



Representações Computacionais do Espaço Geográfico

Prof. Herondino

...Os GIScientistas estudam as representações do mundo real, em vez do próprio mundo real.“

Taylor & Reitsma, 2013



Geoprocessamento

- Disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica e que vem influenciando de maneira crescente as áreas de **cartografia, Análise de Recursos Naturais, Transportes, Comunicações, Energia e Planejamento Urbano e Regional.**



pública considerar os loteamentos que tem infraestruturas de serem bairros, enquanto que para o IBGE são bairros apenas os criados por lei.

legalizados de Macapá
(clique na imagem para ampliar).
Dados: IBGE

Mapeamento de Macapá

Por enquanto, o mapeamento de Macapá está desatualizado e todos os dados referentes ao cadastro imobiliário da capital estão no formato de papel, e por isso, a administração pública encontra dificuldades em saber qual o tamanho e o crescimento real da cidade, mas também, de como tratar assuntos relacionados à preservação ambiental. Com o objetivo de se ter uma visão geográfica macro da cidade, a Prefeitura de Macapá apresentou o projeto chamado Aerofotogramétrico que vai permitir modernizar o mapeamento da capital amapaense.



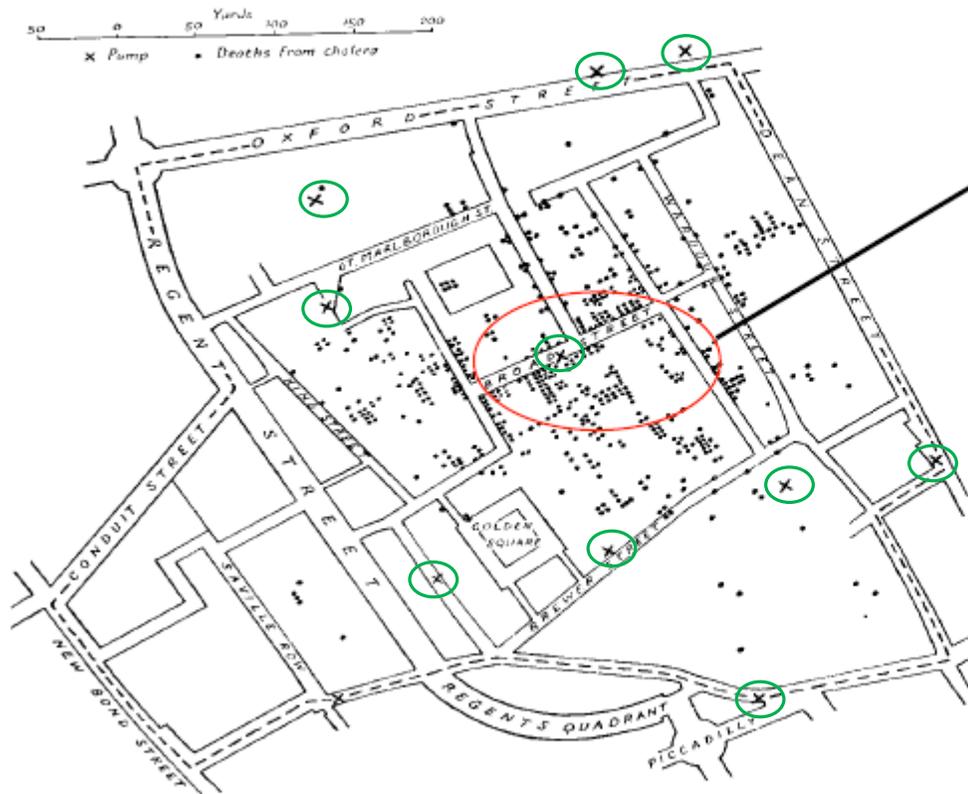
Aeronave que está executando o georreferenciamento de Macapá

Os trabalhos já iniciaram, e estão acontecendo por meio de modernos equipamentos de desenvolvimento de software de geoprocessamento e atualização da cartografia. Em termos de tempo, as ações irão demorar, aproximadamente, três anos, mas a partir da atualização dos dados, o administrador municipal terá melhor compreensão em tomar decisões nas questões ligadas ao desenvolvimento urbano e de caráter social.

“O mapeamento permite ver e ter uma dimensão melhor do crescimento da cidade, no que diz respeito ao sistema viário, hidrográfico, e de todos os fatores intervenientes no contexto urbano”, esclarece Guilherme Pinho, diretor da Foto Terra Urbanismo, empresa responsável pela execução do georreferenciamento*.

Exemplo Histórico

Epidemia de cólera em Londres em 1854:



Mapa criado pelo Dr. John Snow mostrando um cluster de ocorrências ao redor do poço de fornecimento de água



Fechamento do poço coincide com o retrocesso da epidemia, corroborando hipótese da transmissão pela água



Evolução do Geoprocessamento

- **Anos 50** – Houve a primeira tentativa de automatizar parte do processamento dos dados espaciais.
- A Inglaterra e os Estados Unidos com o objetivo de reduzir custos com a produção e manutenção de mapas.
- A tecnologia da época impossibilitou que fossem considerados sistemas de informação.
- Criação de gráficos monocromáticos a partir de um computador
- Aparecimento dos primeiros terminais gráficos e impressoras

Evolução do Geoprocessamento

- **Anos 60** – Foi no Canadá que o primeiro Sistema de Informação Geográfica surgiu
- Este sistema fazia parte de um programa do governo canadense para criar inventário de recursos naturais
- Houve grande dificuldade de utilização:
 - Não haviam monitores gráficos de alta resolução,
 - além dos computadores serem caros
 - Não haviam mão de obra especializada
 - Falta de softwares comerciais
 - Pouca capacidade de armazenamento
 - Baixa velocidade de processamento e
 - Pouco dinheiro



Evolução do Geoprocessamento

- **Anos 70** – Desenvolvimento de softwares comerciais
- criação da expressão **Geographic Information System - GIS (SIG – Sistema de Informação Geográfica)**.
- Programas comerciais no formato **CAD (Computer Aided Design – Projeto assistido por computador)** *que se permitiu o desenvolvimento para sistemas de cartografia automatizada*
- Empresas começam a comercializar SIGs, alto custo e para computadores de grande porte
- Fundamentos matemáticos voltados para a cartografia



Evolução do Geoprocessamento

- **ANOS 80** – A popularização dos PCs e uso das estações de trabalho permite o acesso aos SIGs, até então limitados pelos altos custos do hardware e pouca pesquisa sobre o assunto
- **Anos 90** – Ênfase no software livre permite o avanço e uso de SIGs.
- **Ano 2000** – Ênfase no uso e publicação pela internet

Evolução do Geoprocessamento – No Brasil

- **Anos 80** – Esforço na divulgação e formação de pessoal pelo **Prof. Jorge Xavier da Silva (UFRJ)**
- **1982** – Vinda de **Roger Tomlinson** ao Brasil, sendo este o responsável pela criação do primeiro SIG (Canadian Geographical Information System) , em que incentiva o aparecimento de vários grupos ao desenvolvimento desta tecnologia
- Grupo de desenvolvimento de Geoprocessamento:
 - UFRJ (Universidade Federal do Rio de Janeiro) - **SAGA**
 - **MaxiCAD** (empresa de aerolevanteamento – meados de 80)
 - CPqD/TELEBRAS (Centro de Pesquisa e desenvolvimento da TELEBRÁS – 1990 - **SAGRE**
 - INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – Sitim/SGI e SPRING



Sistemas de Informa Geográfica *Free* – *Open Souce*

- ▶ Sistemas Livres(*Free*) e de código aberto (*open Souce*) são aqueles que podem ser distribuídos gratuitamente e ter suas funções aprimorados por seus usuários.
- ▶ Exemplo:
 - ▶ gvSIG (Generalitat Valentiana SIG)
 - ▶ QGIS (Quantum GIS)
 - ▶ SPRING (Sistema de Processamento e Informação Geográfica)

gvSIG

- ▶ Tem origem em 2004 dentro do projeto de migração de software livre dos sistemas informatizados da Consultoria de Infraestrutura e Transporte (CIT).
- ▶ A Associação gvSIG é uma associação sem fins lucrativos que engloba as principais organizações impulsoras do projeto gvSIG.



gvSIG

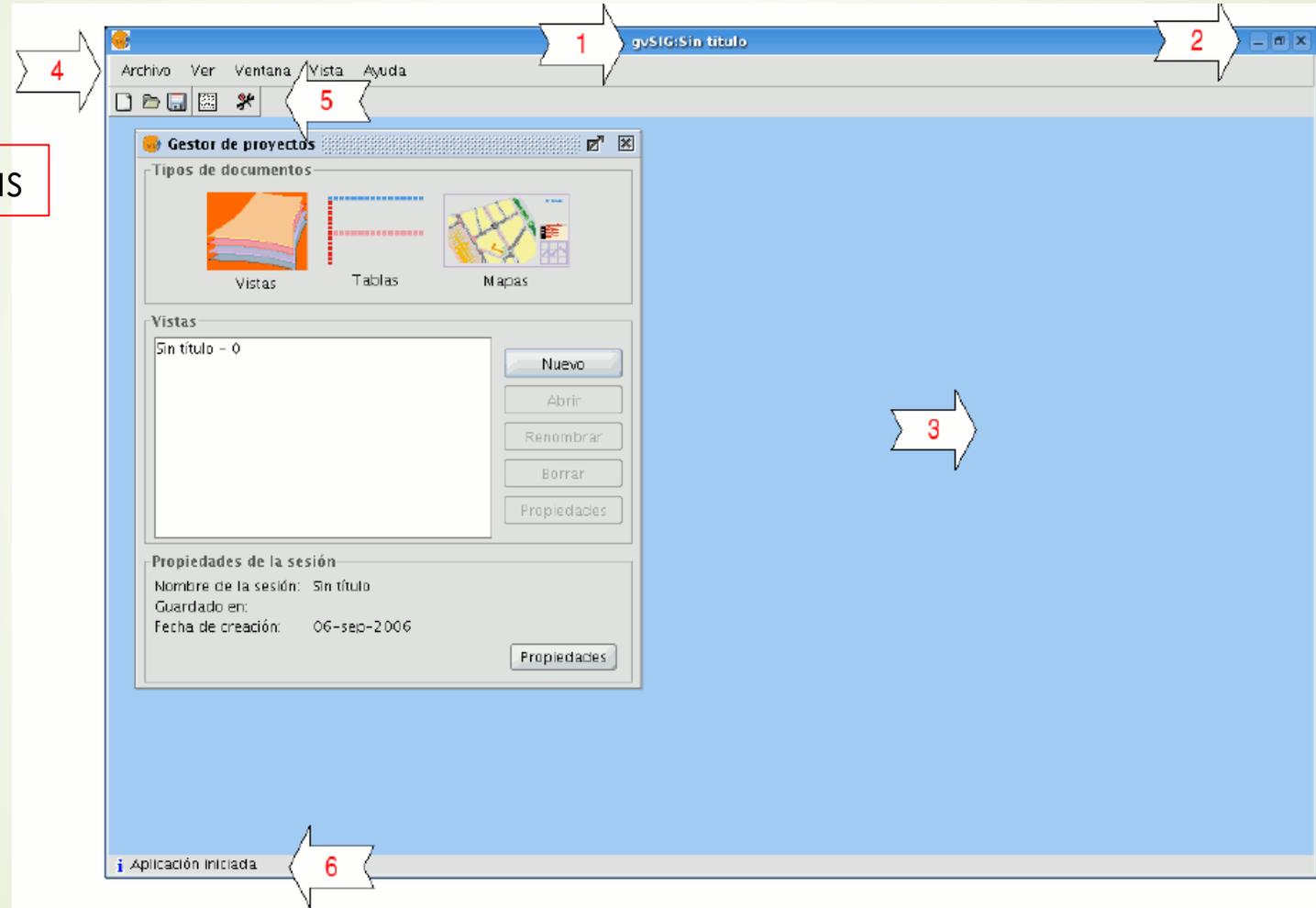
Barra de Menus

Barra de Títulos

Barra de Ferramentas

Botões de maximizar e minimizar

Janela Principal



Barra de Estado

Quantum GIS



Gary Sherman iniciou o desenvolvimento de Quantum GIS no início de 2002, e tornou-se um projeto de incubadora da *Open Source Geospatial Foundation* em 2007

Escrito em C ++, QGIS faz uso extensivo da biblioteca Qt. QGIS permite a integração de *plugins* desenvolvidos usando C++ ou *Python*





DADOS ESPACIAIS

- Dados que contém uma **localização espacial em algum sistema de referência**. Contém informação sobre a localização, forma e as relações topológicas entre feições de interesse.
- **Sistemas de Referência**
 - São basicamente as diferentes perspectivas de um observador quanto a descrição de medidas (ex. posição) . Sistemas de coordenadas são as diferentes formas de descrever medidas sob essas perspectivas
- **Dados Geográficos ou Geoespaciais**
 - São aqueles onde o sistema de referência é a superfície da terra



Tipos de Dados Geográficos

- **Planialtimétricos** – dados que determinam a posição do objeto em relação a localização (x, y) e à altura ou altitude (z)
- **Ambientais** – dados qualitativos ou quantitativos de um fenômeno e sua expressão espacial
- **Cadastrais** – definem o número de ocorrências (contagem) e os atributos delas.

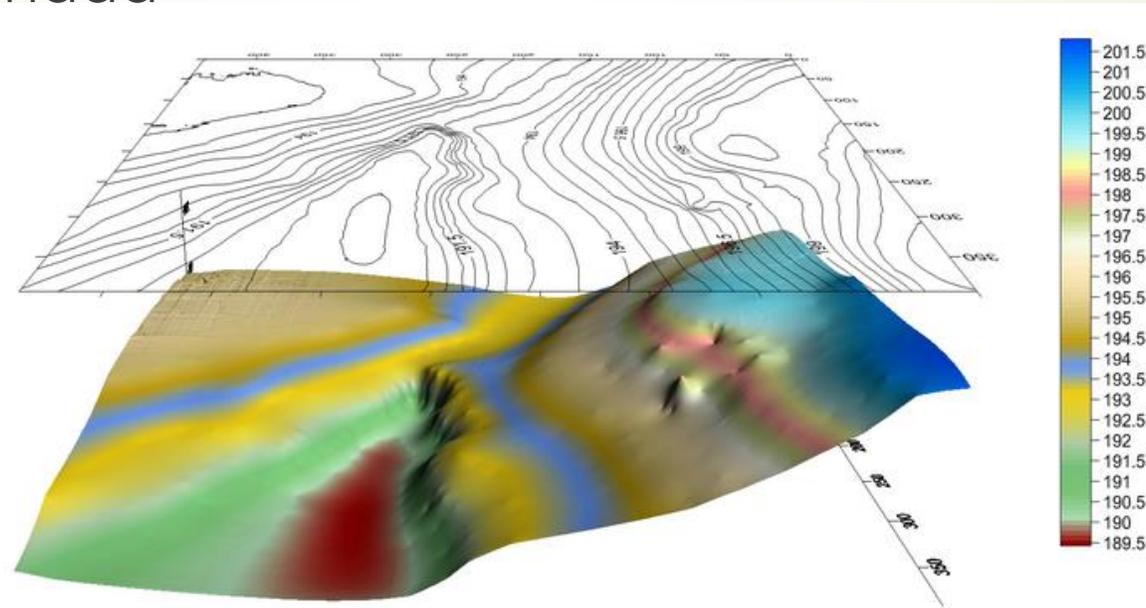


Representação Espacial dos Dados Geográficos

- **Modelo Numérico de terreno(MNT)** (ou Modelo Digital de Terreno (MDT))
- **Mapa Temático Ambiental**
- **Mapa Temático Cadastral**
- **Redes**

Representação Espacial dos Dados Geográficos

- **Modelo Numérico de terreno(MNT)** (ou Modelo Digital de Terreno (MDT))
 - representação artificial da altimetria de uma região selecionada

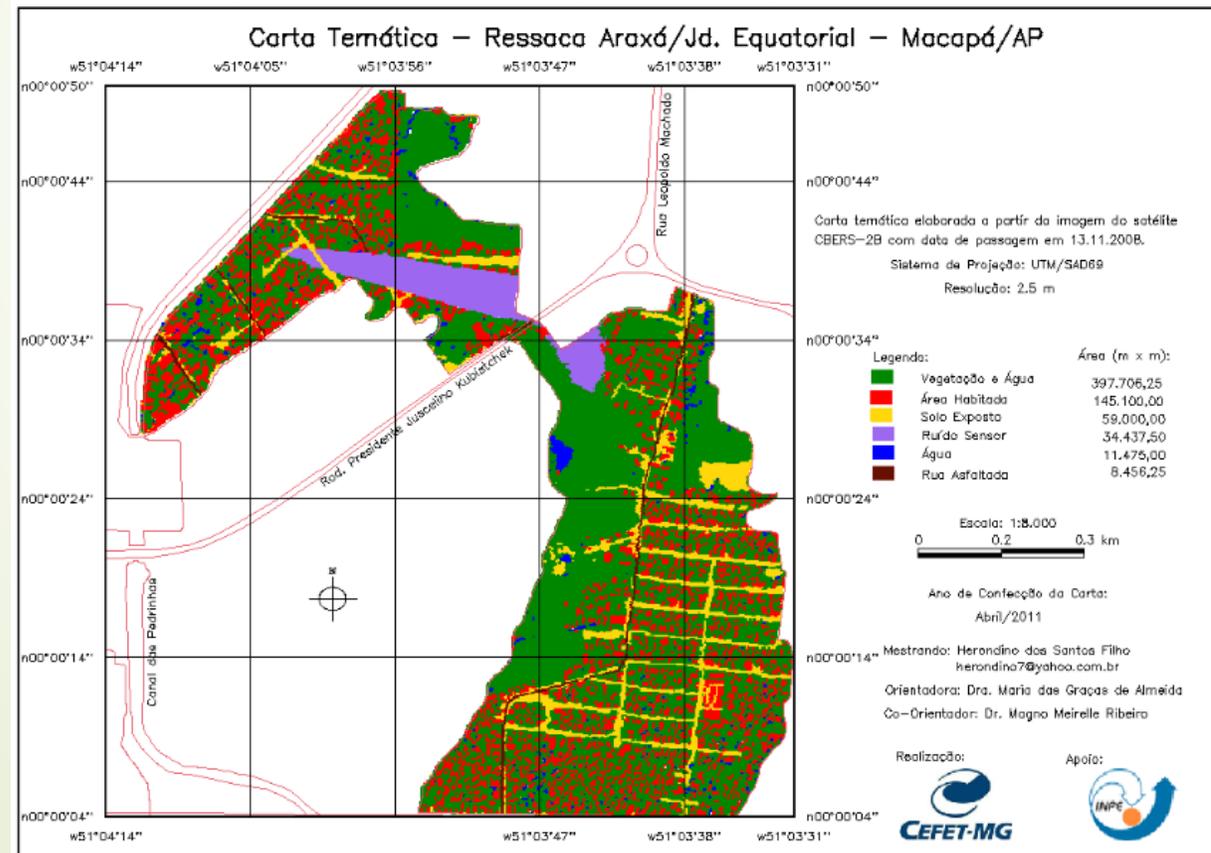


Modelo numérico de terreno da região do sítio arqueológico da Pedra de Ingá.
Fonte :UFPB

Representação Espacial dos Dados Geográficos

Mapa Temático Ambiental

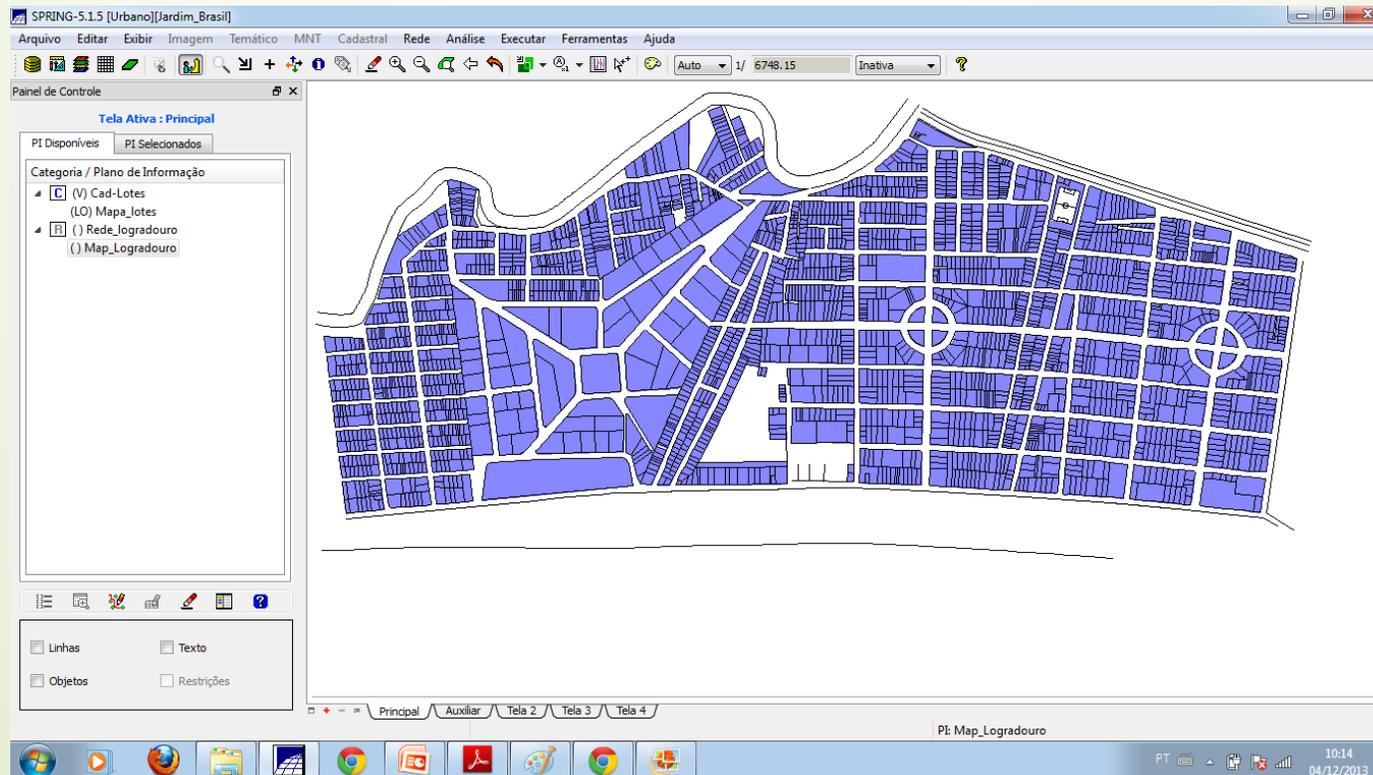
- ▶ pode ser representado por arquivos matriciais ou vetoriais



Representação Espacial dos Dados Geográficos

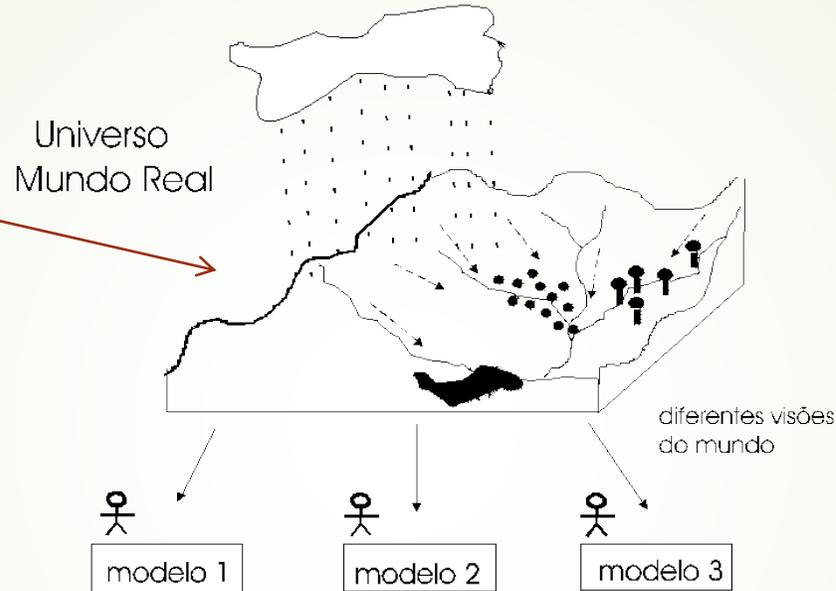
➤ Mapa Temático Cadastral

- Representa dados quantitativos ou qualitativos, gerados por levantamentos cadastrais



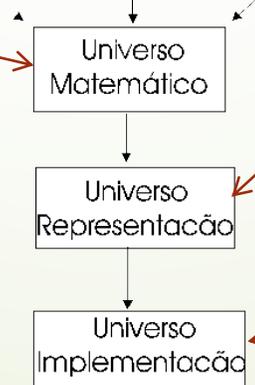
Paradigma dos 4 universos

Do universo do mundo real selecionam-se os objetos, as variáveis de interesse



Neste nível é feito o mapeamento dos objetos conceituais para representações geométricas

Oferece um conjunto de conceitos formais com os quais as entidades geográficas podem ser modeladas



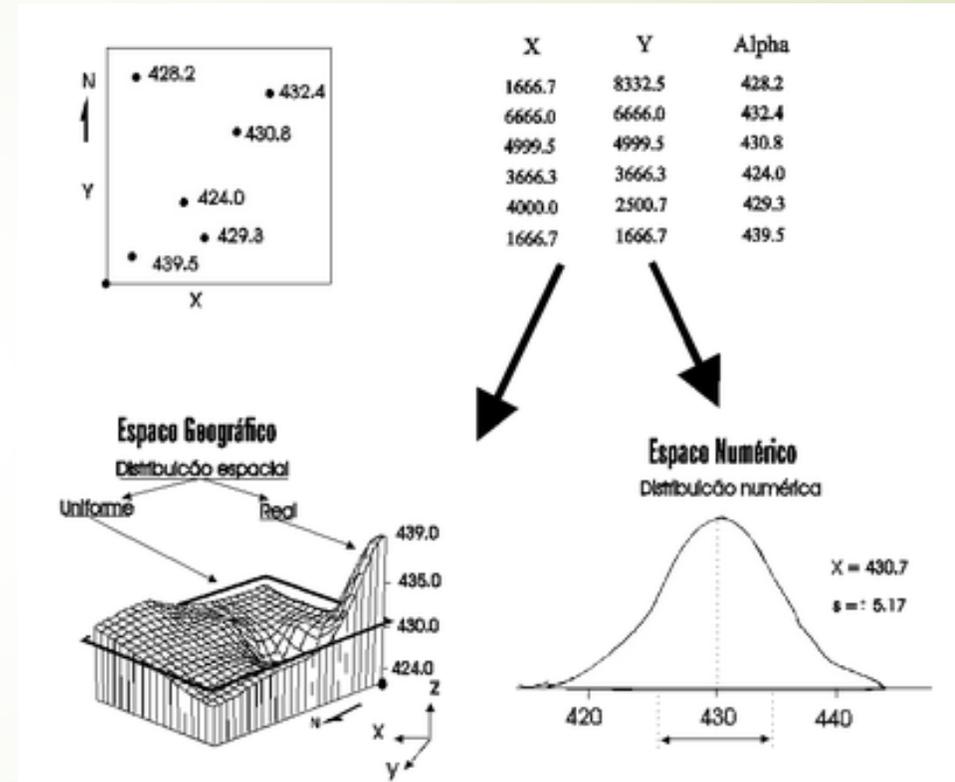
estruturas de dados e linguagens de programação

Universo Real

- ▶ Estas variáveis são descritas inicialmente como um **conjunto de valores medidos de forma amostral no universo do mundo real**.
 - ▶ ao se estudar o comportamento do uso do solo em uma determinada região (***variável de interesse***)
 - ▶ posições diferentes na região, provavelmente possuirão culturas diferentes, como milho, soja, arroz, pastagem, etc (***variação espacial***)
 - ▶ E em uma mesma posição, o uso do solo poderá sofrer alterações quando avaliado em épocas distintas (***variação temporal***).

Universo real

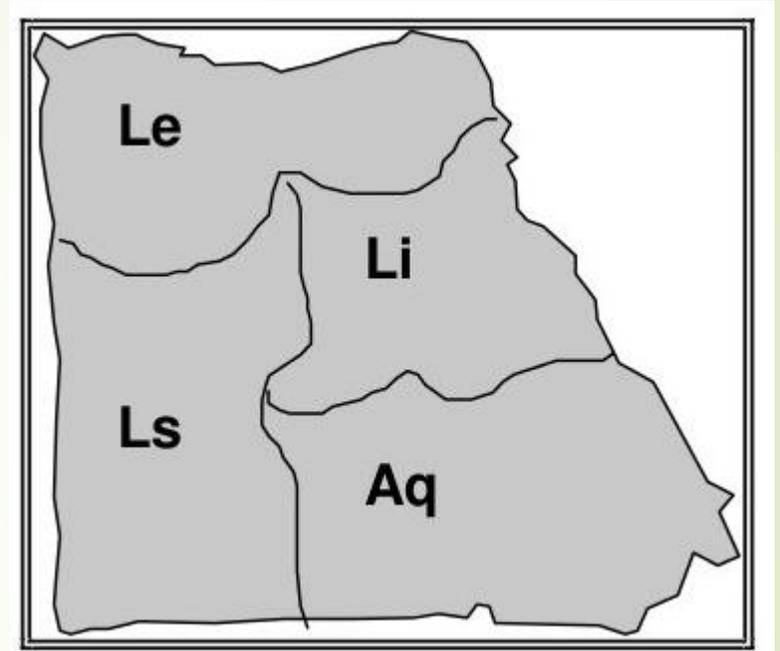
- Uma das características da tecnologia SIG é **representar a informação espacial numericamente**
- A *estatística espacial* desenvolveu-se como uma extensão da estatística clássica com o objetivo de melhor caracterizar a distribuição espacial presente nos dados geográficos



mapeamento da densidade de microorganismos em uma região de um lago

Universo Conceitual ou Matemático

- O resultado deste nível de abstração é a conceituação humana da realidade descrita na forma matemática
- *Geo-campo* (f)
 - como uma entidade matemática que representa a distribuição de uma variável espacialmente contínua sobre uma região geográfica (R).



Universo Conceitual ou Matemático

Geo-campo (f)

$$f = [R, A, \lambda]$$

R : região geográfica definindo o domínio espacial - $R \subset R^2$

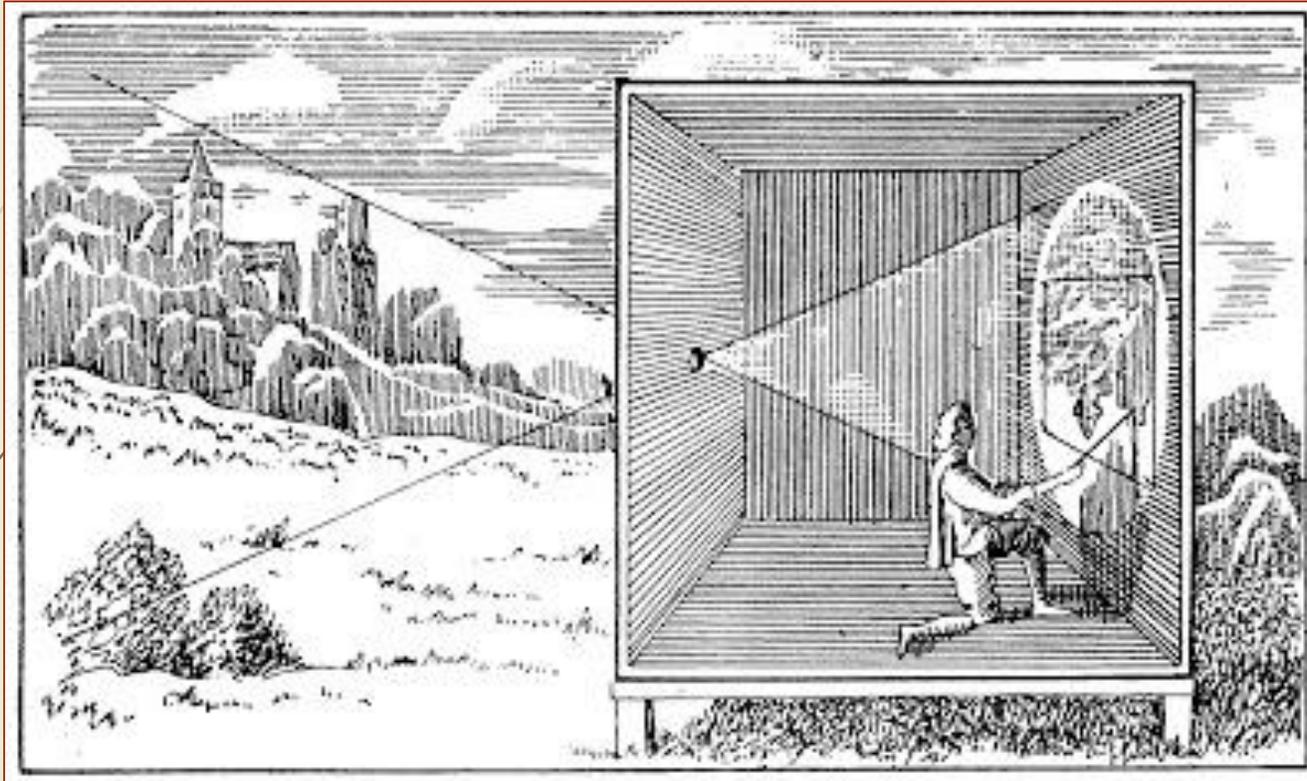
A : contra-domínio de valores da variável na região geográfica, ou seja $A = \{ A1, A2, \dots, An \}$ é um conjunto de atributos

λ : mapeamento entre pontos (x,y) em R para valores em A
($\lambda : R \rightarrow A$)

Universo Conceitual ou Matemático

- Câmara (1995) sugere três especializações para geo-campo:
- **Temático**
 - Se o contra-domínio A de f é um conjunto enumerável temos um dado temático.
Ex. Mapa de cobertura vegetal
- **Numérico**
 - Se o contra-domínio A de f é um conjunto de valores contínuos $(-\infty$ a $+\infty)$ temos um dado numérico
Ex. *Dados de altimetria, temperatura, pressão*
- **Imagem**
 - é uma especialização da classe *geo-campo numérico*

Imagem – Aprisionar a luz



Atribui-se a **Aristóteles** os primeiros estudos sobre o fenômeno, isso no século IV antes de Cristo

Imagem – Aprisionar a luz



Existem notas sobre o assunto feitas por **Leonardo da Vinci** em **1797**, e o cientista **Giovanni Della Porta** publicou, já em **1558**, uma descrição detalhada da câmara escura e seus usos

A primeira Fotografia reconhecida

- Joseph Nicéphore Niépce (1765-1833)
- Heliografia (gravar com o sol)



*View from the Window
at Le Gras (1826)*



Photograph by Nicéphore Niépce

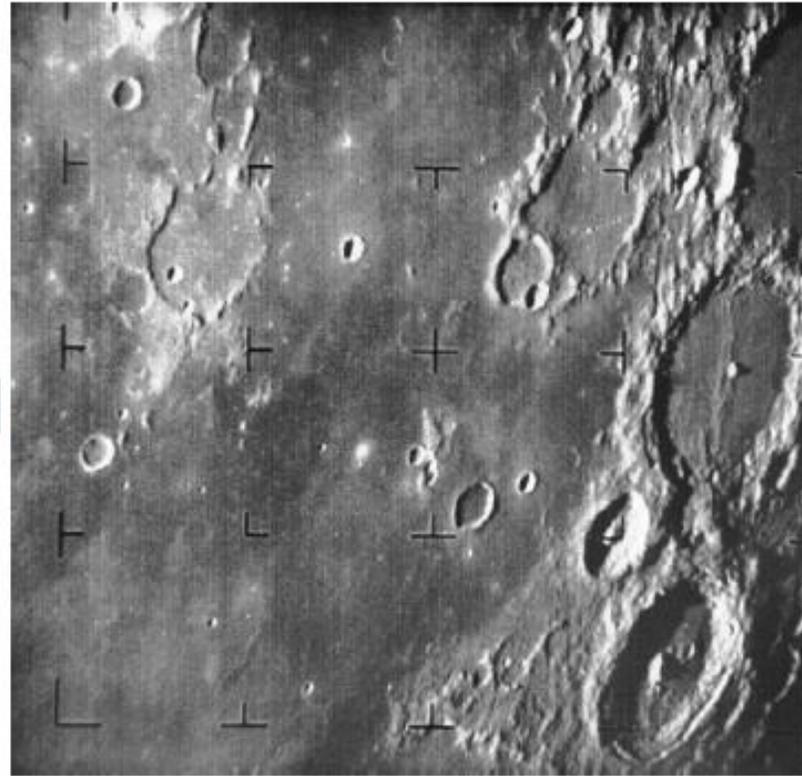
Imagem Digital

- Russel Kirsch - 1957
- Standards Eastern Automatic Computer (SEAC),
- National Bureau of Standards (NBS)
(Hoje: National Institute of Standards and Technology – NIST).
- 176×176 píxeis e 5cm × 5cm



Começo do Processamento digital de Imagem

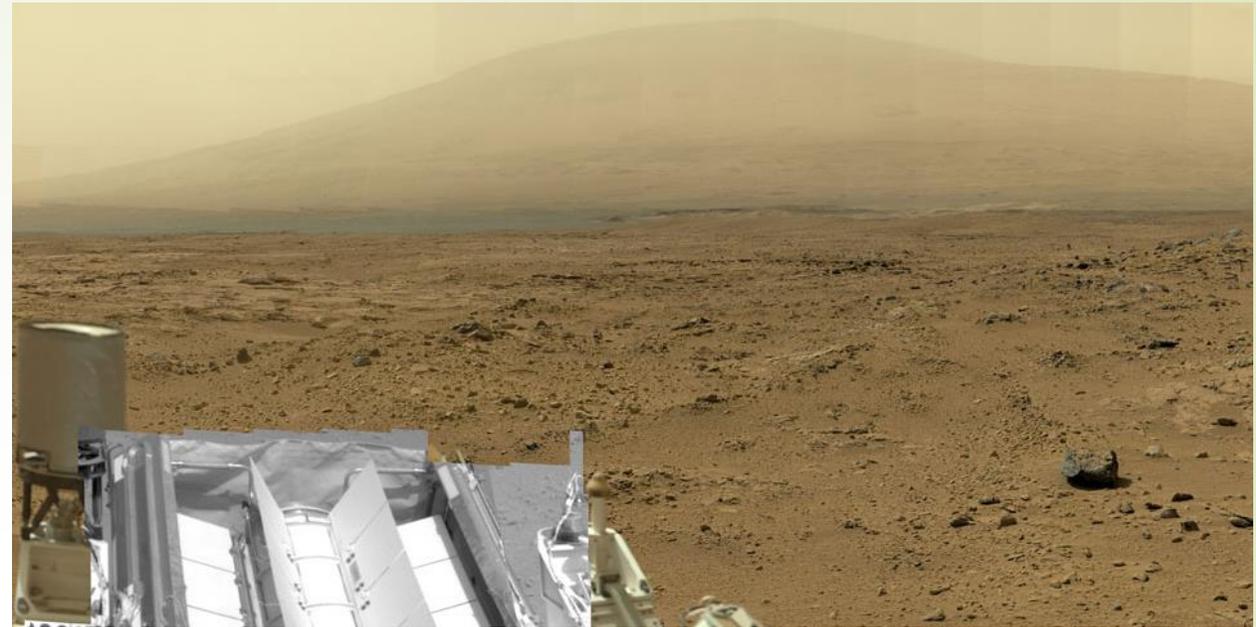
- Anos 60
- Computadores suficientemente poderosos
- Programa espacial americano
- JPL – Jet Propulsion Laboratory
- Imagens da Lua pelo Ranger-7



Ranger-7 (jul, 1969)

Satélites

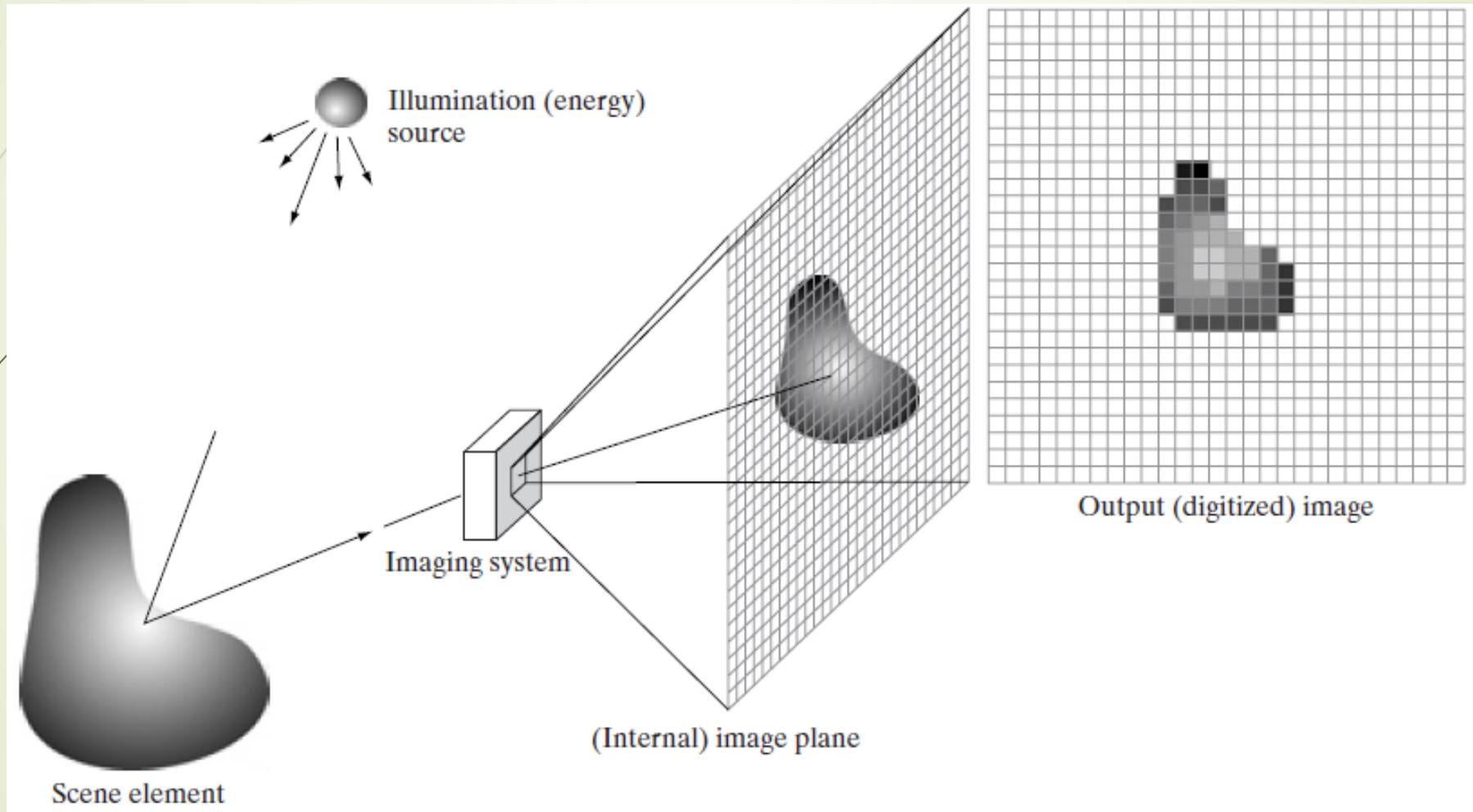
- LANDSAT 80, 60 / 30 / 15 m
- SPOT-5 20 / 10 m , 5 / 2.5 m
- Ikonos 4 / 1 m
- Quickbird 2.4 / 0.6 m
- WorldView-1 0.5 m
- WorldView-2 1.84 / 0.46 m
- GeoEye-1 1.65 / 0.41 m (ex-Orb view)
- CBERS 2B / 20m, 80 m



Billion-Pixel View

História dos Satélites

Imagem



Nível de cinza



230	229	232	234	235	232	148
237	236	236	234	233	234	152
255	255	255	251	230	236	161
99	90	67	37	94	247	130
222	152	255	129	129	246	132
154	199	255	150	189	241	147
216	132	162	163	170	239	122

pout

Imagem colorida - RGB



49	55	56	57	52	53
58	60	60	58	55	57
58	58	54	53	55	56
83	78	72	69	68	69
88	91	91	84	83	82
69	76	83	78	76	75
61	69	73	78	76	76

Red

64	76	82	79	78	78
93	93	91	91	86	86
88	82	88	90	88	89
125	119	113	108	111	110
137	136	132	128	126	120
105	108	114	114	118	113
96	103	112	108	111	107

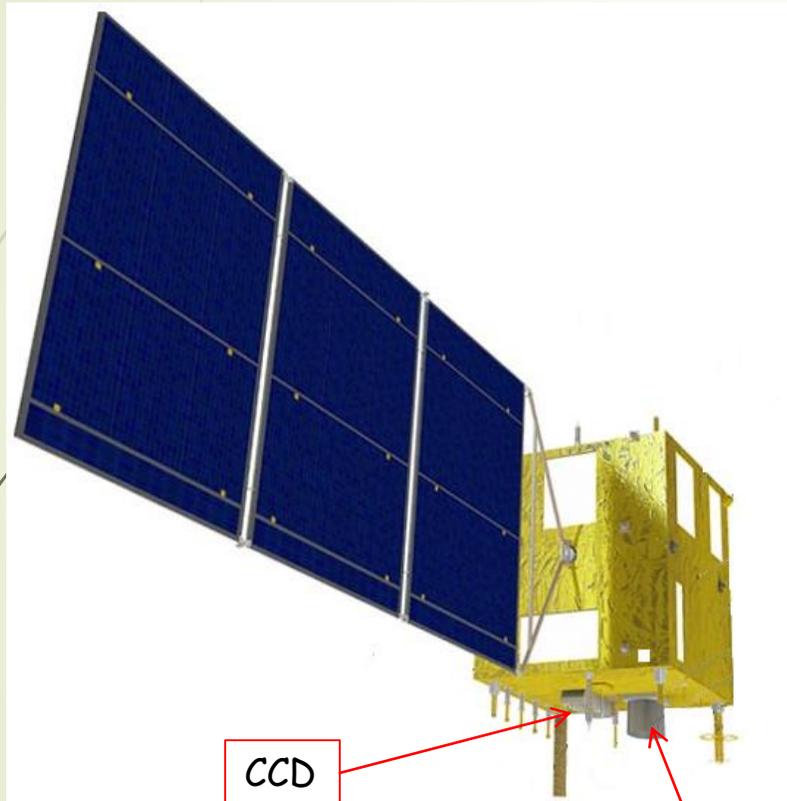
Green

66	80	77	80	87	77
81	93	96	99	86	85
83	83	91	94	92	88
135	128	126	112	107	106
141	129	129	117	115	101
95	99	109	108	112	109
84	93	107	101	105	102

Blue

[heron](#)

Informação Espectral



CCD

HRC

Câmara CCD	Faixa espectral
Banda 1	0,45-0,52 μm , Visível (Azul)
Banda 2	0,52-0,59 μm , Visível (Verde)
Banda 3	0,63-0,69 μm , Visível (Vermelho)
Banda 4	0,77-0,89 μm , Infravermelho próximo
Banda 5	0,51-0,73 μm , Pancromática

Figura . Sistema sensor CCD e HRC Fonte: (INPE/2009)

CCD - *High Resolution CCD Camera* ou Câmara Imageadora de Alta Resolução;
HRC - *High Resolution Camera* ou Câmara Pancromática de Alta Resolução.

Espectro Eletromagnético

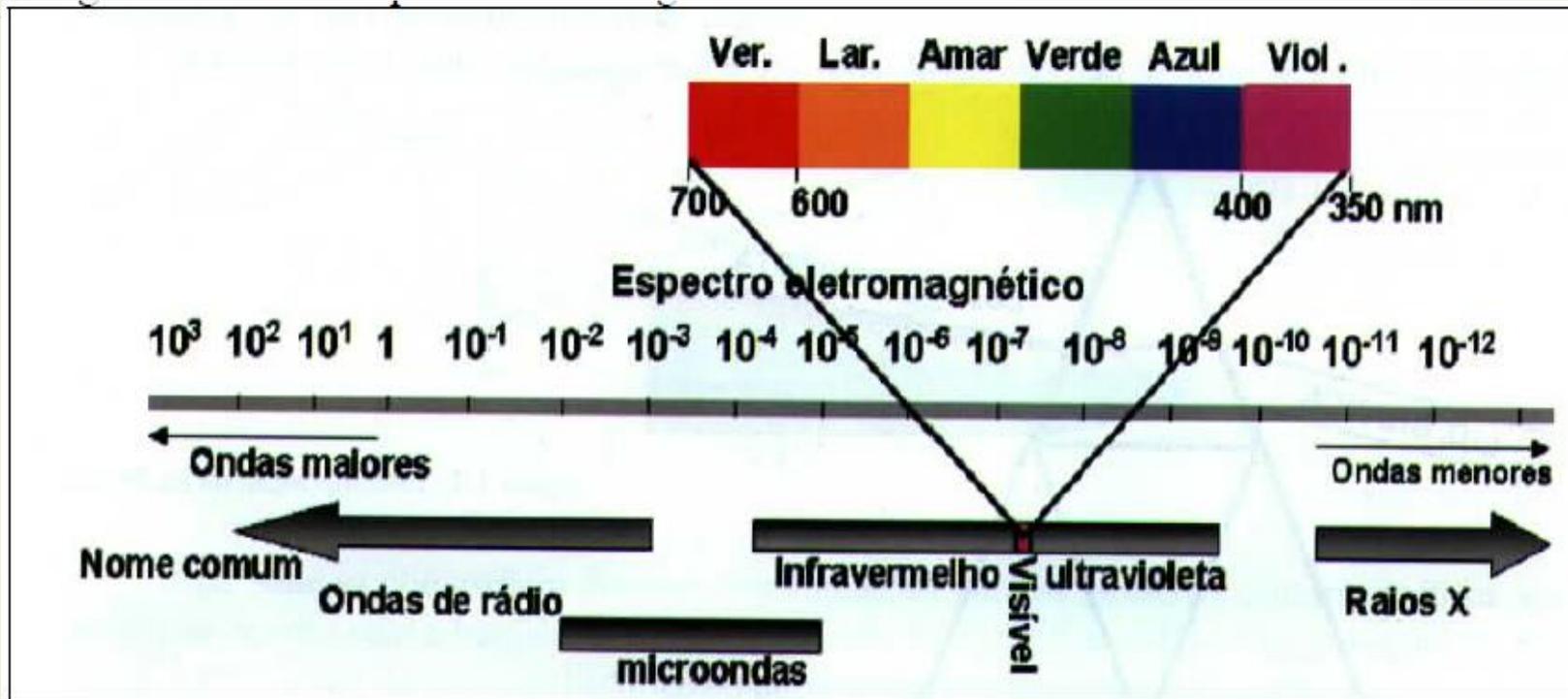


Figura . Espectro eletromagnético Fonte: (Moreira 2, 2009)

Comportamento Espectral

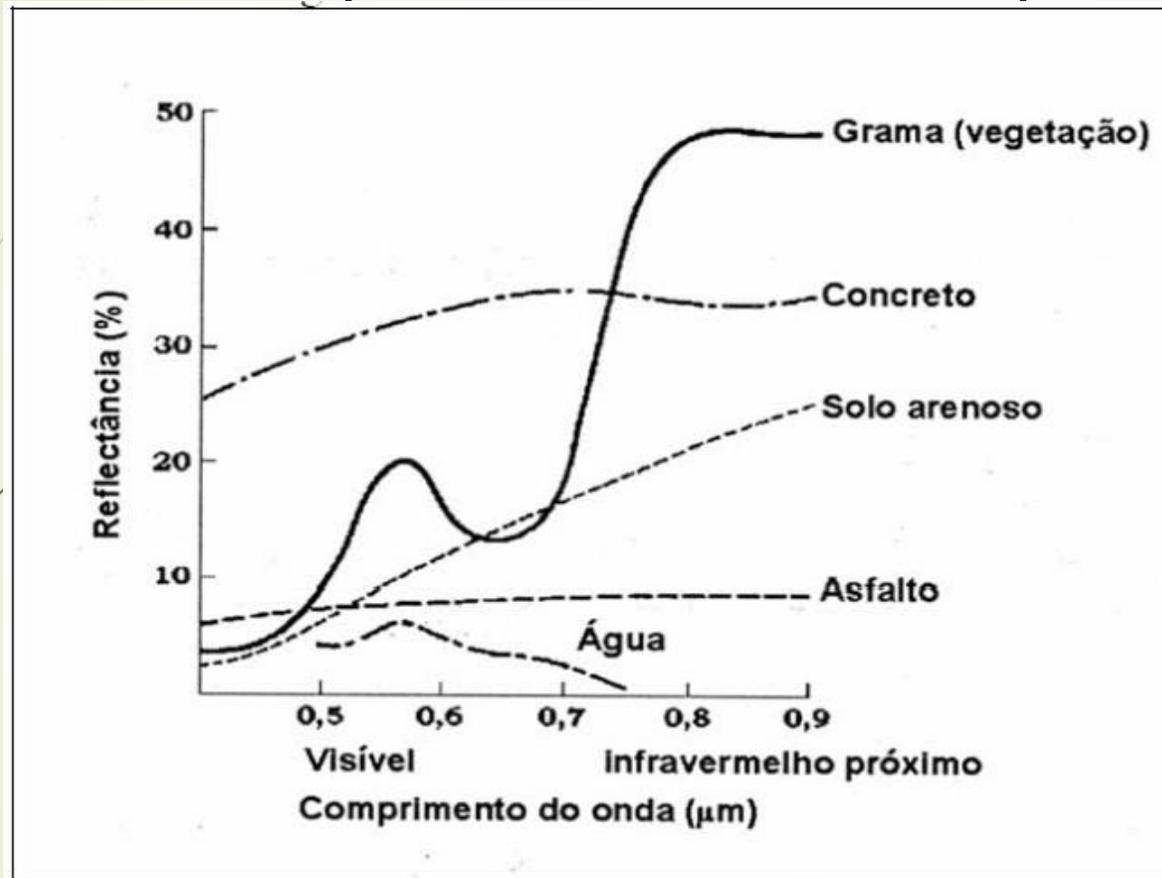


Figura . Comportamento espectral de alvos terrestres Fonte: (Moreira 2, 2009)

```
unregistered = imread('westconcordaerial.png');  
figure, imshow(unregistered)  
improfile
```

Tons de Cinza

LANDSAT-5 Washington-DC band 4



Infravermelho
próximo

0.76-0.90 μm

(8 bits/píxel)

(G&W-08)

Composição Colorida

LANDSAT-5 Washington-DC (R,G,B) => (3,2,1)



R Vermelho

G Verde

B Azul

Falsa Cor

LANDSAT-5 Washington-DC (R,G,B) =>(5,4,3)



R Infravermelho
médio

G Infravermelho
próximo

B Vermelho

Falsa cor

LANDSAT-5 Washington-DC (R,G,B) => (4,3,2)



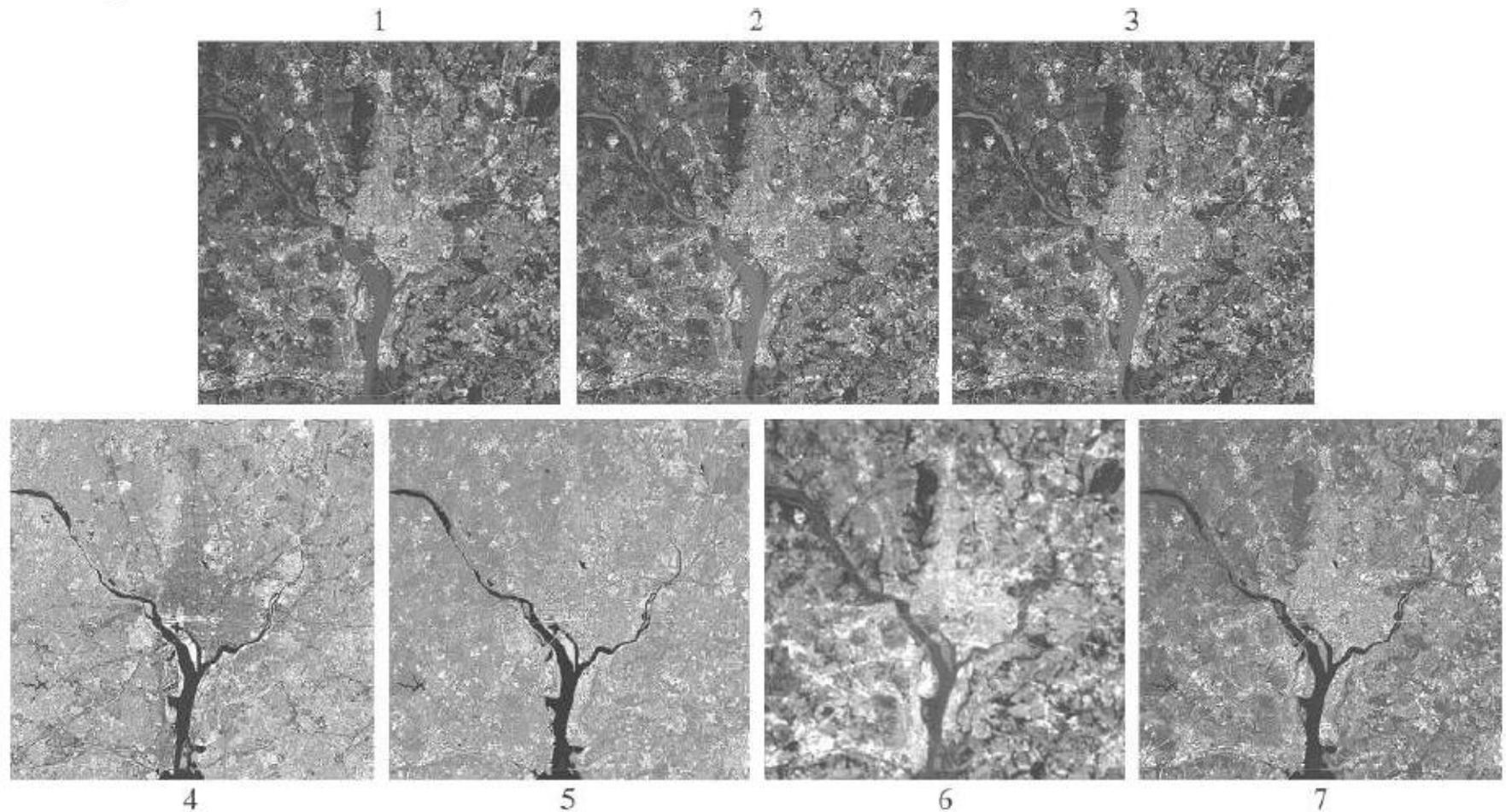
R Infravermelho
próximo

G Vermelho

B Verde

Multiespectrais

Imagem LANDSAT-TM



Bandas do LandSat-TM

Band No.	Name	Wavelength (μm)	Characteristics and Uses
1	Visible blue	0.45–0.52	Maximum water penetration
2	Visible green	0.52–0.60	Good for measuring plant vigor
3	Visible red	0.63–0.69	Vegetation discrimination
4	Near infrared	0.76–0.90	Biomass and shoreline mapping
5	Middle infrared	1.55–1.75	Moisture content of soil and vegetation
6	Thermal infrared	10.4–12.5	Soil moisture; thermal mapping
7	Middle infrared	2.08–2.35	Mineral mapping

Temática (mapeamento de tom de cinza para colorida)



Quickbird pan+multispectral
(0.6/2.4m)

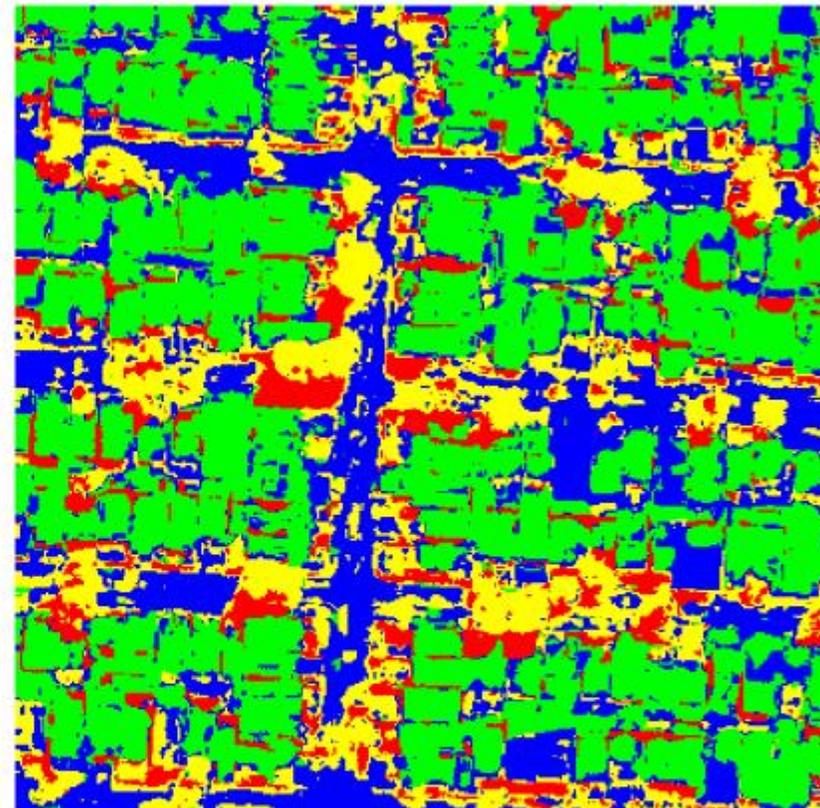


Imagem temática
(classificação maxver)

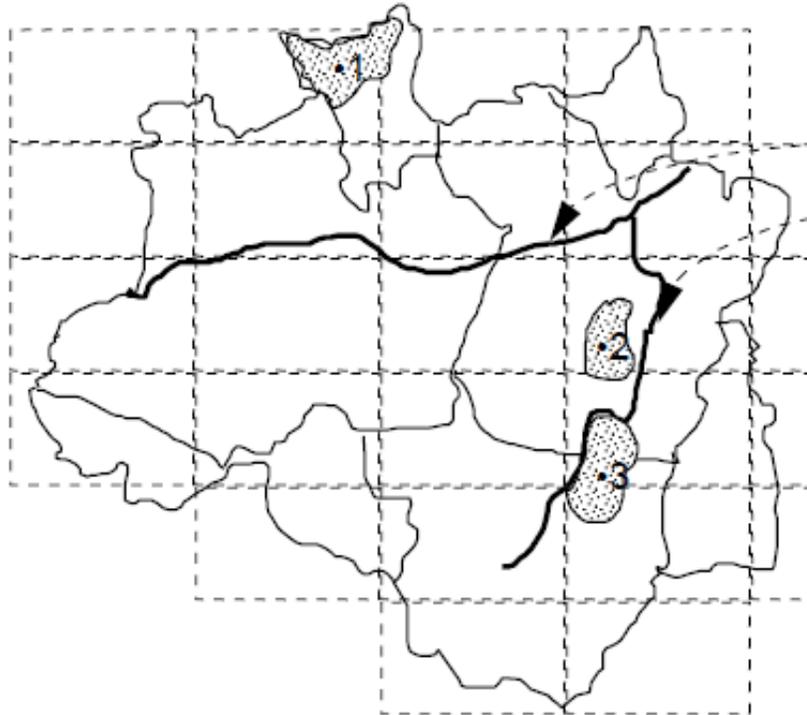
Universo Conceitual ou Matemático

► Geo- objetos

- Dadas as regiões geográficas $R_1, R_2, \dots, R_n (R_i \subset \mathbb{R}^2)$ e o conjunto de atributos convencionais $\{A_1, A_2, \dots, A_n\}$
- Um Geo-Objeto $go = [r_1, r_2, \dots, r_n, a_1, a_2, \dots, a_n]$, onde $r_i \subseteq R_i$ é uma parte de uma região geográfica R_i e $a_i \in A_i$ é um valor particular do atributo A_i
- É um elemento único que possui atributos não-espaciais e está associado a múltiplas localizações geográficas

Geo- objetos

Um geo-objeto pode possuir múltiplas representações dependendo da projeção cartográfica, escala ou instante de tempo



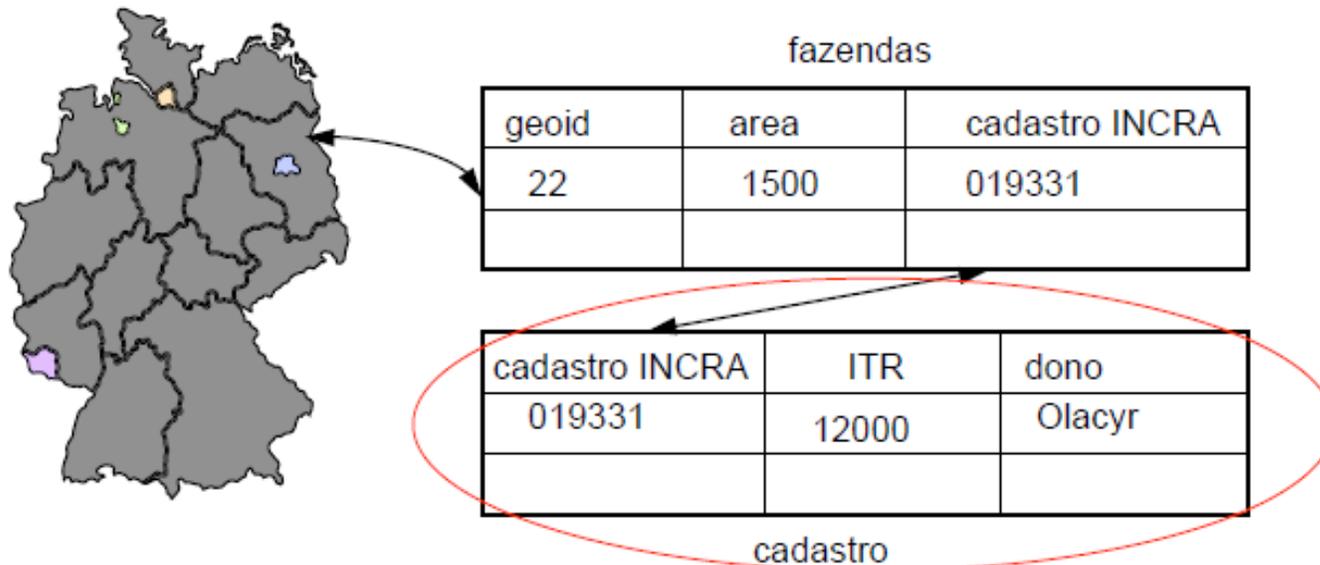
id	nome
	Amazonas
	Xingu

id	nome
1	Yanomami
2	Waimiri
3	Kayapó

Objetos Não-espaciais

Um objeto não-espacial é um objeto que não possui localizações espaciais associadas

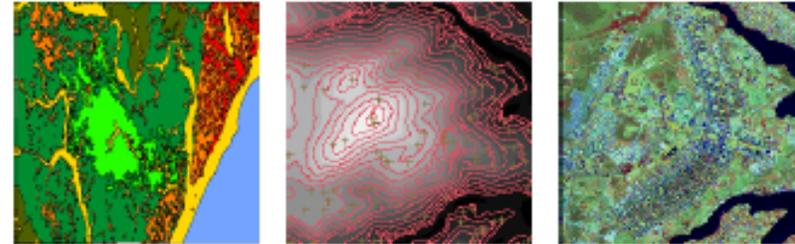
Informações não georeferenciada agregada a uma aplicação geográfica



Exemplos

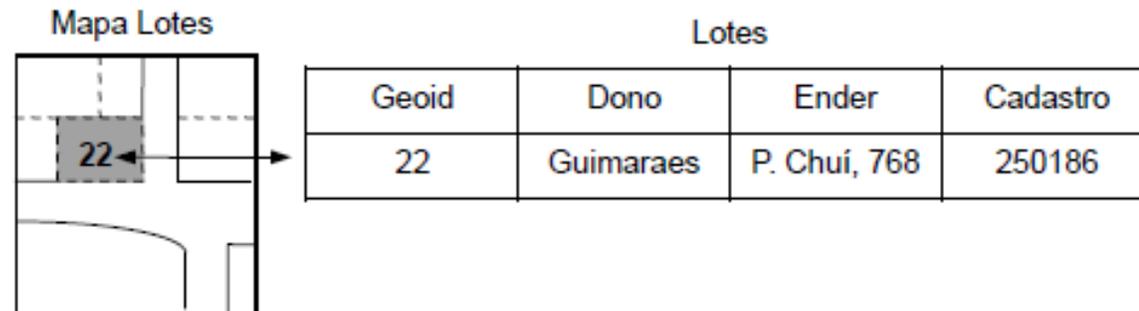
Campos ou geo-campos (variáveis geográficas contínuas)

- Temático
- Numérico
- Imagem



Objetos ou geo-objetos (variáveis geográficas discretas)

- Cadastral
- Redes



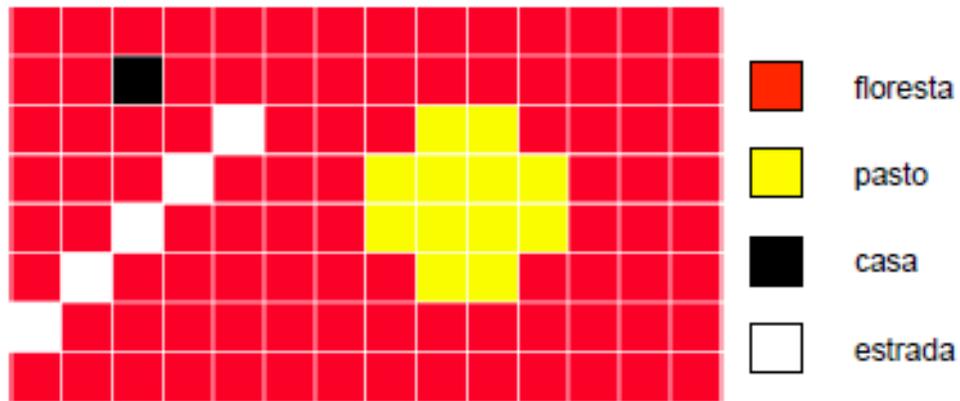


Universo de Representação

- ▶ Define as possíveis formas de representar no mundo digital os modelos do universo conceitual. Podem ser de dois tipos
 - ▶ Vetoriais
 - ▶ Matriciais
- ▶ Podem ser representadas geometricamente como: ***grade regular de células, regiões contíguas, grade triangular, isolinhas, grade regular de pontos e amostras irregulares***

Grade regular de células

- Divide a área sendo representada em uma matriz de células. A cada célula atribui-se um valor que o relaciona com o fenômeno sendo representado



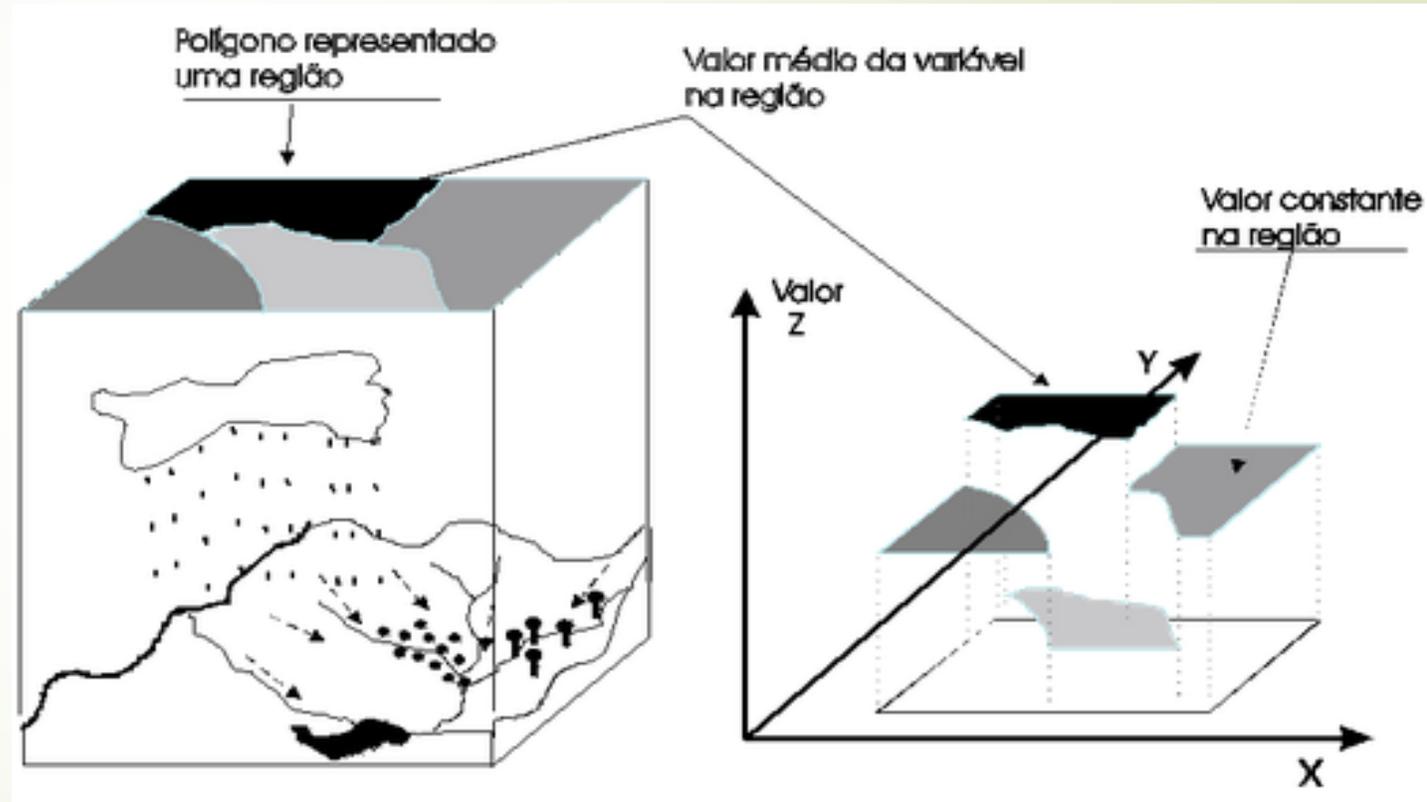
10	2	1	5
6	3	4	10
3	10	94	3
11	2	7	0

10.5	2.3	1.9	5.4
6.1	3.7	4.6	10.1
3.1	10.0	94	3.4
11.6	2.3	7.9	0.5

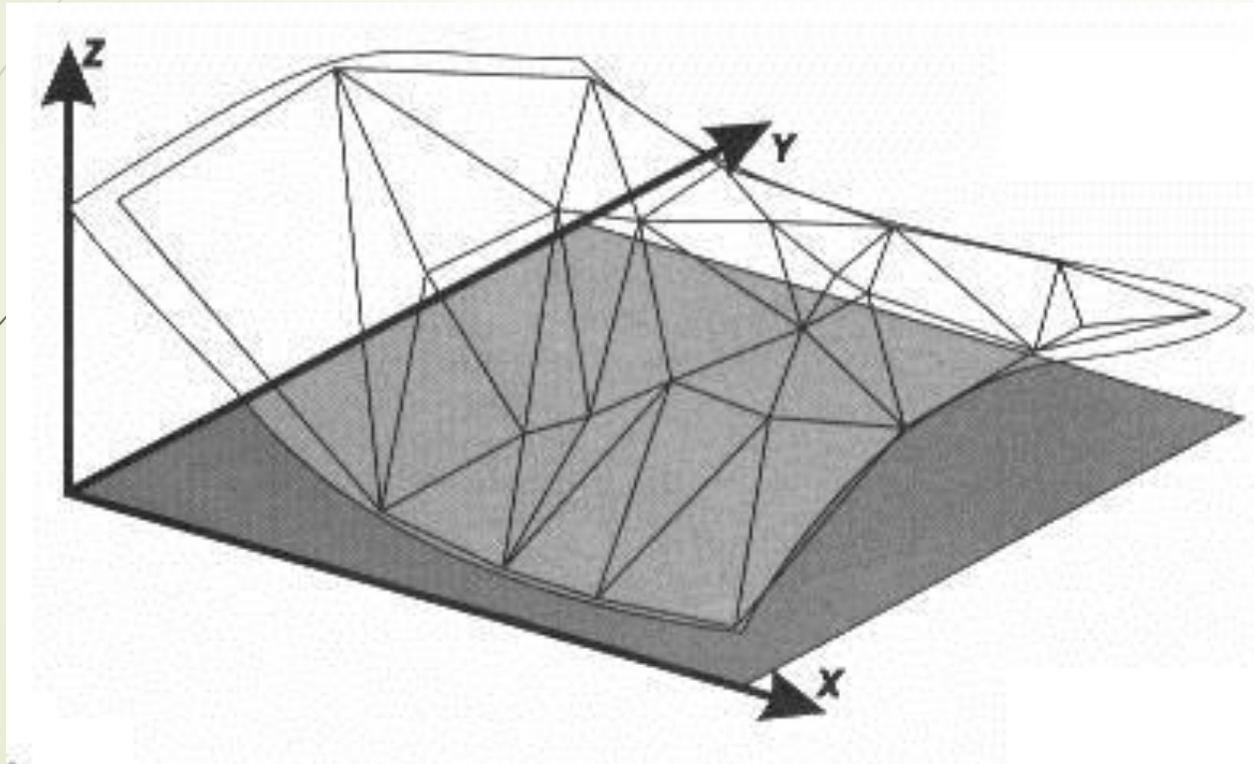
linhas
colunas
tamanho das células
resolução dos valores

Regiões contíguas

Particiona o domínio espacial de uma variável geo-campo em regiões contíguas e com formas normalmente irregulares, **atribuindo a cada região o valor médio estimado de todas as posições da variável dentro daquela região**

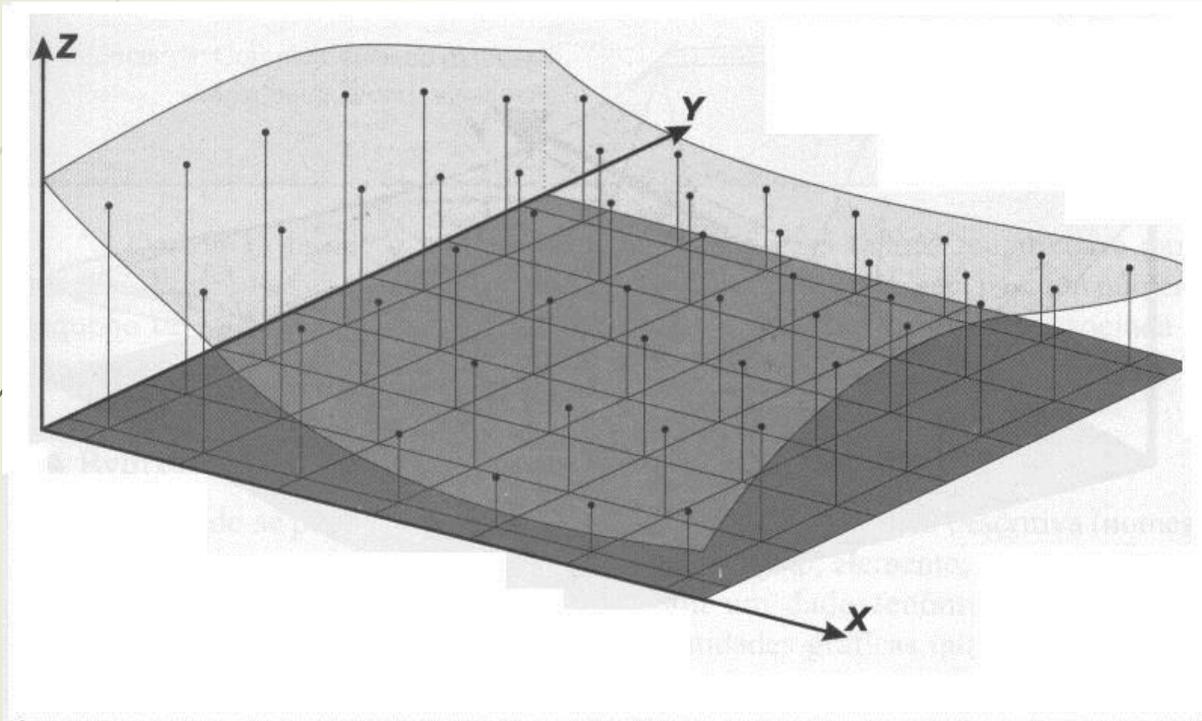


Grade triangular (TIN)



Particiona o espaço da área de estudo em regiões triangulares

Grade regular de Pontos



guarda os valores da variável nos pontos de interseção de uma grade retangular imaginária sobre a **área de estudo**



Referência

- ▶ M. Casanova, G. Câmara, C. Davis, L. Vinhas, G. Ribeiro (org), “**Bancos de Dados Geográficos**”. São José dos Campos, MundoGEO, 2005.
- ▶ Moreira, Maurício Alves. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação**. 4. ed. Viçosa: Ufv, 2011.