

# **Tratamientos localizados**

# Objetivo

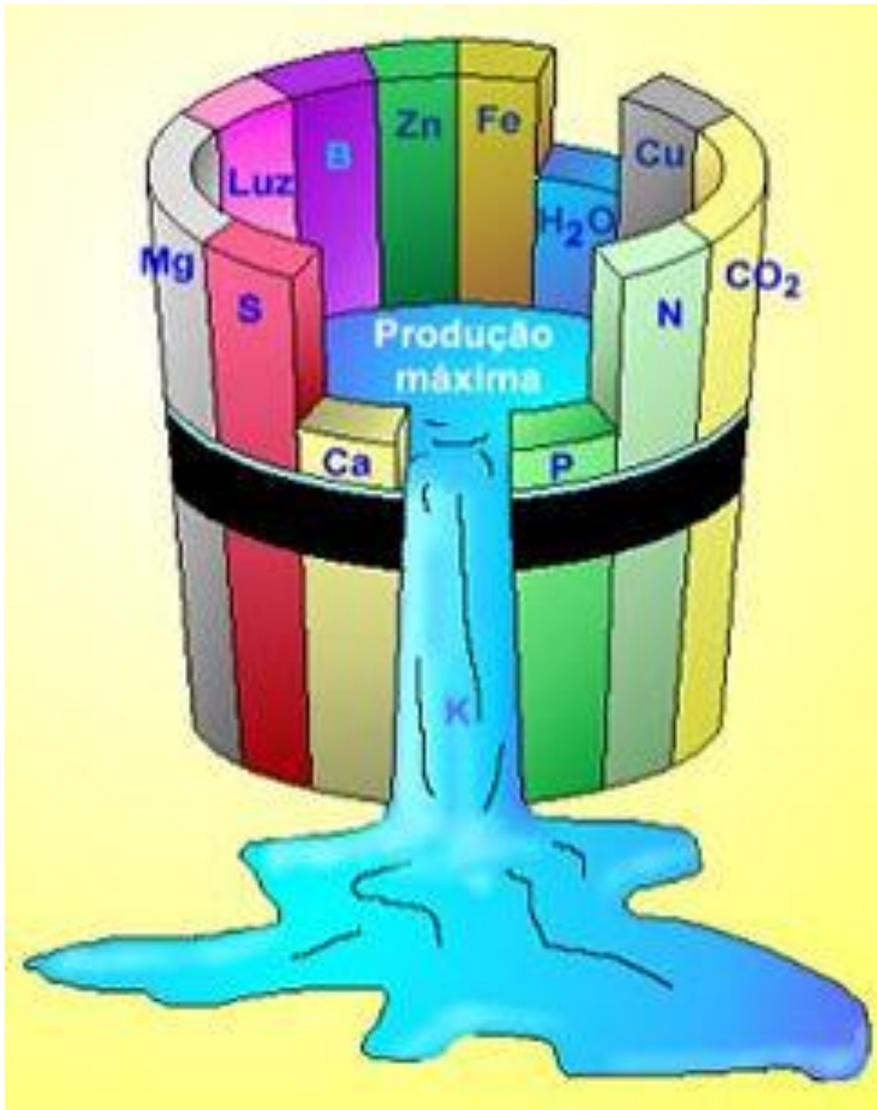
Abordar os temas relacionados aos equipamentos que permitem as intervenções localizadas para a aplicação de insumos e operações.

# Intervenções localizadas com operações e aplicação de insumos

A essência da agricultura de precisão!

# Correção e Adubação

- A prática usual é a aplicação de dose única, normalmente advinda de um único dado (amostra).
- A **equação (recomendação)** pode ser individualizada para cada pequena porção da lavoura viabilizando a **aplicação localizada**.



Lei de Liebig (dos Mínimos) ampliada e georreferenciada

# Como é uma fórmula de adubação?

Um exemplo para o fósforo...

$$\text{Dose de Fósforo (kg/ha de P}_2\text{O}_5) = (\text{Teor de P no solo adequado} - \text{Teor de P atual}) \times \text{CT}$$

Onde, CT representa a capacidade tampão do solo, obtido na Tabela 5.

**Tabela 5.** Valores do fator CT, para estimar a necessidade de fósforo corretivo em função do teor de argila no solo, utilizando-se o método resina trocadora de íons para determinação do teor de fósforo, Fundação Chapadão 2008.

Teor de Argila	Capacidade tampão de fósforo (CT)
%	(kg de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha)/(mg/dm <sup>3</sup> de P)
≤ 15	5
16 a 35	9
36 a 60	30
> 60	70

Fonte: Sousa et al. (2006), Recomendação de adubação fosfatada com base na capacidade tampão de fósforo para região do Cerrado. In: Reunião Brasileira de Fertilidade de solo

Pesquisa – Tecnologia – Produtividade, Fund. Chapadão, 2010



# Tratamentos fitossanitários

- O agricultor faz o controle em dose única e em área total.
- Herbicidas, fungicidas e inseticidas podem ser aplicados localizadamente, ou com doses ou concentrações variáveis.
- Os desafios estão no **monitoramento** e na obtenção de **prescrições (mapas)**.

# Preparo do solo

- A compactação do solo é uma grande preocupação e é provocada por um conjunto de fatores.
- Como o solo não é uniforme, a compactação também não será e pode ser **controlada localizadamente** na medida em que se desenvolverem métodos rápidos e eficientes de diagnóstico.

# Semeadura

- O potencial produtivo é variável ao longo da lavoura, portanto a **densidade populacional pode variar**.
- E a **genética** também pode ser variada!

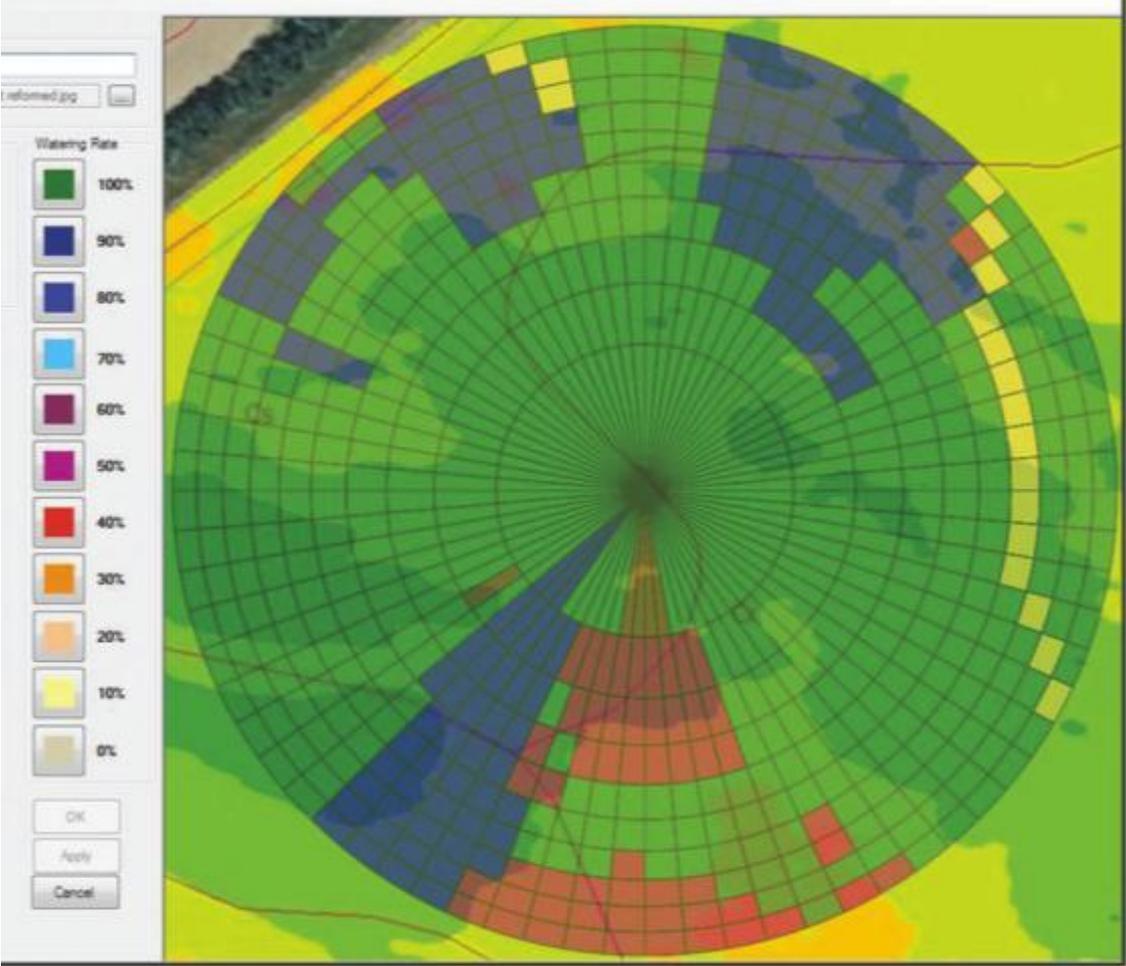
# Irrigação

- A **capacidade de retenção de água do solo** não é espacialmente uniforme.
- Pode-se trabalhar com indicadores de solo e plantas para definir **lâminas ou frequências de irrigação diferenciadas** e atuar com técnicas de engenharia de irrigação.

# Pivô Central para Irrigação de Precisão



Valmont - Agrishow 2011

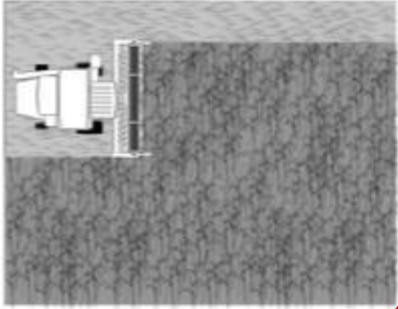


Software dedicado para Irrigação de Precisão



# Aplicação de corretivos e fertilizantes governada por mapa

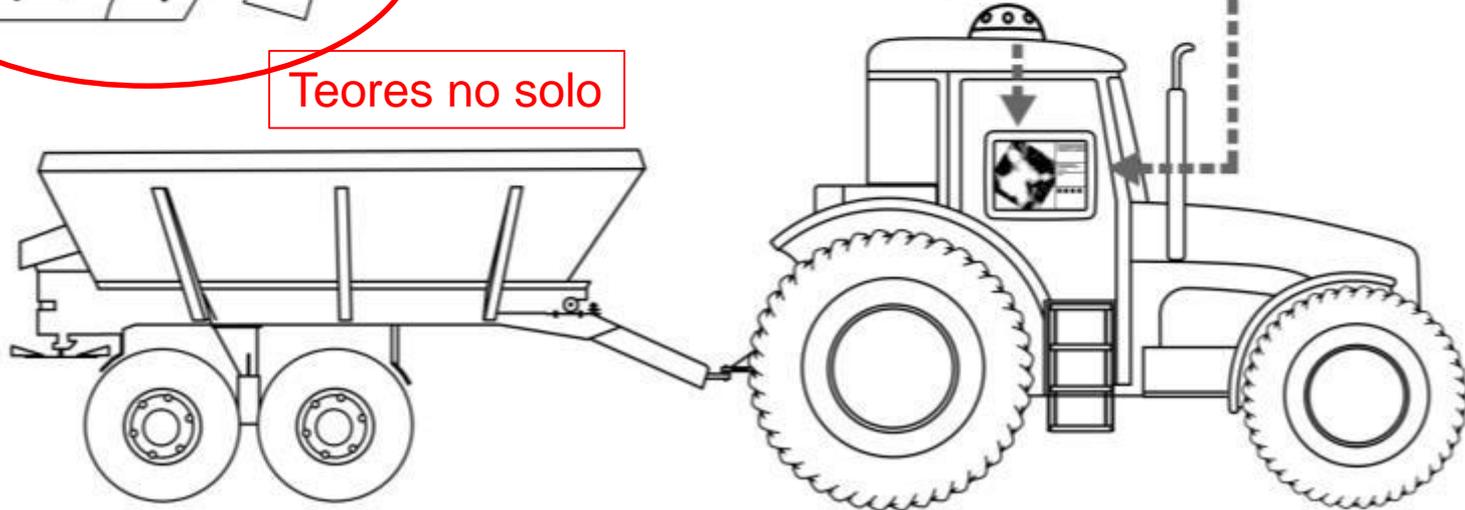
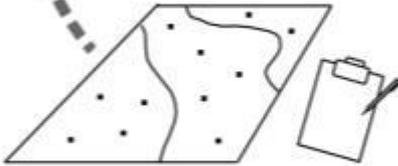
Exportação



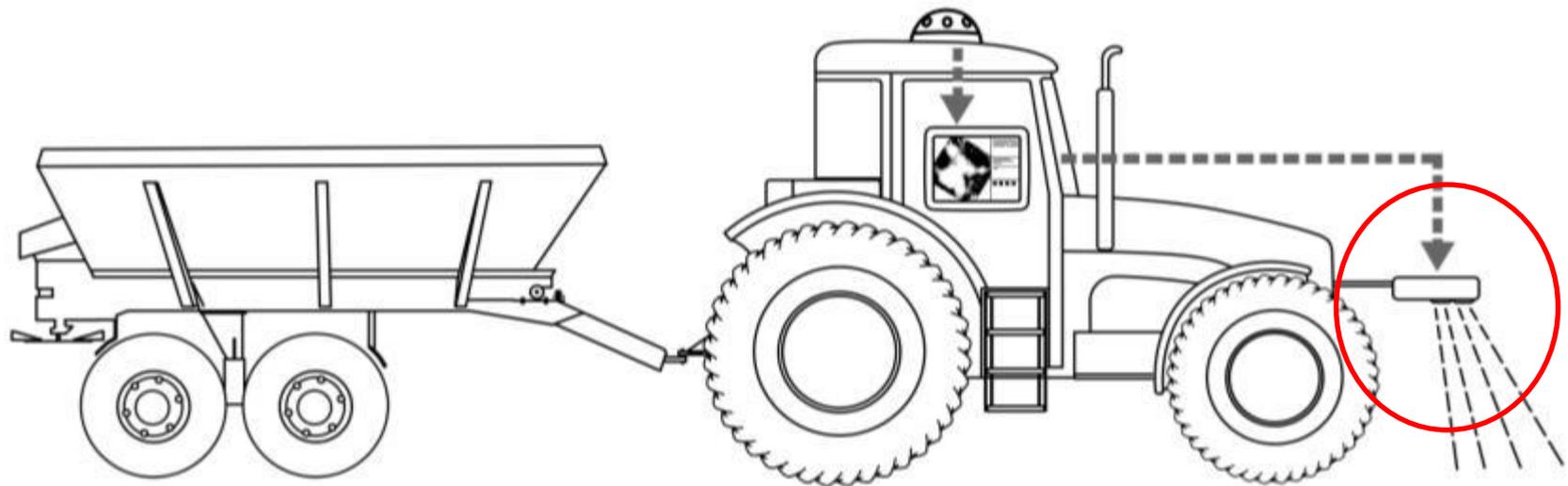
Recomendação



Teores no solo

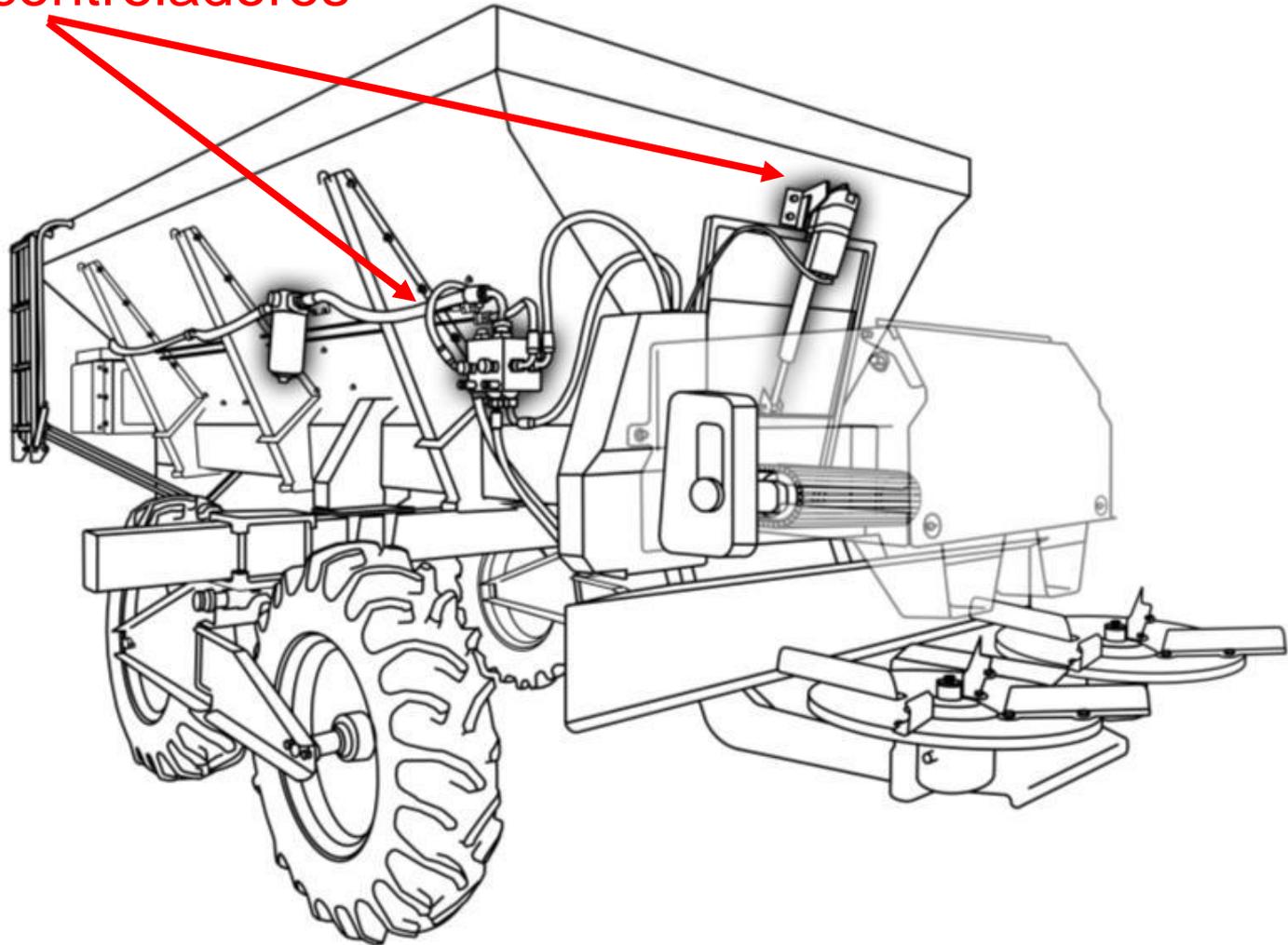


# Aplicação governada por sensor



# Distribuidor a lançaço – o exemplo mais simples

Atuadores/controladores



# Controle da comporta e da esteira



Controle da comporta



Controle da esteira

Agrishow, 2014

# Controle da comporta e da esteira

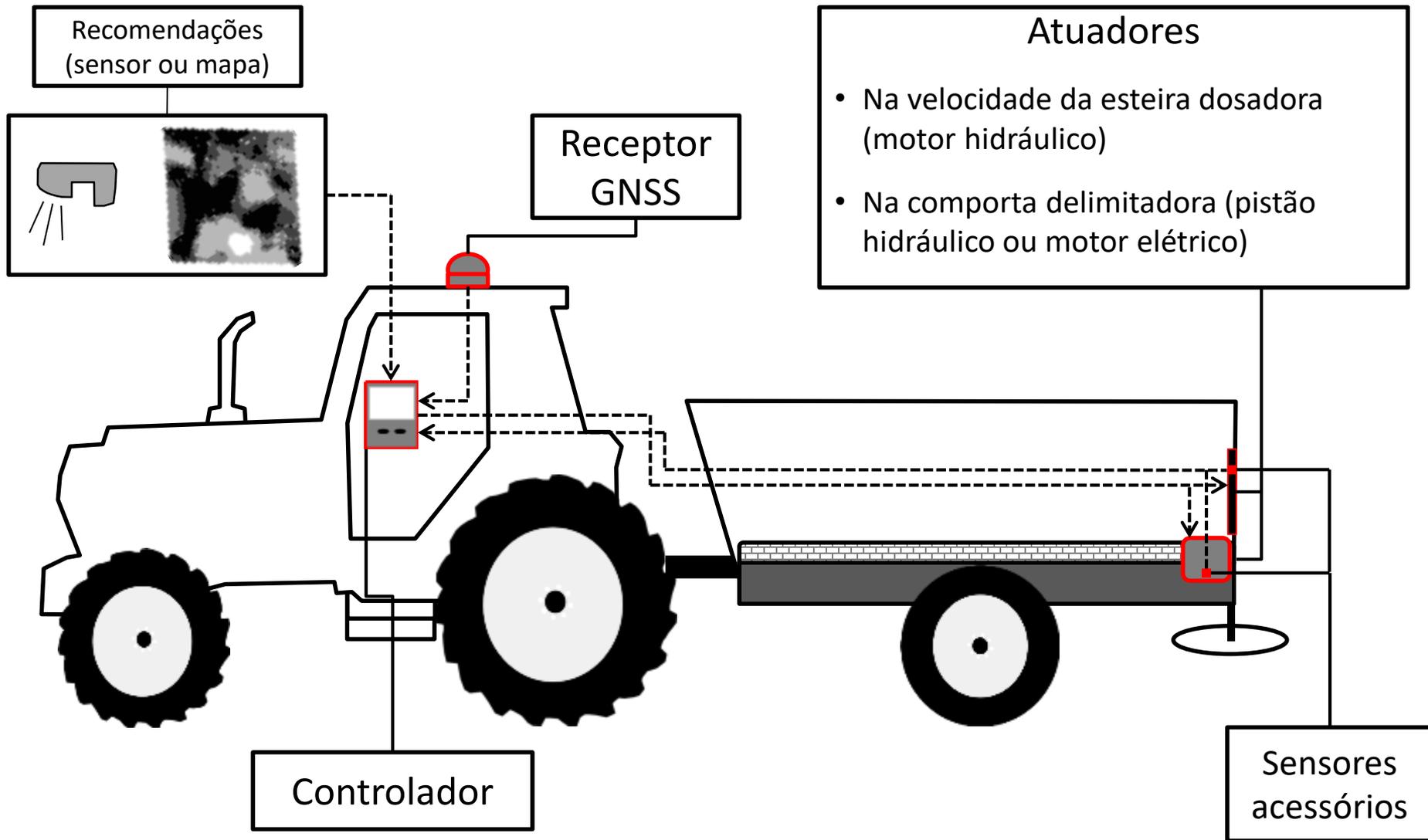


Controle da  
comporta

Controle  
da esteira

Agrishow, 2014

# O que é um controlador de taxa variável?



Colaço (2015)

# Taxas variáveis no Brasil

Distribuidores a lanço

1998

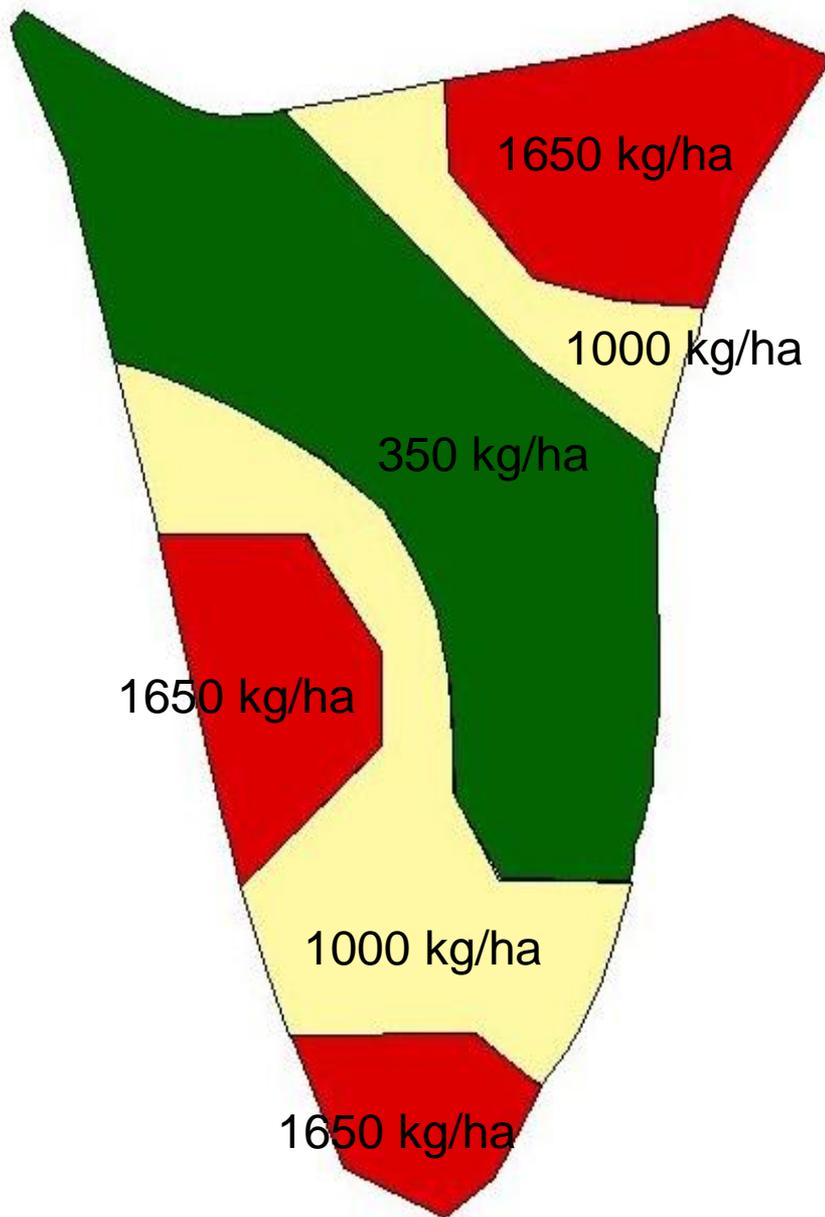


Distribuidores neumáticos

1999



## Distribuição de calcário por “zonas”



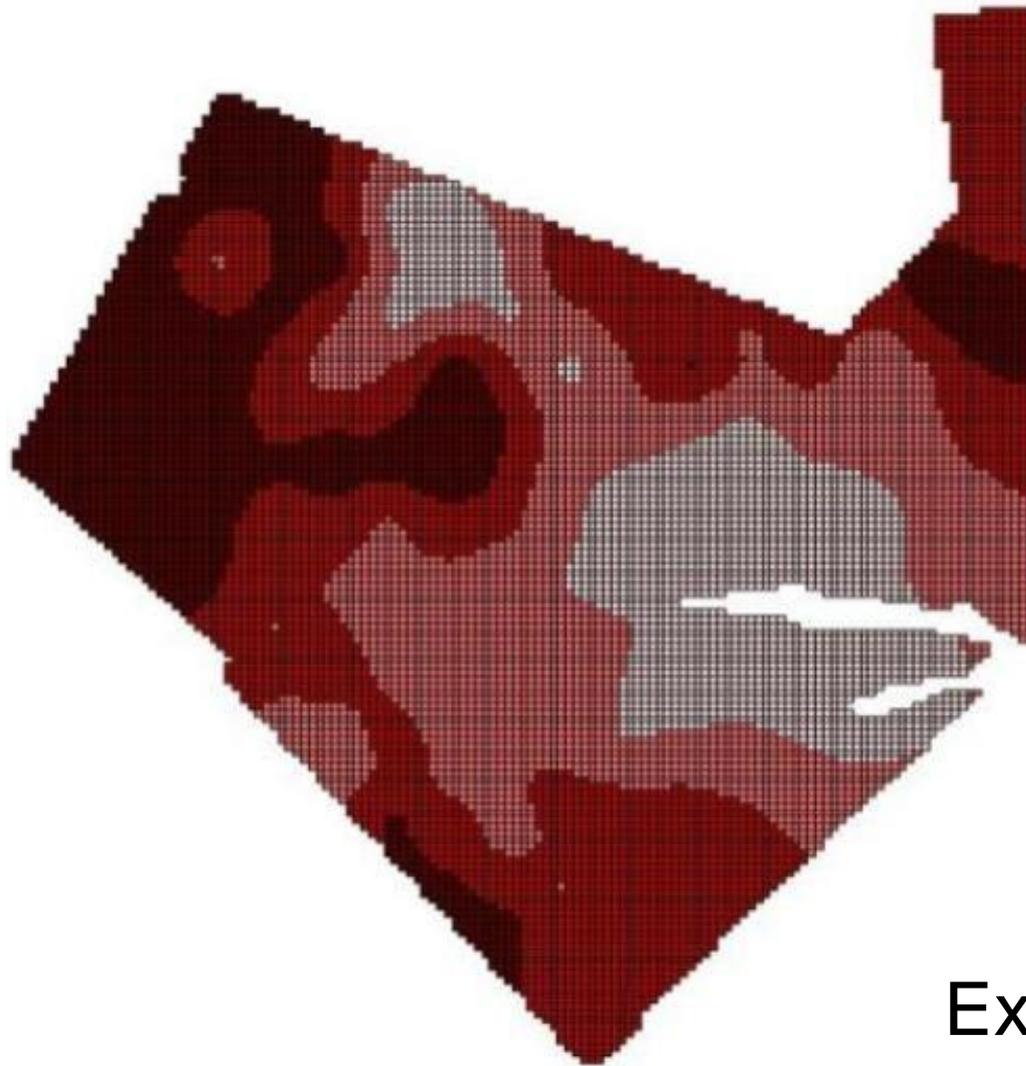
**CPU**

**GPS**

**Controlador**

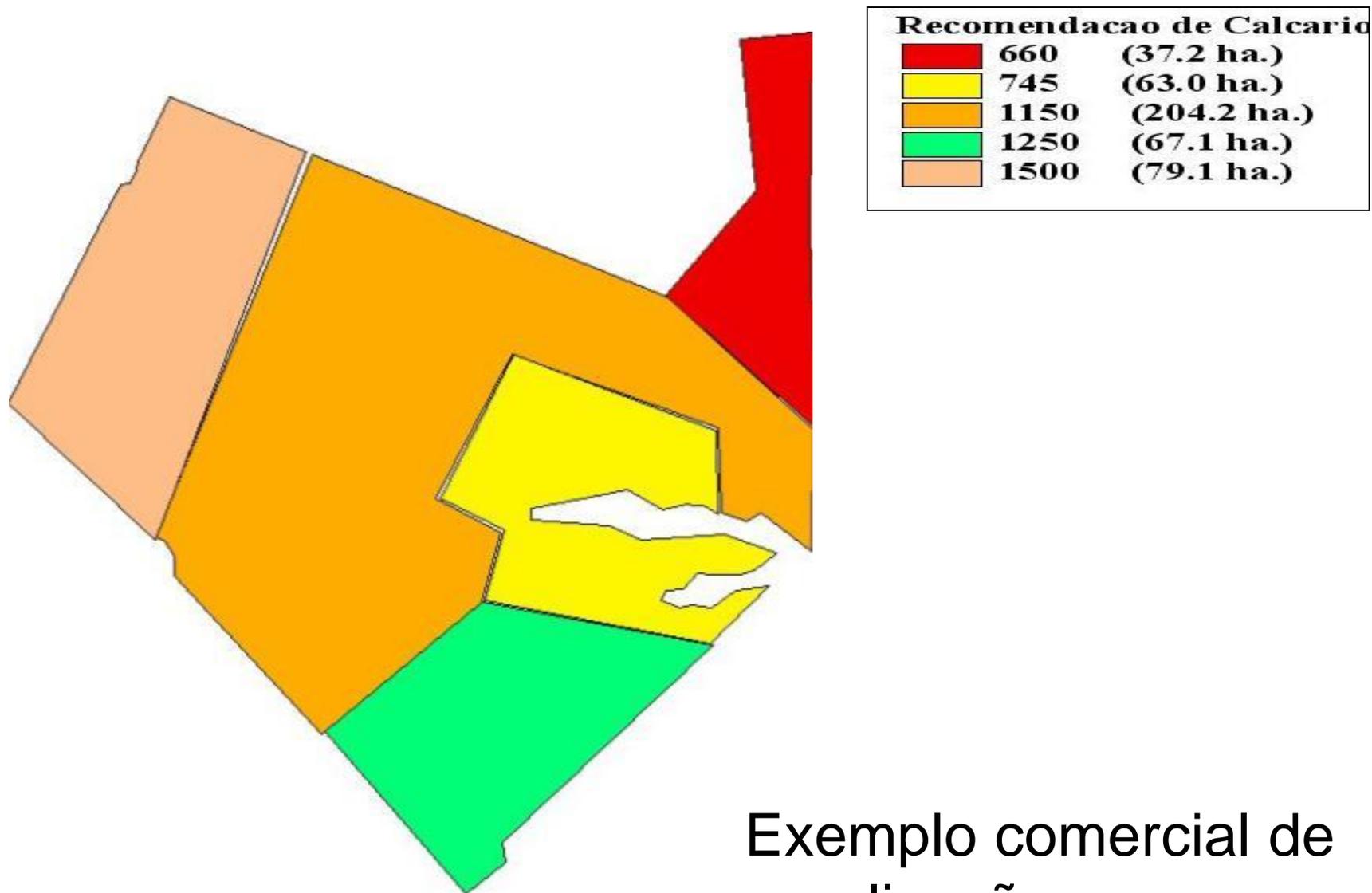
**Sistema  
duplicado!**





Recommendation - Calcario generico	
500 - 912.1	(78.1 ha.)
912.1 - 1188.5	(134.4 ha.)
1188.5 - 1440.2	(154.4 ha.)
1440.2 - 1763.4	(94.6 ha.)

Exemplo comercial de aplicação por zonas



Exemplo comercial de aplicação por zonas

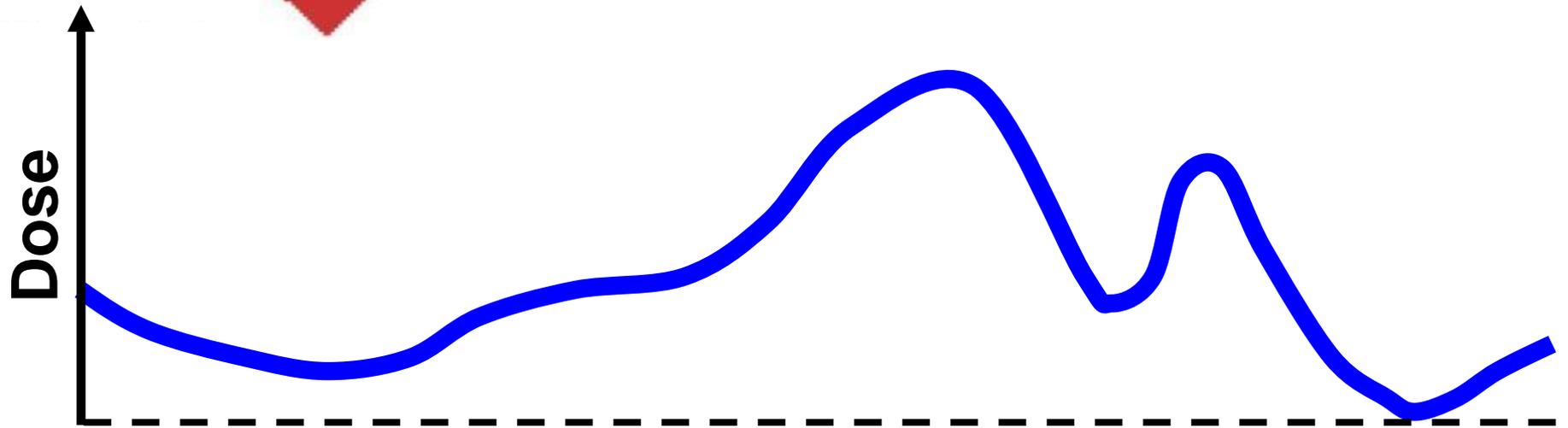
# A demarcação das zonas de aplicação



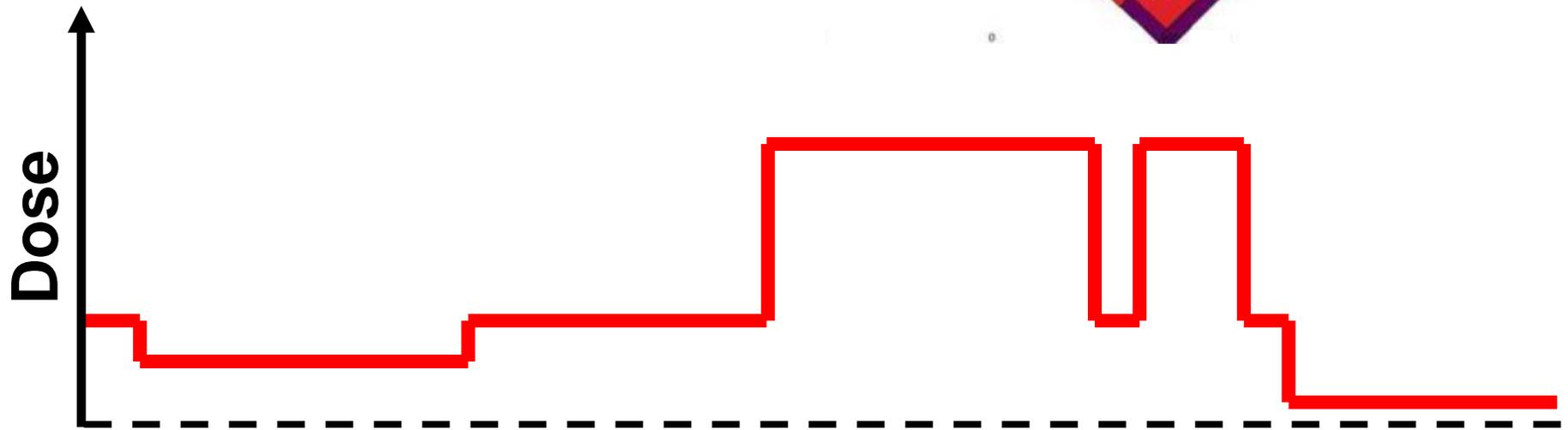
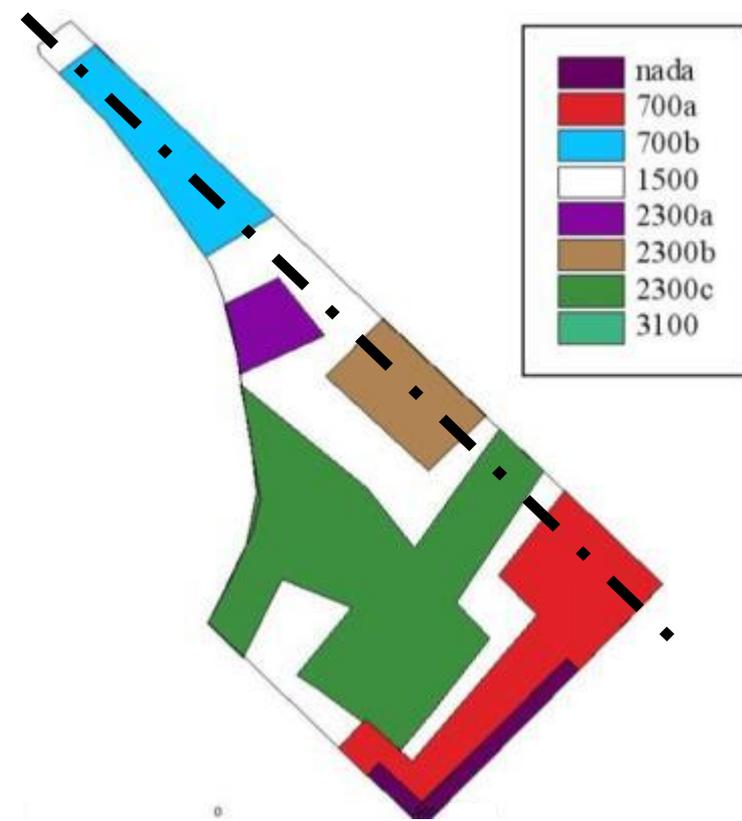
A demarcação das zonas de aplicação

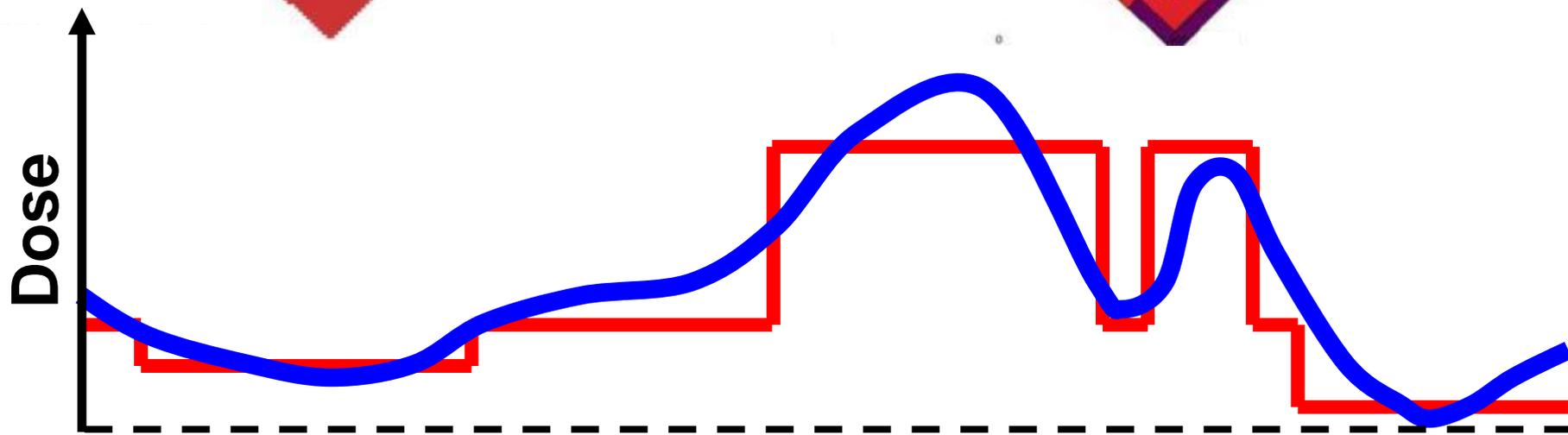
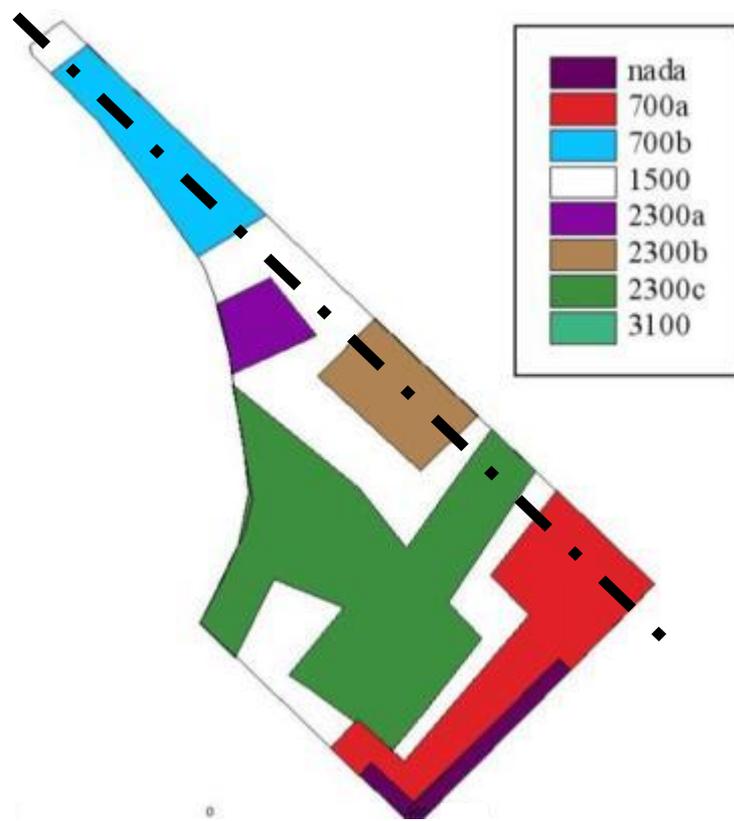
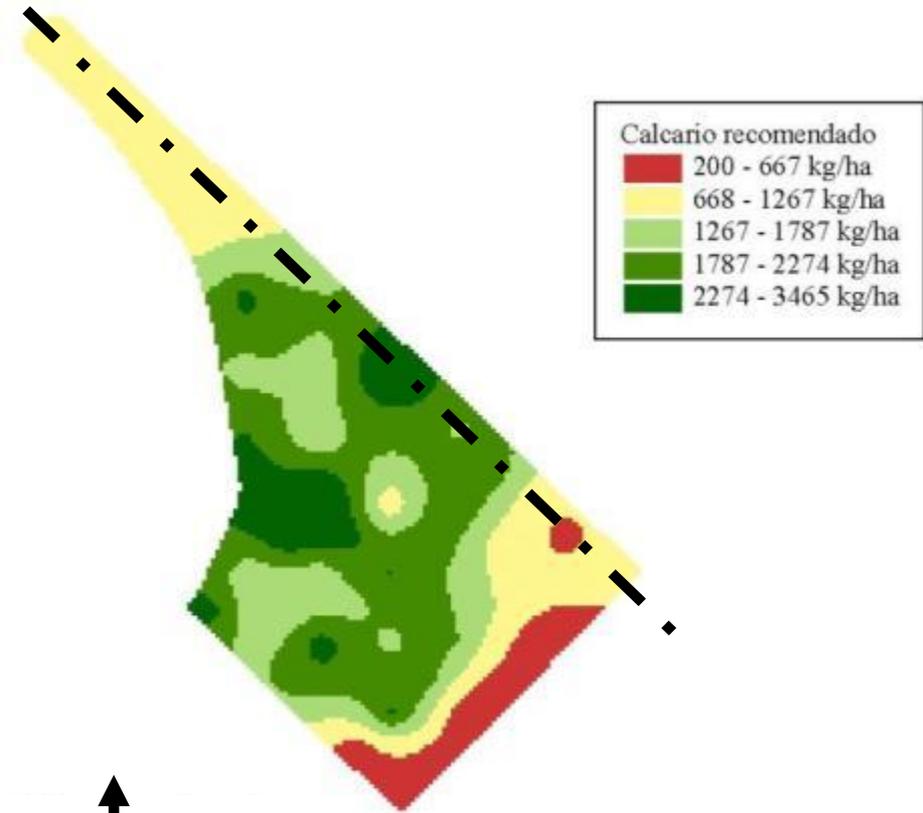


# Aplicação em taxa variável plena (de calcário)

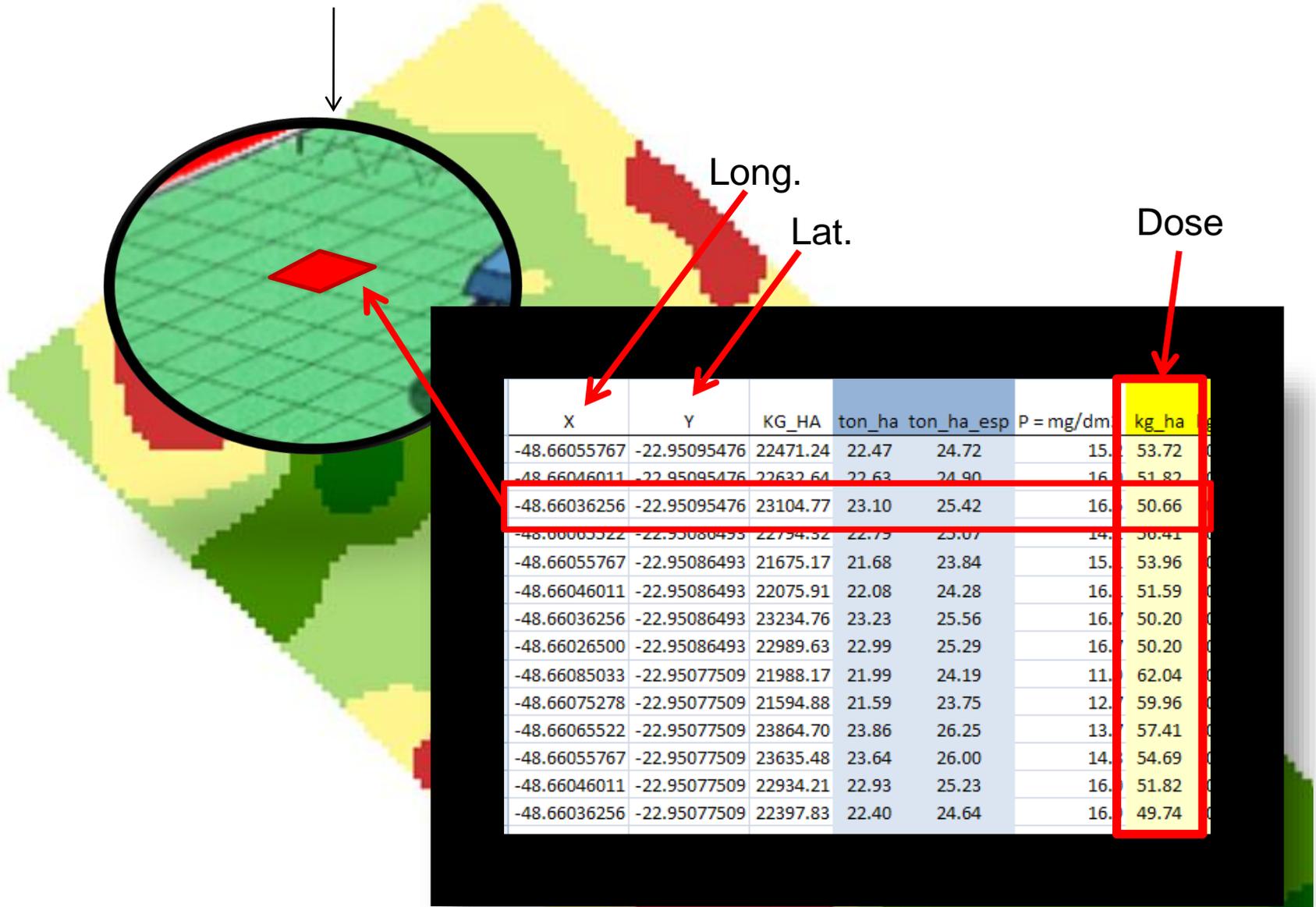


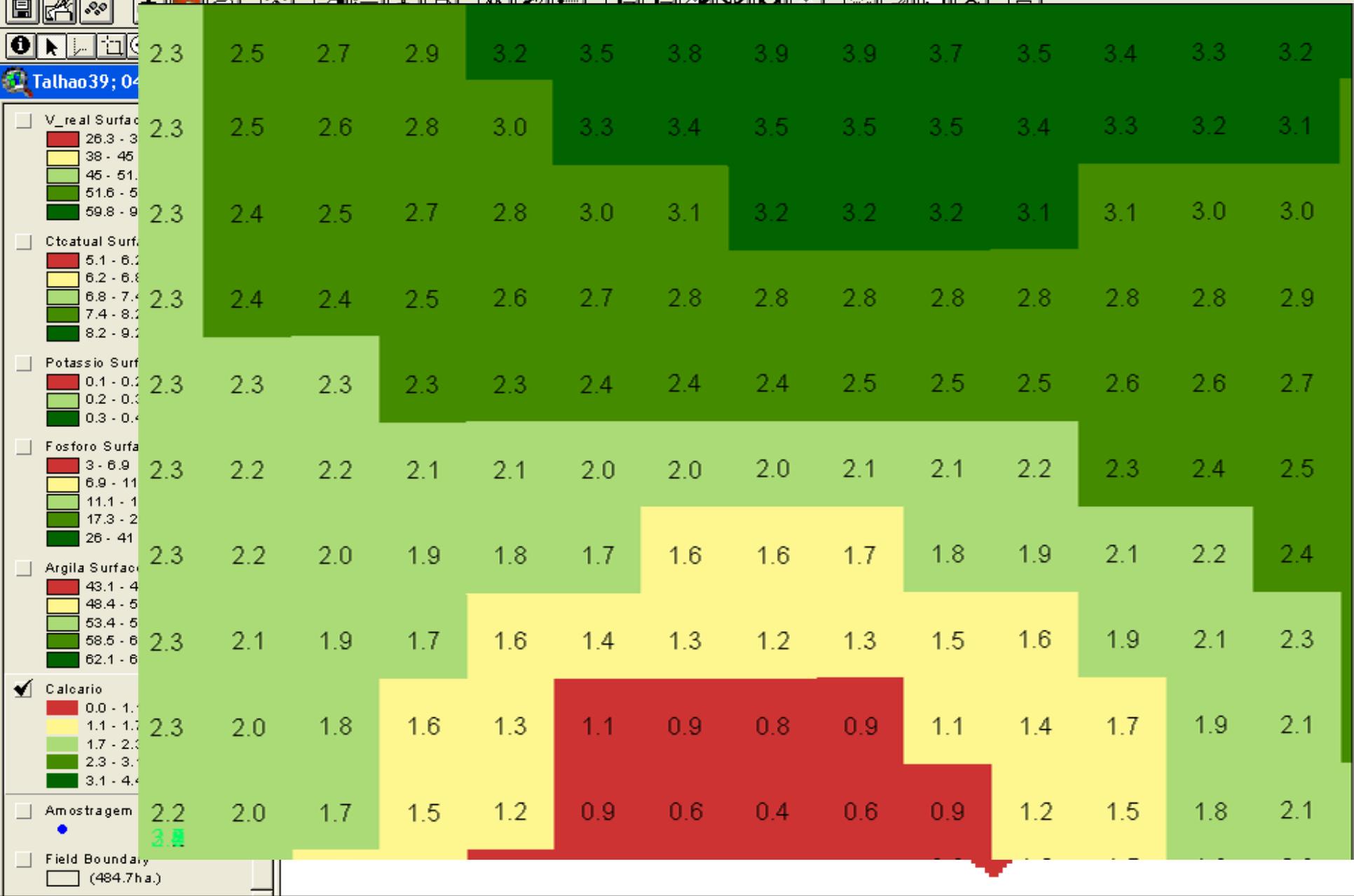
Aplicação por  
“zonas de aplicação”





Cada pixel com um valor







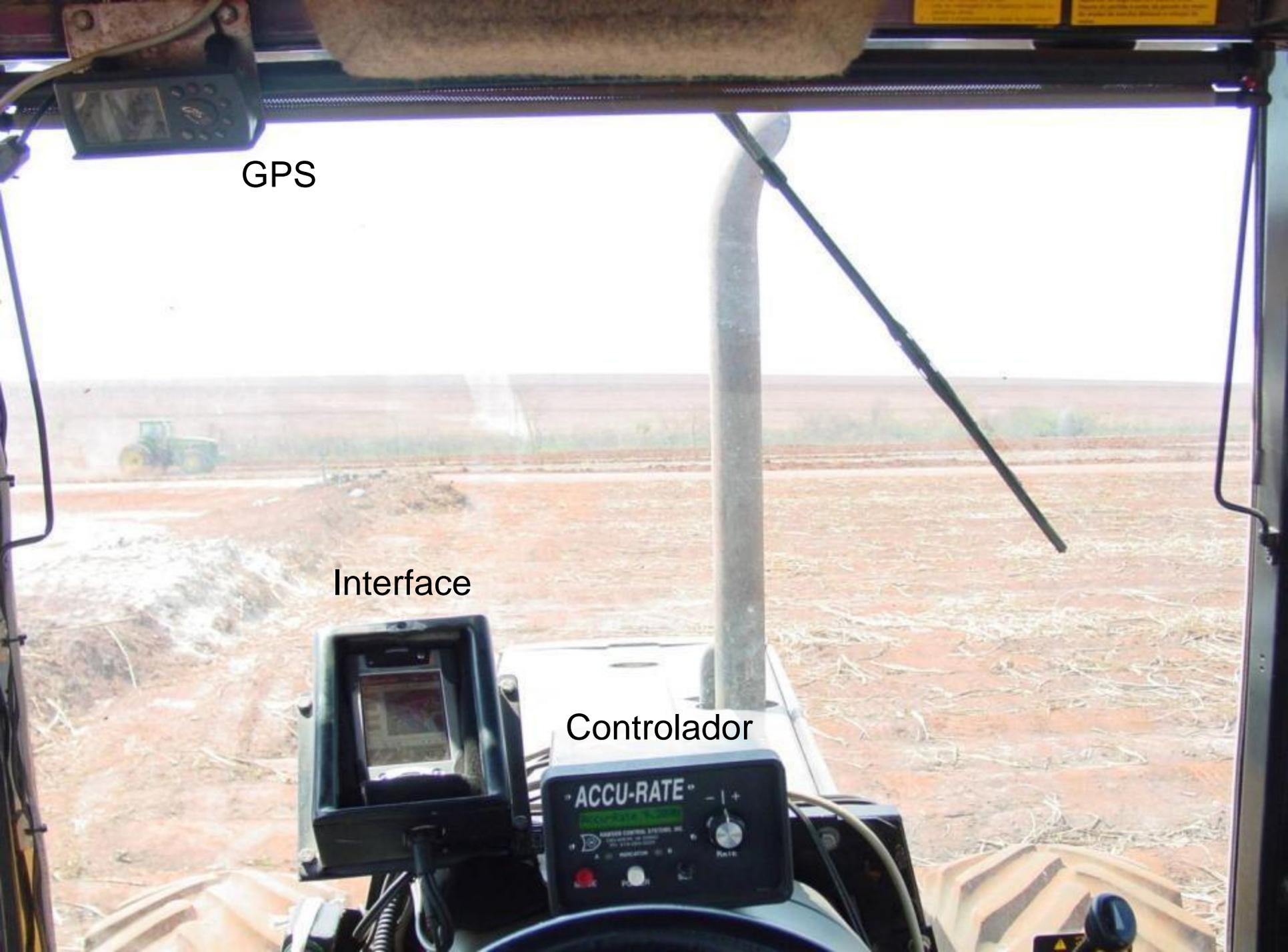
# Distribuidora de sólidos em faixas (calcário e fertilizantes)

A primeira máquina brasileira a receber controlador para taxas variáveis (2001)





**Esteira dosadora**



GPS

Interface

Controlador



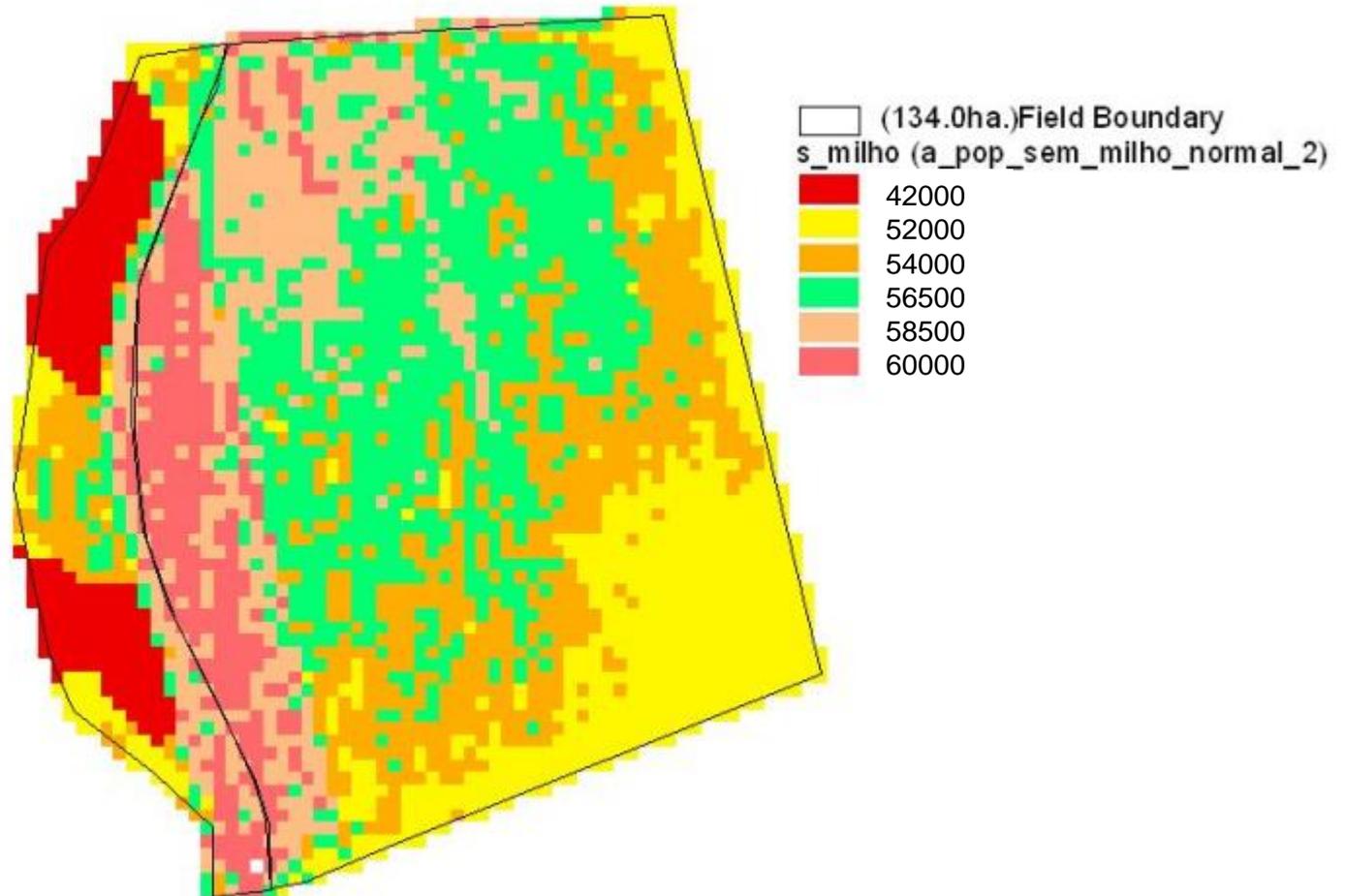
Stara Sfil  
BRUTTUS 12.000

Stara Sfil

Stara Sfil  
BRUTTUS 12.000



# Semeadura em doses variadas





Sem transmissão!

Substituída por motor hidráulico



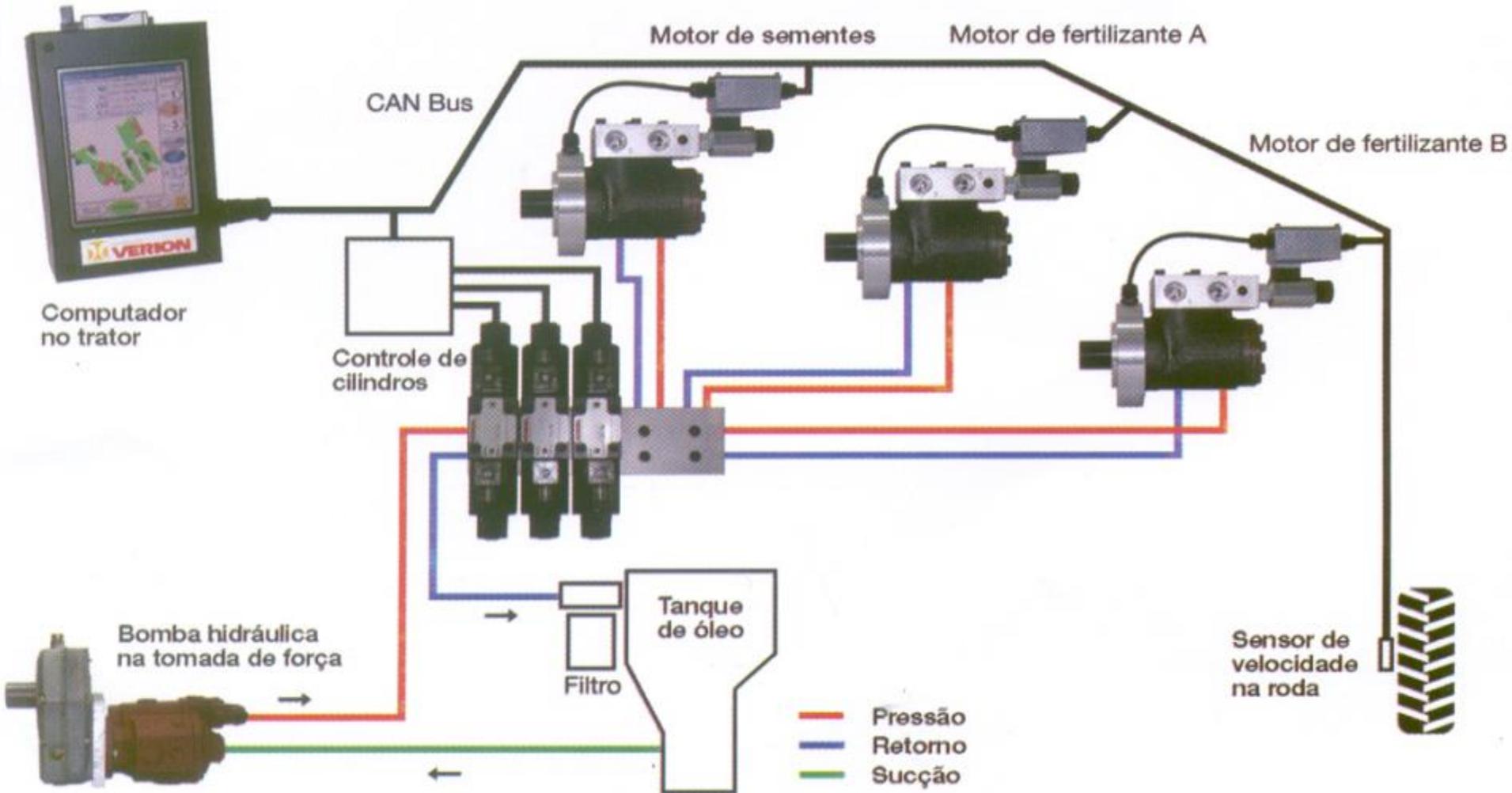
Controlado na cabine

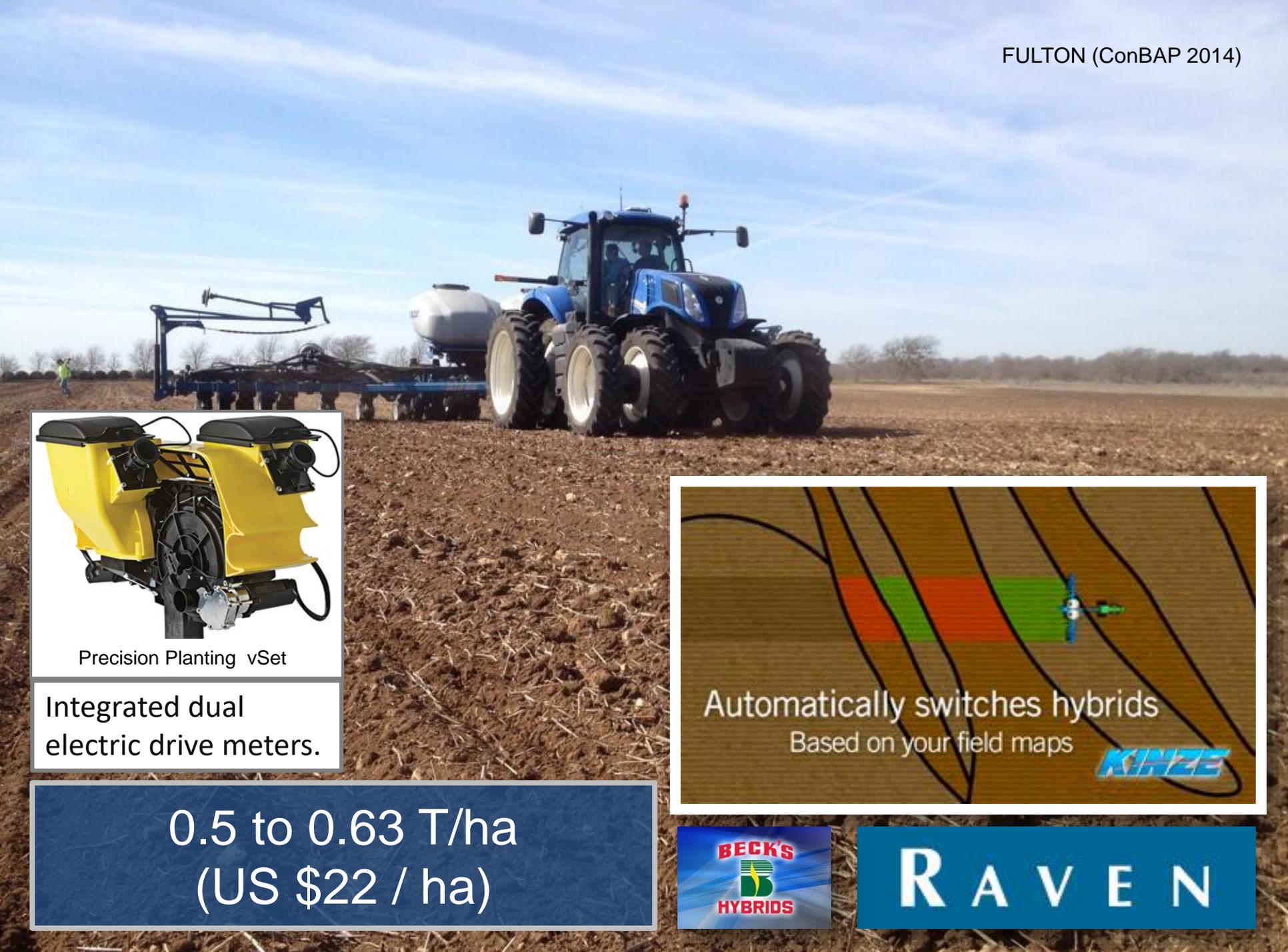


Agrishow 2009



# Layout de um sistema controlador de taxa variada com três canais: sementes, fertilizante A e fertilizante B





Precision Planting vSet

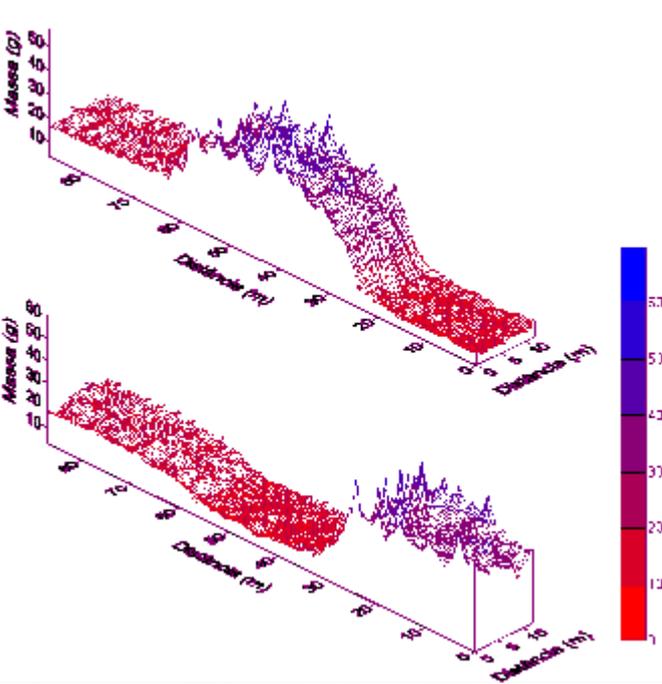
Integrated dual electric drive meters.

0.5 to 0.63 T/ha  
(US \$22 / ha)





2002/03











Gesso e Calcário

Fósforo e Potássio



Agrishow, 2014

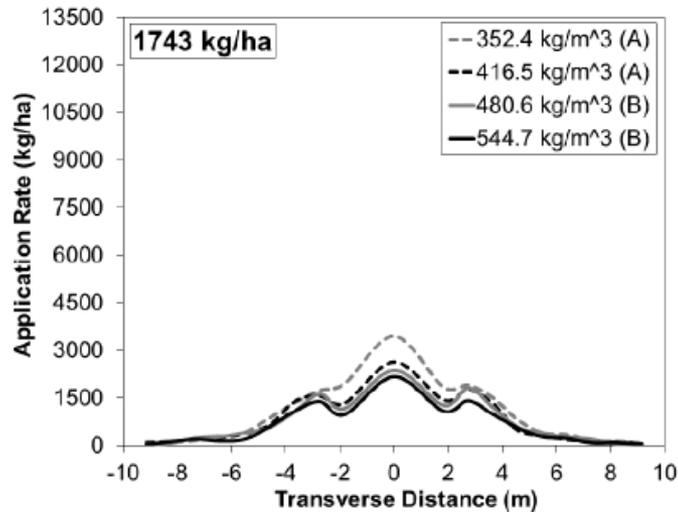


Prof. J. P. Molin

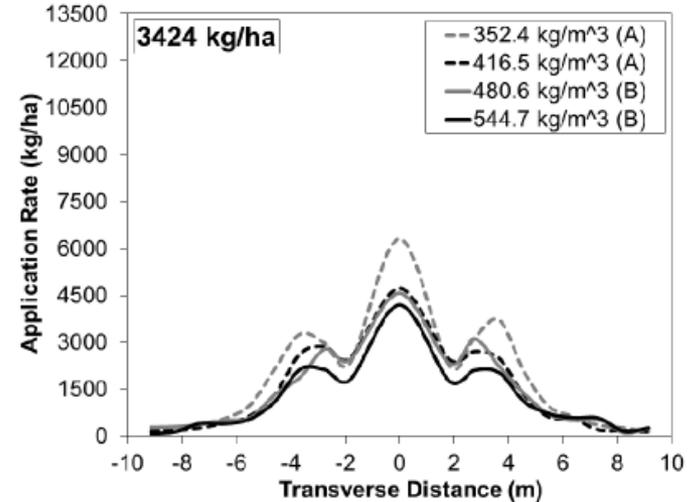
# A adubação em superfície expande a partir de adubadoras a lanço...



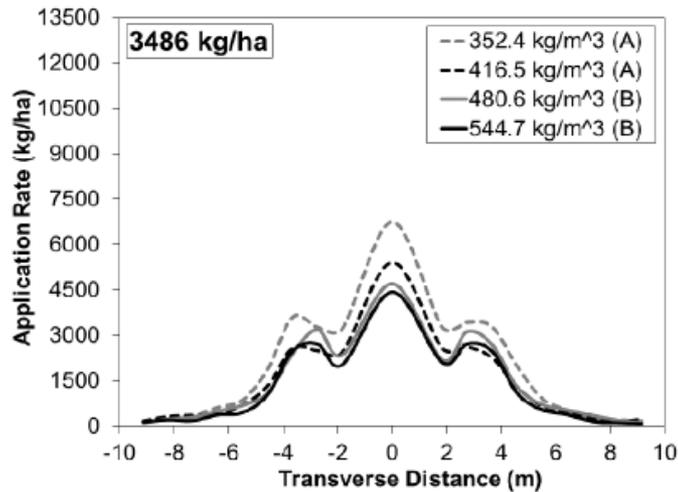
# A forma da distribuição transversal não pode variar com a vazão



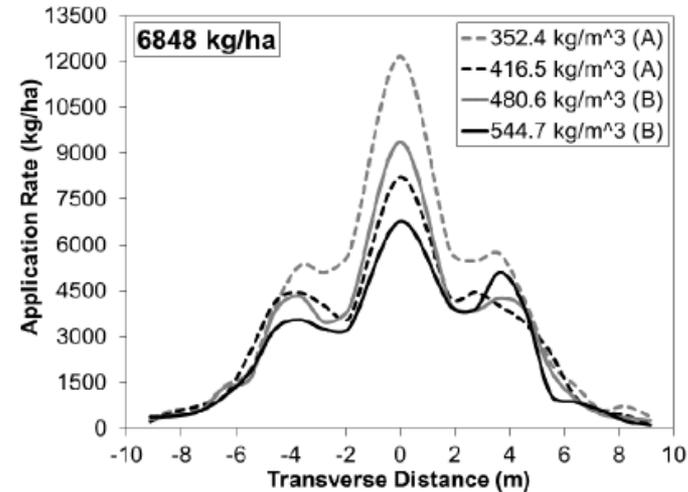
(a)



(b)

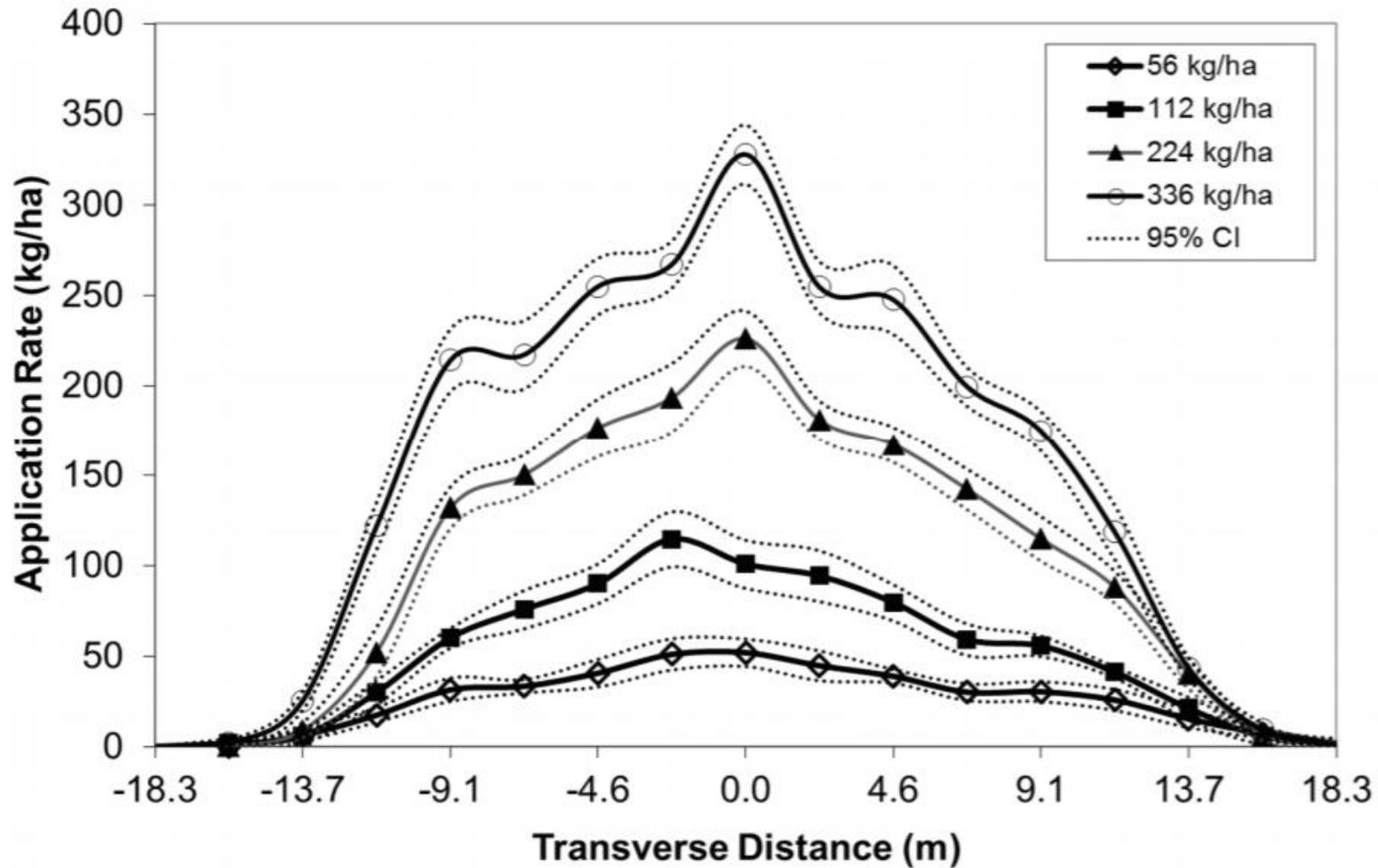


(c)

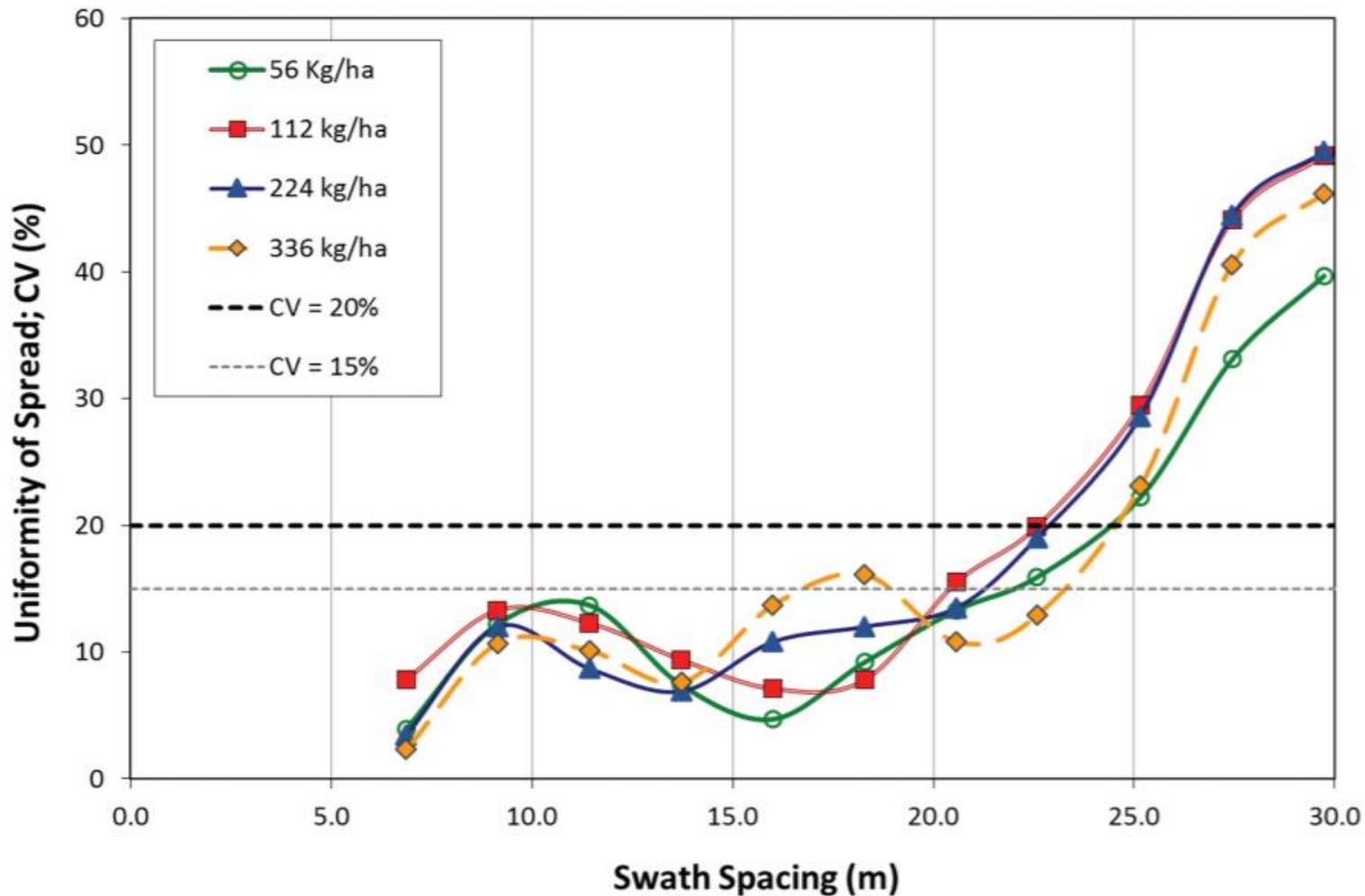


(d)

Comparação de distribuições de esterco de frango a diferentes densidades e doses



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



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

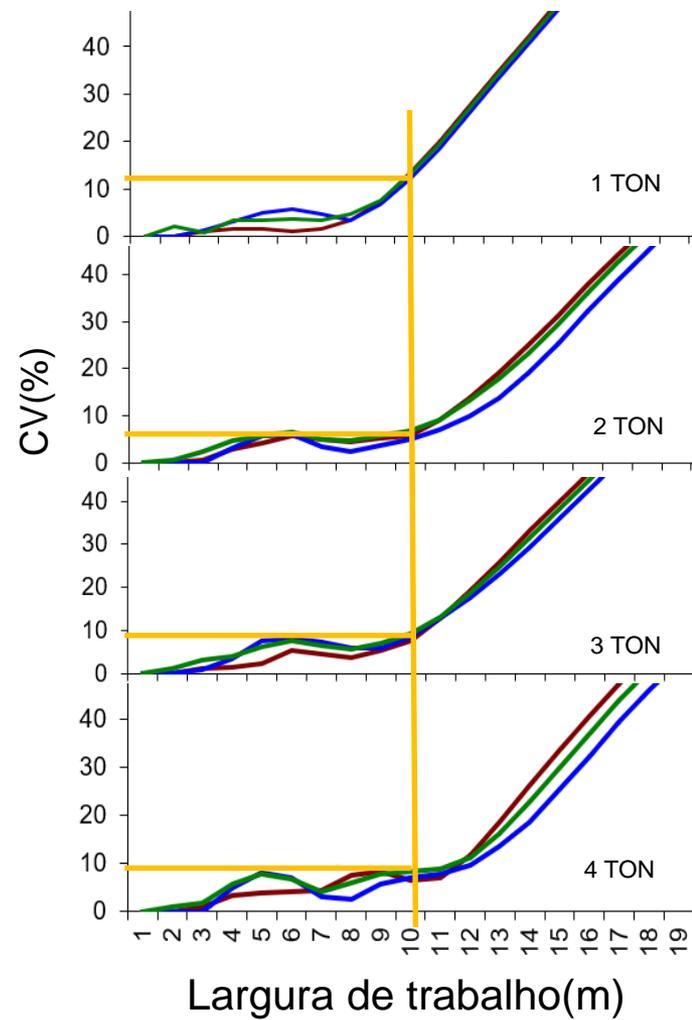
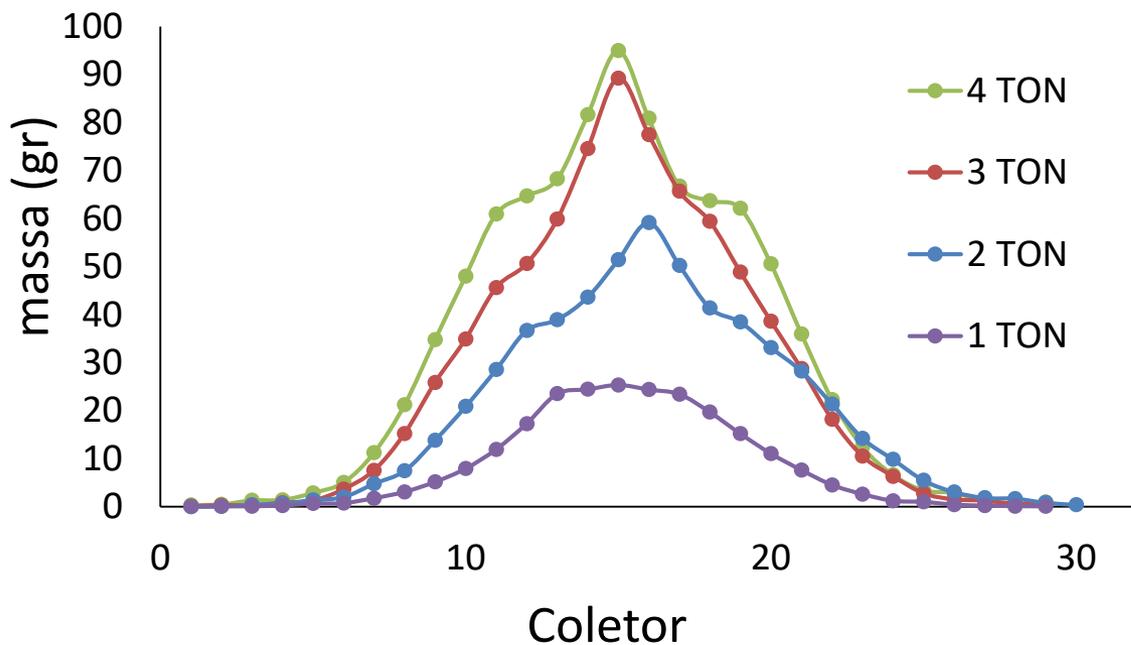
ASABE S573 OCT2018



# Calcário



Fazenda Gobbi



Rodrigo S. Zandonadi, 2019



Agrishow 2018





Bizmaq/Verion  
Agrishow 2011

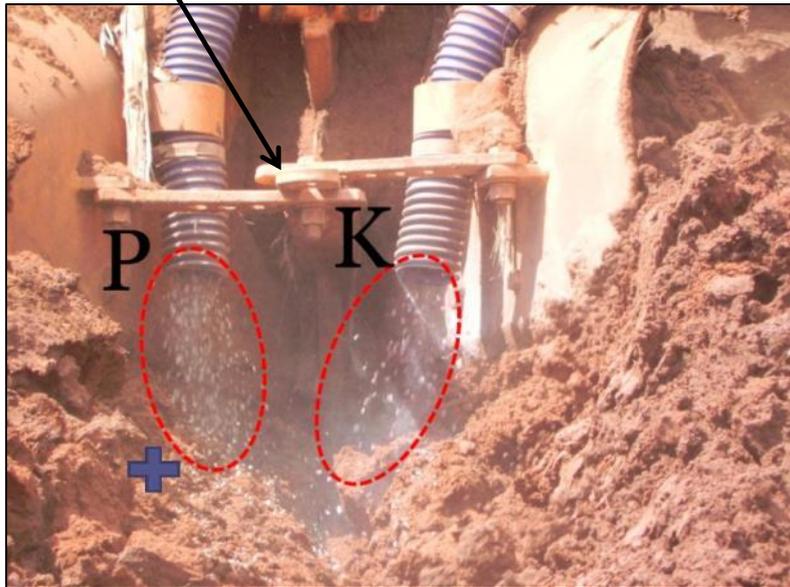
# Usina Pioneiros



9 17:21







V. Campanelli, 2010

# Usina Rio Paila/Colombia

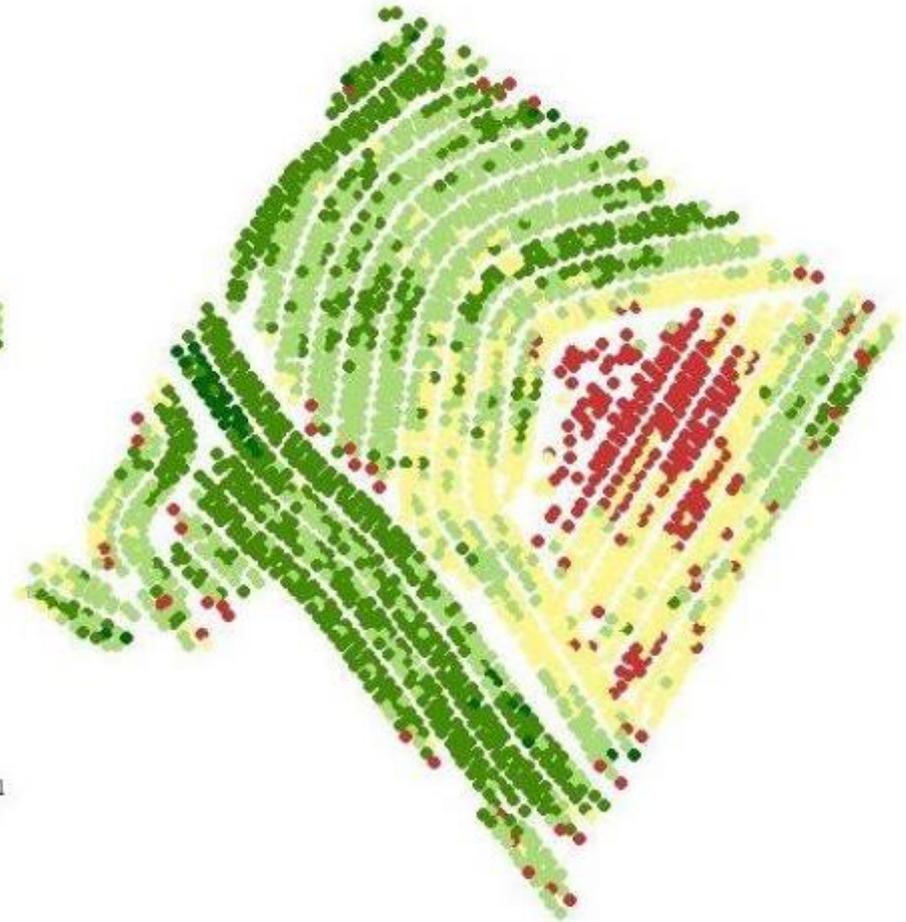
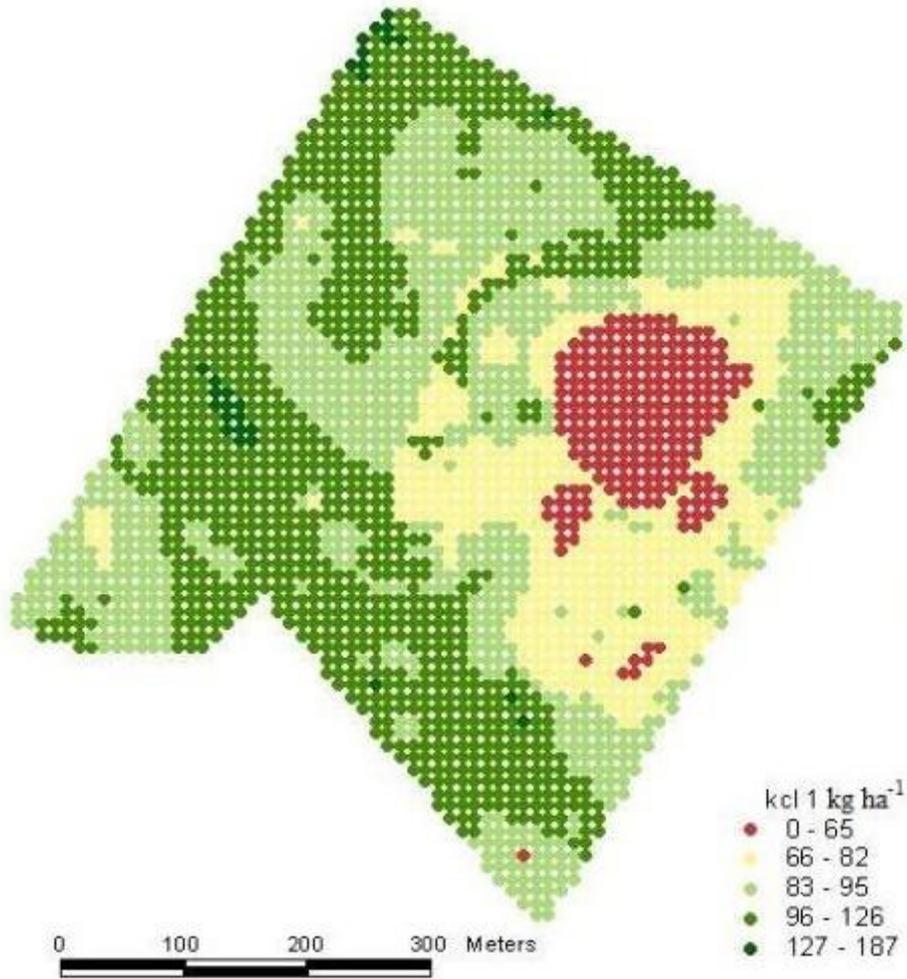
2008



Recomendado

x

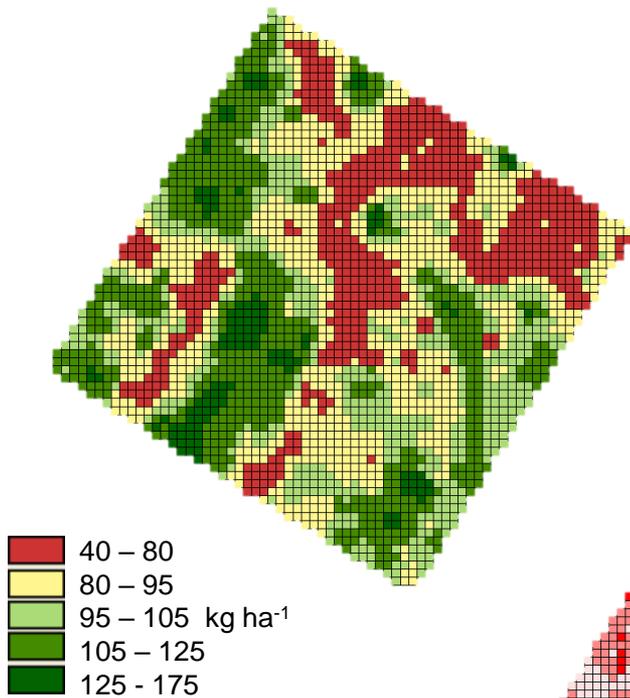
Aplicado



Monitoramento das  
aplicações

## Recomendação KCl

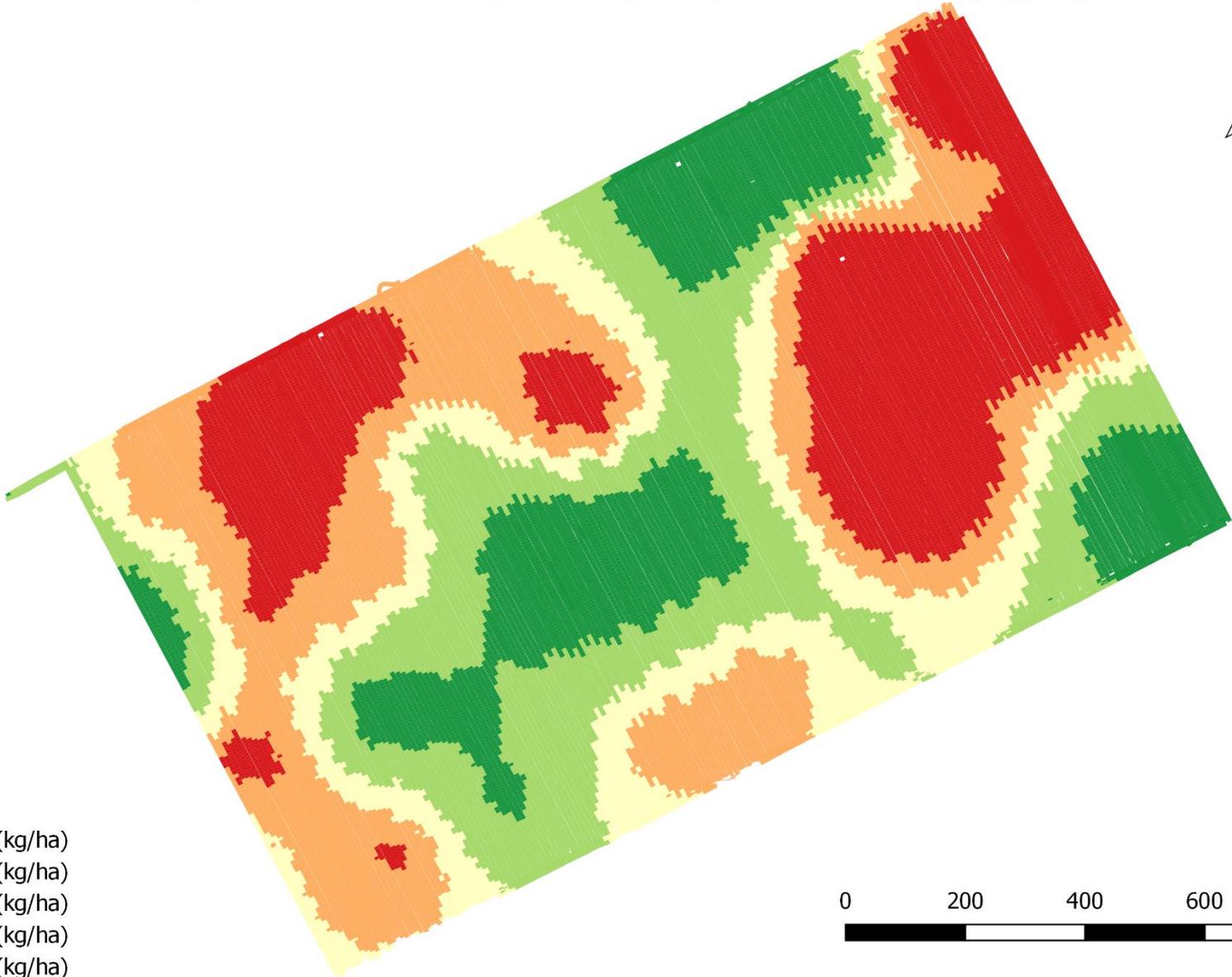
## KCl Aplicado



Erro de aplicação

Monitoramento das aplicações

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



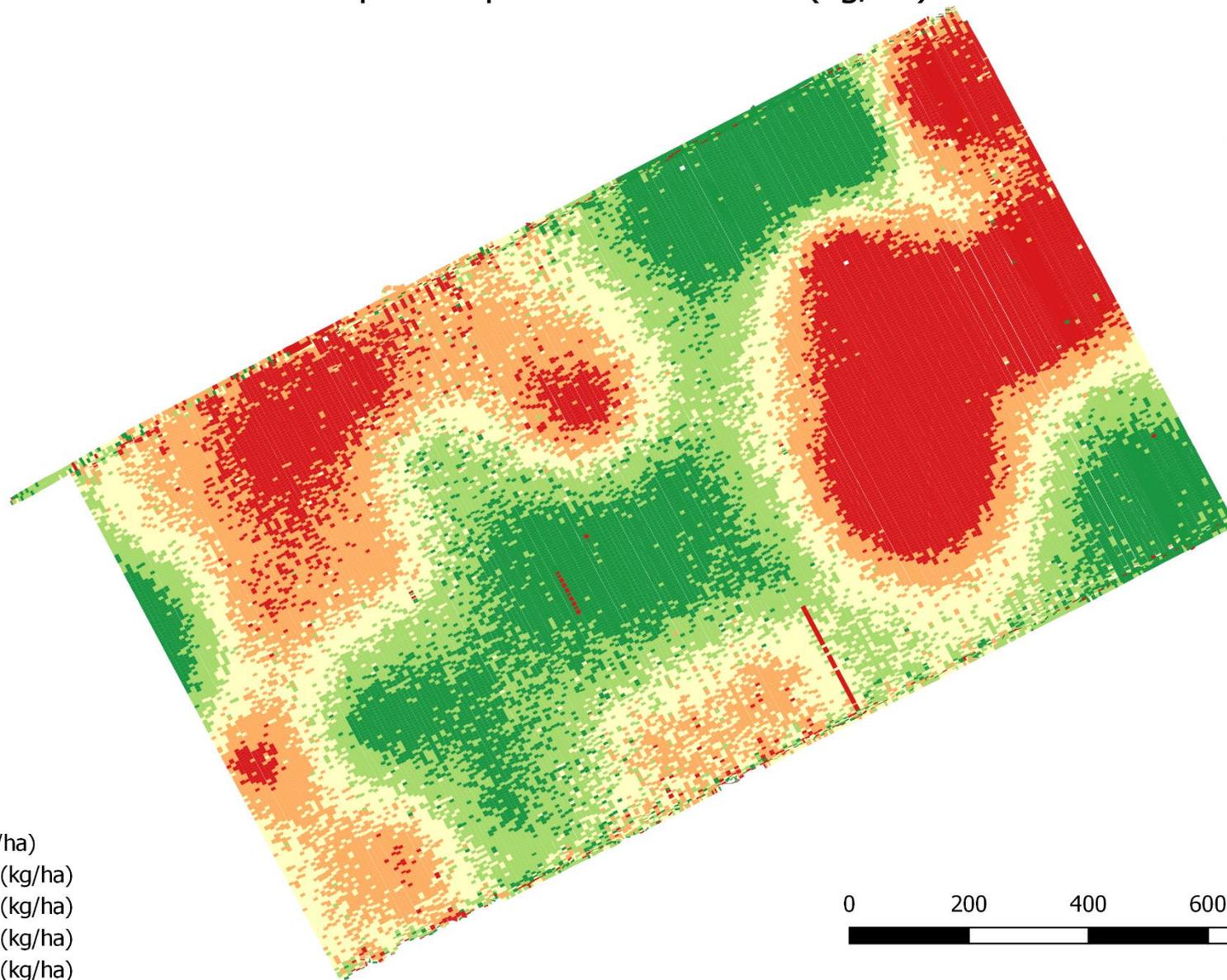
## Legenda

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)



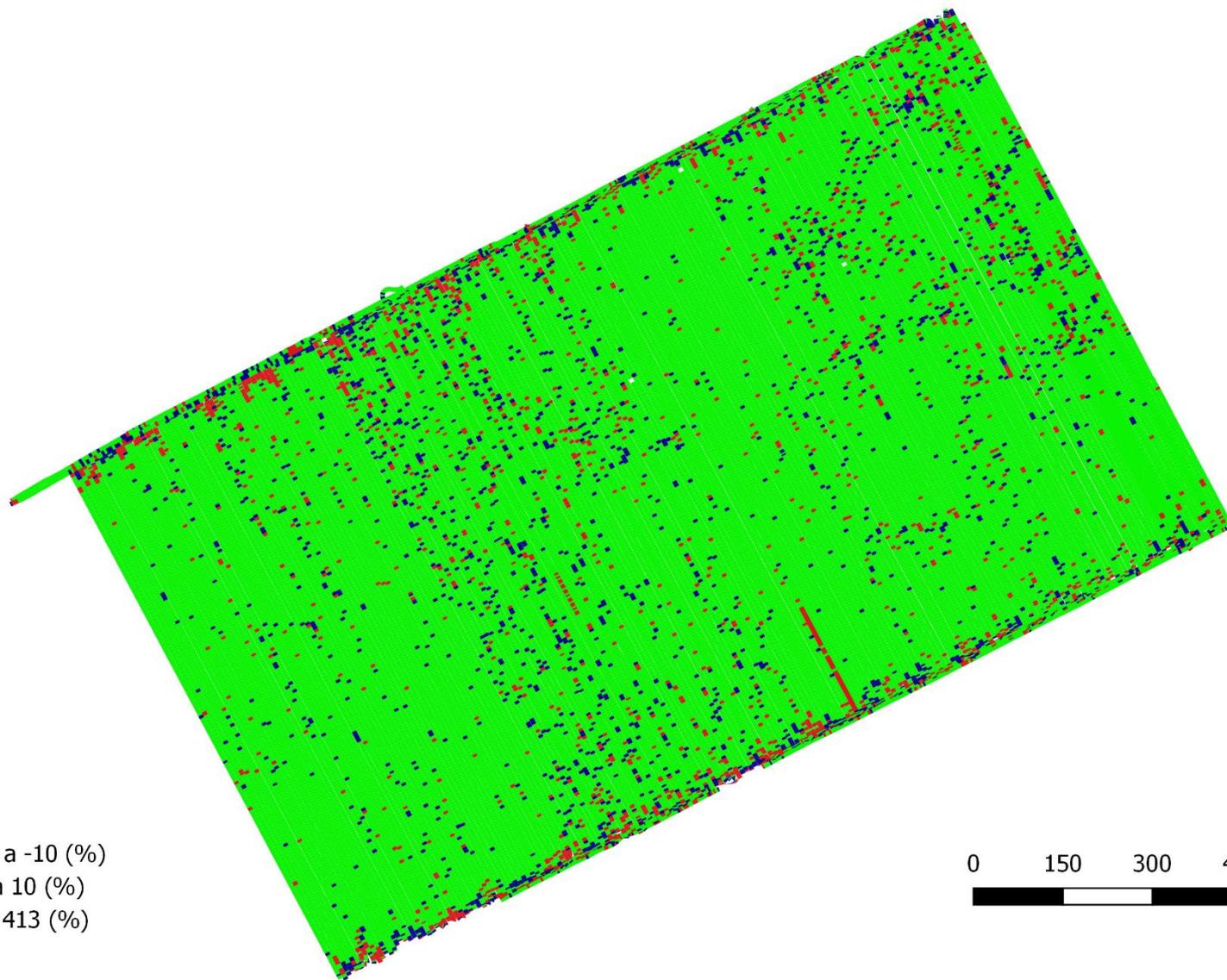
## Legenda

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 (%)



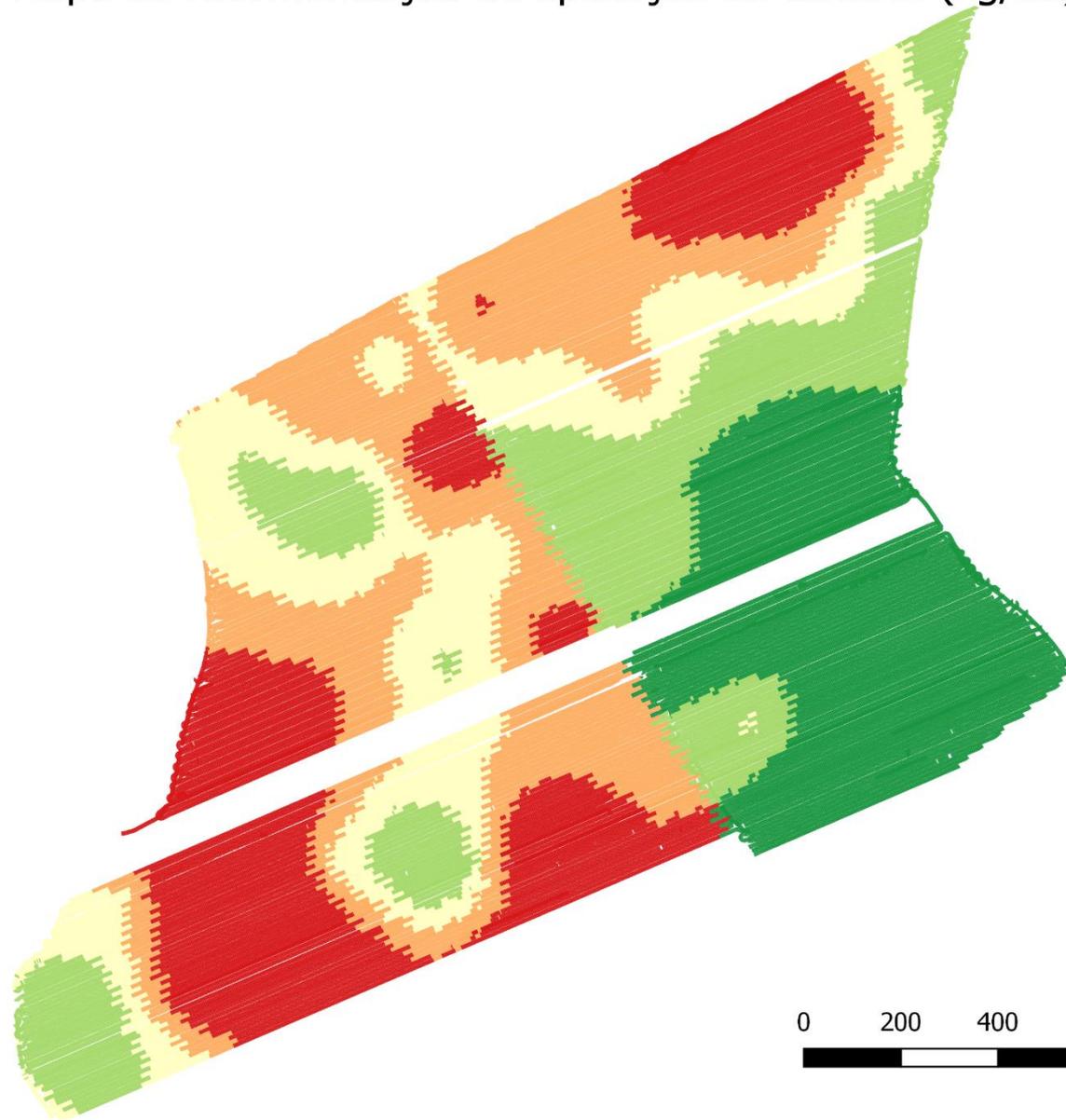
## Legenda

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)



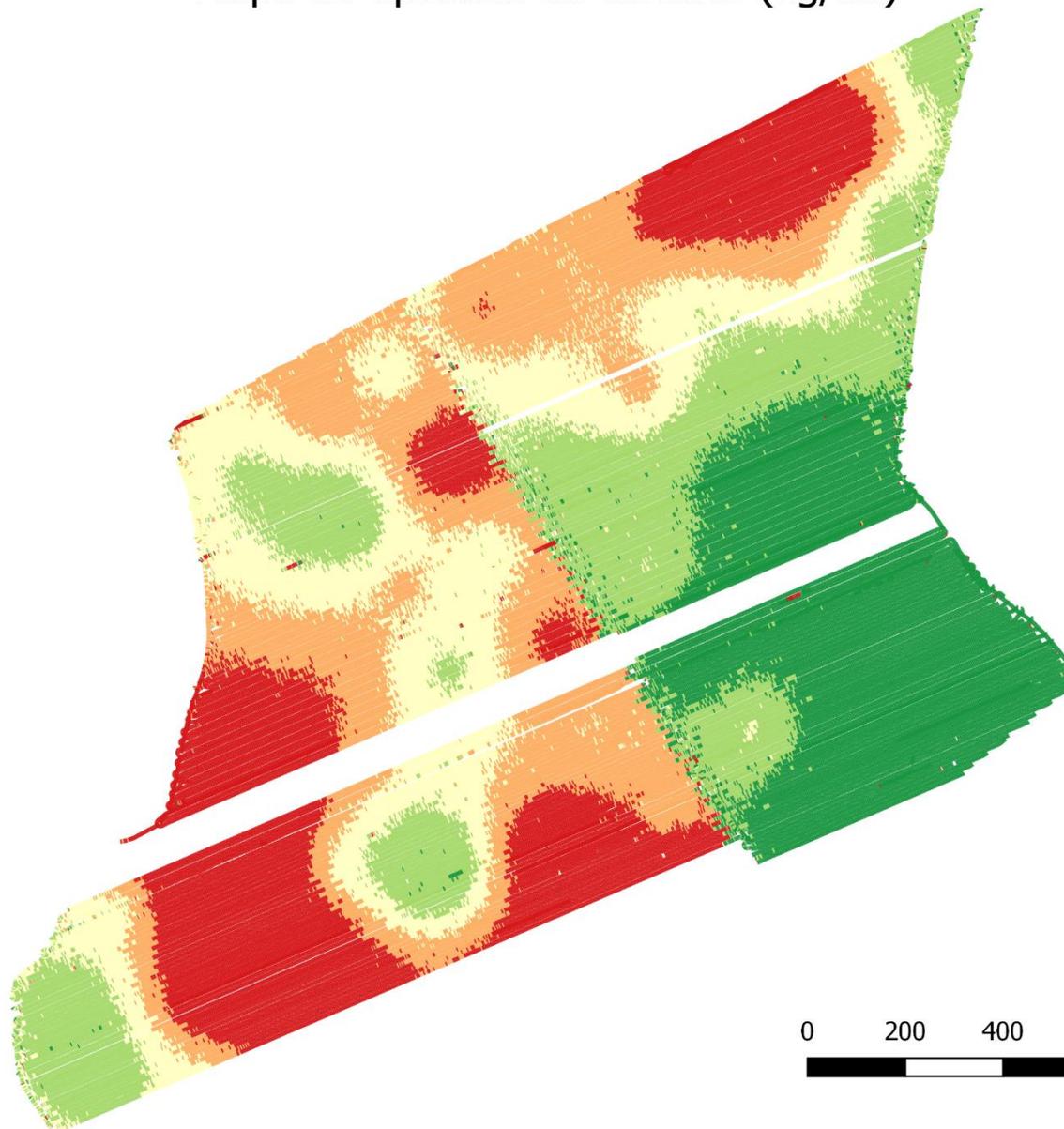
## Legenda

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)



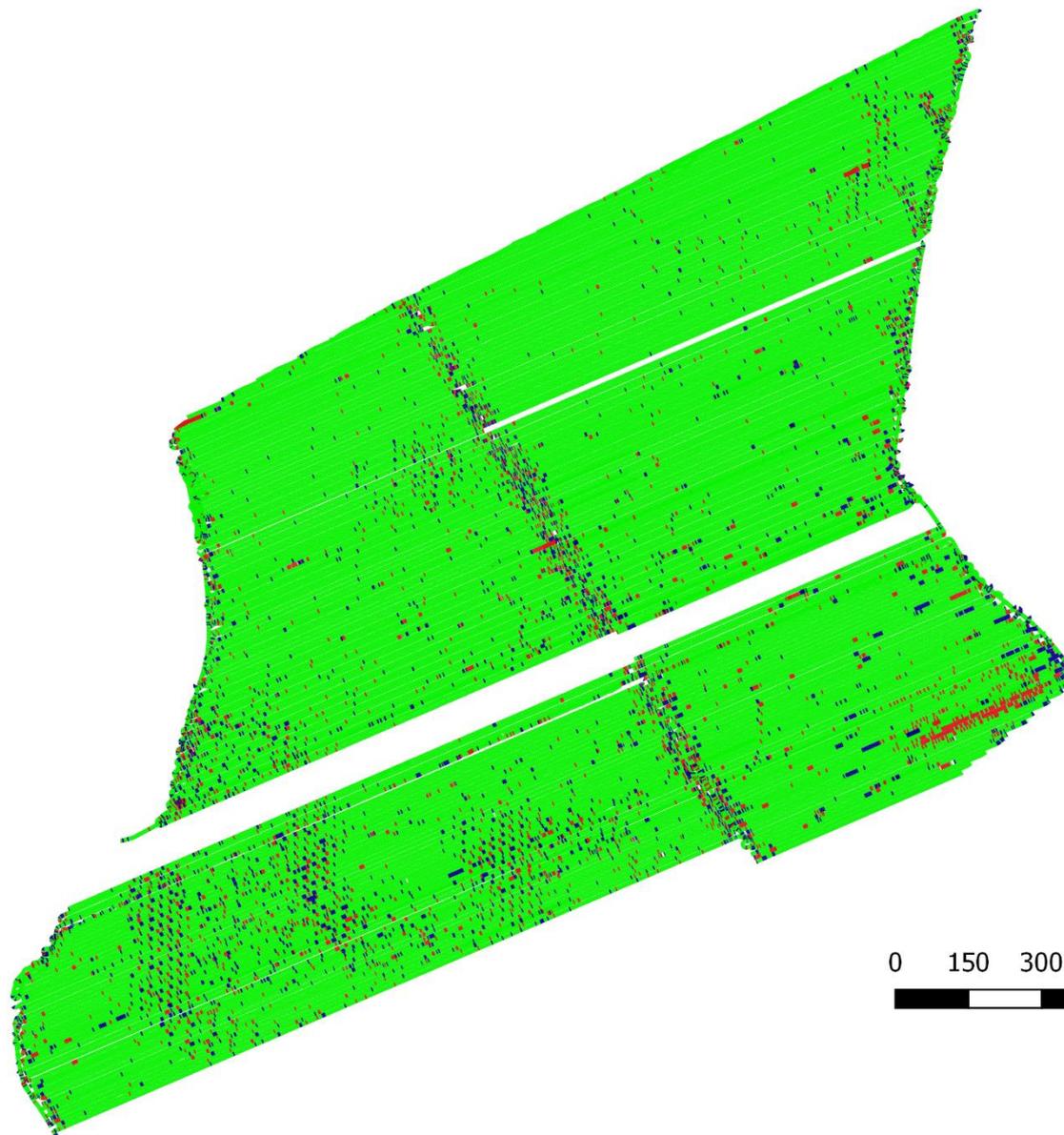
## Legenda

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 (%)



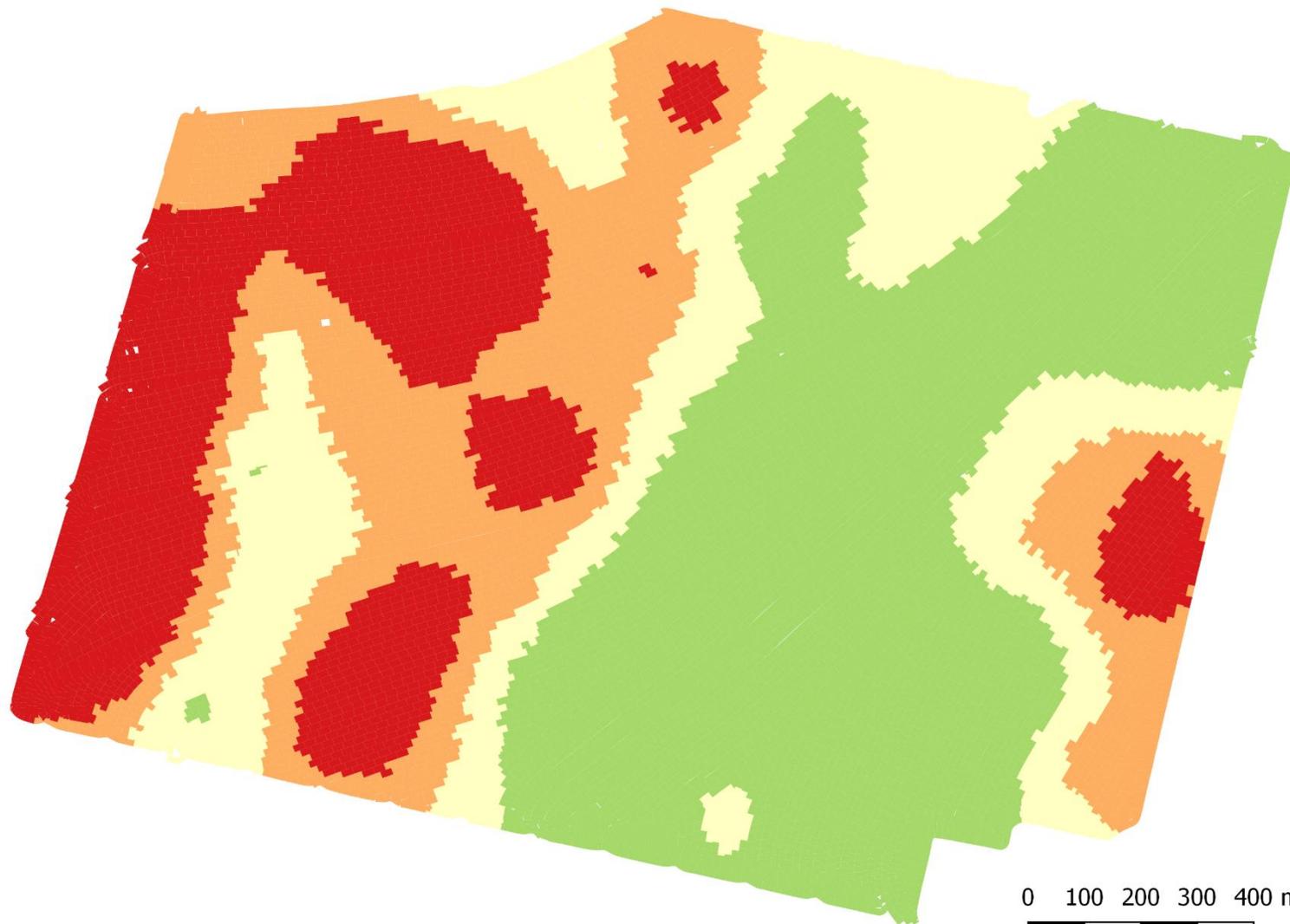
## Legenda

Talhão E-05\_E-06

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



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



## Legenda

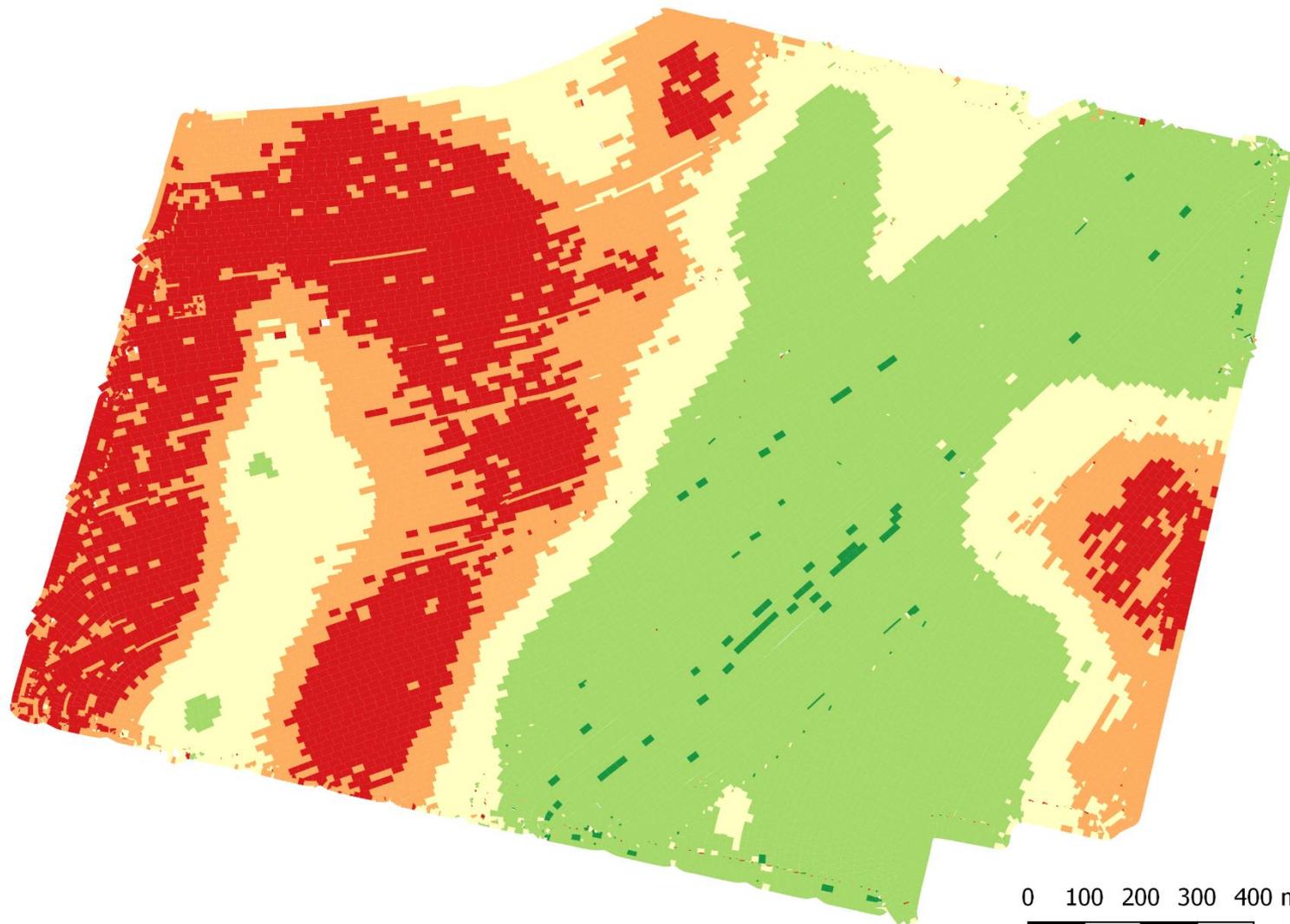
Talhão SO-03

- 1000 - 1000 (kg/ha)
- 1000 - 1400 (kg/ha)
- 1400 - 2000 (kg/ha)
- 2000 - 2500 (kg/ha)
- 2500 - 2500 (kg/ha)

0 100 200 300 400 m

G Ribas, 2019

# Mapa do aplicado de calcário (kg/ha)



## Legenda

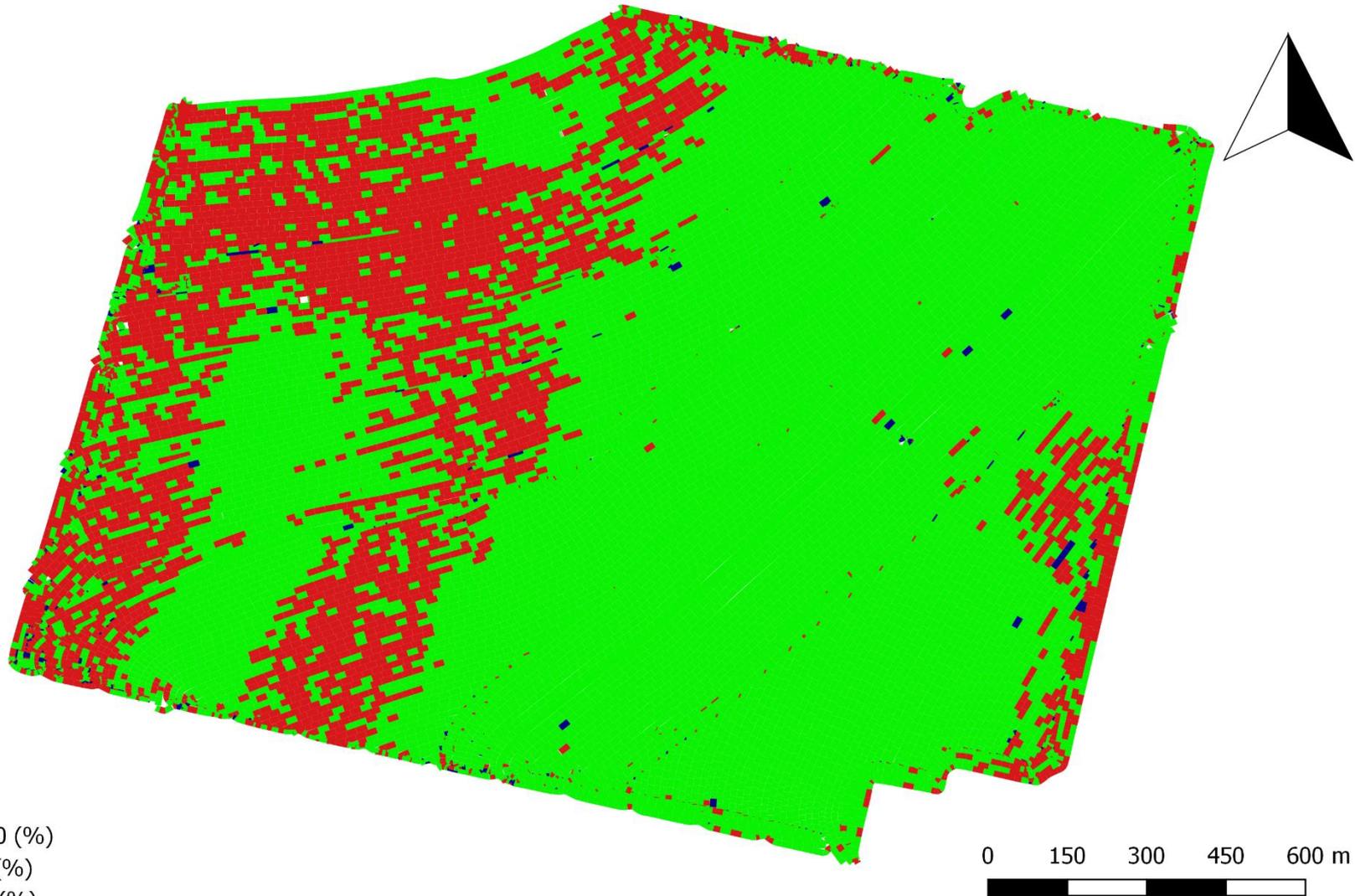
Talhão SO-03

- 0 - 900 (kg/ha)
- 900 - 1400 (kg/ha)
- 1400 - 2000 (kg/ha)
- 2000 - 2500 (kg/ha)
- 2500 - 3400 (kg/ha)

0 100 200 300 400 m

G Ribas, 2019

# Mapa do aplicado de calcário em erro percentual (%)

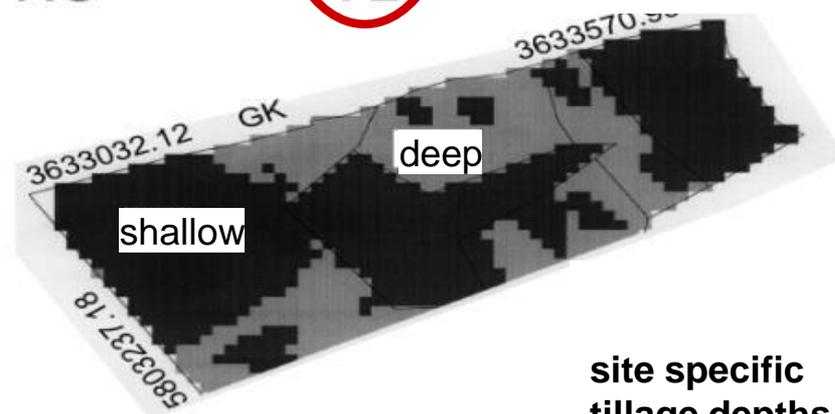
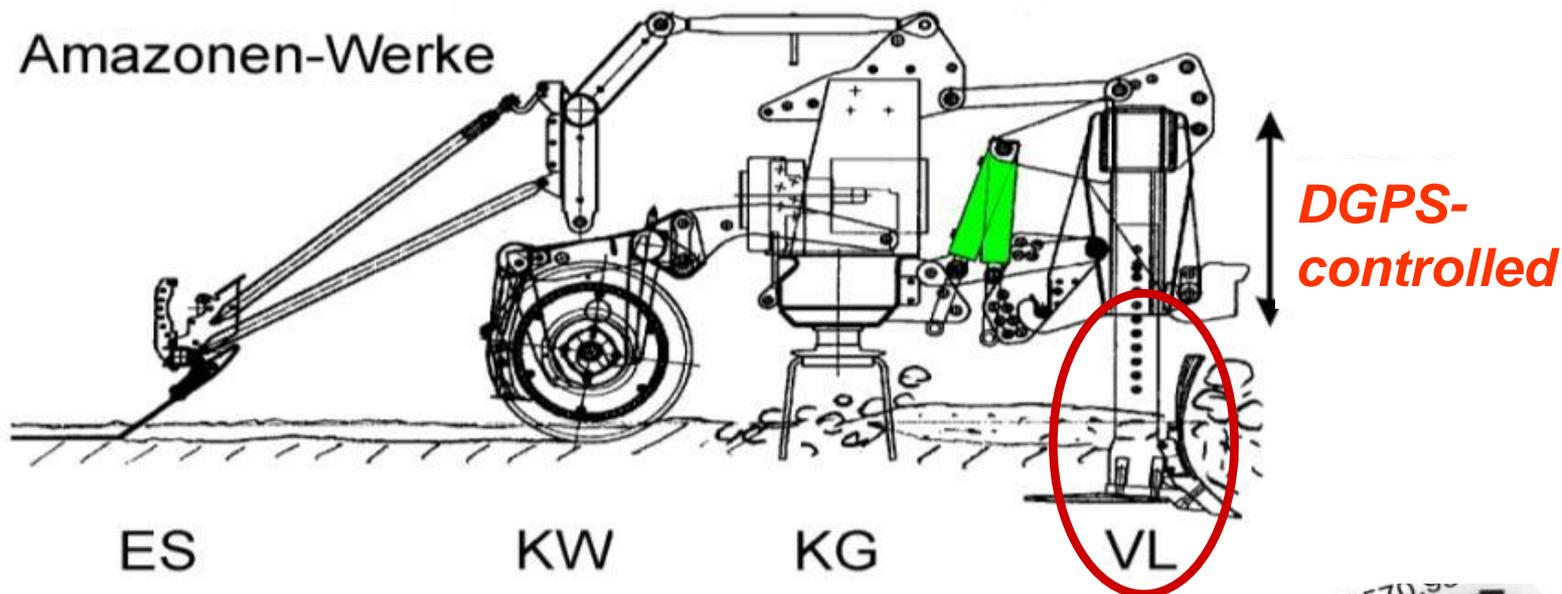


## Legenda

- Talhão SO-03
- Erro de -100 a -10 (%)
  - Erro de -10 a 10 (%)
  - Erro de 10 a 145 (%)

# Preparo localizado do solo

Escarificador de movimento vertical automatizado



site specific tillage depths

WERNER, A. (2008)

Voßhenrich, Sommer (2001)



Prof. J. P. Molin

# Preparo localizado do solo

Escarificador de movimento vertical automatizado



Amazone Centaur

WERNER, A. (2008)

# Tratamentos fitossanitários localizados e em taxas variáveis

**VENENO AÉREO**  
**Chinês** demonstra uso de **avião não tripulado**, ou drone, para espalhar **pesticida** em plantações  
[folha.com.br/fg24470](http://folha.com.br/fg24470)



Folha de S. Paulo, 17.04.2014



Onde estão os gargalos...

No diagnóstico

ou

nas máquinas?

# Como fazer o 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
- Indicadores indiretos (mais fáceis de obter)
- Modelagem climática para previsões
- ???

# Diagnóstico & previsão

Já existe amplo conhecimento de indicadores de circunstância para a ocorrência de algumas **doenças**

Indicadores fundamentalmente climáticos e de ciclo da cultura

O que falta: **adensamento dos dados climáticos!**

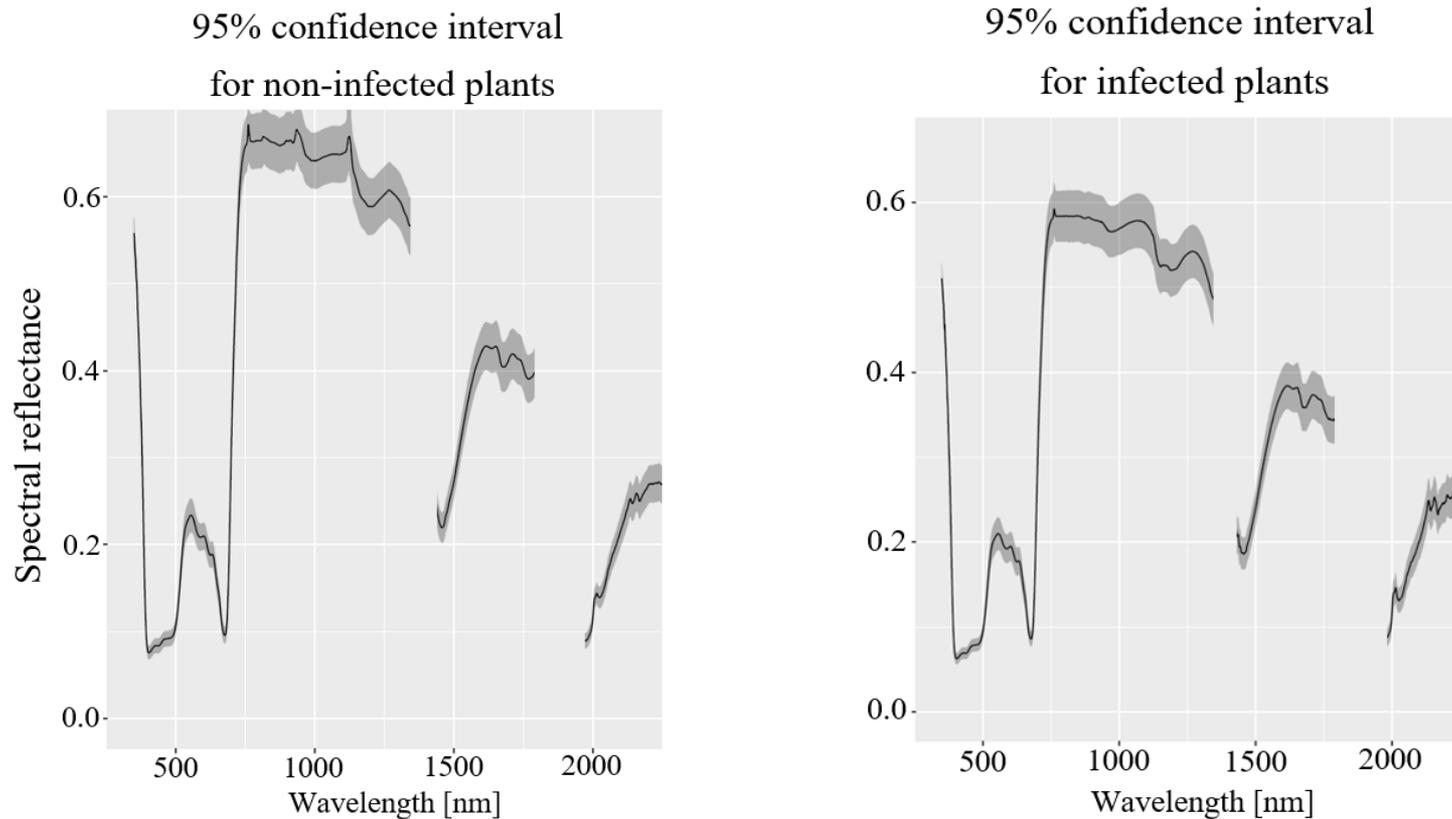
Uso de indicadores para detectar **sintomas** precocemente

Os desafios: identificar sintomas específicos

# Detecção de sintomas de ataque de *Fusarium* em milho, entre V1 e V2, com análise espectral

T. Sandovsky et al. (2019)

Mean and the 95% confidence interval of leaves' spectral reflectance of (left) non-infected plants and (right) infected plants



...classification accuracy of 74% of infected plants

# Taxa variável por planta – citros/FL

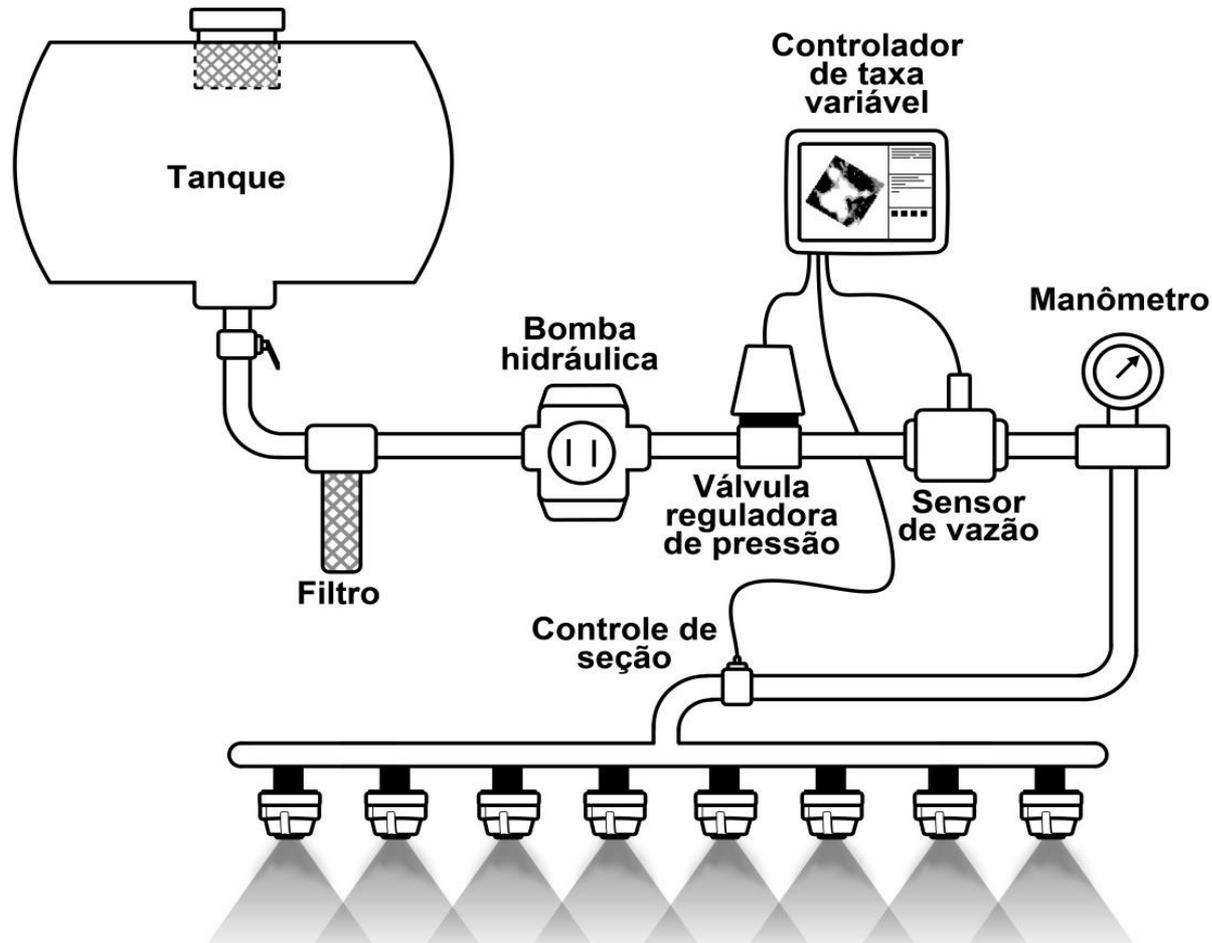


Tree See system (Source: <http://www.treese.com>)

# Aplicação - situações e opções

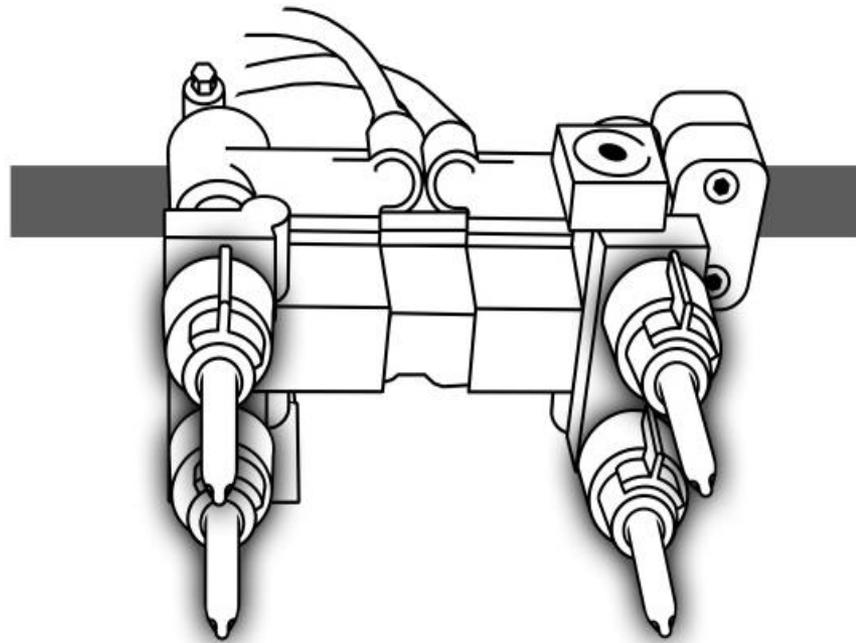
- Aplicar ou não aplicar
- Aplicar calda em volume variável
- Aplicar princípios ativos localizados e em volume variável

# Aplicar calda em volume variável



Variação na pressão para alterar a vazão

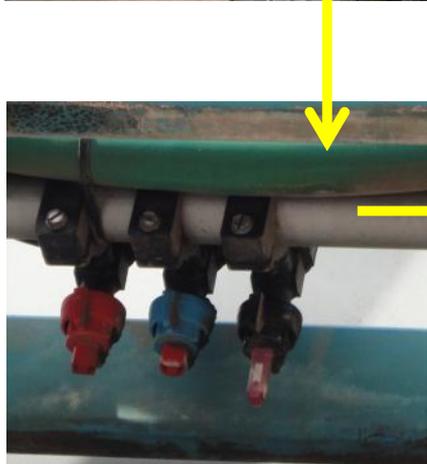
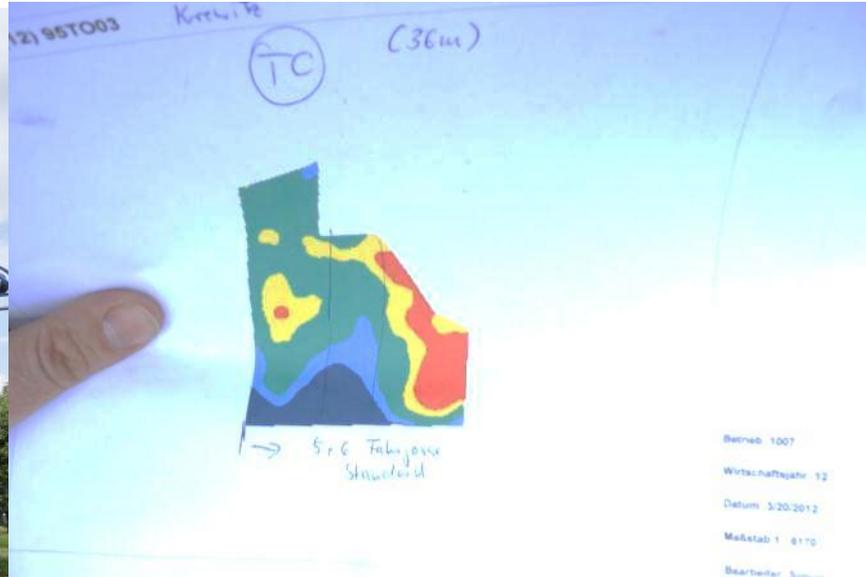
# Aplicar calda em volume variável



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

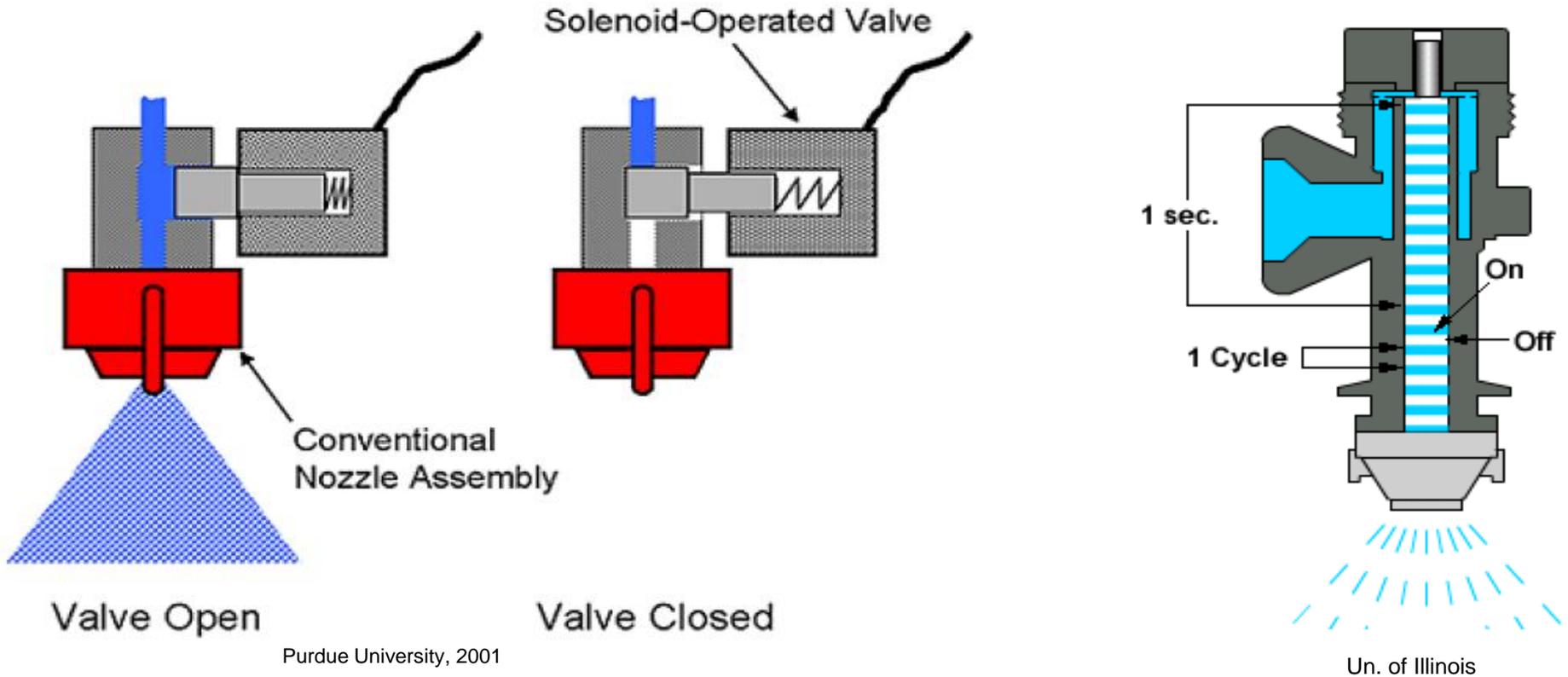


Aplicação de fungicida em taxas variáveis em função da biomassa estimada por sensor mecânico (Alemanha, 2003)



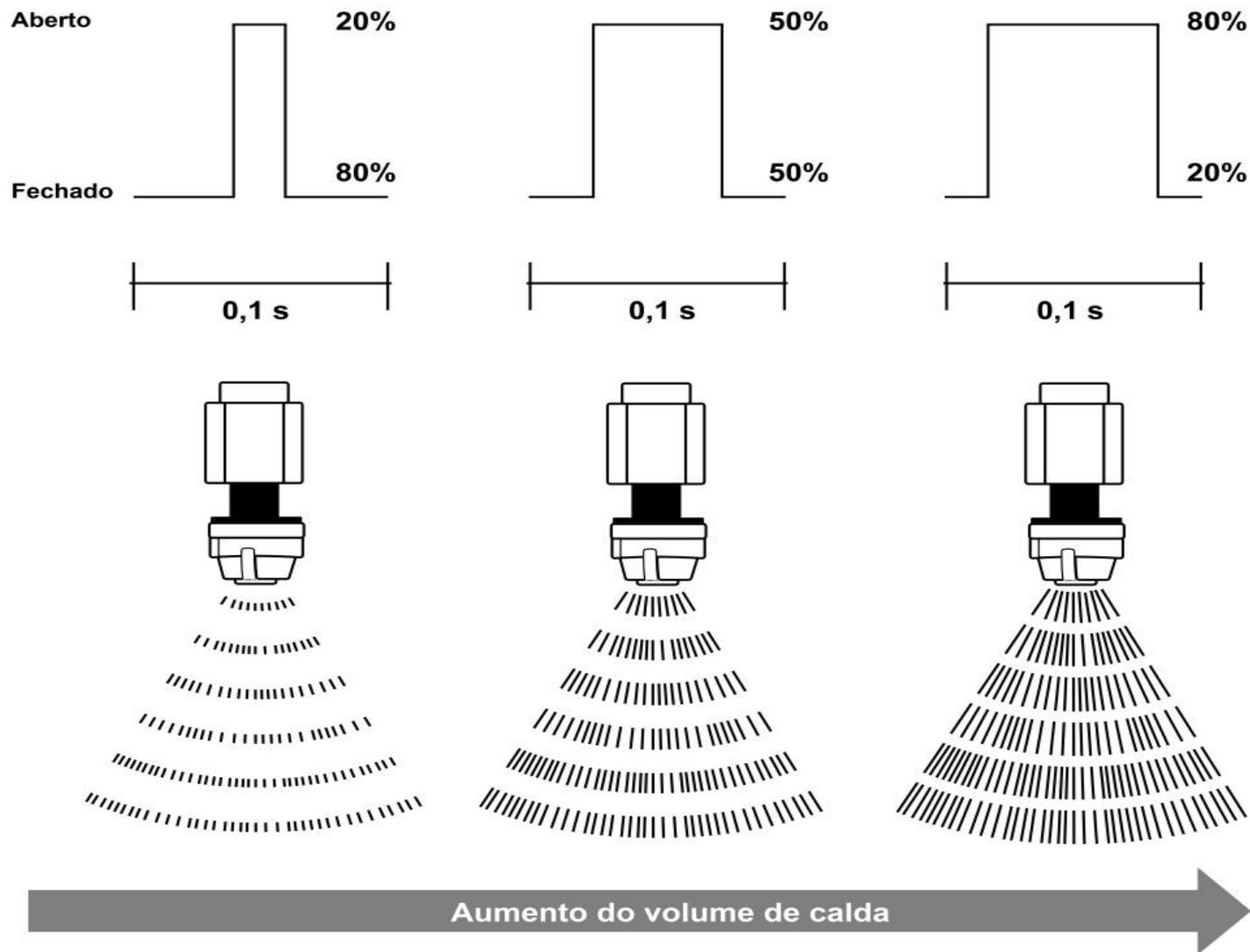
Aplicação de fungicida em taxas variáveis em função da biomassa estimada por imagens de satélite (Alemanha, 2012)

# Bico com válvula solenoide para variar a vazão



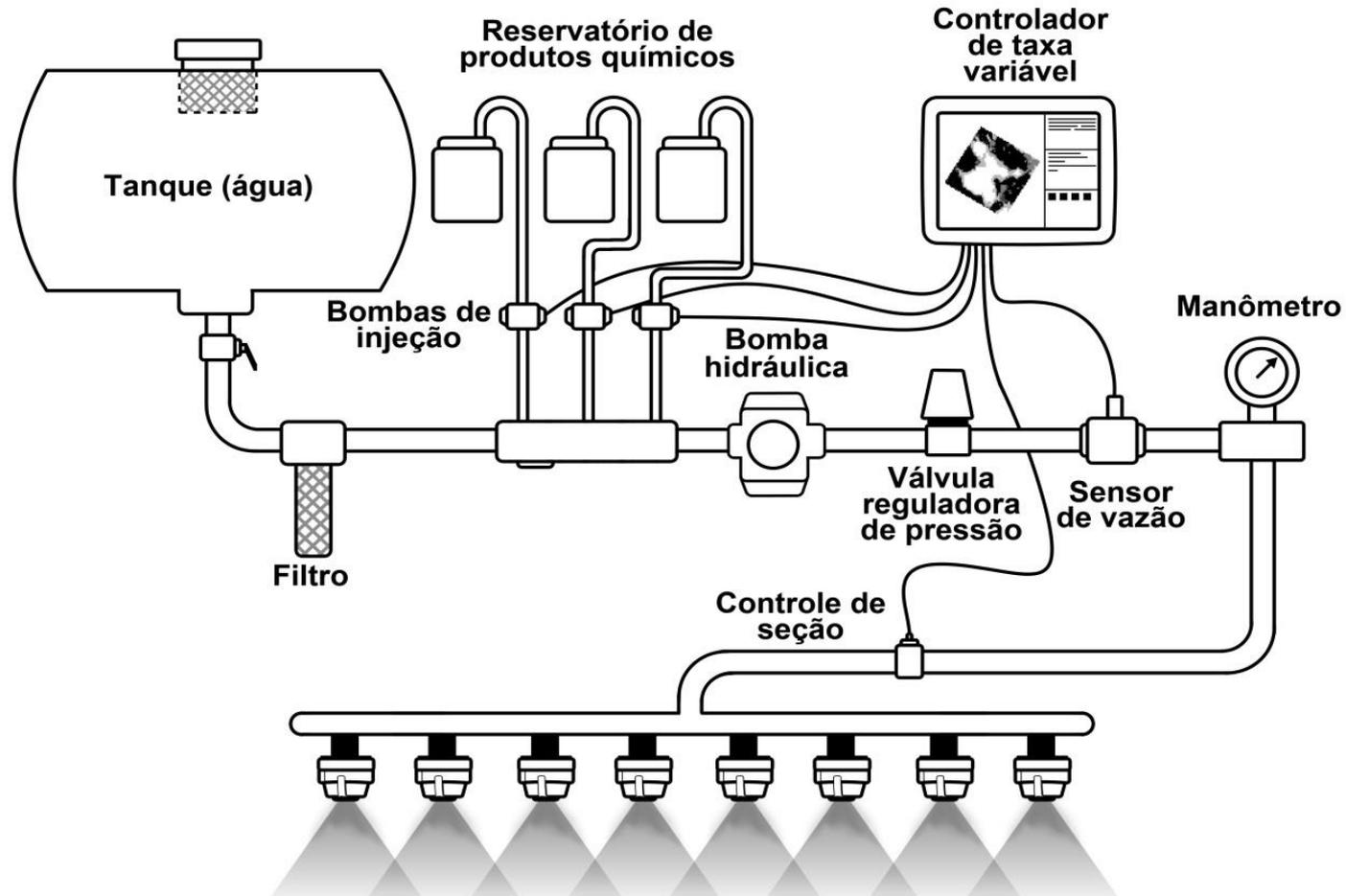
Vazão variável nas pontas (pulsantes); ponta com válvula solenoide para controle modulado da vazão

# Bico com válvula PWM (modulação da largura de pulso) para variar a vazão



Molin et al (2015)

# Aplicar princípio ativo em volume variável



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

# Automação com sensores óticos e visão artificial para herbicidas

## Sensor de “Verde”



Localiza



Aplica





Folheto Herbicat



# Aplica/não aplica



WeedSeeker





*WeedIt*



Prof. J. P. Molin

