

# Visualização 3D de Reservatórios utilizando PHIGS e GL

Mário Costa Sousa

ICAD - Laboratório de CAD Inteligente /  
PETROBRÁS - DEPRO/Centro de Computação Científica

PUC-RJ - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro

Rua Marquês de São Vicente, 225  
22453-900 Gávea Rio de Janeiro, RJ

sousa@inf.puc-rio.br

**Abstract.** This paper describes the implementation of a 3D reservoir visualization system using the PHIGS and GL graphics system. The main goal is to provide an interactive environment for 3D visualization from real numerical reservoir simulation data. It is also compared the capabilities of PHIGS and GL well enough to decide which API is best suited for the application.

## 1. Introdução

Geólogos e engenheiros de reservatórios geralmente trabalham com dados 3D a partir de programas de simulação. Esses dados podem representar valores litofaciais ou petrofísicos no espaço 3D. Sem uma forma adaptável de representar esses números, fica difícil entender seus fenômenos físicos em profundidade. Na ausência da capacidade de visualização, o engenheiro deve imaginar uma estrutura 3D (a arquitetura de um reservatório, por exemplo) ou tentar entender um movimento dentro da estrutura (um fluxo de fluidos, por exemplo).

Este artigo descreve um trabalho em andamento na PETROBRÁS / ICAD - PUC-RJ, que consiste essencialmente em desenvolver um ambiente de software que permita que um cientista explore, manipule e visualize seus dados interativamente e dinamicamente em uma estação de trabalho. As tarefas gerais desse trabalho envolvem:

- a) Utilizar padrões de indústria em programação (linguagem C), interface do usuário (sistema X-Windows), processamento gráfico 3D (sistemas gráficos PHIGS e GL), visando portabilidade, maximização do desempenho e capacidades gráficas.

- b) Desenvolver a capacidade de visualização 3D do reservatório. Exemplos das necessidades específicas encontradas e desenvolvidas são descritas mais adiante.
- c) Avaliar os sistemas gráficos PHIGS e GL, considerando fatores de adequação à visualização 3D dos reservatórios, generalizando a outras aplicações gráficas específicas envolvendo dados geométricos e não-geométricos e sua portabilidade entre diferentes implementações e desempenho.
- d) Migrar o sistema de visualização 2D de reservatórios já existente na PETROBRÁS para estações de trabalho, seguindo os padrões de indústria mencionados, adaptando a capacidade de visualização 3D desenvolvida.

## 2. PHIGS versus GL

A produção de sistemas gráficos de alto-desempenho deve levar em conta um dos fatores mais fundamentais da indústria da computação: desempenho vs. portabilidade. A discussão entre padrões existentes está orbitando em torno das bibliotecas gráficas GL e PHIGS. Recentemente, tem-se discutido alguns aspectos e considerações sobre esses padrões, entre profissionais da indústria de computação gráfica [ZORP92].

Ambos os sistemas têm vantagens e desvantagens. PHIGS [GASK92] é melhor para aplicações onde os dados gráficos tendem a uma organização hierárquica natural (CAD, por exemplo). Entretanto, cada vez mais engenheiros e cientistas estão usando computação gráfica para avaliar, ou "visualizar," fenômenos complexos fracamente adequados a uma representação hierárquica, e/ou aplicações que devam continuamente re-especificar por inteiro a base de dados gráfica (simulação animada, por exemplo).

Enquanto o debate sobre os méritos relativos de PHIGS e GL continua, alguns consideram não relevante. "É quase uma discussão religiosa," diz Albert J. Bunshaft, gerente de programas para o desenvolvimento de aplicações gráficas da IBM's Graphics Systems Organization em Kingston, N.Y. "Na maioria dos casos, você pode escrever uma dada aplicação em PHIGS ou GL. É similar à escrever uma aplicação em Pascal ou C." Além disso, todas as versões do GL possuem a capacidade para modo-retido, e algumas versões correntes (ou propostas) do PHIGS possuem capacidades para modo-imediato. "O que está acontecendo é que eles estão incorporando as melhores partes de cada um, embora nenhum dos vendedores apresente desta forma," diz Bunshaft. "Eu não acho que você verá um ganhar do outro a longo prazo. Se alguém perguntar, 'Qual padrão as pessoas estarão usando daqui a cinco anos?', a resposta é, 'Ambos.'" [ZORP92].

### 3. Visualização 3D de Reservatórios

O principal objetivo para a implementação do sistema de visualização de reservatórios se refere à portabilidade do software, incluindo a interface do usuário (já estabelecida com o Sistema X-Windows) e o processamento gráfico 3D, onde as interfaces de programação PHIGS e GL devem ser consideradas, por questões de portabilidade, desempenho e disponibilidade de recursos gráficos avançados de visualização 3D.

A estação de trabalho utilizada é uma IBM RISC System/6000, com a interface do usuário implementada em OSF/Motif [CART90] e OPEN LOOK [YOUN92] (para migrações em estações SUN), e processamento gráfico com PEX-SI (extensão PEX do servidor X com uma implementação PHIGS, PHIGS+ISO para ambientes X [GASK92]), e a implementação GL da IBM [IBM90, IBM92].

A comparação entre sistemas gráficos têm como objetivo fazer o desenvolvedor de aplicações gráficas 3D entender as capacidades do PHIGS (PEX-SI) e GL

necessárias para uma decisão sobre qual API decidir para uma aplicação específica.

A partir desse ponto, começaram a ser desenvolvidas e implementadas as necessidades para visualização 3D. Uma breve explanação sobre essas necessidades e o desenvolvimento estabelecido (até a realização desse artigo) são mostradas a seguir.

#### 3.1 Dados que devem ser visualizados

##### Características gerais dos dados

Todos os dados que devem ser visualizados são fornecidos por um programa simulador, já computados sobre uma malha que será descrita mais tarde. Os dados tratados individualmente são escalares como pressão, saturação ou porosidade entre várias outras propriedades. Esses dados são visualizados com cores na tela do computador, cada um representando uma classe de valores. O sistema associa automaticamente as cores a essa classe de valores, fornecendo uma interface bastante flexível para o usuário, permitindo alteração da escala colométrica, edição de cores pré-estabelecidas pelo sistema X-Windows, e/ou pelos modelos de coloração RGB e HSV.

##### Dados estáticos ou dinâmicos

Dados escalares a serem visualizados podem ser estáticos ou dinâmicos (parâmetros físicos variantes no tempo). Os dados dinâmicos são armazenados para algum número de *time steps* (passos no tempo) que é visualizado independentemente.

#### 3.2 Malhas associadas com os dados

O subsolo é descrito como um número de *layers* (camadas) perpendiculares ao eixo z que são discretizadas pelo simulador nas direções x e y em uma malha retilínea. O sistema processa esse modelo em uma malha estruturada descrita por  $x(i)$ ,  $y(j)$  e  $z(i, j, k)$ , onde k é o número da *layer*.

[SPER90] fornece uma rápida revisão de malhas computacionais. Um subsolo pode também ser definido por um conjunto de superfícies que devem ser fronteiras entre diferentes depósitos geológicos contabilizados para o modelo [GJOY85], onde na maioria dos casos a geometria pode ser colocada em uma malha estruturada.

O modelo de malha estruturada fornece uma grande vantagem na visualização rápida das estruturas internas definidas pelas superfícies indexadas por i, j ou k.

### 3.3 Funções Gráficas

Todas as funções gráficas intencionam fornecer um ambiente interativo. Visualização gráfica 3D deve ser rápida em resposta às ações do usuário. Nesse ponto é que se faz necessária a comparação entre PHIGS e GL.

#### Representação geométrica

Como mencionado acima, dados escalares devem ser associados com a estrutura de malhas. Os blocos de dados são exibidos por superfícies geometricamente definidas pelo simulador. Como a primitiva primária é uma superfície, todas as manipulações geométricas (rotações, escala, projeções) são interativas a partir da utilização de uma estação de trabalho gráfica 3D.

#### Visualização global

Para uma rápida apresentação do bloco 3D, as superfícies  $i$ ,  $j$ ,  $k$  podem ser movidas interativamente. Uma superfície é composta por polígonos, onde cada polígono é definido por quatro sub-índices; por exemplo, em uma superfície  $k$ -indexada, um polígono é definido por  $(i, j)$ ,  $(i+1, j)$ ,  $(i+1, j+1)$ , e  $(i, j+1)$ . Essa superfície pode ser gerada e movida com bastante velocidade. O sistema fornece um controle interativo sobre quais superfícies visualizar, além do controle de visualização 3D (*panning*, aproximar/afastar e alterar o ponto de referência da vista sobre o modelo).

#### Rendering

A tonalização (*shading*) das superfícies é feita utilizando os métodos *flat* e *Gouraud shading* [FOLE90]. A iluminação é ambiente e direcional. Isso é o suficiente para visualizar as características puramente topológicas das superfícies. O sistema permite o controle interativo da cor das superfícies, das luzes (ligar/desligar, intensidades) e da escolha do método para tonalização (*flat* ou *Gouraud*).

#### Visualização das características dos dados

Além do controle interativo sobre a colometria associado a um dado, como descrito anteriormente, o sistema permite que o usuário selecione quais valores devem ser exibidos, associando aos valores não retidos cores completamente transparentes.

### 4. Conclusões

Está sendo desenvolvido um software de visualização 3D de reservatórios utilizando padrões de indústria a nível de interface do usuário e processamento gráfico 3D.

A continuidade planejada para o desenvolvimento do sistema inclui:

#### Visualização interna do reservatório

Uma implementação natural a ser feita consiste em permitir que o usuário selecione interativamente os planos de corte e visualize o resultado da utilização dos mesmos sobre o bloco de dados.

#### Animação

O conjunto de dados pode incluir dados obtidos em diferentes *time steps*. Todos os *time steps* podem ser visualizados em sucessão para gerar uma visualização retratando um comportamento dinâmico.

Além disso, se desejado, interpolações entre os *time steps* originais podem estar disponíveis. A partir da escolha de um passo de interpolação, o engenheiro de reservatórios pode visualizar a evolução da saturação de óleo, por exemplo, em intervalos fixos no tempo, mesmo se o dado não foi armazenado nesses *time steps*. Interpolação do tempo também torna a animação mais refinada.

#### Análise dos dados

Se o usuário quiser focalizar sua atenção sobre uma parte limitada do bloco de dados onde algum fenômeno interessante acontece, ele pode interativamente selecionar as fronteiras da região de interesse e aproximá-las. Esse processo de selecionar e aproximar pode ser iterado quantas vezes for necessário.

### 5. Agradecimentos

ICAD e PETROBRÁS pelo apoio, equipamento e software.  
CNPq pelo suporte financeiro.

### 6. Referências

[CART90] Carters, I. J., M. Connell, N. Christiansen, *IBM AIX Windows Programming Guide*, IBM International Support Centers, 1990 GG24-3382-0

[FOLE90] Foley, J. D., A. Van Dam, S. K. Feiner, and J. F. Hughes, *Computer Graphics - Principles and Practice*, Addison-Wesley, 1990, pp. 734-737.

[GASK92] Gaskins, T. *PHIGS Programming Manual*, O'Reilly & Associates, Inc., 1992, ISBN 0-937175-92-7

[GJOY85] Gjoystdal, H., J. E. Reinhardsen, and K. Astebol, "Computer Representation of Complex 3-D Geological Structures Using a New 'Solid Modeling' Technique," *Geophysical Prospecting* (1985), 33, pp. 1195 - 1211.

[IBM90] *Calls and Subroutines Reference: Graphics*, AIX Version 3 for RISC System/6000, Vol. 6, 1990

[IBM92] *Graphics Programming Concepts*, AIX Version 3.2 for RISC System/6000, 1992

[SPER90] Sperey, D., and S. Kennon, "Volume Probes: Interactive Data Exploration on Arbitrary Grids," Workshop on Volume Visualization, San Diego CA, Dec. 10-11, 1990.

[ZORP92] Zorpette G. (coordinator), "New Graphics Standard Challenges Stalwart," *Graphics Column*, IEEE Spectrum, January 1992, pp.16-17.

[YOUN92] Young, D. A., and J. A. Pew, *The X Window System Programming & Applications with Xt - OPEN LOOK Edition*, Prentice Hall, 1992, ISBN 0-13-982992-X