

# Estudo Sobre Armazenamento de Modelagem Digital de Terreno em Banco de Dados Geográficos

Eduilson L. N. C. Carneiro, Gilberto Câmara, Laércio M. Namikawa

Divisão de Processamento de Imagens (DPI)  
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)  
São José dos Campos – SP - Brazil

{eduilson, gilberto, laercio}@dpi.inpe.br

**Abstract.** *The storage of spatial data in DBMS (Systems Managers Database) is directly related to its form of representation. One form of representation of spatial data are the triangular irregular network (TIN), used for digital terrain modeling. This paper shows a study on the structure of storage of spatial data proposed by OGC (Open Geospatial Consortium) for the triangular irregular network.*

**Resumo.** *O armazenamento de dados espaciais em SGBD (Sistemas Gerenciadores de Banco de Dados) está diretamente relacionado à sua forma de representação. Uma das formas de representação de dados espaciais são as redes triangulares irregulares (TIN), utilizadas para modelagem digital de terrenos. Neste trabalho, apresentaremos um estudo sobre a estrutura de armazenamento de dados espaciais proposta pelo OGC (Open Geospatial Consortium) para as redes triangulares irregulares.*

## 1. Introdução

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) diferenciam-se dos sistemas de informações tradicionais por possuírem a capacidade de manipulação de dados espaciais, assim, eles possuem capacidade de armazenar tanto os atributos descritivos como as geometrias dos diferentes tipos de dados espaciais. A persistência de dados espaciais em Sistemas Gerenciadores de Bancos de Dados (SGBD) está diretamente relacionada à sua forma de representação.

Goodchild [2007] apresenta uma classificação para representação de dados espaciais dividida em dois grupos: Geo-Campos e Geo-Objetos. Os geo-objetos são representados por entidades vetoriais: ponto, linha e polígono, referenciados por um sistema de coordenadas cartesianas, com fronteiras claramente definidas e com ou sem relação topológica entre si. Os geo-campos são representados através de uma matriz com células retangulares, hexagonais ou triangulares, ou de uma rede irregular de triângulos ou polígonos. Os geo-campos são utilizados na discretização de informações como relevo, temperatura ou pressão sobre superfícies contínuas.

O armazenamento de dados espaciais da categoria geo-campos, representados por meio de redes triangulares irregulares, comumente conhecidas como *Triangulated Irregular Networks* (TIN), são o objeto de estudo deste trabalho. Nele analisaremos o modelo de persistência proposto pelo OGC, focando na representação de dados de terreno.

## 2. Armazenamento de Dados Espaciais

As estruturas de dados utilizadas em bancos de dados geográficos podem ser divididas em duas grandes classes: estruturas vetoriais e estruturas matriciais. Dentre as estruturas vetoriais usaremos a malha triangular ou TIN como forma de representação de dados de terreno. O TIN é a estrutura mais utilizada para armazenar dados espaciais de “dois e meio” dimensões, que se trata de dados tridimensionais, mas com suporte espacial feito por estruturas bidimensionais. O TIN é uma estrutura do tipo vetorial que representa uma superfície através de um conjunto de faces triangulares interligadas. Cada um dos três vértices da face do triângulo armazena as coordenadas de localização  $(x, y)$  e o atributo  $z$ , com o valor de elevação ou altitude. Uma completa explicação sobre as estruturas vetoriais e matriciais, suas diferenças, aplicações, vantagens e desvantagens pode ser encontrada em Casanova [2005].

Neste capítulo analisaremos uma solução adotada pelo *Open Geospatial Consortium* (OGC) para armazenamento de dados espaciais, focando especialmente no armazenamento de TIN.

### 2.1. Open Geospatial Consortium - OGC

O *Open Geospatial Consortium* – OGC é um consórcio internacional que agrupa empresas, instituições governamentais e acadêmicas com o objetivo de promover interoperabilidade entre sistemas envolvendo informação espacial. O OGC define diversas especificações para padrões de dados espaciais. Podemos dividir as especificações em duas categorias: (a) especificação abstrata – define o modelo de geometrias e serviços desconsiderando detalhes de sua implementação; (b) especificação de implementação – mostra como os conceitos da especificação abstrata podem ser implementados utilizando tecnologias de desenvolvimento existentes.

A classe abstrata denominada *feature* é utilizada como base do modelo conceitual do OGC. Segundo o OGC [1998], a *feature* é uma abstração de um fenômeno do mundo real, tornando-se uma feição geográfica quando associada a uma coordenada de posicionamento.

A classe abstrata *feature* tem duas especializações principais *feature with geometry*, que aborda o conceito de geo-objetos, e *coverage*, que aborda o conceito de geo-campos, além da especialização *other feature subtypes* (Figura 1).

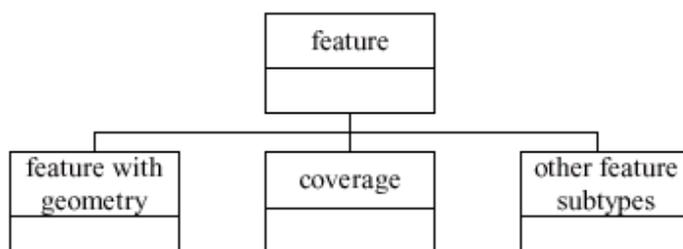


Figura 1. Subtipos de feature, adaptado de [OGC 1998]

No subtipo *feature with geometry*, que está representado pela classe abstrata *Geometry* (Figura 2), encontramos referência ao modelo TIN, que é representado por uma especialização da classe *PolyhedralSurface* denominada TIN que está mais detalhada na Figura 3.

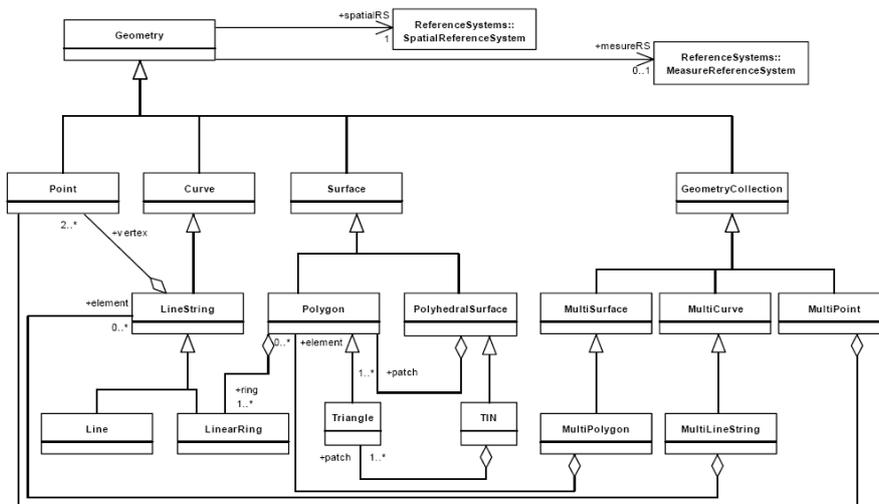


Figura 2 – Hierarquia da classe Geometry [OGC 2006]

A classe TIN consiste de um conjunto de uma ou mais instâncias da classe *Triangle*. A classe *Triangle* é uma especialização da classe *Polygon*, cada *Triangle* é um *Polygon* com três vértices distintos, não colineares e sem bordas internas.

Toda a especificação para a implementação da classe *Geometry* e suas subclasses estão em OGC [2006].

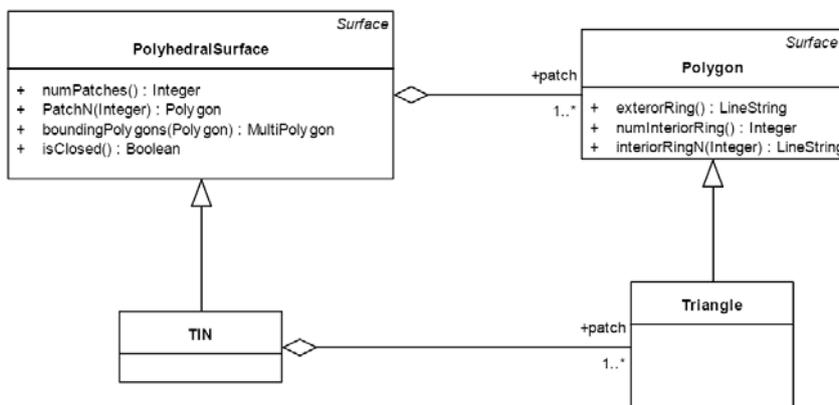


Figura 3 – Classe *PolyhedralSurface* [OGC 2006]

A classe abstrata *coverage* também se divide em subtipos (Figura 4), dentre eles podemos encontrar o tipo que representa os modelos TIN (TIN Coverage).

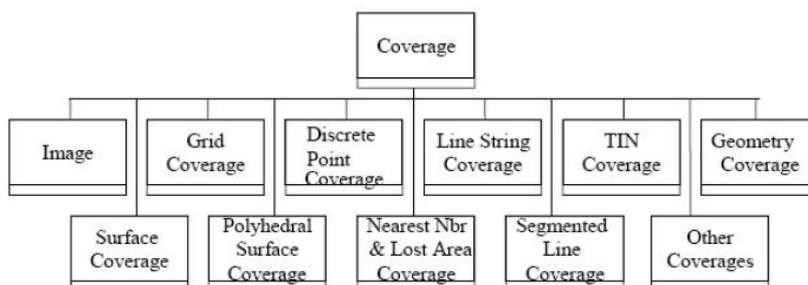


Figura 4 – Subtipos de *coverage*, adaptado de [OGC 1998]

Em suas especificações de implementação o OGC ainda não contemplou todos os subtipos da classe coverage, tendo especificado apenas para o subtipo *Grid Coverage* [OGC 2001].

Apresentaremos a seguir experimento com armazenamento de TIN em banco de dados geográficos baseado na especificação do OGC.

### 3. Implementação

O experimento feito tinha o propósito de testar a especificação para armazenamento de TIN proposto pelo OGC. Para isso adotou-se uma arquitetura conforme a Figura 5, composta pelos seguintes componentes:

- A biblioteca GDAL/OGR 1.5.1 ([www.gdal.org/](http://www.gdal.org/)), que foi utilizada para implementar o programa utilizando a linguagem C++;
- O SGBD PostGIS 1.3.3 ([postgis.refrations.net/](http://postgis.refrations.net/)), que implementa as especificações do OGC para *feature*;
- A TerraLib 3.2 ([www.dpi.inpe.br/terralib](http://www.dpi.inpe.br/terralib)), uma biblioteca de classes e funções para o desenvolvimento de sistemas de informações geográficas;
- UDig 1.1 ([udig.refrations.net](http://udig.refrations.net)), um sistemas “desktop GIS” que permite a manipulação de dados diretamente do banco de dados que contempla os principais padrões do OGC.

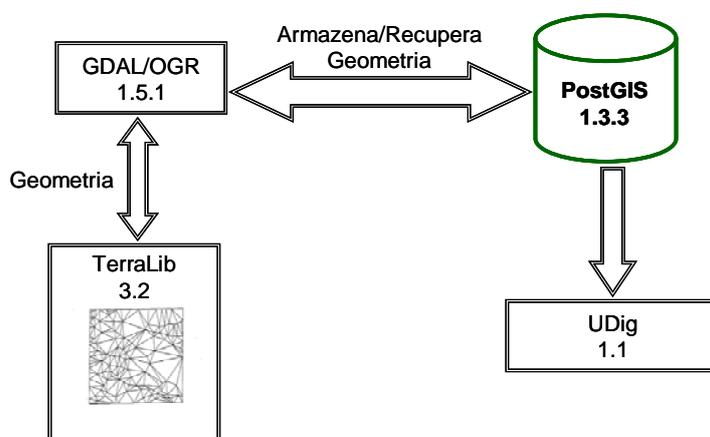
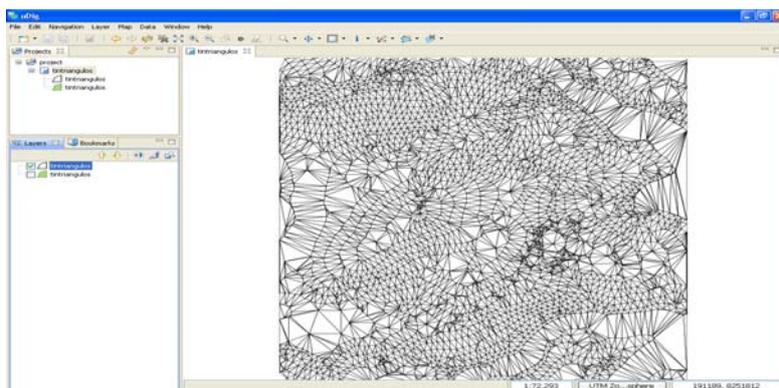


Figura 5 – Arquitetura

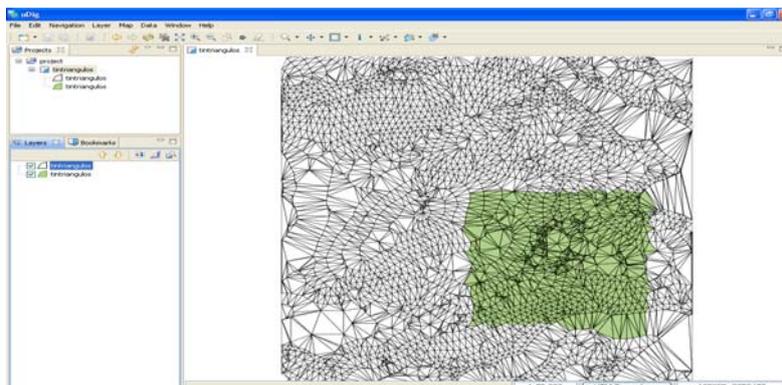
O sistema utiliza a TerraLib para, a partir de dados de terrenos composto de um conjunto de pontos amostrais contendo as coordenadas de localização  $(x, y)$  e o atributo  $z$  com o valor de elevação, gerar o modelo TIN e através da GDAL armazenar as informações do TIN de acordo com a especificação OGC para armazenamento de TIN em um banco de dados PostGIS.

Utiliza-se o UDig para acessar o banco PostGIS para visualização do modelo TIN (Figura 6). A visualização do TIN armazenado no banco é feita pela visualização de todos os triângulos que o compõe.



**Figura 6 – Tela capturada do UDig**

Através da consulta espacial (`SELECT ogc_fid,wkb_geometry as triangulos FROM tintriangulos WHERE tintriangulos.wkb_geometry && SetSRID ('BOX3D(188912 8248671, 193681 8253547)')::box3d,32768`), fizemos a seleção de uma área de interesse para avaliarmos a performance do modelo (Figura 7).



**Figura 7 – Consulta espacial**

A busca e exibição dos triângulos da área de interesse tiveram num desempenho satisfatório em relação ao propósito destinado.

### 3. Conclusão

O presente trabalho implementou um modelo para avaliar a especificação do OGC para armazenamento de modelo TIN. O OGC adota para armazenamento de TIN basicamente o armazenamento de polígonos em forma triangular que compõem o TIN.

O trabalho apresenta uma arquitetura utilizando a biblioteca TerraLib para a geração do TIN, a biblioteca GDAL para armazenar o TIN em banco de dados geográfico PostGIS e utilizou-se do UDig para visualização dos dados armazenados, assim como a execução de consultas espaciais para avaliar a performance do modelo do OGC.

Tanto a visualização do TIN completo, quanto a consulta espacial por área de interesse tiveram desempenho satisfatório para o usuário. Mas, devido à forma adotada para armazenar o TIN, através do armazenamento dos triângulos do TIN de forma independente. Algumas consultas espaciais que levam em conta a topologia do TIN não podem ser executadas.

Como a especificação do OGC não contempla o armazenamento de TIN multiescala. Como alternativa sugerimos uma estrutura baseada no modelo piramidal apresentado por De Floriani (2000) que usa uma estrutura de grafo para armazenar a seqüência de alterações geradas no processo de criação do TIN. Permitindo a recriação do TIN sem perder a relação de dependência dos triângulos.

## References

- Casanova, M., G. Câmara, C. Davis, et al., Eds. (2005). Bancos de Dados Geográficos. Curitiba, Editora MundoGEO.
- De Floriani, L., P. Magillo and E. Puppo (2000). "VARIANT: A System for Terrain Modeling at Variable Resolution." *GeoInformatica* 4(3): 287-315.
- Goodchild, M. F., M. Yuan and T. J. Covas (2007). "Towards a general theory of geographic representation in GIS." *International Journal of Geographical Information Science* 21(3): 239-260.
- OGC (1998). *OpenGIS Simple Features Specification for SQL*. Boston, Open GIS Consortium.
- OGC (1998). *The OpenGIS Specification Model: The Coverage Type and Its Subtypes*. Wayland, MA, Open Geospatial Consortium.
- OGC (2001). *OpenGIS Implementation Specification : Grid Coverage*. Boston, Open Geospatial Consortium.
- OGC (2006). *OpenGIS Implementation Specification for Geographic Information - Simple feature access - Part 1: Common architecture*, Open Geospatial Consortium Inc.