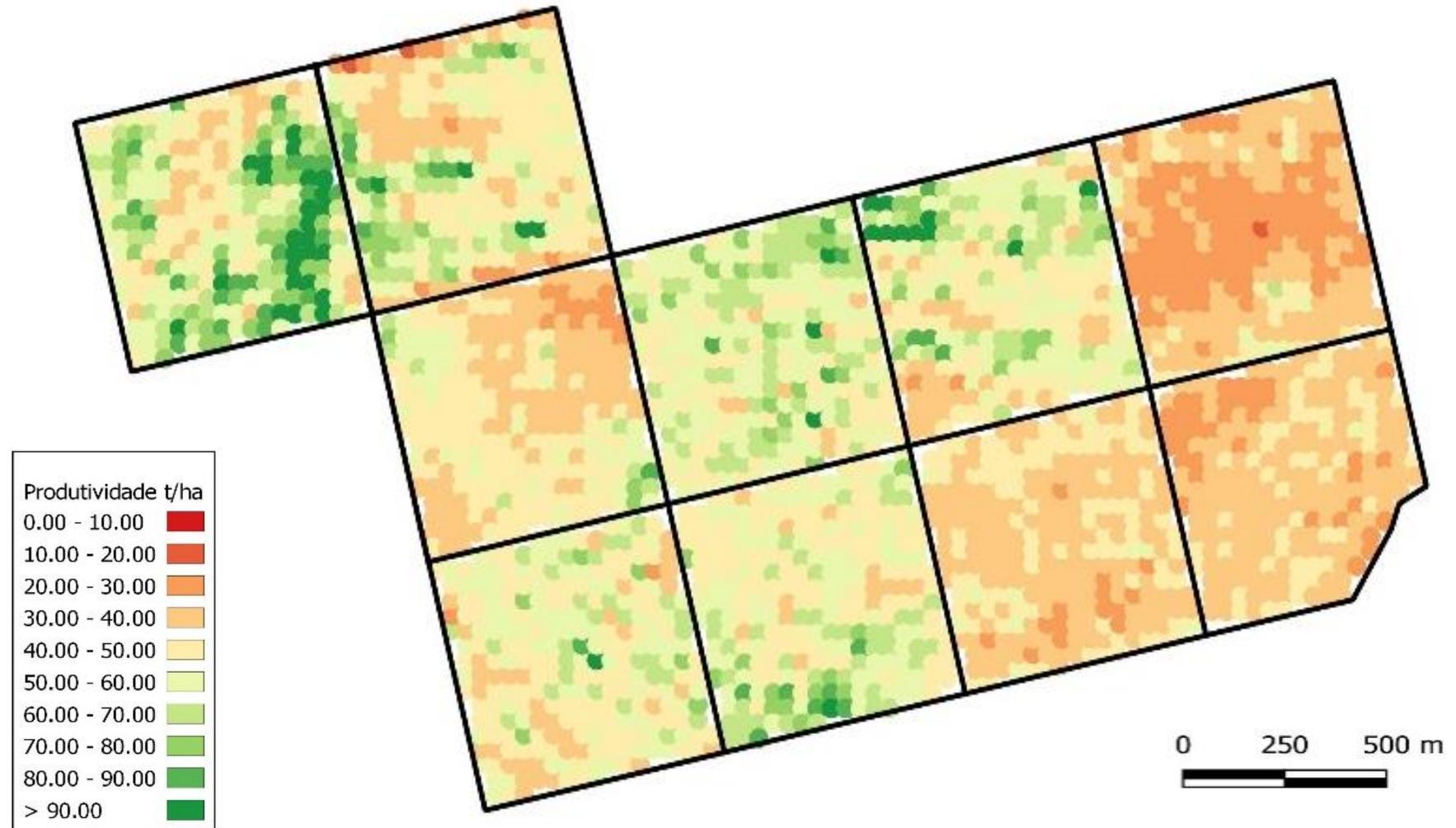


Article

Obtaining and Validating High-Density Coffee Yield Data

Mauricio Martello ^{*}, José Paulo Molin [†] and Helizani Couto Bazame [†]

Laranja



Uma definição simples:

AP é **gerenciar** o sistema de produção **considerando a variabilidade** espacial e temporal das lavouras...

...e **tirar proveito** (econômico, ambiental) dessas desuniformidades...

...sempre que elas forem relevantes.

Trata-se de um conjunto de ferramentas e tecnologias aplicadas para permitir um sistema de gerenciamento agrícola baseado na variabilidade espacial e temporal da unidade produtiva e visa ao aumento de retorno econômico e à redução do impacto ao ambiente.

Comissão Brasileira de Agricultura de Precisão, Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento (2013)

É uma estratégia de gestão que reúne, processa e analisa dados temporais, individuais e espaciais e os combina com outras informações para apoiar as decisões de gestão de acordo com a variabilidade estimada para melhorar a eficiência no uso de recursos, produtividade, qualidade, rentabilidade e sustentabilidade da produção agropecuária.

Versão compacta:

É uma estratégia de gestão que considera a variabilidade temporal e espacial para melhorar a sustentabilidade da produção agrícola.

ISPA - International Society of Precision Agriculture (2019)

AP e as suas principais vertentes

- Variabilidade espacial
 - Investigação e mapeamento (amostragens, sensores e SIG)
 - Gestão (uso de insumos localizados e em taxas variáveis)
 - Estratégias para intensificar a produção
- Tecnologias
 - Associadas às máquinas: sistemas de direção automática, telemetria, controle de tráfego, automações como o controle automático de seções e tantas outras
 - Plataformas digitais, aplicativos, etc...

Tamanho do mercado de AP no Brasil

Cultura	Estado	Hectares Plantados (Ha)	Ha
SOJA	Bahia	1,913,533	Total Soja 36,341,022
	Goiás	3,557,430	
	Maranhão	862,588	
	Mato Grosso	9,700,908	
	Mato Grosso do Sul	2,961,289	
	Minas Gerais	2,179,283	
	Paraná	5,051,217	
	Piauí	847,545	
	Rio Grande do Sul	6,760,861	
	São Paulo	1,260,790	
Tocantins	1,245,578		
CANA	Goiás	972,350	Total Cana 5,428,410
	São Paulo	4,716,060	
ALGODÃO	Bahia	439,370	Total Algodão 1,342,760
	Mato Grosso	903,390	
Total Geral			43,112,192

Cultura	Taxa de Adoção AP (%)	Areas de Uso AP (Ha)
SOJA	34%	12,519,355
CANA	14%	779,424
ALGODÃO	66%	886,468
Total Geral	33%	14,185,247

Parâmetros adotados:

- Valores incluindo despesas de software, hardware e com terceiros de AP.
- Taxa de Adoção: Base de dados IHS Markit coletados do projeto: 8a. Edição Perfil do Produtor Rural Brasileiro ABMRA 2021
- Os Estados: MA, PI e TO foram agrupados = MAPITO



Utilização de AP nos processos produtivos

Aplicação em Taxa Variada

Processos Produtivos Taxa de aplicação (%)	Total	Algodão	Cana	Soja
Calcário	85%	78%	84%	86%
Gesso	38%	11%	57%	39%
Fertilizantes no plantio	36%	21%	22%	38%
Fertilizantes em cobertura	31%	12%	15%	33%
Fertilizantes foliares	2%	0%	2%	2%
Monit. de Pragas com AP	7%	6%	13%	7%
Defensivos (Químicos ou Biológicos)	2%	2%	8%	1%
Base Abs.	700	70	72	558

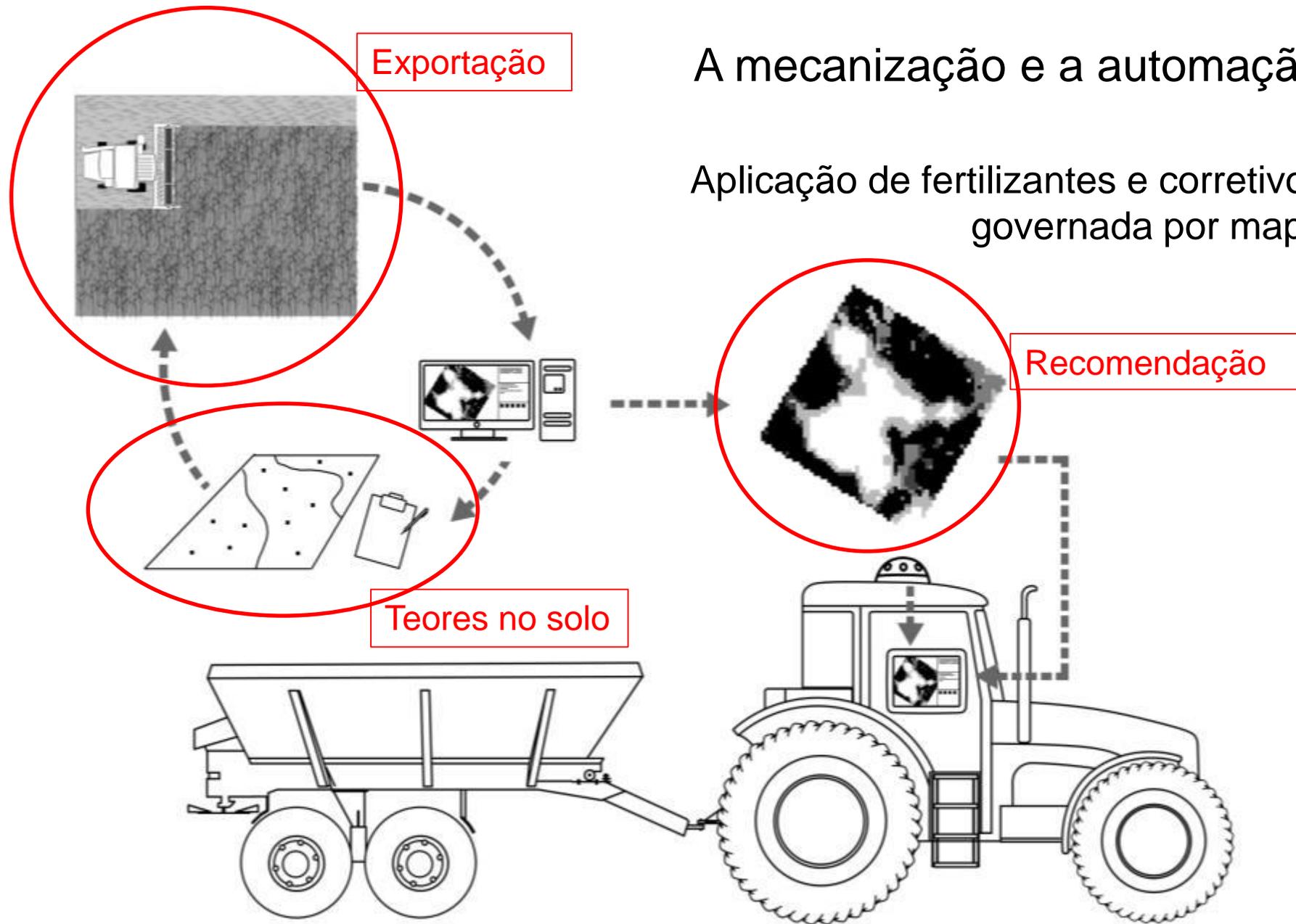
Filtro56 - Realiza aplicação em taxa variável de calcário?
 Filtro67 - Realiza aplicação em taxa variável de gesso? variável de fertilizantes em adubação de plantio?
 Filtro90 - Realiza aplicação em taxa
 Filtro78 - Realiza aplicação em taxa variável de fertilizantes granulados em cobertura?
 Filtro102 - Realiza aplicação em taxa variável de fertilizantes foliares?
 P133 - Realização o monitoramento de Pragas com ferramenta de AP?
 Filtro147 - Realiza aplicação em taxa variável de Defensivos (Químicos ou Biológicos)?

Confidencial. © 2022 IHS Markit®. All rights reserved.



A mecanização e a automação

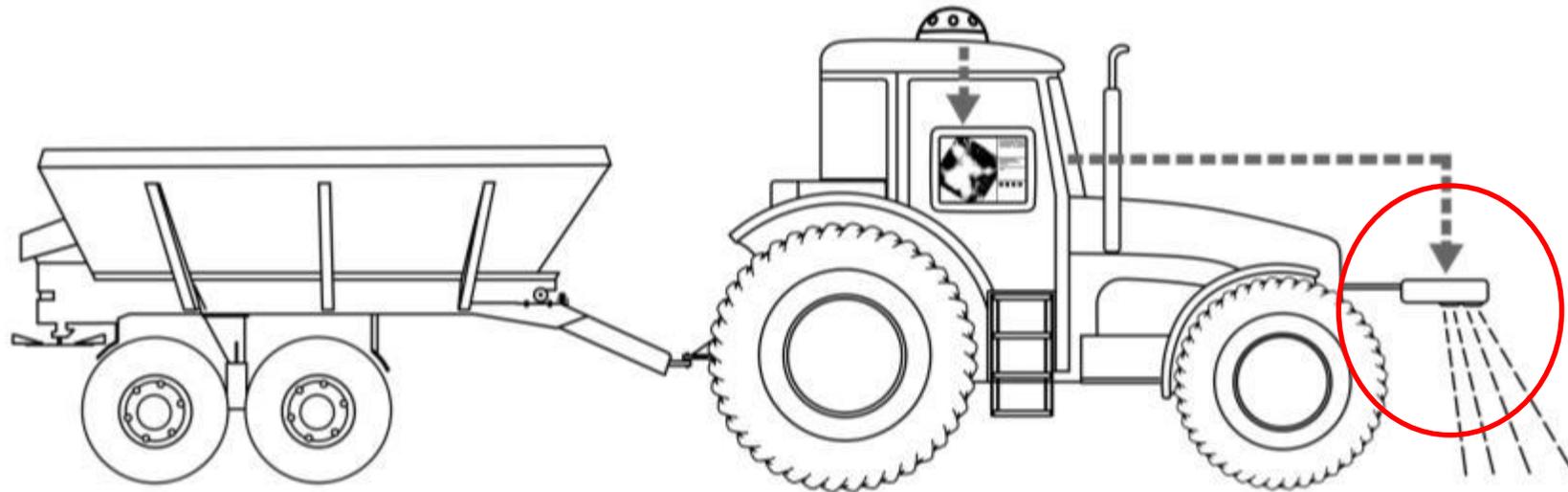
Aplicação de fertilizantes e corretivos governada por mapa



A mecanização e a automação

Aplicação em tempo real

...governada por sensor ou outras formas de inteligência artificial



Como avançar nessa automação ?

Soluções digitais na AP

Aquisição de dados

Ferramentas avançadas de análise

Diagnóstico e recomendações

Desafios e limitações para intervenções
baseadas em dados

Dados de

Solo

Plantas

Produto final (quantidade, qualidade)

Ambiente

Máquinas

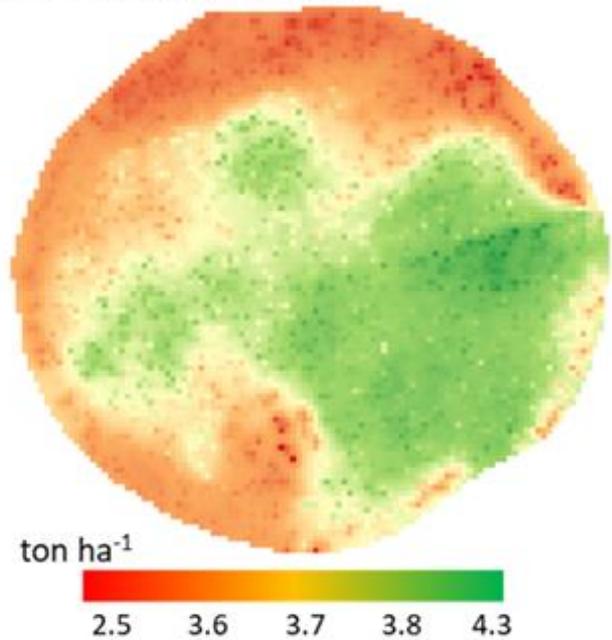
Mapas de produtividade

Os mapas de produtividade servem para:

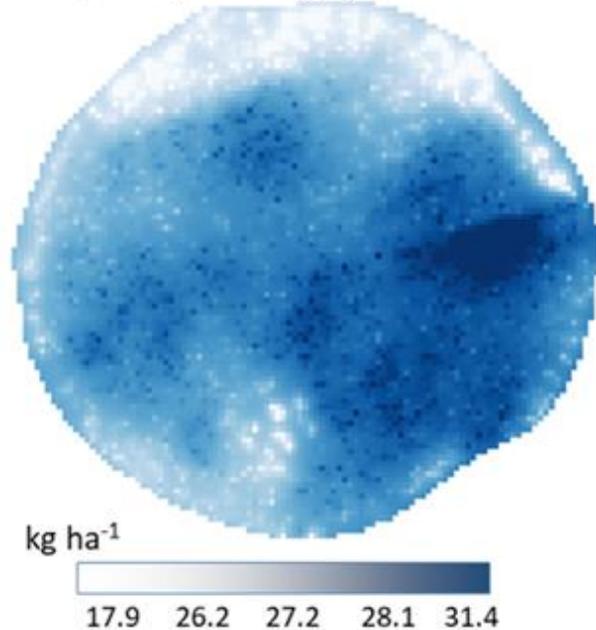
- Documentar
- Entender a variabilidade espacial e temporal da lavoura
- Investigar as suas possíveis causas
- Guiar as investigações (direcionar as amostragens)
- Delimitar regiões (unidades de gestão diferenciada ou “zonas de manejo”)
- Permitir a experimentação na fazenda
- Calcular espacialmente as quantidades de nutrientes exportados
- Produzir o mapa dos lucros e do prejuízos

Gestão da exportação de nutrientes

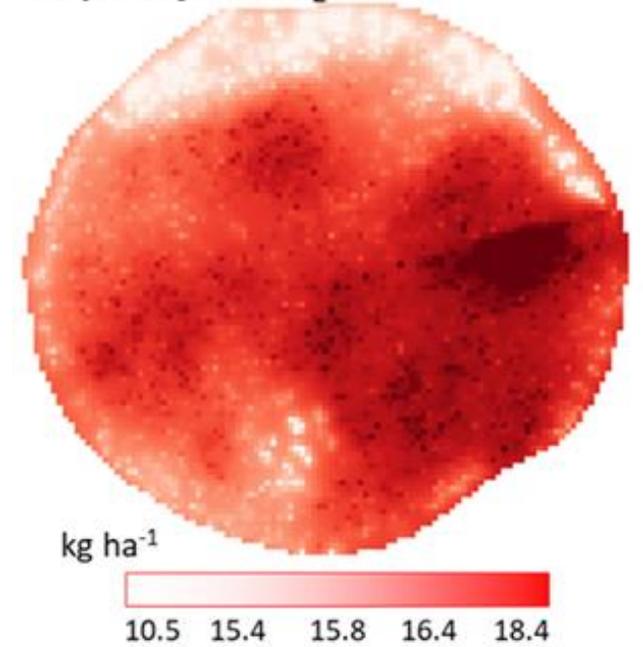
Produtividade de trigo



Exportação de P₂O₅



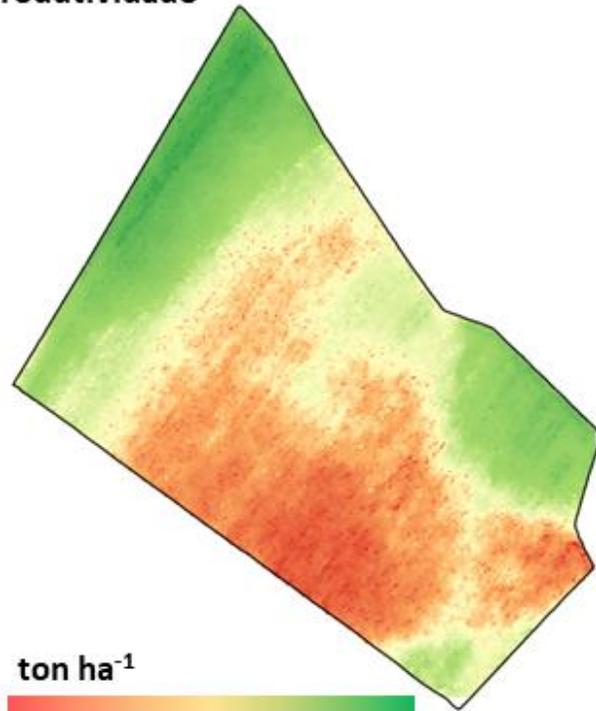
Exportação de K₂O



Maldaner; Wei; Molin (2019)

Gestão financeira espacializada

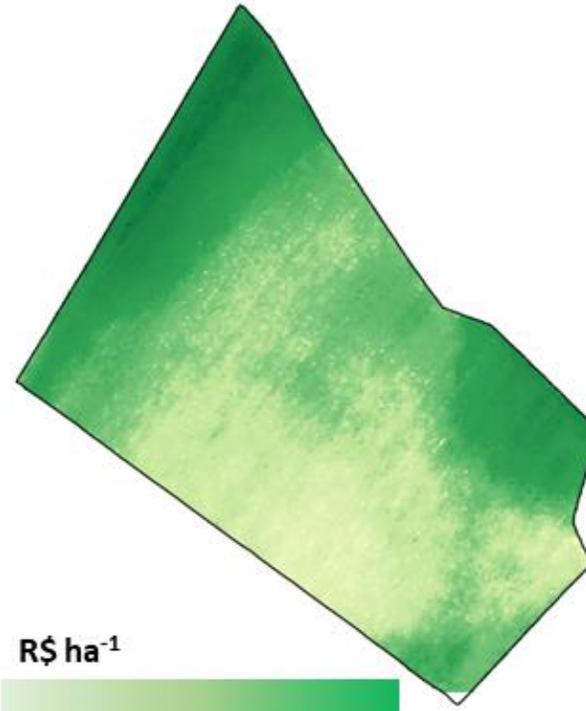
Produtividade



ton ha^{-1}

0.7 1.4 1.7 2.4 7.4

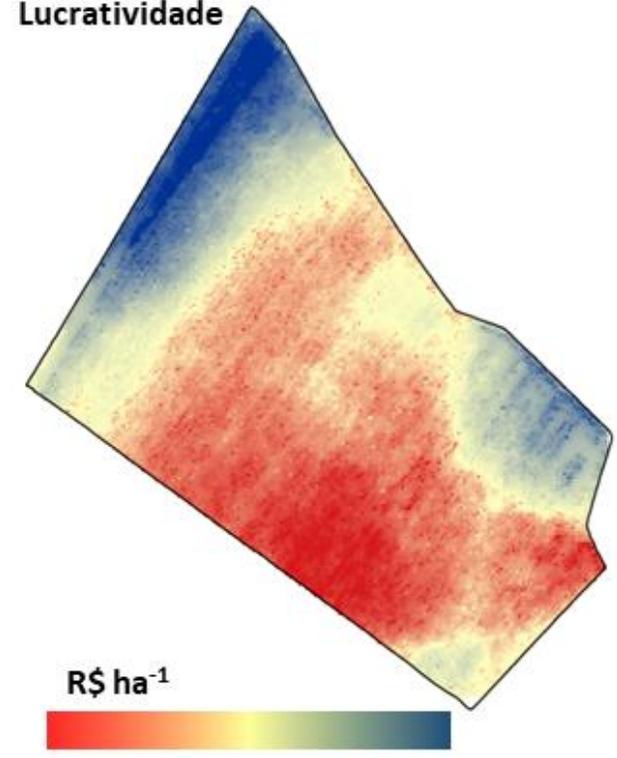
Entrada



$\text{R\$ ha}^{-1}$

428 834 991 1441 4362

Lucratividade



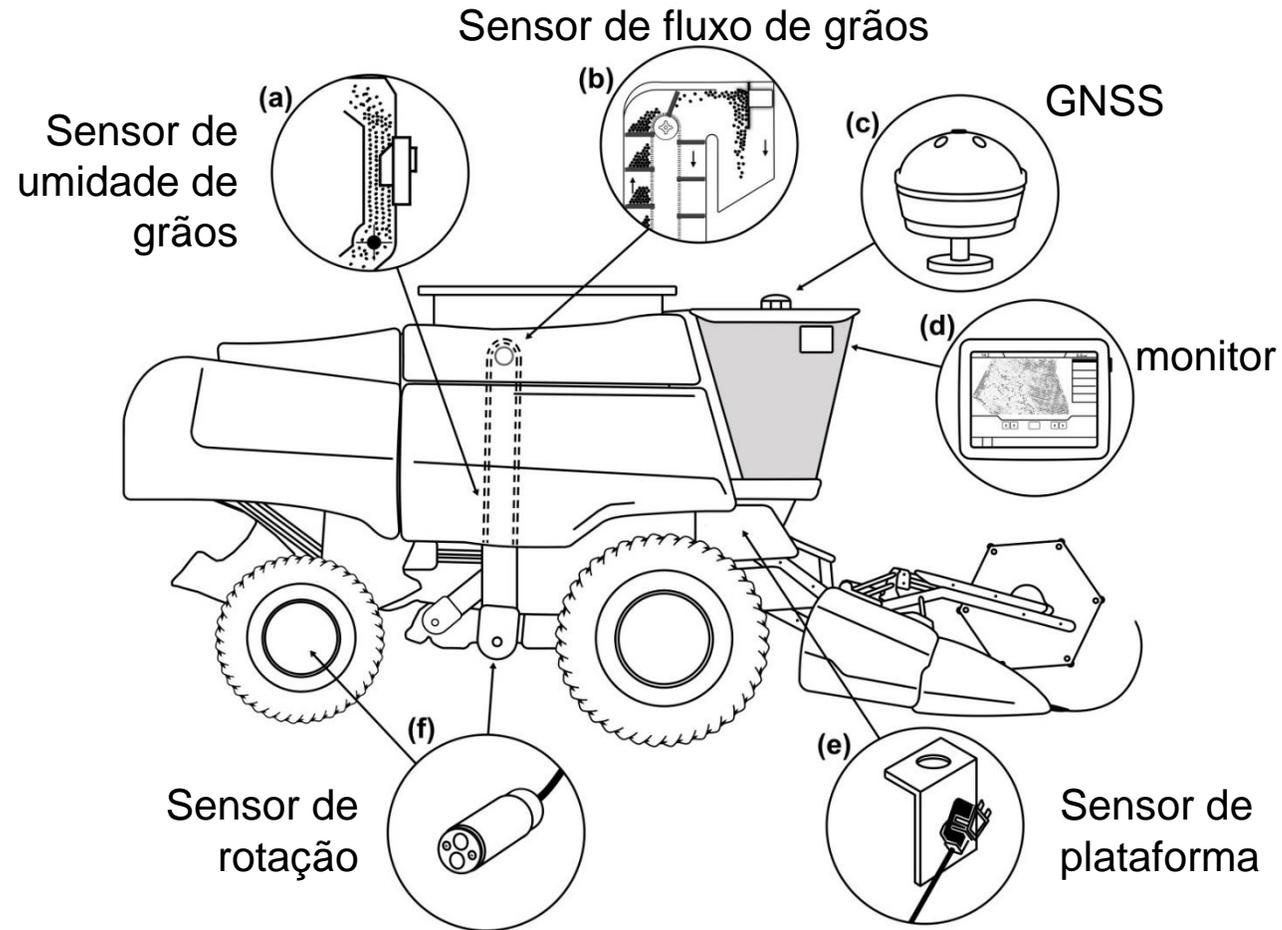
$\text{R\$ ha}^{-1}$

-250 0 2100

Maldaner; Wei; Molin (2019)

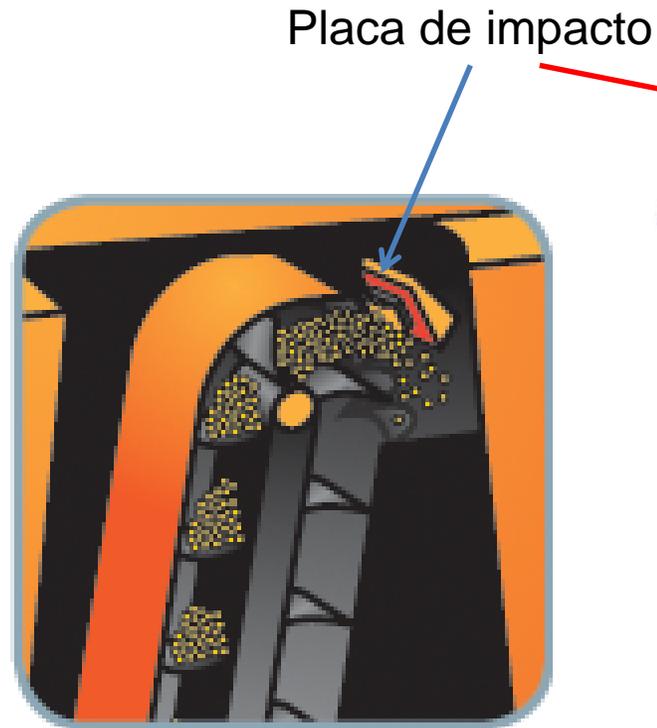
Mapas de produtividade

Monitores de produtividade - componentes necessários

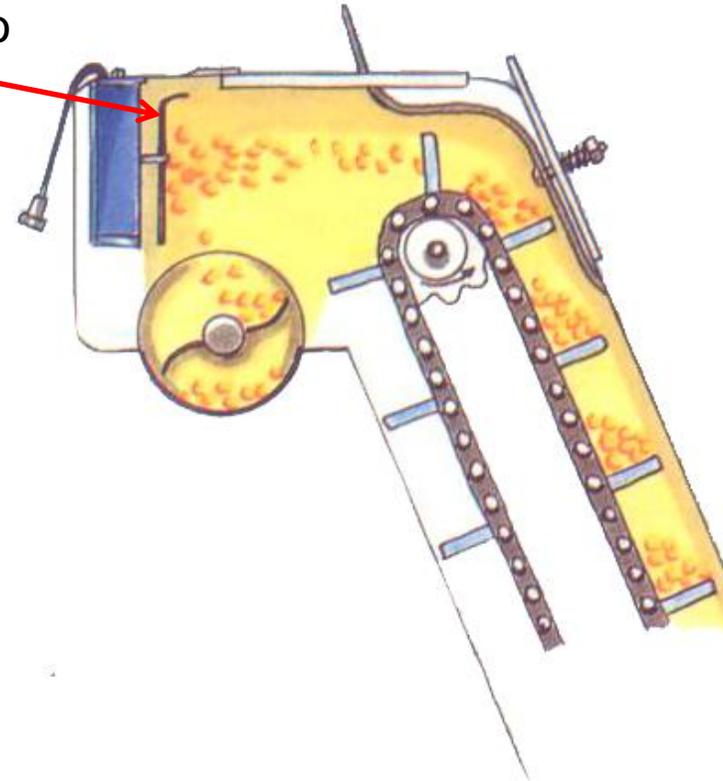


Sensores gravimétricos

Elevador de taliscas

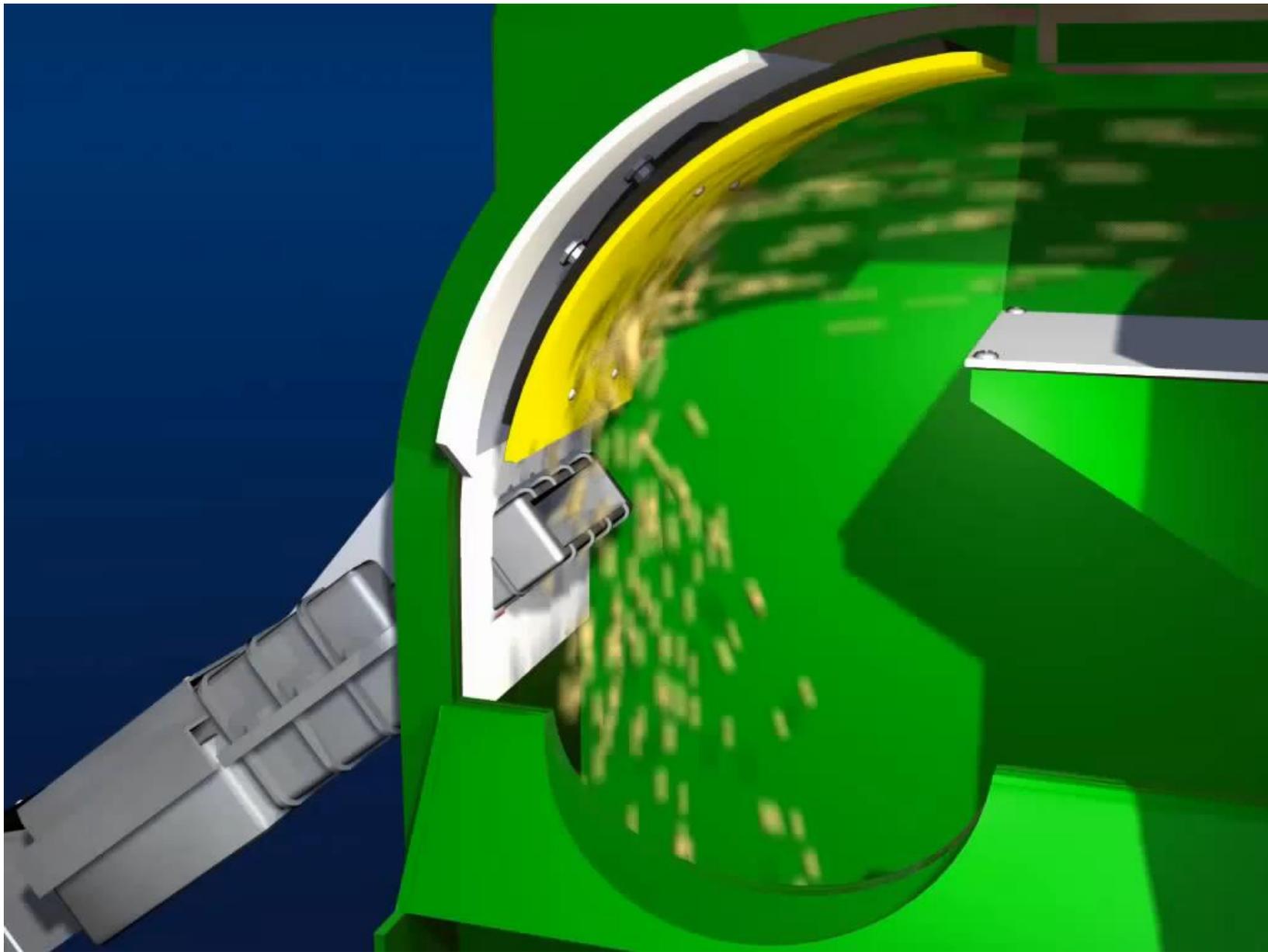


<http://www.agleader.com>

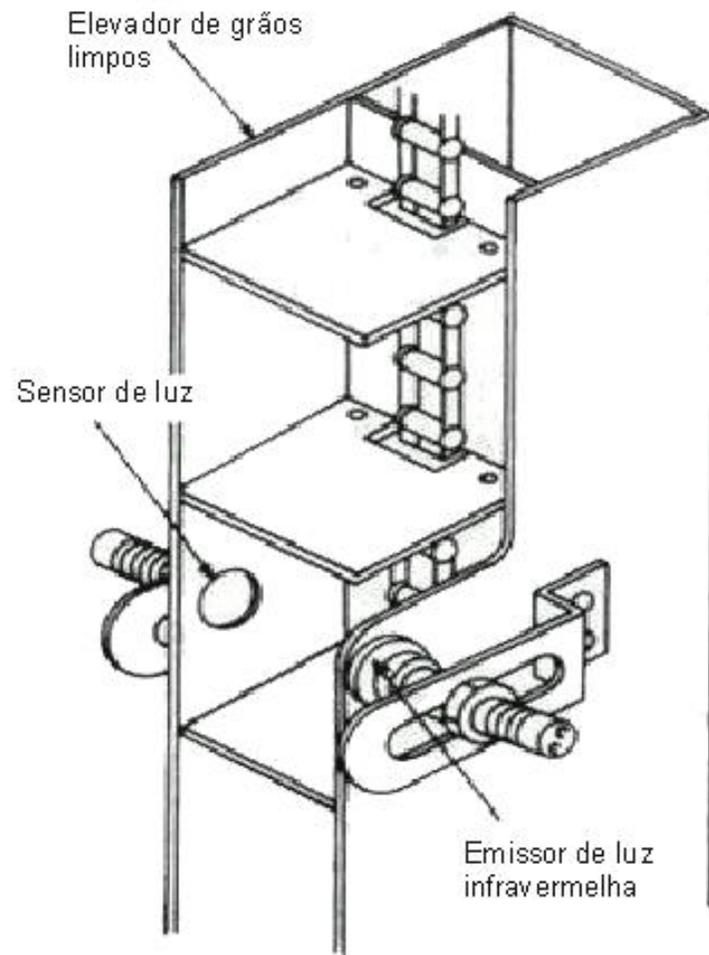


Profi

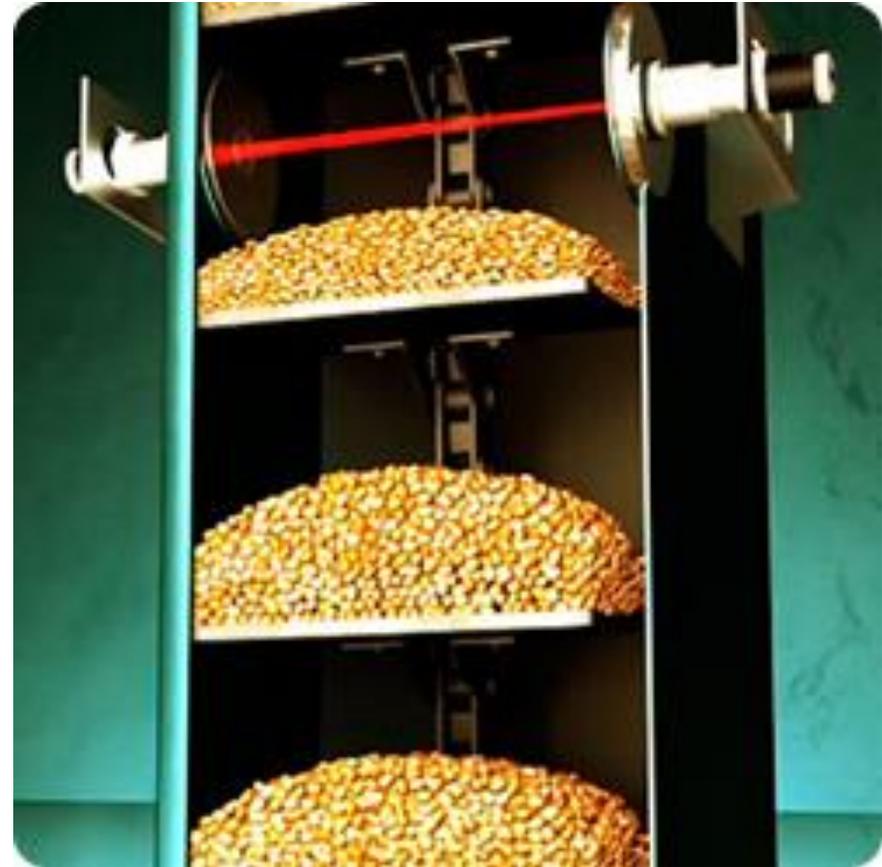
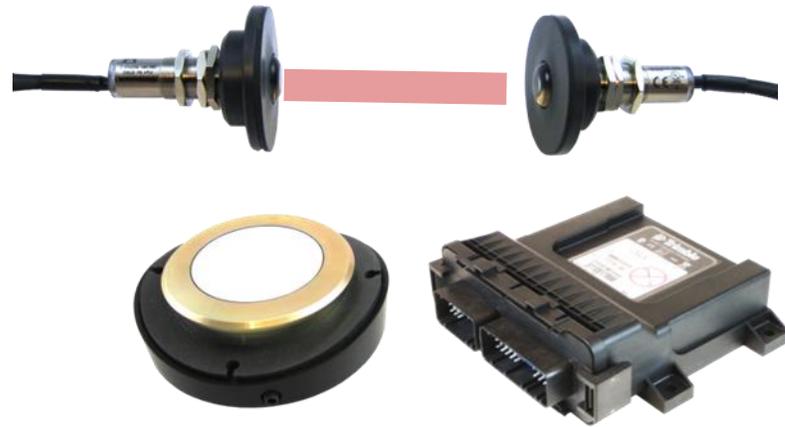




Sensores volumétricos



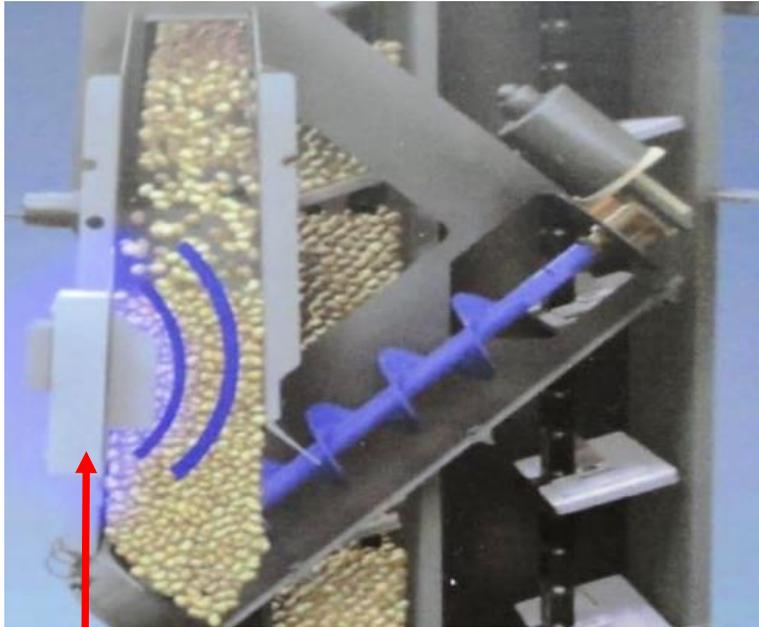
Sistema RDS



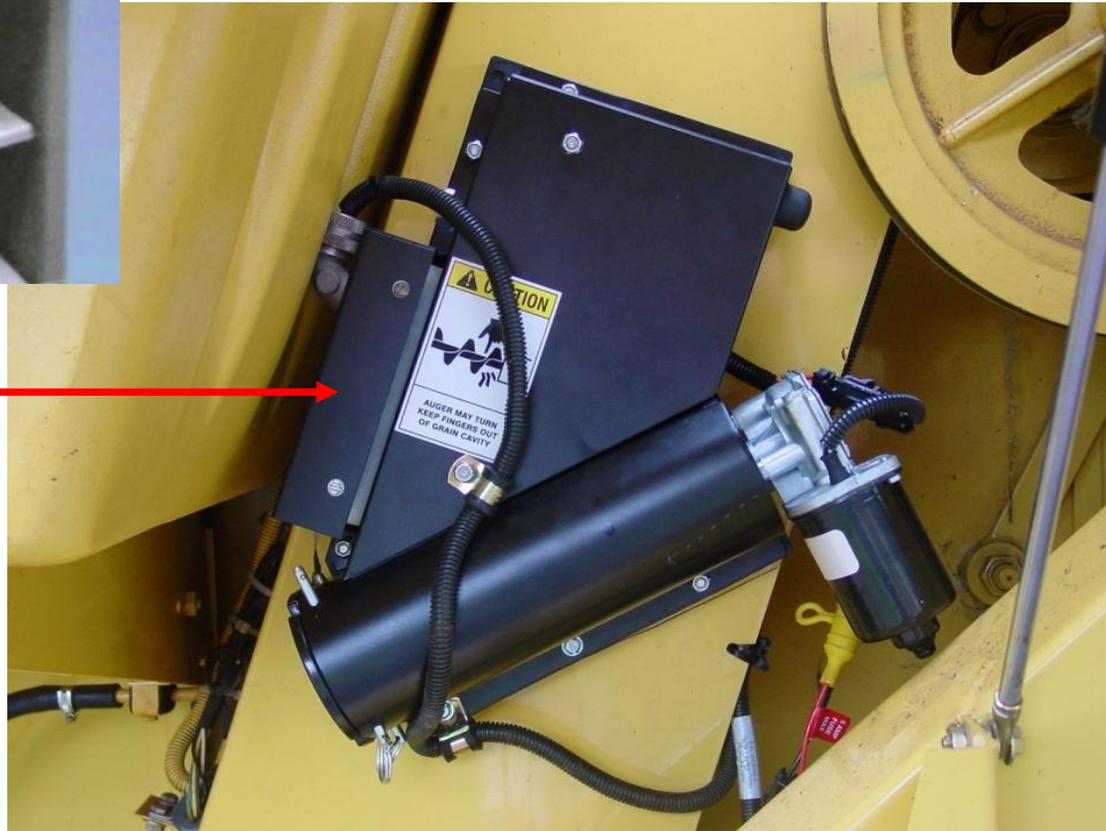
Trimble



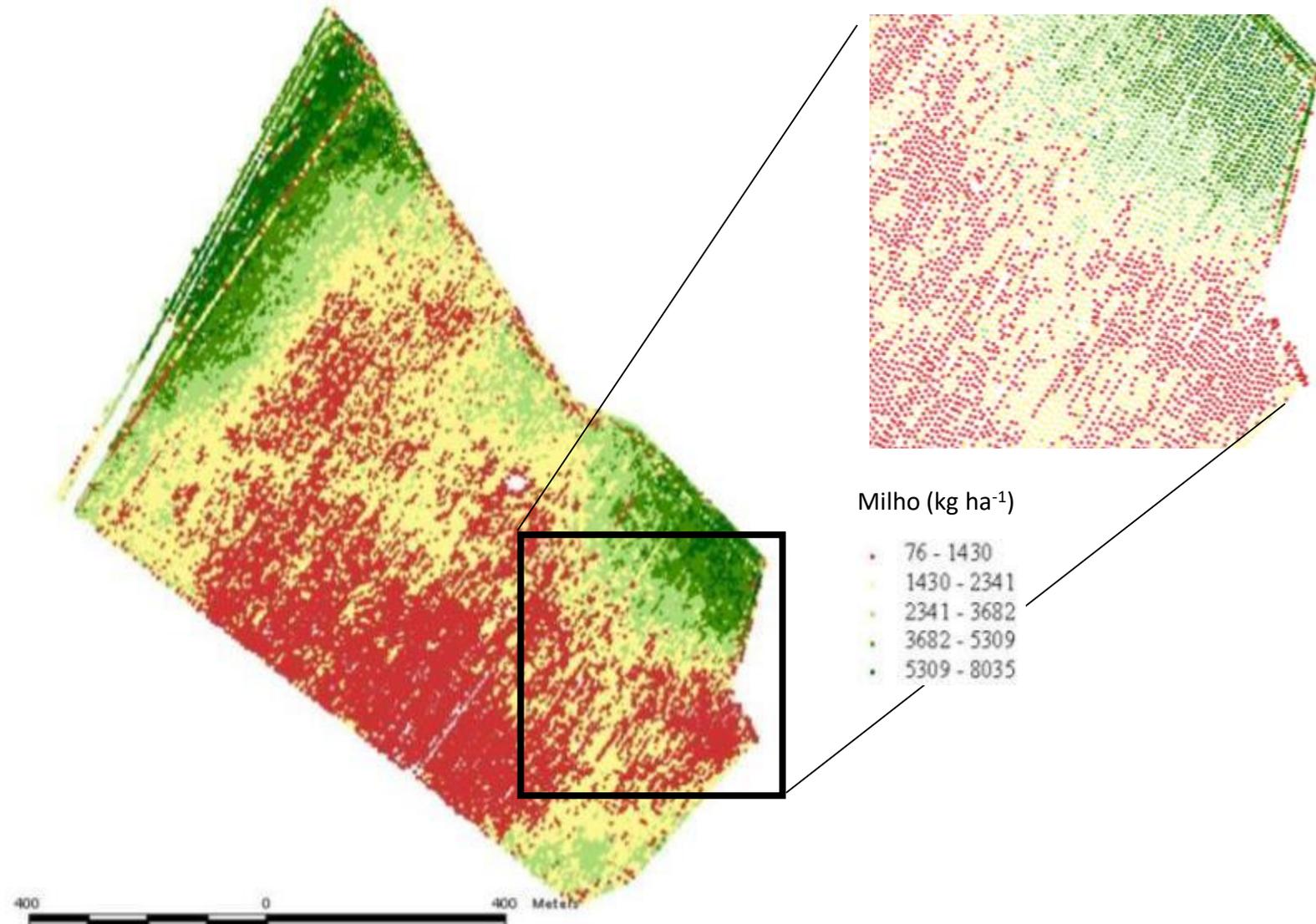
Sensores de umidade dos grãos



Sensor de umidade
por capacitância



O mapa básico (de “pontos”) é a representação de cada ponto amostral

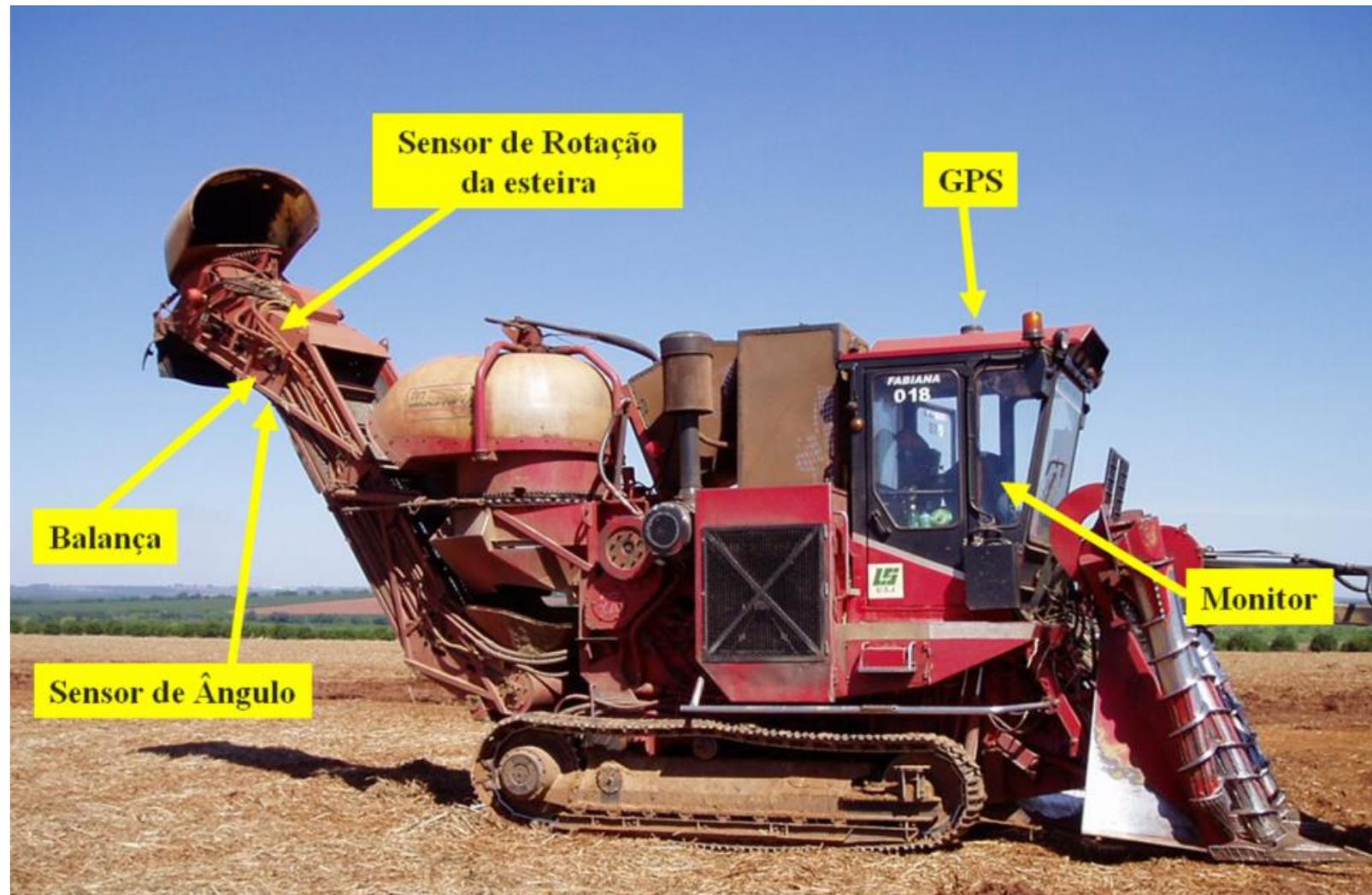




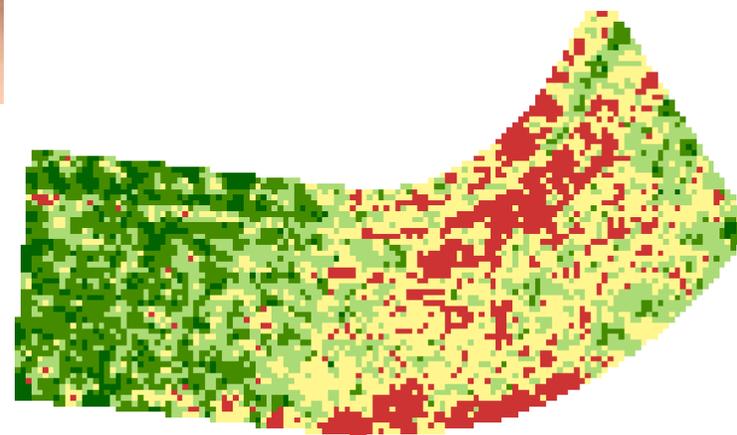
Attributes of Milho A

Shape	Longitude	Latitude	Flow	Time	Cycles	Distance	Swath	Moisture	Field	Load	Crop	Gps	Altitude	Serial	Dry_yield
Point	-50.033865	-22.703166	2.17	1110737212	3	426	660	15.00	F42_CR1	5	OptGrain1	3	499.67	2000130010	2276.82
Point	-50.033896	-22.703135	1.95	1110737215	3	429	660	14.20	F42_CR1	5	OptGrain1	3	499.67	2000130010	2054.75
Point	-50.033927	-22.703103	1.97	1110737218	3	436	660	14.90	F42_CR1	5	OptGrain1	3	499.57	2000130010	2025.78
Point	-50.033958	-22.703072	2.02	1110737221	3	434	660	13.80	F42_CR1	5	OptGrain1	3	499.57	2000130010	2093.96
Point	-50.033987	-22.703037	1.96	1110737224	3	431	660	14.40	F42_CR1	5	OptGrain1	3	499.27	2000130010	2047.40
Point	-50.029286	-22.709064	0.38	1110738892	3	594	660	15.00	F42_CR1	5	OptGrain1	3	493.27	2000130010	284.43
Point	-50.027428	-22.697835	0.74	1110664498	3	391	528	14.70	F42_CR1	4	OptGrain1	3	501.47	2000130010	1071.23
Point	-50.027390	-22.697770	0.70	1110664492	3	381	528	14.50	F42_CR1	4	OptGrain1	3	501.17	2000130010	1035.16
Point	-50.027370	-22.697739	0.79	1110664489	3	373	528	14.20	F42_CR1	4	OptGrain1	3	500.97	2000130010	1190.77
Point	-50.027352	-22.697707	0.68	1110664486	3	381	528	14.10	F42_CR1	4	OptGrain1	3	500.87	2000130010	1006.23
Point	-50.027329	-22.697679	0.70	1110664483	3	398	528	15.30	F42_CR1	4	OptGrain1	3	500.77	2000130010	986.11
Point	-50.027305	-22.697647	0.70	1110664480	3	393	528	15.40	F42_CR1	4	OptGrain1	3	500.77	2000130010	997.66
Point	-50.027284	-22.697611	0.68	1110664477	3	373	528	15.20	F42_CR1	4	OptGrain1	3	500.67	2000130010	1013.62
Point	-50.027267	-22.697578	0.66	1110664474	3	368	528	14.40	F42_CR1	4	OptGrain1	3	500.47	2000130010	1016.41
Point	-50.027249	-22.697547	0.80	1110664471	3	383	528	15.70	F42_CR1	4	OptGrain1	3	500.27	2000130010	1165.29
Point	-50.027230	-22.697516	0.75	1110664468	3	383	528	14.90	F42_CR1	4	OptGrain1	3	500.17	2000130010	1096.60
Point	-50.027212	-22.697483	0.76	1110664465	3	383	528	15.60	F42_CR1	4	OptGrain1	3	500.17	2000130010	1100.76
Point	-50.027196	-22.697449	0.81	1110664462	3	393	528	15.30	F42_CR1	4	OptGrain1	3	499.97	2000130010	1153.49
Point	-50.027179	-22.697416	0.88	1110664459	3	386	528	16.00	F42_CR1	4	OptGrain1	3	499.87	2000130010	1257.78
Point	-50.027159	-22.697384	1.03	1110664456	3	381	528	15.10	F42_CR1	4	OptGrain1	3	499.87	2000130010	1508.47
Point	-50.027141	-22.697350	1.13	1110664453	3	381	528	15.40	F42_CR1	4	OptGrain1	3	499.77	2000130010	1656.11
Point	-50.027125	-22.697318	1.14	1110664450	3	378	528	14.30	F42_CR1	4	OptGrain1	3	499.67	2000130010	1709.25
Point	-50.027109	-22.697287	1.11	1110664447	3	378	528	14.70	F42_CR1	4	OptGrain1	3	499.57	2000130010	1654.02
Point	-50.027093	-22.697256	1.33	1110664444	3	386	528	15.70	F42_CR1	4	OptGrain1	3	499.47	2000130010	1909.75
Point	-50.027078	-22.697228	1.23	1110664441	3	386	528	16.70	F42_CR1	4	OptGrain1	3	499.47	2000130010	1751.38
Point	-50.027061	-22.697199	1.19	1110664438	3	378	528	15.70	F42_CR1	4	OptGrain1	3	499.47	2000130010	1748.05
Point	-50.025100	-22.700261	2.22	1110583993	3	363	528	12.40	F42_CR1	1	OptGrain1	3	526.77	2000130010	3444.83
Point	-50.025477	-22.701580	1.48	1110583900	3	408	528	12.60	F42_CR1	1	OptGrain1	3	528.96	2000130010	2050.25
Point	-50.024424	-22.700189	1.32	1110583165	3	434	528	12.80	F42_CR1	1	OptGrain1	3	527.07	2000130010	1711.93
Point	-50.027409	-22.697802	0.69	1110664495	3	381	528	14.40	F42_CR1	4	OptGrain1	3	501.37	2000130010	1022.91
Point	-50.032815	-22.698298	1.33	1110724457	3	477	528	14.20	F42_CR1	4	OptGrain1	3	494.87	2000130010	1576.91
Point	-50.020366	-22.701715	2.73	1110556278	3	424	396	12.20	F42_CR1	1	OptGrain1	3	529.76	2000130010	4843.74
Point	-50.020390	-22.701753	2.76	1110556281	3	439	396	12.20	F42_CR1	1	OptGrain1	3	529.76	2000130010	4737.99
Point	-50.020411	-22.701791	2.59	1110556284	3	441	396	12.10	F42_CR1	1	OptGrain1	3	529.66	2000130010	4409.09
Point	-50.020433	-22.701830	2.66	1110556287	3	439	396	12.00	F42_CR1	1	OptGrain1	3	529.66	2000130010	4551.27

Monitor de produtividade
tipo balança



MAGALHÃES, 2006



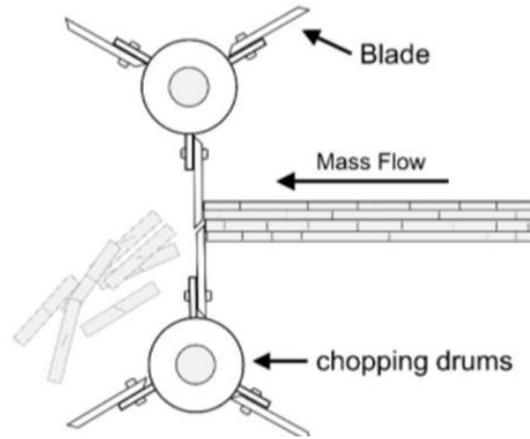
Productivity ton ha	
20.6 - 80.8	Red
80.8 - 93.6	Yellow
93.6 - 106.0	Light Green
106.0 - 121.7	Medium Green
121.7 - 192.9	Dark Green

Monitor de produtividade óptico/volumétrico, JD



Agrishow 2017

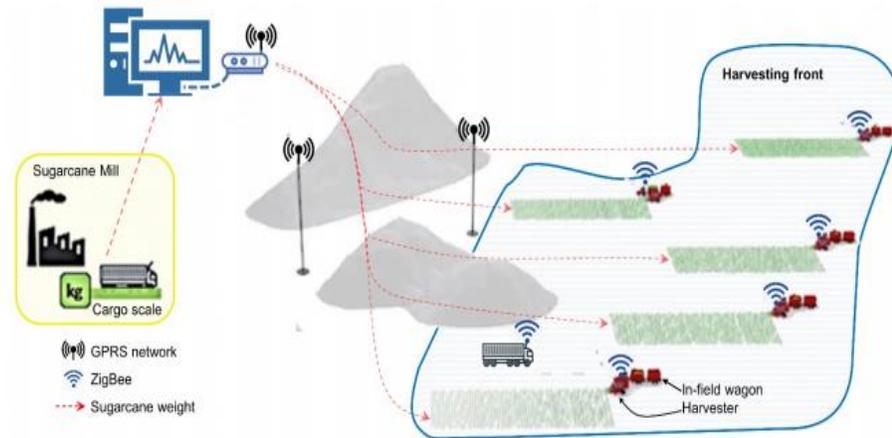
Validação do sistema sensor:
 186 ha (1º corte)
 transbordo de 8 t
 4 repetições/colhedoras



↑ Pressão ↑ Massa



The yield monitor had a low prediction error (4.5%) compared to the total measured by the in-field wagon.



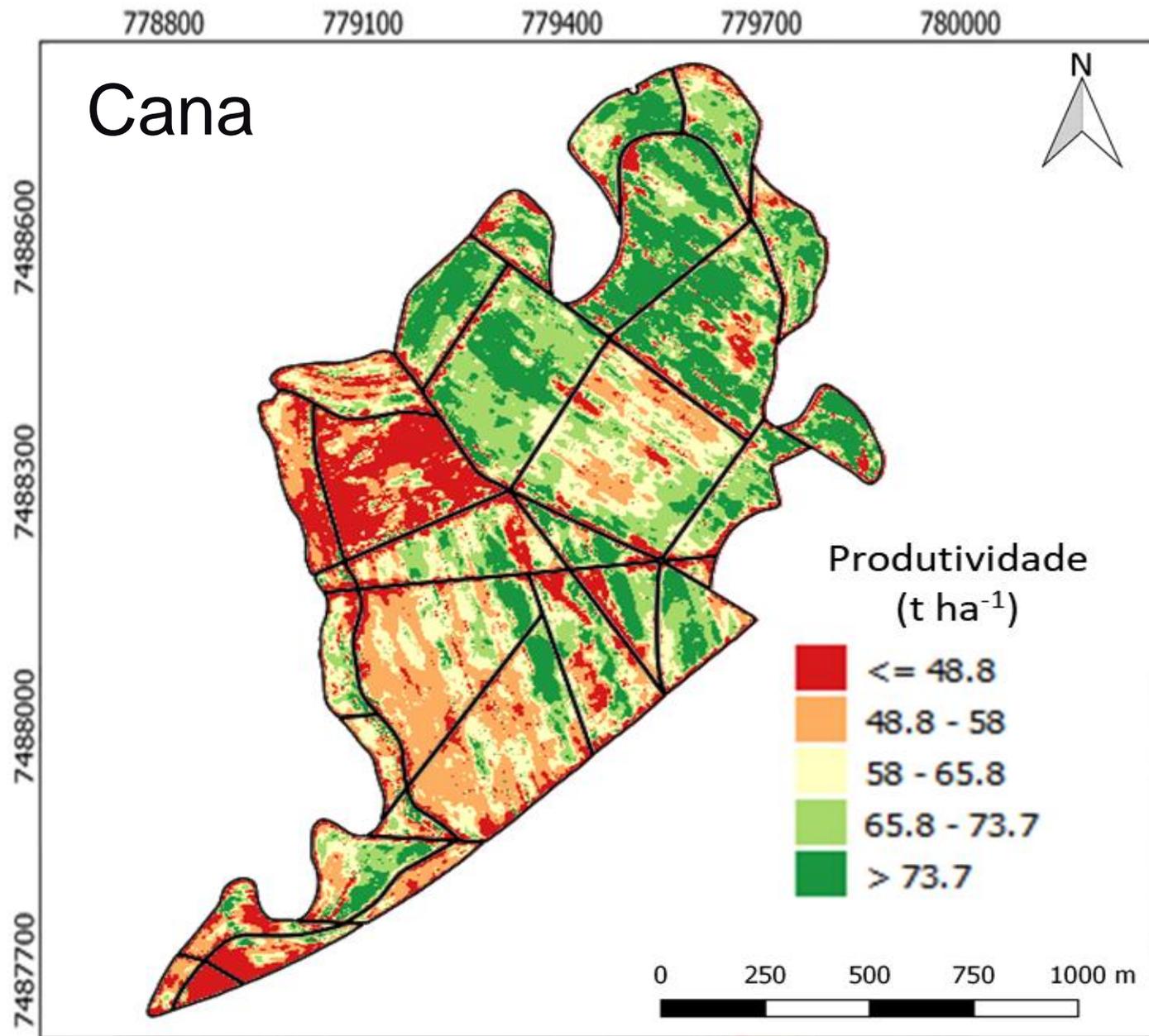
Sugar Tech
<https://doi.org/10.1007/s12355-021-01050-x>

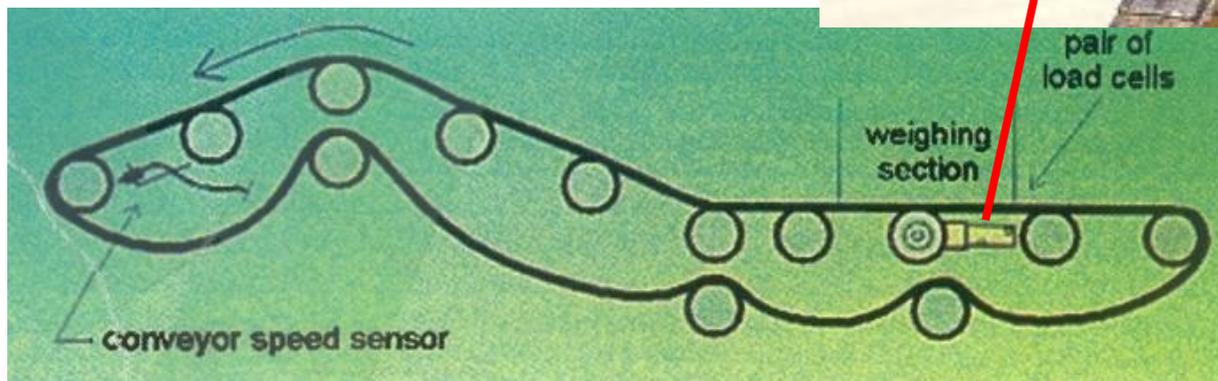


SI : INNOVATION FOR SUSTAINABILITY OF
 THE SUGAR AGRO-INDUSTRY

An Approach to Sugarcane Yield Estimation Using Sensors in the Harvester and ZigBee Technology 2021

Leonardo Felipe Maldaner¹ · Tatiana Fernanda Canata¹ · José Paulo Molin¹



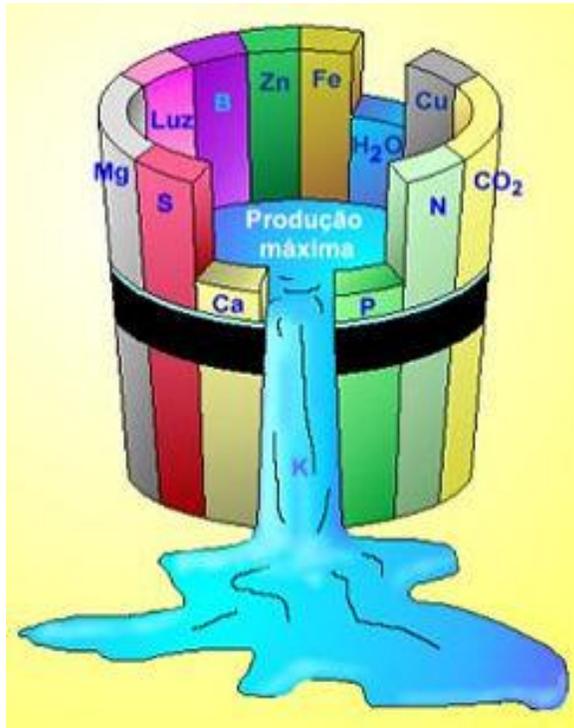


Fluxo na esteira (tomate, beterraba, batata, etc...)

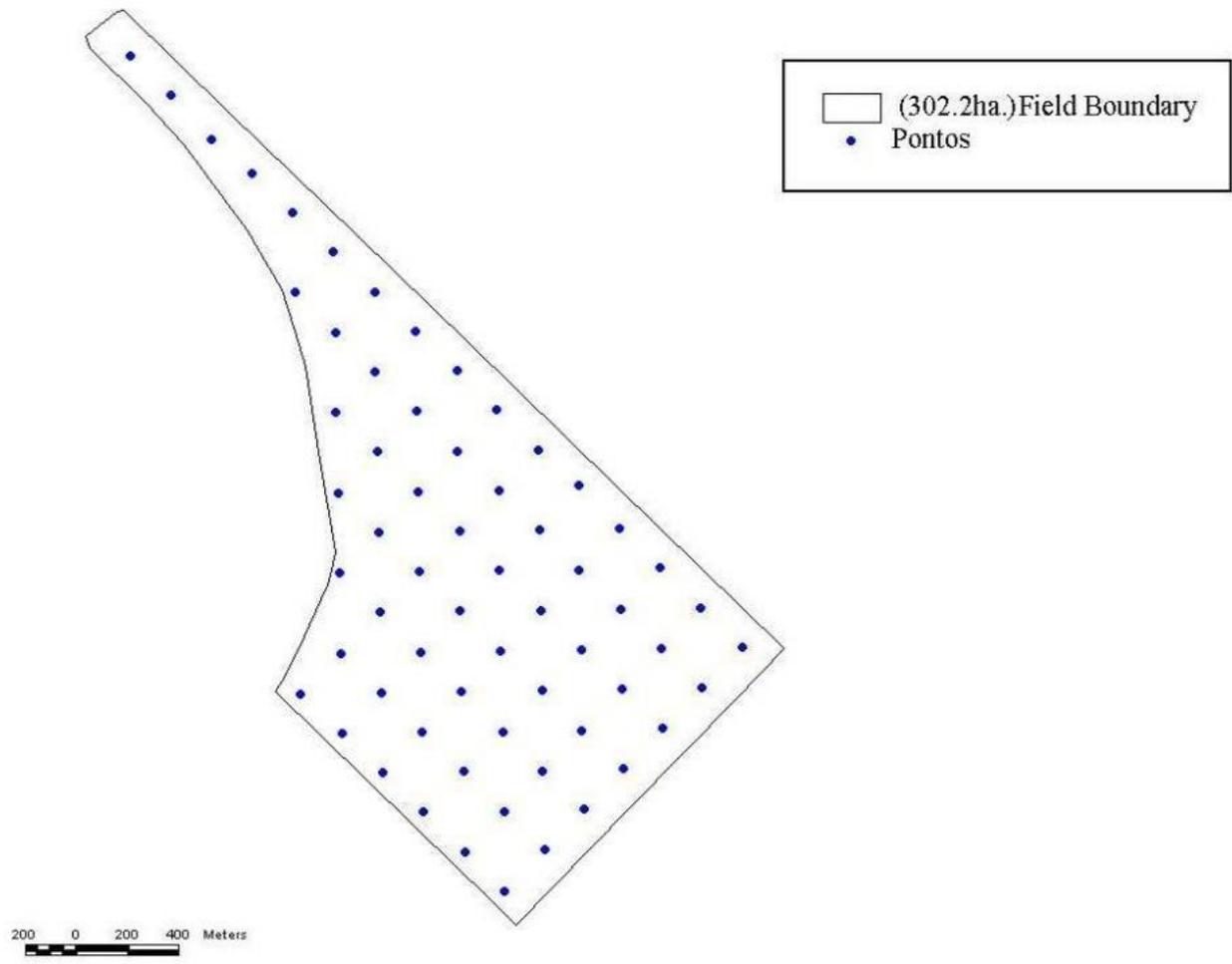
harvestmaster.com

Gestão da fertilidade do solo das lavouras

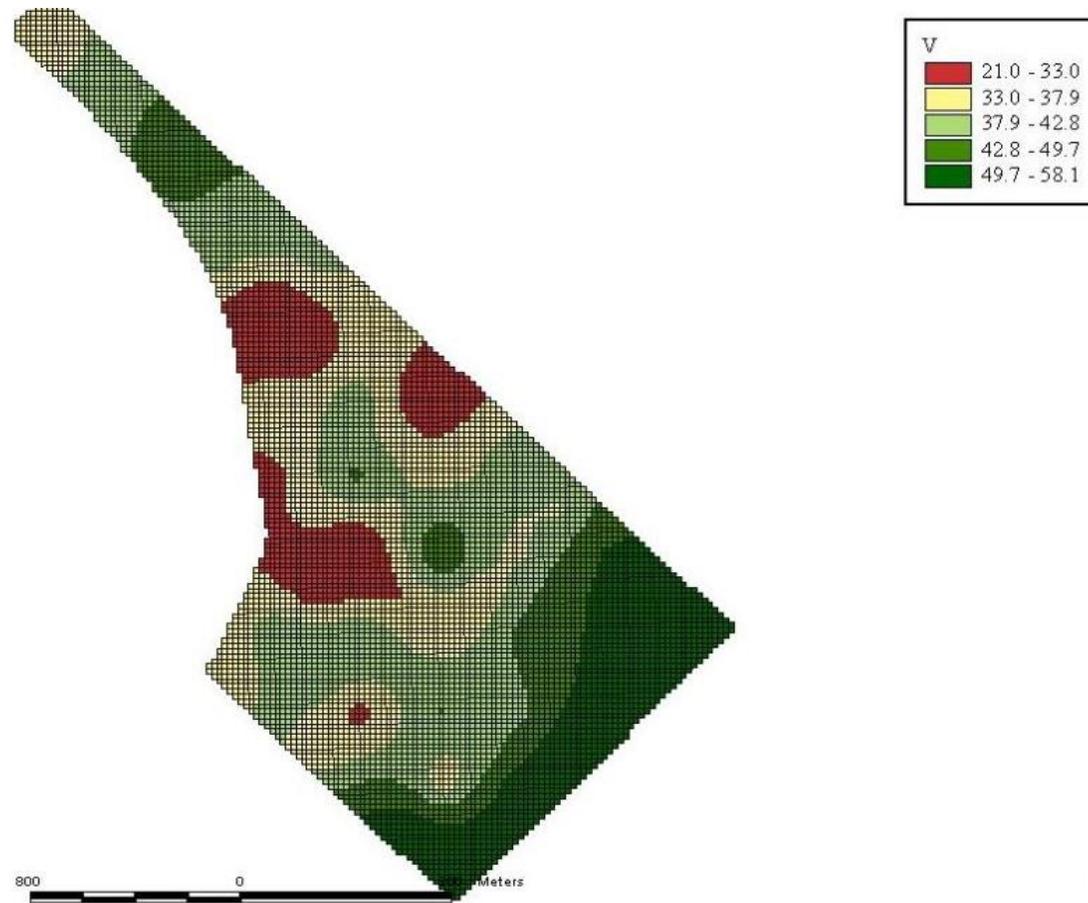
Amostragem
georreferenciada



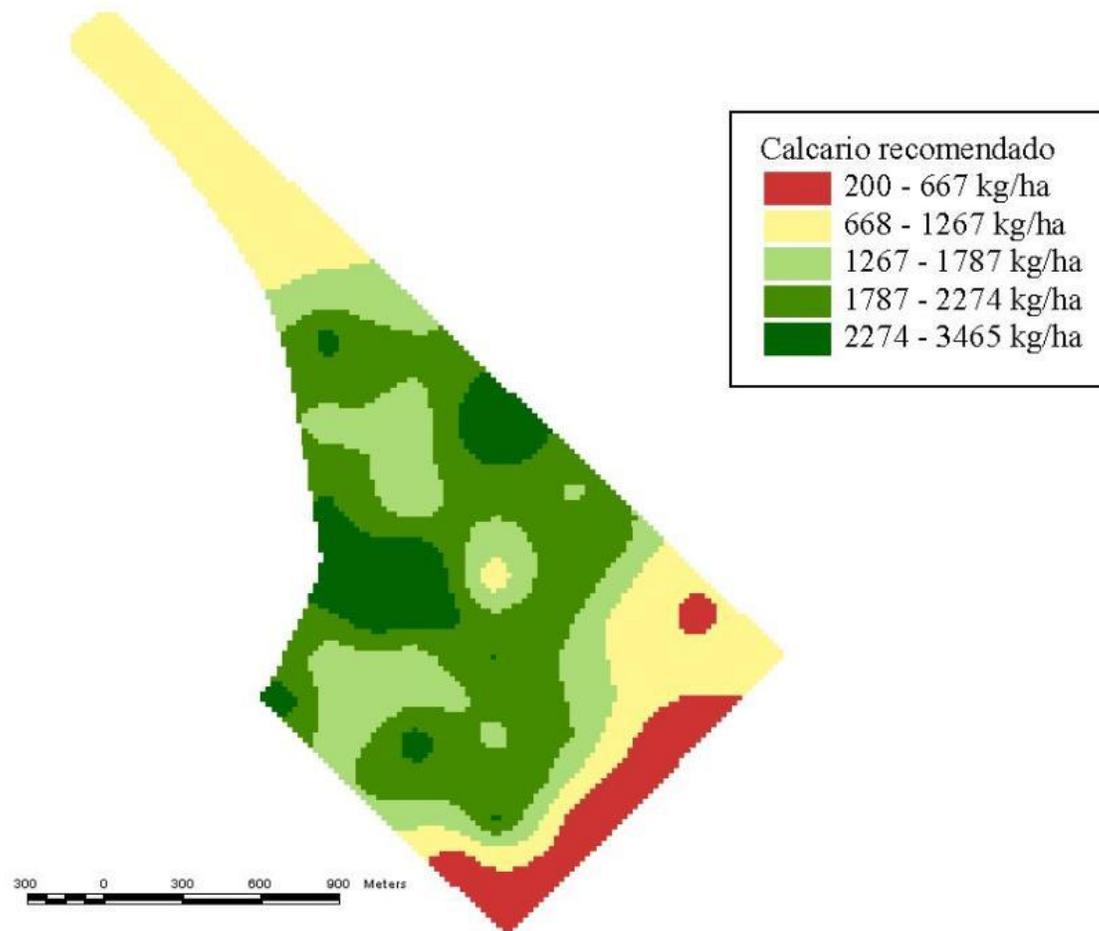
Visa a regularizar os teores dos nutrientes no solo,
tendo como foco a Lei dos Mínimos espacializada



Investigação



Diagnóstico



Prescrição

Sensores & sensoriamento

- Os alvos?
 - Solo
 - Plantas
 - Produto (quantidade e qualidade)
- Formas (nomenclatura usual)?
 - Sensoriamento remoto
 - Sem contato com o alvo
 - Sensoriamento direto
 - Contato físico com o alvo →

terminologia mais atual: **sensores proximais** (“proximal sensors”)

Sensores e sensoriamento

Função: produzir diagnósticos detalhado das lavouras, de forma indireta, porém georreferenciados e em alta densidade

de solo

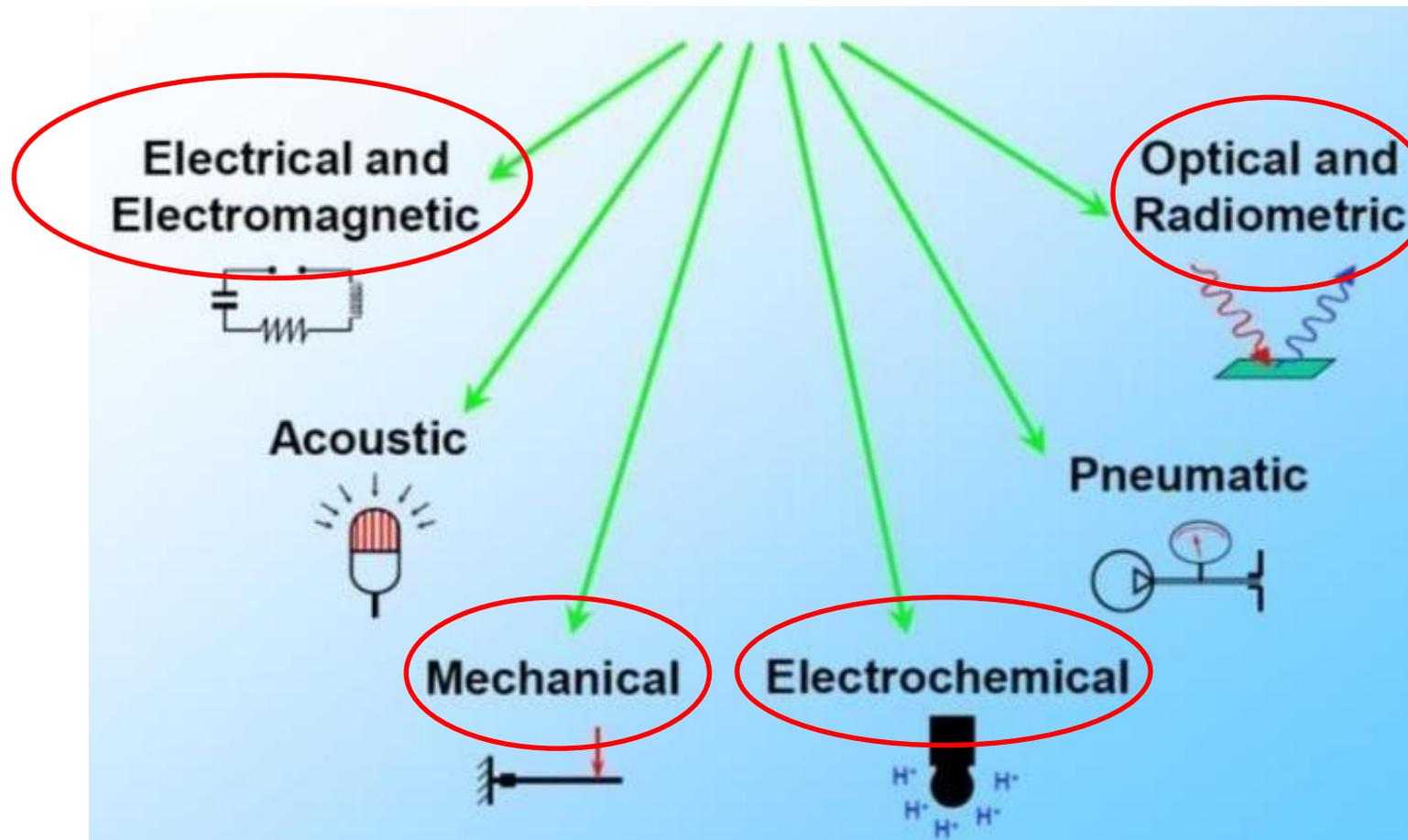


de planta



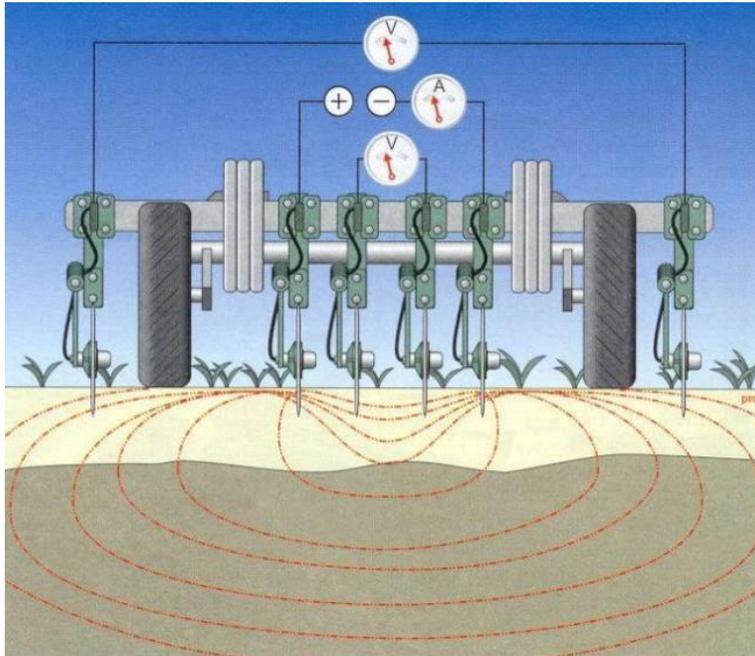
Mede-se algum parâmetro físico/químico que indiretamente relaciona-se a um parâmetro agrônômico de interesse

Sensores proximais de solo



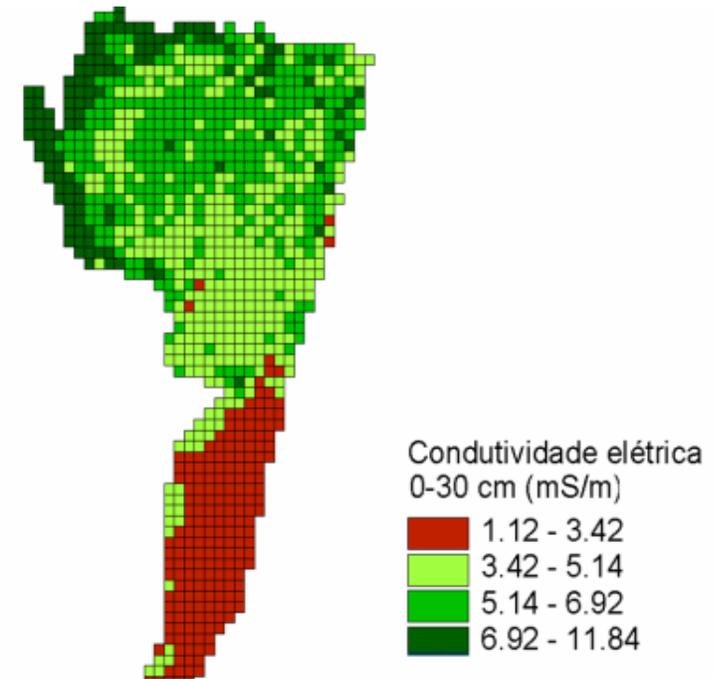
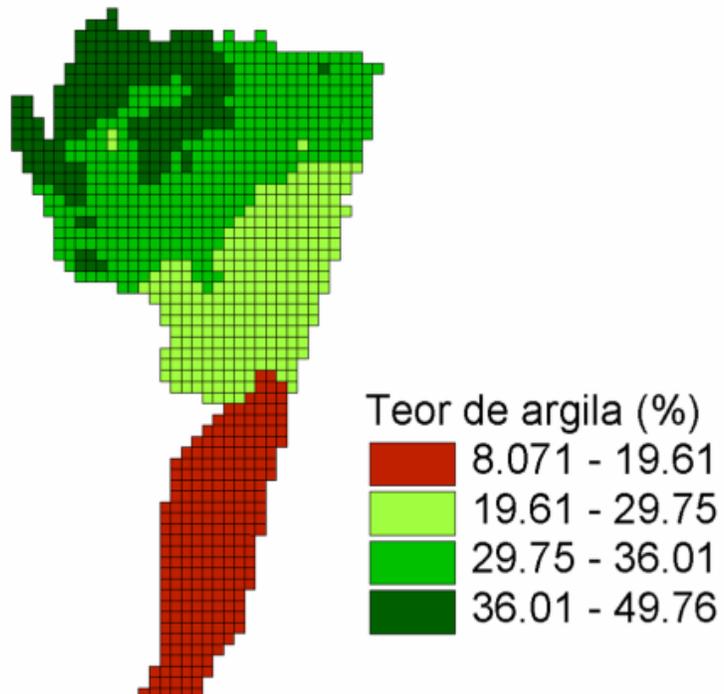
ADAMSHUK (2007)

Sistema sensor de condutividade elétrica aparente do solo, por contato

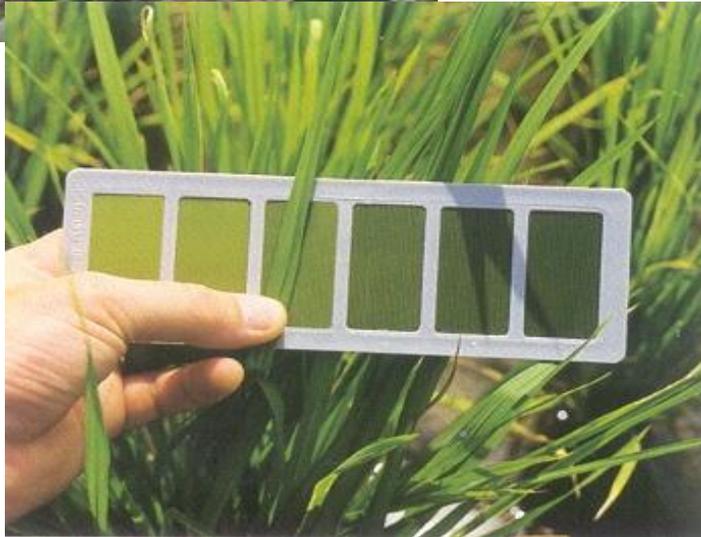


Condutividade elétrica do solo por contato

P. Grossa, PR, 2002



Sensores de plantas



... predominantemente ópticos



Sensores de plantas

Níveis de aquisição de dados – essencialmente estimativa de biomassa



Orbital



Aéreo (avião)



Aéreo (“VANT”)



Terrestre

Ativos!

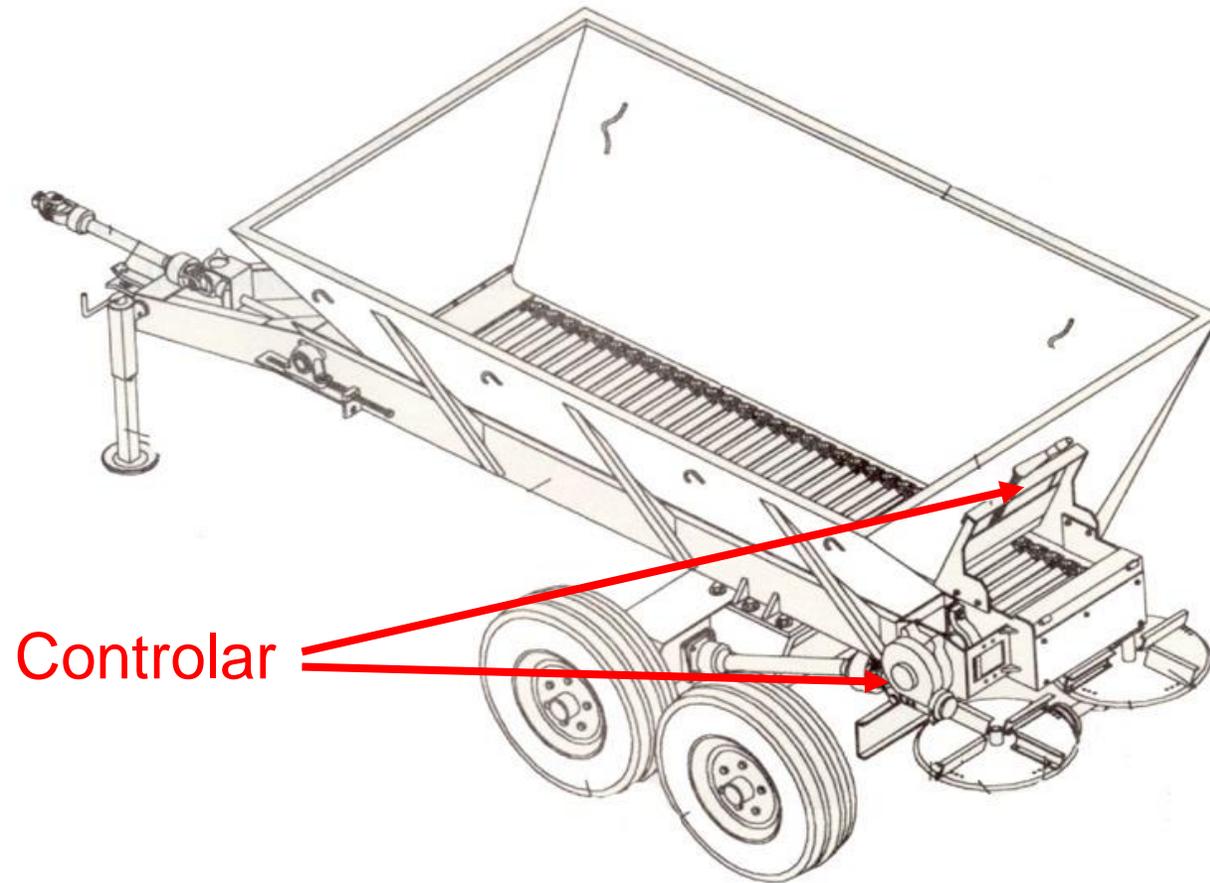
Aplicações em tempo real: sensoriar – analisar – diagnosticar – recomendar – aplicar

1999!!
Inaugura-se o conceito de
aplicação em tempo real



WERNER, A. (2008)

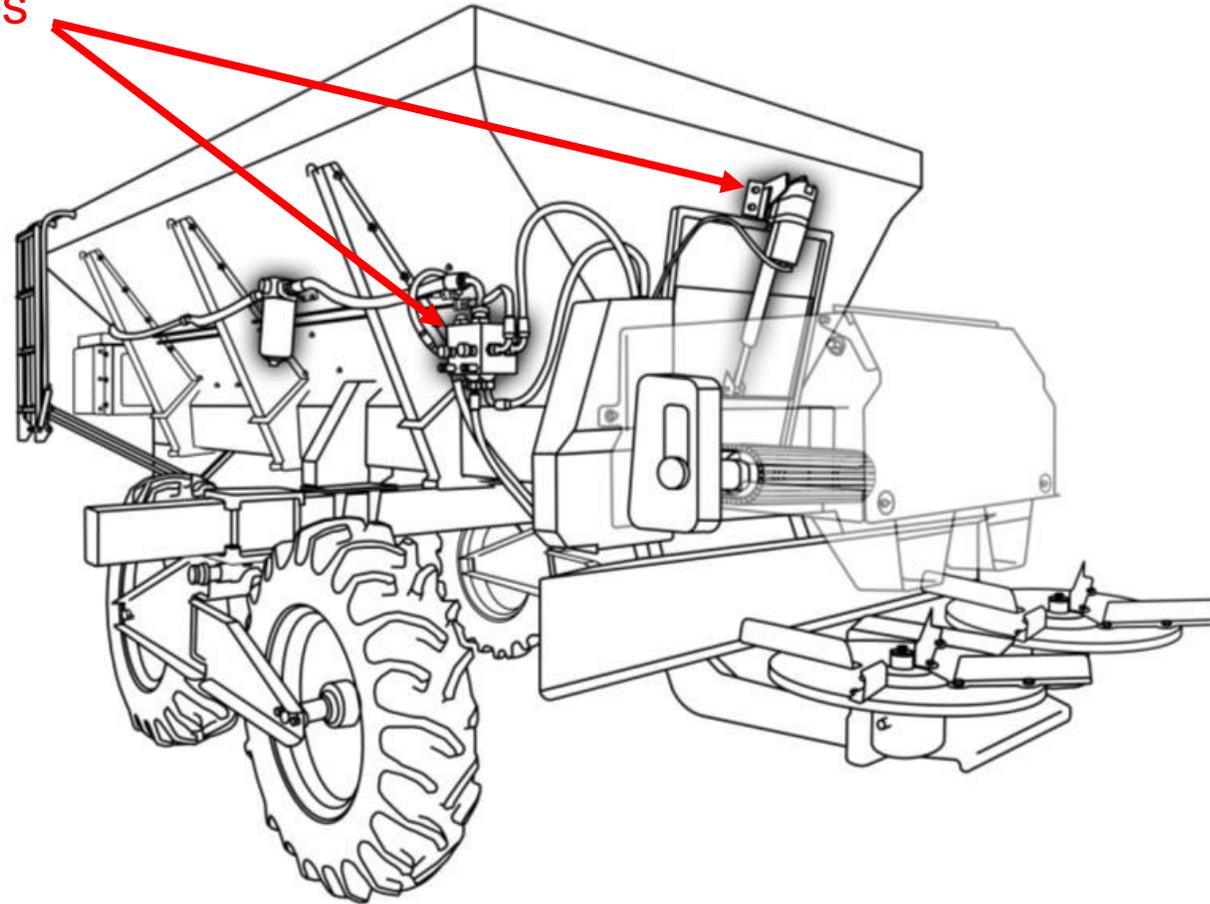
Os controladores de taxas variáveis



Controlar

Os controladores de taxas variáveis

Atuadores



Acionamento elétrico e controle da altura da comporta

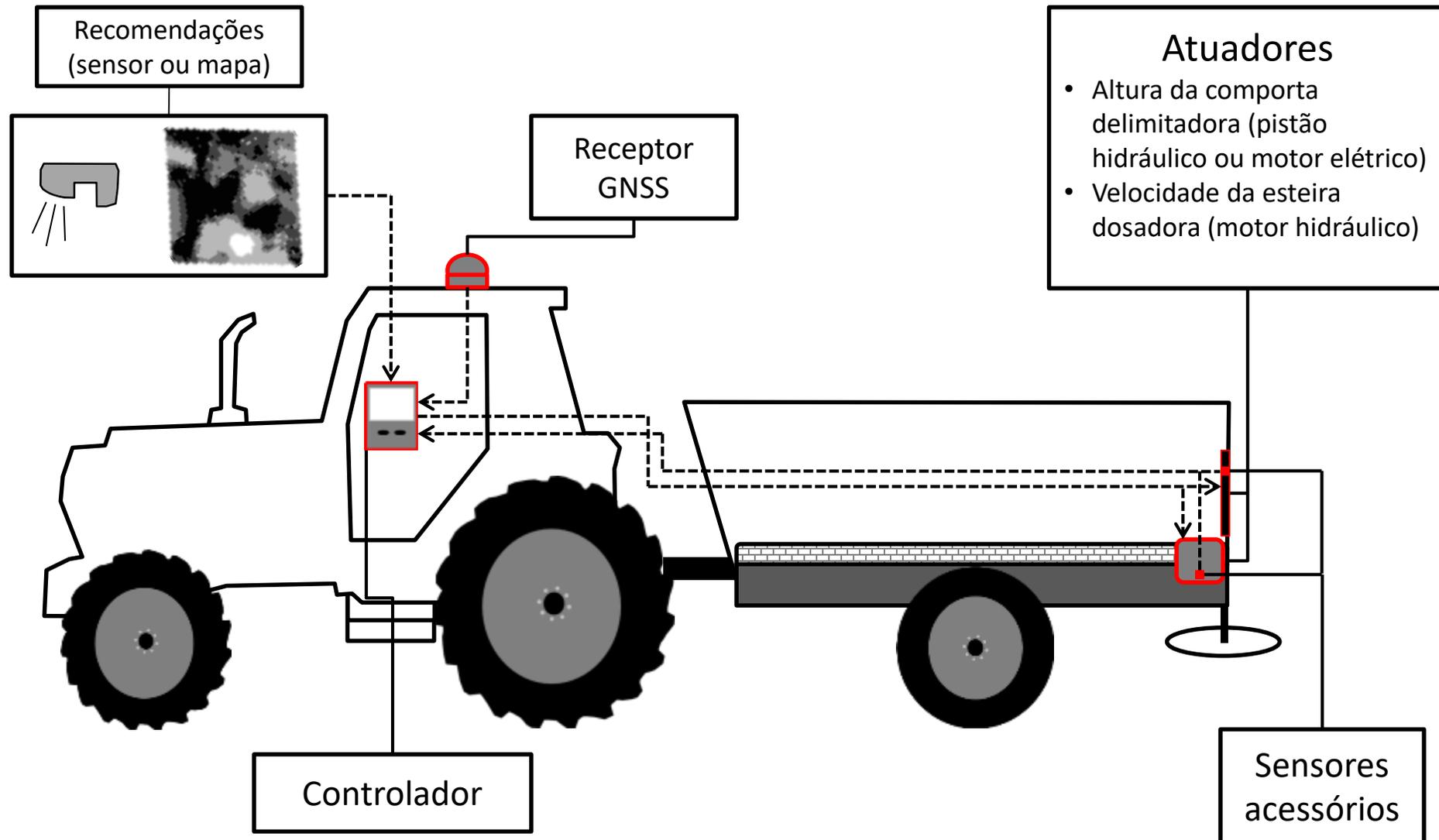


Acionamento hidráulico da velocidade da esteira



Show Rural, 2011

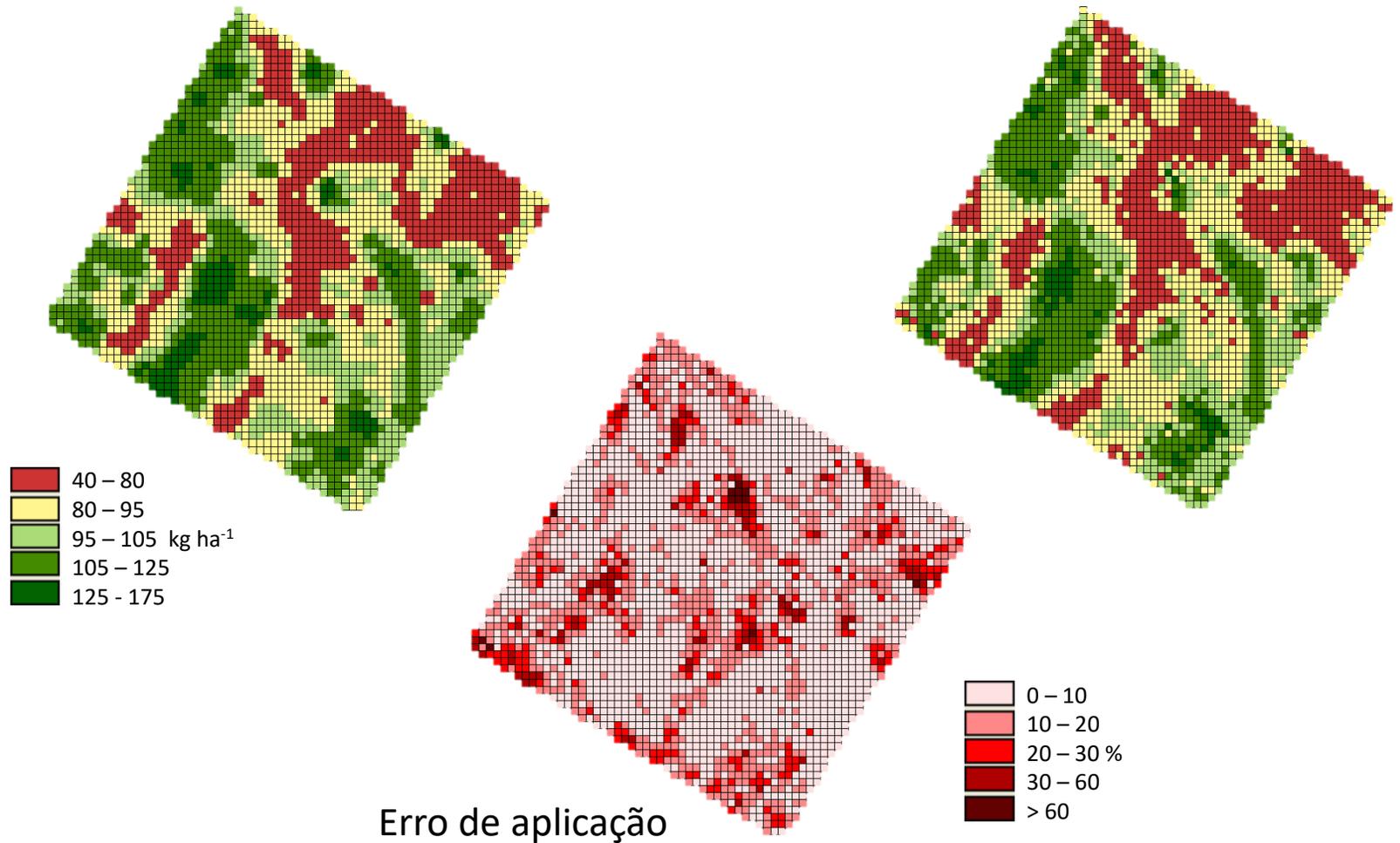
Os controladores de taxas variáveis



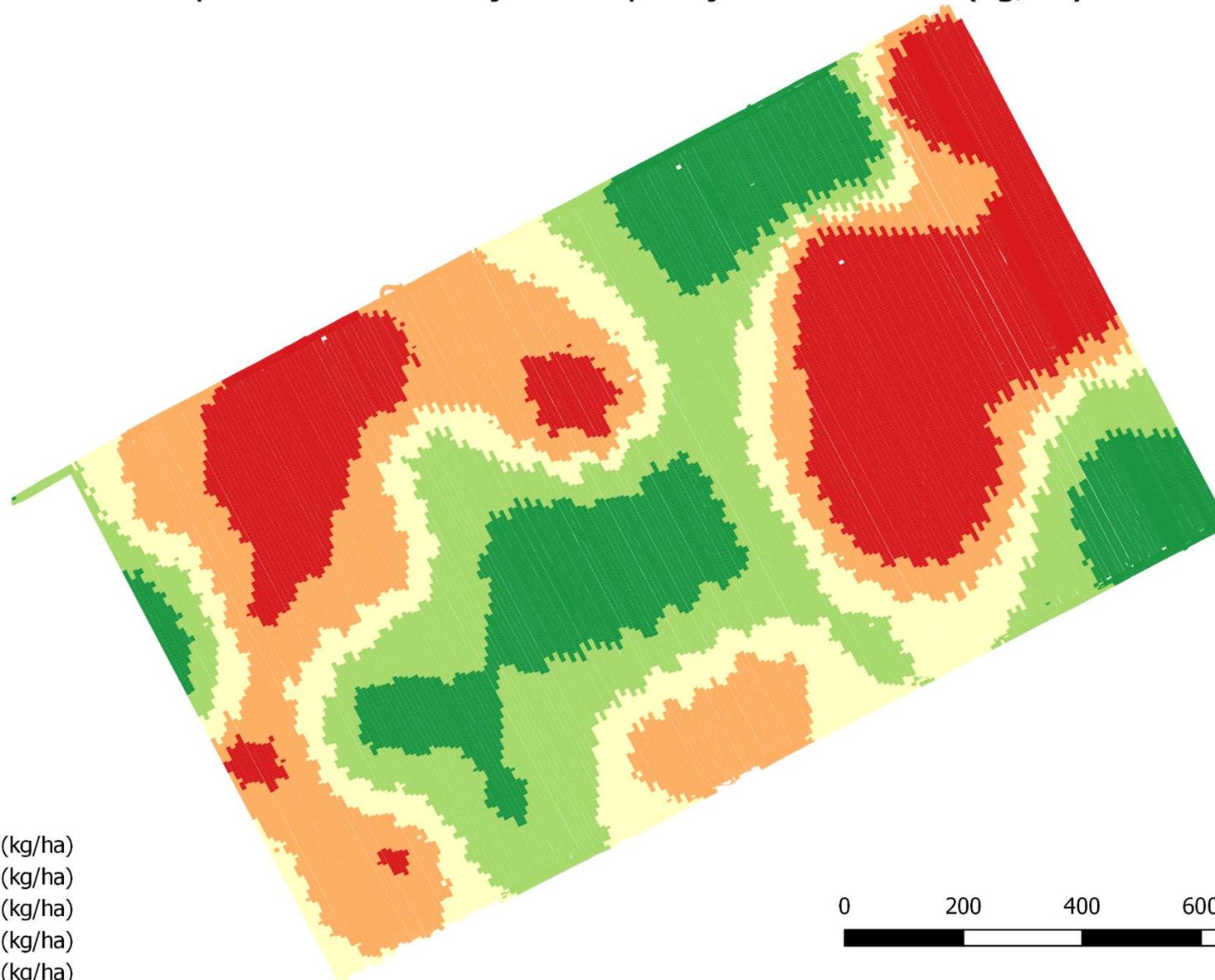
Monitoramento das aplicações

Recomendação KCl

KCl Aplicado



Mapa de recomendação de aplicação de calcário (kg/ha)



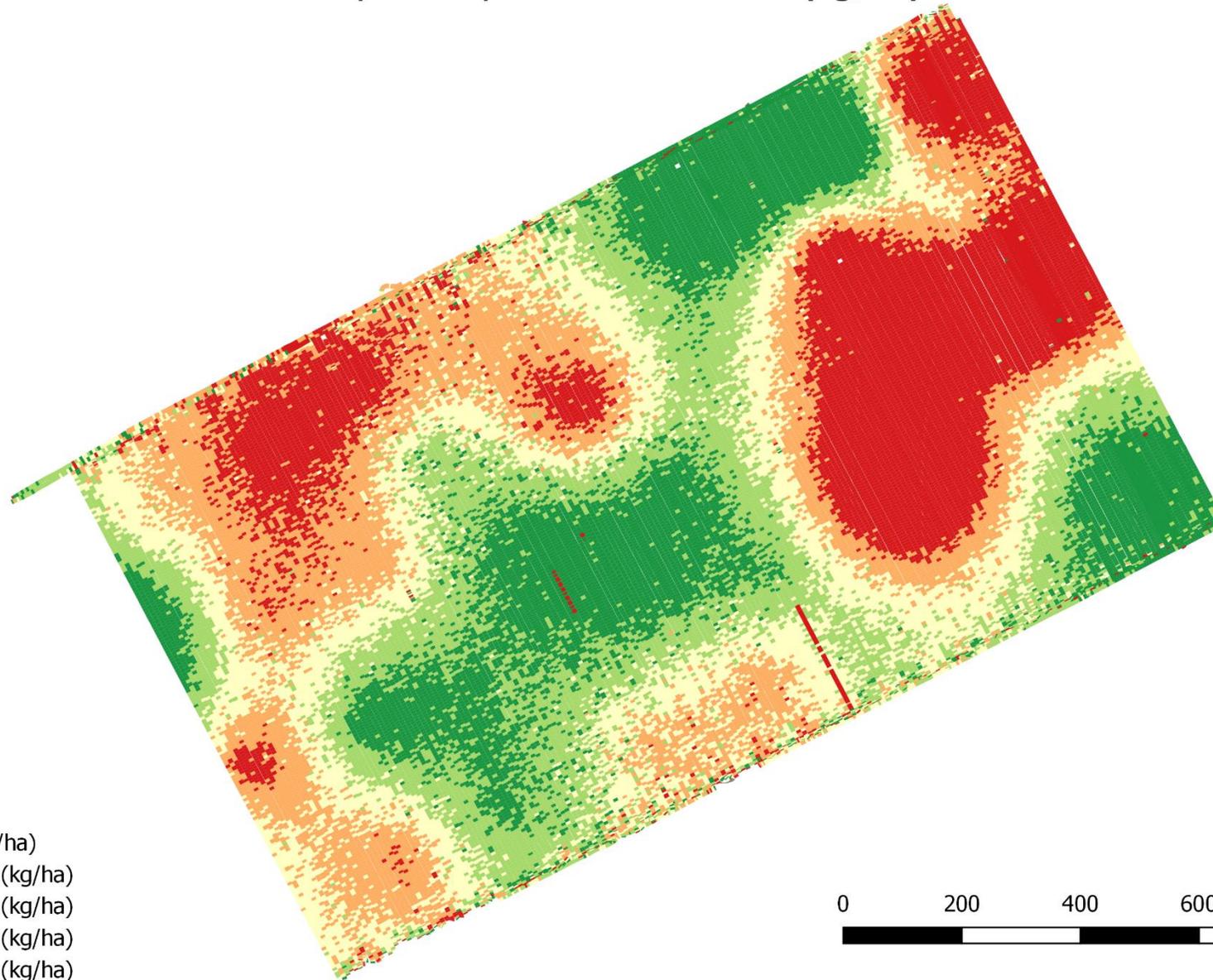
Legenda

Talhão GP2-05

- 1000 - 1450 (kg/ha)
- 1450 - 1700 (kg/ha)
- 1700 - 1900 (kg/ha)
- 1900 - 2200 (kg/ha)
- 2200 - 3050 (kg/ha)



Mapa do aplicado de calcário (kg/ha)



Legenda

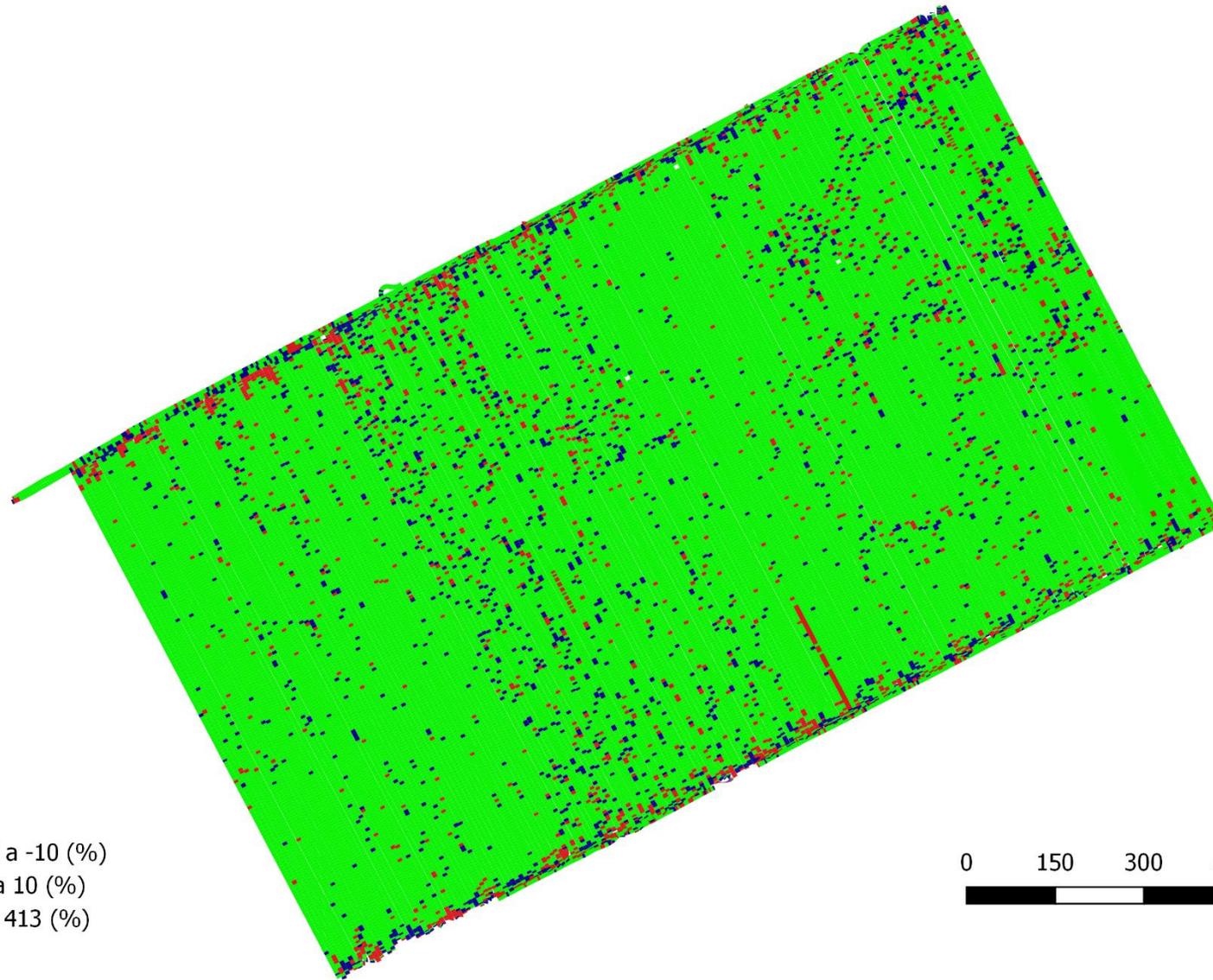
Talhão GP2-05

- 0 - 1408 (kg/ha)
- 1408 - 1670 (kg/ha)
- 1670 - 1910 (kg/ha)
- 1910 - 2192 (kg/ha)
- 2192 - 7621 (kg/ha)



Mapa do aplicado de calcário em erro percentual (%)

$$D = Q / (L \cdot v)$$



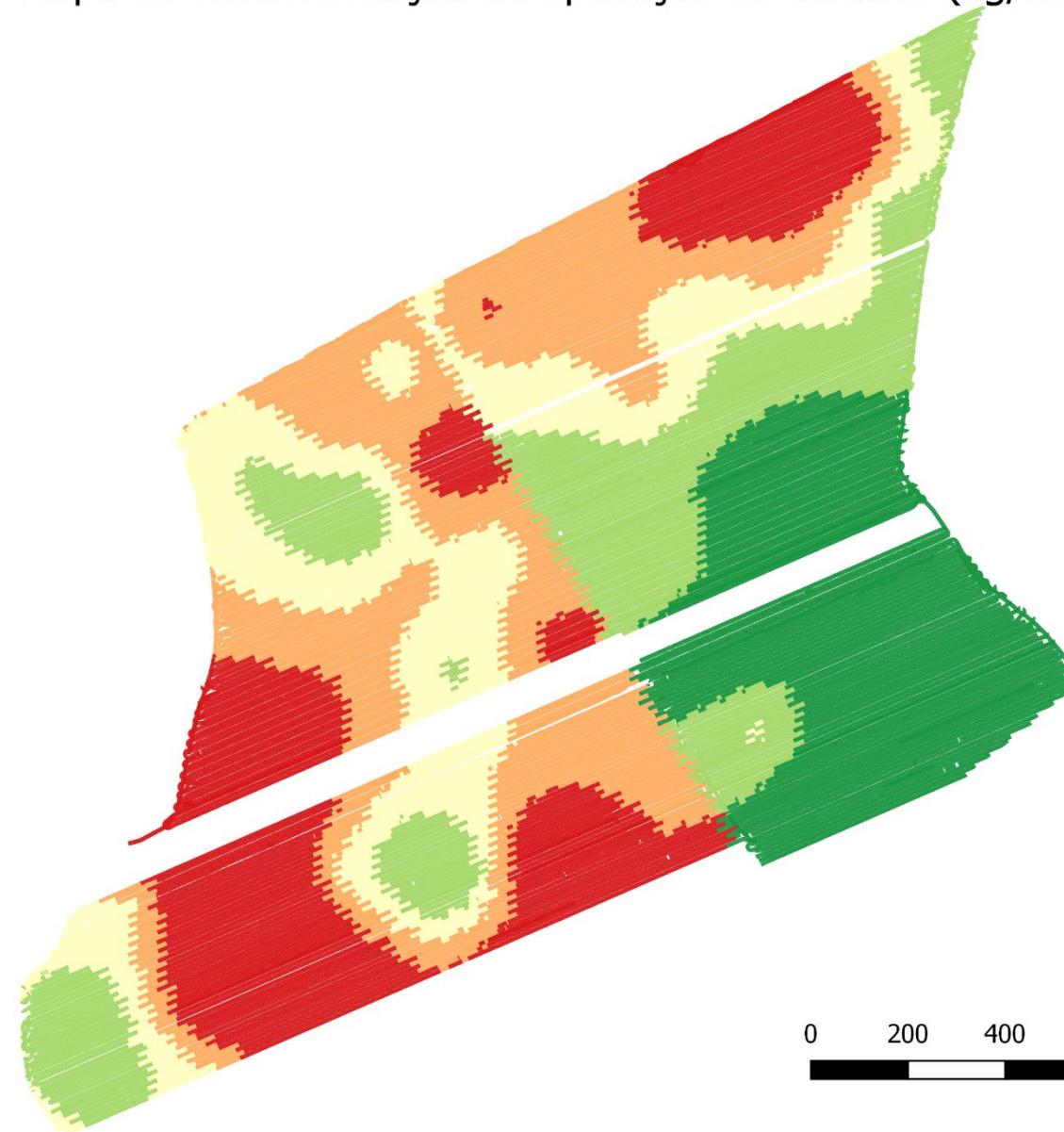
Legenda

Talhão GP2-05

- Erro de -100 a -10 (%)
- Erro de -10 a 10 (%)
- Erro de 10 a 413 (%)

0 150 300 450 600 m

Mapa de recomendação de aplicação de calcário (kg/ha)



Legenda

Talhão E-05_E-06

- 500 - 1100 (kg/ha)
- 1100 - 1550 (kg/ha)
- 1550 - 2000 (kg/ha)
- 2000 - 2600 (kg/ha)
- 2600 - 4500 (kg/ha)



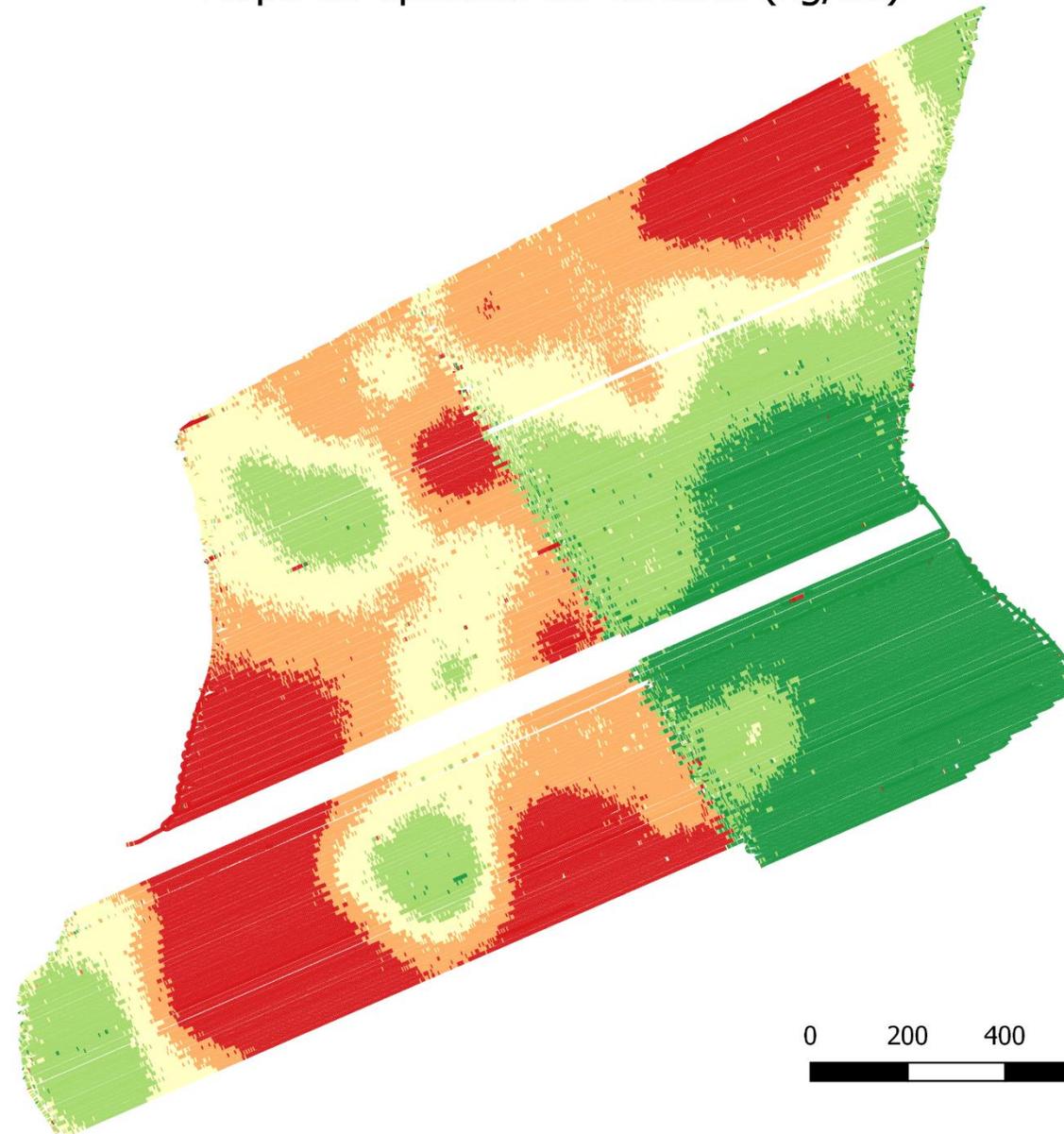
Mapa do aplicado de calcário (kg/ha)



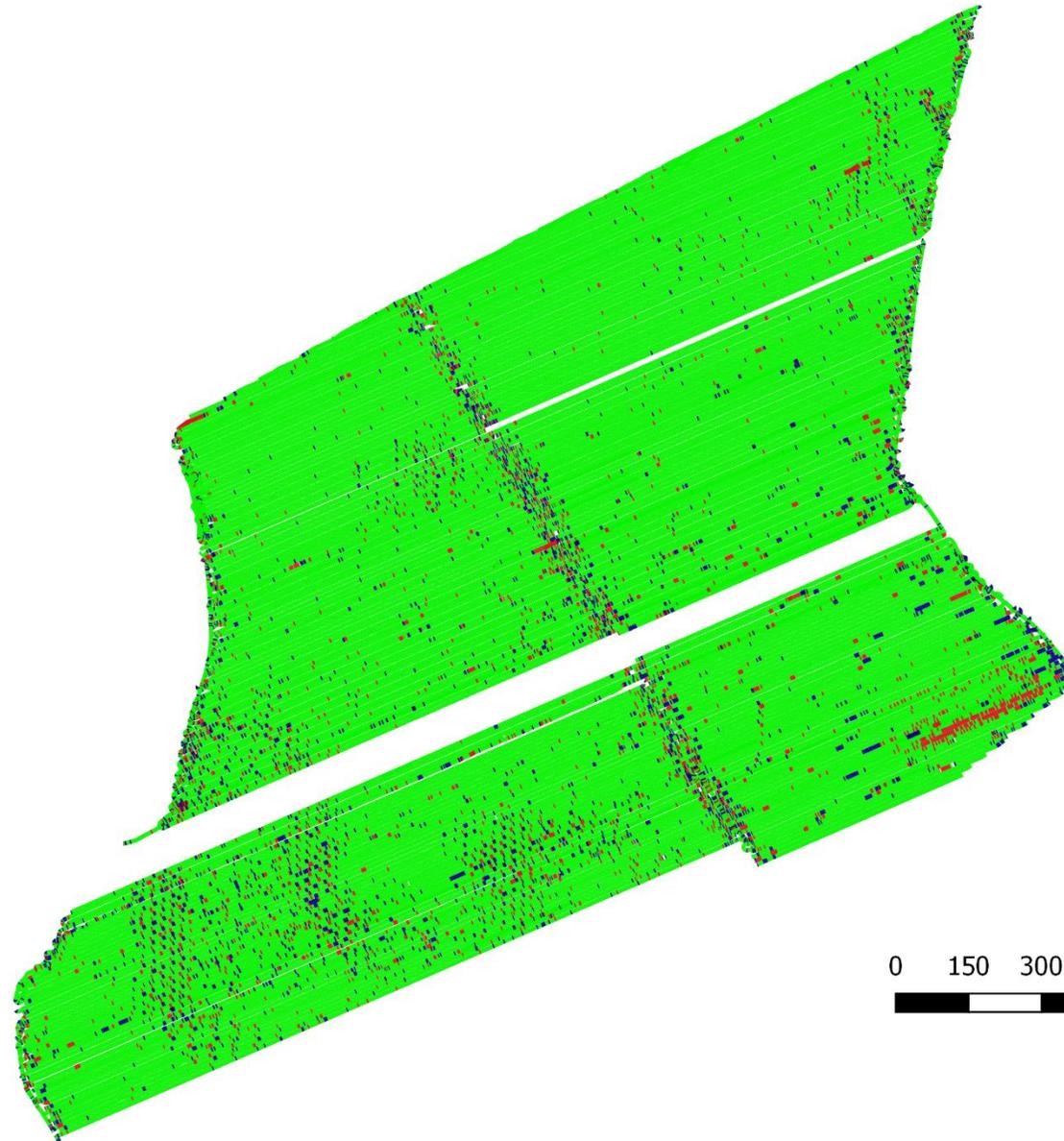
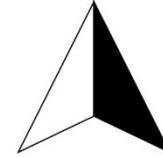
Legenda

Talhão E-05_E-06

- 0 - 1102 (kg/ha)
- 1102 - 1534 (kg/ha)
- 1534 - 1983 (kg/ha)
- 1983 - 2631 (kg/ha)
- 2631 - 7793 (kg/ha)



Mapa do aplicado de calcário em erro percentual (%)



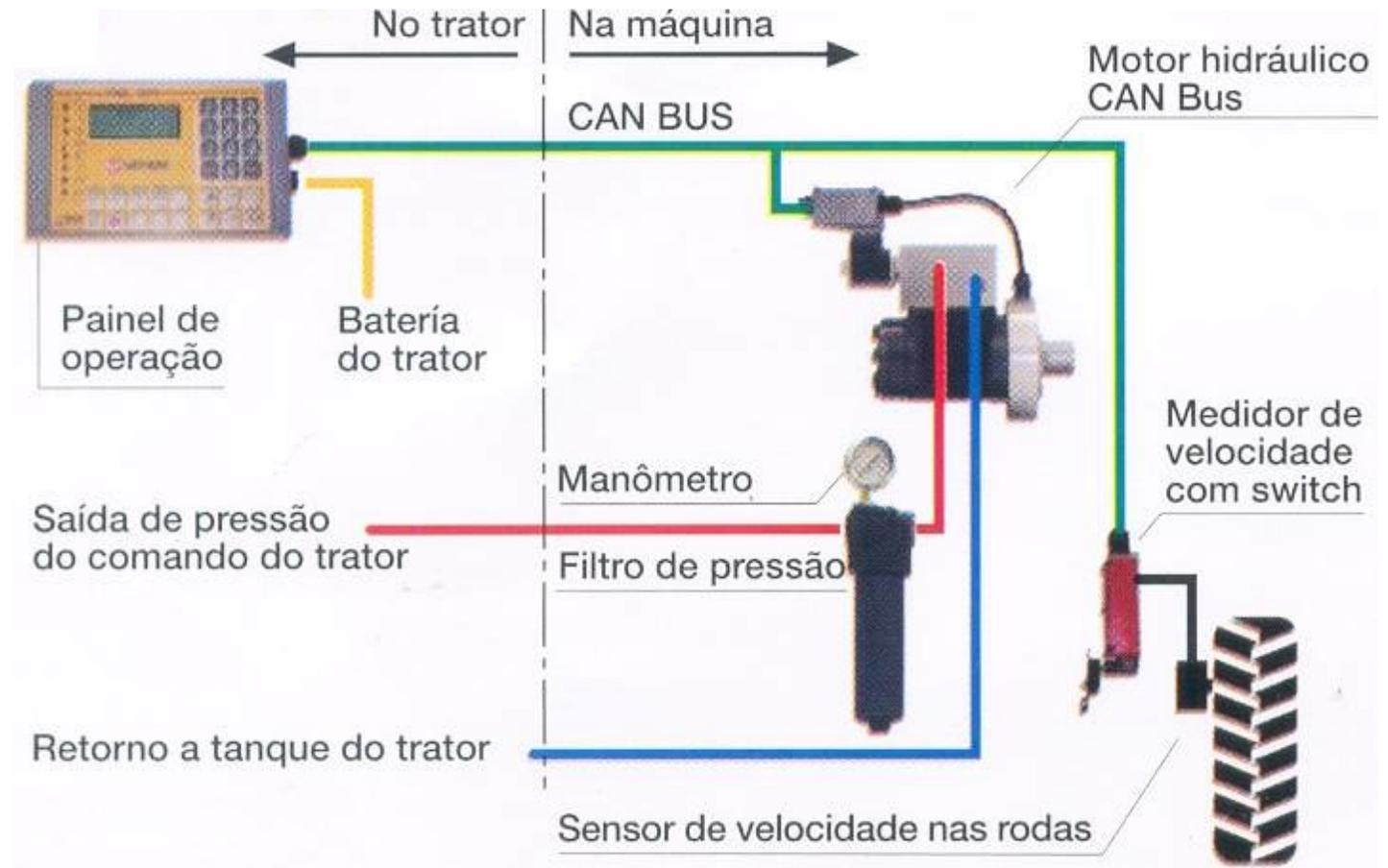
Legenda

Talhão E-05_E-06

-  Erro de -100 a -10 (%)
-  Erro de -10 a 10 (%)
-  Erro de 10 a 538 (%)



Sistema controlador de taxa variada para um produto





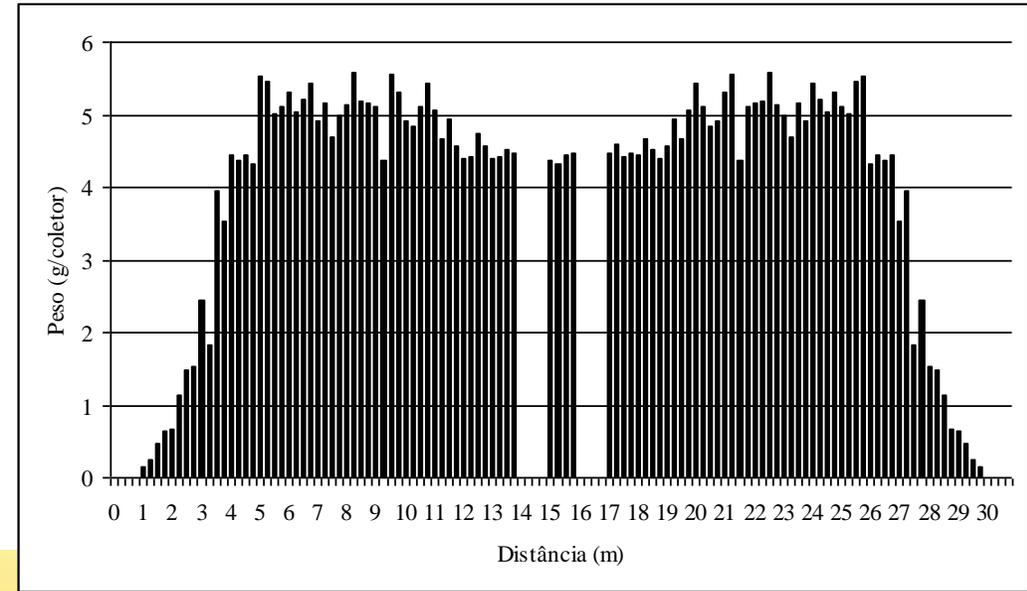
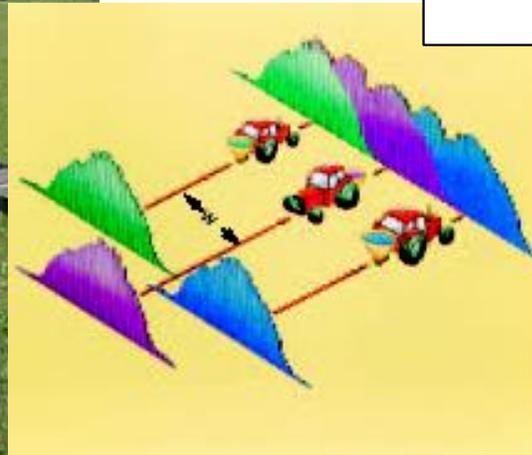
Controle da comporta
e da esteira

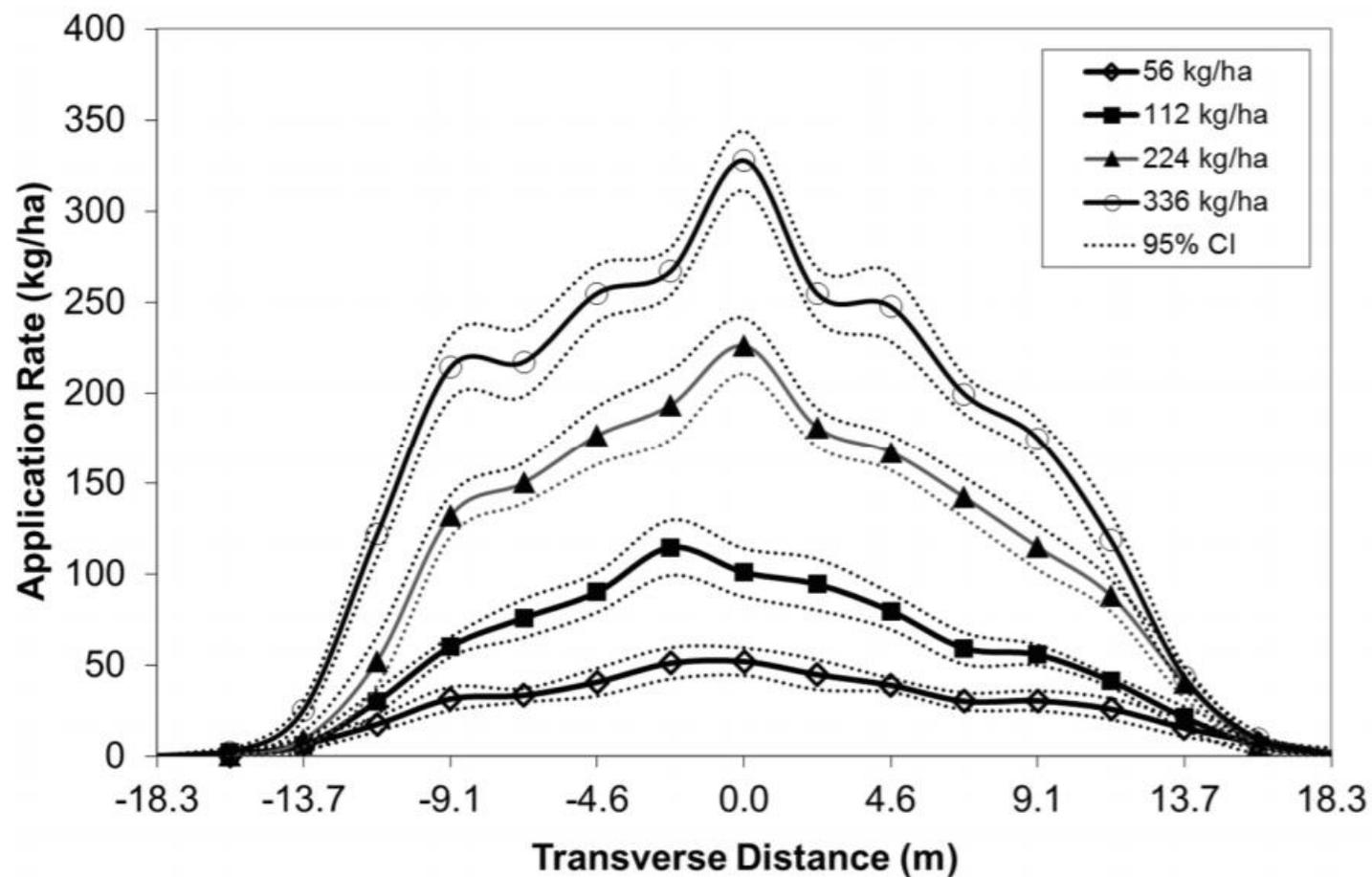
Controle da
comporta

Controle
da esteira

Agrishow, 2014

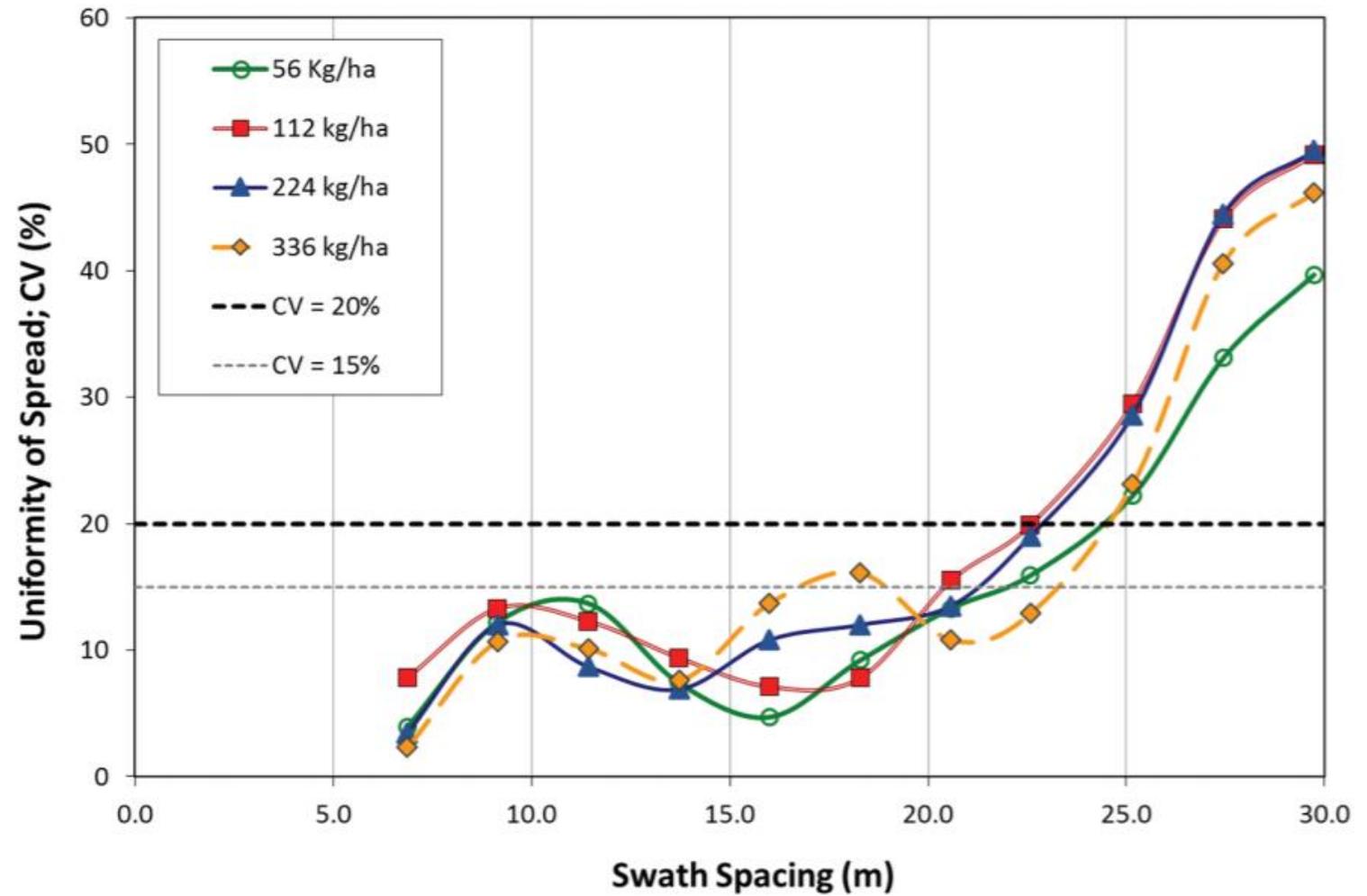
Deposição e necessidade de sobreposição na aplicação a lanço





Mean, single-pass, application patterns for 4 different rates with 95% confidence intervals.

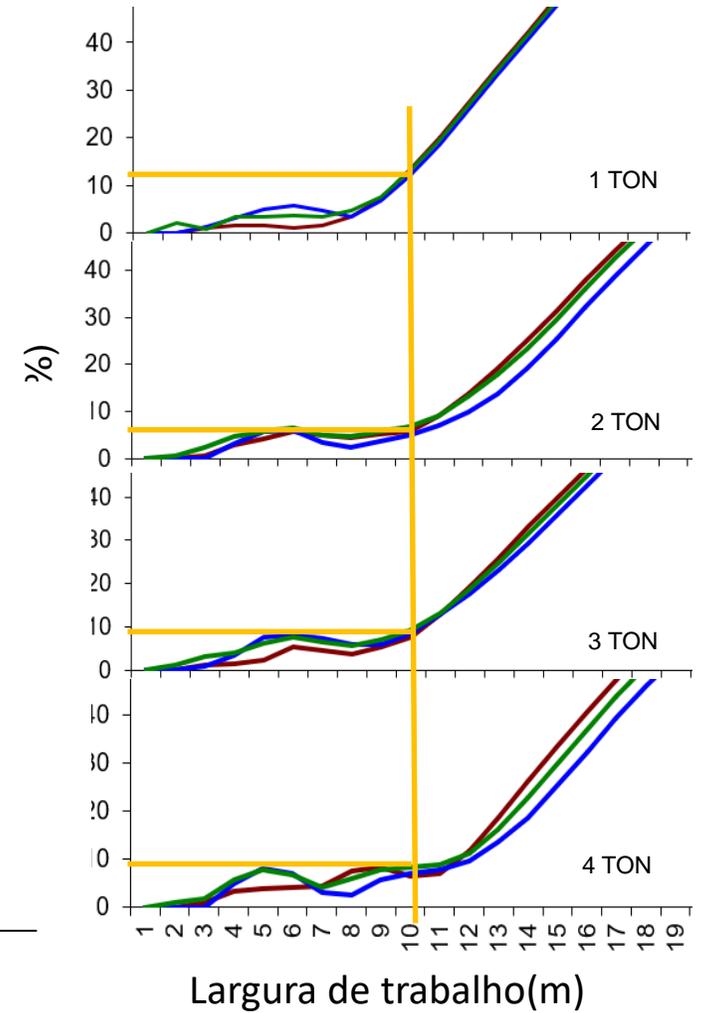
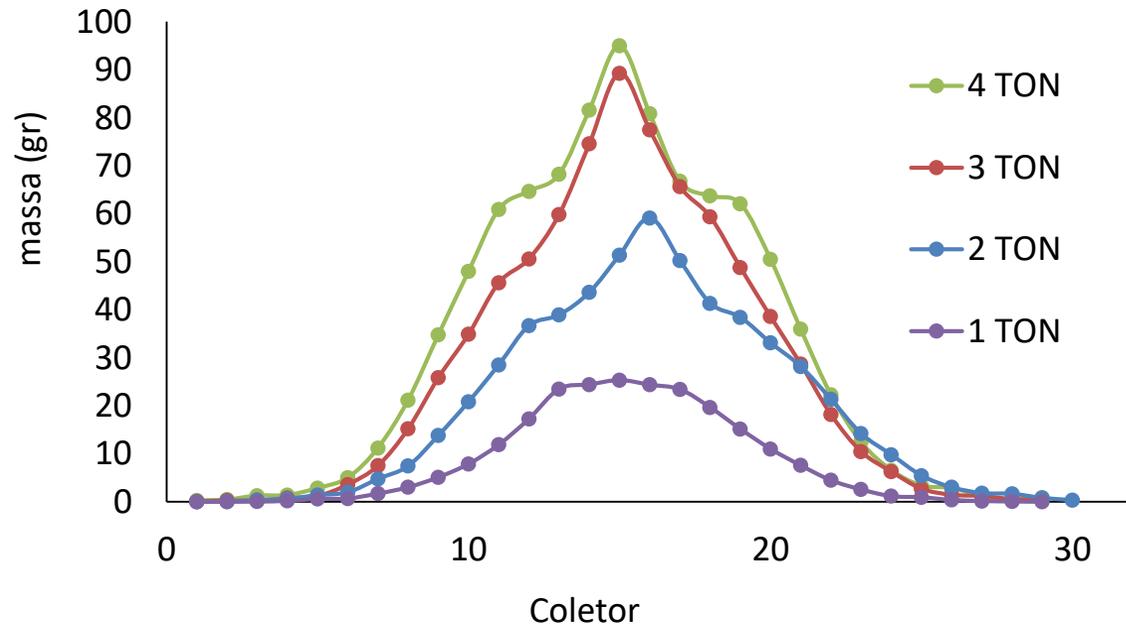
ASABE S573 OCT2018



Example plot of CV versus swath spacing for determination of the optimal swath width.



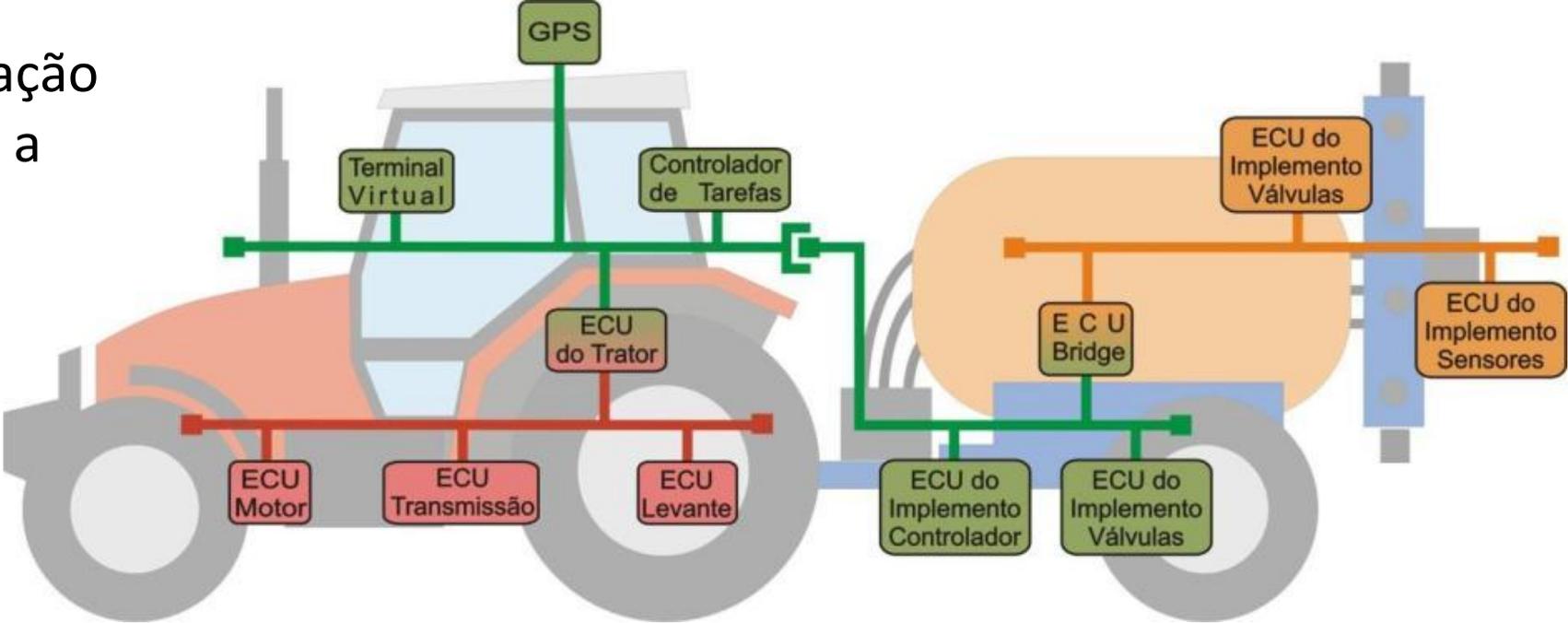
Calcário



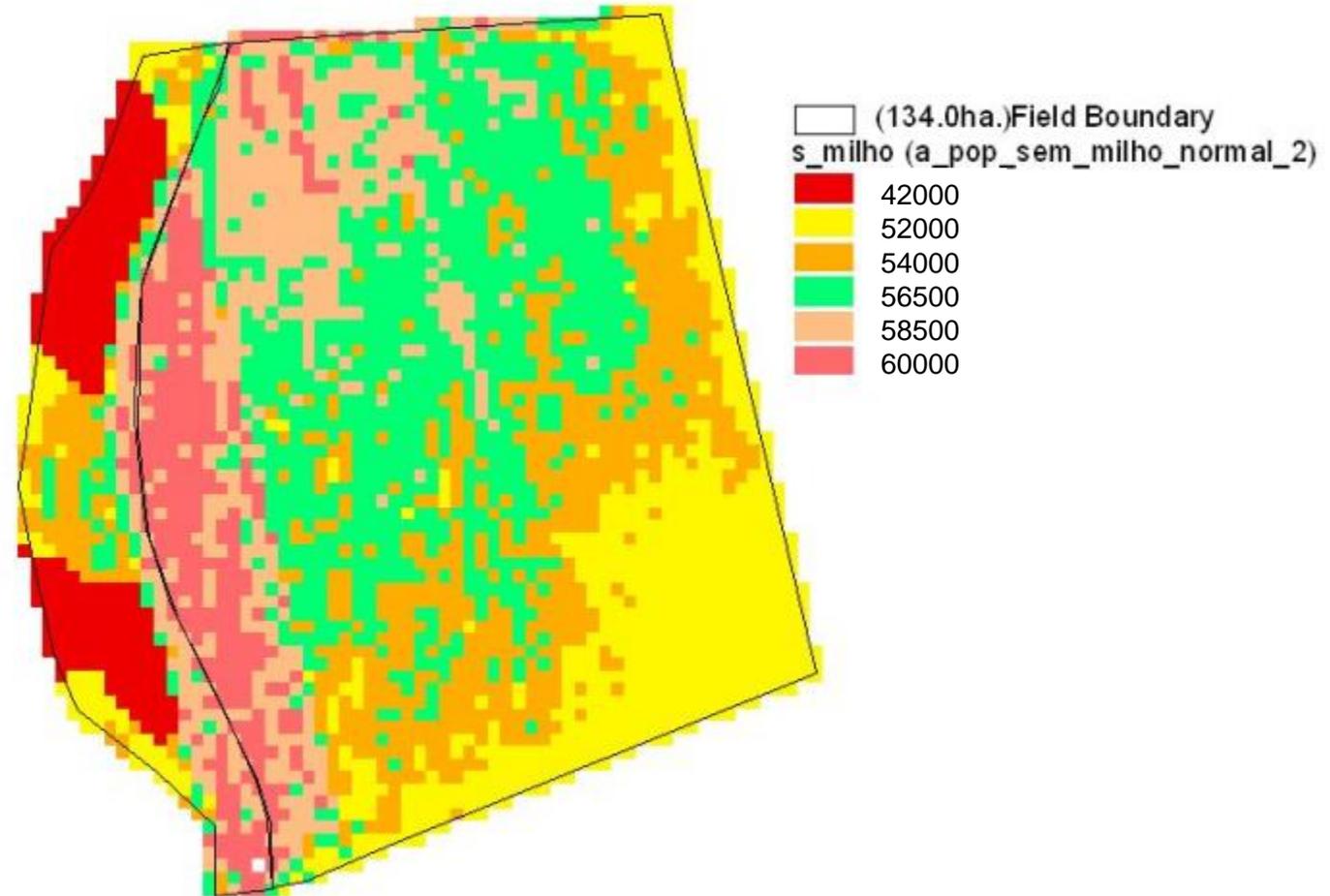
Zandonadi, 2019

Norma ISOBUS (ABNT) 11783

Padronização da comunicação eletrônica entre o trator e a máquina



Semeadura em doses variadas



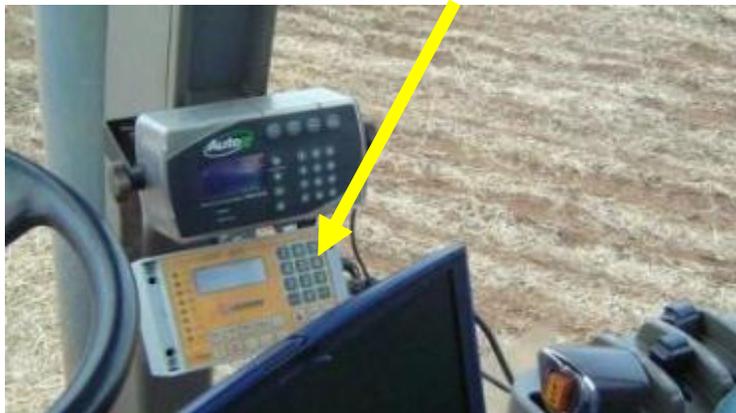


Sem transmissão!

Substituída por motor hidráulico



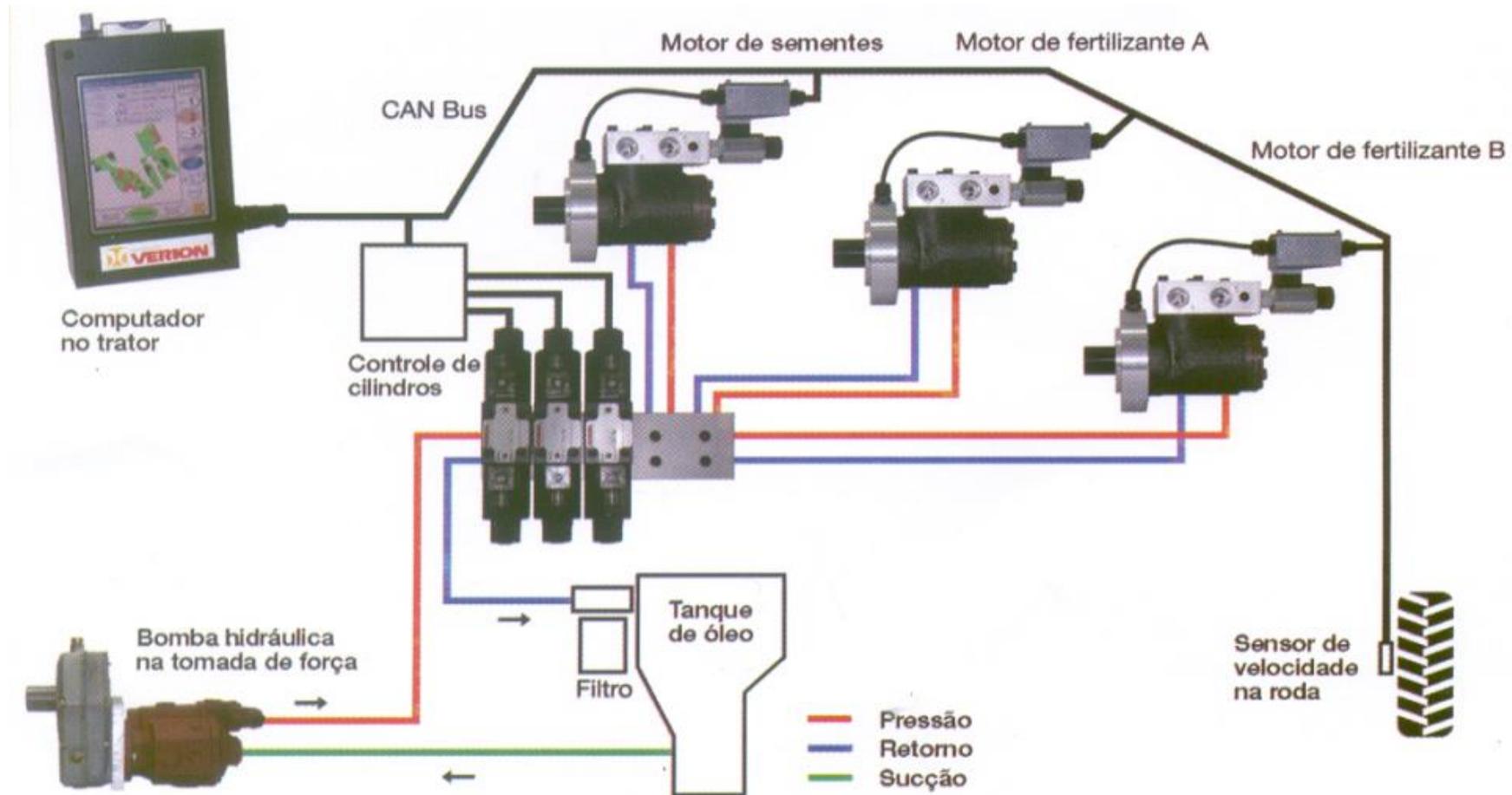
Controlado na cabine





Agrishow 2009

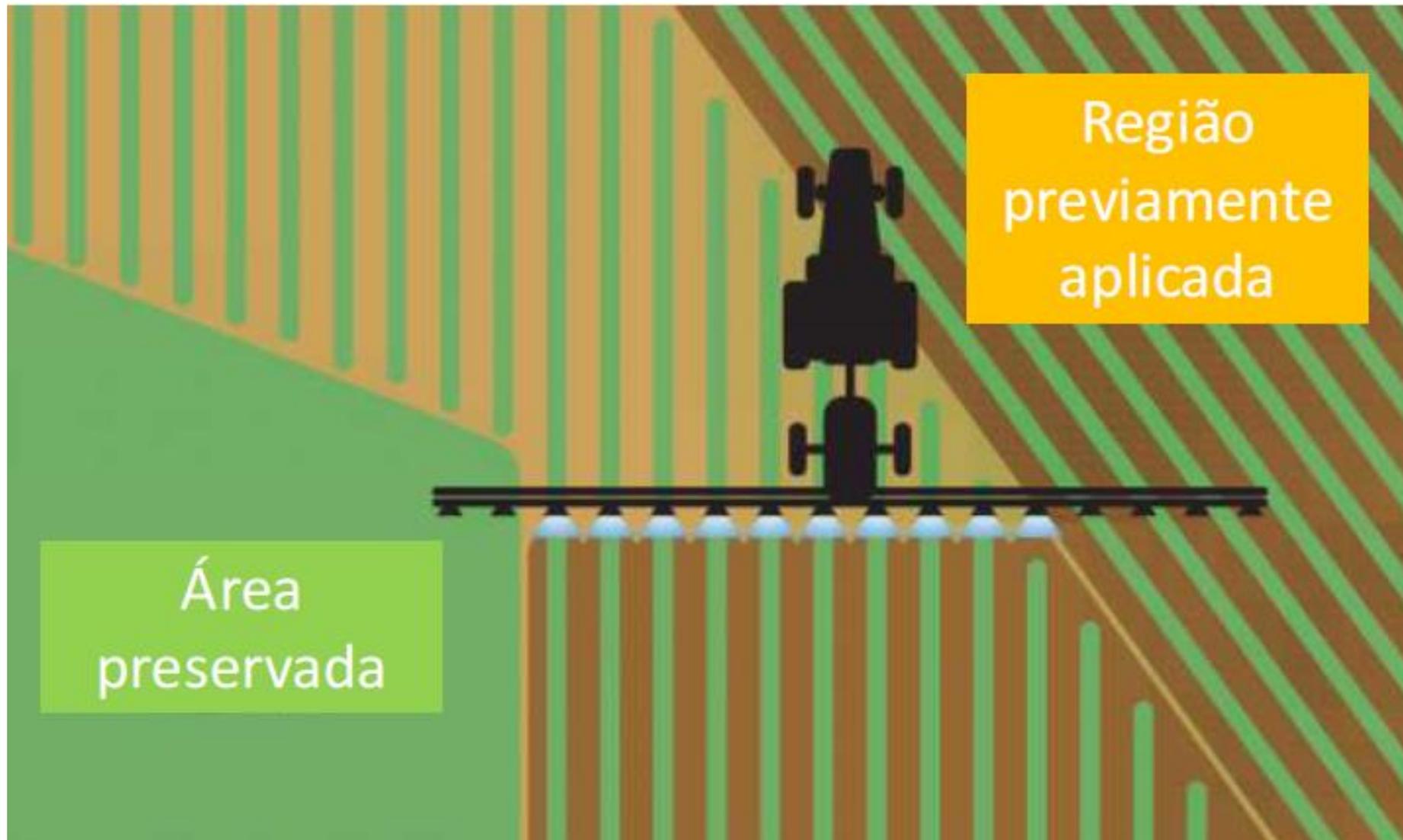
Sistema controlador de taxa variada com três canais: sementes, fertilizante A e fertilizante B



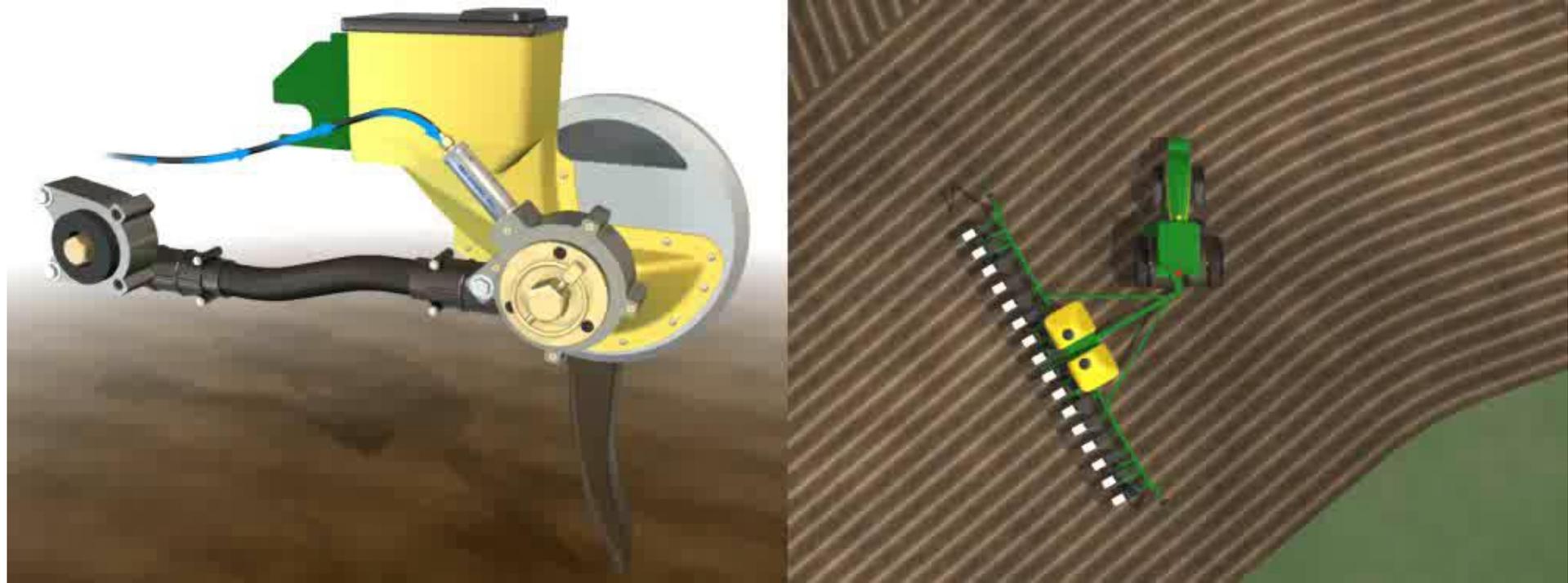
Sistema que controla automaticamente a abertura e fechamento da pulverização, semeadura ou aplicação de fertilizantes, evitando sobreposições e falhas



Sistema que controla automaticamente a abertura e fechamento da pulverização, semeadura ou aplicação de fertilizantes, evitando sobreposições e falhas



Sistema que controla automaticamente a abertura e fechamento da pulverização, semeadura ou aplicação de fertilizantes, evitando sobreposições e falhas





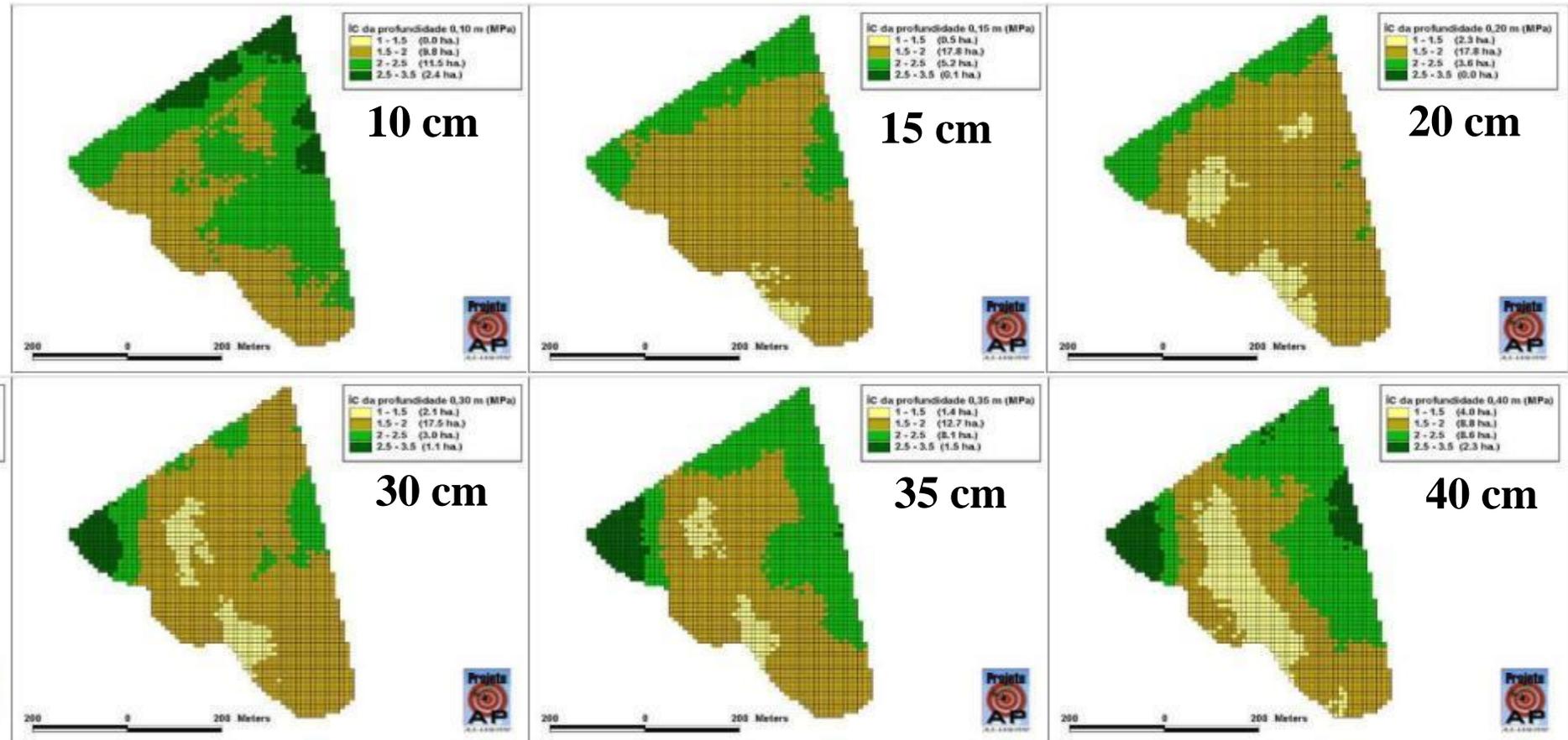
Preparo localizado do solo

Escarificador com movimento vertical para ajuste de profundidade automatizado



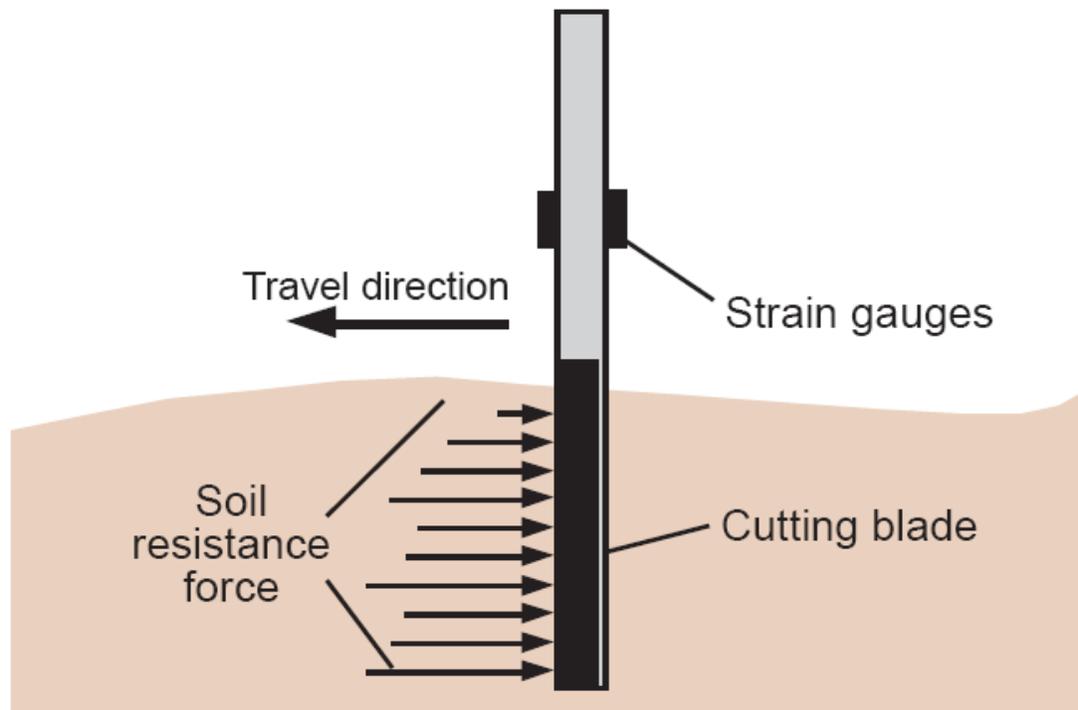
WERNER, A. (2008)

Evolução da compactação no perfil

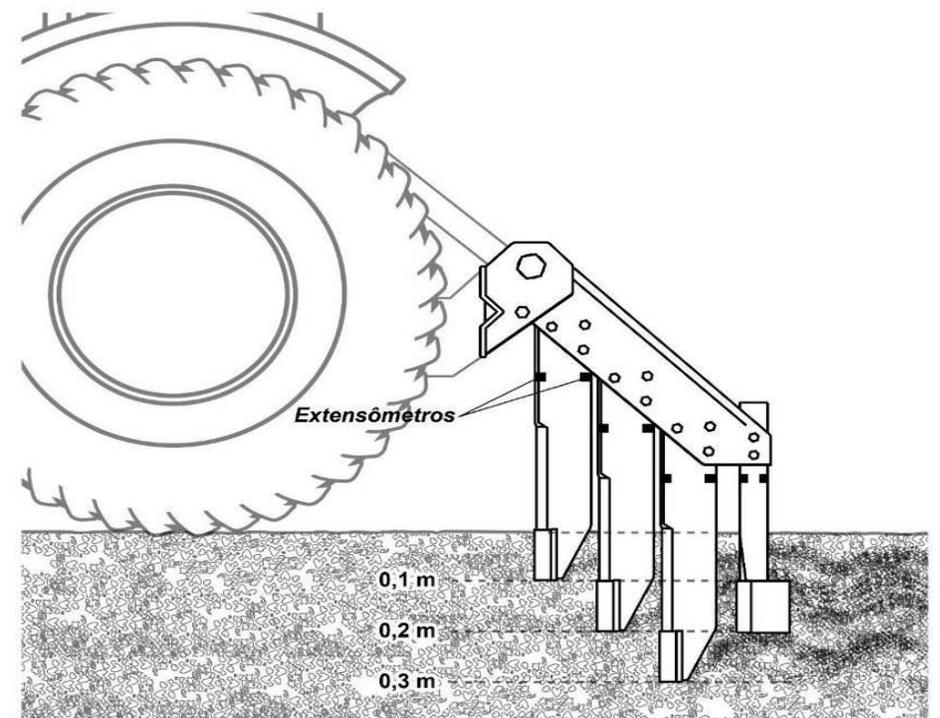


Silva Jr, 2001

Abordagem alternativa de se quantificar o estado de compactação do solo



ADAMSHUK, 2002



Molin, Amaral & Colaço, 2015

Taxa variável na pulverização e pulverização localizada



Onde estão os gargalos...

No diagnóstico

ou

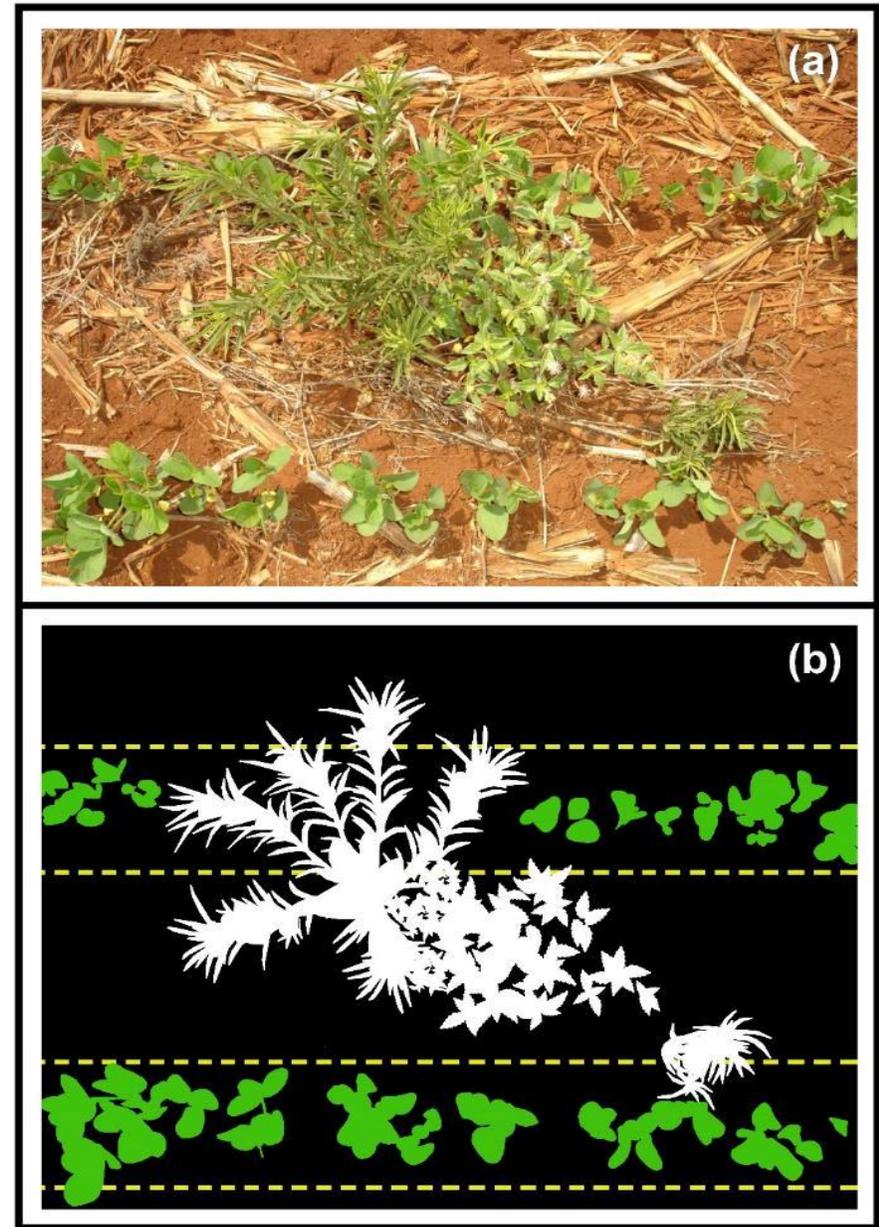
nas máquinas?

Como chegar ao diagnóstico?

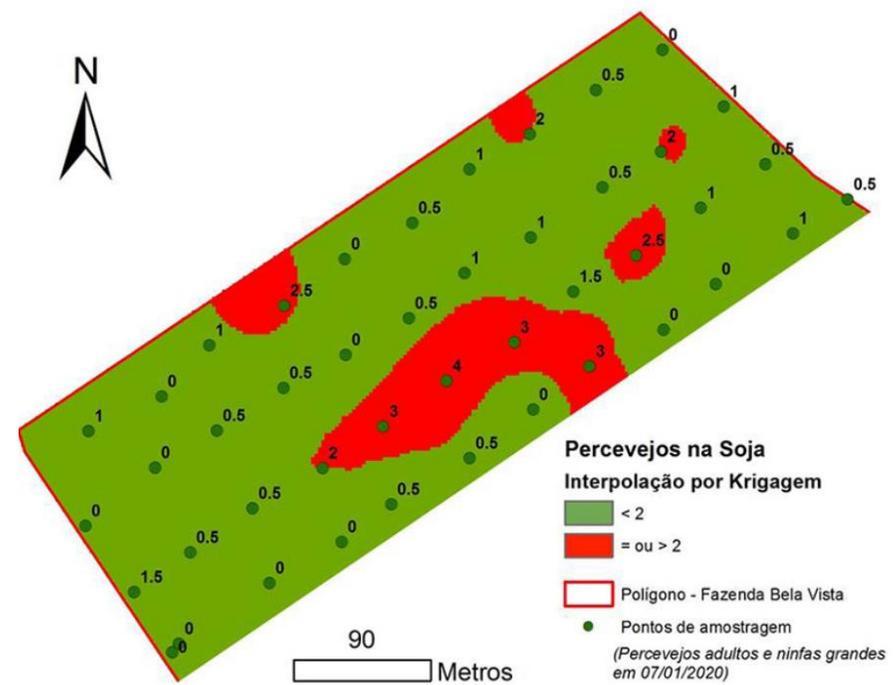
Formas de obtenção de dados

- Imagens (RGB, multi ou hiperespectrais)
- Refletância (multi ou hiperespectral)
- Amostragem visual georreferenciada (contagem, nota)
- Contorno de reboleiras
- Armadilhas/contadores
- Modelagem para previsões (indicadores indiretos)
- ???

Detecção e seleção por
imagem (cor formato,
textura)



Molin, Amaral & Colaço, 2015



Brazilian Agricultural Research Corporation
 Ministry of Agriculture, Livestock, and Food Supply

08/09/20 | Geotechnology Research, Development and Innovation Automation and Precision Agriculture Integrated Pest Management

Tecnologias digitais aumentam a eficiência do manejo integrado de pragas

[Tweet](#) [Compartilhar 14](#) [Print](#)

Photo: Jovenil Silva



- *Tecnologias digitais associadas ao manejo integrado de pragas reduziu a aplicação de inseticidas gerando economia e menor impacto ambiental.*
- *Ferramentas de georreferenciamento mostram mapas de distribuição espacial desses insetos na lavoura, orientando as pulverizações e racionalizando o controle.*
- *A solução melhorou também a qualidade dos*

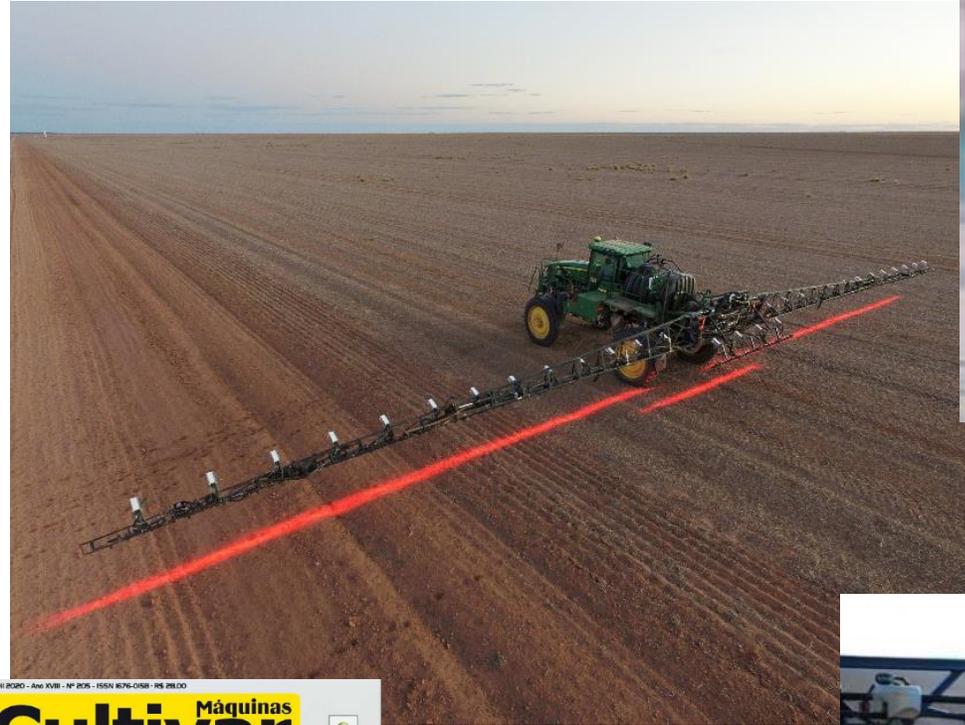


Figura 2. Mapa da aplicação realizada, baseada na distribuição espacial de percevejos na lavoura acrescida de um buffer de 10m (acima). Elaboração: Cocamar Máquinas

Aplicação de agroquímicos: situações e opções

- Aplicar ou não aplicar
- Aplicar calda em volume variável
- Aplicar princípio ativo em volume variável

Aplicar ou não aplicar



Eitelwein et al. (2020)



Sensores para detectar a presença de invasoras



Google imagens



Google imagens



Google imagens



N-Tech Industries, Inc.

Home / Products / Technology / Company / Sales / Support / FAQs / Contact / Links

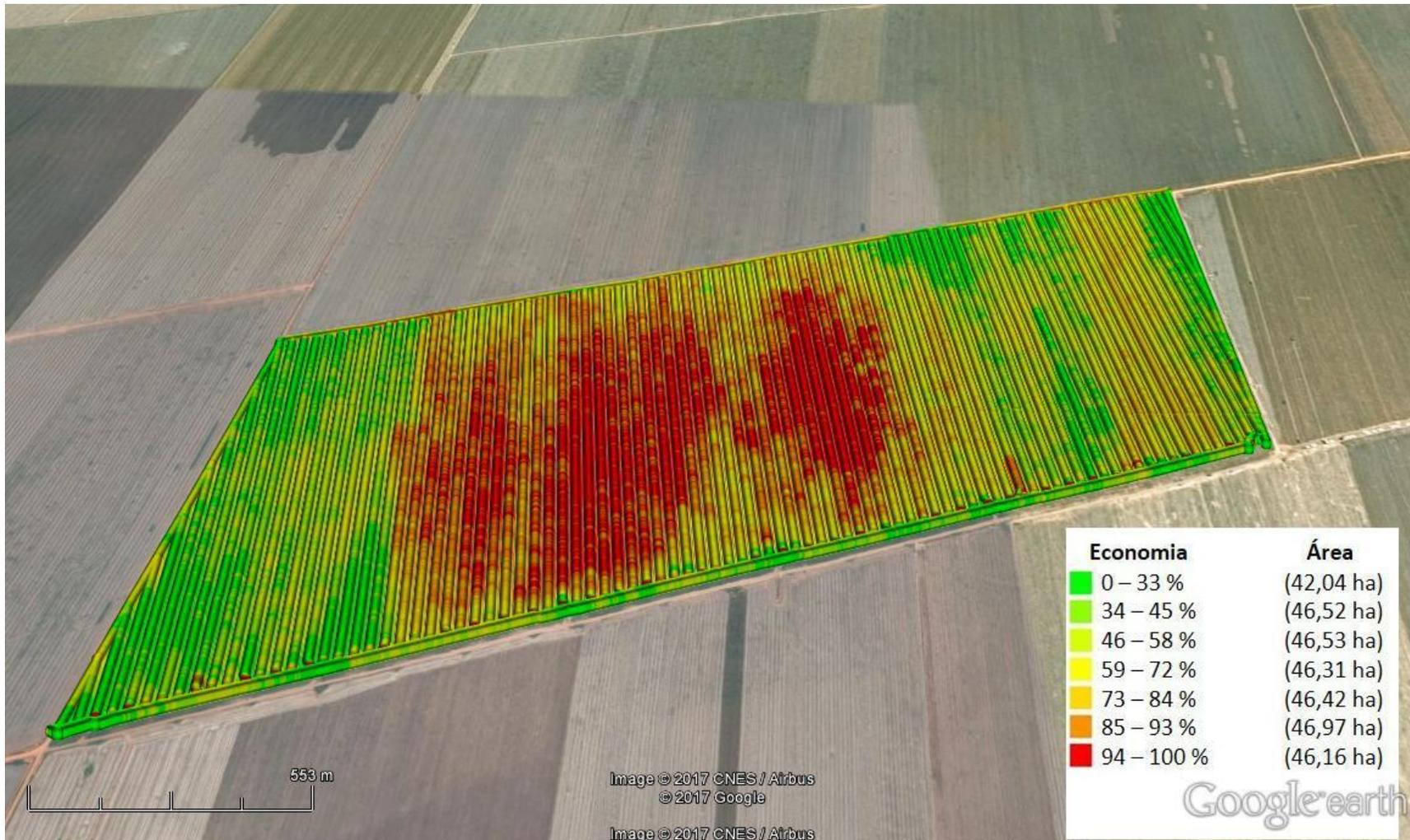
James Beck, a Northern California electronics engineer, developed the Patchen technology in the early 1990s. He founded Patchen, currently a subsidiary of N-Tech, in June 1992 with an initial capitalization from private investors. He then designed a spraying system integrating the technology, began to establish a dealer organization, and applied for U.S. patents. Another investor financed perfection of foreign patents in Europe, Australia, Brazil, Canada and several other countries. The first U.S. patent was issued in 1994. Additional patents followed in 1995, 1996, 1998 and 2000.



Cultivar Máquinas, 2020



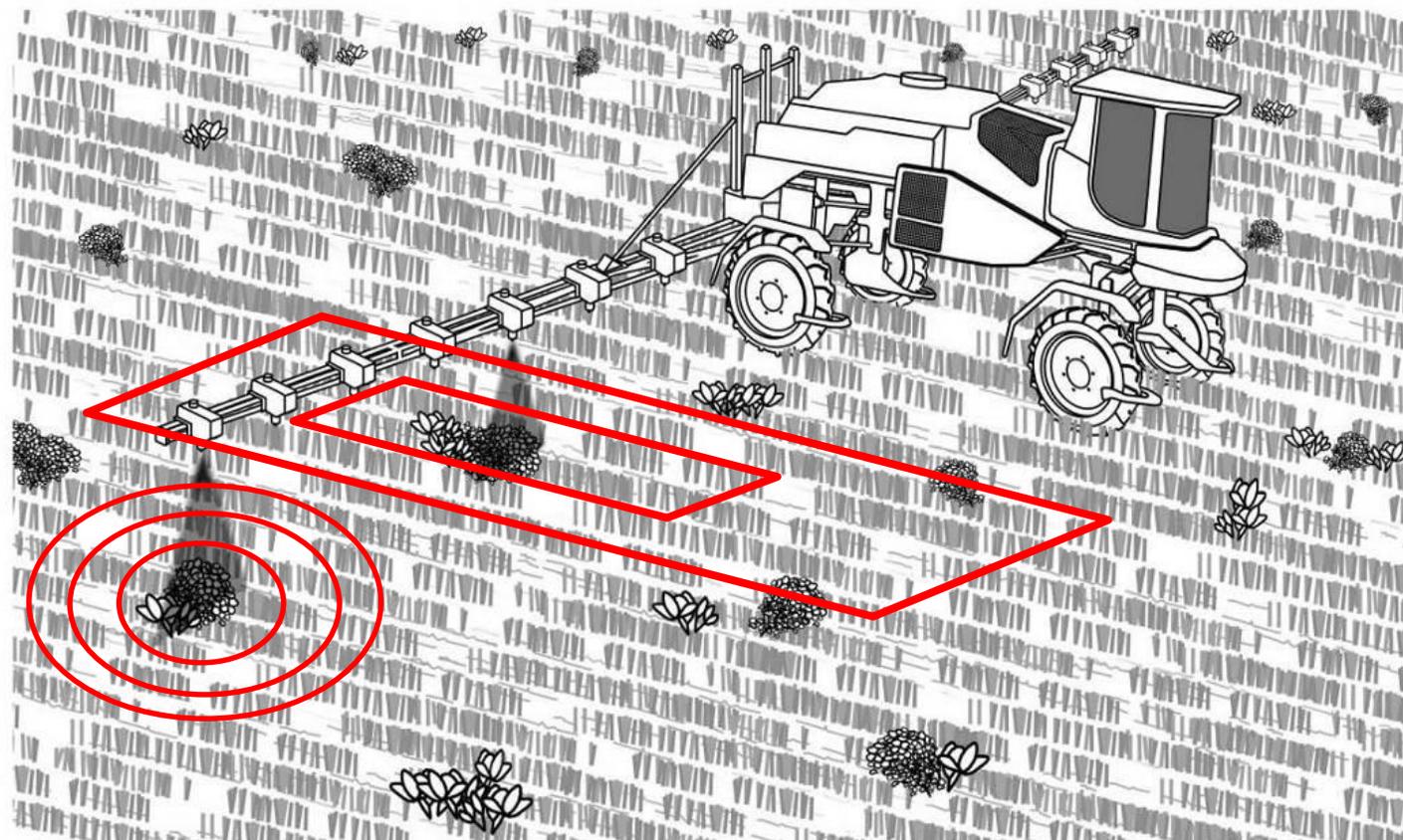
Mapa da economia de herbicida gerado em uma área de 322 ha no oeste da Bahia



Eitelwein et al. (2020)

Sensoriar, diagnosticar e aplicar

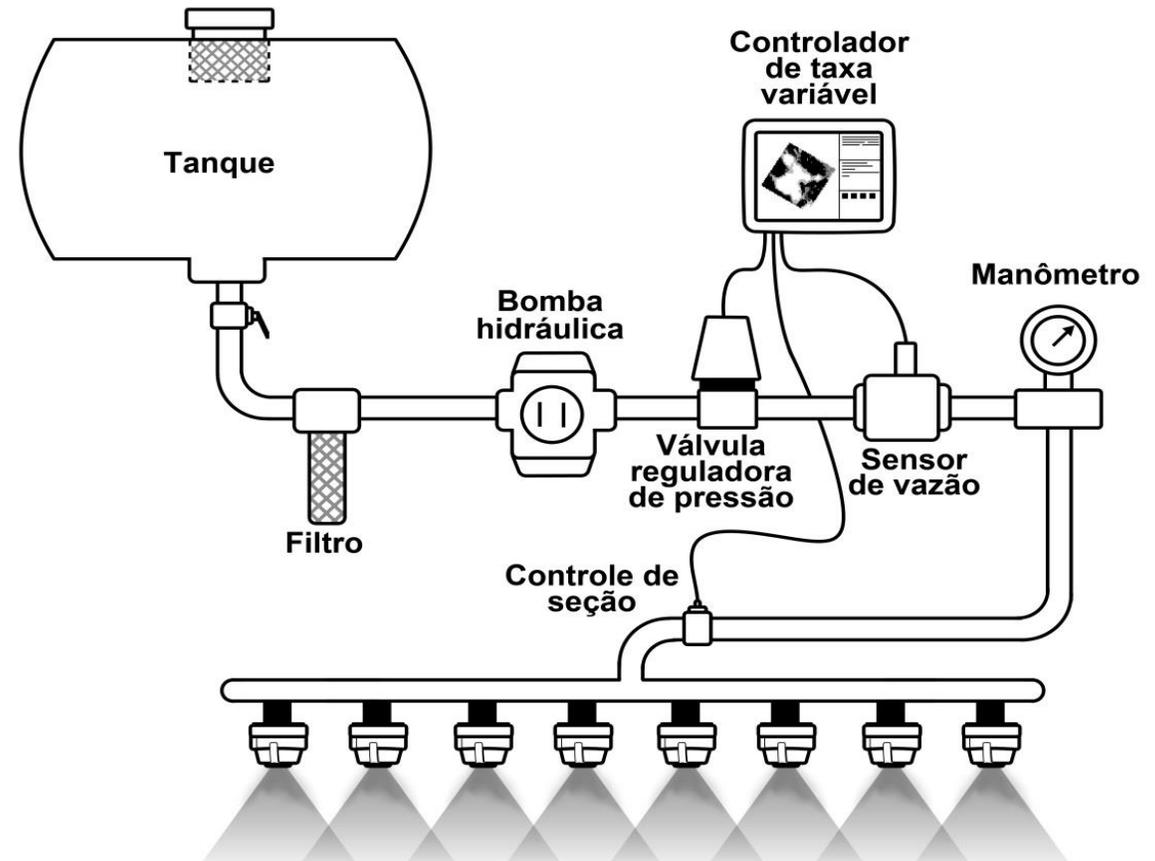
Em tempo real (sensor)
ou via mapa de
prescrição?



Molin, Amaral & Colaço, 2015

Aplicar calda em volume variável

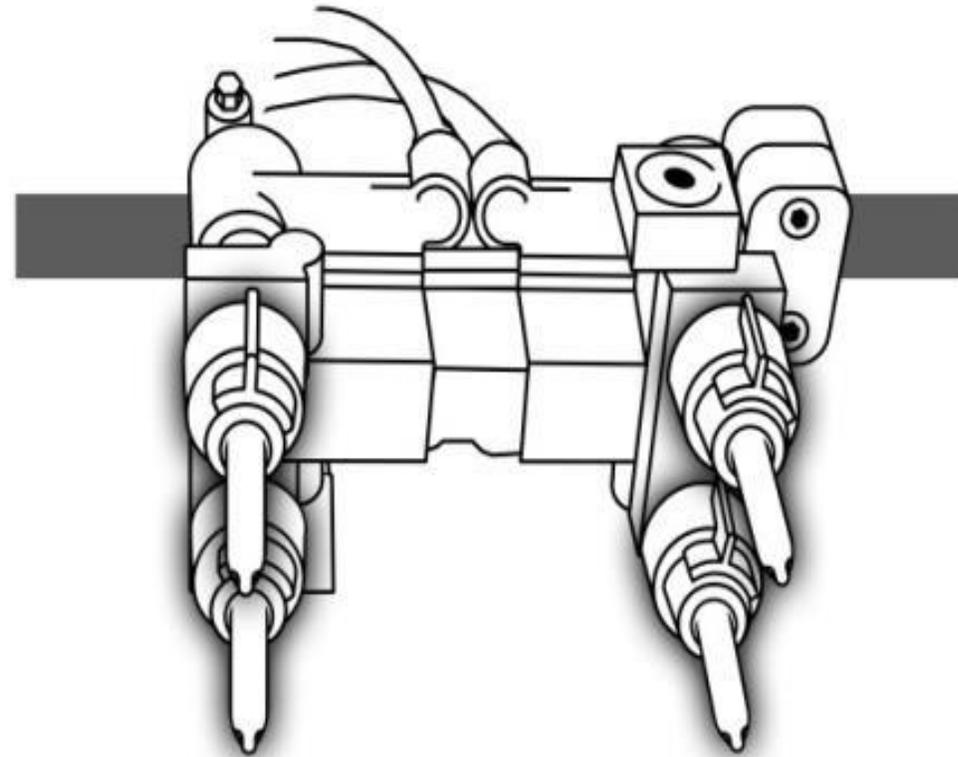
Variação na pressão para alterar a vazão



Molin, Amaral & Colaço, 2015

Variação de volume de calda por meio
combinação de número e vazões de bicos

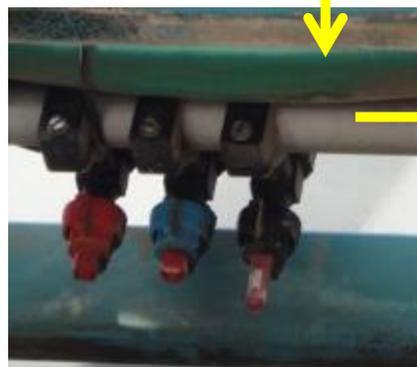
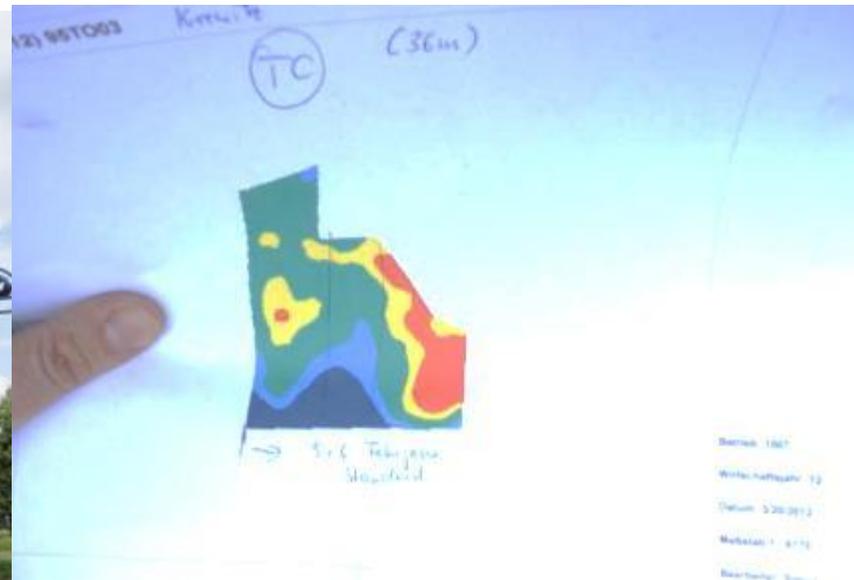
Aplicar calda em
volume variável



Molin, Amaral & Colaço, 2015



ECPA, Alemanha, 2003

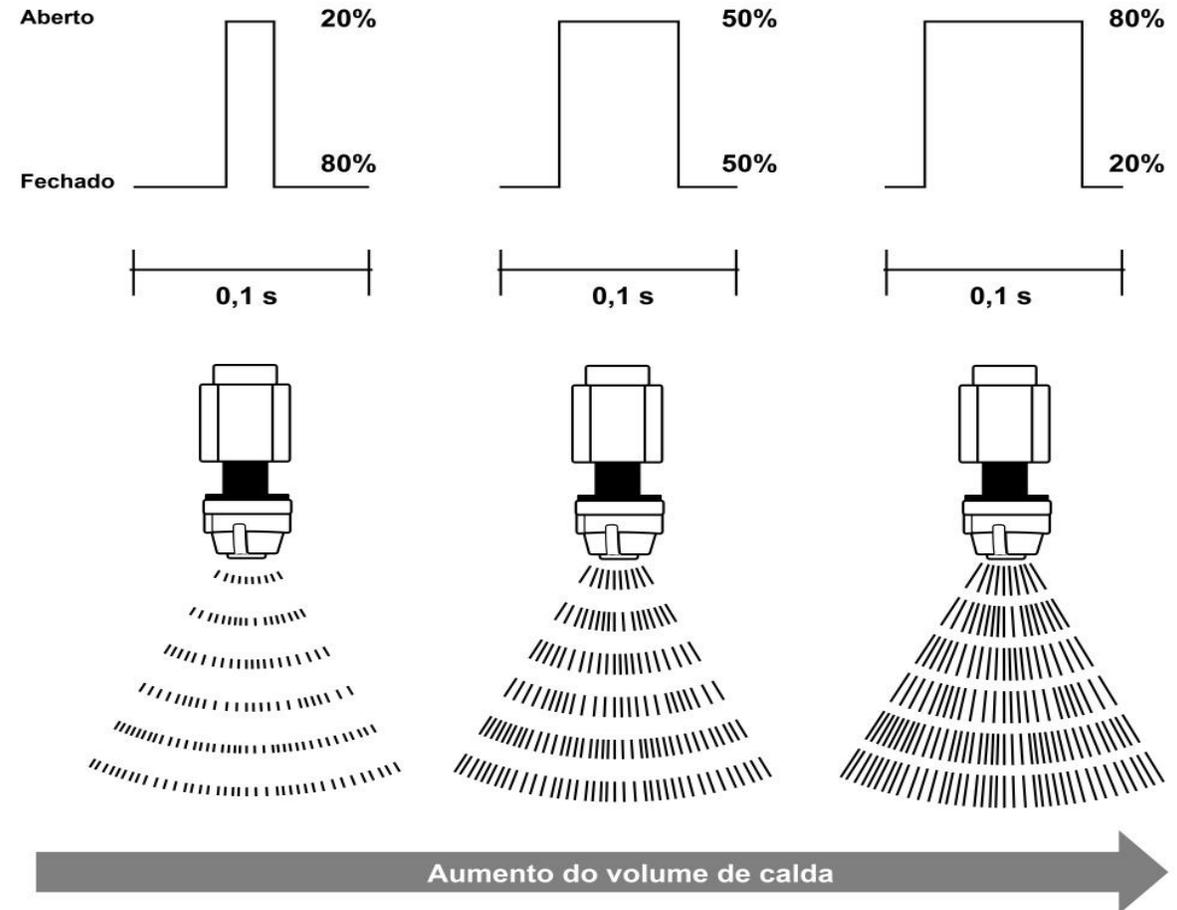


Aplicação de fungicida em taxas variáveis em função da biomassa estimada por imagens de satélite (Alemanha, 2012)



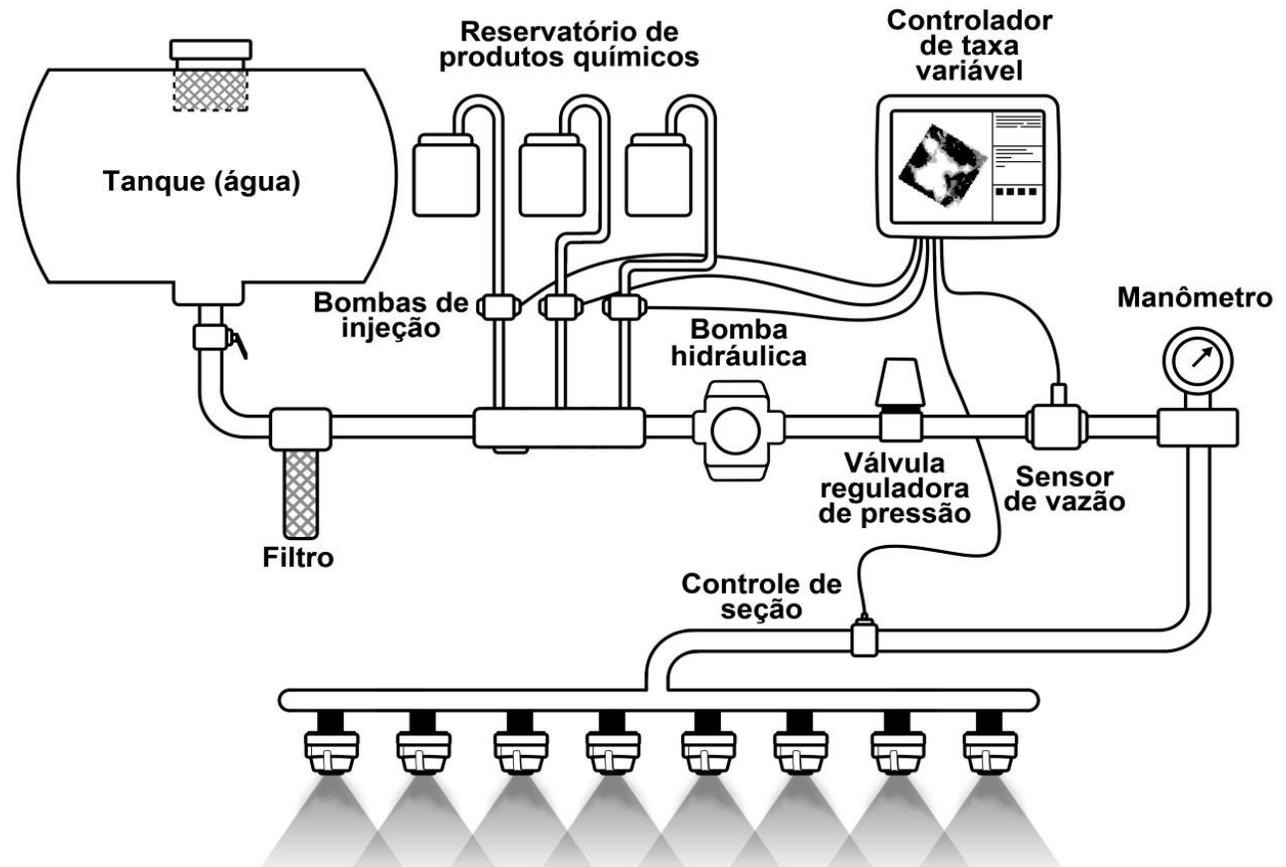
Vazão variável nas pontas (pulsantes); ponta com válvula solenoide para controle modulado da vazão

Aplicar calda em volume variável



Molin, Amaral & Colaço, 2015

Aplicar princípio ativo em volume variável

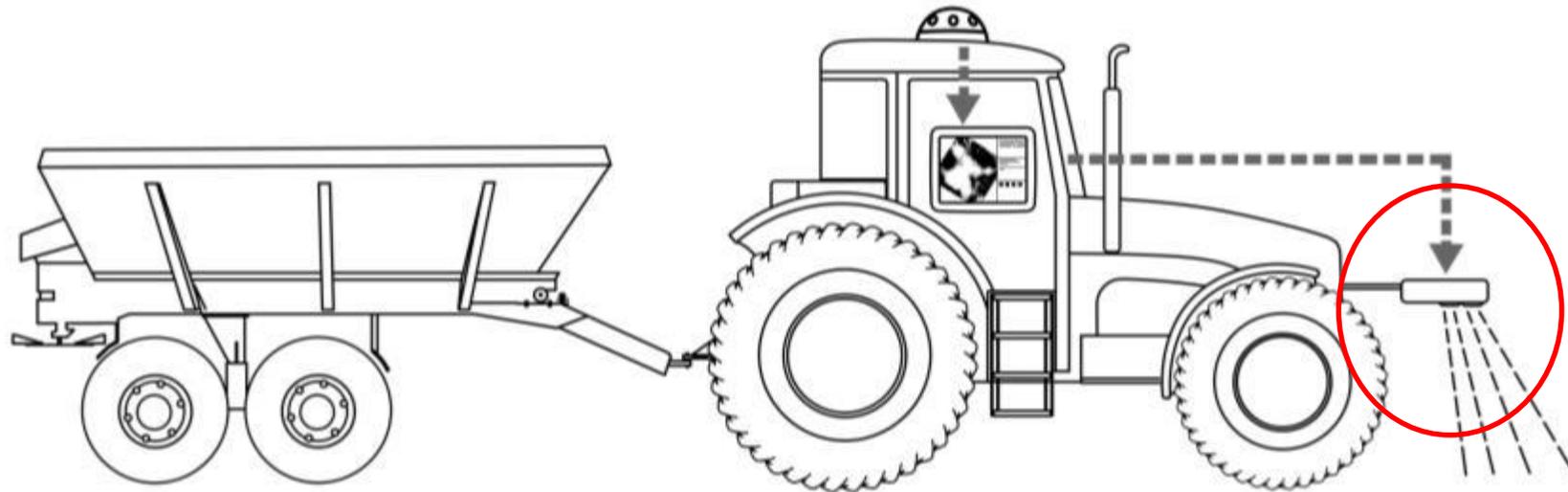


Variação de doses de princípio ativo com injeção na tubulação de água

Em resumo...

O sonho de consumo do agricultor...

Soluções assertivas e plenamente automatizadas



Todos esses conceitos são aprofundados
na disciplina optativa LEB0447 –
Agricultura de Precisão