

Lista II

Feita por: Rafael Amauri Diniz Augusto - 651047

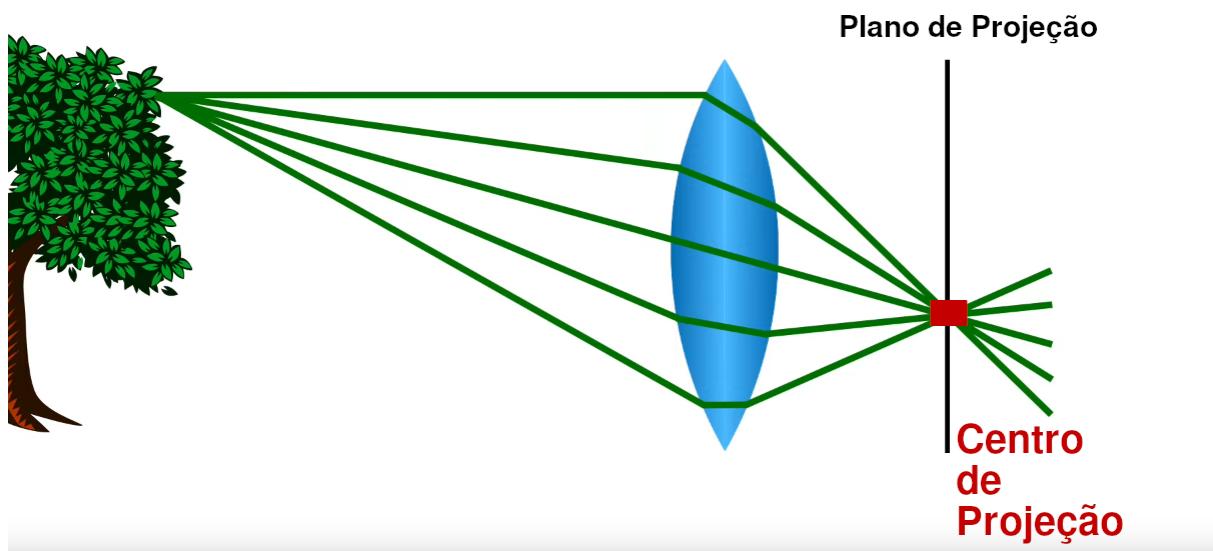
1) O que é projeção?

Projeção é a operação de se projetar objetos de uma dimensão maior em uma dimensão menor. No caso de um jogo 3D, como uma tela de monitor é 2D e a cena do jogo é 3D, é preciso utilizar essa operação para representar objetos na tela de forma correta.

2) Quais são os elementos que caracterizam a projeção?

- Plano de projeção, que é o plano 2D sob o qual os objetos 3D são projetados.
- Centro de projeção, que é o ponto de onde os raios de projeção da cena se encontram. Fazendo um paralelo com a área de óptica da física, esse conceito também é chamado de ponto de foco, ou ponto focal.

Segue a imagem abaixo.



3) Quais são os tipos de projeção?

- Projeção Paralela, onde os feixes são refletidos nos objetos são sempre ortogonais ao plano de visualização. Nesse tipo de projeção, os raios são perpendiculares ao plano de visualização e paralelos entre si, tirando a sensação de profundidade. É muito usada em softwares de CAD, onde a fidelidade com o formato geométrico do objeto é priorizada em detrimento de uma sensação de profundidade realista.
- Projeção em Perspectiva, onde os feixes refletidos convergem para um ponto de foco no plano de projeção. Essa projeção dá uma sensação de perspectiva e profundidade para os objetos, e pode alterar as formas do objeto dependendo de alguns fatores como distância, onde objetos distantes parecem menores. É usada principalmente em jogos 3D, onde uma sensação de profundidade é importante para a sensação de localização do jogador.

4) Defina as representações:

a. Sweep

Representa objetos 3D ao aplicar transformações geométricas como translação, escala e rotação em figuras 2D. Um exemplo relacionado na matemática seria a criação de um cone de revolução (objeto 3D) com a rotação de um triângulo (objeto 2D).

b. CSG

Representa objetos complexos por meio de um conjunto de operações lógicas (união, interseção, diferença) entre formas mais simples.

c. Enumeração espacial (voxels)

Utiliza voxels, que são figuras sólidas indivisíveis, para representar um objeto 3D.

d. Octree

Uma octree é uma árvore especificamente feita para divisão de um espaço 3D, onde cada um dos nós internos da árvore tem 8 filhos, onde cada um representa uma das 8 subdivisões de um espaço 3D.

e. BSP

Uma BSP é parecida com uma octree no sentido de que ela também divide um espaço em subdivisões, mas enquanto a Octree divide em octantes que representam o espaço 3D, uma BSP divide de acordo com um hiperplano arbitrário que pode ser calculado de diferentes formas. Como o próprio nome já diz, cada nó interno da BSP também divide o espaço apenas em duas subdivisões, cada uma correspondendo a um dos dois lados que foram separados pelo hiperplano.

f. Fractal (Algoritmo Mandelbrot)

Aplica-se uma função em cada uma das arestas de um objeto-base. Essa aplicação é feita recursivamente para os resultados gerados em cada iteração, gerando um padrão matemático que pode ser usado para diferentes aplicações.

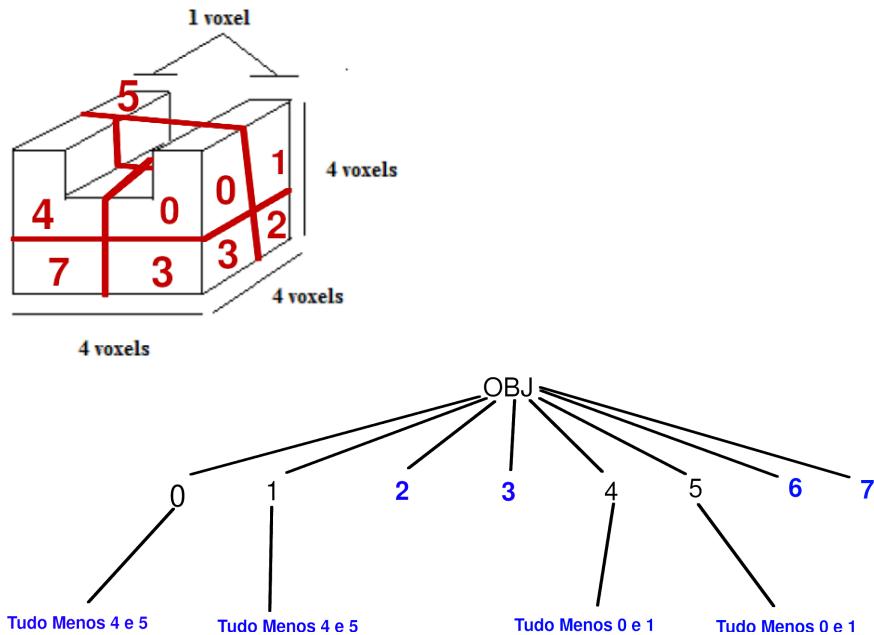
5) Indique as possíveis operações de conjunto (CSG) utilizadas na definição dos objetos a seguir.

A) União

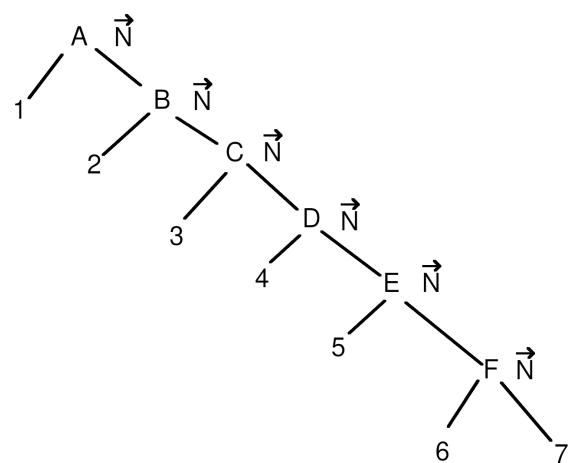
B) Interseção

6) Indique a árvore da Octree para o objeto abaixo, considerando como critério de homogeneidade o preenchimento ou não do espaço.

PS: Nós **azuis** representam nós do tipo folha!!



7) Represente a árvore BSP da figura (visão de topo de uma cena), considerando os planos representados pelas retas indicados por letras e os objetos indicados pelos números. As direções das normais de cada plano deverão ser escolhidas e identificadas na figura.



8) Quando usar malhas quadrangulares e quando usar malhas triangulares?

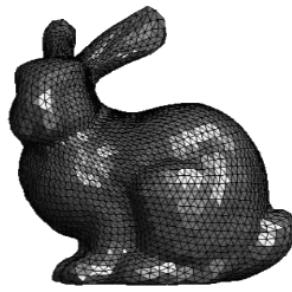
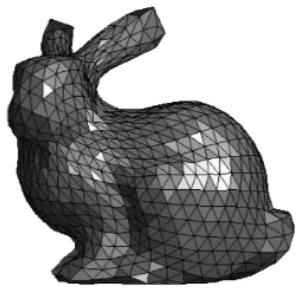
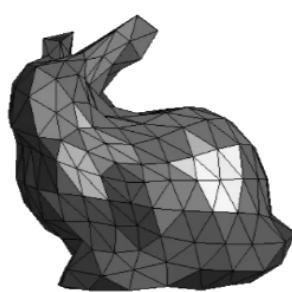
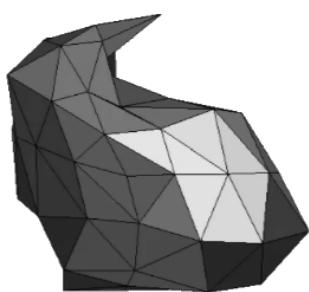
Malhas quadrangulares e triangulares são usadas para propósitos diferentes.

Malhas quadrangulares normalmente são utilizadas quando queremos representar objetos planos, como uma parede, pois elas exigem menos vértices para serem representadas.

Malhas triangulares são normalmente utilizadas quando queremos representar objetos mais complexos, onde um nível de detalhamento maior é necessário. Isso se deve também pelo fato de que muitos algoritmos de shading e iluminação são otimizados para trabalhar com triângulos, além do fato de hardware como placas de vídeo serem otimizadas para renderizar triângulos.

9) Quando usar maior nível de granularidade na subdivisão de superfícies (High Poly).

Quando queremos um maior nível de detalhamento. O nível de detalhamento está intrinsecamente ligado ao número de polígonos no objeto, e quanto mais subdivisões, maior o número de polígonos. Segue a foto de exemplo, que ilustra como o número de polígonos aumenta o detalhamento.



10) Quais são as vantagens e desvantagens no uso das seguintes curvas paramétricas?

a. Interpoladas

Vantagens: Extremamente simples de implementar, baixo custo computacional.

Desvantagens: Não garante suavidade ao longo da curva e nas junções.

b. Hermite

Vantagens: Garante suavidade ao longo da curva e nas junções.

Desvantagens: Dificuldade de implementação maior por causa das derivadas de primeira ordem.

c. Bezier

Vantagens: Garante suavidade e continuidade ao longo da curva; Cálculo simplificado das derivadas de primeira ordem;

Desvantagens: Não garante suavidade nas junções entre curvas.

d. NURBS

Vantagens: NURBS podem representar uma ampla variedade de formas geométricas com qualidade e precisão

Desvantagens: Custo computacional muito elevado.

11) Demonstre como obter a matriz de conversão da curva interpolada para curva de Bezier.

$$[P] = [A] * [\text{coef}]$$

$$[A^{-1}][P] = [A^{-1}] * [A] * [\text{coef}] \rightarrow \text{formação da Matrix Identidade}[MI]$$

$$[\text{coef}] = [A^{-1}] * [P]$$

12) Dados os pontos de controle a seguir, defina x(u) e y(u) para a curva Interpolada

$$[\lambda X] = [A-1] * [1, 3, 4, 7]$$

$$[\lambda Y] = [A-1] * [2, 3, 4, 5]$$

13) Quais são as vantagens no uso de superfícies implícitas para modelagem tridimensional?

- Facilidade de implementação em código extremamente alta.
- A Checagem de colisões entre objetos também é extremamente fácil de ser verificada.

14) Quais são as formas de representar implicitamente uma superfície?

- Por meio de fórmulas matemáticas.
- Algumas equações paramétricas como NURBS geralmente são feitas de forma implícita.
- Blobby Models

15) Porque a utilização de Blobby facilita a representação? Compare com uso de voxels.

A utilização de blobby models facilita a representação de superfícies não-rígidas e que demonstram um grau de flexibilidade quando é exercida pressão, como tecidos e materiais como argila. A adição, remoção ou ajuste de blobs também é uma operação intuitiva, e facilita a modelagem de formas complexas.

O uso de voxels não necessariamente impede esse tipo de representação, mas o fato de voxels representarem uma superfície volumétrica faz com que o custo computacional de se usar voxels seja significativamente maior. Pelo fato de voxels serem indivisíveis, também pode-se notar uma dificuldade maior em simular deformações na superfície com um baixo número de voxels, aumentando também o custo computacional.

Lista III

1) Conceitue cor física, cor do objeto e cor percebida.

- Cor física é o processo físico de criação de uma cor, sendo essa uma fração do espectro eletromagnético que nossos olhos conseguem captar.
- Cor do objeto se refere à frequência do espectro eletromagnética que é refletida por um objeto.
- Cor percebida é a cor que é captada pelos olhos humanos.

2) Diferencie modelo RGB de CMYK

Os dois modelos são formas de representação de cores.

O modelo RGB possui três canais - vermelho, verde e azul -, e combinações de valores desses canais são usadas para formar 16.777.216 combinações de cores diferentes ($255 * 255 * 255$). Outra diferença grande é que o RGB é um modelo aditivo ([0, 0, 0] = Preto // [255, 255, 255] = Branco)

O modelo CMYK é baseado no modelo CMY, e é um modelo subtrativo, ao contrário do RGB. Os quatro componentes são Cyan, Magenta, Yellow e Key, com esse último sendo tipicamente um indicador da cor preta para facilitar o uso em impressão. Isso se dá pelo fato de que, formar a cor preta com uma combinação de ciano, magenta e amarelo pode gerar resultados não-satisfatórios dependendo da qualidade química da tinta usada, além do fator prático de que usar muita tinta em um único ponto do papel pode fazer ele demorar muito para secar, ou, dependendo da qualidade do papel, deixá-lo tão frágil a ponto de ele rasgar facilmente. Por esses motivos, usa-se esse quarto componente, o Key.

3) Quais são os 4 fatores de Gestalt que determinam como os seres humanos agrupam as informações?

Proximidade, Similaridade, Fechamento, Continuidade.

4) Quais são os elementos utilizados em uma cena para cálculo de iluminação?

Posição dos objetos, formato dos objetos, função que descreve comportamento da luz na superfície dos objetos, posição da fonte de luz, formato da fonte de luz, intensidade da luz na fonte, tipo de projeção (perspectiva ou paralela) e estado do meio de transmissão (presença de elementos como névoa na cena, por exemplo).

5) Explique o porquê de calcular os valores dos pixels do plano de visualização a partir da posição da câmera/observador em Ray Casting

Essa é uma forma de otimização que diminui o volume de contas que será feito. Se fizermos o ray-casting da posição da câmera, estamos então fazendo a conta apenas dos raios que atingiram a câmera, como se fosse o caminho inverso deles. Essa otimização irá, portanto, eliminar os raios que não atingiram a câmera, e esses são raios que não precisam ser renderizados.

6) Quais são as otimizações para o método de Ray Casting? Explique.

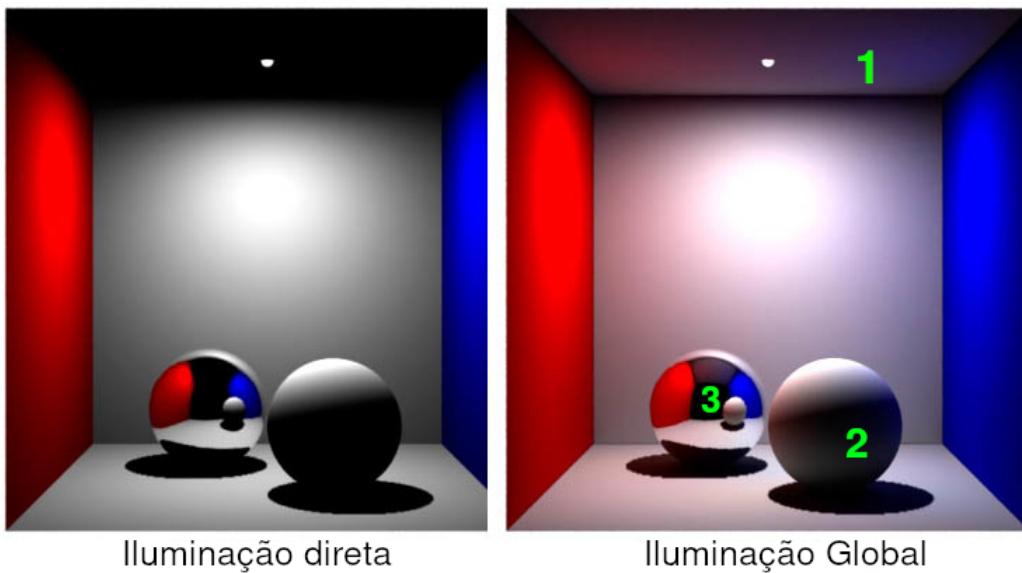
- Fazer com que as hit-boxes dos objetos não sejam necessariamente o formato exato do objeto, mas formas mais simplificadas como quadrados/retângulos. Isso diminui a complexidade do cálculo de interseção.
- Dividir o espaço em estruturas hierárquicas como BSPs e Octrees.
- Utilizar hardware dedicado (GPUs) para parallelização dos cálculos. O hardware hoje em dia é feito pensando nesses tipos de cálculos, e acelera consideravelmente a velocidade com que o ray-casting é feito.

7) Diferencie iluminação direta de global.

Iluminação direta é o tipo de iluminação onde é levado em conta apenas o objeto e a fonte de luz. É um modelo mais simplificado que gera estranheza por causa da falta de efeitos como color bleeding e iluminação indireta.

A iluminação global leva em conta tanto a iluminação direta do tipo objeto-fonte de luz quanto light bounces que acontecem de objeto para objeto

ou ambiente para objeto, levando em conta toda a natureza da cena para simular luz de forma realista. Abaixo segue uma imagem:



Os números verdes marcam a presença de algumas características que não vemos na imagem com iluminação direta.

- 1: Iluminação indireta do teto. A luz bate na bolinha branca e na bolinha refletora e reflete para o teto.
- 2: Color bleeding da parede azul para a bolinha branca.
- 3: Reflexo realista do teto na parte de cima da bolinha refletora.

8) Quais são os tipos de fontes de luz normalmente implementados? Explique.

- Fonte Pontual - Uma fonte de luz singular que dispara raios de luz para todos os lados, como uma lâmpada.
- Fonte Holofote - Uma fonte pontual, mas atenuada para disparar raios de luz somente em uma direção, normalmente por parte da presença de um objeto que cobre uma parte da fonte de luz. Ajuda muito a diminuir o volume de contas em relação à implementação com Fonte Pontual.
- Fonte Direcional - Emite luz em uma direção específica, mas como é considerada como se viesse de uma distância muito grande, os raios chegam paralelos entre si, resultando em sombras paralelas. É

comumente usada em jogos para simular o sol e criar sombras que são todas paralelas para os objetos. Esse é o efeito que deixa as sombras todas indo na mesma direção em jogos, como na imagem abaixo.



A lua, que é a fonte de luz, está destacada de roxo. É possível ver que todas as sombras de objetos, destacadas em vermelho, estão paralelas e vão na direção dos raios que vêm da lua, não importa se os objetos estão mais próximos ou distantes da lua.

9) Quais são os tipos de dispersão nas superfícies? Explique.

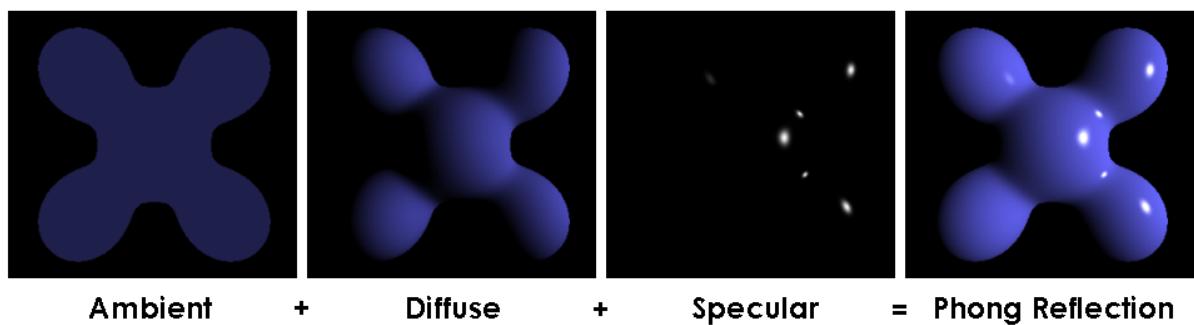
- Dispersão Difusa - Esse é o tipo mais comum de reflexão de luz. Ocorre quando os raios de luz são refletidos na superfície dos objetos. Por causa dessa reflexão, objetos que são iluminados irregularmente sofrem um efeito de “self-shadowing”. Este efeito é bem notável quando algumas áreas recebem menos luz e criam sombras suaves e transições tonais ao longo da própria superfície.
- Dispersão Especular - Usada para dar um efeito brilhante em materiais como metais, vidros, etc. Nesse tipo de reflexão, alguns pontos da superfície refletem a luz de maneira concentrada, criando pontos brilhantes.



Exemplo de reflexão especular no meu personagem do Dark Souls 1. O capacete e a lâmina da espada mostram exemplos desse tipo de reflexão.

- Subsurface Scattering - Ocorre quando a luz penetra uma superfície 3D e reflete dentro da superfície antes de ressurgir para a câmera. Muito presente em jogos modernos para simular pele em personagens humanos. Nessa aplicação, a luz penetra os poros da pele para dar uma imagem mais realista e menos “plana” da pele dos personagens. Os jogos novos do Resident Evil Remake todos apresentam essa tecnologia, por exemplo.

Segue abaixo exemplo de reflexão difusa e especular:



É possível ver na imagem o efeito de uma fonte de luz na direita e como ela afeta o objeto. As reflexões especulares acontecem todas na direita, e a reflexão dos raios na iluminação difusa ilumina mais a parte direita do objeto, criando um efeito de “self-shadow” e um degradê na progressão direito-esquerda.

10) Qual é a equação geral do modelo de iluminação de Phong? Como a iluminação global é considerada nesse modelo?

A equação geral do modelo de Phong leva em conta a iluminação ambiente, difusa e especular (coincidentemente, as da imagem de cima). A fórmula é:

iluminação completa = iluminação ambiente + iluminação difusa + iluminação especular

O modelo de iluminação de Phong normalmente leva em conta apenas os tipos de iluminação da fórmula acima. Apesar disso, a iluminação global pode ser incorporada ao modelo de Phong como uma constante e somada aos outros tipos de iluminação para ser considerada à equação, nos dando:

iluminação completa = iluminação global + iluminação ambiente + iluminação difusa + iluminação especular.

11) Em que situações o sombreamento Flat é mais utilizado?

Quando não estamos muito preocupados com fidelidade visual e mais preocupados com performance. Comparado a outros modelos de shading, o modelo Flat é menos realista, mas computacionalmente muito mais barato, fazendo ele ser ideal para pré-visualizações de render de cenas em softwares como Maya e Blender, ou para shading de objetos muito distantes em jogos.

12) Diferencie o sombreamento Phong de Gouraud.

Gourard é um modelo que calcula o sombreamento apenas nos vértices dos objetos e depois realiza uma interpolação de valores para calcular a progressão da intensidade de shading no objeto.

Phong, diferentemente de Gourard, calcula as intensidades para todos os pontos da superfície do objeto, a custo computacional mais elevado. O resultado de Phong shading é muito mais fidedigno a como sombreamento funciona na vida real.

13) Qual é o problema apresentado pelo mapeamento de texturas do tipo texture scanning? Explique o método utilizado para corrigir o problema.

O problema, normalmente chamado de mapping mismatch, acontece devido à forma como as coordenadas de textura são mapeadas na geometria do objeto e como a projeção perspectiva afeta essa mapeamento.

Quando temos um objeto que está mais distante, ele geralmente é representado em uma área menor da tela devido à projeção perspectiva. Isso faz com que os mesmos detalhes do arquivo da textura estejam sendo mapeados para uma área menor na tela. O "mapping mismatch" ocorre quando as coordenadas de textura não são ajustadas adequadamente para essa mudança de escala, fazendo com que ocorra um mapeamento de, por exemplo, 1 pixels no domínio da textura para 1.5 pixels no domínio do objeto.

Para resolver isso, o que é feito é mapear no sentido inverso! Nesse caso, vamos mapear do domínio da imagem para o domínio do objeto, e depois do domínio do objeto para o da textura.

14) Na modelagem com polígonos aleatórios nas texturas, como são feitos os cálculos de iluminação e de movimentação dos objetos modelados?

Nesse caso, são levados em conta o formato dos objetos, suas posições e as posições das fontes de luz. Nisso, é calculado o ângulo de contato da luz nas superfícies bem como a intensidade da iluminação para cada pixel. Após isso, o processo de shading calcula os tipos de reflexão que ocorrerão em cada pixel para iluminar os pixels dos objetos corretamente.

15) Diferencie mapeamento procedural de bump mapping

- Bump mapping tem o objetivo de conseguir simular relevos e deformações em objetos de maneira computacionalmente barata, sem alterar fisicamente o formato do objeto. Isso é feito por meio do armazenamento de um “mapa de relevo”, que dita como a luz interage com aquele objeto. Dessa forma, essa técnica gera superfícies irregulares sem alterar o formato 3D dos objetos.

- O mapeamento procedural envolve a aplicação de texturas geradas por algoritmos em vez de depender de imagens armazenadas. Dessa forma, uma função é definida para gerar proceduralmente a textura de um objeto. Por meio dessa técnica, é possível aplicar essa função de forma que ela consiga aplicar uma textura com padrões explícitos, como listras e linhas. Embora mapeamento procedural não tenha sido feito para simular relevos, é tecnicamente possível simular deformações por meio de alterações no contraste da textura, mas é mais difícil de fazer do que seria com bump mapping.

16) Diferencie key frames de in-betweens.

- Keyframes são literalmente os “frames-chave”, frames escolhidos que serão usados como base para a geração de frames intermediários entre eles. A ideia é interpolar esses frames-chave para gerar a ideia de movimento ao invés de desenhar cada frame manualmente.
- In-betweens são os frames intermediários gerados entre os keyframes escolhidos.

17) Qual é o maior custo do método de key framing?

O maior custo é o esforço manual necessário para criar e ajustar key frames. Por mais que seja relativamente simples de realizar a operação de interpolação de keyframes, é importante lembrar que a escolha de QUAL frame usar como keyframe é um fator crucial para a qualidade da interpolação, e essa escolha é extremamente laboriosa.

Naturalmente, animações muito complexas (as que envolvem emoções humanas, principalmente) demandam ainda mais keyframes, aumentando ainda mais o trabalho necessário e o custo desse modelo.

18) Mostre os cálculos de morphing por vértices e por arestas de um pentágono para um heptágono.

- **Arestas:**

- A mínimo = 5
- A máximo = 6
- $N_a = A_{\max} \% A_{\min}$
- $N_s = \text{int} (A_{\max}/A_{\min})$

- **Vértices**

- V mínimo = 5
- V máximo = 6
- $N_v = (V_{\max} - 1) \% (V_{\min} - 1) \rightarrow \text{Arestas}$
- $N_p = (V_{\max} - 1) / (V_{\min} - 1) \rightarrow \text{Vértices}$

19) Diferencie Cinemática de Dinâmica.

A cinemática envolve o estudo do movimento sem considerar as forças da física que o causam. Na área de animação, essa definição se preocupa com o movimento matemático das figuras, mas sem considerar as forças que o causam e o afetam. Por exemplo: ao animar um carro andando, é possível representar o movimento dele sem se preocupar com as forças dos pistões no motor, do atrito nas rodas, etc - basta plotar a posição do carro ao longo do tempo e teremos uma representação do movimento dele com base na cinemática. No mundo da animação, esse conceito frequentemente se liga ao lado mais artístico e expressivo da animação, pois permite os animadores modelarem personagens e objetos sem se preocupar com todas as forças físicas da cena.

A dinâmica, por outro lado, está preocupada com a fidelidade física da cena e com as forças reais que afetam a cena. No exemplo do carro, a dinâmica entraria em cena para explicar porque o carro está se movendo da maneira que a cinemática descreve. Isso inclui analisar forças como a do motor, a resistência do atrito, a gravidade, entre outras. Na área da animação, a dinâmica está mais ligada ao lado realista da cena, descrevendo por exemplo, como uma bolinha colide com a outra de maneira realista.

Vale notar também que, embora animações puramente cinemáticas ou puramente dinâmicas sejam possíveis, muitas produções modernas usam uma abordagem híbrida. Animadores normalmente começam com poses-chave e movimentos-chave definidos manualmente (cinemática) e, em seguida, introduzem simulações dinâmicas para aprimorar o realismo e lidar com aspectos específicos do movimento. A combinação dessas abordagens permite uma ampla gama de resultados que é muito maior do que seria possível usando exclusivamente uma abordagem.

20) Diferencie Cinemática Direta de Inversa.

A cinemática direta é usada para determinar a posição final de um ponto dadas as variáveis do sistema. Por exemplo: se tivermos um carro andando em uma rua, com a cinemática direta damos a posição inicial do objeto, velocidade de aceleração e velocidade atual e temos como saída a posição nos próximos tempos.

Já, na cinemática inversa, o foco é em obter as variáveis de entrada necessárias para que algo aconteça. No mesmo exemplo do carro, damos a posição inicial e seu tempo, e depois a posição final e seu tempo, e o sistema calcula a velocidade e aceleração necessárias para que o carrinho chegue na posição final no tempo especificado.