

CST 310: População, Espaço e Ambiente

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

Parte IV – Integração de Dados

Introdução aos interpoladores espaciais para geração de Superfícies de Densidade de População

Silvana Amaral

Antonio Miguel V. Monteiro

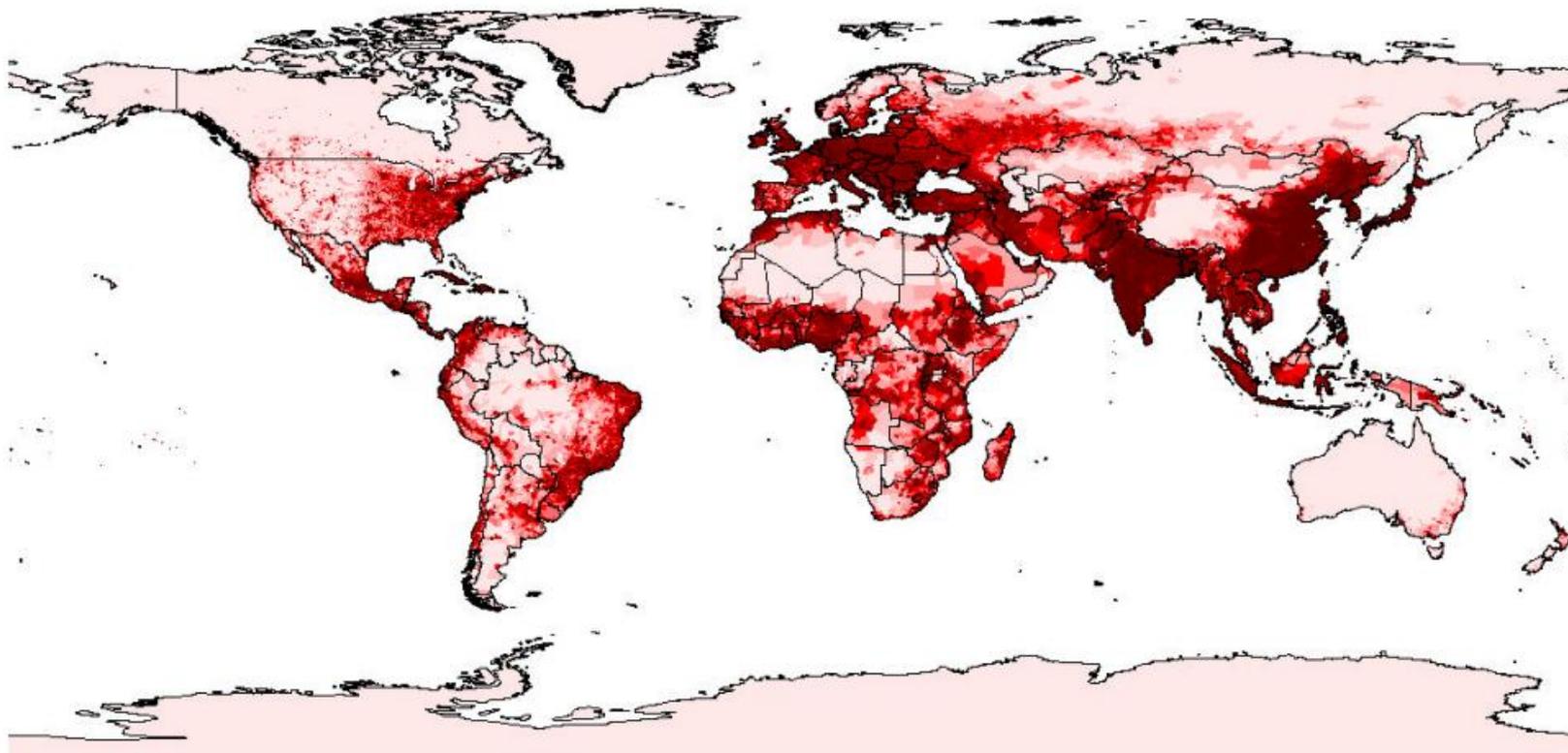
{silvana@dpi.inpe.br, miguel@dpi.inpe.br}



De Censos a Superfícies



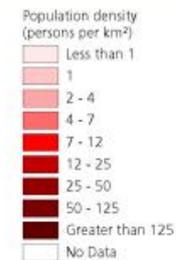
Global Population Density



Map Projection: Geographic

Citation: WRI, 2000 based on CIESIN 2000

Notes:

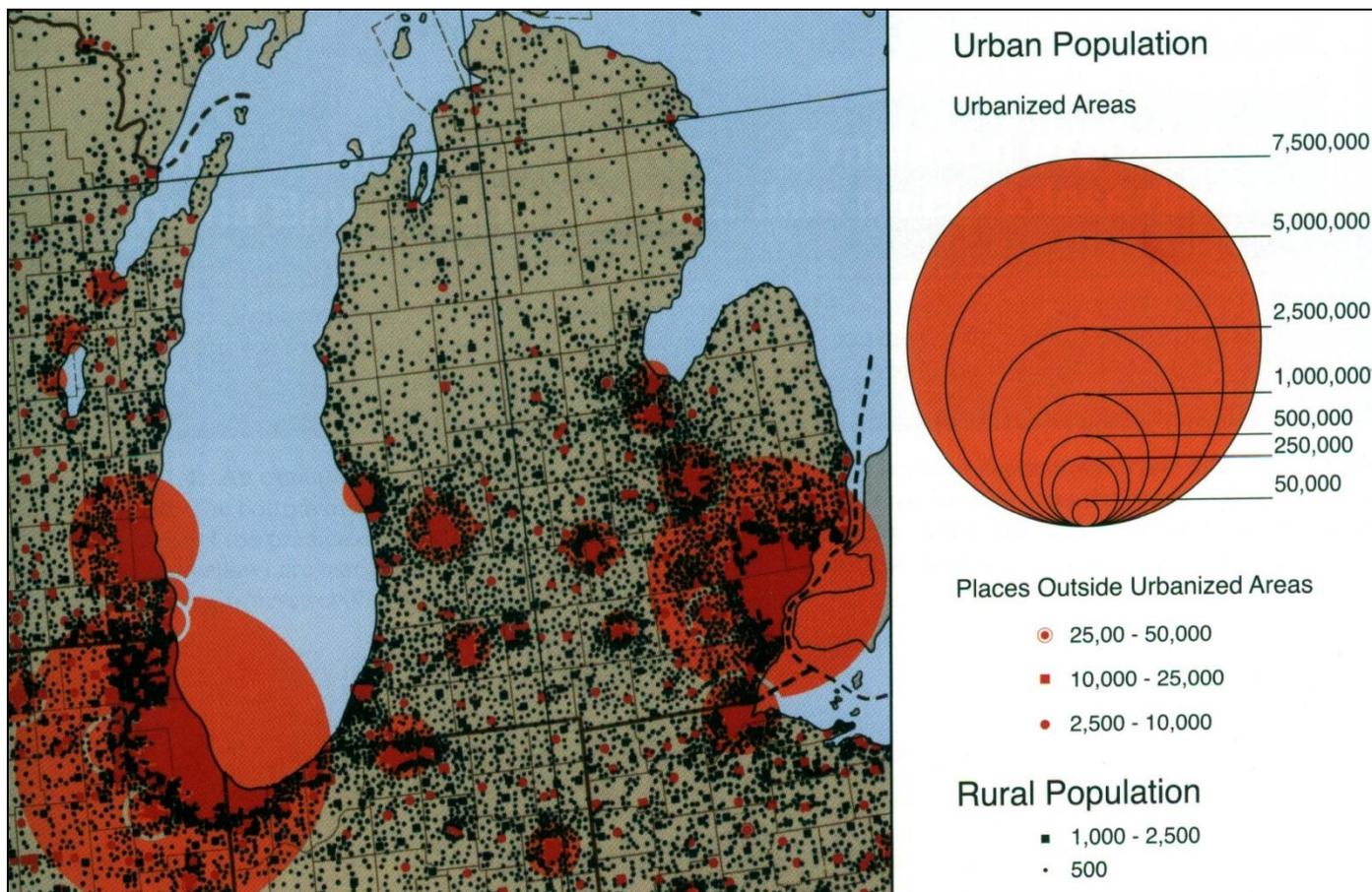


Introdução

- Dados Populacionais – representações cartográficas
 - Mapas de pontos – *dots* e símbolos
 - Mapas coropléticos - temáticos
 - tamanho e forma da unidade territorial, número de classes e limites entre as classes

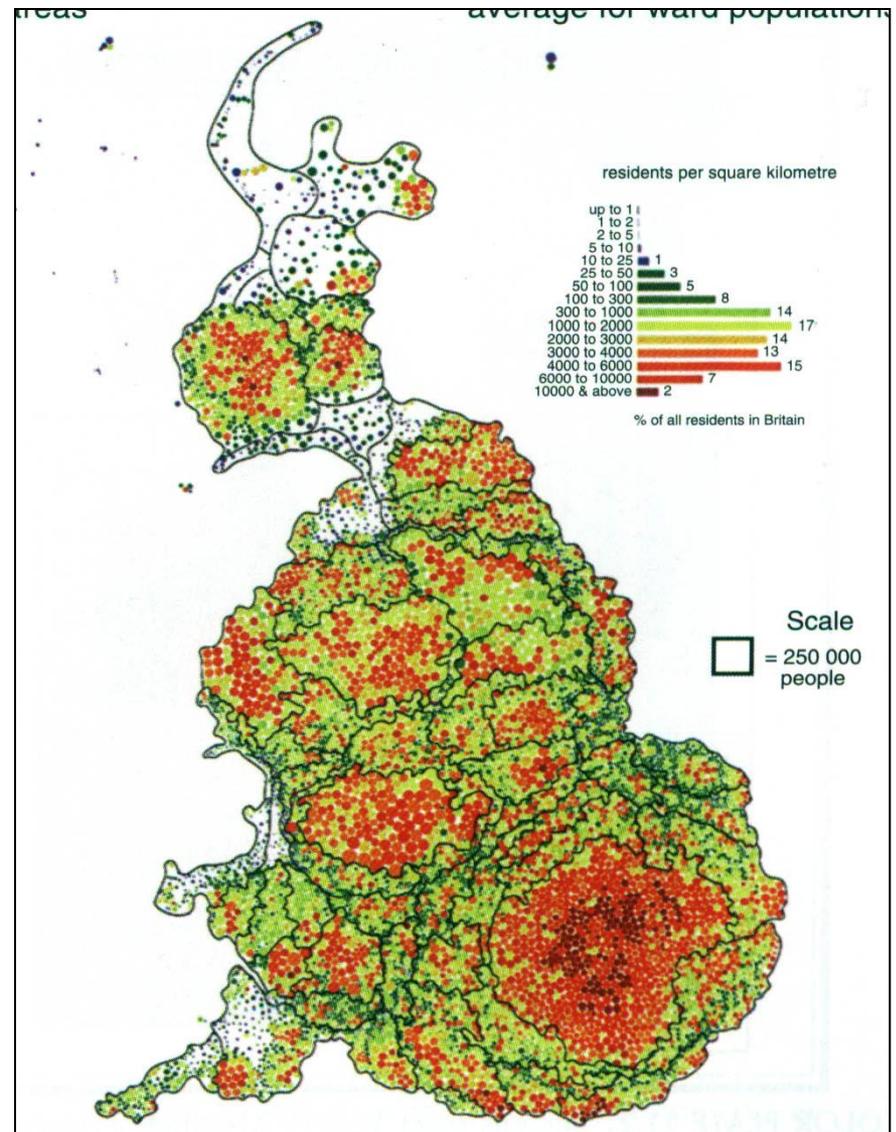
Representações Cartográficas

- Mapas pontos - símbolos



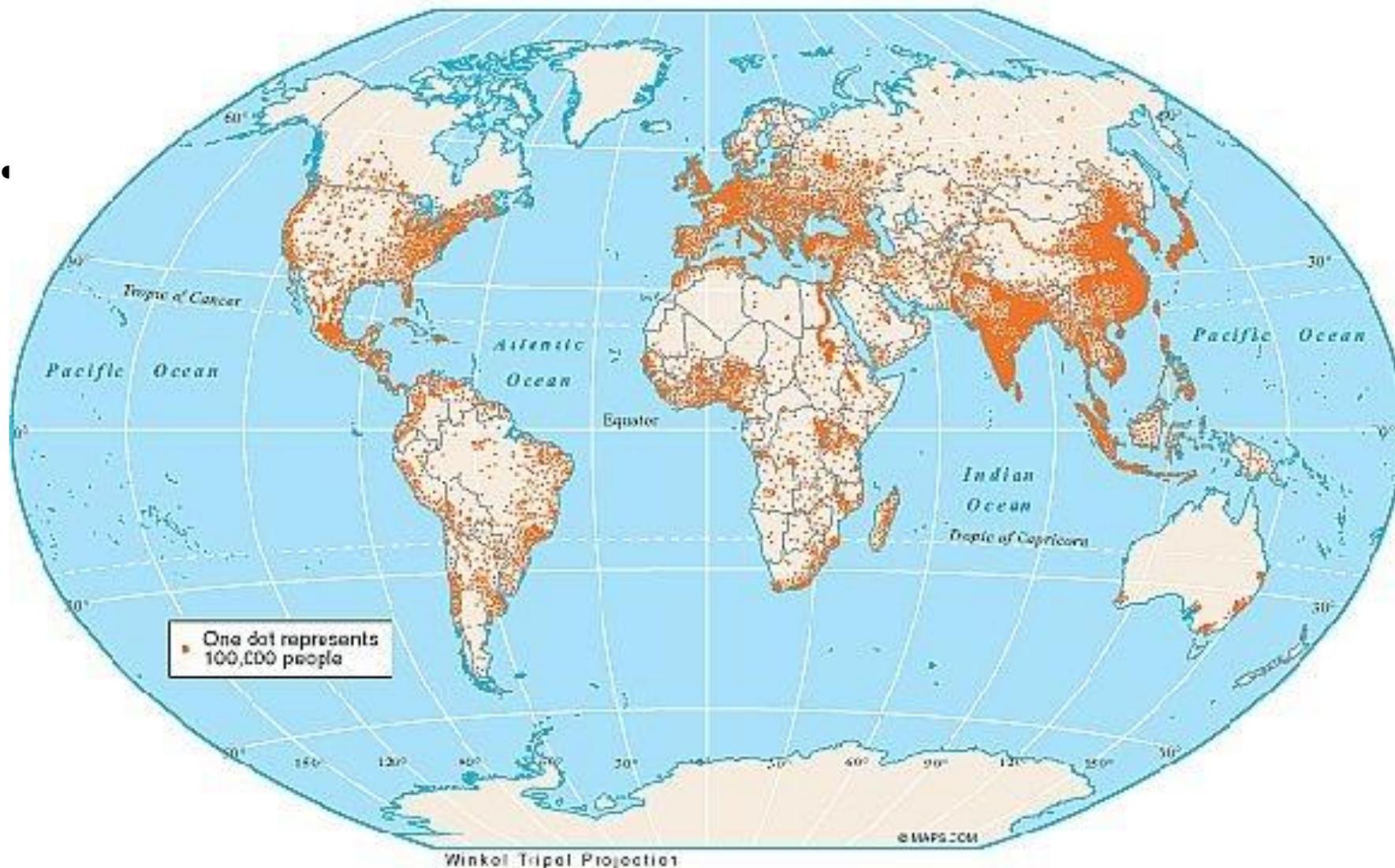
Representações Cartográficas

- Mapas pontos - *dots*
 - Superposição em áreas densas
 - Valores agregados
1pto= x pessoas



Representações Cartográficas

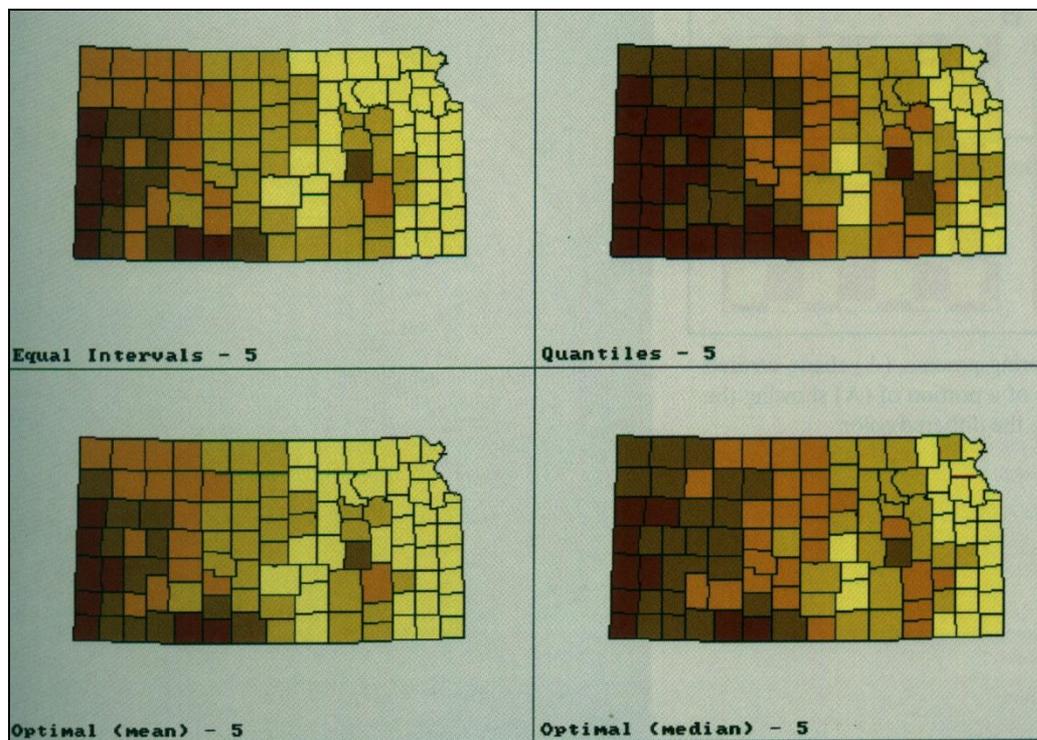
World Population Distribution, 1998



Representações Cartográficas

- Mapas Coropléticos

- Mapas temáticos
- Valores associados a áreas e diferenças de cores - intensidade do fenômeno
- Representa estrutura hierárquica dos dados
- Tamanho, forma das unidades, número de classes e definição de limites



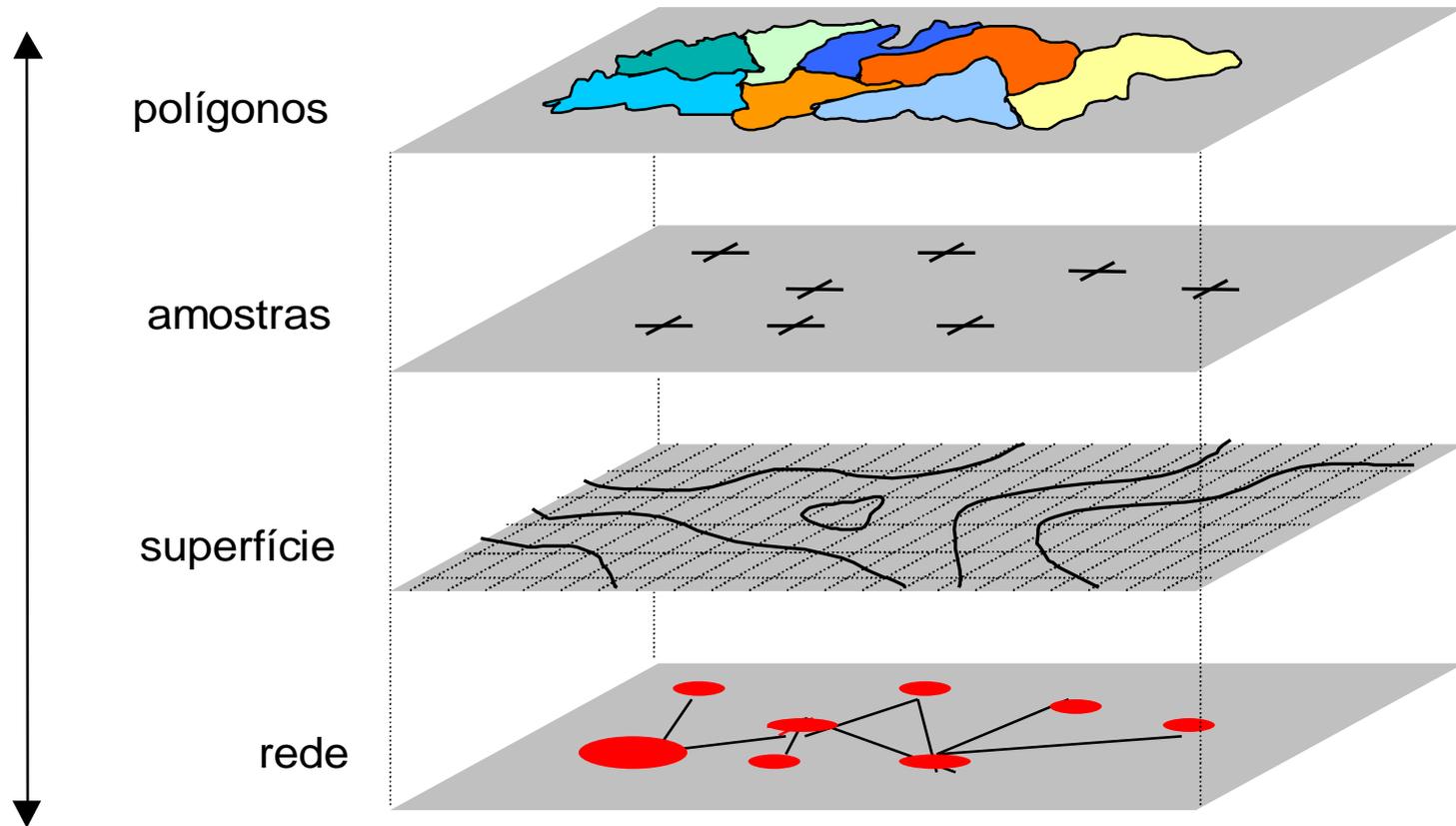
Representações Cartográficas



Representação Computacional



- Representação digital de dados geográficos – modelos matricial e vetorial



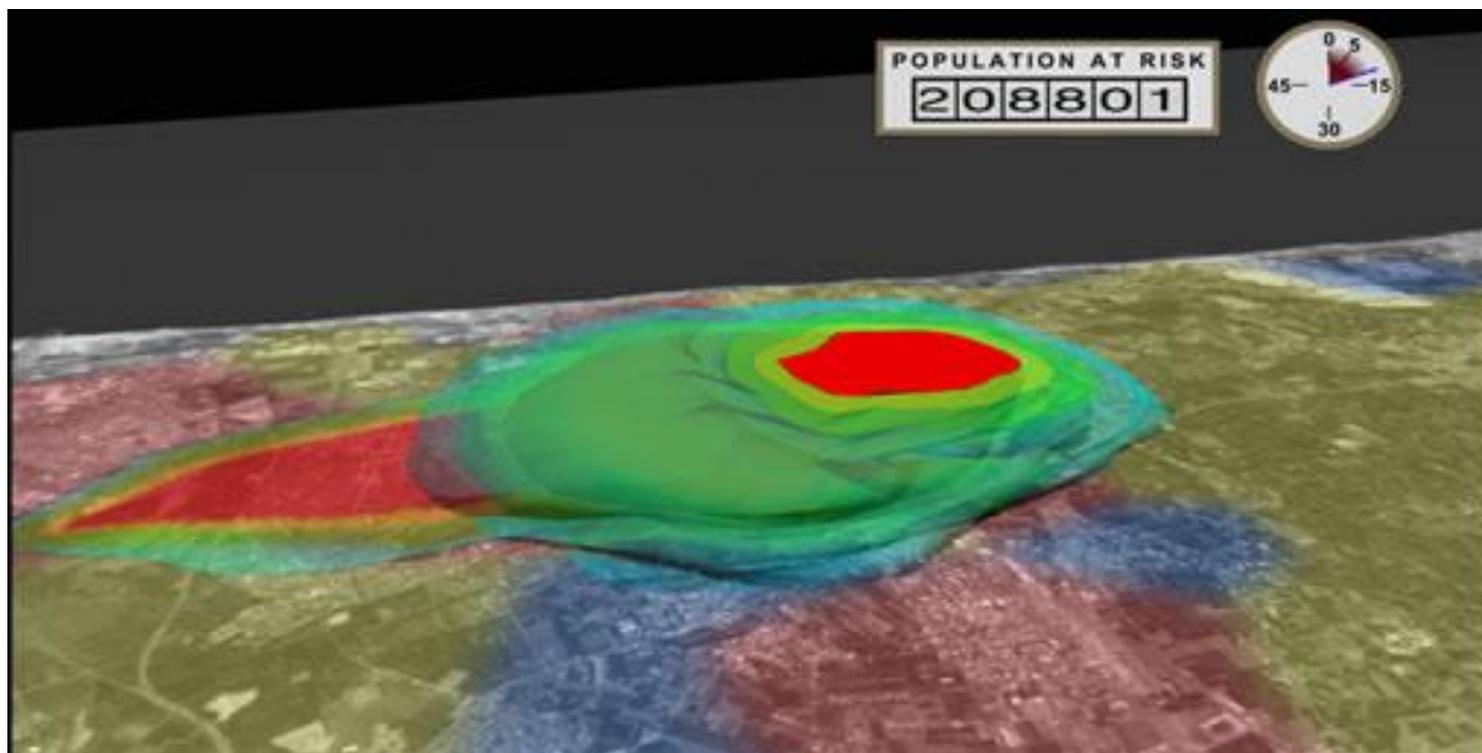
Representação Computacional



- ESCALA
- Modelos de representação computacional para dados sócio-econômicos:
 - Indivíduo
 - Área
 - Fenômeno contínuo no espaço
- Área – fenômeno em regiões discretas, unidades homogêneas
- Unidades – arbitrárias como setor censitário, não representam distribuição espacial da variável
- Problema de unidade de área modificável (MAUP) – séries temporais?

Superfície de Densidade

- Modelos de Superfície - alternativa a restrição das áreas



Superfície de Densidade

- Modelos de Superfície - alternativa a restrição das áreas
 - Densidade demográfica – fenômeno contínuo
 - Objetivo: estimar distribuição no maior detalhe possível
 - Vantagem: manipulação e análise independentes de área
 - Armazenar e disponibilizar dados em BD Globais

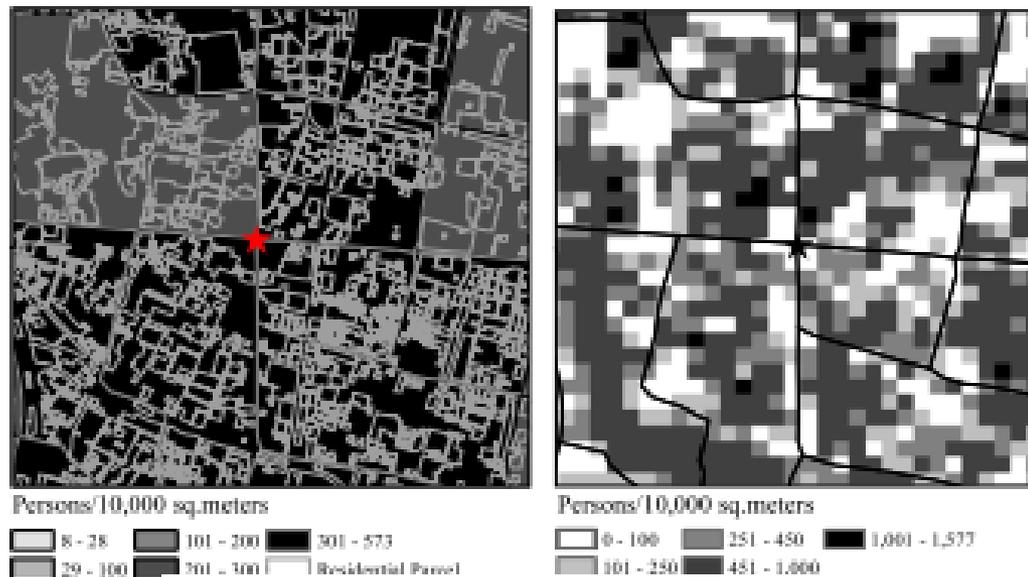


Figure 5 Comparison between vector-based subdistrict population distribution (left) and raster population surface (right) for CBD area

Luo (2005)

Para representar População na Amazônia

- Dados Censitários: Municípios ou Setor Censitário (Área)

EXEMPLO – “vazio demográfico”?!

- Evolução de uso e cobertura na Amazônia
 - divisões territoriais
 - grade regular para modelos espaciais
 - Pressão da população
 - gradiente da densidade populacional



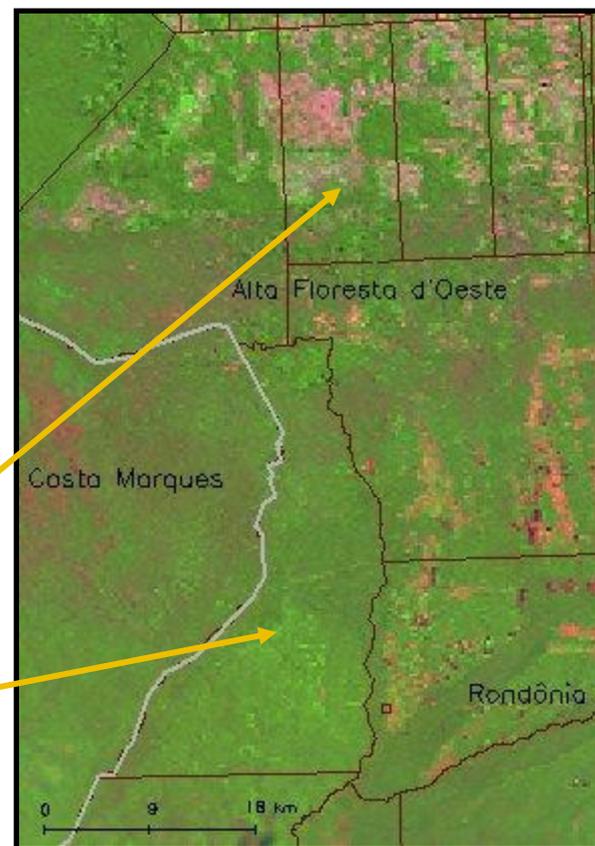
Para representar População na Amazônia

- Disponibilidade de dados
 - Dados censitários (10 anos)
 - Contagens por amostragem intercensos
 - Estimativas estatísticas – PNAD – UF, região metropolitana, no N somente para população urbana
- Indexação Espacial
 - Limite municipal até censo 2000, dados coletados por setor censitário (mapas analógicos), limite territorial oficial IBGE - malha municipal
 - Censo 2000 – setor censitário digital (apenas para área urbana – mun>25000). Atualmente disponíveis para 2000

Para representar População na Amazônia...

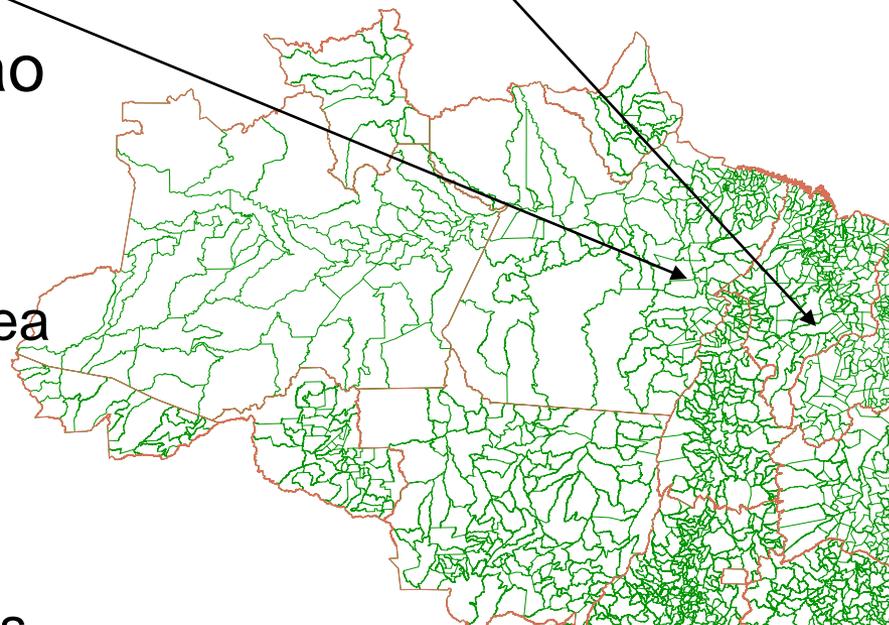
- **Setor Censitário**

- Área visitada em 1 mês – 250 domicílios rurais, 350 urbanos
- Na Amazônia – áreas extensas e heterogêneas
- Alta Floresta d'Oeste (RO)
 - 165 km² e limites regulares – assentamentos
 - 435 km² em áreas de floresta



Para representar População na Amazônia...

- Heterogeneidade da região
 - Tamanho de município: 64 km² – Raposa (MA), 160.000 km²
– Altamira (PA)
 - Área dos municípios: 6.770 km² - média, 14.000 km² - desvio padrão
- Heterogeneidade da região
 - RO – 52 municípios com área média de 4.600 km²
 - AM - 62 municípios com área média de 25.800 km²
 - Área dos municípios determinam a dimensão dos setores censitários



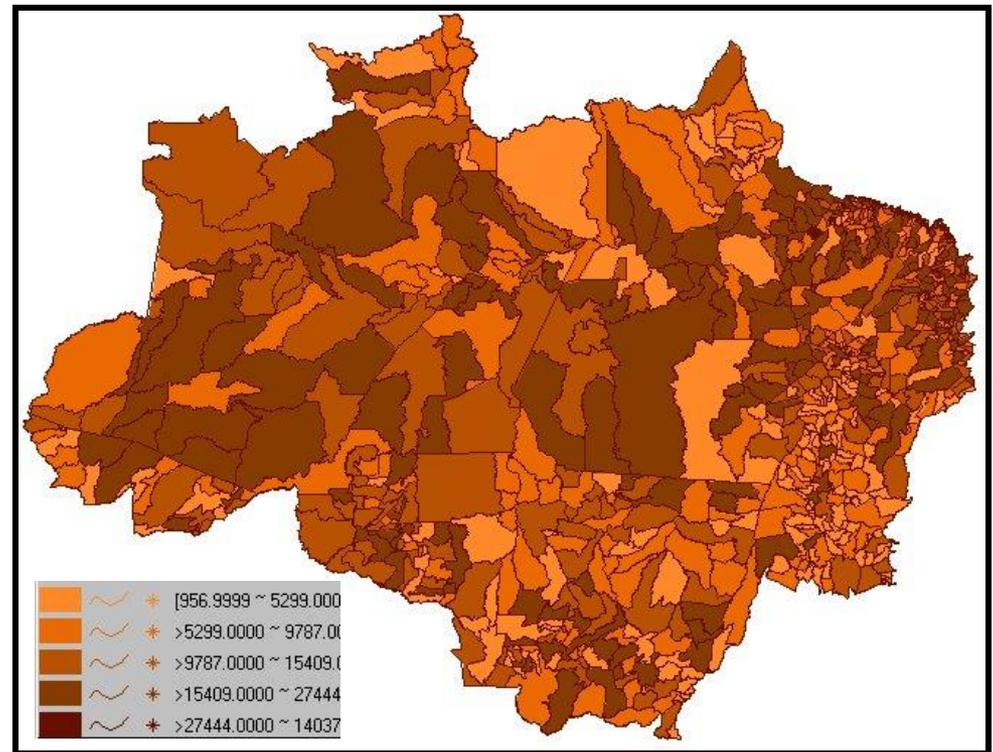
Para representar População na Amazônia...

- **Complexidade dos processos -> distribuição espacial**
 - Rondônia: migrantes, assentamentos INCRA, núcleos urbanos ao longo de eixos viários e população na zona rural.
 - Amazonas: menor densidade de núcleos urbanos, concentração em Manaus.

 - Tendências:
 - desconcentração das metrópoles,
 - maior participação relativa das cidades de até 100.000 habitantes
 - crescimento da população nos núcleos de 20.000 habitantes
 - População dispersa na zona rural e ao longo dos rios
 - Contínuos de florestas – vazios demográficos

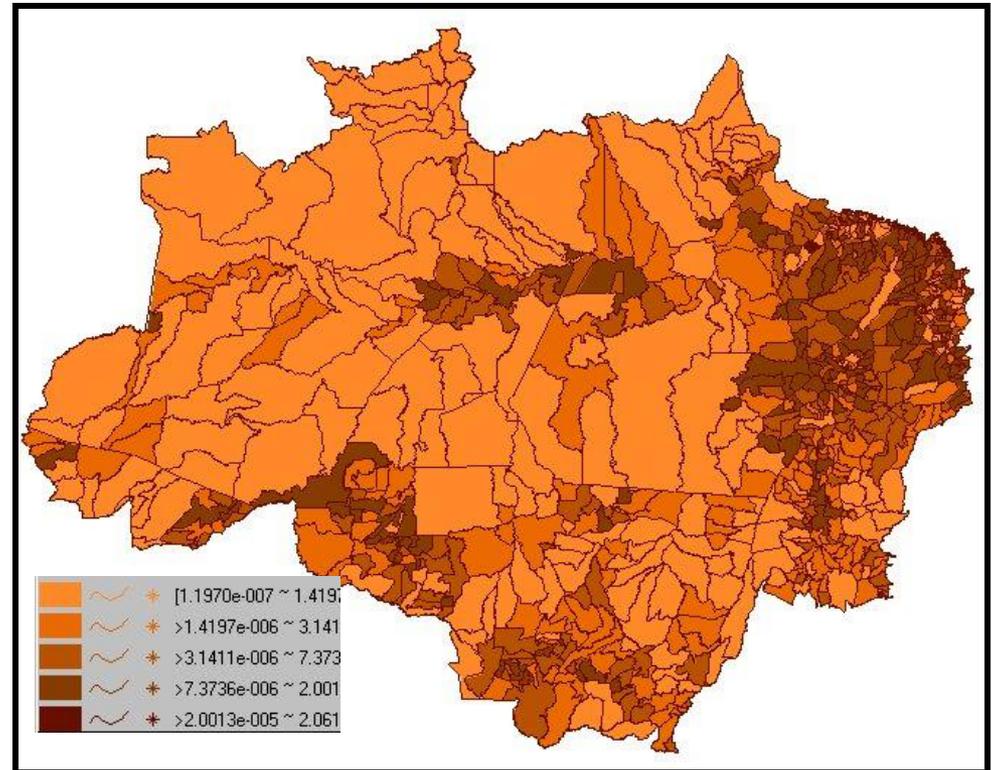
Modelos de População

- Dimensão Humana
– importância nos projetos da região como LBA e LUCC....
- Representação mais freqüente:
mapas temáticos



Modelos de População

- Densidade Demográfica ao invés de população total 2000
- Importância dos intervalos e critério para visualização
- Destaque das regiões mais populosas e vazios demográficos ??



Modelos de População

- Técnicas de interpolação de Superfícies classificadas em dois grupos:
 - Interpoladores que consideram **apenas a variável população**:
 - Superfície de Tendência, Ponderado pela área, Krigagem, Picnofilático de Tobler e Centróides Populacionais de Martim;
 - Interpoladores que **utilizam variáveis auxiliares**, indicadoras da presença humana para distribuir população nas superfícies:
 - método Dasimétrico, Interpoladores Inteligentes e variantes

Interpoladores *Geográficos*

Modelos de População em Superfícies

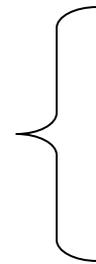
Baseados em Pontos – *Point-based*

Baseados em Áreas – *Areal-Based*

Informação Auxiliar

Conhecimento dos Processos

População

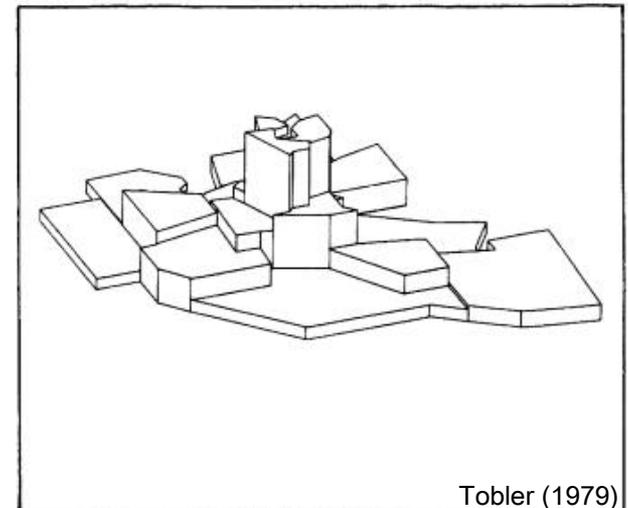
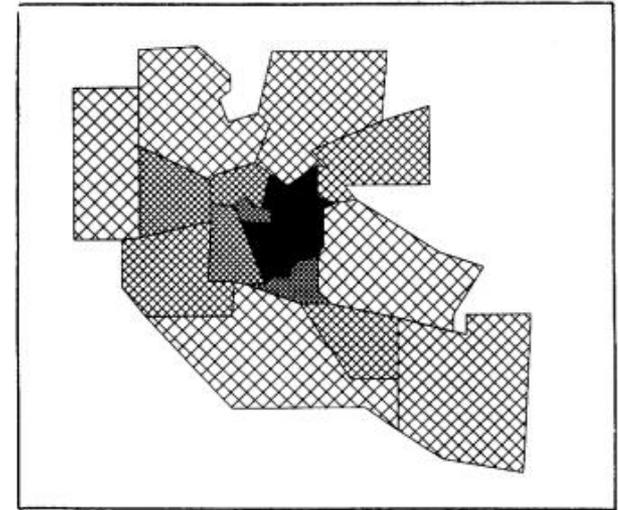


Preservar Volume
Restrições

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.

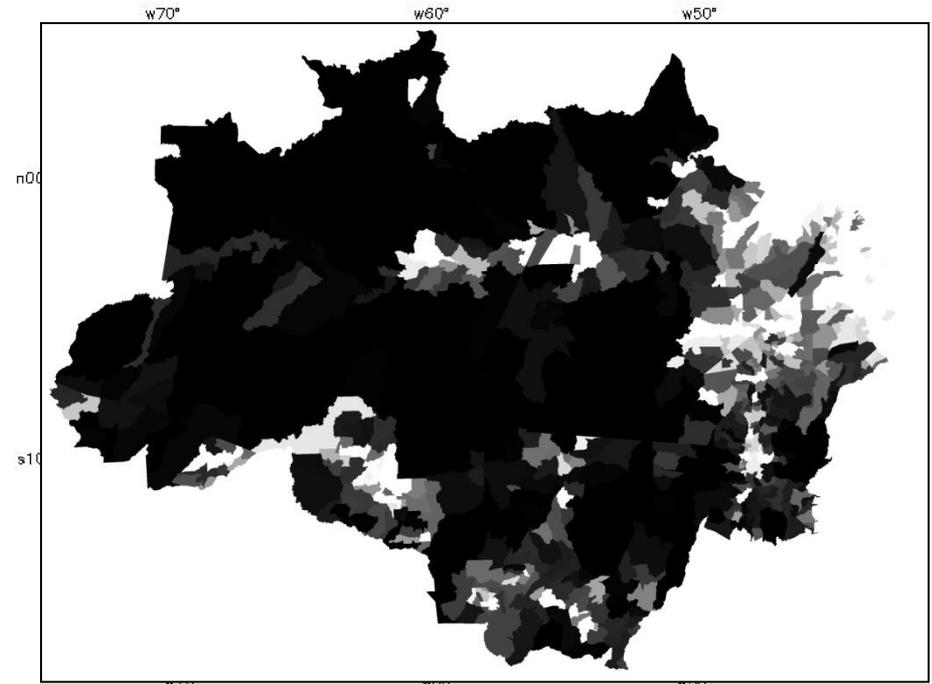
D. Population Densities in Ann Arbor Shown As Choropleths and As a Bivariate Histogram



Tobler (1979)

Modelos de População “Univariados”

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

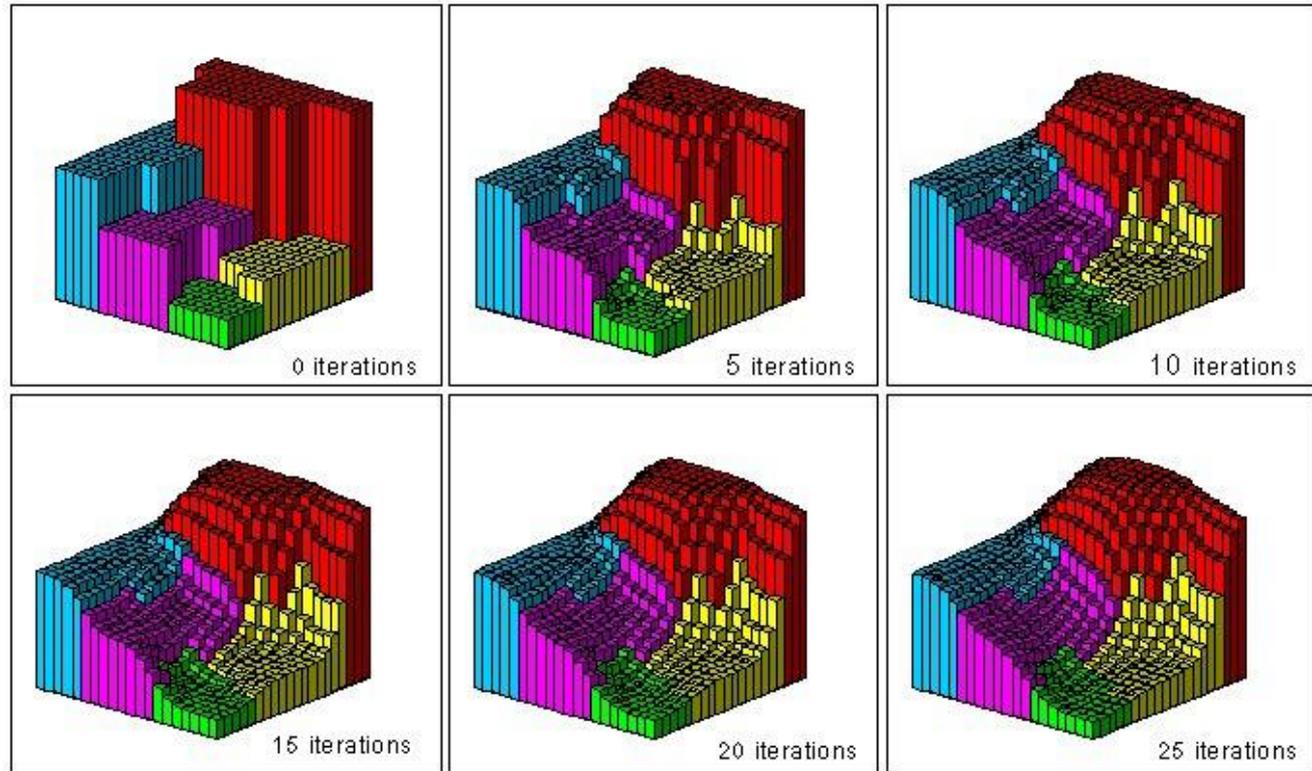


Modelos de População “Univariados”

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)

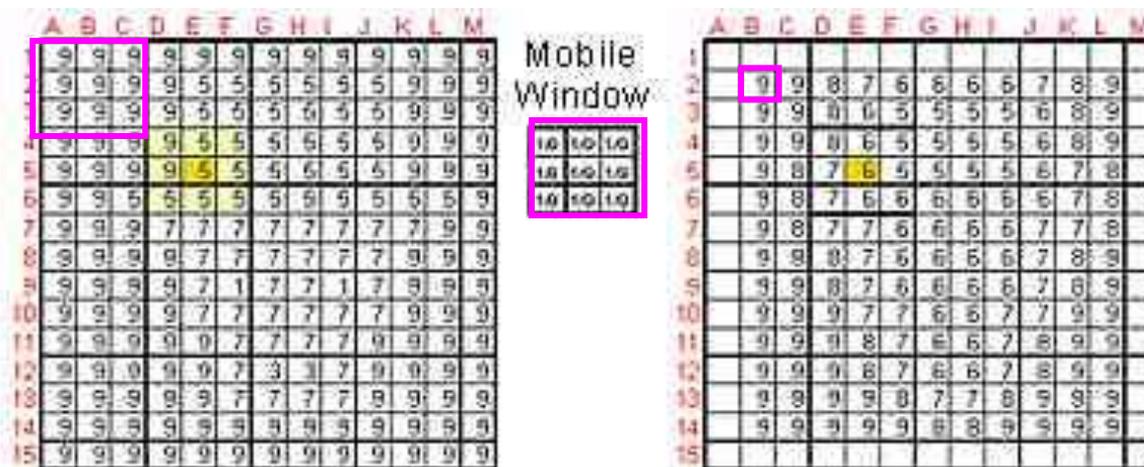
Considera os valores das áreas adjacentes e mantém o total de população



Modelos de População “Univariados”

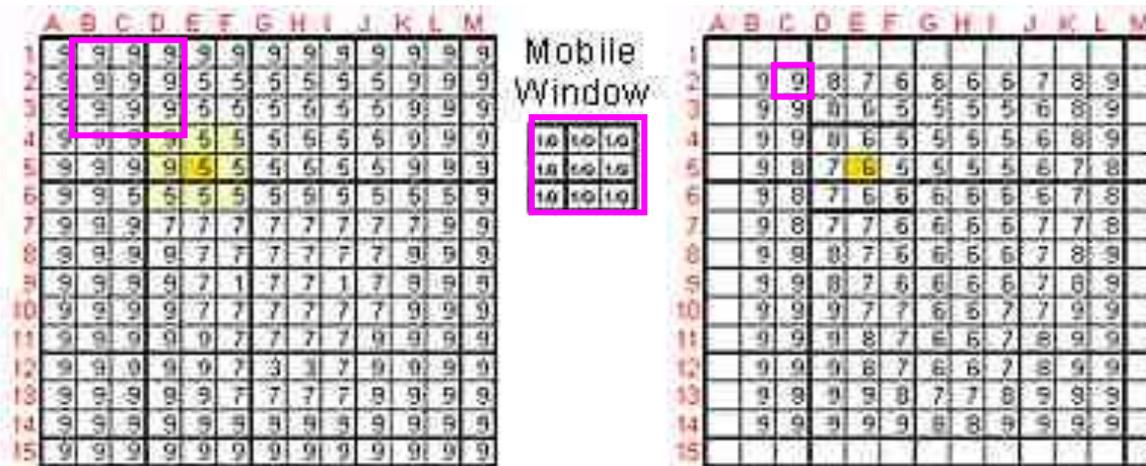
- **Picnofilático de Tobler**

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



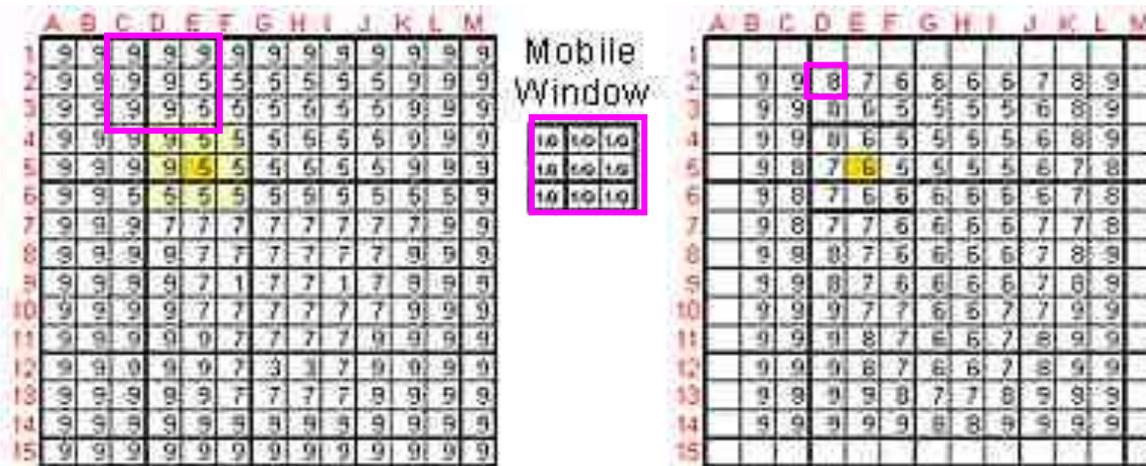
Modelos de População “Univariados”

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



Modelos de População “Univariados”

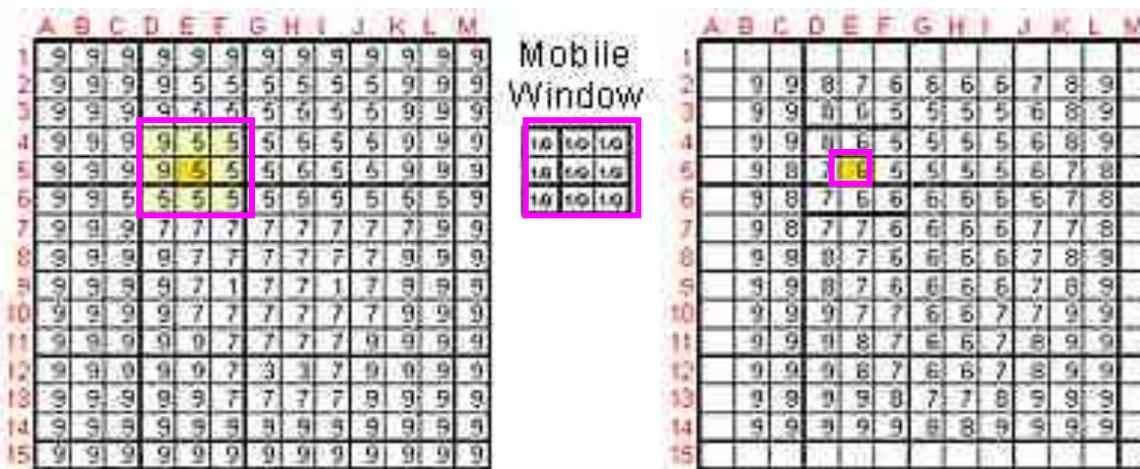
- **Picnofilático de Tobler**
 - Superfície baseada nos centróides geométricos das unidades censitárias
 - Superfície suave ~ “filtro de média”



Modelos de População “Univariados”

- **Picnofilático de Tobler**

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



CST 310: 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}

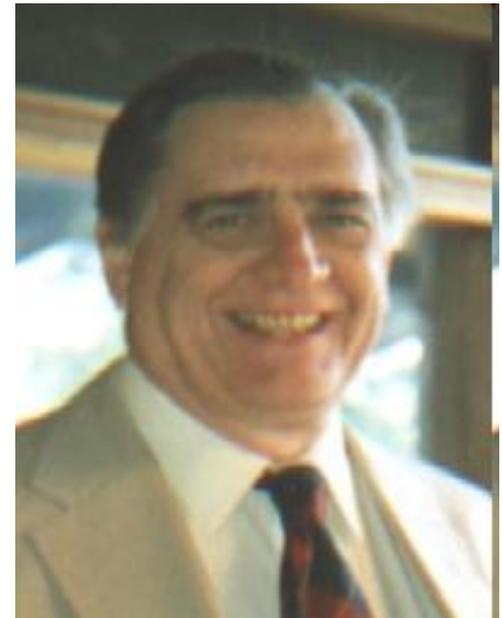


Tobler, W. R. Smooth pycnophylactic interpolation for geographical regions. *Journal of the American Statistical Association*, 74, 519-530, 1979

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

Interpolação Geográfica

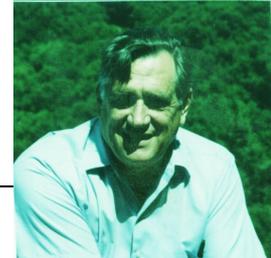


- Interpolação requer pressupostos sobre a natureza do fenômeno a ser interpolado...
...seguido por um “intelligent” guessing
- Por exemplo:

**Amostragem aleatória seguida por interpolação
seriam eficientes para respresentar 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

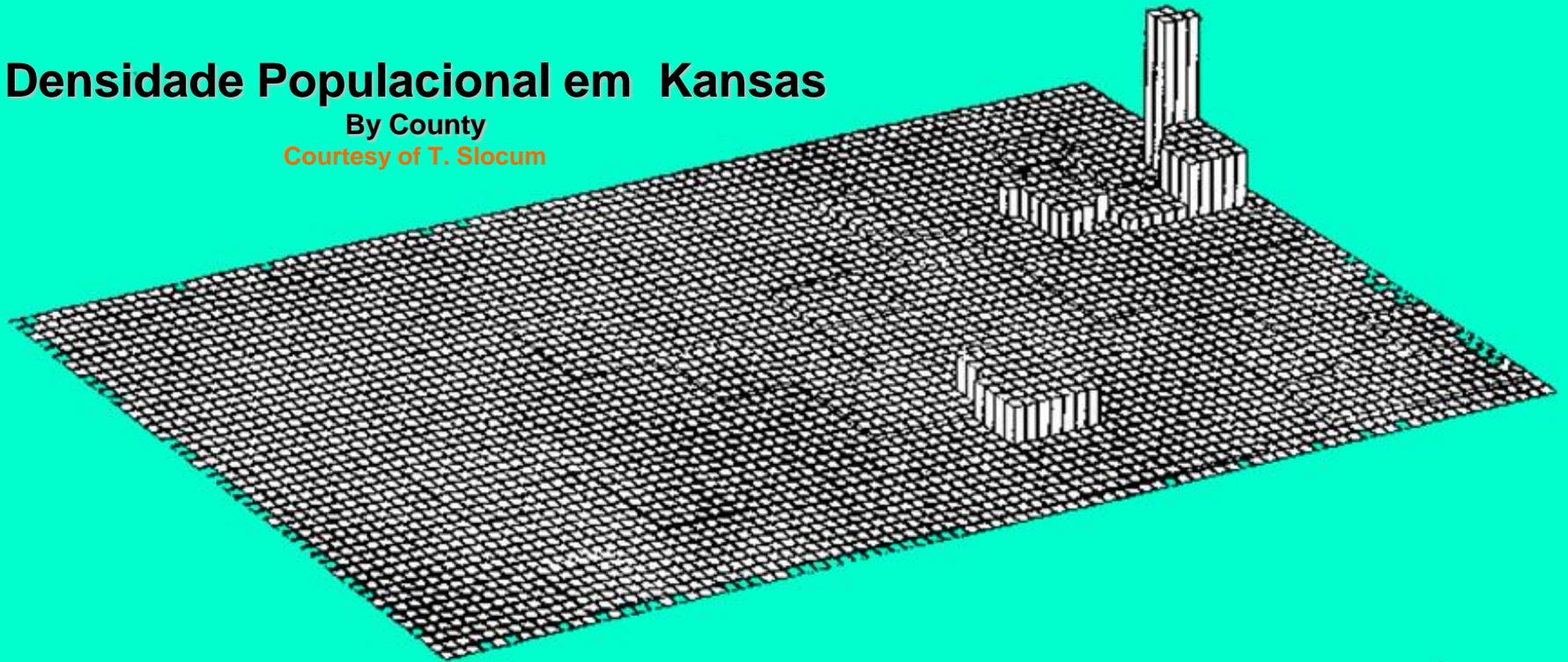


- Observe as discontinuidades dos limites municipais.
- Precisa de um mapa de densidade de população suavizado para desenhar os contornos.
- Procedimentos de interpolação usuais não vão funcionar a menos que se use centróides e esta “FICÇÃO” permitiria a mudança das pessoas de um município para outro

Densidade Populacional em Kansas

By County

Courtesy of T. Slocum



Densidade Populacional / município



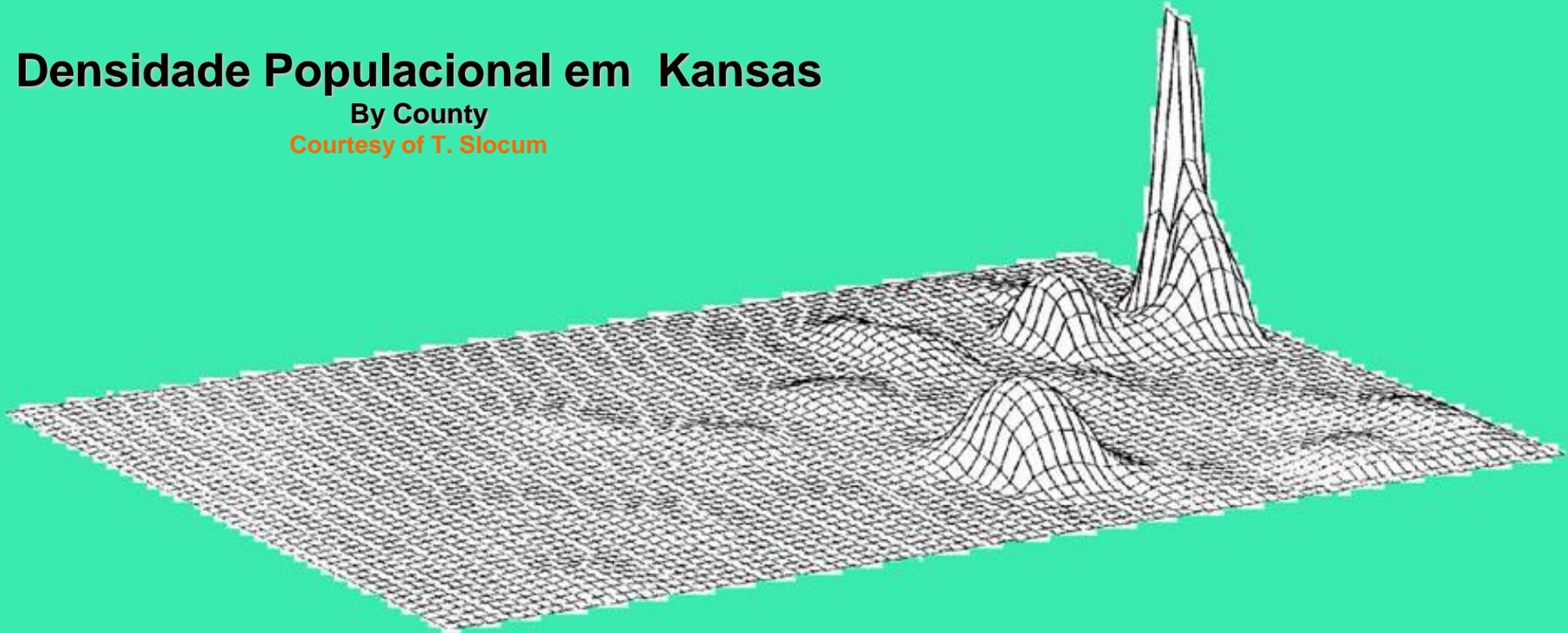
Superfície contínua suave, com população redistribuída pycnophylactically

Cada município ainda contém o mesmo número de pessoas

Densidade Populacional em Kansas

By County

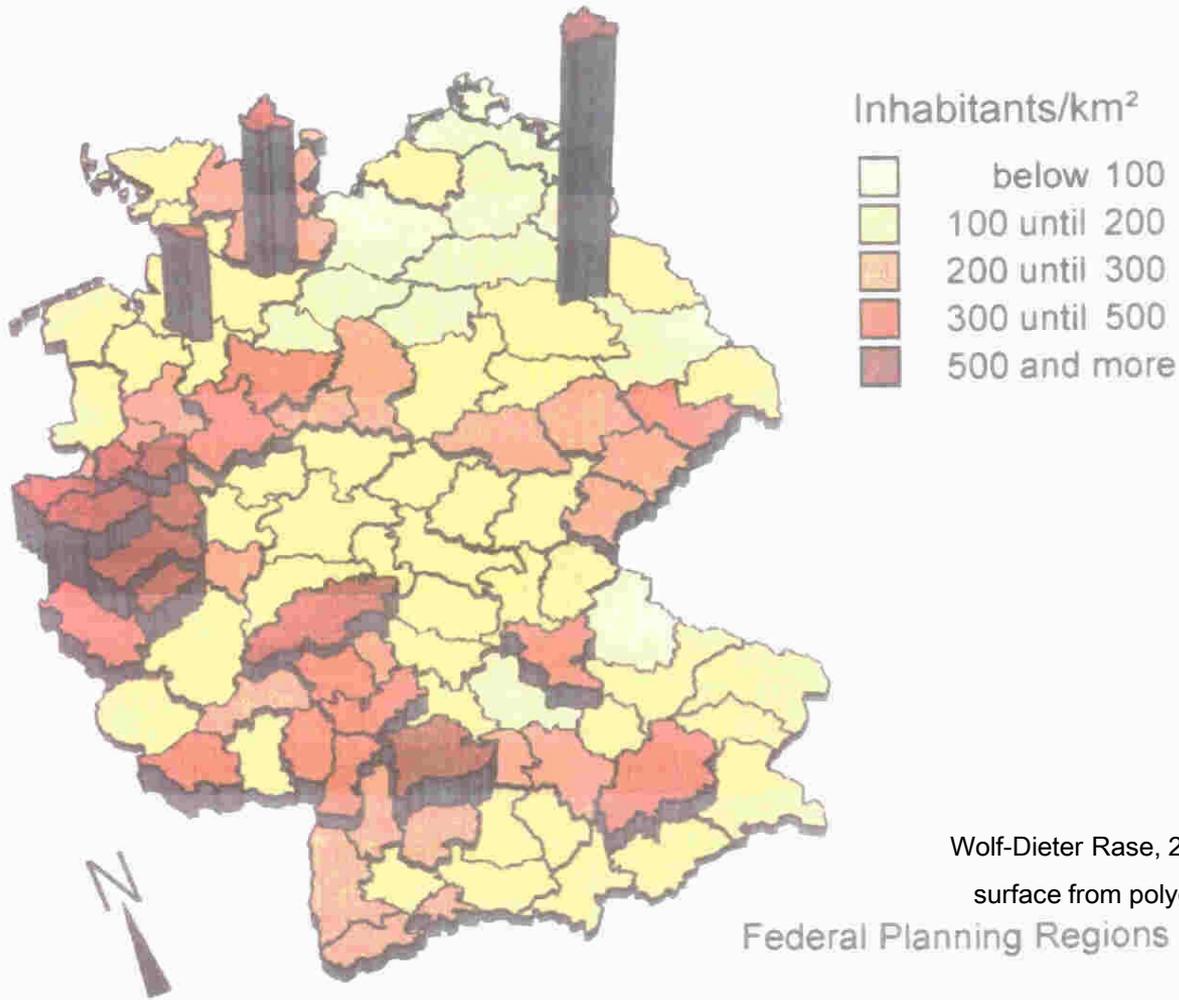
Courtesy of T. Slocum



Exemplo 2



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



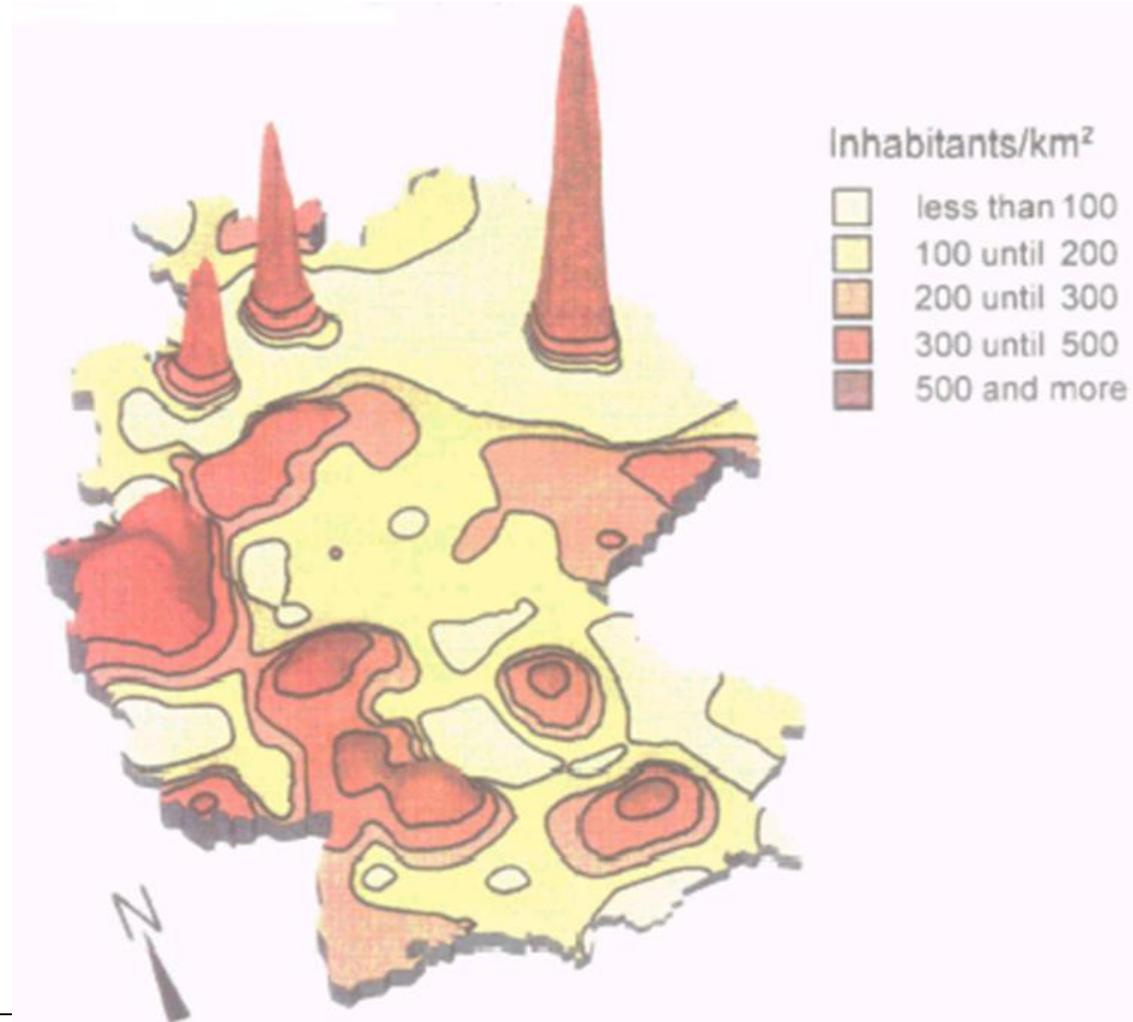
Cortesia de Wolf Rase in Bonn..

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

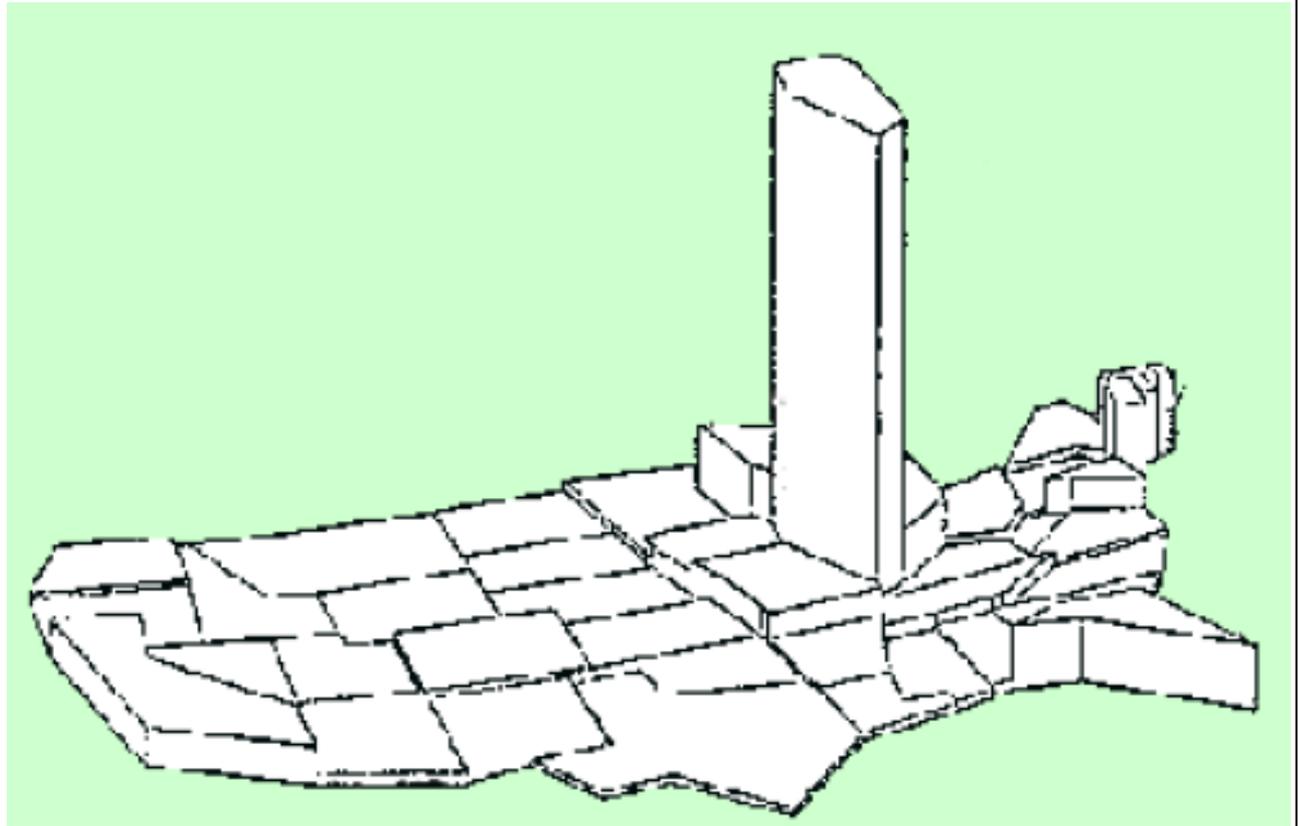


Waldo Tobler

Exemplo 3



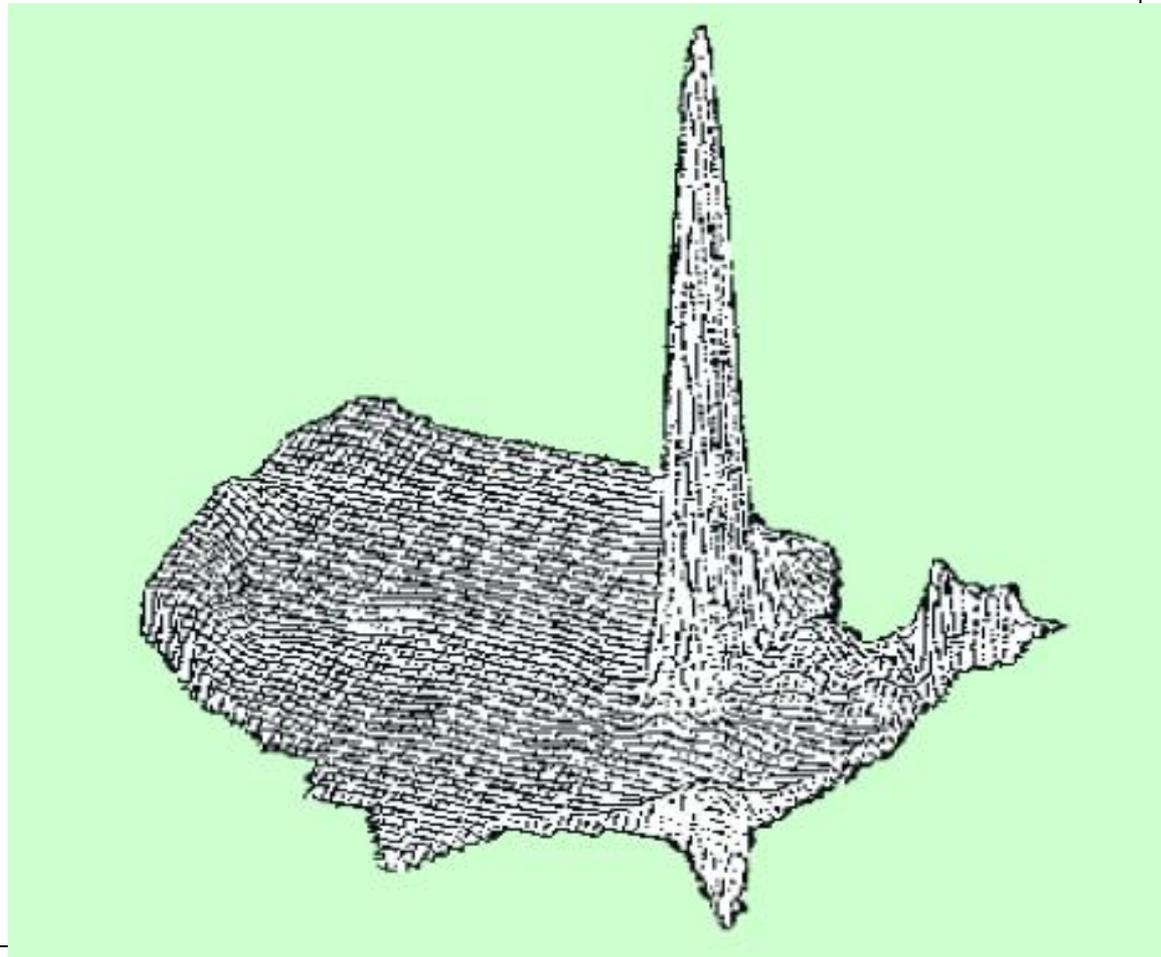
- Base nos contornos do Estado e volumes de acordo com a emigração de Illinois
- A maioria dos migrantes em Illinois são realocados no interior do próprio Estado



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 congregar-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”

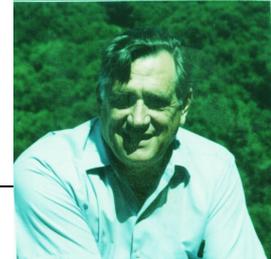
A forma mais simples, a suavização Laplaciana é obtida minimizando a equação:

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

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

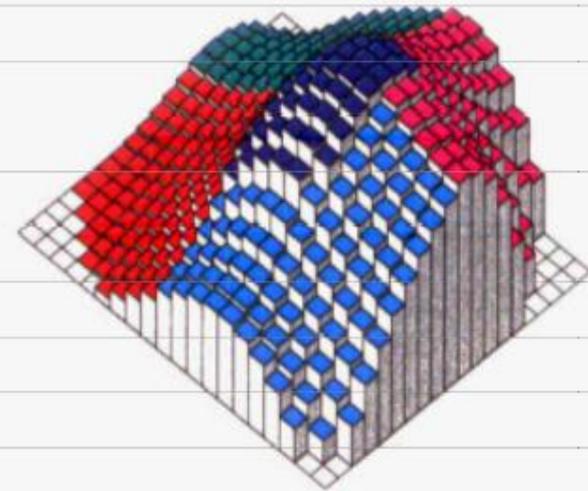
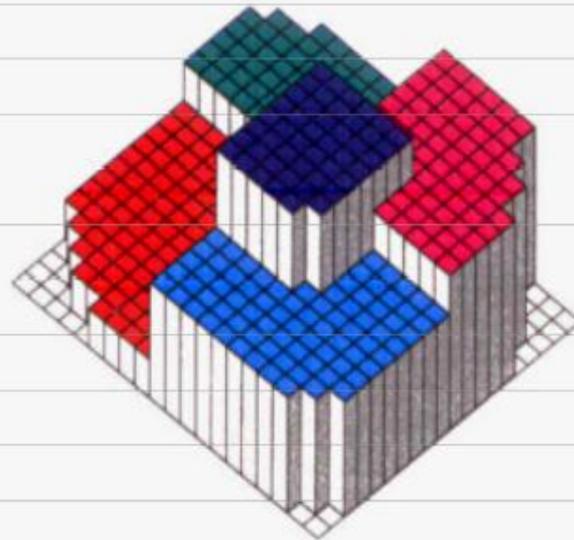
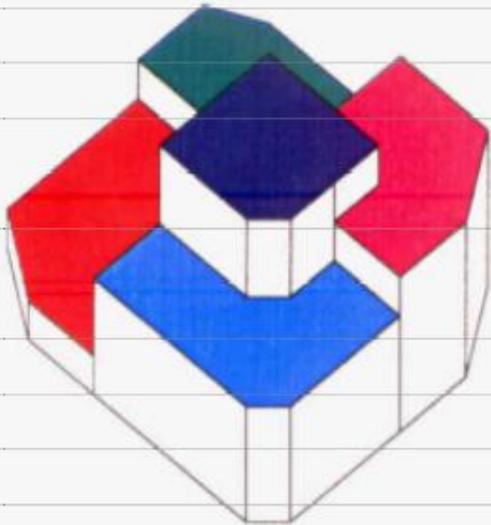
A suavização deve cruzar de borda a borda da maior região

Quanto mais detalhada grade (raster), maior a resolução e o tempo de iteração

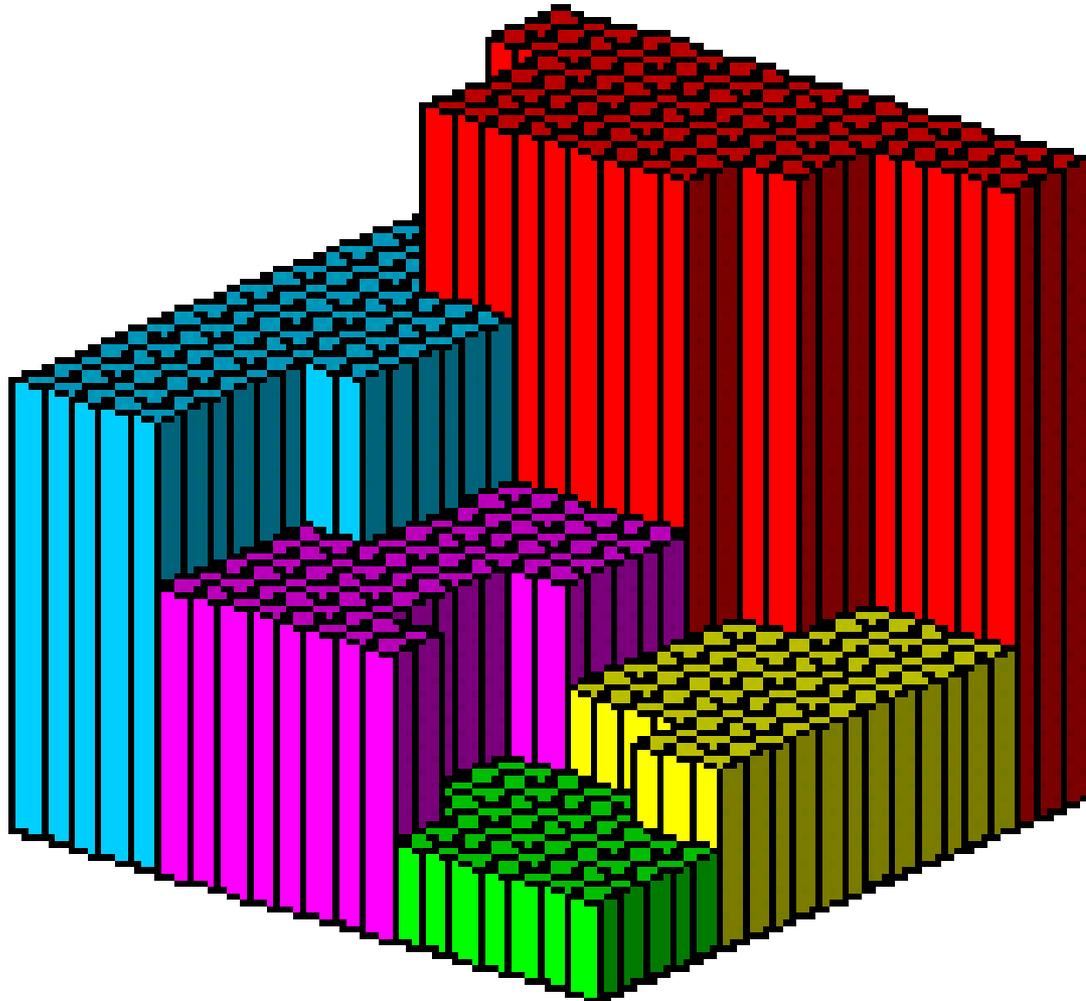


Left to right

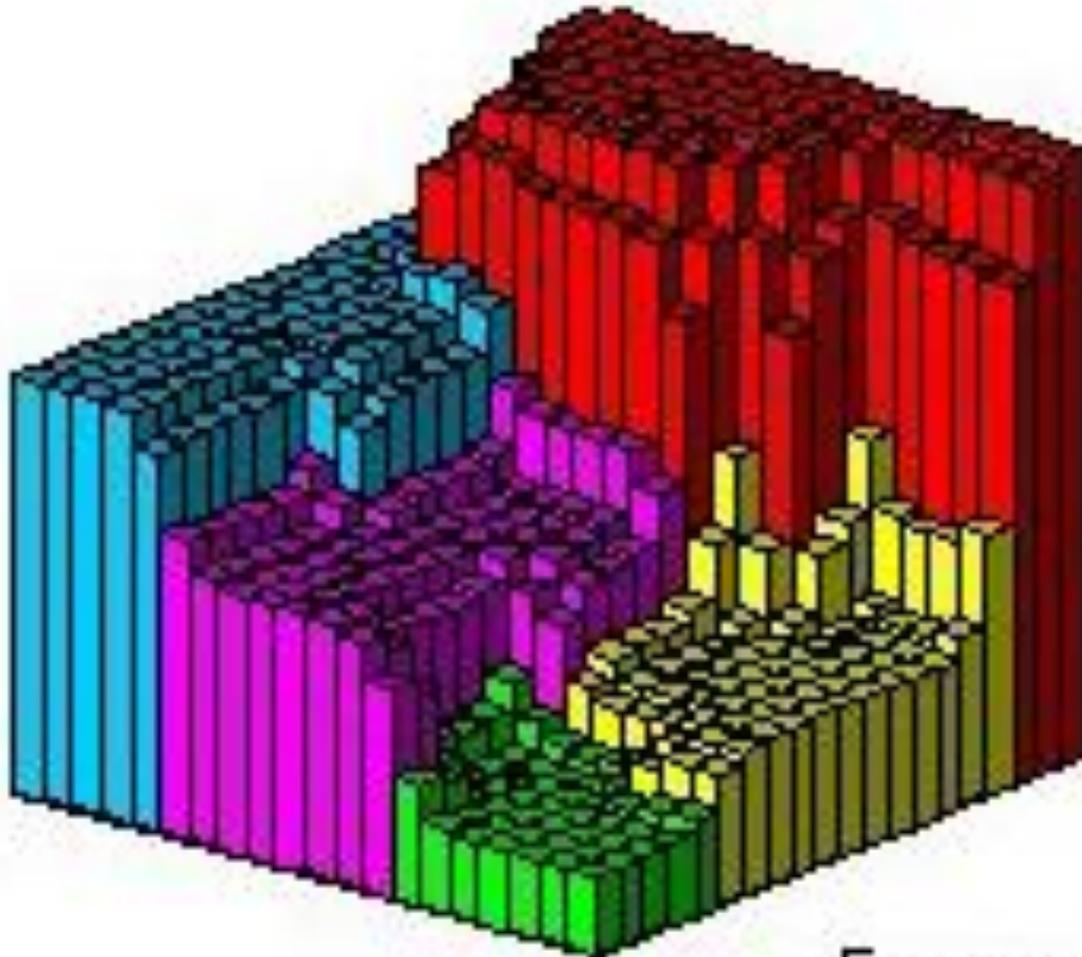
1. Dado poligonal
2. Dado matricial (Rasterized)
3. Superfície suavizada (Smoothed)



Zero Iterations

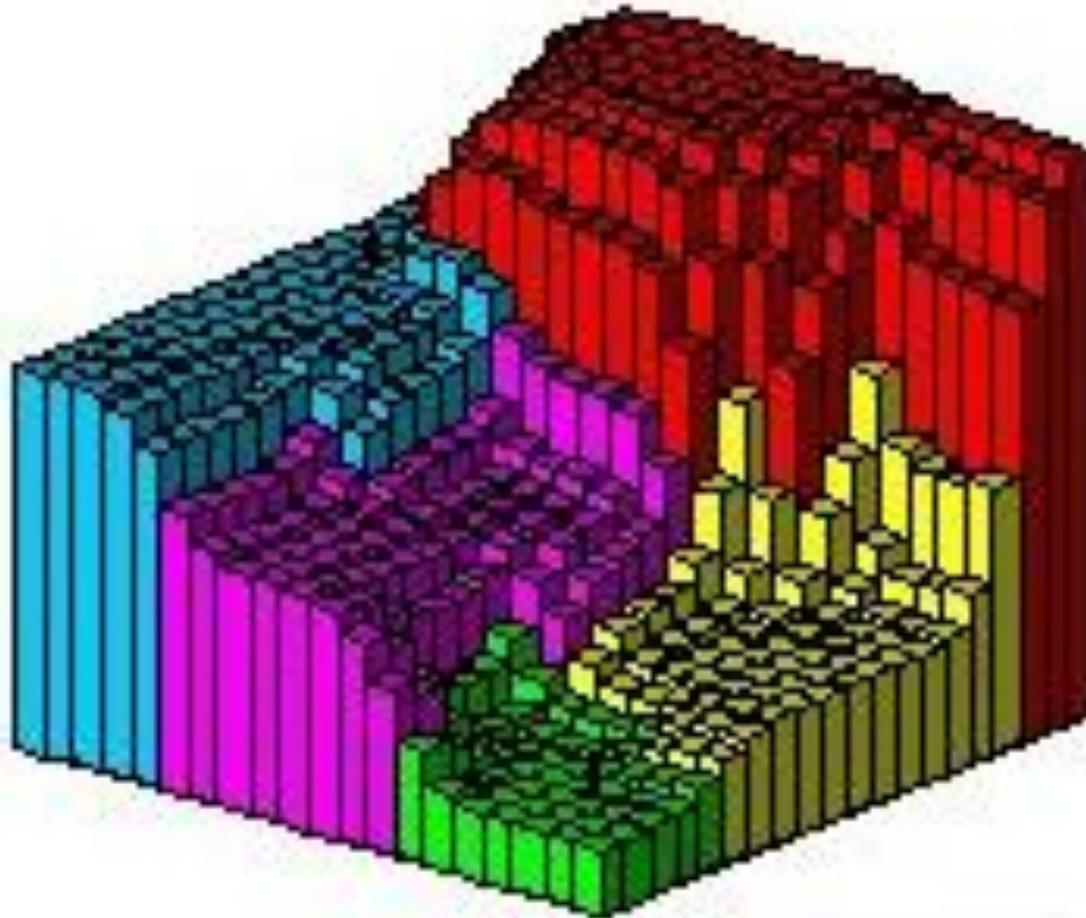


5 Iterations



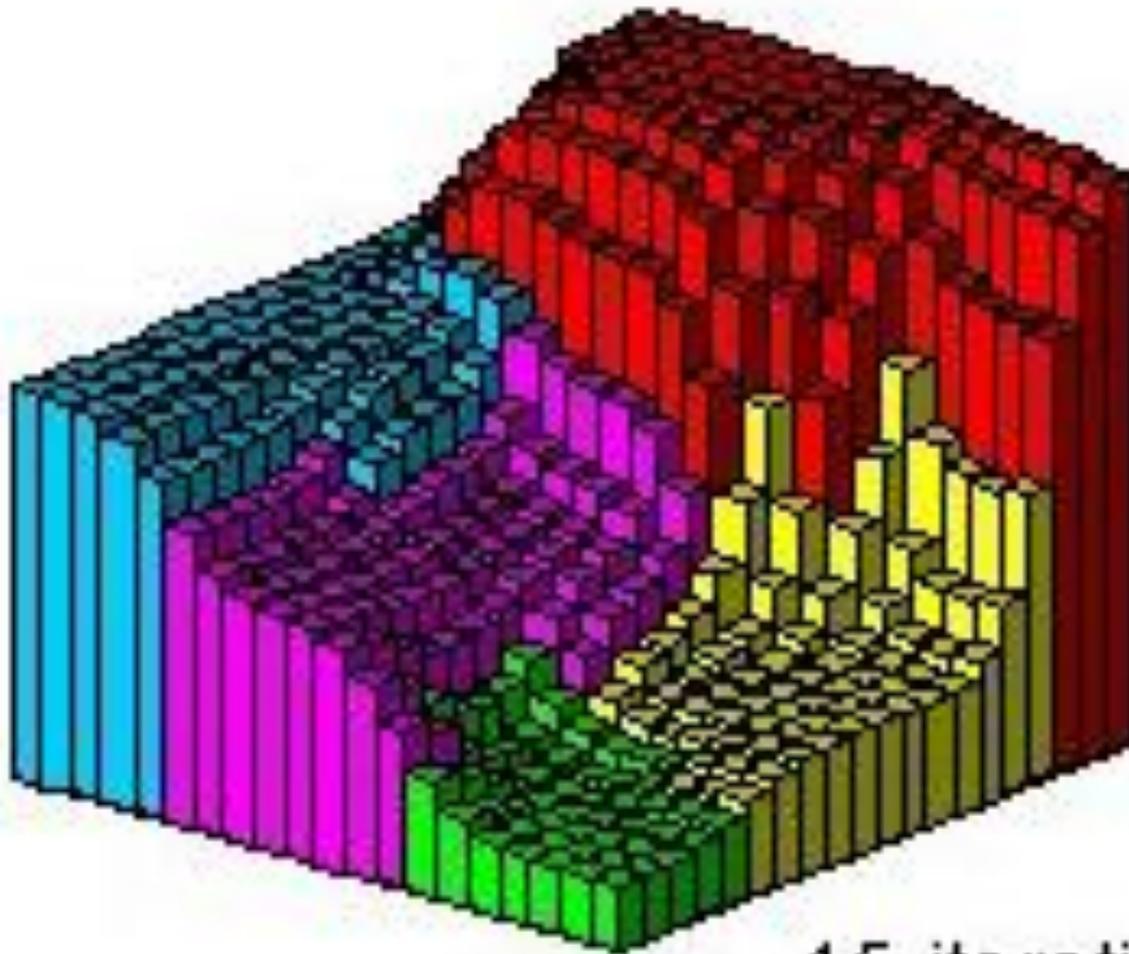
5 iterations

10 Iterations



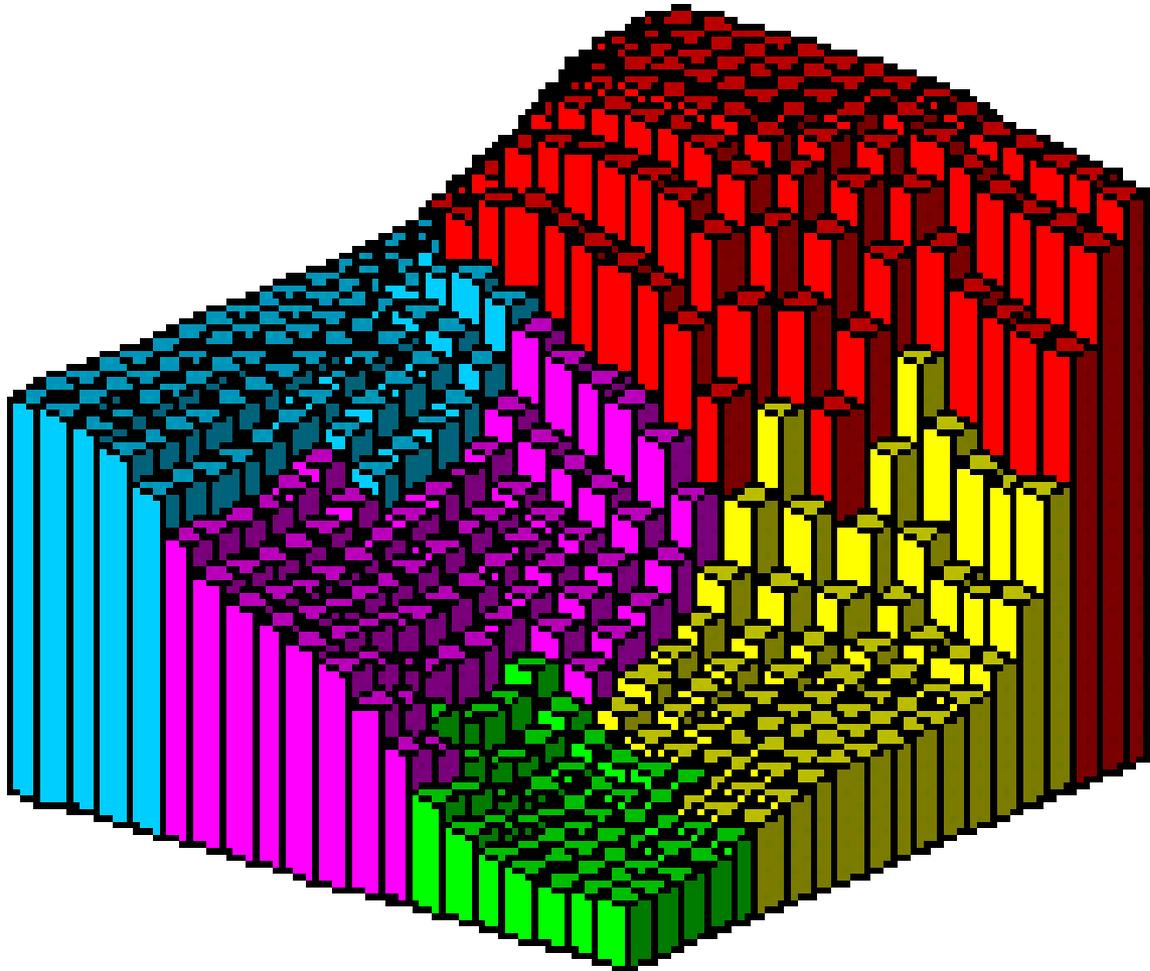
10 iterations

15 Iterations

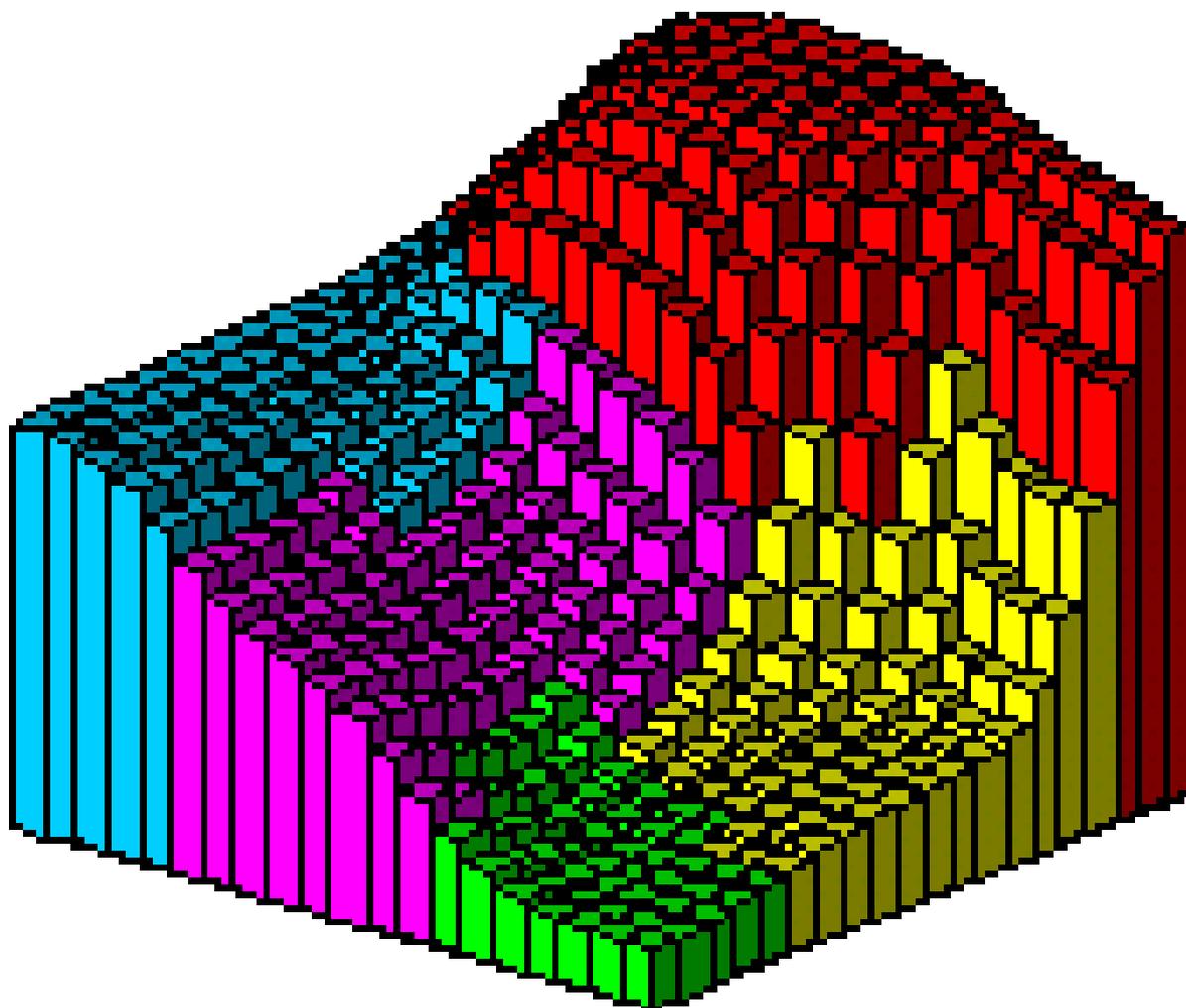
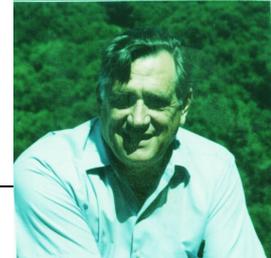


15 iterations

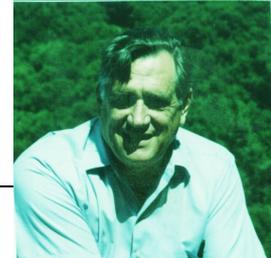
20 Iterations



25 Iterations



25 iterations

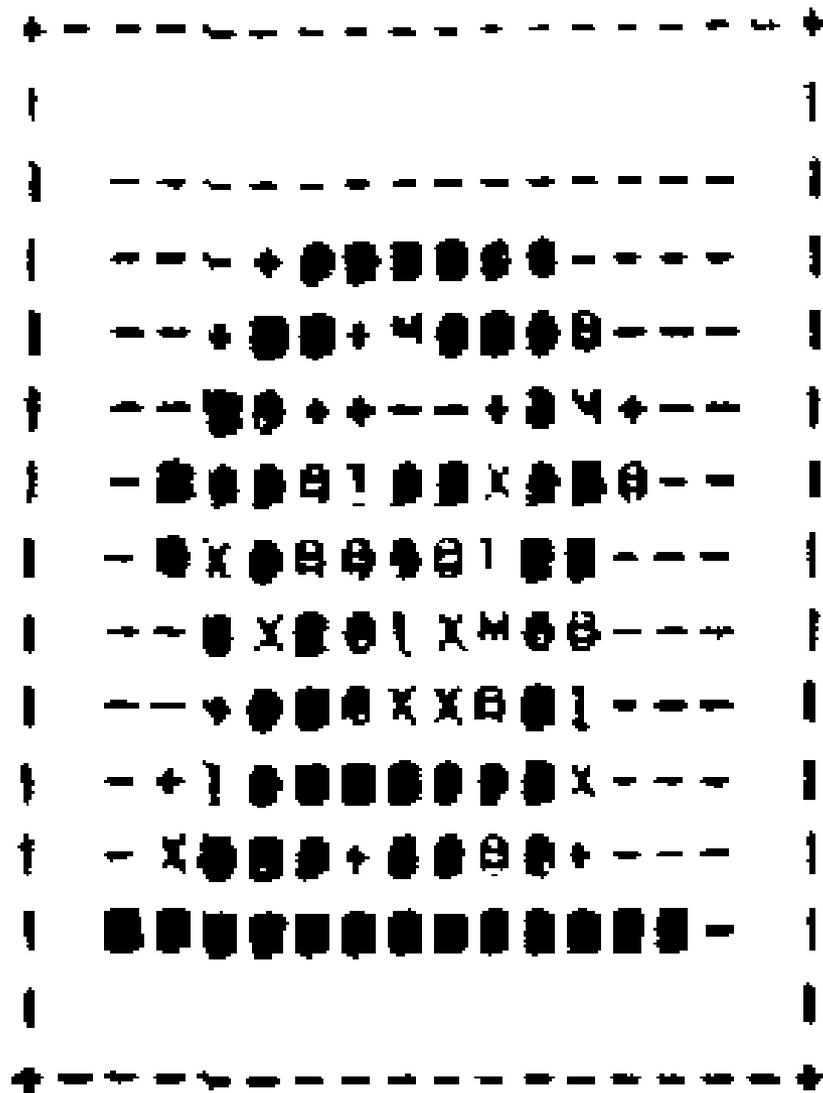
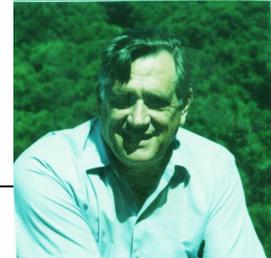


Realocação Pycnophylactic também funciona para dados coletados em células/grades

(não foi desenhado para este objetivo)

- **Ex. Dados em Pixels**
- Não entre pixels 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)



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.

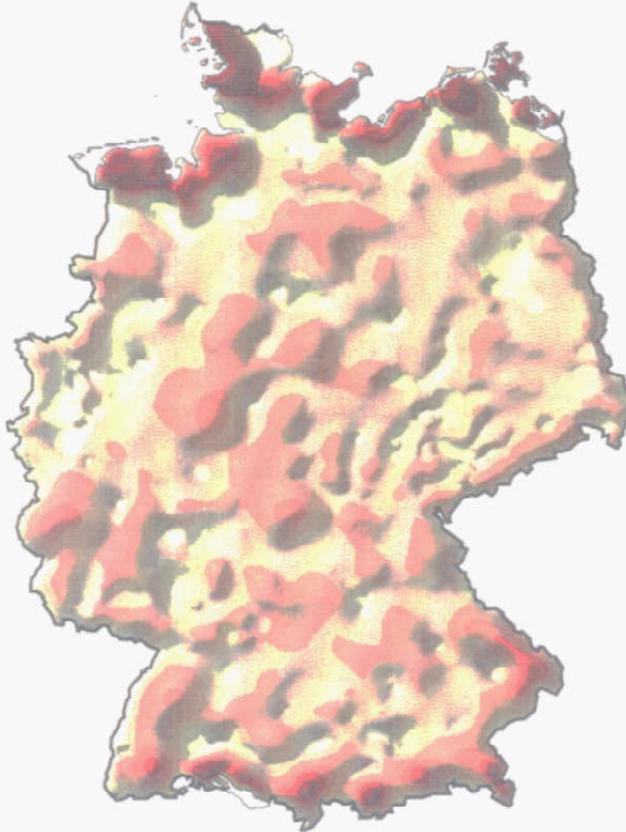
LaPlacian & Biharmonic Smoothing

Dirichlet Boundary Condition



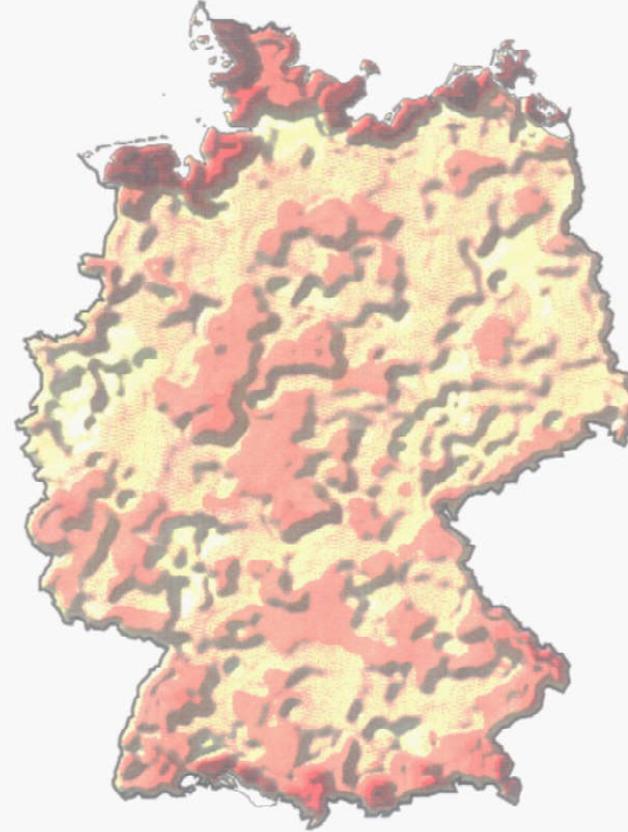
Landschaftliche Attraktivität

Stetigkeit: Laplace
Grenzbedingung: Dirichlet
Iterationen: 100
Restfehler: 0.3142 %



a) Stetigkeit nach Laplace-Gleichung

Stetigkeit: Biharmonisch
Grenzbedingung: Dirichlet
Iterationen: 50
Restfehler: 0.0099 %



b) Stetigkeit nach biharmonischer Gleichung

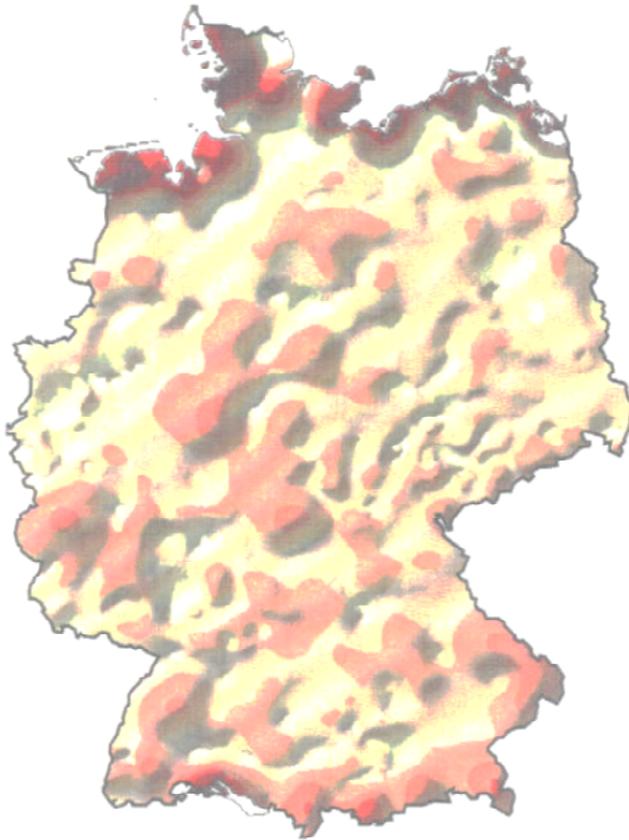
LaPlacian & Biharmonic Smoothing

Neumann Boundary Condition



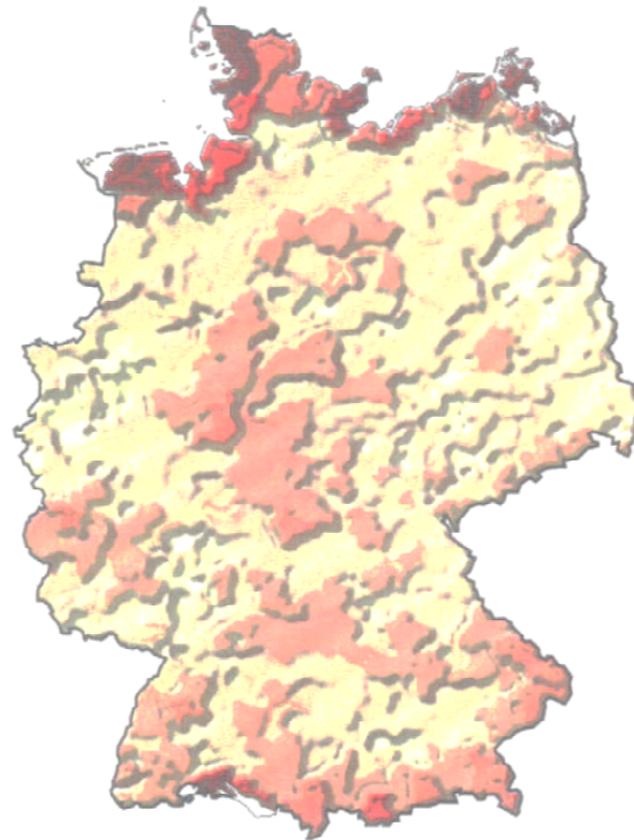
Landschaftliche Attraktivität

Stetigkeit: Laplace
Grenzbedingung: Neumann
Iterationen: 100
Restfehler: 0.0123 %



a) Laplace-Gleichung, Neumann-Grenze

Stetigkeit: Biharmonisch
Grenzbedingung: Neumann
Iterationen: 13
Restfehler: 0.0099 %



b) Biharmonische Gleichung, Neumann-Grenze

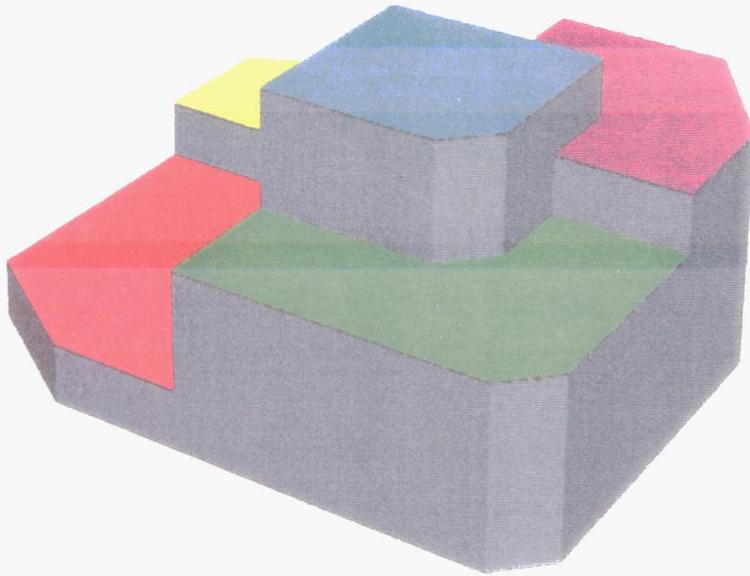
Abb. 2-30 Pyknophylaktische Interpolation mit Neumann-Grenzbedingung

Elementos Finitos também funcionam...

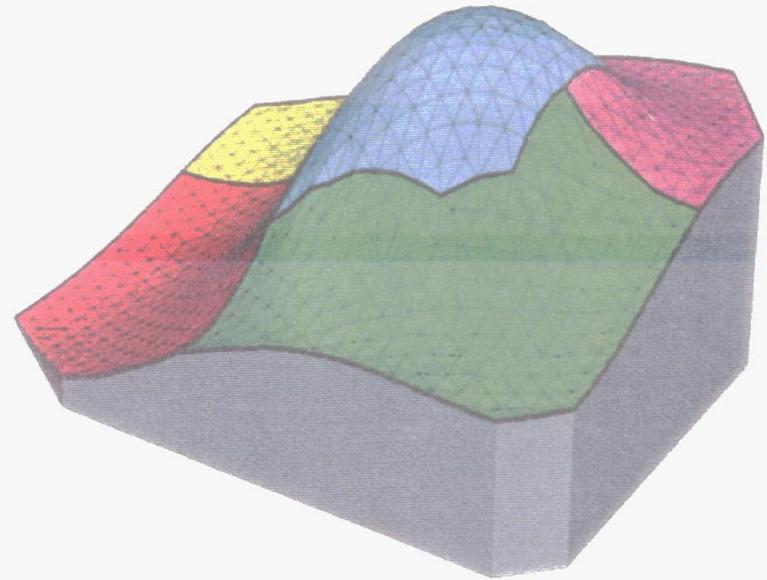


Superfície Original e suavizada usando triângulos

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 argila contínua, em novas zonas e fazer contagem 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

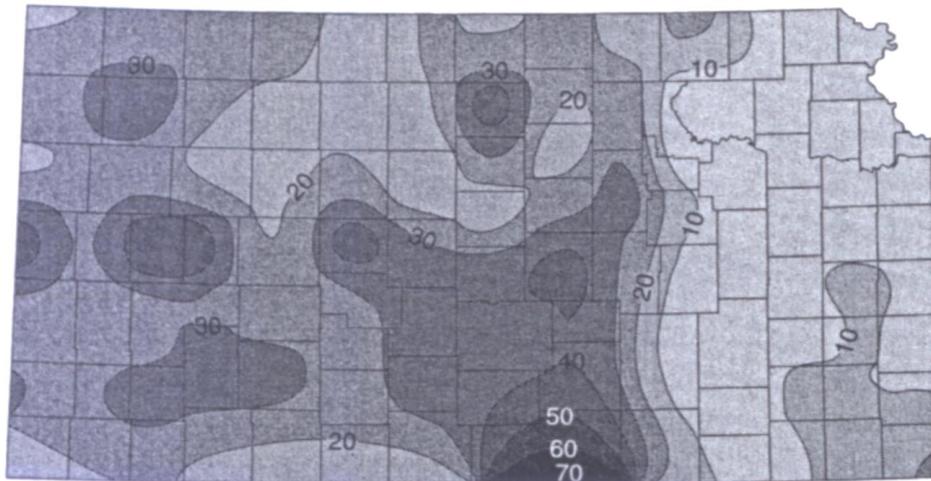
Comparação



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



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.

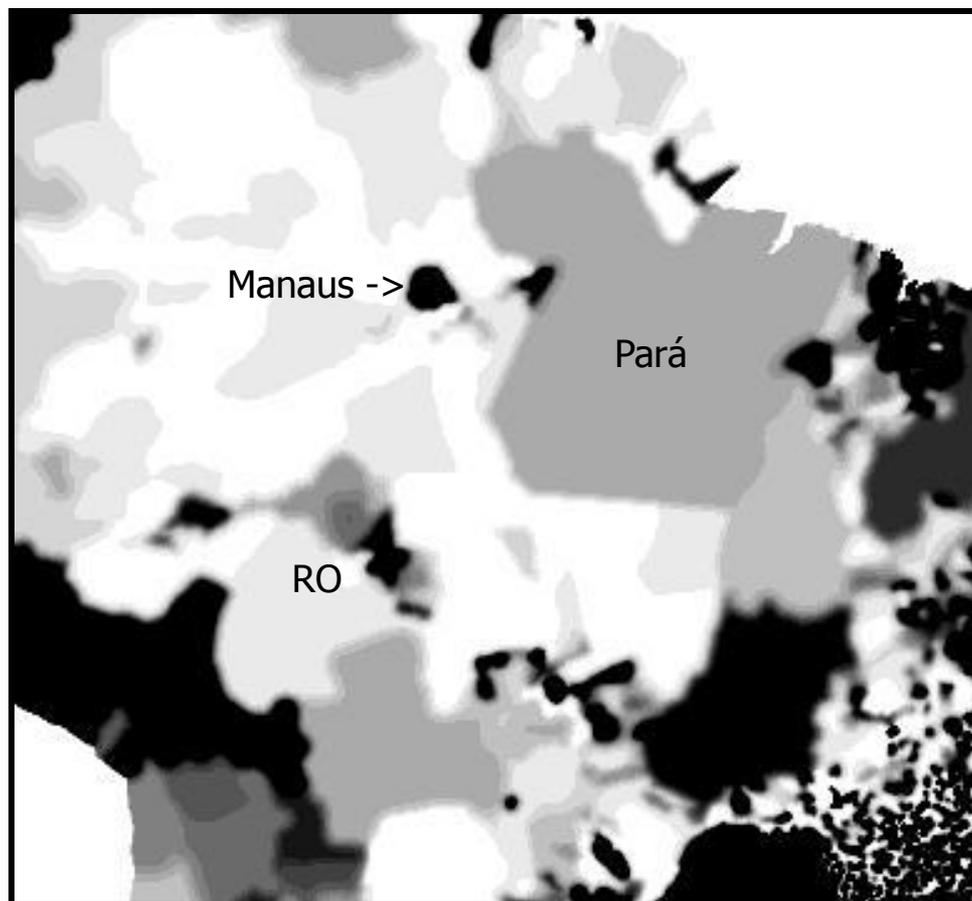
I appreciate your attention and thank you.



Modelos de População “Univariados”

Picnofilático de Tobler

- Exemplo: *Global Demography Project*, grade 9km, 1994.
 - Dados por município
 - Regiões homogêneas, bordas graduais
 - RO – municípios menores, efeito do interpolador
 - Melhores resultados para unidades menores (Setores Censitários) e densamente povoadas.

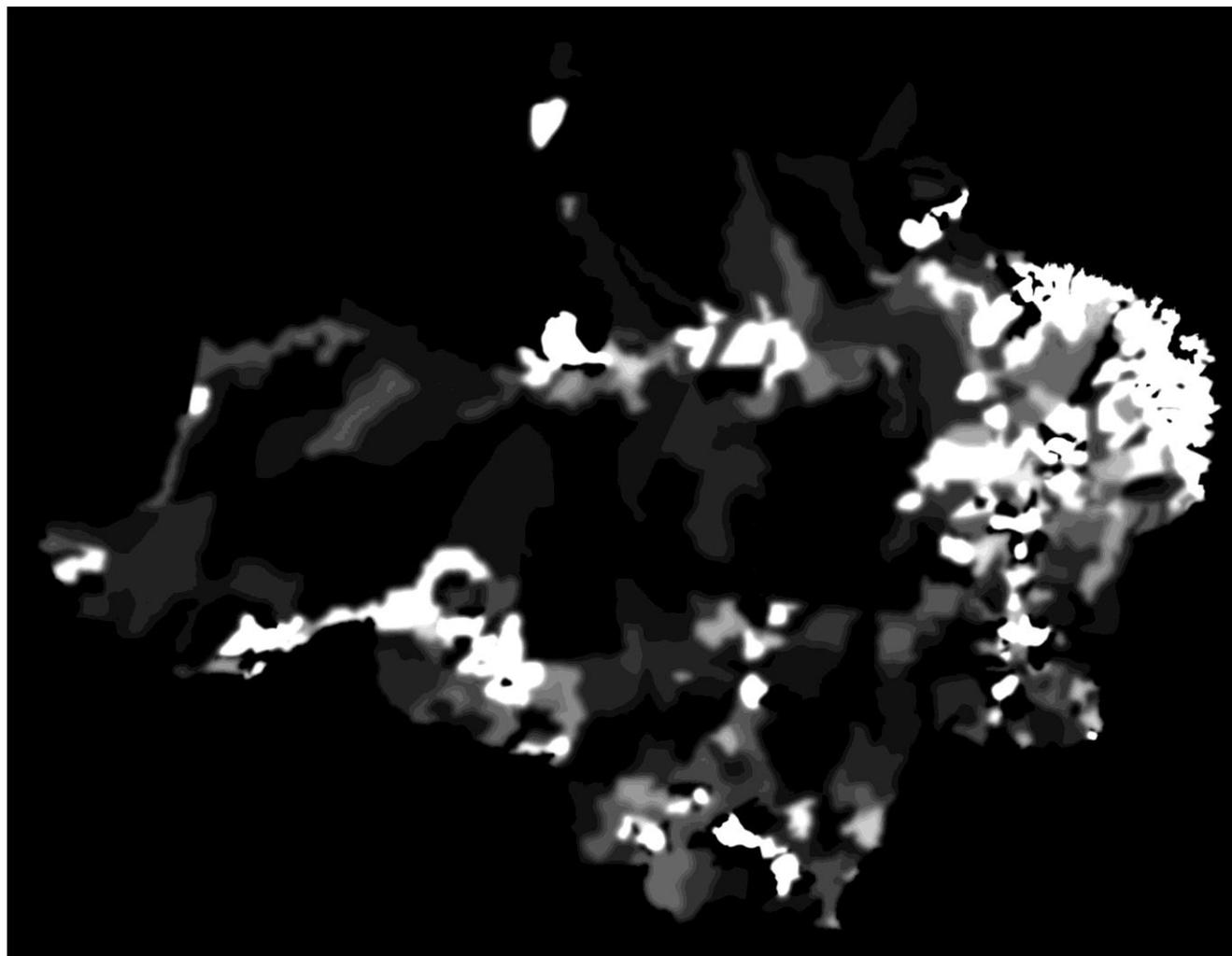


Modelos de População “Univariados”

Para Amazônia - 2000

Picnofilático
de Tobler

- MM97
- TobLux*

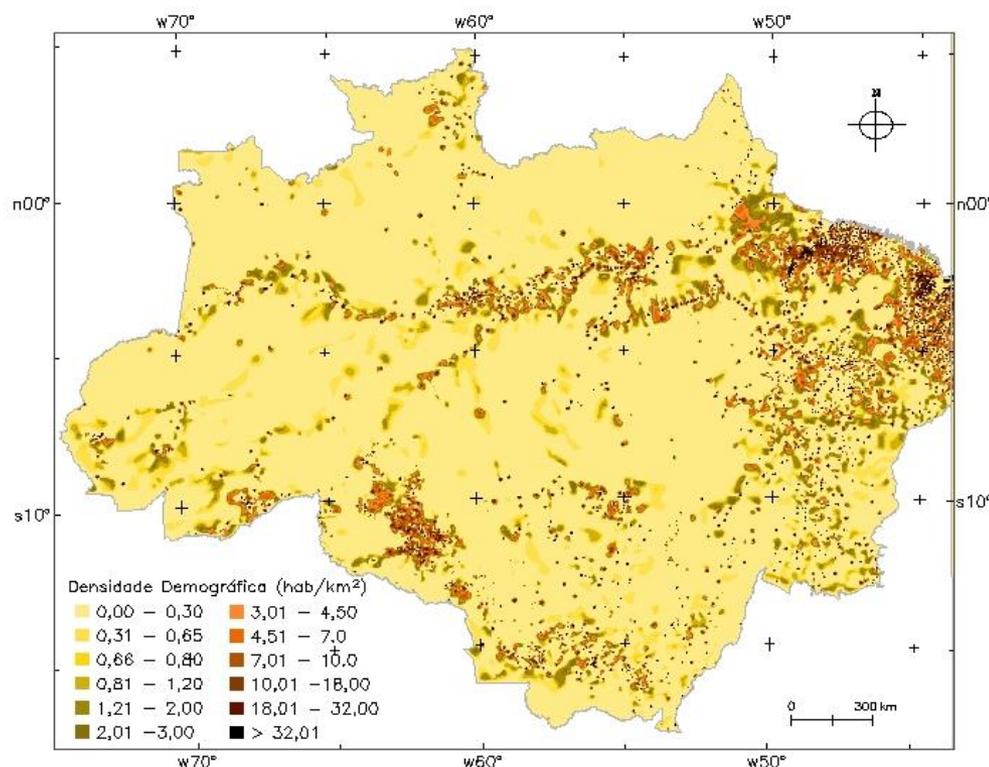


População na AmzL



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

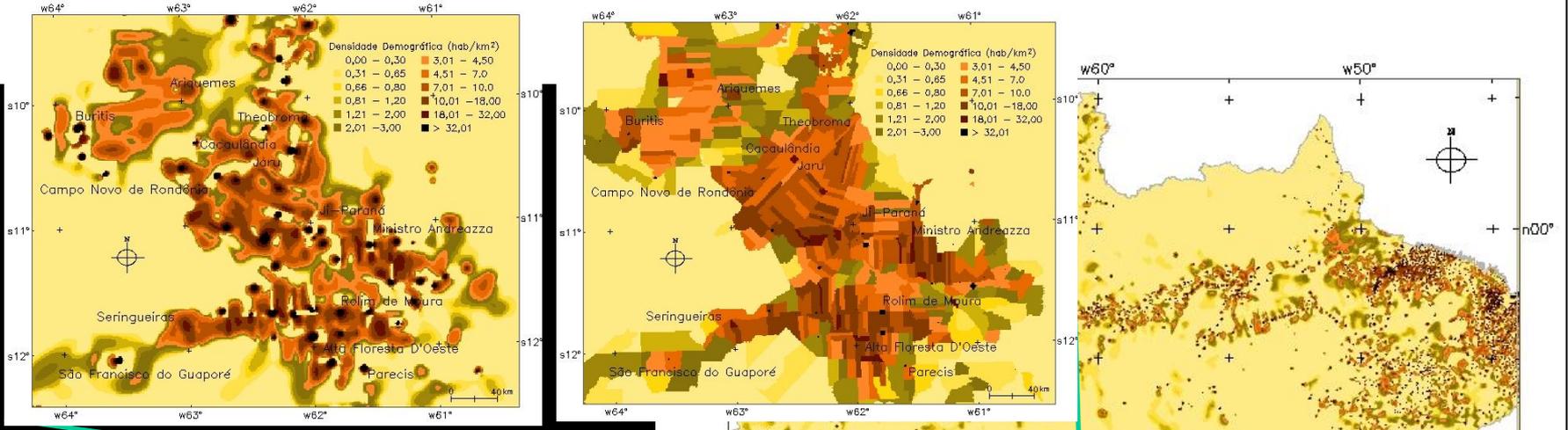


Densidade População Total 2000

População na AmzL

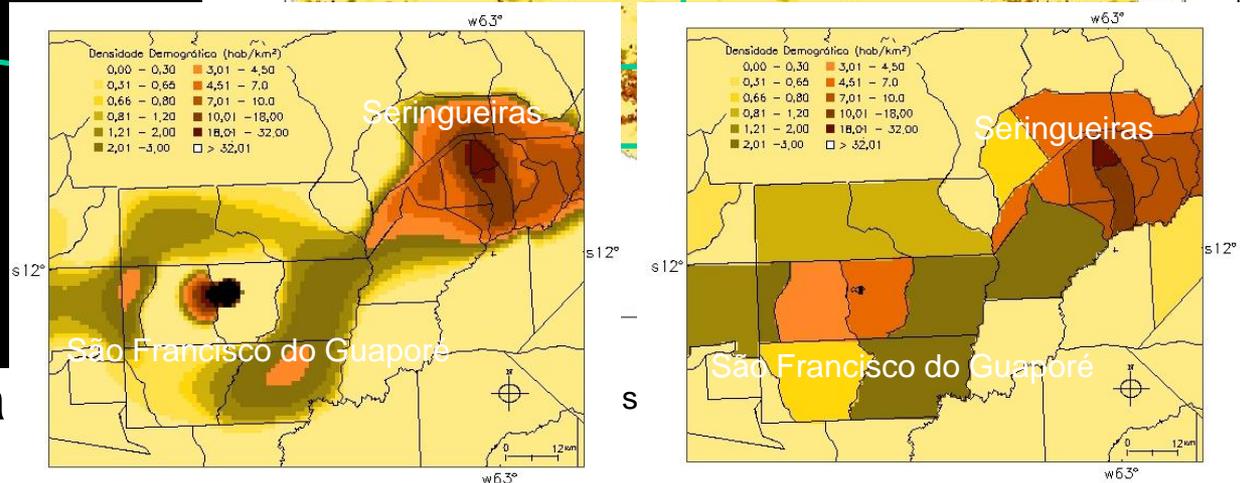


Picnofilático de Tobler



densidades simila

- Por setor censitário 2000

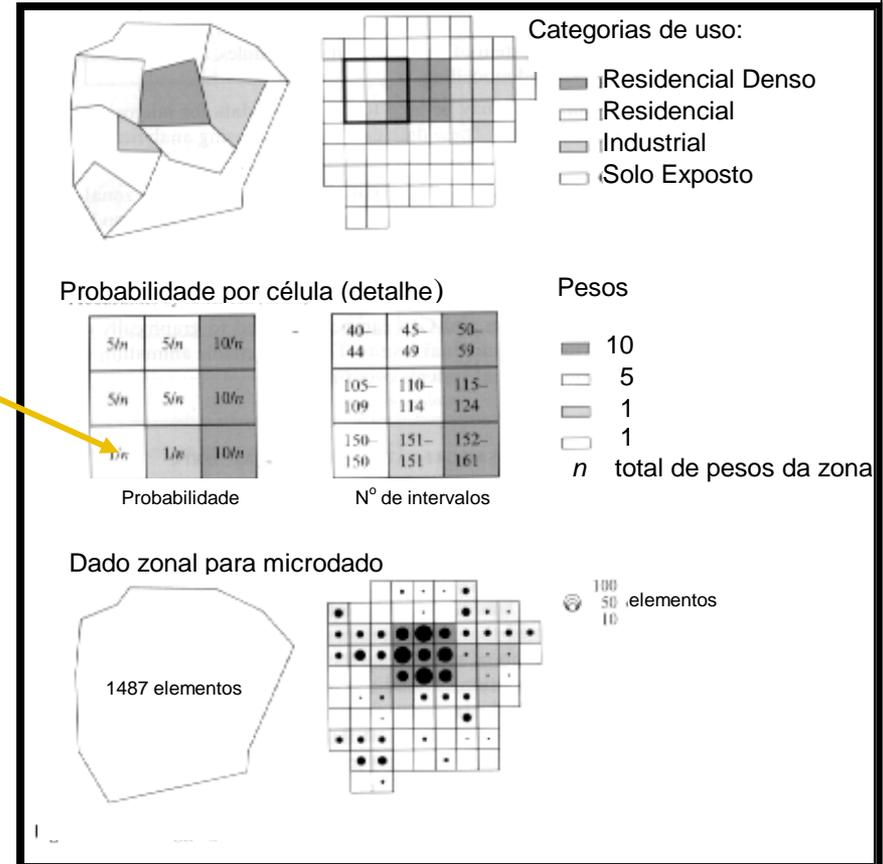


Modelos de População “Multivariados”

- 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



CST 310: 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}



CST 310: 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

Dasymetric map

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

Dasymetric mapping may be defined as a kind of areal interpolation that uses ancillary (additional and related) data to aid in the areal interpolation process.

IS NOT= to choropleth mapping:

the boundaries of cartographic representation are not arbitrary but reflect the spatial distribution of the variable being mapped (Eicher and Brewer 2001).

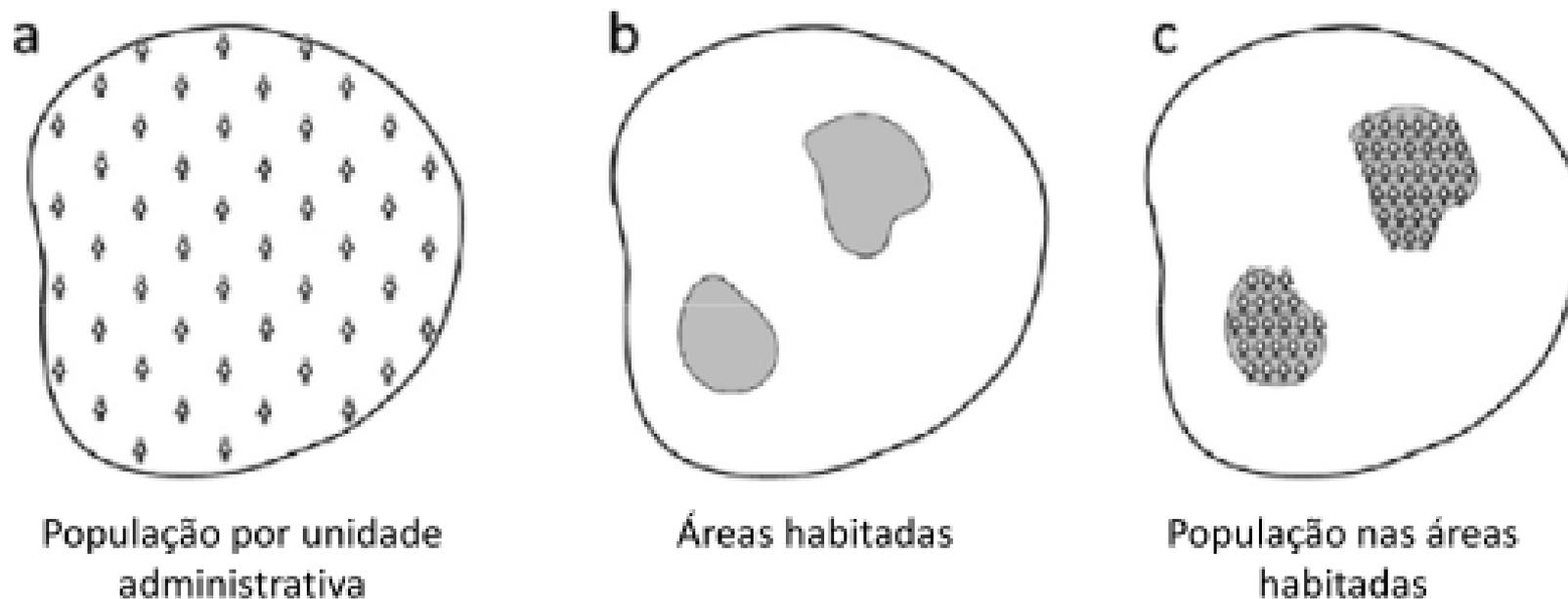
Objetivos - aplicações



- 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.



Langford, 2007

Mapeamento Dasimétrico

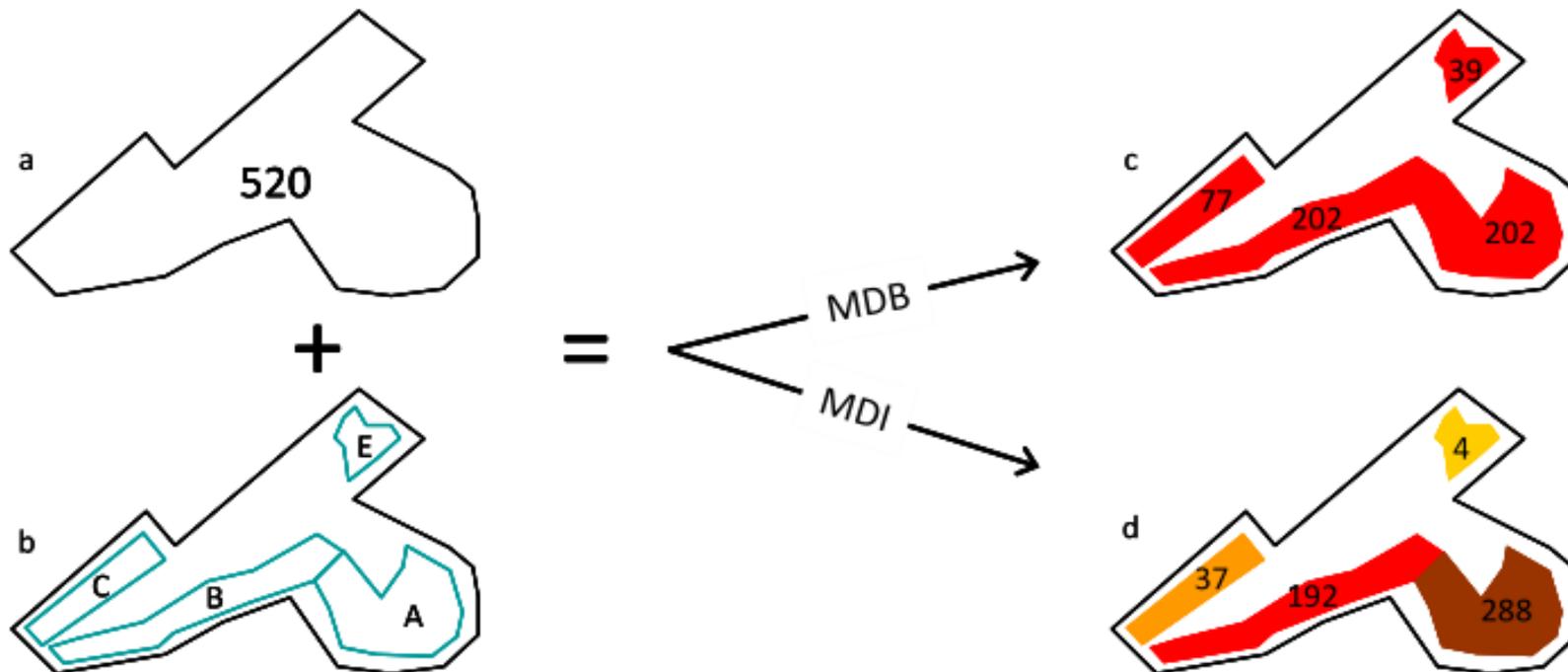


Figura 28. Tipos de Mapeamento Dasimétrico. (a) Unidade de enumeração hipotética com 520 residentes; (b) Classes de ocupação do solo hipotéticas existentes no interior da unidade de enumeração. (c) e (d) Modelos de distribuição da população produzidos por Mapeamento Dasimétrico Binário (c) e Inteligente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

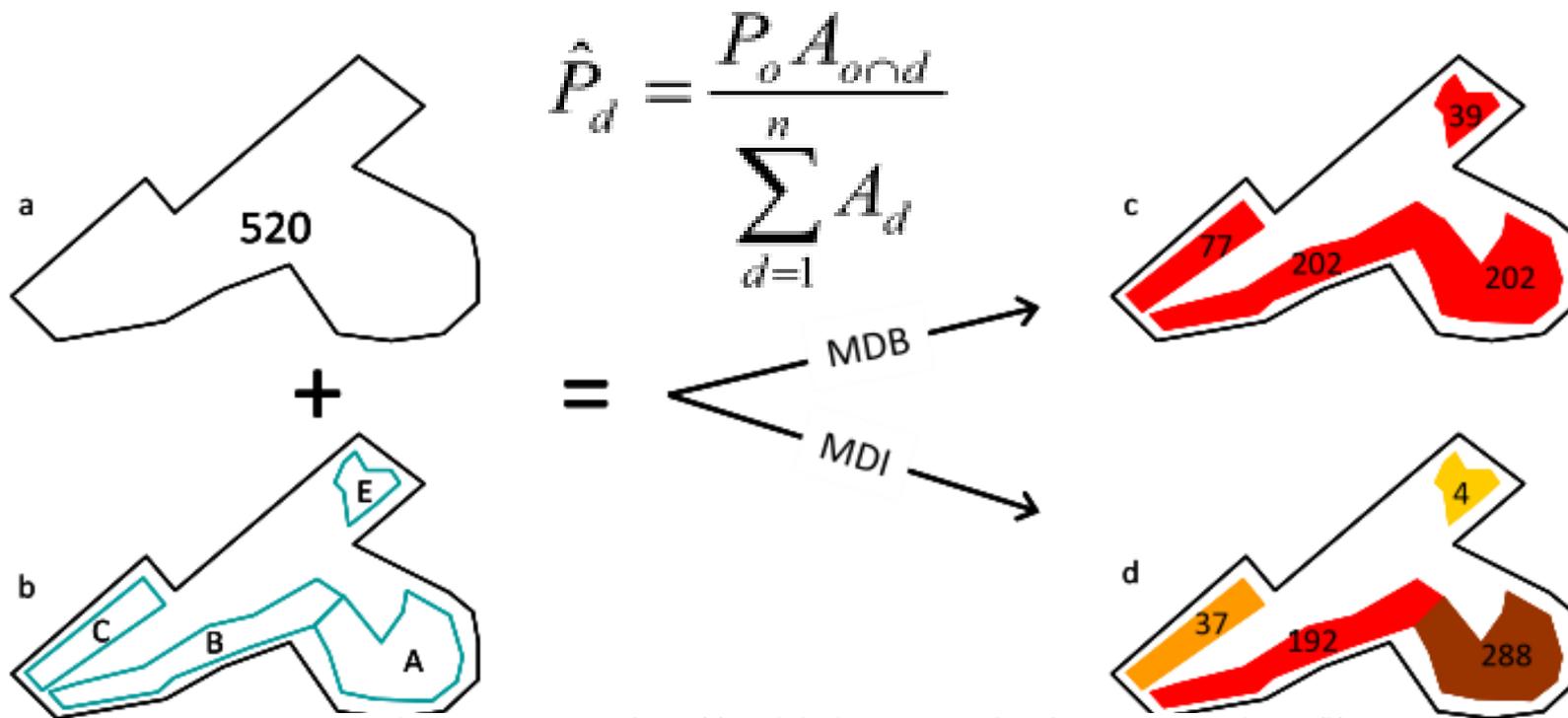


Figura 28. Tipos de Mapeamento Dasimétrico. (a) Unidade de enumeração hipotética com 520 residentes; (b) Classes de ocupação do solo hipotéticas existentes no interior da unidade de enumeração. (c) e (d) Modelos de distribuição da população produzidos por Mapeamento Dasimétrico Binário (c) e Inteligente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

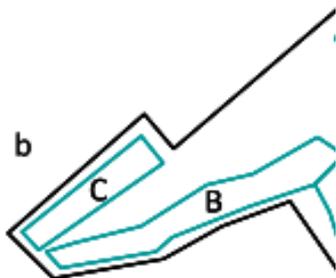
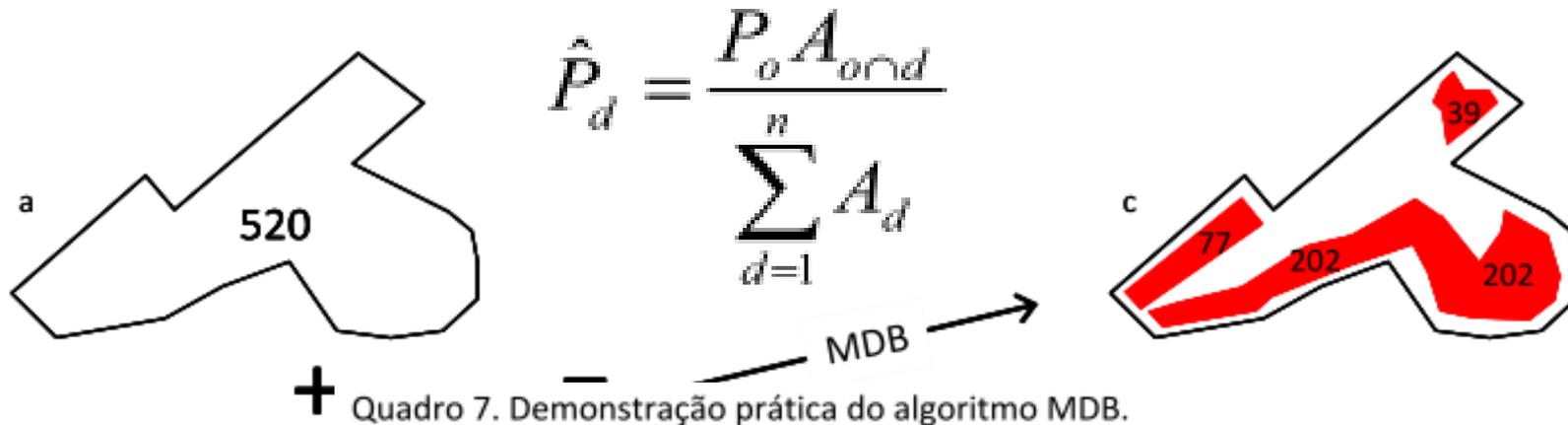
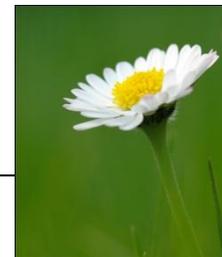


Figura 28.1
Classes de
distribuição

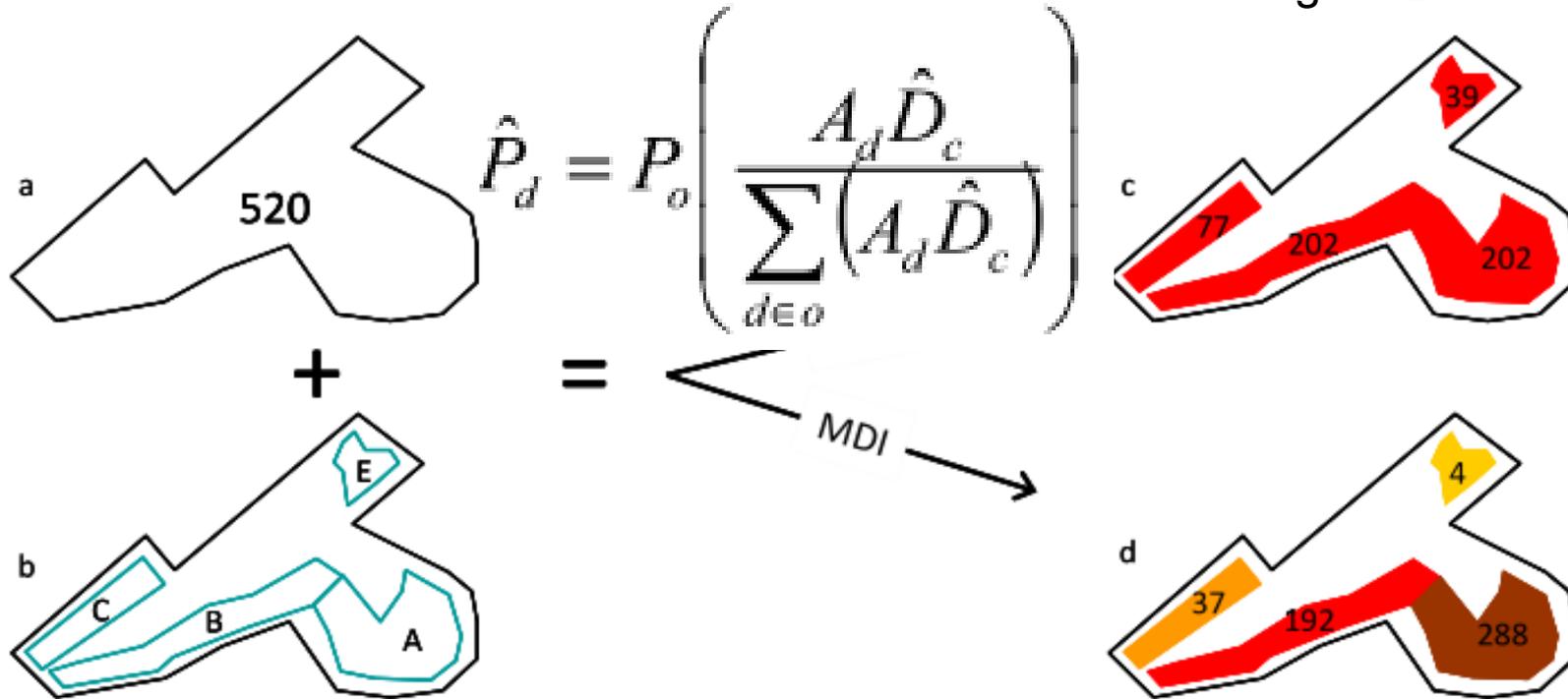
	1	2	3	4	5	6	7	8
	Classe de ocupação do solo	População agregada à secção	Nr. total de pixéis na secção	Nr. pixéis na secção	$\Sigma 4$	4 / 5	2 x 6	7 / 4
A				21		0.39	202	9.630
B				21		0.39	202	9.630
C		520	100	8	54	0.15	77	9.630
D				0		0.00	0	0.000
E				4		0.07	39	9.630

- 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

Mapeamento Dasimétrico Inteligente (MDI)

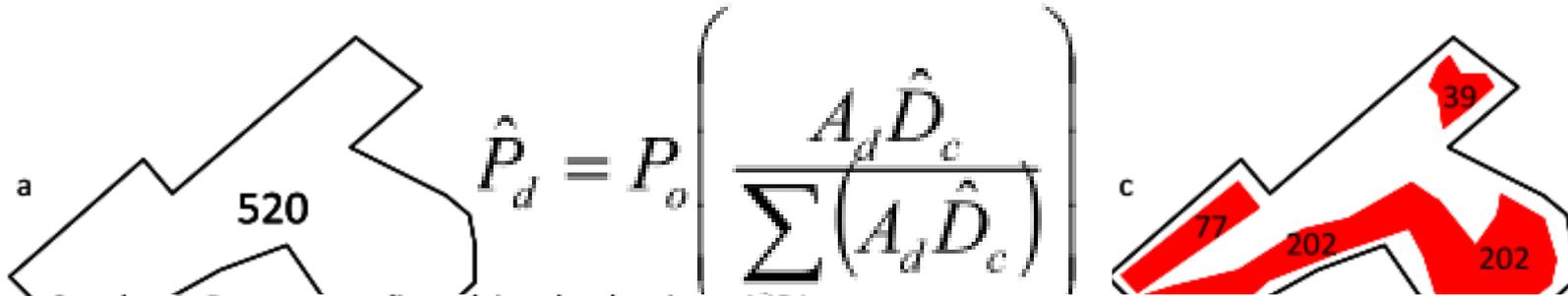


Mennis e Hultgren 2006



onde \hat{D}_c é um parâmetro obtido por amostragem. Este parâmetro corresponde a uma densidade populacional relativa entre as classes do zonamento auxiliar (fracção de densidade).

Mapeamento Dasimétrico Inteligente (MDI)



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	$\sum 5$	$4 * 5$	$\sum 7$	$7 / 8$	$2 * 9$	$10 / 5$
b	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

- 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

População por subsecção

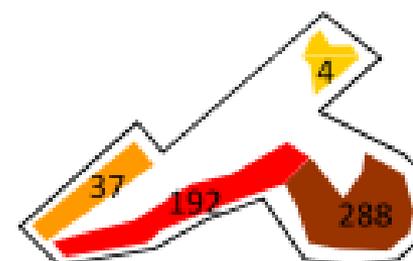


+

Informação auxiliar



=



População desagregada

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

P_o = população conhecida na zona de origem o

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

A_d = área da zona de destino d

n = número de zonas de destino

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

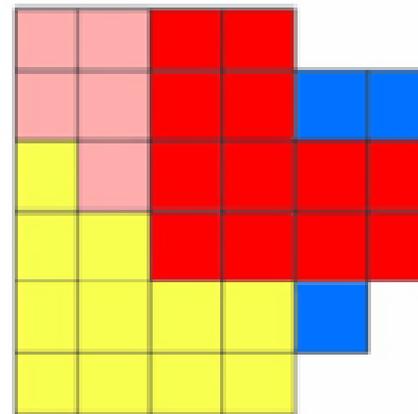
onde \hat{D}_c é um parâmetro obtido por amostragem. Este parâmetro corresponde a uma densidade populacional relativa entre as classes do zonamento auxiliar (fracção de densidade).

Método de desagregação: dasimétrico matricial

População por subsecção



Informação auxiliar



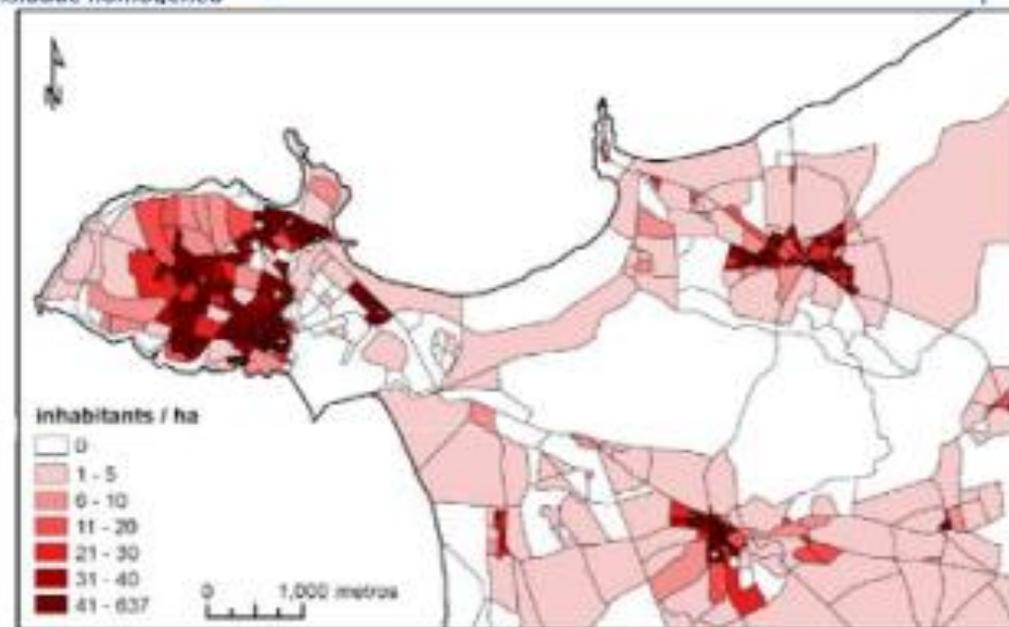
População desagregada

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		

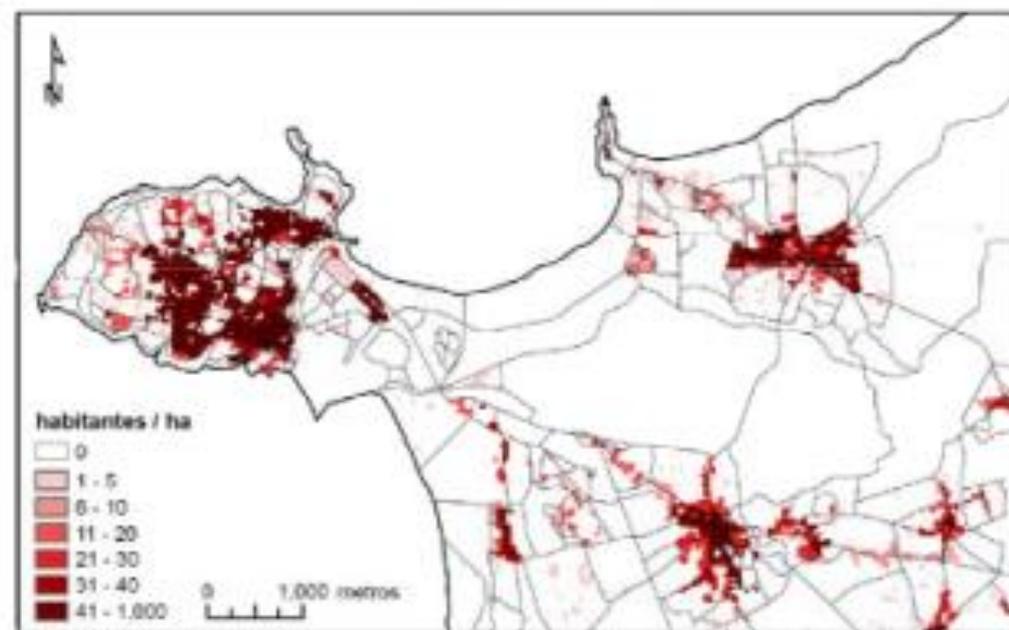
“Modelo digital da População”

Resultados: distribuição populacional

Mapa
coropletico



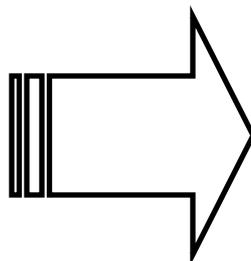
Mapa
dasimétrico



Exemplo didático...

- Perspectiva e Objeto de estudo

**Dinâmica
Populacional e
Assentamentos
Humanos**



**Geração de
Território**

DP & DPHA – Pensando Marabá

- 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 km² município

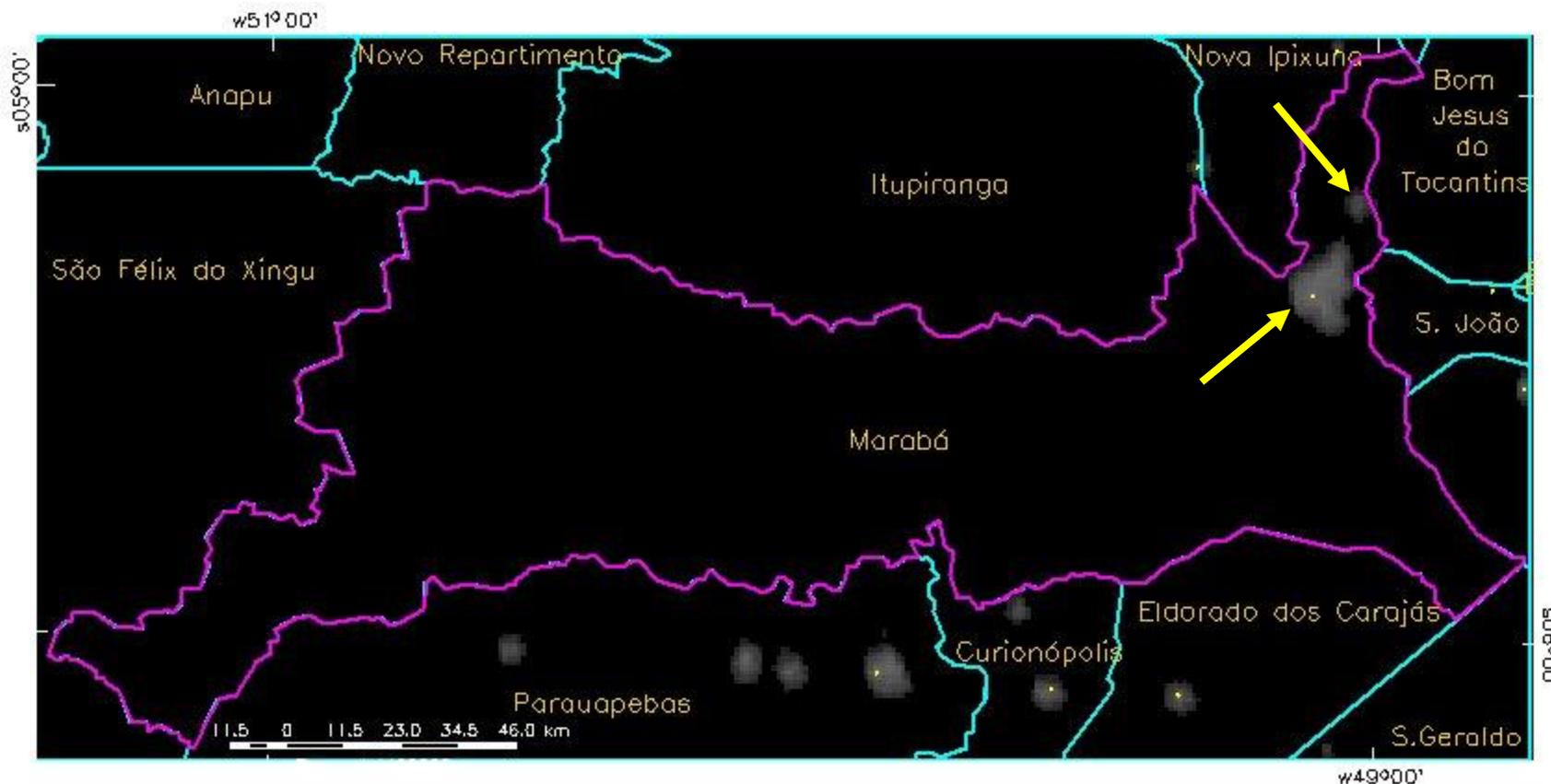
- População

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

- Como encontra-se distribuída esta população?

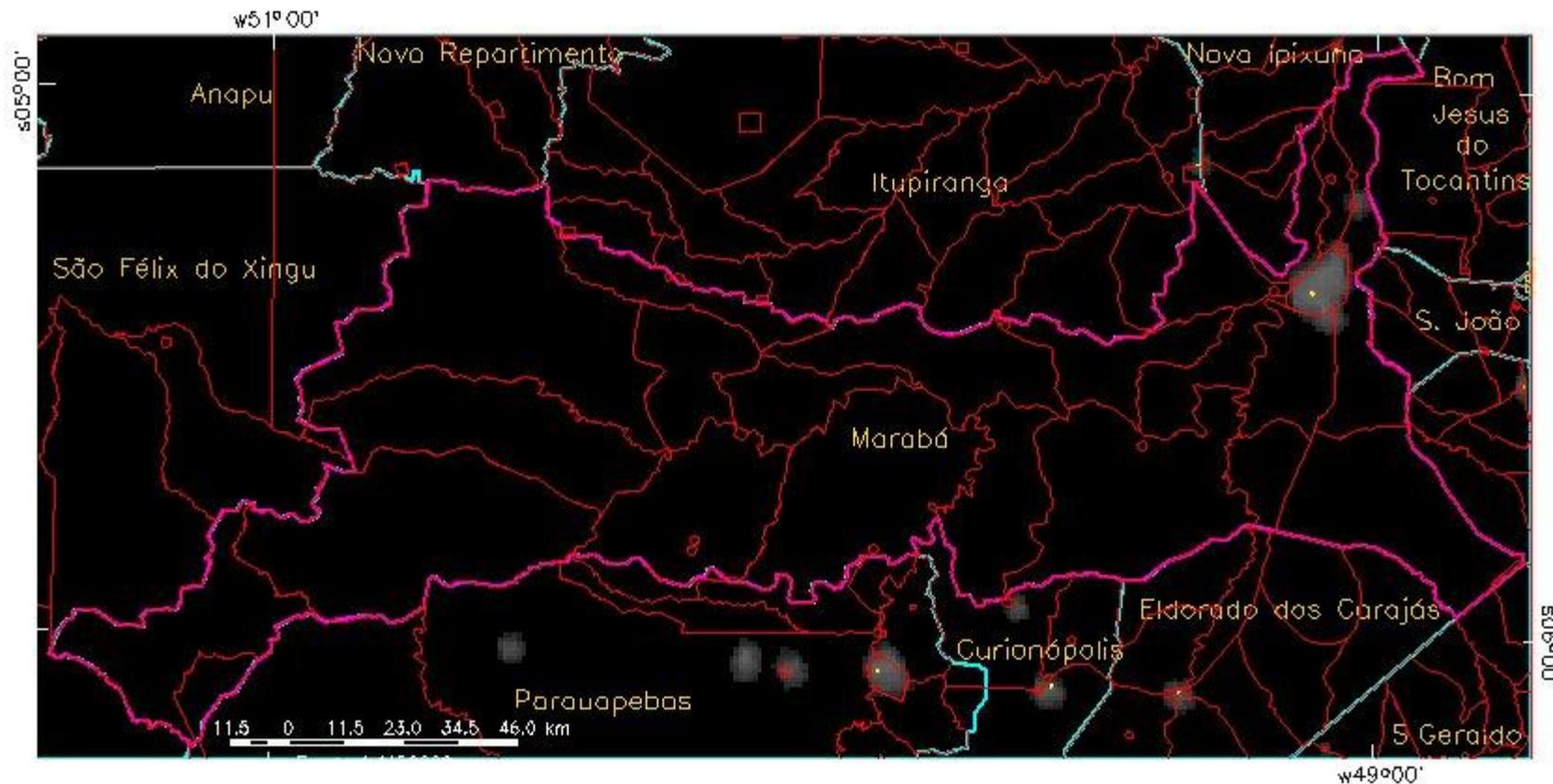
DP&AHA – O que temos...

- Luzes Noturnas – Escala Global



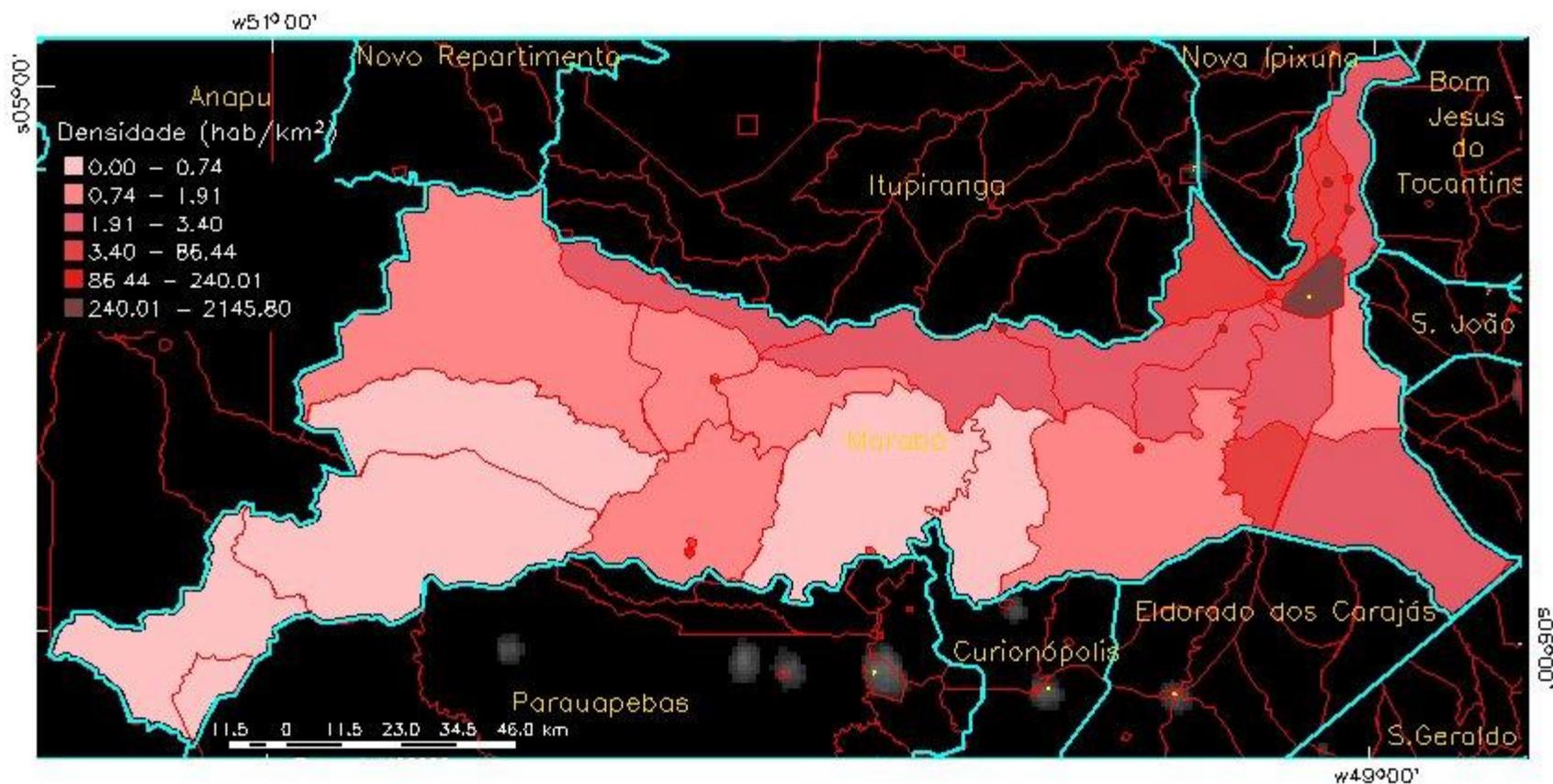
DP&AHA – O que temos...

- Setores Censitários 2000 *



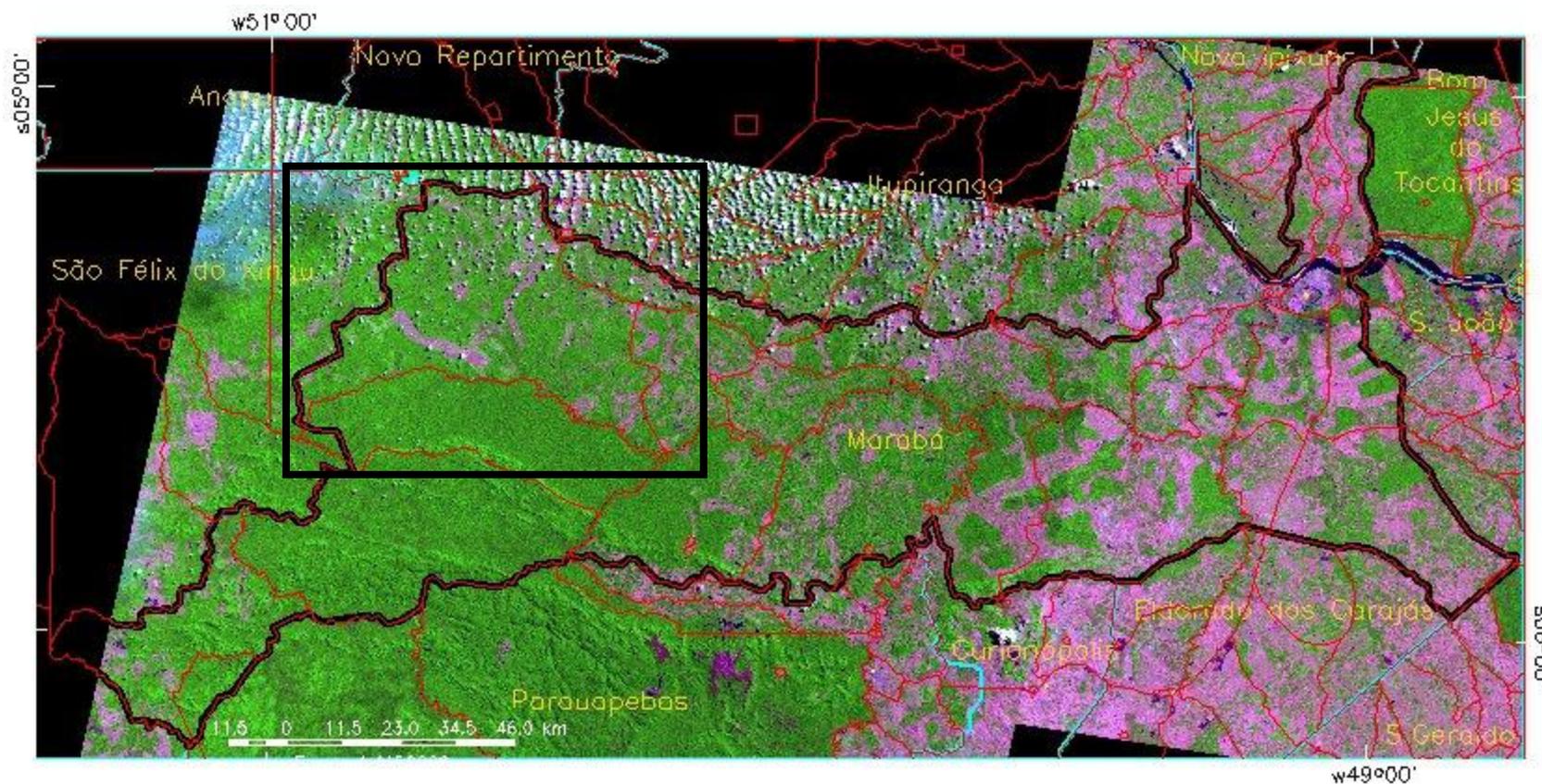
DP&AHA – O que temos...

- Setores Censitários 2000 * - Densidade

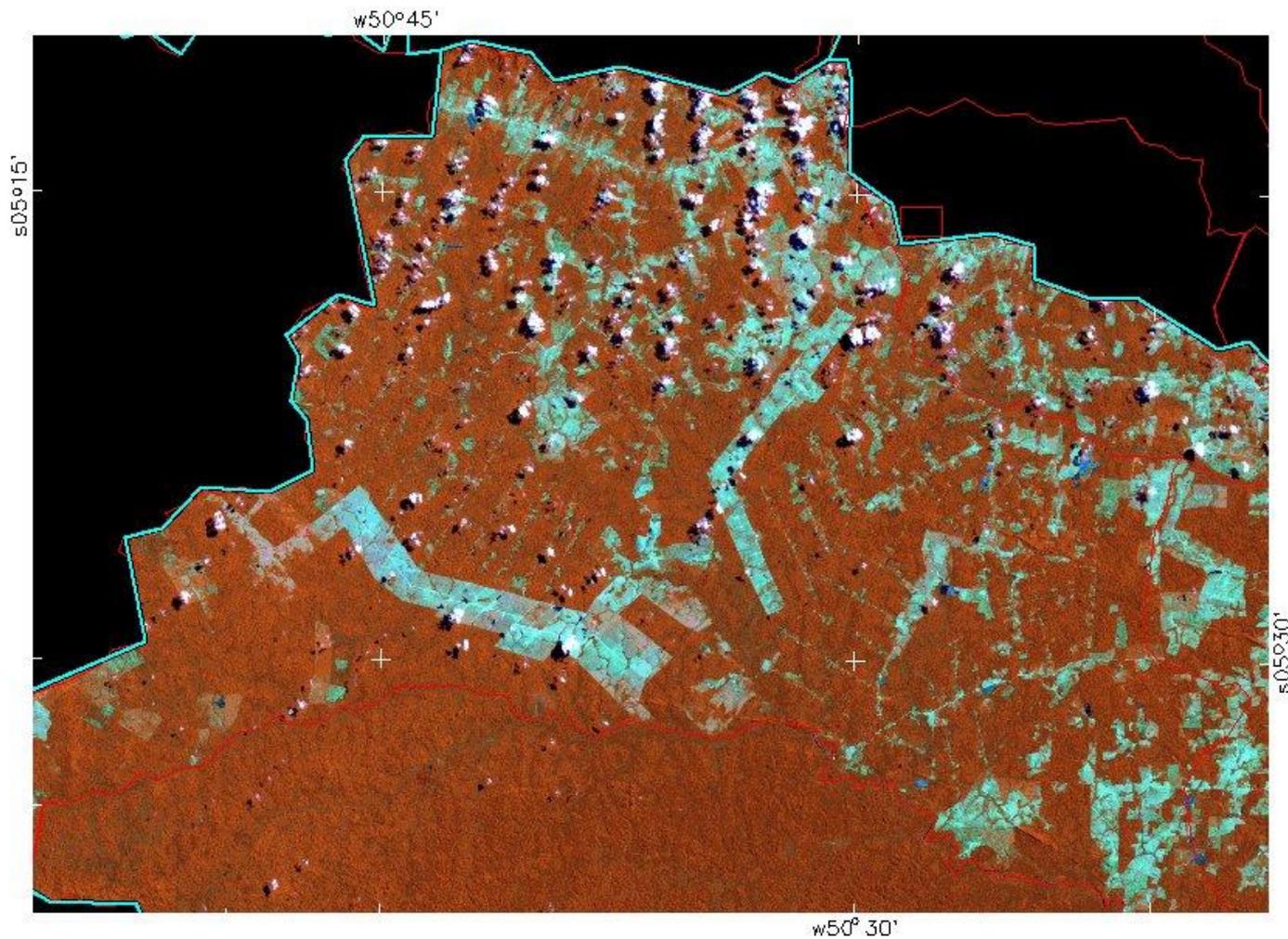


DP&AHA – O que temos...

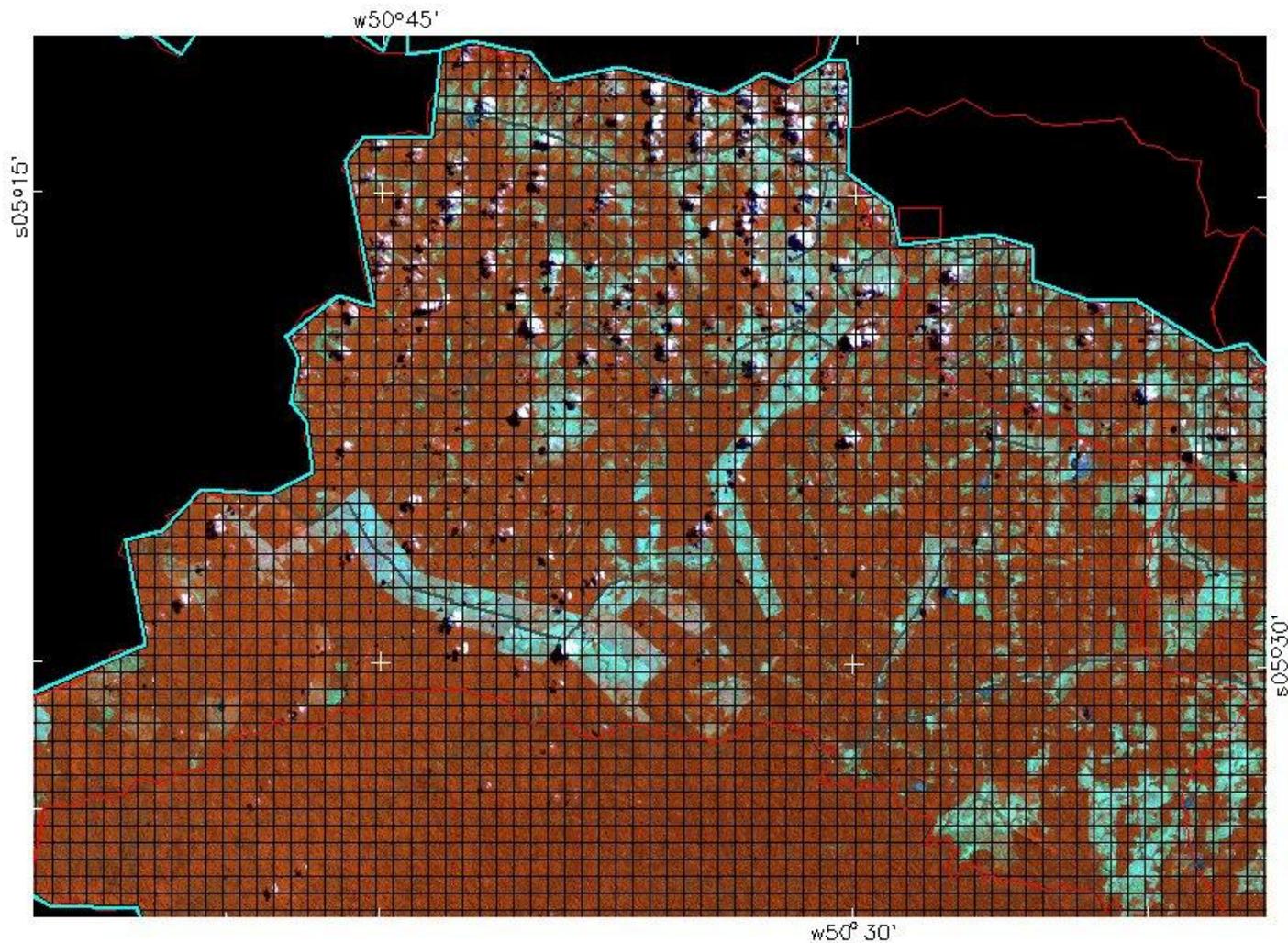
- Setores Censitários 2000 * - Heterogeneidade



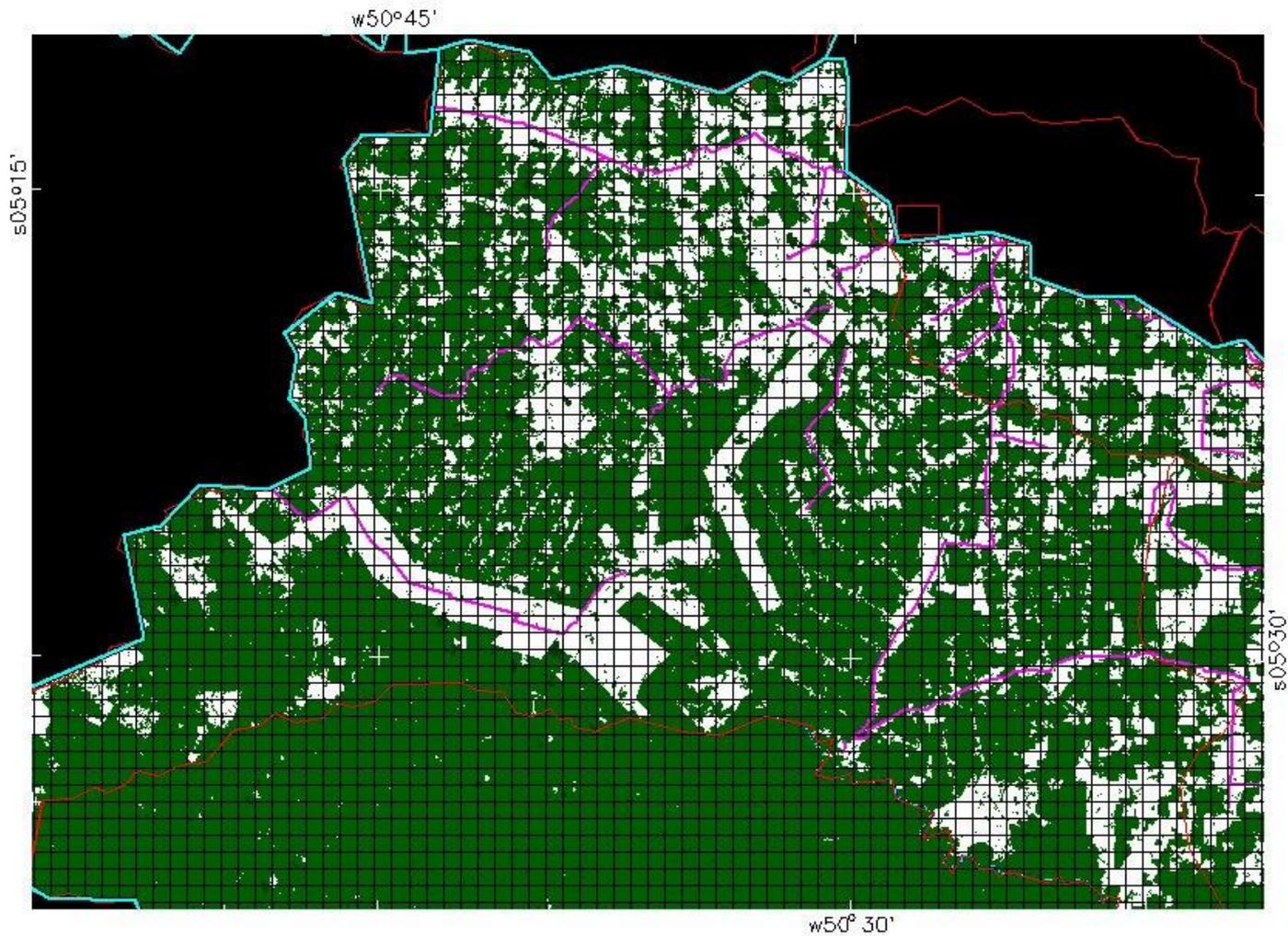
DP&AHA – O que temos...



DP&AHA – O que temos...



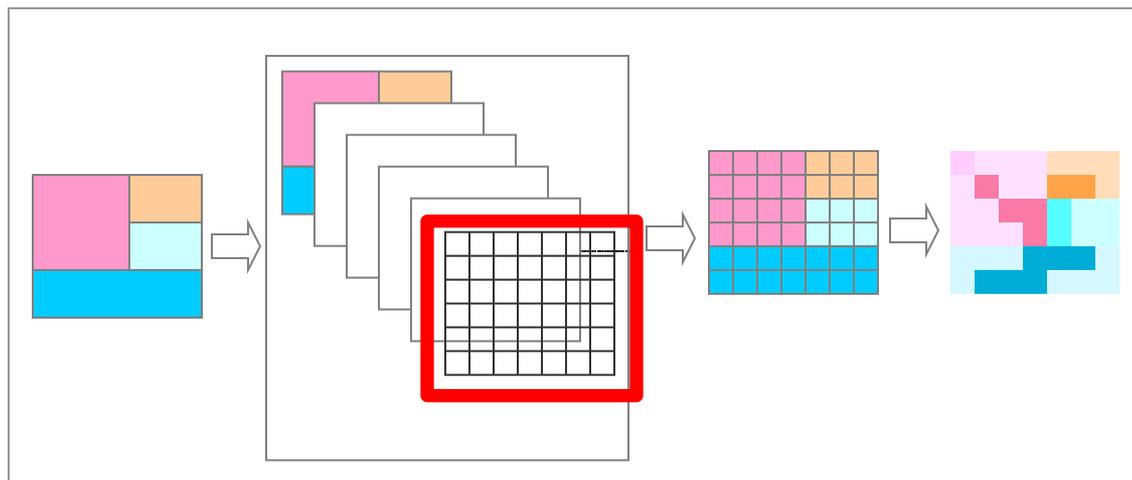
DP&AHA – O que temos...



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



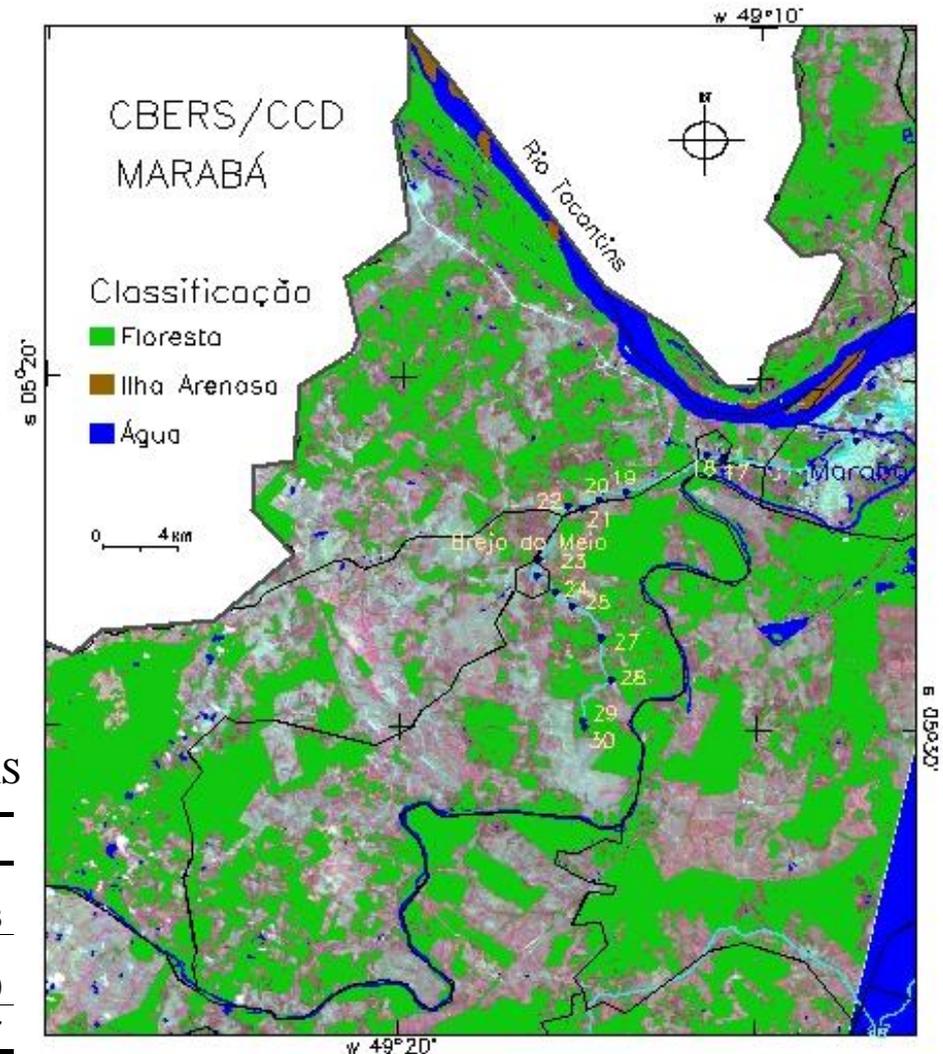
Redistribuição de setores censitários para células

Método Dasimétrico

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

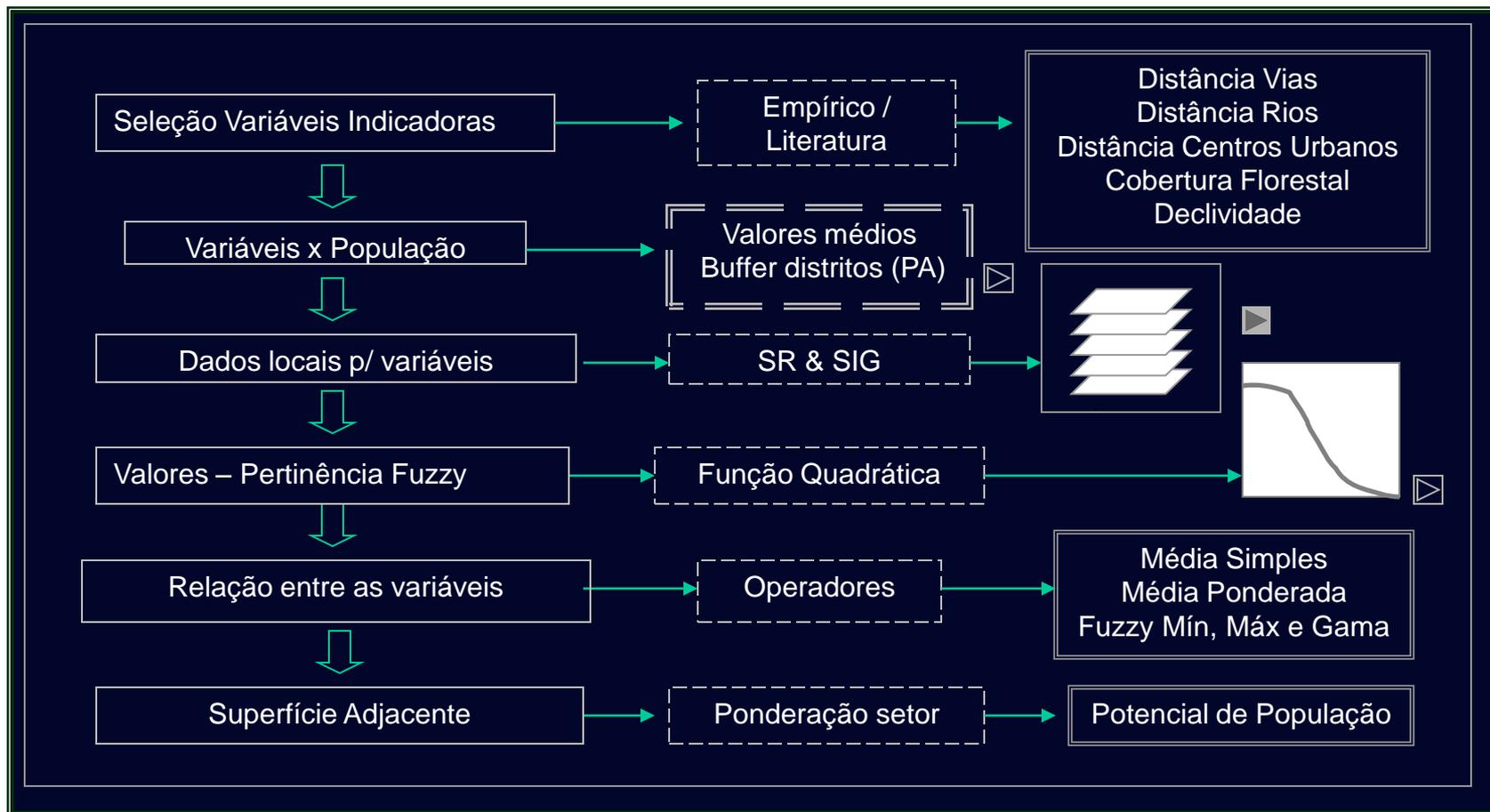
Limiars para detecção de classes nas bandas CCD-CBERS

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



Método Multivariado

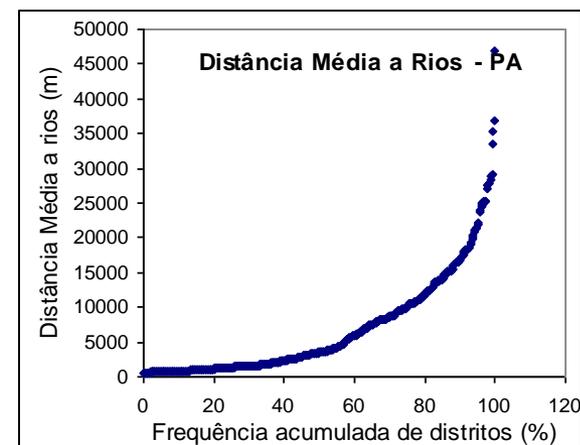
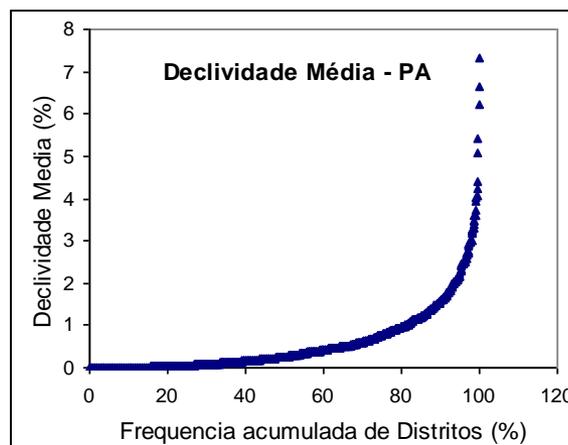
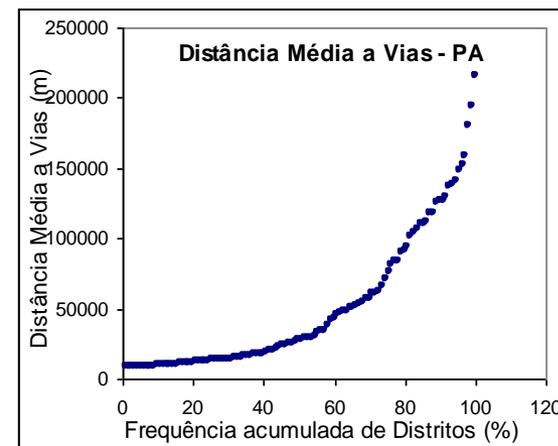
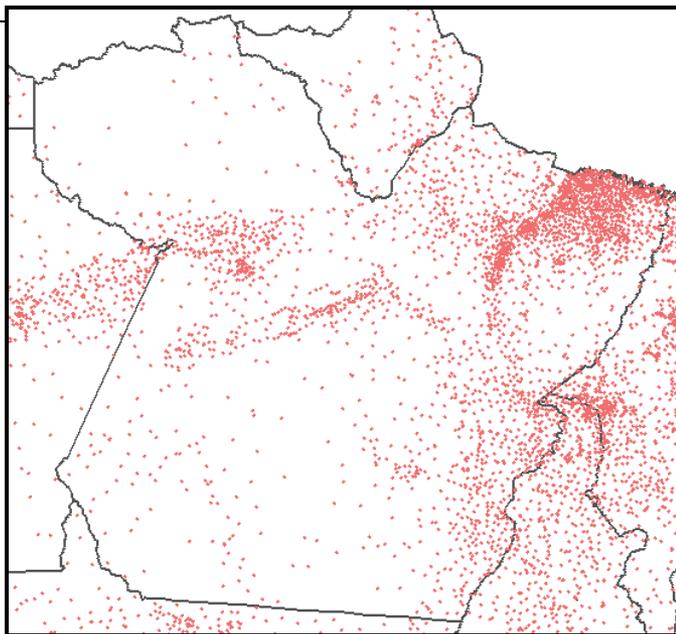
Inferir superfície que descreva distribuição



Método Multivariado – Contribuição relativa das variáveis preditoras

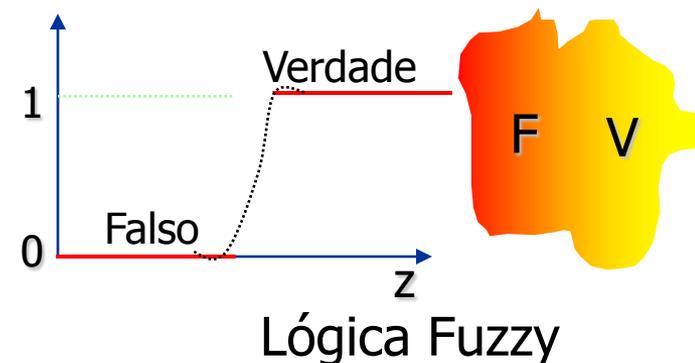
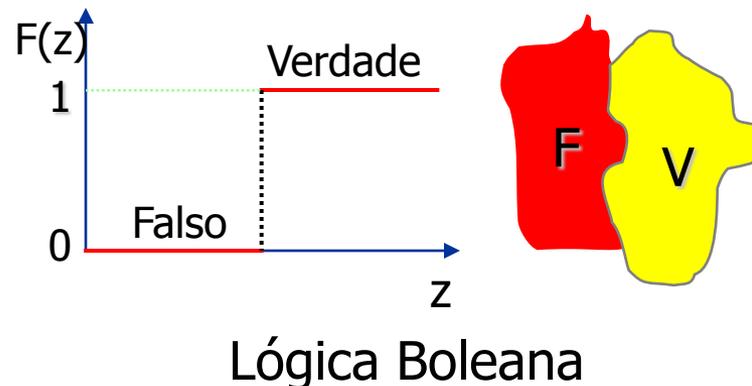


- Distritos do PA
- Área de Influência
- Média das distâncias a vias, distância a rios, declividade
- Distância a centros urbanos – Viz + Próx.
- Percentagem Floresta
 $5% < x < 99%$



Classificação contínua

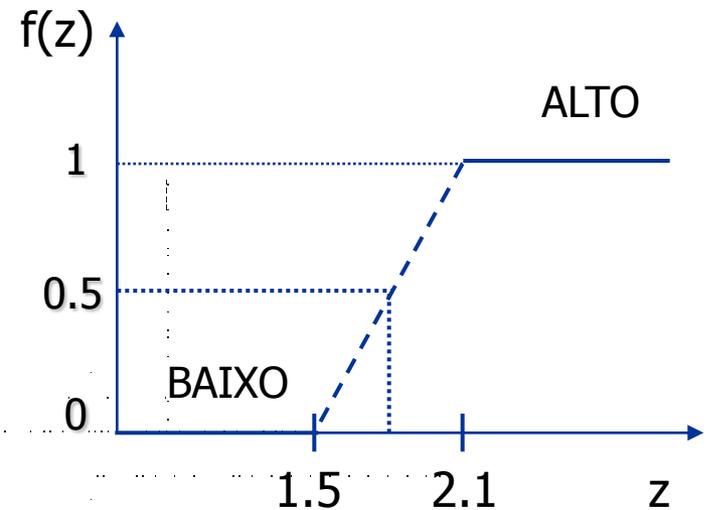
- A análise espacial em SIG será muito melhor realizada com uso das técnicas de classificação contínua: os dados são transformados para o espaço de referência $[0,1]$ e processados por combinação numérica, através de média ponderada ou inferência “fuzzy”
- Isto nos permite construir cenários (por exemplo, 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

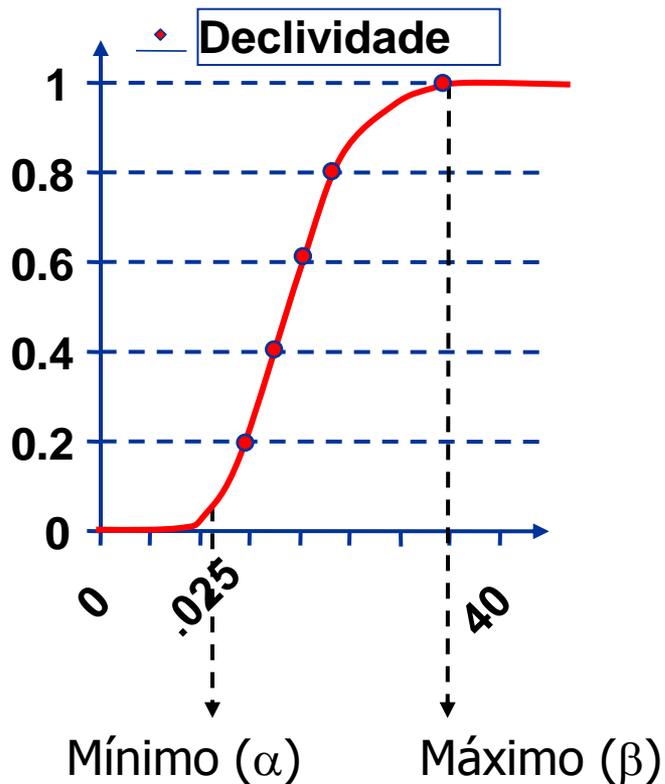
$$f(z) = \begin{cases} 0, & \text{se } z \leq 1.5 \\ (z - 1.5) / 0.6 & \text{se } 1.5 < z < 2.1 \\ 1, & \text{se } z \geq 2.1 \end{cases}$$



- Exemplo: "João é ALTO" = 0.38

Conjuntos Fuzzy

- Outro exemplo - Declividade



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

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

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

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

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

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

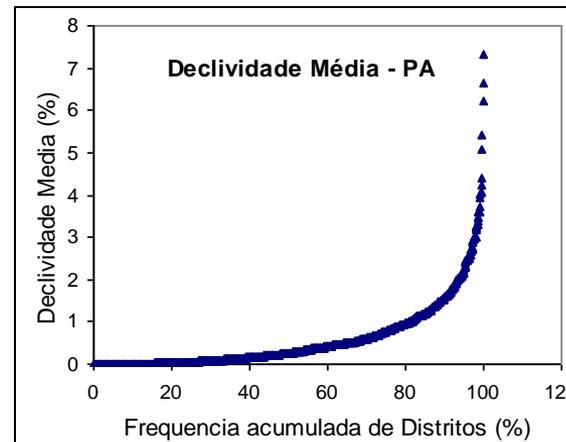
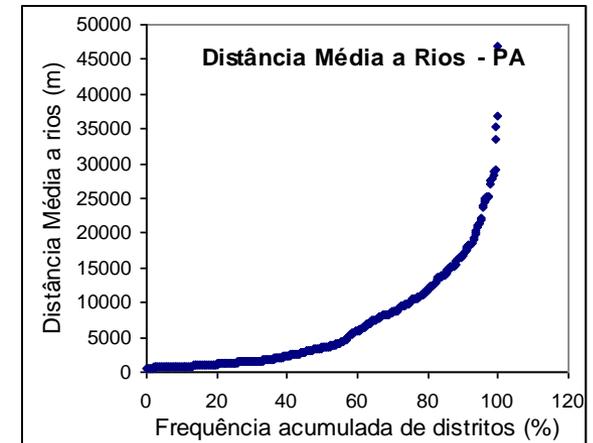
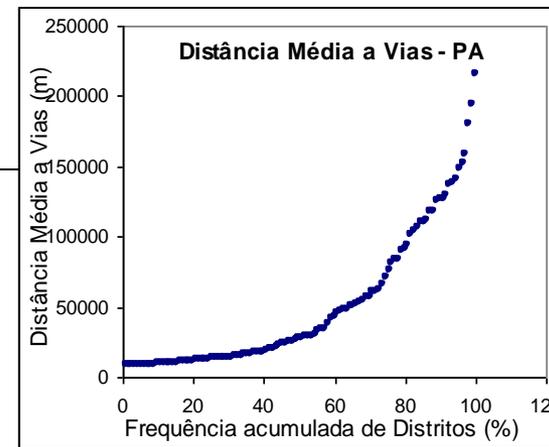
Variáveis preditoras



Parâmetros

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

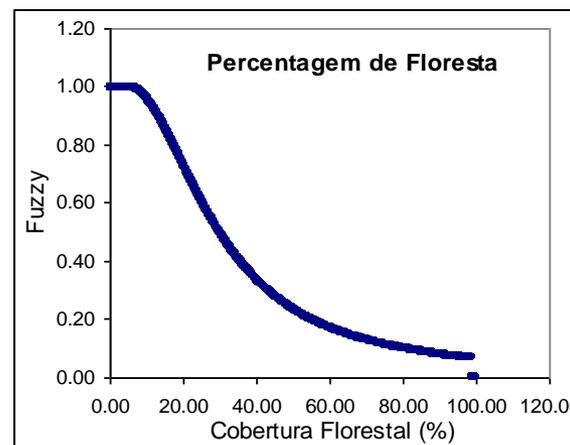
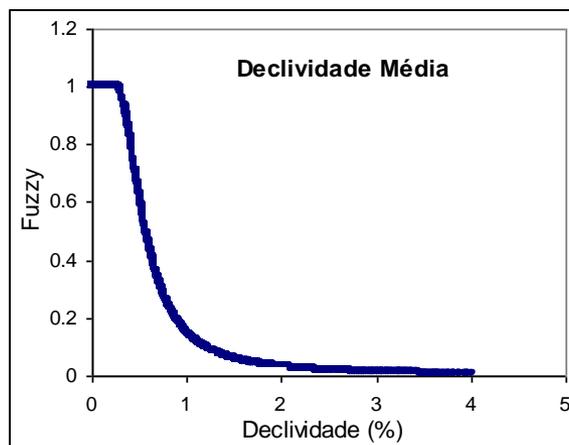
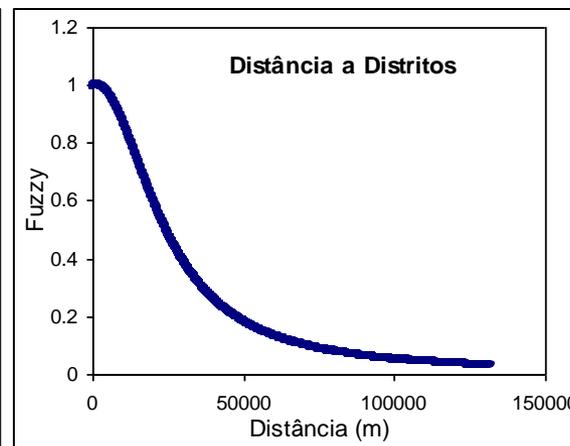
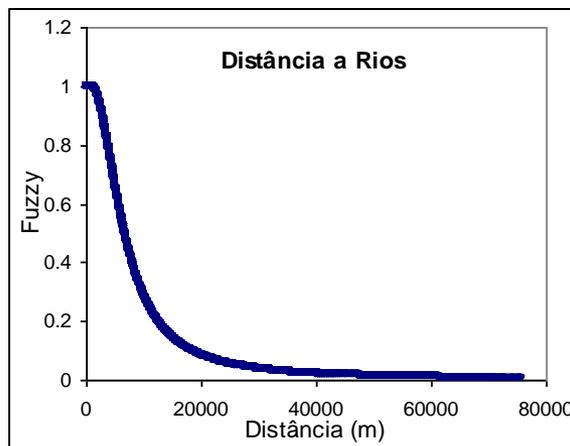
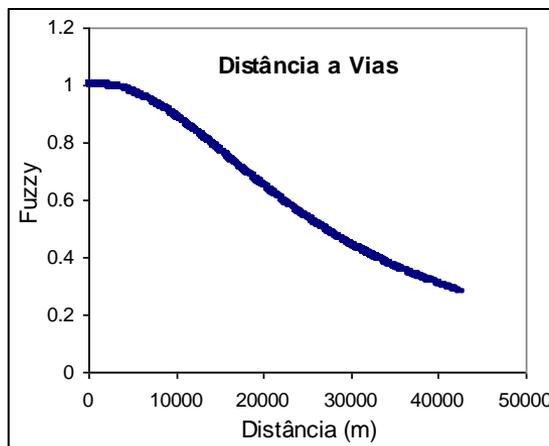
Variável	Valores	f(z)	alfa	beta
Distância a vias (m) <i>Dvias</i>	<= 1000	1	1,48 E-09	1000
	= 27000	0,5		
	> 40000	0		
Distância a rios (m) <i>Drios</i>	<= 1000	1	2,96 E-08	1000
	= 6810	0,5		
	> 17000	0		
Distância a Setores Urbanos (m) <i>Durb</i>	<= 1500	1	1,89 E-09	1500
	= 24500	0,5		
	> 140000	0		
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

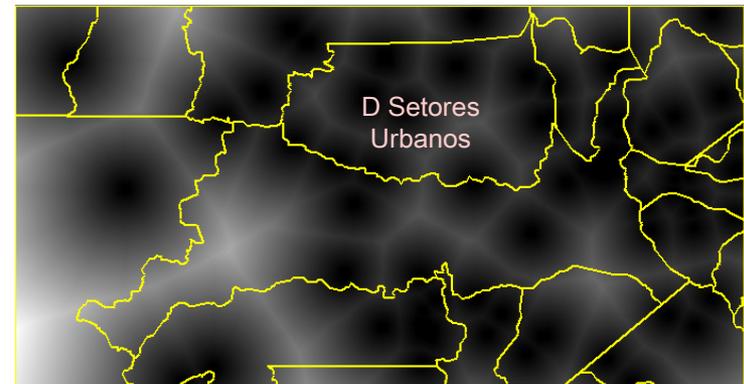
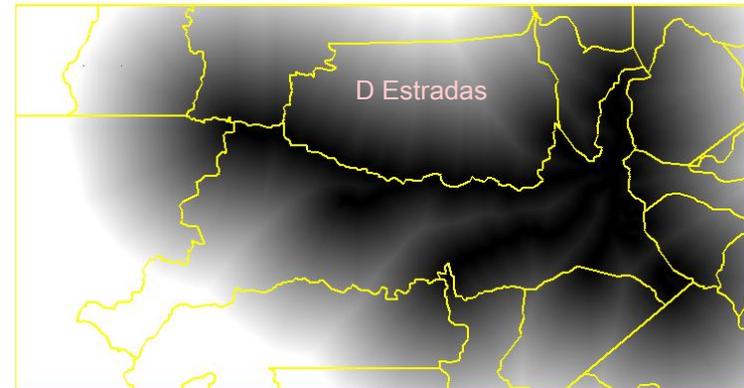
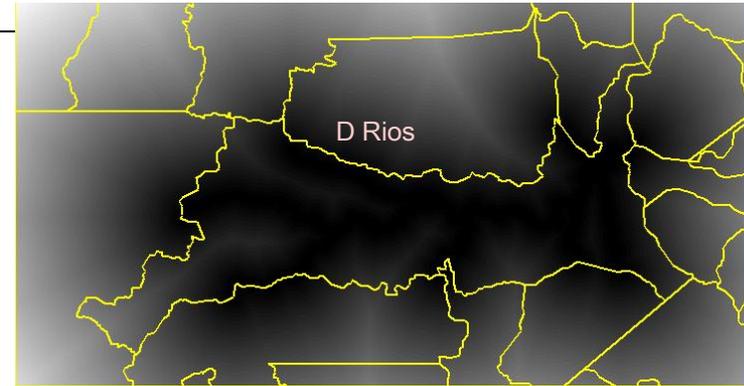
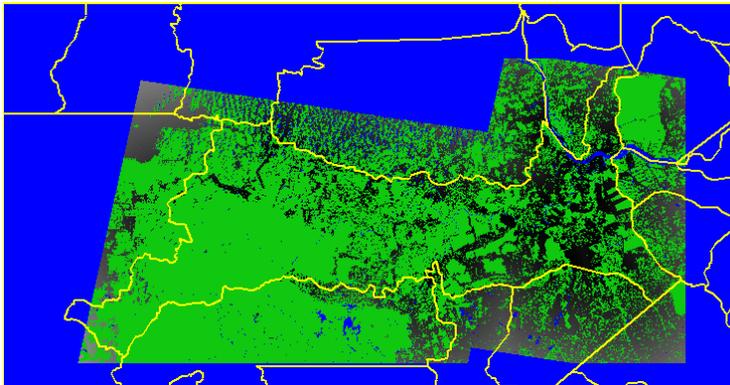


Método Multivariado – Variáveis indicadoras

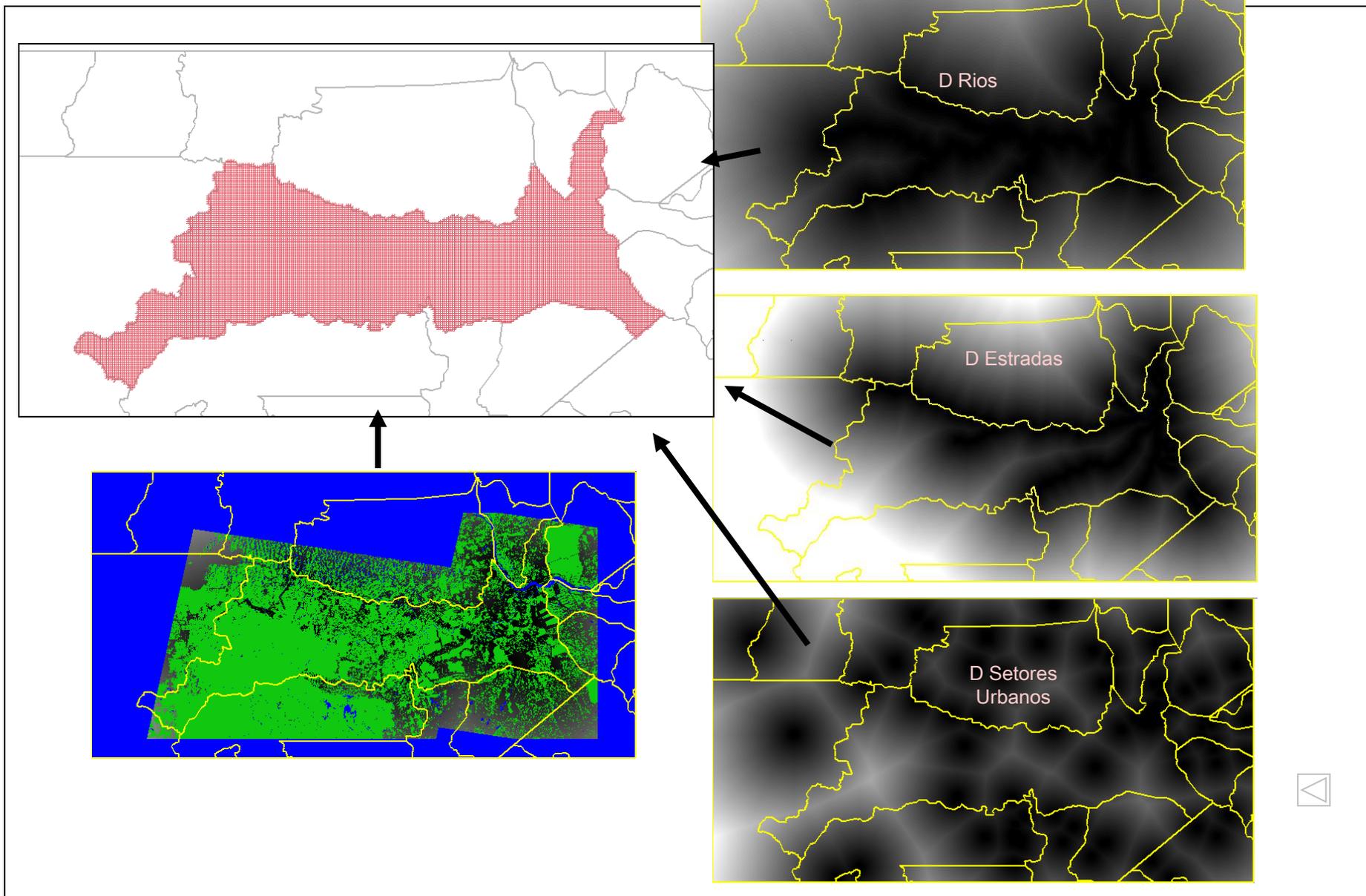


Mapas

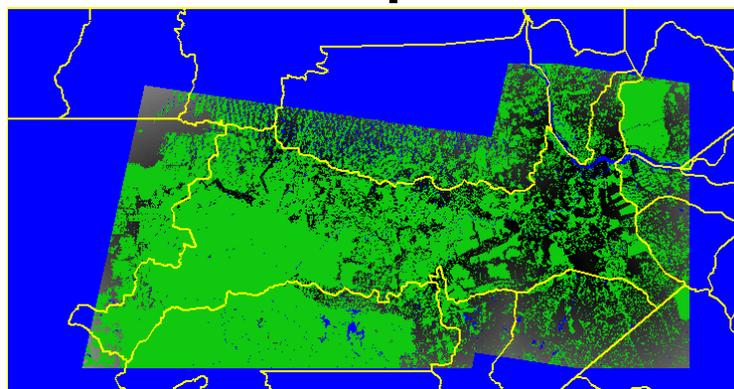
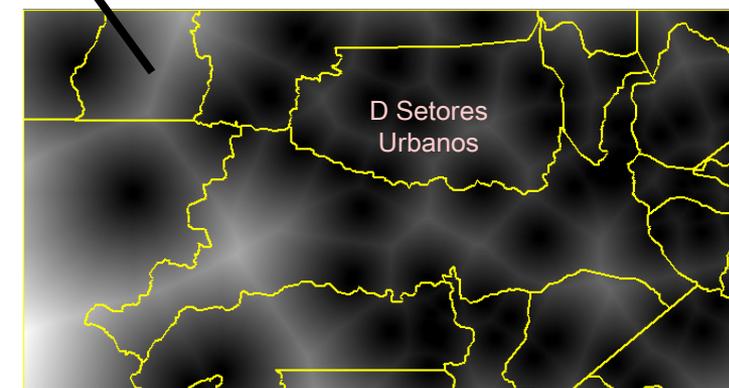
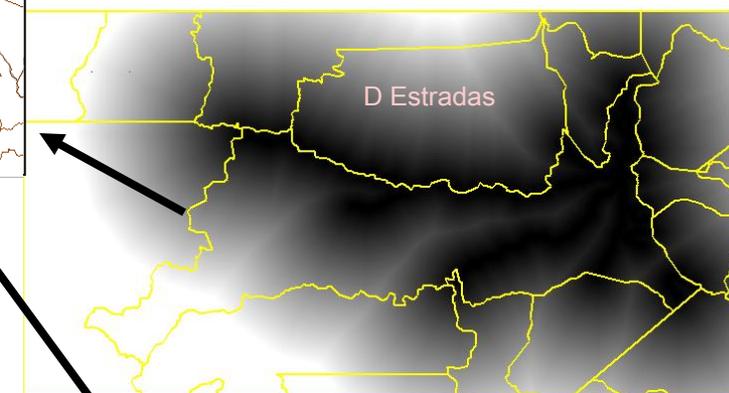
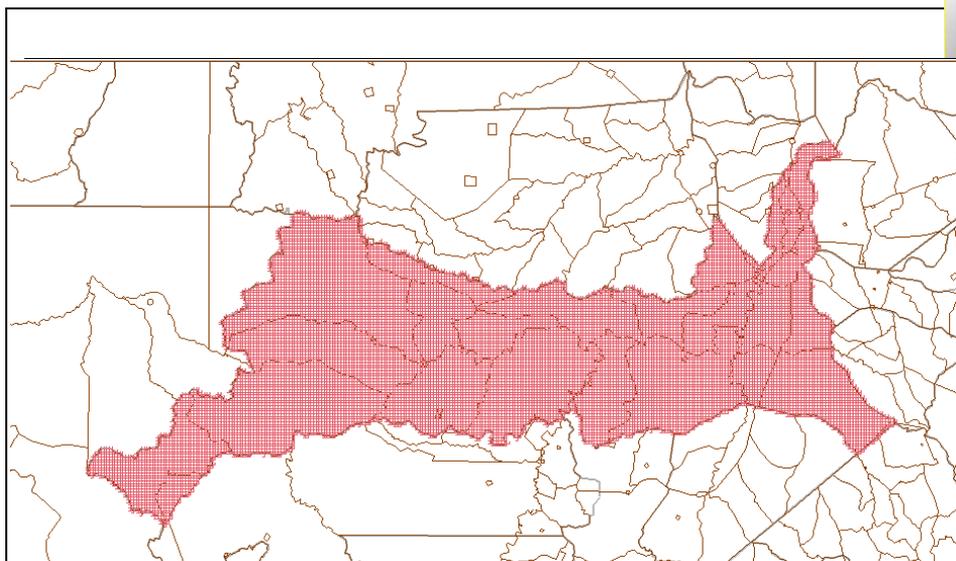
- Distância Rios
- Distância Estradas
- Distâncias setores urbanos
- Classificação Floresta e água



Método Multivariado – Variáveis indicadoras



Método Multivariado – Variáveis indicadoras



Método Multivariado – Variáveis ind

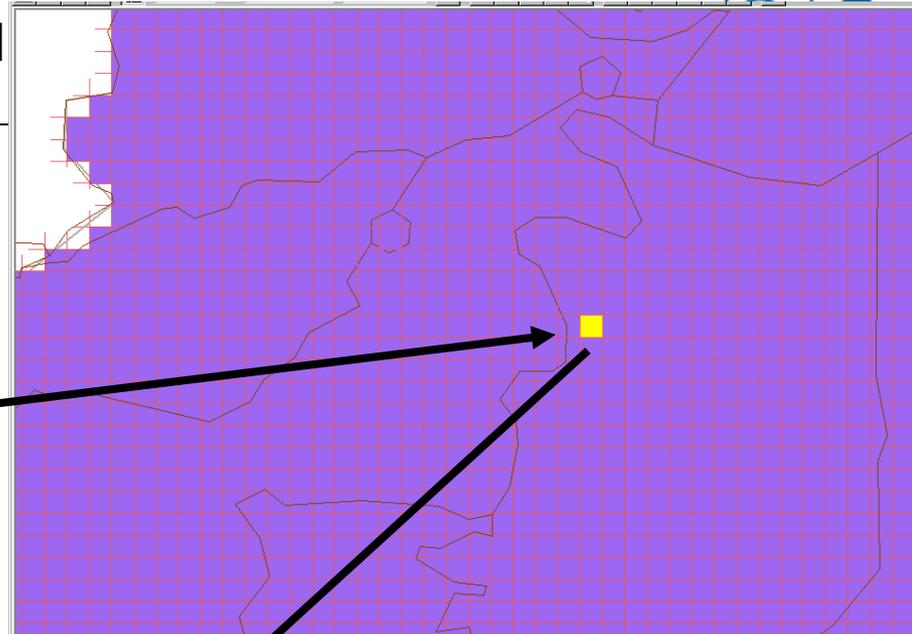
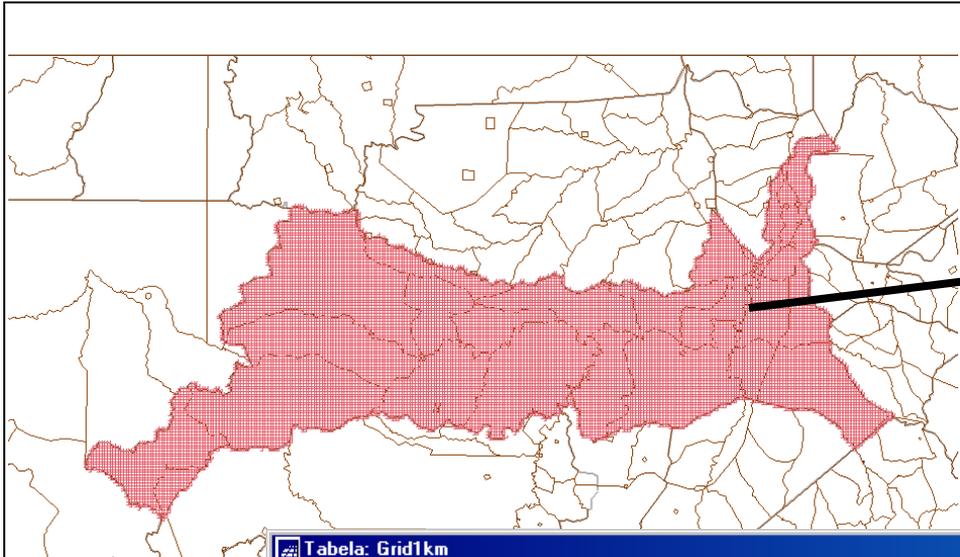


Tabela: Grid1km

	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)

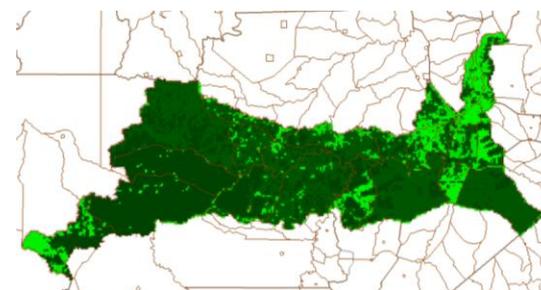
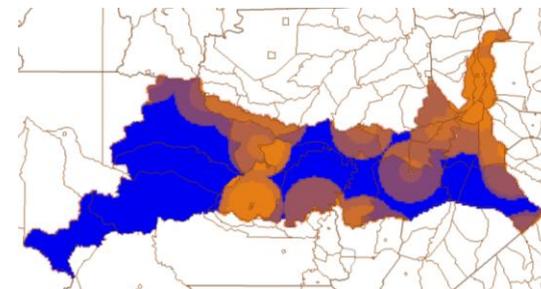
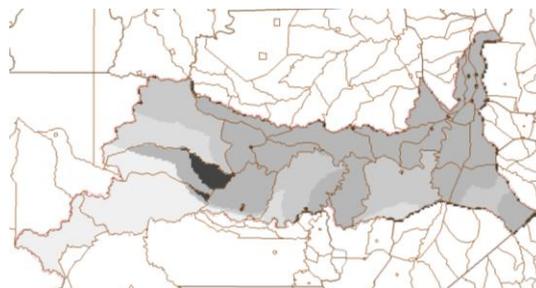
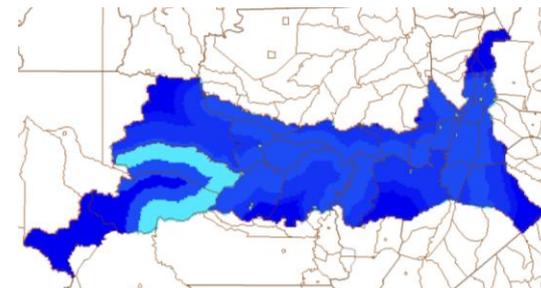
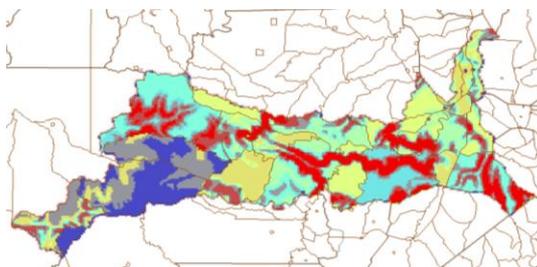
Mundo Celular...



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 = Π (crit1, crit2, ...)
- Soma Algébrica
res = 1 - Π (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

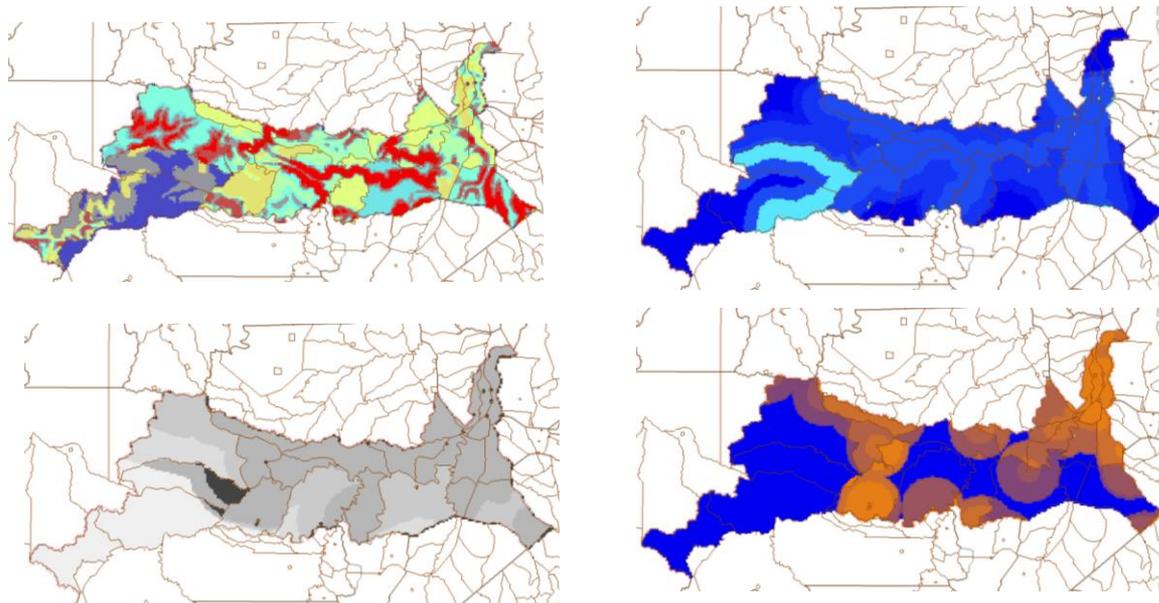
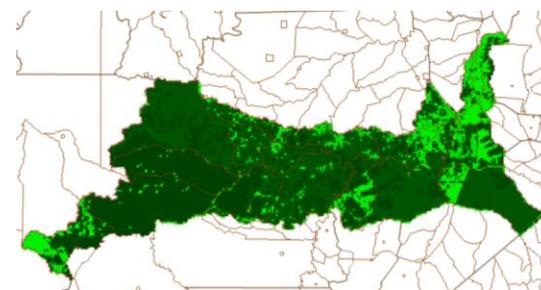


TABELA 6.3 – Operadores para relacionar as variáveis indicadoras.

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

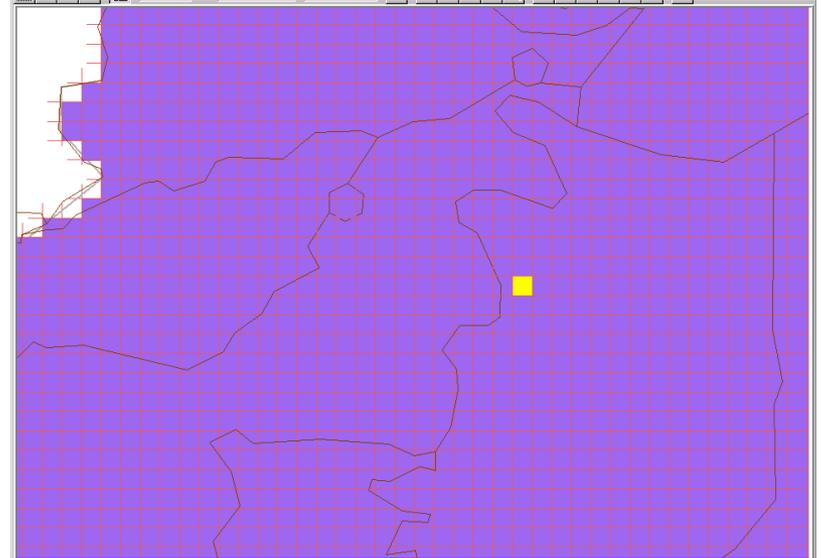


Método Multivariado – Variáveis indicadoras



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,

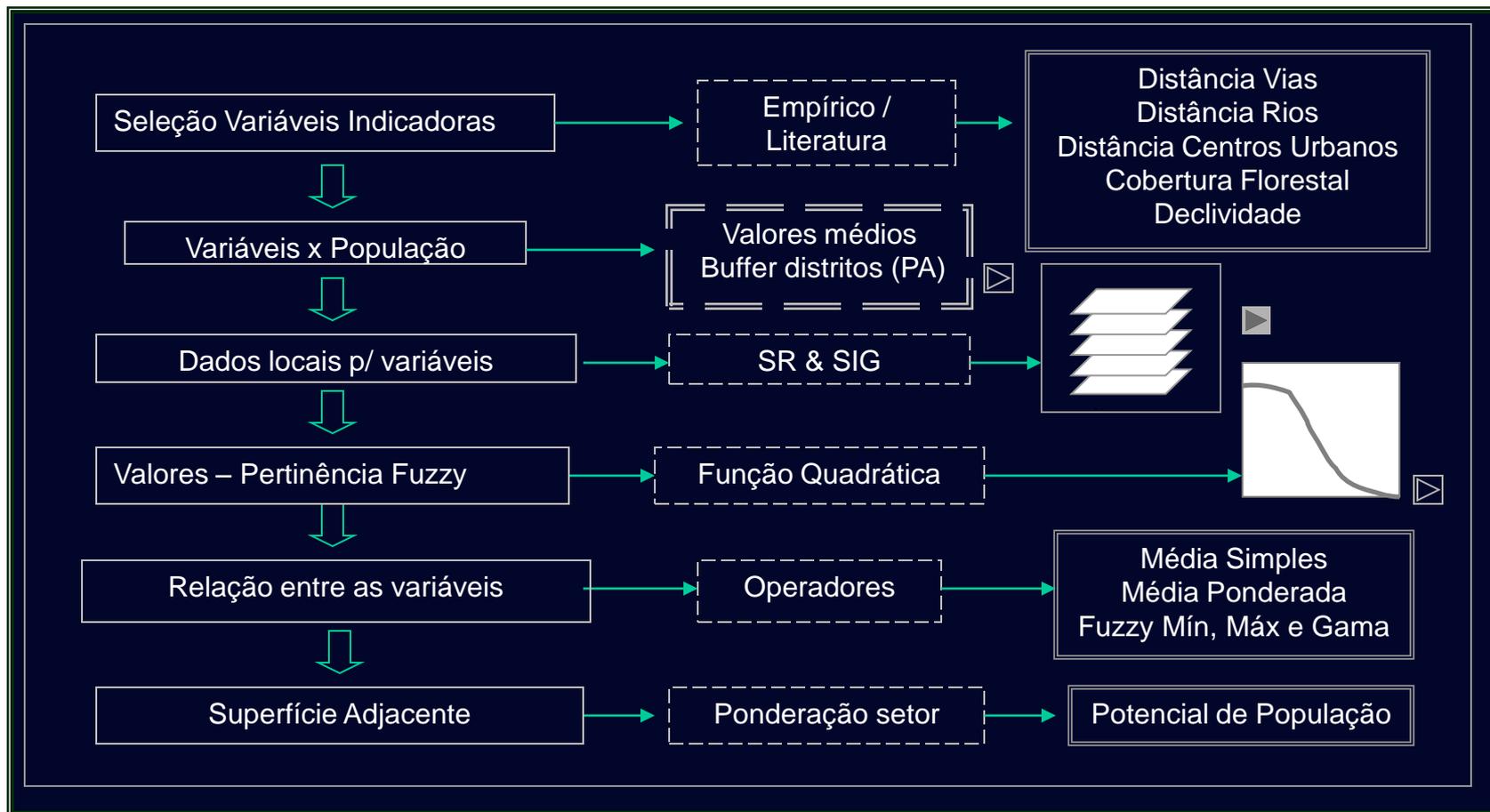
P_{CS} é a população do setor censitário,

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

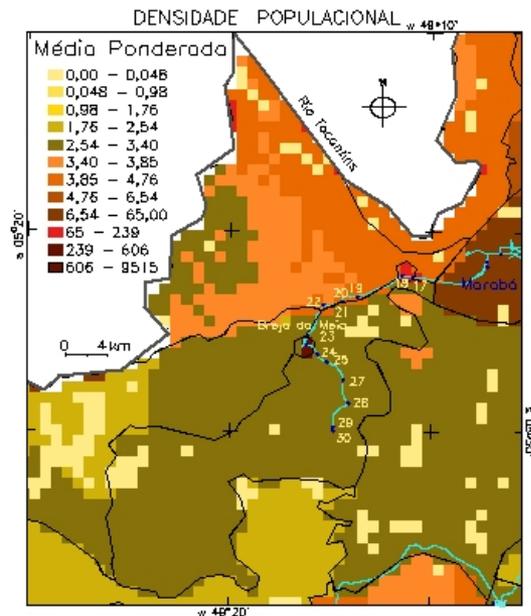
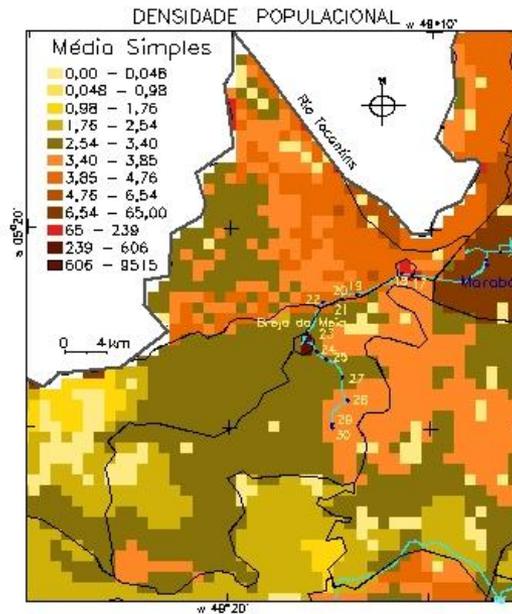
Inferir superfície que descreva distribuição



População em Marabá

Redistribuição – Superfícies resultantes - Região

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

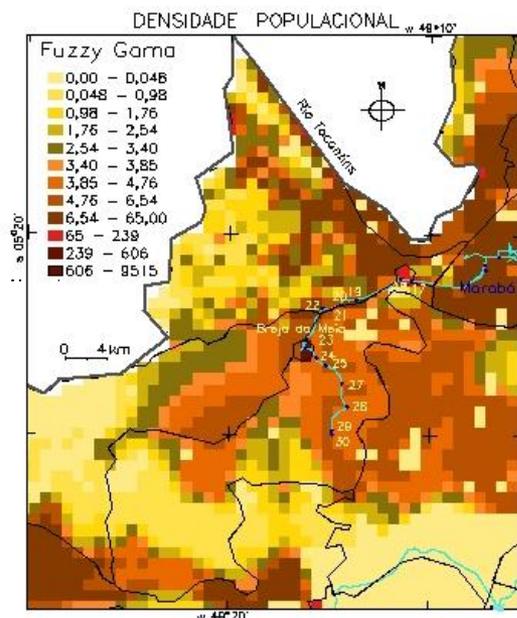
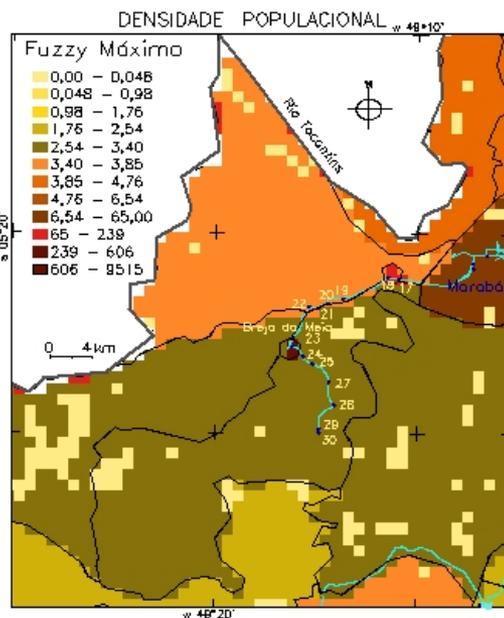
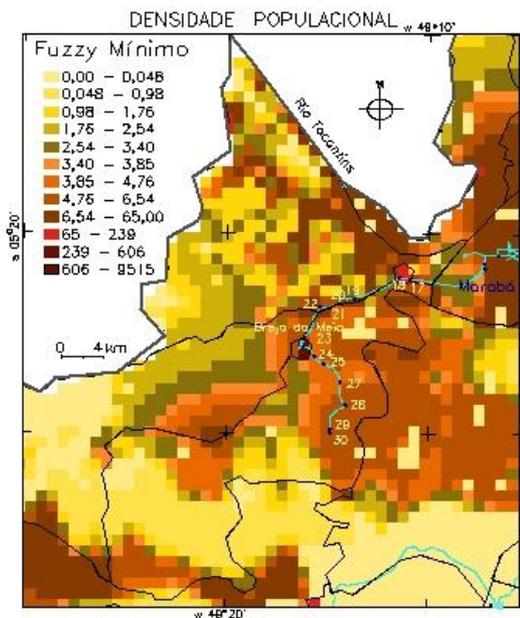


População em Marabá



Redistribuição – Superfícies resultantes - Região

- Fuzzy Mínimo representou melhor a heterogeneidade espacial



População em Marabá



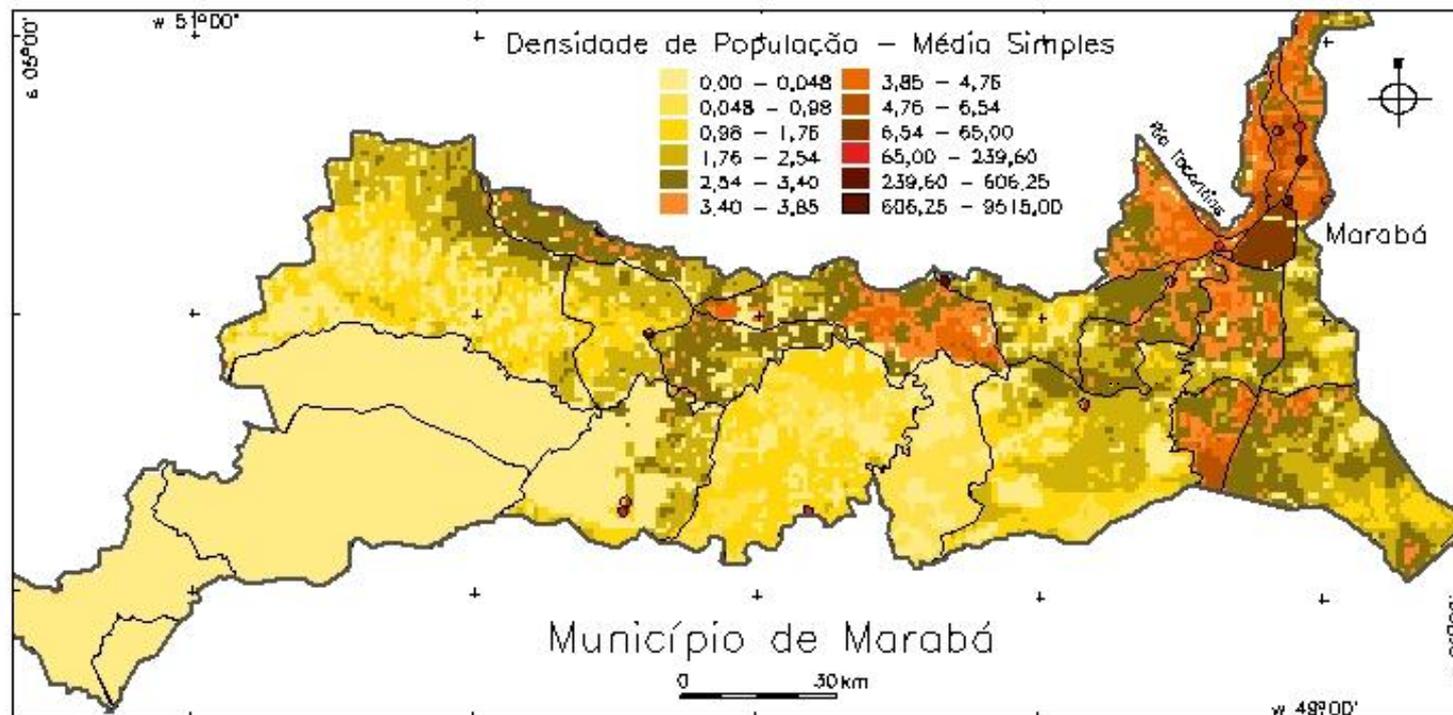
Redistribuição – Superfícies resultantes – Município



População em Marabá

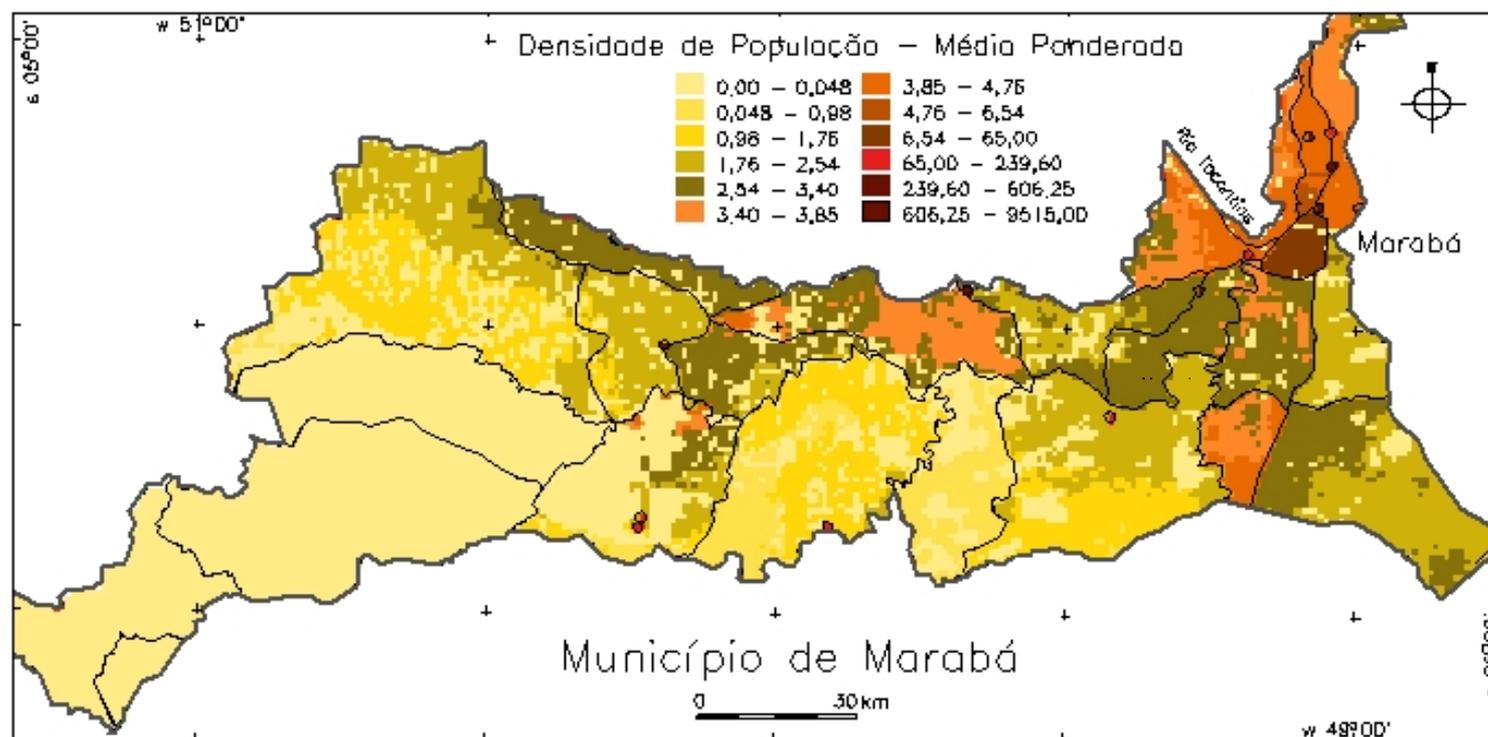


Redistribuição – Superfícies resultantes – Município



População em Marabá

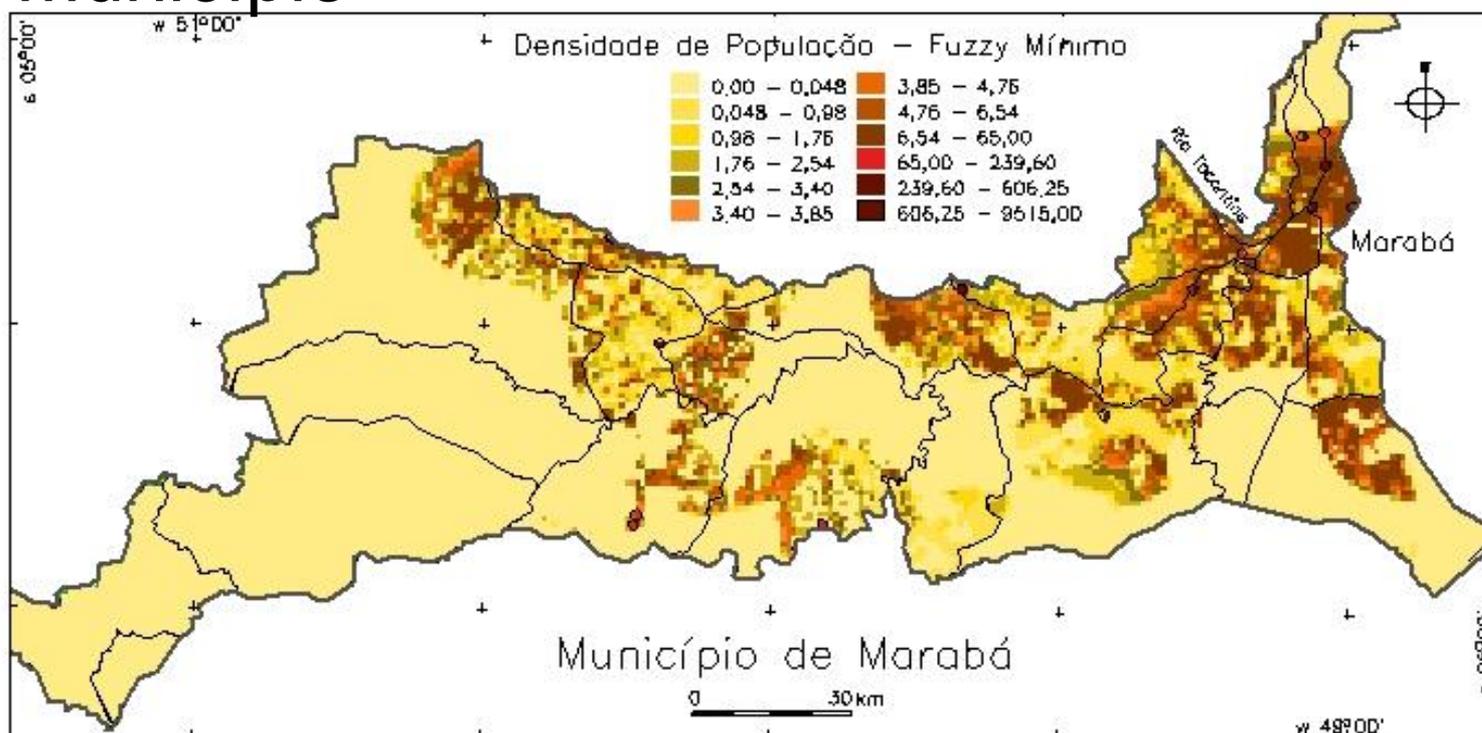
Redistribuição – Superfícies resultantes – Município



População em Marabá



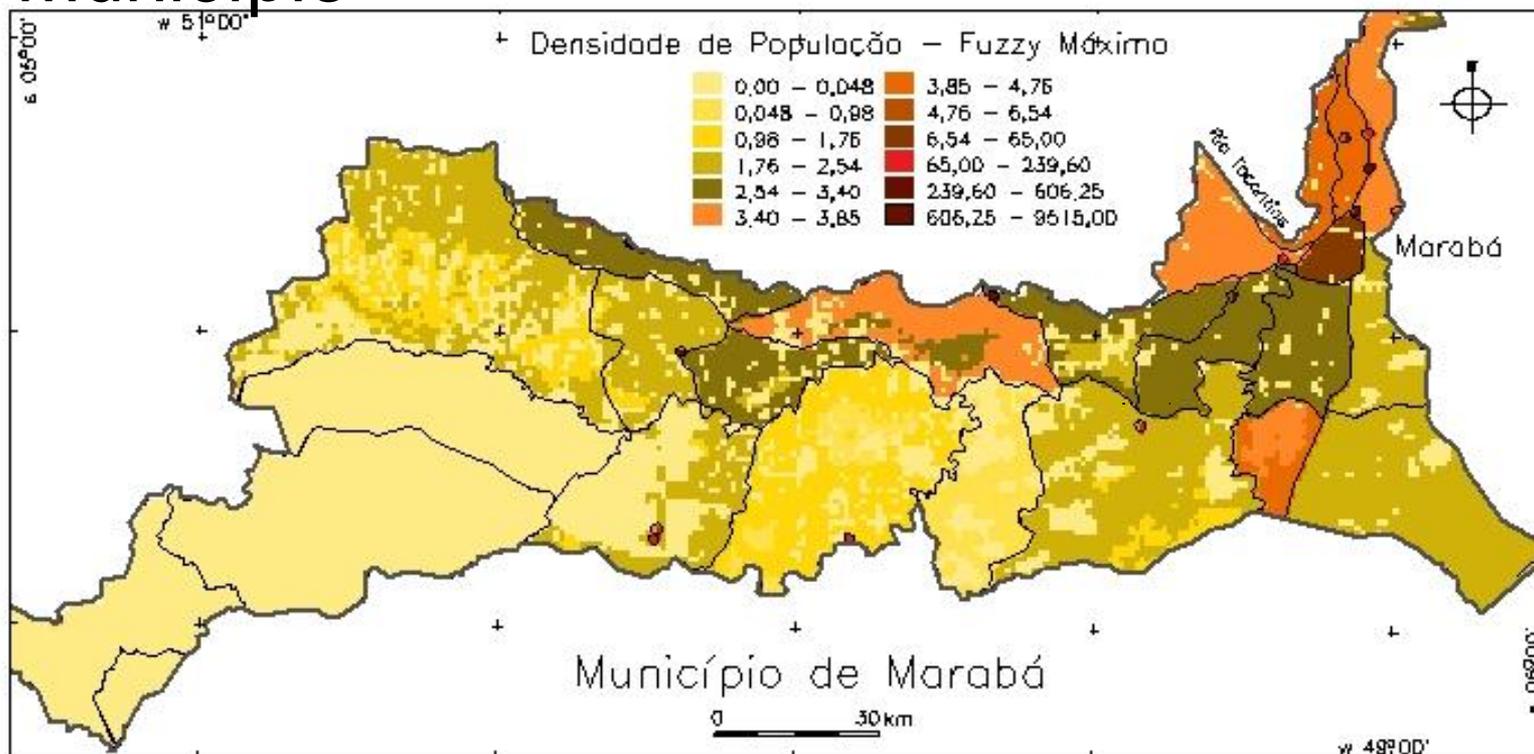
Redistribuição – Superfícies resultantes – Município



População em Marabá



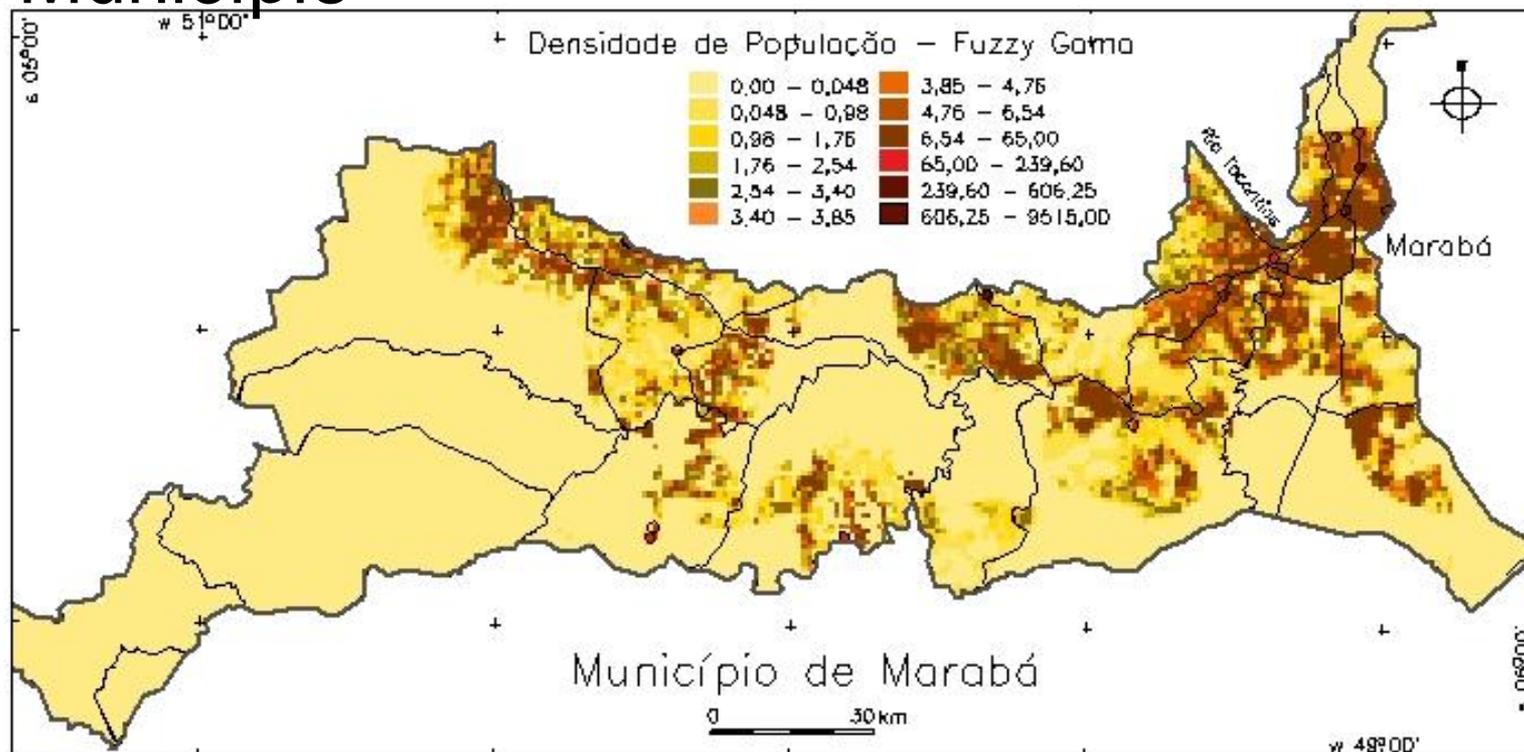
Redistribuição – Superfícies resultantes – Município



População em Marabá



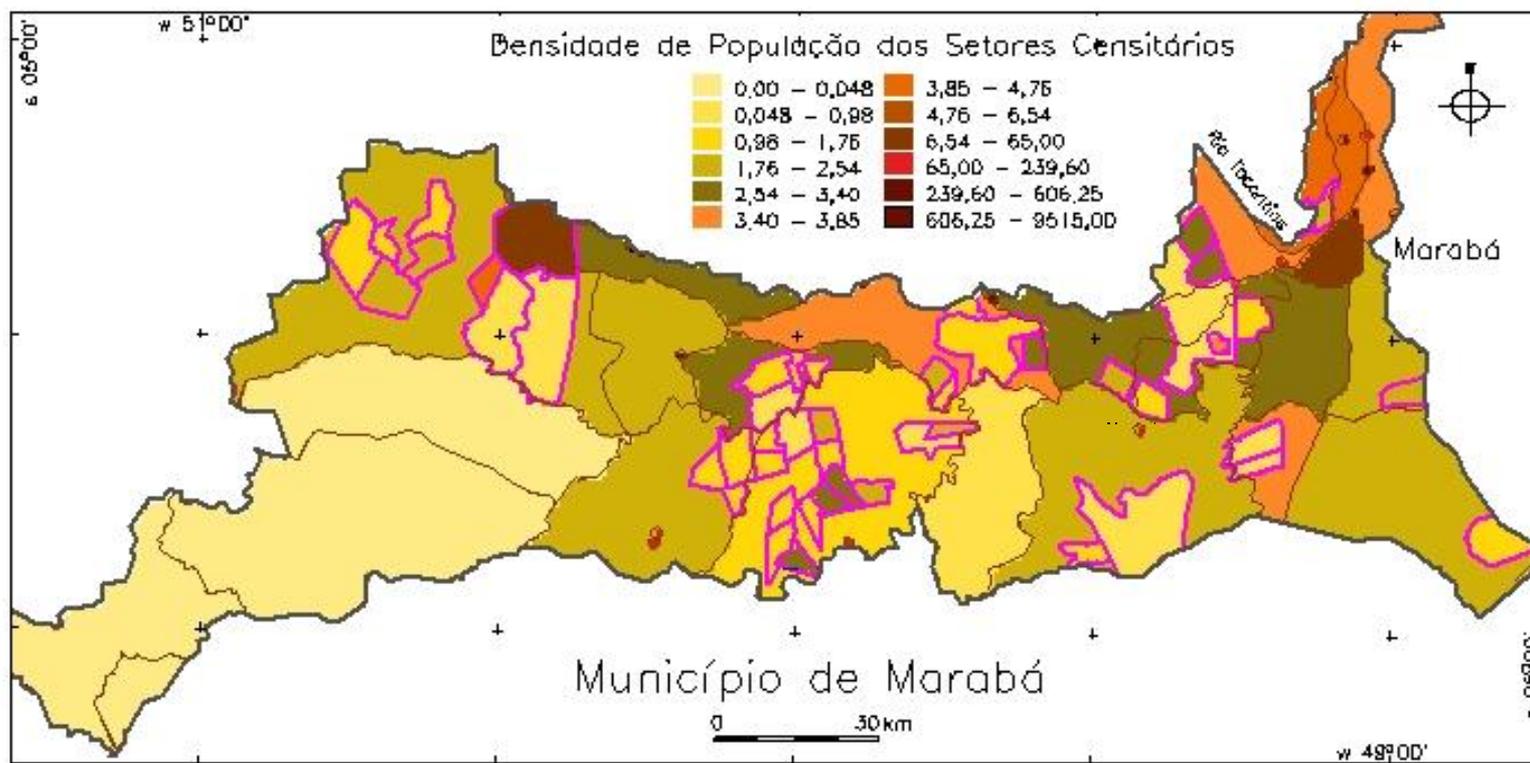
Redistribuição – Superfícies resultantes – Município



População em Marabá



Redistribuição – Superfícies resultantes – Município



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**

Modelos de População “Multivariados”

- Interpoladores Inteligentes:

- *Smarter SIM*

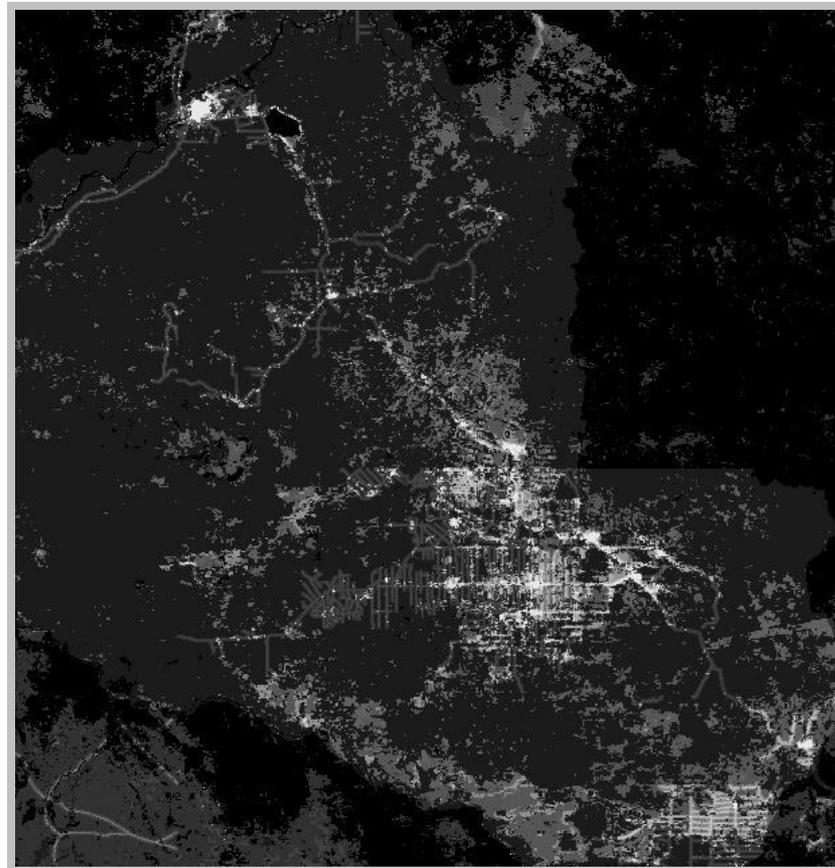
- uso de var. de posição, densidade e distância como indicadoras de população
 - uso de redes neurais para mapear as var. preditoras de entrada nas var. de interesse

- *Clever SIM – Smart SIM* melhorado:

- Pré-processamento mais sofisticado das variáveis espaciais preditoras
 - *Bootstrap* no treinamento- melhor resultado volta para o treinamento, recursivo
 - Treinamento: zero, alta e baixa densidade e combinando-as por inferência fuzzy.

Modelos de População “Multivariados”

- Interpoladores Inteligentes:
 - Exemplo: *LandScan* – grade 1km, 1995
 - Modelo de População: uso do solo, proximidade de estradas, luzes noturnas => **coeficiente de probabilidade**
 - População em risco: Informação para medidas emergenciais – desastres naturais ou antropogênicos



Modelos de População “Multivariados”

- Interpoladores Inteligentes e Variantes:
 - Importância da escolha de variáveis e conhecimento das inter-relações – “modelo”
 - Existência e qualidade dos dados auxiliares determinam a exatidão da superfície resultante.



Para Visitar...

- <http://web.ornl.gov/sci/gist//landscan/>
- <http://www.grida.no/db/gis/prod/html/glohuma1.htm>
- <http://www.ciesin.org/datasets/gpw/globldem.doc.html>
- <http://www.geog.leeds.ac.uk/people/a.turner/projects/medalus3/home.htm>
- <http://www.geog.ucsb.edu/~tobler/publications/reprints.html>
- <http://www.geog.soton.ac.uk/users/martindj/davehome/software.htm>
- <http://census.ac.uk/cdu/software/surpop/>

Referências



- Tobler, W.R. (1979). Smooth pycnophylactic interpolation for geographical regions. *Journal of the American Statistical Association*, 74, 519-530.
- Tobler, W.R., Deichmann, U., Gottsegen, J. & Maloy, K. (1995). *The Global Demography Project*. Santa Barbara, CA: National Center for Geographic Information and Analysis.
- Martin, D (1989). Mapping population data from zone centroid locations. *Transactions of the Institute of British Geographers NS*, 14, 90-97.
- Martin, D. (1996). *Geographic Information Systems and their Socioeconomic Applications*, London: Routledge.
- Martin, D. (2002). Census Population Surfaces. In Rees, P., Martin, D., Williamson, P. (Eds.), *The Census Data System* (pp. 139-148). Chichester - England: John Wiley & Sons.
- Martin, D., Langford, M. & Tate, N.J. (2000). Refining Population Surface Models: Experiments with Northern Ireland Census Data. *Transactions in GIS*, 4, 343-360.
- Deichmann, U., Balk, D. & Yetman, G. (2001). *Transforming Population Data for Interdisciplinary Usages: From census to grid*. Palisades, N.Y.: Center for International Earth Science Information Network (CIESIN) - Columbia University.
- Dobson, J.E., Bright, E.A., Coleman, P.R., Duree, R.C. & Worley, B.A. (2000). LandScan: A Global Population Database for Estimating Populations at Risk. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 66, 849-857.
- Faure, J.F., Tran, A., Gardel, A. & Polidori, L. (2003). *Sensoriamento remoto das formas de urbanização em aglomerações do litoral Amazônico: elaboração de um índice de densidade populacional*. Paper presented at XI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Belo Horizonte, 5-10 Abril 2003.