



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS**

# Sistemas de Informação Geográfica e Banco de Dados Geográficos

Karine Reis Ferreira – [karine@dpi.inpe.br](mailto:karine@dpi.inpe.br)

SER 330 – Introdução a Geoprocessamento (22/03/2010)

Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/cursos/ser300/aulas.html>



## Resumo dessa aula

- Duas arquiteturas de SIG em relação ao armazenamento e gerenciamento dos dados geográficos:
  - Arquitetura Dual
    - Sistemas Gerenciadores de Bancos de Dados (SGBD) para armazenar dados alfanuméricos
    - Arquivos para armazenar dados espaciais
  - Arquitetura Integrada
    - Sistemas Gerenciadores de Bancos de Dados (SGBD) para armazenar todo o dado geográfico – parte alfanumérica e espacial
- Vantagens/Desvantagens de cada arquitetura
- Exemplos de SIGs



## Resumo dessa aula

- **Arquitetura Integrada**
  - SGBD relacional
  - SGBD objeto-relacional → extensões espaciais
  
- **Extensões espaciais: PostGIS e Oracle Spatial**
  - Seguem o padrão SFS do OGC
  - Fornecem:
    - Tipos de dados geométricos
    - Operadores e funções espaciais
    - Métodos de Acesso Espacial

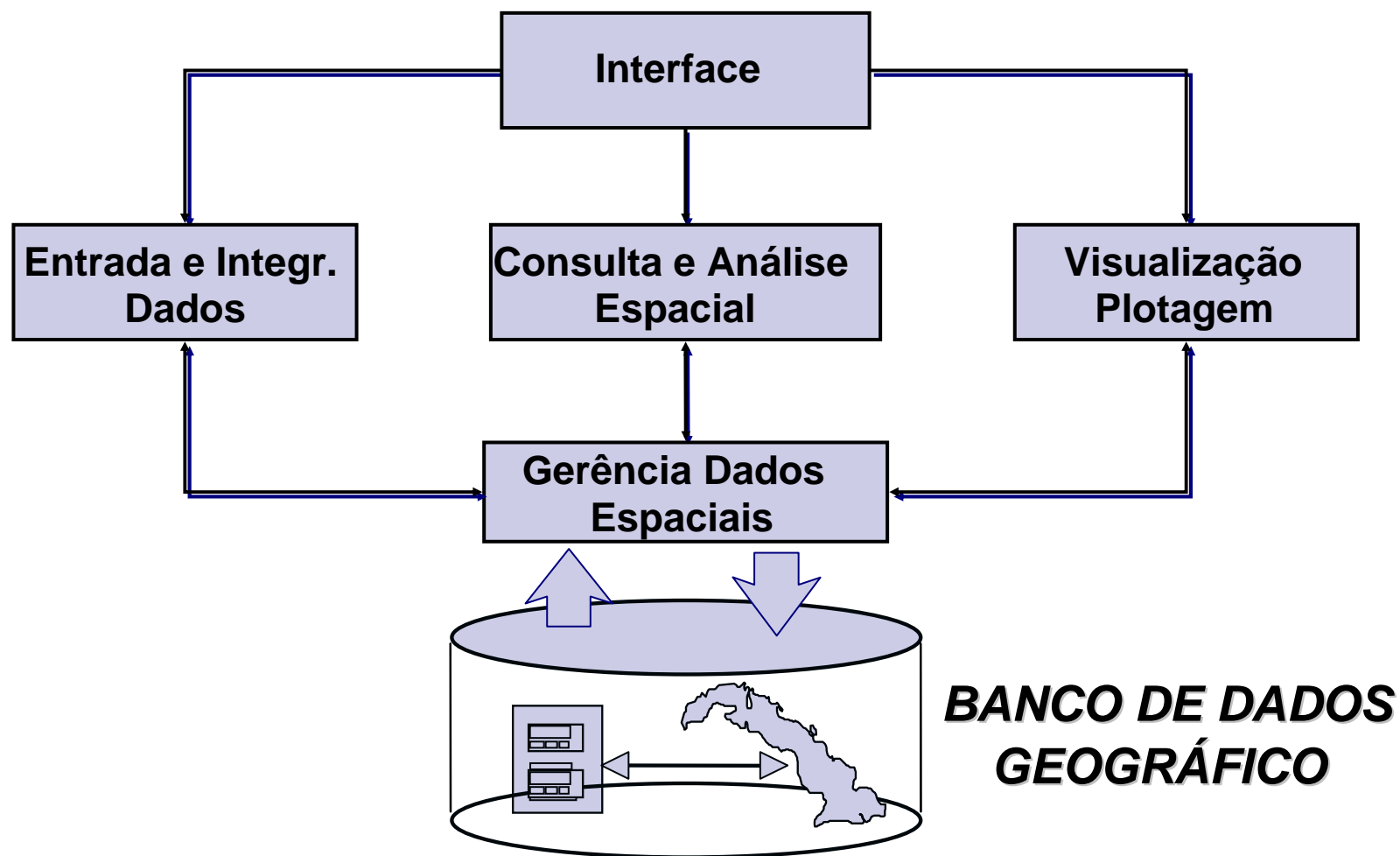


## Sistemas de Informação Geográfica - SIG

- Sistemas que realizam o tratamento computacional de dados geográficos.
  
- Funcionalidades de um SIG (Rigaux et al, 2002):
  - Entrada e validação de dados espaciais;
  - Armazenamento e gerenciamento;
  - Saída e apresentação visual;
  - Transformação de dados espaciais;
  - Interação com o usuário;
  - Combinação de dados espaciais para criar novas representações do espaço geográfico; e
  - Ferramentas para análise espacial.

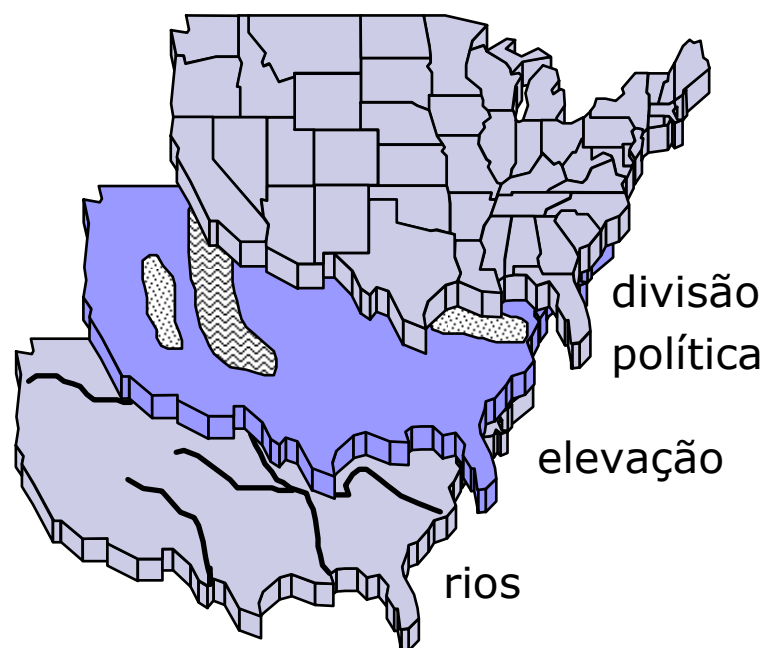


# Visão Geral de um SIG



# Organização lógica de dados em um SIG

- Plano de informação (nível, camada, *layer*):
  - Contém informações referentes a um único tipo de dados
  - Área geográfica definida
  - Ex:
    - Divisão política
    - Elevação
    - Rios



# Consultas espaciais

## ■ Seleção espacial

- Dados um conjunto de objetos espaciais  $D$  e um predicado de seleção espacial  $p$  sobre atributos espaciais dos objetos em  $D$ , determine todos os objetos em  $D$  cujas geometrias satisfazem  $p$ .



**Seleção por ponto**



**Seleção por região**

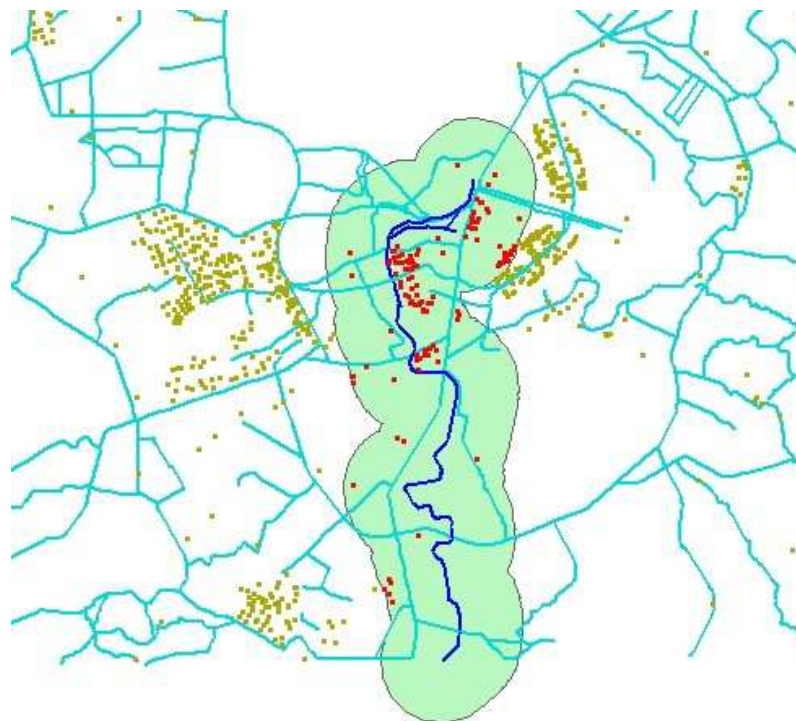


**Seleção por janela**

## Consultas espaciais

### ■ Junção espacial

- Dados dois conjuntos de objetos espaciais  $D_1$  e  $D_2$  e um predicado de seleção espacial  $\theta$  determine todos os pares  $(d_1, d_2) \in D_1 \times D_2$  cujas geometrias satisfazem  $\theta$ .
  - Ex. Para cada rodovia selecione as escolas que estão a menos de 1000 metros.



Fonte: Karine Ferreira (2006)



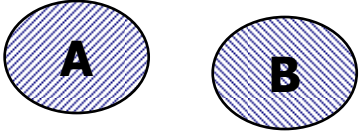
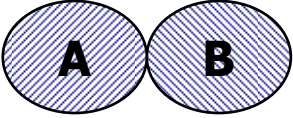
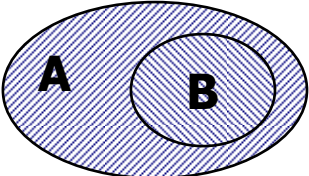
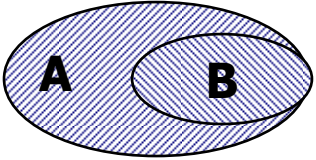
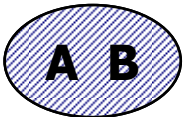
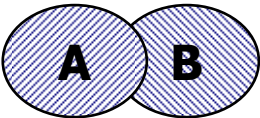
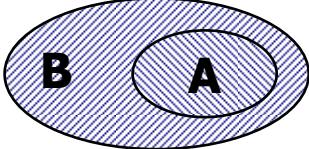
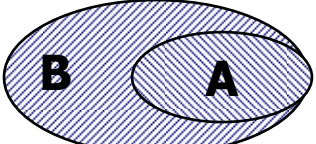
## Predicados topológicos

- Freqüentemente utilizados nas consultas espaciais para analisar informações.
- Definem restrições baseadas no relacionamento espacial entre os objetos.
- Aparecem em consultas como:
  - Cristalina e Paracatu são vizinhas?
  - O trecho em vermelho da BR-040 cruza quais municípios?



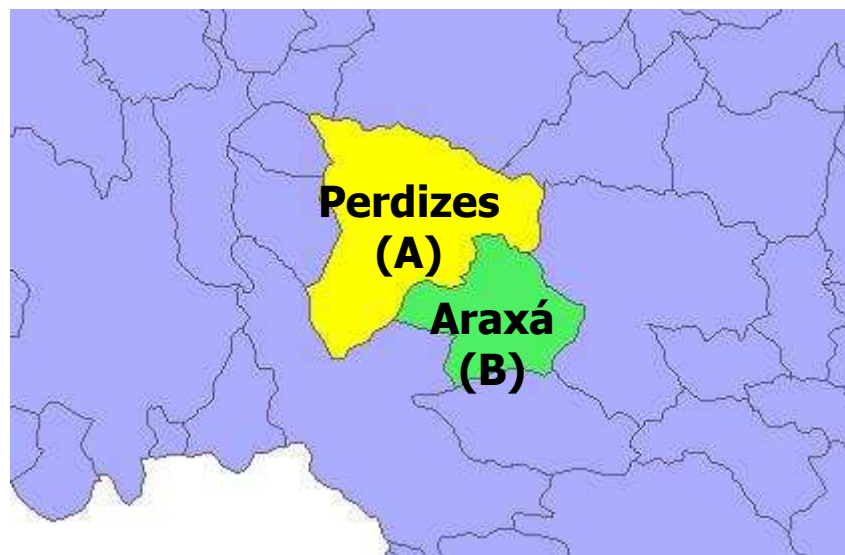
Fonte: Gilberto Ribeiro (2006)

# Predicados topológicos: Matriz 9-Interseções

 $\begin{matrix} \partial B & B^\circ & B^- \\ \partial A \begin{pmatrix} \emptyset & \emptyset & \neg\emptyset \\ A^\circ \begin{pmatrix} \emptyset & \emptyset & \neg\emptyset \\ A^- \begin{pmatrix} \neg\emptyset & \neg\emptyset & \neg\emptyset \end{pmatrix} \end{pmatrix} \end{pmatrix} \end{matrix}$ <p><b>disjoint</b></p>	 $\begin{matrix} \partial B & B^\circ & B^- \\ \partial A \begin{pmatrix} \neg\emptyset & \emptyset & \neg\emptyset \\ A^\circ \begin{pmatrix} \emptyset & \emptyset & \neg\emptyset \\ A^- \begin{pmatrix} \neg\emptyset & \neg\emptyset & \neg\emptyset \end{pmatrix} \end{pmatrix} \end{pmatrix} \end{matrix}$ <p><b>meet</b></p>	 $\begin{matrix} \partial B & B^\circ & B^- \\ \partial A \begin{pmatrix} \emptyset & \emptyset & \neg\emptyset \\ A^\circ \begin{pmatrix} \neg\emptyset & \neg\emptyset & \neg\emptyset \\ A^- \begin{pmatrix} \emptyset & \emptyset & \neg\emptyset \end{pmatrix} \end{pmatrix} \end{pmatrix} \end{matrix}$ <p><b>contains</b></p>	 $\begin{matrix} \partial B & B^\circ & B^- \\ \partial A \begin{pmatrix} \neg\emptyset & \emptyset & \neg\emptyset \\ A^\circ \begin{pmatrix} \neg\emptyset & \neg\emptyset & \neg\emptyset \\ A^- \begin{pmatrix} \emptyset & \emptyset & \neg\emptyset \end{pmatrix} \end{pmatrix} \end{pmatrix} \end{matrix}$ <p><b>covers</b></p>
 $\begin{matrix} \partial B & B^\circ & B^- \\ \partial A \begin{pmatrix} \neg\emptyset & \emptyset & \emptyset \\ A^\circ \begin{pmatrix} \emptyset & \neg\emptyset & \emptyset \\ A^- \begin{pmatrix} \emptyset & \emptyset & \neg\emptyset \end{pmatrix} \end{pmatrix} \end{pmatrix} \end{matrix}$ <p><b>equal</b></p>	 $\begin{matrix} \partial B & B^\circ & B^- \\ \partial A \begin{pmatrix} \neg\emptyset & \neg\emptyset & \neg\emptyset \\ A^\circ \begin{pmatrix} \neg\emptyset & \neg\emptyset & \neg\emptyset \\ A^- \begin{pmatrix} \neg\emptyset & \neg\emptyset & \neg\emptyset \end{pmatrix} \end{pmatrix} \end{pmatrix} \end{matrix}$ <p><b>overlap</b></p>	 $\begin{matrix} \partial B & B^\circ & B^- \\ \partial A \begin{pmatrix} \emptyset & \neg\emptyset & \emptyset \\ A^\circ \begin{pmatrix} \emptyset & \neg\emptyset & \emptyset \\ A^- \begin{pmatrix} \neg\emptyset & \neg\emptyset & \neg\emptyset \end{pmatrix} \end{pmatrix} \end{pmatrix} \end{matrix}$ <p><b>inside</b></p>	 $\begin{matrix} \partial B & B^\circ & B^- \\ \partial A \begin{pmatrix} \neg\emptyset & \neg\emptyset & \emptyset \\ A^\circ \begin{pmatrix} \emptyset & \neg\emptyset & \emptyset \\ A^- \begin{pmatrix} \neg\emptyset & \neg\emptyset & \neg\emptyset \end{pmatrix} \end{pmatrix} \end{pmatrix} \end{matrix}$ <p><b>covered by</b></p>

Fonte: Adaptado de Egenhofer e Herring (1991)

# Predicados topológicos: Matriz 9-Interseções



$$\begin{array}{c}
 \partial A \\
 A^\circ \\
 A^-
 \end{array}
 \begin{array}{ccc}
 \partial B & B^\circ & B^- \\
 \left( \begin{array}{ccc}
 \neg \emptyset & \emptyset & \neg \emptyset \\
 \emptyset & \emptyset & \neg \emptyset \\
 \neg \emptyset & \neg \emptyset & \neg \emptyset
 \end{array} \right)
 \end{array}
 \longrightarrow \text{TOCA}$$

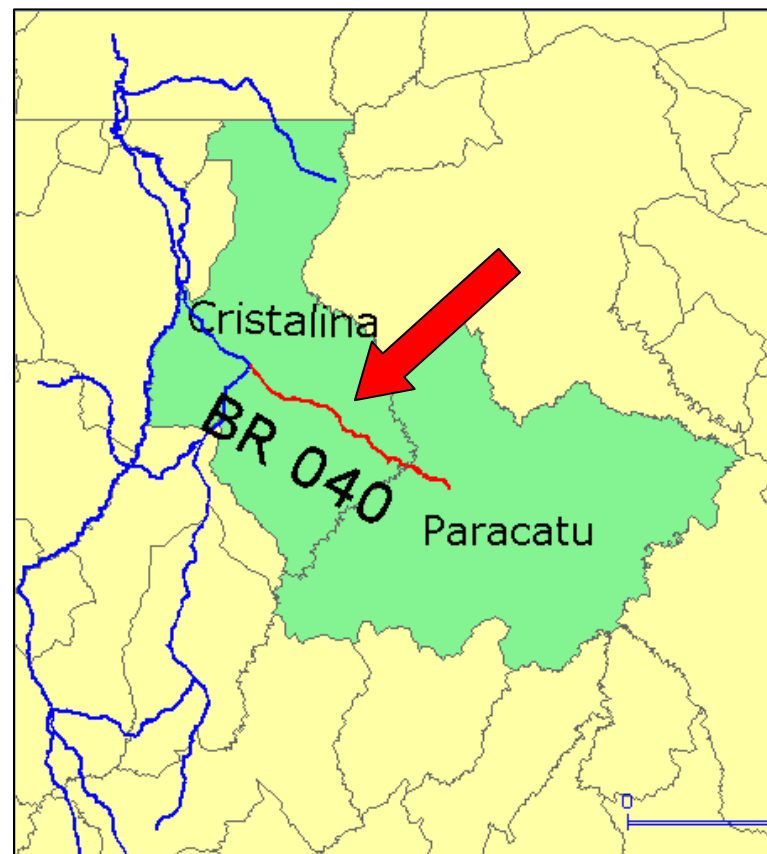
Fonte: Gilberto Ribeiro (2006)

## Processamento de Consultas Espaciais

- Por quais municípios brasileiros passa o trecho da BR-040 destacado?
- Métodos de Acesso Multidimensionais:

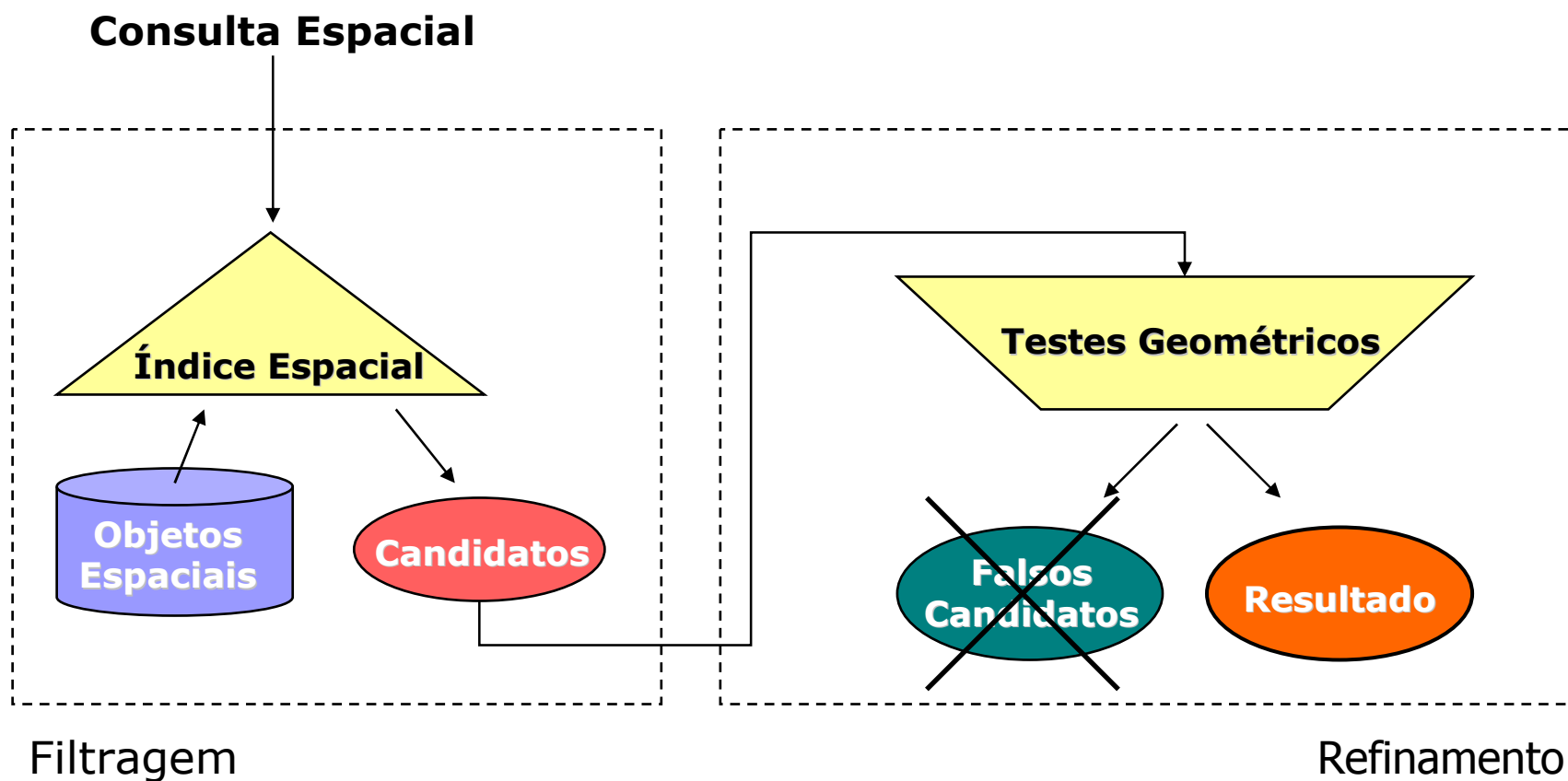


Aproximação pelo *Retângulo Envolvente Mínimo*  
(REM ou Bounding Box ou MBR)



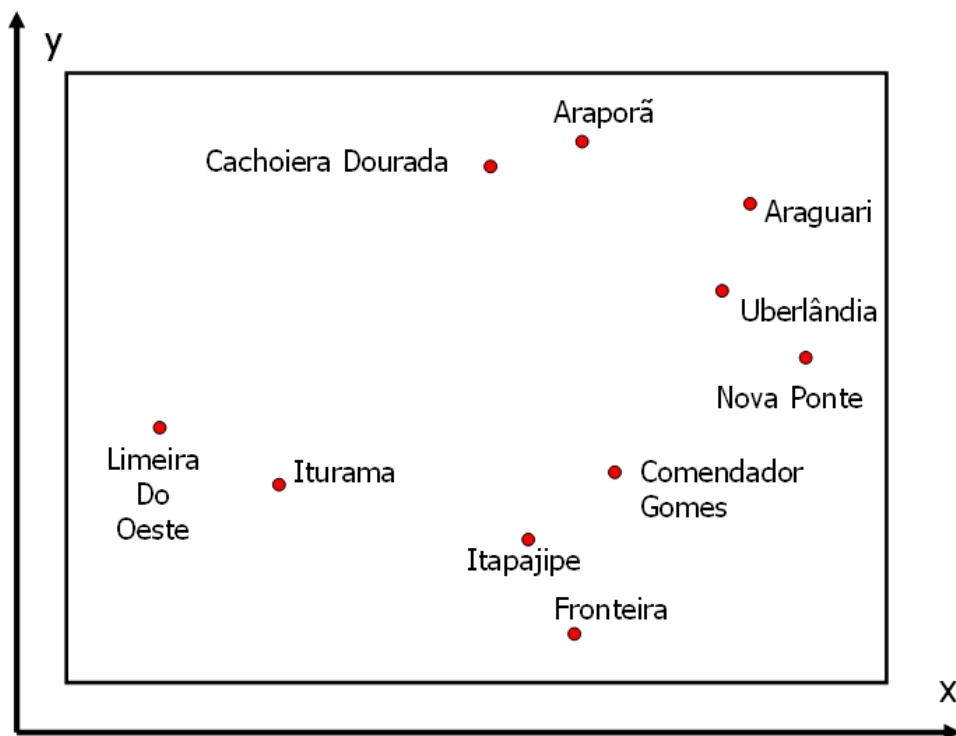
Fonte: Gilberto Ribeiro (2006)

# Processamento de Consultas Espaciais

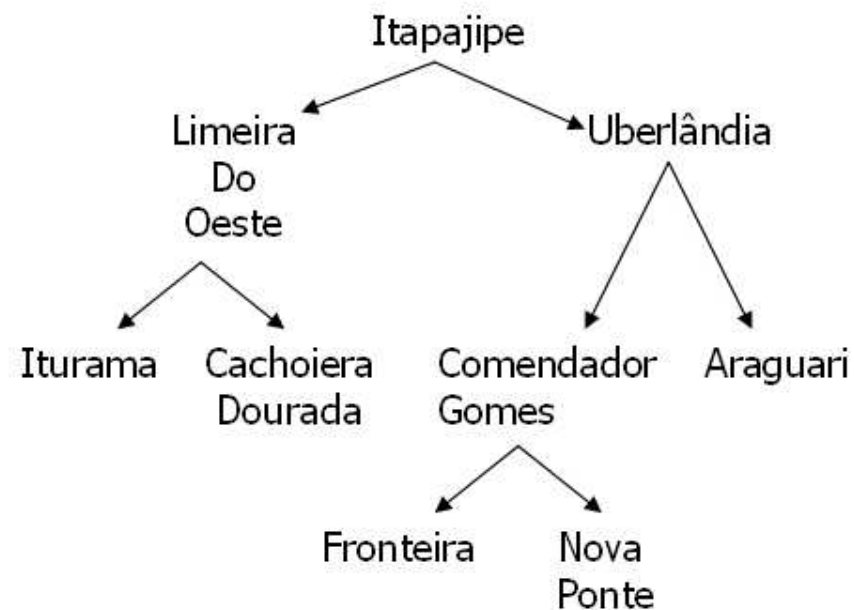


# Métodos de Acesso Multidimensionais

## ■ Exemplos: k-d Trees



Fonte: Gilberto Ribeiro (2006)

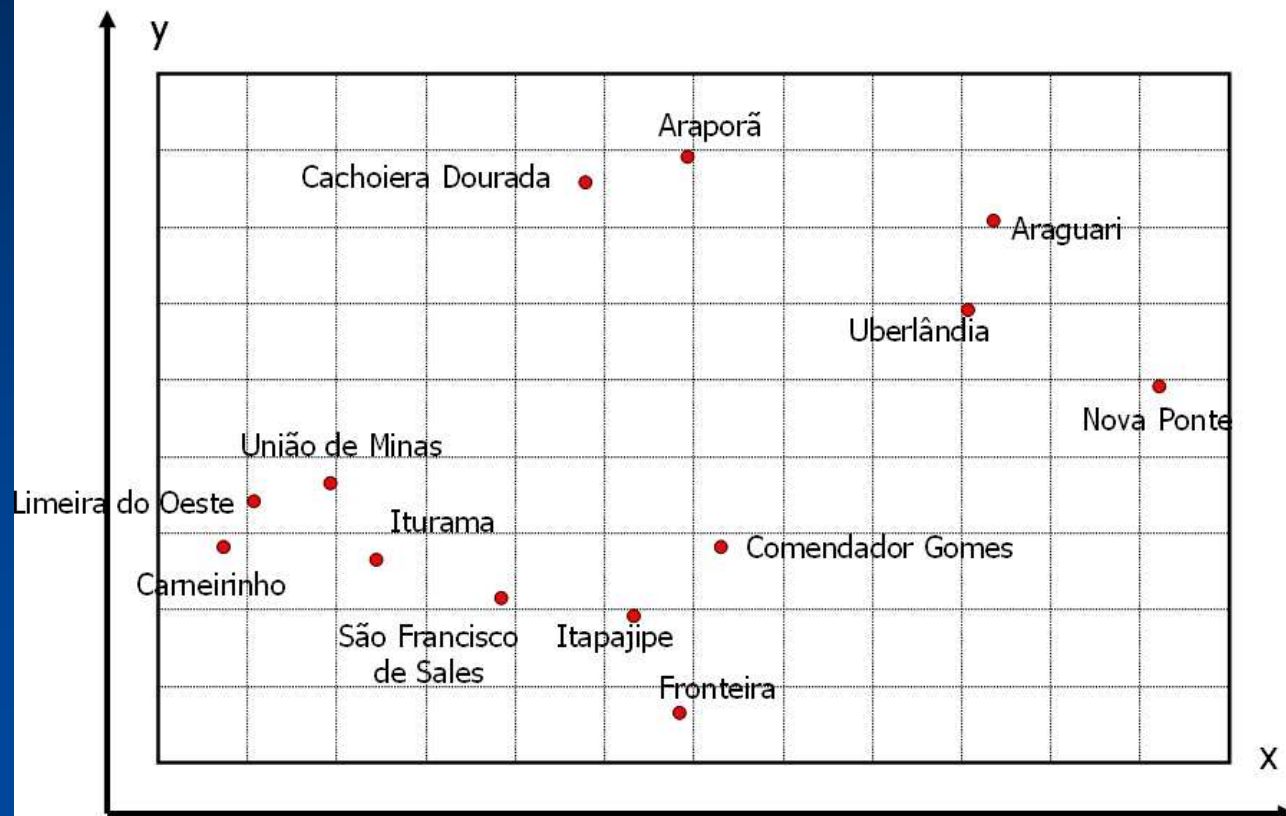


- Árvore binária.
- Decomposição do espaço ao longo das dimensões x e y: compara os valores da componente "x" nos níveis pares da árvore e da componente "y" nos níveis ímpares.

# Métodos de Acesso Multidimensionais

## ■ Exemplos: Fixed-Grid

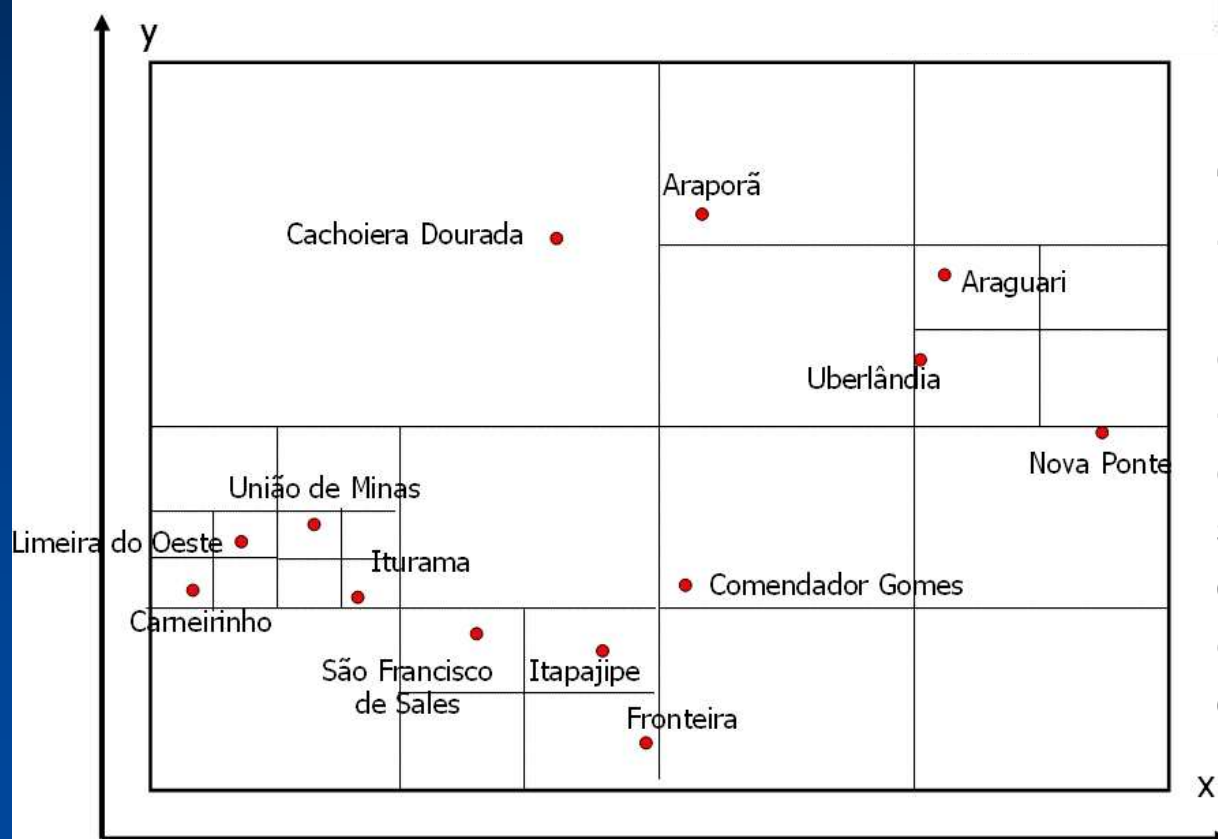
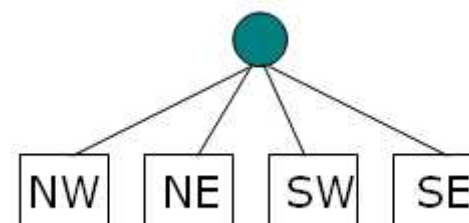
- Grade regular que cobre todo o espaço.



Fonte: Gilberto Ribeiro (2006)

# Métodos de Acesso Multidimensionais

## ■ Exemplos: Quadtree



- Árvore: cada “nó” ou “tronco” gera quatro “folhas”
- Cada nó corresponde a uma região quadrada do espaço
- Cada região é subdividida em quatro partes iguais sucessivamente até ter um ou nenhum objeto geográfico dentro de cada quadrante.

Fonte: Gilberto Ribeiro (2006)

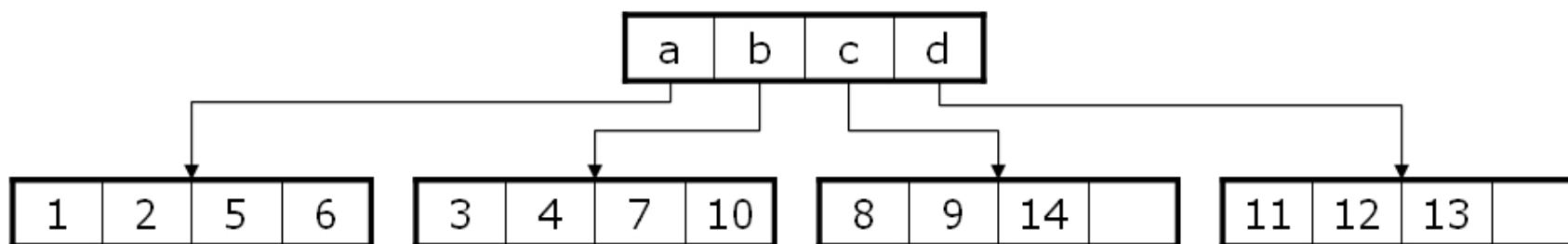
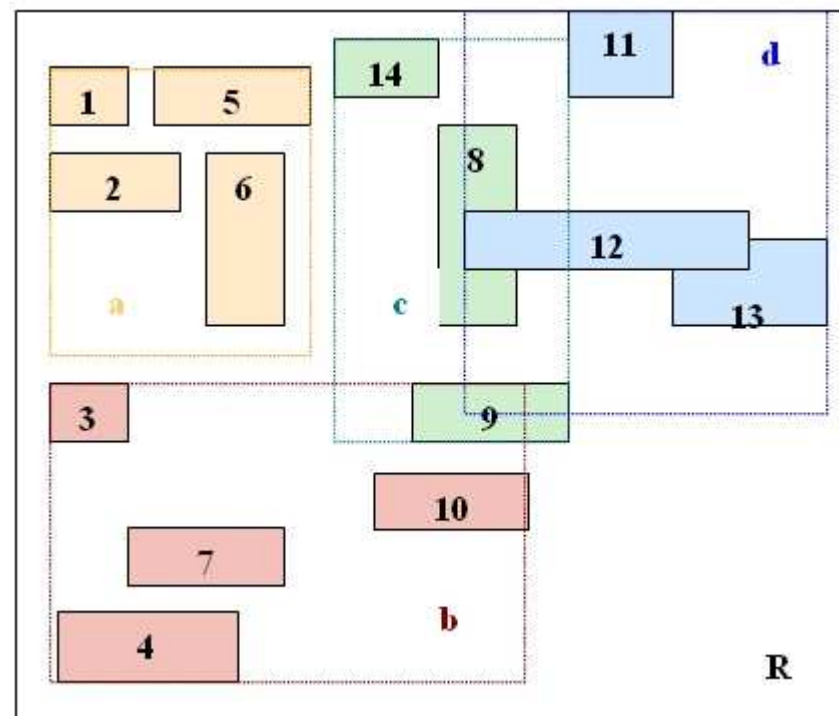




# Métodos de Acesso Multidimensionais

## ■ Exemplos: R-Trees

- Árvore-R
- Baseada no retângulo envolvente mínimo (MBR) dos objetos

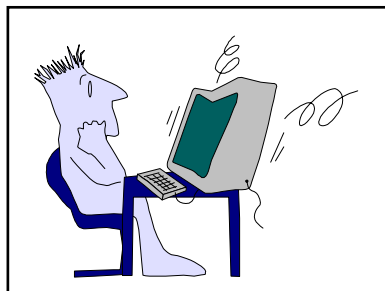


Fonte: Gilberto Ribeiro (2006)

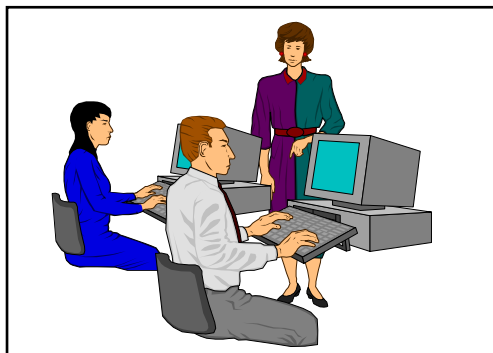
# Evolução dos SIGs

- Gerenciamento e utilização dos dados geográficos

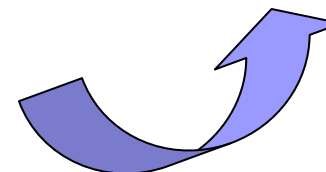
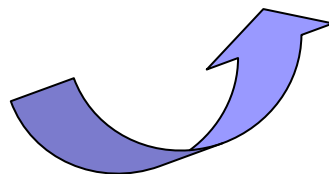
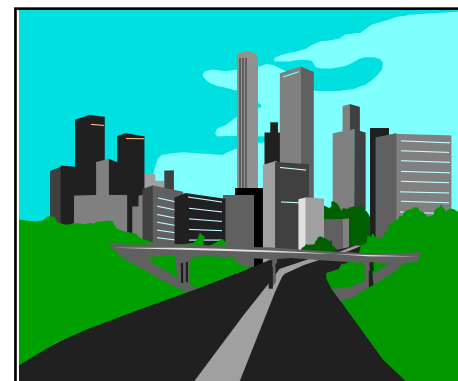
SIG "DeskTop"



SIG Distribuído  
(multiusuários)



Servidores WEB



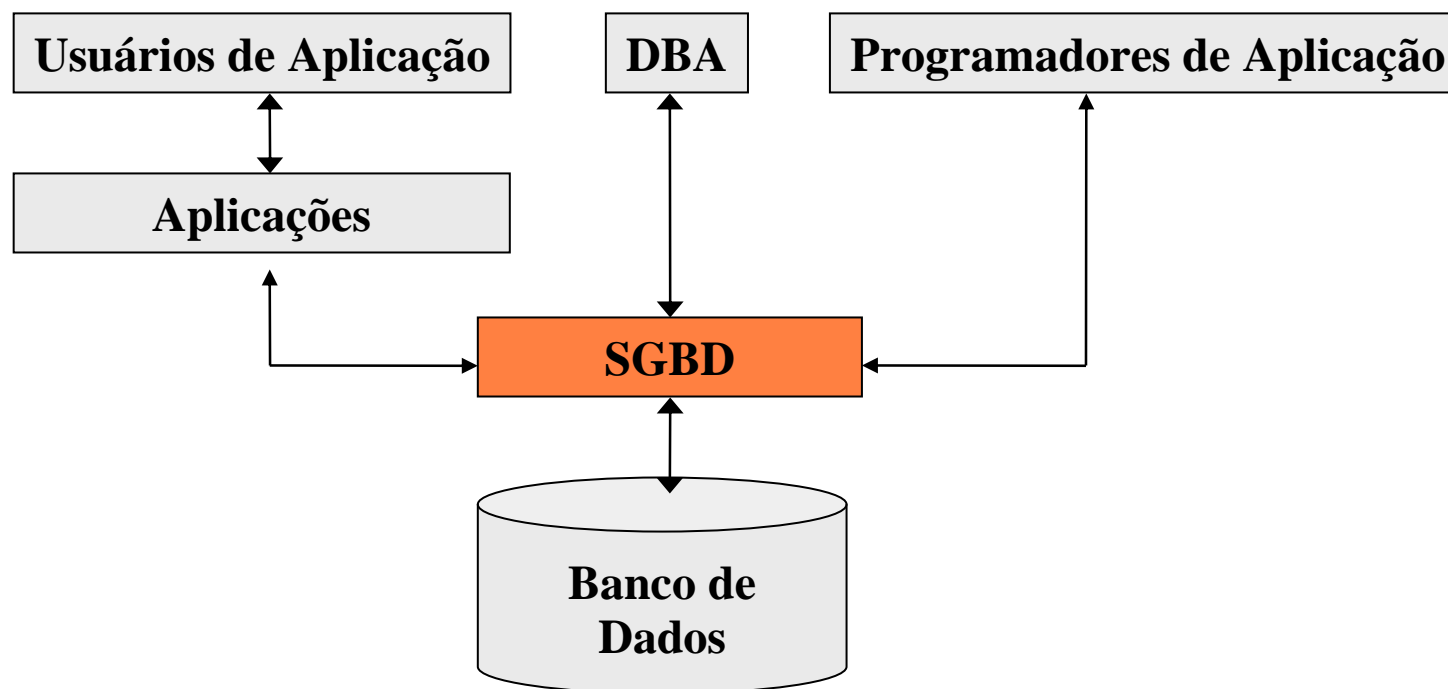


## SIGs e Sistemas de Banco de Dados

- Os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) estão evoluindo para utilizar Sistemas Gerenciadores de Bancos de Dados (SGBD) para armazenar e gerenciar dados geográficos:
  - A responsabilidade de gerenciamento dos dados geográficos passa a ser dos SGBDs e não dos SIGs.
  - SGBDs tradicionais são estendidos para suportar dados espaciais.



# Sistemas de Bancos de Dados





# Sistema Gerenciador de Bancos de Dados (SGBD)

- Oferece serviços para:
  - Armazenar, consultar e atualizar o banco de dados
  - Manter a consistência e integridade dos dados
    - Evitar redundância
    - Refletir a realidade
  - Controlar acessos concorrentes
  - Manter a segurança dos dados
    - Recuperar falhas e fazer cópias de reserva (backup)
    - Restringir e controlar os acessos dos usuários
    - Restrições de segurança



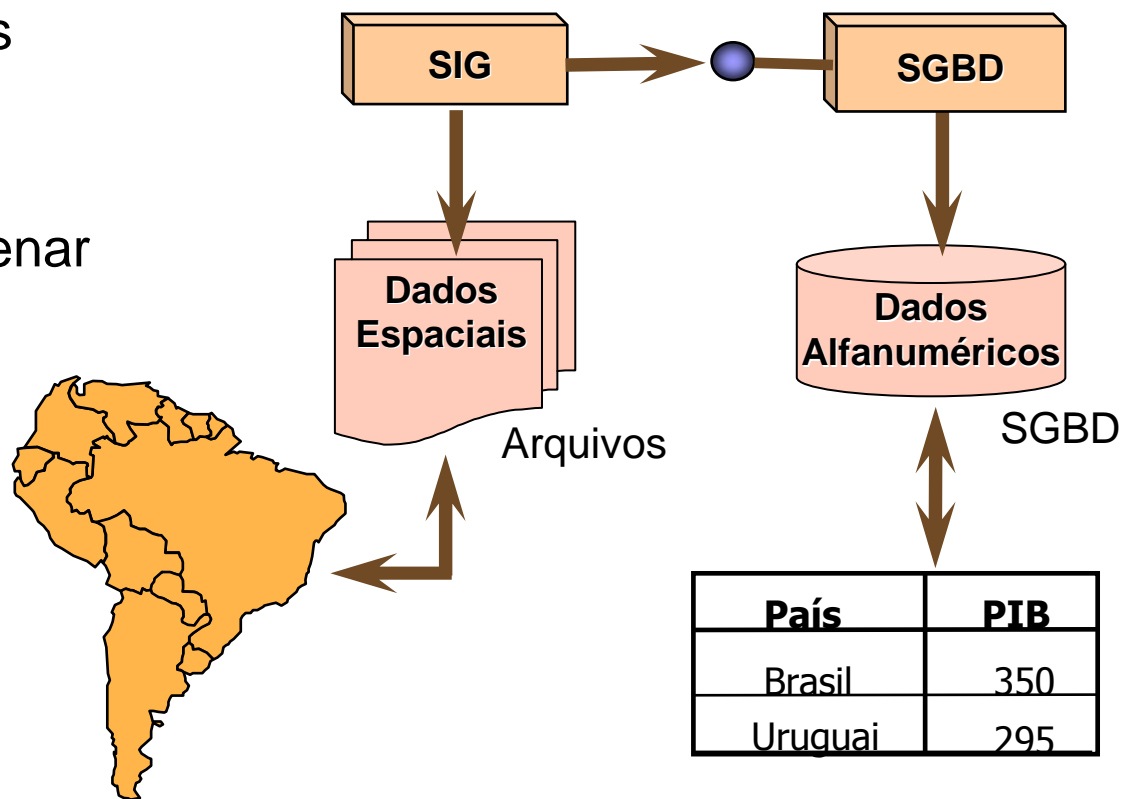
## Evolução dos SIGs

- Arquiteturas de SIGs que usam SGBDs:
  - Arquitetura Dual
  - Arquitetura Integrada

# Arquitetura Dual

## ■ Estrutura:

- SGBD relacional: para armazenar dados alfanuméricos
- Arquivos: armazenar dados espaciais

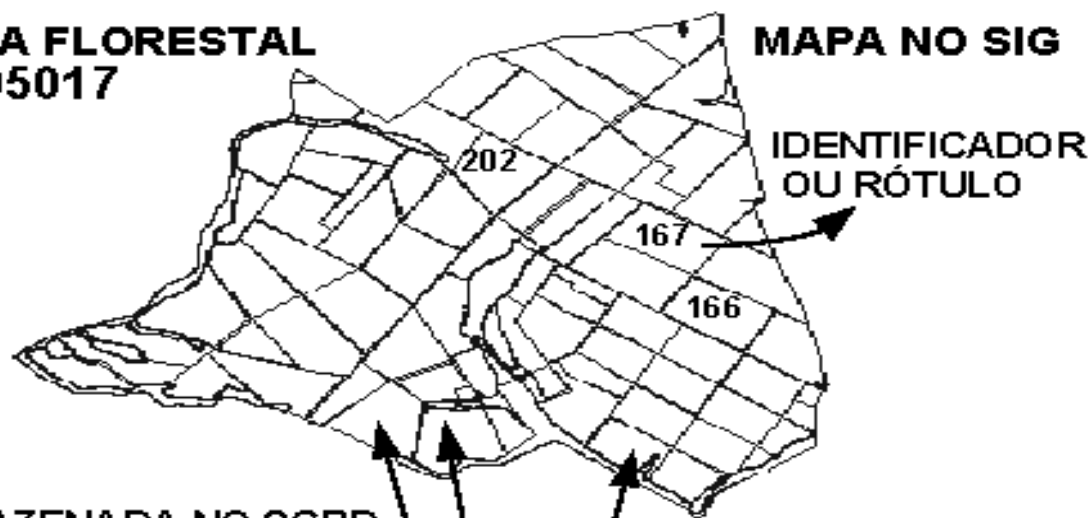




# Arquitetura Dual

**FAZENDA FLORESTAL  
205017**

**MAPA NO SIG**



**TABELA ARMAZENADA NO SGBD**

<b>CODPAR</b>	<b>CODFAZ</b>	<b>CODPROJ</b>	<b>TALHÃO</b>	<b>AREATOT</b>	<b>DTPLAN</b>
5	205017	105	147	9,91	31/10/89
5	205017	105	148	25,66	18/12/89
5	205017	068	152	26,34	7/10/93
5	205017	068	153	21,65	14/10/93
5	205017	068	154	27,90	21/10/93
5	205017	068	155	23,52	23/11/93
5	205017	109	162	26,29	5/11/89
5	205017	109	163	27,57	9/11/89

**CODPAR = código do parque florestal ; CODFAZ = código da fazenda**  
**CODPROJ = código do projeto; TALHÃO = número do talhão**  
**AREATOT = Área total plantada; DTPLAN = Data do plantio**





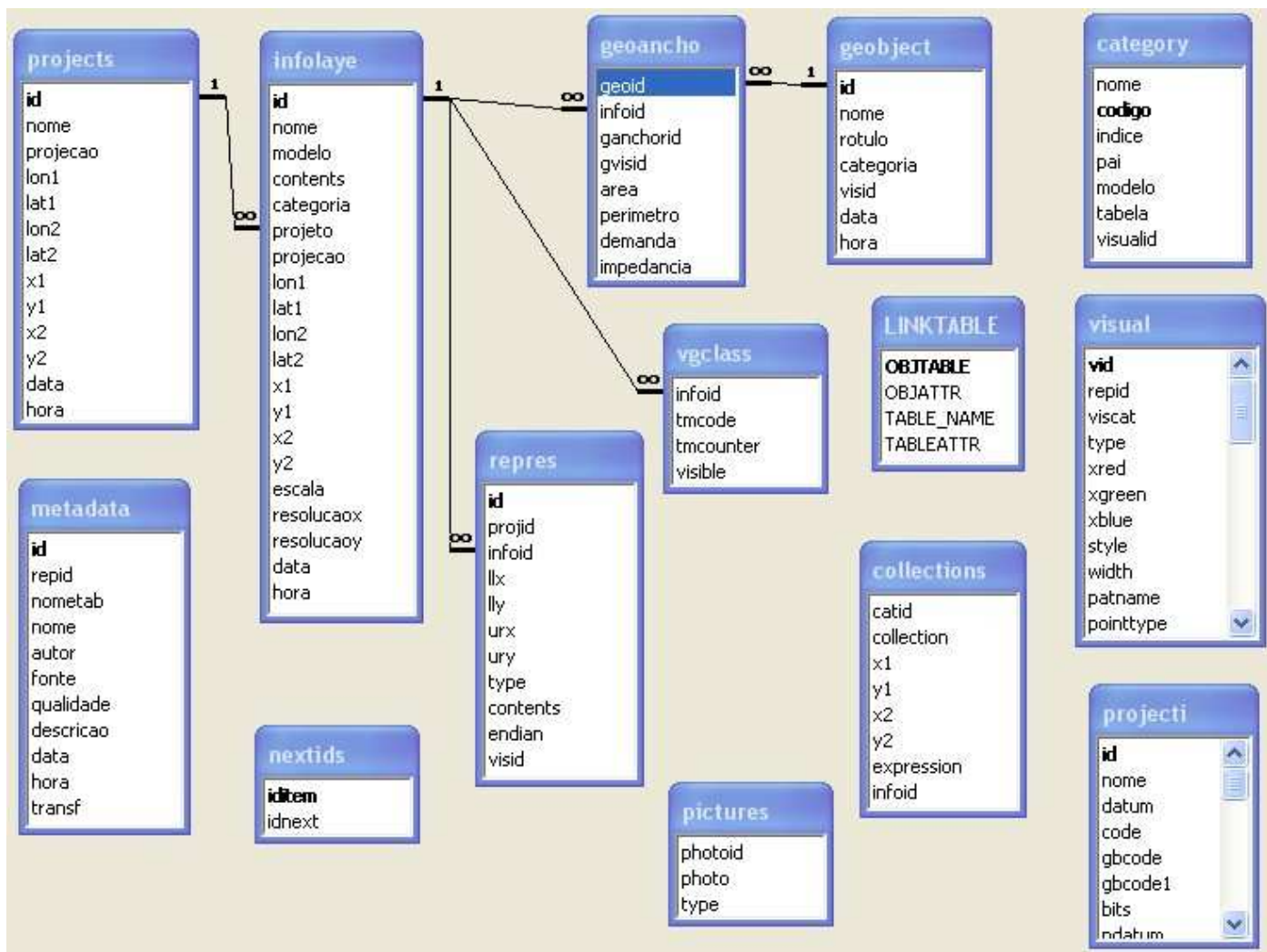
# Arquitetura Dual

- Exemplos:
  - SPRING
    - Dados alfanuméricos: SGBD relacional (dBase, Access, MySQL, Oracle)
    - Dados espaciais: Arquivos com formato específico
  
  - ArcView/ ARC/INFO (até versão 7)
    - Dados alfanuméricos: SGBD relacional
    - Dados espaciais: “shapefiles”
  
  - IDRISI
    - Dados alfanuméricos: SGBD relacional
    - Dados espaciais: matrizes
  
- Quem é o gerenciador de dados num sistema como SPRING, ArcView e IDRISI?
  - A própria aplicação



# Arquitetura Dual

- SPRING: SGBD - modelo relacional





# Arquitetura Dual

## ■ SPRING: Arquivos ASCII-SPRING

Ancoras (.an1, .an2)

Polígonos (.po1, .po2)

Linhas (.lin)

Pontos das linhas (.blk)

Pontos 2D (.p2d)

Pontos 3D (.p3d)

Imagens (.grb, .thm)

Luts (.lut)

Grades (.grb)

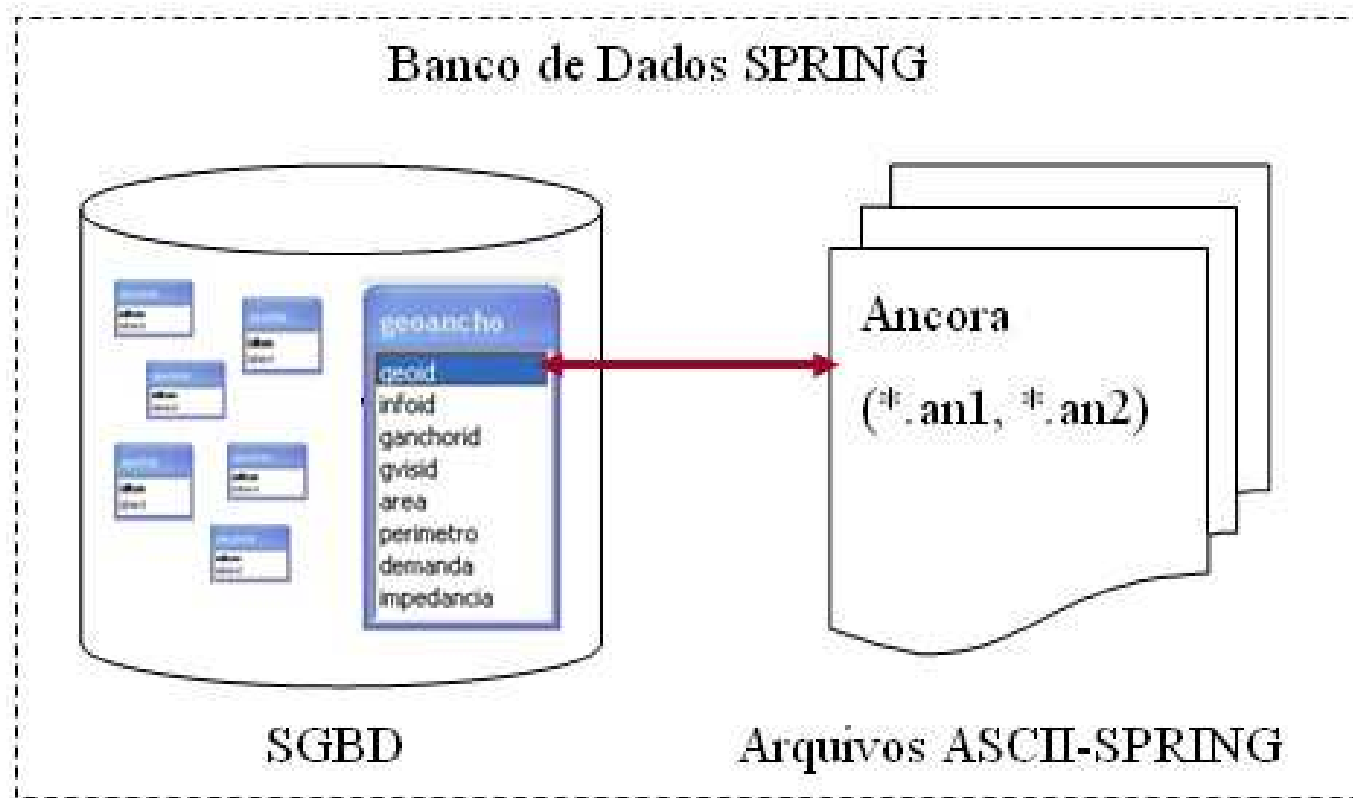
Cartas (.cht)

Árvores rtree (.rtl, rtp, .rta)

Árvores de indexação kdtree (.kdt)

# Arquitetura Dual

- SPRING



Fonte: Karine Ferreira (2006)



# Arquitetura Dual

- ArcView (versão 3.0): Banco de Dados de São Paulo
  - Arquivos: sampa.shp, sampa.dbf, sampa.shx

The screenshot displays the ArcView GIS Version 3.0 interface. The main window shows a map of São Paulo with a grid of polygons. One polygon is highlighted in yellow. The 'Attributes of Sampa.shp' table is open at the bottom, showing the following data:

Shape	Id	Name1	Name2	Parts	Points	Length
Polygon	35503031	D131	Guaianazes	1.00000	193.00000	
Polygon	35503093	D193	Vila Matilde	1.00000	170.00000	
Polygon	35503088	D188	Vila Guilherme	1.00000	54.00000	
Polygon	35503008	D108	Belem	1.00000	62.00000	
Polygon	35503010	D110	Bras	1.00000	86.00000	
Polygon	35503057	D157	Pari	1.00000	56.00000	
Polygon	35503082	D182	Tatuape	1.00000	101.00000	
Polygon	35503091	D191	Vila Maria	1.00000	97.00000	
Polygon	35503060	D160	Penha	1.00000	115.00000	
Polygon	35503038	D138	Jacana	1.00000	139.00000	
Polygon	35503094	D194	Vila Medeiros	1.00000	91.00000	
Polygon	35503004	D104	Tatuape	1.00000	120.00000	

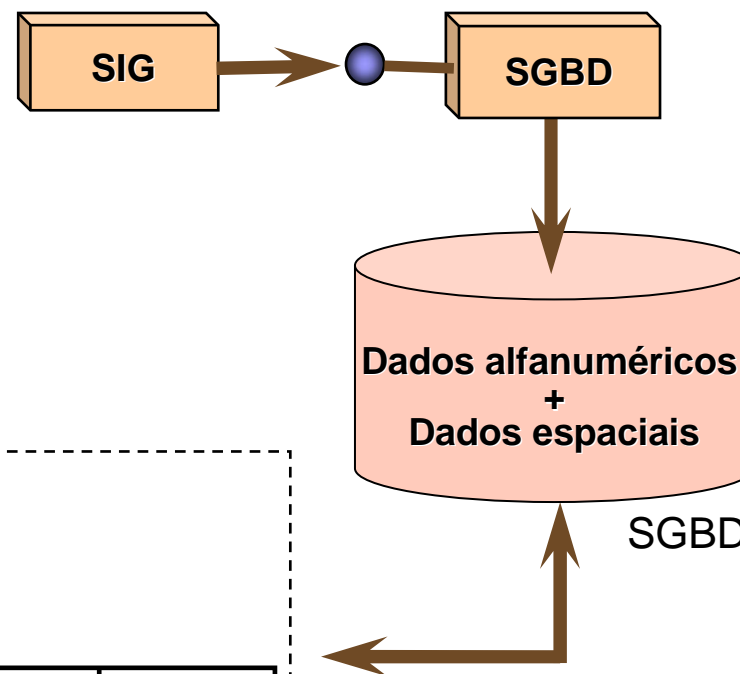
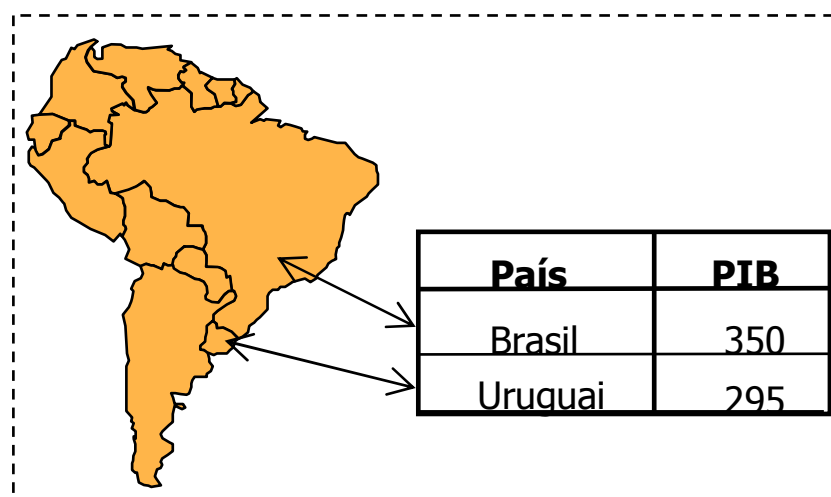


# Arquitetura Dual

- Problemas
  - Falta de interoperabilidade
  - Consultas são divididas em duas partes
  - Dificuldade em manter a integridade entre os dados espaciais e atributos
  - Não permite ambiente multiusuário:
    - Compartilhamento de dados exige duplicação dos dados
    - Atualização da informação requer nova cópia para todos os usuários

# Arquitetura Integrada

- Estrutura:
  - SGBD: para armazenar o dados geográfico:
    - SGBD relacional
    - SGBD objeto-relacional





# Arquitetura Integrada - SGBD Relacional

## ■ Modelo relacional

- Banco de dados é organizado em uma coleção de relações ou tabelas relacionadas entre si.

Aluno

MATRICULA	NOME	CURSOID
98765	João	MAT
67765	José	BIO
84562	Maria	ENG
34256	Luis	INFO
3452672	Ana	MAT
34529	Luana	MAT

Curso

CURSOID	TITULO	DURAÇÃO
INFO	Informática Indust.	4
BIO	Biologia	4
ENG	Engenharia Civil	5
MAT	Licenciatura Mat.	4

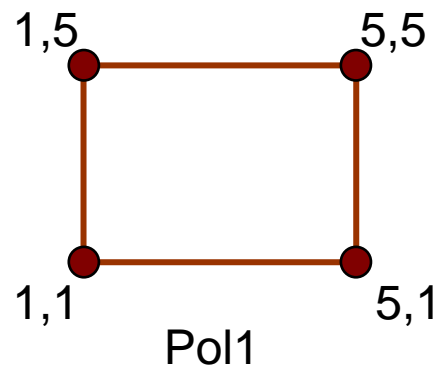




# Arquitetura Integrada - SGBD Relacional

- Como armazenar um polígono em um SGBD-R?

Alternativa 1) tabelas de pontos (x,y)



id	num_coords	num_holes
pol1	4	0
pol2	12	1

id	pt
pol1	1
pol1	2
pol1	3
pol1	4
pol1	5

id	x	y
1	1	5
2	5	5
3	5	1
4	1	1
5	1	5

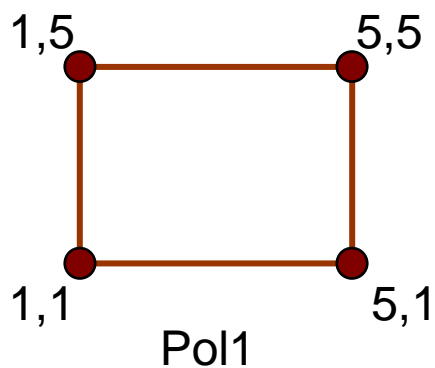
Fonte: Karine Ferreira (2006)



# Arquitetura Integrada - SGBD Relacional

- Como armazenar um polígono em um SGBD-R?

Alternativa 2) campo longo binário (BLOB)



Poligonos

id	num_coords	num_holes	poligono
pol1	4	0	(xy, xy, xy...)
pol2	12	1	(xy, xy, xy...)

Tipo BLOB



Fonte: Karine Ferreira (2006)



# Arquitetura Integrada - SGBD Relacional

## ■ Vantagens

- Facilidade na manutenção de integridade entre a componente espacial e alfanumérica
- Uso dos recursos do SGBD:
  - transação, recuperação de falhas, controle de acesso concorrente, etc.

## ■ Desvantagens

- Perda de semântica dos dados espaciais
- Limitações da SQL para manipular BLOBs
- Métodos de acesso e otimização de consultas devem ser implementados pelo SIG



## Arquitetura Integrada - SGBD-OR

- Utiliza extensões espaciais construídas sobre SGBD-OR para armazenar, gerenciar e acessar dados espaciais
  
- SGBD-OR: modelo objeto-relacional
  - Combina benefícios do modelo Relacional com a capacidade do modelo OO
  
  - Fornecem suporte para:
    - Criar objetos complexos
    - Executar consultas complexas sobre dados complexos



## Extensão espacial

- SGBD-OR são estendidos para suportar:
  - Tipos de dados espaciais: polígono, ponto, linha, etc;
  - Operadores e funções utilizados na SQL para manipular dados espaciais (consultas e junção)
  - Métodos eficientes de acesso aos dados espaciais
  
- Extensões existentes (seguem padrão OGC):
  - Comerciais
    - Oracle Spatial
    - IBM DB2 Spatial Extender
  - Livres
    - PostGIS
    - Extensão espacial para MySQL (em desenvolvimento)



## Open Geospatial Consortium – OGC

- Consórcio formado por empresas, universidades e agências governamentais.
- Promover o desenvolvimento de padrões que facilitem a interoperabilidade entre sistemas envolvendo informação geo-espacial.
- Os produtos do trabalho do OGC são apresentados sob a forma de especificações de interfaces e padrões de intercâmbio.

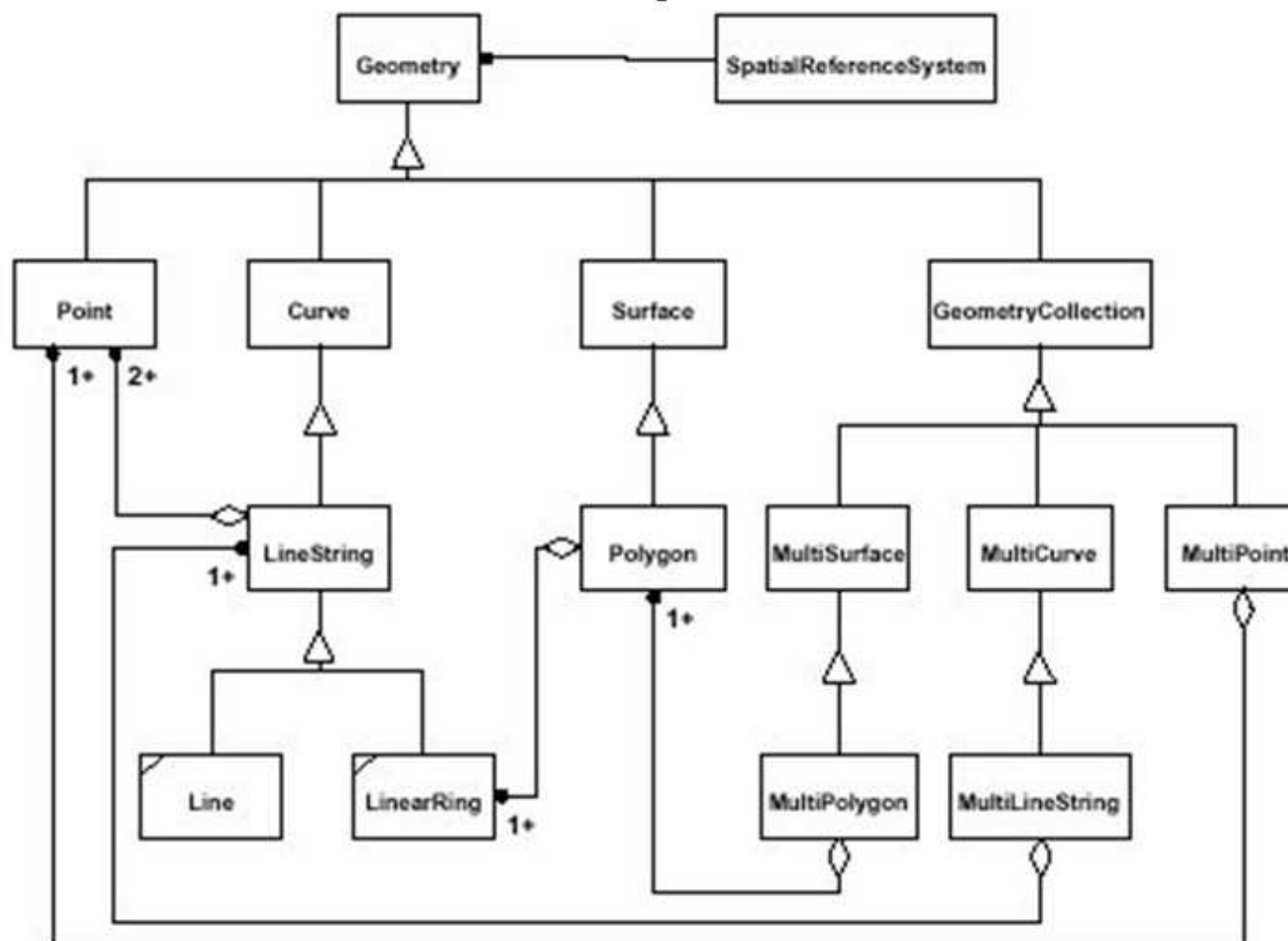


## Open Geospatial Consortium – OGC

- Algumas especificações OGC:
  - **SFS-SQL** (Simple Feature Specification For SQL): especificações sobre o armazenamento e recuperação de dados espaciais em sistemas de bancos de dados.
  - **GML** (Geography Markup Language): intercâmbio de dados.
  - **OWS** (OGC Web Services): especificações de serviços WEB
    - WFS: Web Feature Service
    - WMS: Web Map Server

# SFS-SQL

- Tipos de geometrias vetoriais:







## SFS-SQL

- Tipos de geometrias vetoriais - exemplos:
  - Criar uma tabela para armazenar os municípios de São Paulo:

```
CREATE TABLE municípiossp
(cod          INTEGER,
nomemunicp   VARCHAR(255) NULL,
populacao    REAL
geometria    POLYGON);
```









- Criar uma tabela para armazenar os rios de São Paulo:

```
CREATE TABLE drenagemsp
( cod          INTEGER,
nominio       VARCHAR(255) NULL,
geometria     LINestring);
```

# SFS-SQL

## ■ Spatial SQL:

- Operadores topológicos baseados na matriz de 9-Interseções estendida dimensionalmente (DE-9IM) : touches, equals, overlaps, disjoint, intersects, contains, insides, covers, coveredBy.

 $\begin{matrix} \partial B & B^\circ & B^- \\ \partial A \begin{pmatrix} \emptyset & \emptyset & -\emptyset \\ \emptyset & \emptyset & -\emptyset \\ -\emptyset & -\emptyset & -\emptyset \end{pmatrix} \\ A^\circ \\ A^- \end{matrix}$ <p><b>disjoint</b></p>	 $\begin{matrix} \partial B & B^\circ & B^- \\ \partial A \begin{pmatrix} -\emptyset & \emptyset & -\emptyset \\ \emptyset & \emptyset & -\emptyset \\ -\emptyset & -\emptyset & -\emptyset \end{pmatrix} \\ A^\circ \\ A^- \end{matrix}$ <p><b>meet</b></p>	 $\begin{matrix} \partial B & B^\circ & B^- \\ \partial A \begin{pmatrix} \emptyset & \emptyset & -\emptyset \\ -\emptyset & -\emptyset & -\emptyset \\ \emptyset & \emptyset & -\emptyset \end{pmatrix} \\ A^\circ \\ A^- \end{matrix}$ <p><b>contains</b></p>	 $\begin{matrix} \partial B & B^\circ & B^- \\ \partial A \begin{pmatrix} -\emptyset & \emptyset & -\emptyset \\ -\emptyset & -\emptyset & -\emptyset \\ \emptyset & \emptyset & -\emptyset \end{pmatrix} \\ A^\circ \\ A^- \end{matrix}$ <p><b>covers</b></p>
 $\begin{matrix} \partial B & B^\circ & B^- \\ \partial A \begin{pmatrix} -\emptyset & \emptyset & \emptyset \\ \emptyset & -\emptyset & \emptyset \\ \emptyset & \emptyset & -\emptyset \end{pmatrix} \\ A^\circ \\ A^- \end{matrix}$ <p><b>equal</b></p>	 $\begin{matrix} \partial B & B^\circ & B^- \\ \partial A \begin{pmatrix} -\emptyset & -\emptyset & -\emptyset \\ -\emptyset & -\emptyset & -\emptyset \\ -\emptyset & -\emptyset & -\emptyset \end{pmatrix} \\ A^\circ \\ A^- \end{matrix}$ <p><b>overlap</b></p>	 $\begin{matrix} \partial B & B^\circ & B^- \\ \partial A \begin{pmatrix} \emptyset & -\emptyset & \emptyset \\ \emptyset & -\emptyset & \emptyset \\ -\emptyset & -\emptyset & -\emptyset \end{pmatrix} \\ A^\circ \\ A^- \end{matrix}$ <p><b>inside</b></p>	 $\begin{matrix} \partial B & B^\circ & B^- \\ \partial A \begin{pmatrix} -\emptyset & -\emptyset & \emptyset \\ \emptyset & -\emptyset & \emptyset \\ -\emptyset & -\emptyset & -\emptyset \end{pmatrix} \\ A^\circ \\ A^- \end{matrix}$ <p><b>covered by</b></p>



## SFS-SQL

- Spatial SQL:
  - Outros operadores: `distance`, `buffer`, `convexHull`, `intersection`, `union`, `difference`, `area`, `centroid` e `pointOnSurface`



## SFS-SQL

- Spatial SQL - Exemplos:

- Encontre todos os municípios de SP que são vizinhos do município de São Paulo:

```
SELECT d2.nomemunicp
FROM municipiossp d1, municipiossp d2
WHERE TOUCHES(d1.geometria, d2.geometria)
AND (d2.nomemunicp <> 'SAO PAULO')
AND (d1.nomemunicp = 'SAO PAULO');
```



## SFS-SQL

- Spatial SQL - Exemplos:

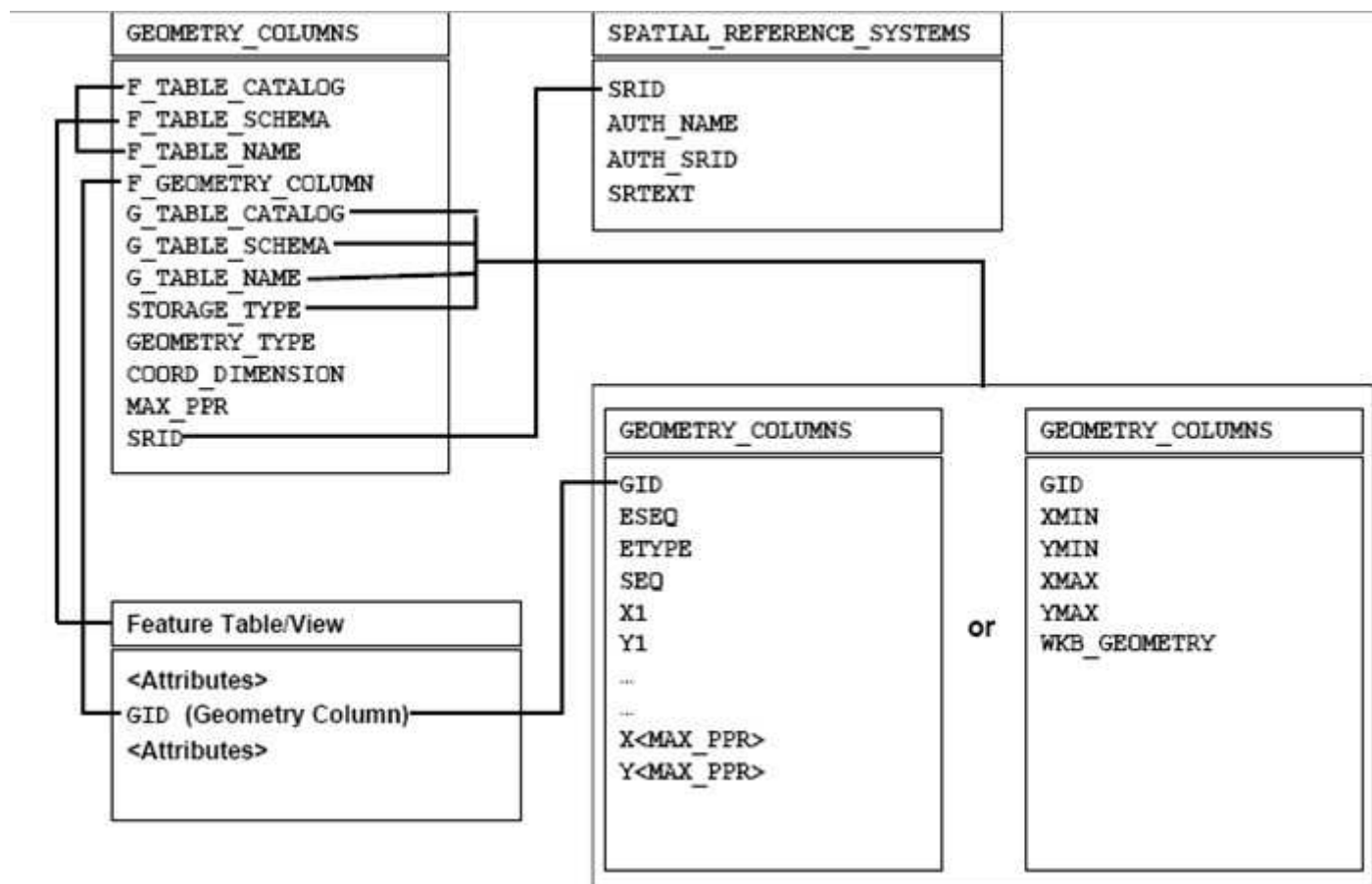
- Encontre todos os municípios de SP que estão num raio de 3Km do rio X:

```
SELECT nomemunicp
FROM      municipiossp, drenagemsp
WHERE    INTERSECTS
        (BUFFER(drenagemsp.geometria, 3000),
municipiossp.geometria)
AND      drenagemsp.numerio = 'X';
```



# SFS-SQL

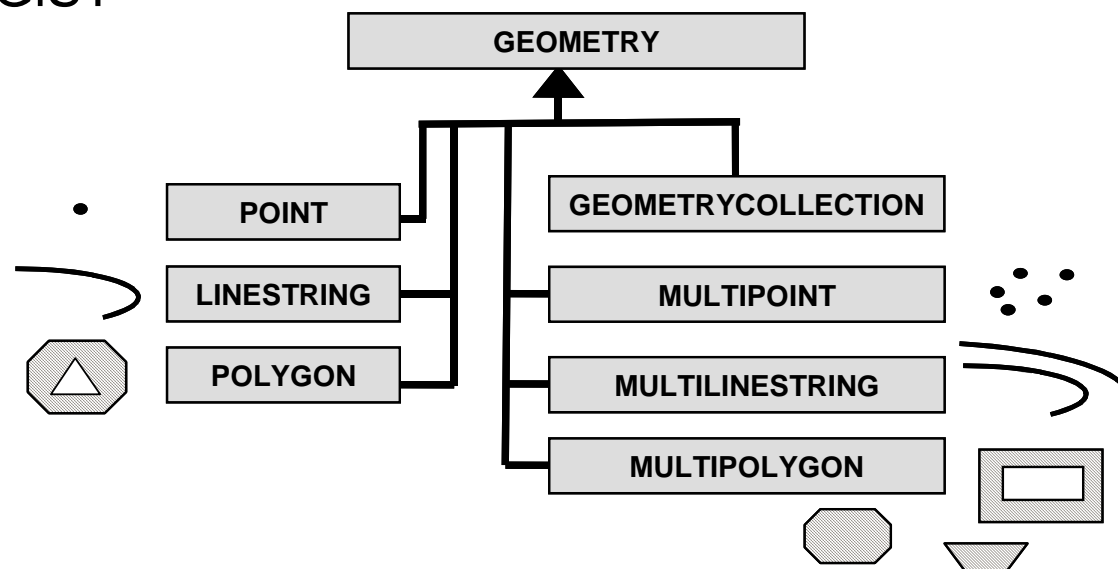
## ■ Esquema de metadados



# Extensão espacial - PostGIS



- Extensão do SGBD PostgreSQL (SFS-SQL):
  - Tipos de dados geométricos.
  - Operadores espaciais:
    - Através da biblioteca GEOS
  - Métodos de Acesso Espacial:
    - R-Tree sobre GiST





## PostGIS – Tipos de Dados Espaciais

- Criação de Tabelas com tipos de dados espaciais:

```
CREATE TABLE distritosp  
( cod          SERIAL,  
  sigla        VARCHAR(10),  
  denominacao  VARCHAR(50),  
  PRIMARY KEY (cod)  
);
```

```
SELECT AddGeometryColumn('terralibdb',  
  'distritosp', 'spatial_data', -1, 'POLYGON',  
  2);
```







## PostGIS – Tipos de Dados Espaciais

- Inserindo dados em tabelas com tipos de dados espaciais:

```
INSERT INTO distritosp  
  (sigla, denominacao, spatial_data)  
VALUES ('CTR', 'Centro',  
GeometryFromText('Polygon((0 0, 10 0, 10 10, 0  
10, 0 0), (5 5, 5 6, 6 6, 6 5, 5 5))', -1));
```



# PostGIS – Tipos de Dados Espaciais

- Metadados: Sistema de Coordenadas

<b>spatial_ref_sys</b>		
<b>Attribute</b>	<b>Type</b>	<b>Modifier</b>
srid	INTEGER	PK
auth_name	VARCHAR(256)	
auth_srid	INTEGER	
srttext	VARCHAR(2048)	
proj4text	VARCHAR(2048)	



## PostGIS – Tipos de Dados Espaciais

- Metadados: Tabelas e colunas com tipos espaciais

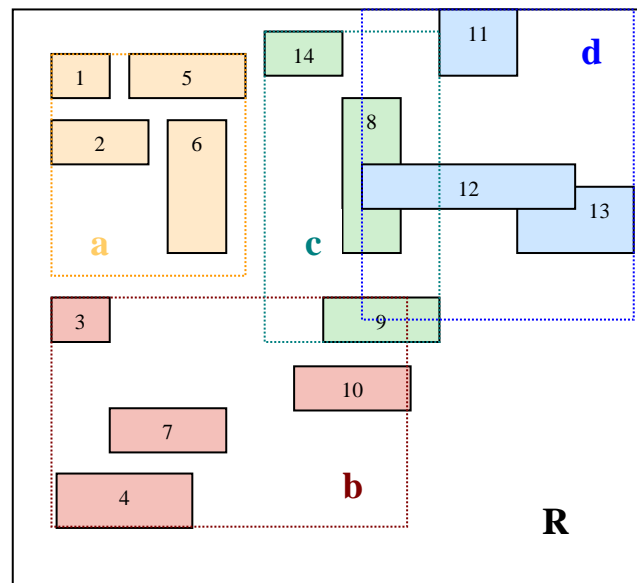
<b>geometry_columns</b>		
<b>Attribute</b>	<b>Type</b>	<b>Modifier</b>
f_table_catalog	VARCHAR(256)	PK
f_table_schema	VARCHAR(256)	PK
f_table_name	VARCHAR(256)	PK
f_geometry_column	VARCHAR(256)	PK
coord_dimension	INTEGER	
srid	INTEGER	FK
type	VARCHAR(30)	



# PostGIS – Indexação Espacial

- Podemos utilizar uma R-Tree implementada no topo do mecanismo GiST para os tipos de dados espaciais:

```
CREATE INDEX sp_idx_name ON distritosp  
  USING GIST (spatial_data GIST_GEOMETRY_OPS);
```



R-Tree



## PostGIS – Consultas Espaciais

- Operadores Topológicos:
  - equals(geometry, geometry)
  - disjoint(geometry, geometry)
  - intersects(geometry, geometry)
  - touches(geometry, geometry)
  - crosses(geometry, geometry)
  - within(geometry, geometry)
  - overlaps(geometry, geometry)
  - contains(geometry, geometry)



## PostGIS – Consultas Espaciais

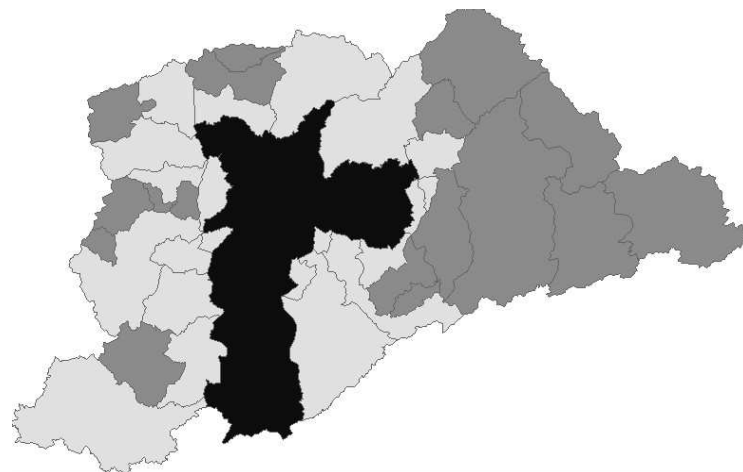
- Operadores Conjunto:
  - `intersection(geometry, geometry)`
  - `geomUnion(geometry, geometry)`
  - `symdifference(geometry, geometry)`
  - `difference(geometry, geometry)`
  
- Operadores Métricos:
  - `distance(geometry, geometry)`
  - `area(geometry)`



## PostGIS – Consultas Espaciais

- “Recuperar o nome de todos os municípios da grande São Paulo que são vizinhos ao município de São Paulo”.

```
SELECT d2.nomemunicp
FROM grande_sp d1,
      grande_sp d2
WHERE intersects(d1.spatial_data, d2.spatial_data)
      AND (d2.nomemunicp <> 'SAO PAULO')
      AND (d1.nomemunicp = 'SAO PAULO')
```

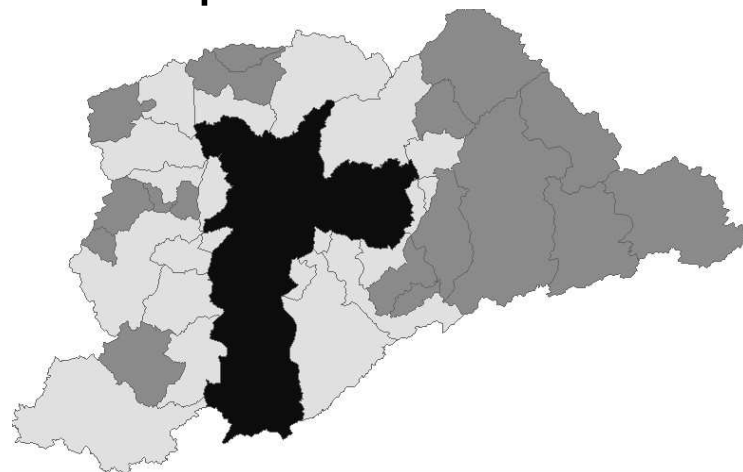




## PostGIS – Consultas Espaciais

- “Recuperar o nome de todos os municípios da grande São Paulo que são vizinhos ao município de São Paulo”.

```
SELECT d2.nomemunicp
FROM grande_sp d1,
      grande_sp d2
WHERE intersects(p1.spatial_data, p2.spatial_data)
      AND (d2.nomemunicp <> 'SAO PAULO')
      AND (d1.spatial_data && d2.spatial_data)
      AND (d1.nomemunicp = 'SAO PAULO')
```

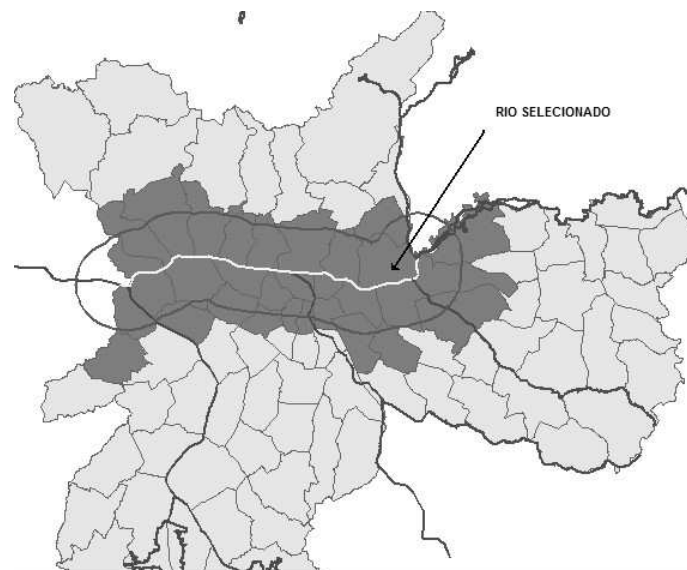






## PostGIS – Consultas Espaciais

- “Recuperar todos os distritos que estão num raio de 3Km de um determinado rio”



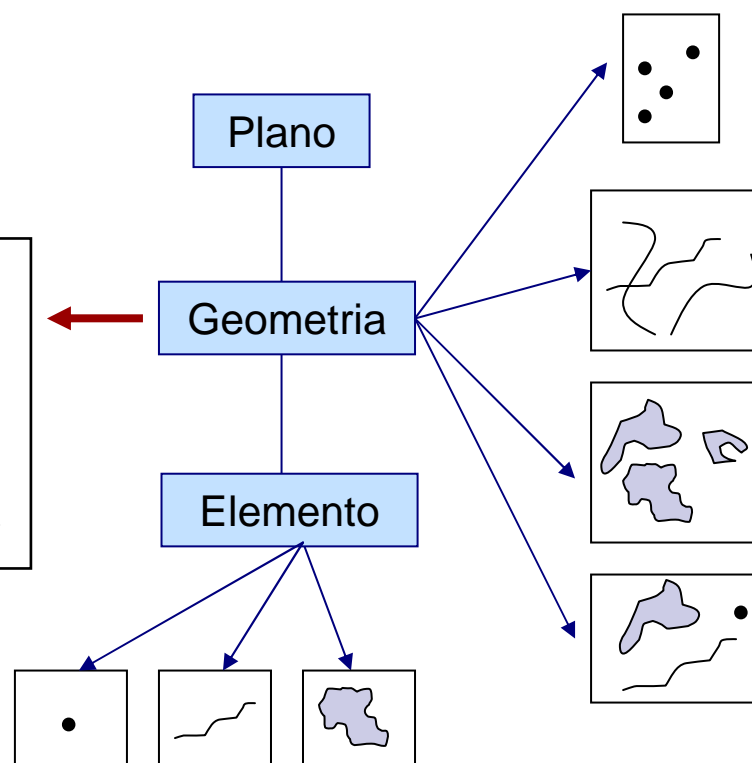
```
SELECT sp_distritos.deno
FROM sp_distritos,
      sp_drenagem,
WHERE intersects(buffer(sp_drenagem.spatial_data,
                        3000),
                 sp_distritos.spatial_data)
AND sp_drenagem.object_id = '59';
```



# Extensão espacial - Oracle Spatial

- Extensão do SGBD Oracle (SFS-SQL):
  - Tipos de dados geométricos.
  - Operadores e funções espaciais:
  - Métodos de Acesso Espacial:
    - R-Tree e QuadTree

```
CREATE TYPE SDO_GEOMETRY AS OBJECT (  
SDO_GTYPE          NUMBER,  
SDO_SRID           NUMBER,  
SDO_POINT          SDO_POINT_TYPE,  
SDO_ELEM_INFO      SDO_ELEM_INFO_ARRAY,  
SDO_ORDINATES      SDO_ORDINATE_ARRAY);
```



Fonte: Karine Ferreira (2006)



## Oracle Spatial – Tipos de Dados Espaciais

- Criação de tabelas com tipos de dados espaciais:

```
CREATE TABLE distritosp  
( cod          NUMBER(32),  
  sigla        VARCHAR(10),  
  denominacao  VARCHAR(50),  
  spatial_data MDSYS.SDO_GEOMETRY  
  PRIMARY KEY (cod)  
);
```





# Oracle Spatial – Metadados

## MDSYS.CS SRS

SC_NAME	VARCHAR2 ( 68 )
<b>SRID</b>	NUMBER ( 38 )
AUTH_SRID	NUMBER ( 38 )
AUTH_NAME	VARCHAR2 ( 256 )
WKTEXT	VARCHAR2 ( 2046 )
SC_BOUDS	SDO_GEOMETRY

## USER SDO GEOM METADATA

TABLE_NAME	VARCHAR2 ( 32 )
COLUMN_NAME	VARCHAR2 ( 32 )
DIMINFO	SDO_DIM_ARRAY
<b>SRID</b>	NUMBER

## USER SDO INDEX INFO

SDO_INDEX_OWNER	VARCHAR2 ( 32 )
INDEX_NAME	VARCHAR2 ( 32 )
TABLE_NAME	VARCHAR2 ( 32 )
COLUMN_NAME	VARCHAR2 ( 32 )
SDO_INDEX_TYPE	VARCHAR2 ( 32 )
SDO_INDEX_TABLE	VARCHAR2 ( 32 )
SDO_INDEX_STATUS	VARCHAR2 ( 32 )



## Oracle Spatial – Tipos de Dados Espaciais

- Inserindo dados em tabelas com tipos de dados espaciais:

```
INSERT INTO distritosp (cod, sigla,  
denominacao,spatial_data)  
VALUES (1, 'VMR', 'VILA MARIA'  
MDSYS.SDO_GEOMETRY(2003, NULL, NULL,  
MDSYS.SDO_ELEM_INFO_ARRAY( 1, 1003, 1 ),  
MDSYS.SDO_ORDINATE_ARRAY(6,10, 10,1, 14,10,  
10,14, 6,10)))
```



## Oracle Spatial – Indexação Espacial

- Indexando uma coluna espacial (R-Tree):

```
CREATE INDEX distritosp_IDX  
ON distritosp(SPATIAL_DATA)  
INDEXTYPE IS MDSYS.SPATIAL_INDEX
```

- Funções para trabalhar com os índices:

```
SDO_TUNE.QUALITY_DEGRADATION  
ALTER INDEX REBUILD
```



## Oracle Spatial – Consultas Espaciais

- Operadores:
  - Usados na cláusula WHERE de uma consulta SQL
  - Utilizam indexação espacial

Operadores	Descrição
SDO_FILTER	Implementa o primeiro filtro do modelo de consulta (baseado nos MBR)
SDO_RELATE ( SDO_TOUCH, SDO_ON, SDO_INSIDE )	Avalia se as geometrias possuem uma determinada relação topológica
SDO_WITHIN_DISTANCE	Verifica se duas geometrias estão dentro de uma determinada distância.
SDO_NN	Identifica os n vizinhos mais próximos de uma geometria



## Oracle Spatial – Consultas Espaciais

- Funções:
  - Definidas como subprogramas PL/SQL
  - Usados na cláusula WHERE ou em SUBCONSULTAS
  - Podem ser utilizadas sobre colunas espaciais não indexadas

Funções	Descrição
SDO_INTERSECTION, SDO_UNION SDO_DIFFERENCE, SDO_XOR	Operações de conjunto
SDO_BUFFER, SDO_CENTROID, SDO_CONVEXHULL	Operações que geram novas geometrias
SDO_AREA, SDO_LENGTH, SDO_DISTANCE	Operações métricas

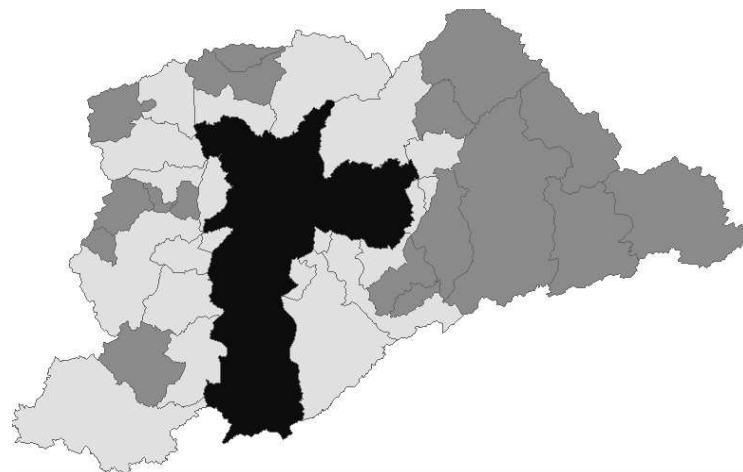




## Oracle Spatial – Consultas Espaciais

- “Recuperar o nome de todos os municípios da grande São Paulo que são vizinhos ao município de São Paulo”.

```
SELECT d2.nomemunicp
FROM   grande_sp d1,
       grande_sp d2
WHERE  SDO_TOUCH (d1.spatial_data,
                  d2.spatial_data) = 'TRUE'
AND    (d2.nomemunicp <> 'SAO PAULO')
AND    (d1.nomemunicp = 'SAO PAULO')
```

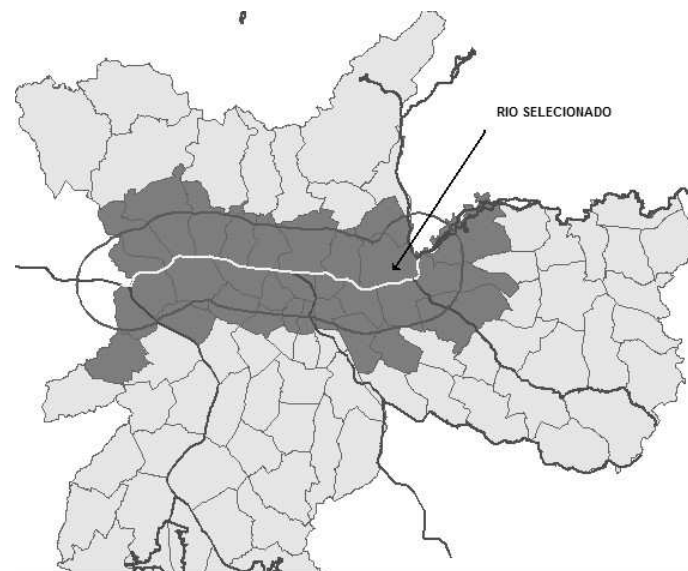




## Oracle Spatial – Consultas Espaciais

- “Recuperar todos os distritos que estão num raio de 3Km de um determinado rio”

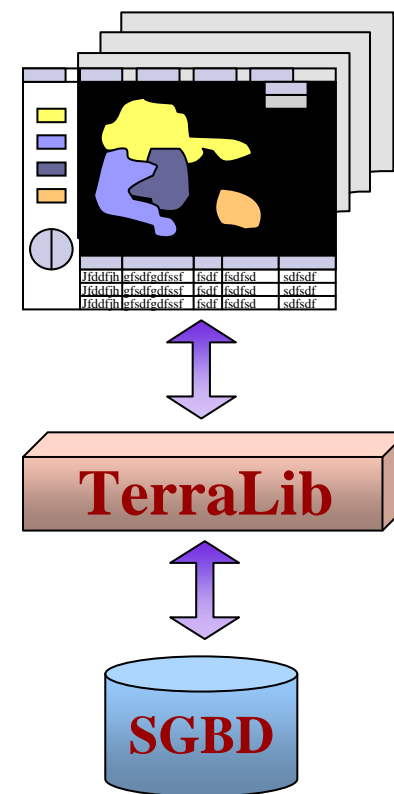
```
SELECT di.deno
FROM   sp_distritos di,
       sp_drenagem dr,
       user_sdo_geom_metadata m,
WHERE
       SDO_RELATE (di.spatial_data,
                   SDO_BUFFER (dr.spatial_data, m.diminfo, 3000),
                   'mask=INSIDE+TOUCH+OVERLAPBDYINTERSECT') = 'TRUE'
AND m.table_name = 'sp_drenagem'
AND m.column_name = 'spatial_data'
AND dr.object_id = '59';
```





# TerraLib

- É uma biblioteca de software, livre e de código fonte aberto, que oferece suporte para a construção de aplicativos geográficos baseados na arquitetura integrada.
- Desenvolvida em C++
- Suporta:
  - SGBD relacional
    - Access, Oracle, Postgres, MySQL, SQLServer
  - SGBD OR
    - Oracle Spatial, PostGIS





# TerraLib

- Livre e de código fonte aberto
  - GNU Library License (or Lesser General Public License - LGPL)



- Parceiros de desenvolvimento

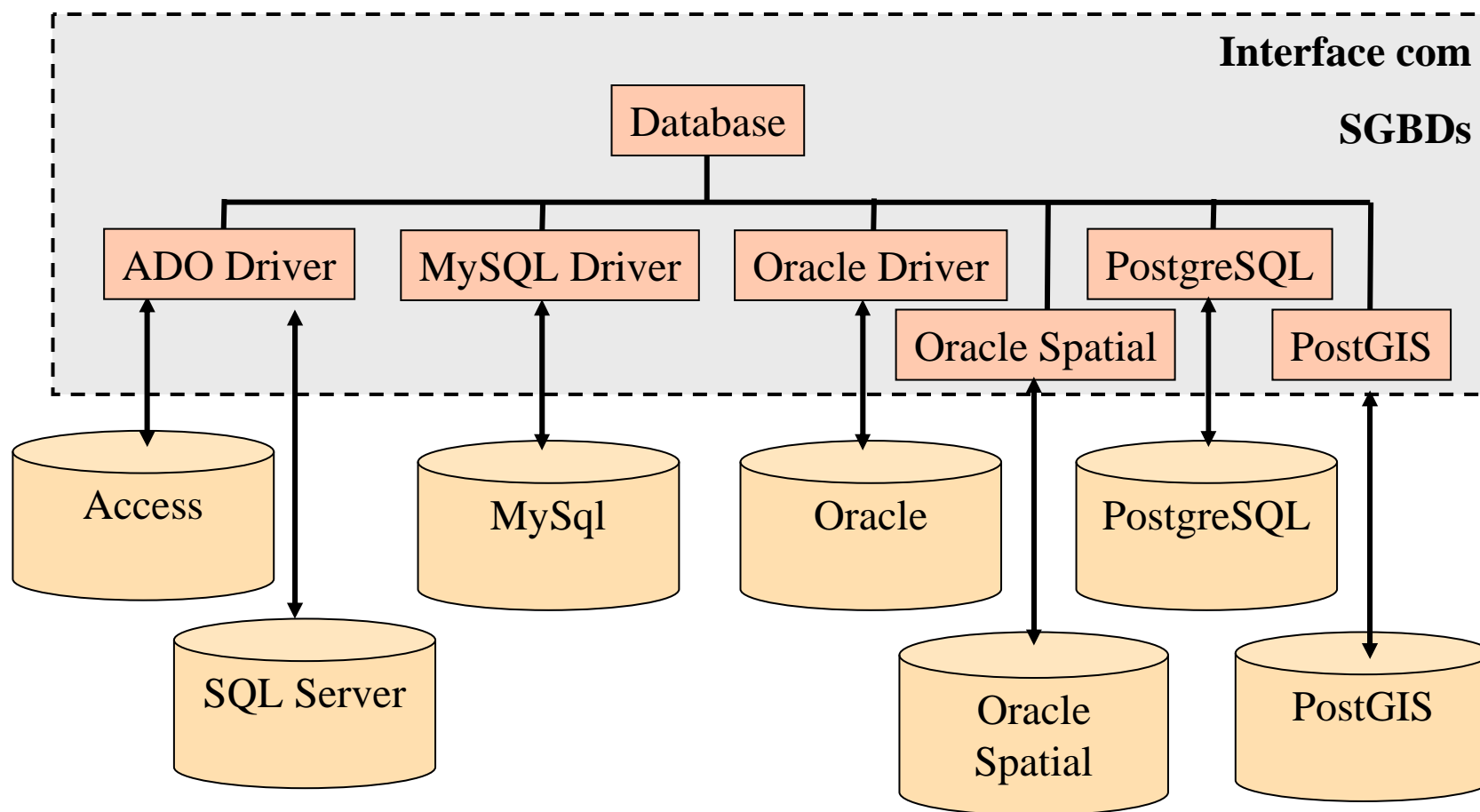


Tecgraf PUC-RIO



# TerraLib

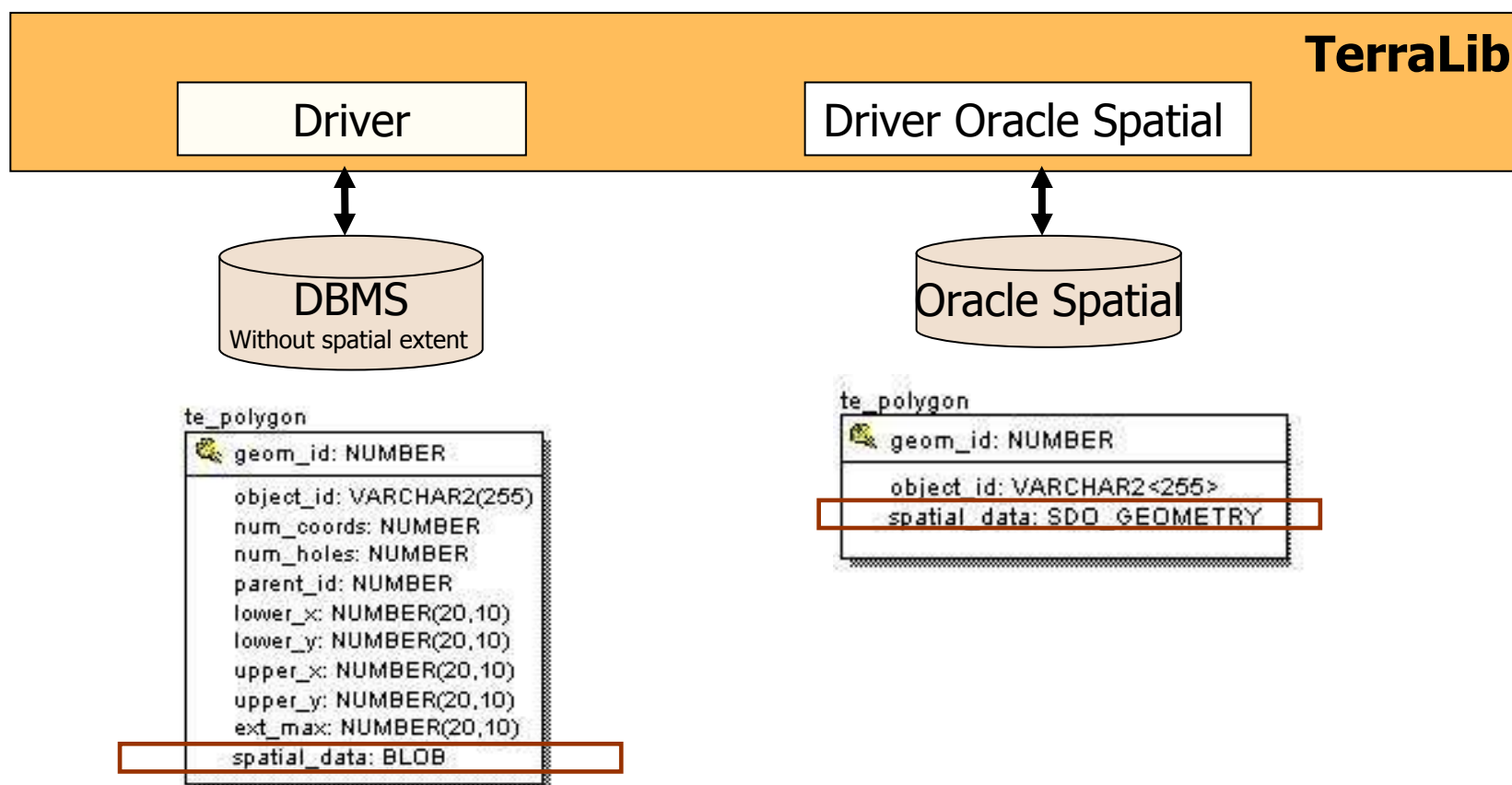
## ■ Interface com SGBDs





# TerraLib - Tabelas de Dados Vetoriais

- SGBD sem e com extensão espacial

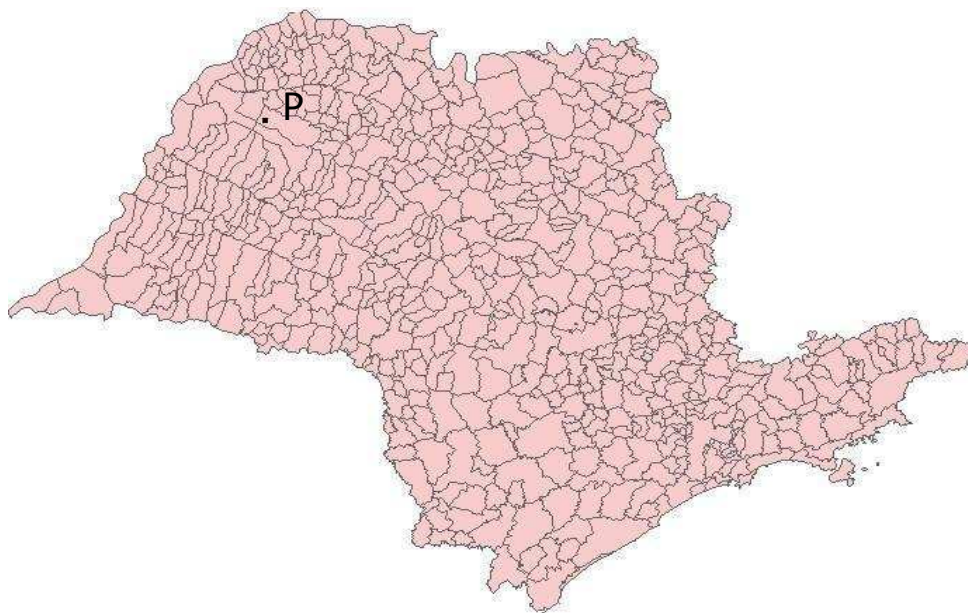


Fonte: Karine Ferreira (2006)



## TerraLib - Drivers

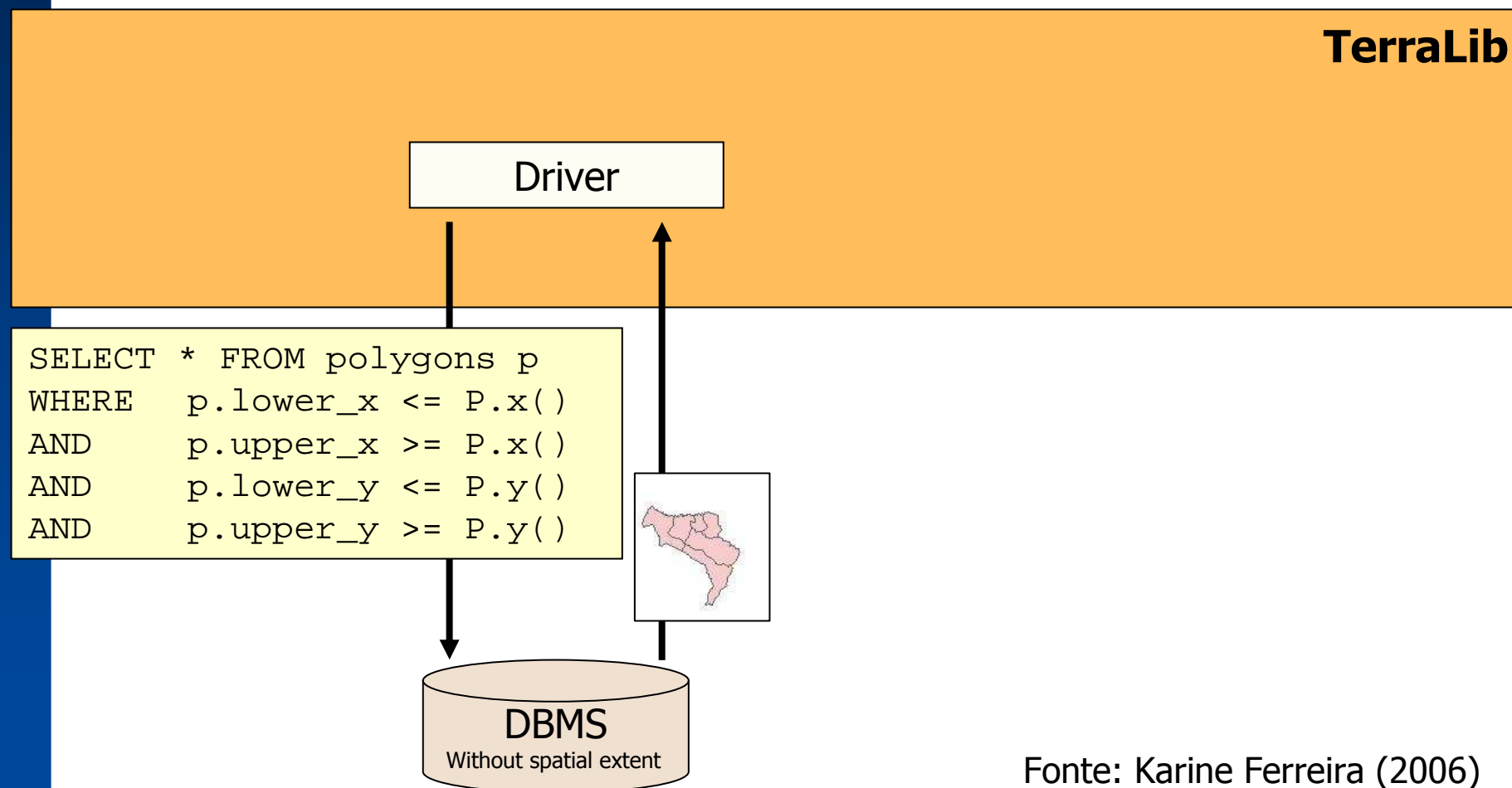
- Diferentes implementações dos métodos do Database
  - Ex.: LocatePolygon → Qual o polígono que contém o ponto P?





## TerraLib - Drivers

- LocatePolygon: SGBD sem extensão espacial



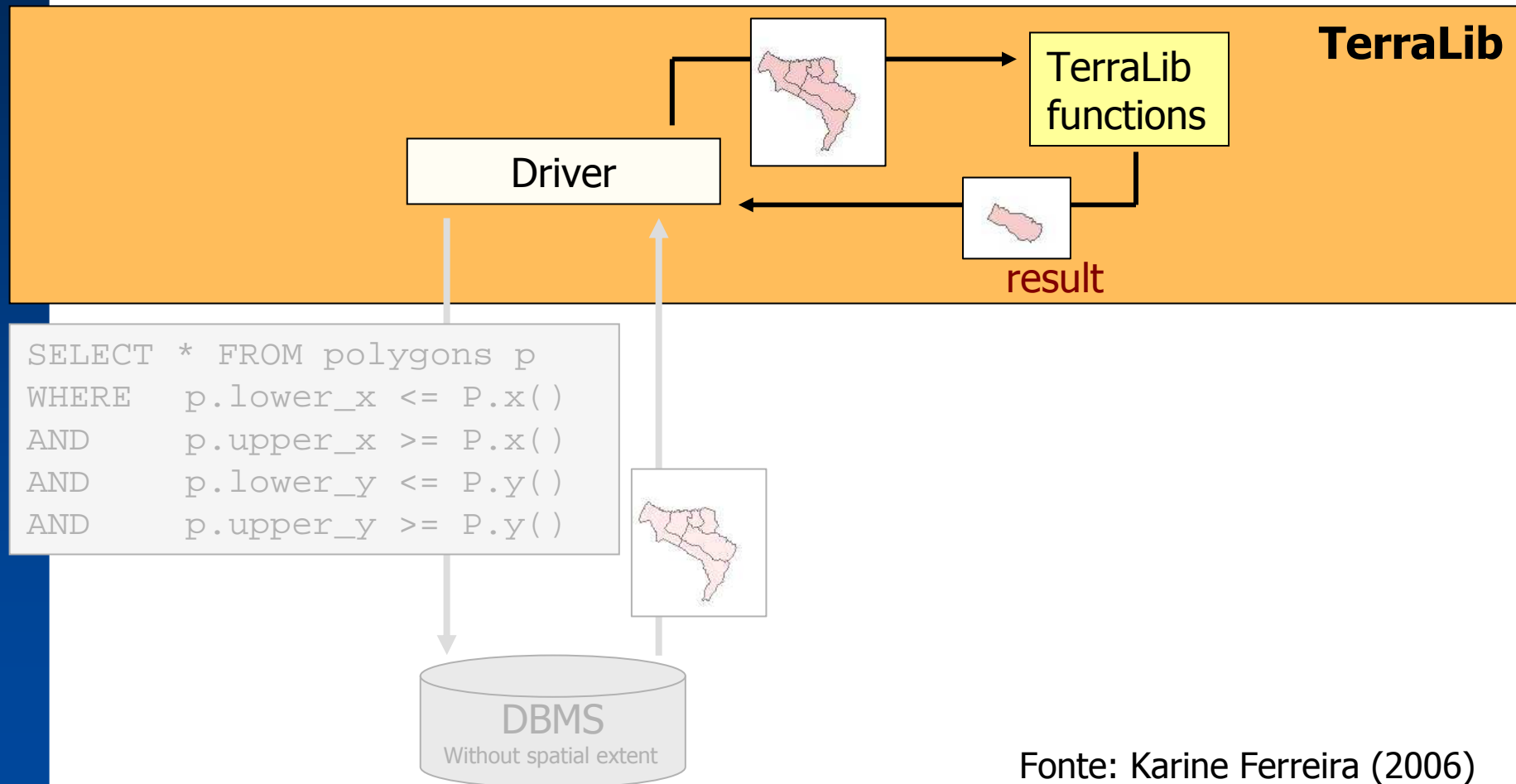
Fonte: Karine Ferreira (2006)





# TerraLib - Drivers

- LocatePolygon: SGBD sem extensão espacial

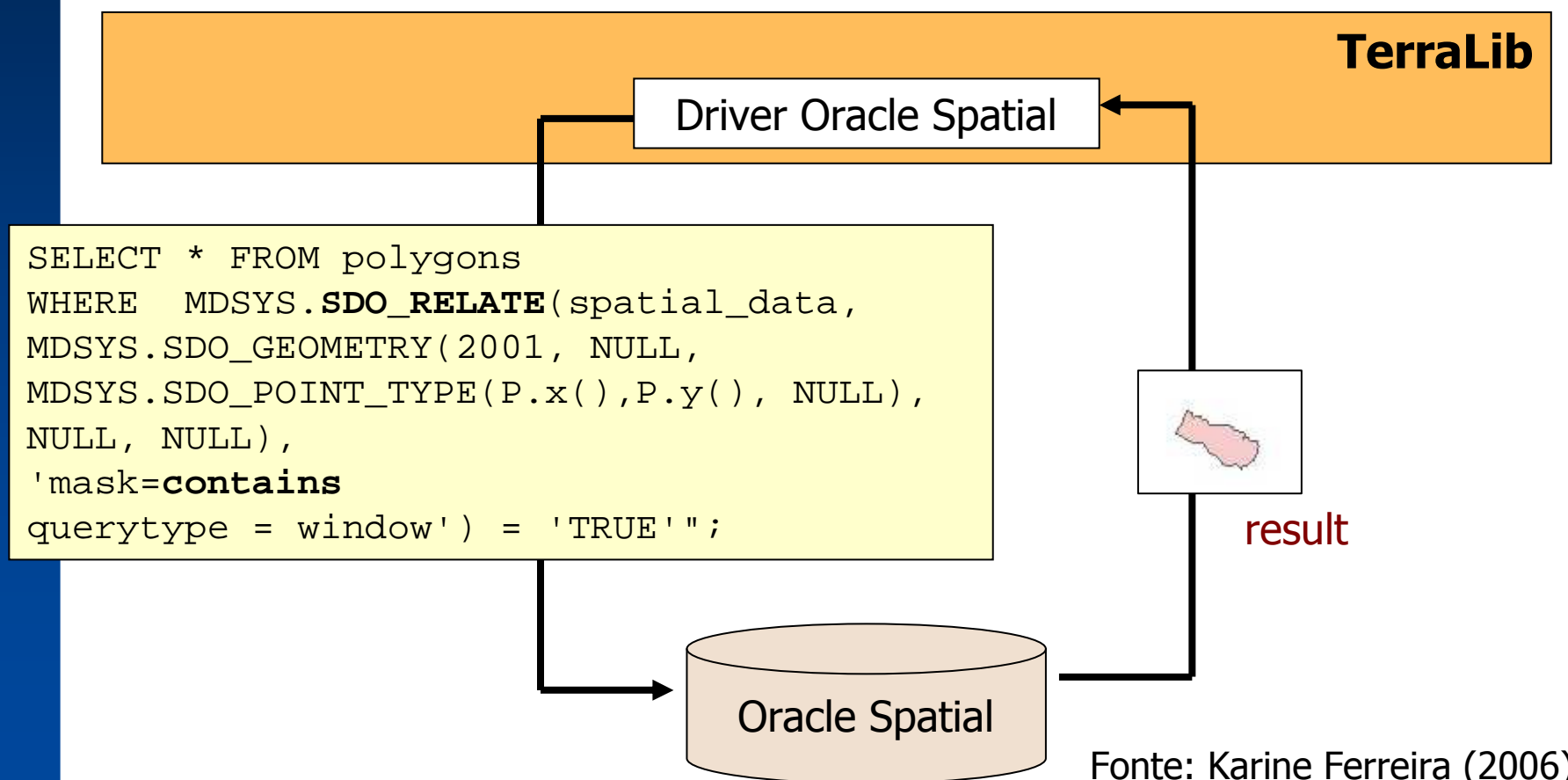


Fonte: Karine Ferreira (2006)



## TerraLib - Drivers

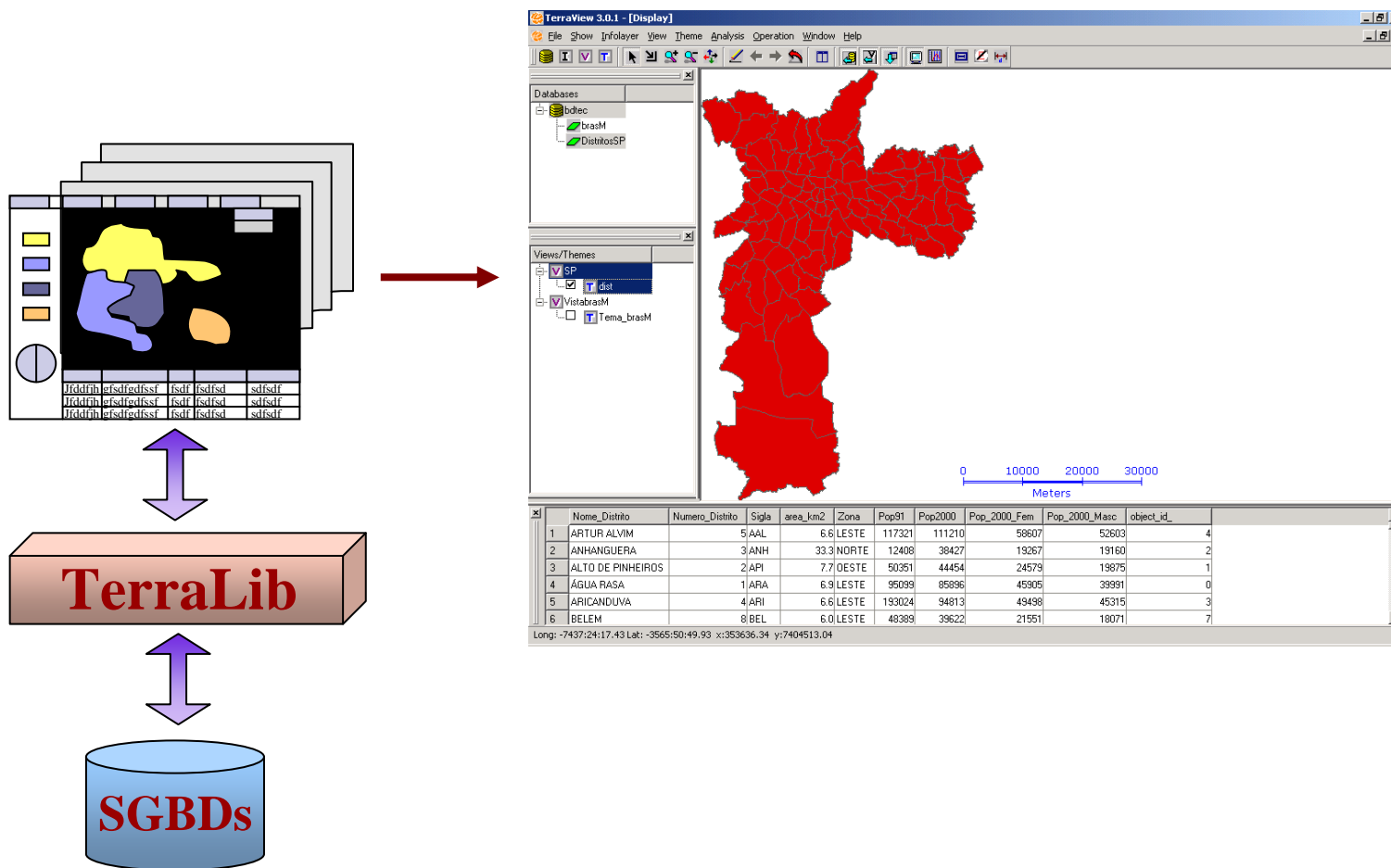
- LocatePolygon: SGBD com extensão espacial





# TerraView

- Um Aplicativo Geográfico que utiliza a TerraLib



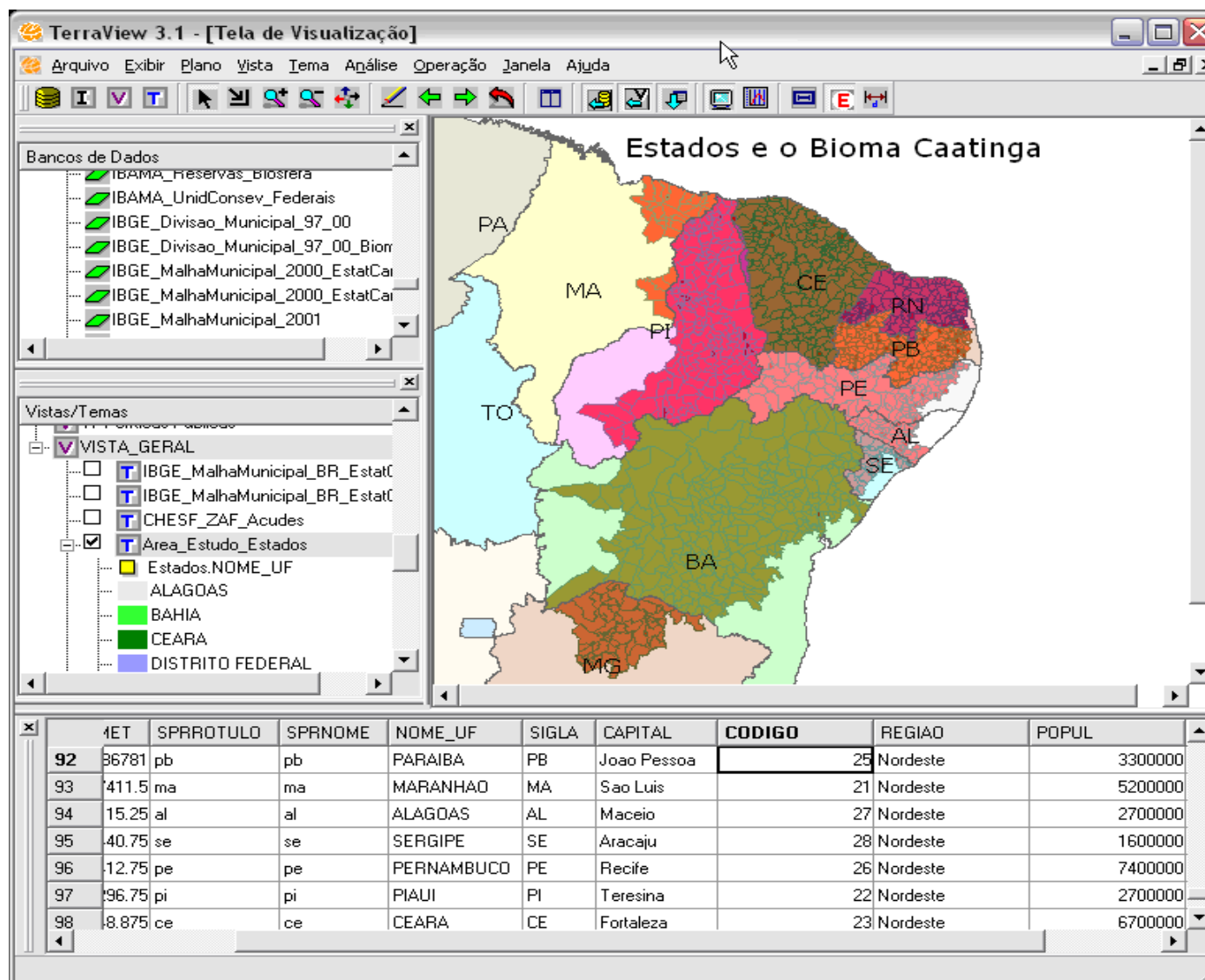


## TerraView

- É um aplicativo construído sobre a biblioteca TerraLib:
  - Exemplifica a utilização da biblioteca **TerraLib**
  
- Funcionalidades:
  - Visualização e manipulação de dados vetoriais (pontos, linhas e polígonos) e matriciais (grades e imagens)
  - Consultas espaciais e por atributos
  - Agrupamentos e geração de legendas
  - Gráficos (histogramas) e pie bar
  - Análise espacial (Índice de Moran, Mapa de Kernel, etc)
  - Operações geográficas (Buffer, Interseção, Diferença, etc)

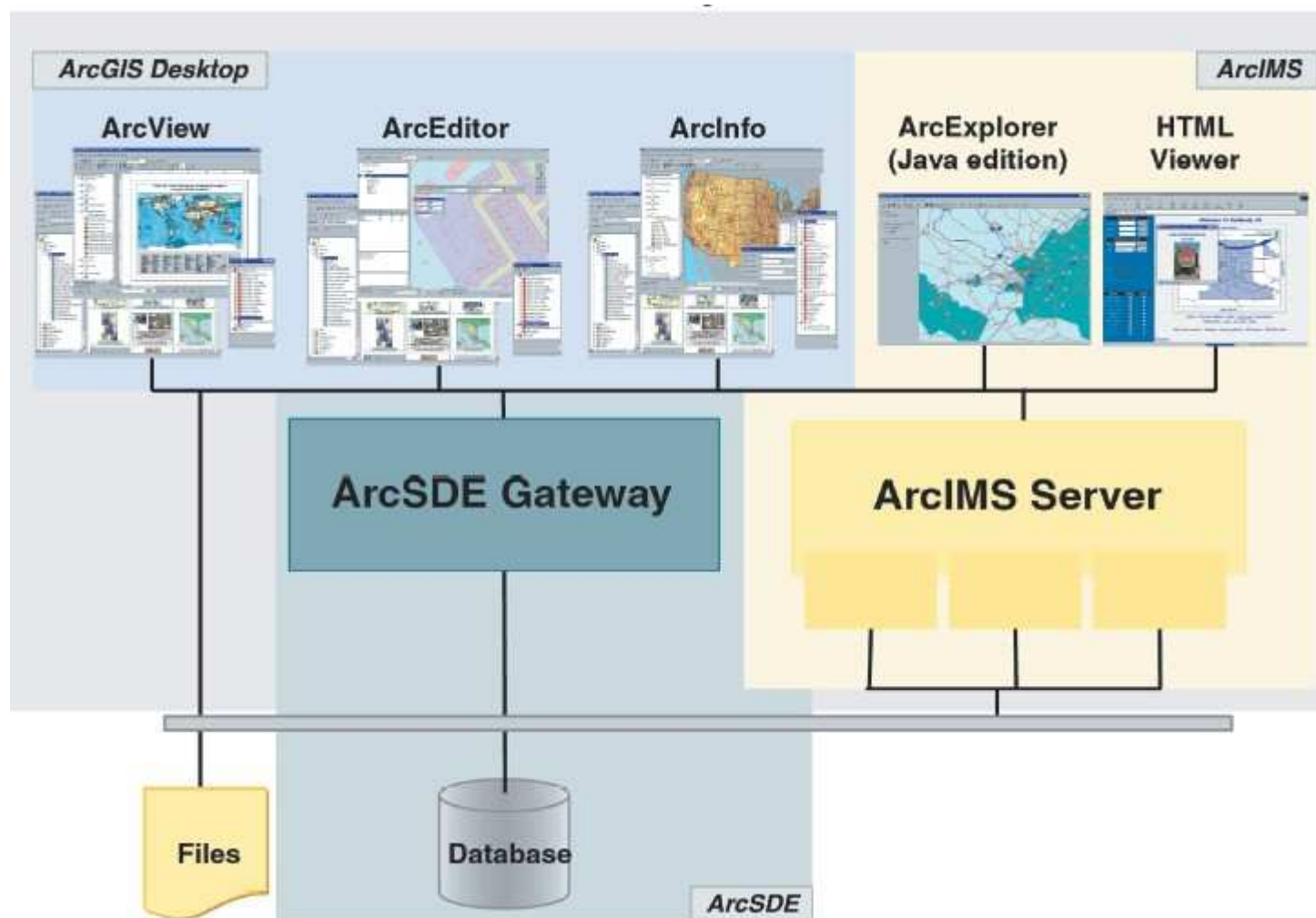


# TerraView





# ArcGIS e ArcSDE





## ArcSDE

- Interface entre os softwares do ArcGIS e os SGBDs
- Responsável pelo armazenamento, gerenciamento e recuperação dos dados geográficos nos SGBDs:
  - IBM DB2 com extensão espacial
  - IBM Informix com extensão espacial
  - Microsoft SQL Server
  - Oracle
  - Oracle com extensão espacial ou Locator



## ArcSDE

- Dados vetoriais são armazenados em tipos de dados espaciais (SGBD com extensão espacial) ou em BLOBs (SGBD sem extensão)
- Dados matriciais são armazenados em BLOBs em todos os SGBDs

### Dados Vetoriais

DBMS	Geometry Storage	DBMS Type
Oracle	ArcSDE Compressed Binary Oracle9i Spatial and 9i Locator Oracle10g Locator and 10g Spatial	Long Raw, BLOB SDO_Geometry SDO_Geometry
Microsoft SQL Server	ArcSDE Compressed Binary	Image
Informix	Informix Spatial DataBlade	ST_Geometry
IBM DB2	DB2 Spatial Extender	ST_Geometry