

# Sistemas de Informação

## Geográfica

### (SIG)

Valéria Cesário Times

vct@cin.ufpe.br

- Conceitos Básicos
- Dados Espaciais
- SGBDE
- Dados Geográficos
- BD Geográficos
- Sistemas de Geoprocessamento
- SIG

- SIG
  - Definição
  - O que mapas informam?
  - Manipulação e Análise
  - Modelos de dados
  - Linguagem de Consulta
- Bibliografia

# Conceitos Básicos

- Cartografia
  - Escala
    - Razão entre as distâncias no mapa e suas respectivas distâncias no mundo real
    - Exemplo: 1:50.000
  - Projeção
    - Método matemático, através do qual, a superfície curva da terra é representada sobre uma superfície plana
    - Exemplos:
      - Planas ou Azimutais
      - Cônicas
      - Cilíndricas
      - UTM

# Conceitos Básicos

- Mapas
  - Representação, em uma escala e sobre uma superfície plana, de uma seleção de características abstratas ou físicas medidas sobre ou em relação à superfície da terra
    - Mapas Topográficos, Mapas Temáticos
  - Mapas x Cartas
  - Objeto geográfico
    - Representa uma entidade estática/dinâmica do mundo real, e portanto possui uma localização fixa/móvel em relação à superfície terrestre, descrita por uma geometria

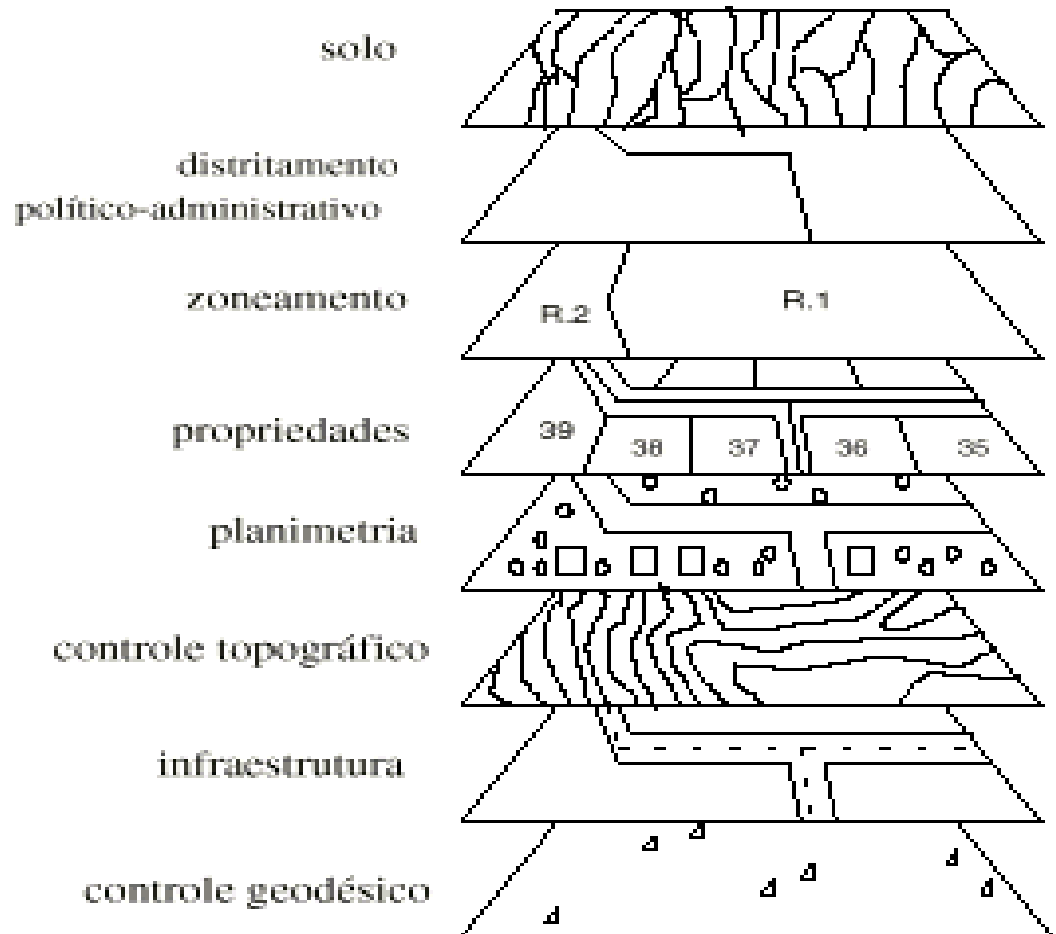
# Conceitos Básicos

- Exemplo de Carta Temática (Uso do Solo) construída a partir de Imagens de satélite (SPOT).



# Conceitos Básicos

- **Sobreposição de Mapas:**  
**Conjunto de temas**  
**sobre uma mesma**  
**região espacial**



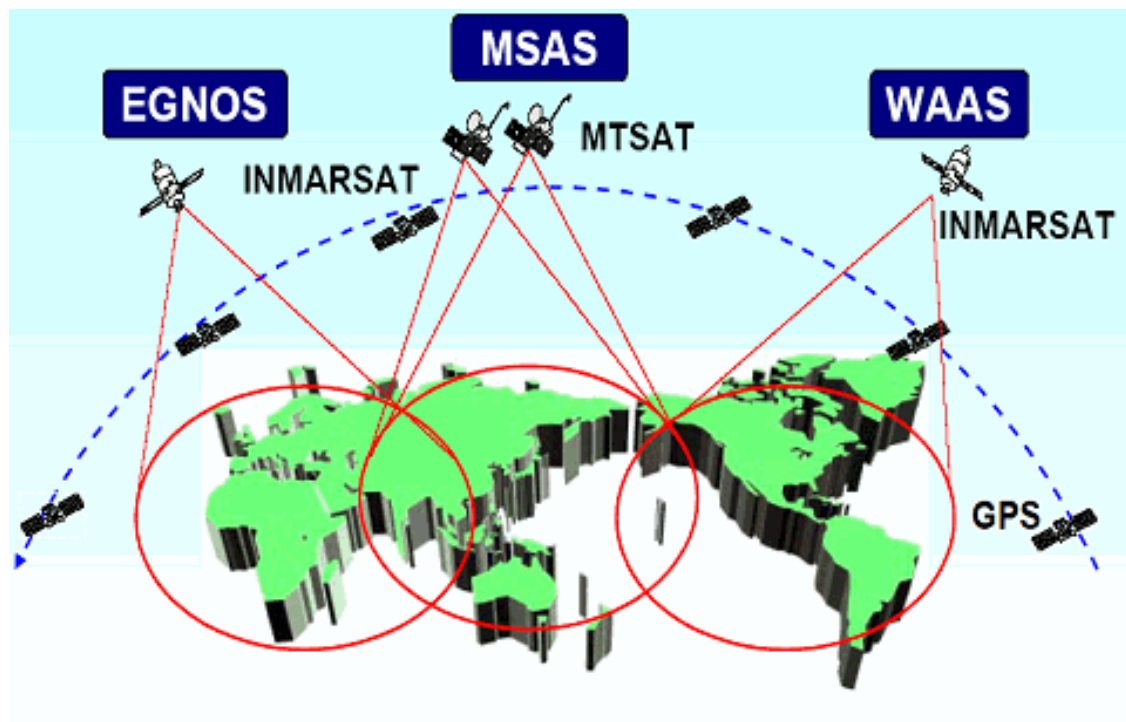
# Conceitos Básicos

- Sistema de Coordenadas define a localização de qualquer ponto na superfície terrestre
- Sistema de Coordenadas Geográficas ou Terrestres: cada ponto é localizado na interseção de um meridiano com um paralelo
  - Longitude: distância angular entre um ponto qualquer e o meridiano de origem
  - Latitude: distância angular entre um ponto qualquer e a linha do Equador
- Localização:
  - Em relação a outros objetos cujas posições sejam previamente conhecidas
  - Determinada em uma rede coerente de coordenadas



# Conceitos Básicos

- **GPS** (*Global Positioning System*) é um sistema baseado em satélites que provê a medição de latitude, longitude e altura em qualquer ponto da terra.



- Definição
  - Consistem em qualquer tipo de dados que descreve fenômenos aos quais esteja associada alguma dimensão espacial
  - Representam informações associadas a geometria, topologia e/ou localização de qualquer fato/objeto modelado no sistema
- Em SIG: **Dados geo-referenciados**  
**Dados geográficos**

- Definição

- Sistemas Gerenciadores de Banco de Dados (SGBD) capazes de gerenciar dados com representação geométrica.
- Coleção de dados espaciais (e não-espaciais) e de novas formas de relacionamento entre eles.



- São SGBD espaciais que:
  - Armazenam objetos espaciais
  - Possuem operações para manipular tais objetos
  - Manipulam tais objetos como qualquer outro tipo de dado mantido pelo sistema

- Requisitos necessários ao SGBD para gerenciar dados espaciais (geográficos):
  - Tipos de dados espaciais
  - Representação dos relacionamentos espaciais entre os objetos
  - Métodos de acesso espacial e gerenciamento de grande quantidade de dados
  - Sobreposição de resultados
  - Interações com os dados espaciais devem ser gráficas
  - Linguagem de consulta estendida.

# Dados Geográficos

- Características principais de um objeto geográfico:
  - Não-espaciais (**descrição**): o que
  - Espaciais (**geo-referenciamento**): onde
  - Relacionais (**associação**) : qual
  - Temporais (**validade**): quando
  - Gráficas (**exibição**): como

Objeto Espacial  
Casa





## Dados Convencionais

endereço, proprietário, preço de venda  
número de quartos, ano de construção

# Dados Geográficos

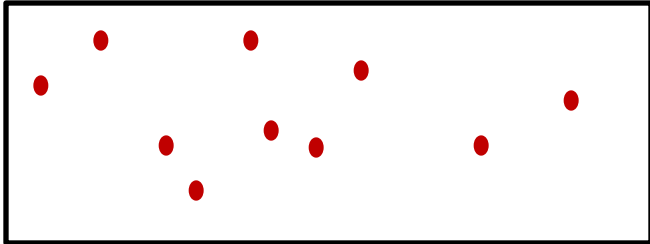
- Como eles são representados?
  - Pontos
  - Linhas
  - Polígonos
  - Geometrias complexas
  
- Onde eles são encontrados?
  - Mapas temáticos,
  - Mapas cadastrais,
  - Redes,
  - Modelos Numéricos de Terreno,
  - Imagens.

# Dados Geográficos

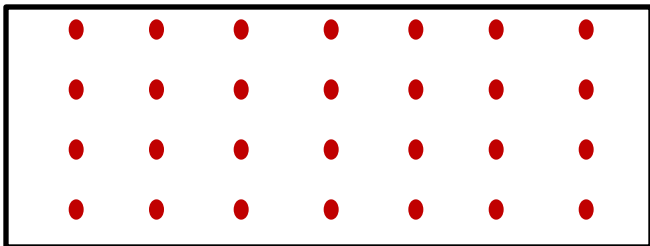
- Representação espacial: Objeto
  - 0-dimensional
    - Representação: Ponto 
    - Escola, Hospital
  - Uni-dimensional
    - Representação: Linha 
    - Rio, Rodovia
  - Bi-dimensional
    - Representação: Polígono 
    - Cidade, Estado
  - Tri-dimensional
    - Representação: Superfície 
    - Relevo

# Dados Geográficos

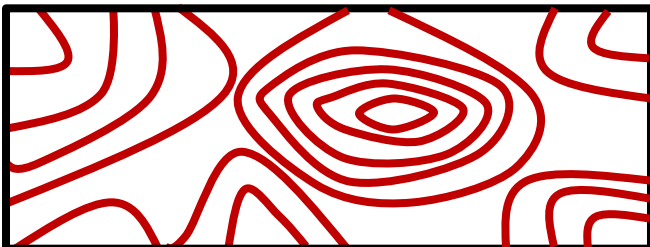
- Representação espacial: Campo
  - Pontos Irregulares (e.g. temperatura)



- Pontos Regulares (e.g. solo)



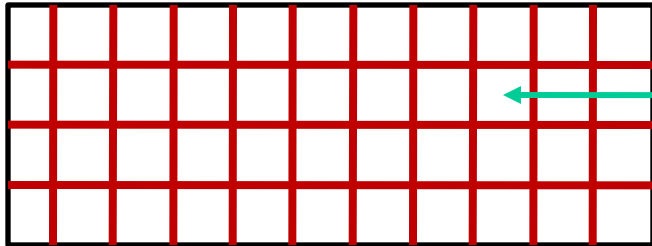
- Curvas de Nível (e.g. relevo)





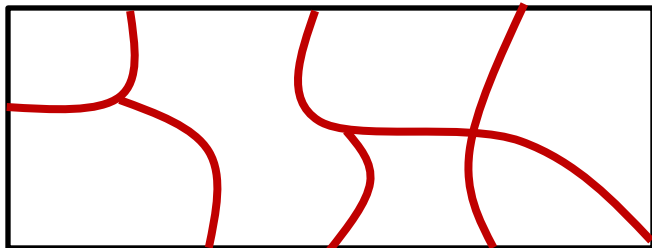
# Dados Geográficos

- Representação espacial: Campo
  - Grade Regular (e.g. imagem de satélite)

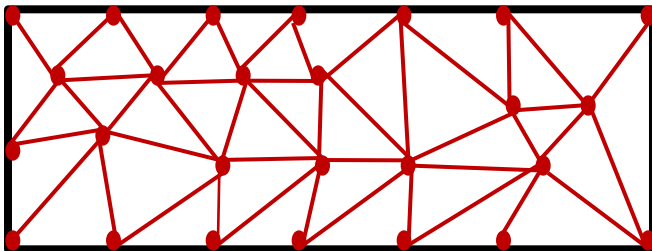


Célula

- Polígonos Adjacentes (e.g. solo)



- Rede triangular (e.g. relevo de um vale)



# Banco de Dados Geográficos

- Banco de Dados Geográficos consiste na Integração:
  - Sistemas de Informações Geográficas (SIG)
  - Sistemas de Banco de Dados
- Termo **Banco de Dados Geográficos**:
  - Caracteriza os Sistemas de Bancos de Dados Espaciais utilizados em aplicações de Geoprocessamento.
  - São uma especialização dos sistemas de Banco de Dados Espaciais.

# Sistemas de Geoprocessamento

- Classifica os sistemas computacionais capazes de capturar, processar e gerenciar dados *georeferenciados*
- Exemplos:
  - Sistemas de Cartografia Automatizada (CAC),
  - Sistemas de Processamento de Imagens,
  - Sistemas de CAD e,
  - Principalmente, os SIG.

- Área de pesquisa multidisciplinar:
  - Cartografia
  - Geografia
  - Sensoriamento Remoto
  - Ciência da Computação:
    - Banco de Dados,
    - Computação Gráfica,
    - Processamento de Imagens,
    - Geometria Computacional, ...

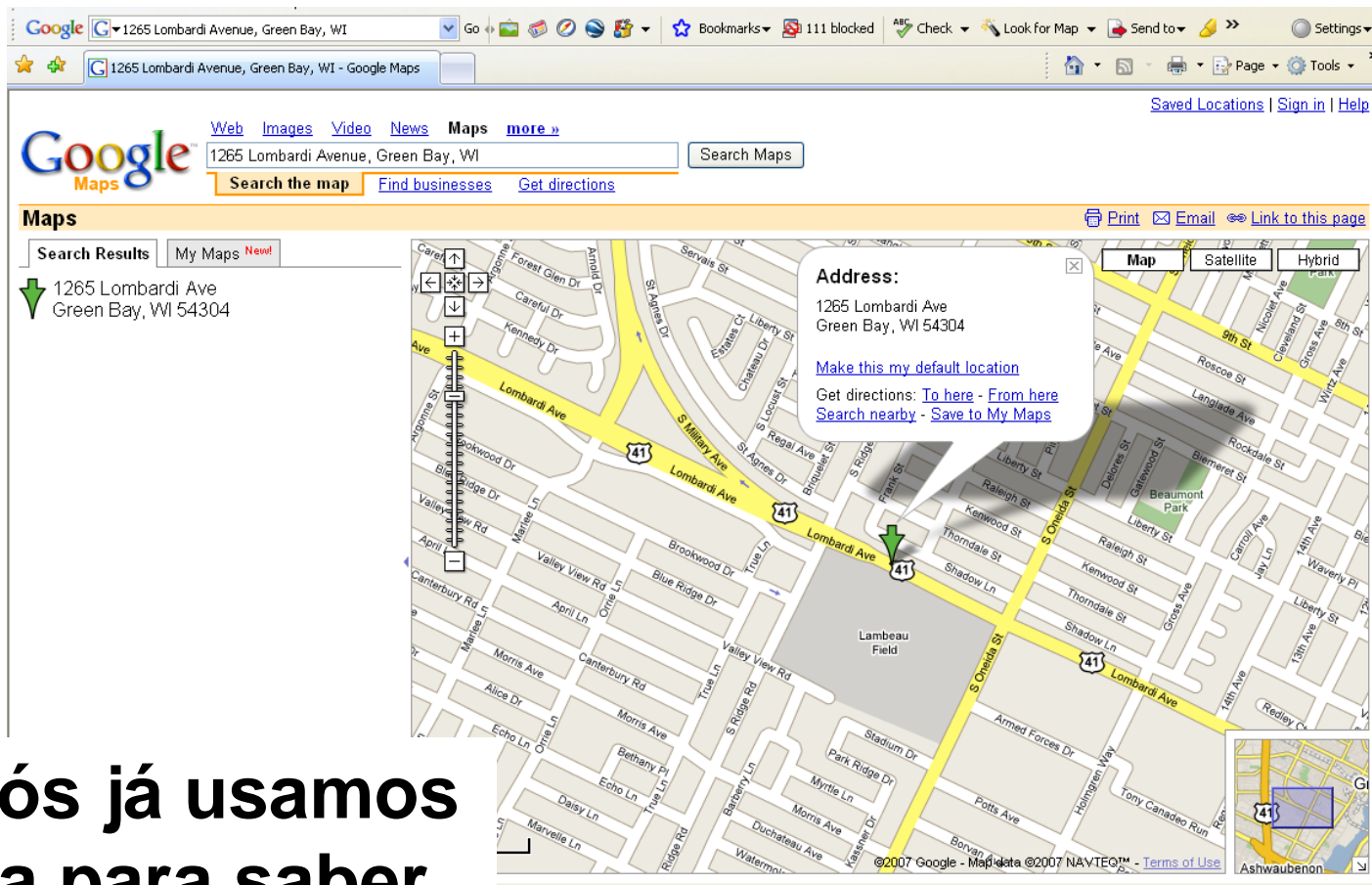
# Sistema de Informação Geográfica

- São sistemas automatizados usados para:
    - capturar,
    - armazenar,
    - analisar,
    - manipular e
    - imprimir
- dados geográficos**, ou seja, dados que representam objetos e fenômenos e suas localizações geográficas.

# Mapas informam ...

- Onde está \_\_\_\_\_?
- Quantos \_\_\_\_\_?
- Qual a densidade de \_\_\_\_\_?
- O que está dentro de \_\_\_\_\_?
- O que está perto de \_\_\_\_\_?
- O que mudou desde \_\_\_\_\_?
- Qual relacionamento entre \_\_\_\_\_ ?
- O que aconteceria se \_\_\_\_\_?

# Onde está \_\_\_\_\_ ?



Google 1265 Lombardi Avenue, Green Bay, WI

1265 Lombardi Avenue, Green Bay, WI - Google Maps

Web Images Video News Maps more »

1265 Lombardi Avenue, Green Bay, WI

Search Maps

Search the map Find businesses Get directions

Maps

Search Results My Maps **New!**

1265 Lombardi Ave  
Green Bay, WI 54304

Address:  
1265 Lombardi Ave  
Green Bay, WI 54304

Make this my default location  
Get directions: [To here](#) - [From here](#)  
[Search nearby](#) - [Save to My Maps](#)

Map Satellite Hybrid

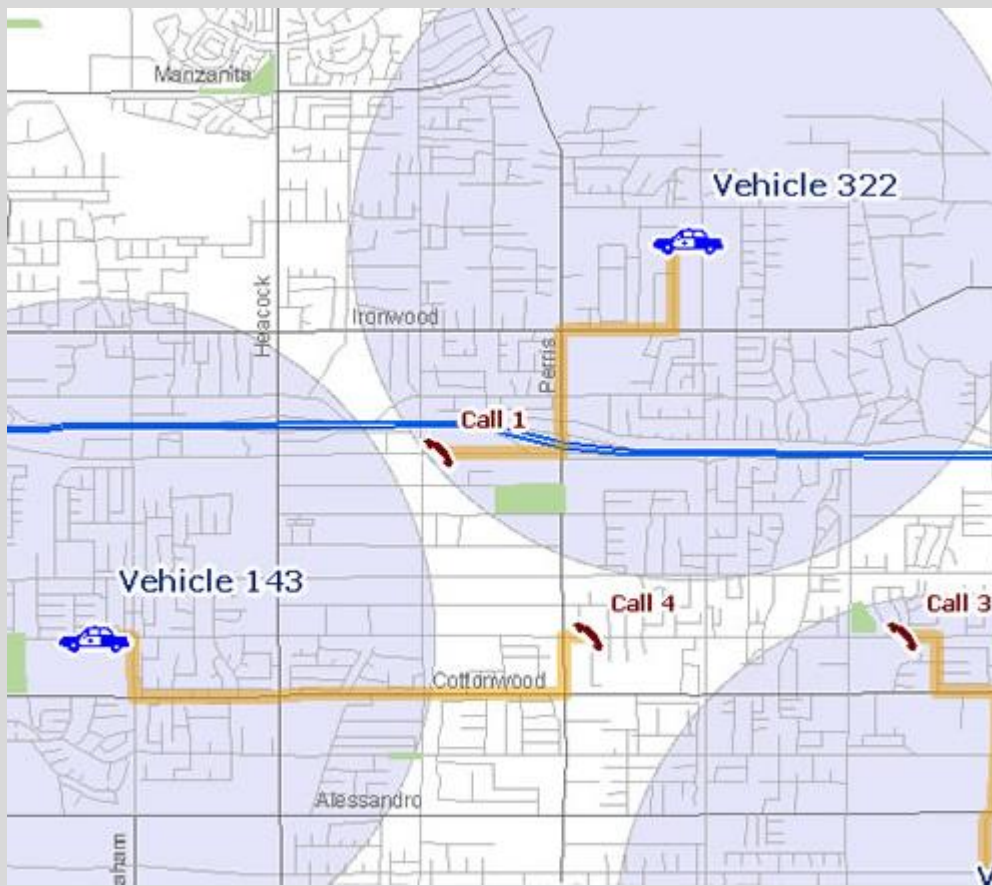
Lambeau Field

©2007 Google - Map data ©2007 NAVTEQ™ - Terms of Use

Ashwaubenon

Todos nós já usamos  
um mapa para saber  
onde algo está e  
como chegar lá!

# Onde está \_\_\_\_\_ ?

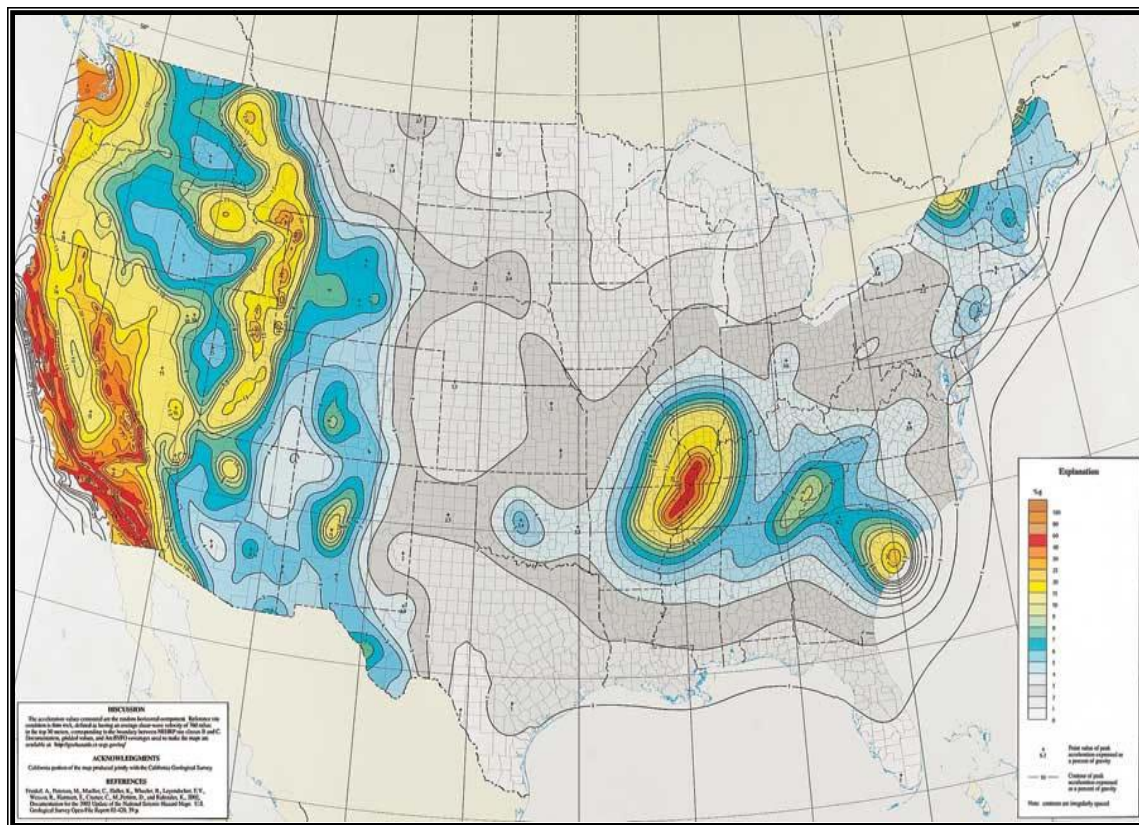


**SIG ajuda a identificar o socorro mais próximo e a melhor rota em situações emergenciais**



# Onde está \_\_\_\_\_ ?

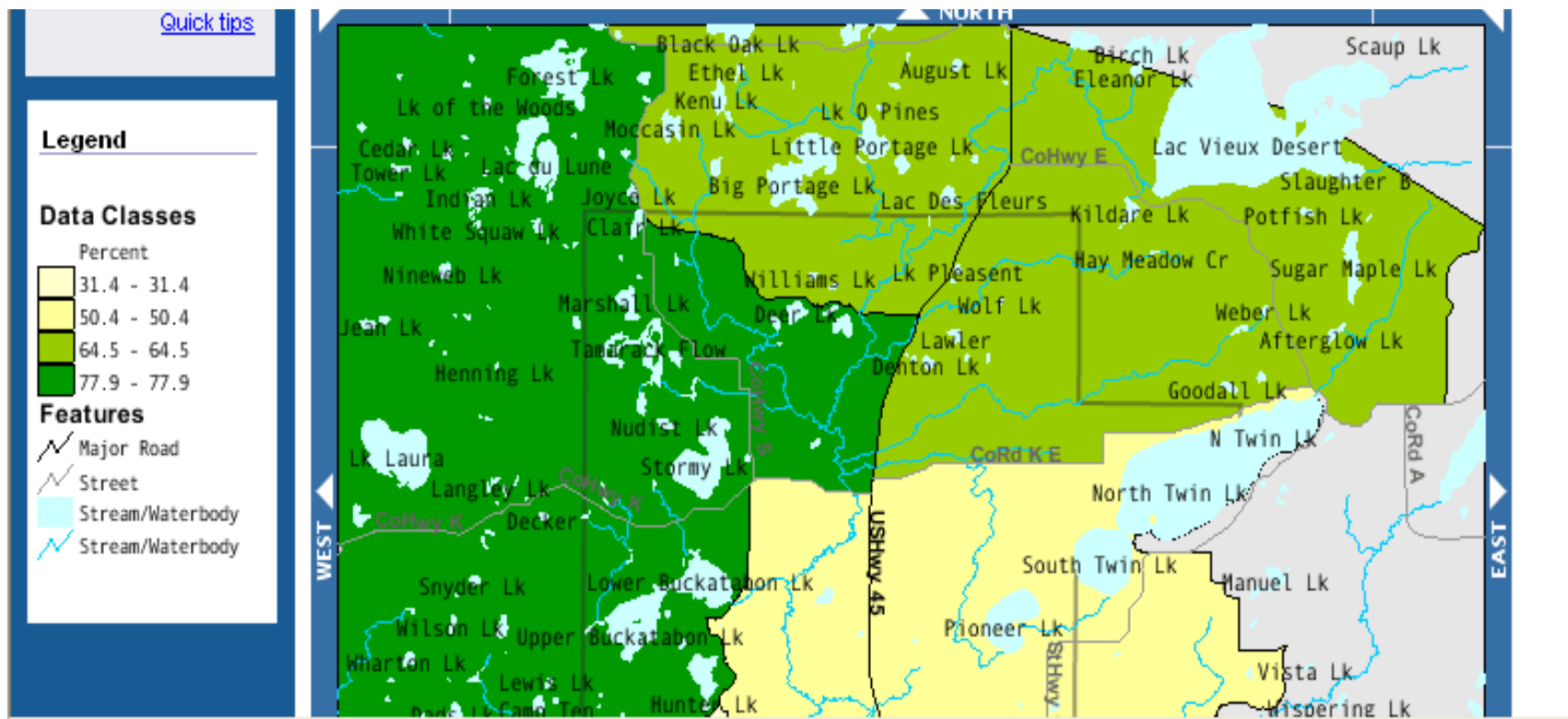
**Padrões aparecem quando a distribuição de fenômenos é visível.**



**Mapas com áreas de risco de terremotos para auxiliar na criação e atualização de códigos de construção.**

# Quantos \_\_\_\_\_ ?

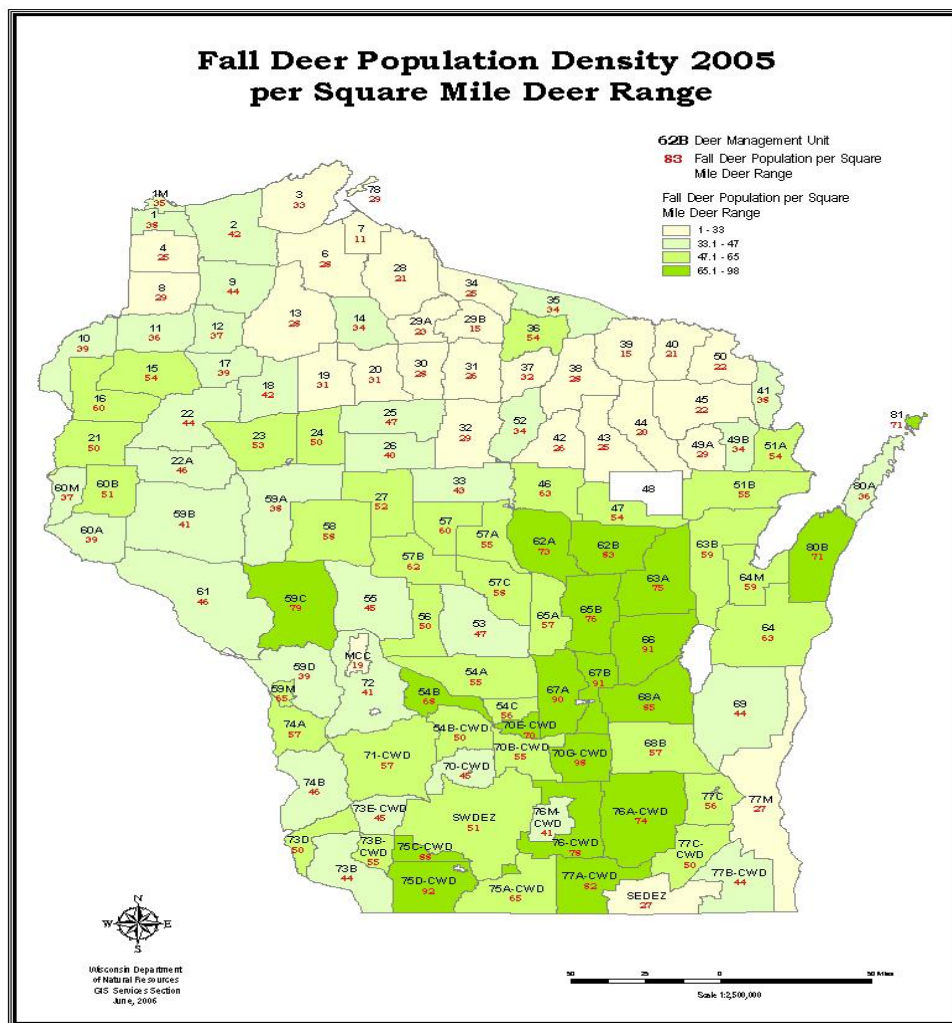
## Percentual de unidades habitacionais vagas em Conover, WI



U.S. Census Bureau American FactFinder website  
<http://factfinder.census.gov>

# Qual a densidade de \_\_\_\_\_?

## Densidade Populacional de Animais

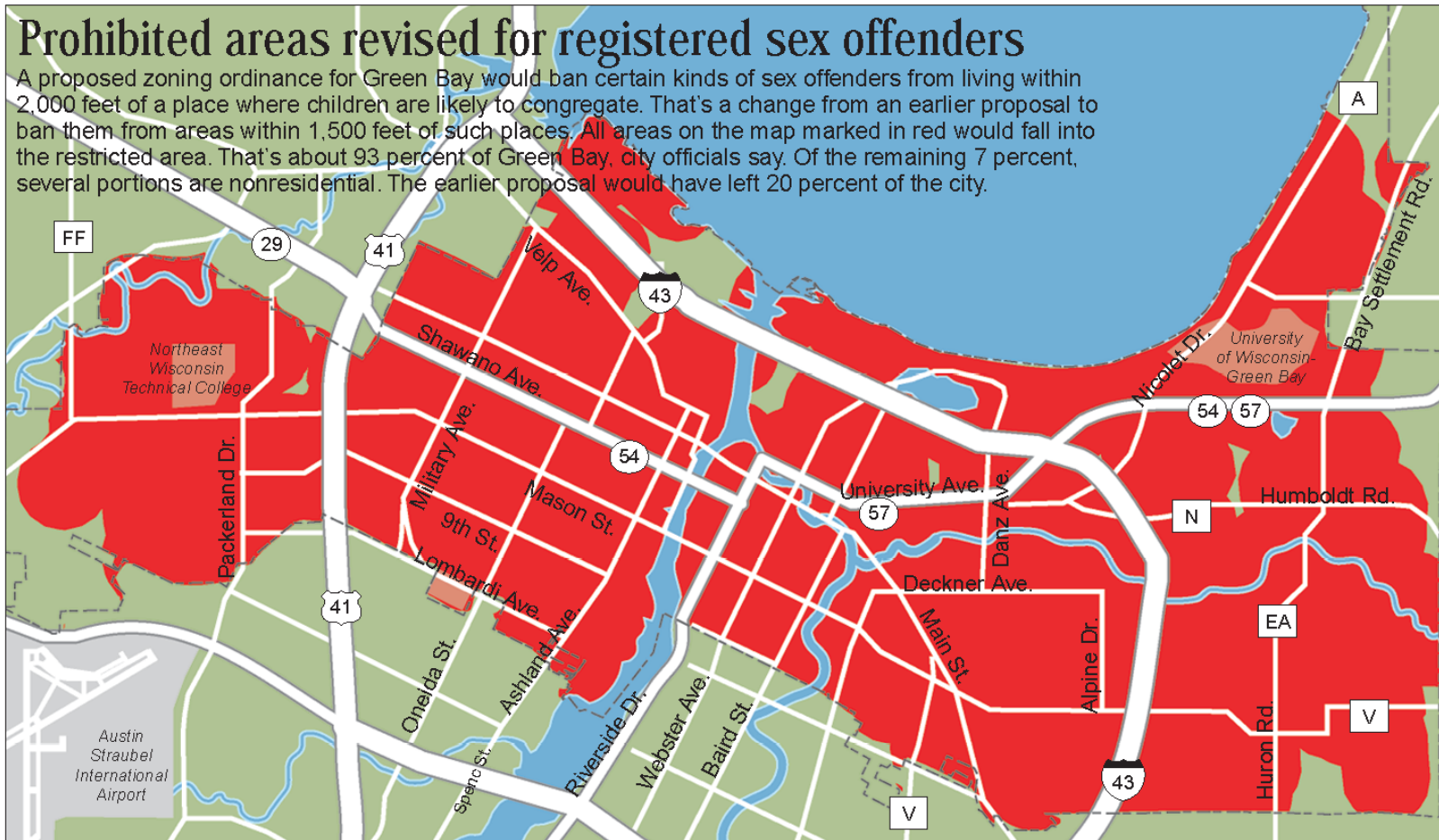


**Wisconsin DNR**

# O que está dentro de \_\_\_\_\_?

## Prohibited areas revised for registered sex offenders

A proposed zoning ordinance for Green Bay would ban certain kinds of sex offenders from living within 2,000 feet of a place where children are likely to congregate. That's a change from an earlier proposal to ban them from areas within 1,500 feet of such places. All areas on the map marked in red would fall into the restricted area. That's about 93 percent of Green Bay, city officials say. Of the remaining 7 percent, several portions are nonresidential. The earlier proposal would have left 20 percent of the city.



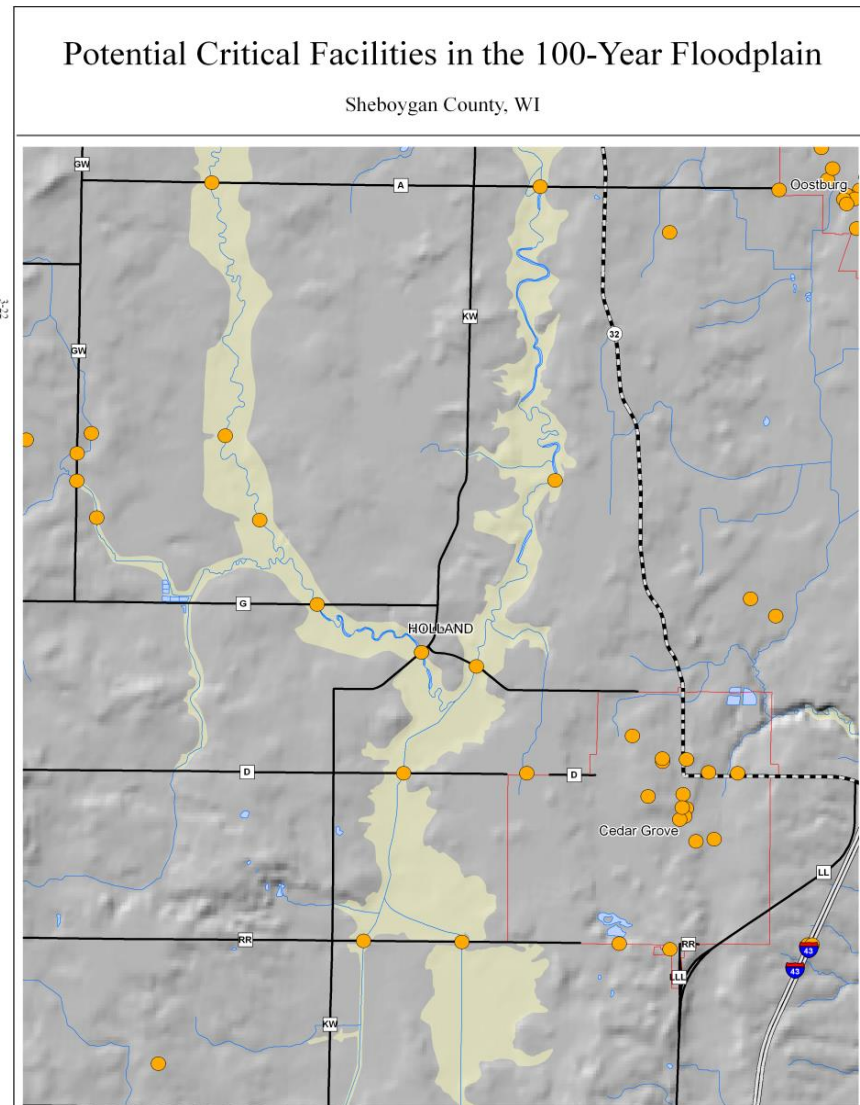
Source: City of Green Bay Planning Department

Tanya Goen/Press-Gazette



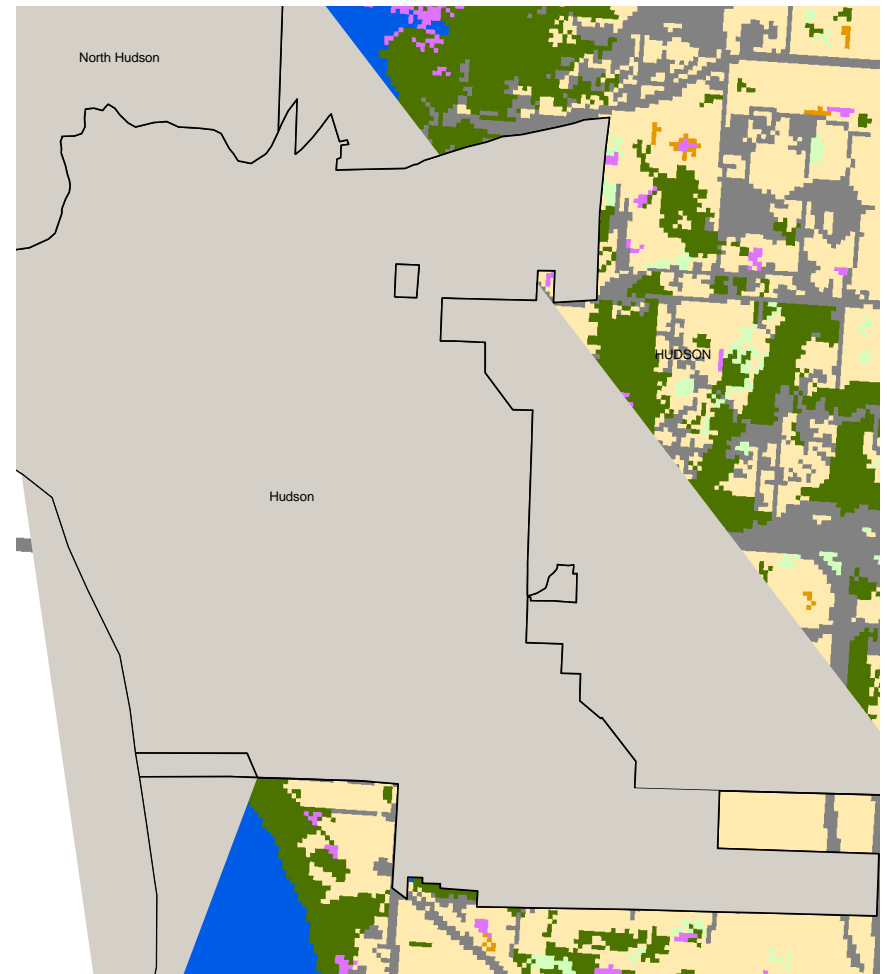
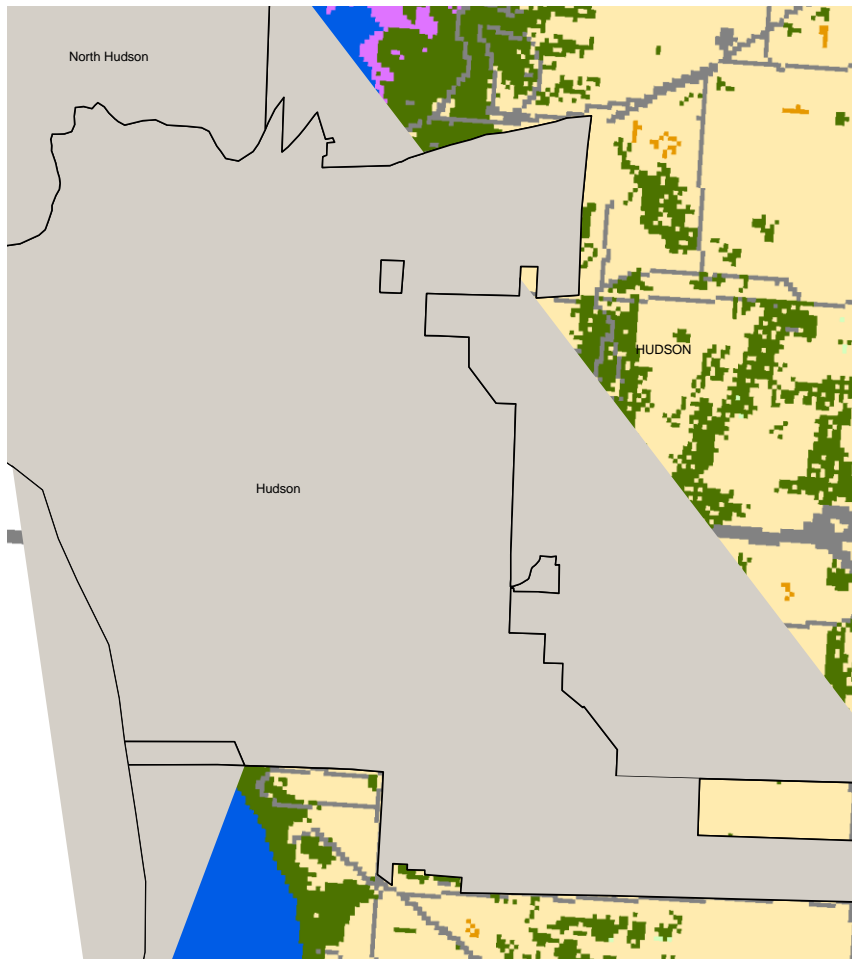
# O que está perto de \_\_\_\_\_ ?

**Identificar áreas de risco  
de inundação em  
Sheboygan County, WI**



# O que mudou \_\_\_\_\_?

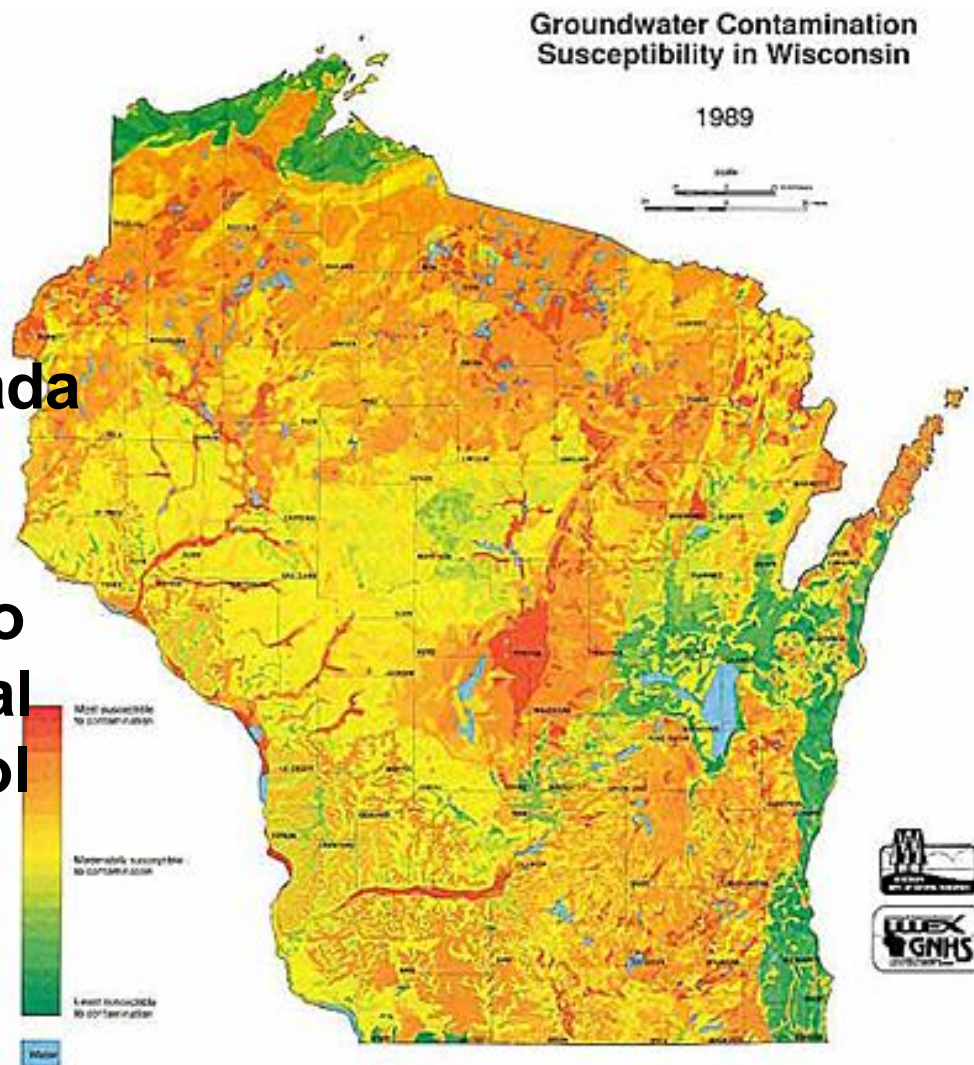
## Mudança do solo de 1992 a 2001



# Qual relacionamento entre \_\_\_\_\_ ?

Este modelo de sustentabilidade de contaminação de água subterrânea integra:

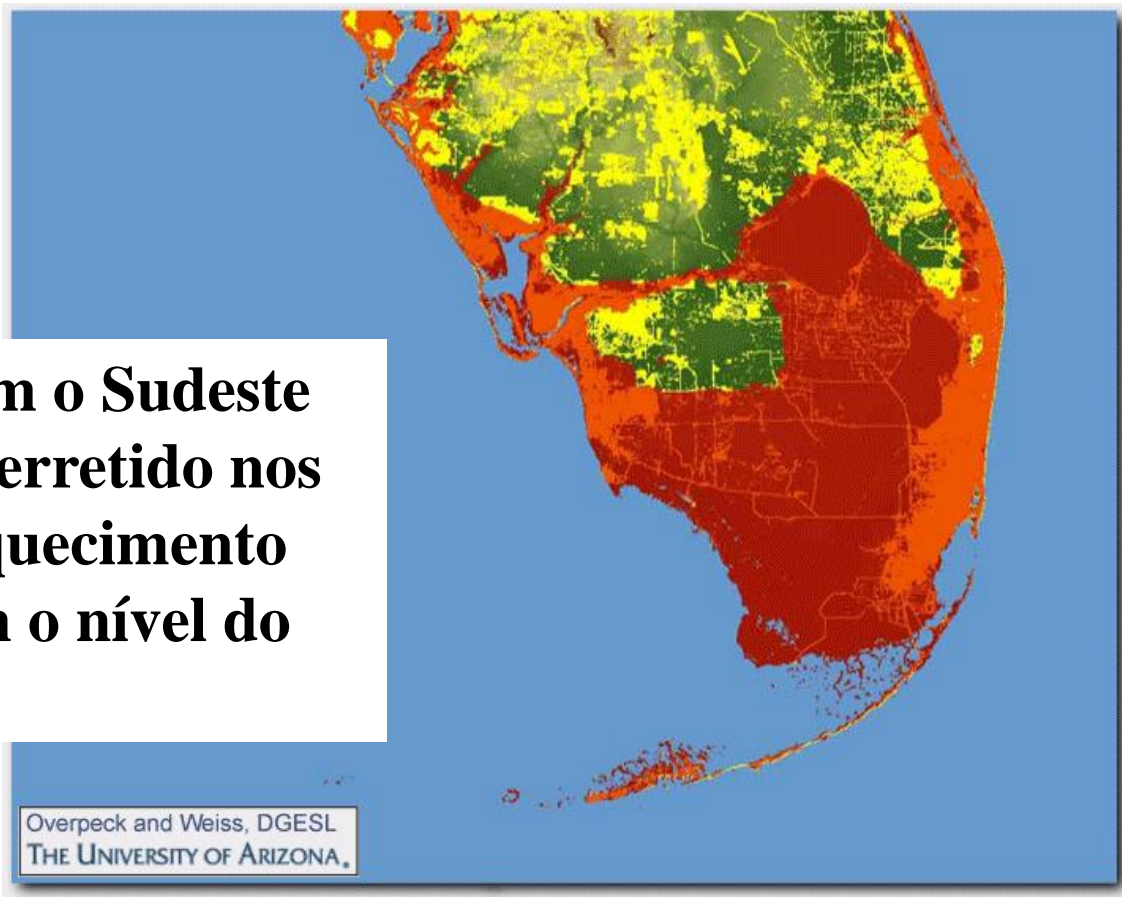
- Profundidade da camada de rochas
- Tipos de rochas
- Características do solo
- Tipo de solo superficial
- Profundidade do lençol freático



# O que aconteceria se \_\_\_\_\_?

- Integrar dados de várias fontes para desenvolver cenários do tipo “ o que ...se...”

**O que aconteceria com o Sudeste da Flórida se o gelo derretido nos Pólos por causa do aquecimento global elevasse em 5m o nível do oceano?**





# Manipulação e Análise

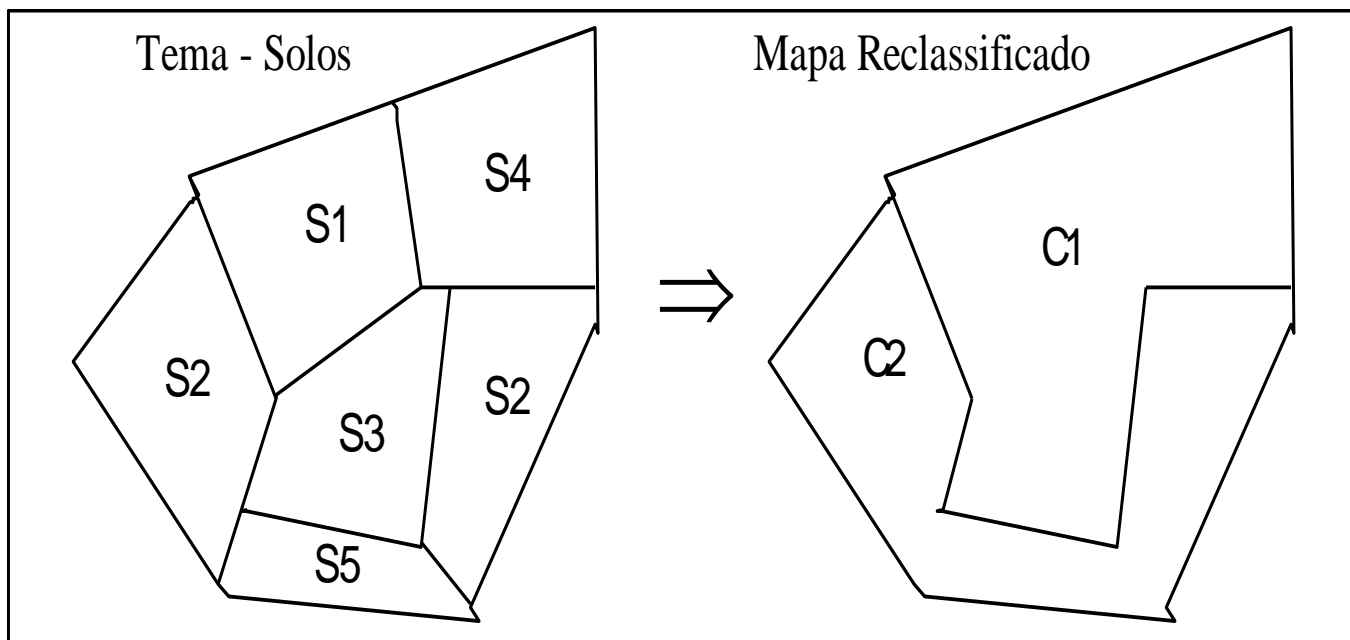
- Exemplos de relacionamentos geográficos:
  - **Conectividade**: entre linhas e nós de uma rede de gás.
  - **Adjacência**: entre áreas agrícolas.
  - **Continência**: entre focos de dengue e um bairro.
  - **Igualdade**: erosão de uma dada área em épocas distintas.
  - **Distância**: bairros localizados num raio de 10 Km de um centro de atendimento emergencial.

# Manipulação e Análise

- Permite a manipulação de fenômenos/objetos geográficos distintos associados a diferentes propriedades que variam no espaço e tempo
- Gera novas informações baseadas nos dados armazenados.
- Provê um conjunto de operações analíticas para trabalhar com o conteúdo do BD.
- Extensibilidade: deve permitir o acoplamento de novas operações analíticas
- Exemplos de operações analíticas:
  - classificação, buffers e overlay

# Manipulação e Análise

- **Classificação:** re-classifica valores de uma camada de dados existente para criar novas variáveis (re-estrutura a informação de um mapa).



# Manipulação e Análise

- Operação de Classificação
  - Pode ocorrer entre membros do mesmo grupo ou entre membros de grupos ou classificações diferentes.
  - Elementos são principalmente separados por:
    - Vegetação,
    - Formação geológica,
    - Hidrografia,
    - Agricultura,
    - Uso do solo (*land use*),
    - Cobertura do solo (*land cover*).
  - Pode ser chamada de **Re-classificação**

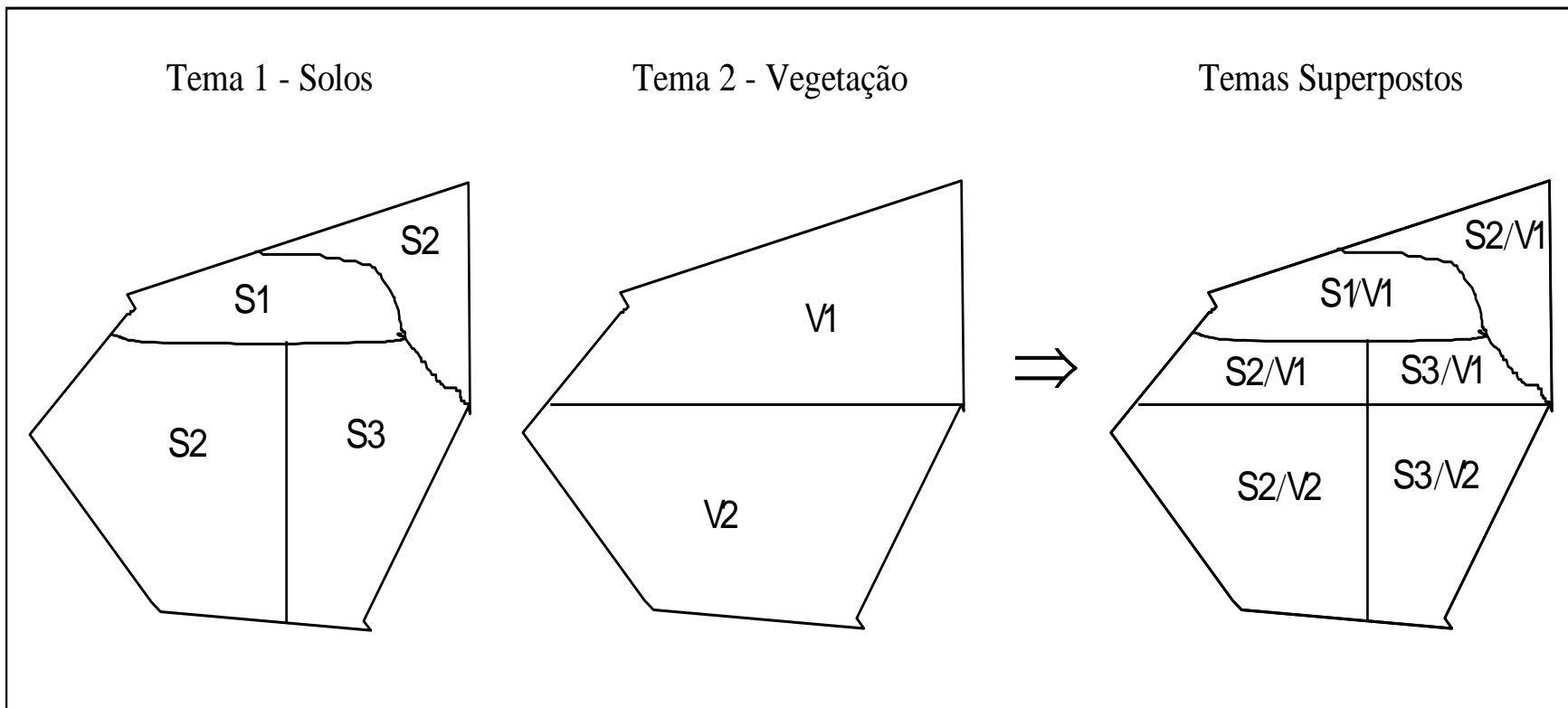
# Manipulação e Análise

- Operação de Classificação (Cont.)
  - Elementos:
    - **Codificação:** recodificação dos atributos das tabelas(ou valores das células) para produzir novos pontos/linhas de cobertura
    - **Agregação:** visualização gráfica



# Manipulação e Análise

- **Sobreposição:** cria um novo mapa onde os valores atribuídos a cada localização refletem os atributos daquele ponto nos dados de entrada.



- Operação de Sobreposição
  - Requer tanto comparação gráfica quanto de atributos.
  - Camadas de dados são combinadas duas a duas.
  - Pode ser chamada de **Overlay**
  - Tipos principais:
    - linha-em-polígono
    - ponto-em-polígono
    - polígono-em-polígono

# Manipulação e Análise

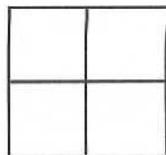
- Tipos de Operação de Sobreposição

Spatial join  
(merging feature attributes)

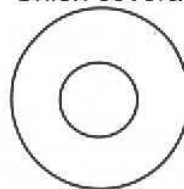
## UNION

Overlay polygons and keep all areas from both coverages

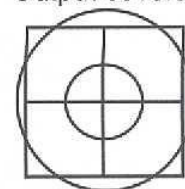
Input coverage



Union coverage



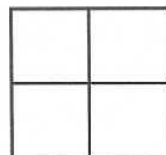
Output coverage



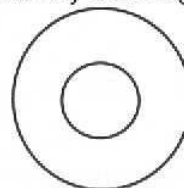
## IDENTITY

Overlay points, lines, or polygons on polygons and keep all input coverage features

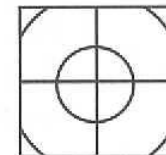
Input coverage



Identity coverage



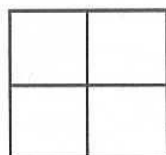
Output coverage



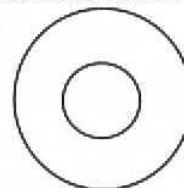
## INTERSECT

Overlay points, lines, or polygons on polygons but keep only those portions of the input coverage features falling within the overlay coverage features

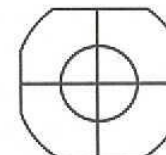
Input coverage



Intersect coverage



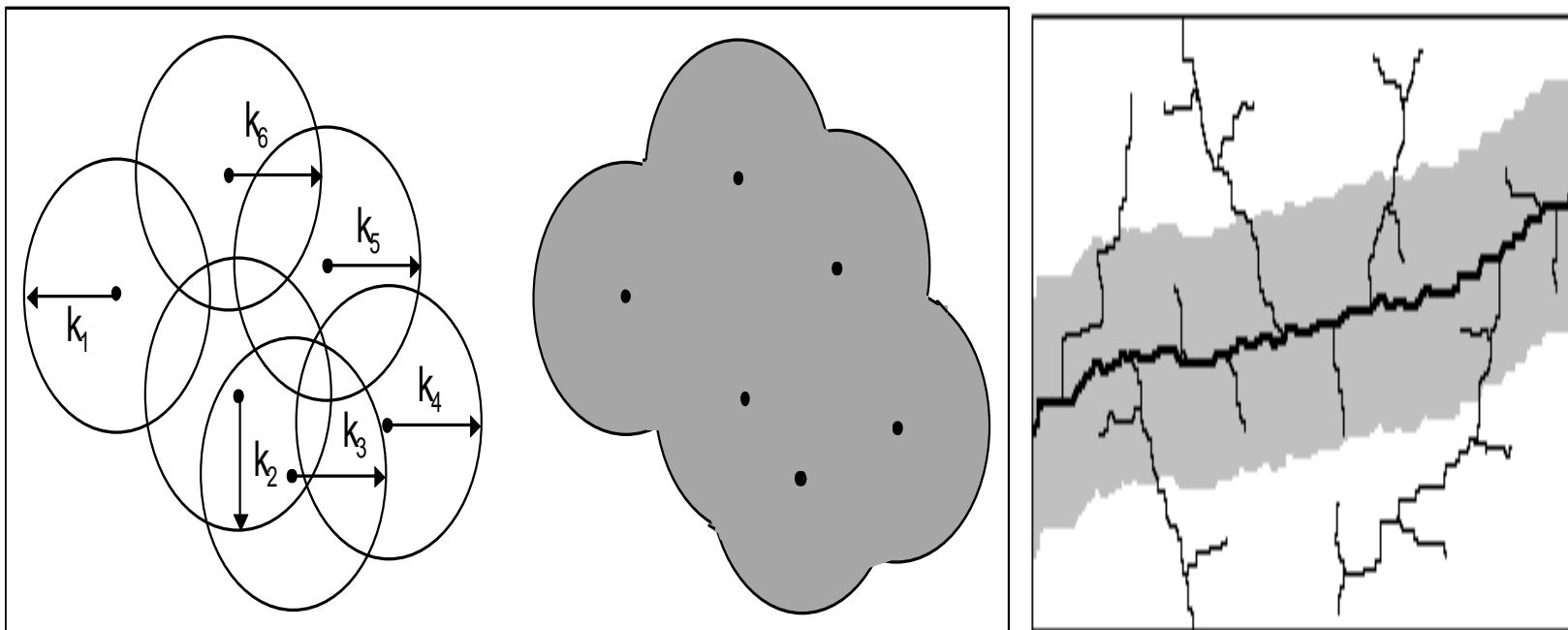
Output coverage





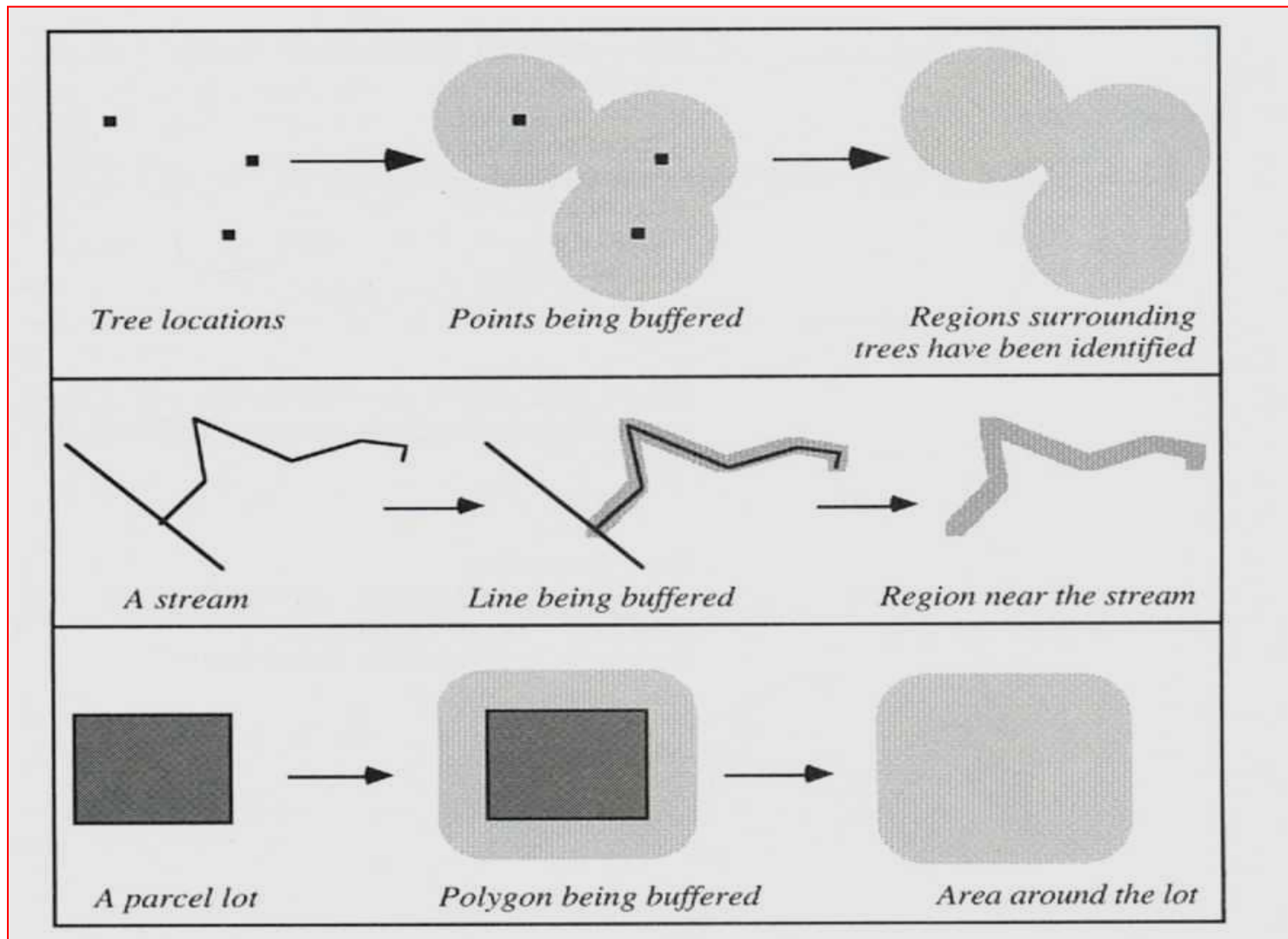
# Manipulação e Análise

- **Análise de Proximidade:** calcula distâncias lineares entre pontos, ou cria *zonas de buffer* (corredores) em torno dos objetos do BD. Essas zonas são comumente sobrepostas com outros dados.



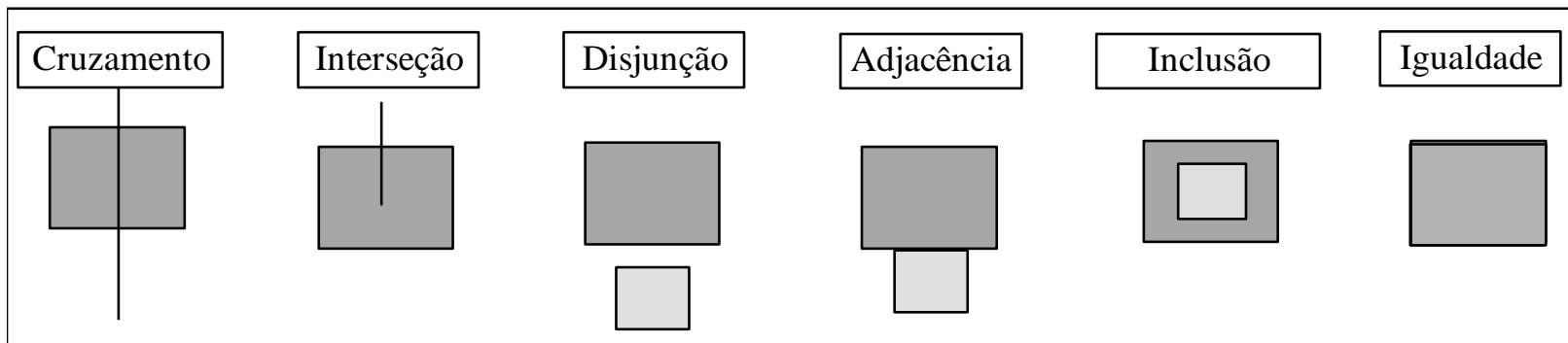
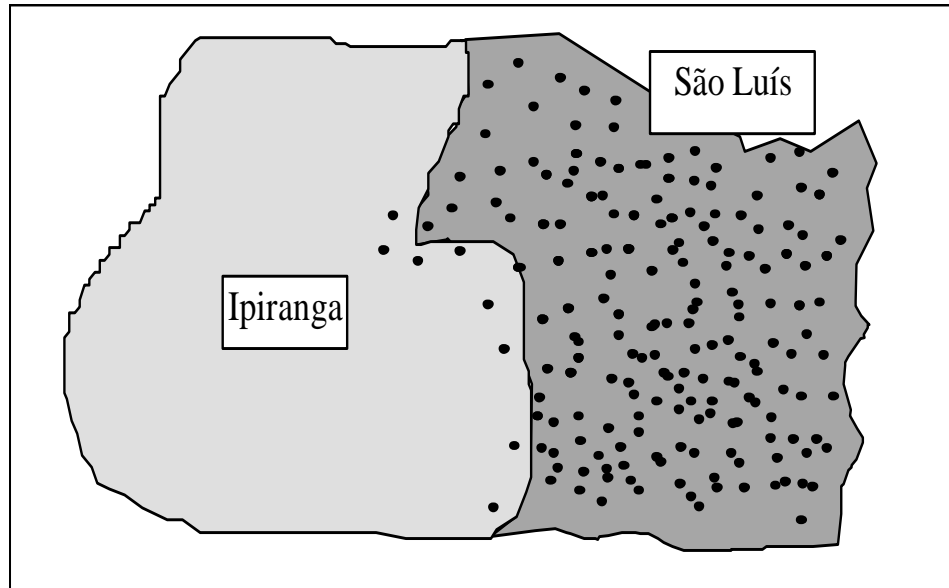
# Manipulação e Análise

- Tipos de Operação de Buffer



# Manipulação e Análise

- **Busca Topológica:**  
determina  
relacionamentos  
topológicos entre os  
objetos do BD



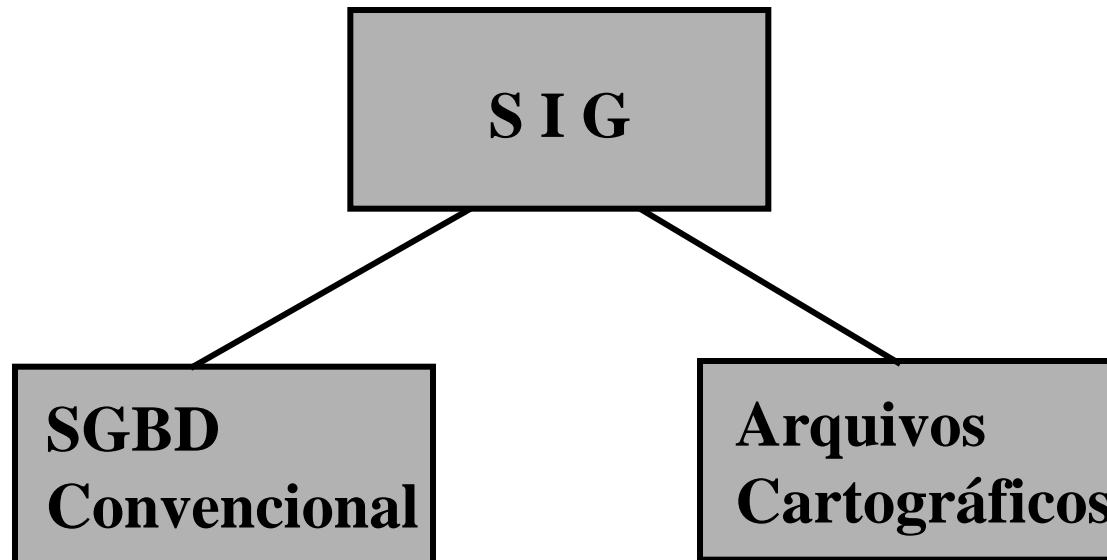
# Manipulação e Análise

- Outras operações de processamento:
  - Sobreposição, medidas, mapas de distância, junção espacial: **análise geográfica**
  - Retificação, contraste, filtragem: **processamento digital de imagens**
  - Geração de mapas de declividade, cálculo de volumes: **modelos numéricos de terreno**
  - Caminhos ótimos, ligação topológica: **redes**

- Arquitetura Dual
- Arquitetura em Camadas
- Arquitetura Integrada
  - Extensiva
  - SGBD Dedicado

# Arquitetura Dual

- Baseada na distinção entre **dados espaciais** e **não espaciais**, através da utilização de diferentes modelos de dados.



# Arquitetura Dual

- Quais as vantagens e desvantagens desta arquitetura?
  - Vantagem:
    - Independência na representação dos tipos de dados espaciais.
  - Problema:
    - Decomposição da operação de consulta.
    - Não realiza a otimização da consulta global.
- Exemplos: ArcInfo/ESRI e SICAD.

# Arquitetura em Camadas

- Funcionalidade espacial implementada em um SGBD relacional.

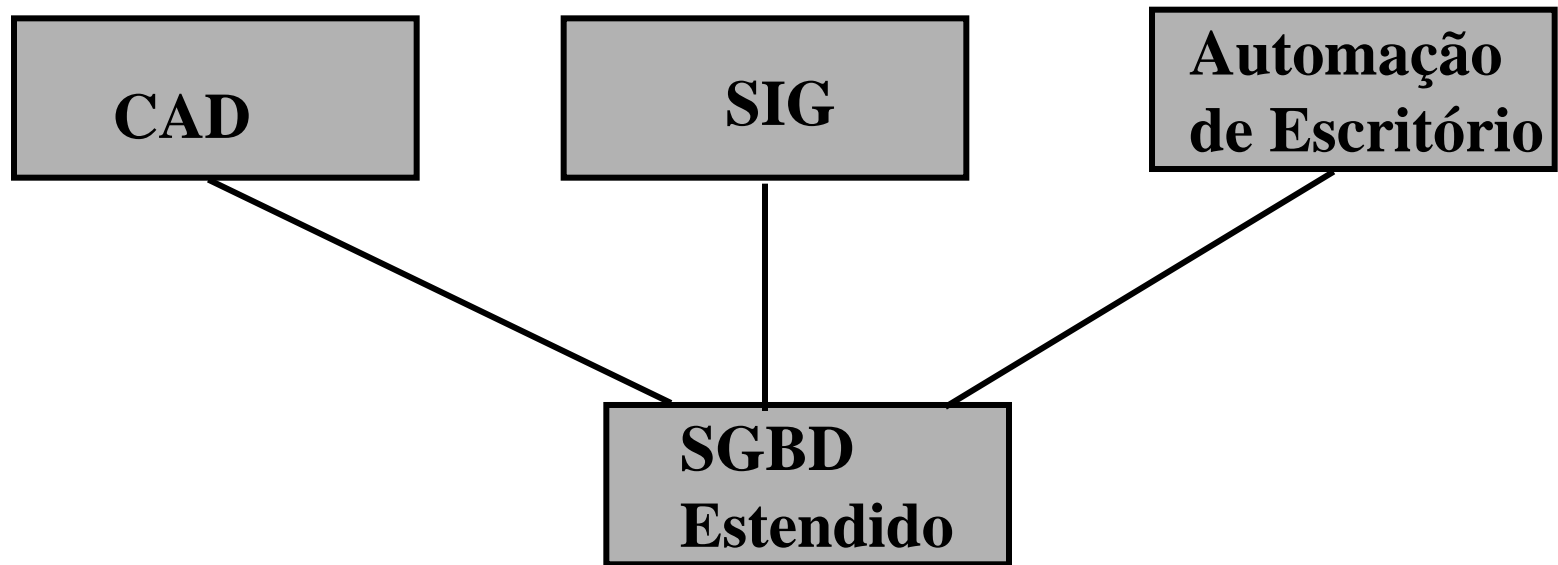


- Duas estratégias:
  - Cada tupla representa as coordenadas de um ponto ou segmento de linha
  - Tipos de dados representados em campos longos do SGBD.
- Exemplos: GEOVIEW e SIRO-DBMS.

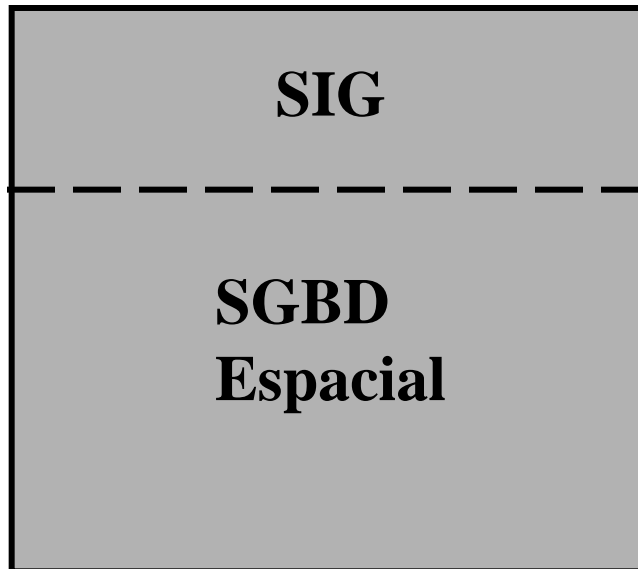


- Duas Abordagens:
  - Adaptação de um SGBD extensível a fim de fornecer suporte adequado às aplicações geográficas (**Abordagem Extensiva**).
  - Obtenção de um SGBD Geográfico através da implementação total de um novo SGBD (**Abordagem SGBD dedicado**).

- Abordagem Extensiva



- Abordagem SGBD Dedicado



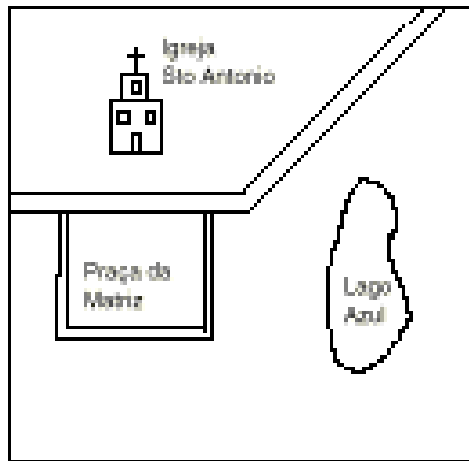
**SGBD  
Específico**

# Modelos de Dados Geográficos

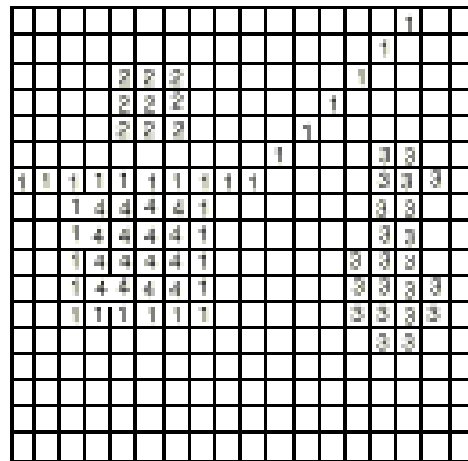
- **Modelagem de dados geográfica** consiste na formulação de um conjunto de abstrações para a representação da realidade geográfica no BD, e na definição de critérios de manipulação e regras de integridade.
- Abordagens
  - Modelo baseado em campos
  - Modelo baseado em objetos

# Modelo de Representação

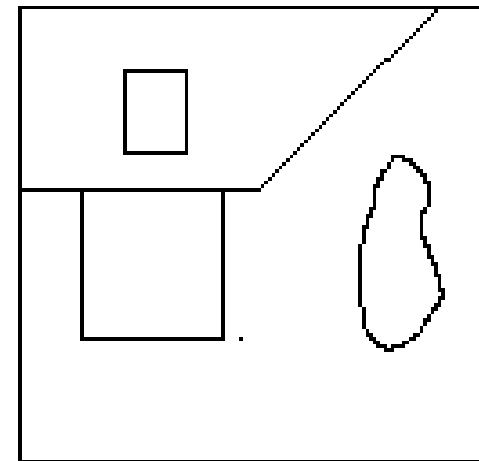
- Fornece um conjunto de regras para converter variações geográficas no mundo real, em objetos discretos armazenados de forma digital.
  - Representação Matricial (ou Raster)
  - Representação Vetorial



Mapa Analógico



Formato Matricial



Formato Vetorial

# Modelo de Representação

- Tipos de Representação Espacial
  - **Espaço Absoluto:** possibilidade de representar no computador a localização dos objetos no espaço.
  - **Espaço Relativo:** possibilidade de representar apenas o posicionamento relativo entre os objetos



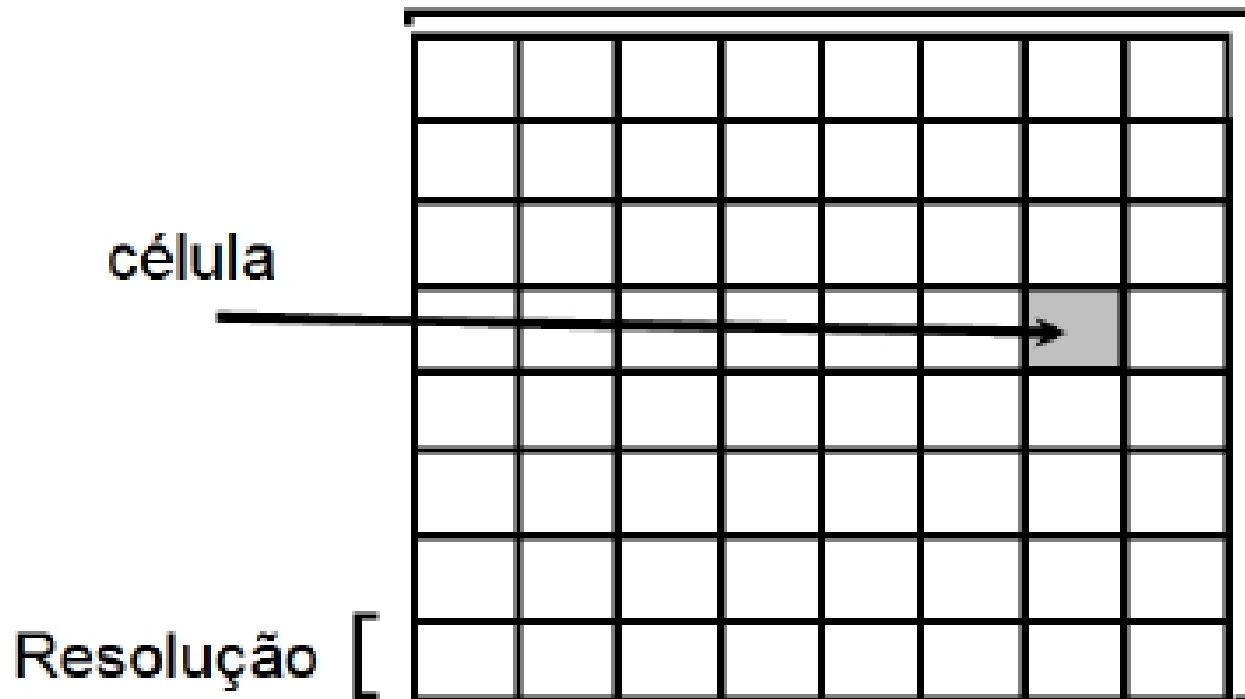
Dualidade entre espaço absoluto e espaço relativo. À esquerda, distritos de São Paulo com suas fronteiras. À direita, grafo mostrando a rede de conectividade entre os distritos (espaço relativo). O mapa da esquerda foi repetido por razões de melhor legibilidade.

# Modelo de Representação

- **Características do Modelo de Geo-Campos**
  - Representa grandezas contínuas (camada)
  - Cada categoria de um tema é representada através de uma célula
  - Exemplo: a cobertura vegetal de uma região
  - Relacionamentos topológicos são determinados a partir da vizinhança das células
  - Coordenadas geográficas são obtidas a partir da posição da célula na matriz
  - Valor associado a cada célula é considerado como válido para toda a região por ela representada
  - Intuito de representar dados temáticos
  - Conceitos: camada, tema, categoria e célula
  - Problemas: Precisão e Custo de Armazenamento.

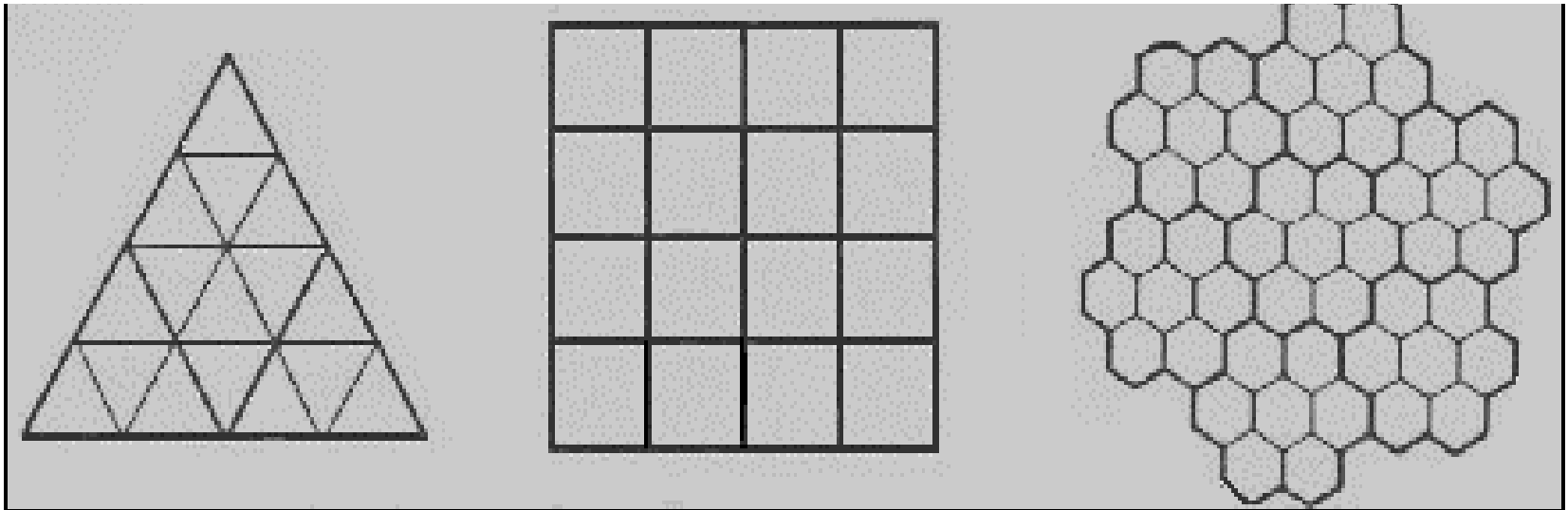
# Modelo de Representação

- Estrutura Matricial (Cont.)
  - Exemplo:





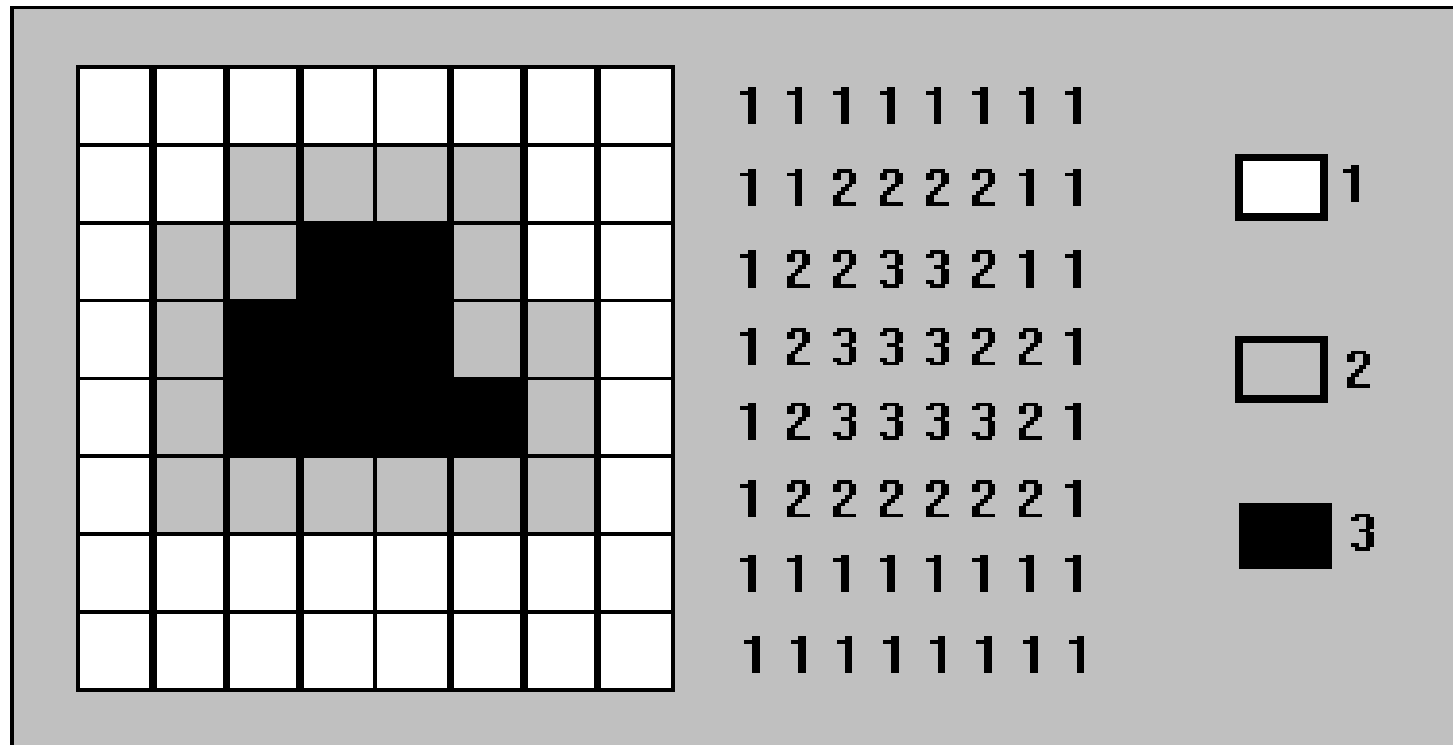
# Modelo de Representação



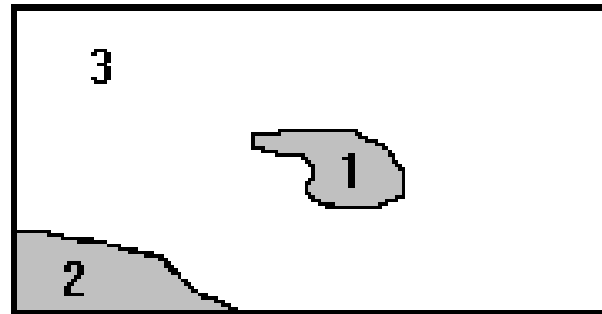
**Principais formatos regulares de células  
(**triangular**, **quadrático** e **hexagonal**, da esquerda para a  
direita)**

# Modelo de Representação

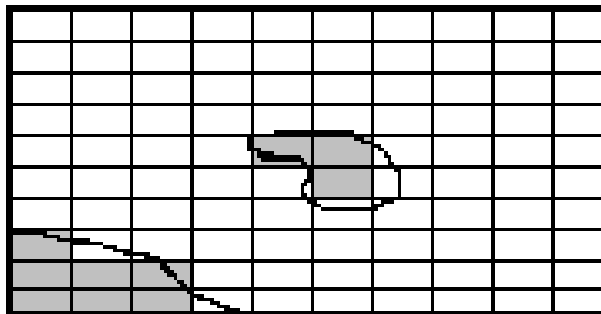
Representação de dados *raster* em uma matriz de células



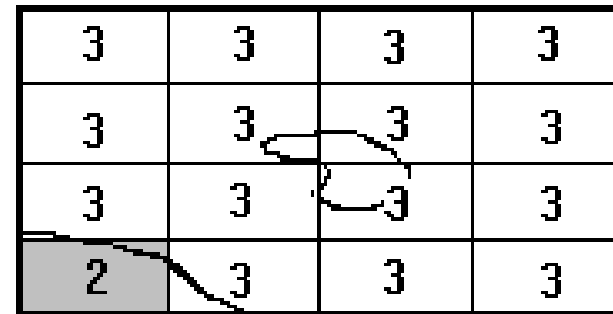
# Modelo de Representação



Matriz A



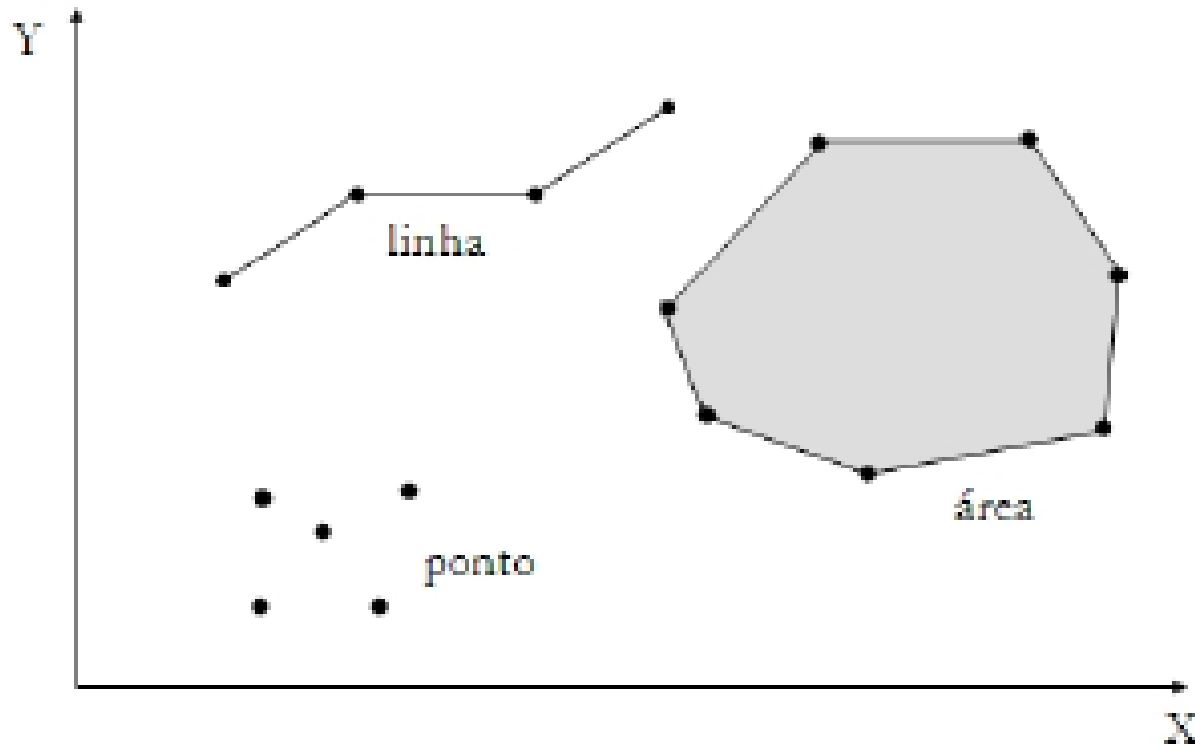
Matriz B



**Tamanho da célula x precisão**

# Modelo de Representação

- Estruturas de dados vetoriais
  - Exemplo:



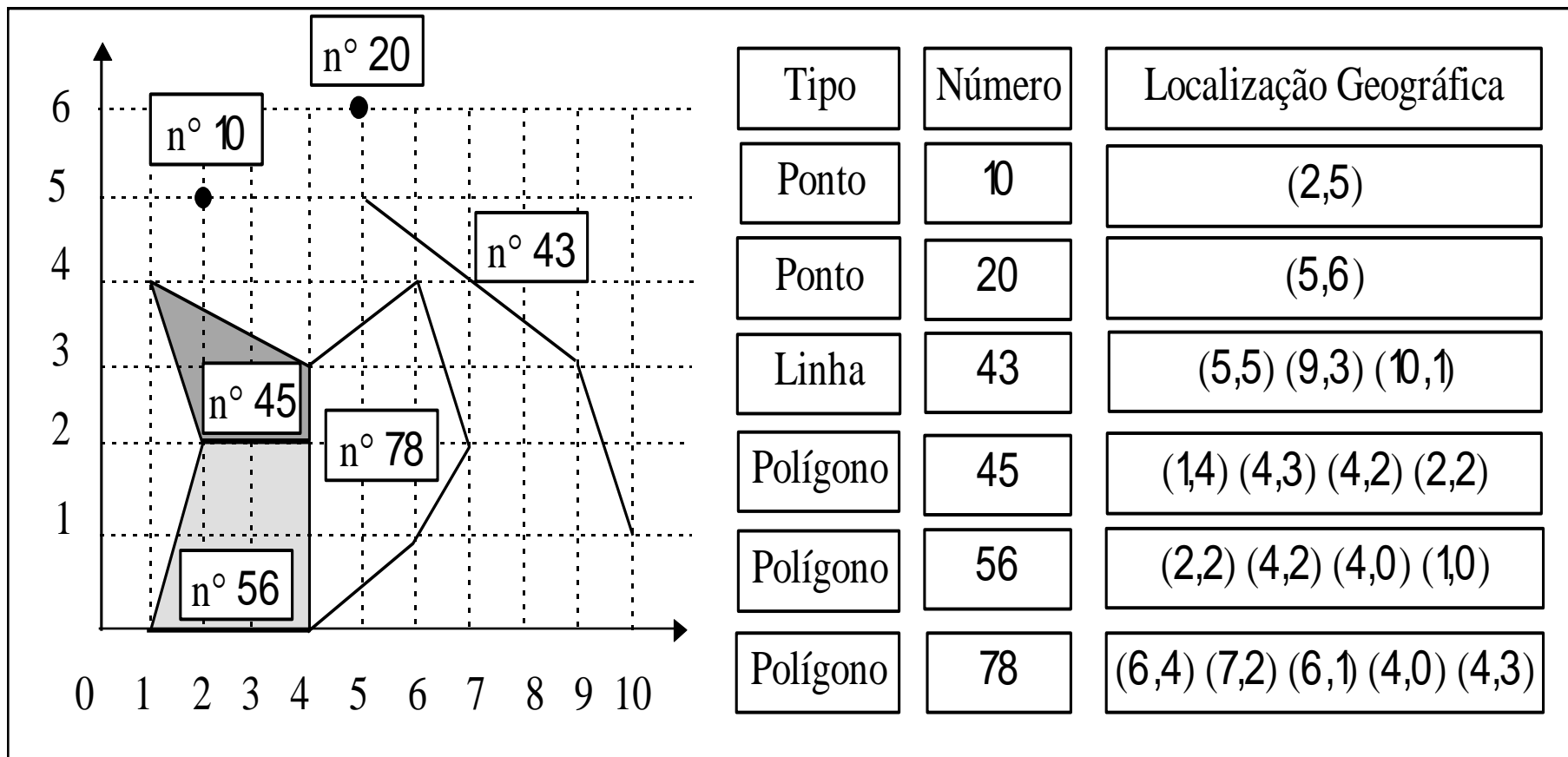
- Estruturas de dados vetoriais
  - Entidades do mundo real são representadas como **pontos**, **linhas** e **polígonos**.
  - A posição de cada objeto é definida por sua localização no espaço, de acordo com algum sistema de coordenadas.
  - Objetos vetoriais não preenchem todo o espaço, ou seja, nem todas as posições do espaço necessitam ser referenciadas no modelo.
  - É útil determinar relacionamentos de adjacência (“vizinho de”), intersecção, e cruzamento.

# Modelo de Representação

- Estruturas de dados vetoriais
  - Não estruturadas
    - Utilizam estruturas de dados que armazenam os polígonos/linhas como seqüências de coordenadas de pontos.
    - Armazenam listas de coordenadas de **objetos isolados** sem preocupação com otimização do processamento (*spaghetti*).

# Universo Estrutural

- Modelo *Spaghetti*



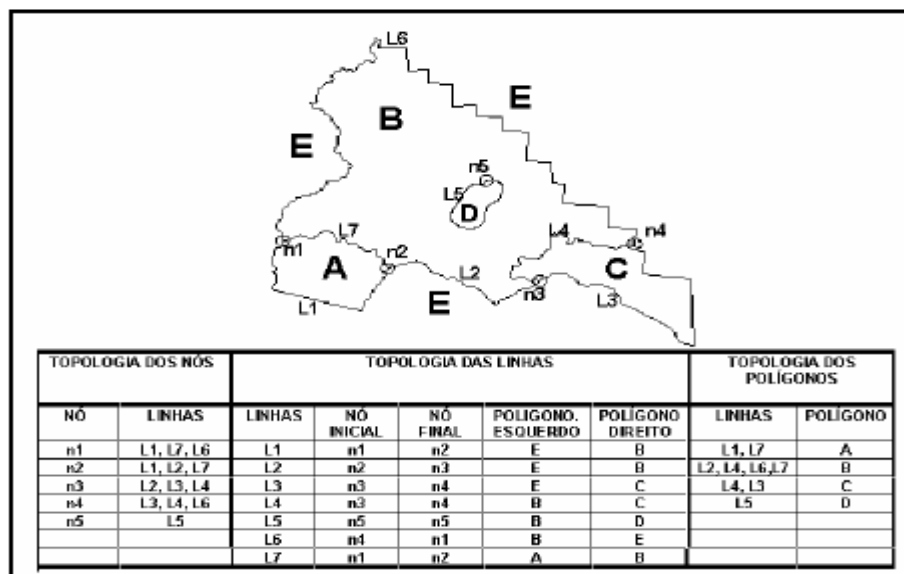
# Universo Estrutural

- Estruturas de dados vetoriais(Cont.)
  - Topológicas:
    - Usam estruturas de dados que possibilitam o armazenamento de alguns tipos de relacionamentos
    - Associada à localização, armazenam informações sobre relacionamentos de contigüidade e vizinhança dos objetos
    - Armazenam cada geometria comum uma única vez, indicando a que objetos elas estão associadas.



# Universo Estrutural

- Topologia arco-nó-polígono
  - Requer três tabelas separadas.
  - Para cada linha, armazena-se os nós inicial e final, permitindo que a linha esteja associada a um sentido de rota.
  - Para polígonos, guarda-se as linhas que definem sua fronteira.



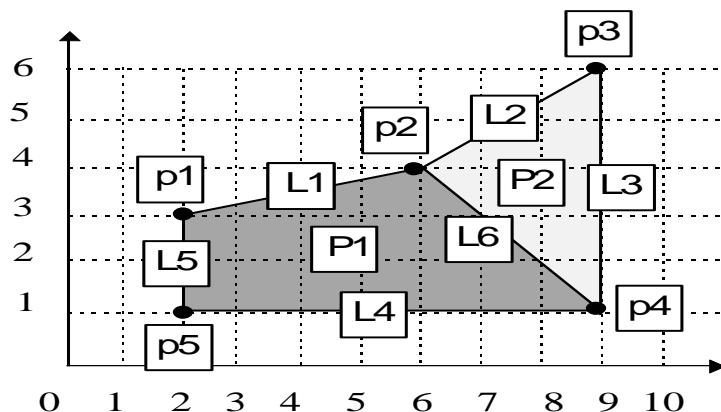
# Universo Estrutural

Polígono	Arcos
1	1
1	4
1	5
1	6
2	2
2	3
2	6

Polígono	Proprietário	Perímetro	Área	Zona
1	Estado	478.2	11562	B3
2	João Saldanha	322.7	8765	B4

Arco	Ponto Inicial	Ponto Final
1	1	2
2	2	3
3	3	4
4	4	5
5	5	1
6	2	4

Arco	Comprimento	Estado Pavimento
1	3,16	bom
2	3,60	regular
3	5,00	bom
4	7,00	péssimo
5	2,00	bom
6	4,24	bom



Ponto	Controle de Tráfego
1	Duplo
2	Simplex
3	Nenhum
4	Simplex
5	Nenhum

Ponto	Coord. X	Coord. Y
1	2	3
2	6	4
3	9	6
4	9	1
5	2	1

- Possui:
  - Tipos de dados espaciais ( e.g. ponto, linha e polígono)
  - Operações espaciais ( e.g. distância, sobreposição, buffer)
- Exemplo:

```
SELECT S.name  
FROM   State S  
WHERE  area (s.the_geom) > 300
```
- Padrão OGC
  - Definição de tipos de dados e operadores espaciais

- Outro Exemplo:

```
SELECT r.name, c.cntry_name
```

```
FROM river r, country c
```

```
WHERE crosses (r.the_geom,c.the_geom)
```

<b>name</b>	<b>cntry_name</b>
Pembina	United States
Pembina	Canada
Rainy	United States
Rainy	Canada
Souris	United States
Souris	Canada
Red River of the North	United States
Red River of the North	Canada

- Outro Exemplo:

```
SELECT s1.name as state_Neighbors
```

```
FROM state s1, state s2
```

```
WHERE touches(s1.the_geom, s2.the_geom)
```

```
and s1.state_name='Santa Catarina';
```

state_Neighbors
Rio Grande do Sul
Paraná

- SIG e BD Espaciais
  - GUTING, R. H. An Introduction to Spatial Database Systems. The International Journal on Very Large Data Bases, [S.l.], v.3, n.4, p. 357 – 399, Oct. 1994.
  - RIGAUX, P.; SCHOLL, M.; VOISARD, A. Spatial Databases: With Application to GIS. San Francisco: Morgan Kaufmann, 2002.
  - SHEKHAR, S., CHAWLA, S. Spatial databases: a tour. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2003.
  - OPEN GIS CONSORTIUM. Topic 5, the OpenGIS abstract specification–OpenGIS features–Version 4. 1999a. Available at <<http://www.OpenGIS.org/techno/specs.htm>>

cin.ufpe.br



**Centro  
de Informática**

U • F • P • E



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO