



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS



TerraLib: The Architecture of an Open Source GIS Library

Lúbia Vinhas

Time TerraLib

INPE / Divisão de Processamento de Imagens

<http://www.dpi.inpe.br>

Fórum Internacional Software Livre, Porto Alegre, Junho de 2004

Objetivo

- Apresentar uma experiência de *design*, geração e disseminação de tecnologia de informação, que maximiza o uso de software livre.
- Área de aplicação: Geoprocessamento
 - Grande potencial de impacto em políticas públicas.
- Histórico de continuidade
 - 30 anos de desenvolvimento de tecnologia
 - Estratégia de sobrevivência em ambientes mutáveis

Geoprocessamento e os Problemas Brasileiros

- Ambiente
 - Qual a extensão e as causas do desmatamento da Amazonia ?
- Ordenamento Territorial
 - Quais as áreas mais vulneráveis à ocupação humana?
- Políticas Públicas
 - Onde está a exclusão social no Brasil?
- Saúde
 - Que regiões estão mais vulneráveis à ocorrência de dengue?
- Cadastro Urbano
 - Como atualizar as informações dos cadastros metropolitanos?
- Segurança Pública
 - Quais as regiões com maior ocorrências criminais na cidade?

Histórico da Atuação do INPE

- 1973
 - Início da recepção de imagens de satélite (LANDSAT-1)
- 1974
 - Compra do sistema de processamento de imagens IMAGE-100
 - US\$ 1 milhão (PDP-11/45, placa gráfica de 512 x 512 x 5 bandas).
- 1974 – 1982
 - Formação e capacitação da equipe
 - Desenvolvimento de software
- 1982
 - EMBRAPA: pedido de compra de sistema ERMAN-2/IBM (US\$ 600 mil)
 - SEI: solicitação ao INPE para desenvolvimento de tecnologia nacional

Histórico da Atuação do INPE

■ 1982

- Início do projeto SITIM – Sistema de Tratamento de Imagens
 - Processamento de imagens LANDSAT

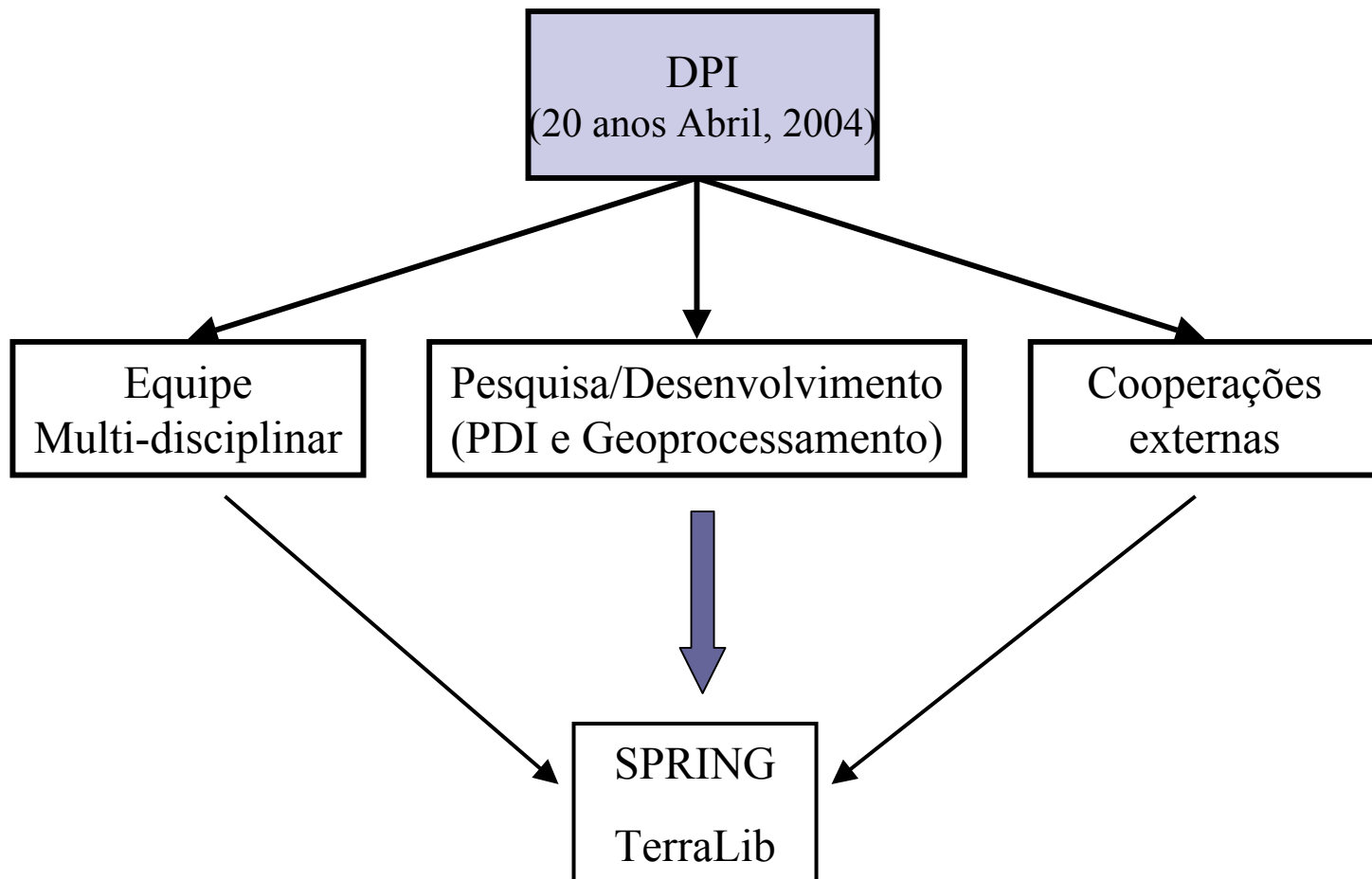
■ 1984

- Criação da DPI – Divisão de Processamento de Imagens
- Início do projeto SGI – Sistema de Informação Geográfica
 - Tratamento de mapas e modelos numéricos de terreno

■ 1984-1992

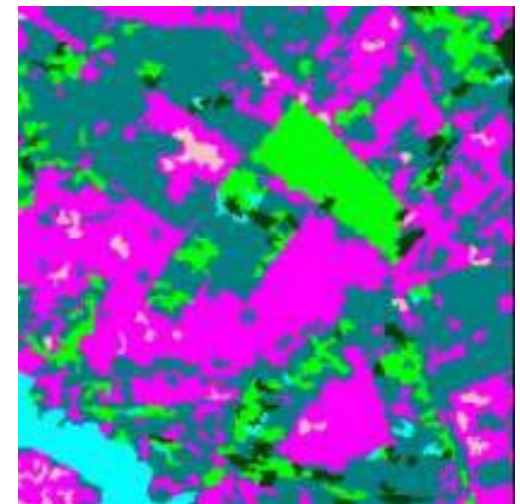
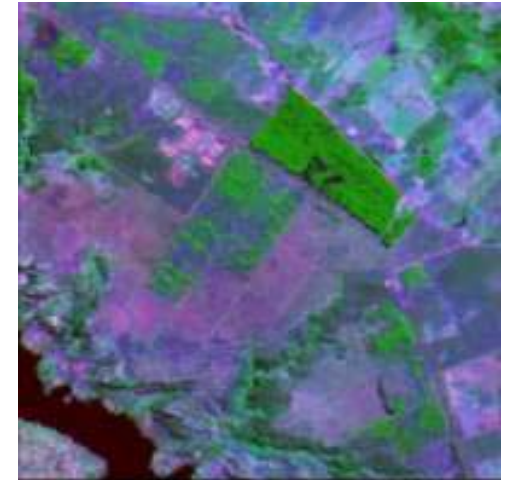
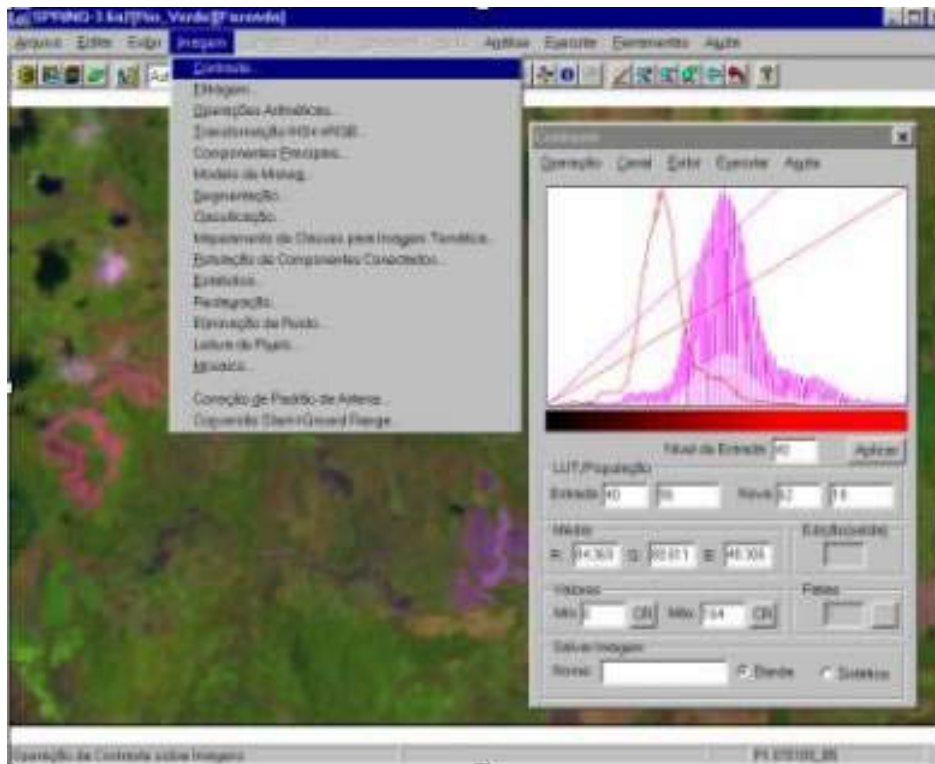
- Desenvolvimento e industrialização de placas gráficas
- Implantação do SITIM/SGI em 200 laboratórios no Brasil
 - Ambiente DOS (PC + placas gráficas nacionais)

DPI - Hoje



SPRING

- Software para processamento de imagens e de geoinformação
 - 250 algoritmos (600.000 LOC C++)
 - <http://www.dpi.inpe.br/spring> (40.000 cadastros)



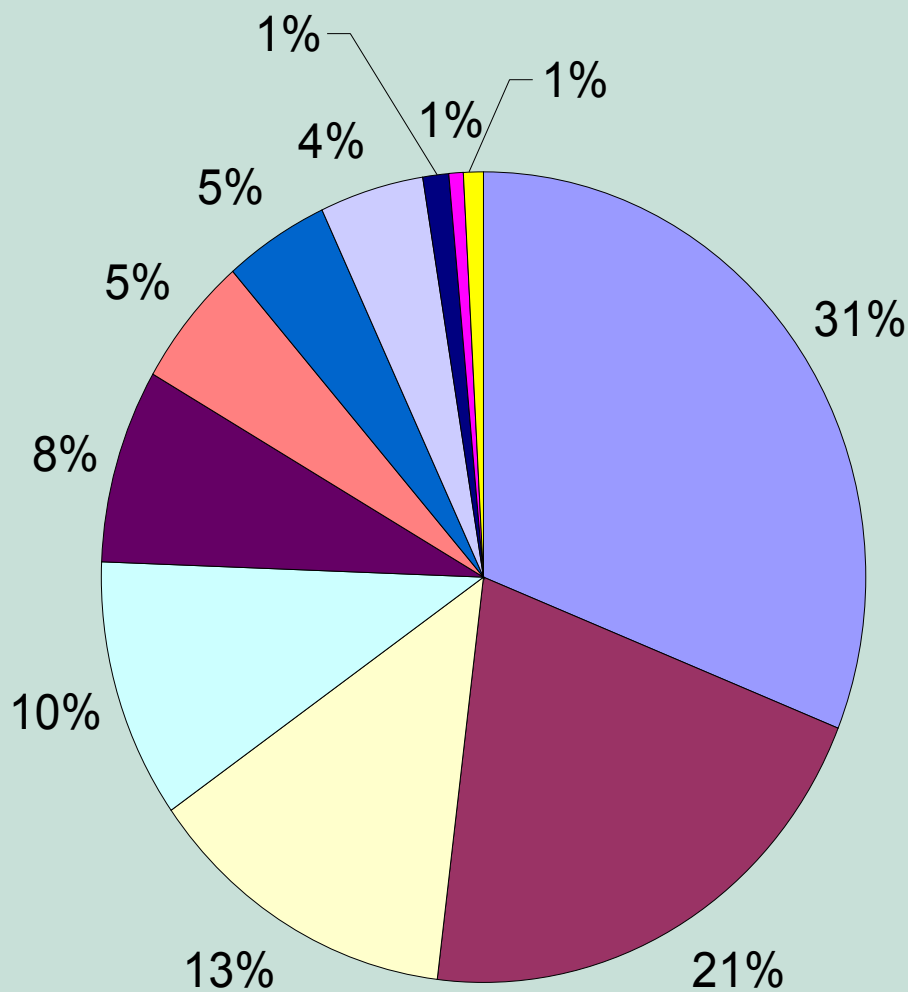
SPRING

Evolução da Família SPRING (Próximos 3 anos)

- 2003 – SPRING 4.0
- 2004 – SPRING 4.1 – 4.2
- 2005 – SPRING 4.3 - 4.4 - 4.5
- 2006 – SPRING 5.0
- 2007 – SPRING 6.0

Usuários do SPRING

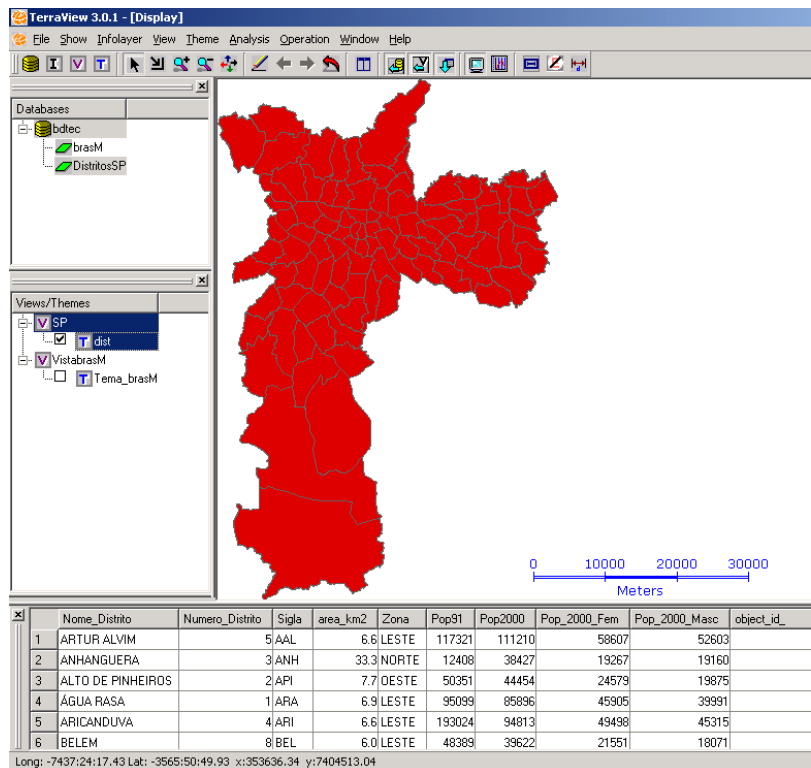
Abril 2004 - 40000 dowloads



- Pesquisa e Pós-Graduação
- Ensino de Graduação
- Empresa de Serviços
- Empresa - projetos internos
- Ensino Secundário
- Governo Federal
- Prefeitura
- Secretaria Estadual
- Organismo Internacional
- ONG
- Outros

TerraLib

- Biblioteca para construção de aplicações geográficas
 - <http://www.dpi.inpe.br/terralib>



```
#include "TeMySQL.h"

int
main()
{
    // Database server parameters
    string host = "localhost";
    string dbname = "TestesP";
    string user = "root";
    string pass = "";

    // Connects to database
    TeDatabase* db_ = new TeMySQL();
    if (!db_>connect(host,user,pass,dbname))
    {
        cout << "Error: " << db_>errorMessage() << endl;
        return 0;
    }

    // Imports file
    string filename = "D:/Dados/MID-MIF/PoliodistritosSP.mif";
    TeLayer* newLayer = TeImportMIF(filename,db_);
    if (newLayer)
        cout << "MID/MIF file imported to TerraLib database\n";
    else
    {
        cout << "Error Importing data\n";
        cout.flush();
        db_>close();
    }

    // Show some information about the new layer created
    cout << "Created layer " << newLayer->name() << " id: " << newLayer->id() << endl;
}
```

Histórico

- 2001 – Discussões sobre a necessidade da biblioteca
- 2002 – Lançada a versão 1.0
- 2003 – Lançada a versão 2.0
- 2004 – Lançada a versão 3.0



TerraLib

- Biblioteca de software livre para GIS
 - Coleção de funções de software
 - Pode ser combinado para gerar programas executáveis
- GNU Lesser General Public License
- Desenvolvimento pelo INPE e parceiros
- Disponível via Web www.dpi.inpe.br/terralib
- Usuários acessam diretamente o repositório CVS
- Suporte via e-mail
- Escrita em C++
- Compilada em multi-plataforma
- Uso de outras bibliotecas livres



TerraLib

Interface Java,
C++

Interface COM

OGIS

Funções

Kernel

Controle de
Visualização

Estruturas de Dados
Espaço-Temporais

Acesso a Arquivos e
SGBDs

Drivers

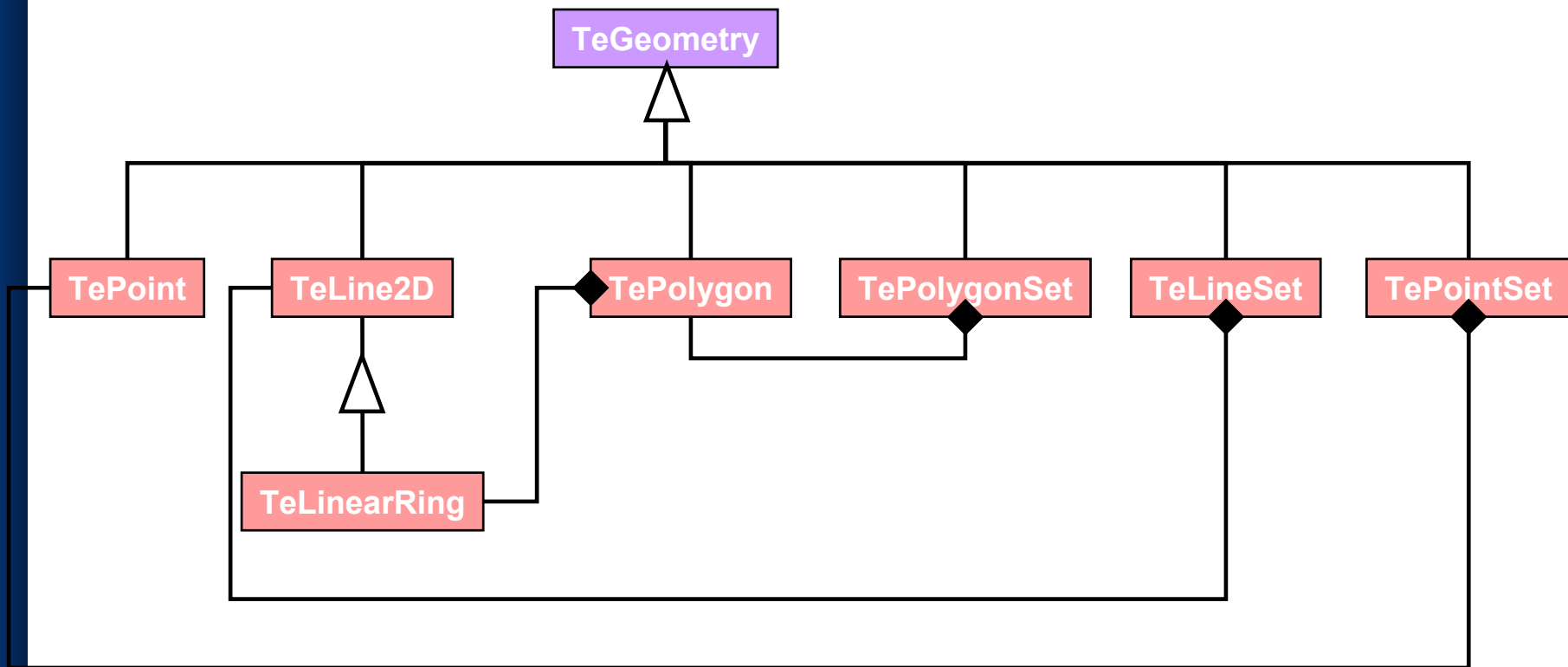
SGBD



Kernel

- Estruturas de dados espaço-temporais
 - Suporte a projeções cartográficas
 - Operadores topológicos e direcionais
 - API para acesso a uma base de dados TerraLib
 - Controle de visualização
-
- DPI é responsável por prover um Kernel estável, incorporando modificações e correções recomendadas por seus parceiros e usuários em geral

TerraLib: Modelo de Geometrias



TerraLib: Modelo de Geometrias

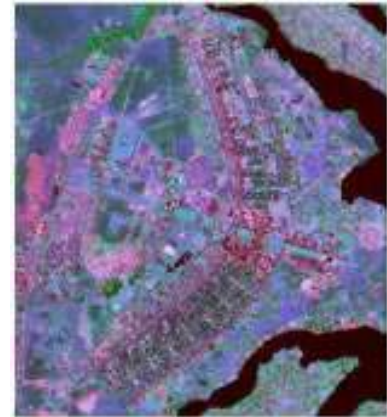
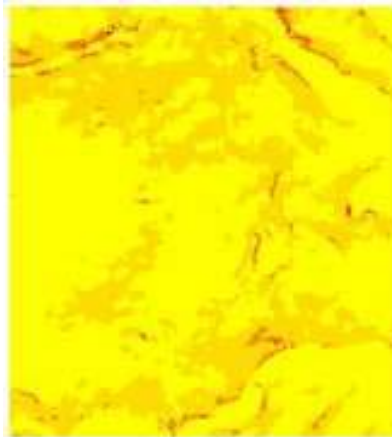
- Outros tipos geométricos vetoriais presentes na TerraLib:
 - TeCell e TeCellSet
 - TeArc e TeArcSet
 - TeNode e TeNodeSet
 - TeSample e TeSampleSet
 - TeContourLine e TeContourLineSet
 - TeText e TeTextSet

Armazenamento das Geometrias

- Nesta parte a TerraLib é ligeiramente diferente do OpenGIS:
 - Os tipos de coleção homogêneas da TerraLib (TePointSet, TeLineSet, TePolygonSet) são fragmentados em tantas linhas quantas os elementos constituintes das coleções.
 - Ou seja, em uma linha de um banco MySQL ou OracleSpatial nós teremos os elementos TePoint, TeLine2D, TePolygon
 - A união das geometrias constituintes do objeto se dá através de um campo “**object_id**” que serve para identificar as linhas das tabelas que compõe a geometria.
 - Motivo:
 - Melhor DESEMPENHO nas recuperações de partes dos objetos!

Dados Matriciais

- São vistos como um tipo de geometria que pode estar associada a um objeto geográfico



- Proposta de armazenamento : *tiling* e *multi-resolução*

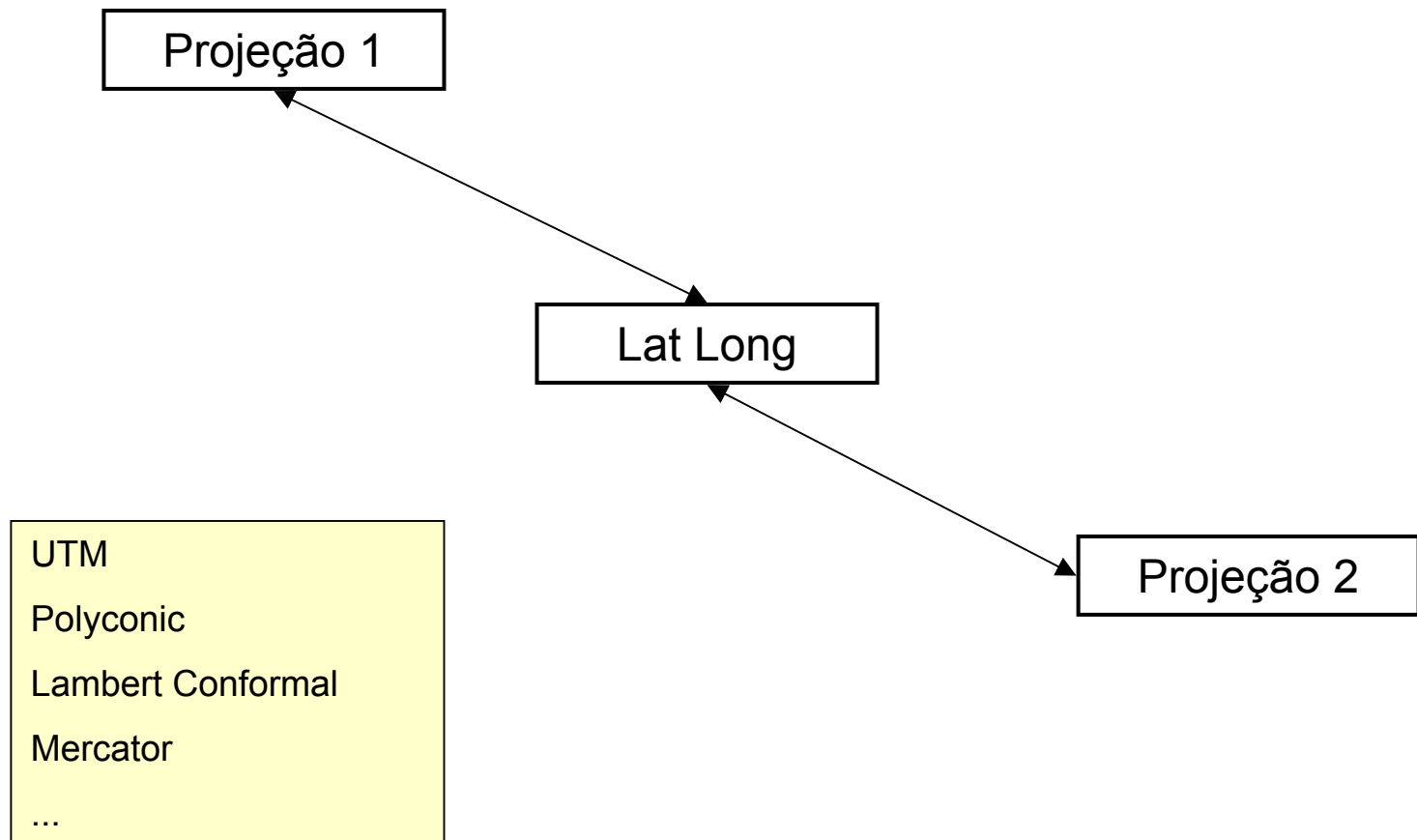
Outras Estruturas

- TeLayer
 - Representa um agregador de objetos geográficos homogêneos
 - Atributos descritivos e geometrias armazenados em tabelas do banco de dados
 - Objetos podem ter uma característica semântica (eventos ou objetos dinâmicos)
- TeTheme
 - Representa uma seleção, por diferentes critérios, dos objetos de um layer
- TeView
 - Controla a visualização conjunta de um conjunto de temas, mapeando-os para uma projeção comum
- TeSTObject e TeSTObjectSet: objetos em memória
- Esses conceitos são persistidos em um banco TerraLib

Metadados

- **TerraLib** propõe tabelas para materializar as informações de metadado de um banco de dados geográficos:
 - Informações de layer
 - Tabelas de atributos e representações geométricas
 - Informações de tema
 - Restrições espaciais, temporais e atributo
 - Informações de vista
 - Quais temas, qual projeção
- A **TerraLib** acrescenta esses metadados porque seu modelo se propõe a ser mais que só um modelo de armazenamento
 - Pretende possibilitar que o dado no banco possa ser utilizado para análises espaço-temporais
 - A ênfase da TerraLib é também algoritmos espaço-temporais e não só em armazenamento do dado bruto

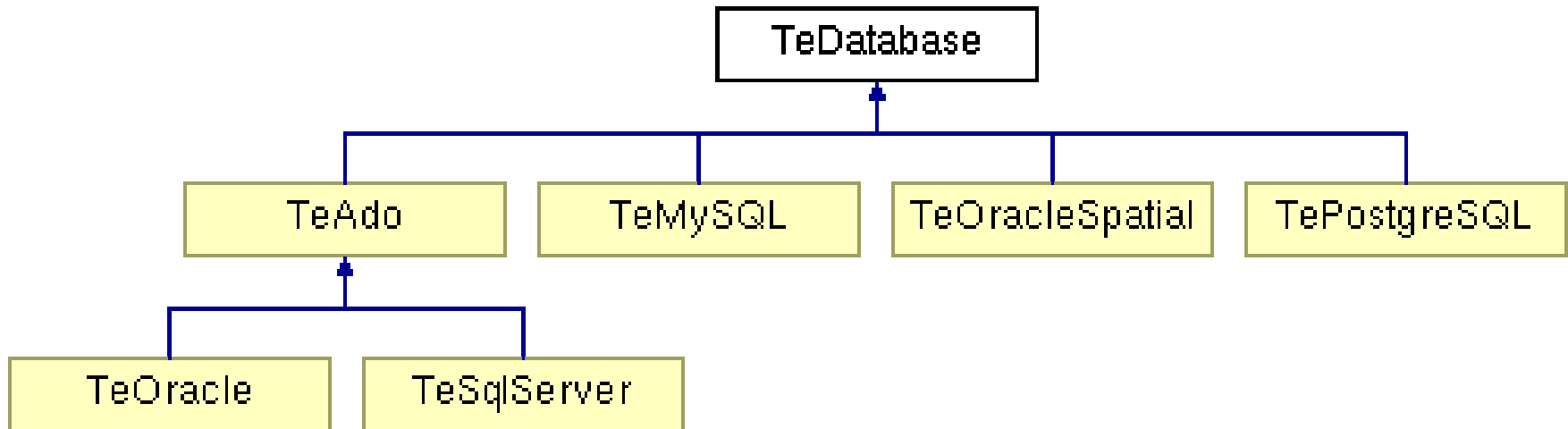
Projeções Cartográficas



Operações Topológicas

- OpenGIS recomenda a matriz 9-I DE.
- TerraLib segue a matriz 9-I DE.
- Ex:
 - **TeOverlaps(X, Y)** $\Rightarrow (\dim(X^0) = \dim(Y^0) = \dim(X^0 \cap Y^0)) \wedge (X \cap Y \neq X) \wedge (X \cap Y \neq Y)$
 - Área/Área $\Rightarrow (X^0 \cap Y^0 \neq \emptyset) \wedge (X^0 \cap Y^- \neq \emptyset) \wedge (X^- \cap Y^0 \neq \emptyset)$
 - Linha/Linha $\Rightarrow (\dim(X^0 \cap Y^0) = 1) \wedge (X^0 \cap Y^- \neq \emptyset) \wedge (X^- \cap Y^0 \neq \emptyset)$

API de acesso a um banco TerraLib



- Aplicações “falam” com a classe **TeDatabase**
- Drivers resolvem diferenças
- Requisito sobre o SGBD : capacidade de armazenar blobs
- Novos drivers podem ser criados

Conversão de Dados

- TerraLib fornece funções para importar/exportar dados em formatos proprietários de/para bancos TerraLib
 - ☐ Mapeamento de conceitos (ex: um Shapefile para um Layer)
 - ☐ Quando possível usa outras bibliotecas livres: ex. shapelib, libgeotiff, jpeglib
- Dados Vetoriais
 - ☐ Shapefile
 - ☐ MapInfo
 - ☐ Spring
- Atributos descritivos
 - ☐ DBF
 - ☐ CSV
- Dados Matriciais
 - ☐ Tiff
 - ☐ GeoTiff
 - ☐ Raw
 - ☐ JPEG
- Funções usadas diretamente pelas aplicações

Algoritmos de Análise Espacial

- Estatísticas Simples
- Mapa de Kernel
- Correlação Espacial
- Regionalização
- Agrupamentos
- Geocodificação de Endereços
- Análise Espaço-Temporal
 - Séries Temporais
 - Clustering Espaço-Temporal
- Modelagem Dinâmica
 - Espaços Celulares
- Modelos Hidrológicos

TerraLib procura desacoplar algoritmos de estruturas de dados

Algoritmos manipulam iteradores sobre estruturas

TerraLib busca minimizar repetição de código e flexibilizar a aplicação de algoritmos



Padrões Utilizados

Produto	Paradigma	Linguagem	Ambiente Alvo	Ferramentas
SITIM/SGI	Programação Algoritmica	C	DOS	Borland C
SPRING	Programação orientada-a-objetos	C++	Windows, Linux, Solaris	Visual C++, SQL
TerraLib	Programação multi-paradigma	C++	Linux, Windows	Visual C++, GNU C++, SQL



Aplicações com tecnologia TerraLib

TerraView 3.0

Produto: INPE/DPI

Algoritmos Kernel – Parceria INPE/LESTE

GPL

Release 14 de Maio, 2004

www.dpi.inpe.br/terraview

TerraCrime 1.0

Ministério da Justiça SENASP

Contrato : Piloto PoA

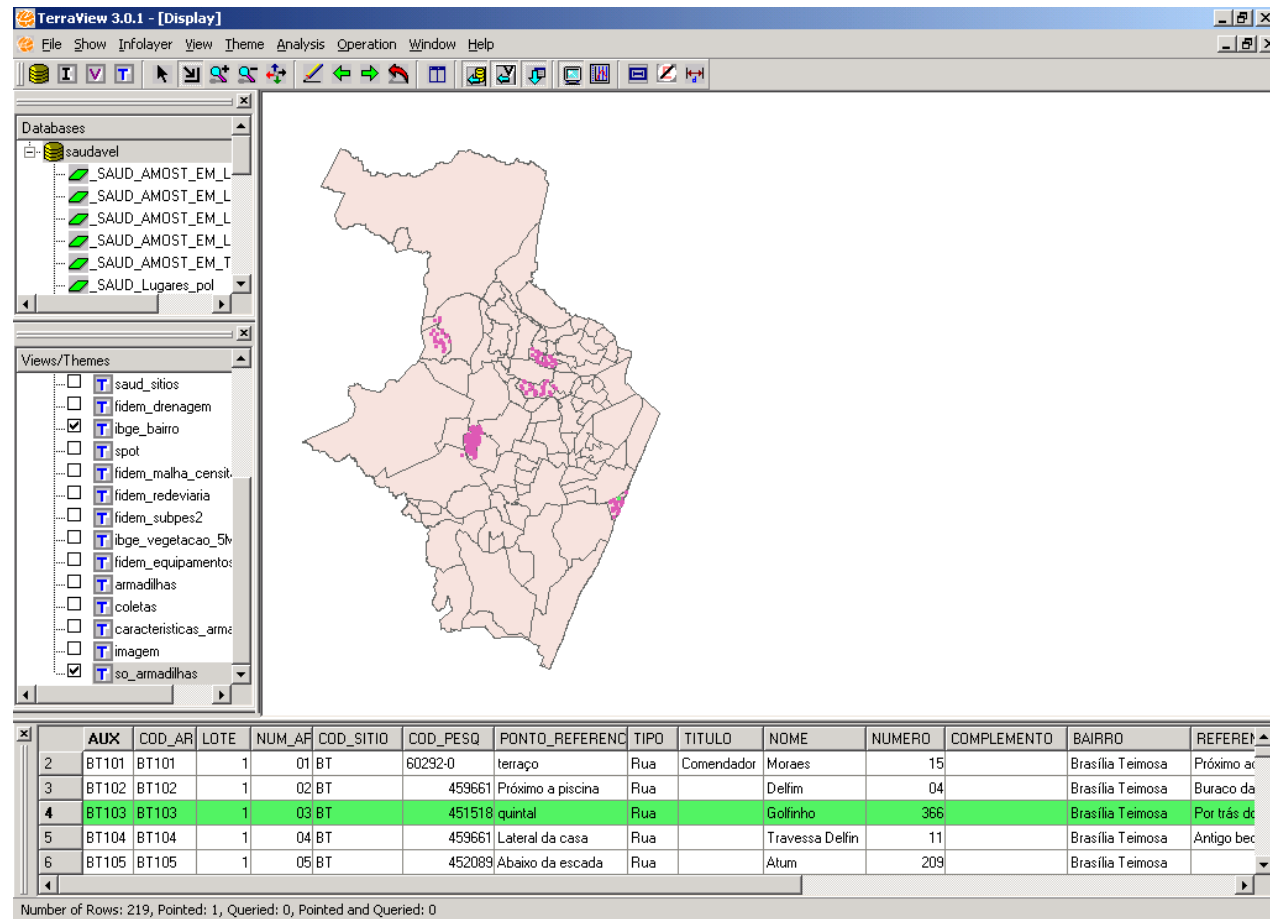
Produto: INPE/DPI e LESTE/UFGM

GPL-BR

TerraView

■ TerraView

- Ambiente simples de visualização
- É também disponibilizado como um executável
- Feito na DPI
- Exemplo



The screenshot shows the TerraView 3.0.1 interface. The main window displays a map of Brasília Teimosa with several pink highlighted areas. The left sidebar shows the 'Databases' and 'Views/Themes' panels. The 'Databases' panel lists several layers, including '_SAUD_AMOST_EM_L' and '_SAUD_Lugares_pol'. The 'Views/Themes' panel lists various themes, including 'saud_sitios', 'fidem_drenagem', 'ibge_bairro', 'spot', 'fidem_malha_censit', 'fidem_redeviaria', 'fidem_subpes2', 'ibge_vegetacao_5m', 'fidem_equipamentos', 'armadilhas', 'coletas', 'caracteristicas_arme', 'imagem', and 'so_armadilhas'. The bottom panel displays a table with the following data:

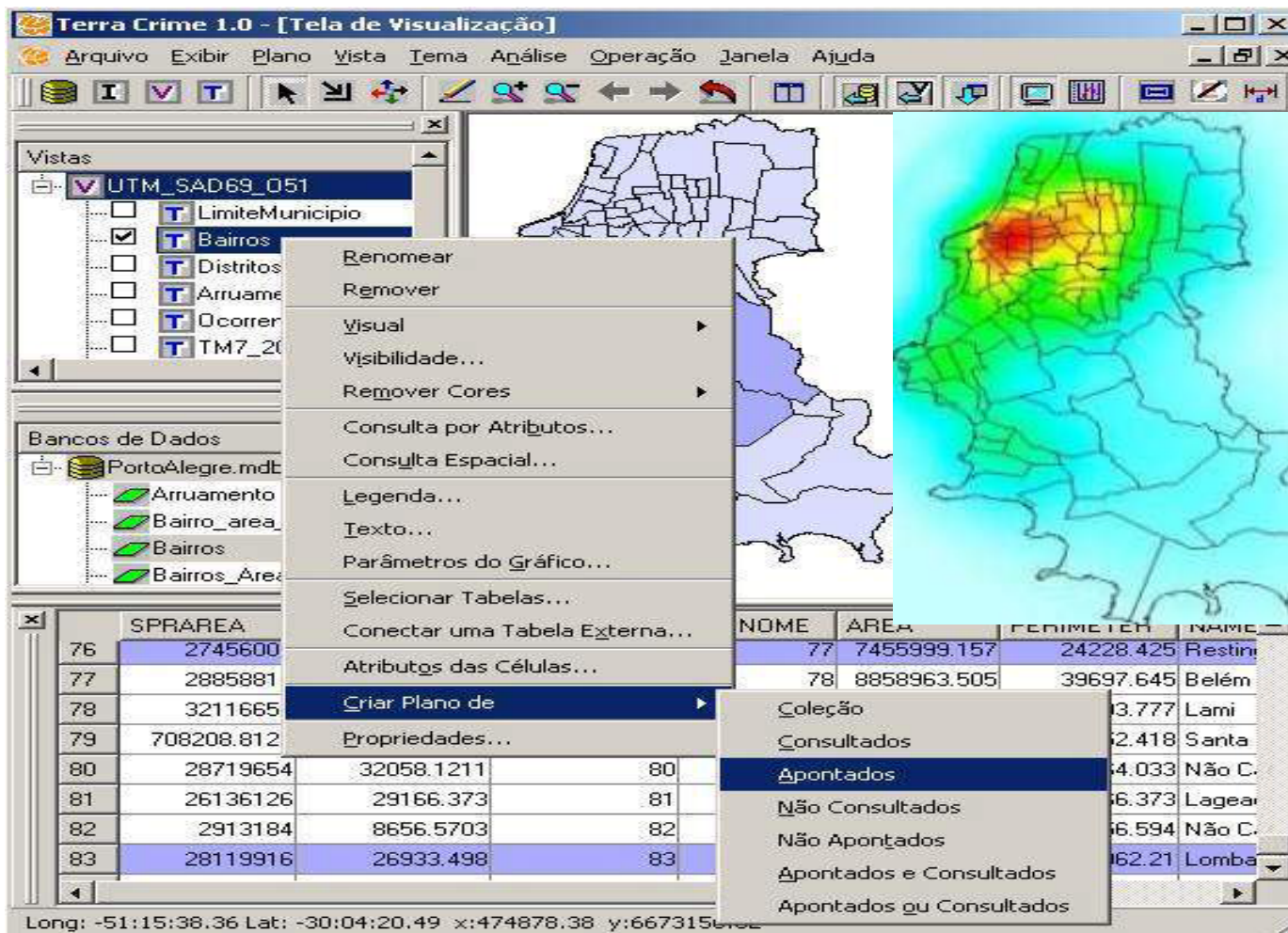
AUX	COD_AR	LOTE	NUM_AF	COD_SITIO	COD_PESQ	PONTO_REFERENC	TIPO	TITULO	NOME	NUMERO	COMPLEMENTO	BAIRRO	REFERE
2	BT101	BT101	1	01 BT	60292-0	terraço	Rua	Comendador	Moraes	15		Brasília Teimosa	Próximo ar
3	BT102	BT102	1	02 BT	459661	Próximo a piscina	Rua		Delfin	04		Brasília Teimosa	Buraco da
4	BT103	BT103	1	03 BT	451518	quintal	Rua		Golfinho	366		Brasília Teimosa	Por trás de
5	BT104	BT104	1	04 BT	459661	Lateral da casa	Rua		Travessa Delfin	11		Brasília Teimosa	Antigo bec
6	BT105	BT105	1	05 BT	452089	Abaixo da escada	Rua		Atum	209		Brasília Teimosa	

Number of Rows: 219, Pointed: 1, Queried: 0, Pointed and Queried: 0



LESTE

TerraCrime



TerraStat

- Biblioteca de procedimentos estatísticos espaciais avançados em C++
- Parceria INPE/DPI e UFMG Leste



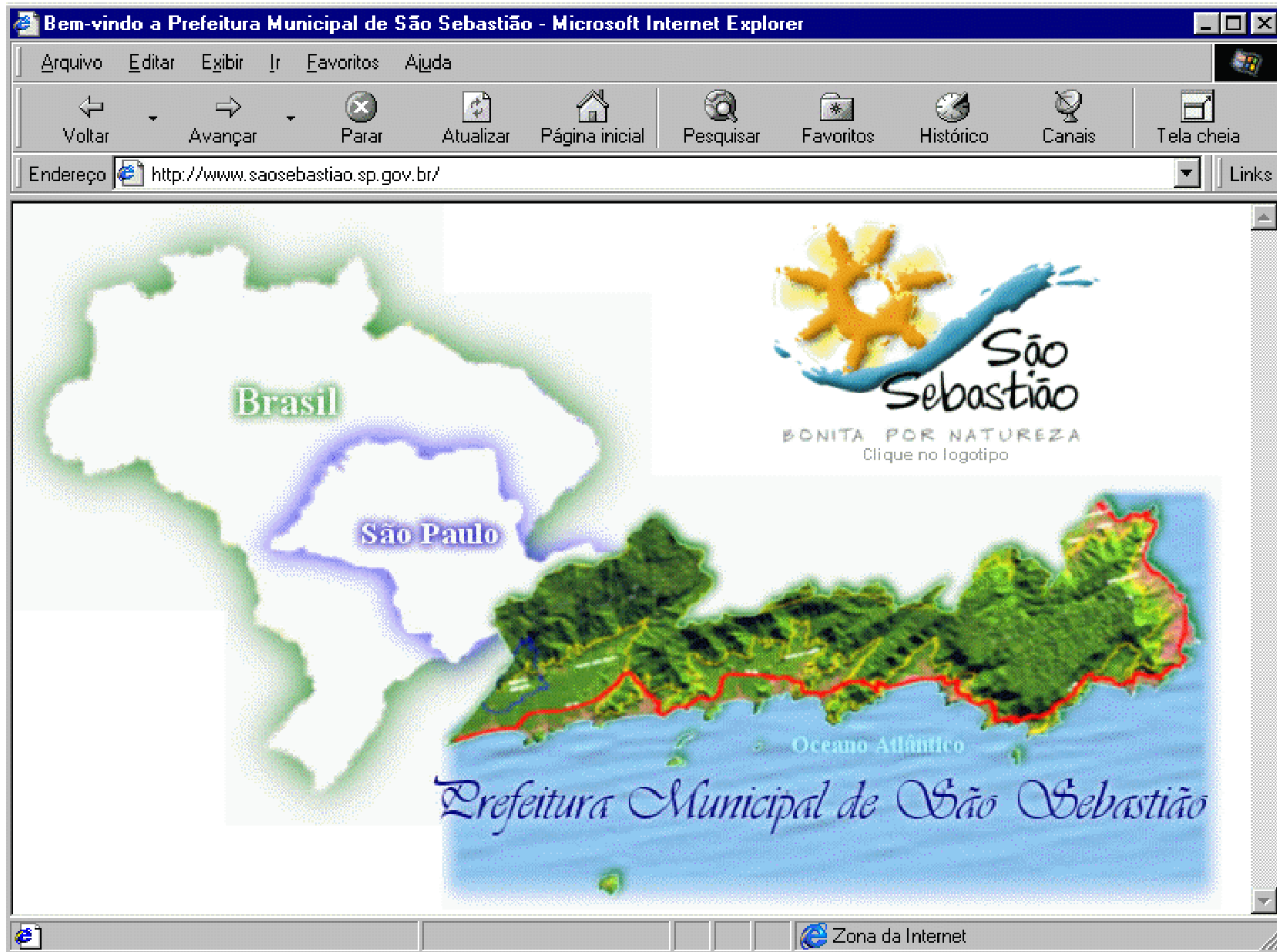
TerraStat : (Algoritmos TerraLib) é um conjunto de algoritmos para clusters espaço-temporais através de métodos estatísticos e outras soluções, implementadas em C++ e incorporados como *algoritmos* em TerraLib

■ Funcate

- www.funcate.org.br/geoprocessamento.html
- Construção de aplicativos para atualização, consulta e navegação na base de dados georeferenciada

■ Implementações

- São Sebastião, Ilhabela, Ubatuba, Caraguatatuba, São José dos Campos
- São Bernardo do Campo, Santos, Cachoeiro do Itapemirim
- Mirasol, Avaré, Feira de Santana, Estado da Bahia – Geopolis (50)





Imóveis

Inscrição Setor Quadra Lote

Código Código Enquadramento

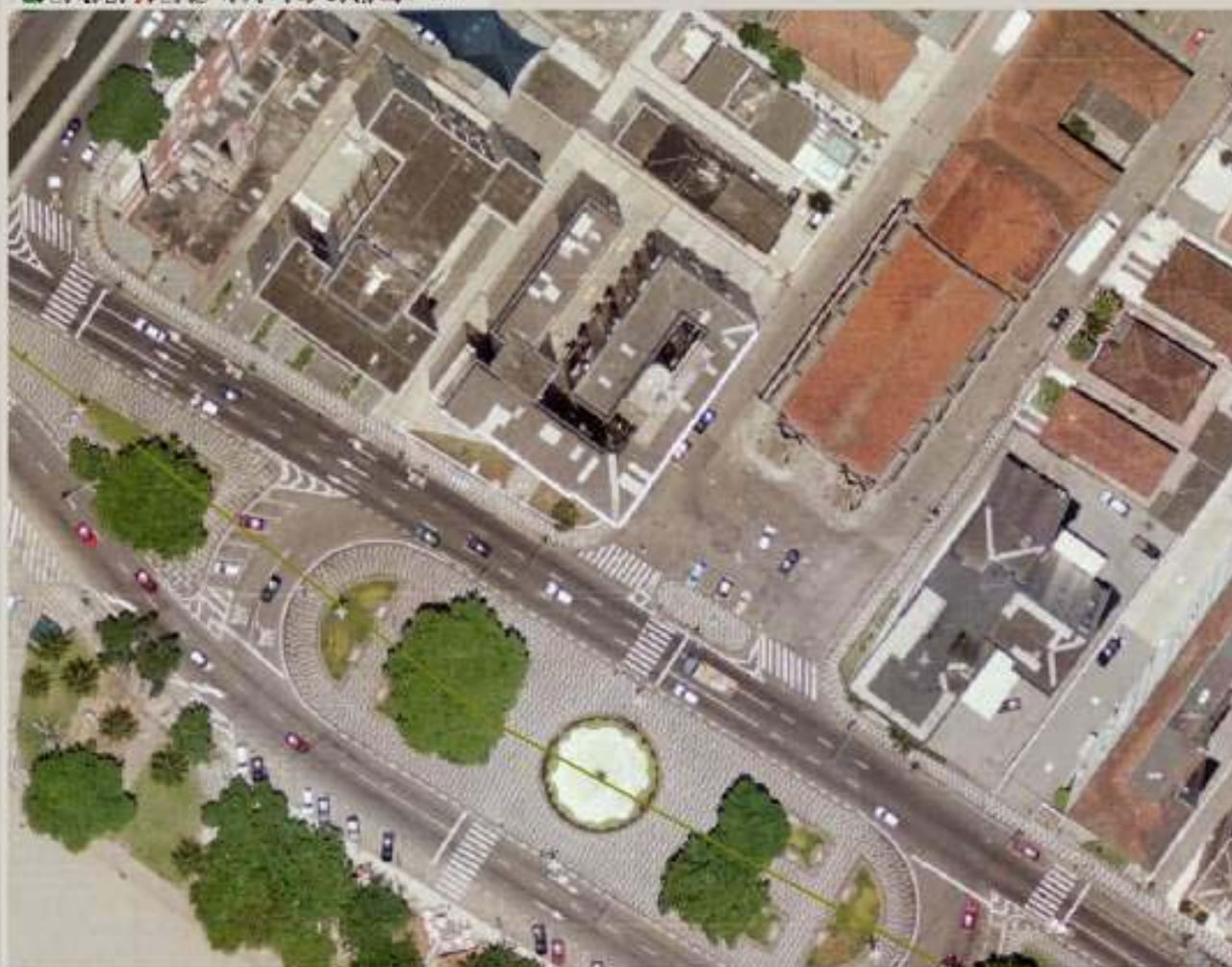
Tipo Proposição Título

Logradouro

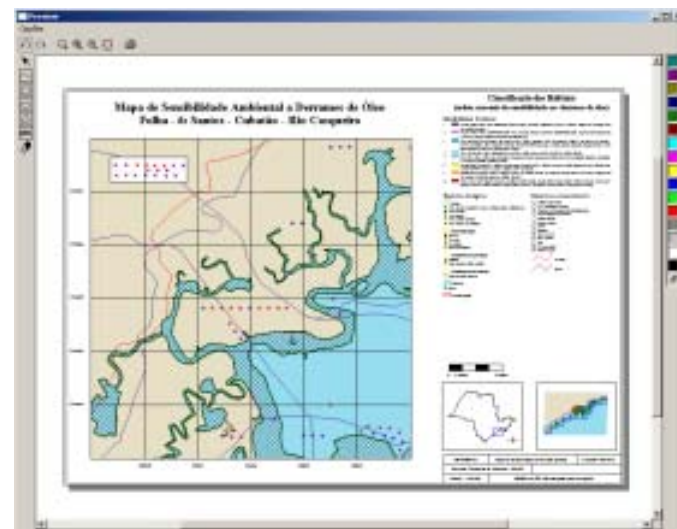
Observação

Número Bairro

Área Terreno Área Construída



- Parceiro estratégico
- Testador e colaborador efetivo do Kernel
- InfoPae
 - Planos de emergência para refinarias
- Viewer : ferramenta de impressão e geração de cartas a partir de um banco de dados TerraLib



Projeto SAUDAVEL

- Tecnologias da Informação Espacial no Apoio ao Controle Epidêmico
 - Experimento em andamento em Recife-PE
 - Alimentando um banco de dados TerraLib
 - Visualização e consulta via TerraView



Integração com R: GCEA - UFPR

- Grupo de Estatística Computacional e Espacial Aplicadas
 - <http://www.est.ufpr.br/GECEA>
 - **aRT** (API R-TerraLib) : integração entre o software **R** e TerraLib combinando informações estatísticas e geoespaciais
 - **myR** : biblioteca C++ para acessar funcionalidades **R**





O Modelo “Caixa-Branca”

Resultados = Software + Metodologia + Capacitação

- Software
 - concentrar em aspectos inovadores e apropriados ao usuário
- Metodologia
 - Traduzir conceitos em procedimentos operacionais
- Capacitação
 - tecnologia como parte da formação de recursos humanos

Capacitação

- 2004 – Investimento maior em treinamento e capacitação em programação TerraLib
- Programando por exemplos
- Documentação de Código
- Curso “mais formal” para o CIGE – Centro Integrado de Guerra Eletrônica (Exército Brasileiro)

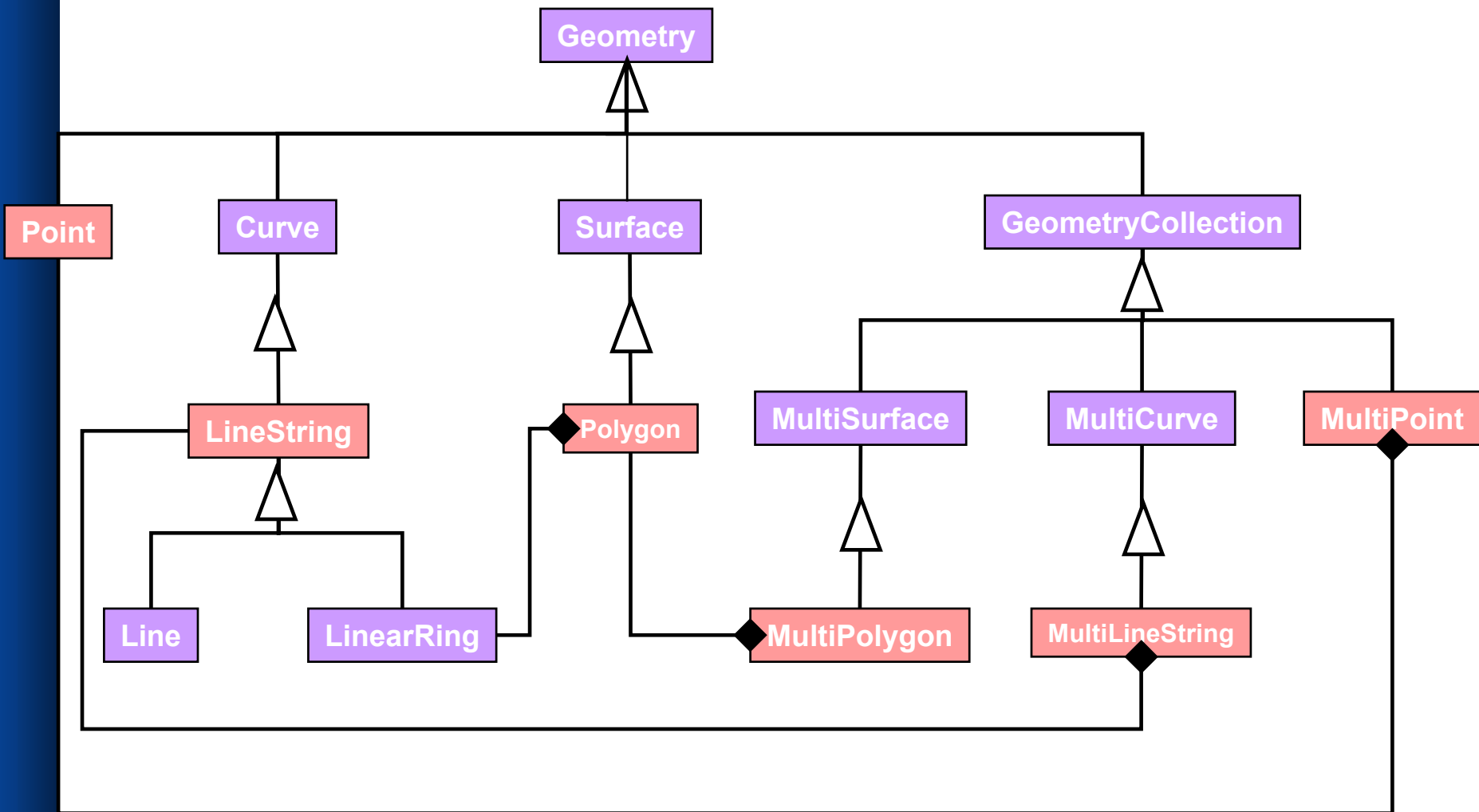
Interfaces

- Interface Java-TerraLib JNI
- Utilização de Tecnologia COM(MS) com TerraLib
 - Interface WEB para BD TerraLib Produtos FUNCATE
- WMS-TerraLib
 - Produto TecGraf – Projeto FINEp
- MAPSERVER – TerraLib
 - INPE – DPI (aberto a parceiros)

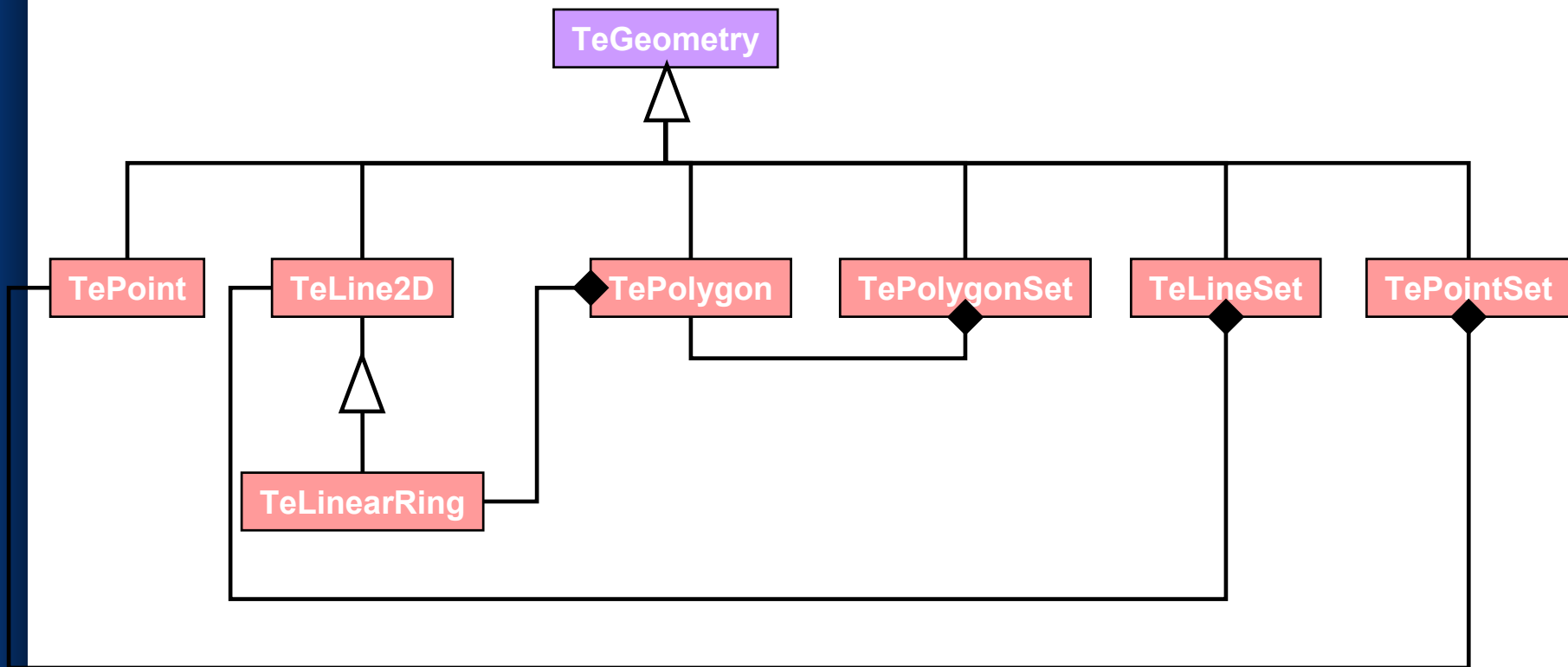
Conclusões

- TerraLib e suas aplicações tem se mostrado uma experiência instrutiva quanto a desenvolvimento de software livre
- Parcerias são fundamentais
- Acreditamos que seja possível criar "casacas" que obedecem às especificações OpenGIS naquilo que for conveniente e necessário sobre a TerraLib
- Serve de ambiente de desenvolvimento de soluções comerciais e ao mesmo tempo atende a necessidades da comunidade científica (dissertações, teses, etc.)

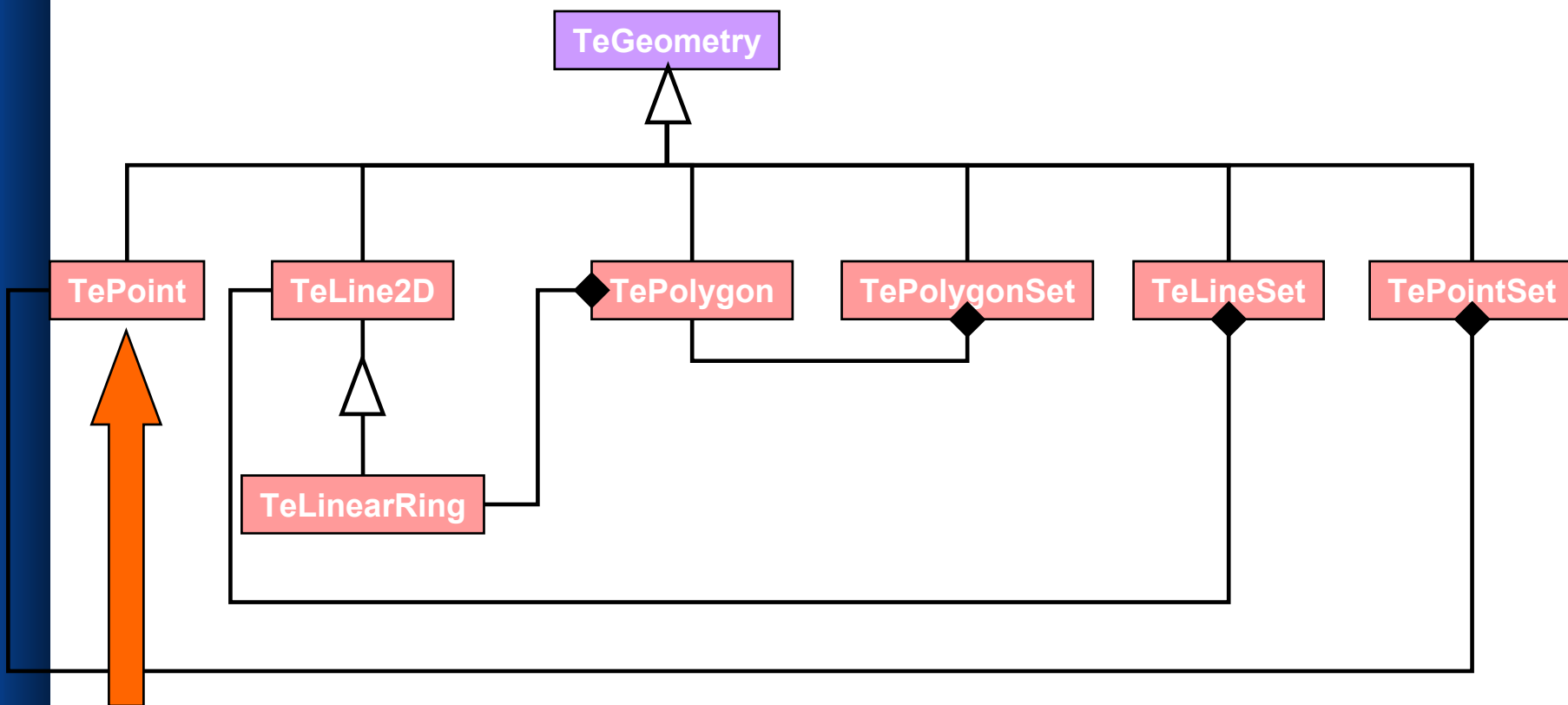
OpenGIS: Modelo de Geometrias



TerraLib: Modelo de Geometrias

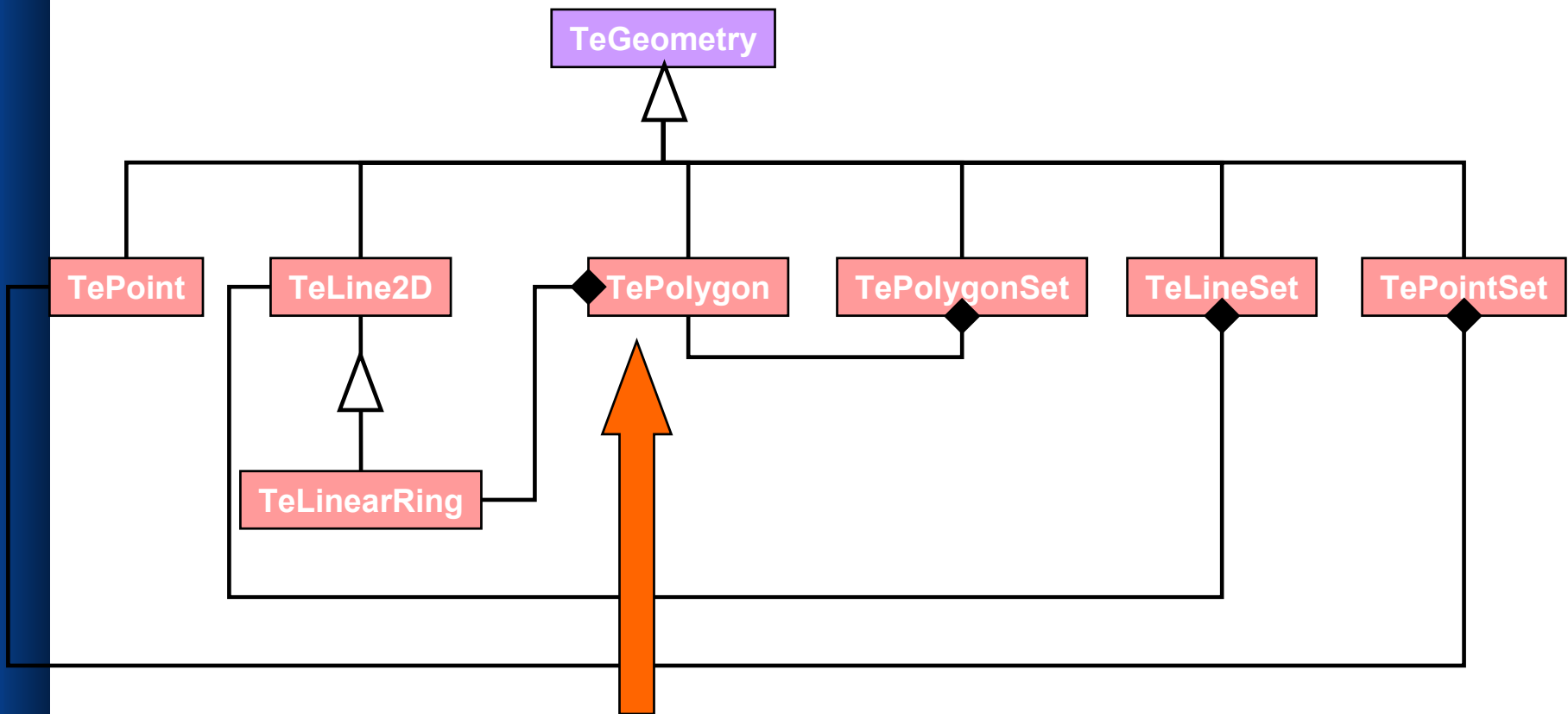


TerraLib: Modelo de Geometrias



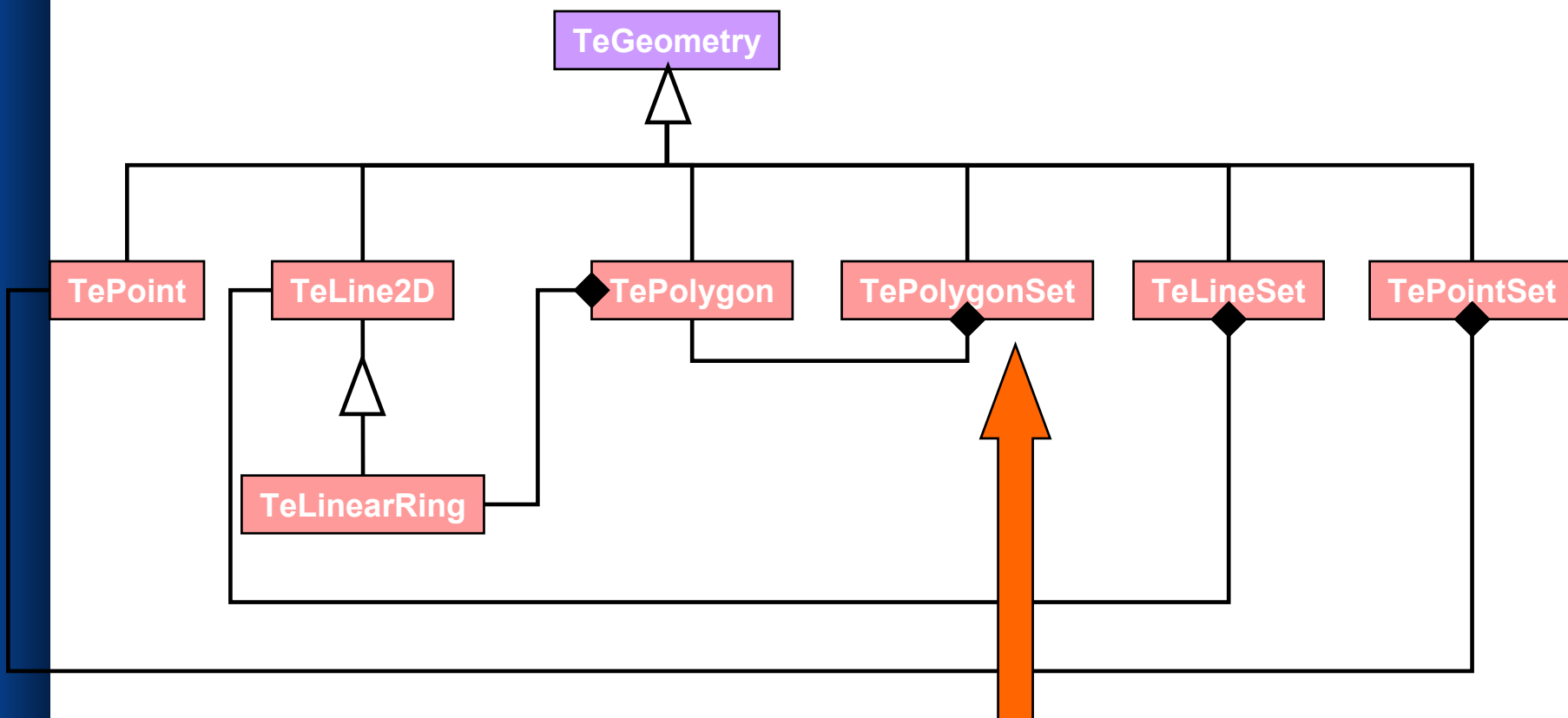
TePoint ≡ Point

TerraLib: Modelo de Geometrias



TePolygon ≡ Polygon

TerraLib: Modelo de Geometrias



TePolygonSet \equiv MultiPolygon ...