



ANÁLISE GEOESPACIAL EM BANCOS DE DADOS

Parte 2 - SQL Espacial.

Agosto de 2018
Brasília-DF

Luiz.Motta@ibama.gov.br
CENIMA/IBAMA

Conteúdo

- Modelo espacial no BD
- WKT (Well-Known Text) para geometrias
- Relações topológicas entre geometrias
- Funções geométricas básicas
- Operadores geométricos p/ BoundBox.
- Processando Geometrias

Modelo espacial no BD

- Definições de tipos de dados, indexes, tabelas, gatilho, regras, ... para habilitar um objeto espacial (armazenamento e manipulação).
- A camada vetorial no Desktop GIS é uma tabela com um campo geométrico tendo as feições o *mesmo padrão*.
- Campo Geométrico (Geom): Possui as coordenadas **vetoriais** da feição, a dimensão(**2D**/3D) e o Sistema de Referência (SRID/EPSCG).
- As operações *espaciais* no BD são no campo Geom!
Desktop GIS(Layer) X BD Espacial(Tabela).
 - Interseção entre UC e município => Ponto, Linha, Polígono ?
 - Desmatamento => Ponto, Linha, Polígono ?
 - PC p/ Imagens satélites => Carta/Imagem(UTM), GPS(Lat/Long)

Modelo espacial no BD(cont.)

- Geometrias básicas (2D):
 - Point: Adimensional (Não se pode medir) → 0 Cell
 - Linestrings: Unidimensional (Comprimento) → 1 Cell
 - Polygon: Bidimensional (Comprimento e Área) → 2 Cell
- MultiGeometrias: Multi[Point/Linestrings/Polygon].
- Geometrycollections: Mais de um tipo de Geometria.

<http://workshops.boundlessgeo.com/postgis-intro/geometries.html>

- As operações (relações topológicas e construção de Geometrias) entre as Geometrias depende do seu tipo.

Um 'Ponto' pode conter ou estar contido ?

Qual é a Geometria de uma interseção entre Polígono e Linhas ?

- O modelo é definido pelo padrão da OGC (Open Geospatial Consortium) e a OSGeo (Open Source Geospatial Foundation) apoia as ferramentas e dados livres para GIS.

Modelo espacial no BD(cont.)

spatial_ref_sys

Columns (5)

srid
auth_name
auth_srid
srttext
proj4text

Constraints (2)

spatial_ref_sys_pkey
spatial_ref_sys_srid_check

```
CREATE TABLE public.spatial_ref_sys
(
    srid integer NOT NULL,
    auth_name character varying(256),
    auth_srid integer,
    srttext character varying(2048),
    proj4text character varying(2048),
    CONSTRAINT spatial_ref_sys_pkey PRIMARY KEY (srid),
    CONSTRAINT spatial_ref_sys_srid_check CHECK (srid > 0 AND srid <= 998999)
)
```

tipo	sr
text	character varying(2048)
PROJ4 SRID = 4674	+proj=longlat +ellps=GRS80 +towgs84=0,0,0,0,0,0,0 +no_defs
WKT SRID = 4674	GEOGCS["SIRGAS 2000",DATUM["Sistema_de Referencia Geocentrico

st_azimuth(geometry, geometry)

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION public.st_azimuth(
    geom1 geometry,
    geom2 geometry)
    RETURNS double precision AS
    '$libdir/postgis-2.4', 'LWGEOM_azimuth'
    LANGUAGE c IMMUTABLE STRICT
    COST 1;
ALTER FUNCTION public.st_azimuth(geometry, geometry)
    OWNER TO "71361499168";
COMMENT ON FUNCTION public.st_azimuth(geometry, geometry) IS 'args: pointA, pointB - Returns the north-based azimuth as
```

```
select ST_AsText(geom) AS wkt, ST_AsEWKT(geom) AS ewkt
from ibama.adm_embargo_a
limit 1
```

```
CREATE INDEX alerta_shape
ON ibama.alerta
USING gist
(geom);
```

pane

Output Explain Messages History

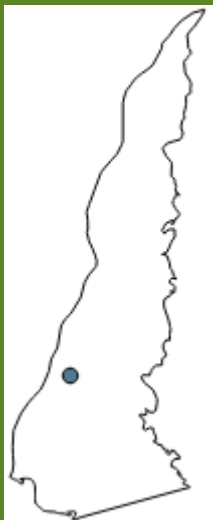
wkt	ewkt
text	text
MULTIPOLYGON(((-50.936539000016	SRID=4674;MULTIPOLYGON(((-50.936539000016

Modelo espacial no BD(cont.)



Interseção(ST_Intersection) Poly1 X Poly2:

- Ponto
- Linha
- Polígono



```
SELECT ST_Contains(u.geom, f.geom )
FROM cb.lim_unidade_protecao_integral_a u, ibama.adm_acao_fiscalizatoria_p f
WHERE
  u.id = 1487 AND f.seq_acao_fiscalizatoria = 5015301
```

```
SELECT ST_Contains(f.geom, u.geom )
FROM cb.lim_unidade_protecao_integral_a u, ibama.adm_acao_fiscalizatoria_p f
WHERE
  u.id = 1487 AND f.seq_acao_fiscalizatoria = 5015301
```

Verdadeiro ou Falso ?

WKT (Well-Known Text) para Geometrias

- POINT(0 0)
- LINESTRING(0 0,1 1,1 2) [POINT, ...]
- POLYGON((0 0,4 0,4 4,0 4,0 0),(1 1, 2 1, 2 2, 1 2,1 1)) [LINESTRING, ...]
* Lado Externos (Sempre), Lado Interno(pode ter)
- MULTIPOINT(0 0,1 2) [POINT, ...]
- MULTILINESTRING((0 0,1 1,1 2), (2 3,3 2,5 4)) [LINESTRING, ...]
- MULTIPOLYGON
(
((0 0,4 0,4 4,0 4,0 0),(1 1,2 1,2 2,1 2,1 1)),
((-1 -1,-1 -2,-2 -2,-2 -1,-1 -1))
) [POLYGON, ...]
- GEOMETRYCOLLECTION(POINT(2 3), LINESTRING(2 3,3 4))

ST_AsText(geom) e extendido ST_AsEWKT(geom)

ST_GeomFromText('LINESTRING(...)') e ST_GeomFromText('SRID=4326;...')

Relações topológicas entre geometrias

Conceitos preliminares:

- **B**orda: Limite da geometria, UMA dimensão a menos.

Ponto = Vazio,

Linha = End Points

Polígono = Lado (externo e interno)

* Verificar se tem lado interno (município): $ST_NumInteriorRings(geom) > 0$

- **I**nterior: Todos os espaços menos a borda.

Ponto = Ele mesmo,

Linha = Todos os pontos menos 'End Points'

Polígono = Área(exclui as bordas)

- **E**xterior: É o universo, 'Tudo' menos o Interior e a Borda.

- Interseção entre as geometrias: É a geometria da Sobreposição.

Resultado = Ñ existe(Vazio), Ponto, Linha ou Polígono.

Dimensões = Ñ existe, 0, 1 ou 2

Relações topológicas entre geometrias(Cont).










Modelo Estendido dimensionalmente das 9 Interseções - **DE9IM**

<https://connect.boundlessgeo.com/docs/suite/4.6/dataadmin/pgAdvanced/de9im.html>

$$DE9IM(a, b) = \begin{bmatrix} \dim(I(a) \cap I(b)) & \dim(I(a) \cap B(b)) & \dim(I(a) \cap E(b)) \\ \dim(B(a) \cap I(b)) & \dim(B(a) \cap B(b)) & \dim(B(a) \cap E(b)) \\ \dim(E(a) \cap I(b)) & \dim(E(a) \cap B(b)) & \dim(E(a) \cap E(b)) \end{bmatrix}$$

$\dim(x)$ é a maior dimensão de x , onde o domínio = $\{0, 1, 2, F, *, T\}$.

F = Vazio, $*$ = Não importa e $T = \{0, 1, 2\}$ p/ matrix Booleana.

	Interior	Boundary	Exterior
Interior	 $\dim[I(a) \cap I(b)] = 2$	 $\dim[I(a) \cap B(b)] = 1$	 $\dim[I(a) \cap E(b)] = 2$
Boundary	 $\dim[B(a) \cap I(b)] = 1$	 $\dim[B(a) \cap B(b)] = 0$	 $\dim[B(a) \cap E(b)] = 1$
Exterior	 $\dim[E(a) \cap I(b)] = 2$	 $\dim[E(a) \cap B(b)] = 1$	 $\dim[E(a) \cap E(b)] = 2$

Resultado ($E \rightarrow D$ e $S \rightarrow B$):

2 1 2

1 0 1 $DE9IM(a, b) = "212101212"$

2 1 2

DE9IM é a forma compactada de
 "II=2, IB=1, IE=2, BI=1, BB=0,
 BE=1, EI=2, EB=1, EE=2"

As funções de predicados espaciais
 podem ser expressas a partir da
 mascara da string de DE9IM.

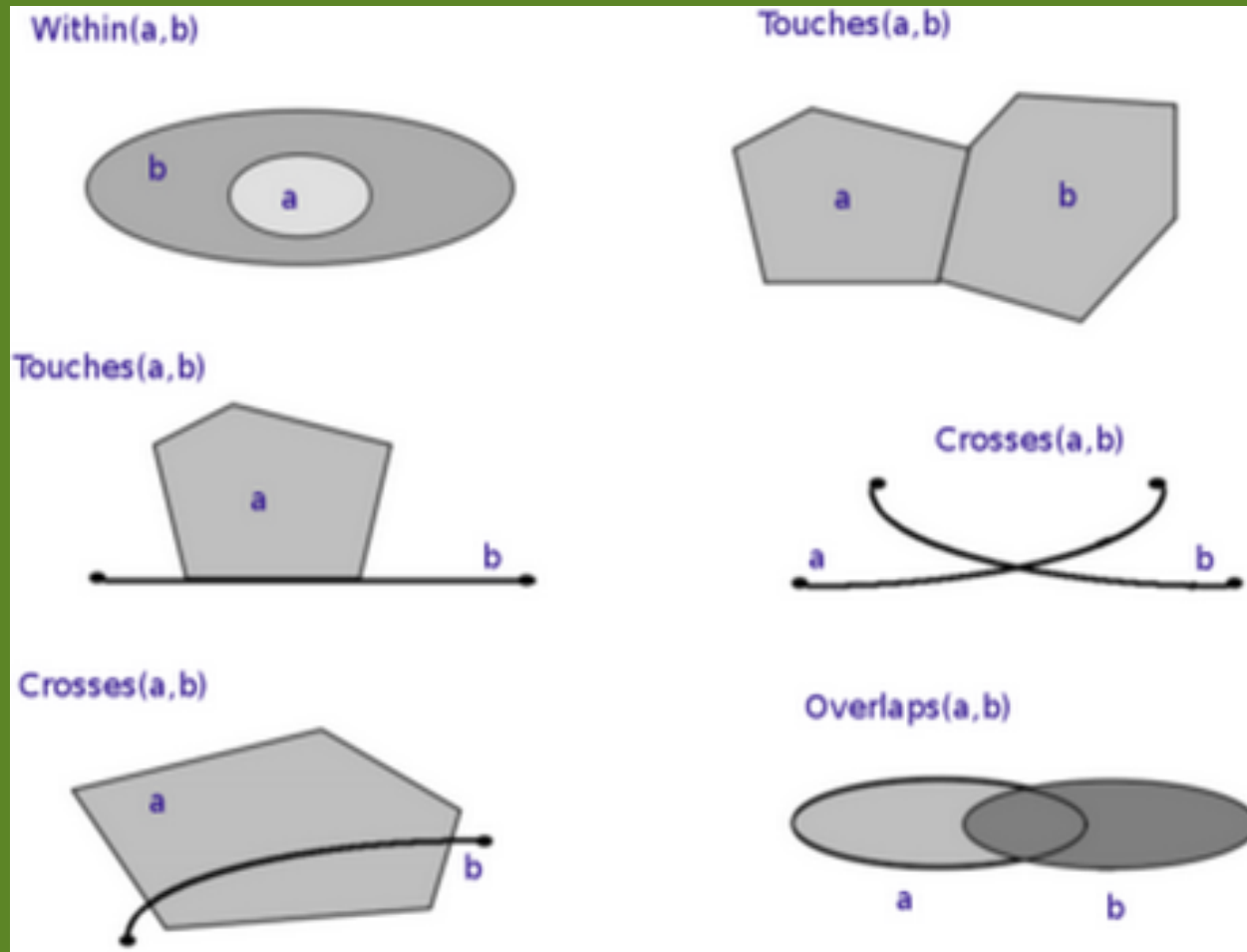
$T * T$ Exemplo: Overlaps

$* * *$ $DE9IM(a, b) = "T*T***T**"$

$T * *$

Relações topológicas entre geometrias(Cont).

Uso da DE9IM para definir os Predicados Espaciais.



Relações topológicas entre geometrias(Cont).

* Abreviação das Interseções:

II = $I \cap I$, IB = $I \cap B$, IE = $I \cap E$

BI = $B \cap I$, BB = $B \cap B$, BE = $B \cap E$

EI = $E \cap I$, EB = $E \cap B$, EE = $E \cap E$

~ Negação, ^ Conector AND

ST_Relate(Geom1, Geom2)

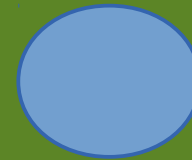
<https://www.gaia-gis.it/fossil/libspatialite/wiki?name=about+DE-9IM>

Predicados espaciais (Ex.: GeomA com GeomB)

- Equals:

- Seus interiores se interceptam e nenhuma parte do interior ou borda de uma intercepta o exterior da outra.

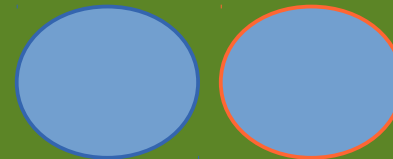
- $II \wedge \sim IE \wedge \sim BE \wedge \sim EI \wedge \sim EB \rightarrow \text{"T**F**FFF*"}$



- Disjoint:

- Nenhum ponto em comum

- $\sim II \wedge \sim IB \wedge \sim BI \wedge \sim BB \rightarrow \text{"FF*FF*****"}$

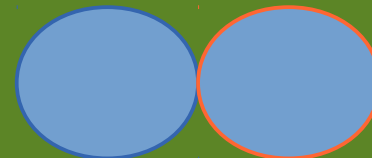


- Touches:

- Pelo menos um ponto em comum nas bordas e nenhum no interior

- $(\sim II \wedge IB) \vee (\sim II \wedge BI) \vee (\sim II \wedge BB)$

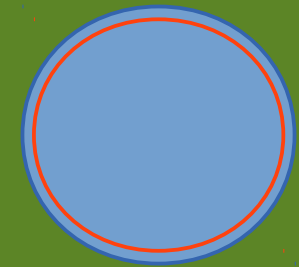
- "FT*****" ou "F**T*****" ou "F***T*****"



Relações topológicas entre geometrias(Cont).

Predicados espaciais/geométricos (Ex.: GeomA com GeomB)

- Contains:
 - 'B' está completamente no interior de 'A'.
 - $II \wedge \sim EI \wedge \sim EB \rightarrow \text{"T*****FF*"}$
- Covers:
 - 'B' está completamente no interior e/ou na borda de 'A'.
 - $(II \wedge \sim EI \wedge \sim EB) \vee (IB \wedge \sim EI \wedge \sim EB) \vee (BI \wedge \sim EI \wedge \sim EB) \vee (BB \wedge \sim EI \wedge \sim EB)$
 - "T*****FF*" ou "*T*****FF*" ou "***T**FF*" ou "*****T*FF*"
- Intersects:
 - Pelo menos um ponto em comum (oposto de Disjoint) - “Qualquer Relação”
 - "T*****" ou "*T*****" ou "***T*****" ou "*****T*****"
- Within:
 - 'A' está contido em 'B'.
 - "T**F**F***"
- CoveredBy:
 - 'A' está completamente no interior e/ou na borda de 'B'.
 - "T**F**F***" ou "*TF**F***" ou "**FT*F***" ou "**F*TF***"



Relações topológicas entre geometrias(Cont).

Predicados espaciais/geométricos (Ex.: GeomA com GeomB)

- Crosses:

- 'A' cruza 'B', possui alguns mas nem todos os pontos no interior são comuns.

A dimensão da interseção dos interiores das geometrias é menor do que a maior dimensão das geometrias.

- “T*T*****” $\dim(a) < \dim(b) \rightarrow$ Point/Line, Point/Area, Line/Area
- “T*****T**” $\dim(a) > \dim(b) \rightarrow$ Line/Point, Area/Point, and Area/Line
- “0*****” $\dim(\text{qualquer}) = 0 \rightarrow$ Line/Line

- Overlaps:

- Possuem a mesma dimensão, eles tem alguns mas nem todos os pontos são comuns. A dimensão da interseção dos interiores das geometrias é a mesma da dimensão das geometrias delas..
- “T*T***T**” $\dim = 0$ ou 2
- “1*T***T**” $\dim = 1$

Funções geométricas básicas

- Spatialreference:
Select *
From spatial_ref_sys
Where srid = (Select St_SRID(geom) From ibama.adm_embargo_a Where objectid = 1)
- Envelope:
Select St_AsText(St_Envelope('LINESTRING(0 0, 1 3)::geometry));
- Export: St_AsGML, St_AsKML , St_AsSVG, ...
Select St_AsGML(geom) From ibama.adm_embargo_a Where objectid = 1;
- IsEmpty:
Select Case (Select St_IsEmpty(geom) From bd_geo.capital Where id = 1)
When True Then 'Não possui Geometria' Else 'Possui Geometria'
End
- IsSimple: Não possui interseção ou tangência nele mesmo
Select St_IsSimple('LINESTRING(0 0, 0 1, 2 0, 2 1, 1 0)::geometry)
- IsValid: A geometria está bem formada.
Select St_IsValid('POLYGON((0 0, 1 1, 1 2, 1 1, 0 0))::geometry)
- IsValidReason: Mostra o tipo de erro
Select St_IsValidReason('POLYGON((0 0, 1 1, 1 2, 1 1, 0 0))::geometry)
- IsValidDetail: Mostra detalhe do Erro
Select St_IsValidDetail('POLYGON((0 0, 1 1, 1 2, 1 1, 0 0))::geometry)
- Boundry: pred-spatial_contains_x_cover.sql

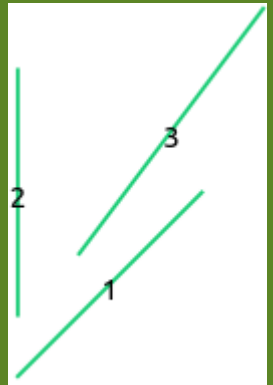
Operadores geométricos p/ BoundBox

GeomA [Operador] GeomB

Os operadores trabalham com o BoundBox da Geometria (“Retângulo envolvente”) e verificam se é VERDADEIRO as seguintes operações:

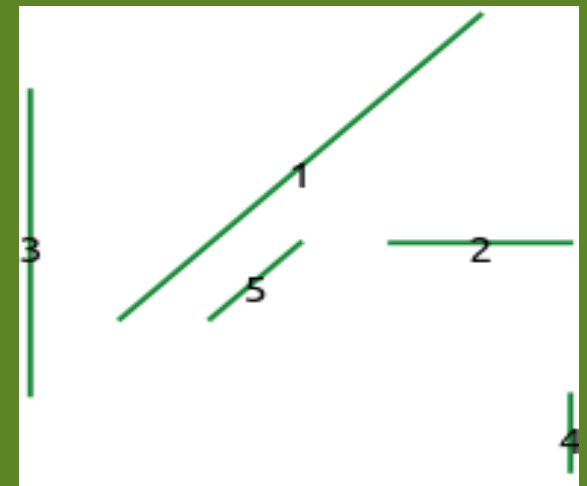
- && Intersects.

```
Select tbl1.column1, tbl2.column1, tbl1.column2 && tbl2.column2 As overlaps
From ( Values (1, 'LINESTRING(0 0, 3 3)::geometry),
        (2, 'LINESTRING(0 1, 0 5)::geometry)) As tbl1,
      ( Values (3, 'LINESTRING(1 2, 4 6)::geometry)) As tbl2;
```



- << Se está a Esquerda (Estritamente).

```
Select tbl1.column1, tbl2.column1, tbl1.column2 << tbl2.column2 As left
From ( Values (1, 'LINESTRING(1 2, 5 6)::geometry) )As tbl1,
      ( Values (2, 'LINESTRING(4 3, 6 3)::geometry),
        (3, 'LINESTRING(0 1, 0 5)::geometry),
        (4, 'LINESTRING(6 0, 6 1)::geometry),
        (5, 'LINESTRING(2 2, 3 3)::geometry)) As tbl2;
```



- &< Se está a Esquerda (Com Overlay)

<http://postgis.refractory.net/docs/reference.html#Operators>

Processando Geometrias

- Distance: Menor distância entre duas geometrias.

oper-spatial_distance.sql

- ConvexHull: Menor geometria convexa que agrupa um conjunto de Geom's

```
SELECT ST_ConvexHull( St_Union(geom) ) As geom
```

```
FROM ibama.alerta a
```

```
WHERE objectid IN (1616410, 1746666, 1794555, 1794556, 2221126, 2224691, 2225973,  
2229518, 2230806, 1784229, 1851634, 1852125, 1891577, 2029305, 2029306)
```

- Intersection, Difference e SymDifference

```
SELECT ST_Intersection(m.geom, t.geom) AS geom
```

```
FROM cb.lim_municipio_a m, cb.lim_terra_indigena_a t
```

```
WHERE (m.nome, t.no_ti) = ('Nova Mamoré', 'Karipuna')
```

- Centroid e PointOnSurface

```
SELECT 'ST_Centroid' AS funcao, ST_Centroid(geom) AS geom
```

```
FROM cb.lim_municipio_a WHERE id = 40664
```

```
UNION
```

```
SELECT 'ST_PointOnSurface' AS funcao, ST_PointOnSurface(geom) AS
```

```
geom FROM cb.lim_municipio_a WHERE id = 40664
```

Quantas feições da camada “Município”o centroide está fora do polígono ?