

# Repositórios de Informação Espacial

## *Uma Introdução*

ISEL  
Departamento de Engenharia da Electrónica e  
Telecomunicações e de Computadores  
DEETC

Paulo Trigo Silva

# Tópicos

- Sistema de Informação Geográfica – SIG
- Sistema de Gestão de Bases Dados – SGBD
- Modelo Relacional e Extensão
- Exemplo
- Presente e Futuro

# Sistema

Função  
utilização

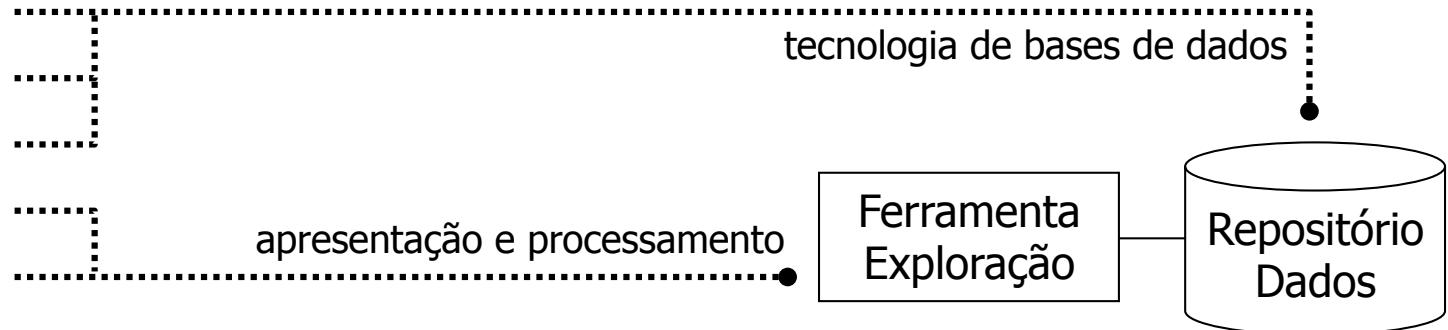
O que é oferecido a cada utilizador ?

Forma  
arquitectura

Quais os blocos e qual a interacção ?

## Sistema de Informação

- informação
  - actual
  - correcta
  - disponível
  - relevante
  - legível



## Sistema de Informação Geográfica

- informação geográfica (ou geo-referenciada)
  - relação directa / indirecta com localização espacial
  - ... directa, e.g. coordenada na superfície terrestre
  - ... indirecta, e.g. código postal

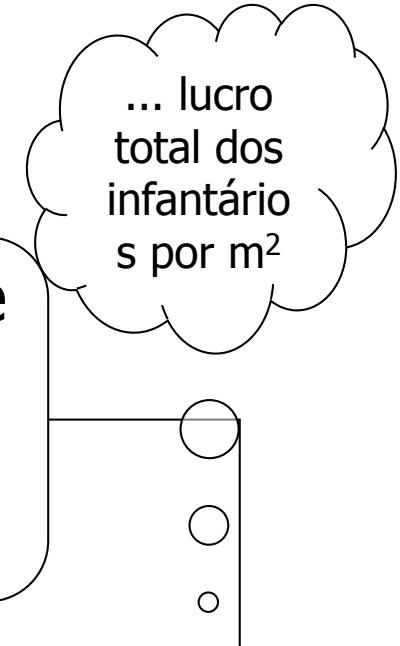
ferramentas e  
repositórios  
especializados

# Gerações de SIG

## utilização

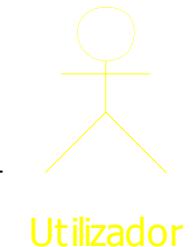
3a Geração

Quais os clientes com filhos em idade escolar, que residem até 100 metros dos infantários da **freguesia mais lucrativa** ?



2a Geração

Quais os clientes **com filhos em idade escolar**, que residem até 100 metros dos infantários do Lumiar ?



1a Geração

Quais os clientes que residem **até 100 metros dos infantários do Lumiar** ?

# Gerações de SIG

arquitectura

3a Geração

Ferramentas

SQL

extensão  
Geometria & Funções

SGBD  
Atributos

2a Geração

Ferramentas

SQL

API  
proprietária

Motor

SGBD  
Atributos

1a Geração

Ferramentas

API  
proprietária

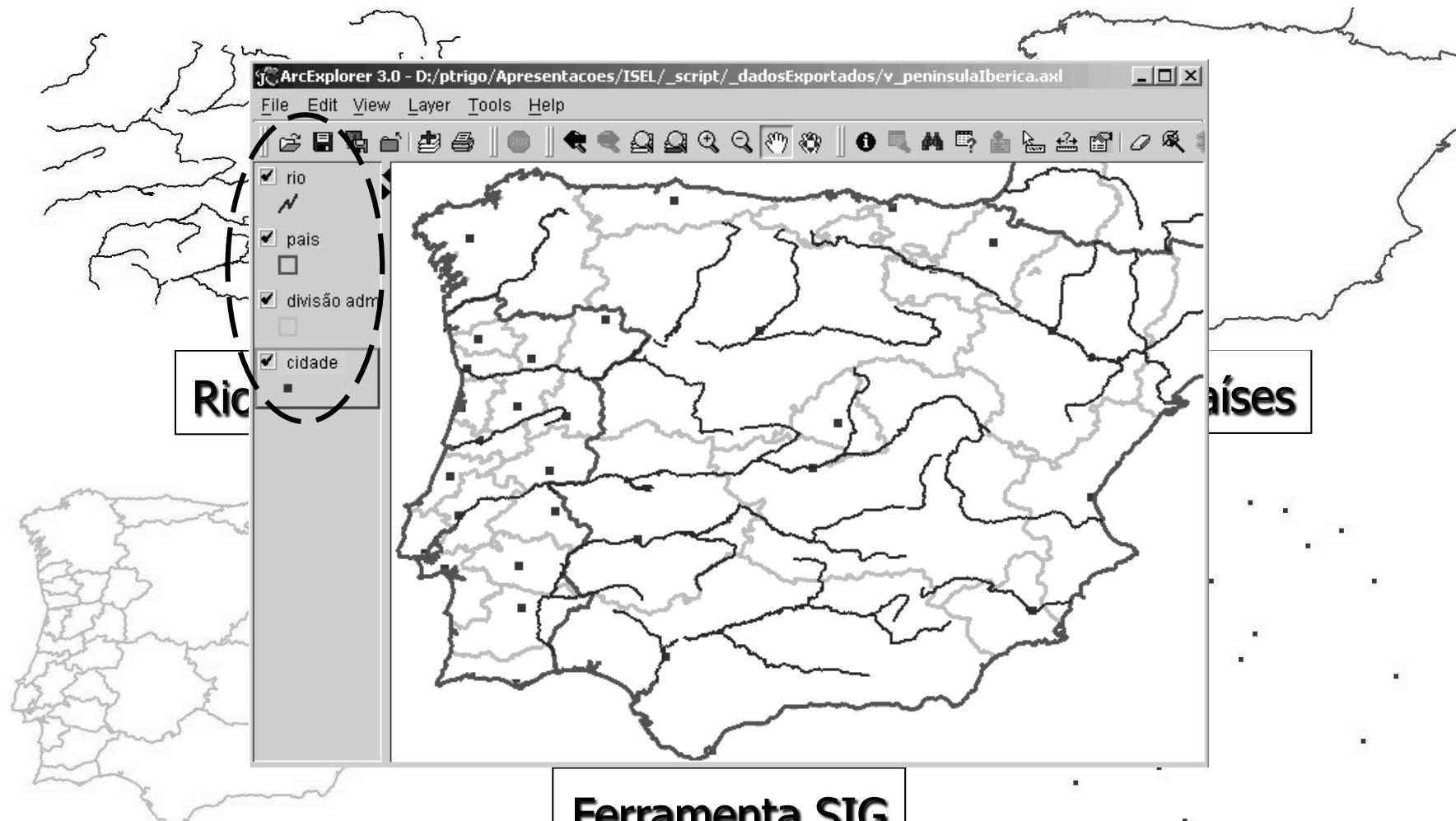
Sistema de Ficheiros  
Geometria

API – Application Programming Interface

SQL – Structured Query Language (standard)

# Ferramentas

dados geográficos modelados em *layers* – camadas; estratos; coberturas

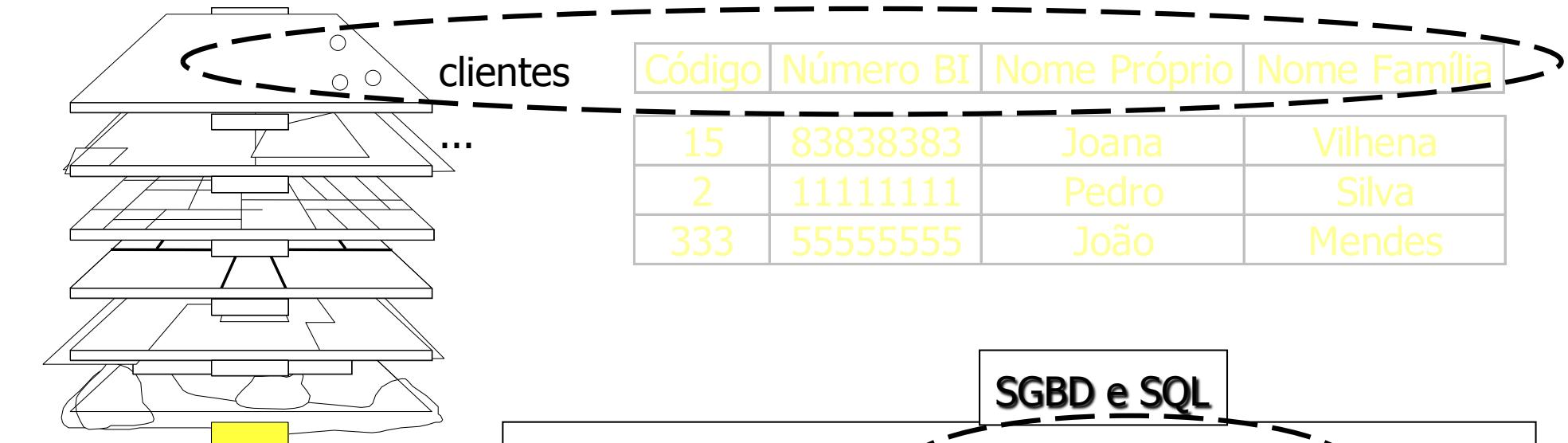


Divisões administrativas

Ferramenta SIG

Cidades

# Informação Geográfica – IG



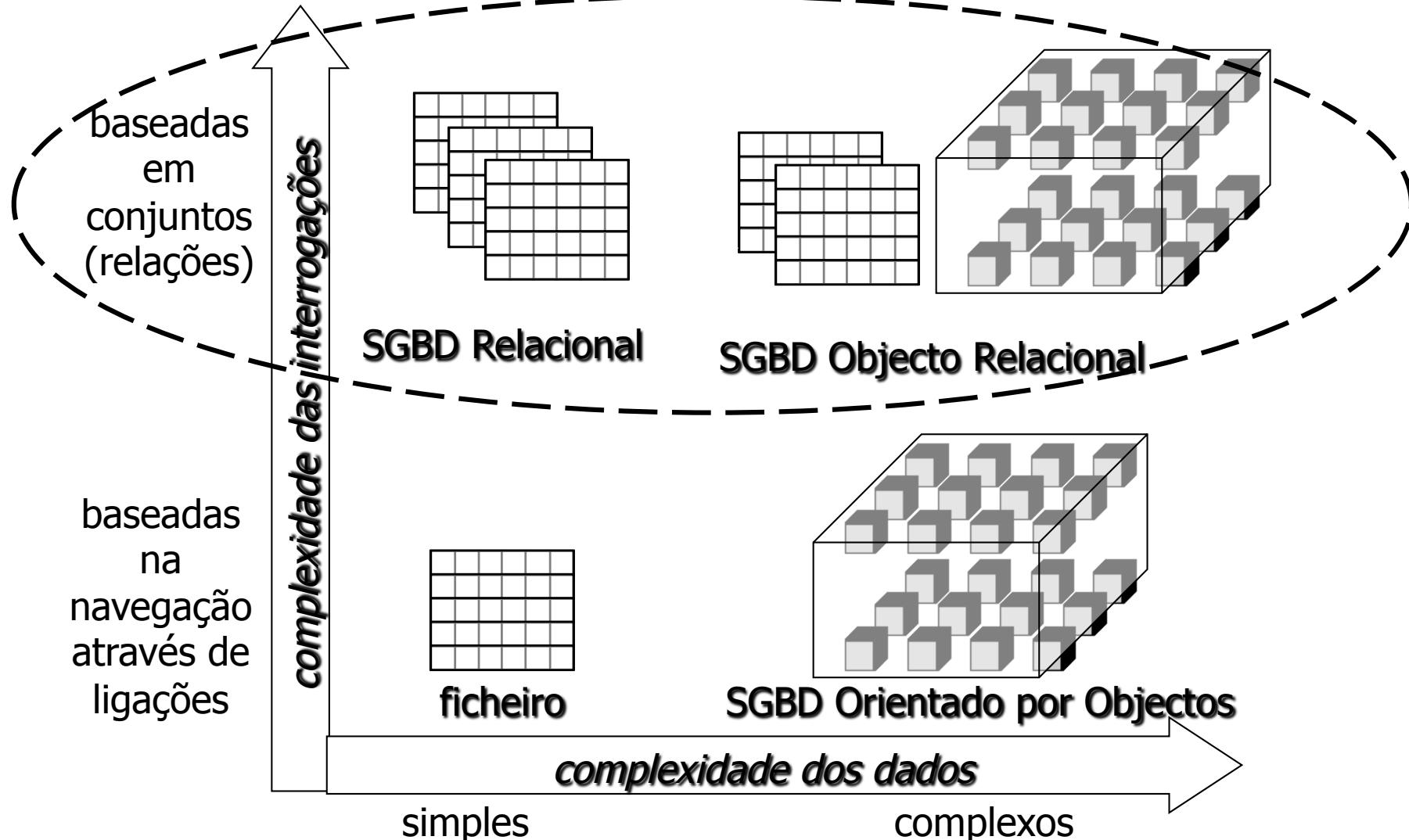
## SGBD e SQL

- ligar o "mapa" aos "atributos" e "interrogar"
- ... dos dados àquilo que ajuda a decidir – informação
- analisar dados para responder a questões qualitativas
- ... obter dados "relevantes" – informação
  - *Quero abrir uma ludoteca – qual o melhor local ?*

# Sistemas de Gestão de Bases de Dados – SGBD

(Database Management Systems – DBMS)

controlo concorrência; segurança; recuperação falhas



# Modelo Relacional

## Base formal – conceito de Relação

Definição:

Uma Relação  $r$  é um subconjunto do produto cartesiano  $D_1 \times D_2 \times \dots \times D_n$

onde  $D_i$  ( $i = 1 \dots n$ ) representa todos os valores admissíveis (domínio), do atributo  $i$ .

Ou seja,

$$r \subseteq \{ \langle v_1, v_2, \dots, v_n \rangle : v_i \in D_i \}$$

# Modelo Relacional

## Esquema de Relação

### Exemplo:

"... cada cliente é identificado, no sistema por um código, e caracterizado pelo número de BI, nome próprio e de família, ..."

$$r \subseteq \{ < v_1, v_2, \dots v_n > : v_i \in D_i \}$$

*n = 4*

- 1 ≡ Código,  $D_1 \equiv \text{INTEGER}$   
2 ≡ Número BI,  $D_2 \equiv \text{CHAR( 8 )}$   
3 ≡ Nome Próprio,  $D_3 \equiv \text{VARCHAR( 30 )}$   
4 ≡ Nome Família,  $D_4 \equiv \text{VARCHAR( 30 )}$

atributo

*r*

tuplo

Código	Número BI	Nome Próprio	Nome Família
15	83838383	Joana	Vilhena
2	11111111	Pedro	Silva
333	55555555	João	Mendes

*r ( CLIENTE )*

Esquema de Relação (ER):  
**CLIENTE( Código, Número BI, Nome Próprio, Nome Família )**

# Modelo Relacional

## Chaves Candidatas e Primárias

***r* (ER) não tem elementos repetidos**

... quais os menores subconjuntos de atributos, com valores nunca repetidos ?

Chave Candidata – cada subconjunto

Chave Primária – o subconjunto eleito

**CLIENTE( Código, Número BI, Nome Próprio, Nome Família )**  
**Chave Candidata**  $\equiv$  { Código }, { Número BI }  
**Chave Primária**  $\equiv$  { Código }

# Modelo Relacional

## Chaves Estrangeiras

**$r(ER_1)$  e  $r(ER_2)$  podem ter elementos ligados**

**Exemplo:**

**$r(FILHO)$  tem os filhos de elementos de  $r(CLIENTE)$**

... a que elemento do outro conjunto estou ligado ?

Chave Estrangeira – atributos num Esquema de  
Relação ( $ER_1$ ) que no outro ( $ER_2$ ), são Chave Primária

**CLIENTE( Código, Número BI, Nome Próprio, Nome Família )**

**FILHO( Nome Próprio, Código, Data Nascimento )**

**Chave Primária  $\equiv \{$  Nome Próprio, Código  $\}$**

**Chave Estrangeira  $\equiv \{$  Código  $\}$ , refere CLIENTE**

# Modelo Relacional

Operadores

*operando*

*resultado*

**Base**  
 $\pi, \sigma, \exists, \times, \cup, -$   
**Composição**  
 $\bowtie, \cap, \div$

$\pi_{2, 3, 6}(r)$


$r \cup s$


a	
b	
c	

1	)	&
2	)	&

a	1	)	&
a	2	)	&
b	1	)	&
b	2	)	&
c	1	)	&
c	2	)	&

$\pi_4(\sigma_{3 \geq '1-Jan-2000'}(\text{FILHO}) \bowtie \text{CLIENTE})$

```
SELECT C.codigo
FROM (SELECT *
      FROM FILHO
      WHERE dataNasc > '1-Jan-2001')
      AS F
      INNER JOIN
      CLIENTE AS C
      ON(F.codigo = C.codigo)
```

$\sigma_{i \theta j}(r)$


$r - s$


a	7
a	1
b	9

$\exists_{\max(2)}(r)$

a	7
b	9

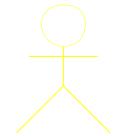
$\sigma(r \times s)$

$r - (r - s)$

$\pi_A(r) = [\pi_A(r - [\pi_A(r) \times s])]$

A = atributos não comuns a r e s

# Conceptual



Utilizador

# Lógico



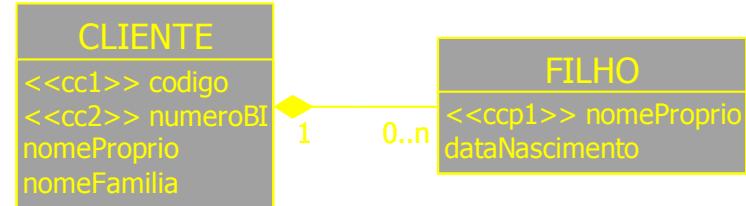
SGBD

# Físico

# Modelação três níveis

- encontrar Atributos (Atr)
- encontrar Entidades (E)
  - grupos de Atrs
- encontrar Associações entre Es

... usual adoptar descrição gráfica



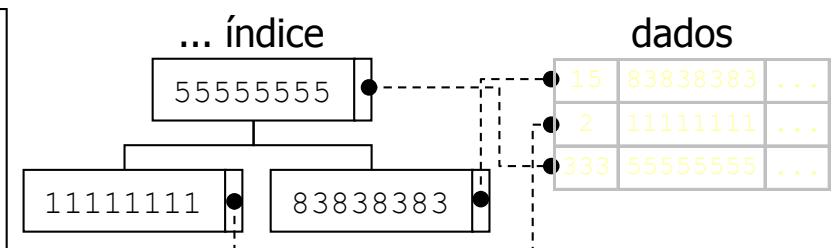
... usual concretizar em SQL

```
CREATE TABLE CLIENTE (
    codigo INT,
    numeroBI VARCHAR(8),
    nomeProprio VARCHAR(30),
    nomeFamilia VARCHAR(30)
)
```

```
ALTER TABLE CLIENTE
ADD CONSTRAINT pk_cliente PRIMARY KEY(codigo)
ADD CONSTRAINT ak1_cliente UNIQUE(numeroBI)
```

- afinar visando desempenho
- usar capacidades do SGBD
  - procedimentos armazenados,
  - triggers, ...

... índice



# Modelo Relacional

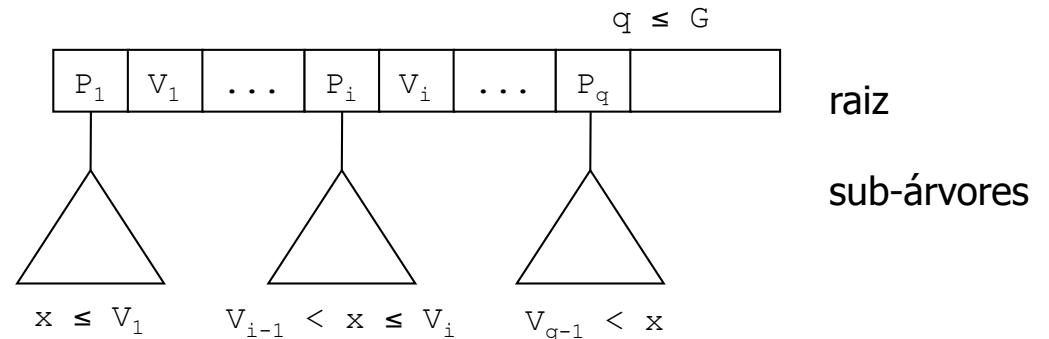
## nível físico

### Domínios Alfanuméricos

existe ordem entre valores

#### Árvores de pesquisa de grau G

- nó tem no máximo  $G-1$  ( $V_i$ ) valores e  $G$  ( $P_i$ ) apontadores
- valores no mesmo nó, ordenados e não se repetem



B-tree – ocupação de cada nó  $q \geq G/2$

- Estender a outros Domínios
  - som, imagem, texto estruturado, ...
  - **referências geográficas**
- Tratar questões de desempenho nesses Domínios
  - incorporar outras técnicas de organização de dados

# Estender o Modelo Relacional à IG

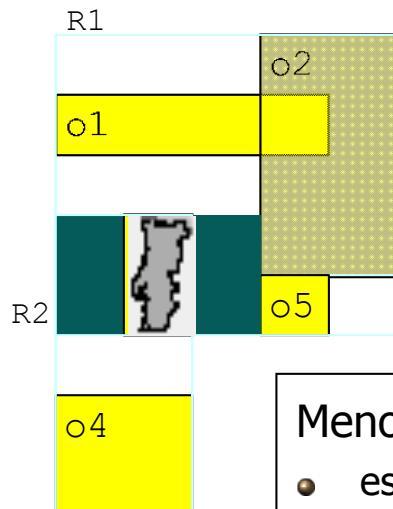
## nível físico

### Objectos geométricos com coordenadas difícil definir ordem entre objectos

Agrupar objectos geométricos em rectângulos envolventes

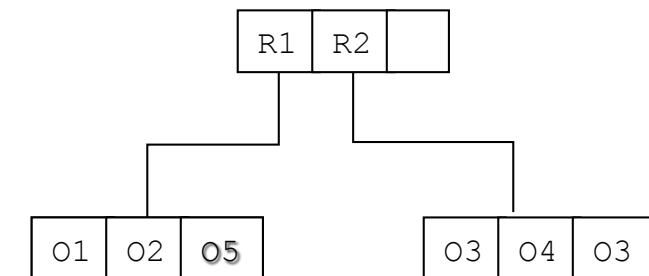
*R-tree – baseada na B-tree*

- nó representa os menores rectângulos envolventes que contém os seus filhos
- cada objecto geométrico está associado a um único rectângulo envolvente



Exemplo  
R-tree de grau 3

o1 o2 o3



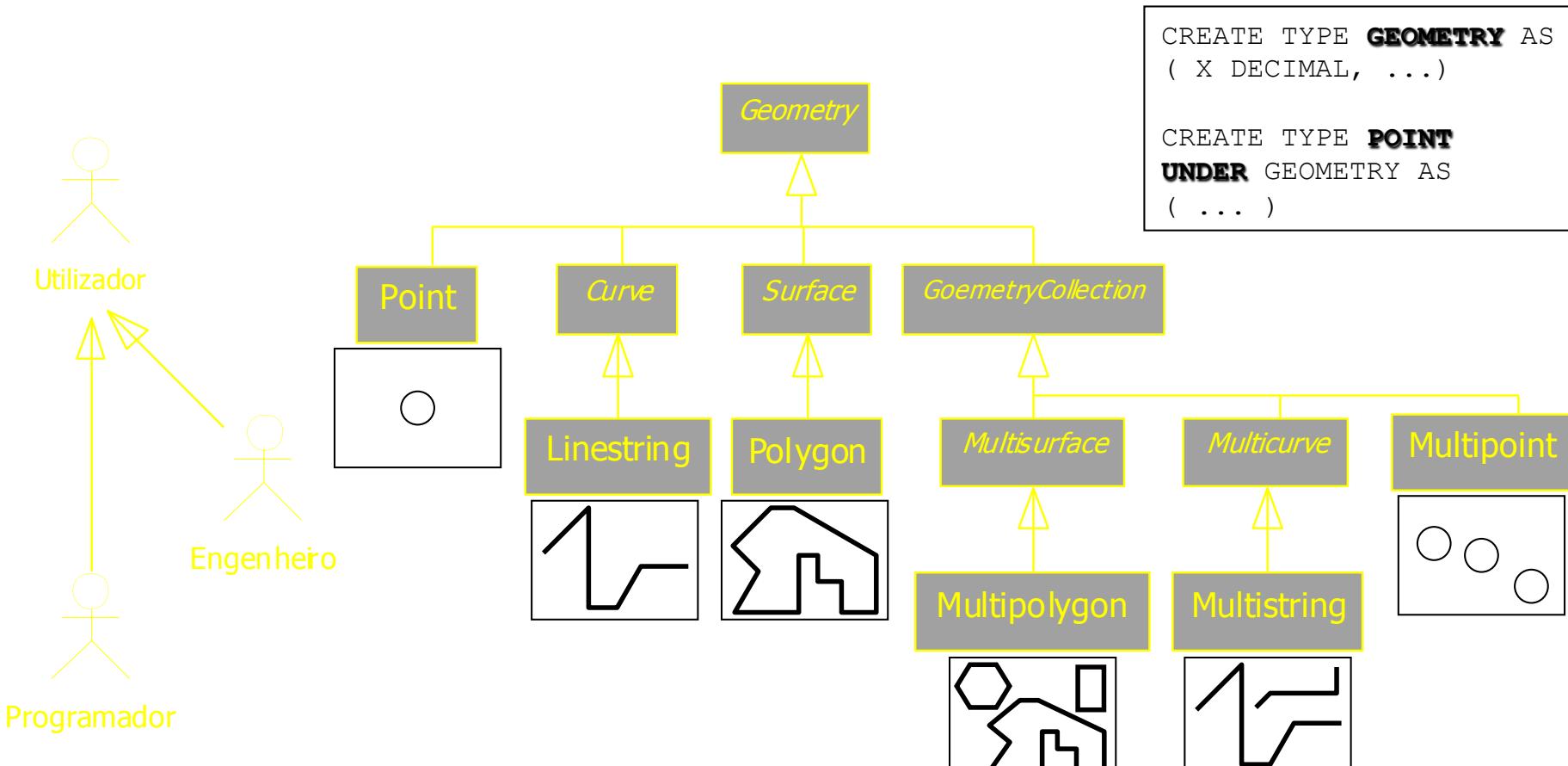
Menor área coberta por quadrados envolventes

- escolher o que precisa de menor alargamento
- em igualdade decidir pelo de menor área

CREATE INDEX EXTENTION  
GENERATE KEY USING função  
SEARCH METHODS função ...

# Estender o Modelo Relacional à IG

## nível lógico – classes



*"... utilizador precisa conhecer a localização geográfica de cada cliente ..."*

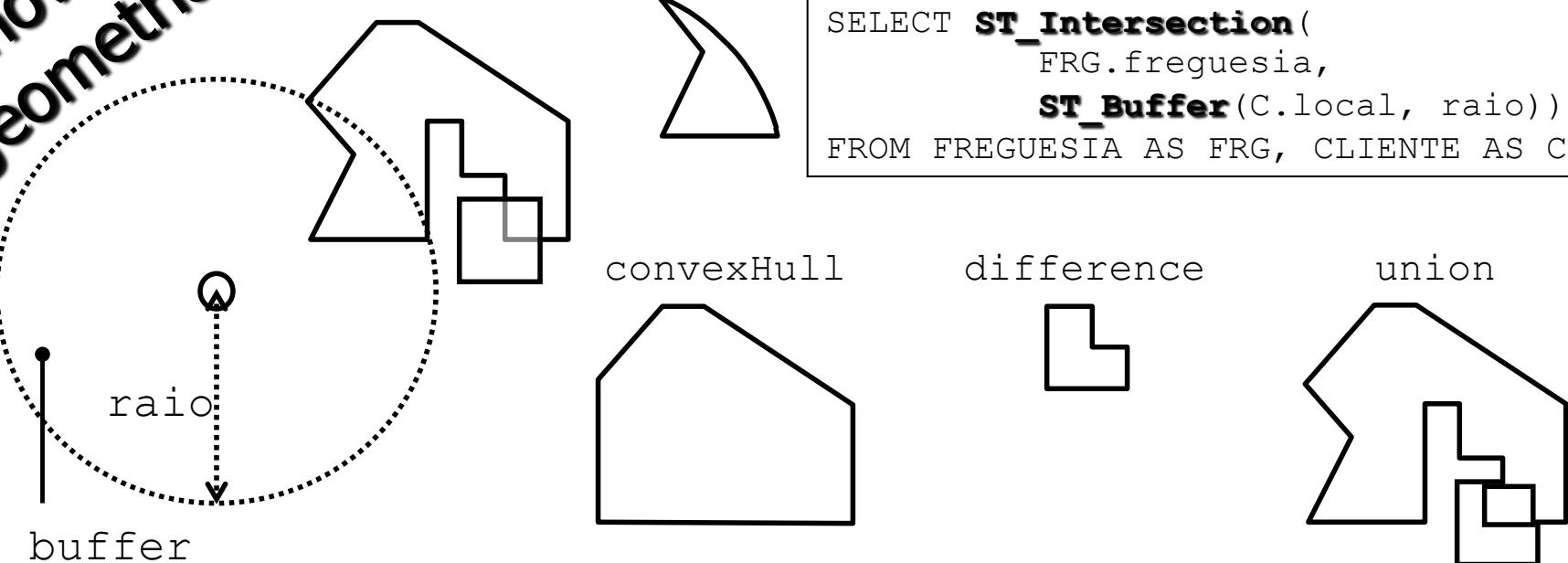
# Estender o Modelo Relacional à IG

## nível lógico – operações

propriedades

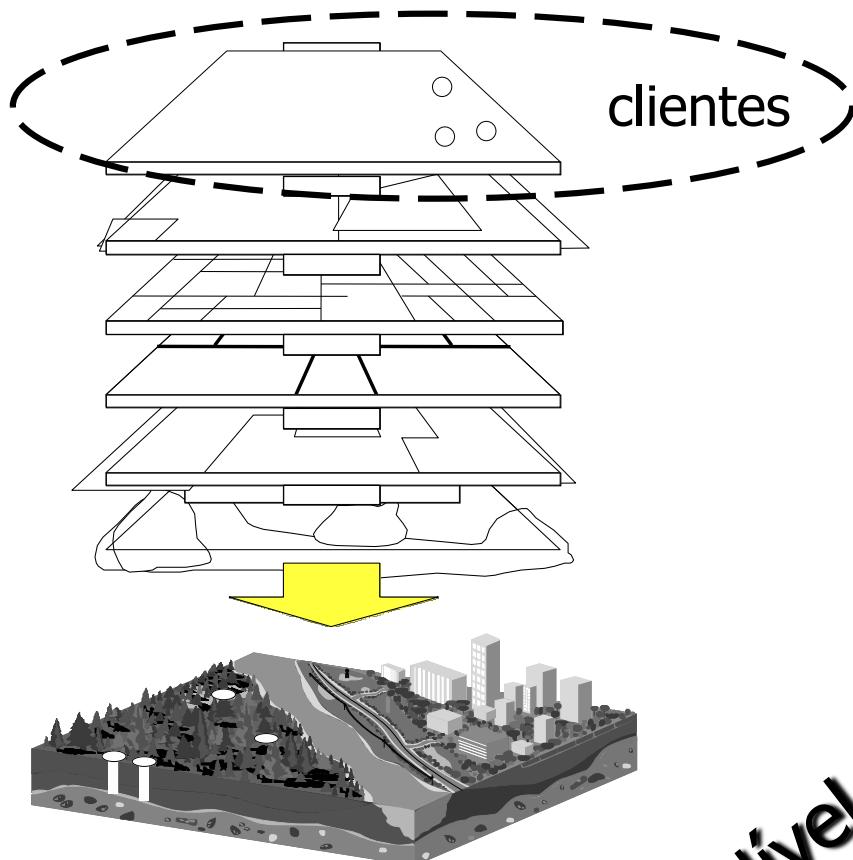


novas  
geometrias

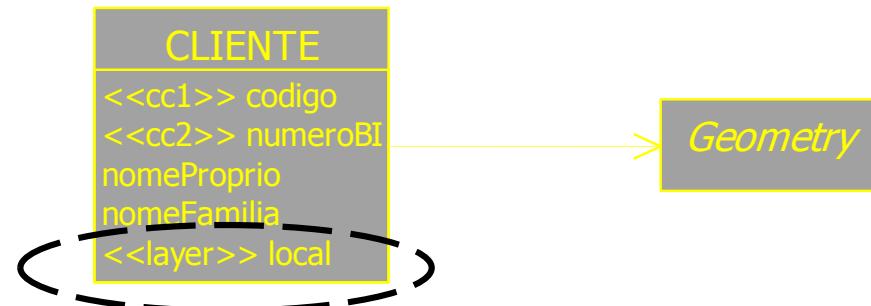


# Estender o Modelo Relacional à IG

nível conceptual



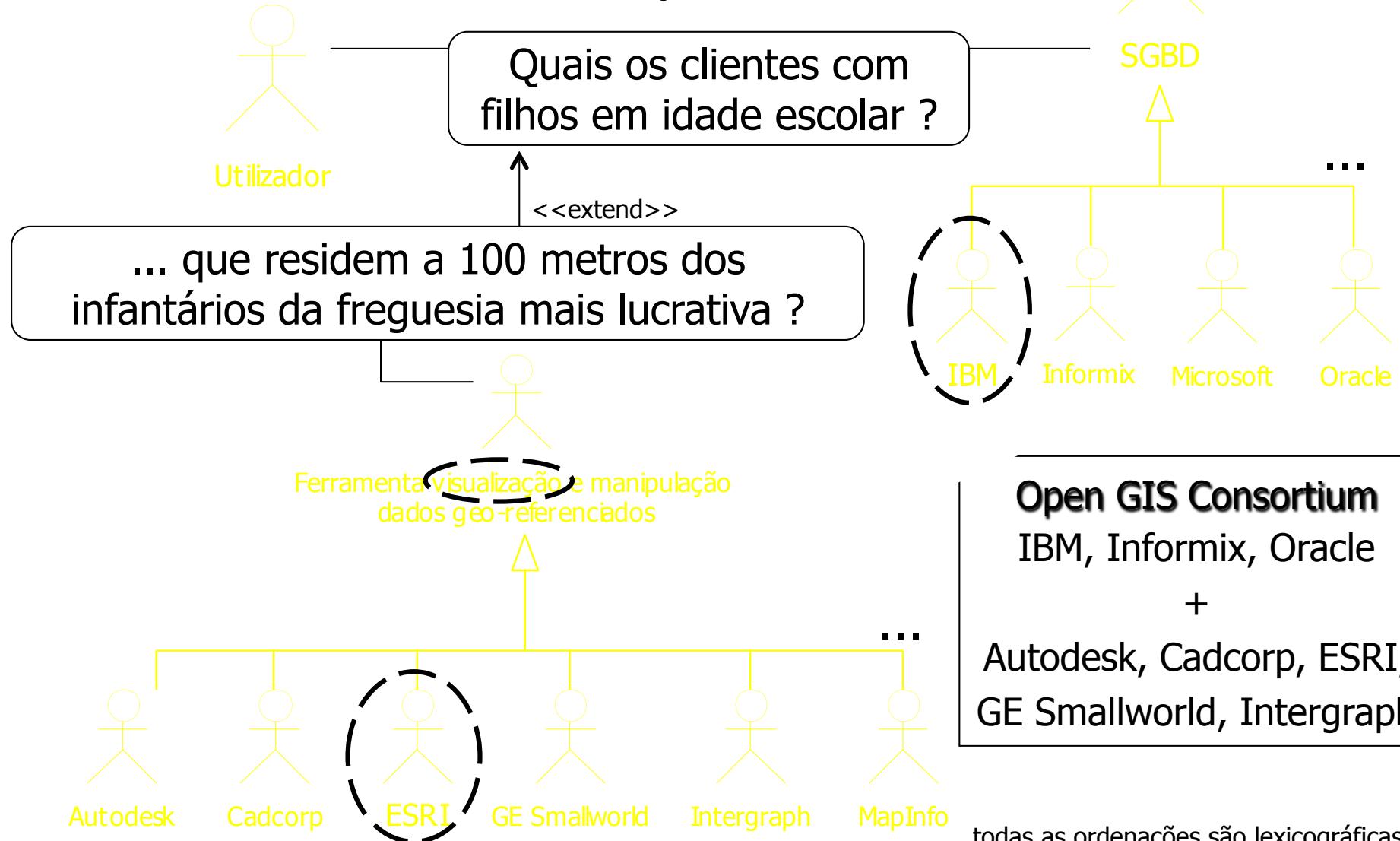
**Integrar com perspectiva SIG  
modelação em *layers***



```
// procedimento armazenado
gse_register_layer(
    ...
    CLIENTE
    local
    ...)
```

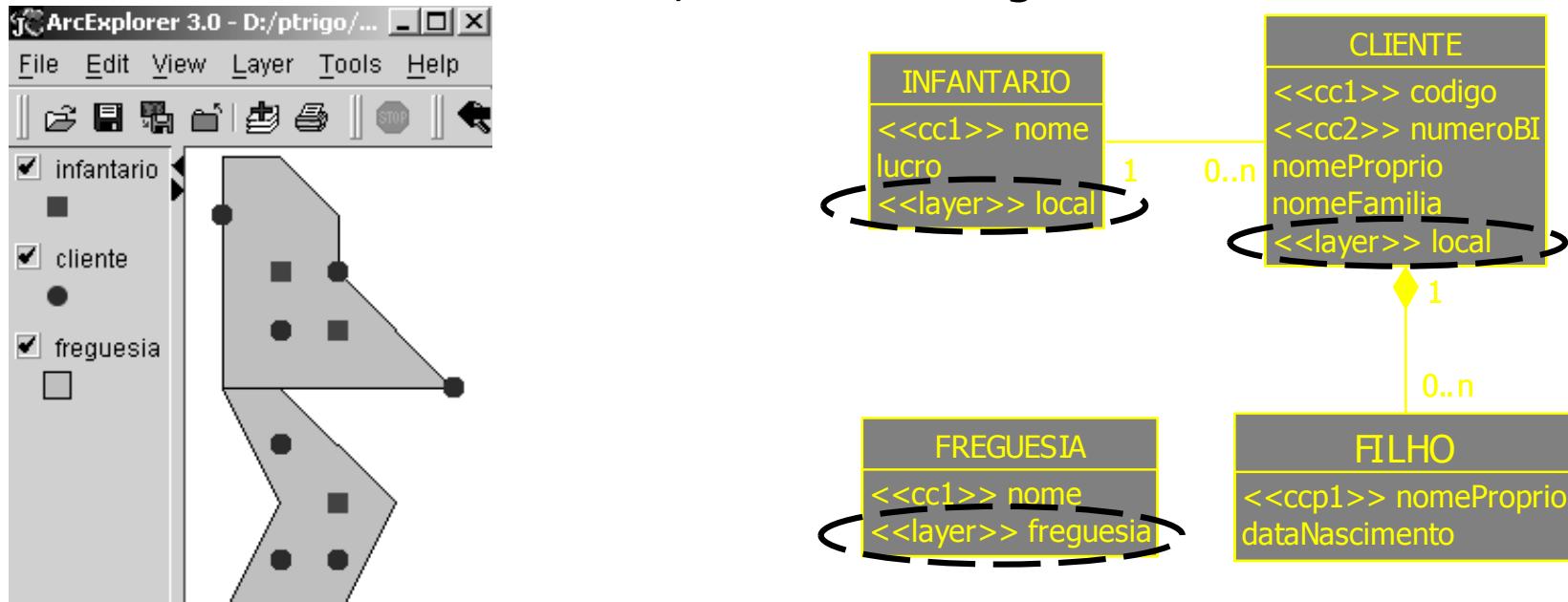
# Exemplo

## utilização e actores



# Exemplo

## infantários, clientes e freguesias



$\exists \text{MAX}(2) [ \exists \text{SUM}(2)/5 (\text{Within}(3, 6) (\text{INFANTARIO} \times \pi_1(\text{Area}(2), 2 \text{ FREGUESIA}))]$

```

SELECT MAX(lucro_por metro_quadrado)
FROM (SELECT nome_frg, SUM(lucro)/area
      FROM (SELECT I.lucro, FRG.nome, FRG.area
            FROM INFANTARIO AS I,
                 (SELECT nome, ST_Area(g_freguesia), g_freguesia
                  FROM FREGUESIA) AS FRG(nome, area, g_freguesia)
            WHERE ST_Within( I.g_local, FRG.g_freguesia ) = 1)
           AS inf_frg(lucro, nome_frg, area)
      GROUP BY nome_frg, area)
      AS frg_lucro(nome_frg, lucro_por metro_quadrado)
  
```

# Exemplo

infantários, clientes e freguesias – vistas

INF\_FRG

Quais os infantários e área de cada freguesia ?

$\sigma_{\text{Within}(3, 6)}(\text{INFANTARIO} \times \pi_1, \text{Area}(2), 2) \text{ FREGUESIA}$

FRG\_LUCRO

Qual o lucro de cada freguesia ?

$\sigma_{\text{SUM}(2)/5}(\text{INF_FRG})$

MAX\_LUCRO

Qual o máximo lucro das freguesias ?

$\sigma_{\text{MAX}(2)}(\text{FRG_LUCRO})$

FRG\_MAX

Quais as freguesias mais lucrativas ?

$\pi_1 [\sigma_{2=3}(\text{FRG_LUCRO} \times \text{MAX_LUCRO})]$

**INF\_FRG\_MAX**  
**CLI\_FIE**

## Exemplo

resposta à questão inicial

Quais as infantários das freguesias mais lucrativas ?

$$\pi_{1,3} [\sigma_{4=6} (\text{INF\_FRG} \times \text{FRG\_MAX})]$$

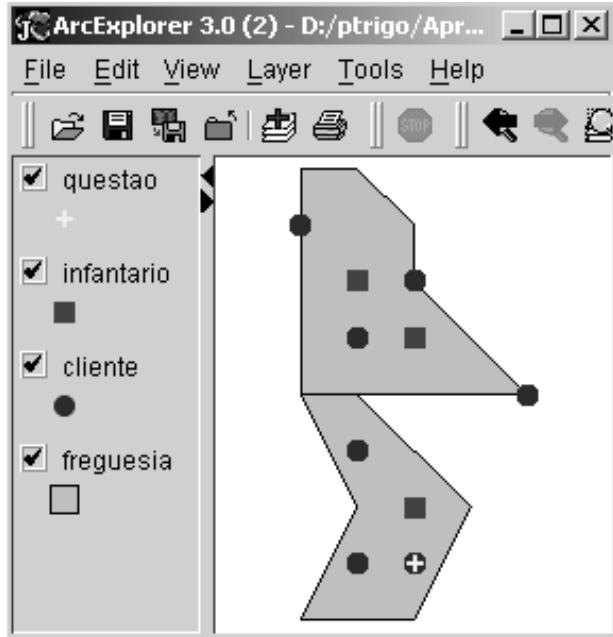
Quais os clientes com filhos em idade escolar ?

$$\pi_{1,5} [\sigma_{1=7} (\text{CLIENTE} \times \sigma_{\text{curr\_date}-3 \geq [5]} \text{FILHO})]$$

Quais os clientes com filhos em idade escolar que residem até 100 metros dos infantários da freguesia mais lucrativa ?

$$\pi_1 [\sigma_{\text{Distance}(2,4) \leq 100} (\text{CLI_FIE} \times \text{INF_FRG_MAX})]$$

# Demonstração



- importar *layers*
- exportar relações

**Control Center**

Control Center Selected Edit View Tools Help

Systems SSICPC2N SSICPC4 Instances DB2 Databases DEMO

Open New Control Center  
Alter...  
Drop  
Remove  
Restart  
Connect...  
Disconnect  
Authorities...  
Configure...  
Configure Performance Using Wizard...  
Backup  
store  
store to new...  
forward...  
roll-forward  
Explained Statements History  
Plain SQL...  
Generate DDL...  
Performance Monitoring  
Spatial Extender  
Enable

**Command Center**

Command Center Query Results Edit Tools Help

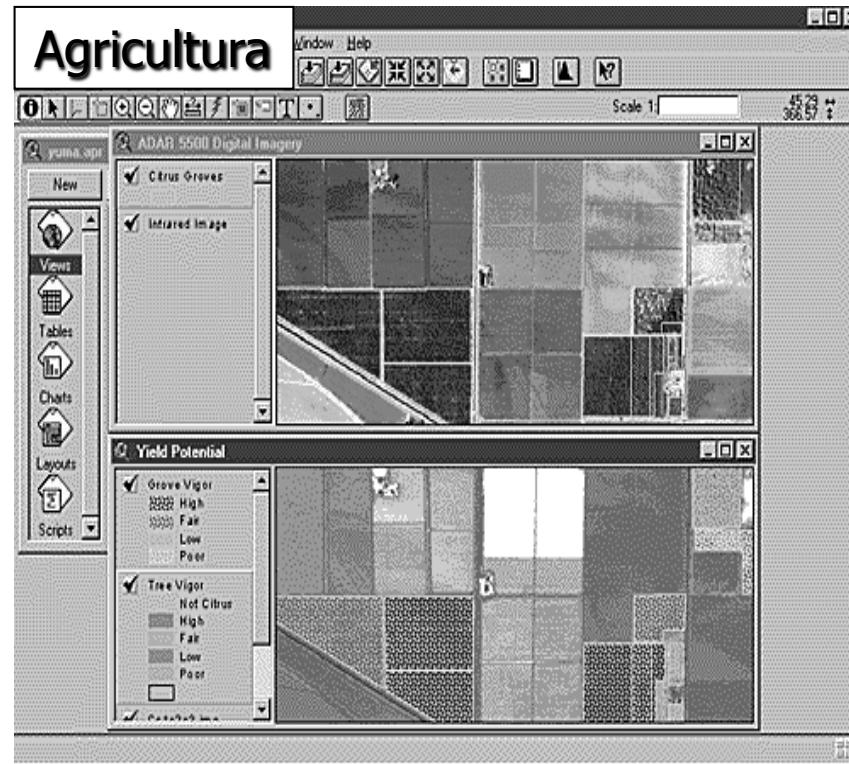
Interactive Script Query Results Access Plan

Perform required changes and then click the commit update button.

CODIGO	NUMERO_BI	NOME_PROPRIOS	NOME_FAMILIA	Resido em:	Sou cliente de:
15	83838383	Joana	Vilhena	POINT ( 20.00000000 20.00000000)	Fraldas
2	11111111	Pedro	Silva	POINT ( 20.00000000 40.00000000)	Fraldas
333	55555555	João	Mendes	POINT ( 30.00000000 20.00000000)	Fraldas
50	50000000	Sofia	Rosas	POINT ( 50.00000000 50.00000000)	Ursinho
55	55000000	Miguel	Sequeira	POINT ( 20.00000000 60.00000000)	Ursinho
60	60000000	Afonso	Heitor	POINT ( 30.00000000 70.00000000)	Gatinho
65	65000000	Maria	Alves	POINT ( 40.00000000 80.00000000)	Gatinho

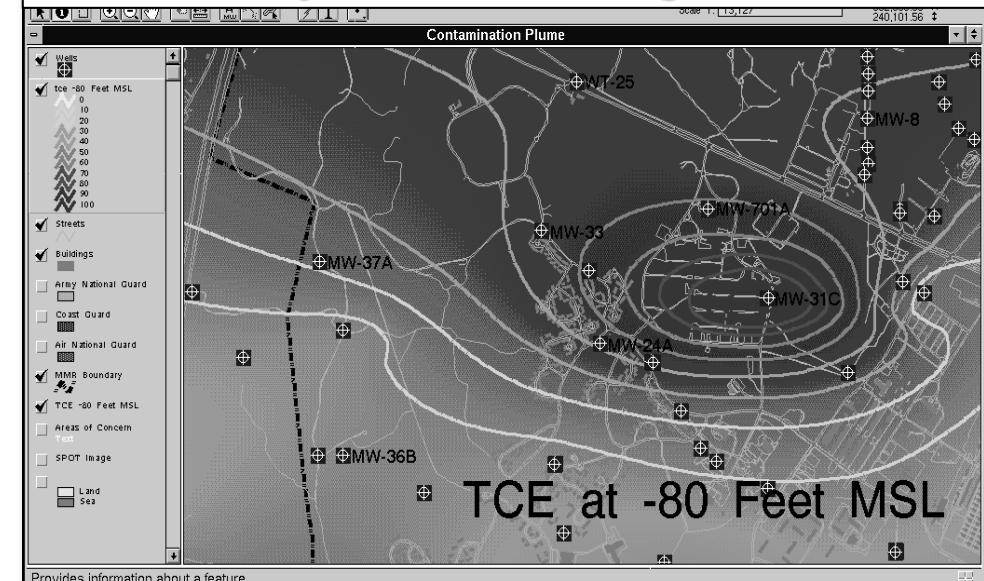
- construir esquema relacional
- definir relações (povoar base dados)

# Agricultura

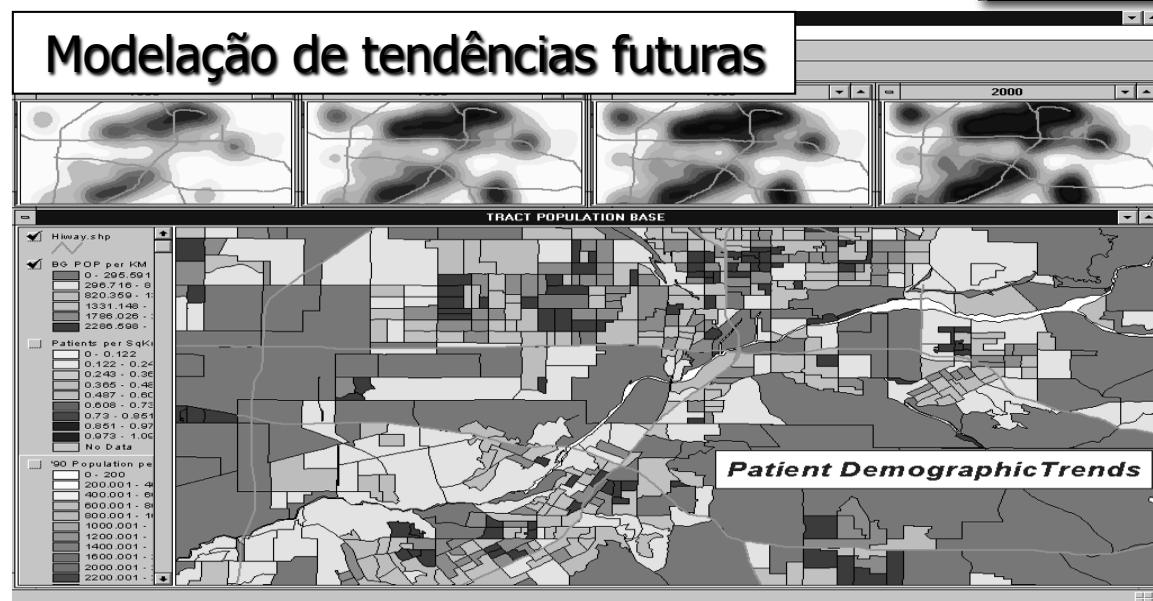


# Presente

## Monitorização ambiental – gases tóxicos



## Modelação de tendências futuras



## Localização e distância ao cliente



# Futuro ...

Burning Extinguished

Fire Brigade Agents

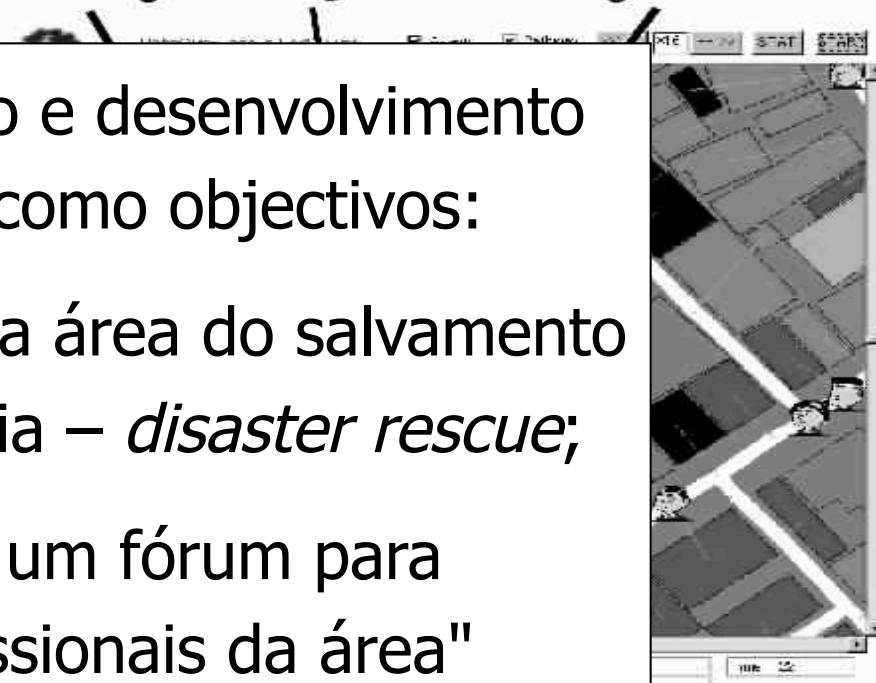
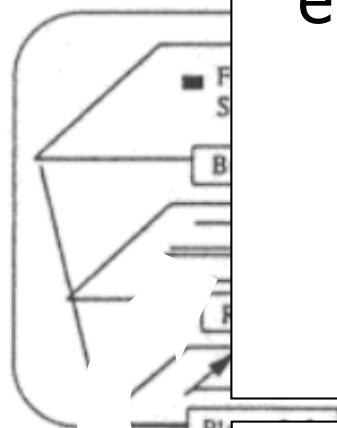
- censos
- sistemas
- agentes
- salvamento
- avaliação

O projecto de investigação e desenvolvimento RoboCup-Rescue tem como objectivos:

"promover a investigação na área do salvamento em situação de emergência – *disaster rescue*;

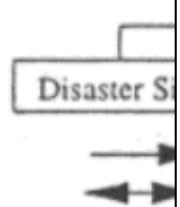
circular um simulador e um fórum para investigadores e profissionais da área"

... desafio posterior ao *RoboCup-Soccer*



A Protecção Civil é uma actividade de carácter público e privado que tem com objectivo:

"prevenir e minimizar riscos e atenuar os efeitos de acidentes graves, catástrofes e calamidades"



IAMAS

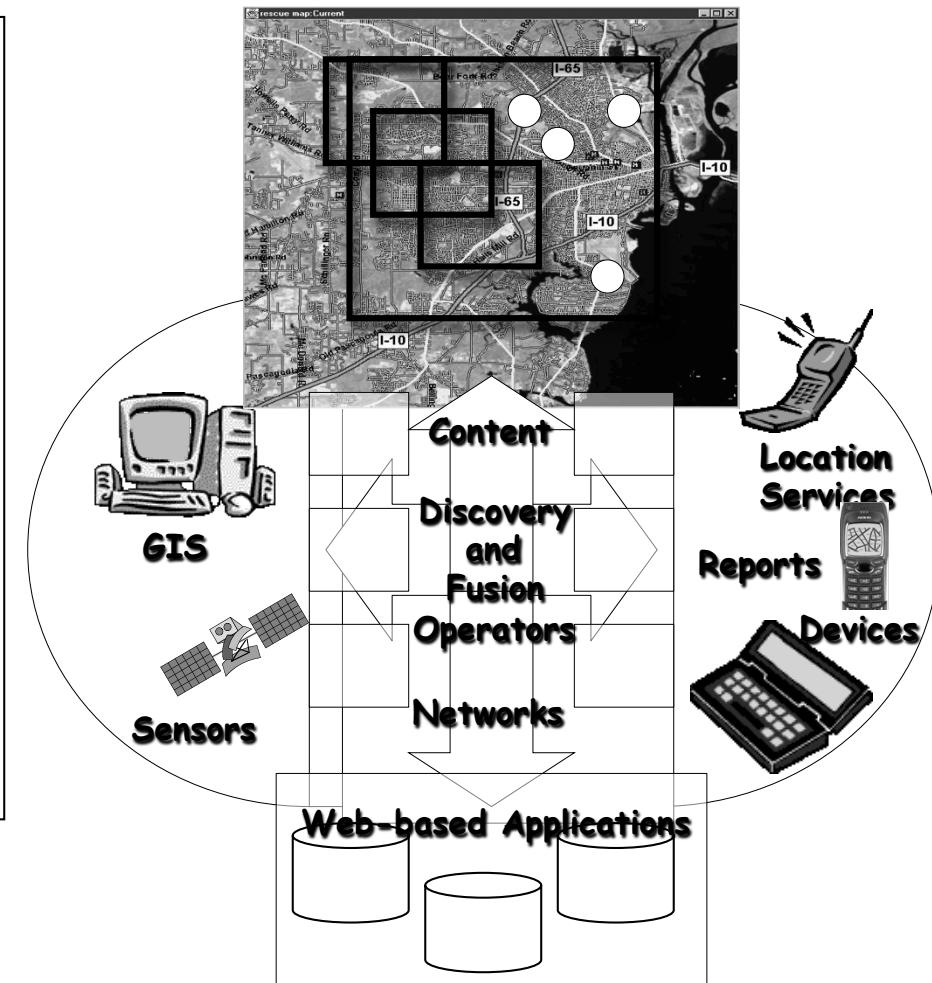
# O papel do *Open GIS*

*With the right framework,  
“Open” GIS can support  
emergency management  
by serving as a fusion  
point for time-critical,  
multi-source information  
integration*

[www.opengis.org/disaster/](http://www.opengis.org/disaster/)

*Open GIS Consortium*

*Disaster Management and Public Safety Special Interest Group*



# Referências

- *Open GIS Consortium*
  - [www.opengis.org](http://www.opengis.org)
- *RoboCup Rescue*
  - [robomec.cs.kobe-u.ac.jp/robocup-rescue](http://robomec.cs.kobe-u.ac.jp/robocup-rescue)
- Sistema Nacional de Informação Geográfica
  - [www.snig.cnig.pt](http://www.snig.cnig.pt)
- Instituto Geográfico do Exército
  - [www.igeoe.pt](http://www.igeoe.pt)
- *Database Issues in Geographic Information Systems*
  - Adam Nabil, Gangopadhyay Aryya
- *Fundamentals of Database Systems*
  - Elmasri, Navathe

# SIG ao longo da história do Homem

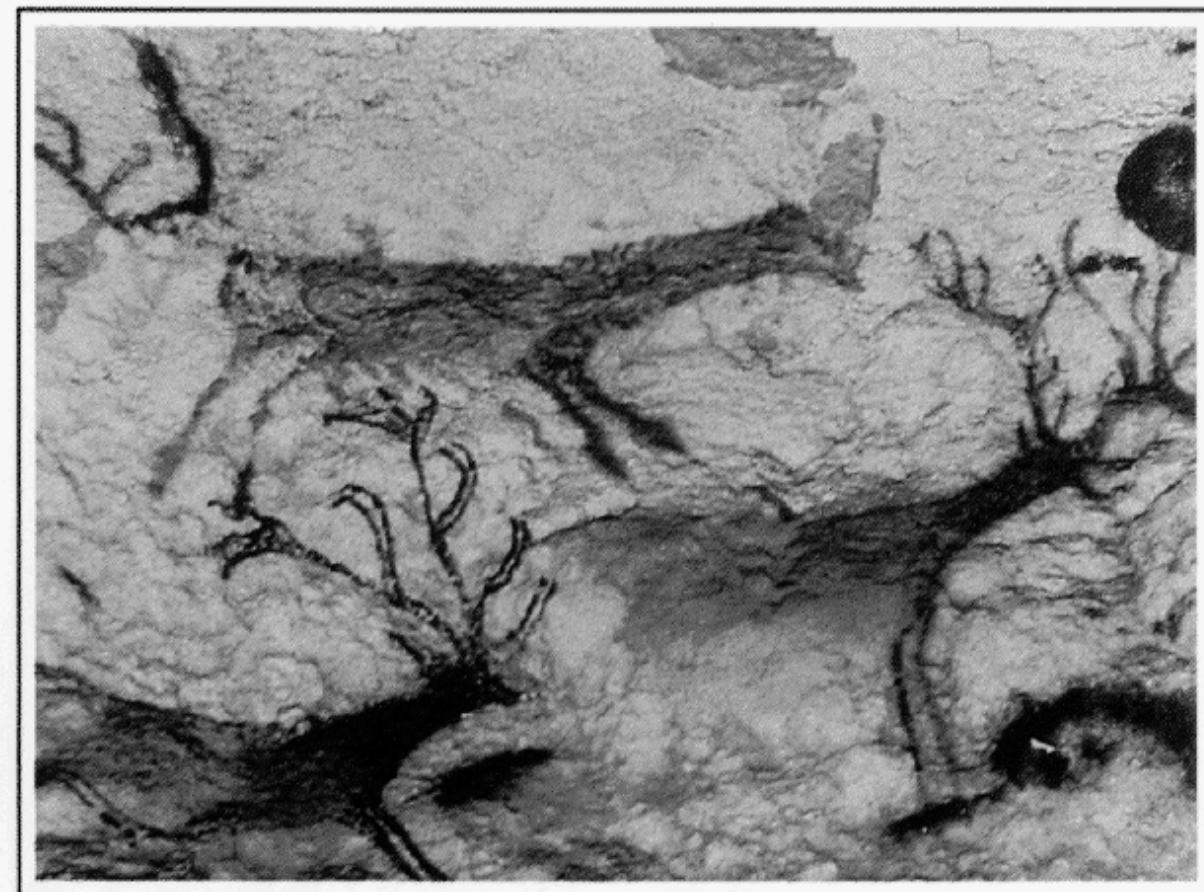


Figure 1. Group of stags (cave painting), Lascaux Caves, France (Art Resource, NY).

*Associated with the animal drawings are track lines to depict migration routes.*

*These early records followed the two element structure of modern geographic information systems:*

***a graphic file linked to an attribute data base***

[www.usgs.gov/research/gis/](http://www.usgs.gov/research/gis/)  
USGS – U.S. Geological Survey,  
a bureau of the U.S. Department of the Interior

# Informação Adicional

# Sistemas de Informação Geográfica – SIG

(*Geographic Information Systems – GIS*)

*In the strictest sense, a GIS is a computer system capable of assembling, storing, manipulating, and displaying geographically referenced information, i.e. data identified according to their locations.*

*Practitioners also regard the total GIS as including operating personnel and the data that go into the system.*

*Open GIS Consortium*

# Referências Geográficas

*geographically referenced information*

*Geographic information contains either:*

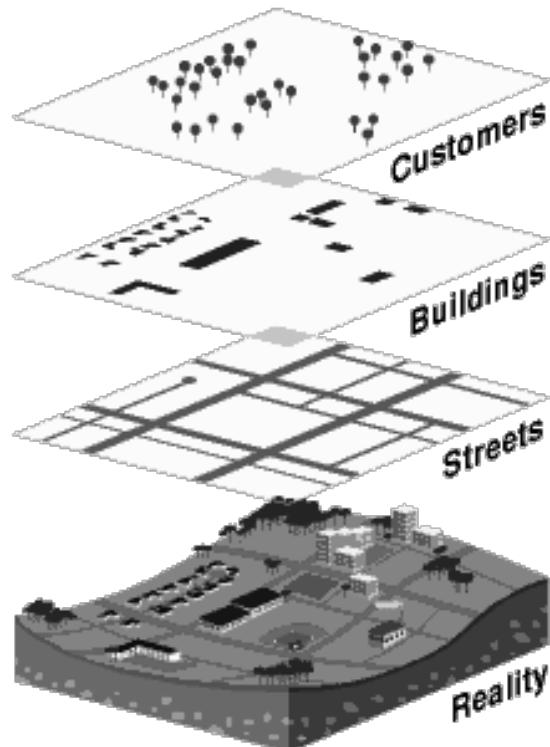
*explicit geographic reference, such as a latitude and longitude or national grid coordinate*

*implicit reference such as an address, postal code, census tract name, forest stand identifier, or road name.*

*An automated process called geocoding is used to create explicit geographic references (multiple locations) from implicit references (descriptions such as addresses).*

*These geographic references allow you to locate features, such as a business or forest stand, and events, such as an earthquake, on the earth's surface for analysis*

# O que são os *layers* ?



Um SIG armazena a informação sobre o mundo como sendo uma coleção de *layers* (estratos) temáticos, ligados por uma geografia.

geografia – distribuição à superfície do Globo dos fenómenos físicos, biológicos e humanos.

# Modelos *vector* e *raster*

modelo *raster*  
grelha de células  
tal como o resultado  
da digitalização  
(*scan*) de um mapa  
ou figura

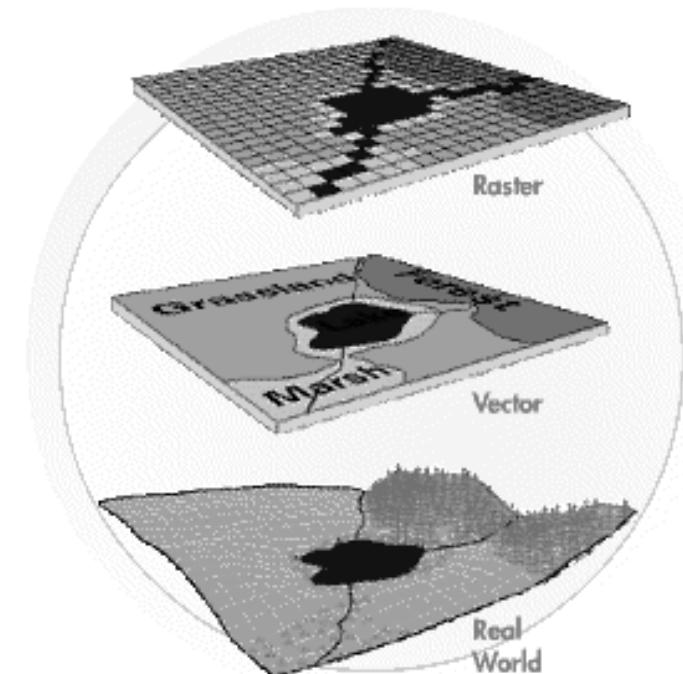
modelo vectorial  
pontos, linhas e  
polígonos são  
representados como  
coleções de  
coordenadas x, y

modelo vectorial  
muito útil para representar características discretas  
menos útil na descrição de continuidade na  
variação de uma características

modelo *raster*  
evoluiu para modelar a variação contínua de uma  
características

SIG lidam com ambos os modelos

- Dois modelos
  - *raster*
  - *vector*



# Modelos vector e raster

*Geographic information systems work with two fundamentally different types of geographic models – the "vector" model and the "raster" model.*

*In the vector model, information about points, lines, and polygons is encoded and stored as a collection of x,y coordinates. The location of a point feature, such as a bore hole, can be described by a single x,y coordinate. Linear features, such as roads and rivers, can be stored as a collection of point coordinates.*

*Polygonal features, such as sales territories and river catchments, can be stored as a closed loop of coordinates.*

*The vector model is extremely useful for describing discrete features, but less useful for describing continuously varying features such as soil type or accessibility costs for hospitals.*

*The raster model has evolved to model such continuous features. A raster image comprises a collection of grid cells rather like a scanned map or picture. Both the vector and raster models for storing geographic data have unique advantages and disadvantages. Modern GISs are able to handle both models.*