

# BIG: Uma Estrutura de Dados para o Armazenamento, Análise e Visualização de Informações Geológicas

Luiz Eduardo Seabra Varella <sup>1</sup>  
Eugênio José Fonseca Pimenta <sup>1</sup>  
João Carlos Morgado <sup>2</sup>

<sup>1</sup> PETROBRÁS-Petróleo Brasileiro S.A.  
Depex-Departamento de Exploração  
Av. Chile 65, sala 1402  
20035 Rio de Janeiro, RJ, Brasil.  
g073@c53000.petrobras.anrj.br

<sup>2</sup> C.A. Parisi-Engenharia de Projetos Ltda.  
Rua Dom Gerardo, 63, 10o. andar  
20090 Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

**Abstract:** The present work describes a data structure used for storage, analysis and visualization of geological data. In this structure information is stored in three major sub-structures: HED, SPA and INFO. HED (half-edge data structure) deals with information that needs topological treatment. SPA is an evolution of the "Cartographics Spaghettis". Its main objective is the storage of non-topological information. INFO is responsible for the storage of the objects attributes.

## 1. Introdução

Até a década passada, gráficos e, mais especificamente mapas, foram os meios mais comuns para exibir e gerenciar dados espaciais. Gráficos associados a mapas têm-se mostrado um meio de grande utilidade para conceber idéias, analisar problemas, realizar previsões, solucionar distribuições e, até mesmo, comunicar relações espaciais. Com o surgimento dos Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), a gerência de informações tomou novos rumos, fornecendo melhores recursos para a manipulação de dados espaciais. Desde então, os computadores vêm sendo efetivamente utilizados na interpretação e produção de mapas.

Na indústria do Petróleo, em particular na área de exploração, a utilização dos SIGs vêm produzindo novas necessidades. Este fator, aliado a um extenso programa de downsizing aplicado na Petrobrás, motivou o Departamento de Exploração (DEPEX) a reestruturar suas estruturas de dados espaciais, até então fundamentadas em tecnologias de CAD (*Computer Aided Design*), com o único compromisso de simbolização das feições. Esta reestruturação, além de absorver e adequar alguns conceitos de SIG à área de geologia e geofísica,

levou em conta, também, os acervos de dados e aplicativos existentes e, é claro, as novas plataformas de hardware.

O presente trabalho descreve a estrutura de dados implementada cujo objetivo principal é de fornecer ao intérprete de geologia um meio adequado à elaboração, armazenamento, exibição e análise de dados espaciais. O texto desta comunicação foi organizado em 3 partes. A primeira, mostra o ambiente da Estrutura de Dados Geológicas (BIG). A segunda, a resenta sua descrição, e a terceira, e última, conclui o trabalho.

## 2. Análise do Ambiente

Antes de se apresentar a estrutura de dados, é extremamente conveniente que se analise alguns aspectos. A interpretação geológica apoiada por computador manipula dados espaciais, de natureza complexa, georeferenciados, que de modo geral definem feições localizadas no espaço bi ou tri-dimensional. Pode-se definir este tipo de dado sob quatro componentes ([Aronoff (1989)]): posição geográfica, atributo, relação espacial e tempo. A primeira componente, a posição geográfica, é responsável pela localização das feições, sendo representada sobre um sistema de coordenadas. A

segunda, o atributo, especifica propriedades inerentes as feições, por exemplo, características físico-químicas. A terceira, a relação espacial, também denominada topologia, relaciona cada feição de um contexto com as demais, ou seja, as informações são representadas de maneira a se estabelecer relações de adjacências. A última componente, o tempo, descreve, por exemplo, as diversas etapas evolutivas de uma dada feição.

Um outro aspecto, de grande importância, diz respeito a diversidade e ao volume de dados. A atividade de exploração requer estruturas de dados robustas, capazes de representar informações diversas, que vão desde feições geográficas a dados geofísicos. O volume, também deve ser levado em conta, uma vez que a grande quantidade de dados impacta as consultas, exibições e o próprio armazenamento das informações. A combinação destes fatores introduz a necessidade de integração de dados, ou seja, faz-se necessária a implementação de dispositivos que relacionem informações representadas por gráficos diferentes (plantas x cortes).

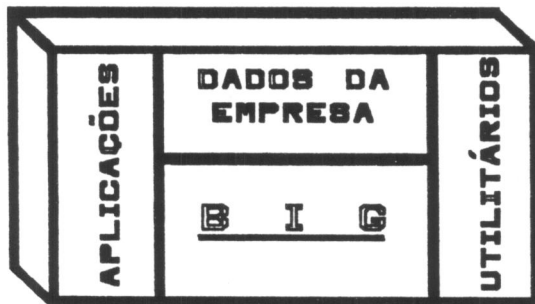


Figura 1 - Fronteiras do BIG.

Quanto ao relacionamento da estrutura com o ambiente de software, o BIG atua como saída principal das diversas aplicações. A Figura 1 mostra esquematicamente as fronteiras da estrutura com os aplicativos, dados da companhia e utilitários. Um BIG é, de maneira geral, criado pelos aplicativos que se constituem de um conjunto de programas que processam dados da empresa e do usuário. O contacto BIG-dados da empresa se deve a possíveis associações, cujos atributos encontram-se descritos nos arquivos da empresa. Os utilitários são aplicações de exibição, edição, importação, exportação e análise, que operam diretamente sobre a estrutura de dados, podendo, também, processar as informações da empresa. Esta organização do ambiente produz para todos os aplicativos uma

integral independência dos dispositivos gráficos de saída.

### 3. Descrição do BIG

As informações de um BIG encontram-se distribuídas em três grandes estruturas: SPA, HED e INFO (vide Figura 2). As duas primeiras, SPA e HED, são responsáveis pelo armazenamento das localizações espaciais, enquanto o INFO responde pelo armazenamento dos atributos. Os operadores OSPA e OHED, e a linguagem de manipulação de dados LINFO implementam o encapsulamento do BIG, isolando as aplicações e utilitários dos esquemas internos de armazenamento de dados.

A distribuição das localizações espaciais sobre duas estruturas distintas decorre do fato de que nem todo dado geológico necessita de tratamento topológico. O volume de dados também contribuiu para esta subdivisão, uma vez que o custo de qualquer tipo de ordenação espacial aumenta consideravelmente quando se armazenam grandes quantidades de dados. Desta forma, as informações que necessitam de tratamento topológico são armazenadas no HED, enquanto que as demais encontram-se no SPA. As sub-seções seguintes descrevem as três estruturas que compõem o BIG.

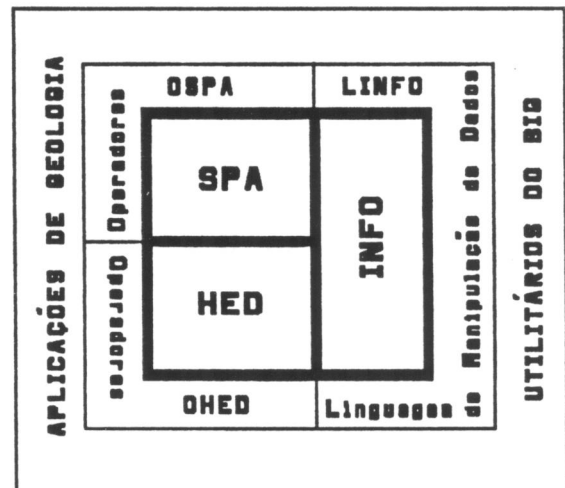


Figura 2 - Organização do BIG.

#### 3.1 Estrutura HED

Uma estrutura de dados é dita topológica quando possibilita a determinação eficiente de todas as relações de adjacência entre as entidades (faces, arestas e vértices) que descrevem um conjunto de informações. Dentre as diversas estruturas de dados

topológicas, destaca-se um grupo de especial interesse, cuja entidade de referência é a aresta. Este grupo apresenta propriedades importantes que são devidamente exploradas em sua implementação: tamanho de registros da estrutura limitado; número de vértices e faces adjacentes a uma aresta é de no máximo dois e o número de arestas adjacentes a uma aresta é no máximo quatro e etc. Uma importante estrutura desta família é a denominada semi-aresta (HED-half edge data structure), [Mantyla (1988)], cujas entidades são: faces, ciclos, arestas-uso e vértices.

A estrutura semi-aresta foi adotada para o tratamento topológico face a sua adequação, suficiência topológica e experiência anterior. Em testes realizados com informações típicas de exploração, como por exemplo seções geológicas, diagramas de cerca, diagramas de Voronoi, mapas de bacias e feições geográficas, levou-se em conta o volume de dados expressos em número de arestas, o tempo para a criação da estrutura e o espaço necessário ao seu armazenamento. Nestes testes, tais aspectos foram comparados com estruturas do tipo quadrees, com o HED se mostrando perfeitamente adequado à solução do problema. A questão da suficiência topológica, definida pelas nove possíveis relações de adjacências, esgota em sua totalidade as necessidades de análise de vizinhanças em feições geológicas. Quanto a experiência anterior, o fato de se dispor na empresa de uma biblioteca de funções que implementam a estrutura, contribuiu de maneira decisiva para sua escolha. Deve-se salientar que esta biblioteca, denominada HED, foi implementada pelo grupo de computação gráfica da PUC/RJ. Para maiores detalhes acerca da estrutura ver [Mantyla (1988)], [Martha (1989)] e [Cavalcanti (1991-1992)].

### 3.2 Estrutura SPA

Uma das mais simples estruturas de dados para o armazenamento de feições geográficas é o Spaghetti Cartográfico. Nela os elementos são concentrados em armazenamento linear de feições, tais como contornos, limites, rios, estradas, etc, sem qualquer associação com o que representam, ou seja, apenas a geometria das feições são descritas por listas de localização. A estrutura SPA, aqui apresentada, se constitui de uma evolução dos Spaghettis Cartográficos, uma vez que as informações podem

ser descritas em diversos níveis de detalhe e associadas a atributos não geométricos.

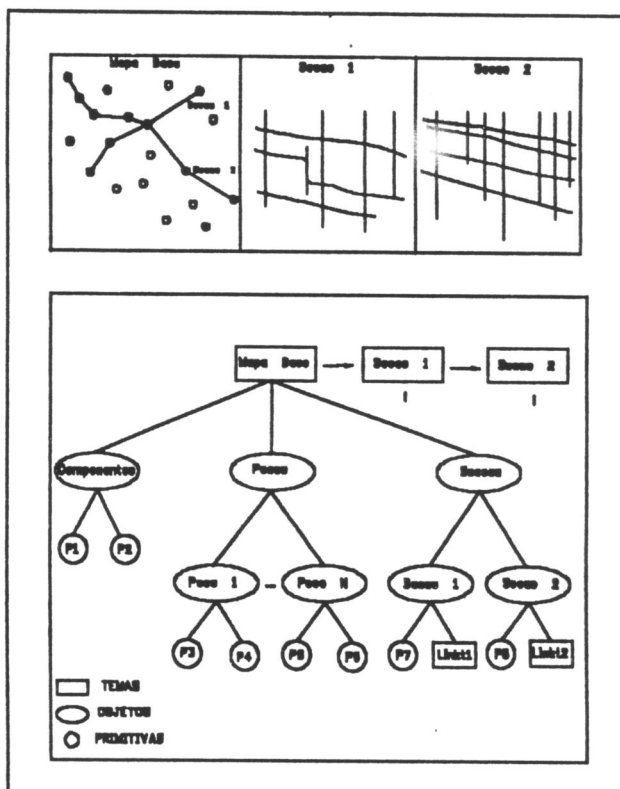


Figura 3 - Descrição Lógica do SPA.

Uma estrutura SPA é composta de um conjunto de temas (gráficos): um principal, que atua como um índice; e os secundários, que detalham objetos não representáveis na escala do tema principal. Cada tema é descrito, de maneira hierárquica, por um conjunto de objetos que são associados a outros objetos, primitivas, informações descritivas (dados da empresa ou do usuário) e a temas secundários. Neste último caso, o vínculo de um objeto a um tema, tem por objetivo descrever um objeto em diversos níveis de detalhe. A Figura 3 ilustra uma estrutura SPA, cujo tema principal é definido por um mapa base, com objetos do tipo poços, seções e componentes gráficos. Neste exemplo, os objetos Seção-1 e Seção-2 associam outros dois temas que descrevem inteiramente as seções.

A Figura 4 mostra as entidades da estrutura SPA (Temas, Objetos e Primitivas), assim como seus respectivos relacionamentos. A associação de um objeto a um tema secundário é feita através da entidade linkt, definida na lista de primitivas. A

seguir é apresentado, resumidamente, as funções das entidades e suas ligações:

- **TEMA** - A estrutura SPA é descrita por uma lista de entidades do tipo tema. Cada tema aponta para seus temas vizinhos, para o objeto raiz e para todas as cabeças de listas de primitivas.
- **OBJETO** - Os objetos de um tema são descritos de forma hierárquica. Cada nível da hierarquia é definido por listas de objetos, onde cada objeto aponta para seu pai, para o filho primogênito, para os objetos vizinhos e para uma lista de primitivas.
- **PRIMITIVA** - Um dado grupamento de primitivas associadas a um objeto qualquer é implementado através de uma lista de primitivas. Cada nodo desta lista aponta para a primitiva específica, para as primitivas vizinhas e para o objeto a qual encontra-se vinculado.
- **LISTAS INDIVÍDUAS DE PRIMITIVAS** - Cada tema da estrutura possui, dependendo dos tipos de elementos gráficos modelados, oito listas de primitivas (Ponto, Poligonal, Curva de Nível, Área, Linha de Tiro, Imagem, Perfil Elétrico e Texto) e uma lista de ligação (LinkT) para temas que visam detalhar um dado objeto. Todas as listas possuem atributos específicos, com estruturas de ligações idênticas. Cada nodo destas listas possuem ponteiros para o próximo nodo e para o objeto que se encontra vinculado. Esta forma de organização, que agrupa todas as primitivas de um mesmo tipo, permite a implementação de buscas exaustivas sobre um único tipo de primitiva, sem que se varra hierarquicamente os objetos.

### 3.3 Estrutura INFO

A estrutura INFO contempla o usuário com a possibilidade de associar informações textuais às feições do BIG. As informações podem ser de dois tipos: pertencentes a uma base de dados existente ou pertencentes a uma base de dados criada pelo usuário. Para tal, foi implementada uma estrutura de dados que consiste apenas de listas de tabelas ou listas de chaves para os arquivos da companhia.

A associação de um objeto a um item de uma tabela é feita através de um identificador numérico, definida pela hierarquia de objetos. Este identificador é usado como chave de acesso da base criada pelo usuário. Para a base existente, associa-se o identificador à sua chave de acesso. Esta visão propicia: a criação e manutenção de infinitas bases pelo usuário e a troca da base existente por outra, sem alteração da hierarquia.

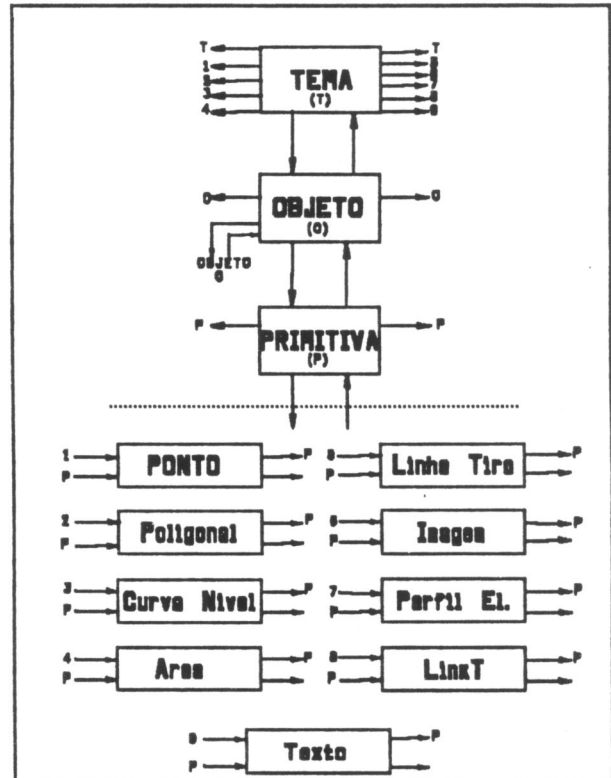


Figura 4 - Estrutura de Dados SPA.

### 4. Conclusões

Foi apresentada uma estrutura de dados (BIG) para o armazenamento de informações geológicas. Nesta proposta, os dados espaciais são descritos integralmente através de uma estrutura de dados topológica, uma estrutura de dados fundamentada nos Spaghettis Cartográficos para o armazenamento de informações independentes e uma estrutura para o armazenamento de atributos.

O BIG encontra-se em fase final de testes, com as aplicações do Departamento de Exploração da Petrobrás gerando as estruturas SPA e INFO. Nesta etapa, a nível de usuário final, a estrutura vem apresentando ganhos significativos, quer na integral representação da informação, quer no ganho de

performance e espaço de armazenamento. A próxima etapa de implementação será de disponibilizar e integrar a estrutura HED ao ambiente de interpretação.

### **Agradecimentos**

Os autores agradecem ao prof. Luiz Fernando Martha e ao grupo de Computação Gráfica da PUC/RJ pelas significativas contribuições na definição, implementação e testes da estrutura de dados HED.

### **5. Referências**

- S. Aronoff, Geographic Information Systems: a Management Perspective, WDL Publications, Canada, 1989.
- Cavalcanti, P.R., Criação e Manutenção de Subdivisões do Espaço, Tese de Doutorado, Depto. Informática, PUC/RJ, Março 1992.
- Cavalcanti, P.R.; Carvalho P.C.; Martha L.F., Criação e Manutenção de Subdivisões Planares, SIBGRAPI 91, USP, São Paulo, SP, Jul. 1991, pp. 13-24, 1991.
- Mantyla, M., An Introduction to Solid Modeling, Computer Science Press, Rockville, Maryland, 1988.
- Martha, L.F., A Topological and Geometrical Modeling Approach to Numerical Discretization and Arbitrary Fracture Simulation in Three-Dimensions, Ph.D. Thesis, Cornell University, Aug. 1989.

