

## ÁREAS CGR:

**Modelagem geométrica** (produção, armazenamento e manipulação de dados geométricos)

**Síntese de imagem** (transformação de dados em imagem)

**Visão computacional** (transformação da imagem em dados)

**Processamento de imagens** (entrada imagem saída imagem)

**Forma:** modelagem geométrica | **Aparência:** renderização | **Ação:** animação | **Interface:** realidade virtual

**Tipo de Objetos:** Superfície Definida e Superfície Indefinida: Líquidos e gases

**Forma:** Sólidos (Regras de integridade geométricas e topológicas) e Superfícies (aparência externa/casca)

**Origem dos Objetos:** Naturais e manufaturados

Técnicas de modelagem: CSG, representação poligonal e modelagem paramétrica

## SISTEMA DE CORES

**RGB - ADITIVO:** red green blue. Preto na origem. Fontes emissoras de luz.

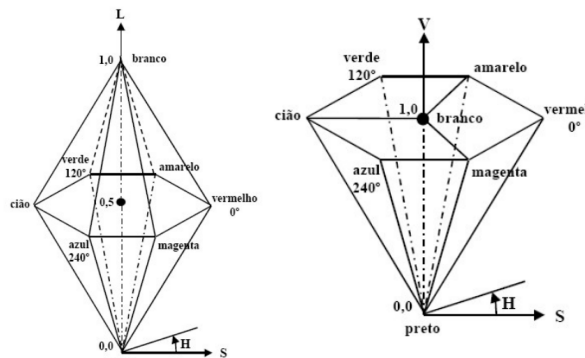
**CMY - SUBTRATIVO:** Ciano, Magenta, Yellow. Branco na origem. Fontes absorvem luz.

**CMYK:** inclusão do preto, melhorar contraste, economia de tinta, menor tempo de secagem

**HSV: Saturation:** quantidade de branco presente na cor 0 branco 1 pura. **Value:** intensidade da cor 0 preto 1 máxima; **Hue** (matiz): em angulo

**HLS: Hue** (matiz), **Saturation**, **Lightness:** 0 luminosidade nula, 1 branco, 0.5 puras

**Aditivo (RGB):** por meio da adição (emissão) de luz. Origem preta e a soma de todas as cores é branco. Utilizado na web. **Subtrativo (CMYK):** pigmentação e absorção de luz. Origem branca e a combinação das três cores é preto. Utilizado em materiais impressos.



## POLIEDRO VÁLIDO:

**fórmula de euler** ( $V-E+F=2$ )

**restrições topológicas** (aresta conecta a dois vértices; cada aresta deve ser compartilhada por duas faces; pelo menos 3 arestas deve se encontrar; faces não podem se interceptar)

**restrições geométricas** (vértices distintos, vértices satisfazendo as equações de seus planos, arestas não interceptando nenhuma face).

## FORMAS DE REPRESENTAÇÃO GENÉRICAS (SUPERFÍCIE)

**Representação de superfícies:** Foco na aparência externa do objeto (suave)

**Objetos primitivos:** círculo, retângulo... Lista de parâmetros: posição, cor, preenchimento

**Contorno:** segmentos de retas entre vértices. Geometria (posição dos vértices) Topologia (arestas que ligam os vértices). lista de vértices + lista de arestas entre vértices.

**Agrupamento:** conjuntos de objetos primitivos e contornos. Composição. **Modelagem Hierárquica.** Sistemas de referência dependentes.

**Enumeração Espacial (Decomposição):** Objetos são representados por uma coleção de objetos primitivos, geralmente paralelepípedos/cubos. Op booleanas.

## FORMAS DE REPRESENTAÇÃO (SÓLIDOS)

**Representação de Sólidos:** interior dos objetos. Determinação de pontos dentro/fora do objeto, de pontos na superfície, superfície “válida” (consistente).

**Representação Implícita:** Objetos descritos por equações  $f(x,y,z) = 0$  Ex: esferas, elipsoides, cilindros. Só é necessário o conjunto de parâmetros. Fácil calcular: vetor normal, ponto está/não está na superfície, ponto está dentro/fora do objeto. Difícil desenhar e manipular interativamente

**Representação Paramétrica**

## TÉCNICAS DE MODELAGEM

**Wireframe:** Coordenadas dos vértices e ligações entre vértices (arestas)

Limitações: Objetos vazados, ambigüidade, não armazena informação de superfície interior

**B-Rep:** Representam uma superfície discretizada em faces planas. Mais usada.

– Coordenadas dos vértices, ligação entre os vértices (arestas) e definição do plano (faces)

Limitações: Superfície não é suave, não armazena informação sobre o interior

**Malhas de Polígonos:** cobertura de uma área plana por repetições de uma forma sem deixar vazios. Coordenadas dos vértices, ligação entre os vértices (arestas) e definição do plano (faces).  **$V-A+F=2$**

**Sweep:** Sólidos de varredura. Objetos 3D a partir do deslizamento de uma superfície poligonal (geratriz) ao longo de uma trajetória (diretriz). Translacional: trajetória linha; Rotacional: círculo.

**CSG:** Conjunto de primitivas geométricas simples: prismas, cones, cilindros, esferas, etc. São **transformados** por movimentos rígidos (**translação, rotação e escala**) e combinadas pelos operadores de **União, Diferença e Interseção**. São representados através de árvores booleanas ordenadas (pois as ops não são comutativas)

**Enumeração/Decomposição:** Objeto decomposto em células idênticas num grid regular.

Representação uniforme (Enumera) e Representação não-uniforme (Decompõe).

Caracterizam-se por uma estrutura de dados hierárquica (Árvore); aplicações biomédicas;

- **Quadtrees:** Subdivisão do plano de forma adaptativa; contínua até que um determinado nível de detalhe seja atingido.
- **Octrees:** Extensão para 3D, enumeração força-bruta classificando as células do espaço como cheias ou vazias
- **BSP Tree:** árvore binária que indica que o objeto está em um dos lados das ramificações, permite representar côncavos e convexos. Espaço é sucessivamente dividido em 2 partes convexas por um plano de corte

## MODELO PROCEDURAIS - PLANTAS

Métodos alternativos à modelagem geométrica tradicional para representar a complexidade dos objetos do mundo real (explosões, nuvens, água, fogo)

**Esquemas de modelagem: Fractais** (cópias aproximadas de si) e **L-systems** (autômato para modelar o desenvolvimento celular.)

## MÉTODOS DE MODELAGEM DE OBJETOS (INTERFACE) - MODIFICADORES/OPERADORES

**Operações GLOBAIS:** Transformações/Deformações, considera um objeto como um todo (Refinamento, Inchaço, Torção, Dobra (curvar), Esticamento, Entortamento, Afunilamento, Escalamento, Replicação, Leis)

**Operações LOCAIS:** Detalhamentos, altera partes geométricas/topológicas existente  
Nível de Ponto/Vértice ou Aresta (Une Ponto, Move Ponto, Arredonda/ Corta Aresta)  
Nível de Face/Superfície (Deforma Face, Suaviza Face, Estica, Alinha Faces, Afunda por Pressão, Estende Face )

### MODELAGEM SÓLIDA

- **Instanciação:** cópia modificada (tamanho, posição e orientação obtidas por transformações lineares de escala, translação e rotação (TGLR)) de objetos padronizados e previamente programados. **altera a geometria** mas não a topologia de uma primitiva gráfica
- **Parametrização:** a generalização da instanciação não está limitada às TGLR. Podem gerar objetos com variações de topologias. Objetos relativamente complexos
- **Varredura (Sweeping)** Extrusão/Translacional Revolução/Rotacional Cônica/Generalizada
- **Lofting/Reconstrução 3D:** Constrói a superfície interpolando suas seções transversais de qualquer formato, ao longo de um eixo
- **Modelagem Topológica Poliédrica**

### ELEMENTOS DE UM POLIEDRO:

Sólido composto de polígonos planares cujas arestas pertencem a outro polígono

**Geometria** (ponto, reta, círculo, plano...)

**Topologia:** Vértices, arestas e faces. Conectividade, vizinhança, continuidade.

**Primitiva gráficas:** cubo, cilindro, esfera, toróide, cone...

Objetos poliédricos simples seguem a Fórmula de Euler  $V - E + F = 2$

Objetos com furos na face:  $V - E + F - H = 2 (C - G)$

## Pipeline de Visualização 2D

Processo de determinar quais objetos da cena serão exibidos na tela

**SRO** sistema de referência do objeto → instanciamento → **SRU** do universo → recorte →

**SRS(seleção)** → viewport → **SRD (dispositivo)** → preenchimento

**Recorte:** Permite definir qual região da imagem será vista.

**Cohen-Sutherland:** Dividir a área em nove partes. Atribuir códigos de 4 bits às regiões definidas pelas bordas da janela de visualização. (0: esquerda 1: direita 2: abaixo 3: acima)

**Mapeamento:** Permite que se exiba em um dispositivo (tela) a visualização desejada do universo, com coordenadas totalmente diferentes daquelas nas quais a tela está definida.

**Varredura/rasterização:** Aproximar primitivas matemáticas descritas através de vértices em coordenadas reais por meio de um conjunto de pixels em coordenadas inteiras.

**Preenchimento:** Quais pixels estão no interior de uma certa area e devem ser pintados.

## Transformações Geométricas

**Translação:**  $P' = P + T \rightarrow [x' \ y'] = [x \ y] + [T_x \ T_y]$

**Escala:**  $[x' \ y' \ z'] = [x \ y \ z] = [xS_x \ yS_y \ zS_z]$

$$[x' \ y' \ z'] = [x \ y \ z] \begin{bmatrix} S_x & 0 & 0 \\ 0 & S_y & 0 \\ 0 & 0 & S_z \end{bmatrix} = [xS_x \ yS_y \ zS_z]$$

**Espelhamento/Reflexão em y:**  $[x' \ y' \ z'] = [x \ y \ z] = [xS_x \ yS_y \ zS_z]$

$$[x' \ y' \ z'] = [x \ y \ z] \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = [xS_x \ yS_y \ zS_z]$$

Rotação, cisalhamento

### COORDENADAS HOMOGÊNEAS

Uniformidade no tratamento de qualquer transformação geométrica em CG. Benéfica ao se fazer composição, ou concatenação, de transformações de vários tipos.

**Projeção paralela:** As linhas de projeção são paralelas entre si. São subdivididas em ortográficas (linhas perpendiculares) e oblíquas (linhas inclinadas). São úteis para representações de medidas do mundo real como, por exemplo, plantas baixas.

**Projeção perspectiva:** a imagem converge para um ponto de visão do espaço 3d. São subdivididas em perspectiva de um, dois e três pontos de fuga. Sua utilidade é produzir imagens realistas, simulando a visão tridimensional que temos do mundo real.

### PROCESSO DE VISUALIZAÇÃO 3D

**Algoritmos de remoção de faces ocultas:**

**Backface Culling:** Remove os polígonos traseiros dos objetos. De cada polígono do objeto sai um vetor normal, indica qual dos lados é a frente. Testa o vetor normal de cada polígono, se não aponta para o observador, é um polígono traseiro. Rápido, porém insuficiente;

**Algoritmo do Pintor:** Desenha os polígonos mais distantes primeiro. Ordena os polígonos de acordo com o z; Resolve ambiguidades onde os z's se sobrepõe; Desenha a partir do maior z até o menor; Precisa de todos os polígonos. Muitos detalhes, lento;

**Z-buffer (Depth-Buffer):** rasterização: considerar o z; Além do framebuffer, existe também um buffer de profundidade (depth-buffer); Inicialmente todo o depth-buffer é setado para o infinito; Framebuffer é setado para a cor de fundo; O buffer armazena o pixel mais próximo até então em (x,y); Não renderiza um pixel se ele tiver profundidade maior do que z[x][y]; Rápido de implementar, mas consome memória.

#### Etapas 2D

- Instanciamento
- Recorte 2D
- Mapeamento

#### Etapas 3D

- Instanciamento
- Transformações de câmera e projeção
- Recorte 3D
- Projeção
- Mapeamento

## ILUMINAÇÃO

**Modelos de Iluminação:** determinar cor de uma superfície considerando suas propriedades e fatores externos.

- **Luz Ambiente:** fatores externos de iluminação são ignorados e um objeto é desenhado apenas com a cor que é intrínseca a ele. Fonte de luz sem direção específica, resultante das reflexões entre as muitas superfícies presentes no ambiente.

- **Reflexão Difusa:** grau de iluminação do objeto de acordo com a direção da face em relação à fonte de luz

- **Fator de Atenuação:** a simular a diferença de distância de duas superfícies paralelas de material idêntico, iluminadas a partir do observador

- **Atenuação Atmosférica;** modificar uma intensidade já calculada - nevoa

- **Reflexão Especular;** reflexo da fonte de luz que incide sobre superfícies especulares, e se apresentam como círculos brancos na superfície

- **Modelo de Iluminação de Phong;**

A máxima reflexão especular ocorre quando  $\alpha$  é zero e cai rapidamente quando  $\alpha$  cresce; Essa mudança é representada por  $\cos^n \alpha$ , onde  $n$  é o expoente de reflexão especular.

**Modelo de sombreamento:** determina quando o modelo de iluminação é aplicado e quais argumentos ele recebe.

- **Flat Shading;** a cor de todos os pontos de polígono é constante. Fonte de luz ou observador situa-se no infinito. Única vez para cada polígono

- **Interpolated Shading;** Informação de sombreamento é interpolada linearmente ao longo de um triângulo a partir dos valores determinados para seus vértices. Aparência facetada

- **Polygon-Mesh Shading;** aproveitam informações fornecidas pelos polígono adjacentes

- **Gouraud Shading;** com as normais de cada vértice, a **intensidade** da cor é calculado em dado vértice, **interpolada ao longo da face.** `glShadeModel(GL_SMOOTH)`

- **Phong Shading:** A **normal da superfície é interpolada**, obtida a partir dos normais dos vértices, e a intensidade da cor é calculada a partir desse vetores normais. No opengl, não há implementação. Tal implementação deve ser feita manualmente. + realista

## FONTES DE LUZ

**Fonte Direcional** Raios paralelos e com mesma intensidade. Simula os raios solares. Posição da fonte e do observador não são importantes

**Fonte Omnidirecional ou Pontual** Emite luz em todas as direções. Atinge os objetos com diferentes direções e intensidades. Neste tipo de luz basta definir um ponto que a partir desse haverá uma iluminação em todas as direções. Exemplo: uma vela acesa

**Spot/Focada:** Emite luz em forma de um cone a partir de um ponto. A intensidade cai a medida que se distancia da fonte.

**Luz emitente (glowing object)** Objetos que brilham/iluminam, toda sua superfície/forma emite luz, lâmpadas Fluorescentes, Difusores

**MODELO DE ILUMINAÇÃO LOCAL:** independe da energia recebida indiretamente, não consideram inter-reflexões

**MODELO DE ILUMINAÇÃO GLOBAL:** Toda a cena é considerada, consideram inter-reflexões

**Ray Casting:** sintetização de imagens 3D, primeiro estágio do Raytracing, sem método recursivo. Raios do observador para perceber a distância dos objetos da cena. Ignorar superfícies escondidas por meio das interseções dos raios com objetos

**Ray Tracing:** Raios primários da posição de observação, quando acha interseção com um objeto da cena gera raios secundários do objeto interceptado e assim sucessivamente. Calculado recursivamente. Para cada pixel constrói-se uma **árvore de intersecções**. A cor final do pixel é determinado percorrendo-se a árvore das folhas para a raiz e calculando as contribuições de cada ramo de acordo com o modelo de reflexão. O ramo da árvore termina quando o raio atinge um objeto não refletor ou atinge uma determinada profundidade pré-estabelecida. **Parcelas difusas:** Para cada raio, disparar um número N de raios difusos no ambiente em direções aleatórias ao redor da normal.

**Radiosidade:** taxa à qual a energia é emitida ou refletida. Nos modelos anteriores (Ray Tracing e modelos de iluminação local), as fontes de luz foram tratadas de forma diferente das superfícies que iluminam. **Já os métodos de radiosidade consideram que todas as superfícies podem (auto-)emitir luz.** Assim, as fontes de luz são modeladas como superfícies normais, com uma dada área. Métodos de radiosidade permitem computar as intensidades das energias radiantes chegando a uma superfície. Estas intensidades podem ser utilizadas para determinar as áreas de penumbra da superfície.

**Monte Carlo Path Tracing:**

**Path Tracing:** a distribuição de luz é amostrada através do envio de raios aleatórios ao longo de todos os caminhos de iluminação possíveis

Envia apenas um raio secundário por recursão • Mas envia muitos raios primários por pixels

## TEXTURA

**Environment Mapping:** Mapeia a **reflexão** do objeto por meio do **cenário** (uma forma do mapa de uma caixa) e um mapa de parâmetros de um raio reflexão. Esse mapeamento é aplicado ao objeto como uma textura.

**Shadow Map:** Imagem gerada a partir da **fonte de luz**, A imagem armazena a distância dos pixels em relação à luz. Quando a cena é renderizada, a distância do pixel-luz é comparada ao pixel no shadow map. Se a distância pixel-luz for maior que a armazenada no shadow map, então o pixel é sombreado, senão, ele é iluminado.

**Bump Mapping:** Mapeia a **profundidade** de um ponto na superfície de um objeto por meio de perturbação na superfície normal dos pixels, baseada num **mapa em escala de cinza de altura**, variando a intensidade de luz "refletida" por este pixel. Superfície com mais detalhes e imperfeições lembrando o mundo real.

**Normal Mapping:** Variante de Bump Mapping, **gerado por um mapa de normais** (orientação) Para calcular a iluminação difusa, é combinado o vetor unitário a partir do ponto de sombreado para a fonte de luz com o vetor unitário do mapa de normais.

**Displacement/Parallax Mapping:** aprimoramento do Bump e Normal. Através do **deslocamento das coordenadas de textura** num ponto em função do ângulo da superfície normal e o valor do mapa de altura. mais íngremes: coordenadas mais deslocados.

**Relief mapping:** **Mapa de profundidade e de normais.** O mapa de profundidade ajuda a saber o que está na frente e o que está atrás. Também recorta a silhueta, uma transparência.