

Treinamento no desenvolvimento de aplicações GIS

Módulo 02: Banco de dados espacial PostGIS





Esta obra está licenciada sob uma
licença Creative Commons

<http://creativecommons.org/licenses/by/2.5/br/>

Ficha técnica

- **Autoria**

Rodrigo Hjort

Coordenação Estratégica de Tecnologia – Brasília

- **Revisão**

José Ronaldo Agra de Souza Filho

Coordenação Estratégica de Tecnologia – Brasília

Alisson Coelho de Moraes

Superintendência de Desenvolvimento – Curitiba

Agenda

- Conceito de banco de dados espacial
- A extensão PostGIS
 - Instalação e configuração
- Carga de dados espaciais
 - Criação de tabelas georreferenciadas
 - Importação e exportação de shapefiles
- Funções e operadores espaciais
- Questões de performance
 - Índices espaciais

O que é um banco de dados espacial?



Banco de dados convencional

Tipos de dados

texto, número, data/hora

Índices

b-tree, hash

Funções e operadores

length(), now(), +, >=

Banco de dados espacial

Tipos de dados espaciais

geometry, geography

Índices espaciais

r-tree, quad-tree, kd-tree

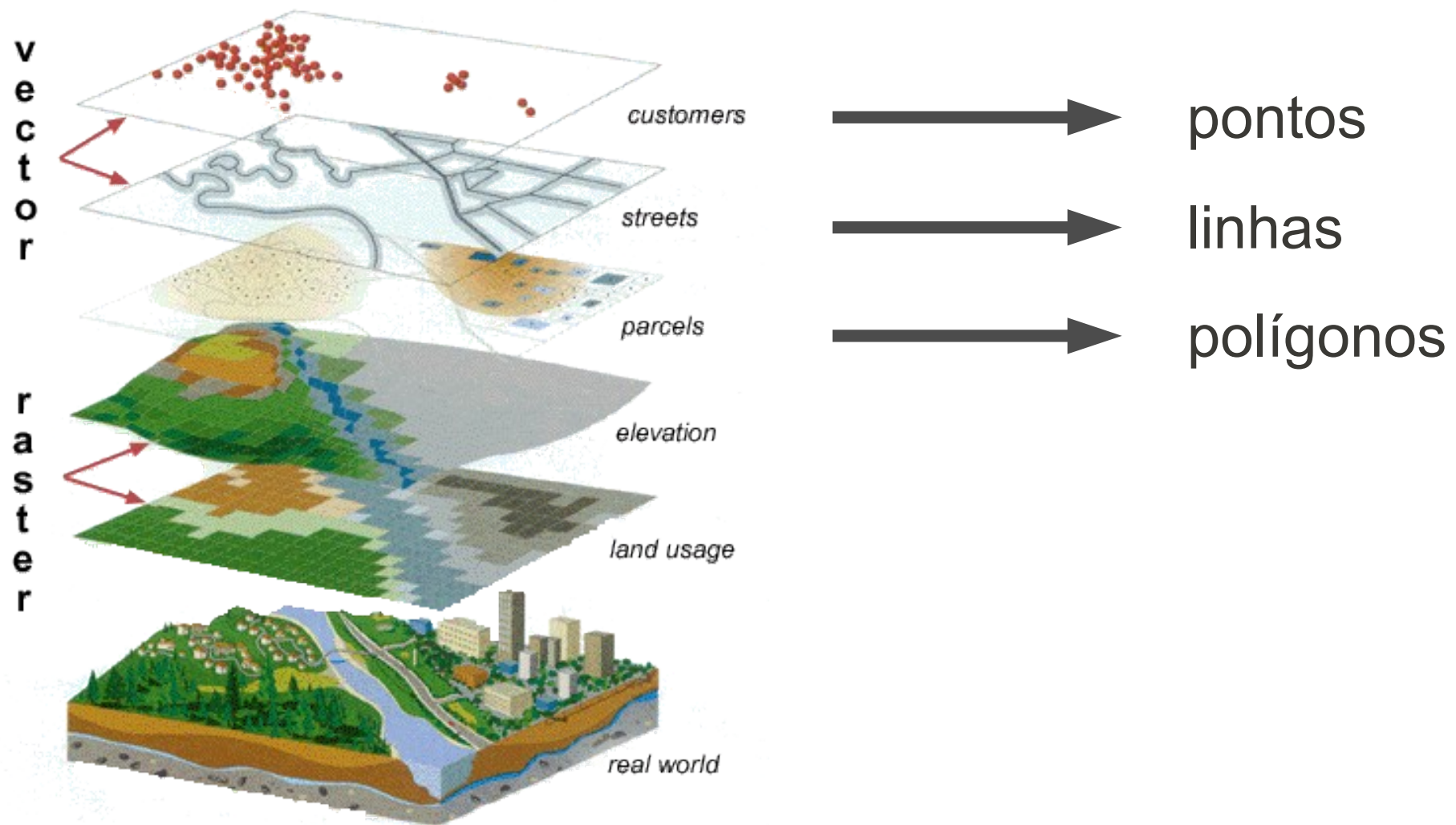
Funções e operadores espaciais

ST_Length(), ST_X(), &&, @

Um banco de dados espacial...

armazena e manipula objetos
espaciais como qualquer outro
objeto do banco de dados

A modelagem espacial

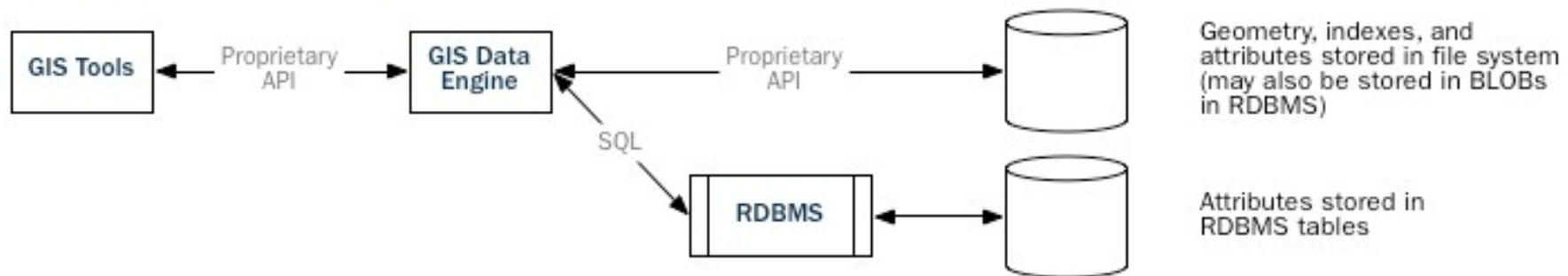


Evolução das arquiteturas GIS

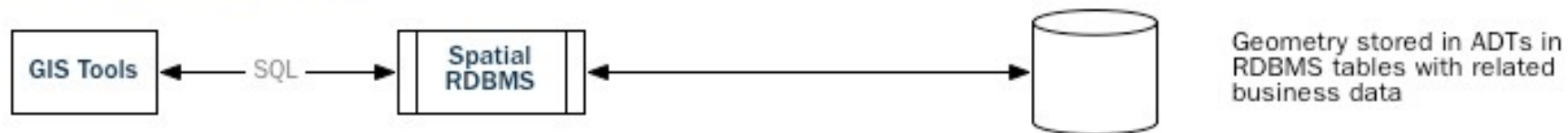
First-Generation GIS:



Second-Generation GIS:



Third-Generation GIS:

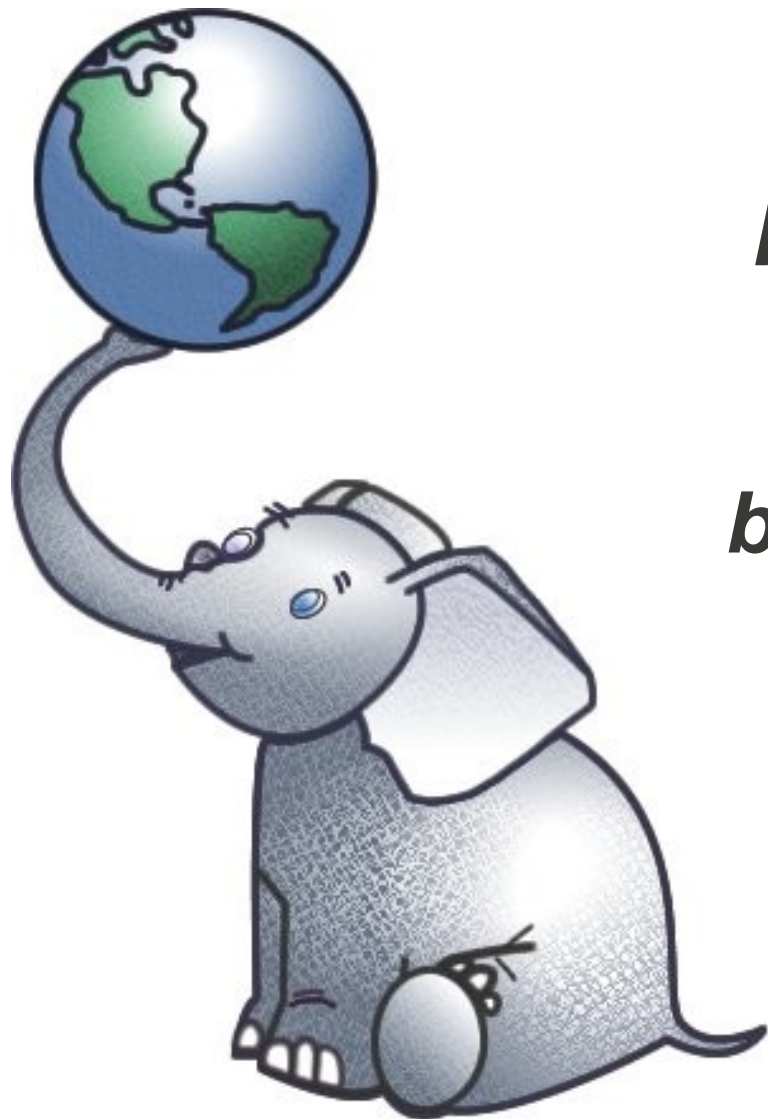


O que é o PostgreSQL?

- SGBD objeto-relacional de código aberto
- inicialmente desenvolvido na UC Berkeley em 1986
- segue padrões SQL ANSI
- altamente extensível
- licença BSD
- ***“The world's most advanced open source database”***



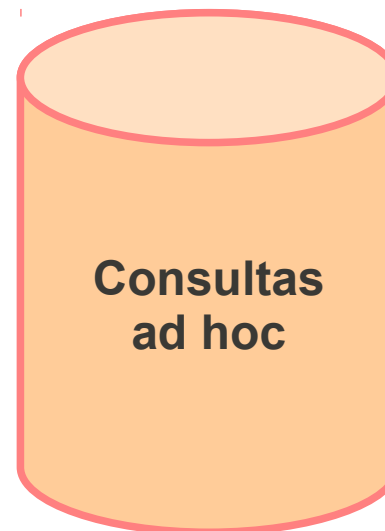
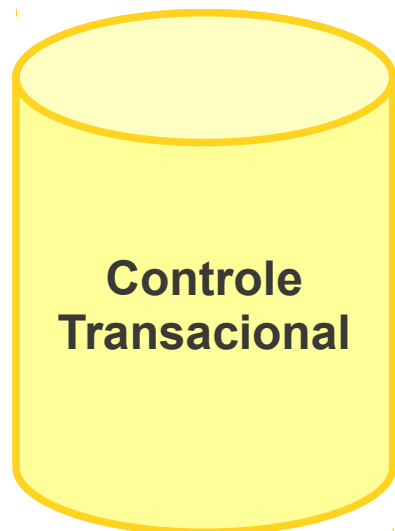
O que é o PostGIS?



***PostGIS "spatially enables"
the PostgreSQL server,
allowing it to be used as a
backend spatial database for
geographic information
systems (GIS)***

Por que não usar shapefiles?

Pois usar SGBD é muito melhor!



Instalando o PostGIS e utilitários

```
# apt-get install postgis  
  
# apt-get install pgadmin3  
  
# apt-get install openjump  
  
# apt-get install qgis
```

Criando o banco modelo

```
# su postgres

$ createuser -P -s sa_gis

$ createdb -O sa_gis template_postgis

$ cd /usr/share/postgresql/8.4/contrib/postgis-2.0/

$ psql template_postgis -f postgis.sql

$ psql template_postgis -f postgis_comments.sql

$ psql template_postgis -f spatial_ref_sys.sql
```

Criando o banco “curso”

```
# su postgres
```

```
# createdb curso -O sa_gis \  
-T template_postgis
```

```
$ psql -h localhost -U sa_gis curso
```

Verificando as versões

```
SELECT version();
```

PostgreSQL 8.4.16 on i486-pc-linux-gnu, compiled by
GCC gcc-4.4.real (Ubuntu 4.4.3-4ubuntu5.1) 4.4.3,
32-bit

```
SELECT postgis_version();
```

2.0 USE_GEOS=1 USE_PROJ=1 USE_STATS=1

```
SELECT postgis_full_version();
```

POSTGIS="2.0.1 r9979" GEOS="3.3.3-CAPI-1.7.4"
PROJ="Rel. 4.7.1, 23 September 2009" LIBXML="2.7.6"

Analizando o banco “curso”

- [-] curso
 - [+] Catálogos (2)
 - [-] Esquemas (1)
 - [-] public
 - [+] Domínios (0)
 - [+] FTS Configurations (0)
 - [+] FTS Dictionaries (0)
 - [+] FTS Parsers (0)
 - [+] FTS Templates (0)
 - [+] Funções (525)
 - [+] Sequências (0)
 - [-] Tabelas (1)
 - [+] spatial_ref_sys
 - [+] Funções de Gatilho (2)
 - [-] Visões (2)
 - [+] geography_columns
 - [+] geometry_columns

curso=> \d+

Lista de relações

Esquema	Nome	Tipo
public	geography_columns	visão
public	geometry_columns	visão
public	spatial_ref_sys	tabela

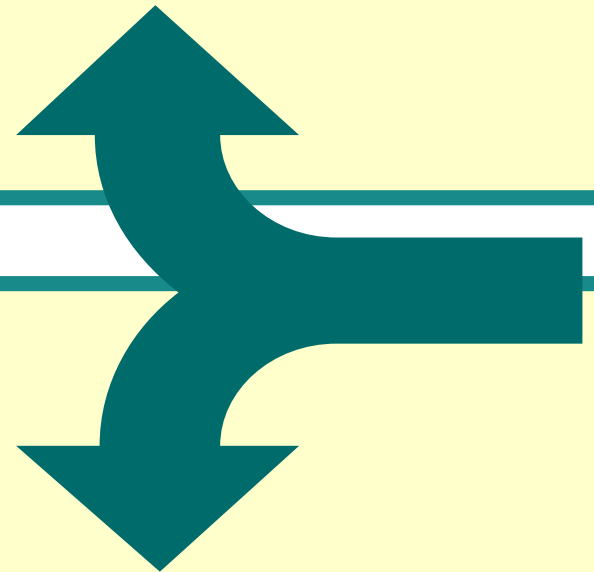
(3 registros)

Criando geometrias no PostGIS

```
CREATE TABLE geometrias (  
  nome varchar,  
  geom geometry  
);
```

```
CREATE TABLE geometrias (  
  nome varchar  
);
```

```
SELECT AddGeometryColumn(  
  'geometrias', 'geom', 0, 'GEOMETRY', 2);
```



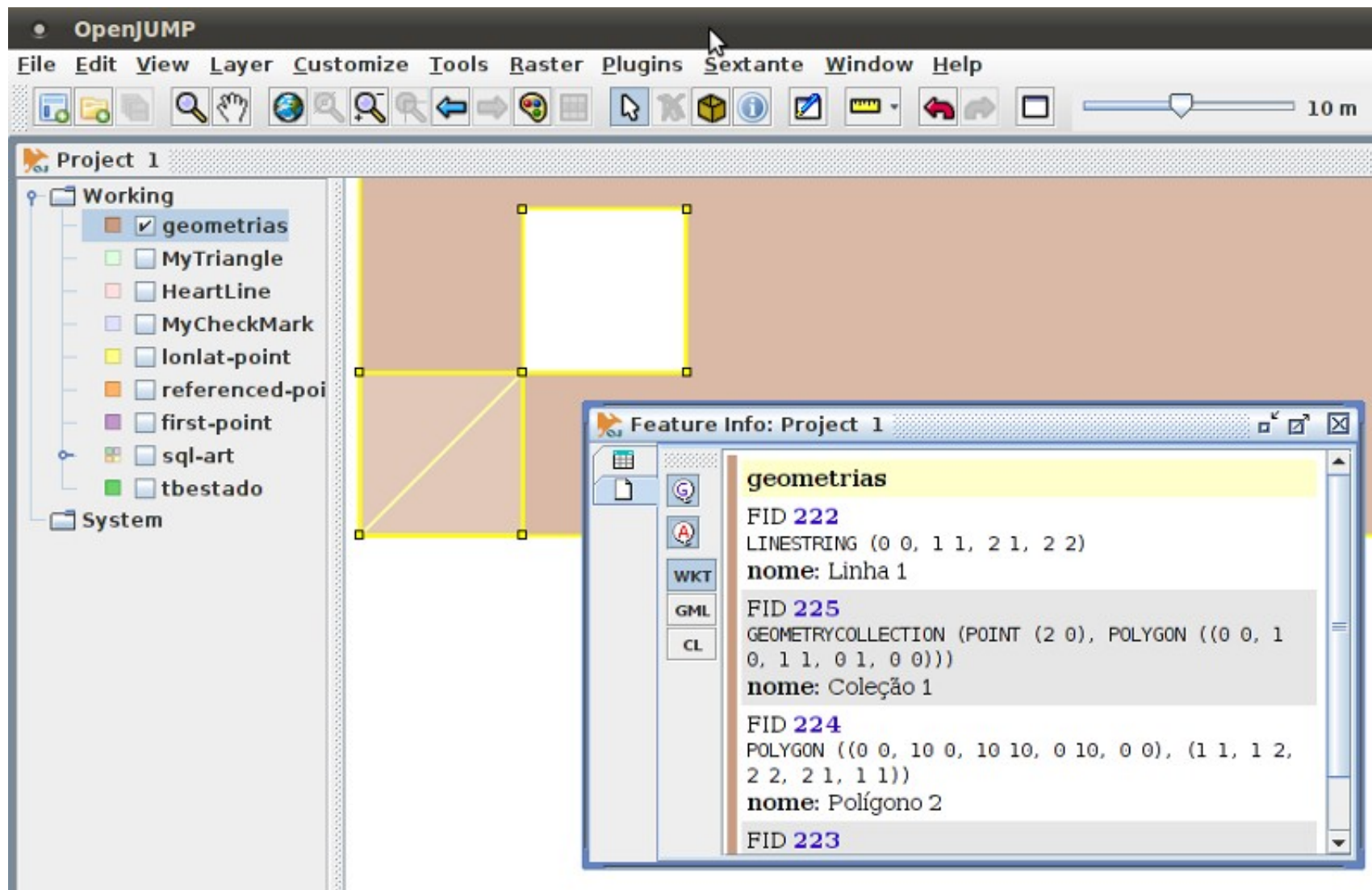
Populando geometrias no PostGIS

```
INSERT INTO geometrias VALUES
('Ponto 1', 'POINT(0 0)'),
('Linha 1', 'LINESTRING(0 0, 1 1, 2 1, 2 2)'),
('Polígono 1', 'POLYGON((0 0, 1 0, 1 1, 0 1, 0 0))'),
('Polígono 2', 'POLYGON((0 0, 10 0, 10 10, 0 10, 0 0),
(1 1, 1 2, 2 2, 2 1, 1 1))'),
('Coleção 1', 'GEOMETRYCOLLECTION(POINT(2 0),
POLYGON((0 0, 1 0, 1 1, 0 1, 0 0)))');
```

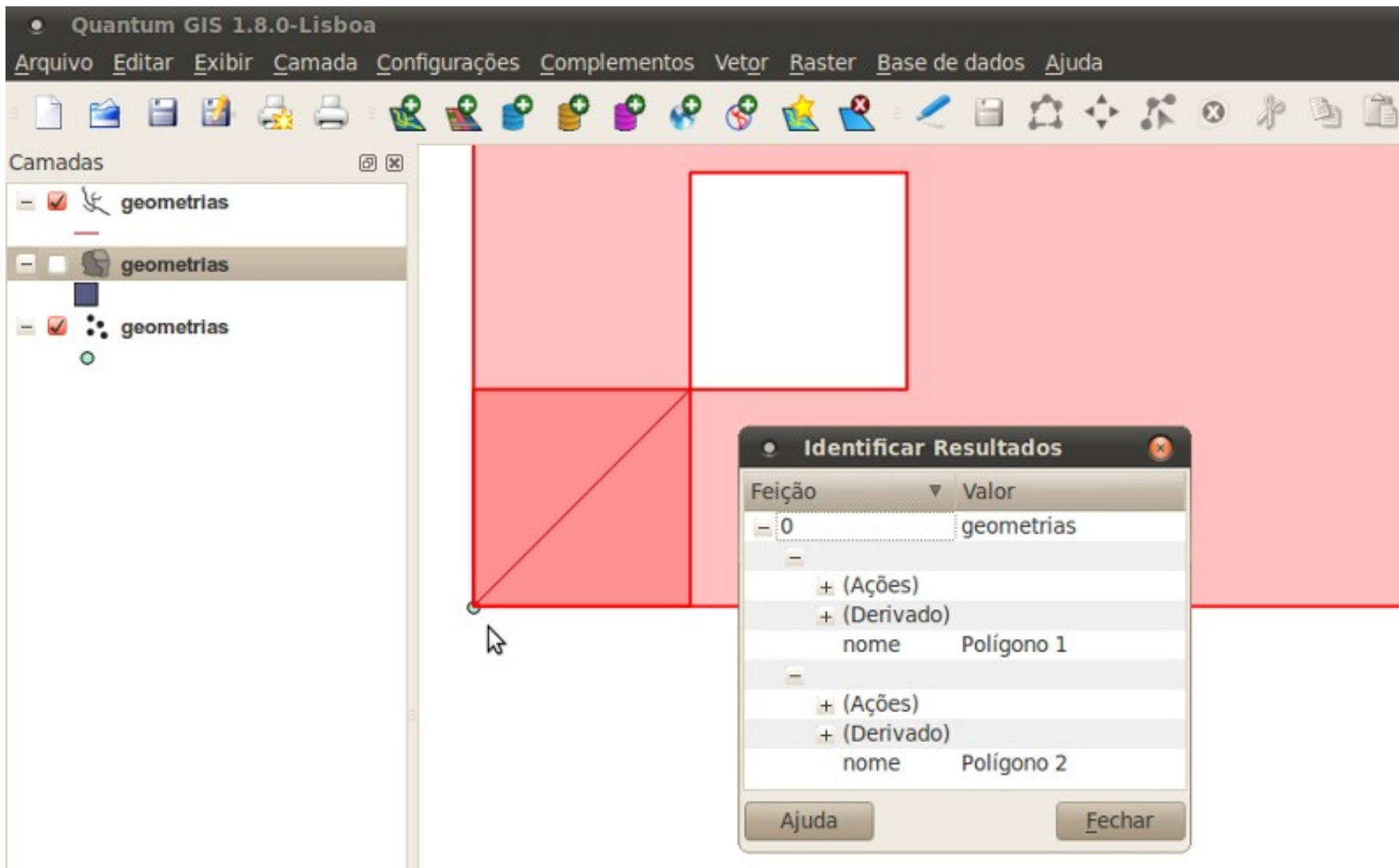
```
SELECT * FROM geometrias;
```

```
SELECT nome, GeometryType(geom), ST_NPoints(geom),
      ST_Length(geom), ST_Perimeter(geom),
      ST_Area(geom), ST_Summary(geom)
FROM geometrias;
```

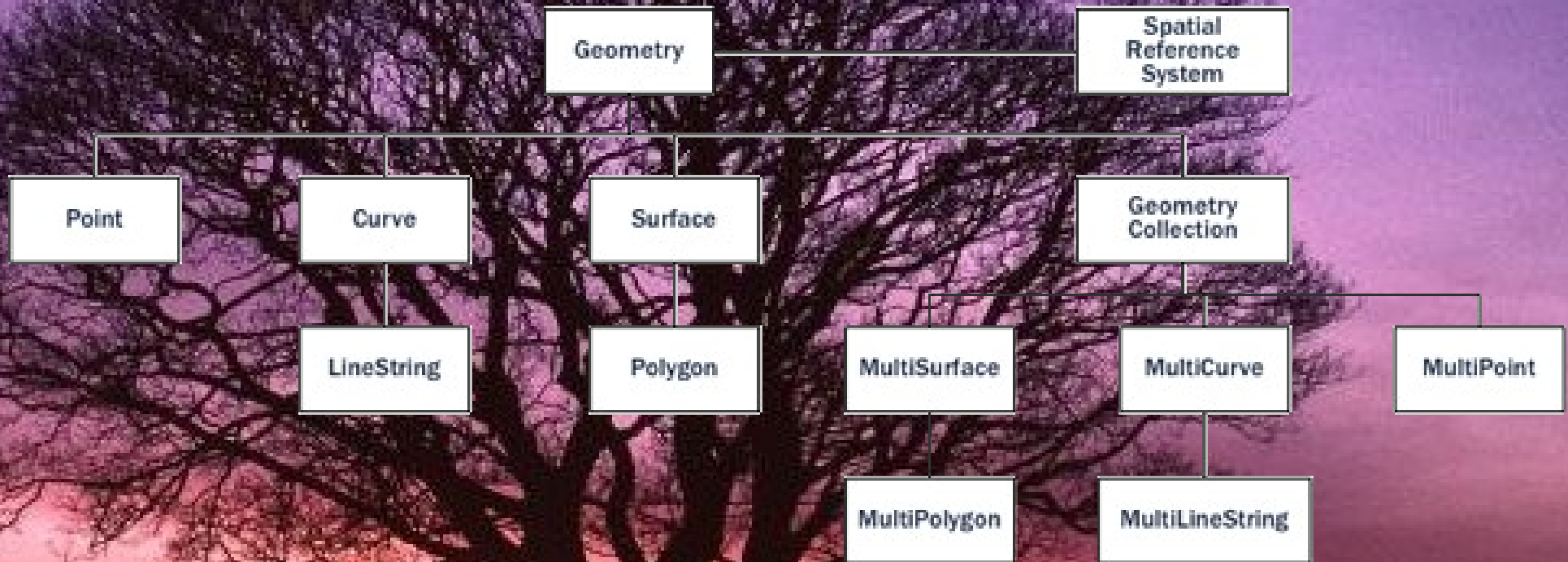
Visualizando no OpenJUMP



Visualizando no Quantum GIS



A hierarquia da geometria



Exercício: incluir mais geometrias

Múltiplos pontos: MULTIPOINT(-1 1, 0 0, 2 3)

Traço aberto: LINESTRING(0 0,1 1,1 -1)

Traço fechado: LINESTRING(0 0,1 1,1 -1, 0 0)

Número quatro: LINESTRING(2 0,0 0,1 1,1 -1)

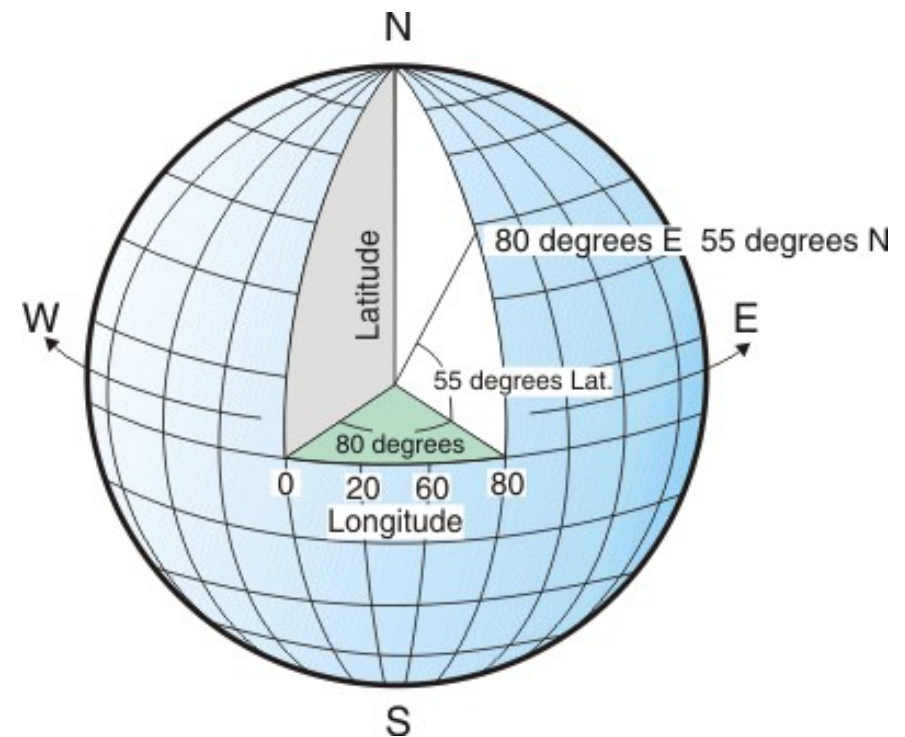
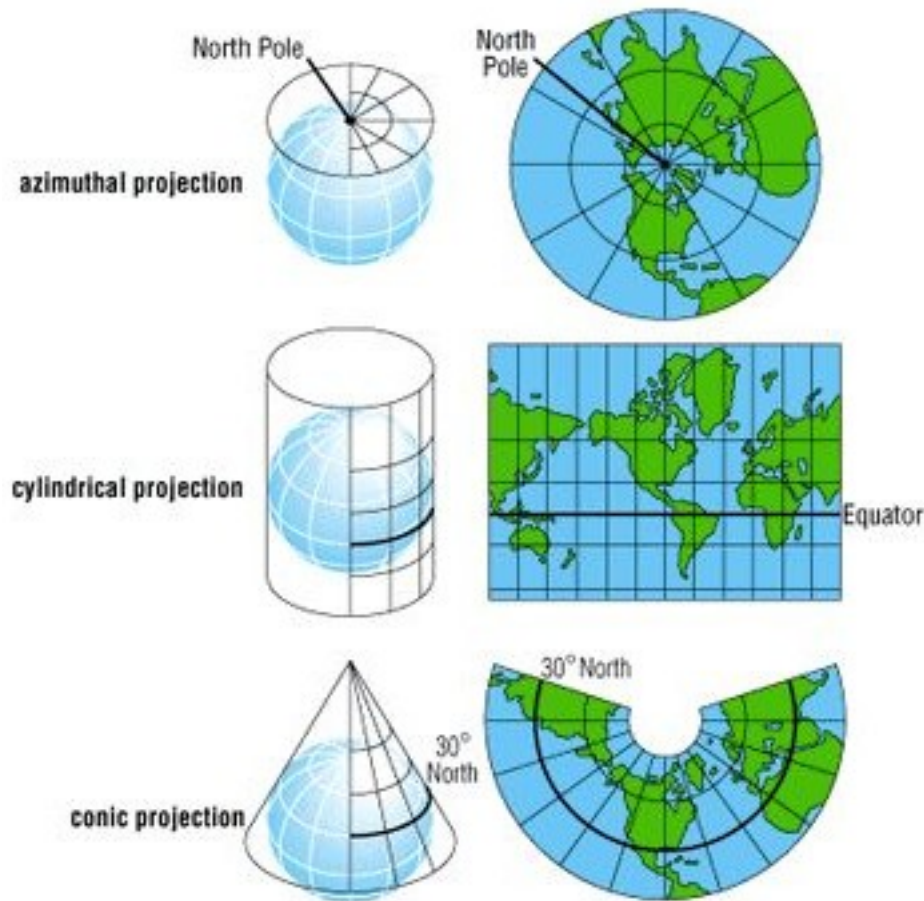
Triângulo: POLYGON((0 0, 1 1, 1 -1, 0 0))

Quadrado com dois furos: POLYGON(
(-0.25 -1.25,-0.25 1.25,2.5 1.25,2.5 -1.25,-0.25 -1.25),
(2.25 0,1.25 1,1.25 -1,2.25 0),(1 -1,1 1,0 0,1 -1))

Dois triângulos: POLYGON((2 0,0 0,1 1,1 -1, 2 0))

Meio círculo: CIRCULARSTRING(0 0,2 0, 2 2, 0 2, 0 0)

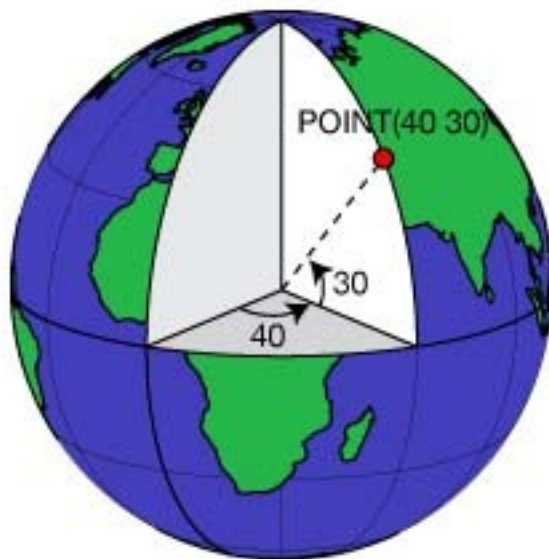
Projeções e sistemas de coordenadas



<http://spatialreference.org/ref/epsg/4326/>

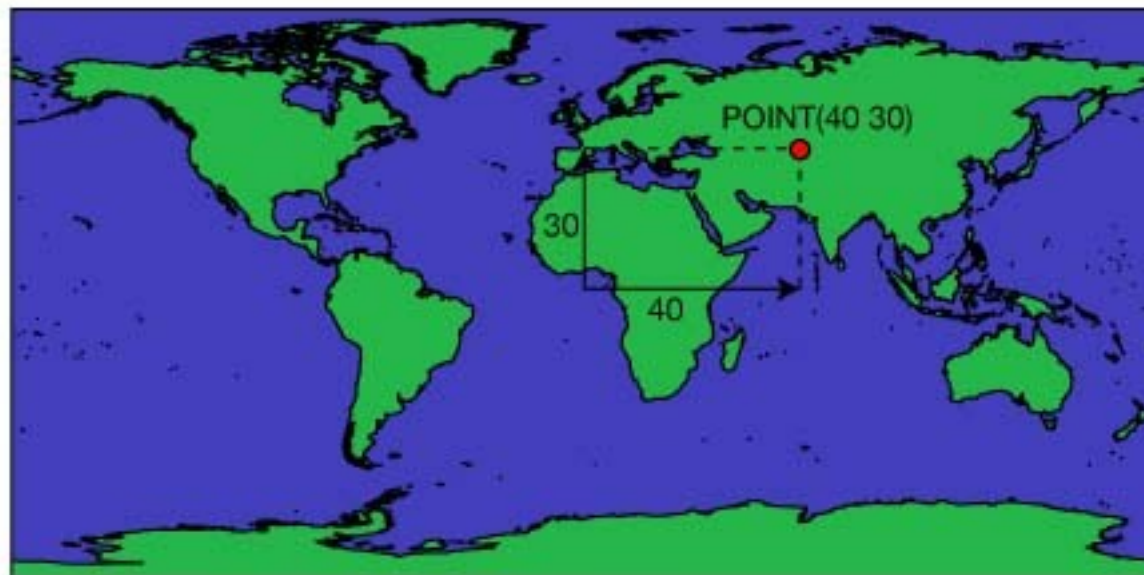
O tipo de dados geográfico

geography datatype



Modelo
Esférico

geometry datatype



Modelo Plano
(Cartesiano)

Usar geometria ou geografia?

<http://www.gcmap.com/mapui?P=LAX-CDG>



*A que distância da Islândia passa
um voo de Los Angeles a Paris?*

A tabela de sistemas de referências

Query - curso em postgres@127.0.0.1:5432 *

Arquivo Editar Consulta Favoritos Macros Visualizar Ajuda

curso em postgres@127.0.0.1

SQL Editor Graphical Query Builder

```
SELECT *  
FROM spatial_ref_sys  
WHERE srid = 4326;
```

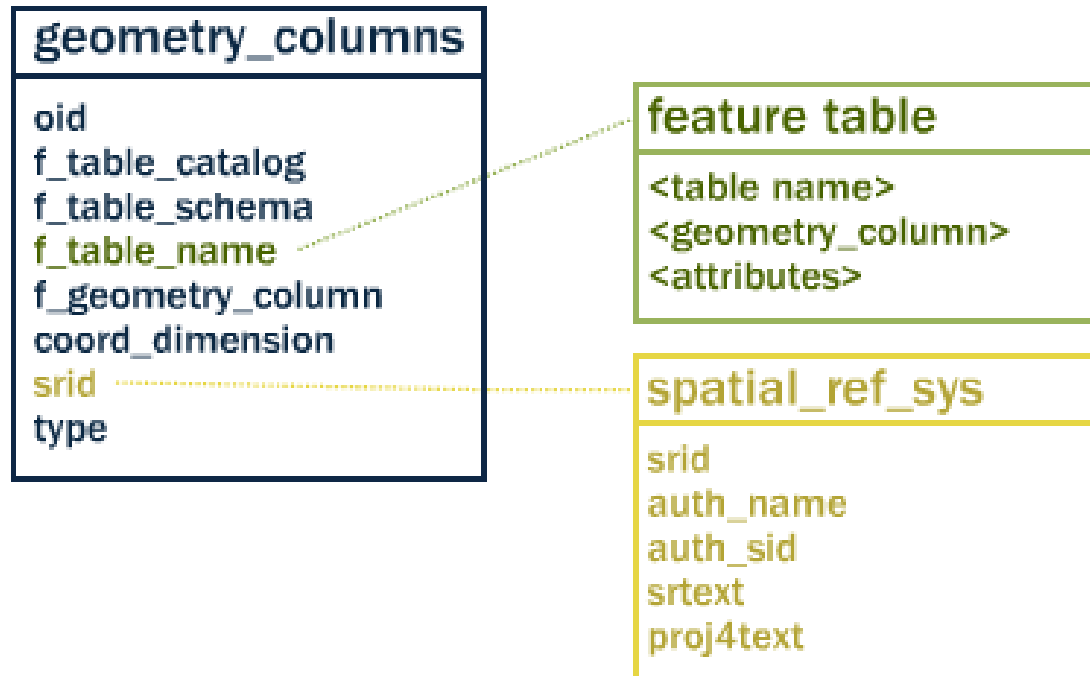
Painel de saída

Saída de Dados Explain Mensagens Histórico

	srid integer	auth_name character varying(256)	auth_srid integer	srtext character varying(2048)	proj4text character varying(2048)
1	4326	EPSG	4326	GEOGCS["WGS 84",DATUM["	+proj=longlat +datum=WC

OK. Unix Lin 3 Col 19 Ch 49 1 row. 13 ms

A tabela de colunas geométricas



```
SELECT * FROM geometry_columns;
```

Criando tabela de edifícios

```
CREATE TABLE edificios (  
  id serial NOT NULL PRIMARY KEY,  
  tipo char(1) NOT NULL,  
  nome varchar(30) NOT NULL,  
  sigla char(4) NOT NULL  
);  
  
SELECT AddGeometryColumn(  
  'edificios', 'local', 4326, 'POINT', 2);  
  
GRANT ALL ON edificios TO public;  
  
SELECT * FROM geometry_columns;
```

Populando dados geolocalizados

```
INSERT INTO edificios (tipo, nome, sigla, local) VALUES  
( 'S', 'Sede', 'SEDE',  
ST_GeomFromText('POINT(-47.869905 -15.784105)', 4326)),  
( 'R', 'Regional Brasília', 'BSA',  
ST_GeomFromText('POINT(-47.872472 -15.78744)', 4326)),  
( 'R', 'Regional Curitiba', 'CTA',  
ST_GeomFromText('POINT(-49.272849 -25.411505)', 4326)),  
( 'R', 'Regional Fortaleza', 'FLA',  
ST_GeomFromText('POINT(-38.513370 -3.753282)', 4326)),  
( 'R', 'Regional Rio de Janeiro - Horto', 'RJ0',  
ST_GeomFromText('POINT(-43.234656 -22.968657)', 4326)),  
( 'E', 'Escritório Manaus', 'MNS',  
ST_GeomFromText('POINT(-60.013399 -3.124259)', 4326));
```

Longitude

Latitude

WGS 84

Visualizando os pontos no mapa



Exercício: incluir mais regionais

SERPRO

Av. José Cândido da Silveira, 1200 - Cidade Nova, Belo Horizonte - MG, 31170-000, Brasil
+55 31 3311-6200 - serpro.gov.br
1 comentário

Serpro Horto Florestal

R. Pacheco Leão, 1235, Horto Florestal - Rio de Janeiro - RJ, 40470-530, Brasil
+55 21 2159-3300 - serpro.gov.br

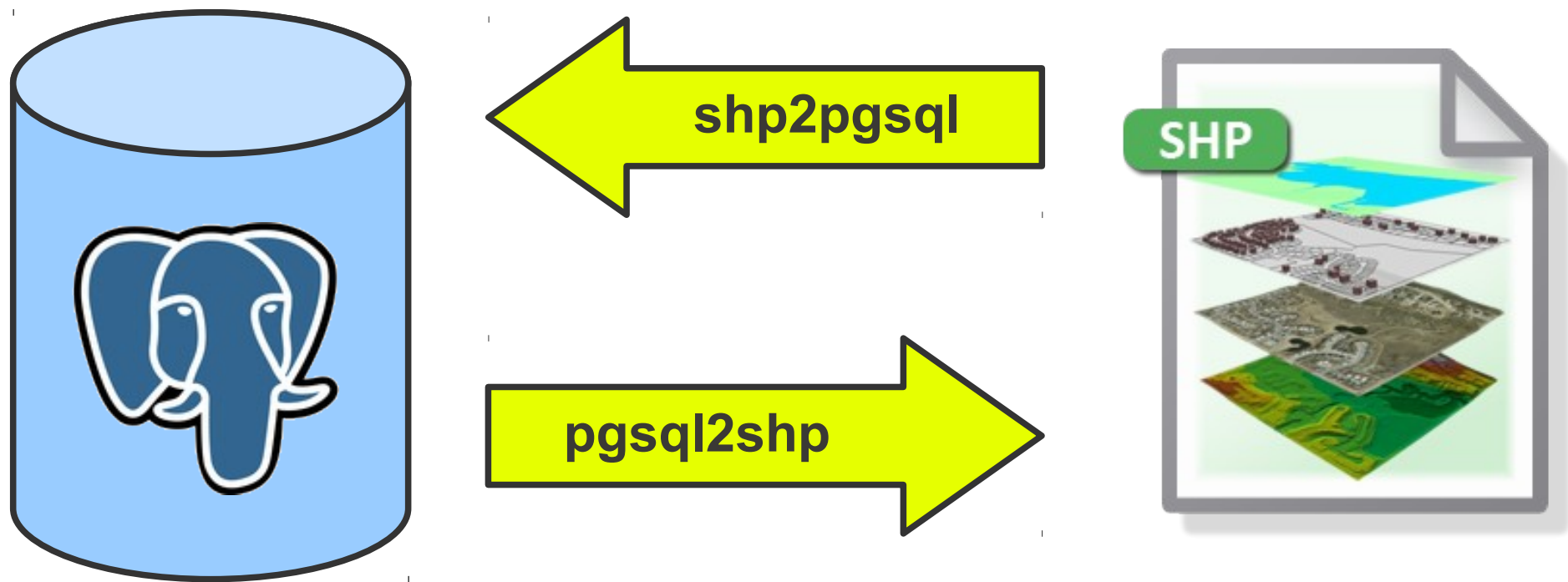
Serpro - Serviço Federal de Processamento de Dados - Regional Porto Alegre (PAE)

Av. Augusto de Carvalho, 1133, Cidade Baixa - Porto Alegre - RS, 90010-390, Brasil
+55 51 2129-1200 - serpro.gov.br
2 revisões
"Uma excelente empresa para trabalhar" -

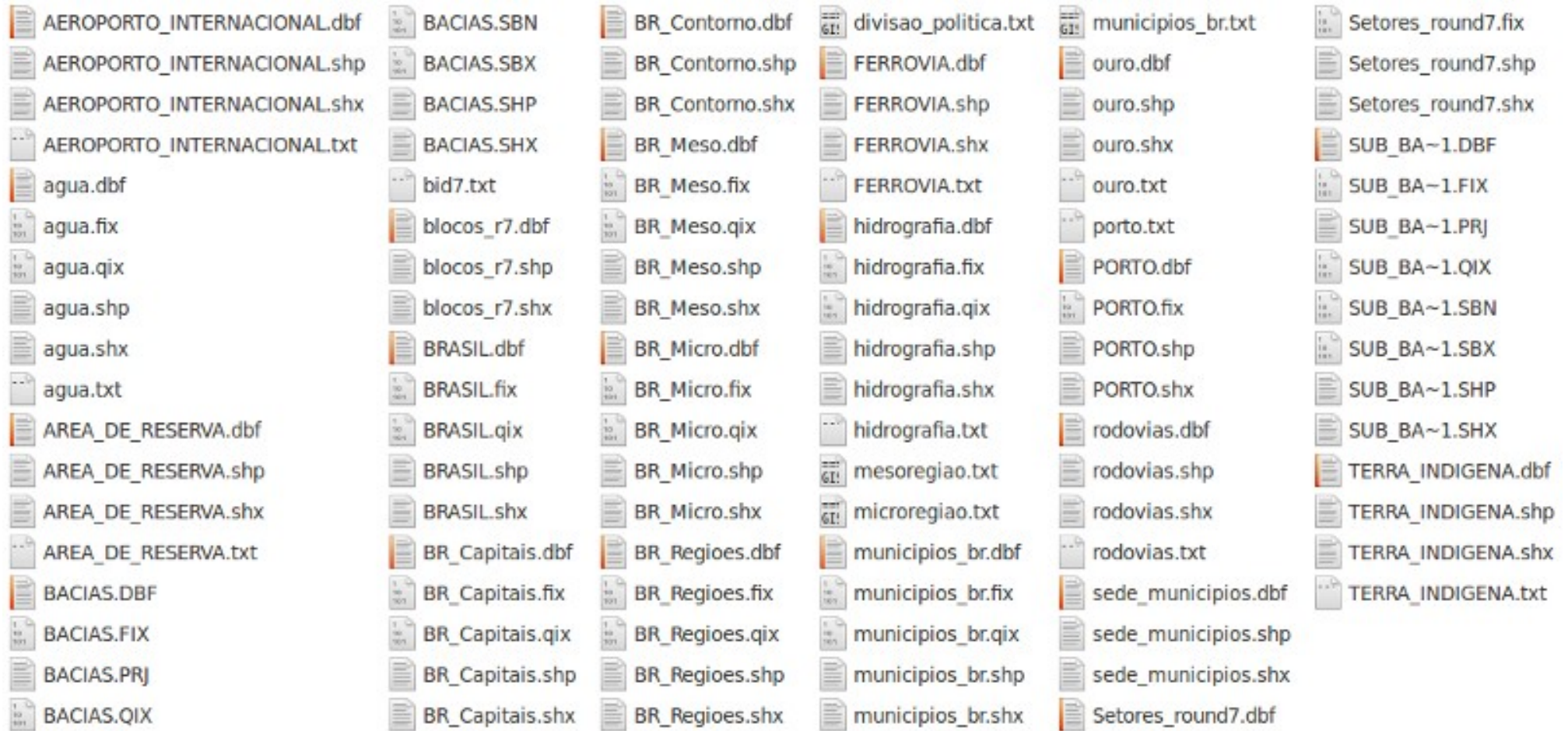
SERPRO - Serviço Federal de Processamento de Dados

Dados do mapa ©2013 Google, Inav/Geosia

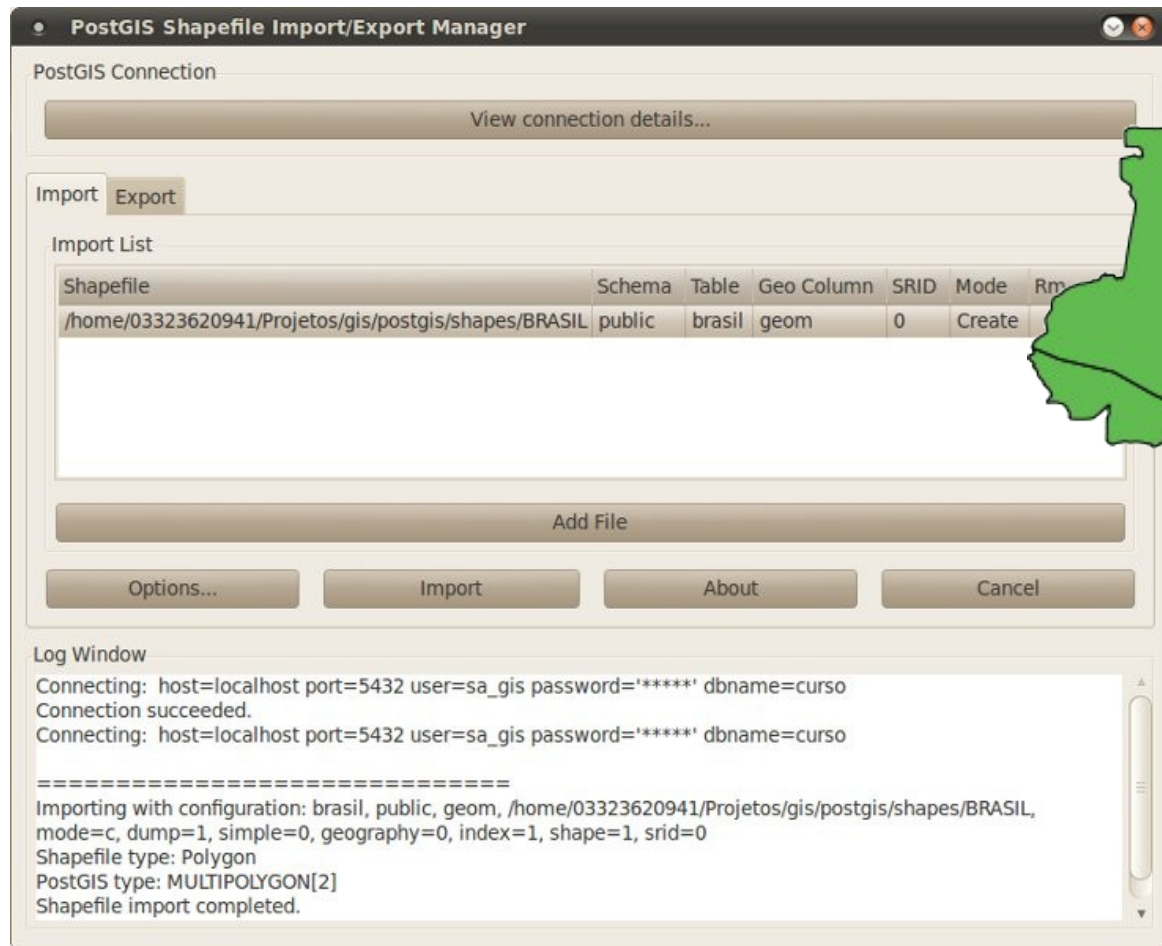
Conversão de ESRI Shapefiles



Shapefiles de exemplo



Importando divisões do Brasil



(polígonos)

shp2pgsql-gui

Verificando a estrutura importada

Navegador de objetos

Servidores (1)

- local (127.0.0.1:5432)
 - Bancos de Dados (19)
 - 03323620941
 - arrecada
 - curso
 - Catálogos (2)
 - Esquemas (1)
 - public
 - Domínios (0)
 - FTS Configurations (0)
 - FTS Dictionaries (0)
 - FTS Parsers (0)
 - FTS Templates (0)
 - Funções (525)
 - Sequências (5)
 - Tabelas (7)
 - aeroportos
 - aeroportos2
 - brasil
 - edificios
 - geometrias
 - rodovias
 - spatial_ref_sys
 - Funções de Gatilho (2)
 - Visões (2)
 - Replicação (0)
 - doutor
 - fluxo

Propriedades Estatísticas Dependências Dependentes

Propriedade	Valor
Nome	brasil
OID	261656
Dono	sa_gis
Tablespace	pg_default

Painel SQL

-- DROP TABLE brasil;

CREATE TABLE brasil
(
gid serial NOT NULL,
uf character varying(7),
estado character varying(20),
regiao character varying(9),
geom geometry(MultiPolygon,4326),
CONSTRAINT brasil_pkey PRIMARY KEY (gid)
)
WITH (
oids=false
);
ALTER TABLE brasil OWNER TO sa_gis;

-- Index: brasil_geom_gist

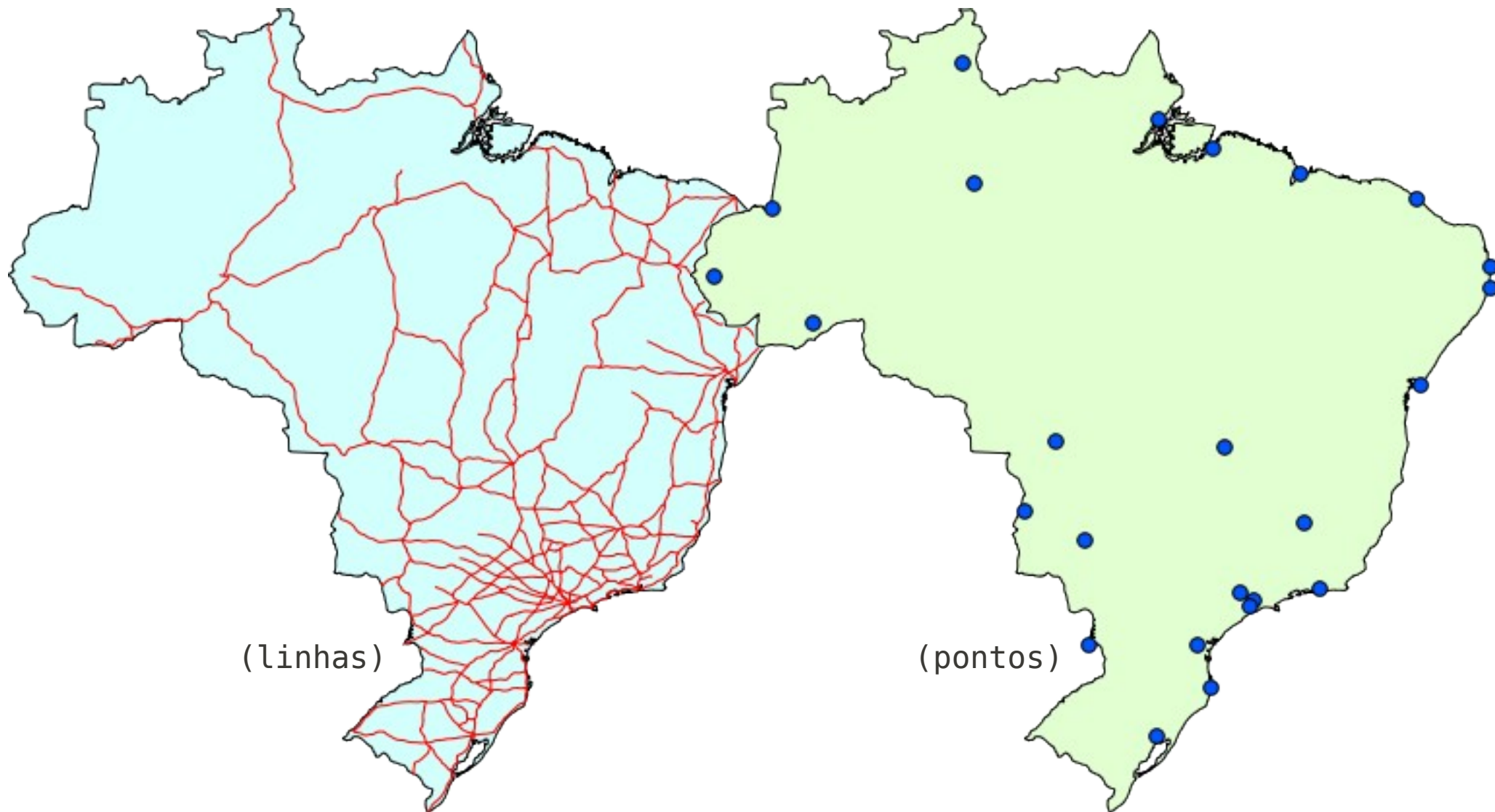
-- DROP INDEX brasil_geom_gist;

CREATE INDEX brasil_geom_gist
ON brasil
USING gist
(geom);

SRS: 4326 (WGS 84)

SRS: 4326 (WGS 84)

Importando rodovias e aeroportos



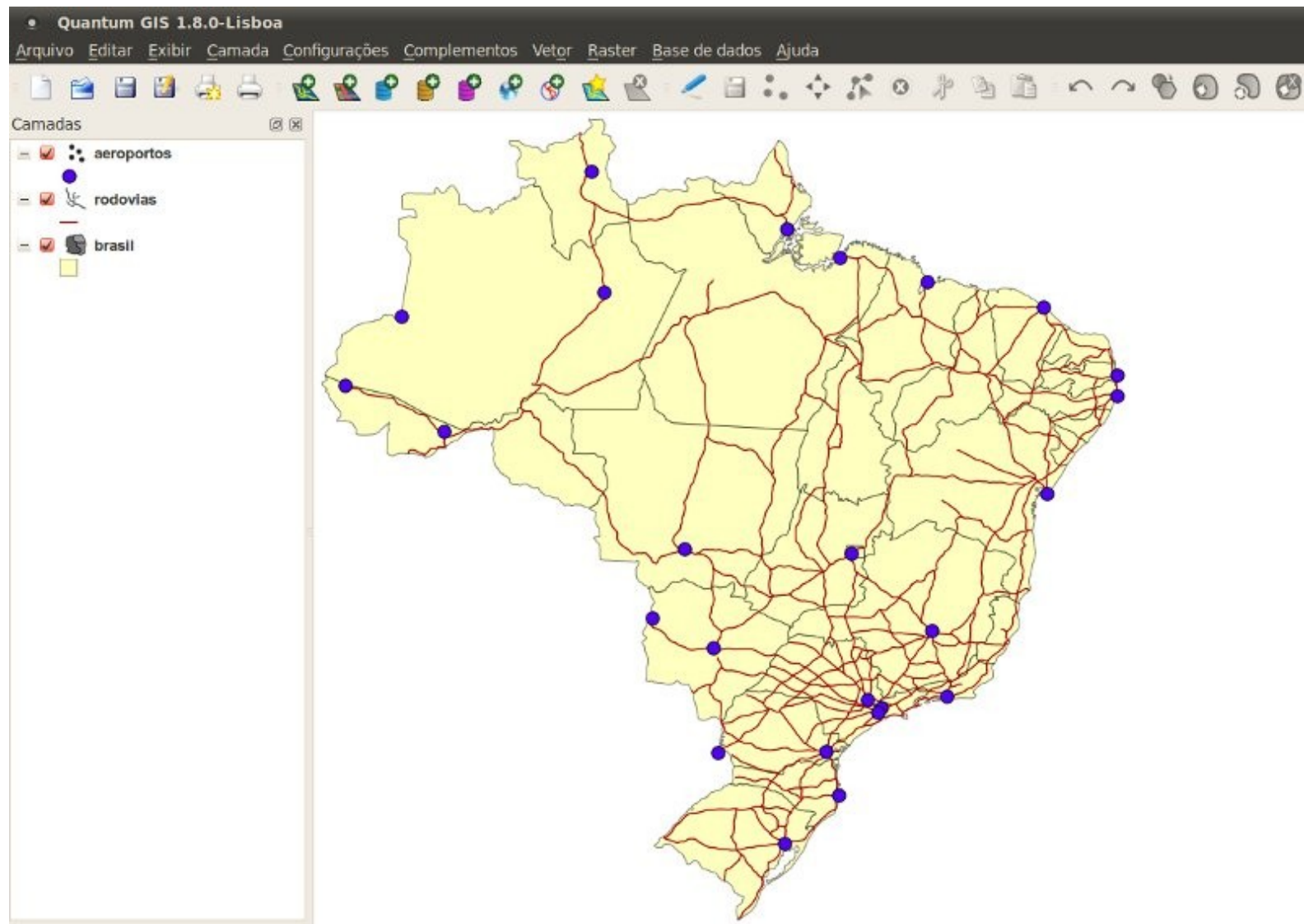
Analizando o conteúdo importado

```
SELECT GeometryType(geom) AS type, ST_SRID(geom) AS srid,  
       count(1), avg(ST_NPoints(geom)) AS npoints,  
       avg(ST_Length(geom)) AS length, avg(ST_Area(geom)) AS area  
FROM brasil  
GROUP BY GeometryType(geom), ST_SRID(geom);
```

```
SELECT GeometryType(geom) AS type, ST_SRID(geom) AS srid,  
       count(1), avg(ST_NPoints(geom)) AS npoints,  
       avg(ST_Length(geom)) AS length, avg(ST_Area(geom)) AS area  
FROM rodovias  
GROUP BY GeometryType(geom), ST_SRID(geom);
```

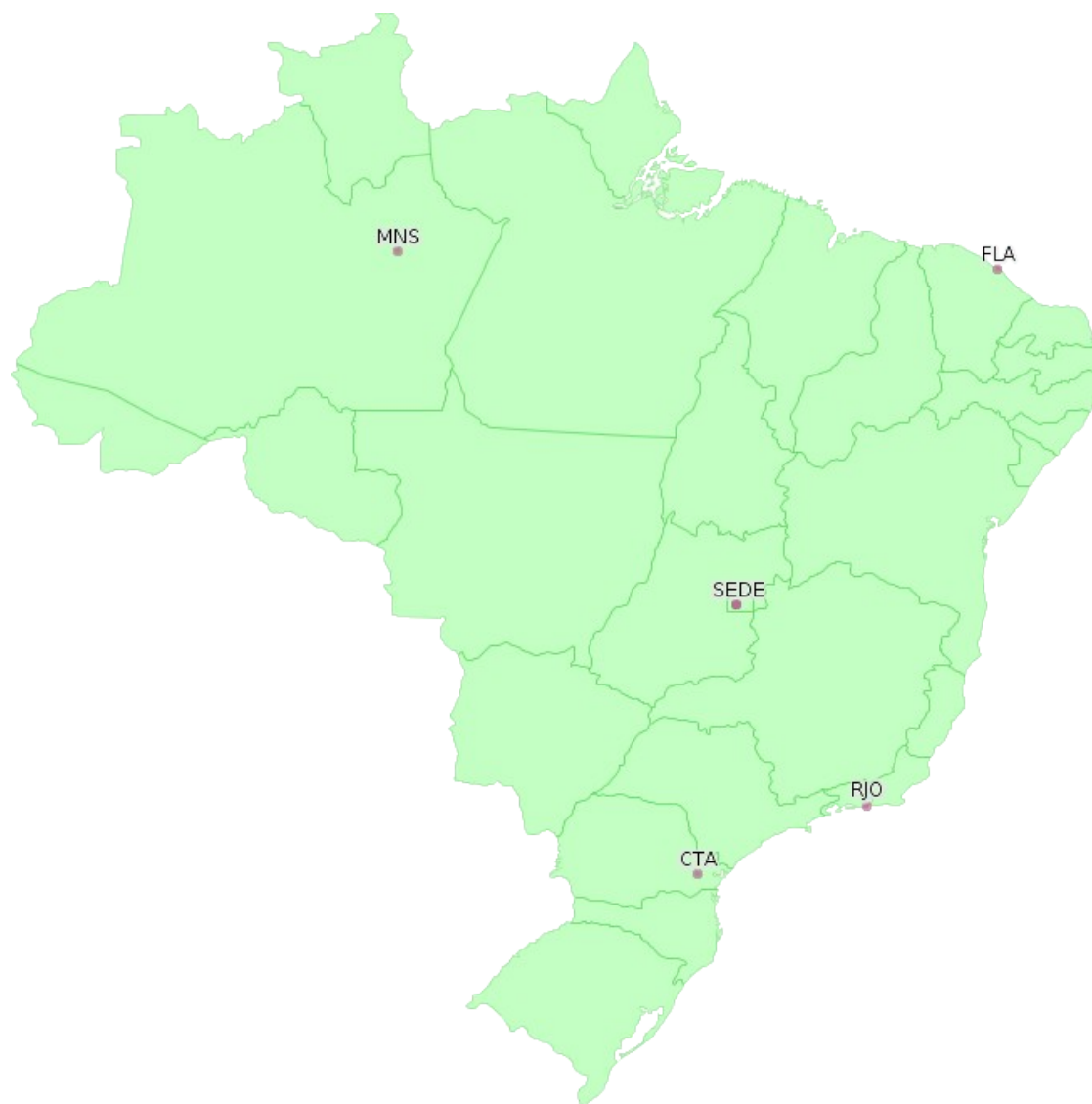
```
SELECT GeometryType(geom) AS type, ST_SRID(geom) AS srid,  
       count(1), avg(ST_NPoints(geom)) AS npoints,  
       avg(ST_Length(geom)) AS length, avg(ST_Area(geom)) AS area  
FROM aeroportos  
GROUP BY GeometryType(geom), ST_SRID(geom);
```

Visualizando as camadas no mapa



Exportando os edifícios do Serpro

shp2pgsql-gui
pgsql2shp



● Attribute table - edificios :: 0 / 6 feature(s) selected

	ID ▲	TIPO	NOME	SIGLA
0	12	S	Sede	SEDE
1	13	R	Regional Brasília	BSA
2	14	R	Regional Curitiba	CTA
3	15	R	Regional Fortaleza	FLA
4	16	R	Regional Rio - Horto	RJO
5	17	E	Escritório Manaus	MNS

As mais de 300 funções espaciais

- **Construção:** conversão textual (WKT e WKB)
- **Saída:** WKT, WKB, GML, SVG, KML, GeoJSON
- **Atributos:** recuperação e alteração de valores
- **Decomposição:** extração de geometrias
- **Composição:** criação de geometrias
- **Medidas:** cálculos geométricos (distância, área)
- **Simplificação:** uso de resoluções menores
- **Operadores:** intersecta, contém, próximo a

Funções sobre pontos

- Extraindo as coordenadas de um ponto

```
SELECT ST_X(local) AS lon, ST_Y(local) AS lat  
FROM edificios;
```

- Calculando as distâncias entre dois pontos

```
SELECT ST_Distance(a.local, b.local), a.sigla  
FROM edificios a, edificios b  
WHERE b.sigla = 'SEDE' AND b.id != a.id  
ORDER BY 1;
```

- Exportando para o formato KML

```
SELECT ST_AsKML(local), sigla  
FROM edificios;
```


Funções sobre linhas

- Selecionando os maiores trechos de rodovias

```
SELECT ST_Length(geom::geography)/1e3 AS km, rodovia1  
FROM rodovias  
ORDER BY 1 DESC LIMIT 10;
```

- Listando as rodovias mais extensas

```
SELECT sum(ST_Length(geom::geography)/1e3), rodovia1  
FROM rodovias  
GROUP BY rodovia1  
ORDER BY 1 DESC LIMIT 5;
```

- Obtendo o número de pontos por trecho

```
SELECT ST_NPoints(geom), rodovia1, gid  
FROM rodovias;
```

Funções sobre polígonos

- Calculando a área dos maiores estados do país

```
SELECT ST_Area(  
    ST_Transform(geom, 29100))/1e6 AS km_2, uf  
FROM brasil  
ORDER BY 1 DESC LIMIT 5;
```

- Obtendo o ponto centróide de cada estado

```
SELECT ST_AsText(ST_Centroid(geom)), uf  
FROM brasil;
```

- Obtendo a quantidade de anéis

```
SELECT ST_NRings(geom), uf  
FROM brasil  
ORDER BY 1 DESC;
```

http://pt.wikipedia.org/wiki/Anexo:Lista_de_unidades_federativas_do_Brasil_por_%C3%A1rea

As relações espaciais: intersecção

ST_Intersects(A, B)



Point & Multipoint



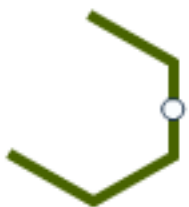
Multipoint & Multipoint



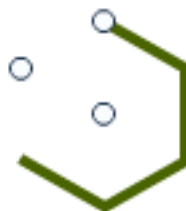
Linestring & Linestring



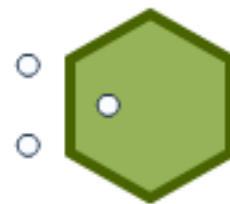
Linestring & Polygon



Point & Linestring



Multipoint & Linestring



Multipoint & Polygon

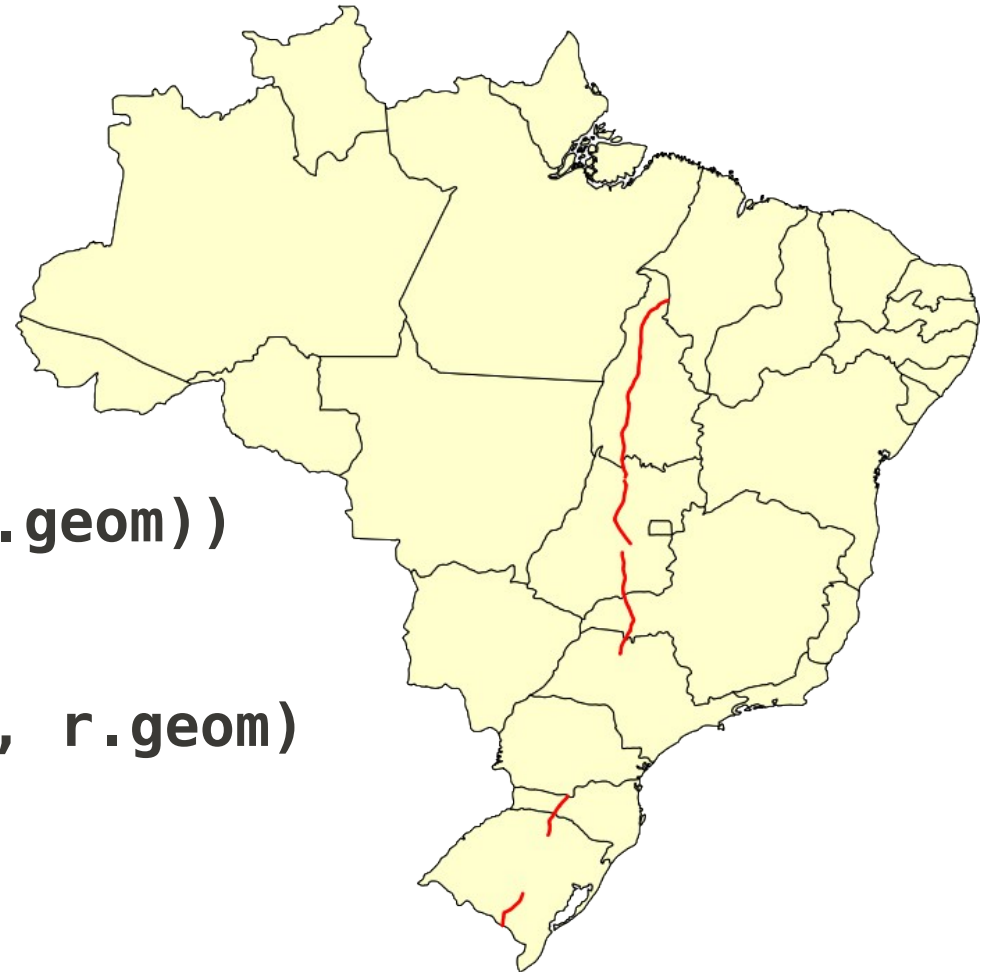


Linestring & Multipolygon

Exemplo de intersecção

- Quais estados do Brasil cruza a BR-153?

```
SELECT uf, sum(ST_Length(r.geom))  
FROM brasil b, rodovias r  
WHERE rodovia1 = 'BR-153'  
      AND ST_Intersects(b.geom, r.geom)  
GROUP BY uf  
ORDER BY 2 DESC;
```



As relações espaciais: contém

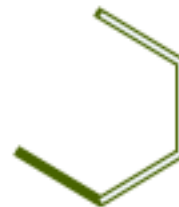
ST_Contains(A, B)
ST_Within(A, B)



Point & Multipoint



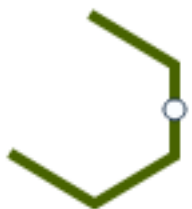
Multipoint & Multipoint



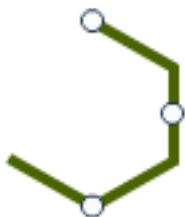
Linestring & Linestring



Linestring & Polygon



Point & Linestring



Multipoint & Linestring



Point & Polygon

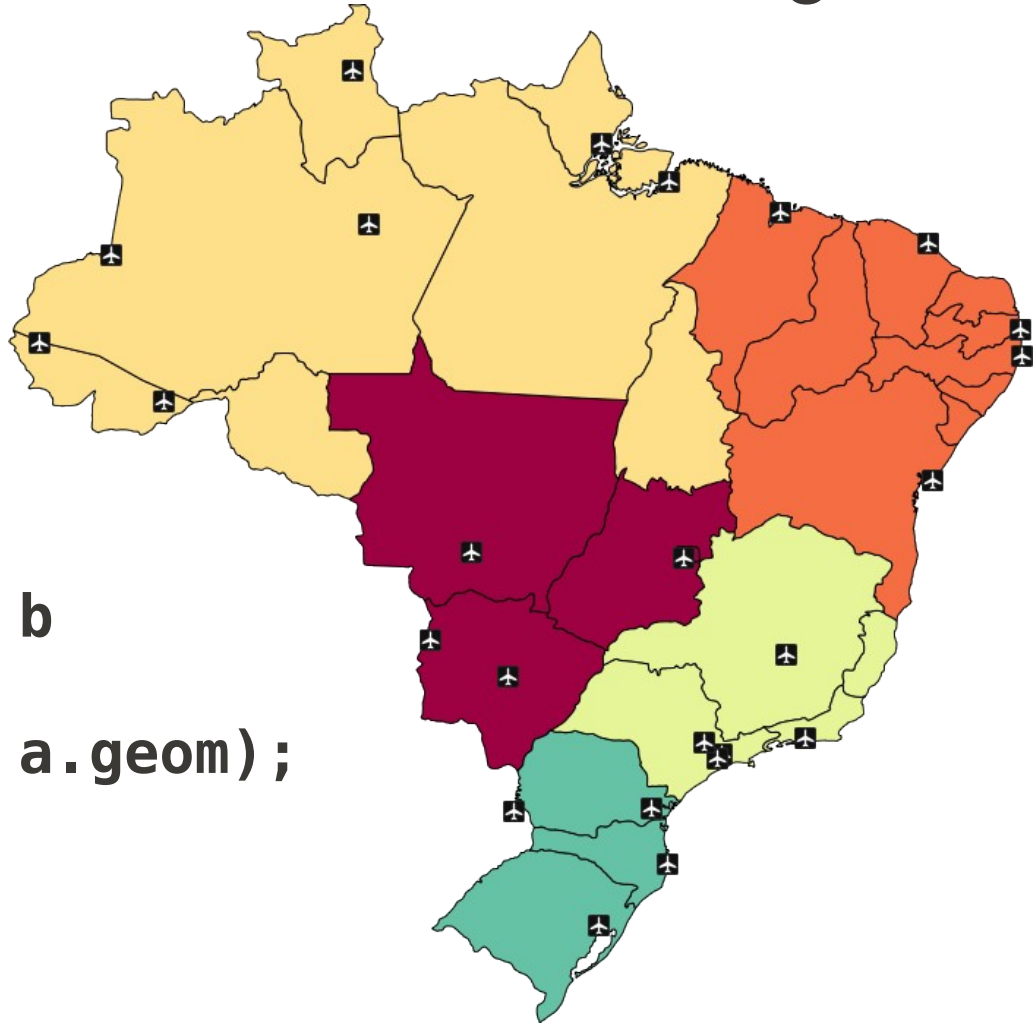


Multipoint & Polygon

Exemplo de contém / está contido

- Quais são os aeroportos internacionais da região Norte do país?

```
SELECT nm_nome, uf  
FROM aeroportos a, brasil b  
WHERE regioao = 'N0'  
AND ST_Contains(b.geom, a.geom);
```

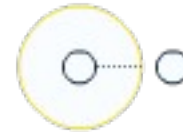


As relações espaciais: proximidade

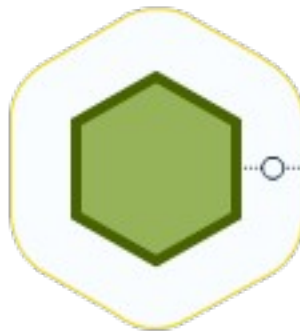
ST_DWithin(A, B, r)



Point & Point (True)



Point & Point (False)



Polygon & Point (True)



Polygon & Point (False)

Exemplo de proximidade

- Quais são as rodovias distantes de no máximo 20 km do aeroporto de Viracopos?

```
SELECT DISTINCT rodovia1
FROM rodovias r, aeroportos a
WHERE a.nm_nome = 'Viracopos'
AND ST_DWithin(
    r.geom::geography,
    a.geom::geography, 20000);
```



Coleta e distribuição geolocalizada

- Quantos quilômetros possui cada uma das rodovias federais em cada estado do Brasil?

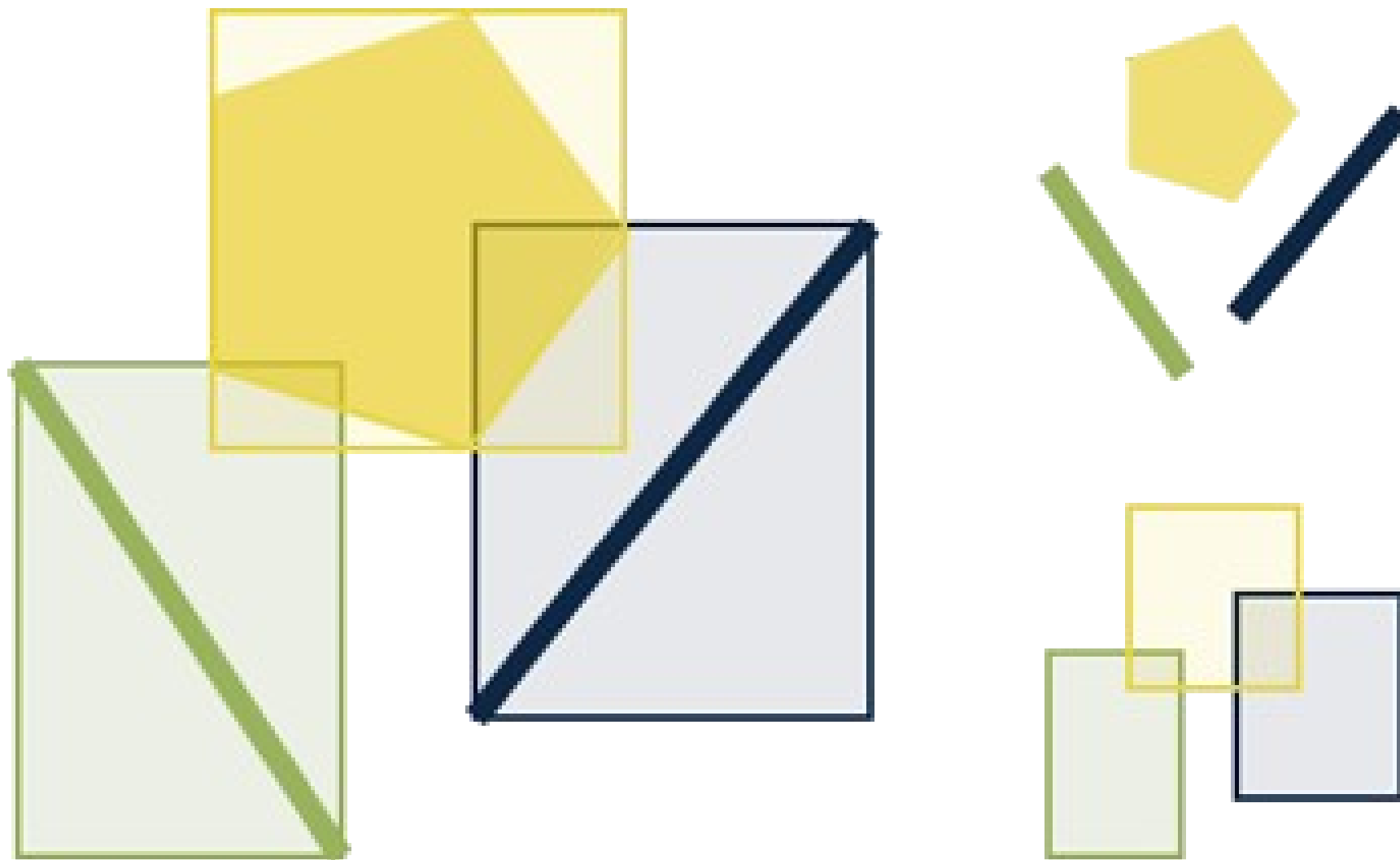
```
SELECT uf, rodovia1,  
       trunc(sum(  
           ST_Length(ST_Transform(ST_Intersection(  
               ST_MakeValid(r.geom), ST_MakeValid(b.geom)  
           ), 29100))  
      )::numeric/1e3, 2) AS km  
FROM rodovias r, brasil b  
WHERE ST_Intersects(r.geom, b.geom)  
       AND rodovia1 ~ '^BR-'  
GROUP BY uf, rodovia1  
ORDER BY 1, 2;
```

Busca por bounding boxes

```
SELECT nm_nome, geom
FROM aeroportos
WHERE geom && ST_MakeEnvelope(
    -47.75, -22.39, -44.96, -24.87, 4326);
```



Os índices espaciais



Exercícios

- Criar banco de dados com suporte a GIS
- Importar shapefile de municípios (IBGE)
- Importar shapefile de mamíferos (IBAMA)
- Importar dados do Censo 2010 (IBGE)
- Responder as questões geoespaciais

Bibliografia

- **PostgreSQL**

<http://www.postgresql.org/>

- **PostGIS**

<http://postgis.net/>

- **Comunidade Planet PostGIS**

<http://planet.postgis.net/>

- **Comunidade PostGIS US**

<http://www.postgis.us/>