Amostragens georreferenciadas

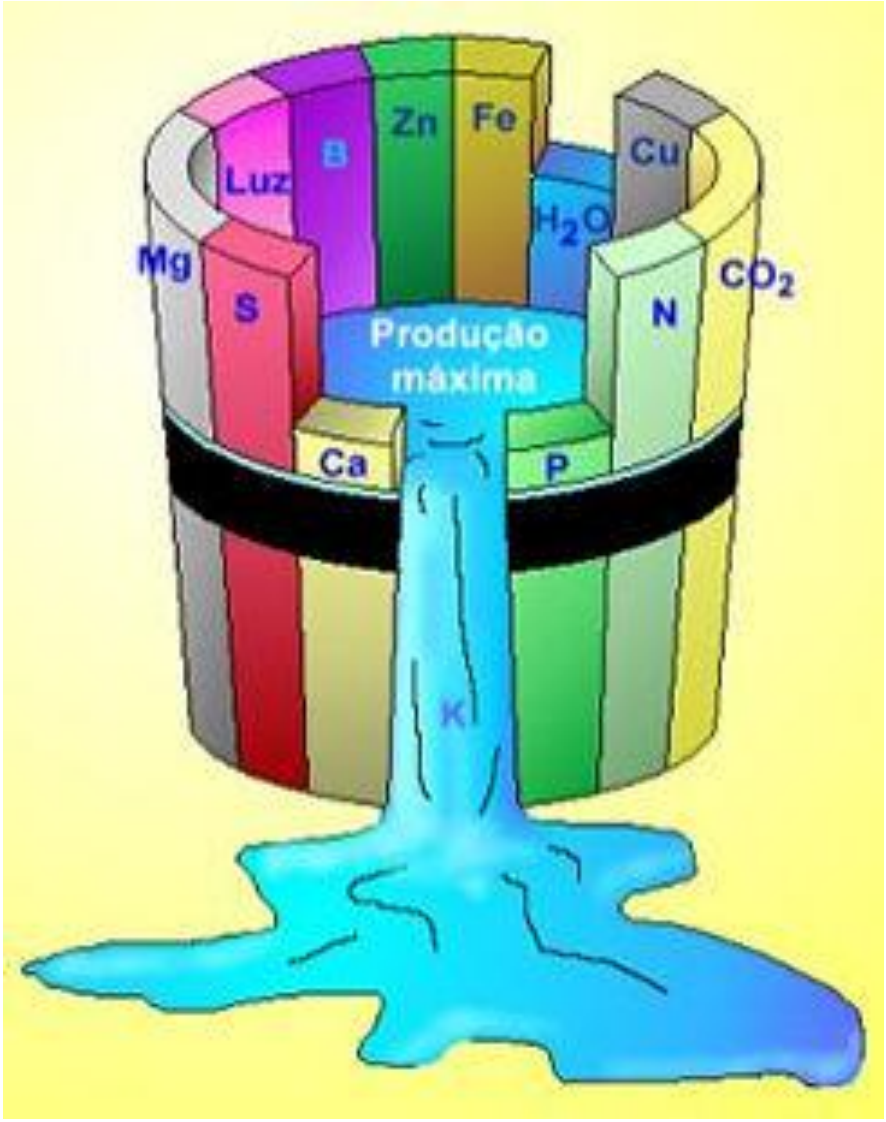
José P. Molin
ESALQ/USP
jpmolin@usp.br

Laboratório de Agricultura de Precisão

www.agriculturadeprecisao.org.br

Objetivo

Abordar os temas relacionados às amostragens georreferenciadas em geral e em especial de solo, enfocando as técnicas e as limitações dos métodos atuais

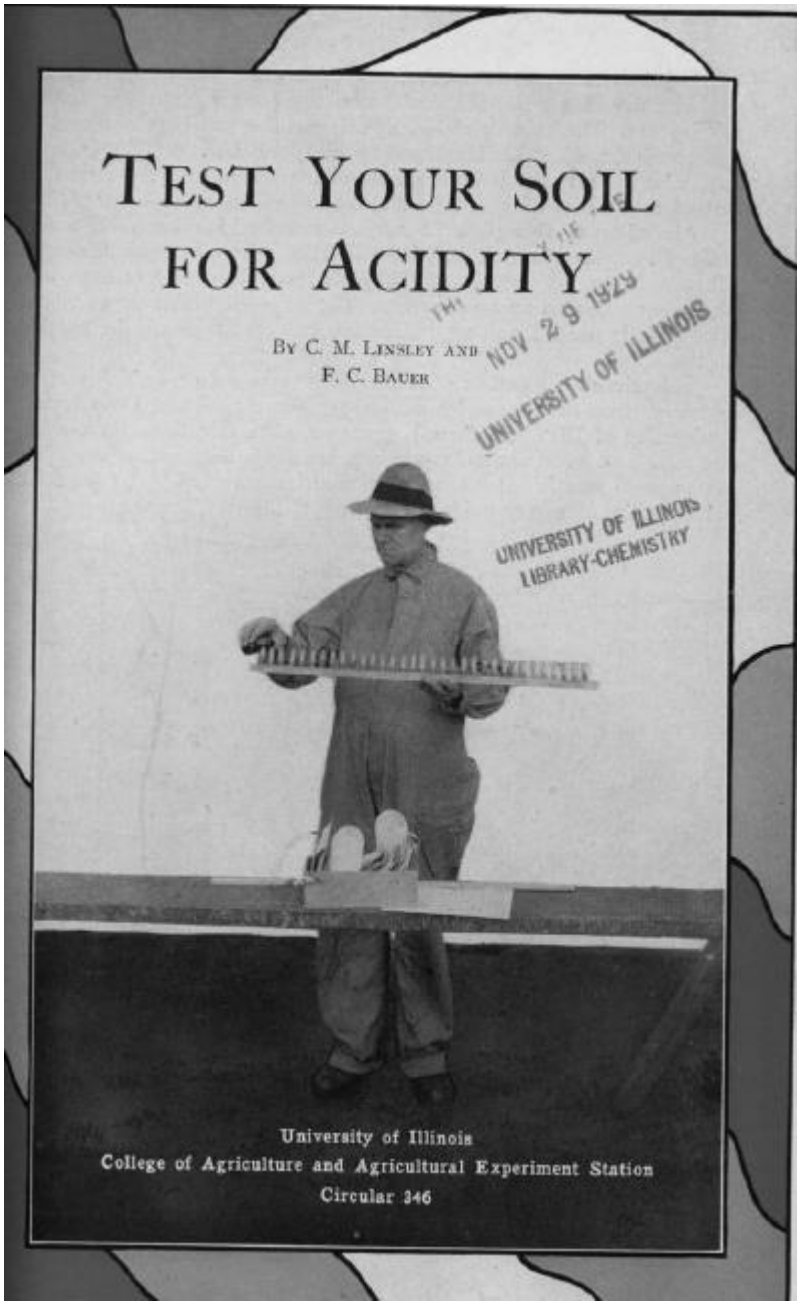


Lei de Liebig (dos Mínimos) ampliada e georreferenciada que visa regularizar os teores no solo

...

Outros fatores de produção devem ser lembrados:

compactação do solo
pragas
doenças
…



Linsley & Bauer (1929)

Levar o laboratório ao campo...

FIG. 5.—COLLECTING SAMPLES

If the envelopes or paper sacks are used, 1 tablespoonful of soil should be collected. If testing bottles are used, the bottles should be filled full. Surface samples should be collected from a depth of 1 to 2 inches, subsurface samples from a depth of 12 inches, and subsoil samples from 20 inches.

will be of assistance in reading the results.

2. Record results of *subsurface* and *subsoil* tests as shown in Fig. 8.

3. If subsurface and subsoil samples do not show acidity, they may be tested for carbonates (limestone) with hydrochloric acid and the results recorded in the blank spaces provided at the bottom of the map diagram. If carbonates are present, bubbling or effervescence will take place.

CAUTION: Do not handle hydro-

FIG. 6.—ADDING SOLUTION

When making the test the bottles should be filled one-third full of soil and enough testing solution added to fill the bottles two-thirds full. It is important to have equal volumes of soil and solution.

FIG. 7.—MAKING THE TEST

The soil and solution should be mixed by shaking the bottles vigorously for 2 or 3 minutes. The samples should then be allowed to stand for 10 minutes, after which they should be read.

Linsley & Bauer (1929)

O planejamento da amostragem – a grade amostral

Number of Samples to Collect

Twenty-three surface samples collected from a 40-acre field according to the systematic plan described below and 5 subsurface and 5 subsoil samples should locate the areas of sweet and acid soil fairly

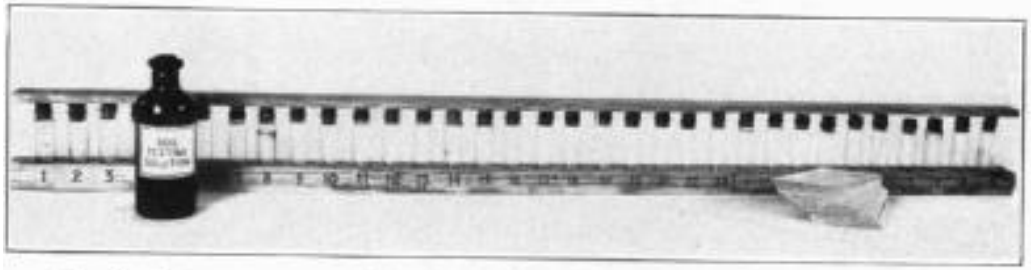
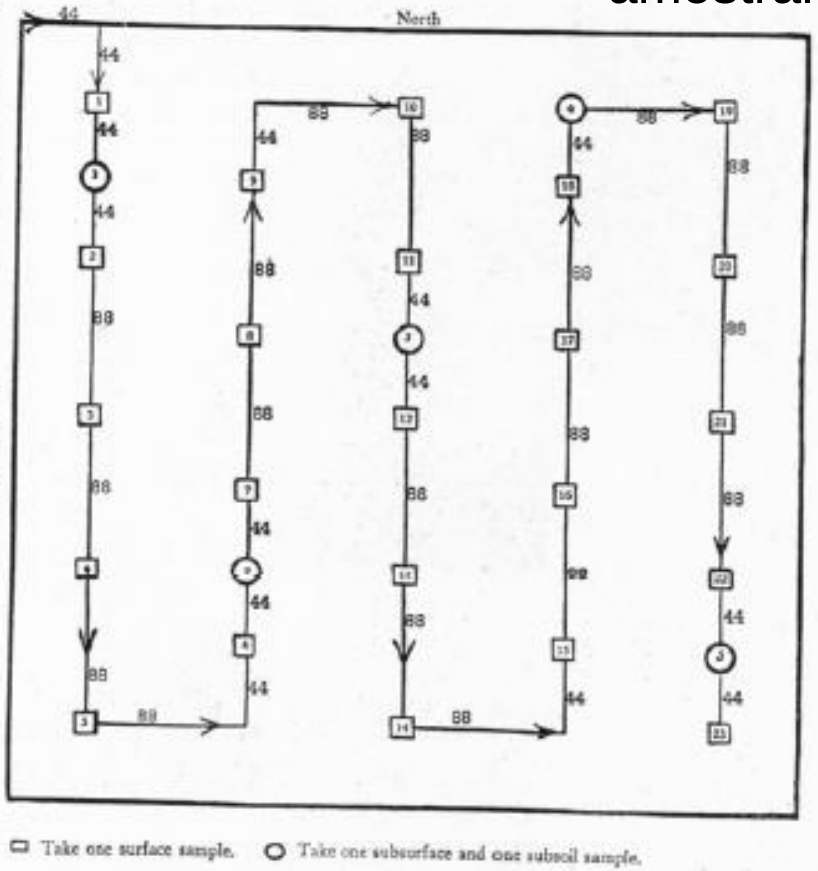


FIG. 3.—EQUIPMENT FOR MAKING SYSTEMATIC TEST OF SOIL FOR ACIDITY

Thirty-three small bottles are necessary in making the systematic test of a 40-acre field. A rack for holding the bottles will keep the samples in order. A thin strip of wood can be used over the tops of the bottles to hold them in place while shaking. Envelopes or small paper sacks are convenient for collecting samples, or the rack of bottles may be taken to the field and the soil samples placed in them as they are collected.

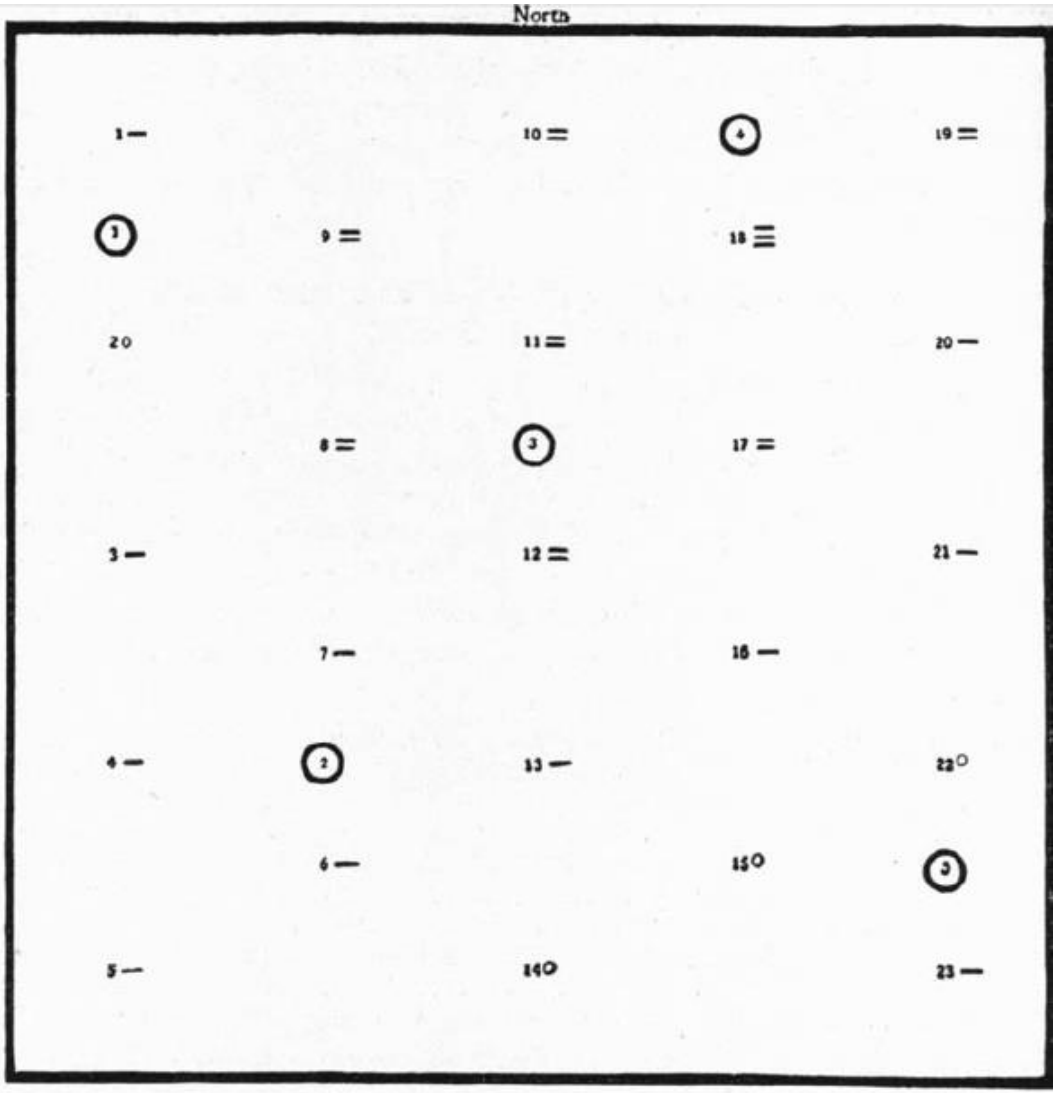


Take one surface sample. Take one subsurface and one subsoil sample.

FIG. 4.—SOIL SAMPLING DIAGRAM FOR 40-ACRE FIELD

In taking samples, follow the lines in the direction of the arrows. The larger numbers along the lines indicate the number of 3-foot paces to take in locating the points where the samples are to be collected. The numbers in squares indicate where the 23 surface samples are taken, and the numbers in circles where the 5 subsurface and subsoil samples should be taken.

Linsley & Bauer (1929)

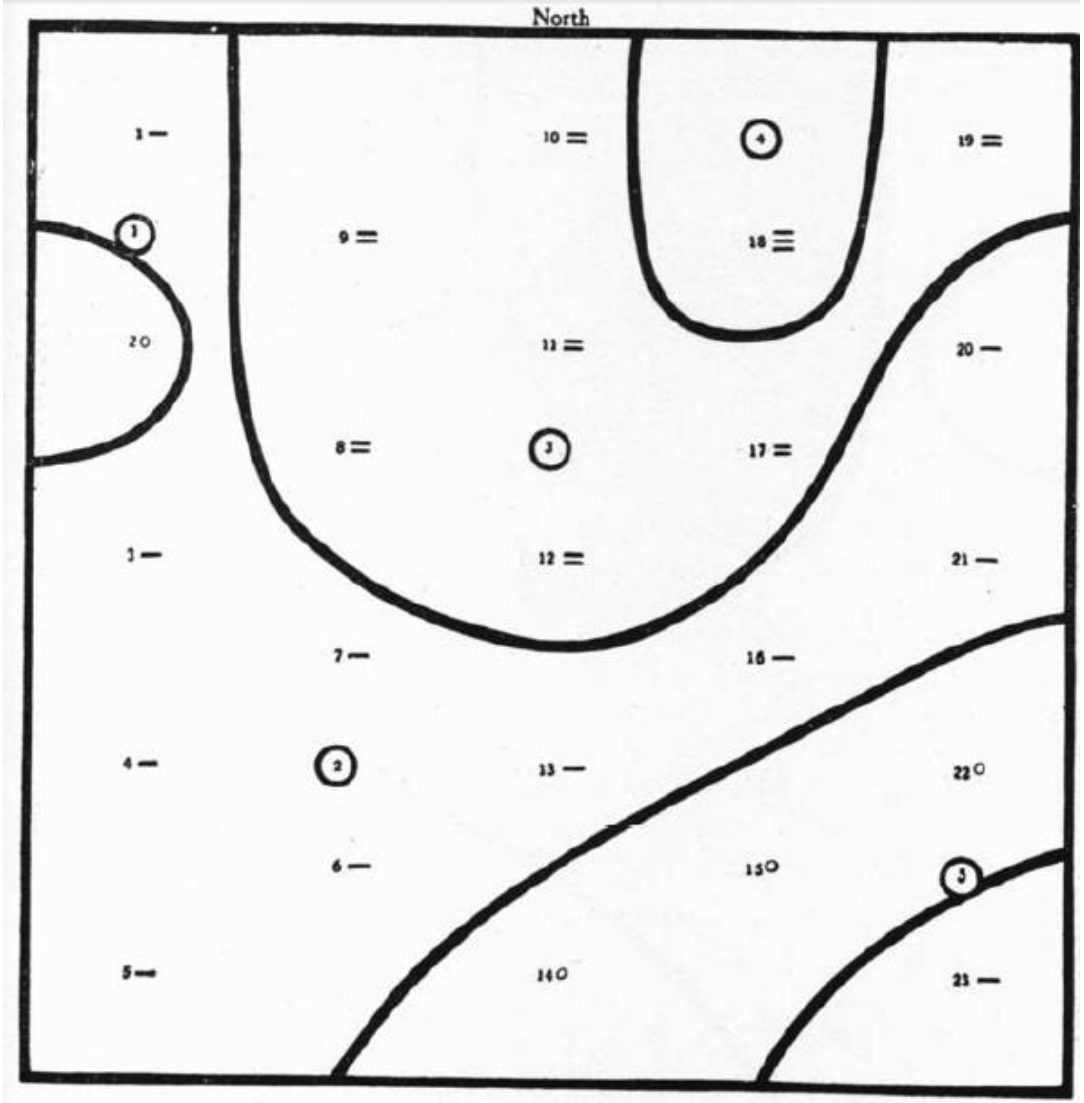


Os dados mapeados

No.	Acidity		Carbonate	
	Subsurface	Subsoil	Subsurface	Subsoil
1	–	–		
2	–	–		
3	=	=		
4	=	=		
5	–	–		

A legenda

Linsley & Bauer (1929)

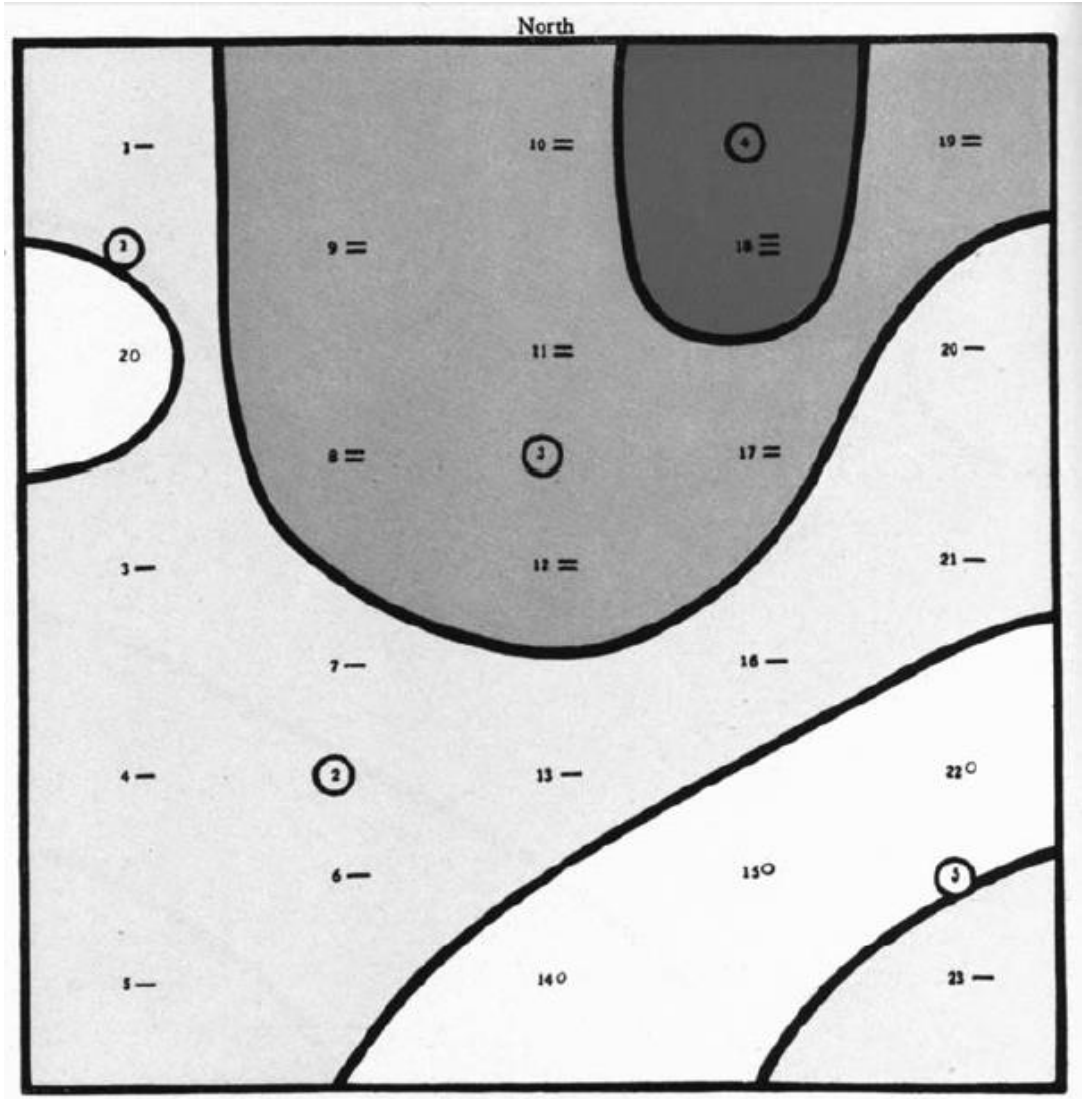


No.	Acidity		Carbonate	
	Subsurface	Subsoil	Subsurface	Subsoil
1	–	–		
2	–	–		
3	=	=		
4	=	=		
5	–	–		

A legenda

O mapa de dados interpolados – isolinhas

Linsley & Bauer (1929)



No.	Acidity		Carbonate	
	Subsurface	Subsoil	Subsurface	Subsoil
1	-	-		
2	-	-		
3	=	=		
4	=	=		
5	-	-		

A prescrição de calcário

A legenda

Linsley & Bauer (1929)

Outros estudos de casos

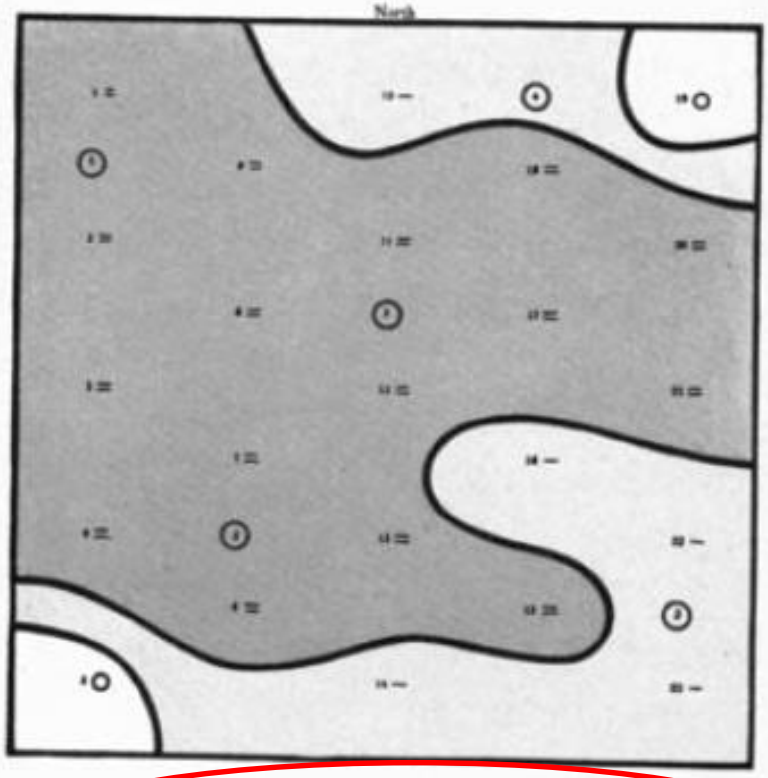


FIG. 11.—A FIELD ON WHICH THE SOIL WAS PRACTICALLY ALL ACID

Altho the systematic test of such a field does not mean much saving in limestone, it does show how much limestone should be applied on the areas of various degrees of acidity.

Linsley & Bauer (1929)

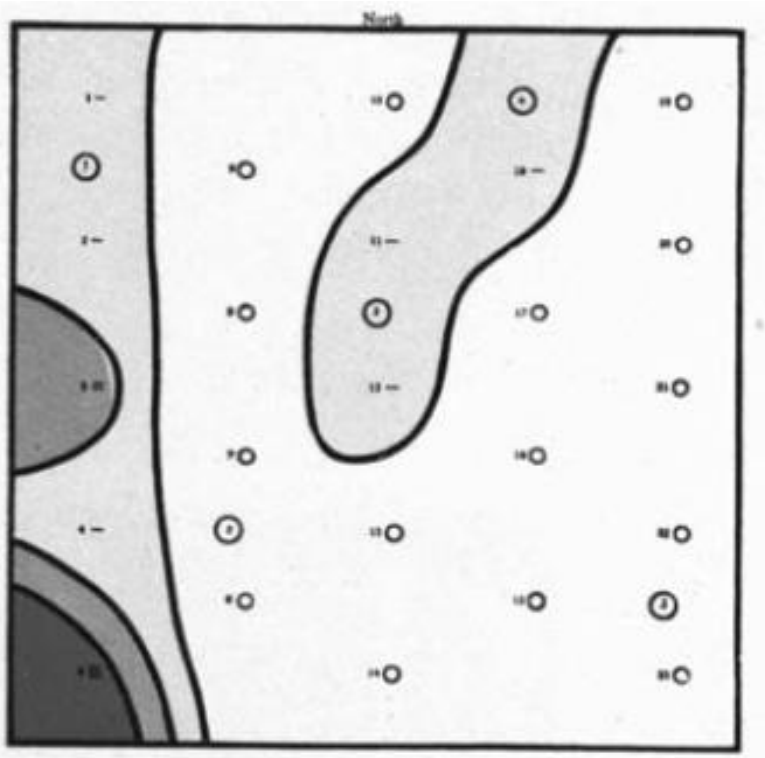


FIG. 12.—A FIELD ON WHICH THE SOIL TEST SAVED 90 TONS OF LIMESTONE

The owner of this 40-acre field had planned to apply 3 tons of limestone to the acre. The systematic test showed that approximately 30 acres were sweet. This knowledge meant a saving of 90 tons of limestone.

60 anos sem novidades...

... o próximo registro de amostragem georreferenciada para a geração de mapas de atributos químicos do solo (usando geoestatística) é de 1988, pelo Prof. David Mulla, Minneapolis.

Amostragem georreferenciada

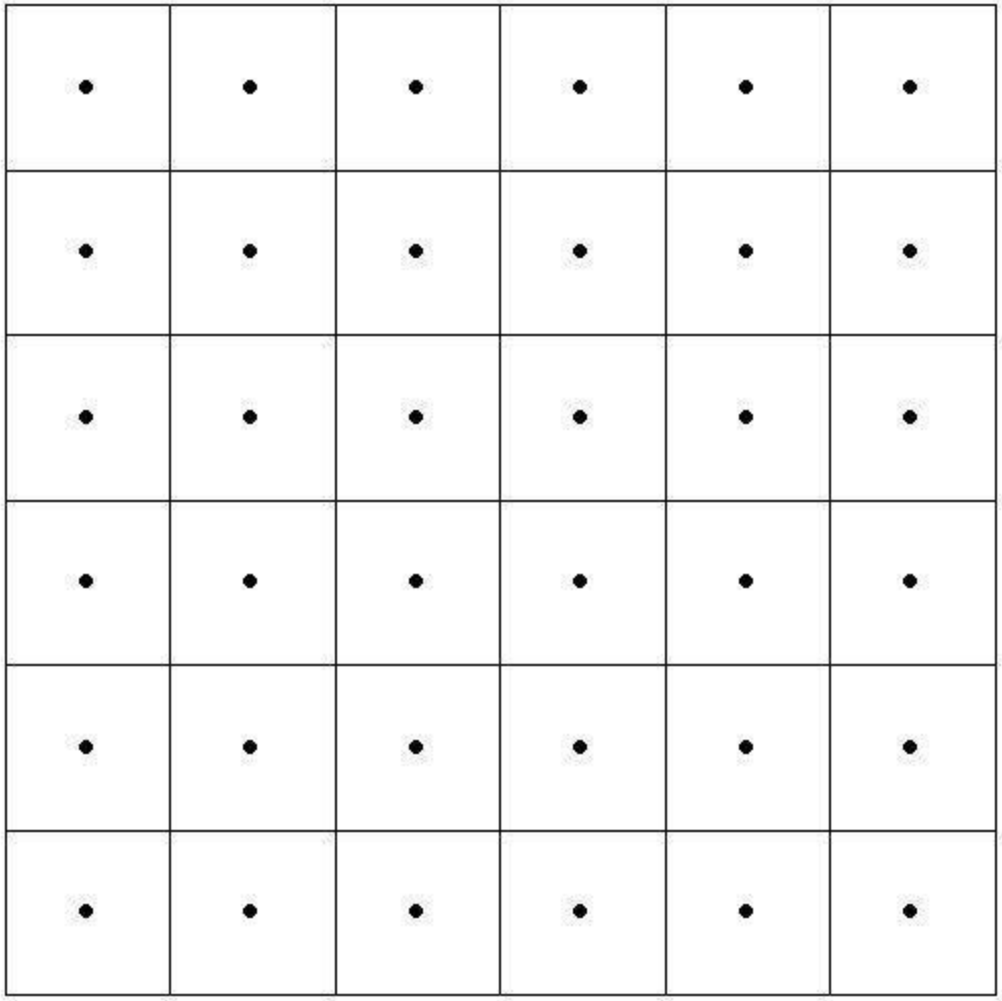
Destaque para a amostragem de solo

Métodos de Amostragem

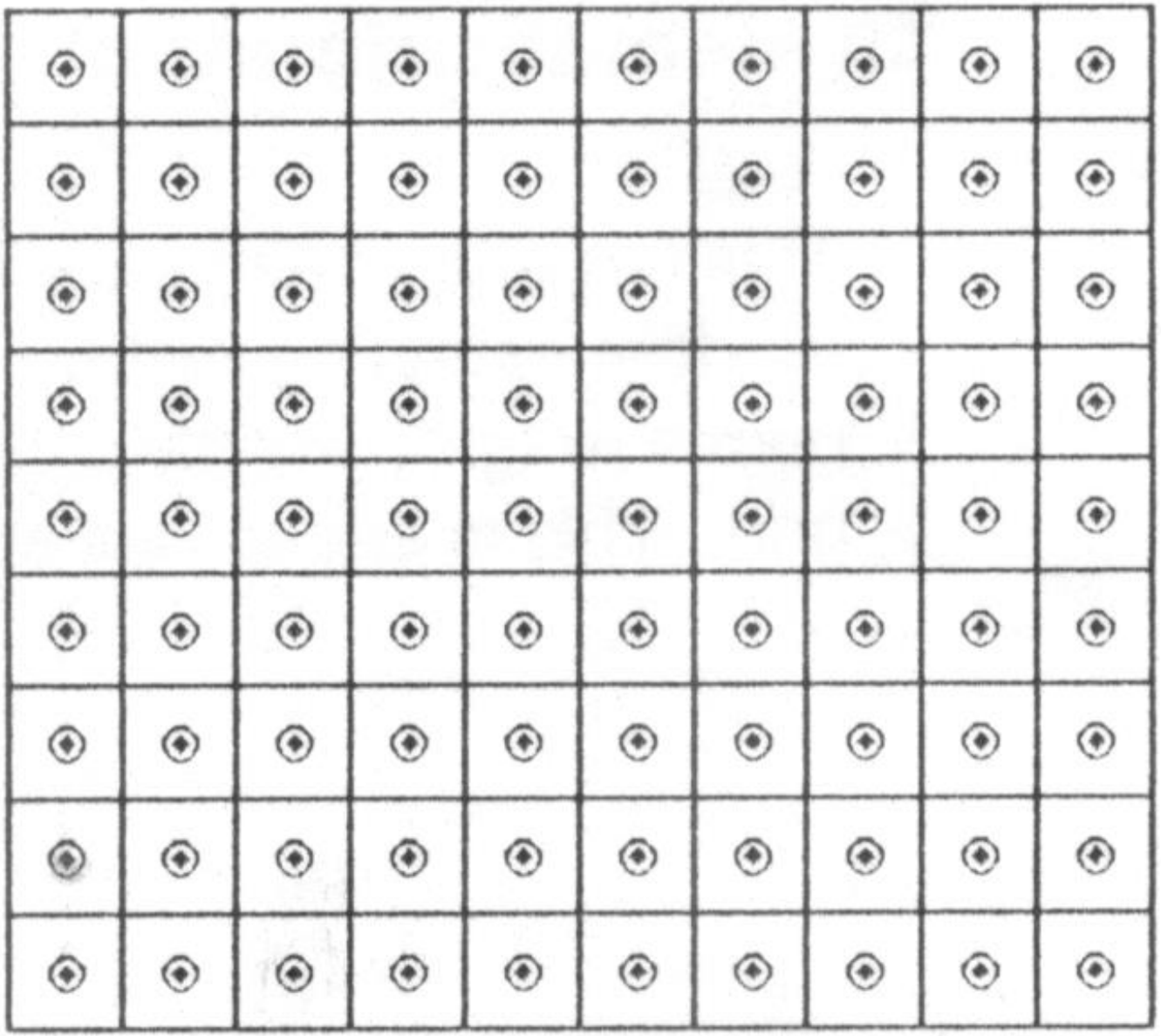
Sem conhecimento prévio da área

- Amostragem em grade
  - por ponto

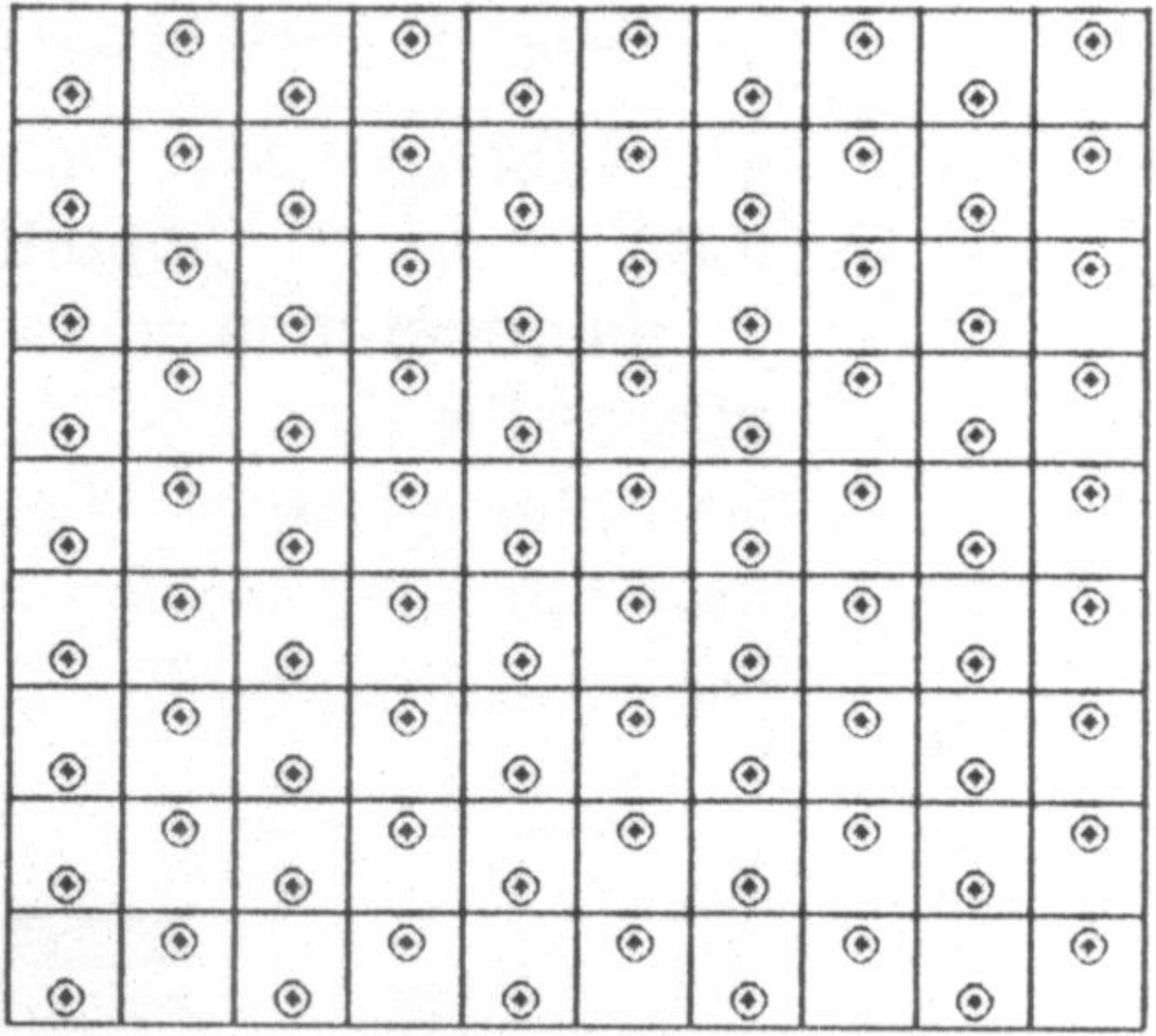
Pontos normalmente gerados a partir de uma grade regular



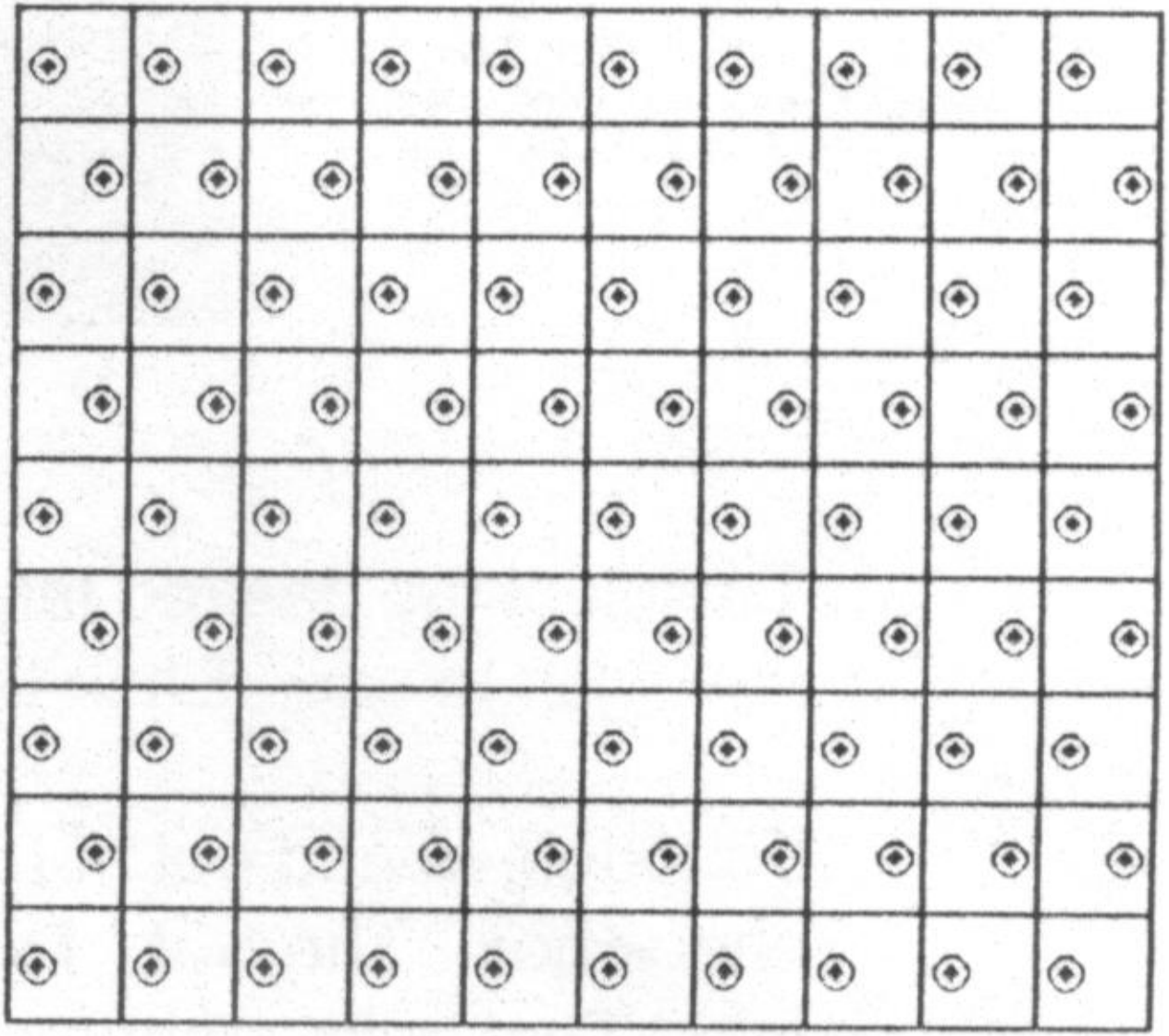
Amostragem em grade, por pontos



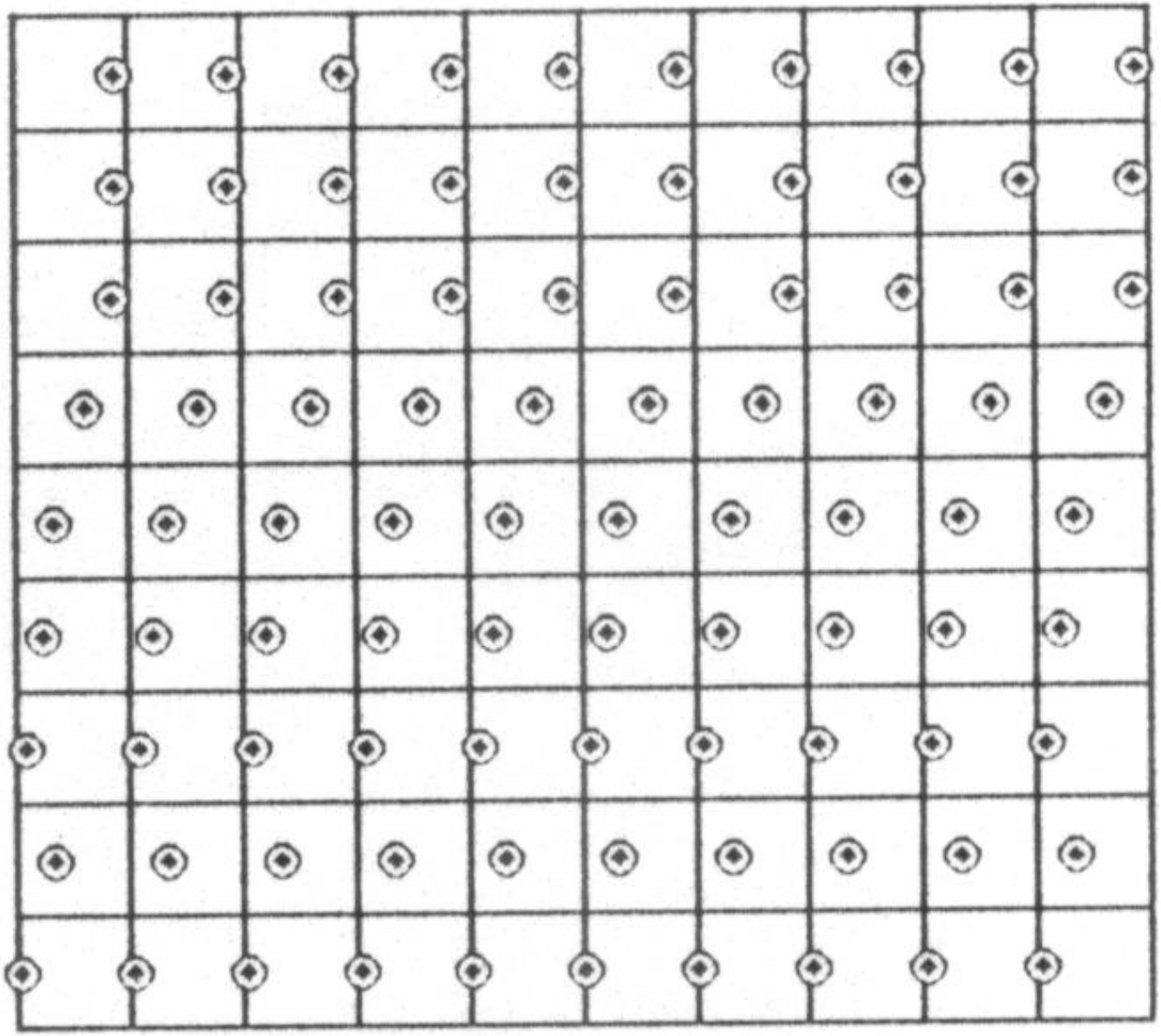
Amostragem em grade regular ou sistemática



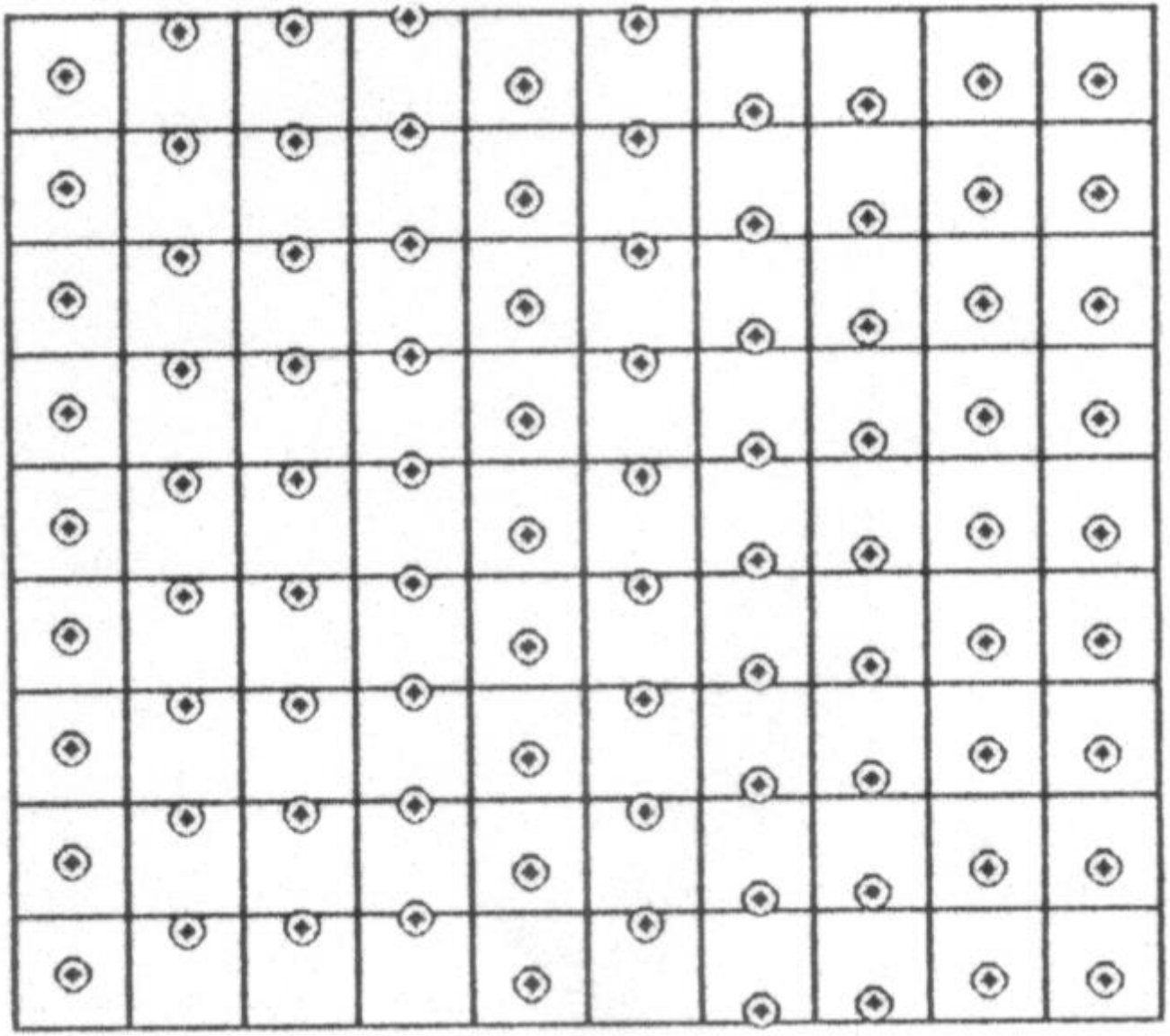
Amostragem em “diamante” fixo e “X”



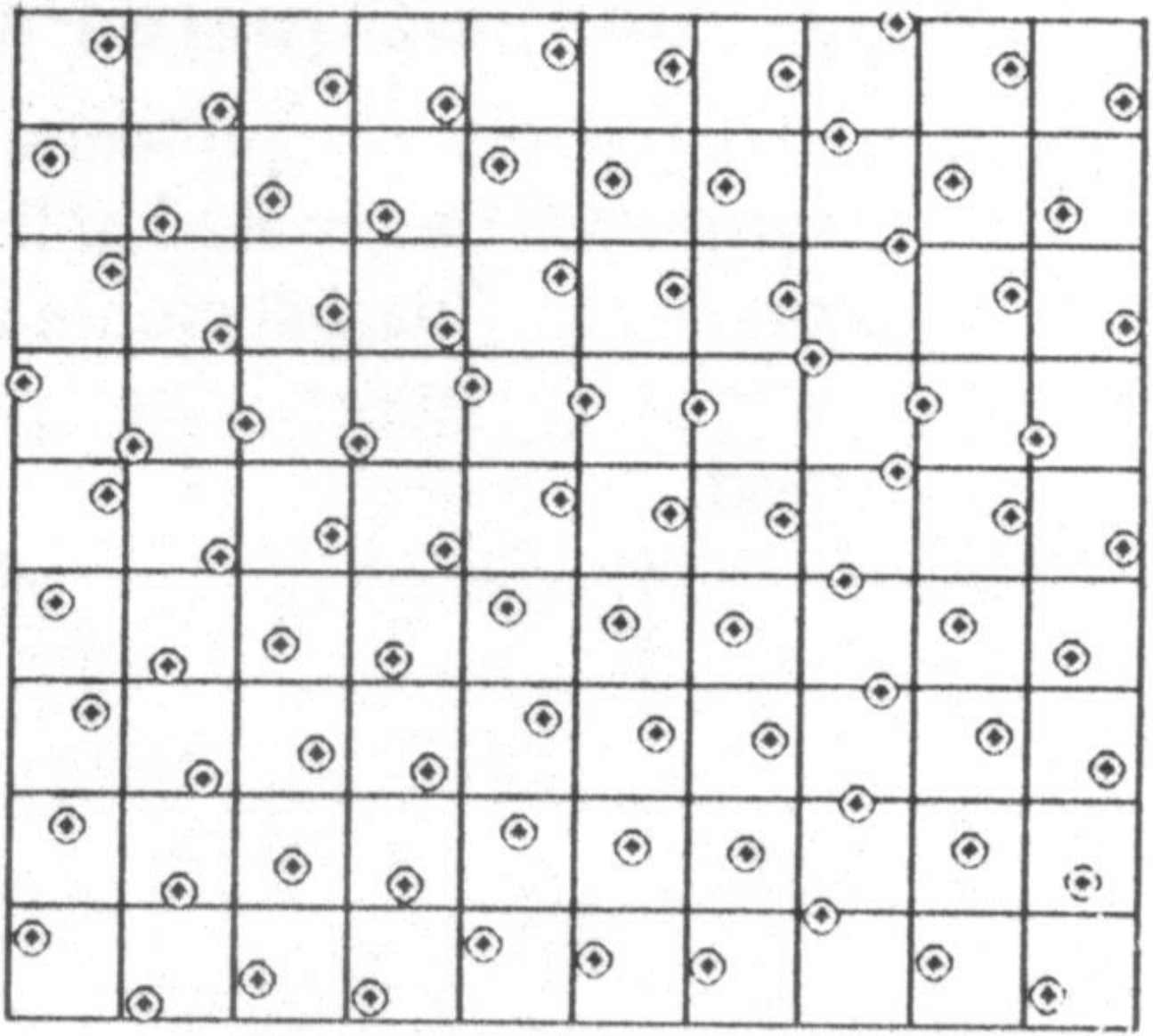
Amostragem em “diamante” fixo e “Y”



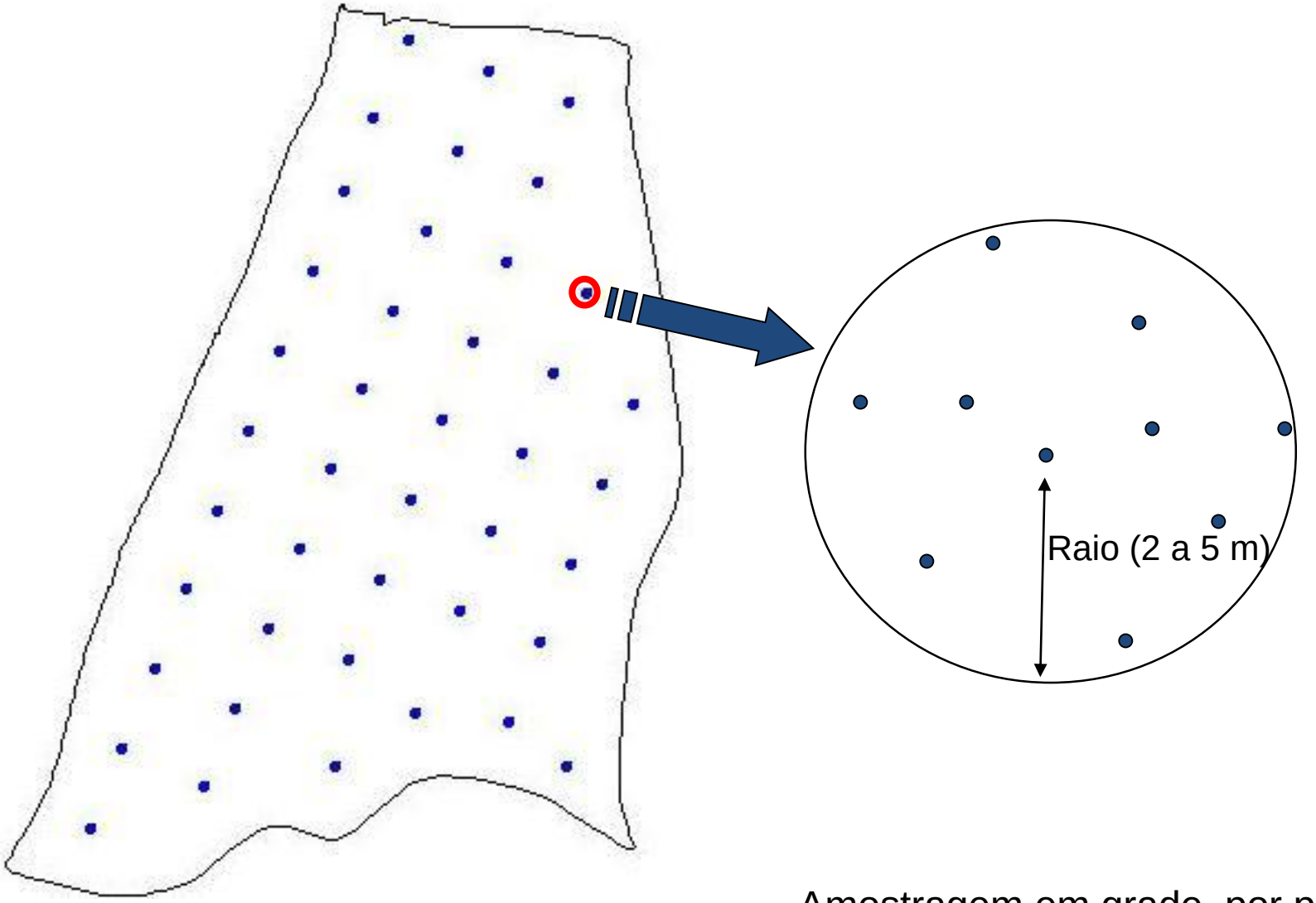
Amostragem randômica em “X”



Amostragem randômica em “Y”



Amostragem randômica por célula



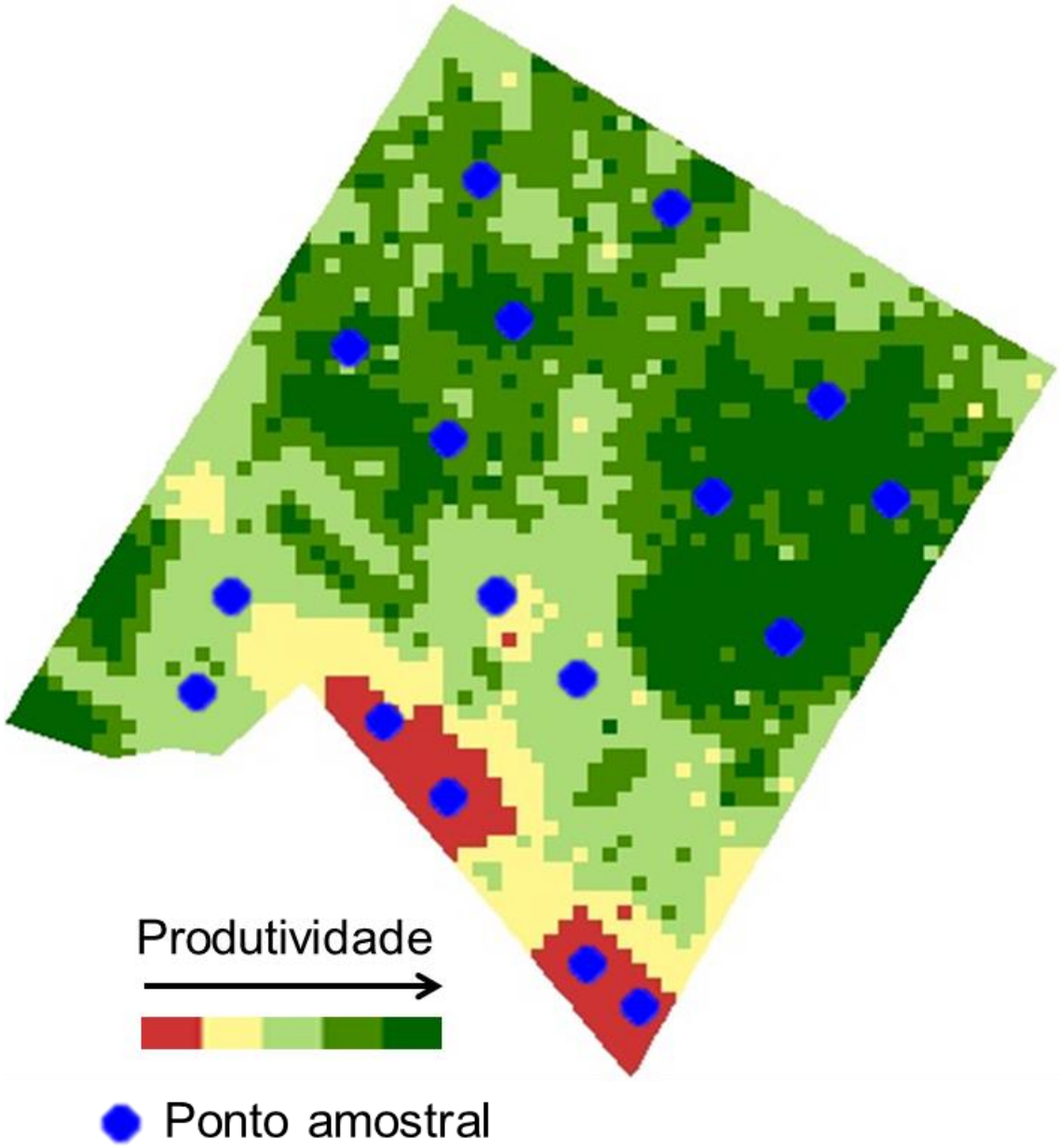
Amostragem em grade, por pontos

Métodos de Amostragem

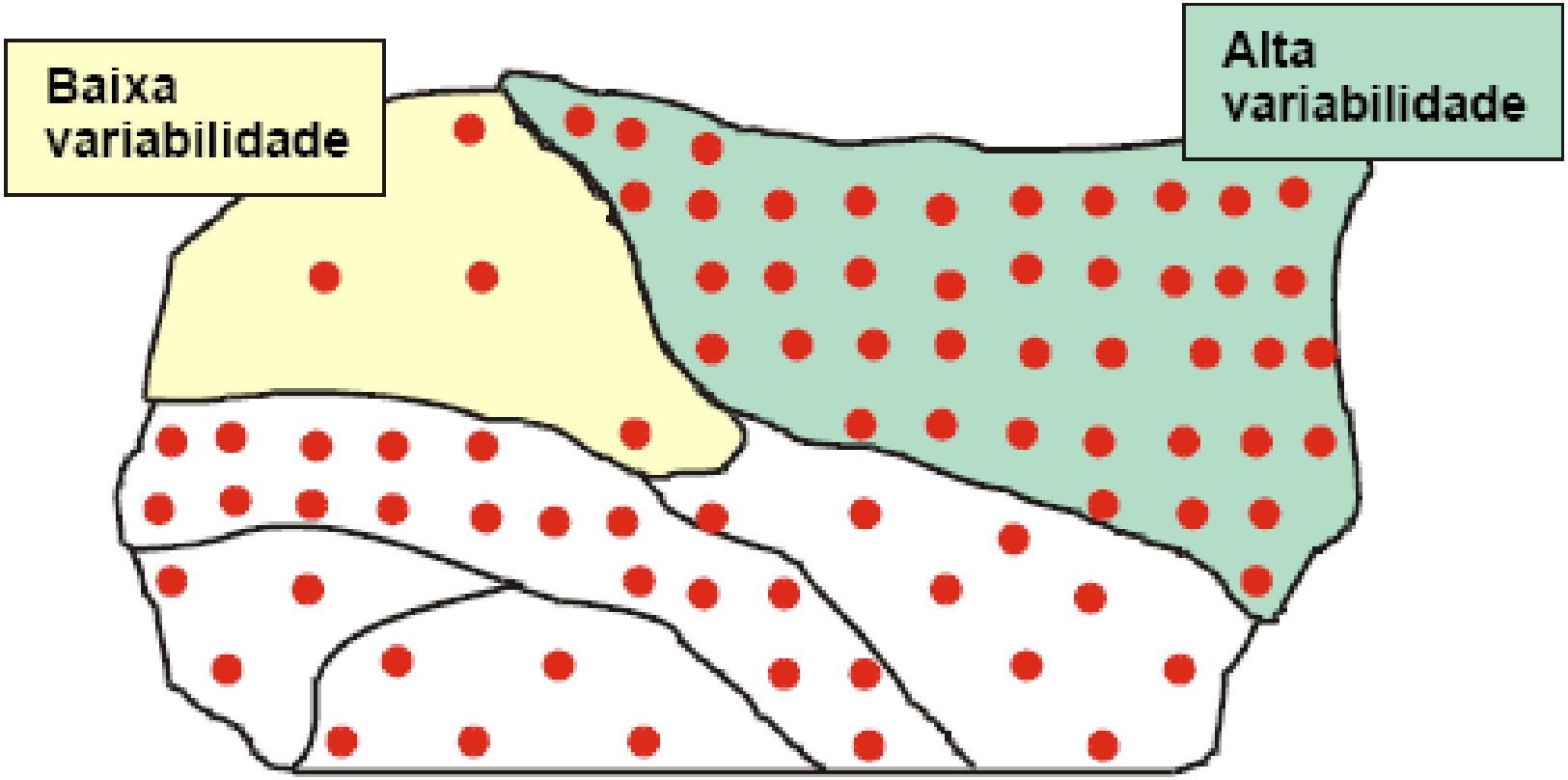
Com algum conhecimento prévio da área

- Amostragem em grade
  - por ponto “guiado”

Ex.: amostragem direcionada pelo mapa de produtividade



Ex.: amostragem por pontos guiados pela variabilidade identificada por algum fator (produtividades, biomassa via imagens de satélites, condutividade elétrica)

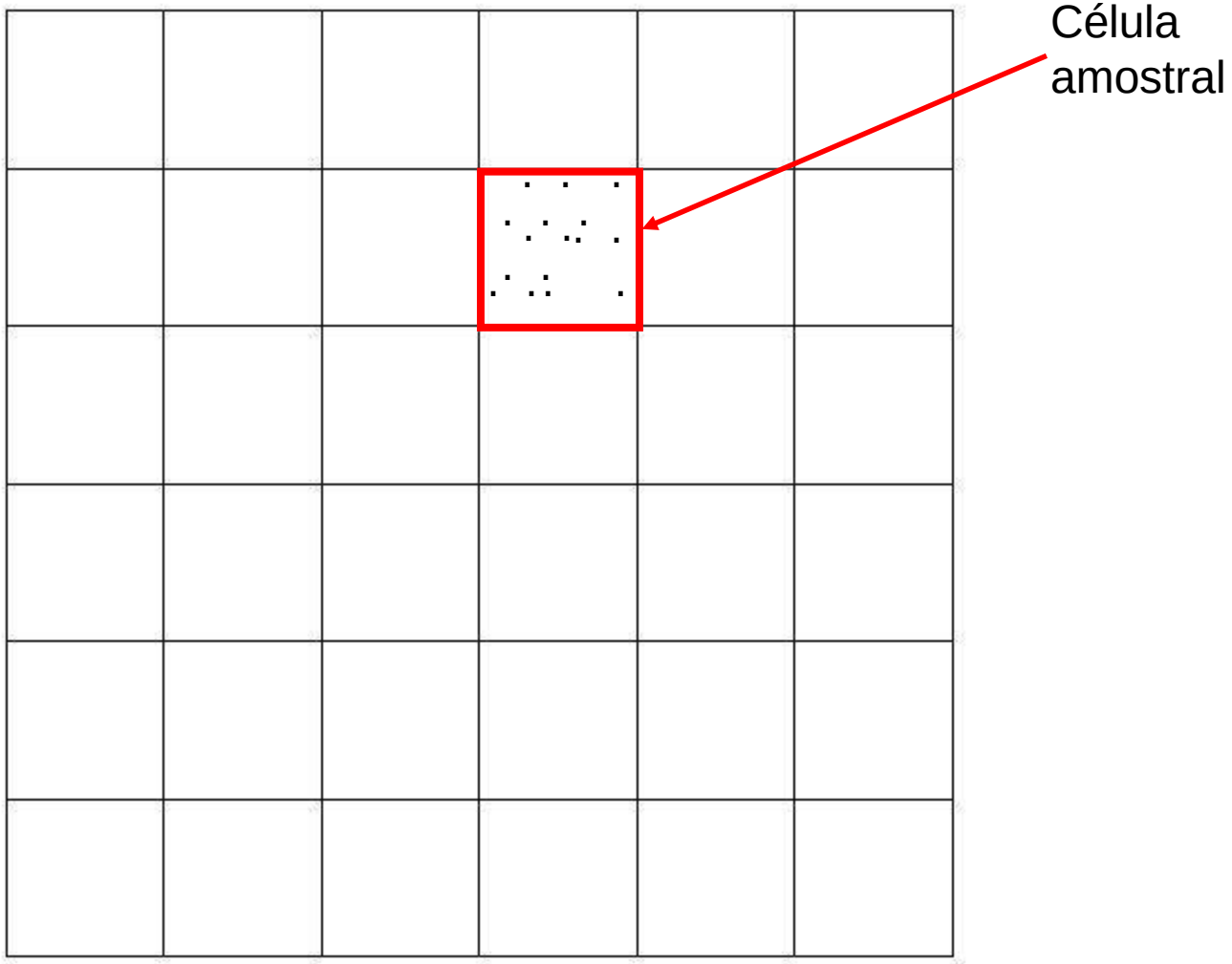


VARELLA e SENA JUNIOR, 2008)

Métodos de Amostragem

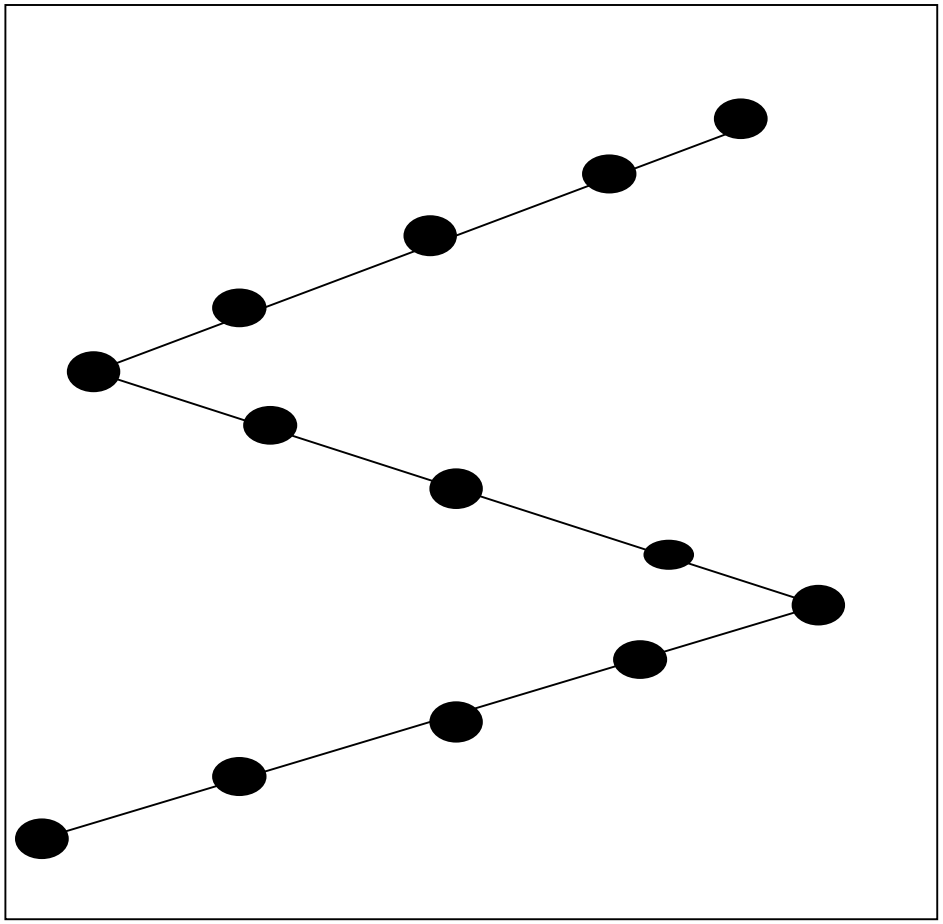
Sem conhecimento prévio da área

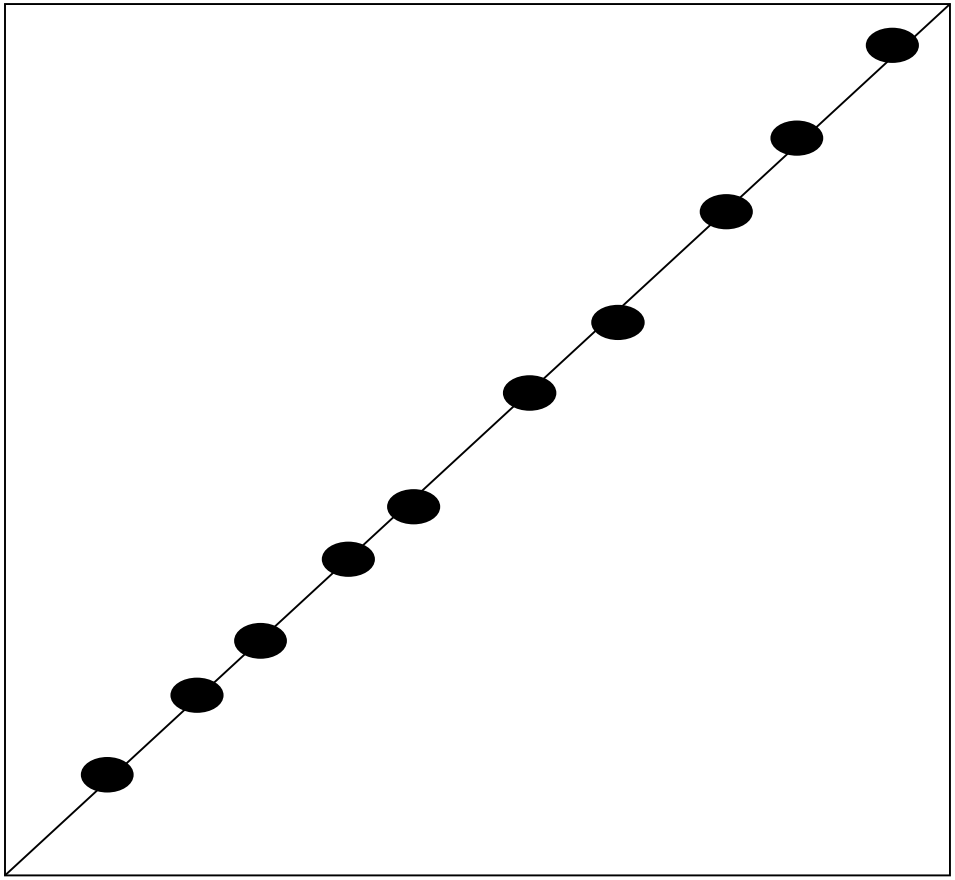
- Amostragem em grade
  - por ponto
  - por célula

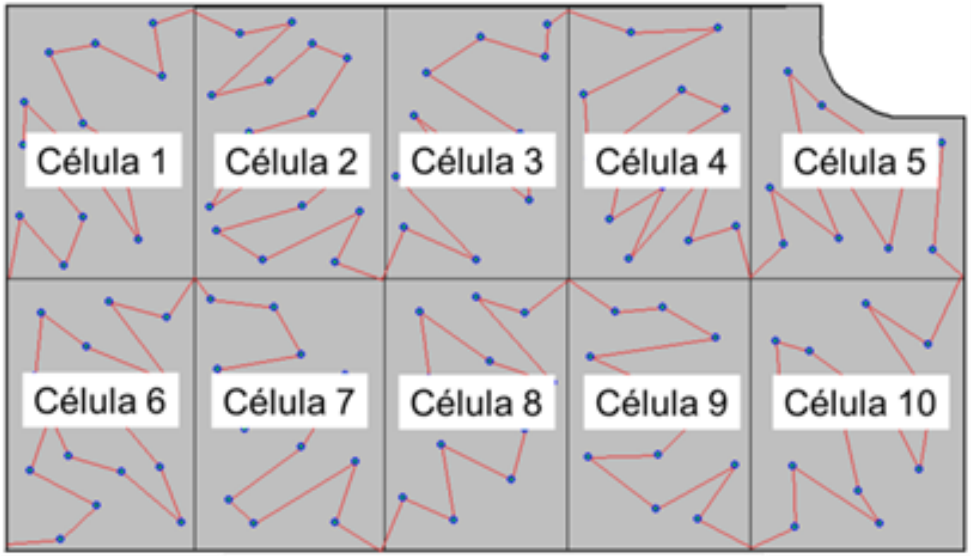


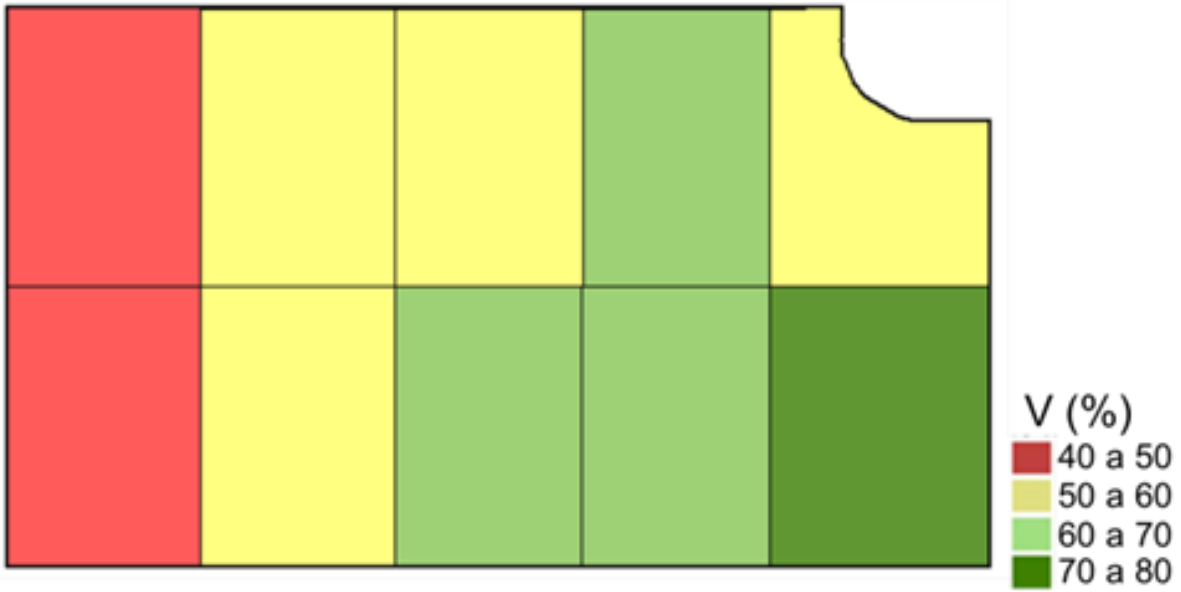
Amostragem por célula

Percursos para sub-amostragem dentro da célula

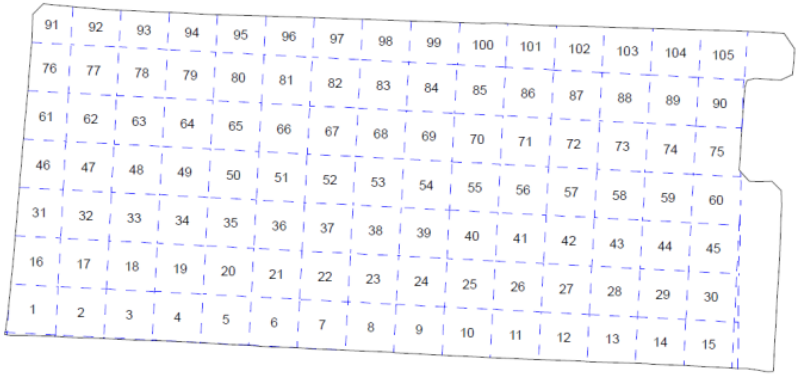


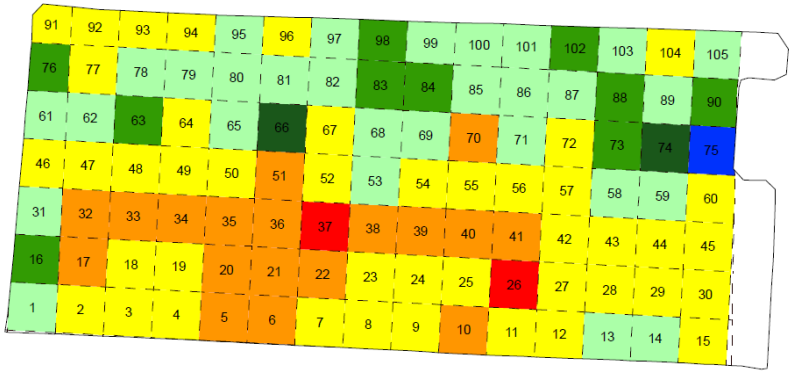


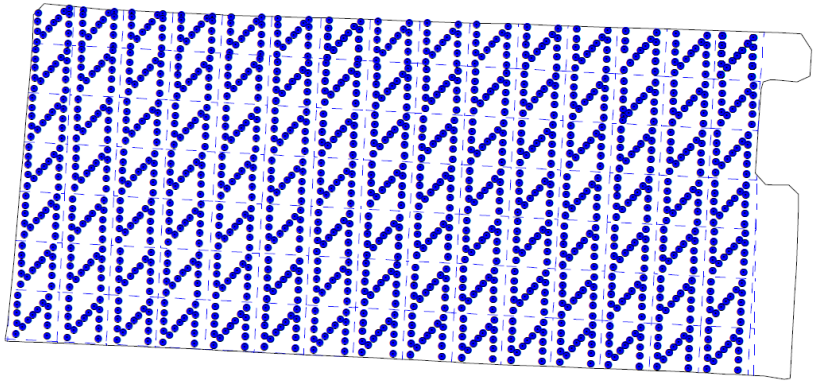

Célula 1
Célula 2
Célula 3
Célula 4
Célula 5
Célula 6
Célula 7
Célula 8
Célula 9
Célula 10
Caminhamento em zigue-zague
Subamostras


V (%)
40 a 50
50 a 60
60 a 70
70 a 80

Amostragem por célula



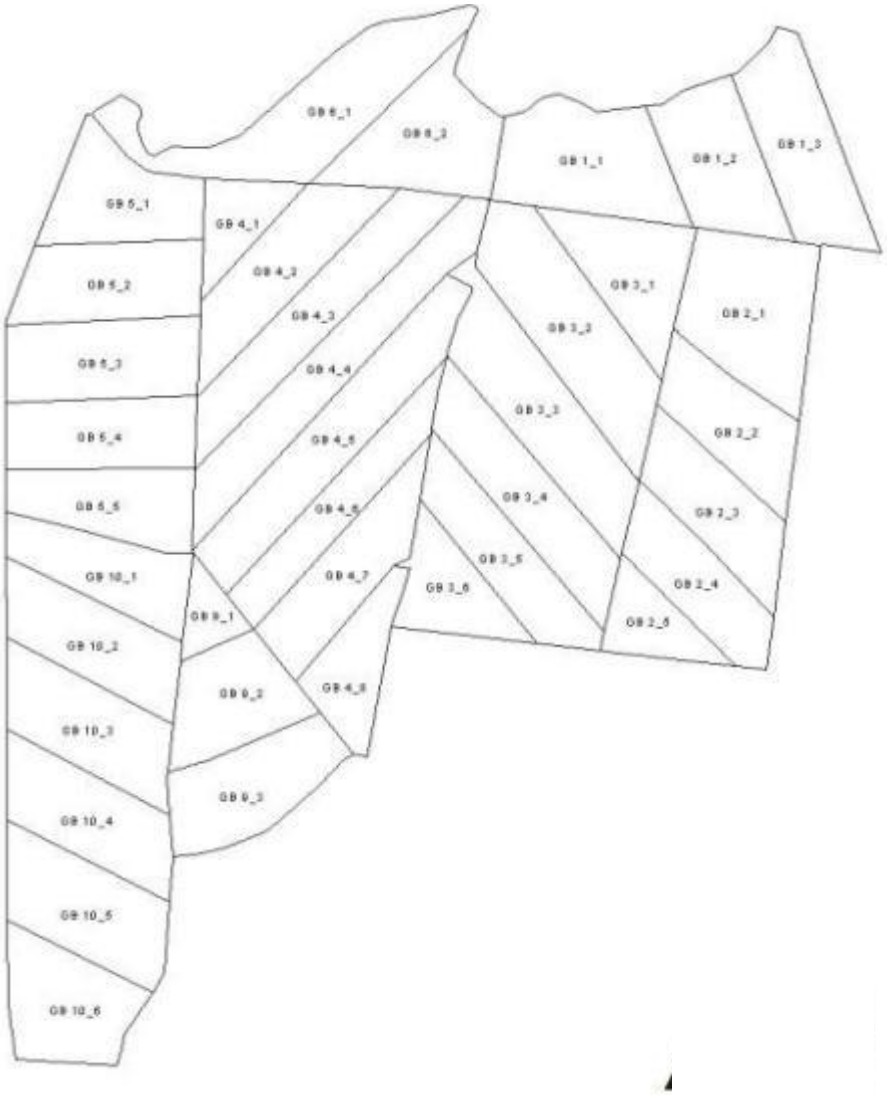


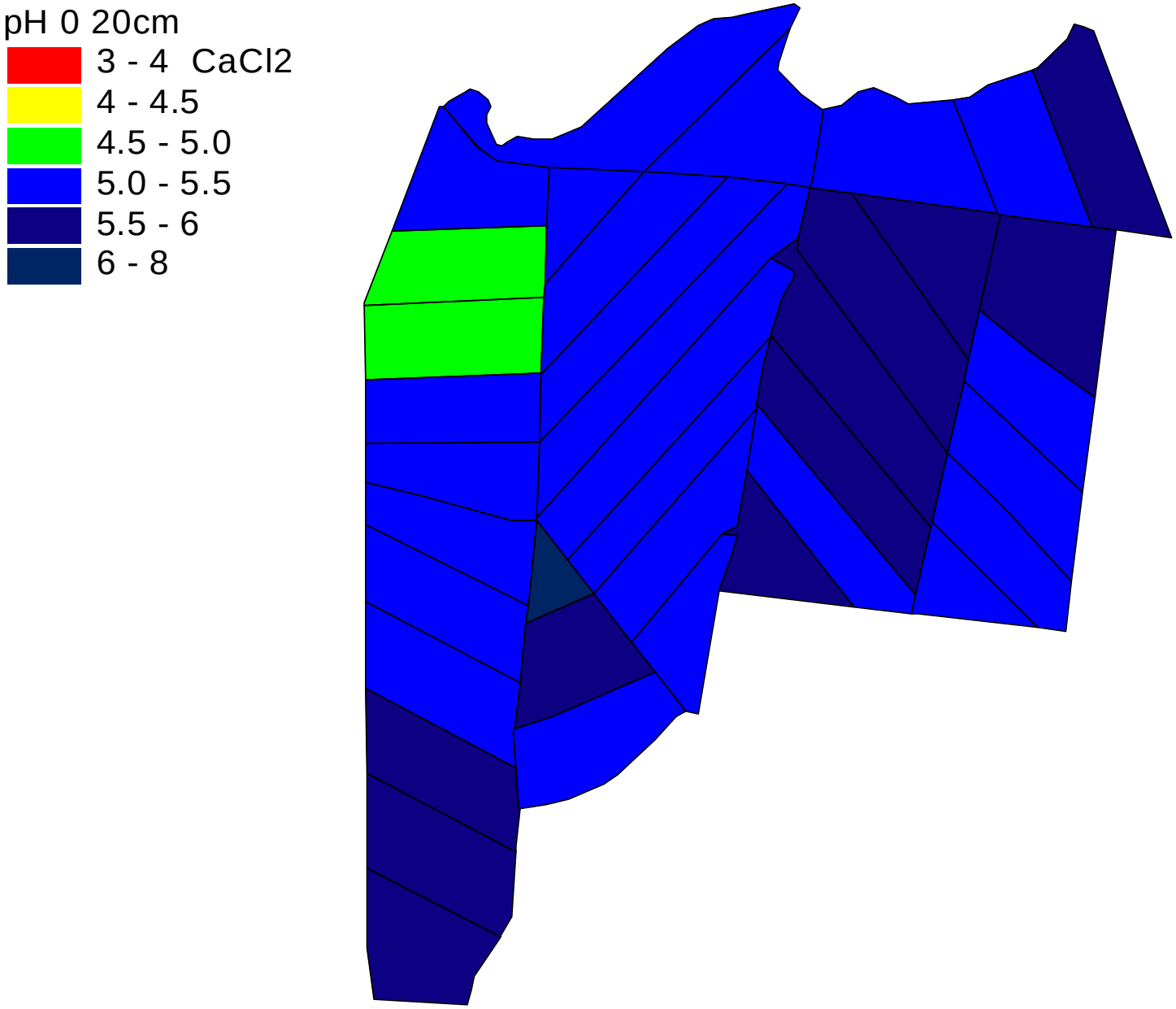


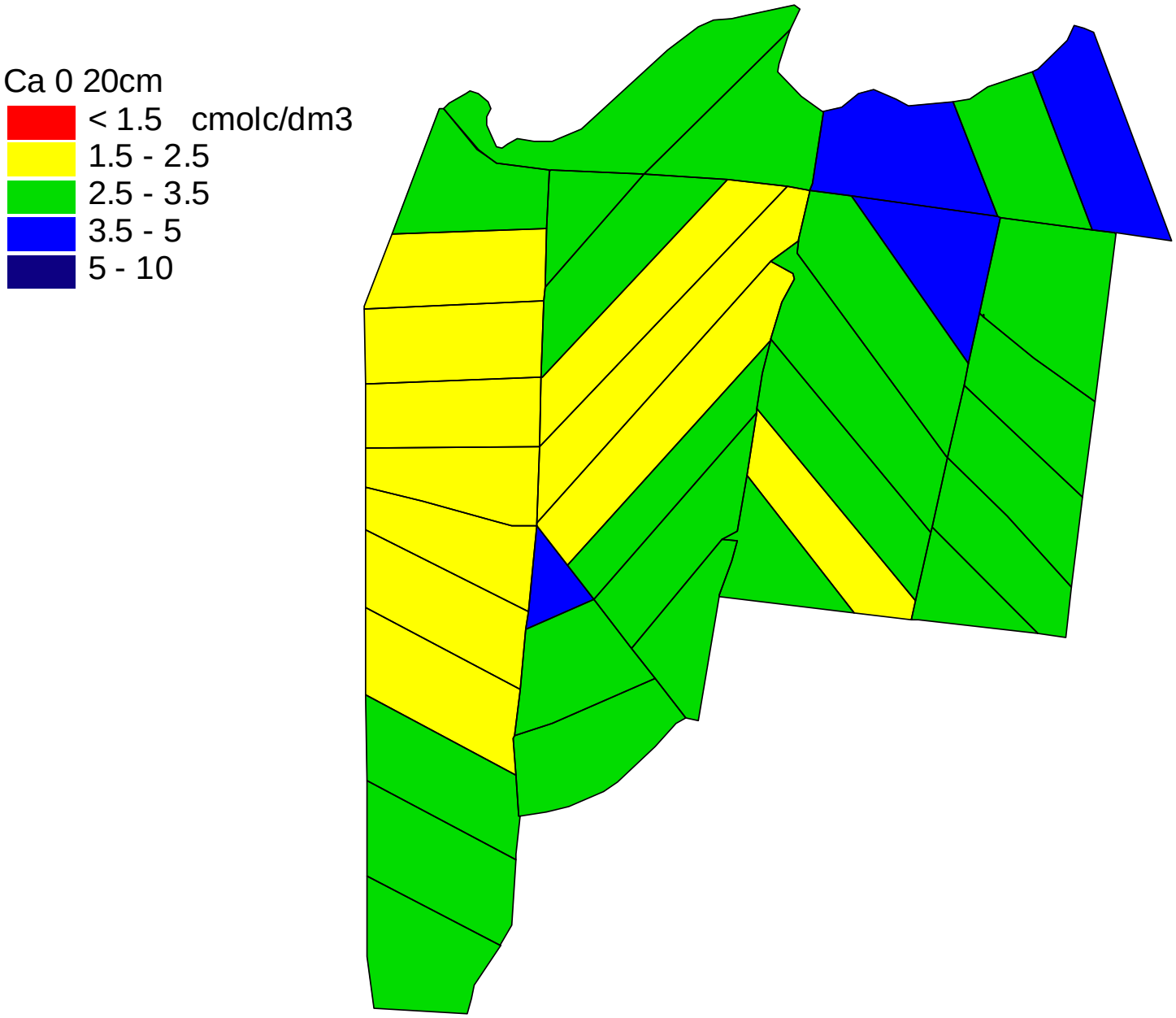
- Maior número de subamostras
- Maior tempo de coleta
- Menor resolução
- Menor densidade (menos amostras)
- Menor frequência

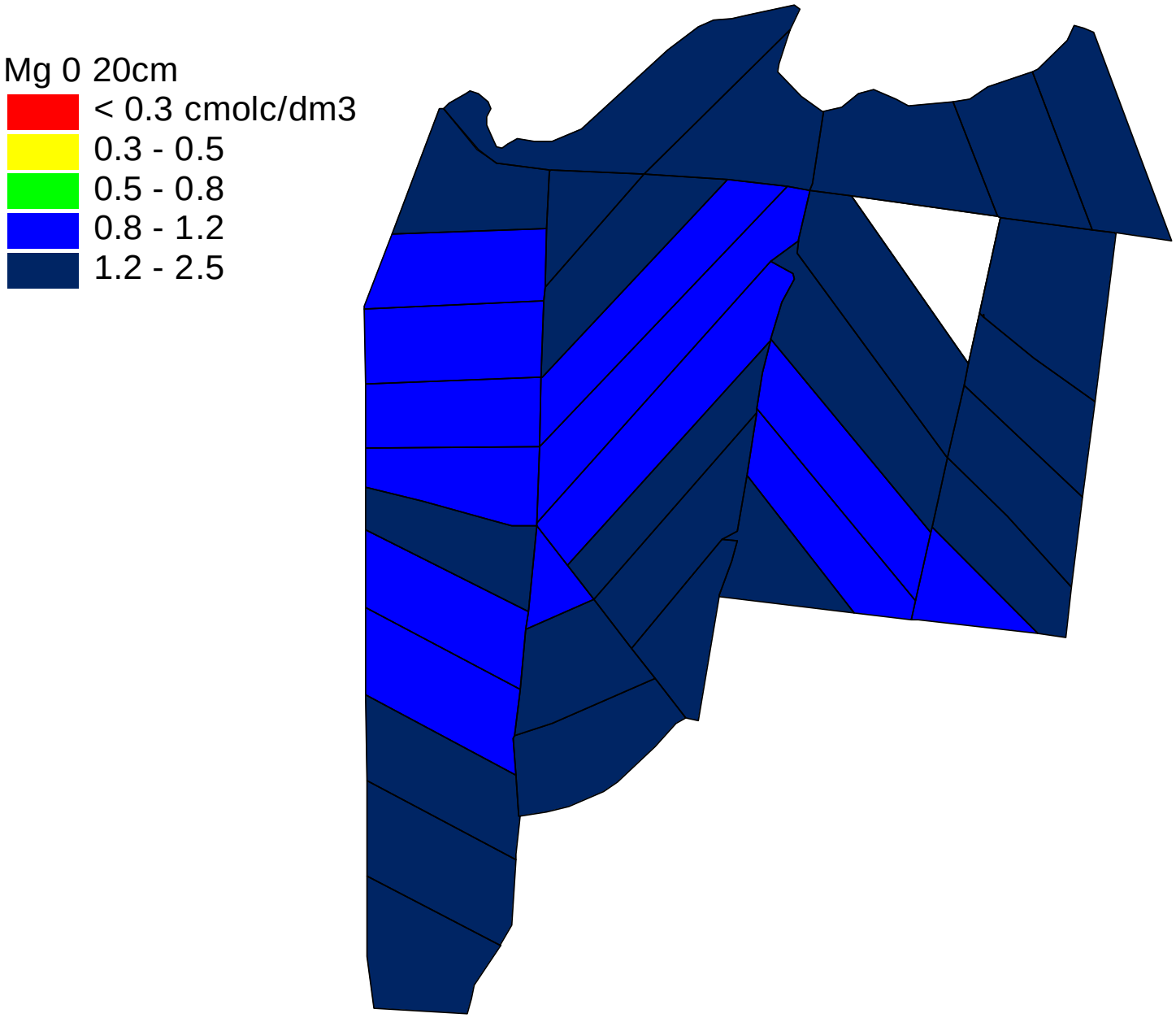
Gimenez, 2013 - FMT

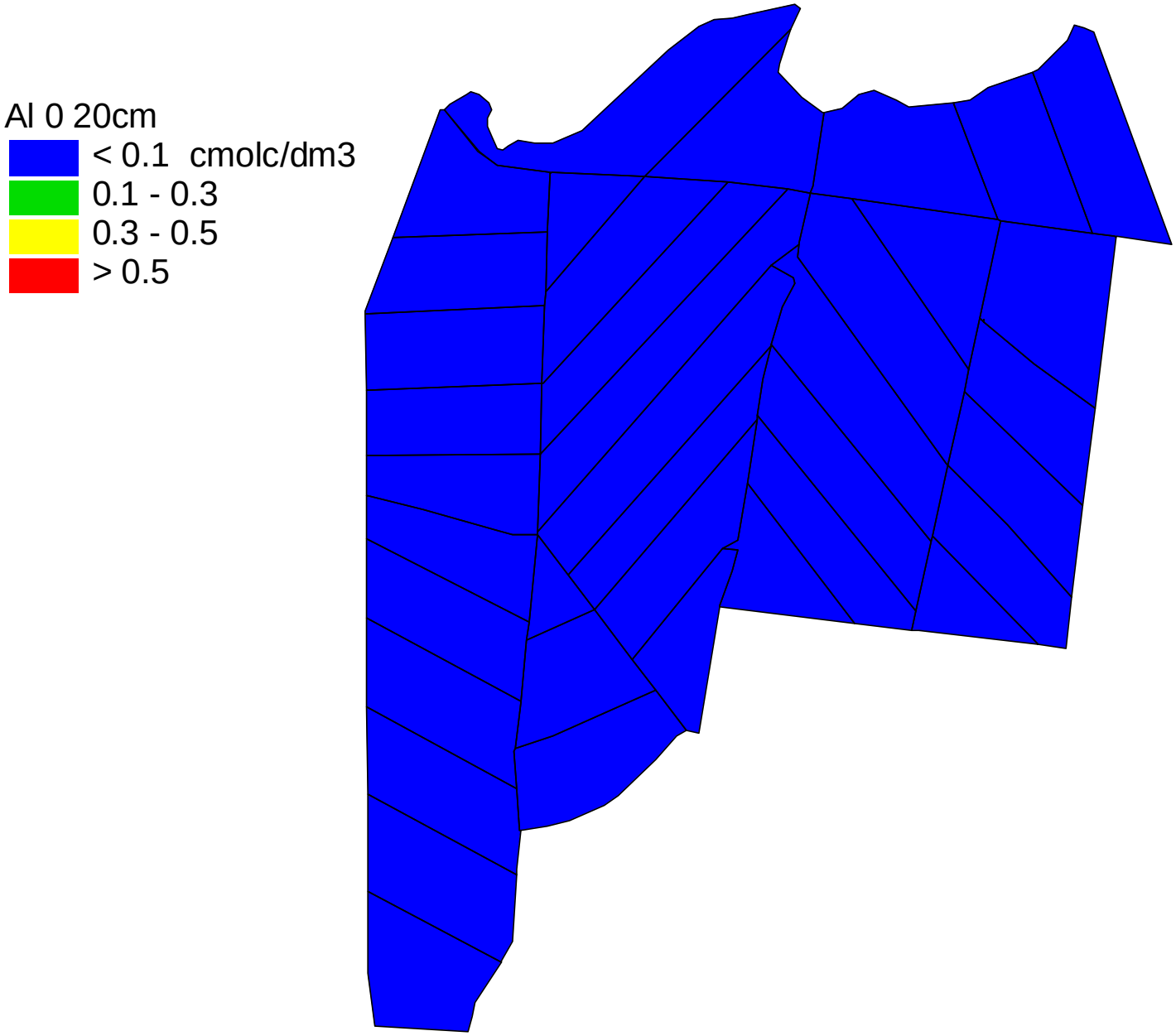
Amostragem em células

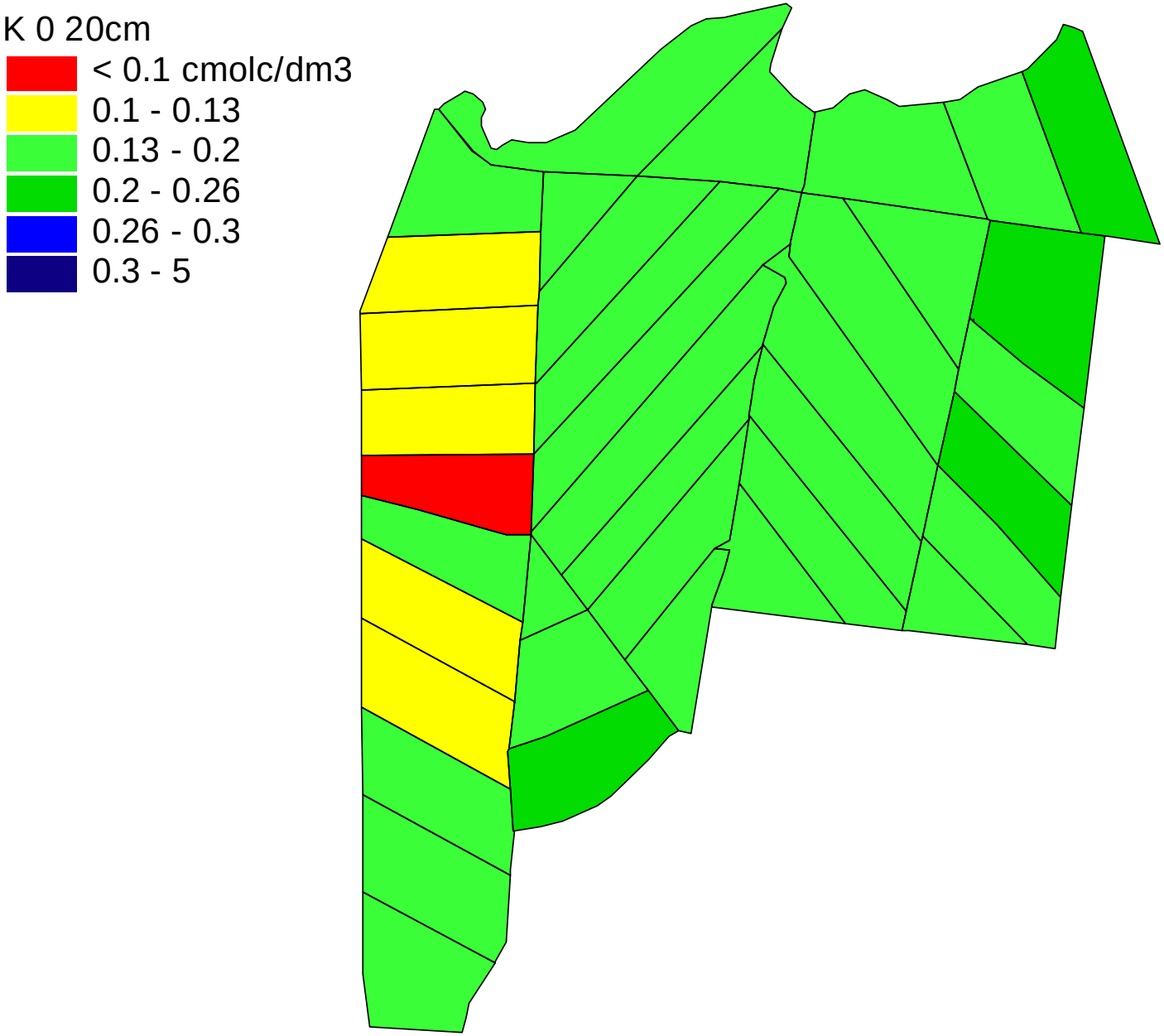


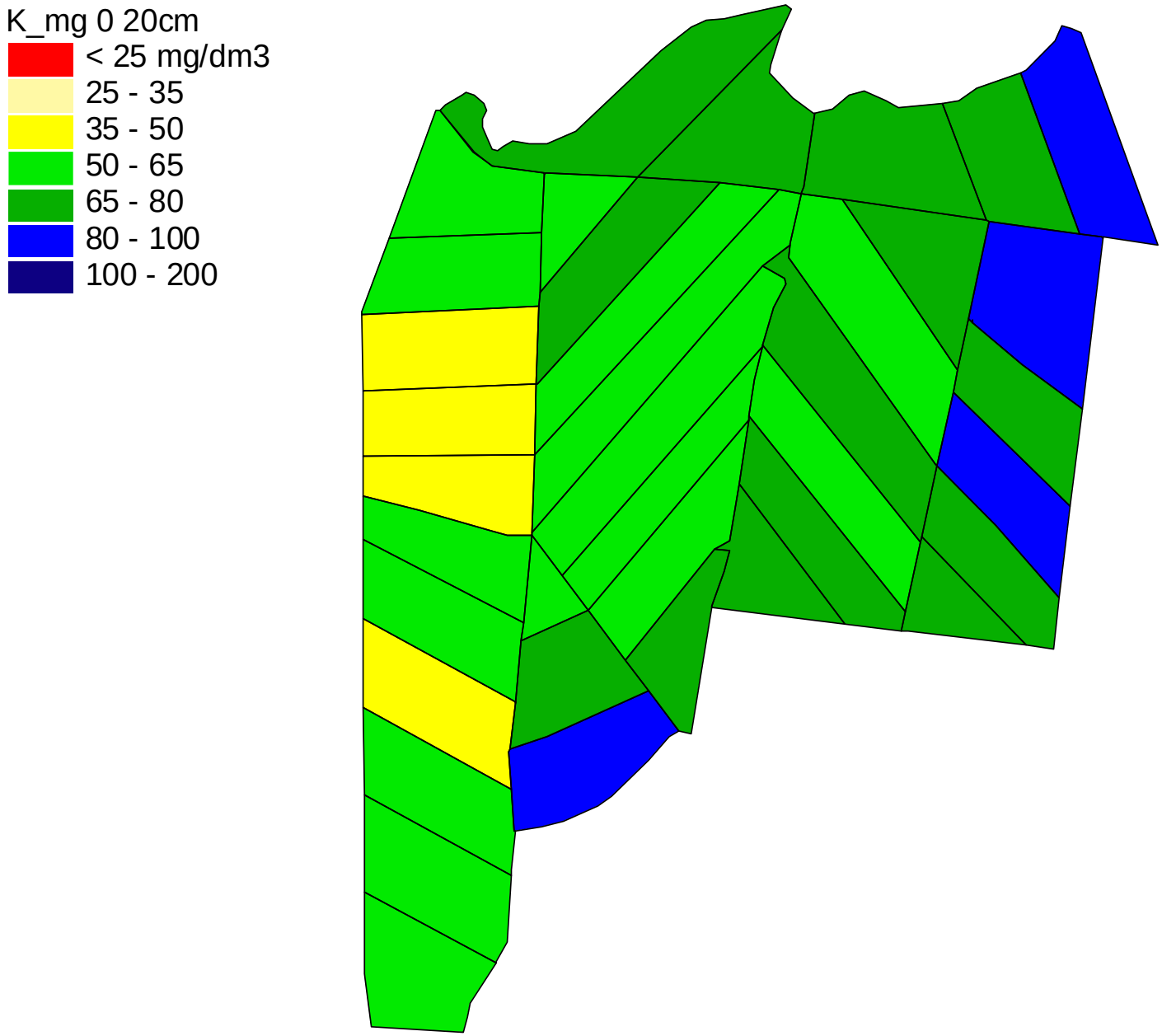

pH 0 20cm
3 - 4 CaCl2
4 - 4.5
4.5 - 5.0
5.0 - 5.5
5.5 - 6
6 - 8

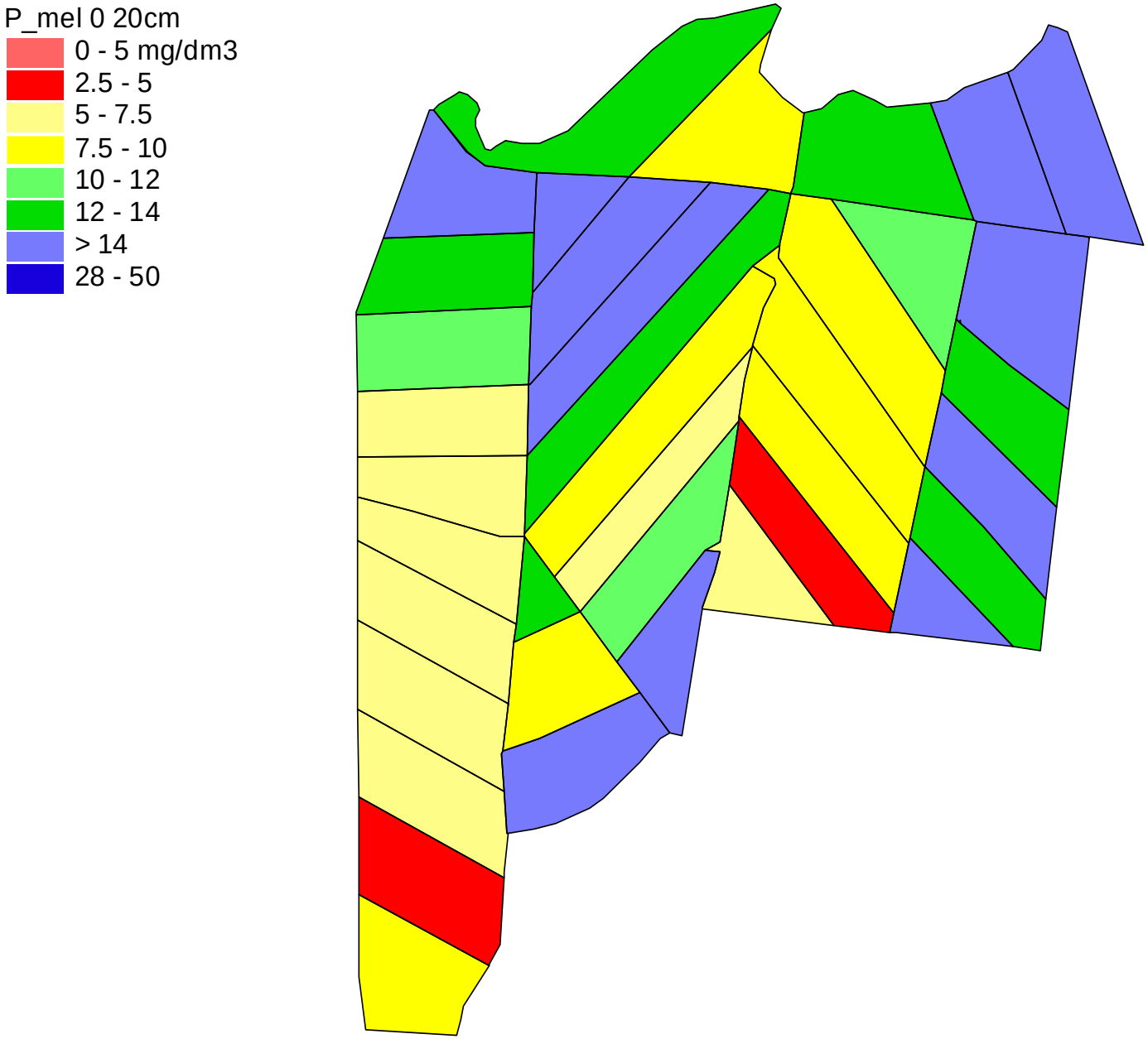

Ca 0 20cm
< 1.5 cmolc/dm3
1.5 - 2.5
2.5 - 3.5
3.5 - 5
5 - 10


Mg 0 20cm
< 0.3 cmolc/dm3
0.3 - 0.5
0.5 - 0.8
0.8 - 1.2
1.2 - 2.5


Al 0 20cm
< 0.1 cmolc/dm3
0.1 - 0.3
0.3 - 0.5
> 0.5

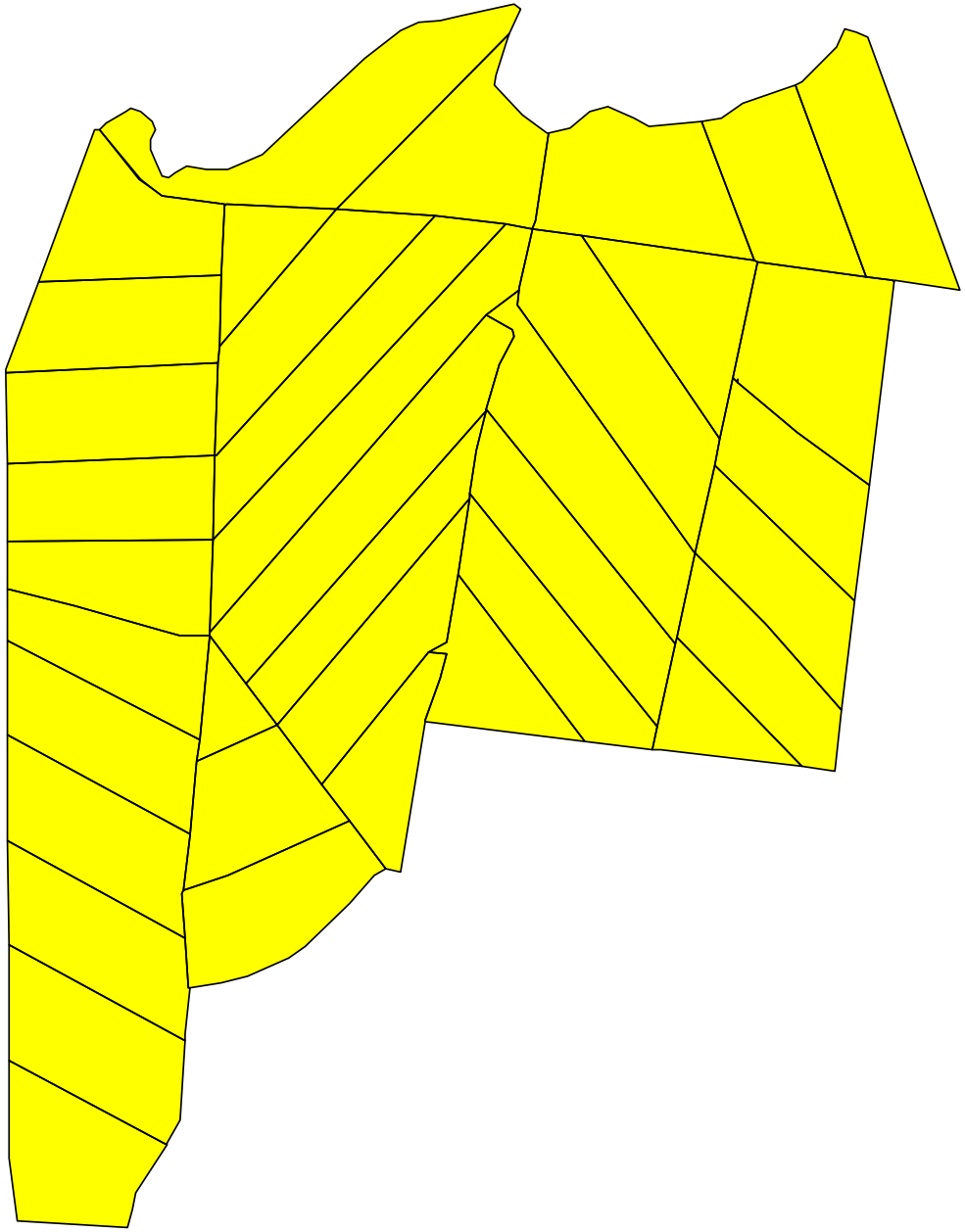

K 0 20cm
< 0.1 cmolc/dm3
0.1 - 0.13
0.13 - 0.2
0.2 - 0.26
0.26 - 0.3
0.3 - 5

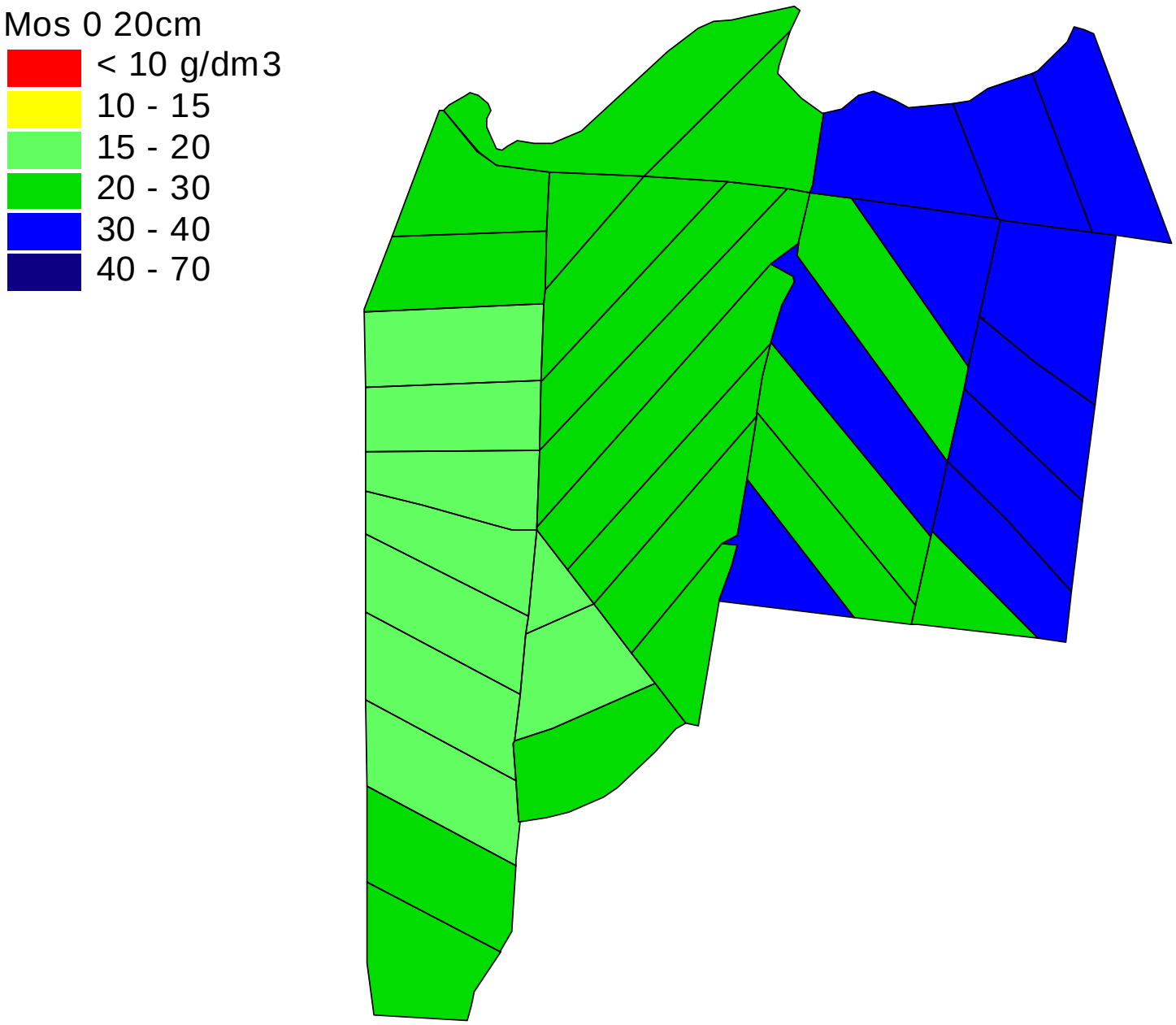

K_mg 0 20cm
< 25 mg/dm3
25 - 35
35 - 50
50 - 65
65 - 80
80 - 100
100 - 200

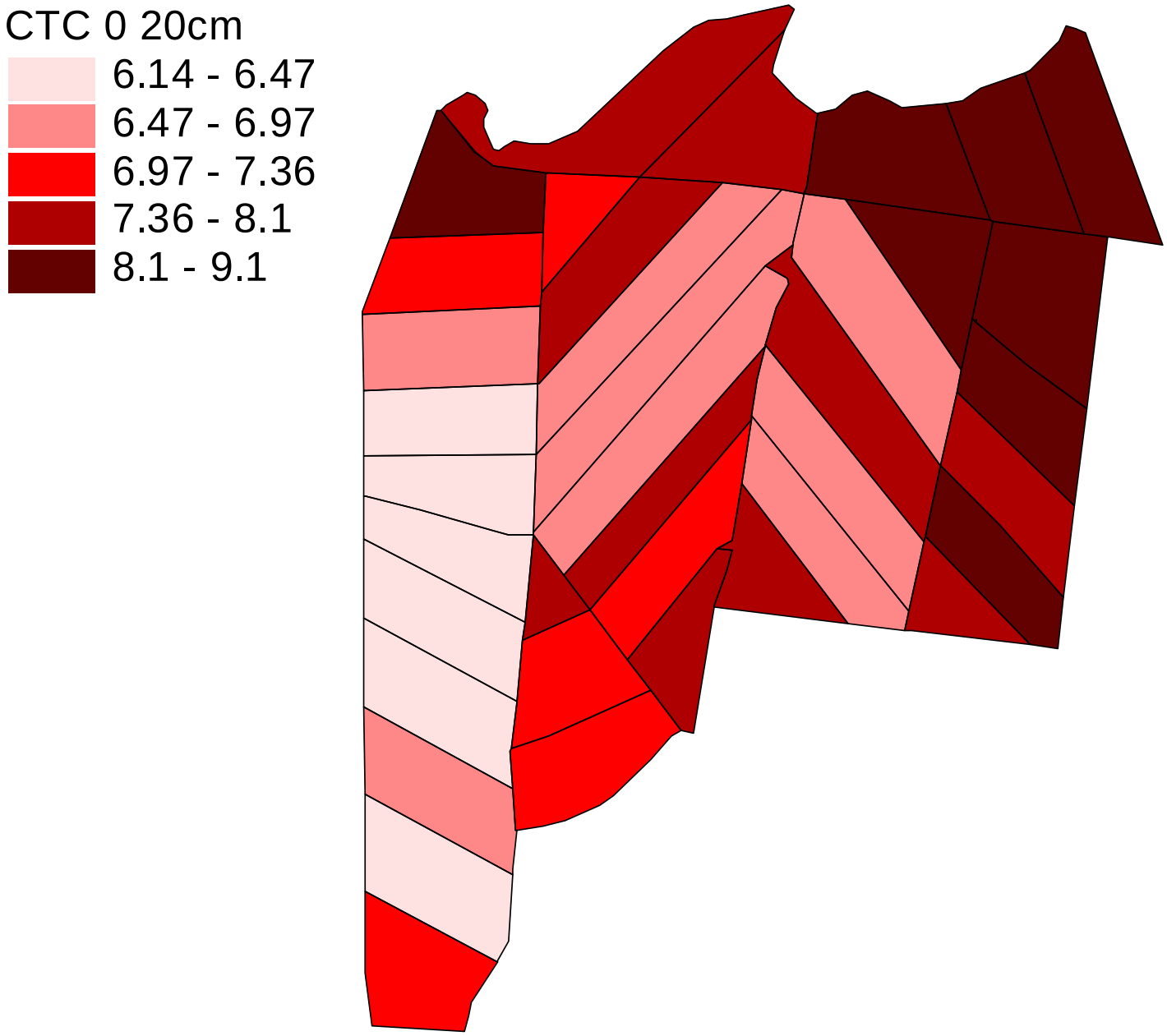

P_mel 0 20cm
0 - 5 mg/dm3
2.5 - 5
5 - 7.5
7.5 - 10
10 - 12
12 - 14
> 14
28 - 50

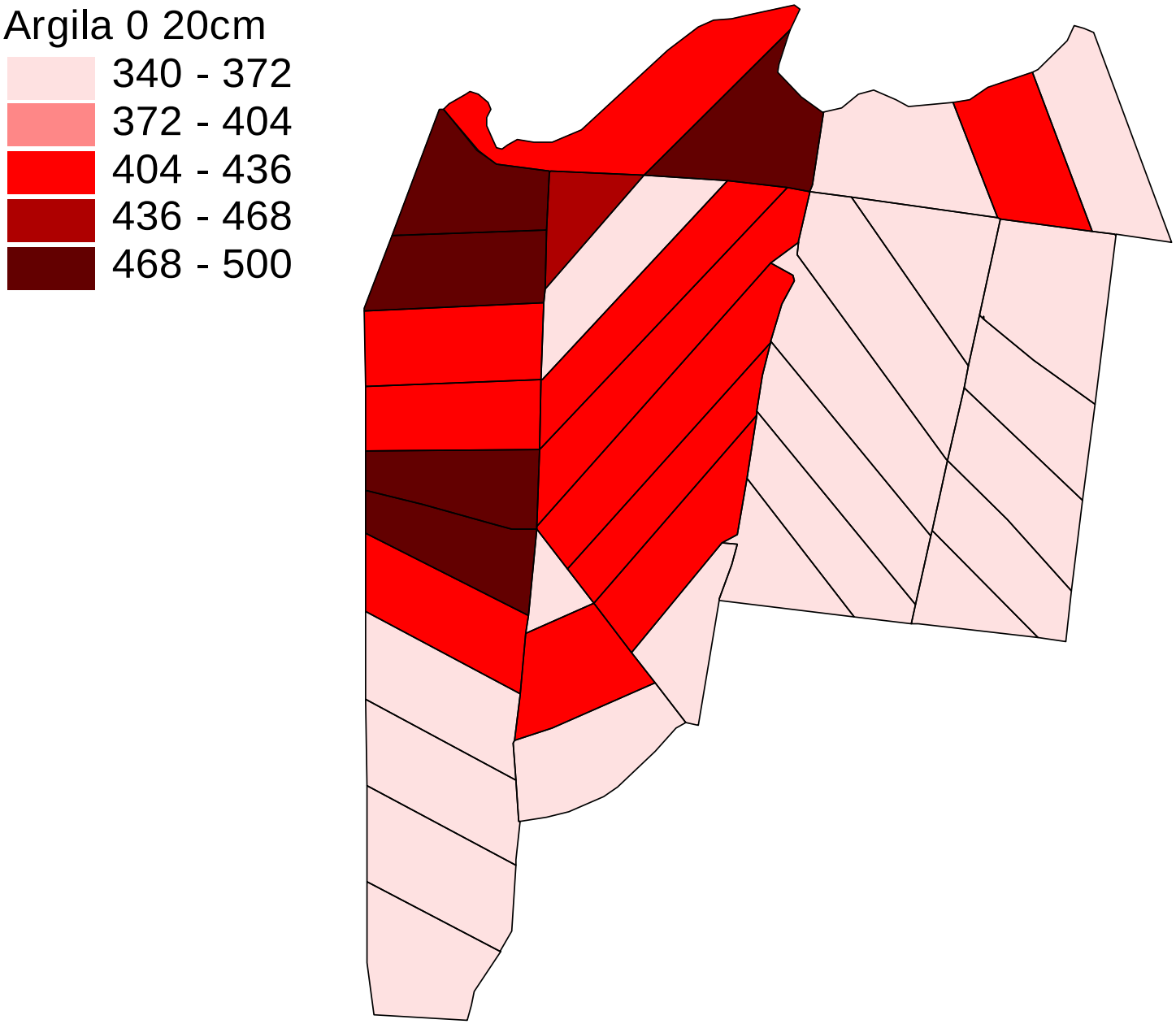
S 0 20cm

- < 3 mg/dm3
- 3 - 7
- 7 - 15
- 15 - 50
- 50 - 120

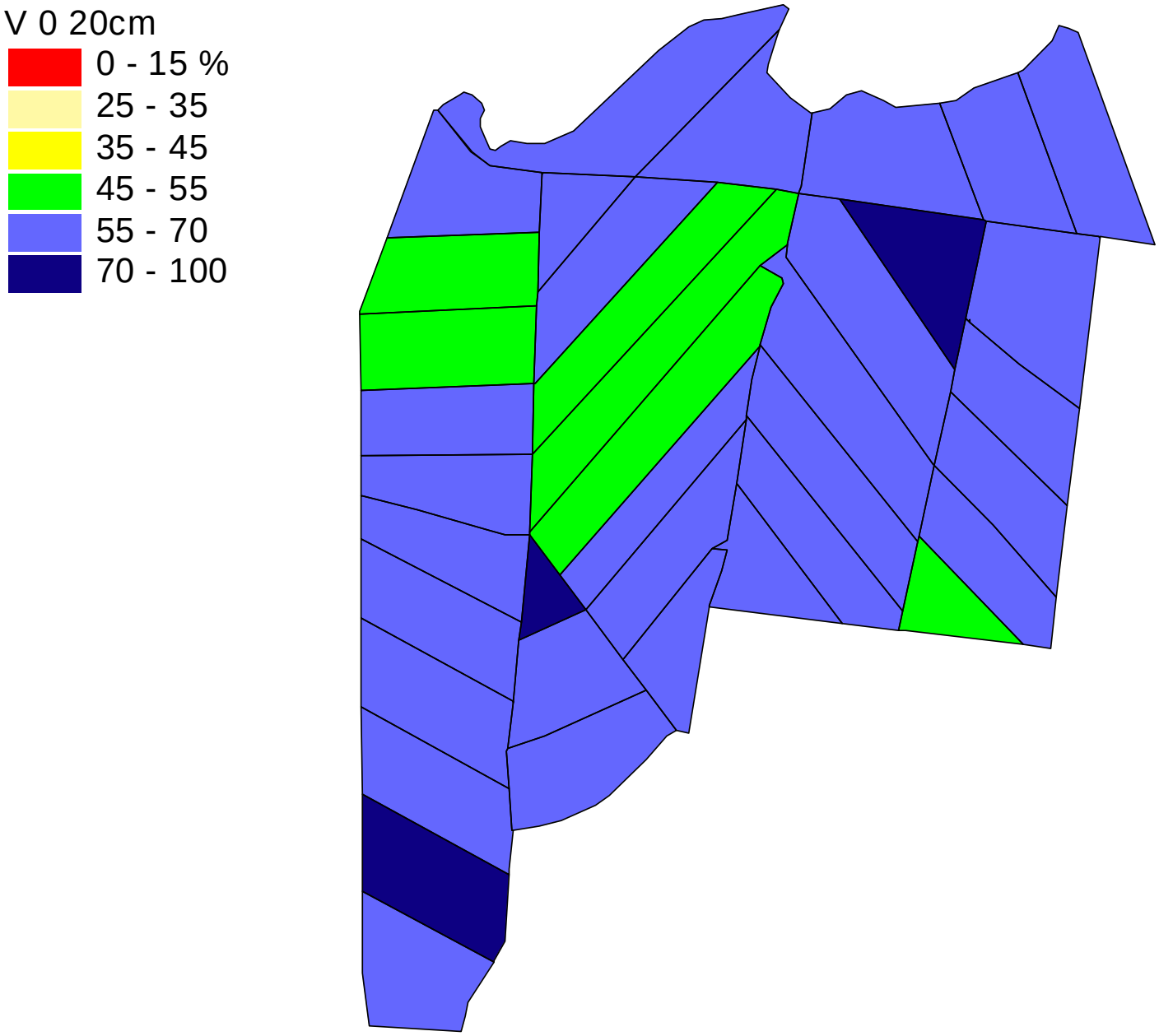


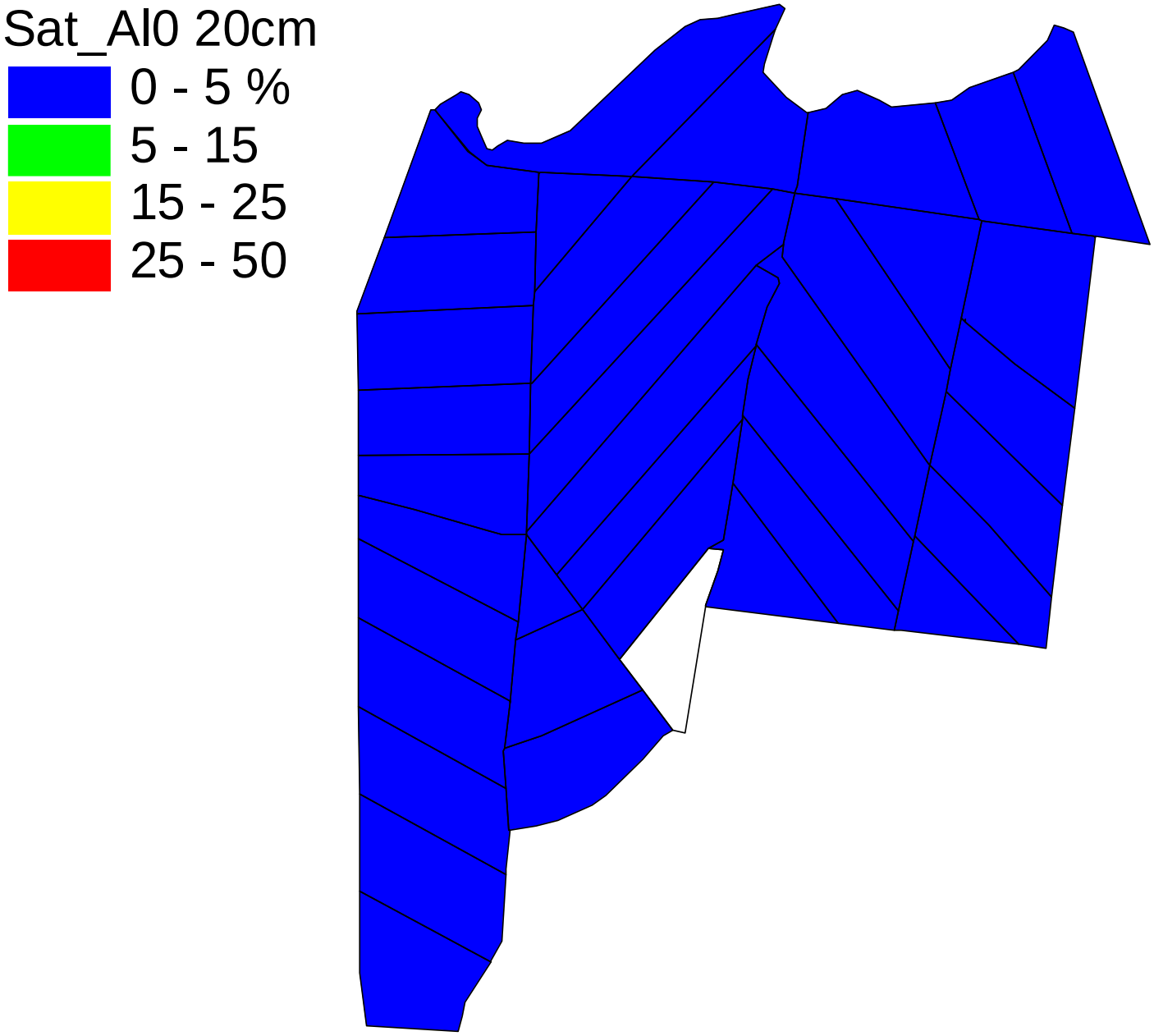

Mos 0 20cm
< 10 g/dm3
10 - 15
15 - 20
20 - 30
30 - 40
40 - 70

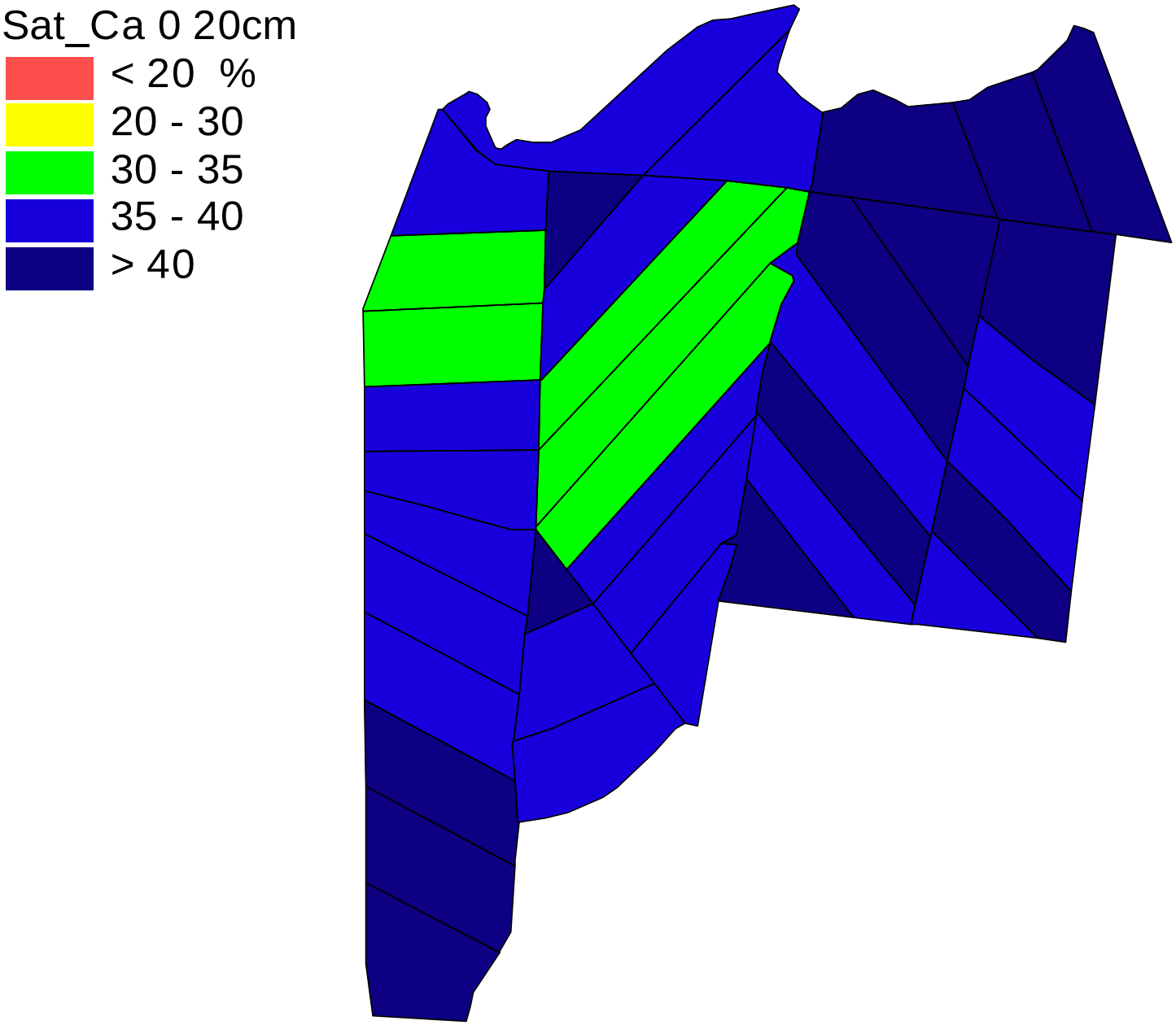

CTC 0 20cm
6.14 - 6.47
6.47 - 6.97
6.97 - 7.36
7.36 - 8.1
8.1 - 9.1


Argila 0 20cm
340 - 372
372 - 404
404 - 436
436 - 468
468 - 500

Complexo Sortivo

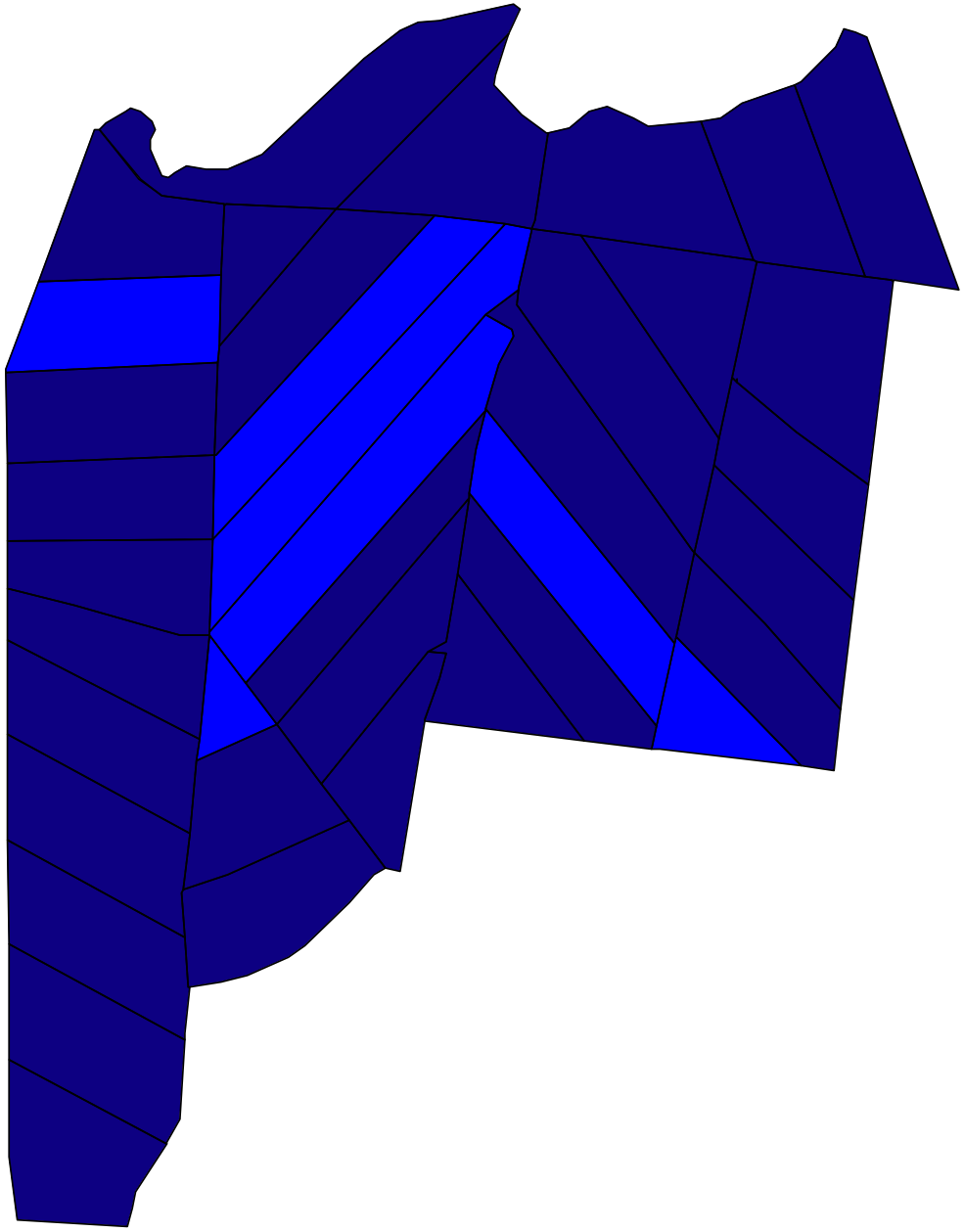

V 0 20cm
0 - 15 %
25 - 35
35 - 45
45 - 55
55 - 70
70 - 100

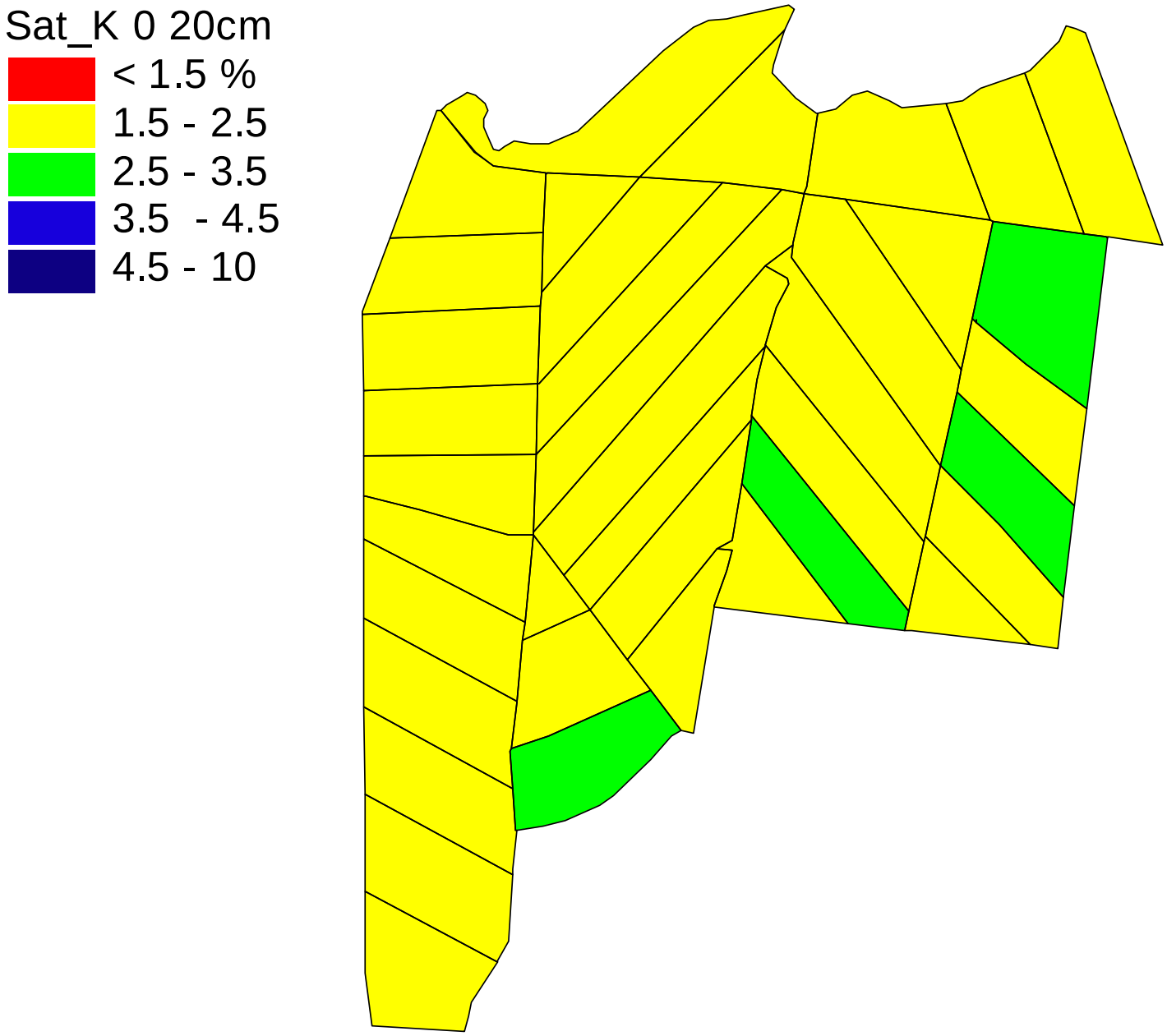

Sat_Al0 20cm
0 - 5 %
5 - 15
15 - 25
25 - 50

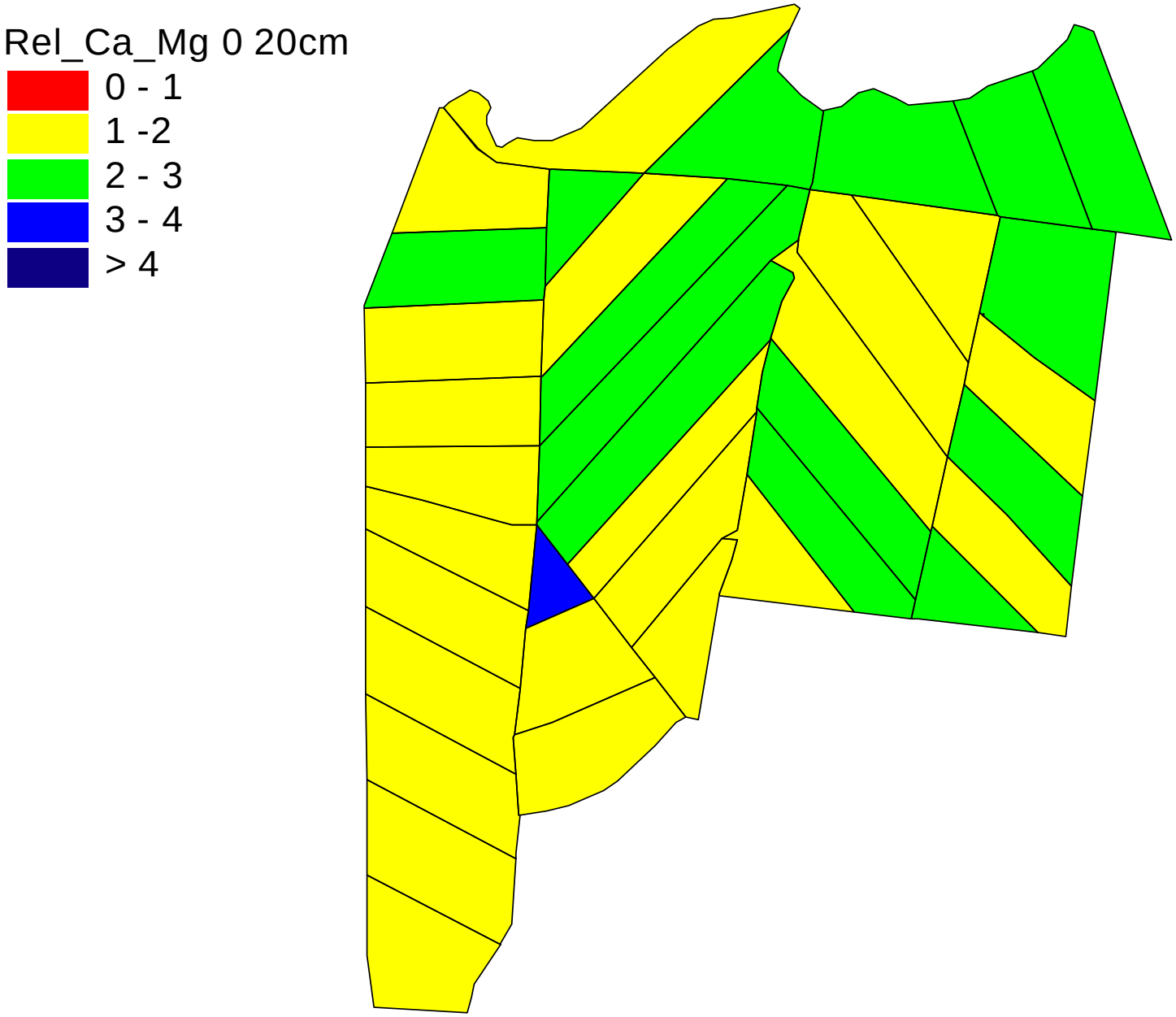

Sat_Ca 0 20cm
< 20 %
20 - 30
30 - 35
35 - 40
> 40

Sat_Mg 0 20cm

- < 5 %
- 5 - 9
- 9 - 13
- 13 - 16
- > 16



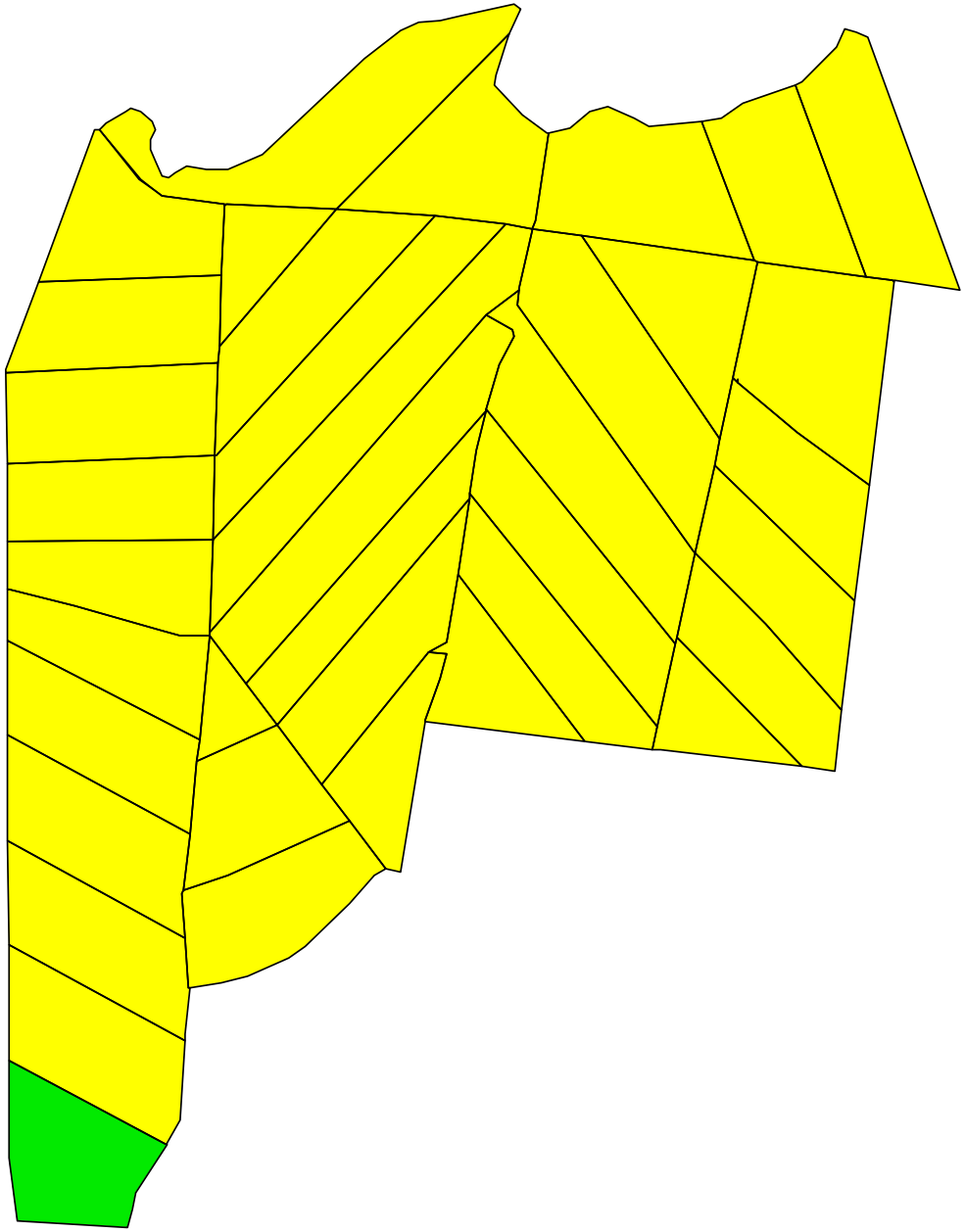

Sat_K 0 20cm
< 1.5 %
1.5 - 2.5
2.5 - 3.5
3.5 - 4.5
4.5 - 10

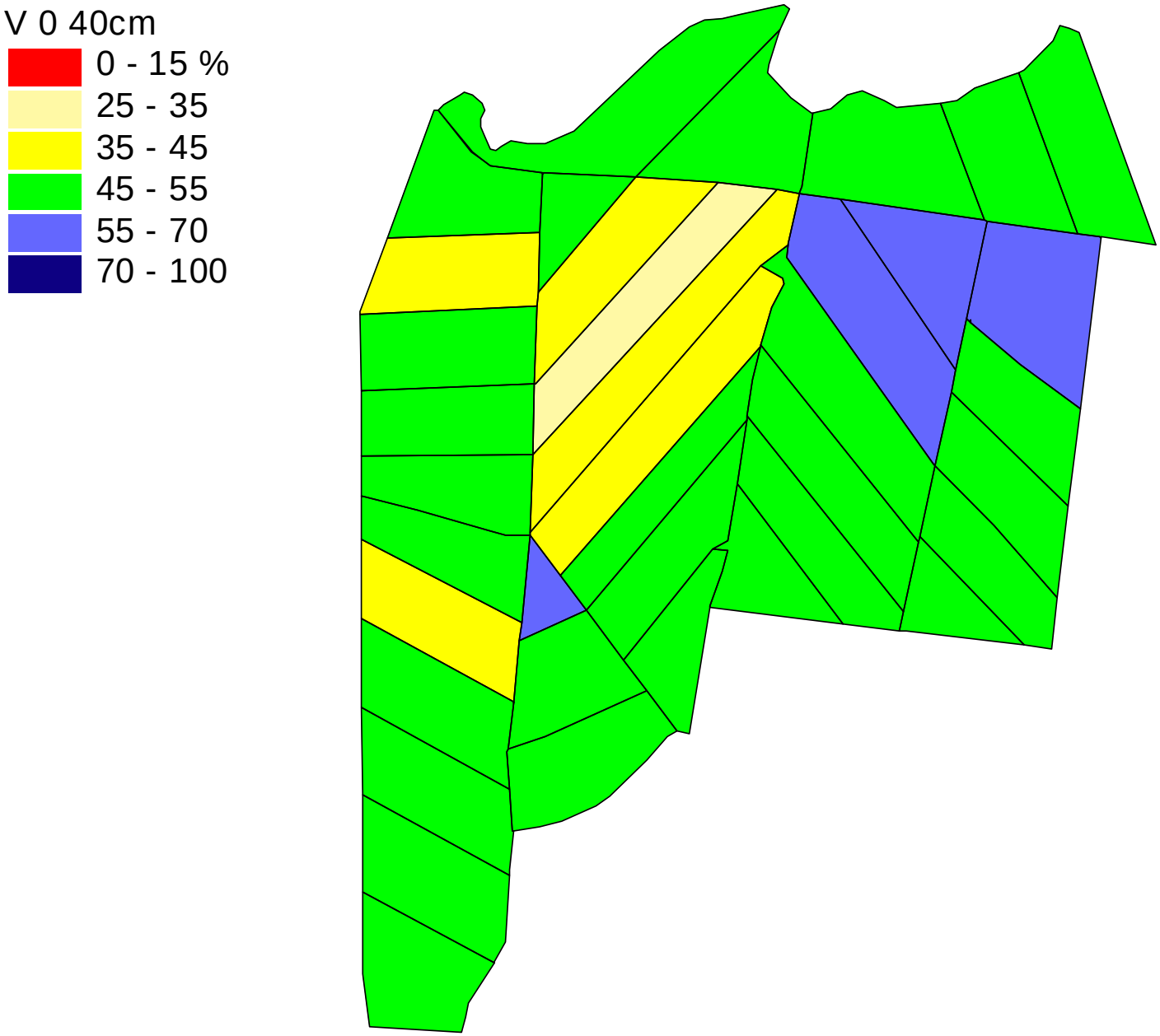

Rel_Ca_Mg 0 20cm
0 - 1
1 -2
2 - 3
3 - 4
> 4

Fertilidade no perfil 20 a 40

S 0 40cm

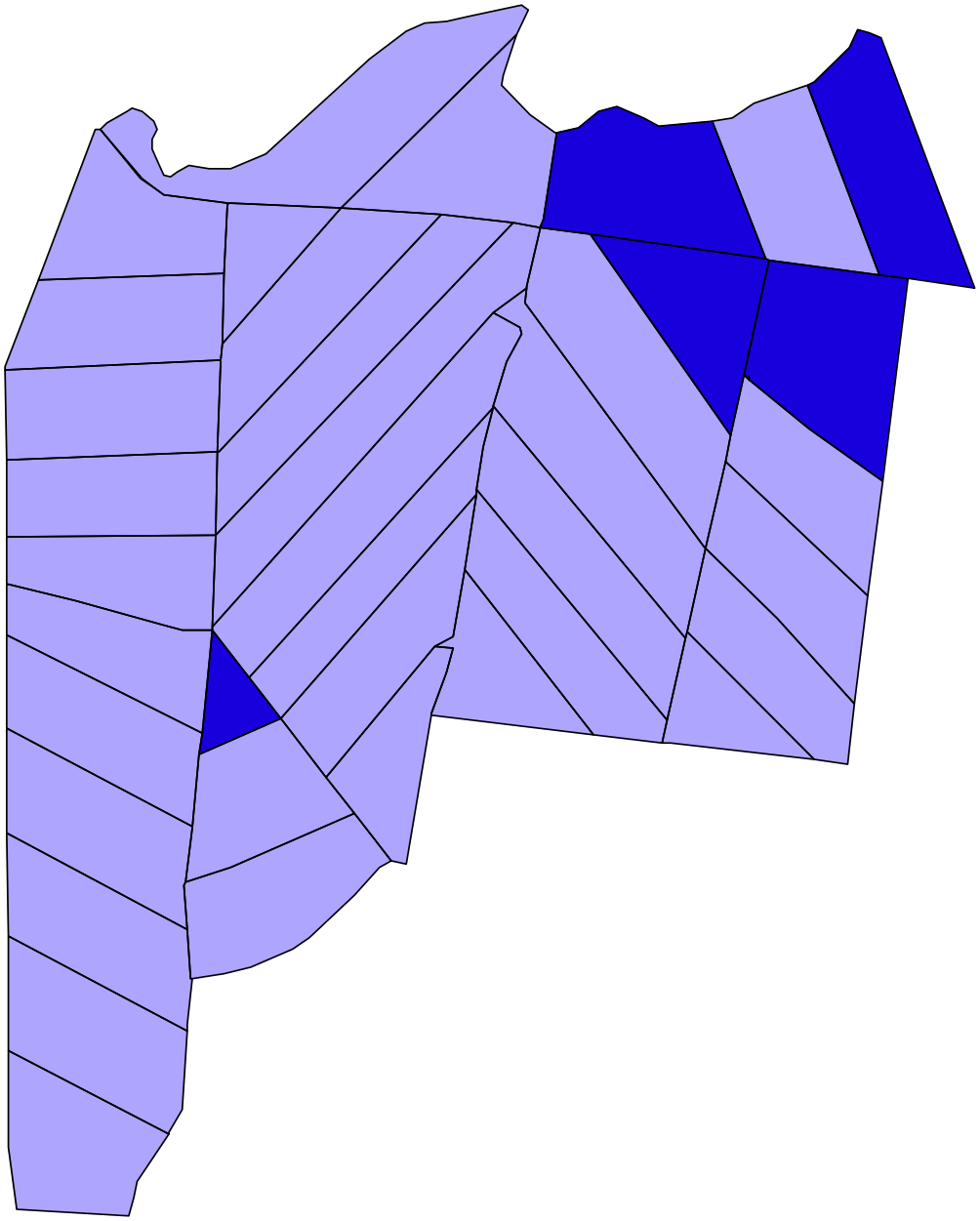
- < 3 mg/dm3
- 3 - 7
- 7 - 15
- 15 - 50
- 50 - 120

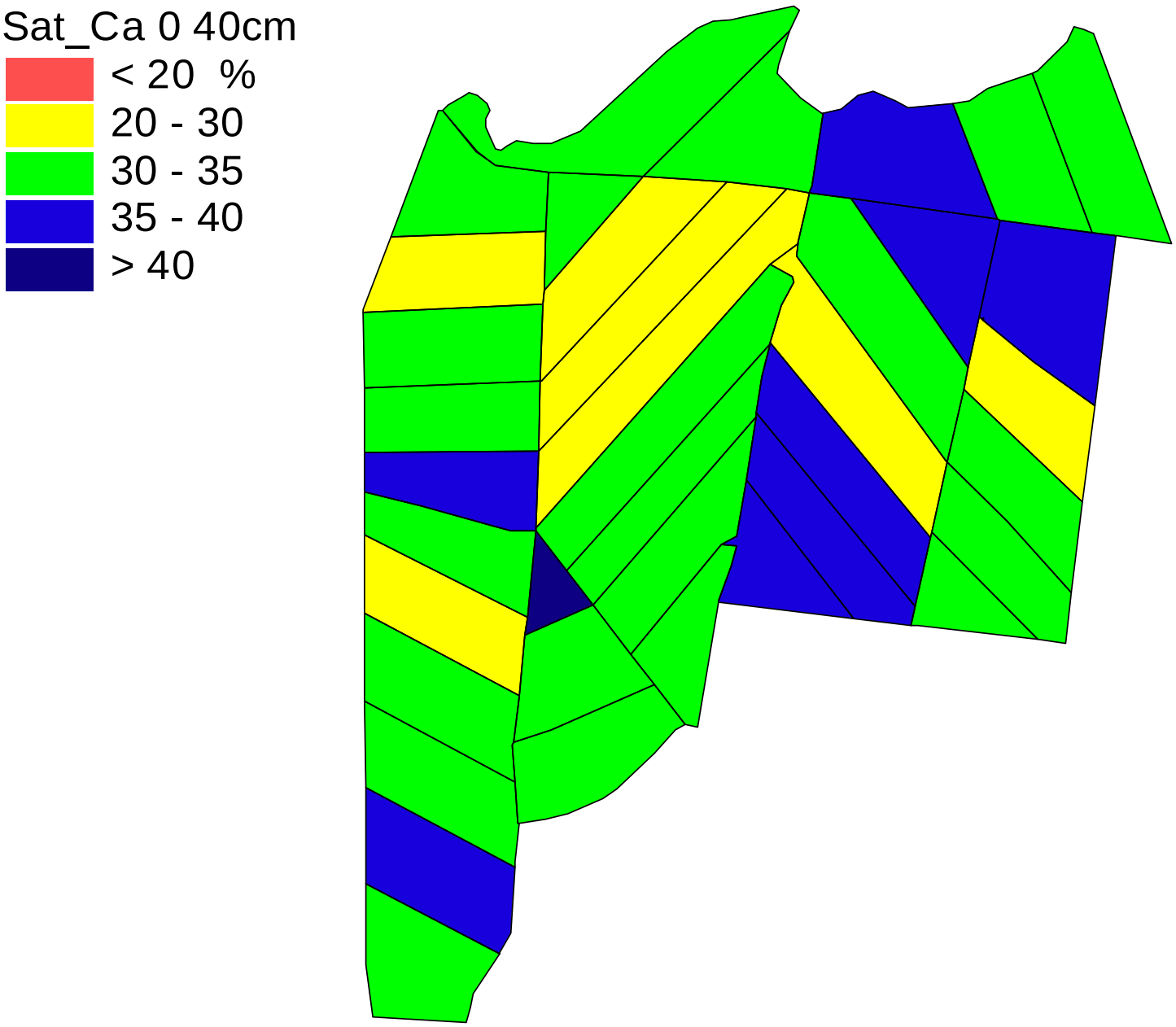


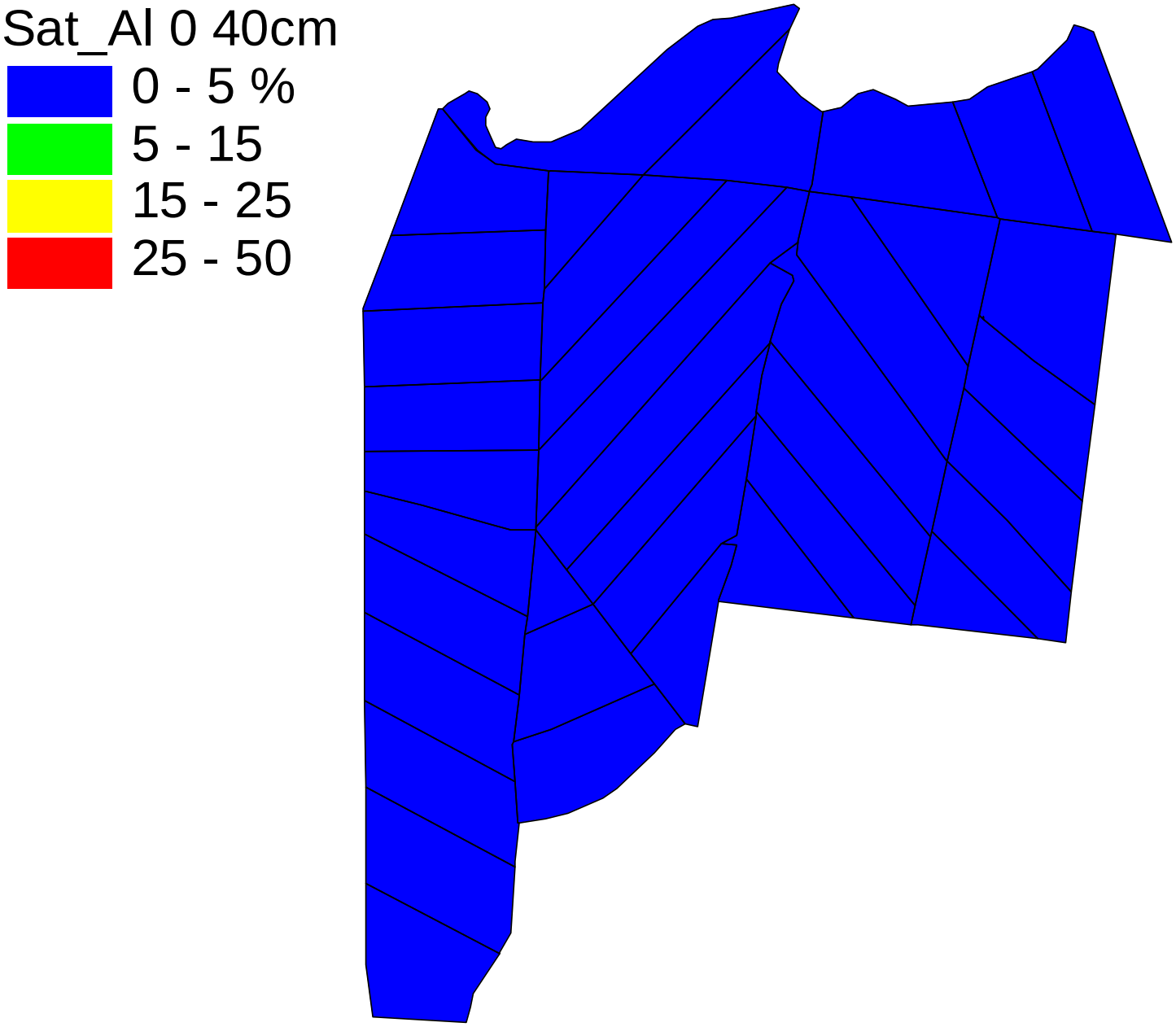

V 0 40cm
0 - 15 %
25 - 35
35 - 45
45 - 55
55 - 70
70 - 100

Ca 0 40cm

- < 0.4 cmol/dm3
- 0.4 - 0.8
- 0.8 - 1.2
- 1.2 - 2.4
- 2.4 - 4




Sat_Ca 0 40cm
< 20 %
20 - 30
30 - 35
35 - 40
> 40


Sat_Al 0 40cm
0 - 5 %
5 - 15
15 - 25
25 - 50

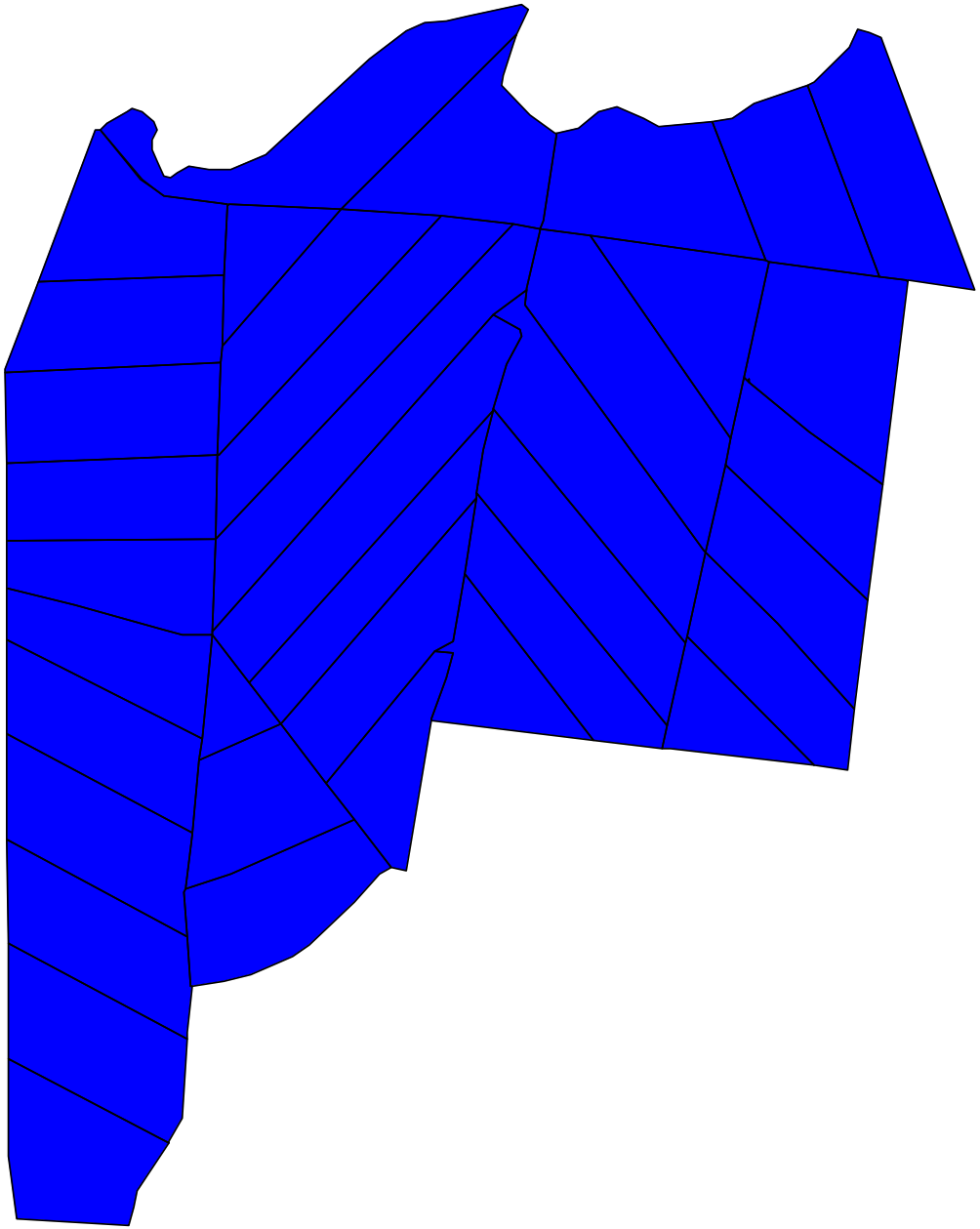
Al 0 40cm

< 0.1 cmolc/dm3

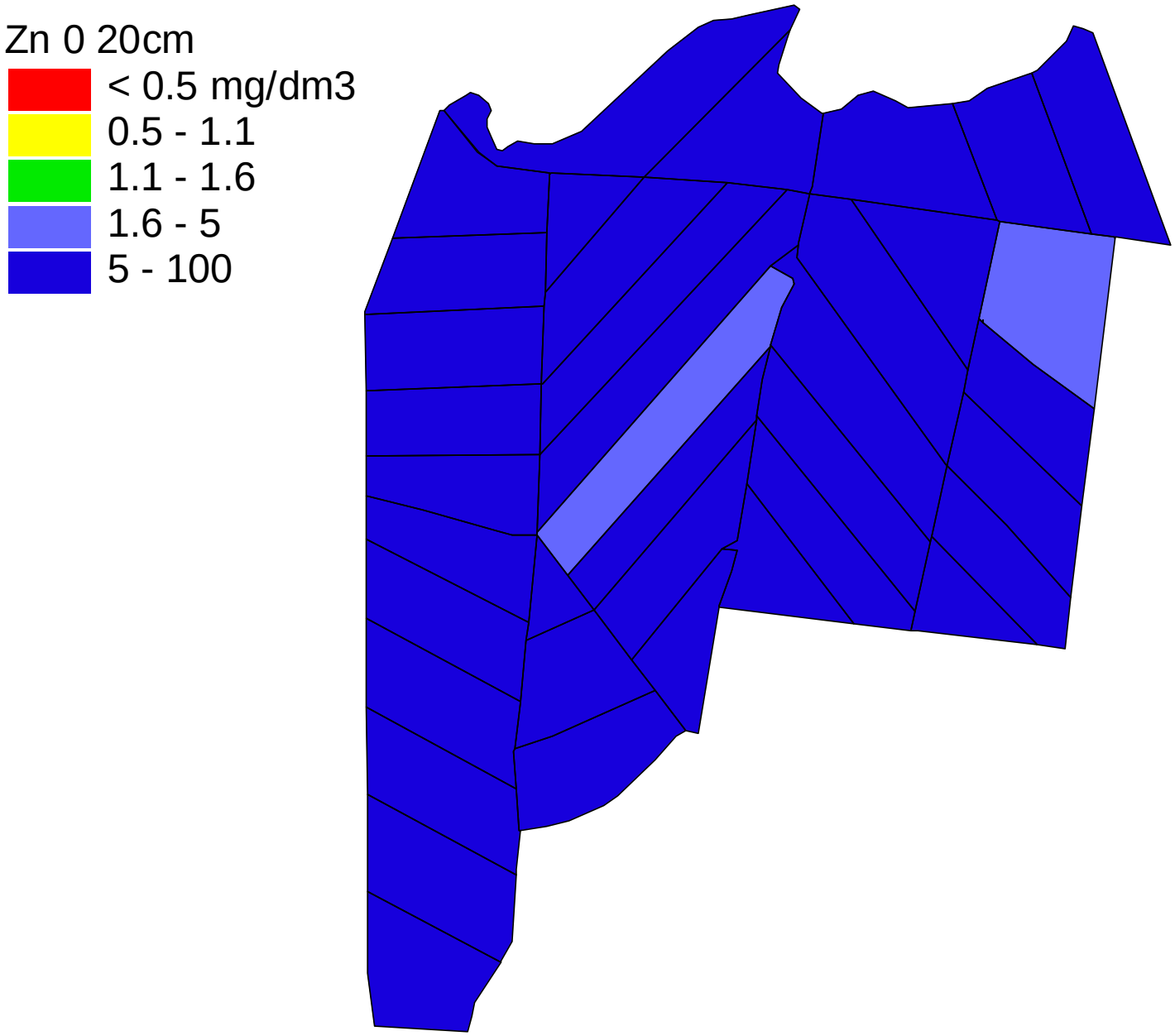
0.1 - 0.3

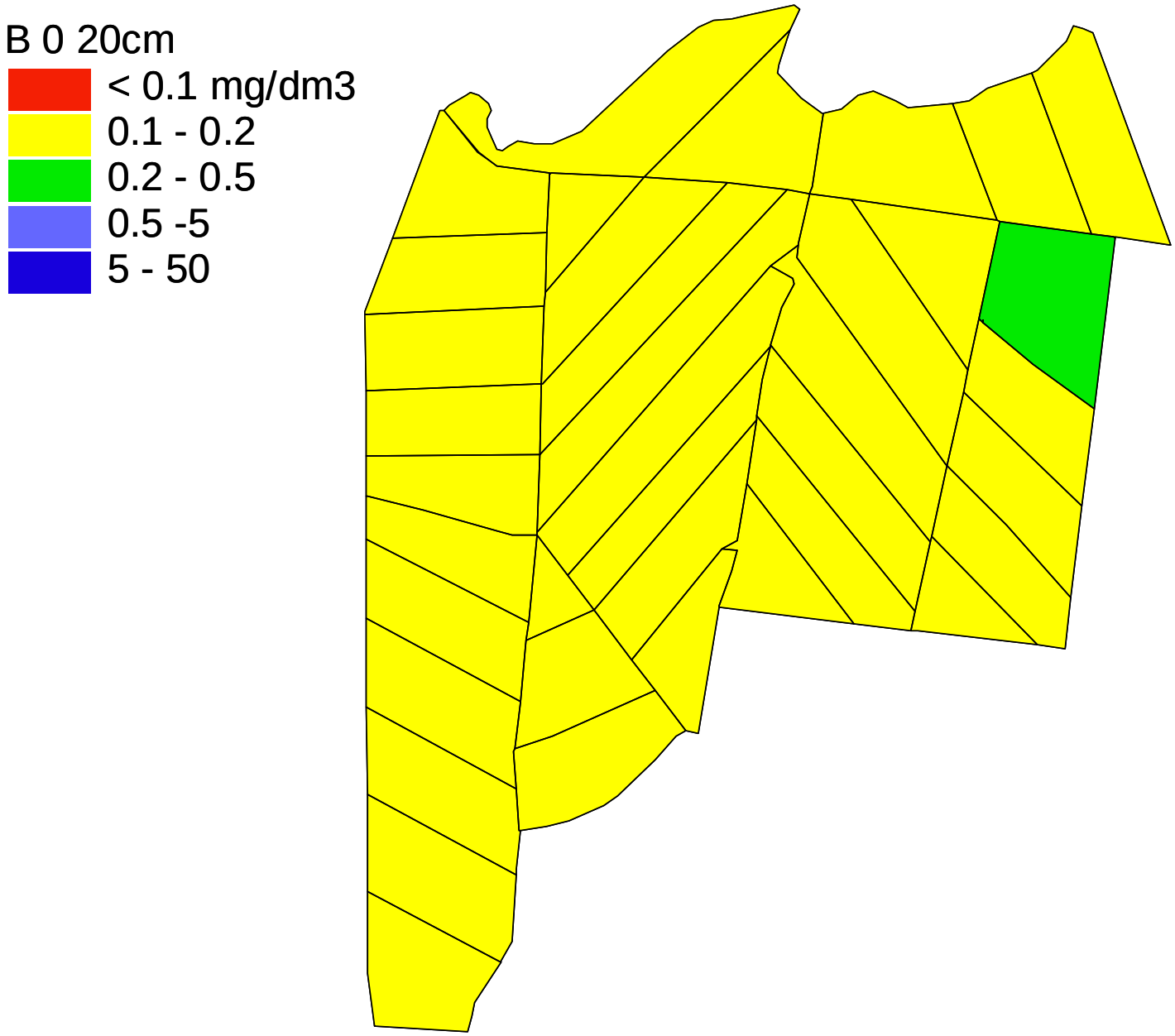
0.3 - 0.5

> 0.5



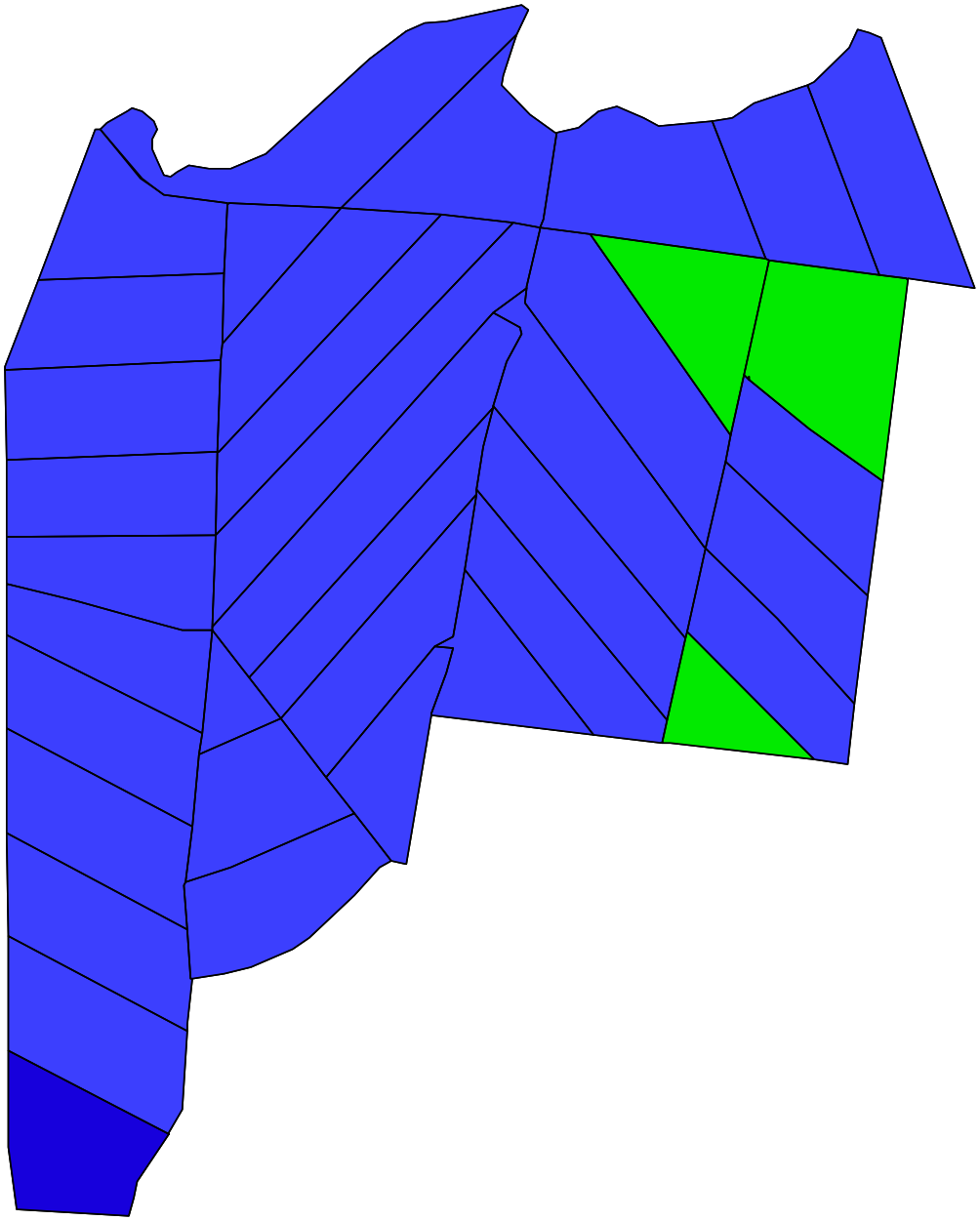
Micronutriêntes


Zn 0 20cm
< 0.5 mg/dm3
0.5 - 1.1
1.1 - 1.6
1.6 - 5
5 - 100


B 0 20cm
< 0.1 mg/dm3
0.1 - 0.2
0.2 - 0.5
0.5 -5
5 - 50

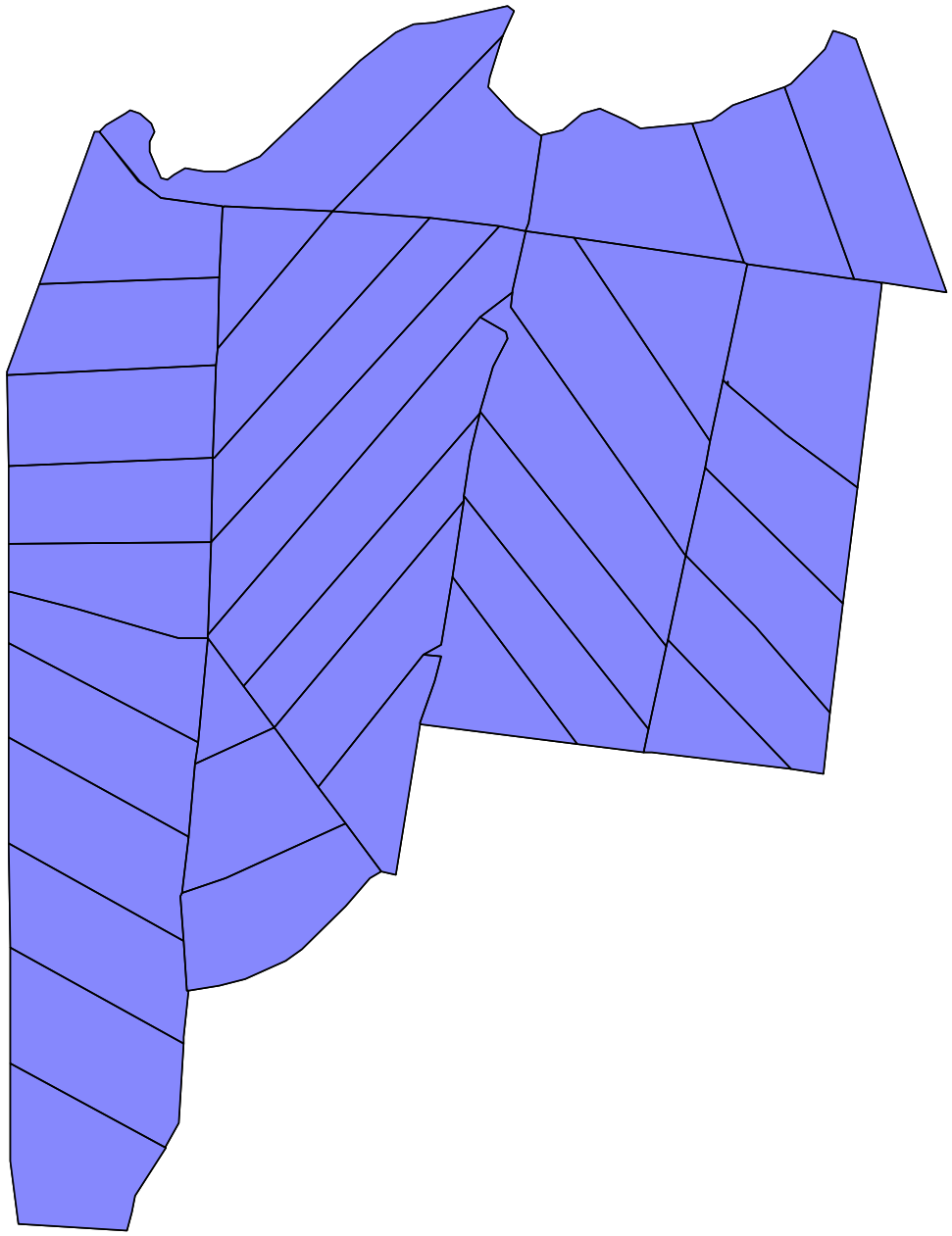
Cu 0 20cm

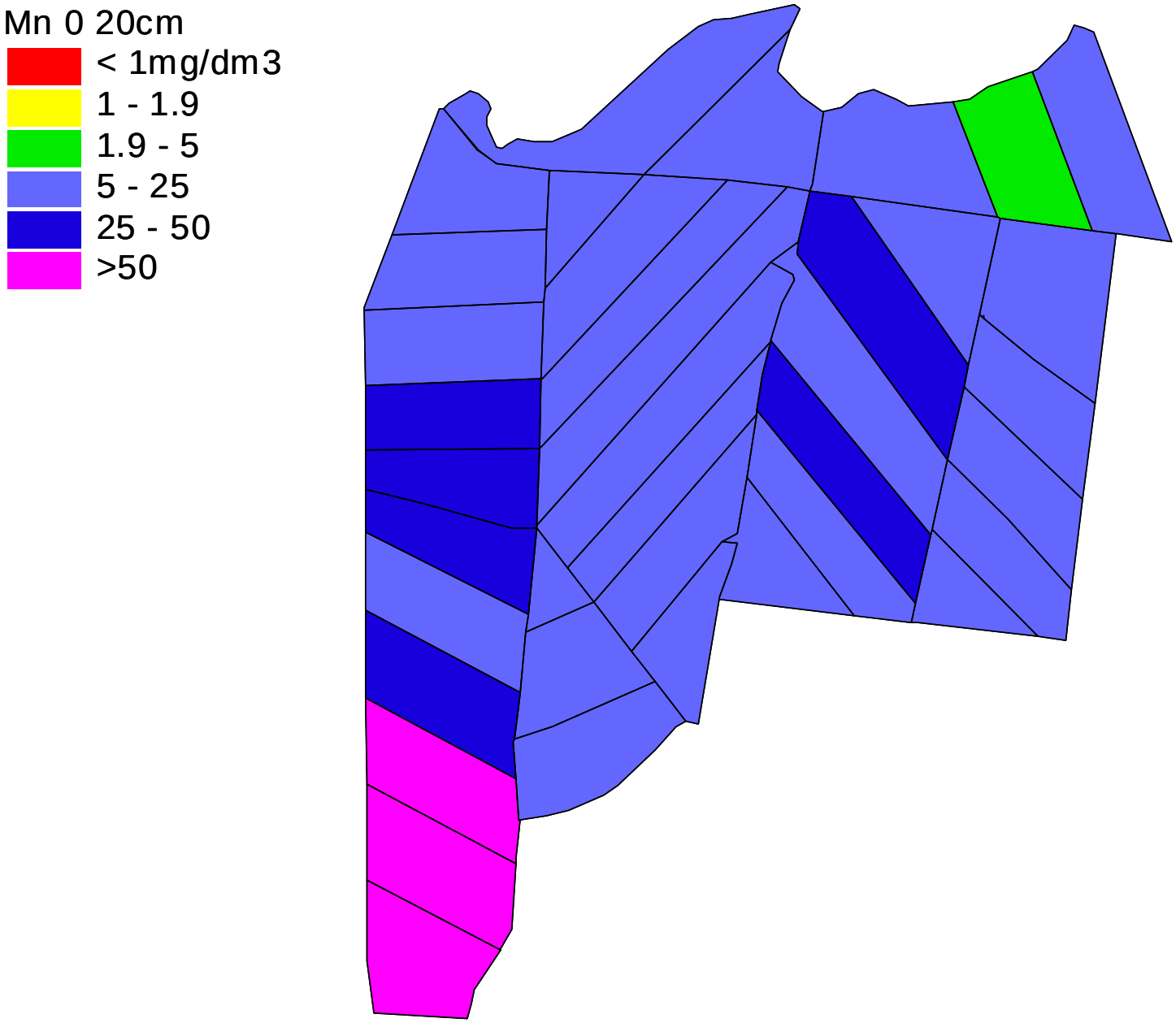
- < 0.2 mg/dm3
- 0.2 - 0.4
- 0.4 - 0.8
- 0.8 - 5
- 5 - 50



Fe 0 20cm

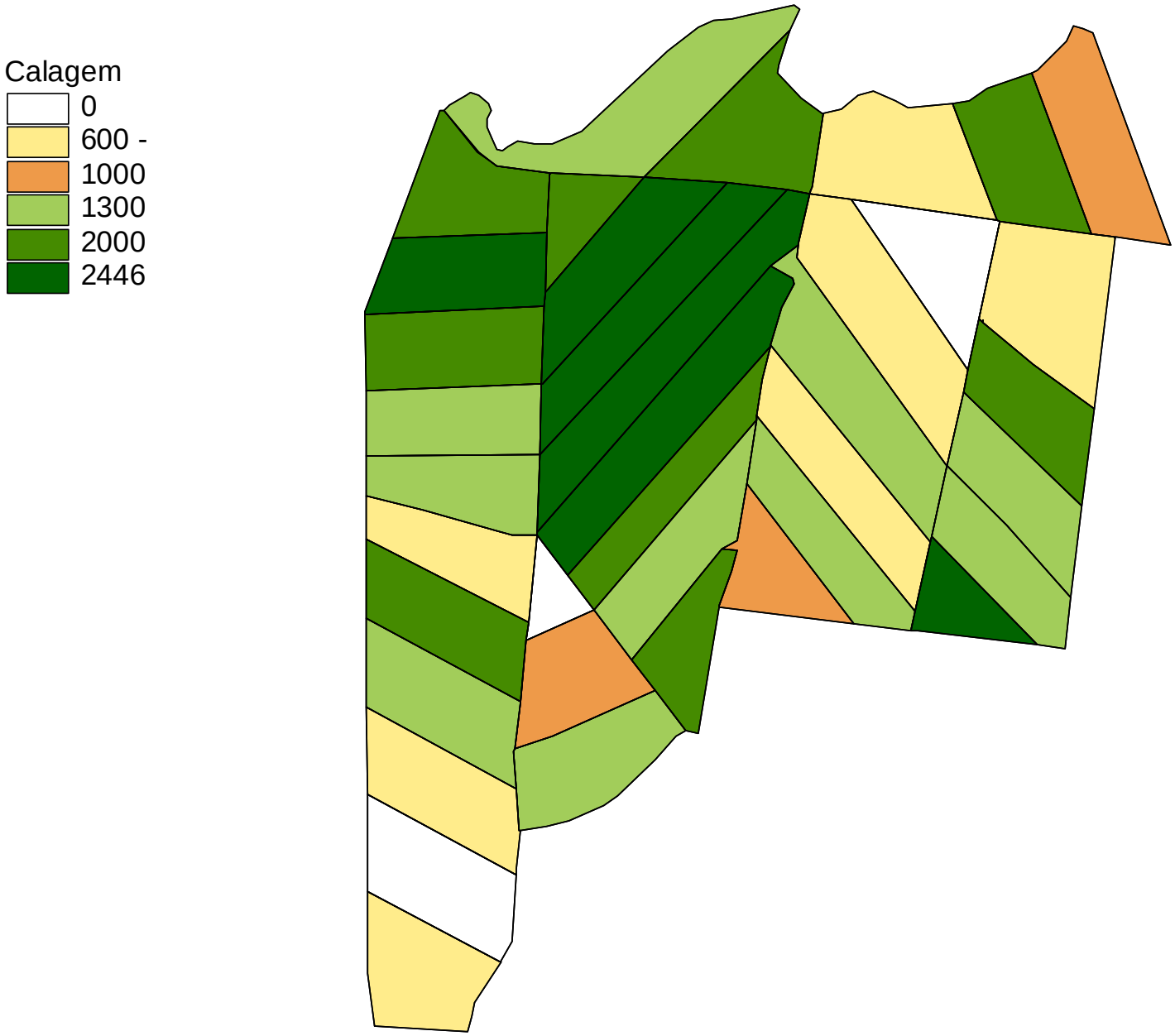
- < 2 mg/dm3
- 2 - 4
- 4 - 12
- 12 - 70
- > 70

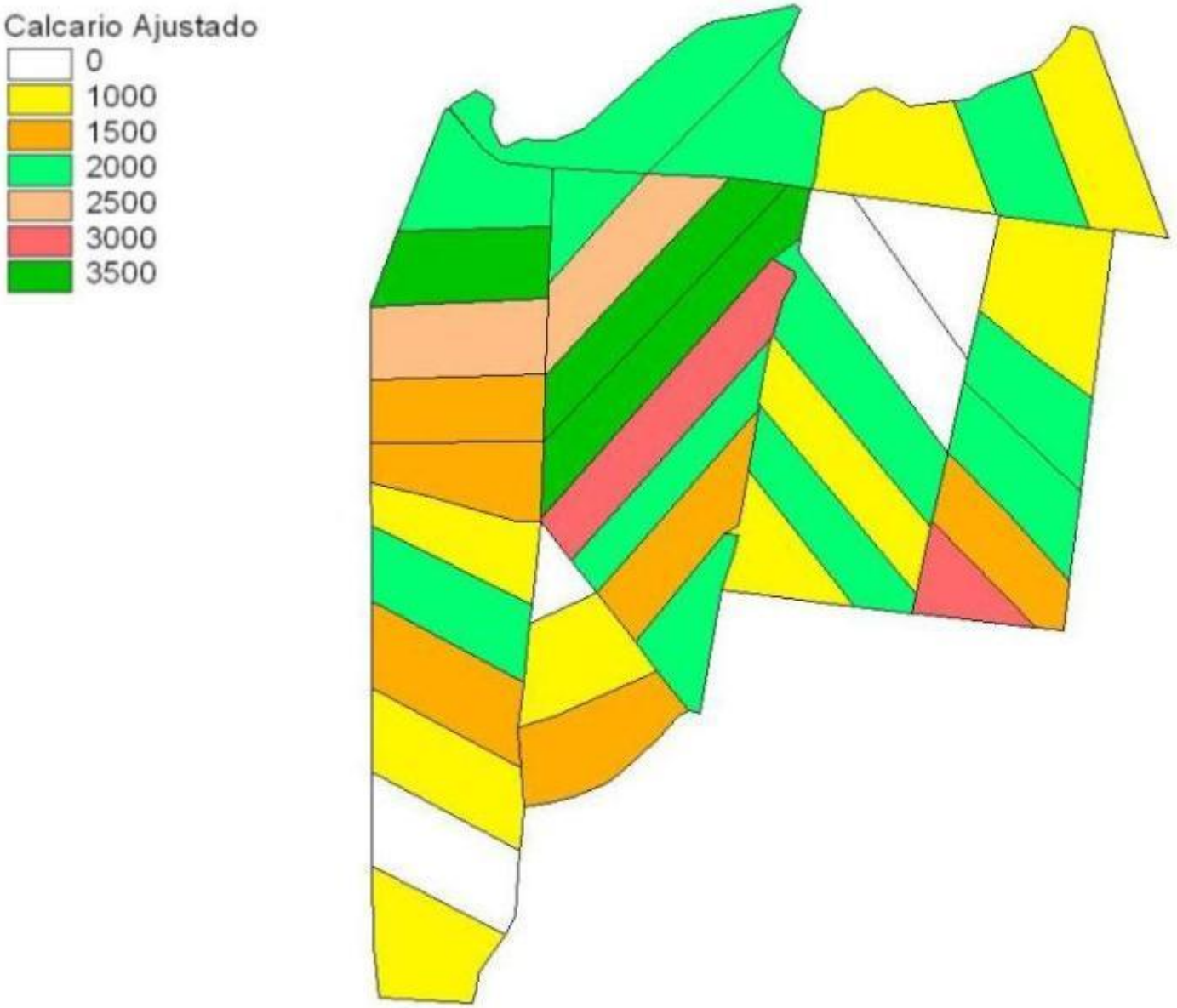


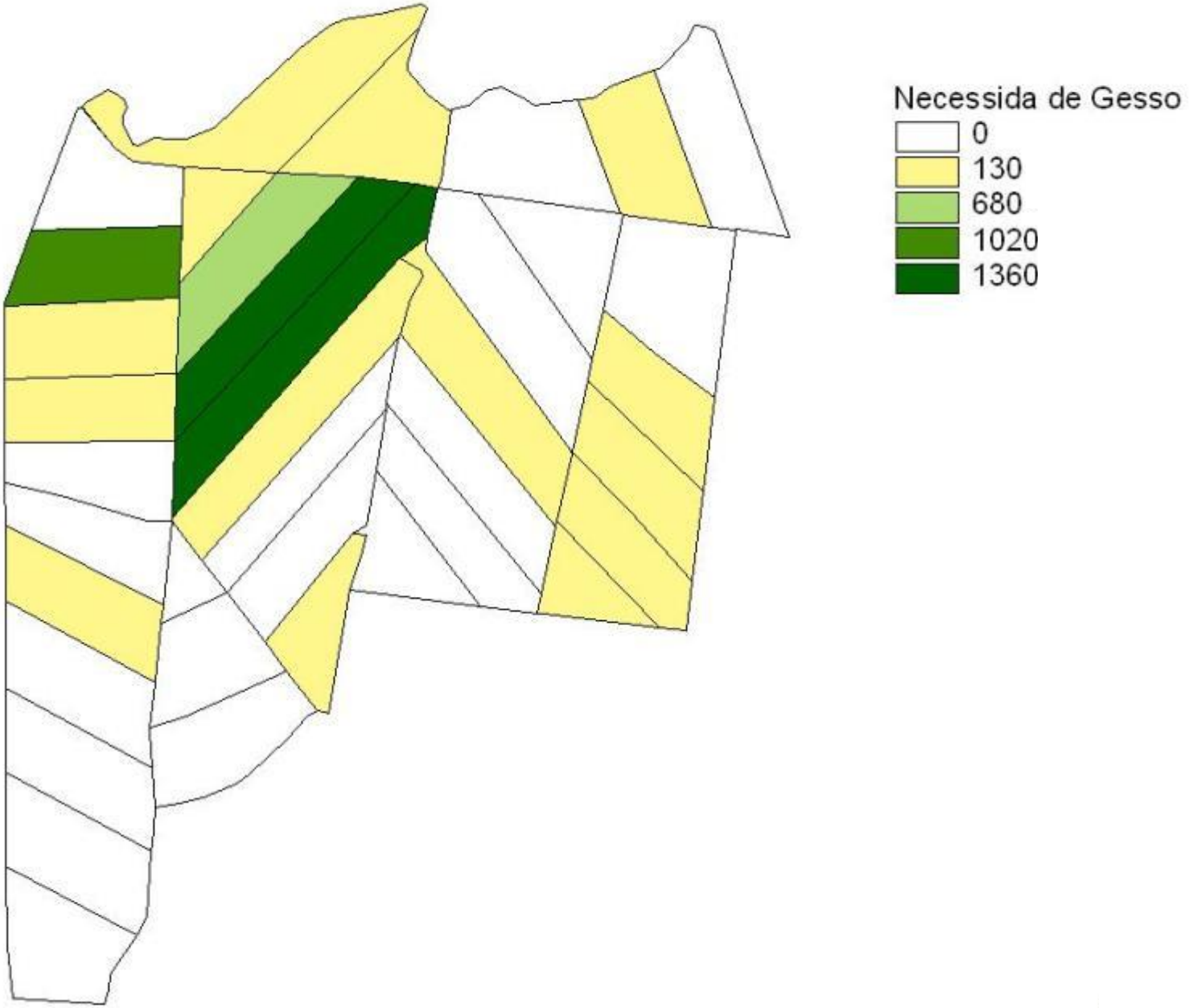

Mn 0 20cm
< 1mg/dm3
1 - 1.9
1.9 - 5
5 - 25
25 - 50
>50

Recomendaçãos de Correção

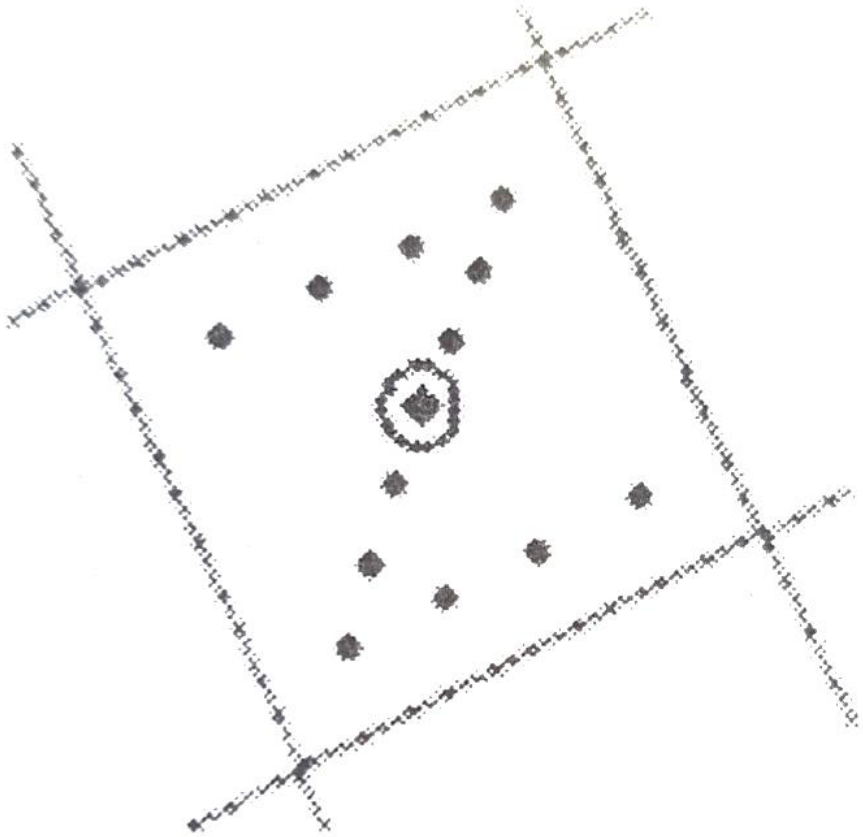
Calagem


Calagem
0
600 -
1000
1300
2000
2446


Calcario Ajustado
0
1000
1500
2000
2500
3000
3500


Necessida de Gesso
0
130
680
1020
1360

O que tem de errado aqui?



Folder de prestador de serviços de AP

Métodos de Amostragem

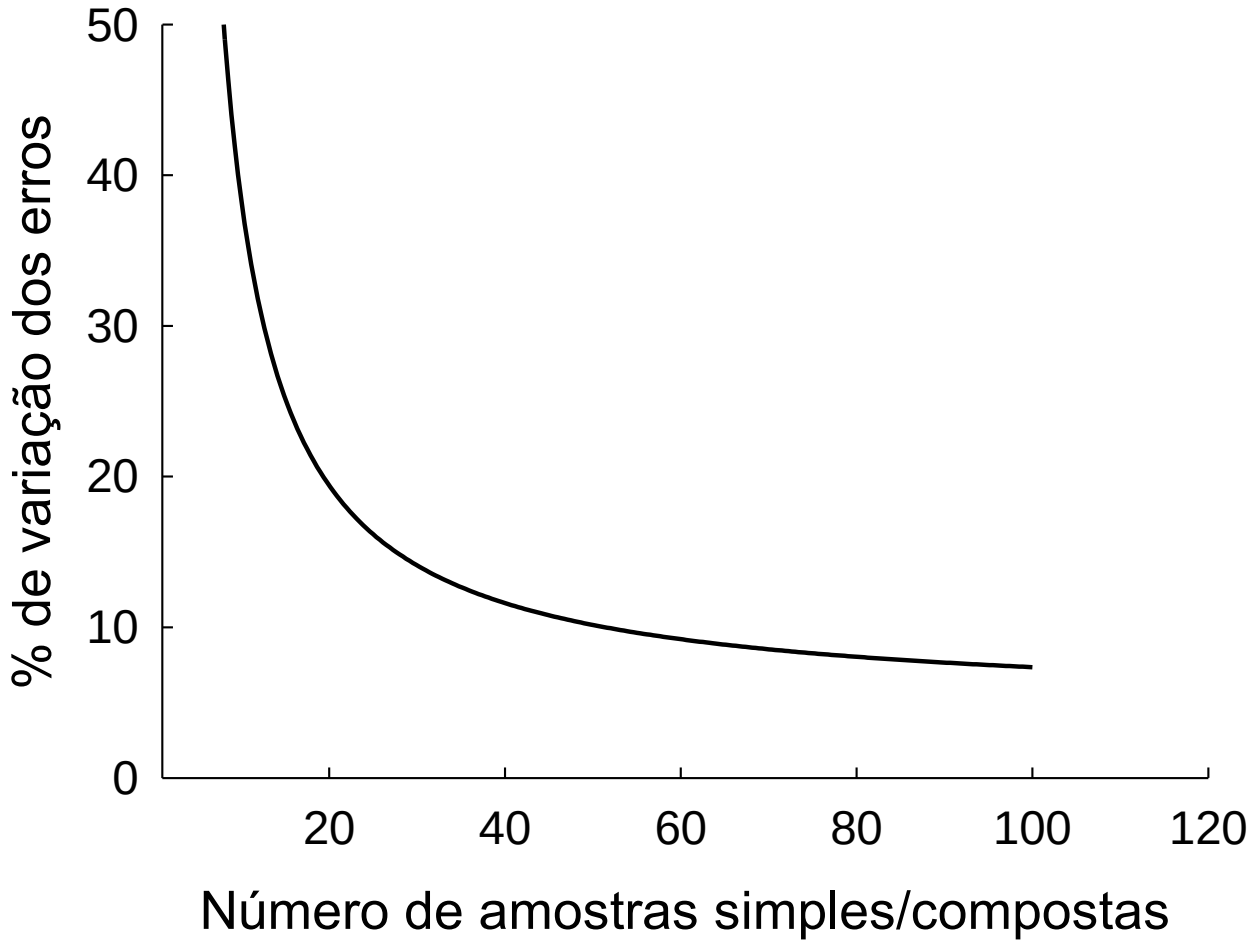
Sem conhecimento prévio da área

- Amostragem em grade
  - por ponto
  - por célula

Com conhecimento prévio pleno da área

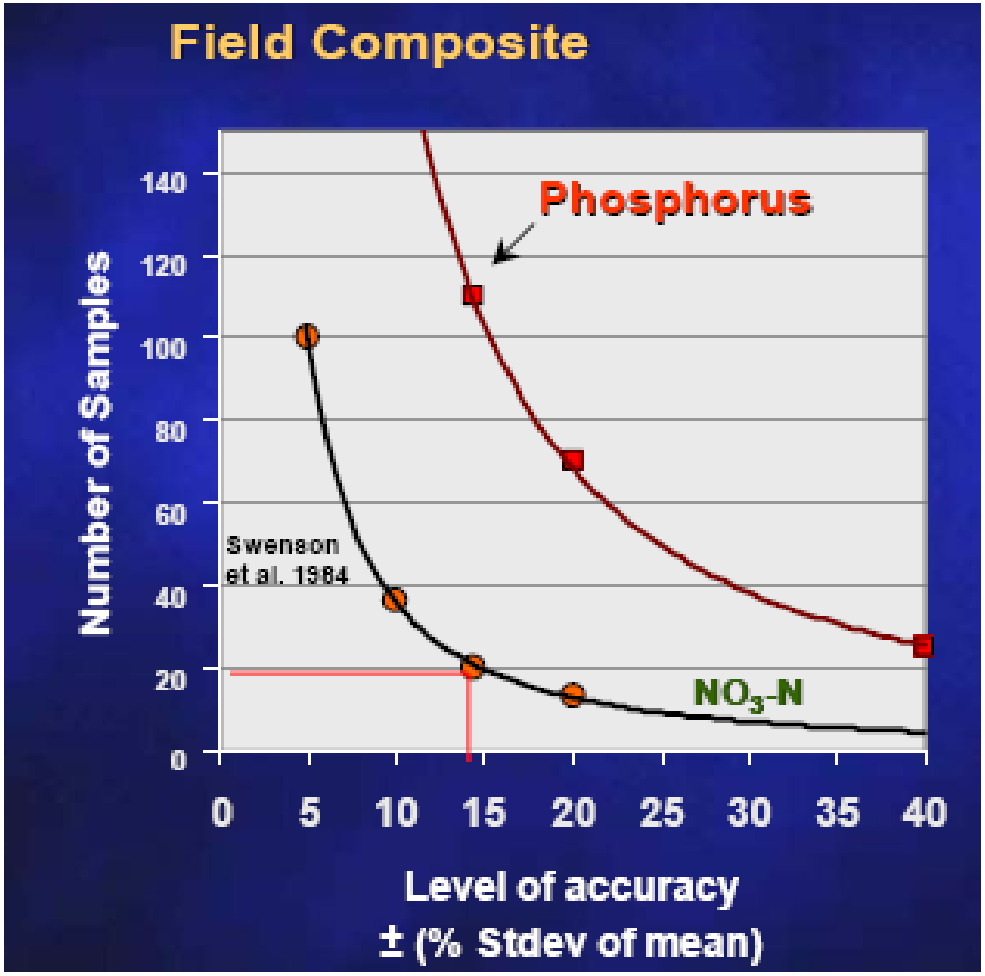
- Amostragem por unidades de gestão (UGD)

Uma amostra composta deve ser formada por quantas unidades de amostra?



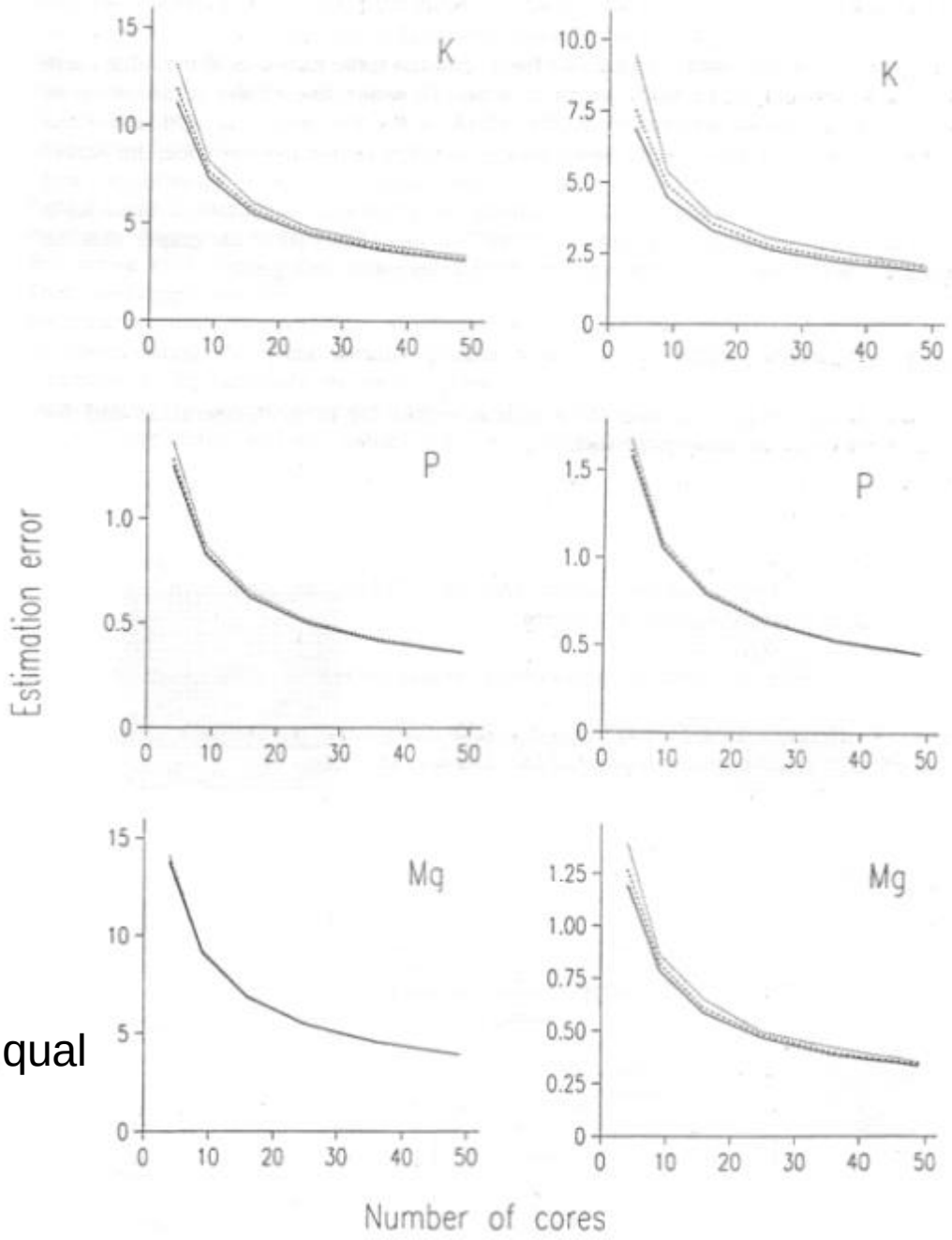
Uma amostra composta deve ser formada por quantas unidades de amostra?

Exemplo de um conjunto de sub-amostras para nitrato



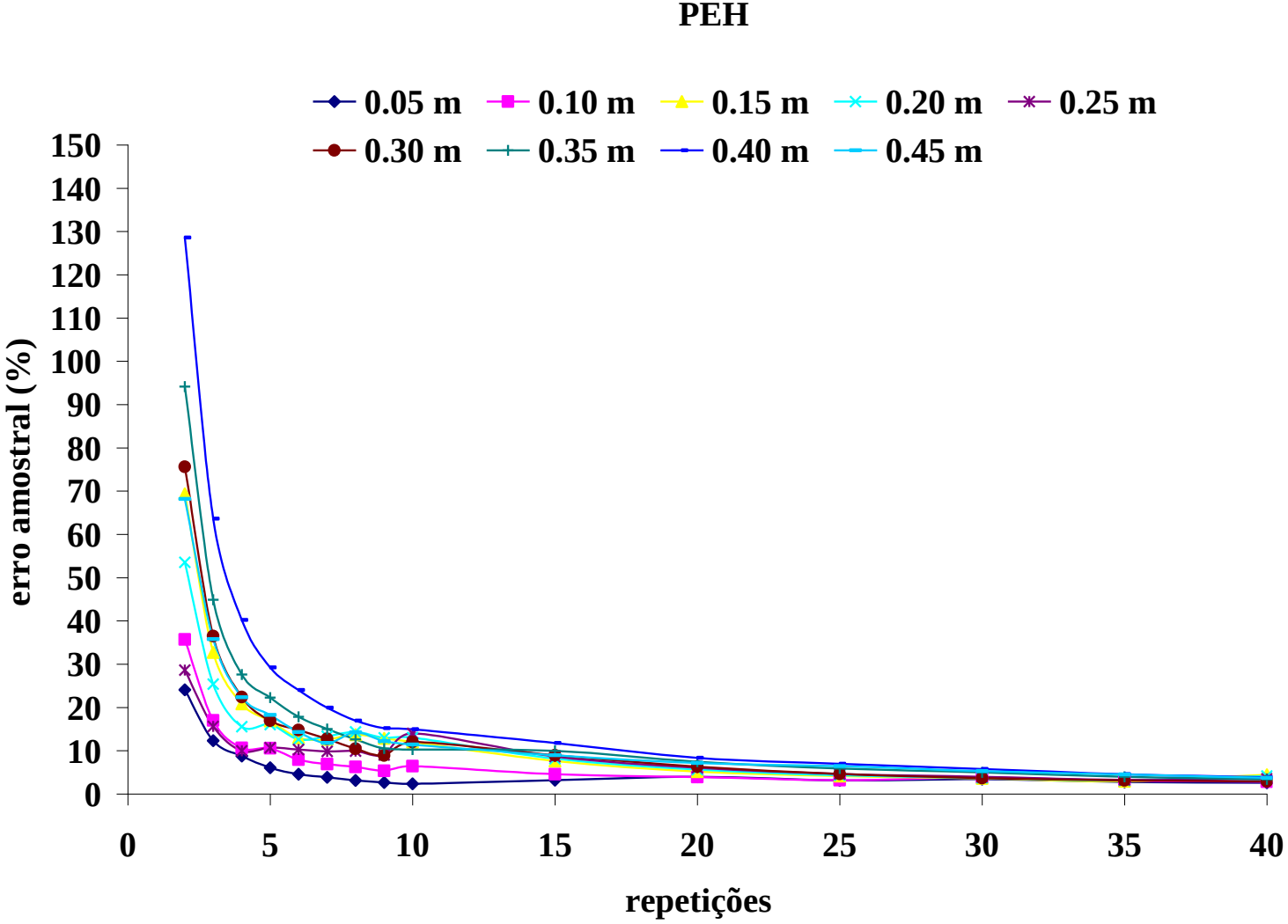
Miller, 2007

Exemplo de conjuntos de sub-amostras para K, P e Mg em dois solos (Inglaterra)



Os autores sugerem 16 sub-amostras como um número genérico, a partir do qual o decréscimo no erro é menor.

Oliver et al, 1997



Exemplo de erro estimado para diferentes números de repetições de leituras de IC com penetrômetro

Carbonera, L, 2010

Retirada das amostras

Navegar até o ponto...

… e coletar a amostra

Amostradores de solo

O que é necessário:

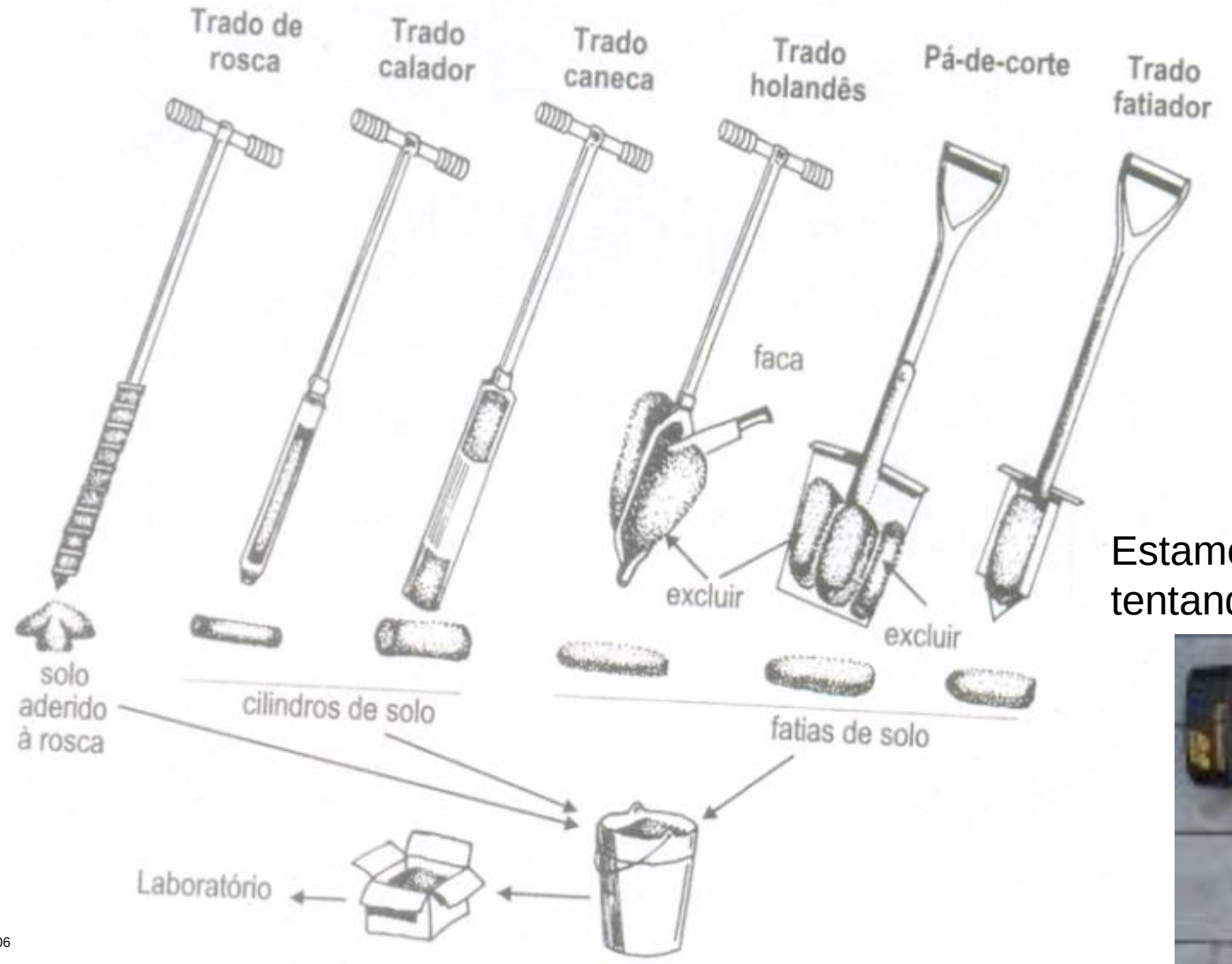
- **fonte de potência** – quem aciona o sacador
- **sacador de amostras** – quem retira a amostra do solo
- **operador** – quem executa a amostragem

A fonte de potência para o amostrador pode ser:

- humana
- elétrica
- hidráulica
  - de giro
  - de deslocamento linear
- motor de combustão interna
- pneumática

Os sacadores de amostras podem ser:

- pá-de-corte e enxadão
- trados
  - tipo rosca
  - tipo holandês
- caladores



Lopes, 2006

Estamos apenas tentando mecanizar…

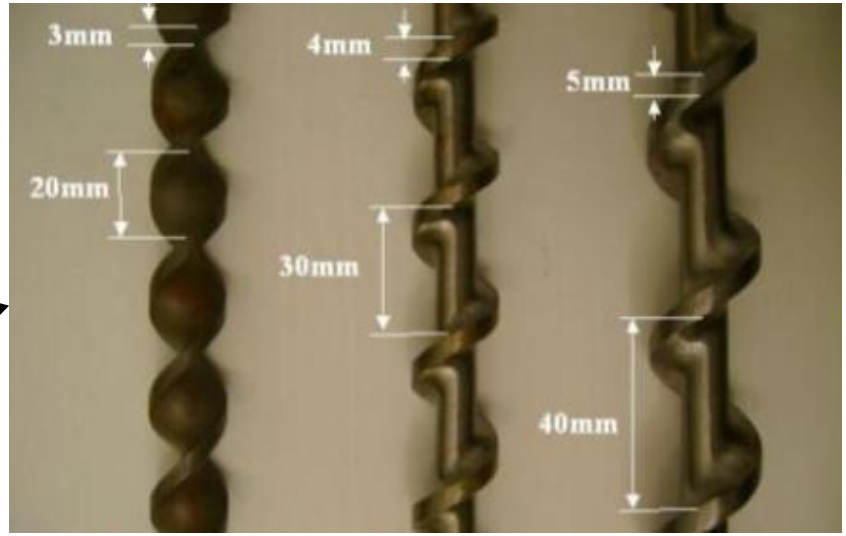
Amostradores de solo tradicionais, operados manualmente

O conjunto amostrador pode ser transportado em:

- quadriciclo
- motocicleta
- trator
- veículo
- carregado pelo próprio operador

O desempenho e qualidade da amostra são afetados por:

- textura do solo
- teor de água no solo
- no caso de roscas:
  - rotação
  - passo
  - diâmetro



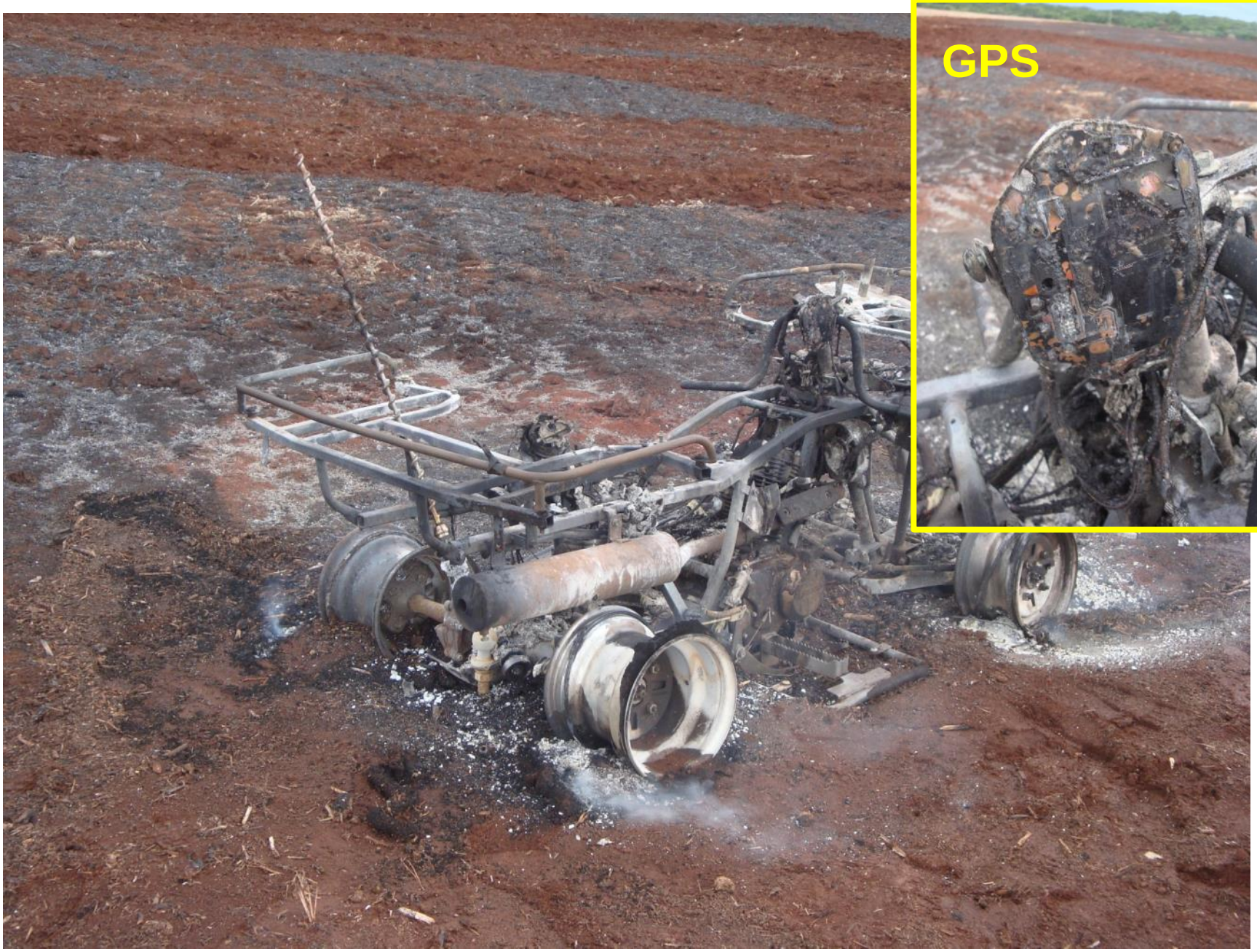
As preocupações são:

- quantidade de material retirado em cada sub-amostra
- condição desse material para compor uma amostra uniforme
- rendimento operacional
- risco de contaminação no caso de amostragem em sub-superfície

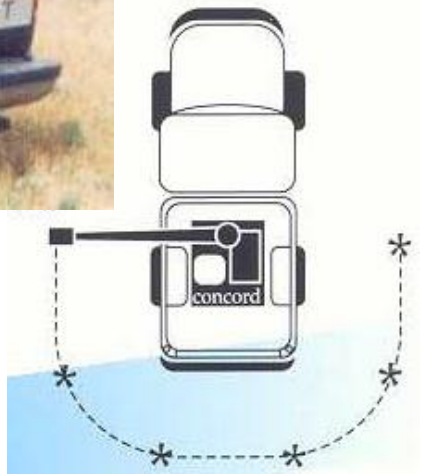
O rendimento operacional é função de:

- tipo de amostrador
- quantidade de pessoas envolvidas
- número de sub-amostras
- densidade amostral e raio de busca
- relevo do terreno
- vegetação ou cobertura do terreno
- textura e teor de água do solo
- forma de deslocamento no campo


4 8 2007


GPS

Os pioneiros



Amostrador tipo rosca, de acionamento por motor hidráulico, sobre um veículo

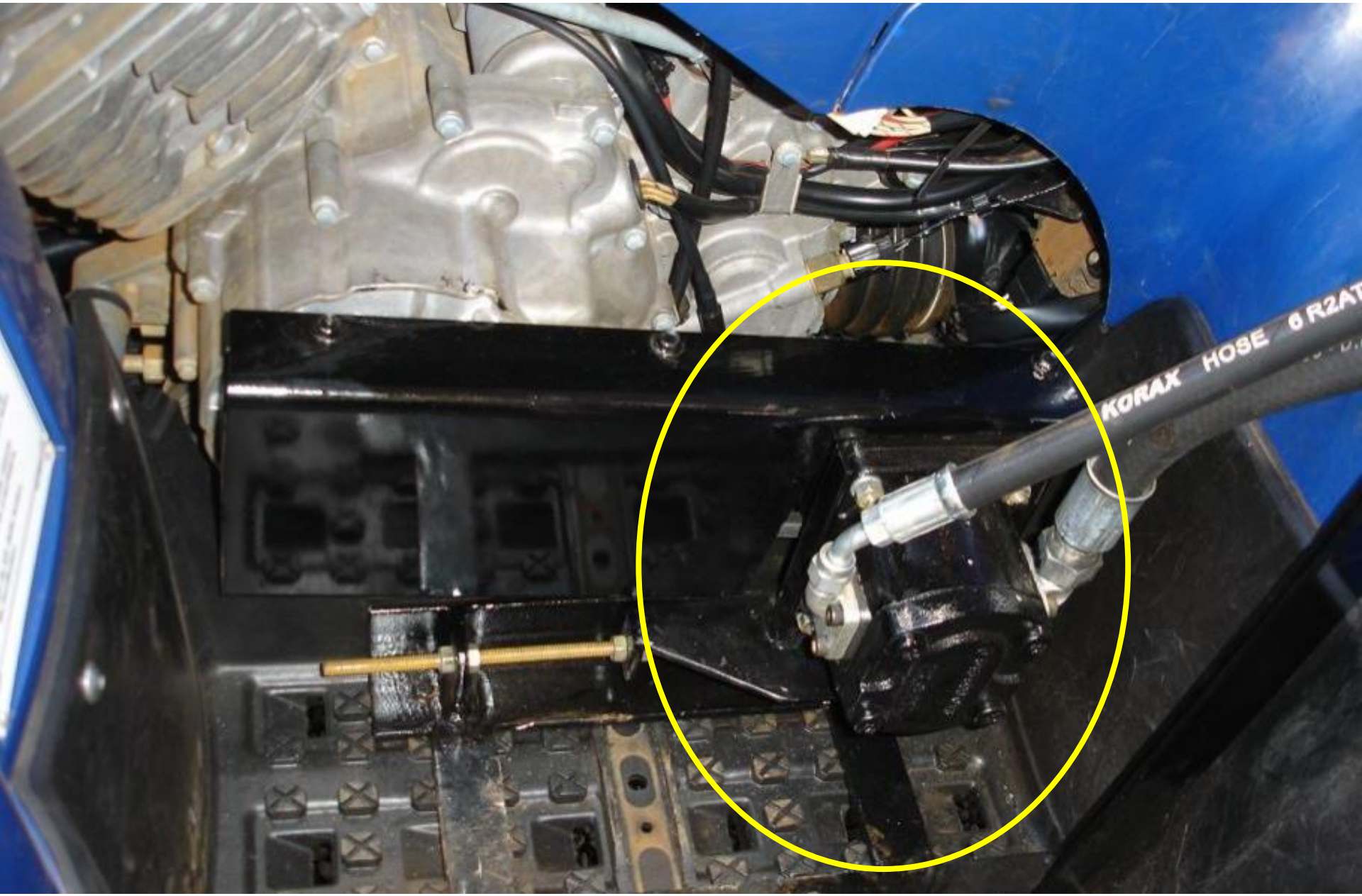
Algumas composições comuns

Amostrador tipo rosca, de acionamento por motor hidráulico, sobre um quadriciclo

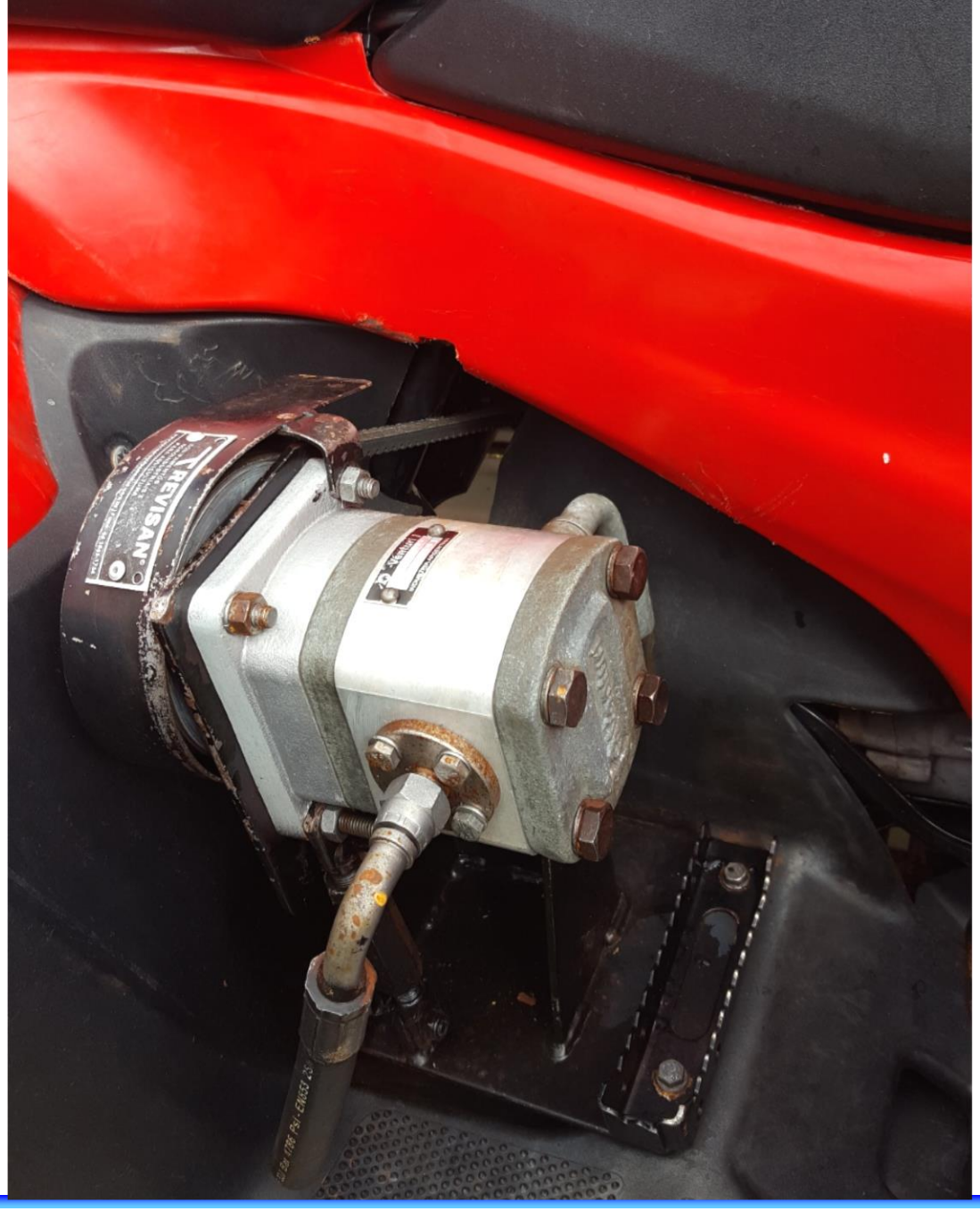
Fonte: Cultivar Máquinas, 08/2008

Amostrador tipo rosca, de acionamento por motor elétrico, sobre um quadriciclo


HONDA



Fonte: F. Pavlu


TREVISAN

Agroexata

... mas o quadriciclo nem sempre é o “amostrador”

Amostragem de solo com trado calador, operado manualmente

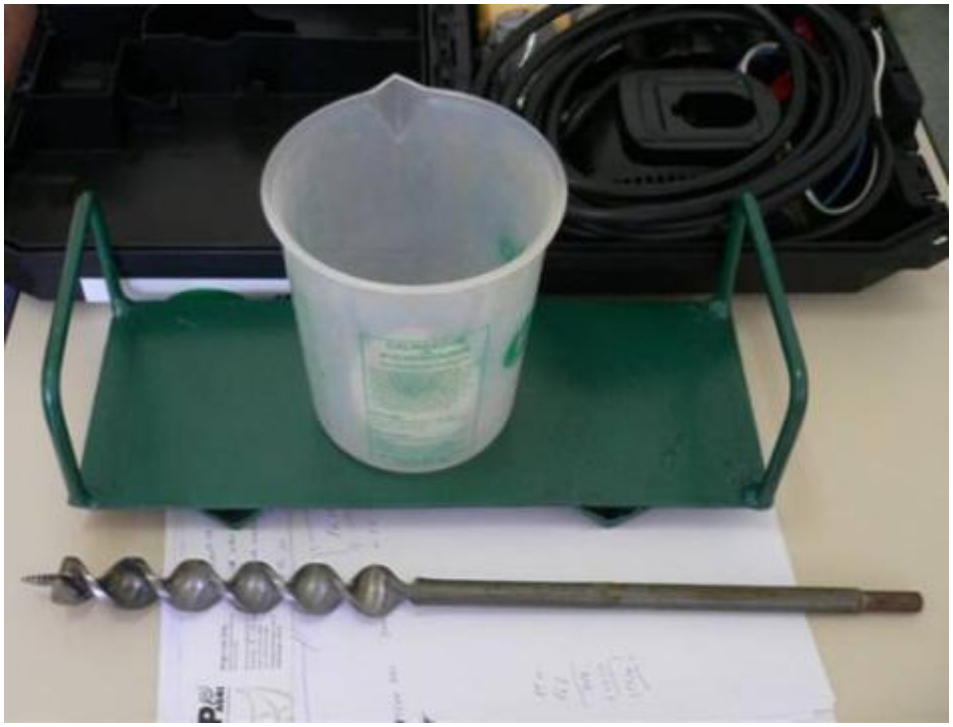
MENEGATTI, LA.A, APagri, 2006

Amostragem de solo com trado calador, operado manualmente


SACI Trail


saci
SACI


saci



Amostragem de solo com trado de rosca, operado manualmente

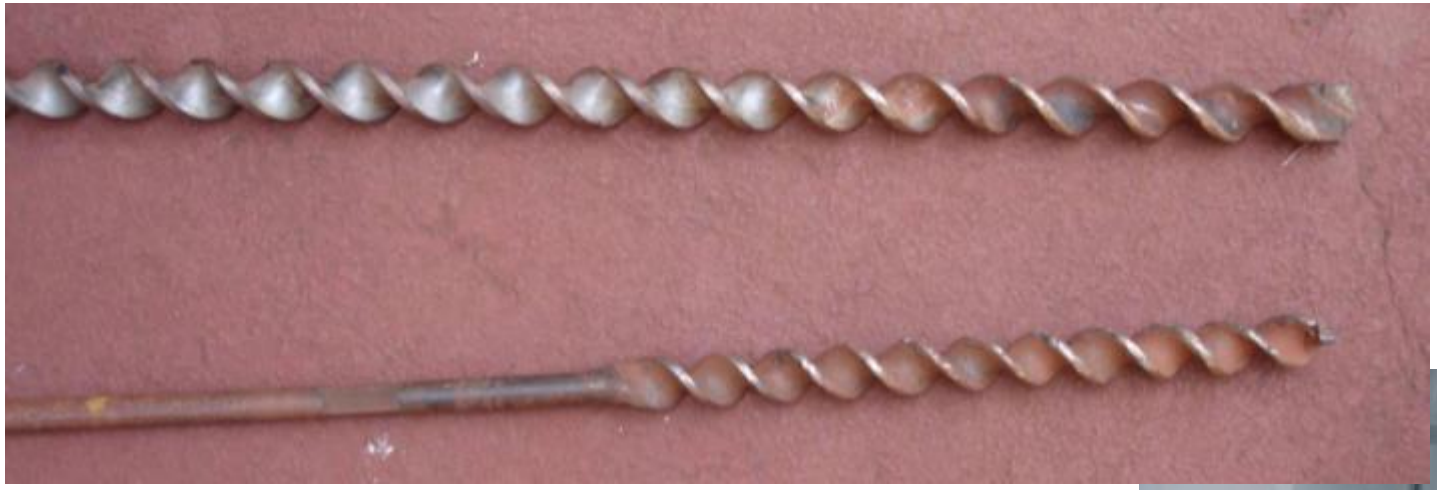
Amostragem de solo com trado holandês, operado manualmente


É claro que nao é fácil a retirada de amostra em sub-superfície!
Nutrixofre
20

MENEGATTI, LA.A, APagri, 2004

Amostrador tipo rosca, de acionamento por motor elétrico, operado manualmente

Amostrador tipo rosca, de acionamento por motor elétrico, operado manualmente



Roscas para trados

Amostrador tipo rosca, de acionamento por motor de combustão interna (furadeira), operado manualmente

Proeste, 2008

Amostrador tipo rosca, de acionamento por motor hidráulico, montado lateralmente a uma pick-up

Veículo dedicado com amostrador hidráulico

Verion – Agrishow 2011

APSul, 2011

Agrishow, 2014

Amostragem em duas profundidades com brocas separadas, na mesma posição

Agrishow, 2014










www.bodenprobetechnik.com

Versões européias de amostradores mecanizados...

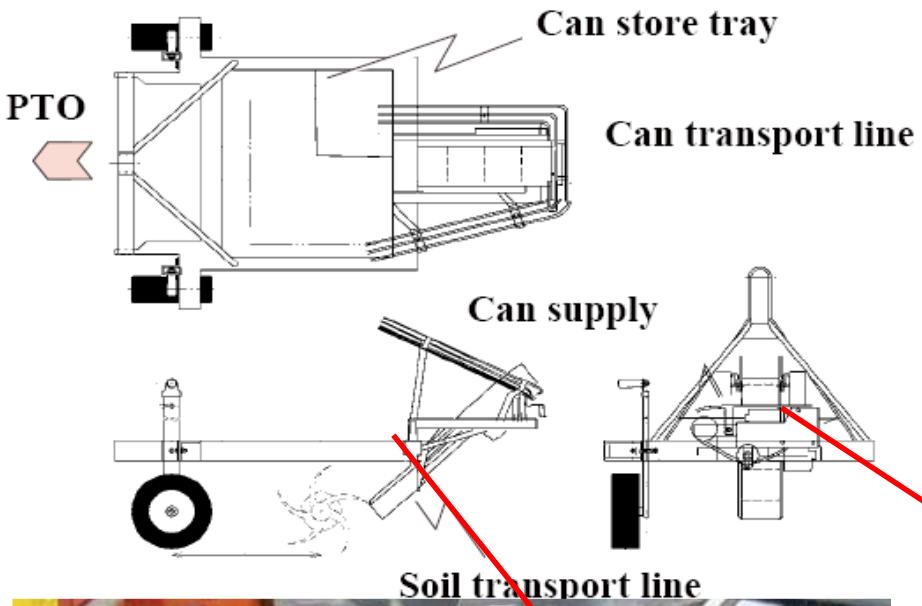

CB 6025 AO

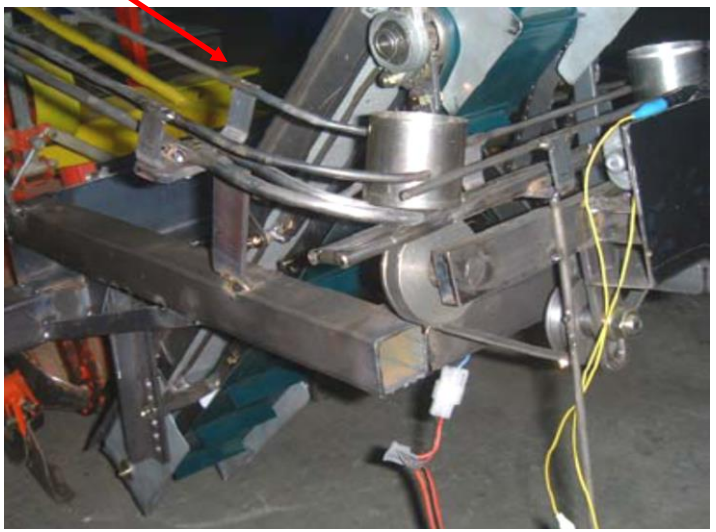
http://www.baseap.com.br/website/index.php?option=com_content&task=view&id=16&Itemid=32

Amostrador tipo rosca, de acionamento por motor elétrico, sobre um quadriciclo


BRUTE FORCE

Automação da coleta





Kataoka et al.(2004)


FALCON


FALCON
AUTOMATED SOIL SAMPLING
FalconSoil.com