

# 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

3a Geração

2a Geração

1a Geração

# Gerações de SIG utilização

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

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

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

... lucro total dos infantários por m<sup>2</sup>



Utilizador

# Gerações de SIG

arquitectura

3a Geração

Ferramentas

SQL

extensão  
Geometria & Funções

SGBD  
Atributos

2a Geração

Ferramentas

SQL

SGBD  
Atributos

1a Geração

Ferramentas

API  
proprietária

Motor

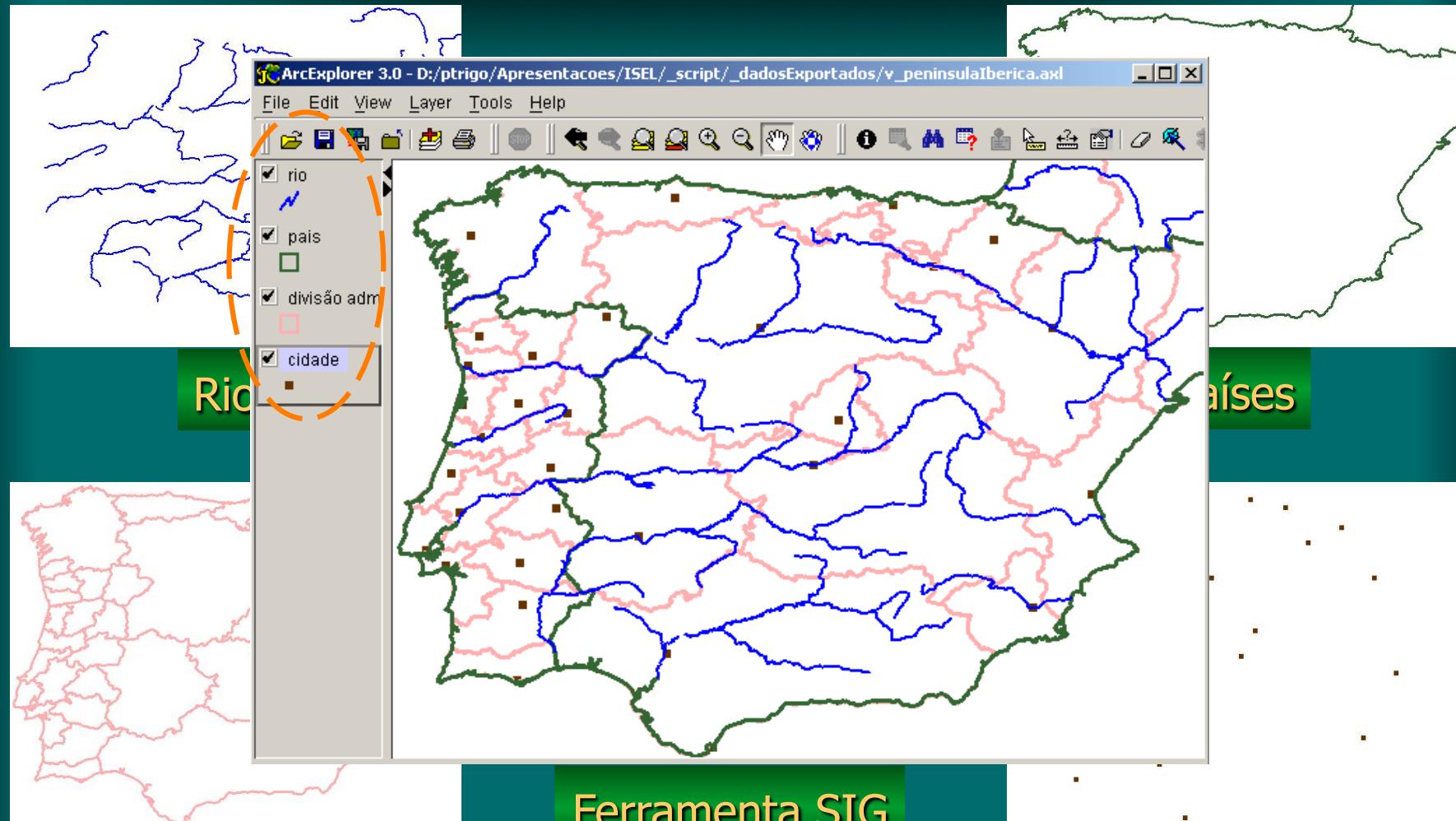
API  
proprietária

Sistema de Ficheiros  
Geometria

API – Application Programming Interface  
SQL – Structured Query Language (standard)

# Ferramentas

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

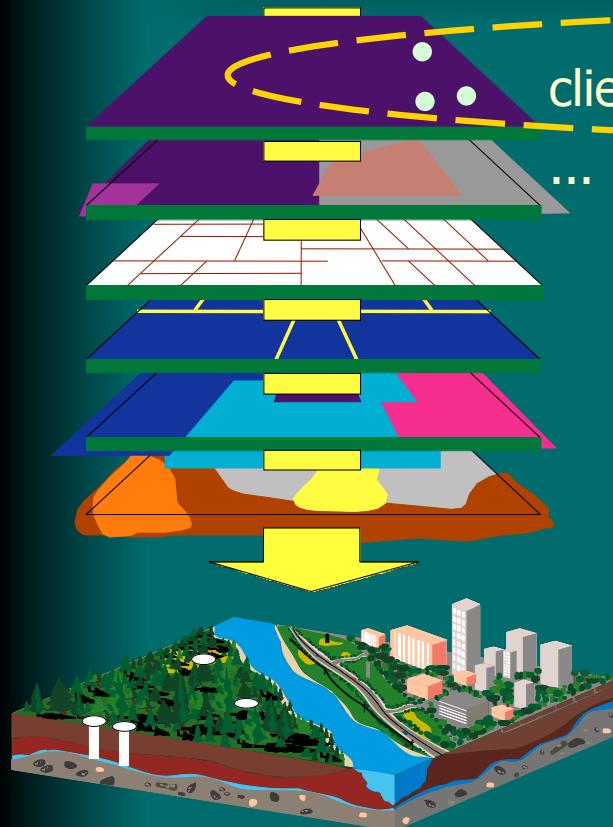


Divisões administrativas

Ferramenta SIG

Cidades

# Informação Geográfica – IG



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

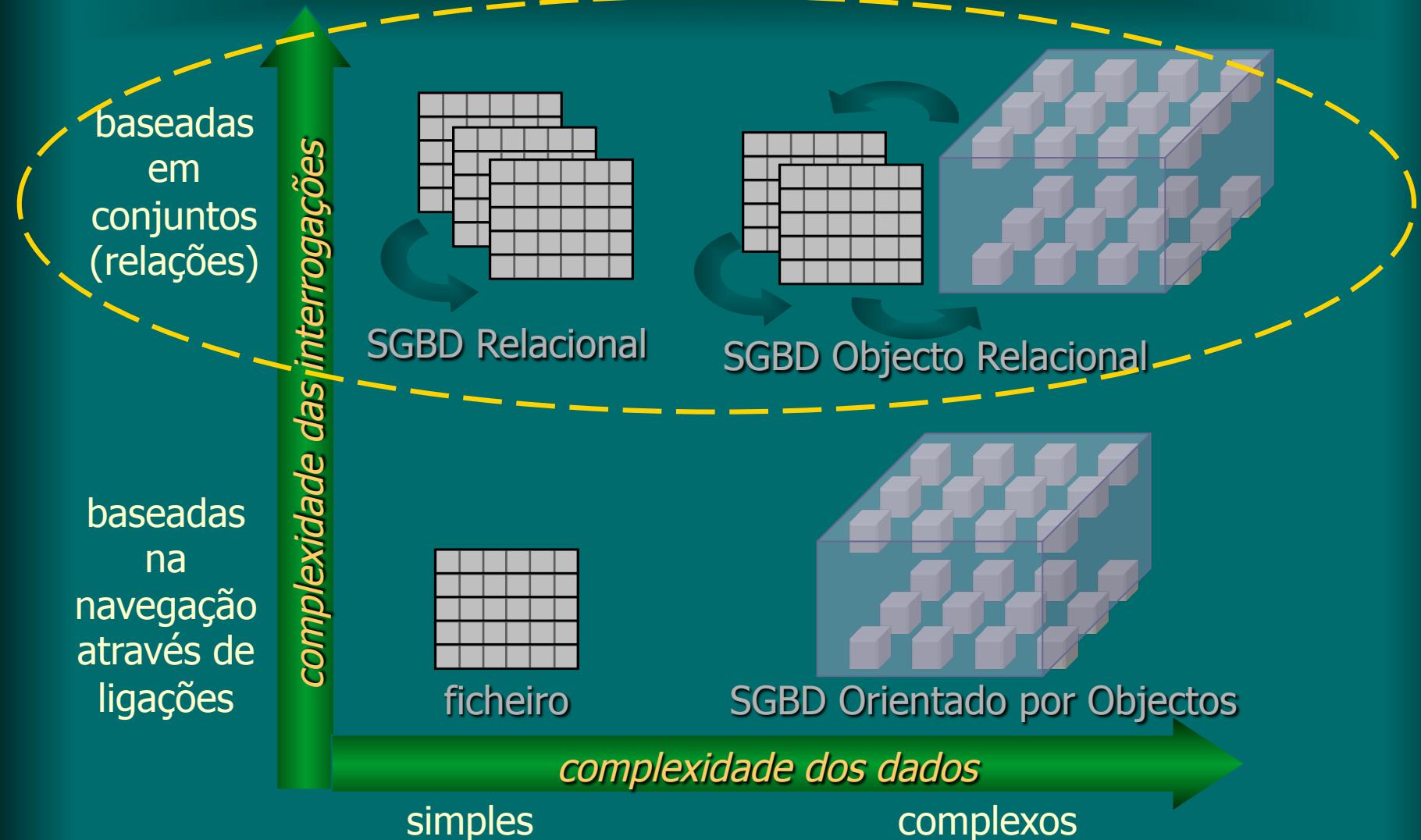
SGBD e SQL

- 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,

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

# 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  $\equiv \{ \text{Código} \}, \{ \text{Número BI} \}$   
Chave Primária  $\equiv \{ \text{Código} \}$

# Modelo Relacional

## Chaves Estrangeiras

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

Exemplo:

$r( \text{FILHO} )$  tem os filhos de elementos de  $r( \text{CLIENTE} )$

... 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

$\text{CLIENTE}( \underline{\text{Código}}, \text{Número BI}, \text{Nome Próprio}, \text{Nome Família} )$

$\text{FILHO}( \text{Nome Próprio}, \underline{\text{Código}}, \text{Data Nascimento} )$

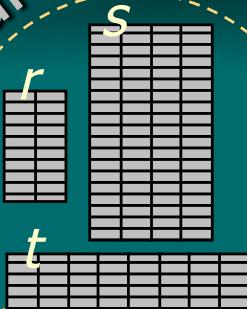
Chave Primária = { Nome Próprio, Código }

Chave Estrangeira = { Código }, refere CLIENTE

# Modelo Relacional

## Operadores

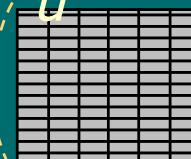
operando



Base  
 $\pi, \sigma, \exists, \times, \cup, -$

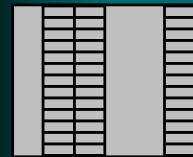
Composição  
 $\bowtie, \cap, \div$

resultado

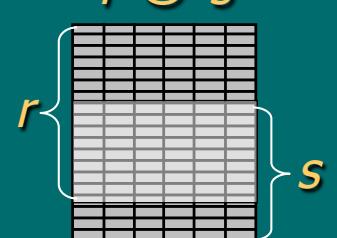


...

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



$r \cup s$



$$r \times s = \begin{array}{c|c} a & 1 \\ b & 2 \\ c & \end{array} \bowtie \begin{array}{c|c} 1 & ) \\ 2 & \& \\ \end{array}$$

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

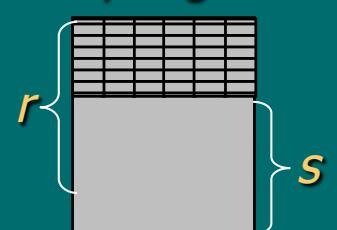
$\pi_4(\sigma_{3 \geq '1-Jan-2000'}(\text{FILHO}) \bowtie \text{CLIENTE})$

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

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



$r - s$



$r$	$a$	7
$r$	a	1
$r$	b	9

$1 \exists_{\text{MAX}(2)}(r)$

$r$	$a$	7
$r$	b	9

$\bowtie \sigma(r \times s)$

$\cap r - (r - s)$

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

A – atributos não comuns a  $r$  e  $s$

Conceptual



Utilizador

Lógico



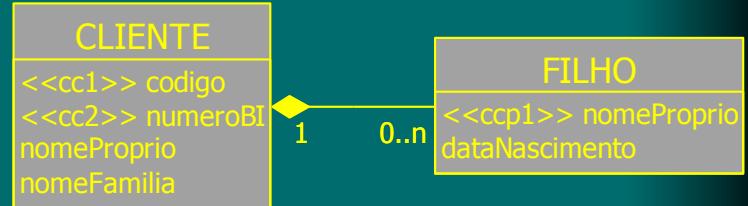
SGBD

# Modelação

## três níveis

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

... usual adoptar descrição gráfica



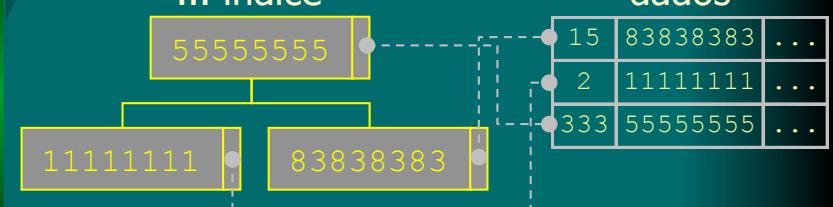
... usual concretizar em SQL

```
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 akl_cliente UNIQUE(numeroBI)
```

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

... índice



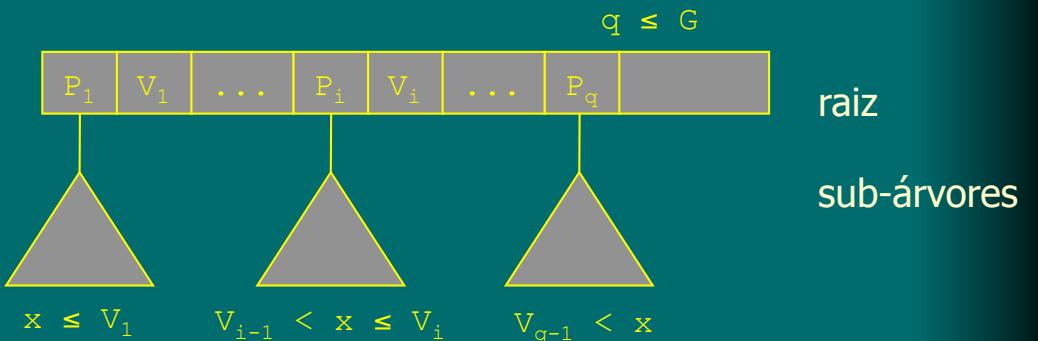
# Modelo Relacional

## 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

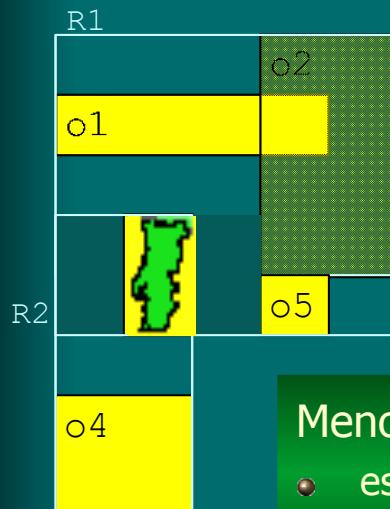
## nível físico

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

Agrupar objectos geométricos em rectângulos envolventes

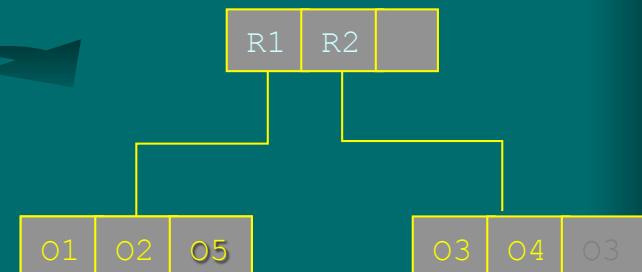
*R-tree – baseada na B-tree*

- 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



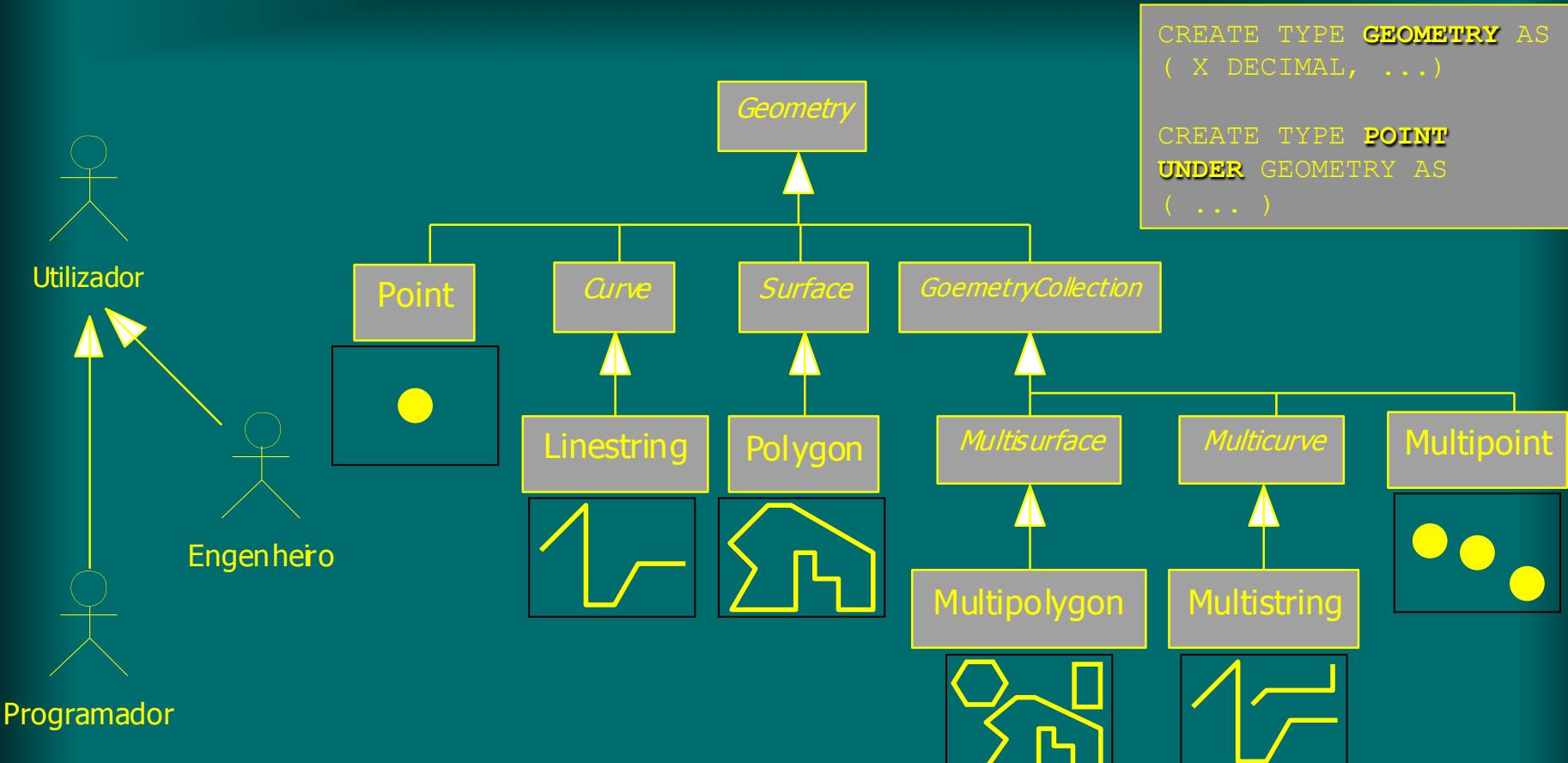
Menor área coberta por quadrados envolventes

- 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



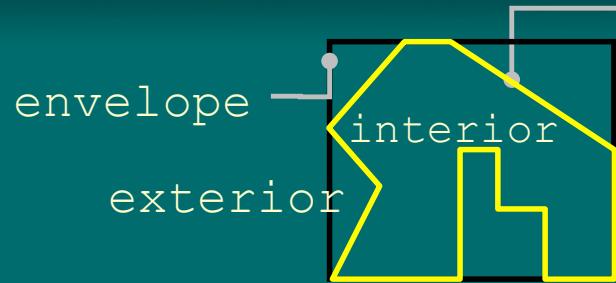
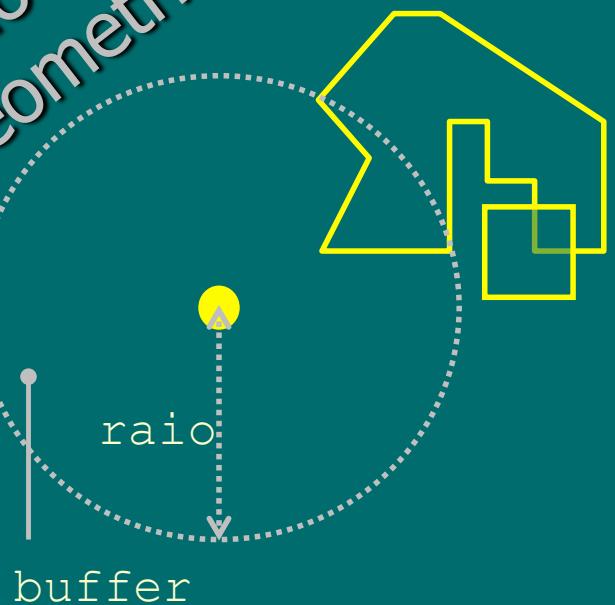
```
CREATE TYPE GEOMETRY AS  
( X DECIMAL, ... )  
  
CREATE TYPE POINT  
UNDER GEOMETRY AS  
( ... )
```

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

```
ALTER TABLE CLIENTE  
ADD local ST_Geometry
```

propriedades

novas  
geometrias



# Estender o Modelo Relacional à IG

## nível lógico – operações

```
SELECT ST_ASText(ST_Boundary(  
    freguesia))  
FROM FREGUESIA
```

```
SELECT ST_Area(freguesia)  
FROM FREGUESIA
```

intersection

```
SELECT ST_Intersection(  
    FRG.freguesia,  
    ST_Buffer(C.local, raio))  
FROM FREGUESIA AS FRG, CLIENTE AS C
```

convexHull



difference



union

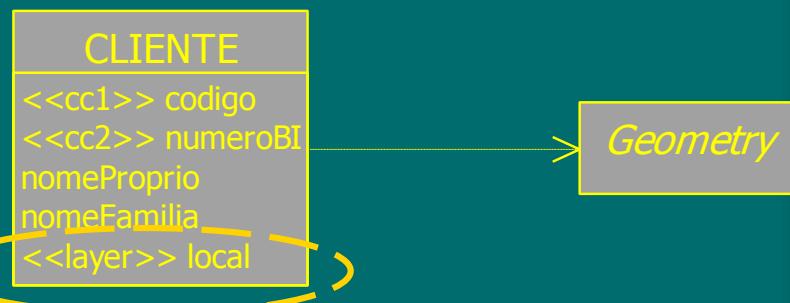


# Estender o Modelo Relacional à IG

nível conceptual



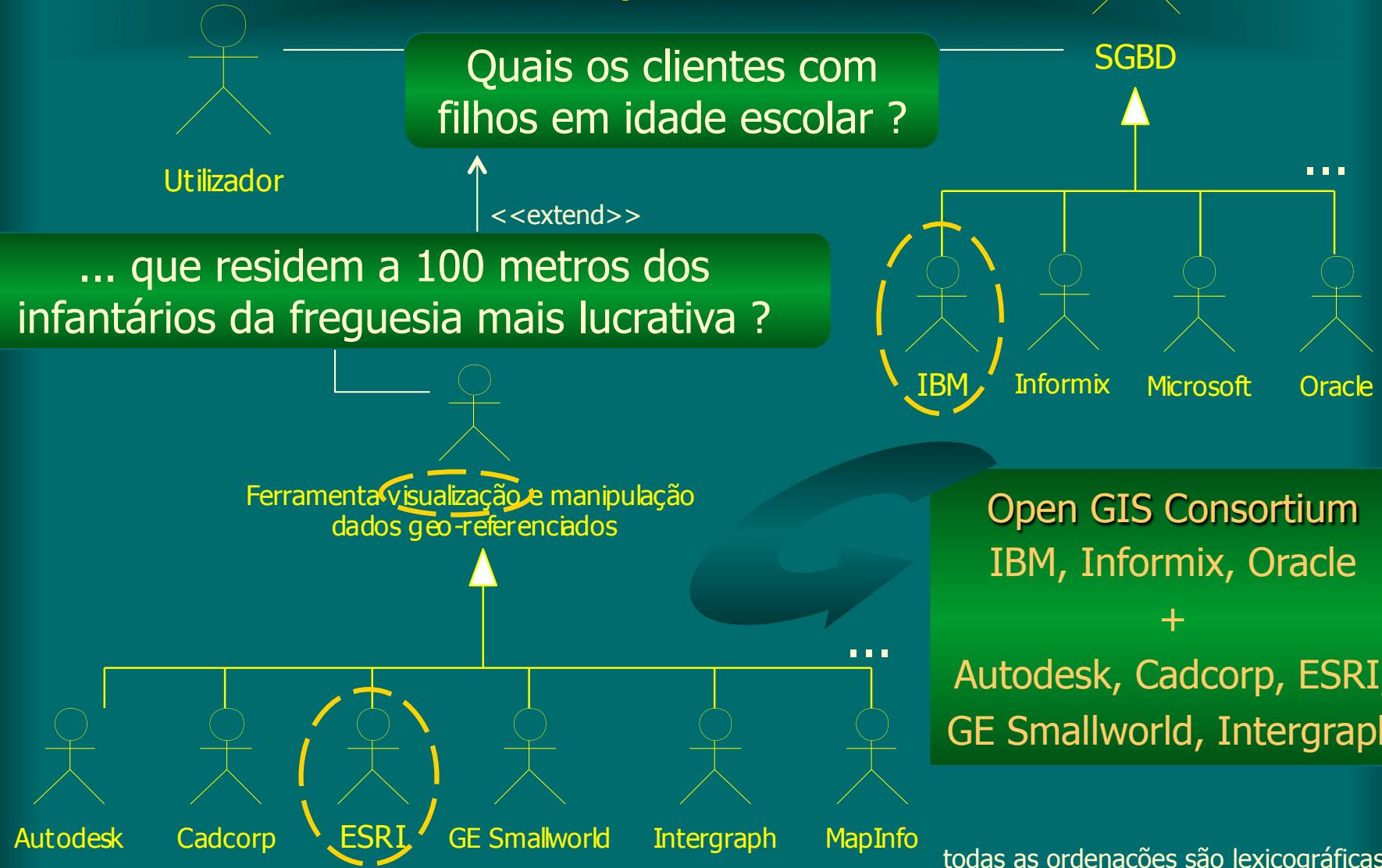
Integrar com perspectiva SIG  
modelação em *layers*



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

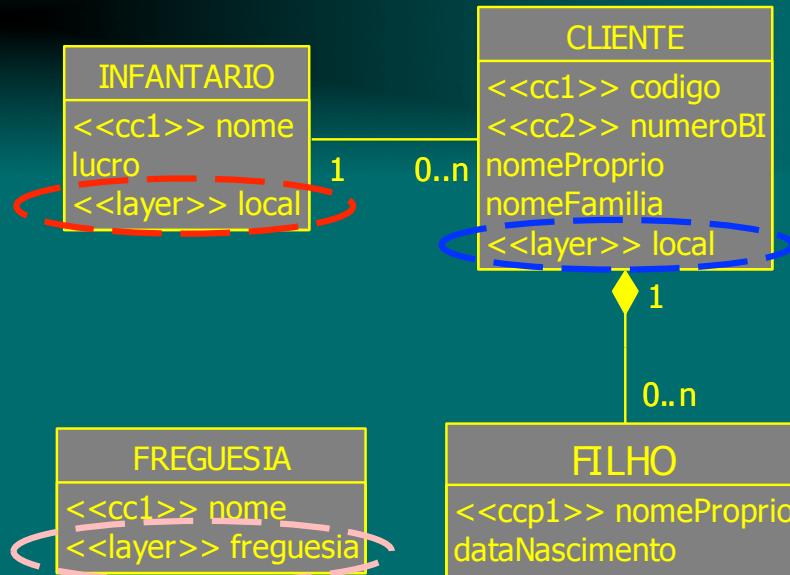
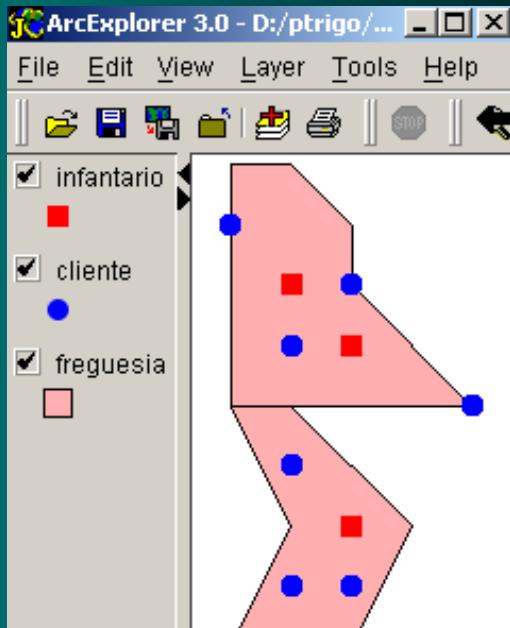
# Exemplo

## utilização e actores



# Exemplo

## infantários, clientes e freguesias



$$\mathfrak{I}_{\text{MAX}(2)} [4 \mathfrak{I}_{\text{SUM}(2)/5} (\alpha_{\text{Within}(3, 6)} (\text{INFANTARIO} \times \pi_{1, \text{Area}(2), 2} \text{FREGUESIA}))]$$

```

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 ?

$\tilde{\sigma}_{\text{SUM}(2)/5}(\text{INF_FRG})$

MAX\_LUCRO

Qual o máximo lucro das freguesias ?

$\tilde{\sigma}_{\text{MAX}(2)}(\text{FRG_LUCRO})$

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 ?

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

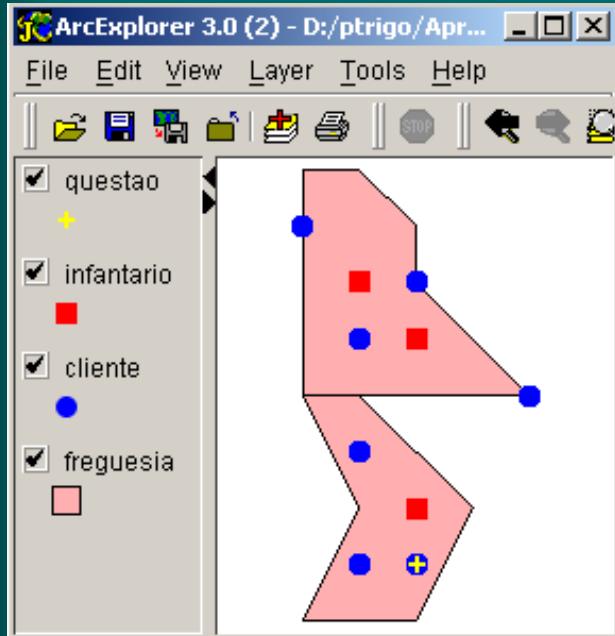
Quais os clientes com filhos em idade escolar ?

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

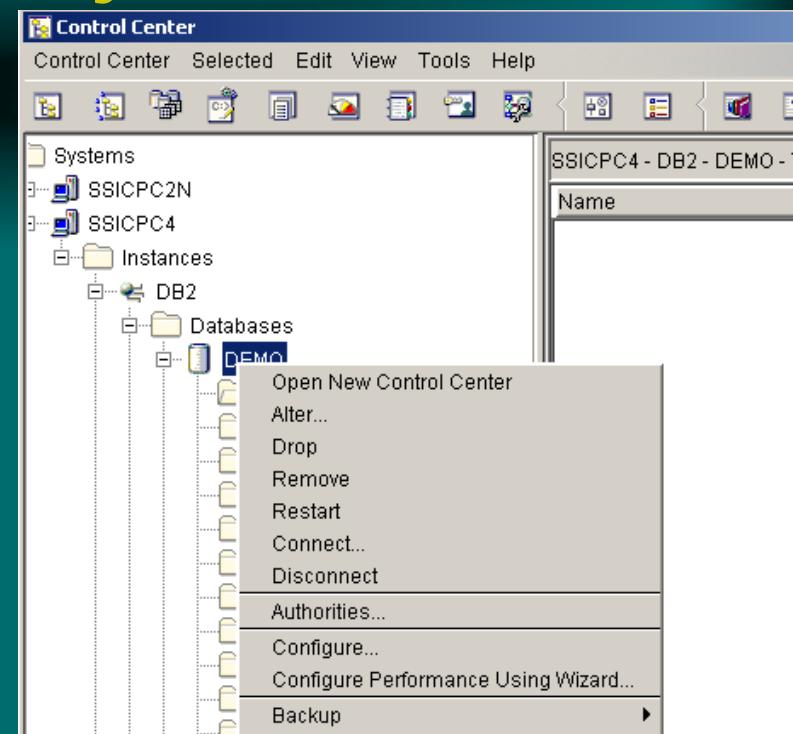
Quais os clientes com filhos em idade escolar que residem até 100 metros dos infantários da freguesia mais lucrativa ?

$$\pi_1 [\sigma_{\text{Distance}(2, 4) \leq 100} (\text{CLI\_FIE} \times \text{INF\_FRG\_MAX})]$$

# Demonstração



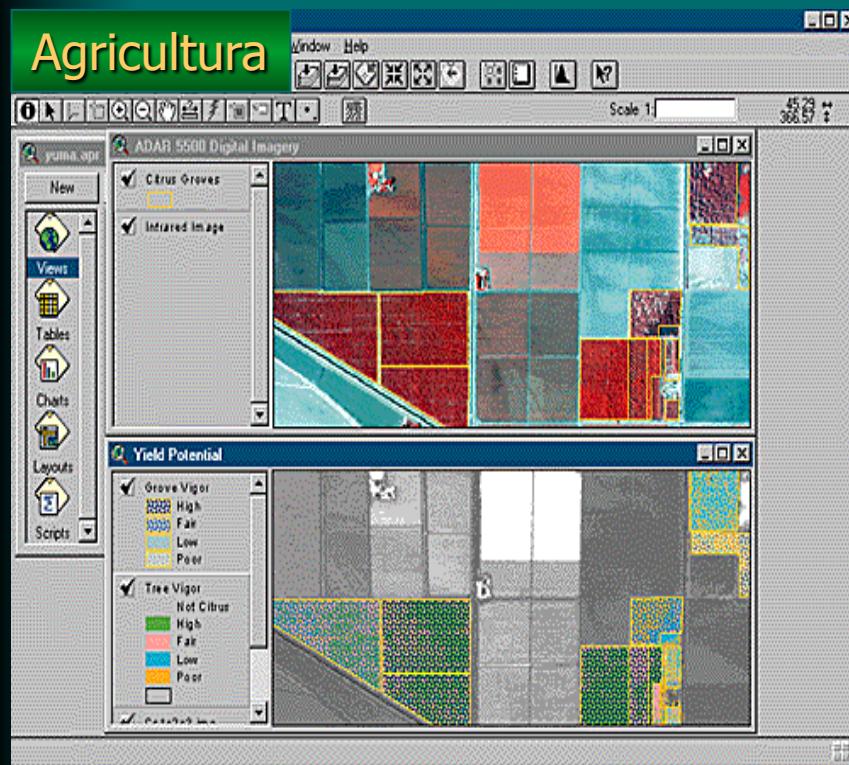
- importar *layers*
- exportar relações



CODIGO	NUMERO_BI	NOME_PROPRIANO	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 ( 10.00000000 80.00000000)	Gatinho

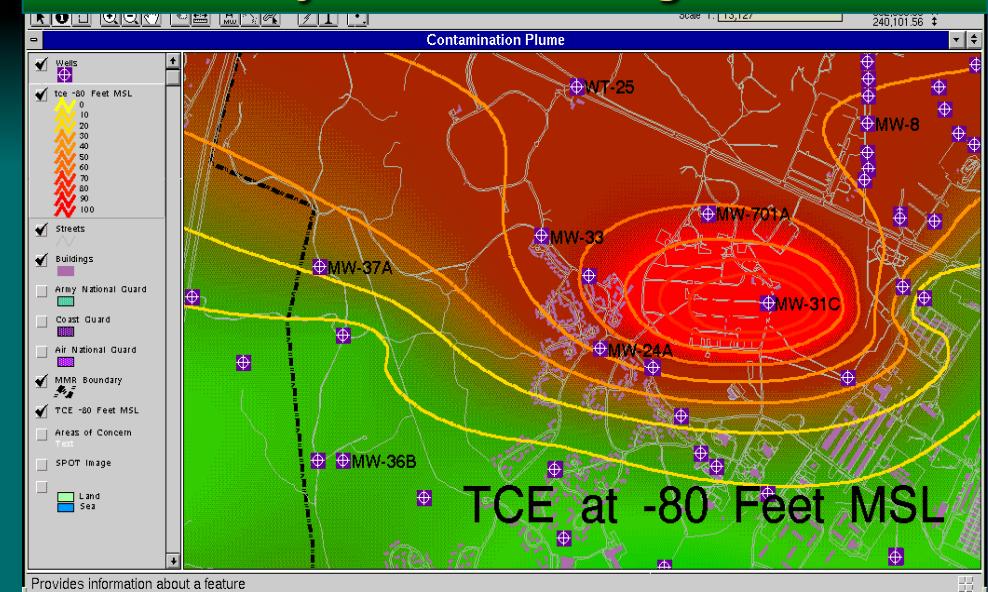
- construir esquema relacional
- definir relações (povoar base dados)

## Agricultura

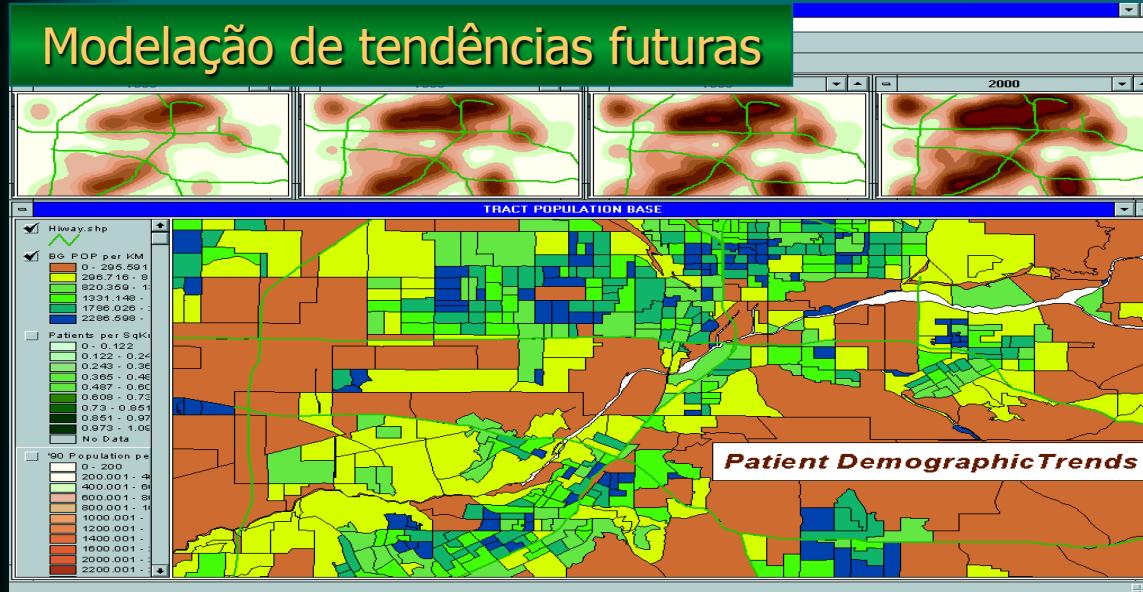


## Presente

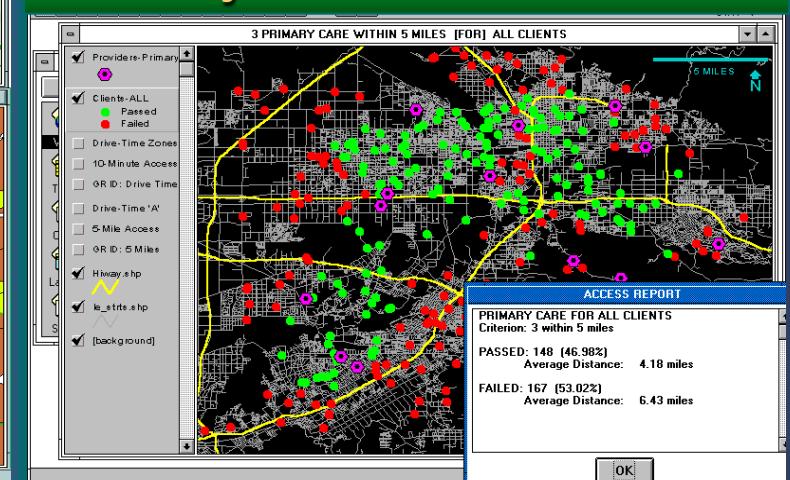
### Monitorização ambiental – gases tóxicos



## Modelação de tendências futuras

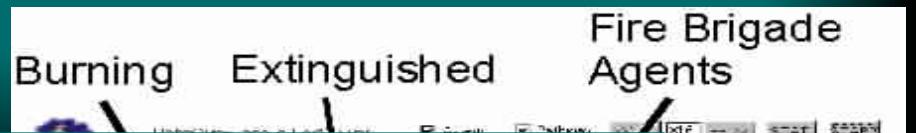
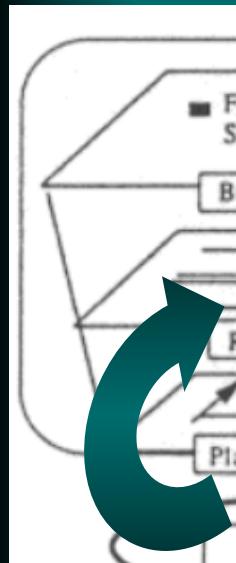


## Localização e distância ao cliente



# Futuro ...

- cenc...  
sist...
- age...  
salv...
- ava...



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

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

cirar 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"



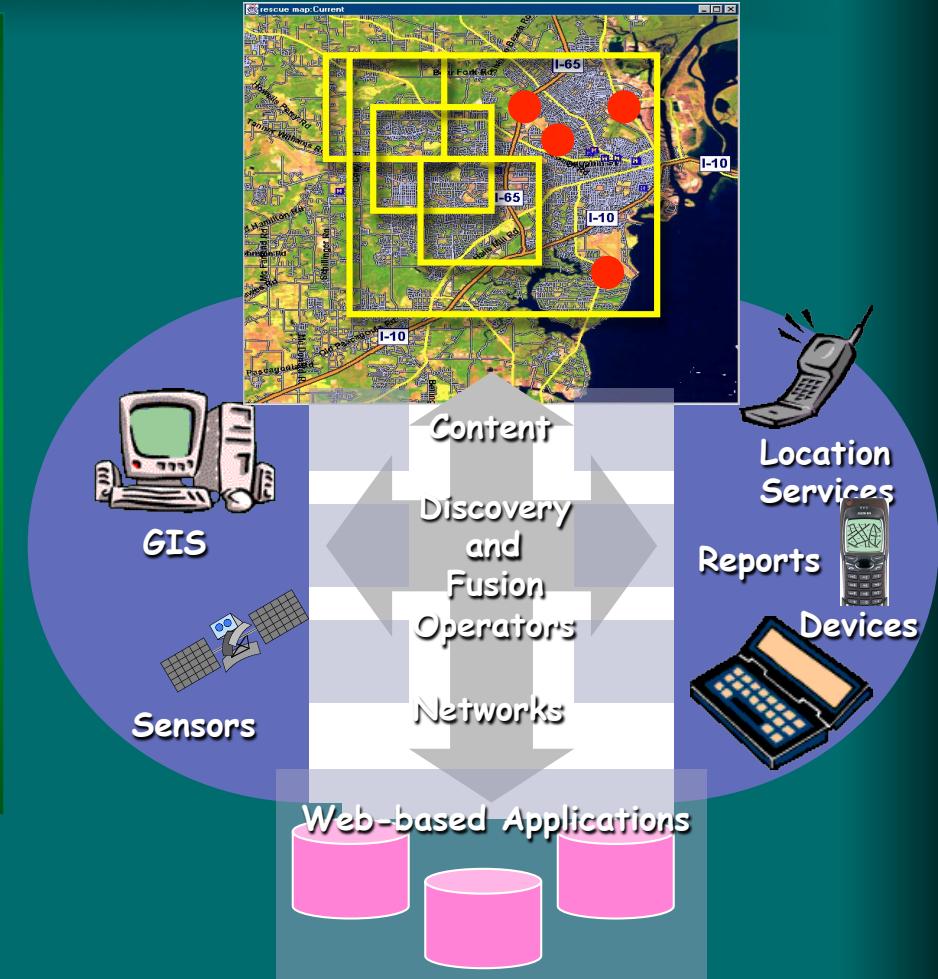
# O papel do *Open GIS*

*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:*

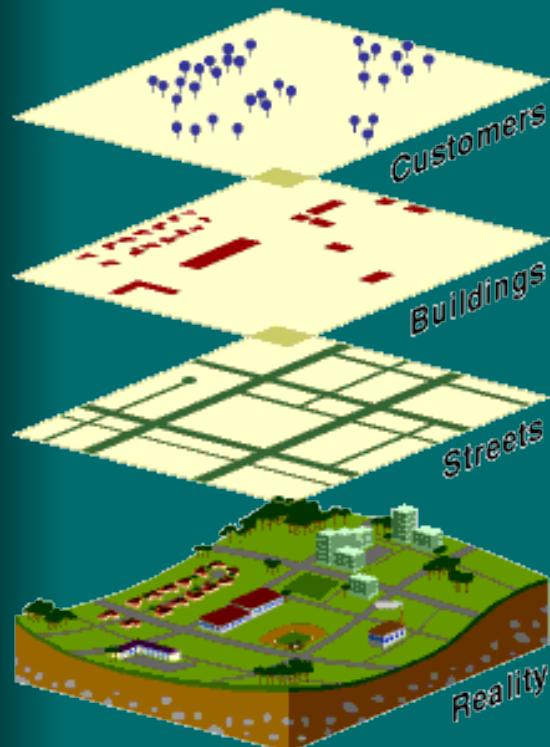
*explicit geographic reference, such as a latitude and longitude or national grid coordinate*

*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

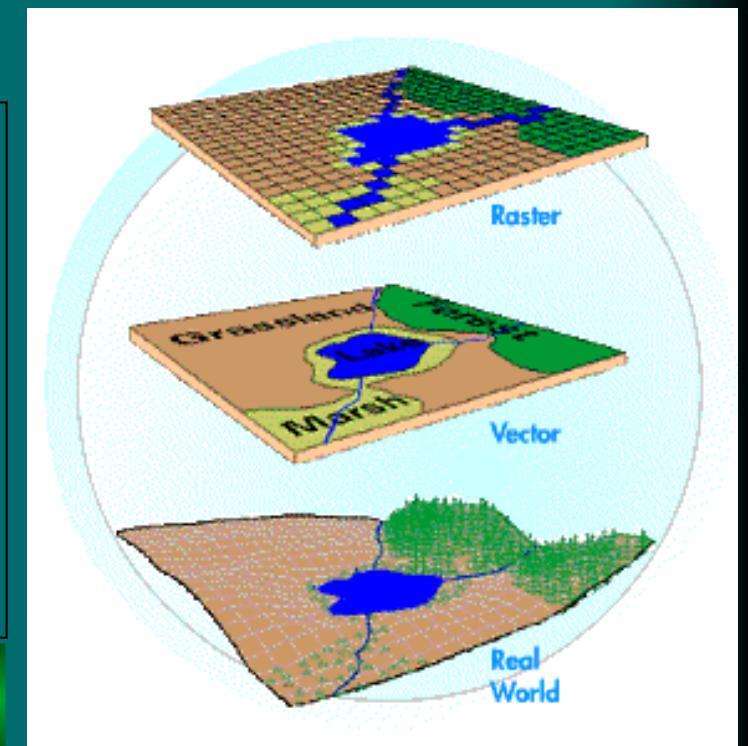
modelo vectorial  
pontos, linhas e  
polígonos são  
representados como  
coleções de  
coordenadas x, y

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.*