

População, Espaço e Ambiente

Abordagens Espaciais em Estudos de População:  
Métodos Analíticos e Técnicas de Representação

Parte IV – Integração de Dados

De áreas a superfícies

Silvana Amaral

Antonio Miguel V. Monteiro

{silvana@dpi.inpe.br, miguel@dpi.inpe.br}



# Interpoladores *Geográficos*

## Modelos de População em Superfícies

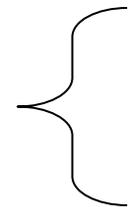
Baseados em Pontos – *Point-based*

**Baseados em Áreas – *Areal-Based***

Informação Auxiliar

Conhecimento dos Processos

População

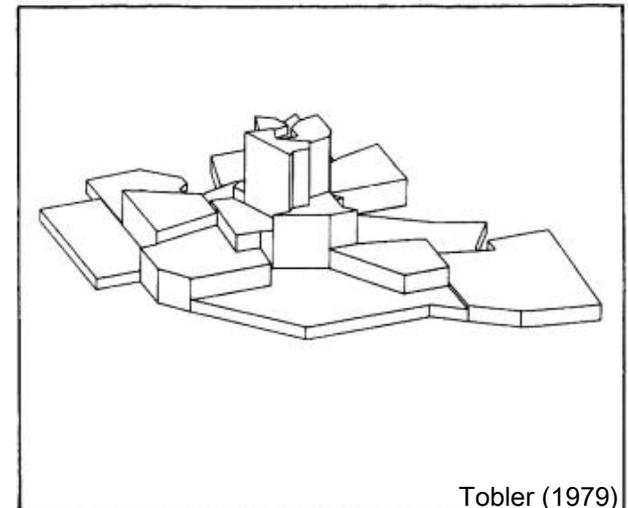
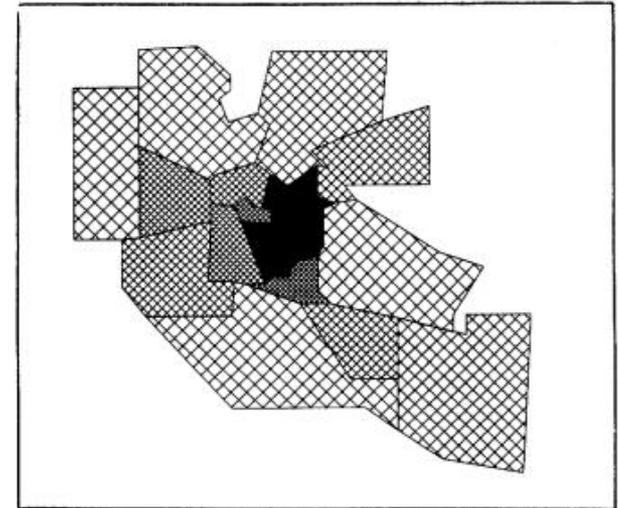


Preservar Volume  
Restrições

## Modelos de População “Univariados”

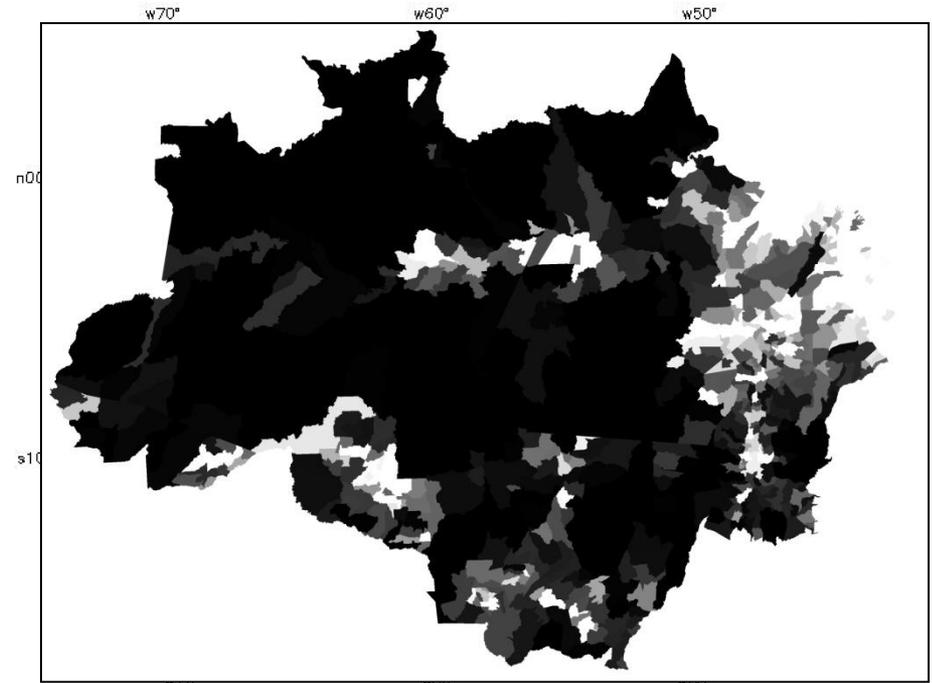
- Ponderado pela área
  - Valores de densidade de população proporcionais à área de intersecção das zonas com as células da grade.
  - Limites abruptos, nas regiões de fronteira e valores constantes no interior das unidades.
  - Os erros maiores quanto mais agrupada a distribuição da população e quanto menor as regiões de destino em relação às regiões de origem.

*D. Population Densities in Ann Arbor Shown As Choropleths and As a Bivariate Histogram*



## Modelos de População “Univariados”

- Ponderado pela área
  - População agregada por município - representação matricial do mapa de densidade
  - Matriz do mapa de densidade



## População, Espaço e Ambiente

# Abordagens Espaciais em Estudos de População: Métodos Analíticos e Técnicas de Representação

## Parte IV – Integração de Dados

### De áreas a superfícies: Método Pycnofilático de Tobler

Silvana Amaral

Antonio Miguel V. Monteiro

{silvana@dpi.inpe.br, miguel@dpi.inpe.br}



# Referência

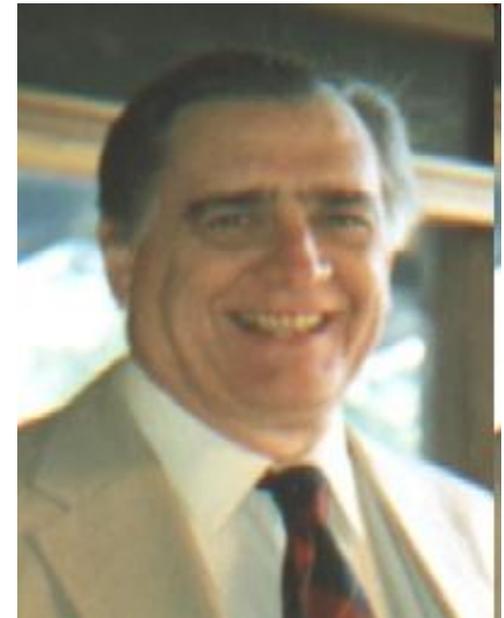


Tobler, W. R. Smooth pycnophylactic interpolation for geographical regions. *Journal of the American Statistical Association*, 74, 519-530, 1979

## Geographical Interpolation

Waldo Tobler  
Professor Emeritus  
Geography Department  
University of California  
Santa Barbara, CA 93106-4060  
<http://www.geog.ucsb.edu/~tobler>

- CSISS Summer Institute, 2001



Exploring Geography Cartographically... (58)

[http://www.ncgia.ucsb.edu/projects/tobler/Explore\\_Geography/sld032.htm](http://www.ncgia.ucsb.edu/projects/tobler/Explore_Geography/sld032.htm)

Amostragem aleatória seguida por interpolação seriam eficientes para representar esta superfície ??



# Pycnophylactic Reallocation



- Permite a produção de mapa de densidade ou de contorno a partir de dados de área
- É uma REALOCAÇÃO – ou um operador de desagregação
- Útil para a conversão de dados de um conjunto de unidades estatísticas para outro, como por exemplo de setores censitários para distritos escolares.

*“My assertion is that it may actually improve the data.”*

# Densidade Populacional / município

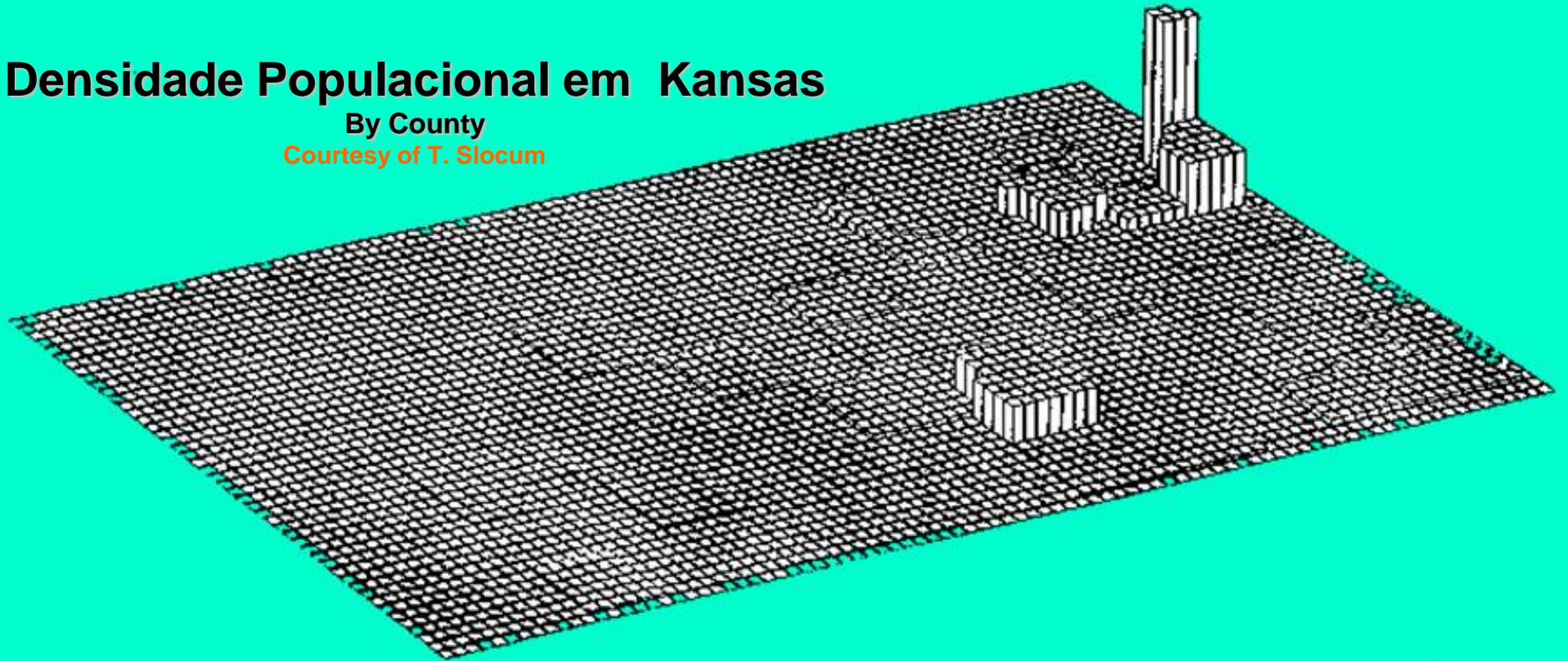


- Observe as descontinuidade dos limites municipais.
- Precisa de um mapa de densidade de população suavizado para desenhar os contornos.
- Procedimentos de interpolação usuais não vão funcionar a menos que se use centroides e esta “**Ficção**” permitiria a mudança das pessoas de um município para outro

## Densidade Populacional em Kansas

By County

Courtesy of T. Slocum



# Densidade Populacional / município



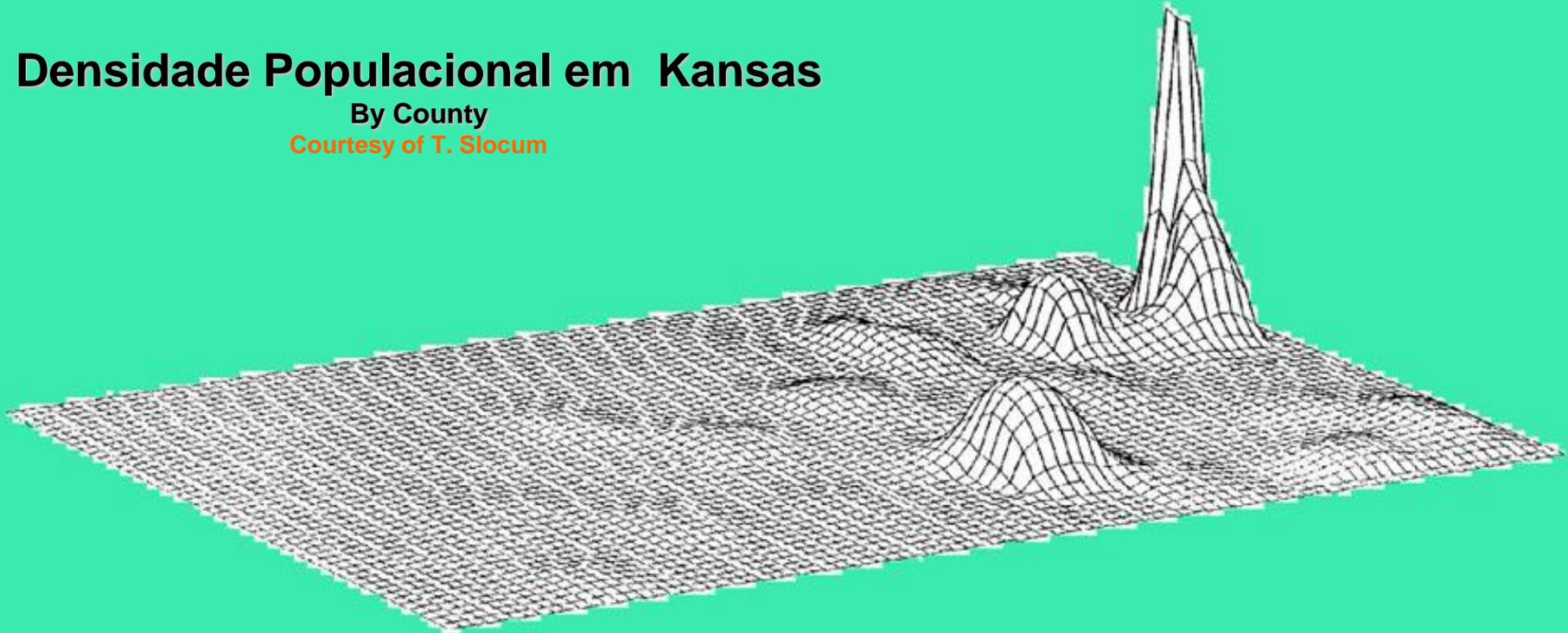
Superfície contínua suave, com população redistribuída  
“pynophylactically”

Cada município ainda contém o mesmo número de pessoas

## Densidade Populacional em Kansas

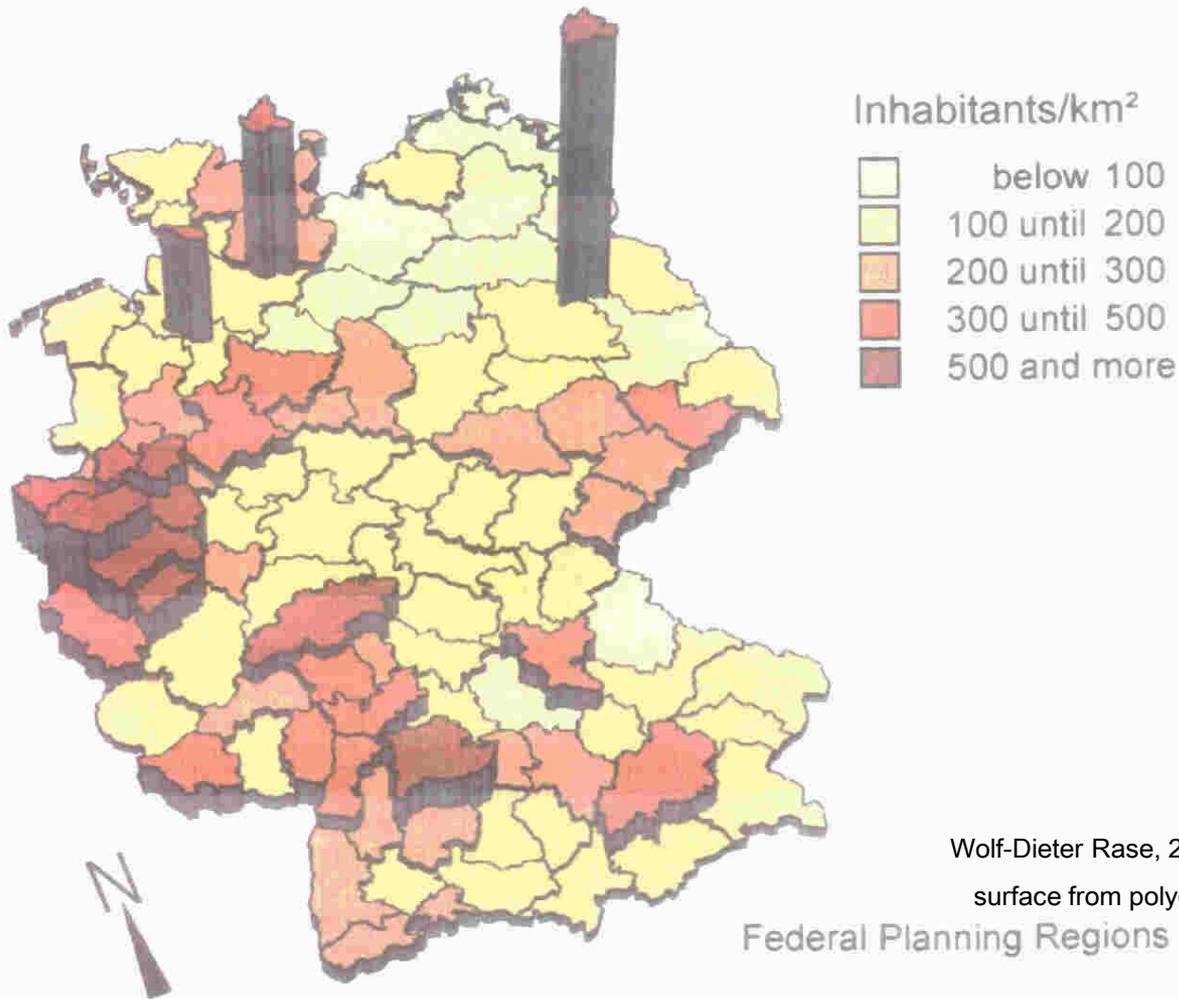
By County

Courtesy of T. Slocum



## Exemplo 2

- Dados por regiões de planejamento federal para Alemanha
- Vista perspectiva do histograma bivariado

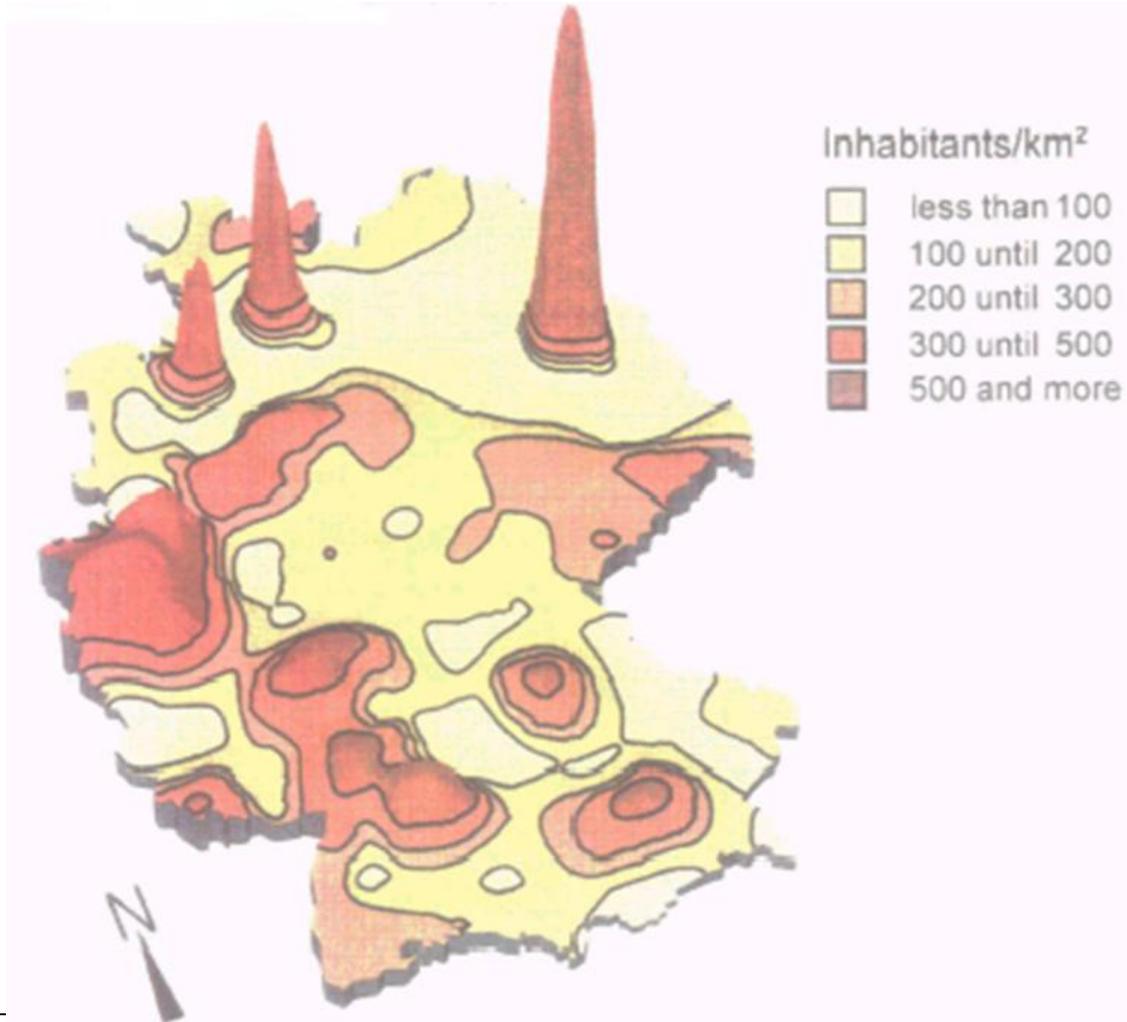


Cortesia de Wolf Rase in Bonn..

Wolf-Dieter Rase, 2001, "Volume-preserving interpolation of a smooth surface from polygon-related data", J. Geograph. Syst, 3:199-213.

## Exemplo 2

- Dados por regiões de planejamento federal para Alemanha
- Distribuição de densidade de população contínua

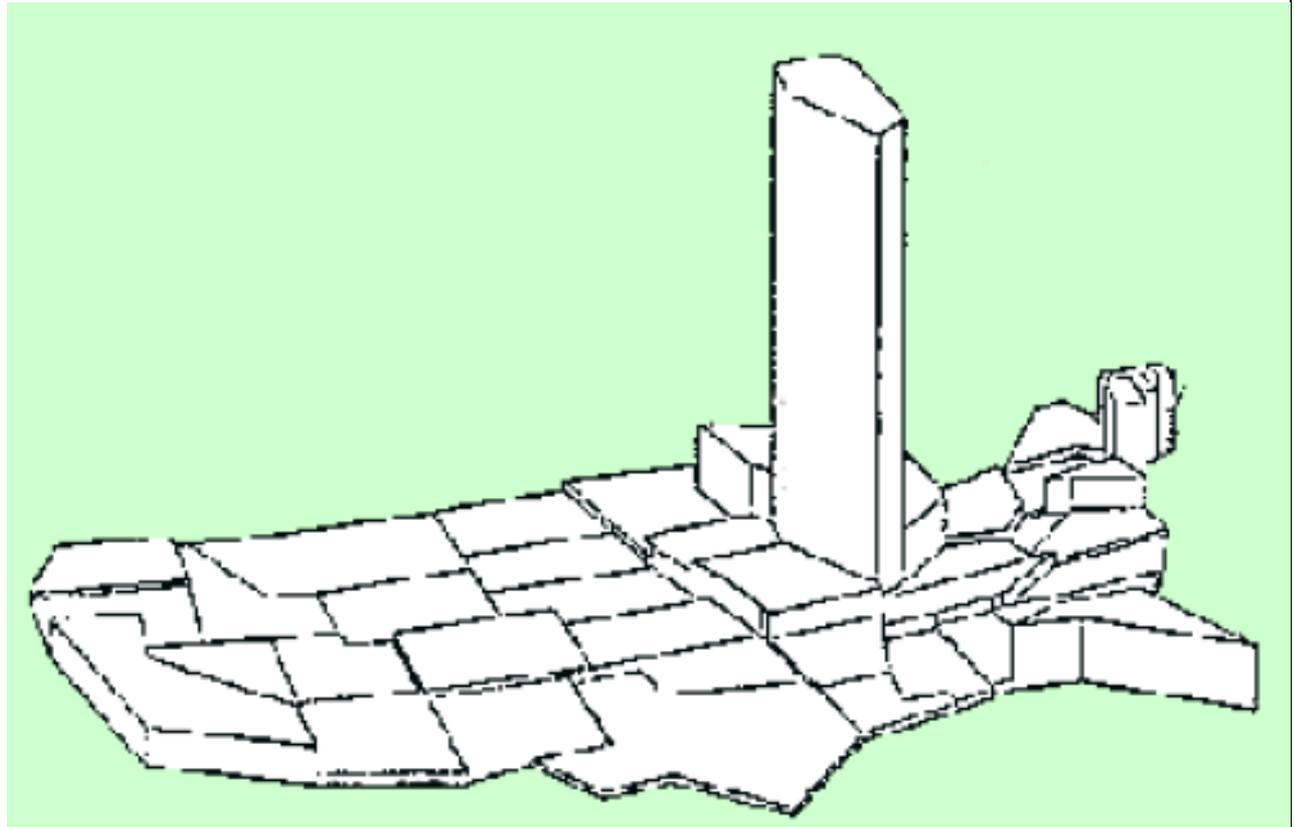


**Waldo Tobler**

## Exemplo 3

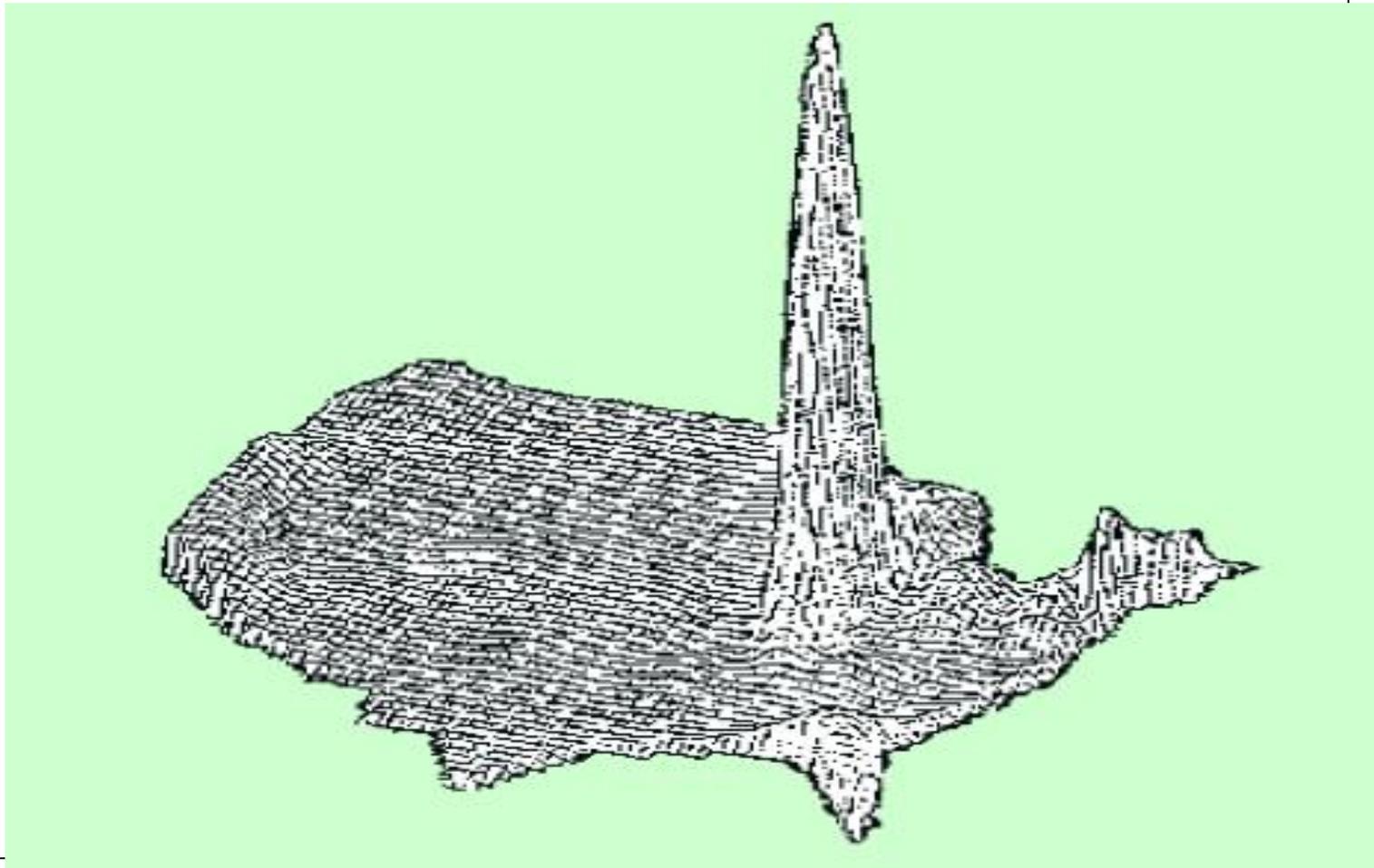


- Base nos contornos do Estado e volumes de acordo com a emigração de Illinois
- A maioria dos migrantes em Illinois são realocados no interior do próprio Estado



## Exemplo 3

- Superfície suave interpolada pycnophylactically
- Pode ser particionada para produzir migração estimada por regiões arbitrárias - a bacia dos grandes lagos por exemplo





## ***“How Pycnophylactic Reallocation Works”***

- Baseado na noção de que as pessoas são gregárias, influenciam umas às outras, se movimentam, e tendem a congregarem-se
- ➔ lugares vizinhos e adjacentes tendem a ser similares
- Matematicamente se traduz em um **critério de suavização** (*smoothness criterion*) com pequenas derivadas parciais.
- Aplica-se a qualquer dados que exiba **autocorrelação espacial positiva**.

# Realocação de dados de área - preservar massa



1º ) Definir a condição primária para a preservação de massa.

É a condição de “invertibilidade” necessária para todo método de redistribuição de informação / área, dada por:

$$\iint_{R_i} f(x, y) dx dy = V_i$$

Para todo  $i$ , onde  $V_i$  é o valor (população) na região  $R_i$  (polígono)

2º ) Limitar a superfície resultante a ser suavizada requisitando que os locais vizinhos tenham valores similares.

É um pressuposto sobre o processo demográfico espacial, uma forma de capturar a noção de que a maioria das pessoas são “gregárias”

A forma mais simples, a suavização **Laplaciana** é obtida minimizando a equação:

$$\iint_R \left( \frac{\partial f^2}{\partial x} + \frac{\partial f^2}{\partial y} \right) dx dy$$

onde  $R$  é o conjunto de todas as regiões. A condição dos limites é:

$$\frac{\partial f}{\partial \eta} = 0$$

# O mínimo da integral



- A solução da equação de suavização integral é dada pela equação de Laplace

$$\nabla^2 X + \nabla^2 Y = 0$$

- Isso significa que os locais vizinhos têm valores similares, ou num raster, ou matriz – que o valor central é a média dos que estão no entorno.
  - Se traduz em um algoritmo computacional

# Traduzindo a Matemática



- Imagine que cada unidade é composta por argila colorida, cores diferentes para cada unidade
- O volume da argila representa o número de pessoas, e a altura representa a densidade.
- Para obter uma densidade suavizada usa-se uma espátula, mas nenhuma argila pode ser movida de uma para outra unidade.
- Não é permitido misturar cores!



# Smoothing – processo iterativo



1 – Rasterizar a região;

Suavização é feita sobre este raster, mantendo a população

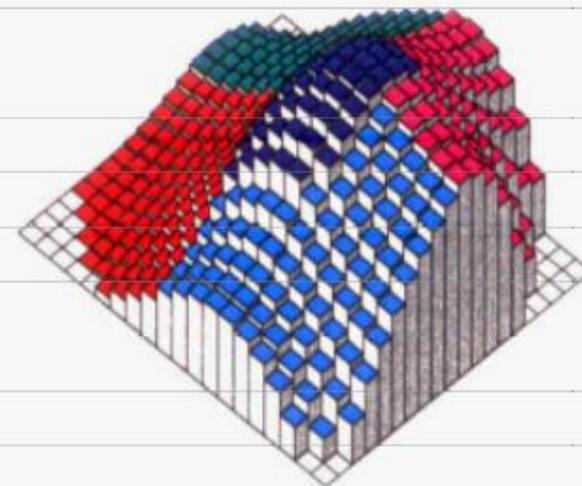
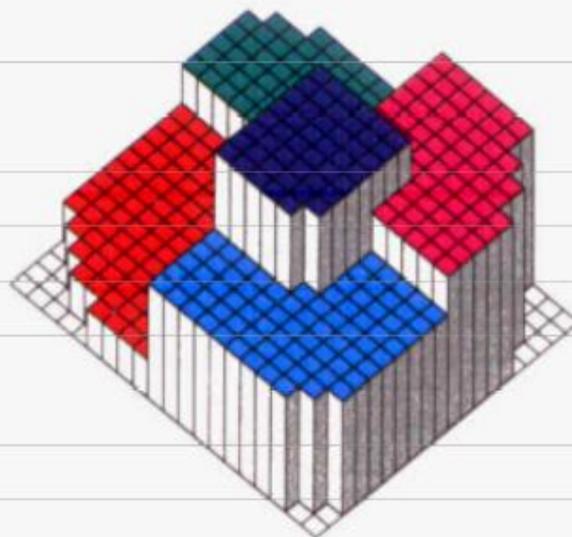
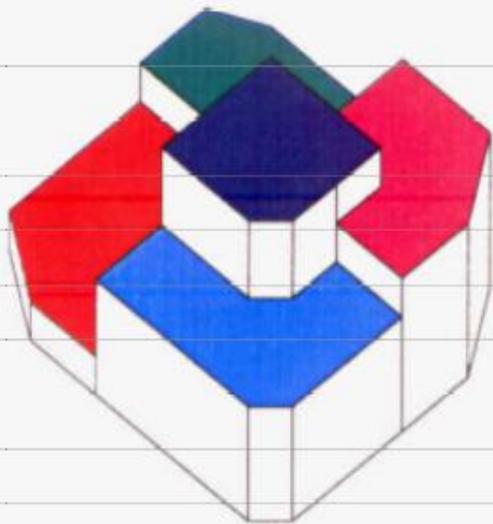
2 – O # de iterações depende do tamanho da maior região, em unidades raster

- A suavização deve cruzar de borda a borda da maior região
- Quanto mais detalhada grade (raster), maior a resolução e o tempo de iteração



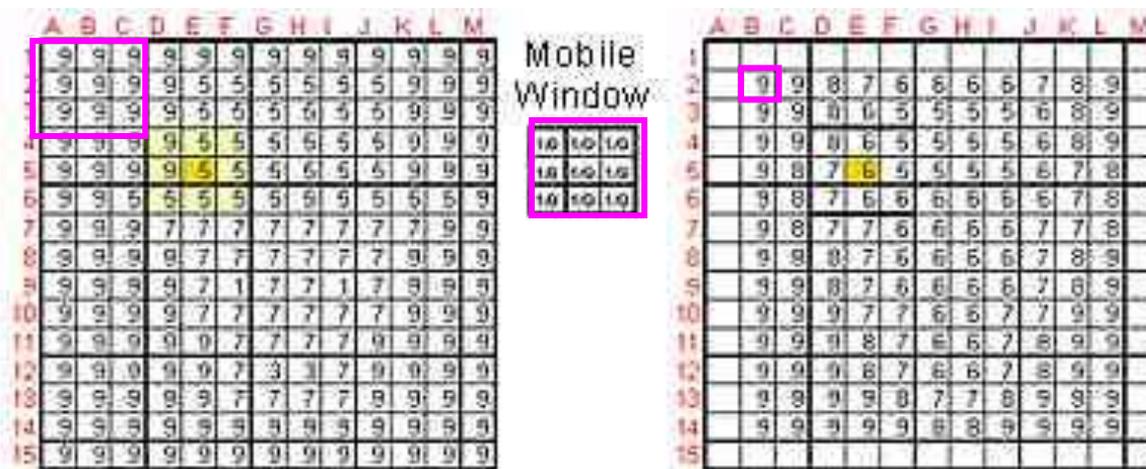
Left to right

1. Dado poligonal
2. Dado matricial (Rasterized)
3. Superfície suavizada (Smoothed)



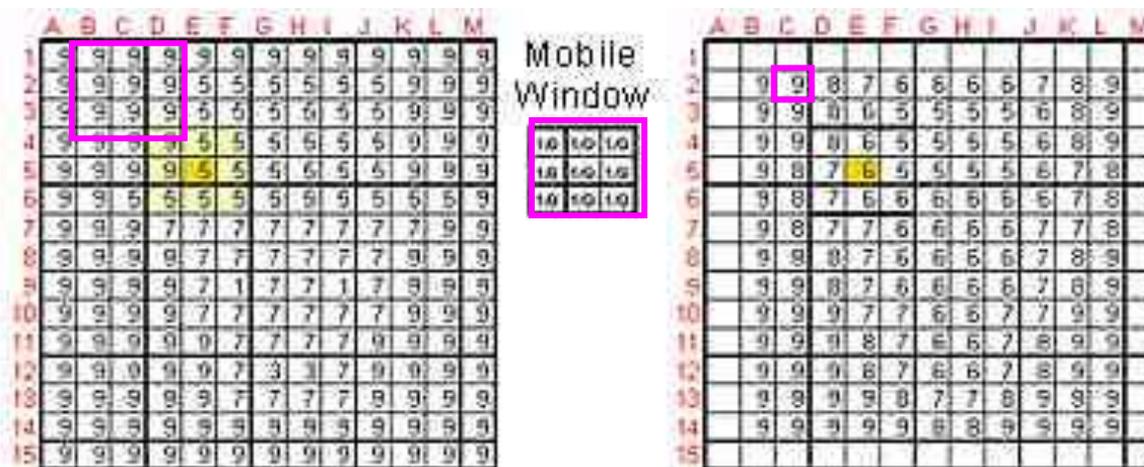
- **Picnofilático de Tobler**

- Superfície baseada nos centroides geométricos das unidades censitárias
- Superfície suave ~ “filtro de média”



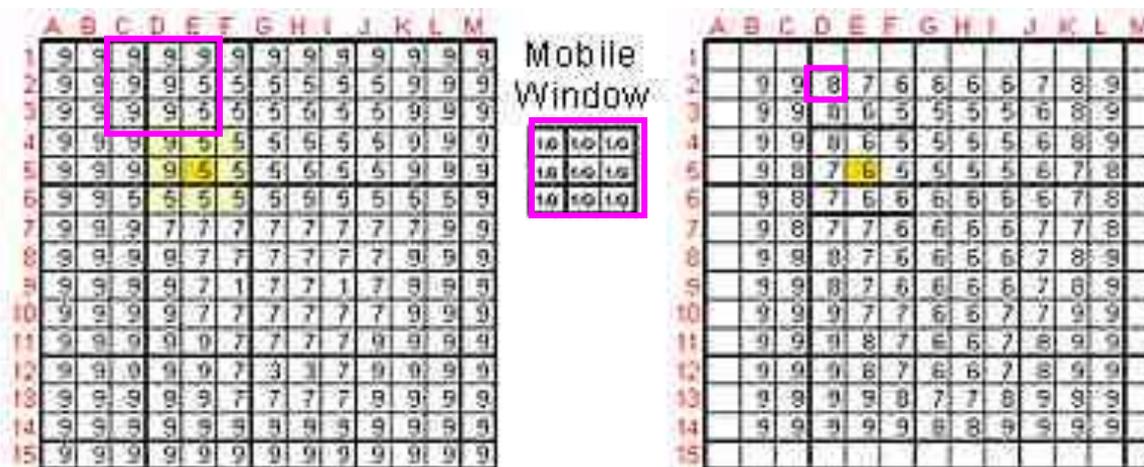
- **Picnofilático de Tobler**

- Superfície baseada nos centróides geométricos das unidades censitárias
- Superfície suave ~ “filtro de média”



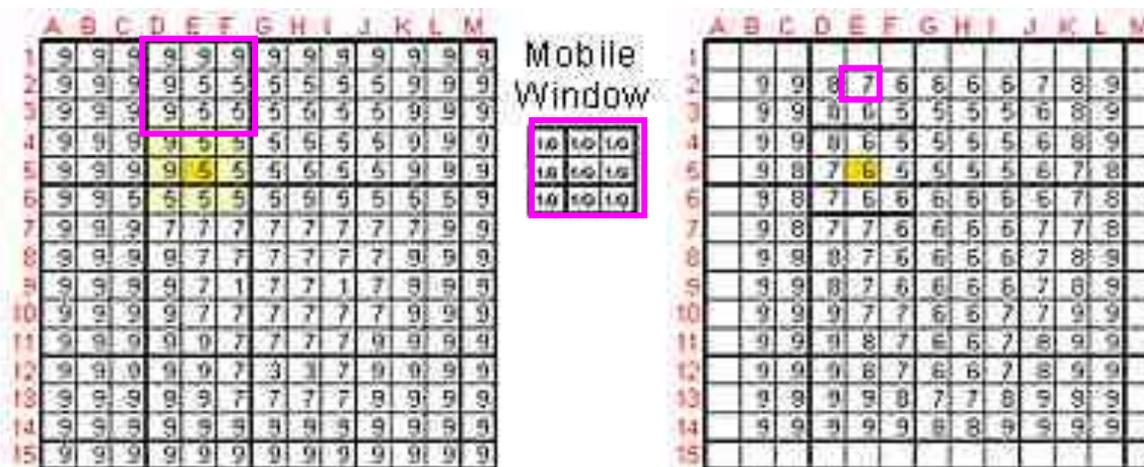
- **Picnofilático de Tobler**

- Superfície baseada nos centróides geométricos das unidades censitárias
- Superfície suave ~ “filtro de média”



- **Picnofilático de Tobler**

- Superfície baseada nos centróides geométricos das unidades censitárias
- Superfície suave ~ “filtro de média”

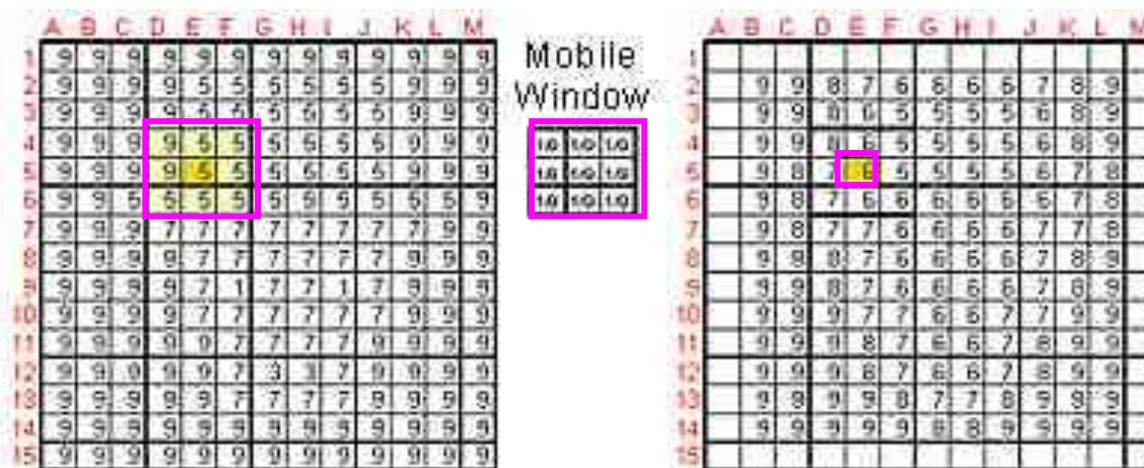


Mobile Window

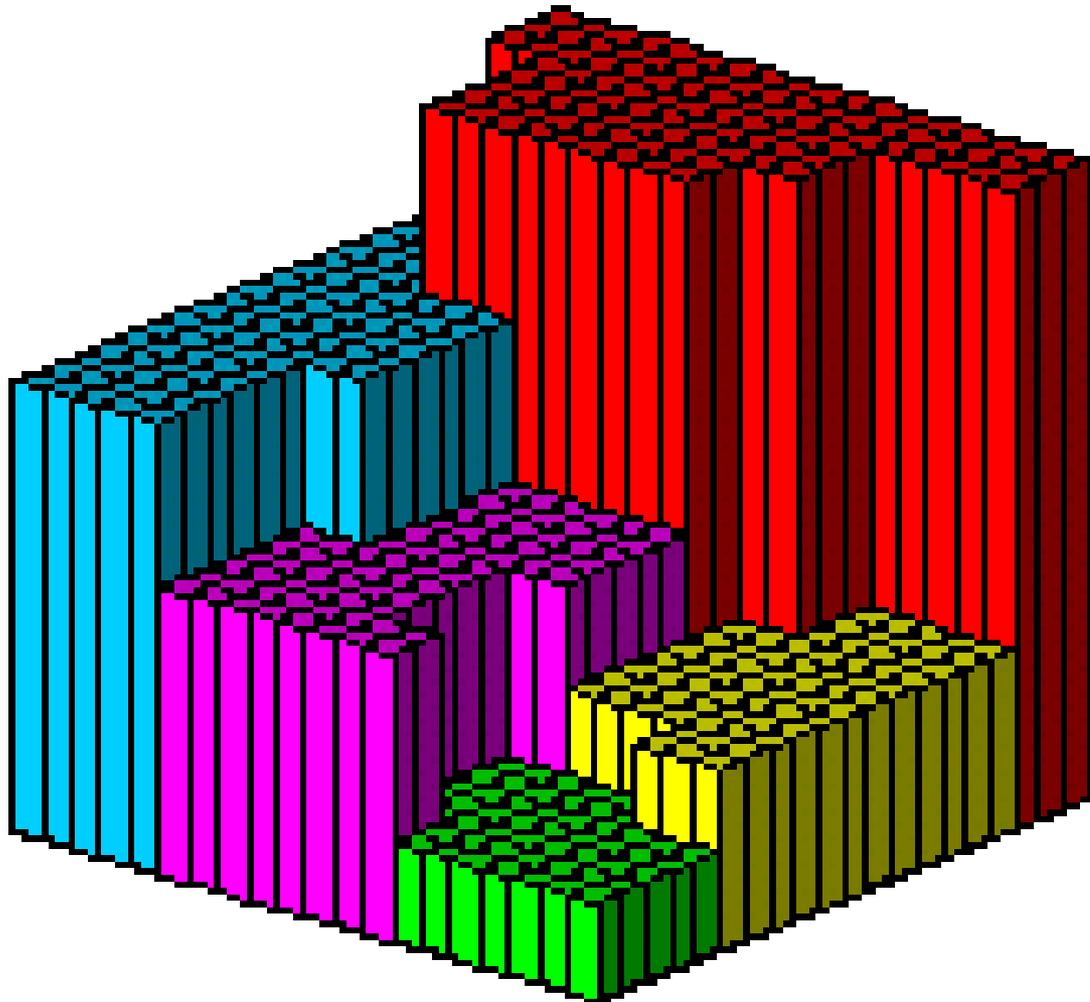
10	10	10
10	10	10
10	10	10

- **Picnofilático de Tobler**

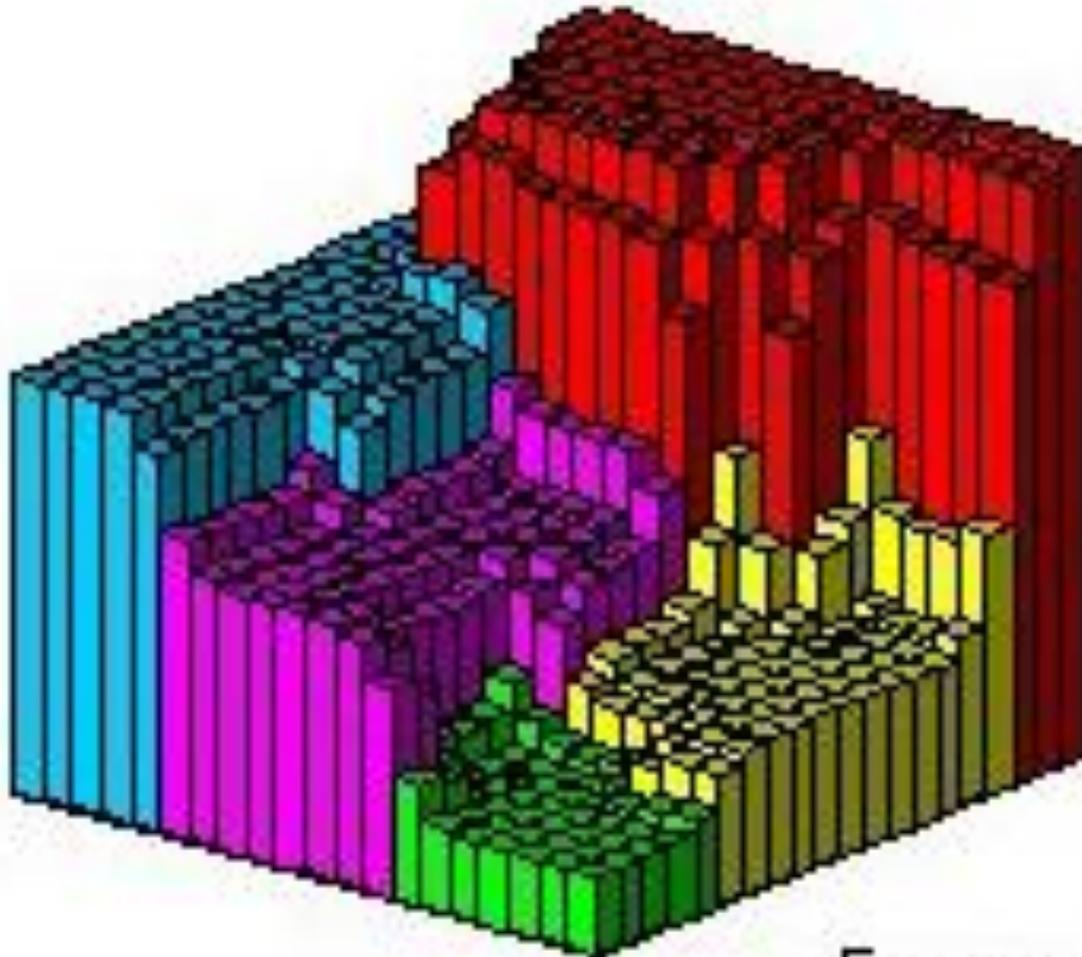
- Superfície baseada nos centróides geométricos das unidades censitárias
- Superfície suave ~ “filtro de média”



# Zero Iterations

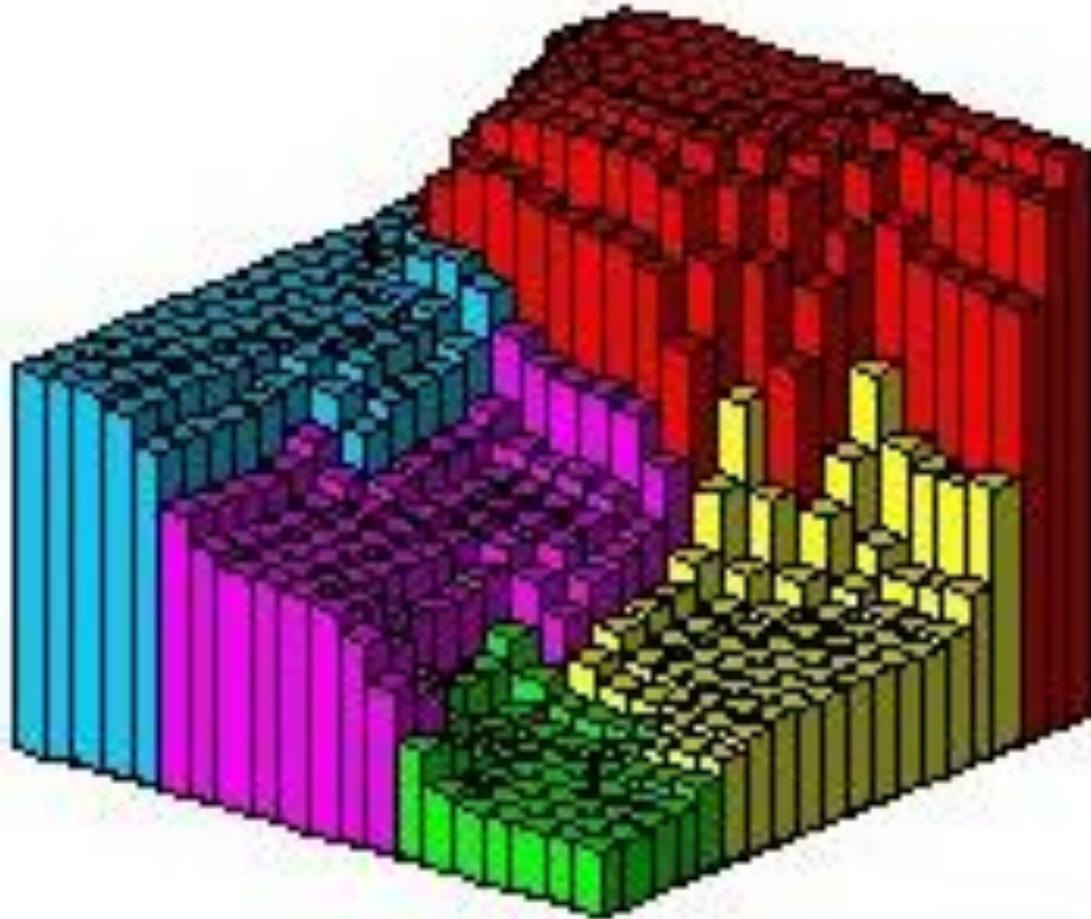


# 5 Iterations



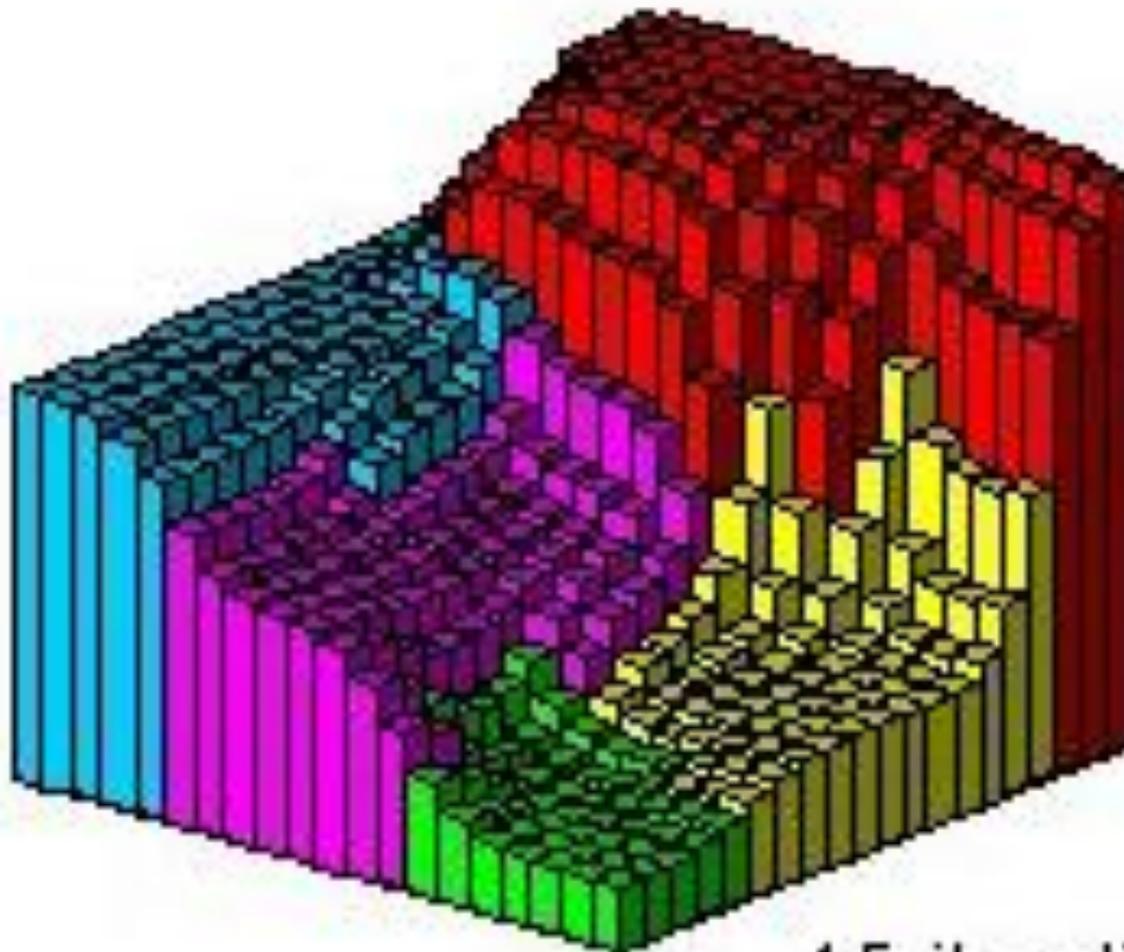
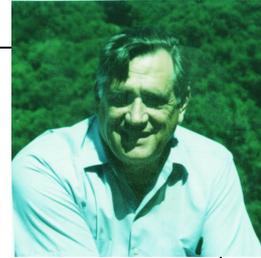
5 iterations

# 10 Iterations



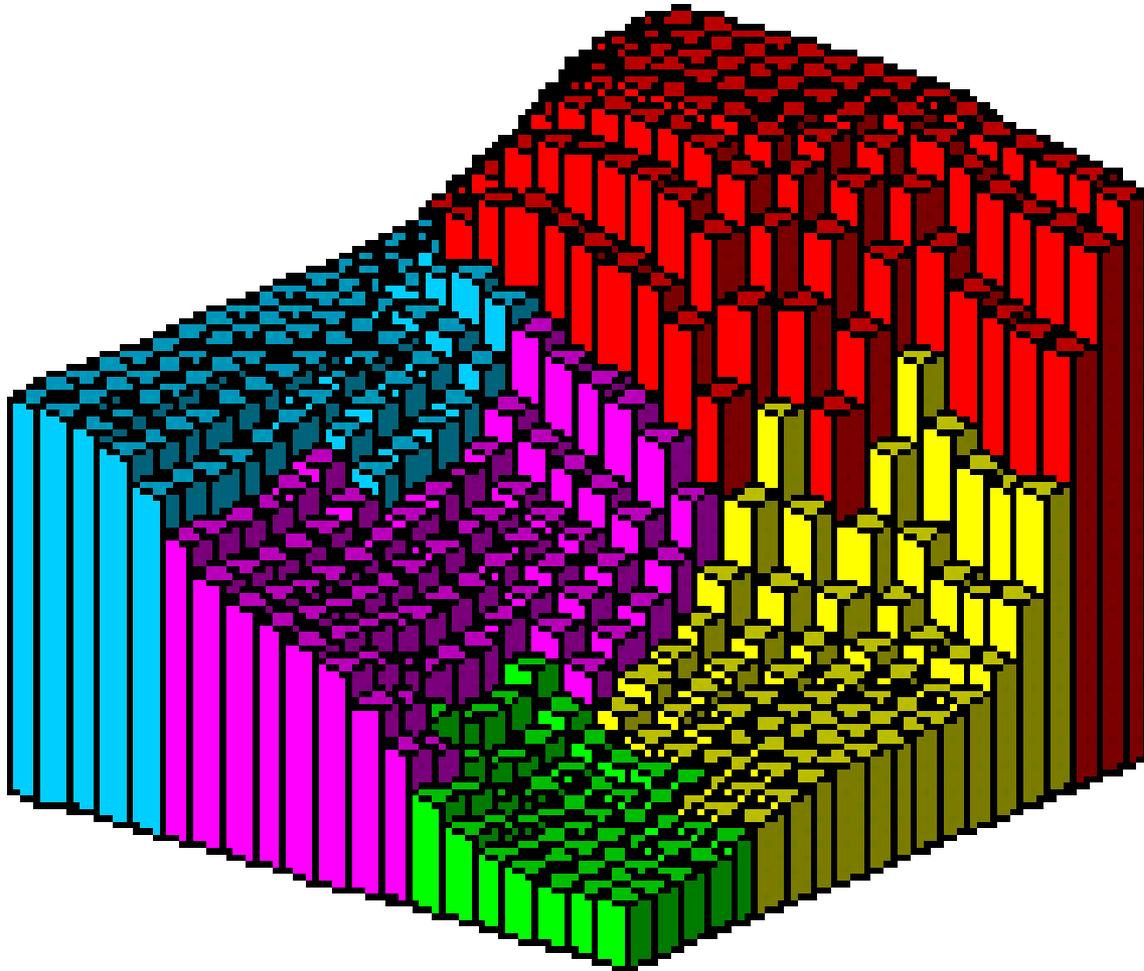
10 iterations

# 15 Iterations

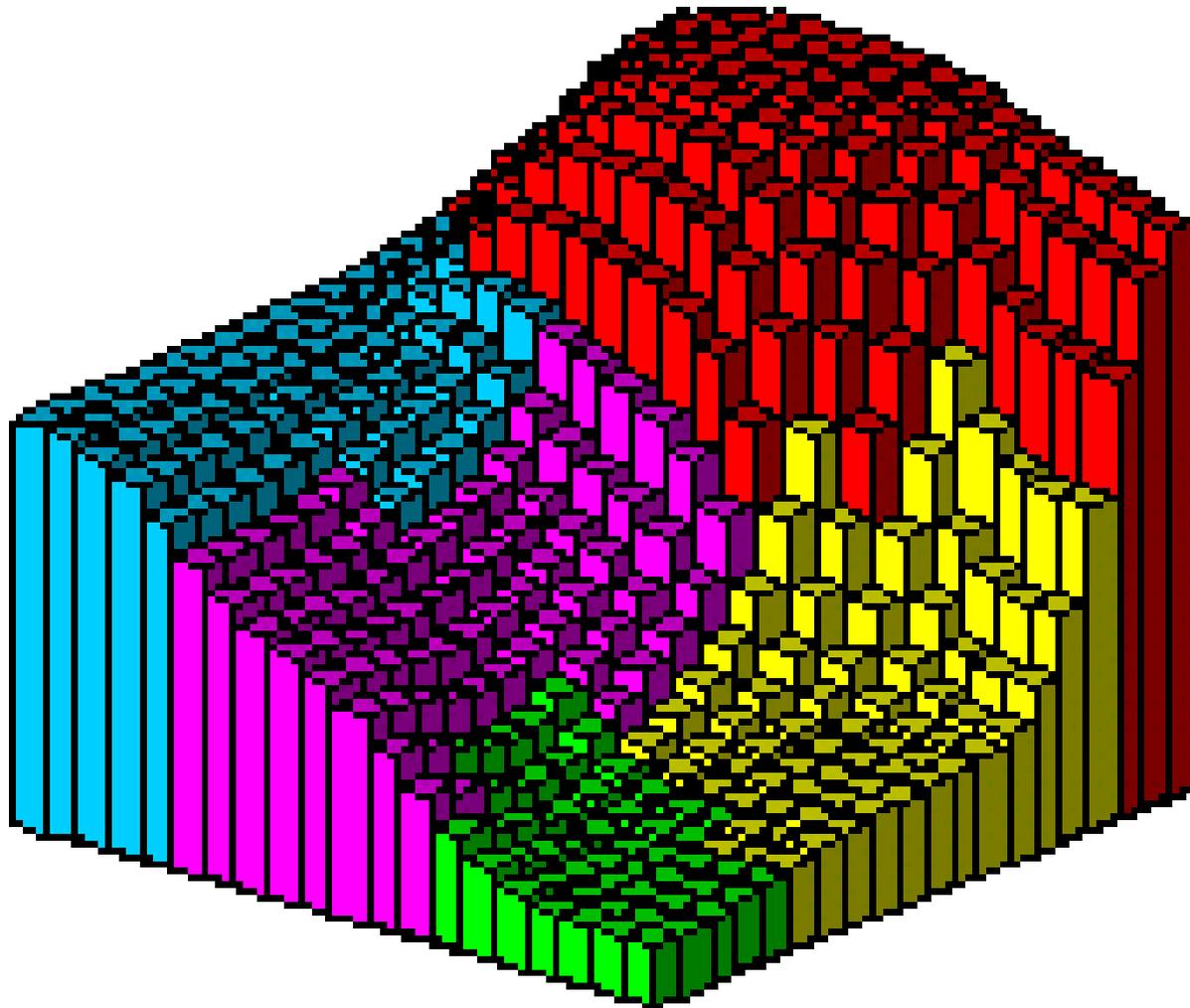


15 iterations

20 Iterations



25 Iterations



25 iterations

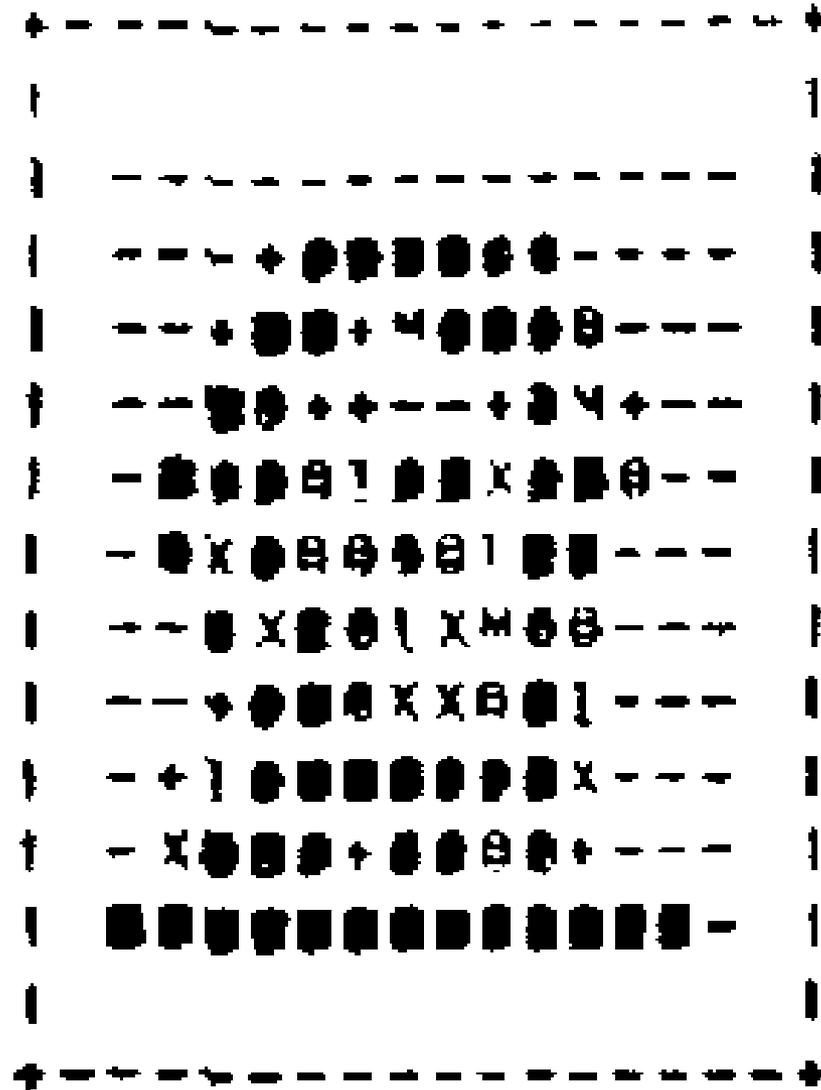


# Realocação Pycnophylactic também funciona para dados coletados em células/grades

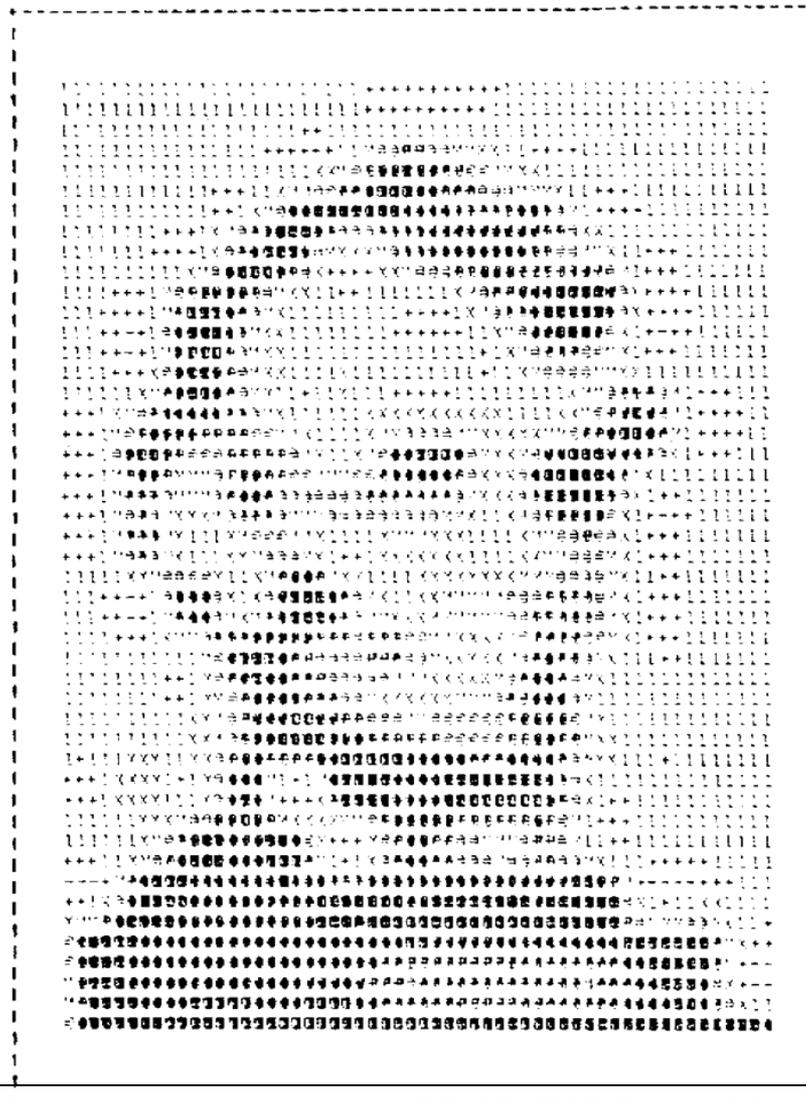
(não foi desenhado para este objetivo)

- Ex. Dados em Pixels
- Não entre pixels - o que resultaria em efeitos diferentes
- Mas valores nas vizinhanças dos pixels são considerados para um pixel, pelo critério de suavização

# Ex Imagem processada (20 by 14)



# Quadruplicada (80 x 56) mas com a mesma "massa" total



# Condições de limites e suavização



Pode usar diferentes critérios de suavização:

- **LaPlacian e biharmonic.**
- Assim como para a equação diferencial parcial, é necessário especificar as condições de contorno/limite
  - A Condição **Dirichlet** especifica o valor no limite, e
  - A condição de **Neumann** especifica o gradiente no limite.

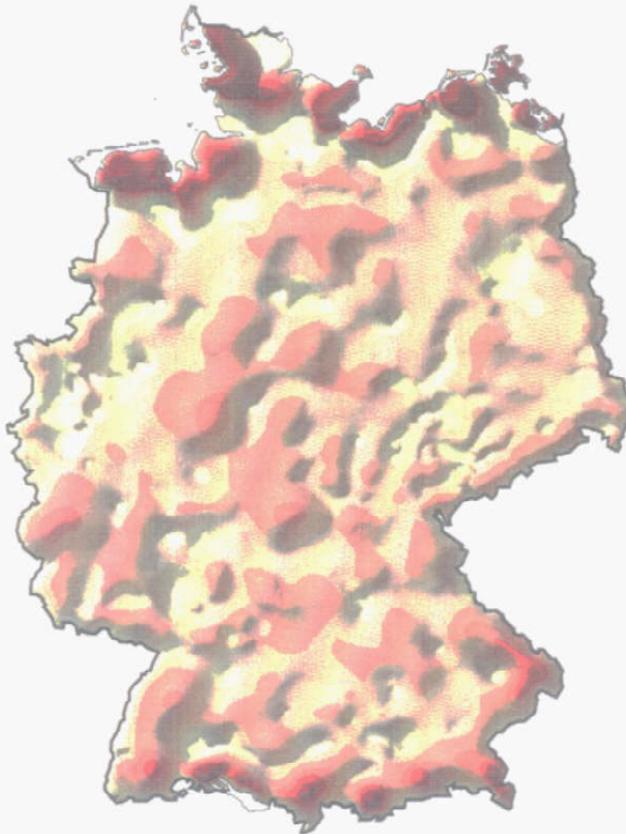
# LaPlacian & Biharmonic Smoothing

## Dirichlet Boundary Condition



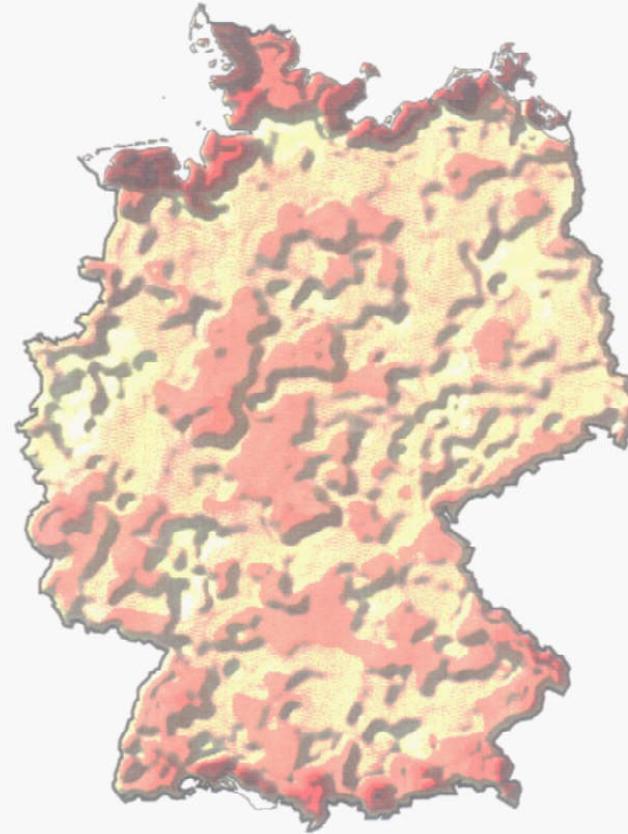
### Landschaftliche Attraktivität

Suavização  
Contorno: Laplace  
Dirichlet  
Iterationen: 100  
Restfehler: 0.3142 %



a) Stetigkeit nach Laplace-Gleichung

Suavização  
Contorno: Biharmonisch  
Dirichlet  
Iterationen: 50  
Restfehler: 0.0099 %



b) Stetigkeit nach biharmonischer Gleichung

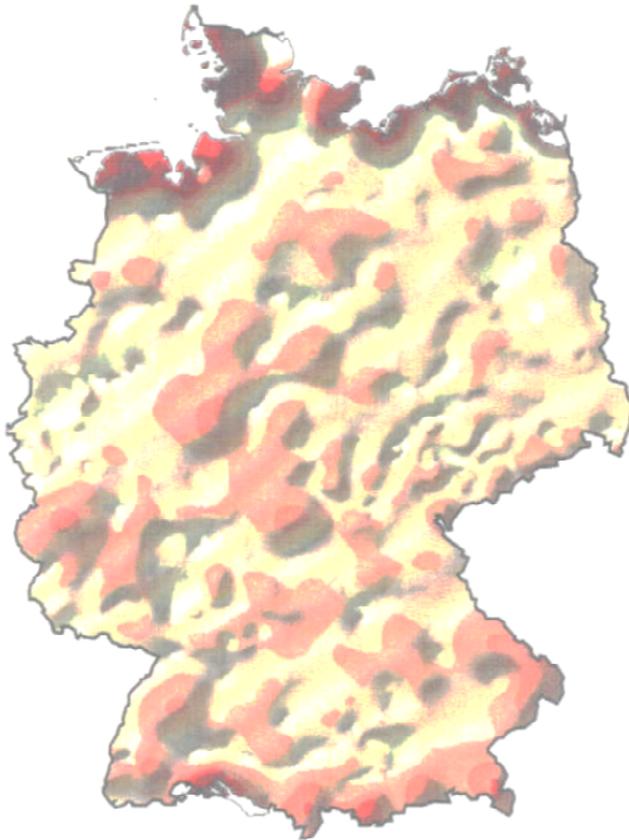
# LaPlacian & Biharmonic Smoothing

## Neumann Boundary Condition



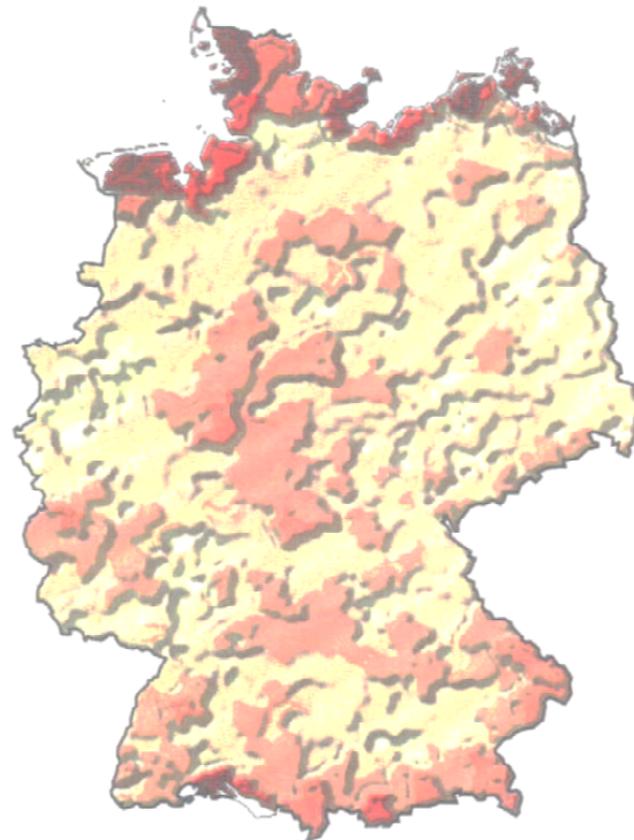
### Landschaftliche Attraktivität

Suavização: Laplace  
Contorno: Neumann  
Iterationen: 100  
Restfehler: 0.0123 %



a) Laplace-Gleichung, Neumann-Grenze

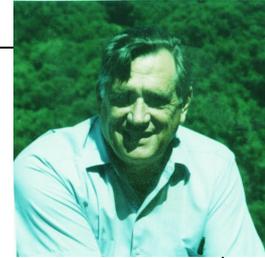
Suavização: Biharmonisch  
Contorno: Neumann  
Iterationen: 13  
Restfehler: 0.0099 %



b) Biharmonische Gleichung, Neumann-Grenze

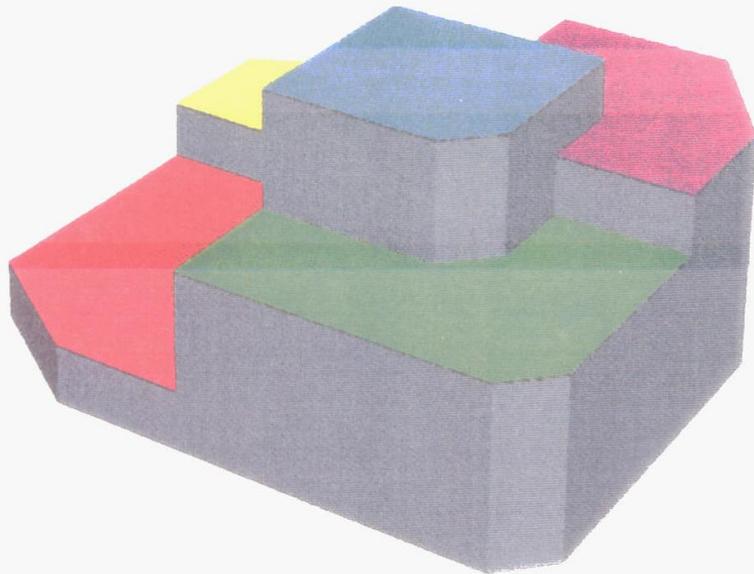
Abb. 2-30 Pyknophylaktische Interpolation mit Neumann-Grenzbedingung

# Elementos Finitos também funcionam...

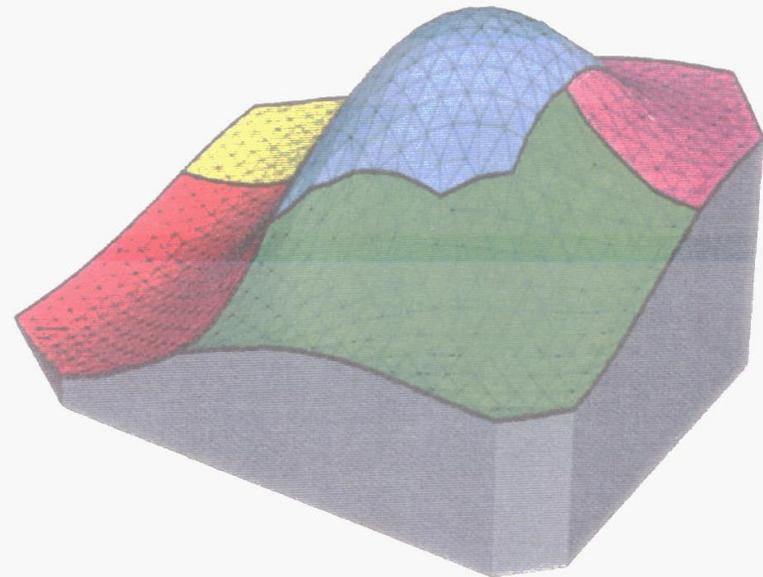


## Superfície Original e suavizada usando triângulos

Wolf-Dieter Rase, 2001, "Volume-preserving interpolation of a smooth surface from polygon-related data", J. Geograph. Syst., 3: 199-213



a) Perspective view of choropleth map



b) Regular grid of triangles

# Pode incluir outras fontes de dados



- Imagens ou foto aéreas

- podem ser apropriadas para redefinir polígonos, excluindo-se algumas áreas.

- No caso do fenômeno ser população:

- Lagos, florestas e zonas industriais devem ser isentos de população

- Neste caso, usar condições de Dirichlet para os limites destas áreas de valor zero, e depois proceder com os novos polígonos como usual.

- Pode-se refinar o procedimento para incluir polígonos com valores de população diminuídos ou aumentados

Em cartografia conhecidos como **métodos dasimétricos**.

# Vantagens da Preservação de Massa



- Problemas de realocar observações em unidades de coleta diferentes, quando os dois conjuntos não são nem aninhados nem compatíveis
  - Ex. converter o # de crianças observado por setor censitário em um município para uma contagem por distrito escolar.
  - Limites mudam com o tempo, requerem realocação para compatibilização
  - Valores de densidade obtidos pelo método pycnophylatic permitem uma estimativa simples.
  - Um “cookie cutter” pode cortar a superfície de contínua, em novas zonas e fazer para obter a soma do valor.





# Faz diferença?

Interpolação procedimento	Desvio Absoluto			Relativa
	Valor da Variável (%)			Variância
	MIN	MÉD	MAX	%
Malha, sem particionamento				
Shepard	0.01	10.65	1013.39	3.51
Hardy (Q = 0,5, R = 0,21)	0	11.07	1515.45	4.23
Mesh, casco convexo				
Renka, linear	0	17.39	3192.25	10.66
Renka, global Gradientenschätzung	0.01	13.26	1113.36	6.38
Renka, local Gradientenschätzung	0.04	14.65	2463.1	7.79
Renka com QUADSF (Spath)	0	12.77	998.08	5.95
Montefusco Casciola / Akima	0.01	11.52	1114.73	4.82
	0	11.59	1389.1	5.08
Grille, casco côncavo				
Renka global Gradientenschätzung	0.01	10.45	1112.81	3.6
Renka, local Gradientenschätzung	0.01	12.32	2658.03	6.49
Renka com QUADSF (Spath)	0	10.93	997.6	4.81
Continuação divisão do TIN				
Shepard	0.03	6.64	2147.73	0.52
Renka global Gradientenschätzung	0.03	2.75	2644.66	0.16
Renka, local Gradientenschätzung	0.01	0.58	4111.18	0.16
Renka com QUADSF (Spath)	0.01	4.13	2632.2	0.24
Pyknophylaktische Interpolação	0.1	1.89	364.18	0.02

- Poucas comparações entre realocação de área com preservação de massa e interpolação baseada em pontos
- Tabela Wolf Rase – German Data

# Comparação



Figure 8.13 (p. 150) of T. Slocum, “Thematic Cartography and Visualization”,  
Prentice Hall, 1999.

## Pycnophylactic reallocation

Wheat Harvested in Kansas, 1993  
(pycnophylactic)



Contour Lines Represent Percent of Land Area

## Punctual Kriging from Centroids

Wheat Harvested in Kansas, 1993  
(kriging)



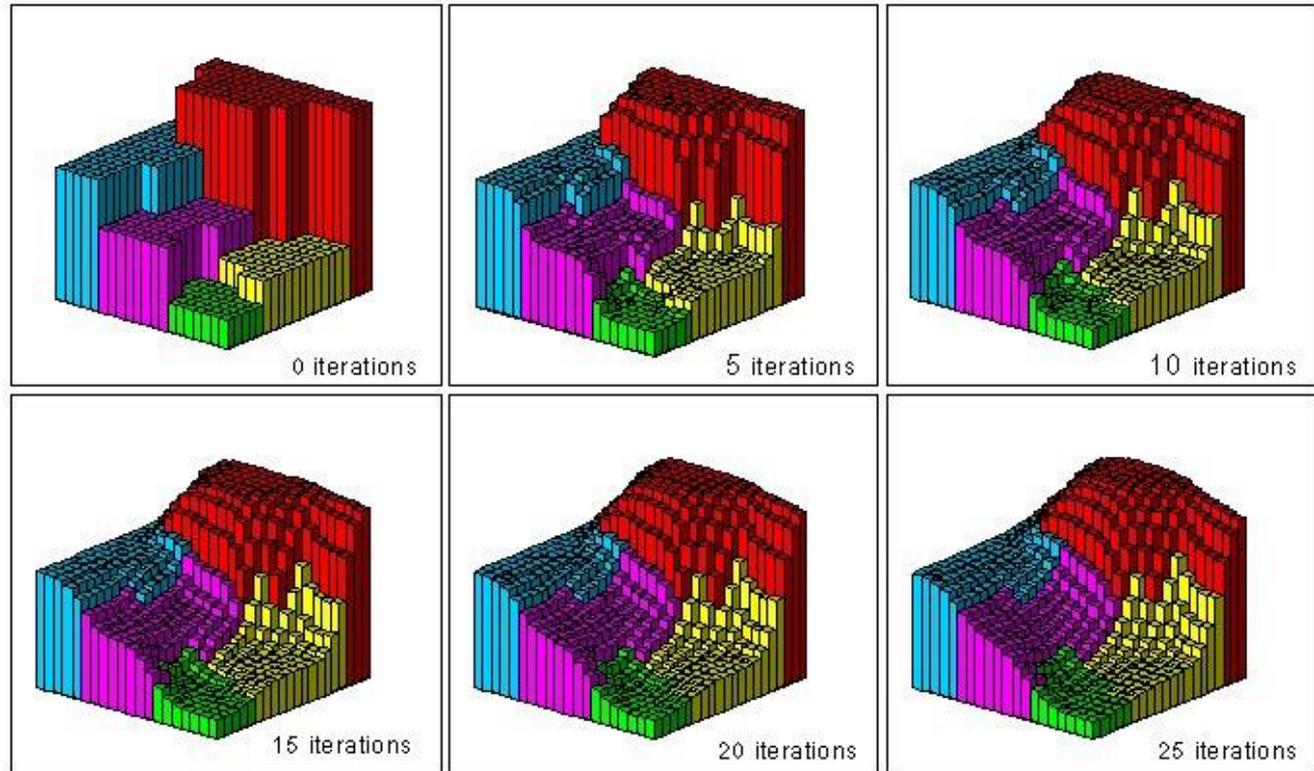
Contour Lines Represent Percent of Land Area

# Modelos de População “Univariados”

## Picnofilático de Tobler

- Pondera pela distância ao centróide, função de densidade populacional concêntrica em torno do centróide geométrico
- Indica população em toda a superfície (não há zeros)

Considera os valores das áreas adjacentes e mantém o total de população

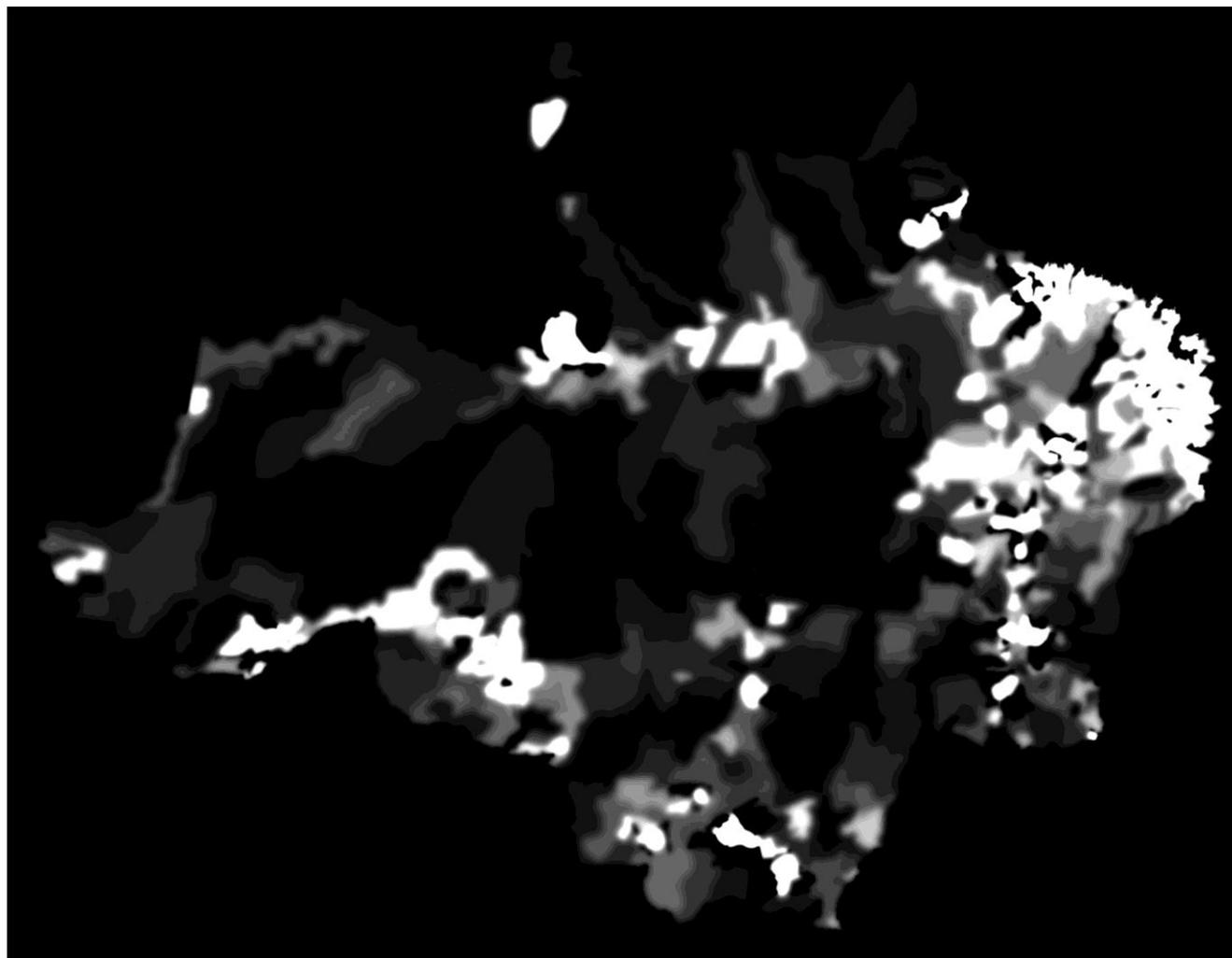


# Modelos de População “Univariados”

Para Amazônia - 2000

Picnofilático  
de Tobler

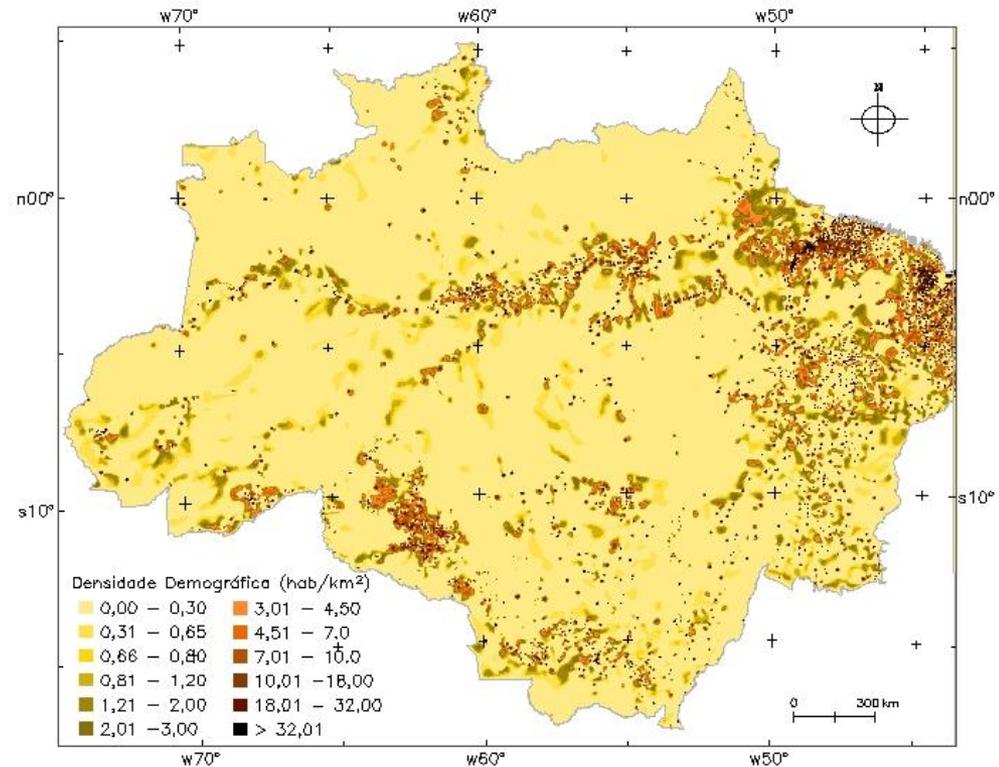
- MM97
- TobLux\*



# População na AmzL

## Superfícies de Densidade – Picnofilático de Tobler

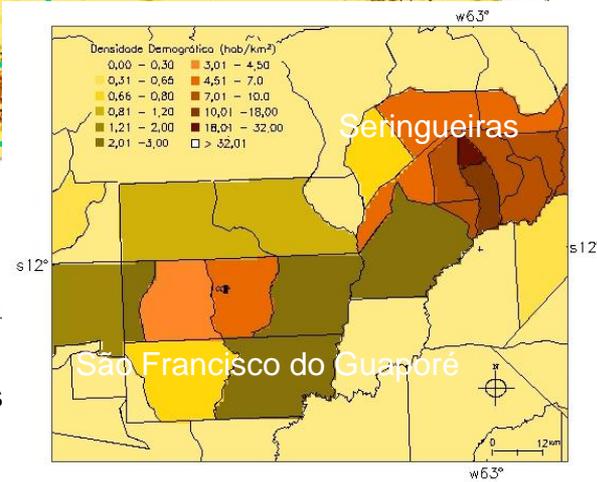
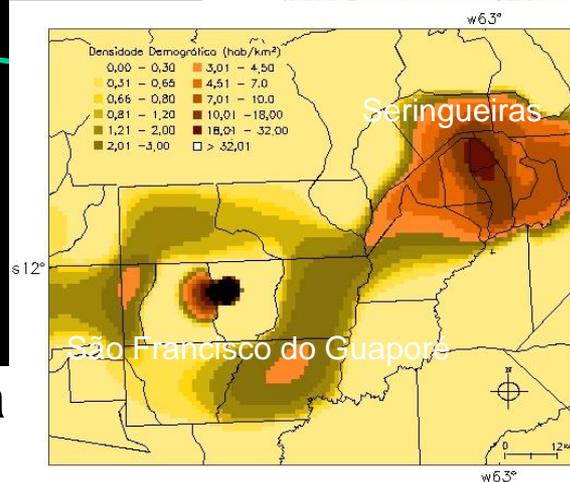
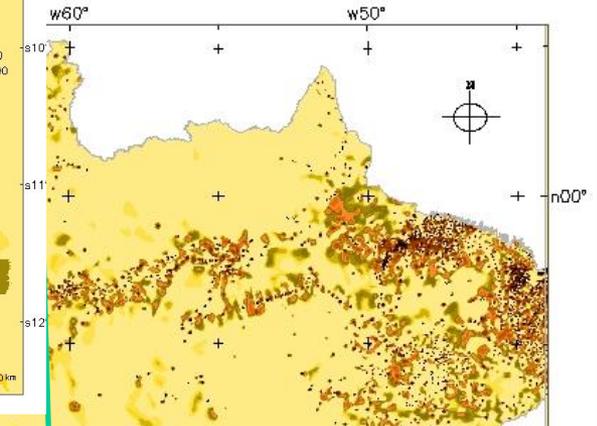
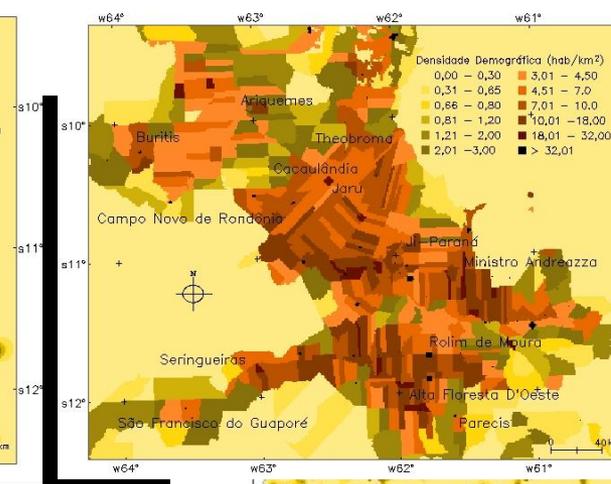
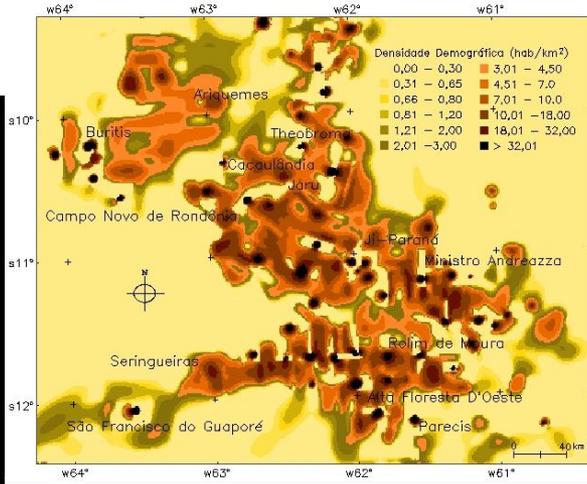
- Preserva volumes, suaviza limites poligonais
- Malha municipal 1997, população total 2000
- Das superfícies-> Mapas temáticos para análise
- Continuidade para áreas pequenas e densidades similares
- Por setor censitário 2000



Densidade População Total 2000

# População na AmzL

## Picnofilático de Tobler



densidades simila

- Por setor censitário 2000



# More Tests Needed

Tests are also needed to determine the viability of pycnophlyactic reallocation when converting from one set of areas to another.

To date no adequate tests of this procedure have been reported.

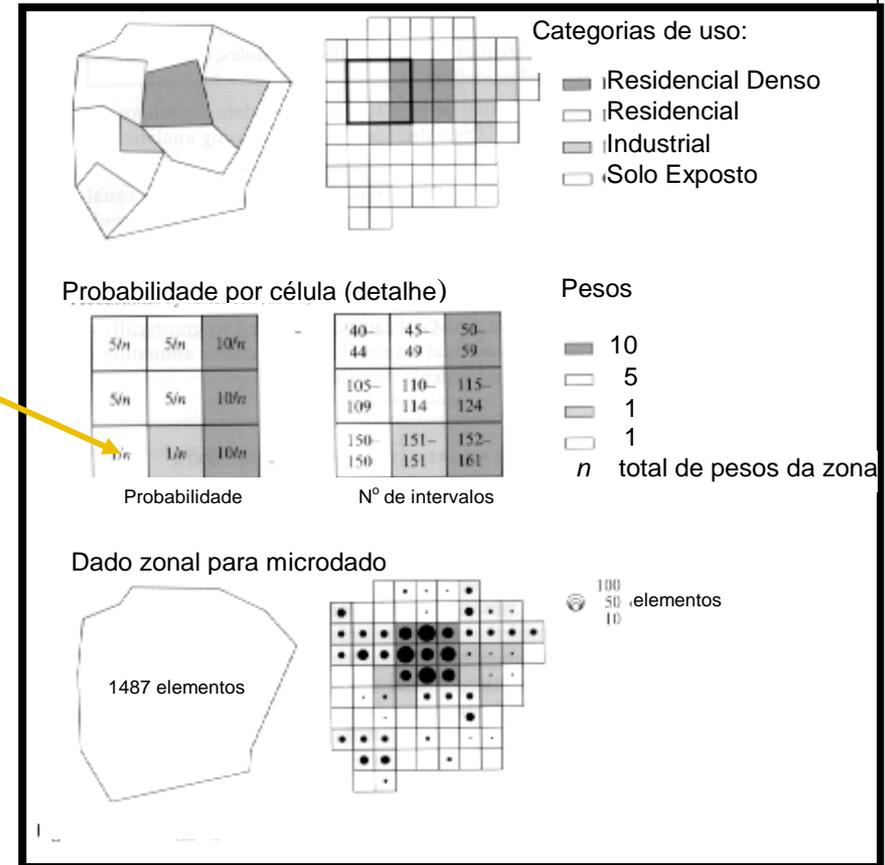
In essence these would test the adequacy of the hypothesis implying spatial autocorrelation - that neighboring places have similar values.

**I appreciate your attention and thank you.**



# Modelos de População “Multivariados”

- Variáveis indicadoras da presença humana para distribuir a população nas superfícies de densidade.
- **Método Dasimétrico** – uso de classificações de imagens de SR: classes de uso do solo – pesos para desagregação
- Interpoladores Inteligentes: informação espacial de outras fontes para orientar interpolação:
  - superfície de ponderação “mapeia” dados originais na superfície de saída
  - Variáveis preditoras x var. de interesse



População, Espaço e Ambiente

Abordagens Espaciais em Estudos de População:  
Métodos Analíticos e Técnicas de Representação

Parte IV – Integração de Dados

Método Dasimétrico

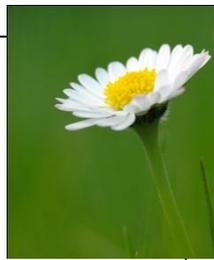
Silvana Amaral

Antonio Miguel V. Monteiro

{silvana@dpi.inpe.br, miguel@dpi.inpe.br}



# Origem



- **dasymetry**

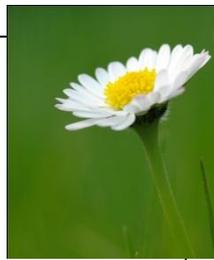
[física] s. dasimetria, f.; parte da Física que estuda a determinação da **densidade** do ar nas diferentes camadas da atmosfera

## Mapeamento Dasimétrico

Termo criado por Benjamin (Veniamin) Petrovich Semenov-Tyan-Shansky e popularizado por Wright (1936).

*Técnica cartográfica para a apresentação de dados, que podem ser conceituados e representados como variações contínuas, mas irregulares de dimensões como tempo, espaço, elevação ou temperatura (adaptado de Mennis, 2009).*

# Origem



- **dasymetry**

[física] s. dasimetria, f.; parte da Física que estuda a determinação da densidade do ar nas diferentes camadas da atmosfera

## Mapeamento Dasimétrico

Pode ser definido como um tipo de interpolação para áreas que utiliza dados auxiliares (adicionais ou relacionados) para facilitar o processo de interpolação

IS NOT= to choropleth mapping:

- Os limites da representação cartográfica não são arbitrários, mas refletem a distribuição espacial da variável que está sendo mapeada (Eicher and Brewer 2001).

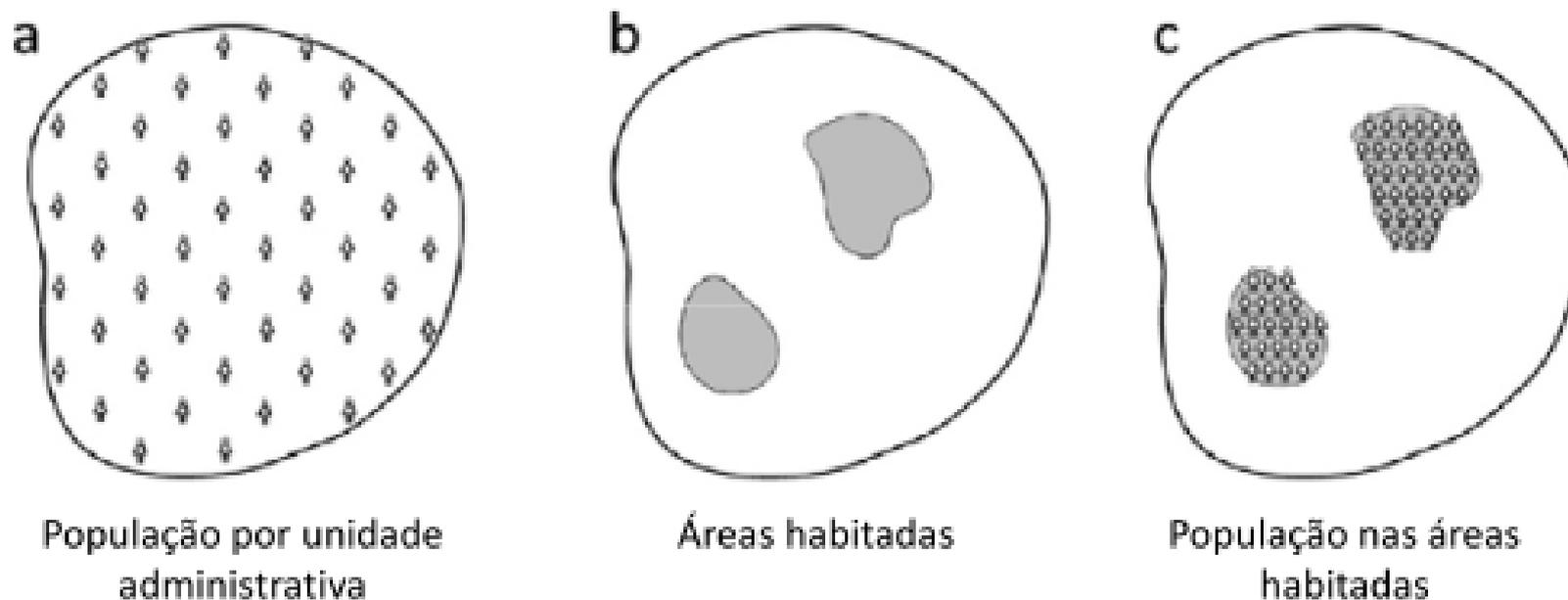
# Objetivos - aplicações



- Suporte para elaboração de superfícies de densidade populacional
- Levantamento de dados
- Reconhecimento dos processos e sua heterogeneidade espacial
- Interação com outros aspectos e interesses
- Suporte para Modelagem

## Método de desagregação: dasimétrico

Recorre a informação geográfica auxiliar, fortemente correlacionada com a variável a representar, de forma a melhorar a sua representação cartográfica, limitando a distribuição às áreas em que de facto ela ocorre.



# Mapeamento Dasimétrico

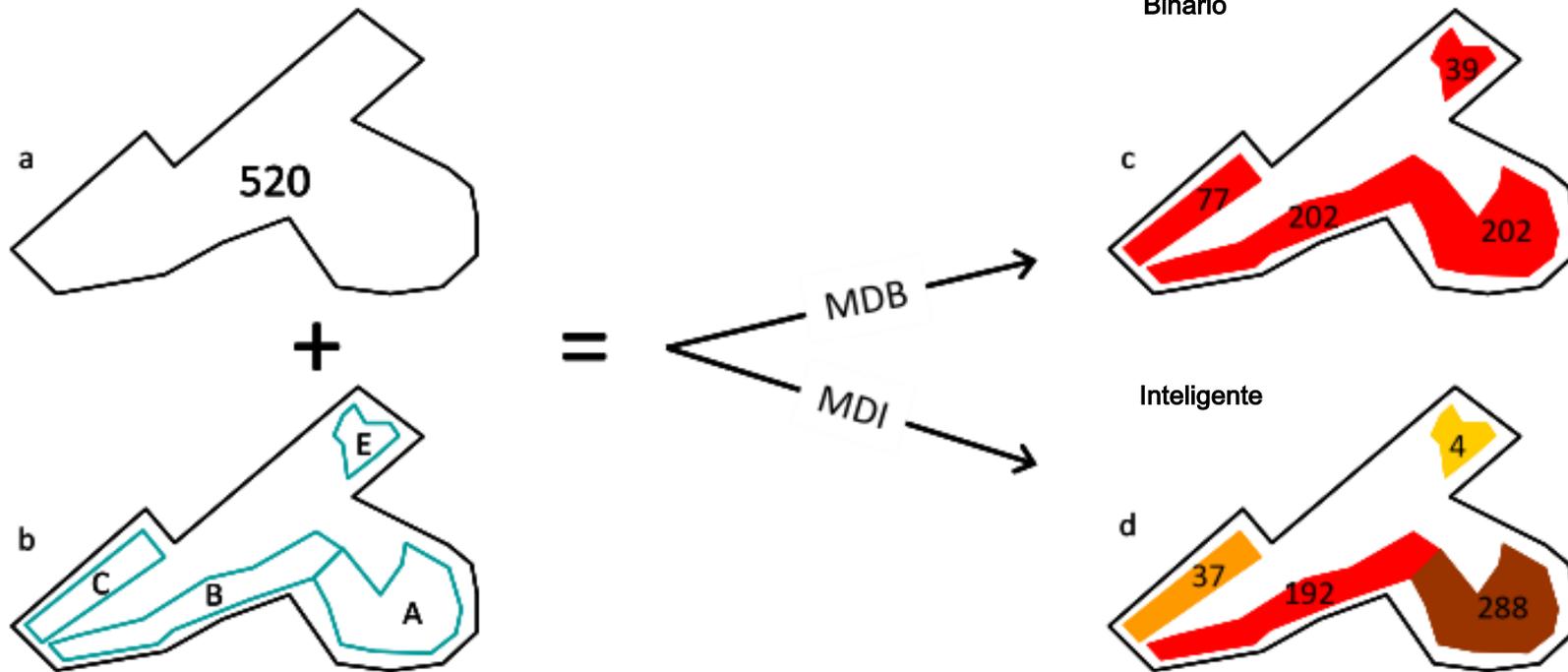
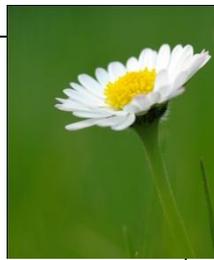


Figura 28. Tipos de Mapeamento Dasimétrico. (a) Unidade de enumeração hipotética com 520 residentes; (b) Classes de ocupação do solo hipotéticas existentes no interior da unidade de enumeração. (c) e (d) Modelos de distribuição da população produzidos por Mapeamento Dasimétrico Binário (c) e Inteligente (d).

- A – Área edificada compacta
- B – Área edificada linear contínua
- C – Área edificada linear descontínua
- D – Área edificada em espaço rural
- E – Área de edificação dispersa

# Mapeamento Dasimétrico Binário (MDB)

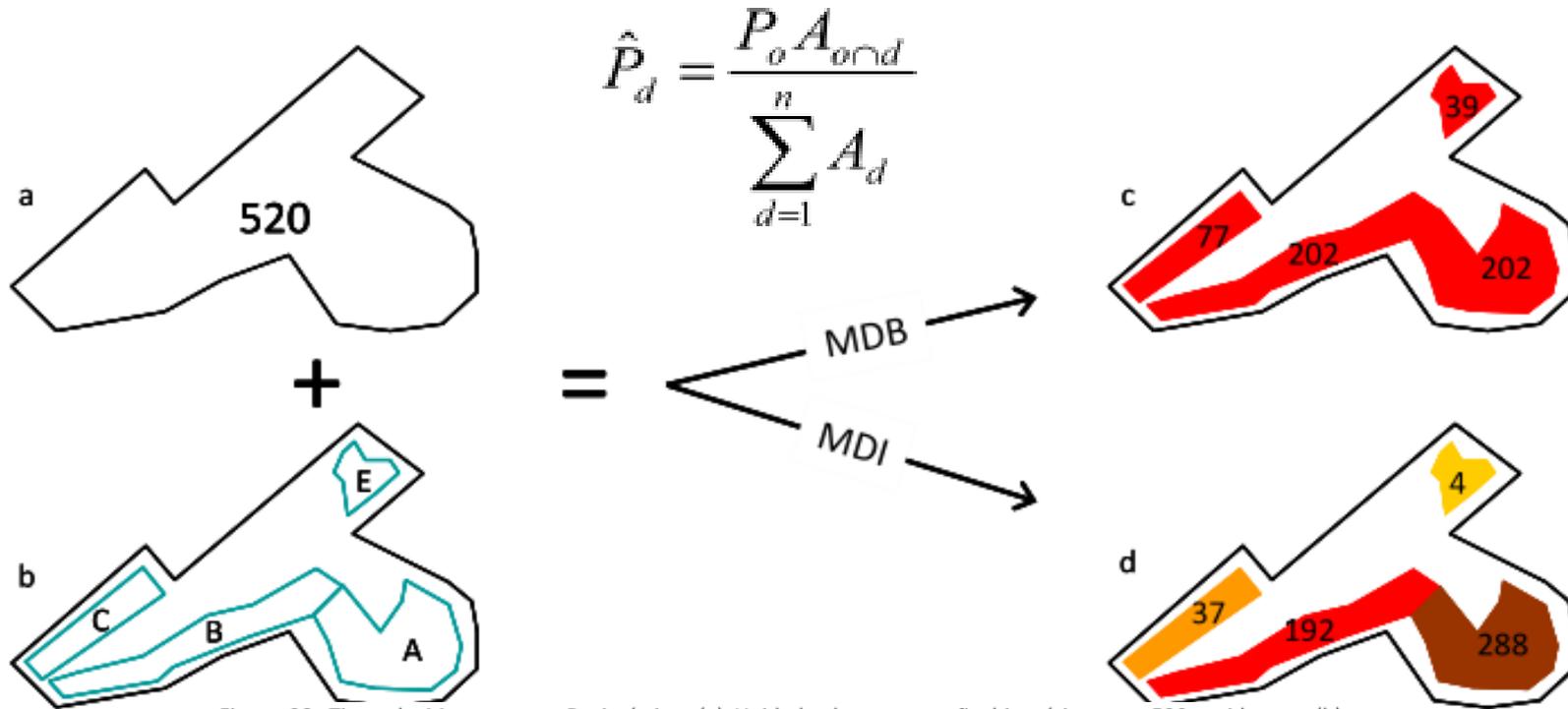
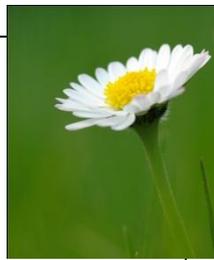


Figura 28. Tipos de Mapeamento Dasimétrico. (a) Unidade de enumeração hipotética com 520 residentes; (b) Classes de ocupação do solo hipotéticas existentes no interior da unidade de enumeração. (c) e (d) Modelos de distribuição da população produzidos por Mapeamento Dasimétrico Binário (c) e Inteligente (d).

$\hat{P}_d$  = população estimada para a zona de destino  $a$

$P_o$  = população conhecida na zona de origem  $o$

$A_{o \cap d}$  = área zona de destino  $d$

$A_d$  = área da zona de destino  $d$

$n$  = número de zonas de destino

# Mapeamento Dasimétrico Binário (MDB)

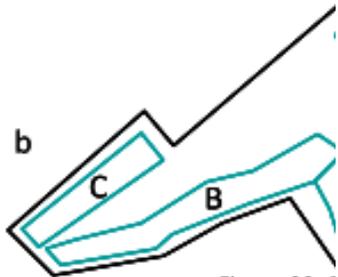
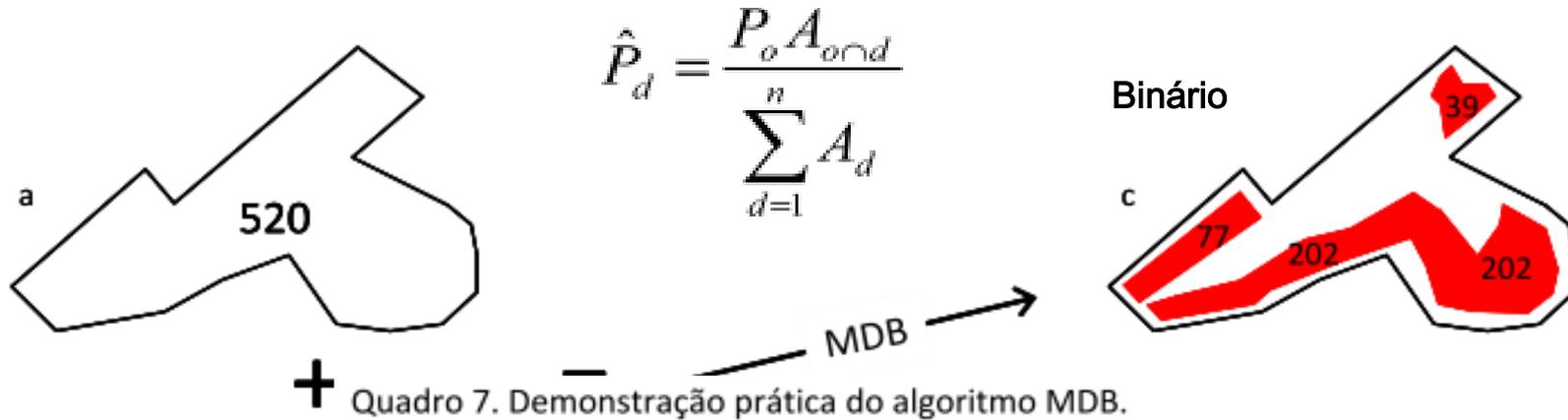
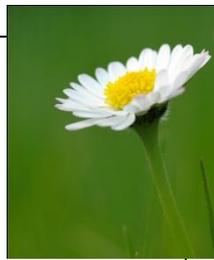


Figura 28.1  
Classes de  
distribuição

	1	2	3	4	5	6	7	8
	Classe de ocupação do solo	População agregada à secção	Nr. total de pixéis na secção	Nr. pixéis na secção	$\Sigma 4$	4 / 5	2 x 6	7 / 4
A				21		0.39	202	9.630
B				21		0.39	202	9.630
C		520	100	8	54	0.15	77	9.630
D				0		0.00	0	0.000
E				4		0.07	39	9.630

- 1 - Classes de ocupação do solo com presença de função residencial
- 2 - População agregada à secção estatística
- 3 - Número total de pixéis na secção (área total da secção)
- 4 - Número de pixéis de cada classe de ocupação do solo na secção estatística
- 5 - Número total de pixéis com função residencial
- 6 - Percentagem de população a alocar a cada classe de ocupação do solo
- 7 - População alocada por classe de ocupação do solo
- 8 - População atribuída a cada pixel

## Método de desagregação: dasimétrico

População por subsecção

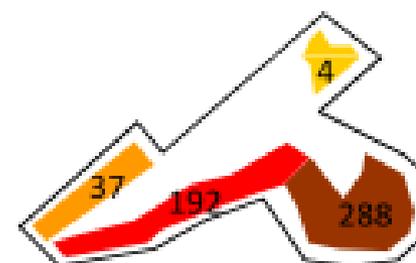


Informação auxiliar



=

População desagregada



- A – Área edificada compacta
- B – Área edificada linear contínua
- C – Área edificada linear descontínua
- D – Área edificada em espaço rural
- E – Área de edificação dispersa

$$\hat{P}_d = P_o \left( \frac{A_d \hat{D}_c}{\sum_{d \in o} (A_d \hat{D}_c)} \right)$$

$D_c$  é um parâmetro obtido por amostragem;

Corresponde a uma **densidade populacional relativa** entre as classes do zoneamento auxiliar, ou **Fração de densidade**.

# Mapeamento Dasimétrico Inteligente

$$\hat{P}_d = P_o \left( \frac{A_d \hat{D}_c}{\sum_{d \in o} (A_d \hat{D}_c)} \right)$$



Quadro 8. Demonstração prática do algoritmo MDI.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Classe de ocupação do solo	População agregada à secção	Nr. total de pixéis na secção	Fracção de densidade	Nr. pixéis na secção	$\sum 5$	$4 * 5$	$\sum 7$	$7 / 8$	$2 * 9$	$10 / 5$
A	520	100	0.45	21	54	9.45	17.07	0.55	288	13.708
B			0.3	21		6.3		0.37	192	9.139
C			0.15	8	1.2	0.07		37	4.569	
D			0.07	0	0	0.00	0	0.000		
E			0.03	4	0.12	0.01	4	0.914		

- A – Área edificada compacta
- B – Área edificada linear contínua
- C – Área edificada linear descontínua
- D – Área edificada em espaço rural
- E – Área de edificação dispersa

1 - Classes de ocupação do solo com presença de função residencial

2 - População agregada à secção estatística

3 - Número total de pixéis na secção (área total da secção)

4 - Densidade populacional relativa amostrada para cada classe de ocupação do solo

5 - Número de pixéis de cada classe de ocupação do solo na secção estatística

6 - Número total de pixéis com função residencial

7 - Ponderação da área de cada classe de ocupação do solo pela fracção de densidade

8 - Somatório de 7

9 - Percentagem de população a alocar a cada classe de ocupação do solo

10 - População alocada por classe de ocupação do solo

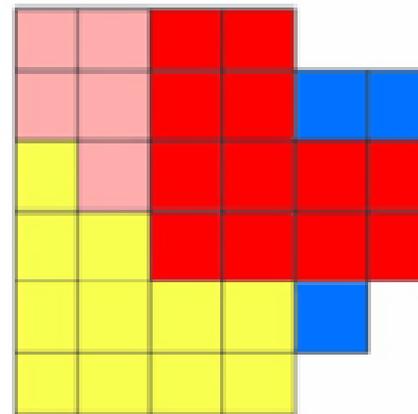
11 - População atribuída a cada pixel

## Método de desagregação: dasimétrico matricial

População por subsecção



Informação auxiliar



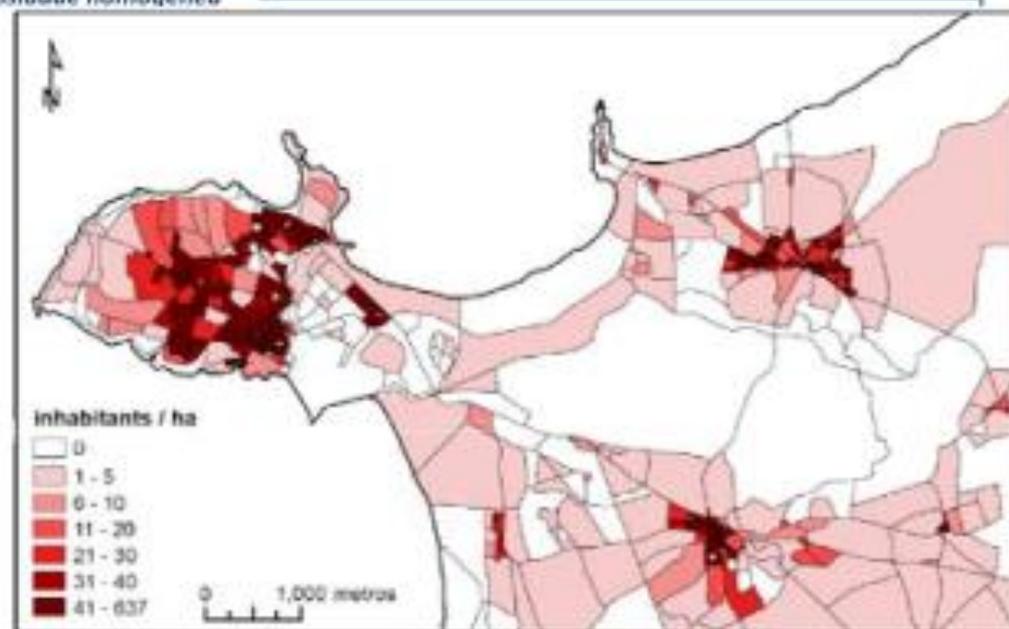
População desagregada

9.64	9.64	12.65	12.65		
9.64	9.64	12.65	12.65	0	0
3.73	9.64	12.65	12.65	12.65	12.65
3.73	3.73	12.65	12.65	12.65	12.65
3.73	3.73	3.73	3.73	0	
3.73	3.73	3.73	3.73		

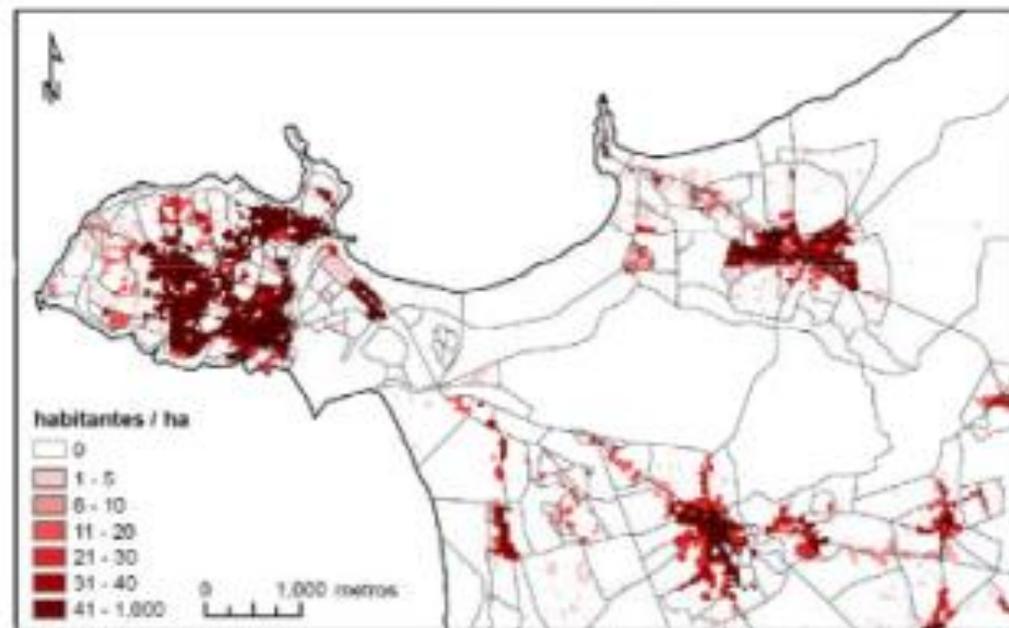
“Modelo digital da População”

# Resultados: distribuição populacional

Mapa  
coropleto



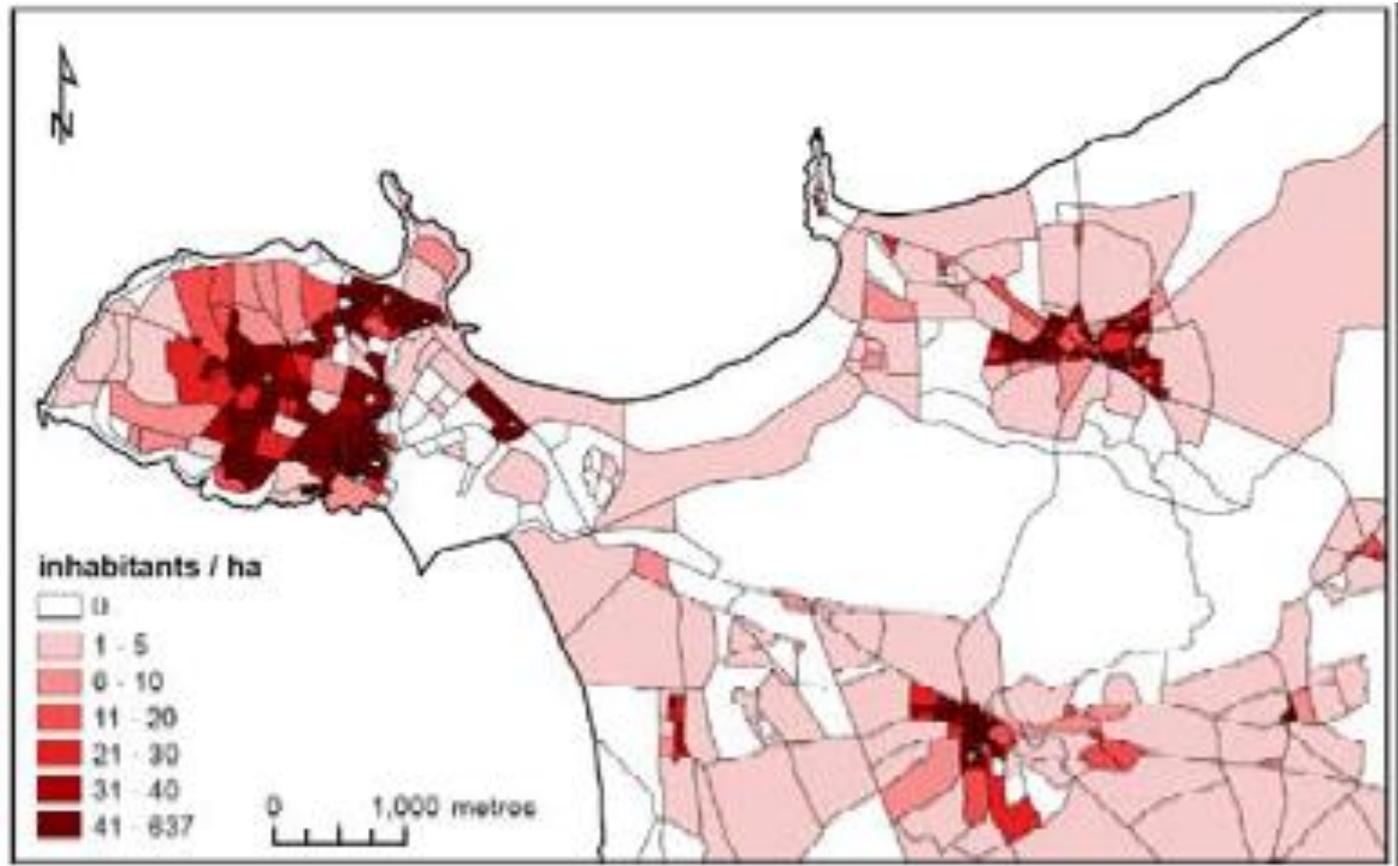
Mapa  
dasimétrico



Marques, Silva & Delgado - A ocupação edificada: delimitação de áreas de densidade homogênea – Seminário “A ocupação dispersa no quadro das

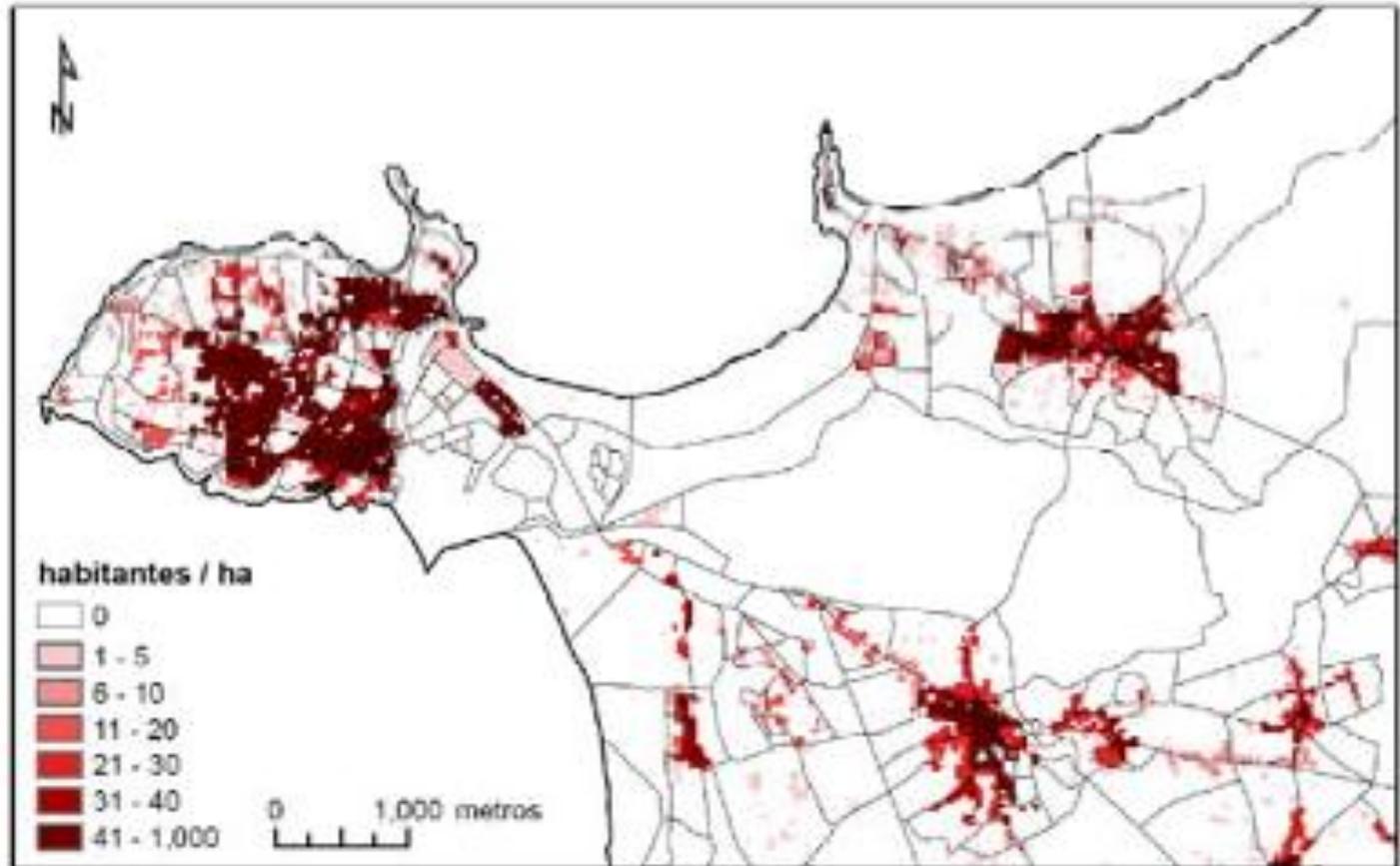
# Resultados – Distribuição populacional

## Mapa coroplético



# Resultados – Distribuição populacional

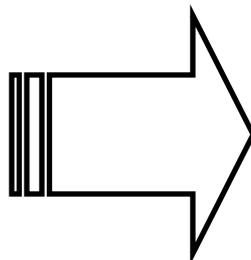
## Mapa Dasimétrico



## Exemplo didático...

- Perspectiva e Objeto de estudo

**Dinâmica  
Populacional e  
Assentamentos  
Humanos**



**Geração de  
Território**

- Para entender mobilidade:
  - Núcleos urbanos - ocorrência e conectividade
  - Informações demográficas (migração) – INCRA, ONGs?
  - Estradas a acessos / vicinais
  - População ribeirinha
  - Indicadores das redes técnicas, físicas e sociais
  - Energia elétrica – produção e consumo (\*)

## DP&AHA – O que temos...

- Marabá

- 15.137,4 km<sup>2</sup> município

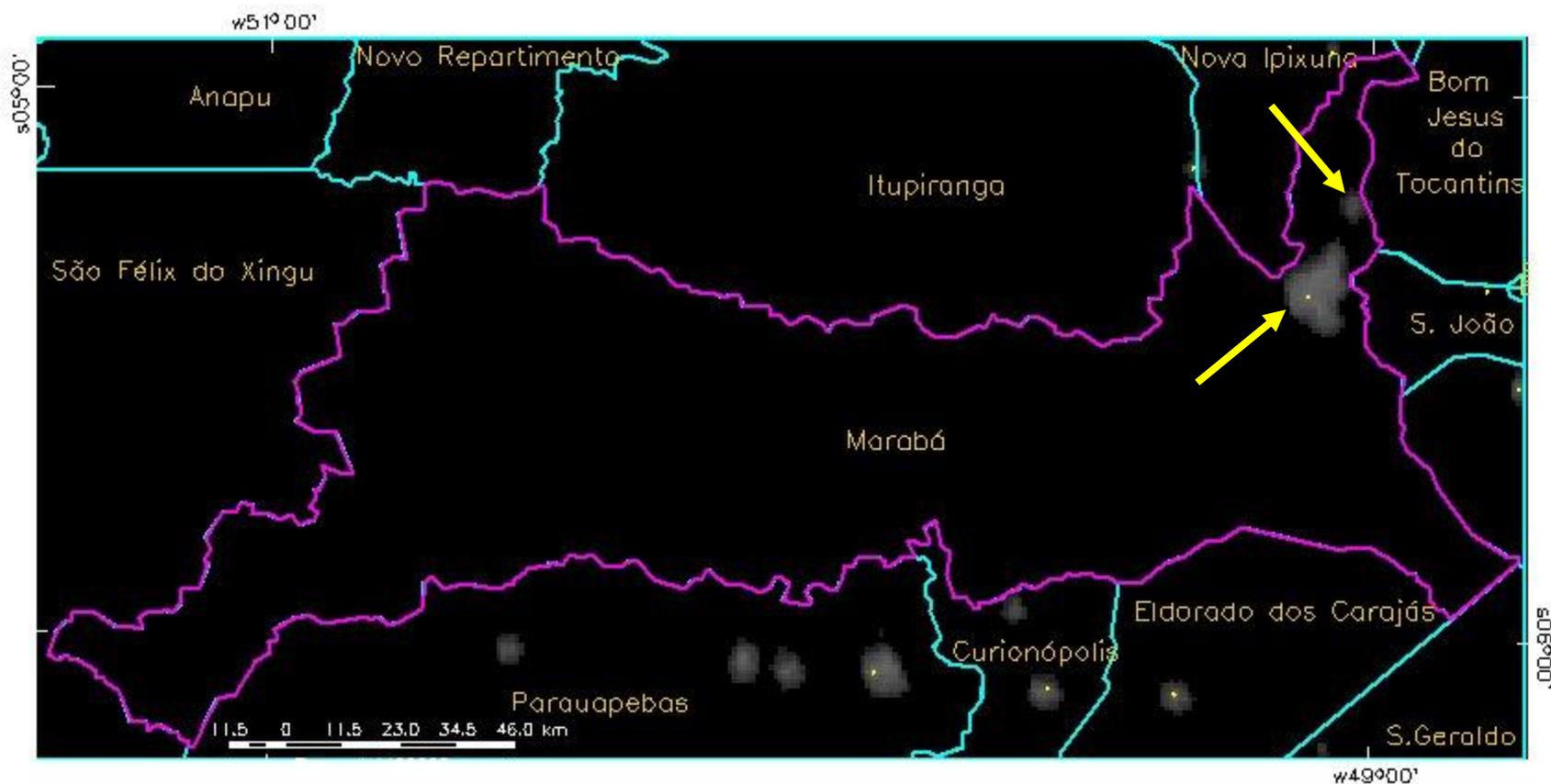
- População

	<b>Pop Urbana</b>	<b>Pop Rural</b>	<b>Pop Total</b>
<b>1991</b>	102.435	21.233	123.668
<b>1996</b>	123.378	26.717	150.095
<b>2000</b>	134.258	33.615	167.873
<b>2000*</b>	134.373	33.647	168.020

- Como encontra-se distribuída esta população?

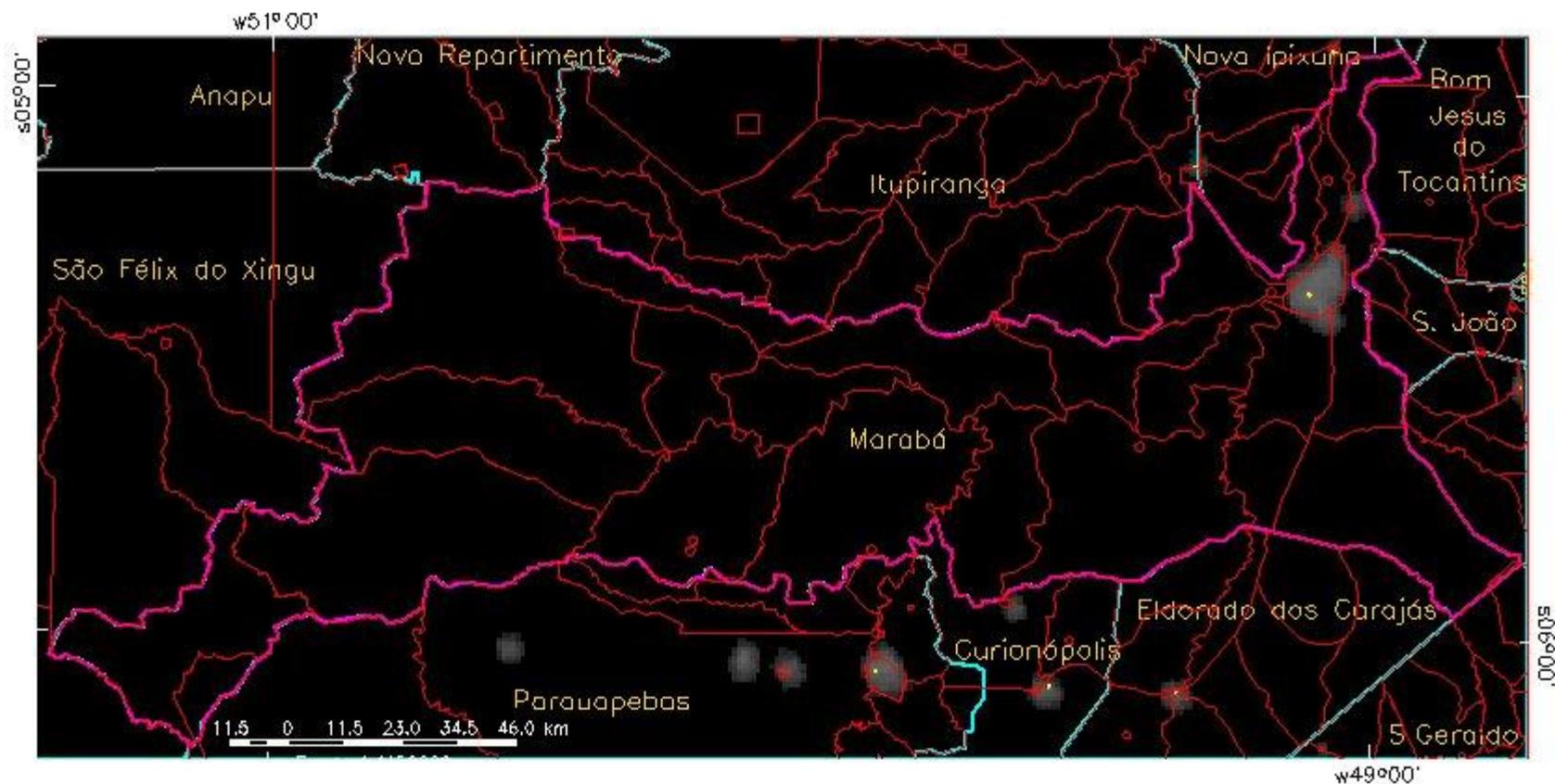
## DP&AHA – O que temos...

- Luzes Noturnas – Escala Global



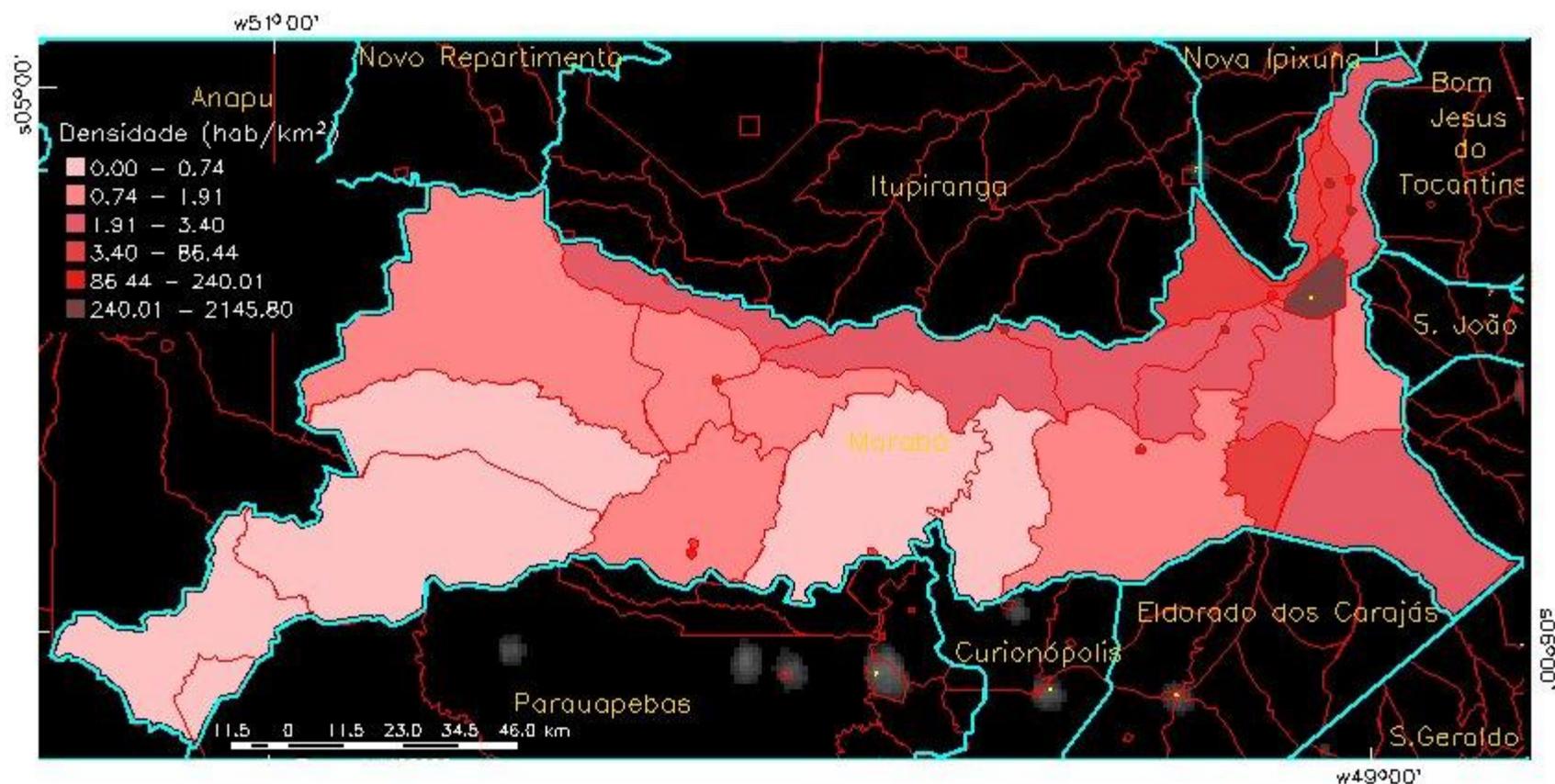
## DP&AHA – O que temos...

- Setores Censitários 2000 \*



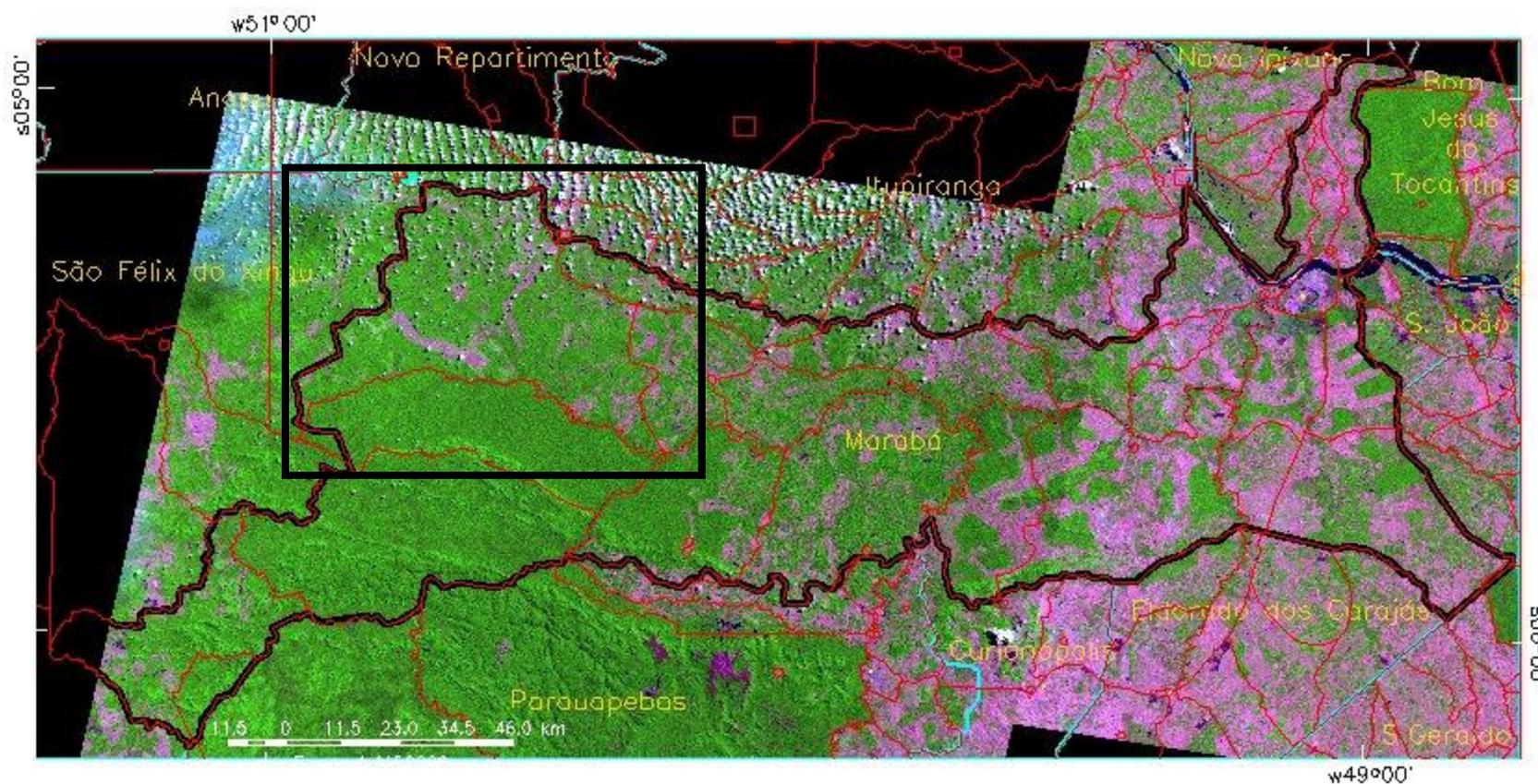
DP&AHA – O que temos...

- Setores Censitários 2000 \* - Densidade Populacional

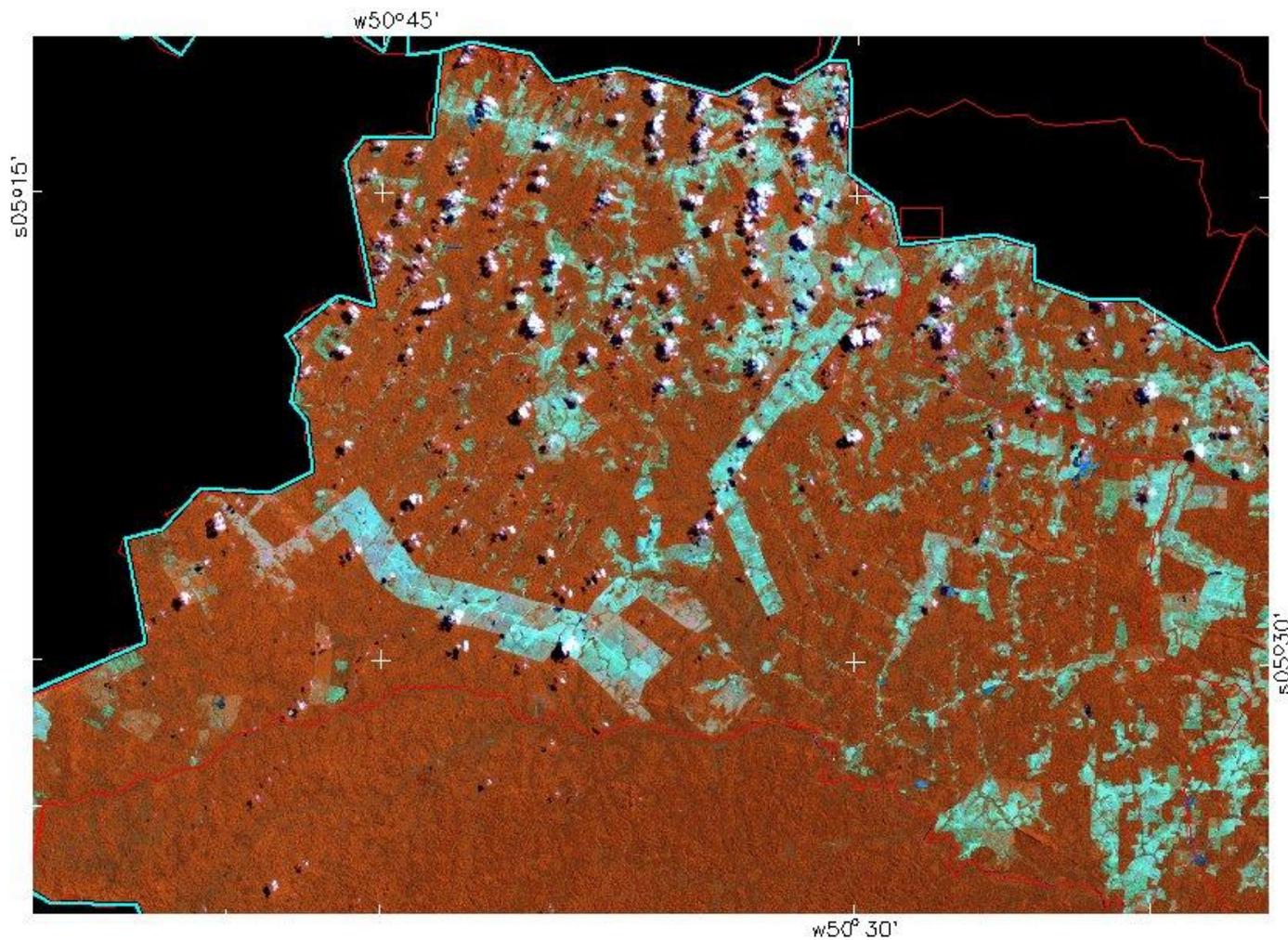


## DP&AHA – O que temos...

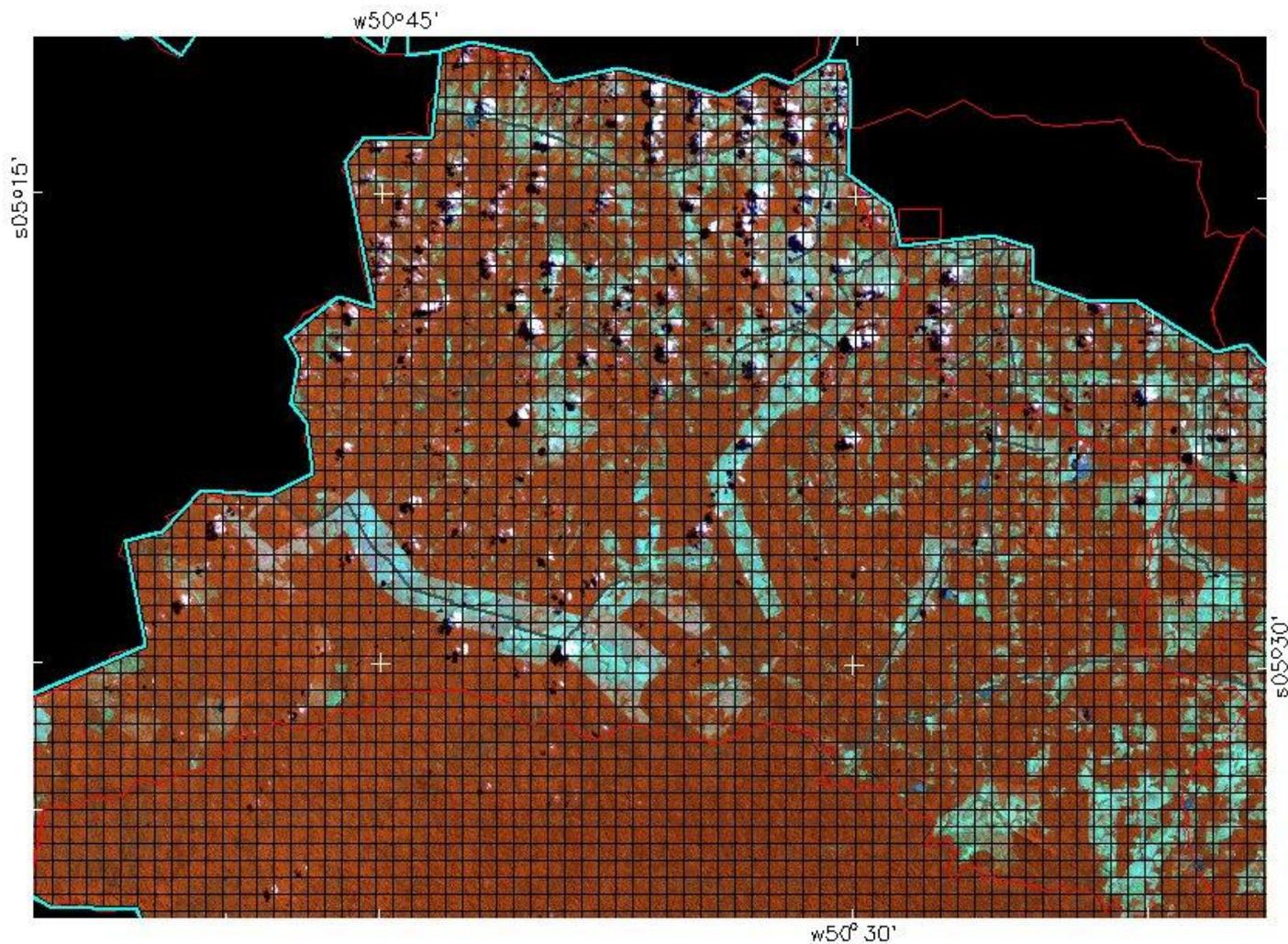
- Setores Censitários 2000 \* - Heterogeneidade



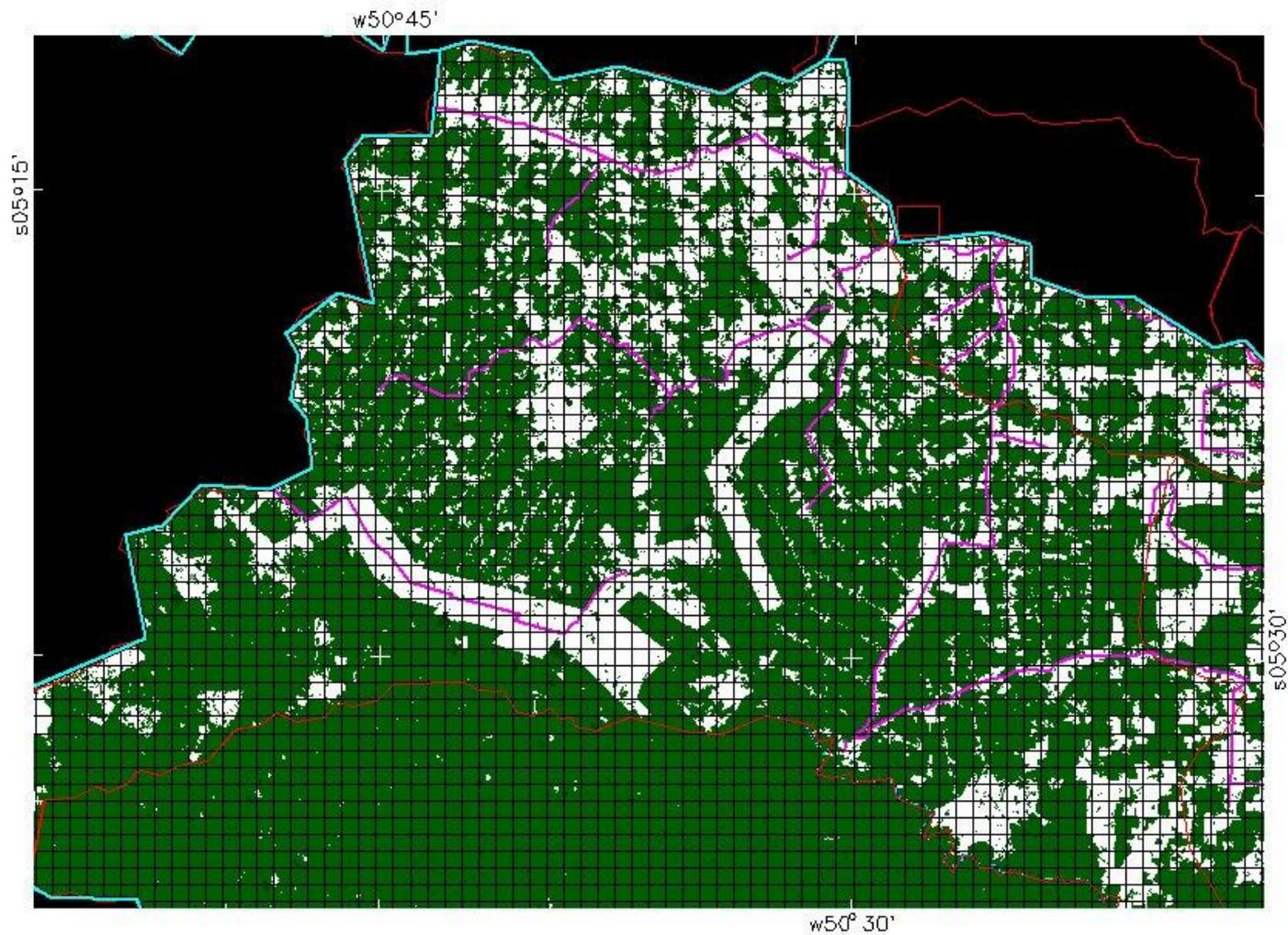
# DP&AHA – O que temos...



# DP&AHA – O que temos...



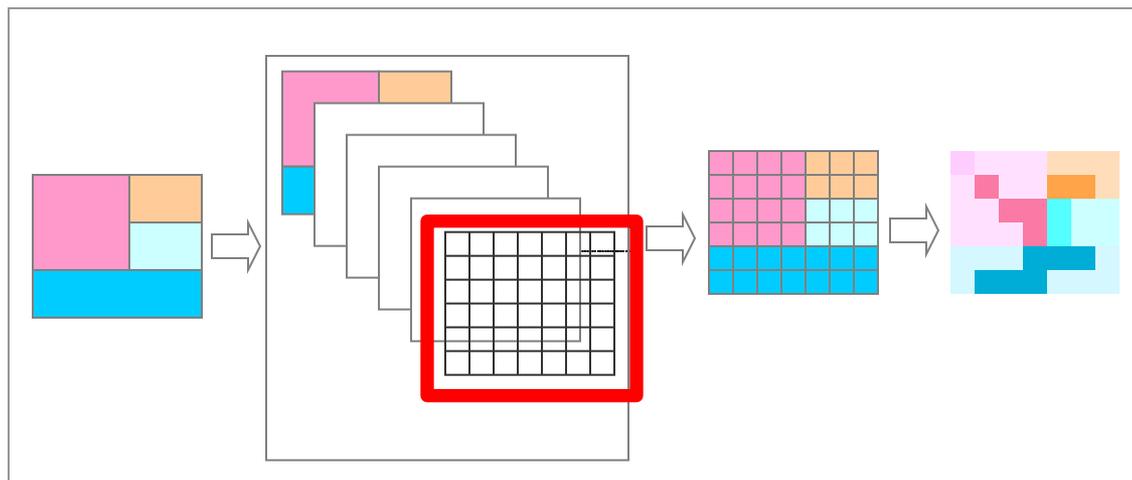
# DP&AHA – O que temos...



# População em Marabá

## Desagregando no município...

- Incluir heterogeneidade
- Setores Censitários de um município
- Considerações / Método
  - Água e floresta  
Restrição de células
  - Variáveis para indicar presença ->  
Superfície de população
  - Relação entre as variáveis ->  
Redistribuição



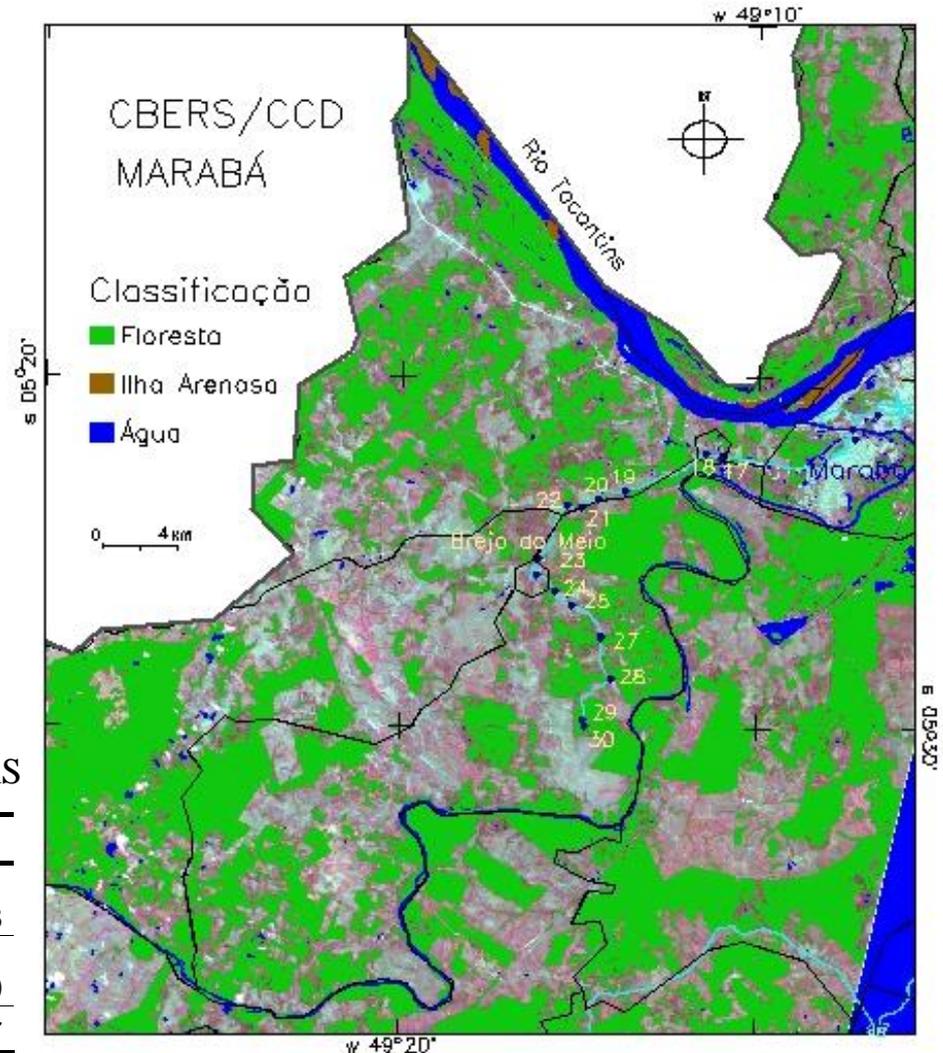
Redistribuição de setores censitários para células

# Método Dasimétrico

- Imagens de satélite
- Classes Água e Floresta
- CBERS para região
- Landsat para município
- Técnicas simples de classificação digital
- Células 95%

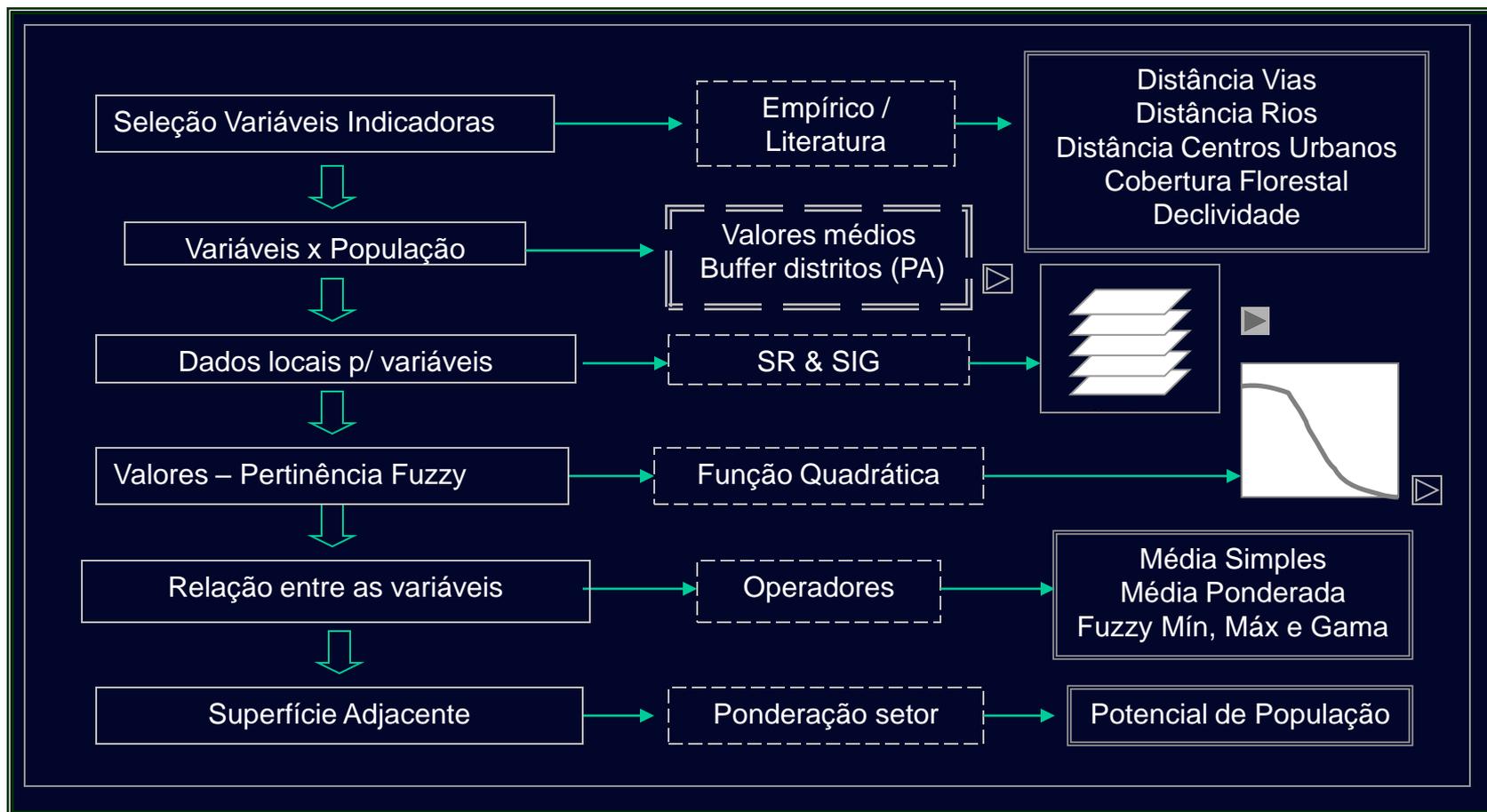
Limiaries para detecção de classes nas bandas CCD-CBERS

Classe	Banda Espectral	Limiar
<b>Corpos D'água</b>	Banda CCD4 Infravermelho Próximo (0,77 - 0,89 $\mu\text{m}$ )	ND < 118
<b>Ilhas arenosas</b>	Banda CCD3 Vermelho (0,63 - 0,69 $\mu\text{m}$ )	ND > 200
<b>Floresta</b>	Razão = $(\text{CCD4}/\text{CCD3})/(\text{CCD4} + \text{CCD3})$	ND > 107



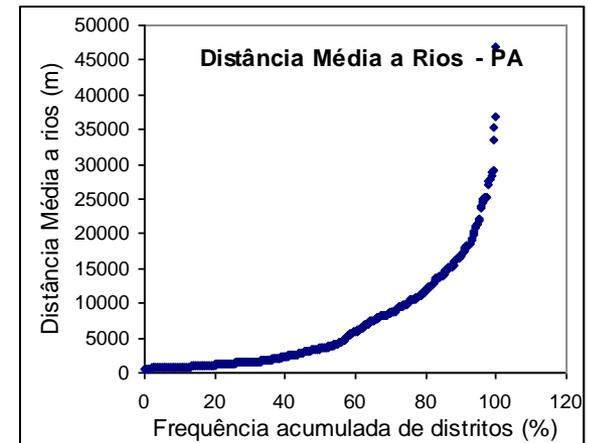
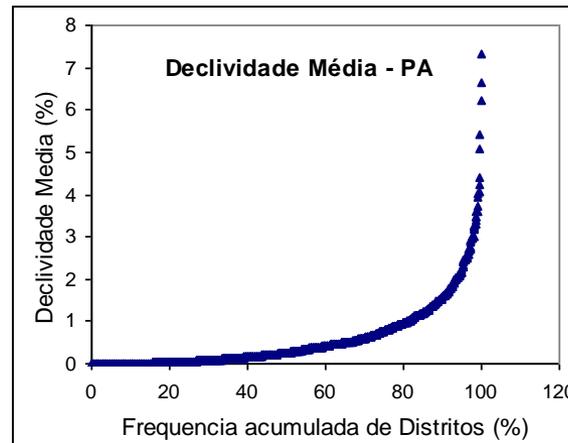
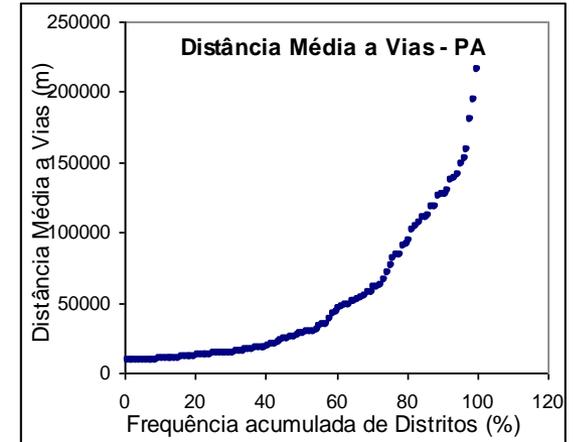
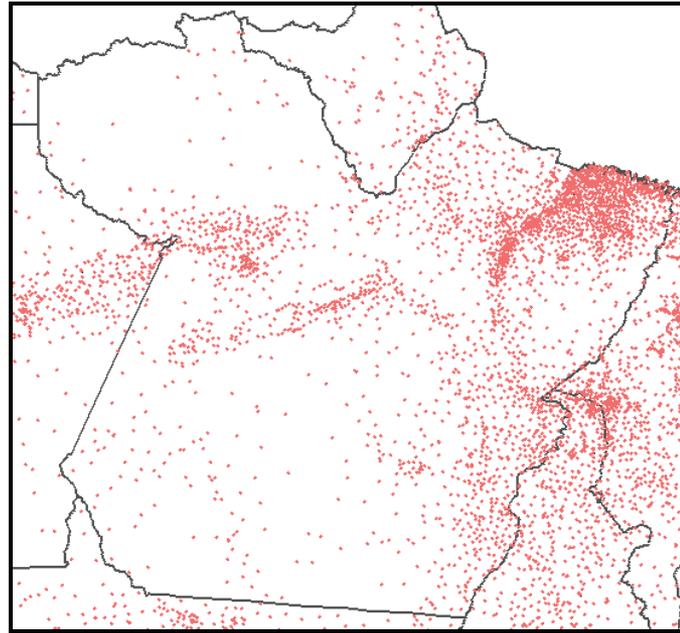
# Método Multivariado

Inferir superfície que descreva distribuição



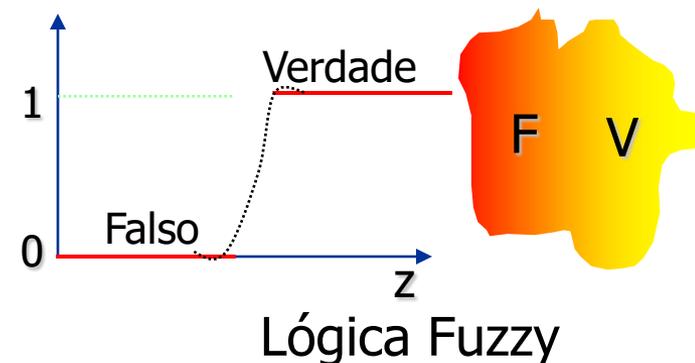
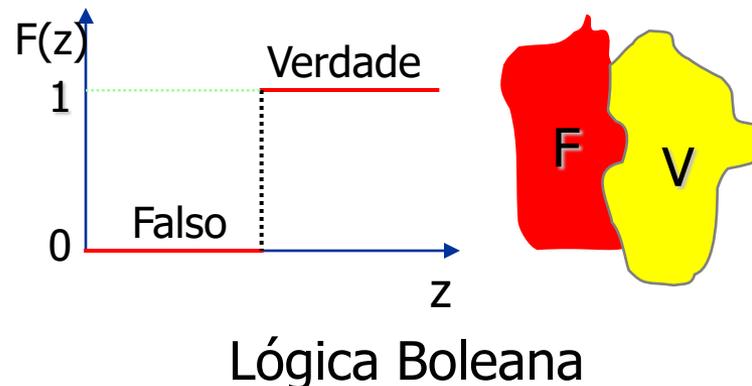
# Método Multivariado – Contribuição relativa das variáveis preditoras

- Distritos do PA
- Área de Influência
- Média das distâncias a vias, distância a rios, declividade
- Distância a centros urbanos – Viz + Próx.
- Percentagem Floresta  
 $5\% < x < 99\%$



# Classificação contínua

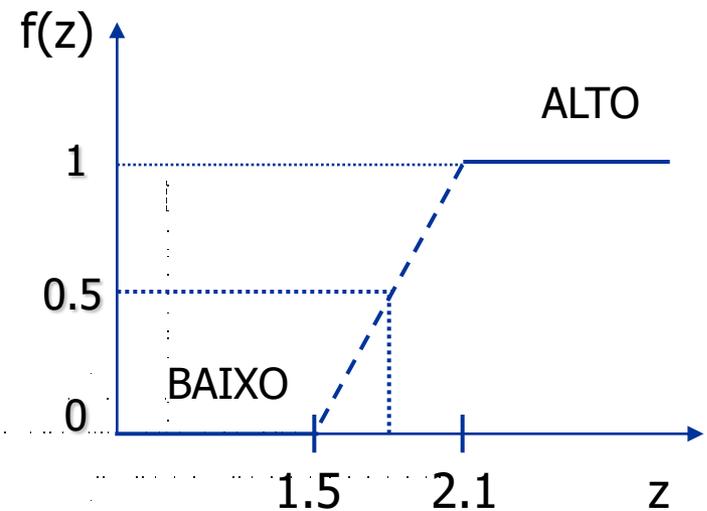
- A análise espacial em SIG será muito melhor realizada com uso da técnicas de classificação contínua: os dados são transformados para o espaço de referência [0,1] e processados por combinação numérica, através de média ponderada ou inferência “fuzzy”
- Isto nos permite construir cenários (por exemplo, risco de 10%, 20% ou 40%), que indicam os diferentes compromissos de tomada de decisão => maior flexibilidade e um entendimento muito maior sobre os problemas espaciais
- Lógica Fuzzy: Introduzida por Lofti Zadeh (1960s), como um meio de modelar incertezas da linguagem natural
- Lógica Fuzzy é uma extensão da lógica Booleana: “verdade parcial”, valores entre “completamente verdadeiro” e “completamente falso”



# Conjuntos Fuzzy

- Exemplo: Altura de Pessoas
    - S um conjunto fuzzy ALTO, que responderá a pergunta:
      - " a que grau uma pessoa "z" é alta?
- $Z : S = (z, f(z))$  especialistas

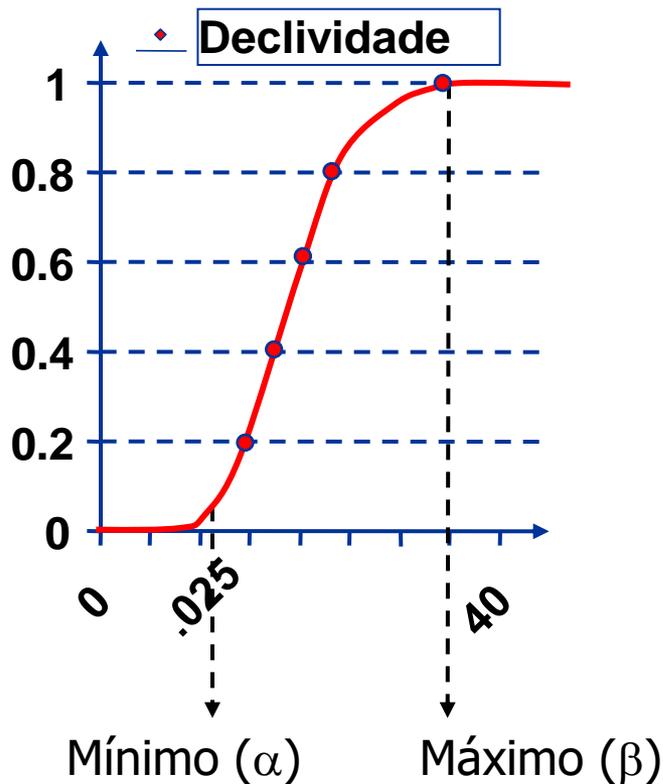
$$f(z) = \begin{cases} 0, & \text{se } z \leq 1.5 \\ (z - 1.5) / 0.6 & \text{se } 1.5 < z < 2.1 \\ 1, & \text{se } z \geq 2.1 \end{cases}$$



- Exemplo: "João é ALTO" = 0.38

# Conjuntos Fuzzy

- Outro exemplo - Declividade



$$f(z) = 0 \quad \text{se } z \leq \alpha$$

$$f(z) = 1/[1 + \alpha(z - \beta)^2] \quad \text{se } \alpha < z < \beta$$

$$f(z) = 1 \quad \text{se } z \geq \beta$$

$$f(z) = 0 \quad \text{se } z \leq 0.025$$

$$f(z) = 1/[1 + 0.025(z - 40)^2] \quad \text{se } \alpha < z < 40$$

$$f(z) = 1, \quad \text{se } z \geq 40$$

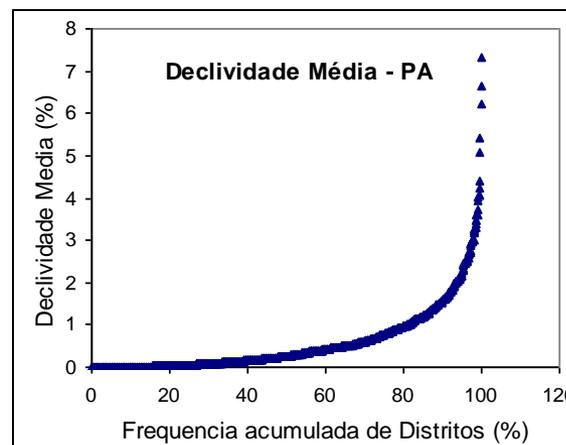
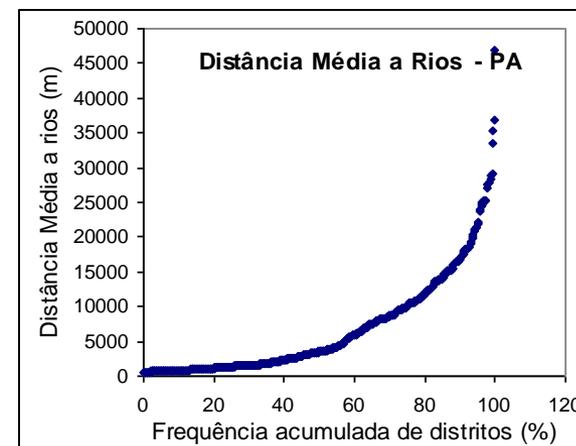
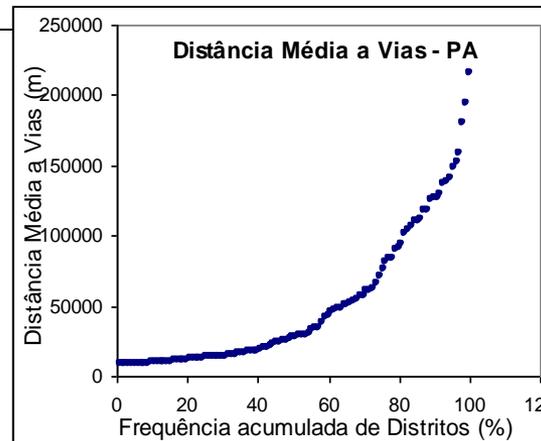
# Variáveis preditoras

## Parâmetros

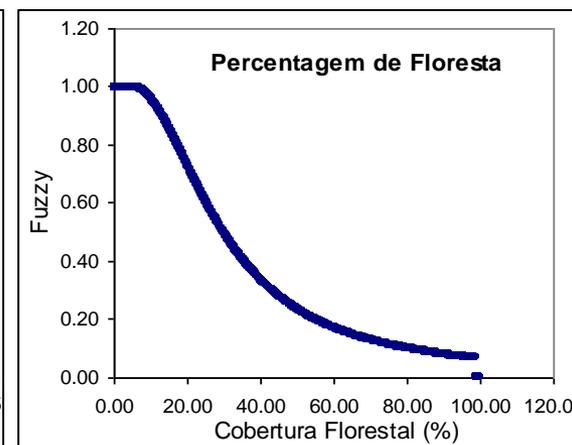
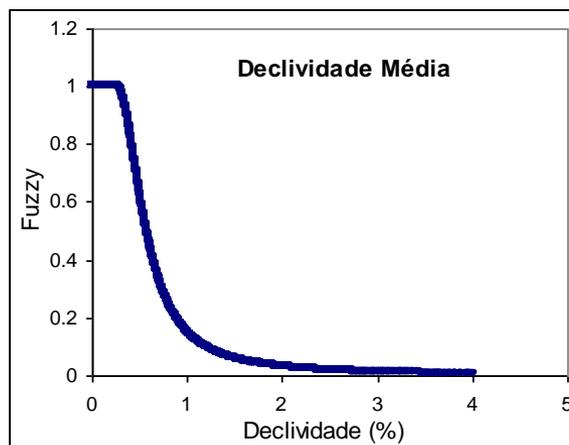
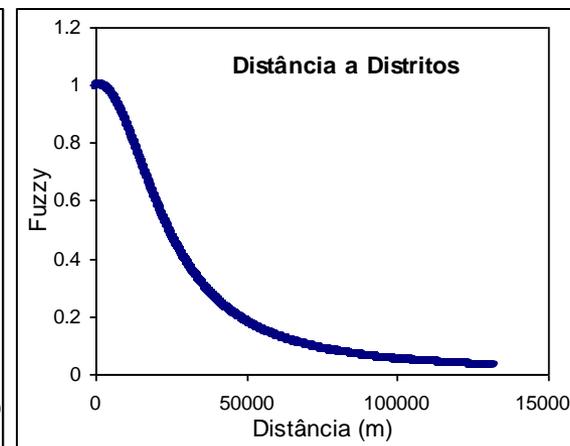
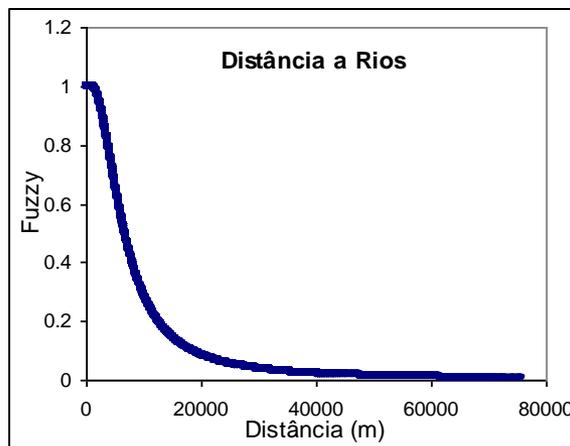
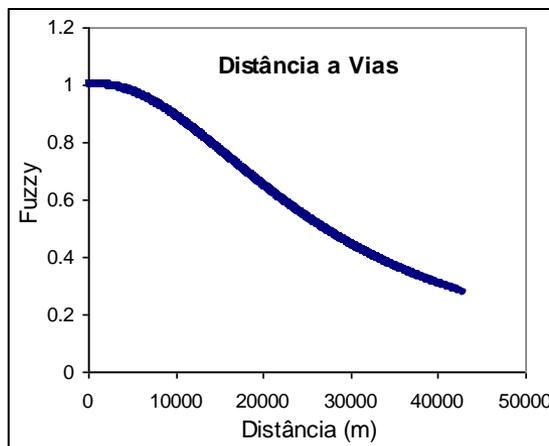
Parâmetros utilizados na definição das funções de pertinência *Fuzzy*.

Variável		Valores	f(z)	alfa	beta
Distância a vias (m) <i>Dvias</i>	<=	1000	1	1,48 E-09	1000
	=	27000	0,5		
	>	40000	0		
Distância a rios (m) <i>Drios</i>	<=	1000	1	2,96 E-08	1000
	=	6810	0,5		
	>	17000	0		
Distância a Setores Urbanos (m) <i>Durb</i>	<=	1500	1	1,89 E-09	1500
	=	24500	0,5		
	>	140000	0		
Floresta (% de área) <i>Pflor</i>	<=	0,05	1	16	0,05
	=	0,30	0,5		
	>	0,95	0		
Declividade Média (%) <i>Decl</i>	<=	0,27	1	10,4058	0,27
	=	0,58	0,5		
	>	3,5	0		

$$f(z) = \begin{cases} 0 & \text{se } (z > 40.000 \text{ m}) \\ 1/(1 + \alpha (z - \beta)^2) & \\ 1 & \text{se } (z \leq 1.000 \text{ m}) \end{cases}$$



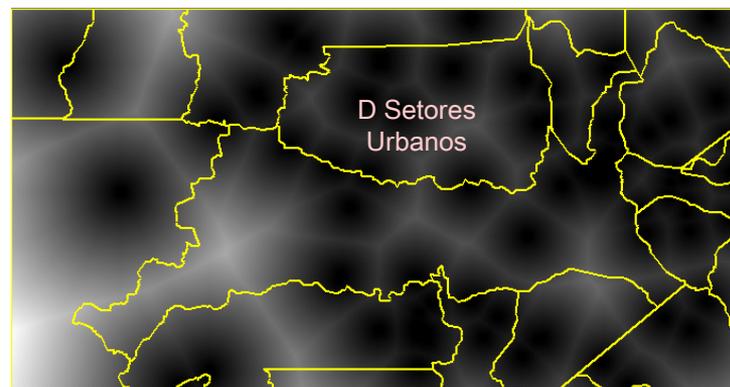
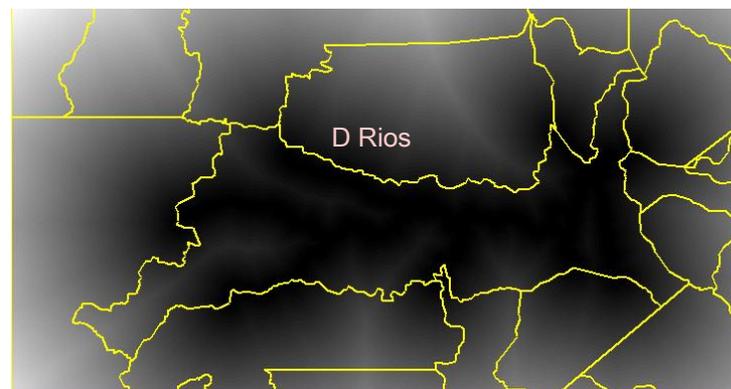
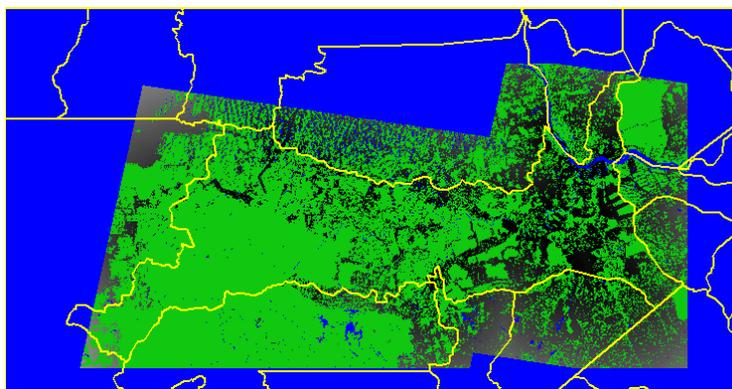
# Método Multivariado – Função de Pertinência Fuzzy



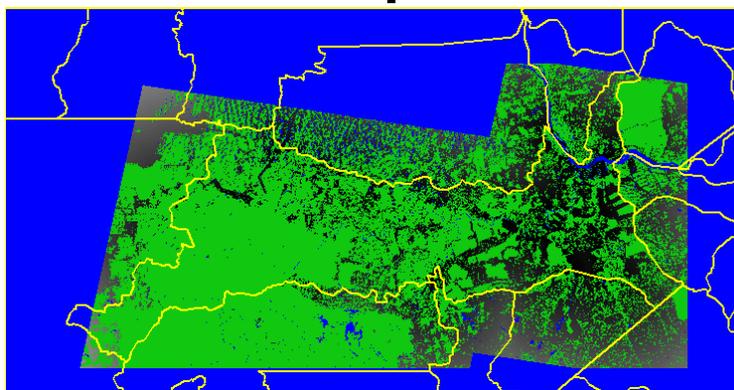
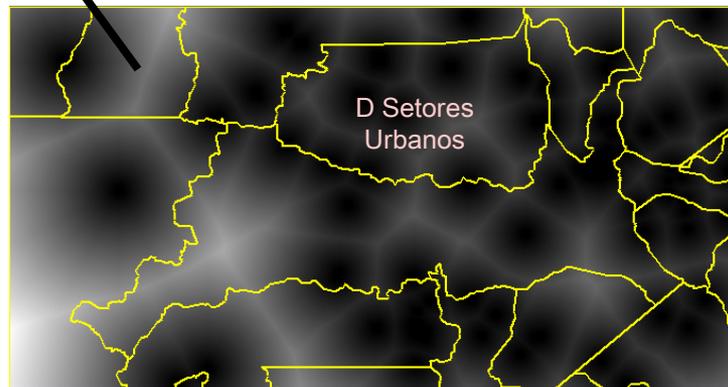
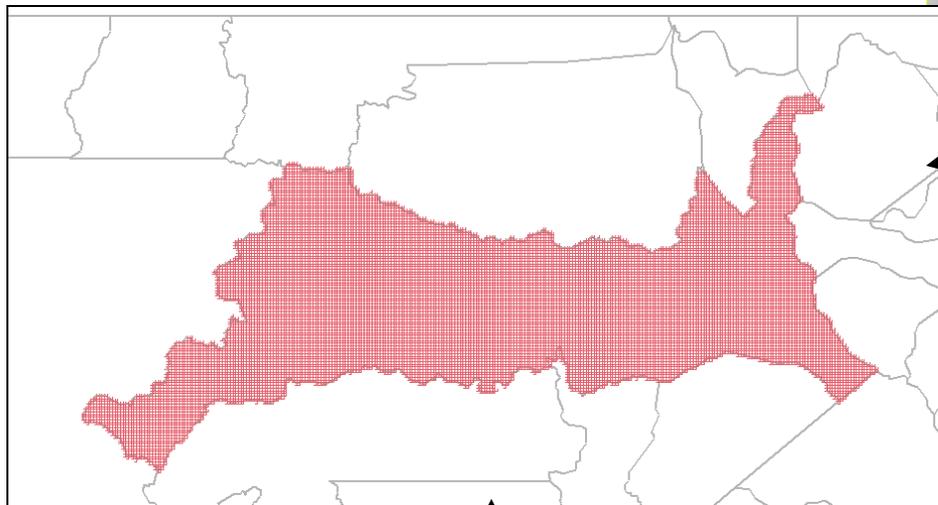
# Método Multivariado – Variáveis indicadoras

## Mapas

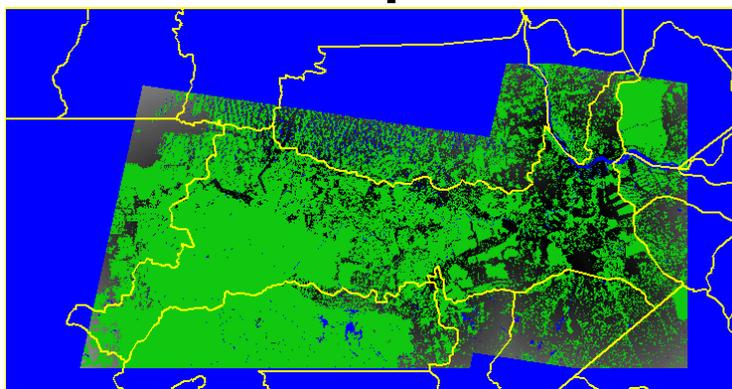
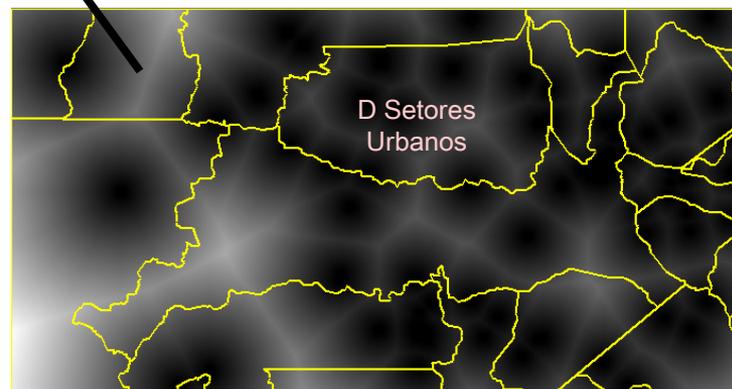
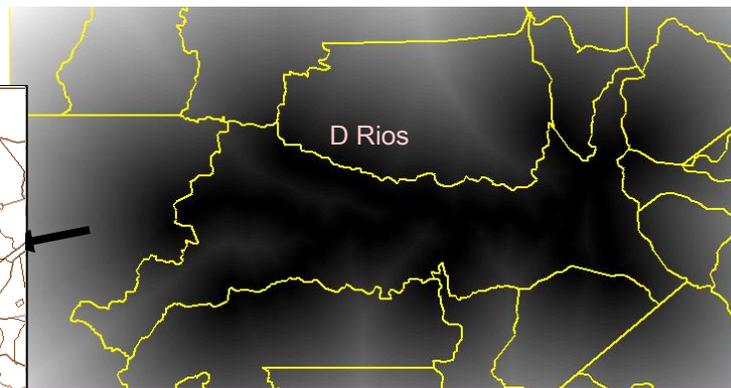
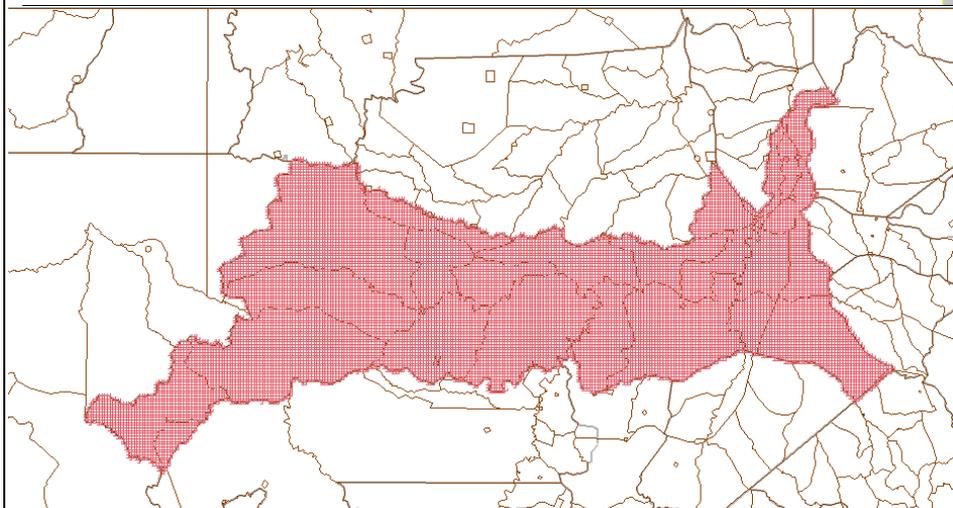
- Distância Rios
- Distância Estradas
- Distâncias setores urbanos
- Classificação Floresta e água



# Método Multivariado – Variáveis indicadoras



# Método Multivariado – Variáveis indicadoras



# Método Multivariado – Variáveis indicad

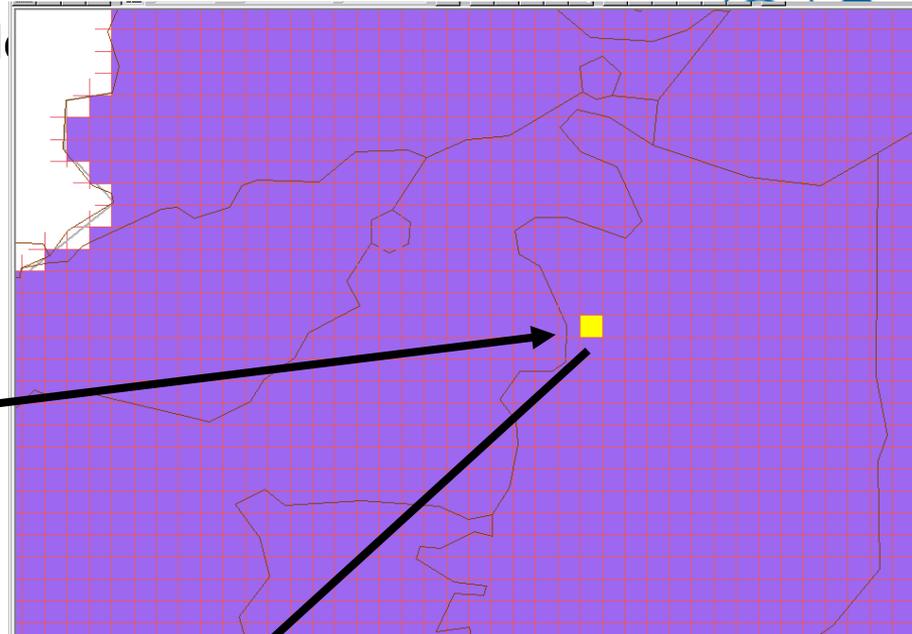
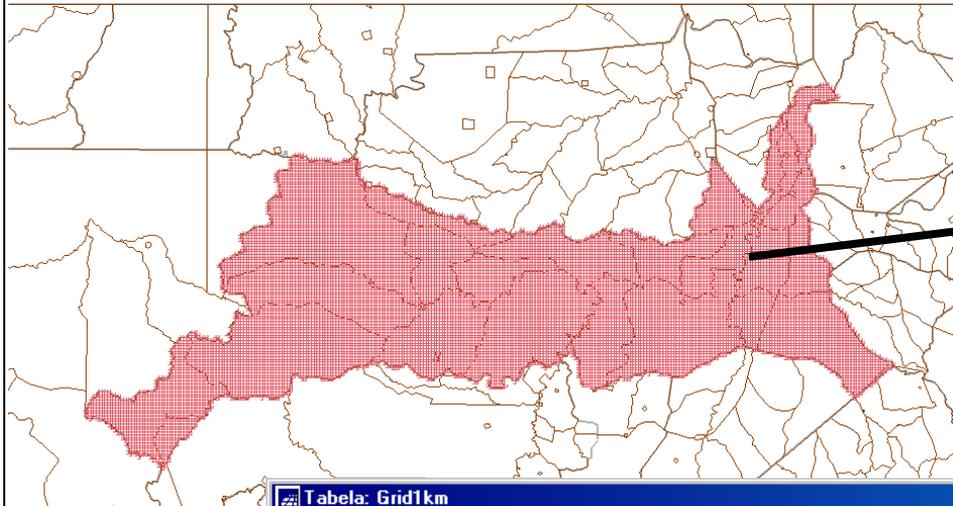


Tabela: Grid1km

	SPERTM	F_FLOR_C	F_DECLI	F_DSURB	F_DRIOS	F_PFLOTM	F_DVIAS	C_TID	SC_POP00	GRID_00
15185	0.20000	1.00000	0.99999	0.90838	0.99806	0.73529	1.00000	999.0000	1060.0000	1.00000
15186	0.39000	1.00000	1.00000	0.92063	1.00000	0.60975	0.99998	999.0000	1060.0000	1.00000
15187	0.83000	1.00000	1.00000	0.93782	0.99991	0.09315	0.99946	008.0000	963.0000	1.00000
15188	0.73000	1.00000	1.00000	0.95310	0.99100	0.11907	0.99701	008.0000	963.0000	1.00000
15189	0.59000	1.00000	0.99999	0.96642	0.96759	0.17650	0.99176	008.0000	963.0000	1.00000
15190	0.38000	1.00000	0.99951	0.97631	0.93216	0.36464	0.98359	008.0000	963.0000	1.00000
15191	0.18000	1.00000	0.99960	0.98339	0.87306	0.81274	0.97270	008.0000	963.0000	1.00000
15192	0.44000	1.00000	1.00000	0.98840	0.78894	0.29123	0.95938	008.0000	963.0000	1.00000
15193	0.31000	1.00000	0.99940	0.99098	0.69624	0.48039	0.94521	008.0000	963.0000	1.00000
15194	0.02000	1.00000	0.98697	0.99236	0.60277	1.00000	0.94180	008.0000	963.0000	1.00000
15195	0.22000	1.00000	0.96949	0.99098	0.51355	0.70942	0.94552	008.0000	963.0000	1.00000
15196	0.11000	1.00000	0.95265	0.98840	0.44042	0.94553	0.94935	008.0000	963.0000	1.00000
15197	0.00000	1.00000	0.99985	0.96642	0.45602	1.00000	0.96030	009.0000	902.0000	1.00000
15198	0.34000	1.00000	1.00000	0.95310	0.46045	0.42633	0.96498	009.0000	902.0000	1.00000
15199	0.00000	1.00000	0.96708	0.97631	0.44476	1.00000	0.95521	009.0000	902.0000	1.00000
15200	0.01000	1.00000	0.90976	0.98339	0.43018	1.00000	0.95267	008.0000	963.0000	1.00000
15201	0.07000	1.00000	0.99978	0.98339	0.43018	1.00000	0.95267	008.0000	963.0000	1.00000

F (Z)

Mundo Celular...

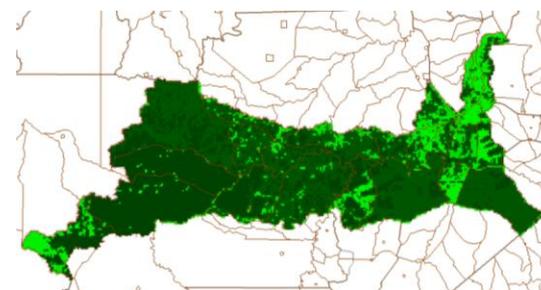
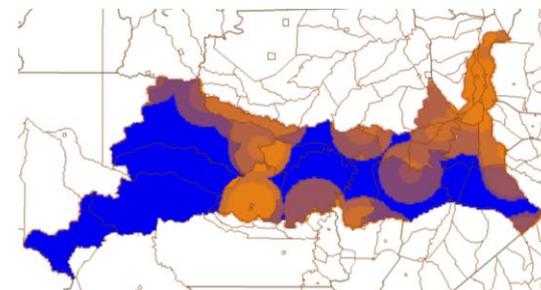
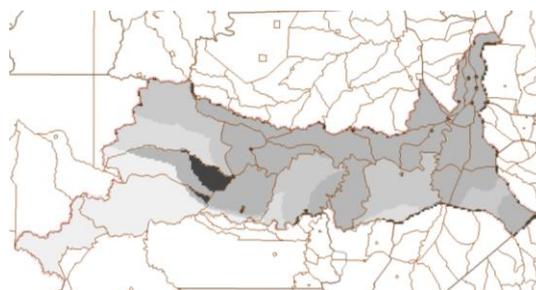
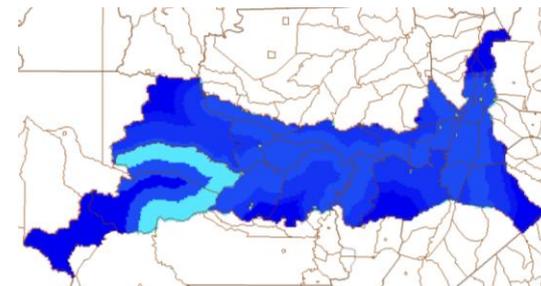
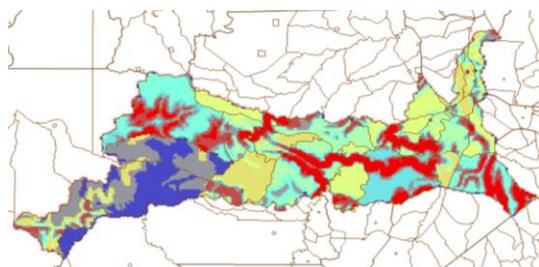


# Método Multivariado – Variáveis indicadoras



Mapas (F(z))

- Declividade
- Distância Rios
- Distância Estradas
- Distâncias setores urbanos
- Classificação Floresta e água



E como estas variáveis podem resultar em um valor de possibilidade de ocorrência de população???



# Inferência Fuzzy

- Dados em conjuntos Fuzzy manipulados com métodos lógicos da lógica fuzzy ou operadores fuzzy
- AND, OR, Soma algébrica, Produto Algébrico, Operador Gama e Soma Convexa
- OR (otimista)  
res = MAX (crit1, crit2, ...)
- AND (pessimista)  
res = MIN (crit1, crit2, ...)
- Produto Algébrico  
res =  $\prod$  (crit1,crit2,..)
- Soma Algébrica  
res = 1 -  $\prod$  (crit1,crit2,..)
- Operador Gama (compromisso)  
res = [soma algébrica (crit1, crit2, ...)] $^{\gamma}$  \* [produto algébrico (crit1, crit2, ...)] $^{1-\gamma}$

# Método Multivariado – Variáveis indicadoras

## Mapas (F(z))

- Declividade
- Distância Rios
- Distância Estradas
- Distâncias setores urbanos
- Classificação Floresta e água

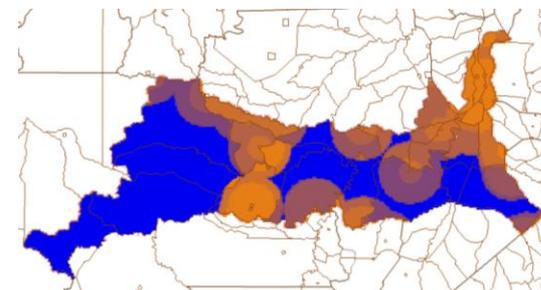
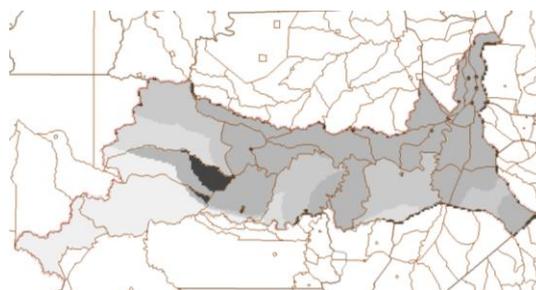
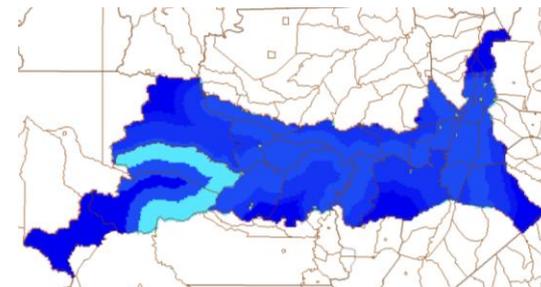
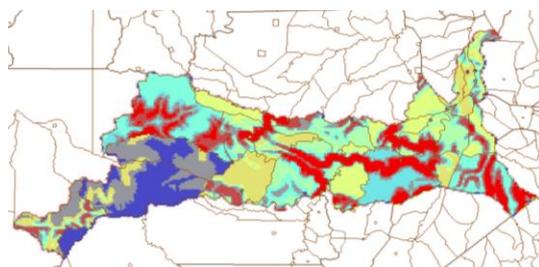
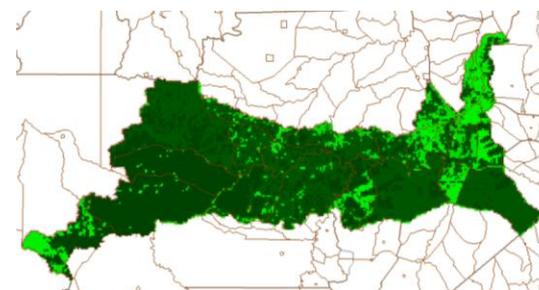


TABELA 6.3 – Operadores para relacionar as variáveis indicadoras.

Operador	Expressão
Média Simples	$(Dvias + Drios + Decl + Durb + Pflor)/5$
Fuzzy Mínimo	Mínimo ( $Dvias, Drios, Decl, Durb, Pflor$ )
Fuzzy Máximo	Máximo ( $Dvias, Drios, Decl, Durb, Pflor$ )
Fuzzy Gama	$(1 - (Dvias * Drios * Decl * Durb * Pflor))^{0,2} * (Dvias * Drios * Decl * Durb * Pflor)^{0,8}$
Média Ponderada	$Dvias*0,589 + Drios*0,161 + Durb*0,099 + Pflor*0,082 + Decl*0,032$ #



$Dvias$  = distância a vias;  $Drios$  = distância a rios;  $Decl$  = declividade média;  $Durb$  = distância a centros urbanos;  $Pflor$  = percentagem de florestas

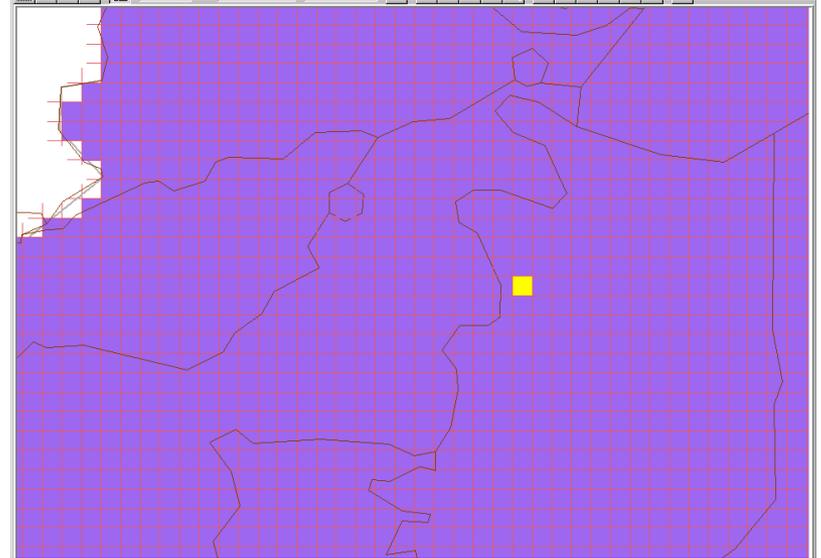
# Razão de Consistência igual a 0,056



## Método Multivariado – Variáveis indicadoras

E a distribuição da população / célula????

$$DP_{grid} = P_{CS} * \left( \frac{F_{grid}}{\sum_{i=0}^j F_{grid}} \right)$$



Onde:

$DP_{grid}$  é a densidade demográfica da célula,

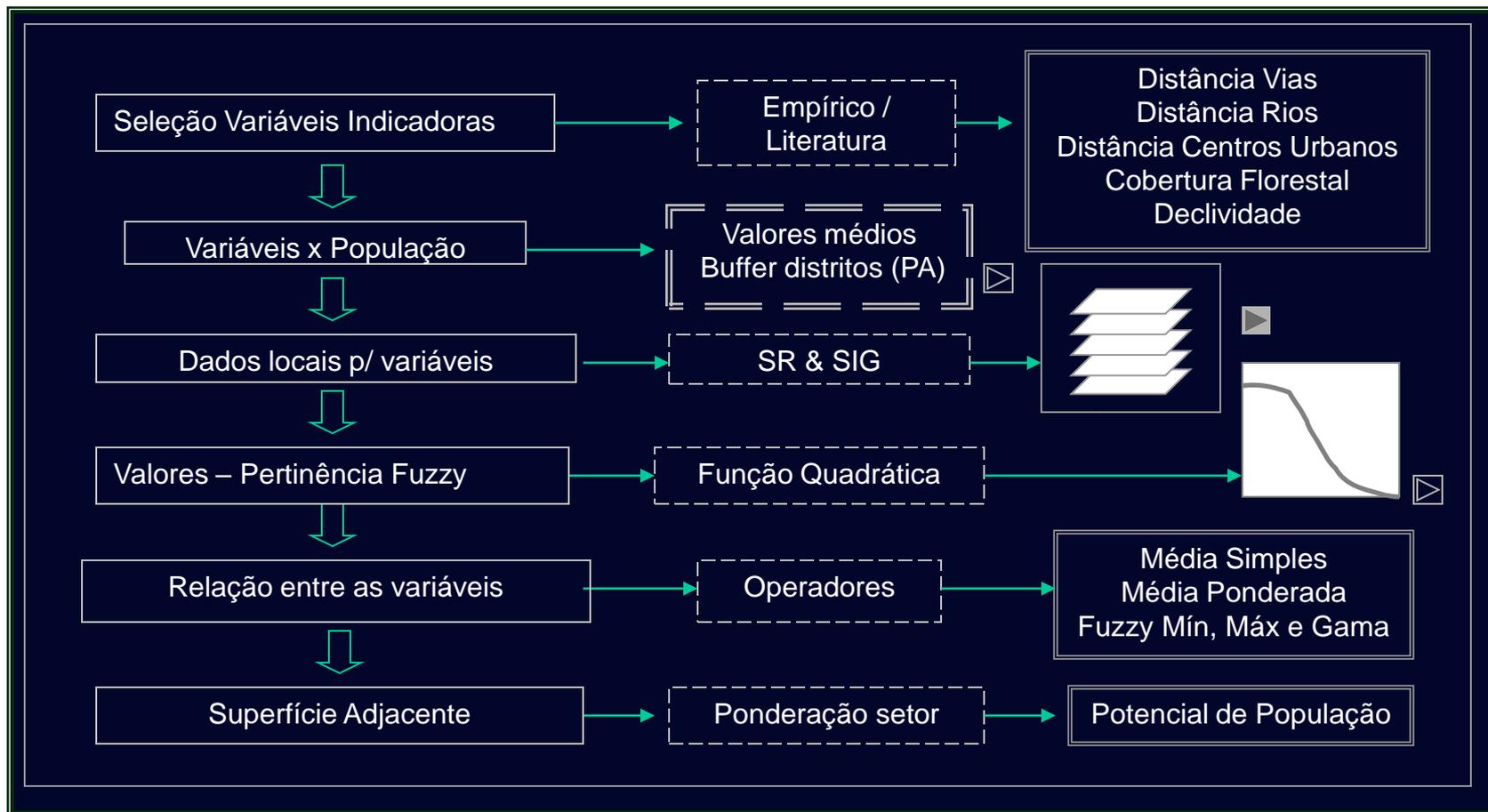
$P_{CS}$  é a população do setor censitário,

$F_{grid}$  é o valor Fuzzy de possibilidade de ocorrência de população para a célula ponderado pela somatória dos valores Fuzzy obtidos para o setor censitário e considerando-se apenas as células válidas, ou seja, com percentagem de floresta e corpos d'água maior que 95%.



# Método Multivariado

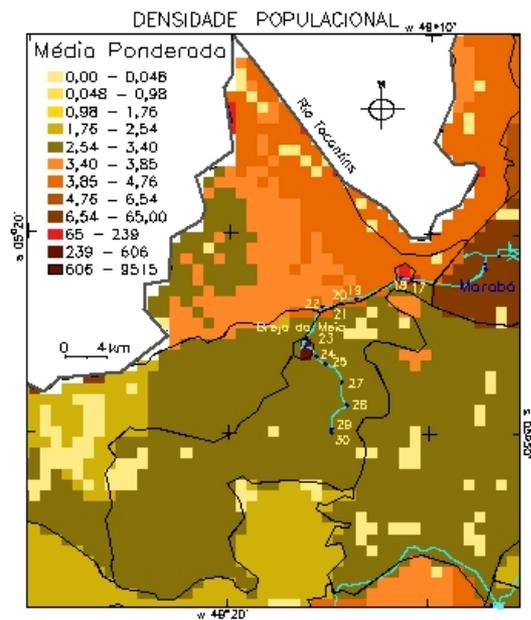
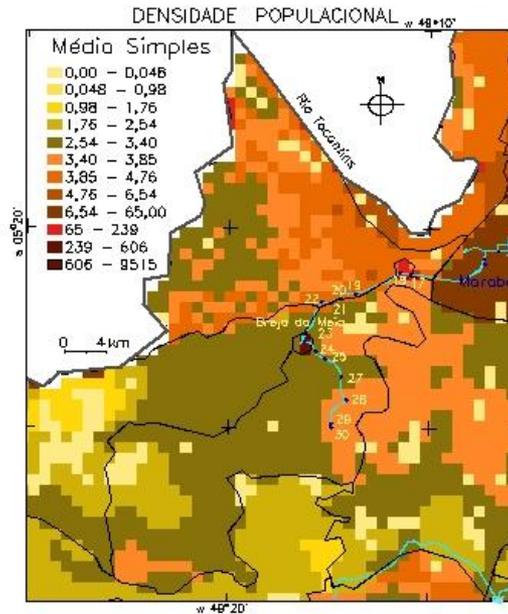
Inferir superfície que descreva distribuição



# População em Marabá

## Redistribuição – Superfícies resultantes - Região

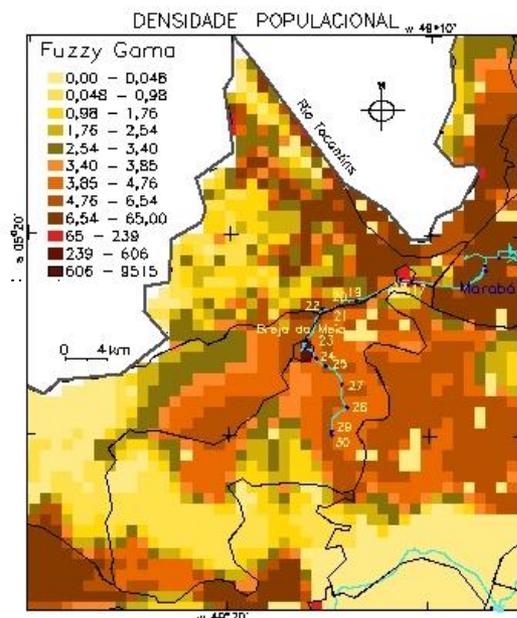
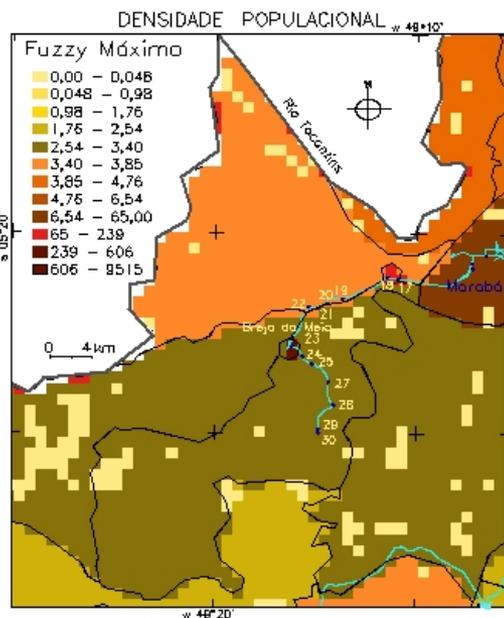
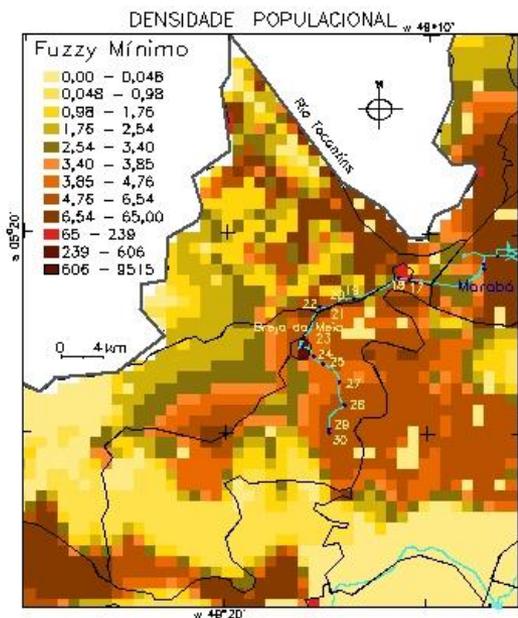
- Restrição floresta e água ineficiente
- Percurso de campo
- Média Simples – mais variabilidade
- Média Ponderada superfície mais suave



# População em Marabá

## Redistribuição – Superfícies resultantes - Região

- Fuzzy Mínimo representou melhor a heterogeneidade espacial



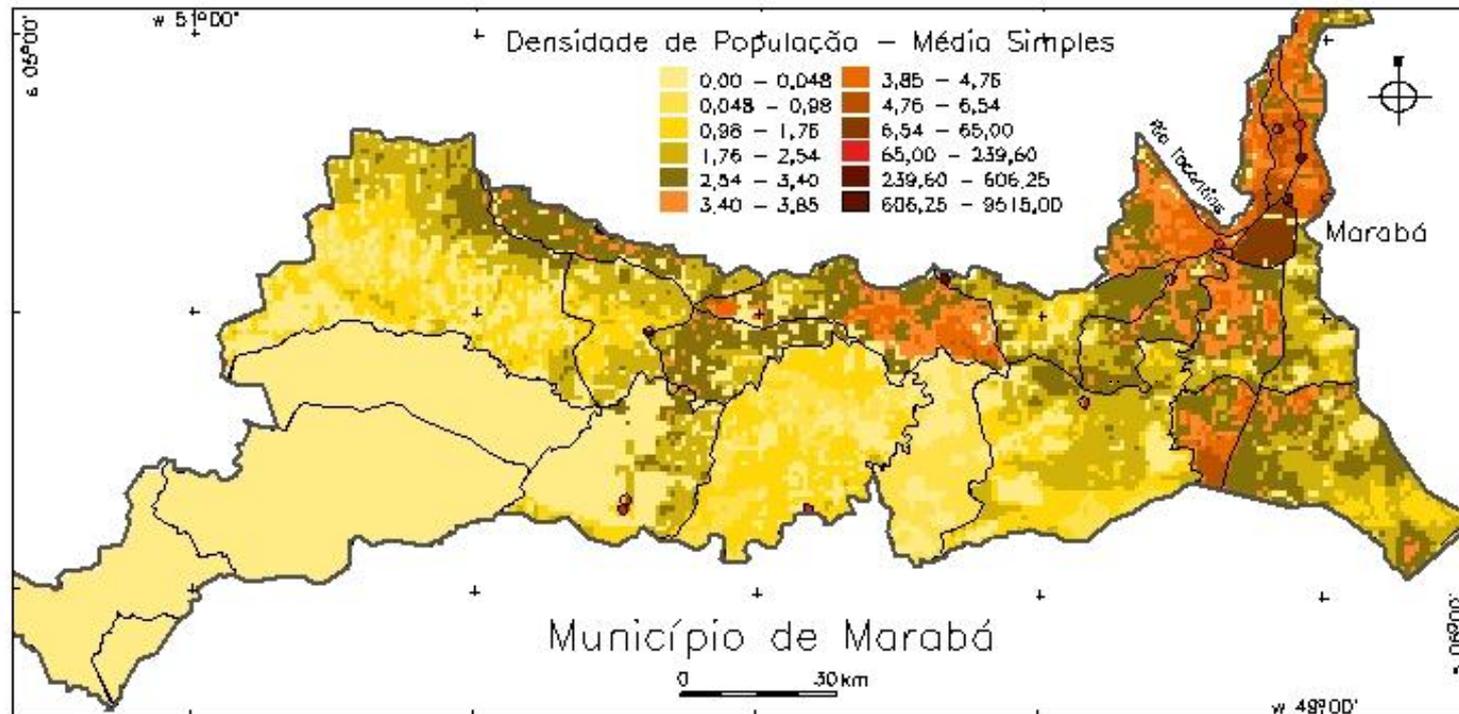
# População em Marabá

## Redistribuição – Superfícies resultantes – Município



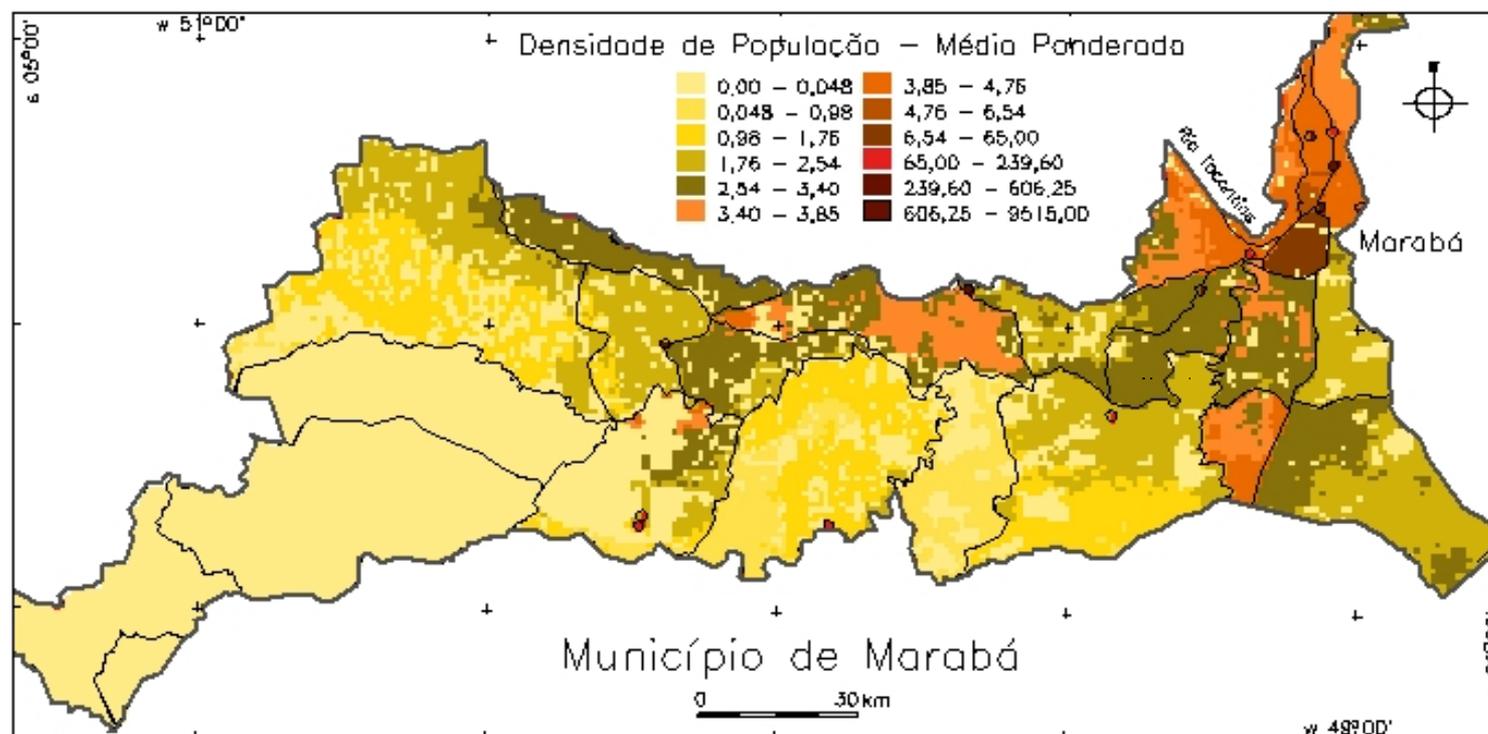
# População em Marabá

## Redistribuição – Superfícies resultantes – Município



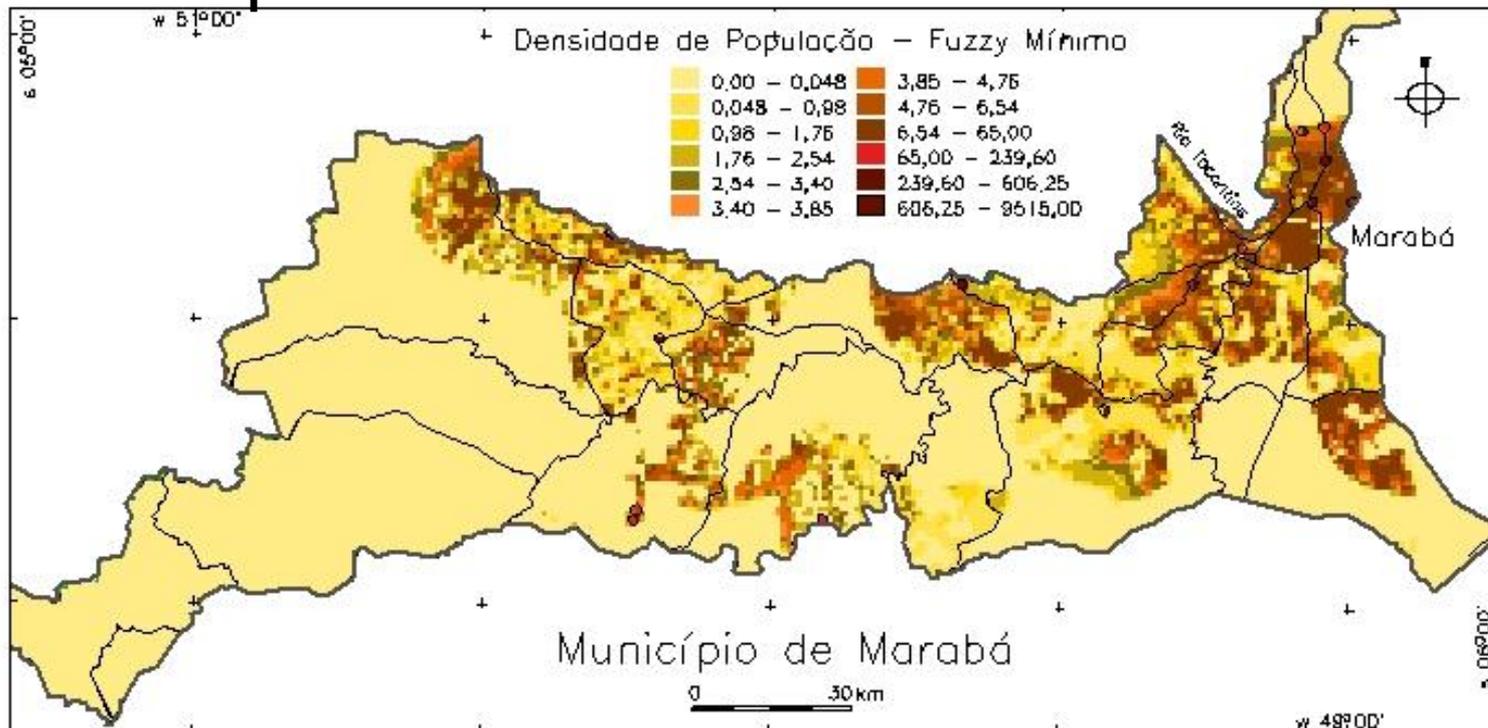
# População em Marabá

## Redistribuição – Superfícies resultantes – Município



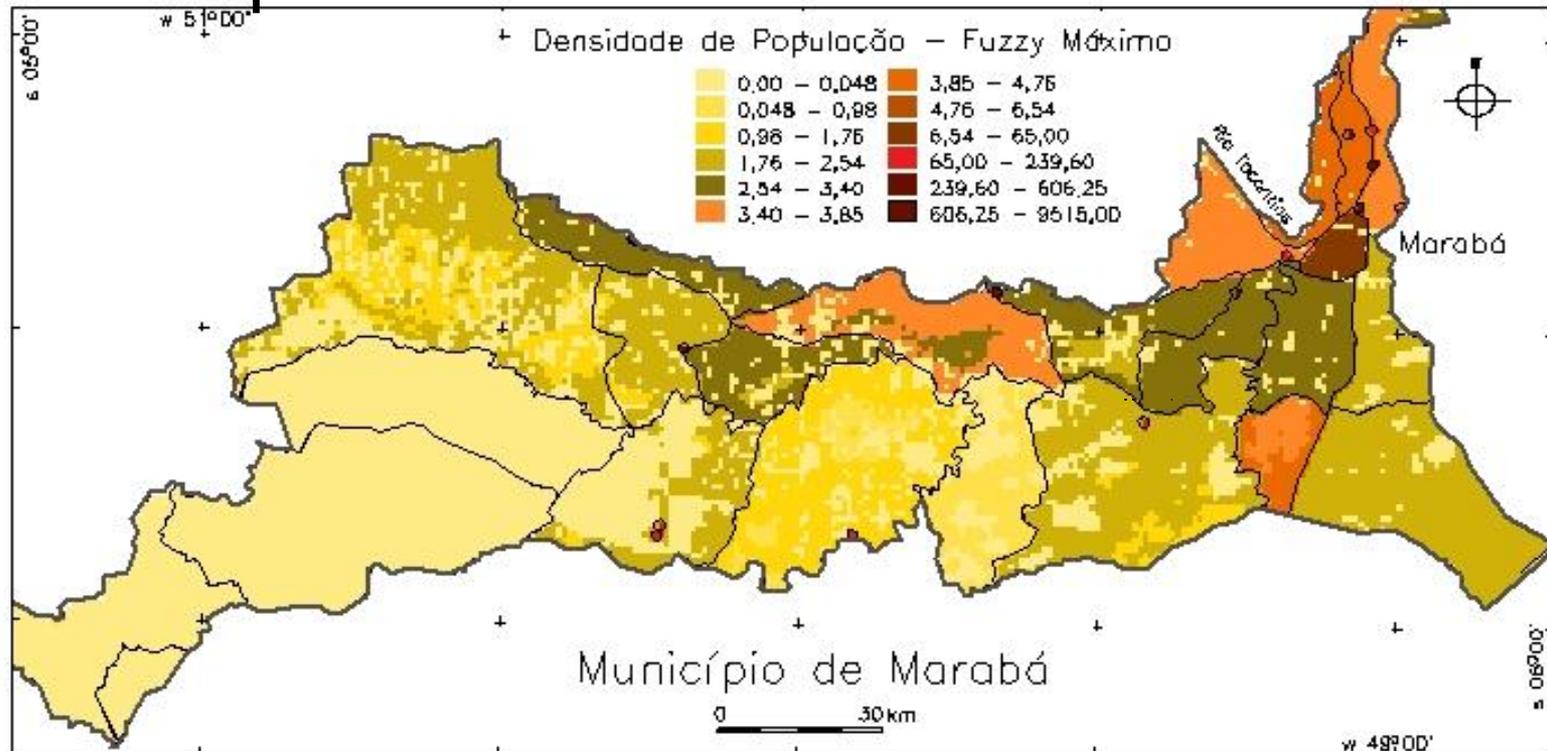
# População em Marabá

## Redistribuição – Superfícies resultantes – Município



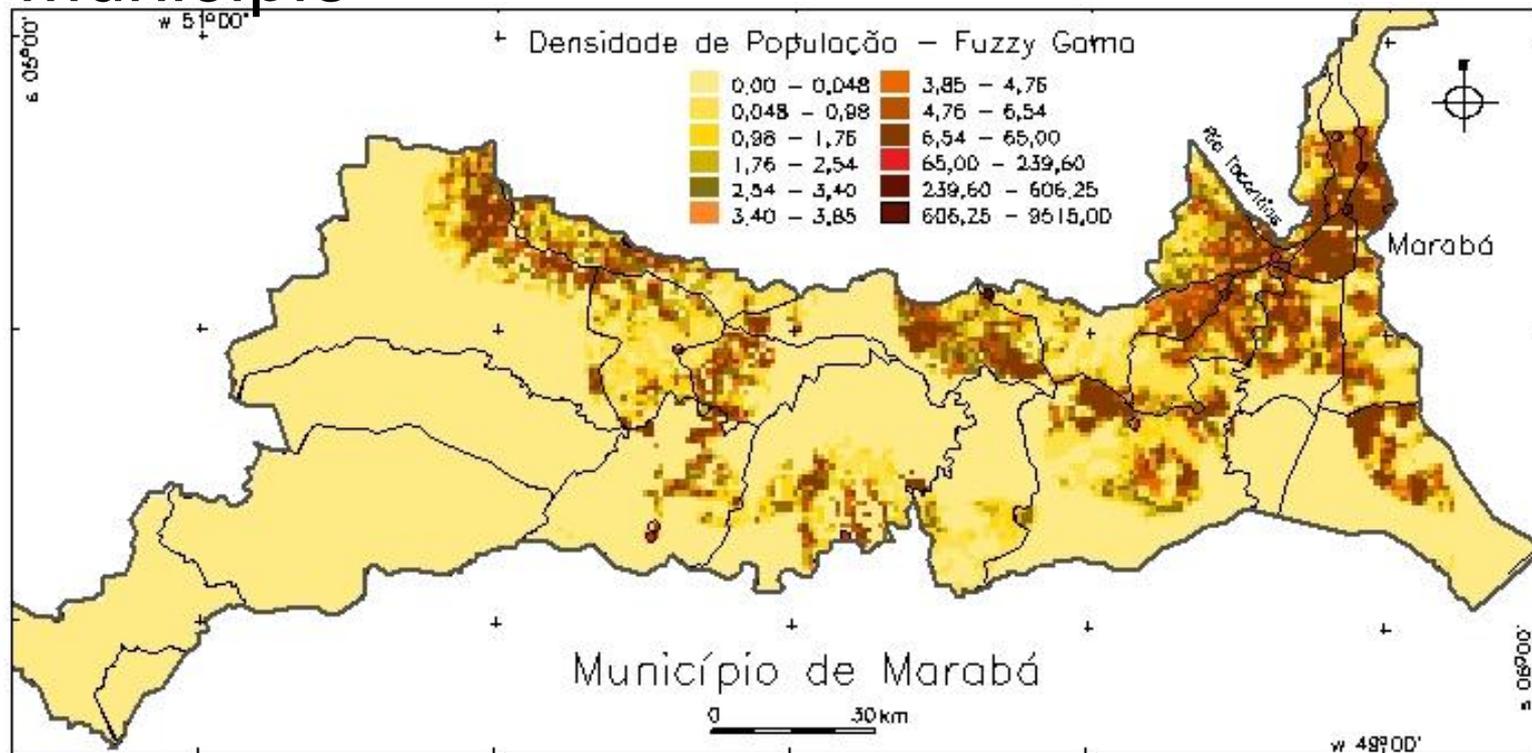
# População em Marabá

## Redistribuição – Superfícies resultantes – Município



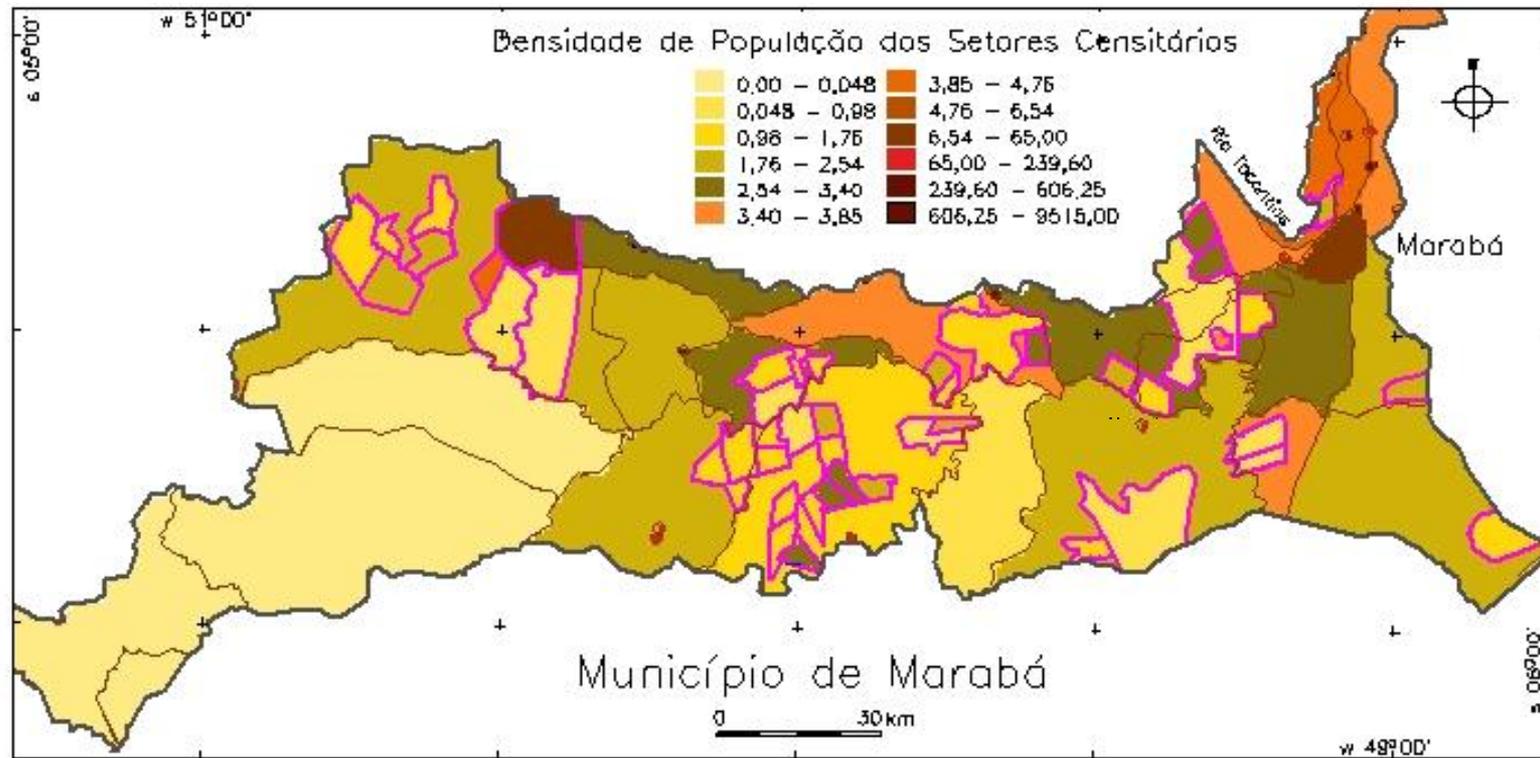
# População em Marabá

## Redistribuição – Superfícies resultantes – Município



# População em Marabá

## Redistribuição – Superfícies resultantes – Município



# População em Marabá

## Redistribuição – Superfícies resultantes – Município

- Restrição floresta e água – setores sem população
- Média Simples – mais variabilidade que Média Ponderada (peso para % floresta)
- *Fuzzy* Mín e Gama similares
- *Fuzzy* Máx semelhante Setores com restrição inicial
- Dados de pessoas nos PAs do INCRA para análise global

Superfície de Densidade	Exatidão Global (%)
Média Simples	14,3
Média Ponderada	10,4
<i>Fuzzy</i> Mínimo	10,4
<i>Fuzzy</i> Máximo	9,5
<i>Fuzzy</i> Gama	18,8
Setores Censitários	11,8

- **Fuzzy gama – acertos nas classes de densidade extremas**
- **Média Simples – acerto nas classes intermediárias**

# TO READ....



## geographical analysis

### Geographical Analysis



© The Ohio State University



**Special Issue: Areal Interpolation and Dasymetric Modeling**

**July 2013**

Volume 45, Issue 3

Pages 213–344

[Previous Issue](#) | [Next Issue](#)