



COMPUTAÇÃO GRÁFICA

Unidade 12 – Iluminação de Objetos

Ivan Nunes da Silva



1



Sumário

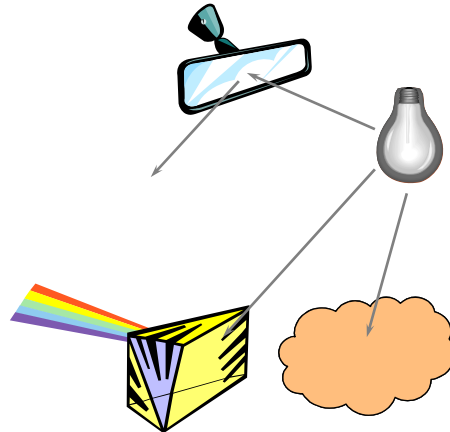
- Interação da luz com objetos.
- Modelos de iluminação.
- Geometria.
- Iluminação no Matlab.
- Modelo de Phong.
- Astigmatismo.
- Computadores e problemas oculares.
- Vídeos.

2



Iluminação

- Estudo de como a luz interage com objetos de uma cena:
 - ♦ Emissão
 - ♦ Transmissão
 - ♦ Absorção
 - ♦ Refração
 - ♦ Reflexão

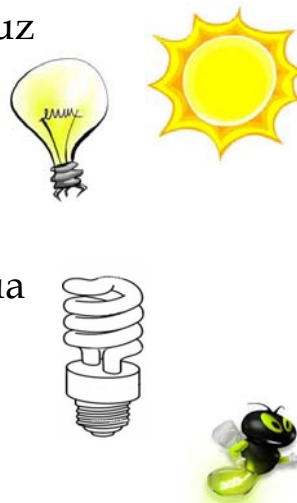


3



Emissão

- Incandescência – emissão de luz proveniente de um material quente ou aquecido
- Luminescência – formas de emissão de luz que não têm sua origem na incandescência.
 - ♦ Lâmpadas fluorescentes.
 - ♦ Interruptores domésticos.
 - ♦ Vagalumes.



4



Transmissão

- A transmissão acontece quando a luz atravessa uma superfície ou um objeto.
 - ♦ Direta – atravessa o objeto sem modificações em sua direção ou qualidade.
 - ♦ Difusa – atravessa um objeto sendo desviada em muitas direções.
 - ♦ Seletiva – atravessa um objeto colorido e parte da luz é absorvida e parte é transmitida.



5



Absorção

- Quando a luz incide em uma superfície ou objeto, ele pode absorver toda ou parte dessa luz.
- A luz que é absorvida se transforma em calor.

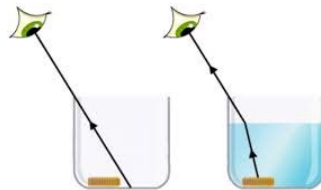


6



Refração

- Fenômeno que ocorre com a luz quando ela passa por um meio homogêneo e transparente para outro meio também homogêneo e transparente, mas com índice de refração diferente.



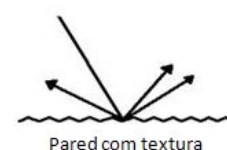
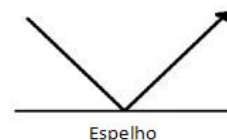
- Ocorrem então mudanças de velocidade e direção de propagação.

7



Reflexão

- Acontece quando a luz chega a um objeto e reflete, em parte ou totalmente esse objeto. A luz pode ser refletida de duas formas:
- Especular – é produzida quando a luz reflete de uma superfície lisa como um espelho.
- Difusa – é produzida quando a luz reflete de uma superfície com textura como uma parede.



8



Iluminação

- Modelos Físicos:
 - ♦ Envolvem vários fatores, como propriedades dos materiais, posição de um objeto em relação a luz e outros objetos e características das fontes de luz.
 - ♦ Leva em conta todas as interações (todos os caminhos da luz).
 - ♦ Intratável computacionalmente (um modelo simples de iluminação é normalmente aplicado por causa do custo computacional).

9



Modelos de Iluminação em CG

- Tipicamente, luz é amostrada em um número discreto de primárias (cor).
- Modelos locais (primeira ordem).
- Modelos globais.

10



Modelos de Iluminação Locais

- ♦ Apenas caminhos do tipo *fonte luminosa* → *superfície* → *olho* são tratados.
- ♦ Consideram unicamente as contribuições de energia emitidas pelas fontes de luz e refletida por uma única superfície.
- ♦ Não contemplam a interação entre diferentes superfícies, fenômenos como sombras, reflexão ou refração.
- ♦ Requerem esforço computacional baixo.
- ♦ Qualidade aceitável em muitas aplicações

11



Modelos de Iluminação Globais

- ♦ É considerada a iluminação que é refletida ou refratada por outras superfícies.
- ♦ Produzem imagens com maior grau de realismo.
- ♦ Custo computacional elevado.
- ♦ São usados em muitos métodos de cálculo de imagens (*ray tracing*¹, *radiosidade*²).

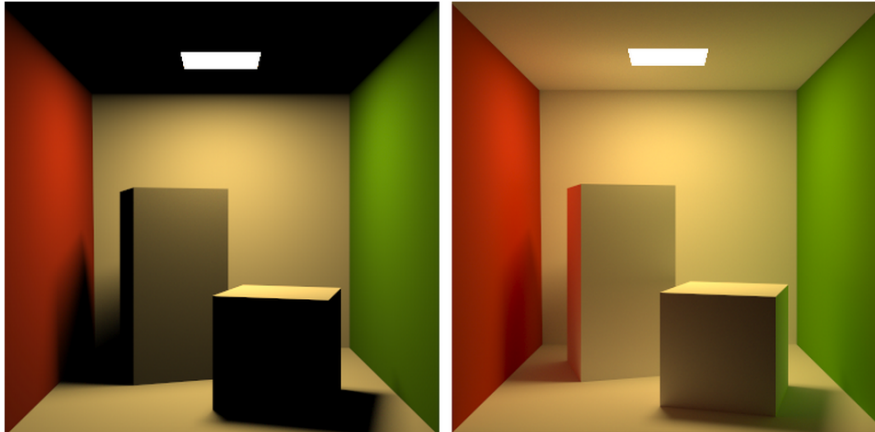
¹*Ray tracing* é uma técnica para a geração de uma imagem capaz de produzir um elevado grau de realismo visual, geralmente maior do que a de métodos de processamento de varredura típicos, mas em um maior custo computacional.

²*Radiosidade* é um algoritmo de iluminação global no sentido de que a iluminação que incide numa superfície não vem apenas diretamente a partir das fontes de luz, mas também a partir de outras superfícies refletoras de luz.

12



Modelo de Iluminação Local x Global



13



Geometria

- Além das propriedades da luz e do material, a geometria do objeto é também importante.
 - ♦ A posição dos vértices com relação ao olho e à fonte luminosa contribui nos cálculos dos efeitos.
 - ♦ Os vetores normais devem ser calculados.

14

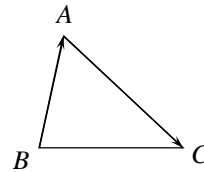


Computando o Vetor Normal

- Triângulo

- ♦ Dados três vértices,

$$\vec{n} = \text{normalizar}((A - B) \times (C - A))$$



- ♦ A posição da fonte luminosa, do objeto e do observador forma um triângulo.

- Polígono planar

- ♦ Outra opção é determinar a equação do plano:
 - $ax + by + cz + d = 0$
 - Normal tem coordenadas (a, b, c)

15

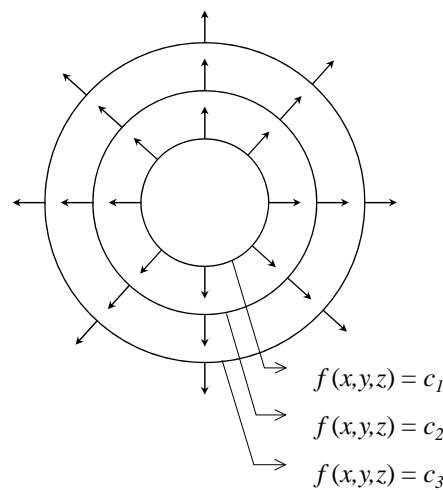


Calculando o Vetor Normal de Superfícies Implícitas

- Normal é dada pelo vetor gradiente:

$$f(x, y, z) = 0$$

$$\vec{n} = \begin{pmatrix} \partial f / \partial x \\ \partial f / \partial y \\ \partial f / \partial z \end{pmatrix}$$



16



Superfícies Implícitas

- Permitem a construção e manipulação de objetos complexos.
- Dentre suas técnicas esta a raycasting (lançamento de raios) .
- Apresenta vantagens sobre a “poligonização” como simplicidade conceitual, economia de memória e geração de imagens exatas e realísticas.

17

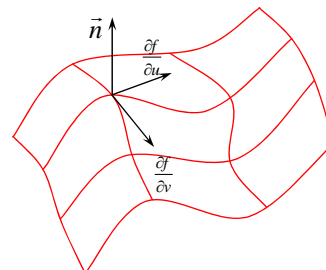


Calculando o Vetor Normal de Superfícies Paramétricas

- São definidas por parametrizações $\alpha: D \rightarrow \mathbb{R}^3$, que mapeiam $(u, v) \rightarrow (x^1(u, v), x^2(u, v), x^3(u, v))$, onde $D \subset \mathbb{R}^2$ é um conjunto aberto denominado espaço paramétrico.
- Normal é dada pelo produto vetorial dos gradientes em relação aos parâmetros u e v :

$$P = \begin{pmatrix} f_x(u, v) \\ f_y(u, v) \\ f_z(u, v) \end{pmatrix}$$

$$\vec{n} = \frac{\partial f}{\partial u} \times \frac{\partial f}{\partial v} = \begin{pmatrix} \partial f_x / \partial u \\ \partial f_y / \partial u \\ \partial f_z / \partial u \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} \partial f_x / \partial v \\ \partial f_y / \partial v \\ \partial f_z / \partial v \end{pmatrix}$$



18



Iluminação em Matlab

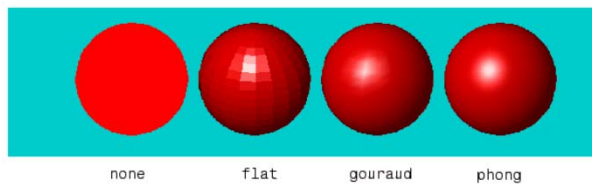
- Assume fontes pontuais de luz:
 - ♦ *Raios Paralelos* – fonte de luz no infinito.
 - ♦ *Raios Locais* – refletância dos objetos no local.
- Interações de luz com superfície modeladas em componentes (suporta o modelo *Phong* que leva em consideração a refletância):

19



Iluminação em Matlab

- Emissão – simulam as principais fontes de luz da natureza (sol, estrelas, lua, etc).
 - ♦ Ambiente – simula a existência de iluminação global (refletida por todas superfícies presentes na cena).
 - ♦ Difusa – simula a reflexão de igual modo em todas as direções.
 - ♦ Especular – simula a reflexão em uma única direção.



20



Iluminação em Matlab

- FLAT shading
 - ♦ Conhecido também como “constante” ou “facetado”. Utiliza um único valor de intensidade de luz para cada face.



21

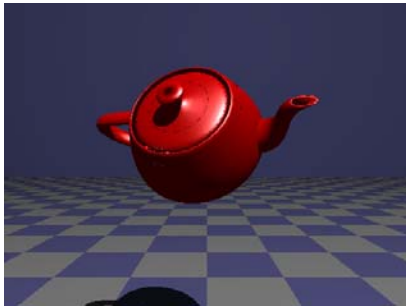


Iluminação em Matlab

- Modelo de Gouraud
- Busca obter mais suavidade na exibição de objetos formados por faces, por meio da interpolação de intensidades de luz ao longo de cada face.



22



Componentes do Modelo de Phong

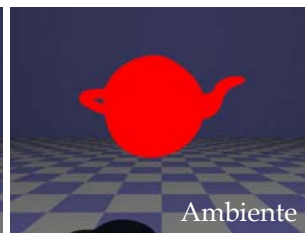
No modelo de Phong, a luz em qualquer ponto é composta por três componentes: **luz difusa**, **luz especular** e **luz ambiente**.



Difusa



Especular



Ambiente

23



Componentes do Modelo de Phong

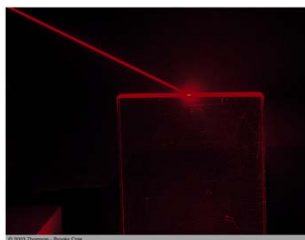
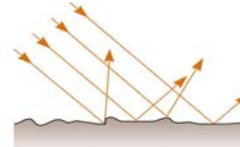
- **Emissão:** contribuição que não depende de fontes de luz (fluorescência).
- **Ambiente:** contribuição que não depende da geometria. Efeito da reflexão de luz de outros objetos do ambiente.
- **Difusa:** contribuição correspondente ao espalhamento da reflexão (independe da posição do observador).
- **Especular:** contribuição referente ao comportamento de superfícies polidas.

24



Iluminação Difusa

- Iluminação recebida por uma superfície e que é refletida de modo não uniforme em todas as direções.
- Característica de materiais foscos.
- Cria o efeito de *Degradé* no objeto.
- Esse tipo de reflexão é também chamada de reflexão *lambertiana*.



25



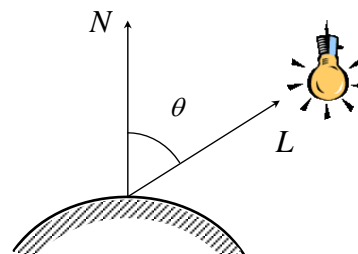
Iluminação Difusa

- Contribuição é dada por:

$$D = I_D M_D \cos \theta = I_D M_D \left(\frac{L \cdot N}{|L||N|} \right)$$

- Onde:

- ♦ D é a intensidade luminosa refletida difusa.
- ♦ I_D é a intensidade luminosa da fonte.
- ♦ M_D é o coeficiente de refletância do material.

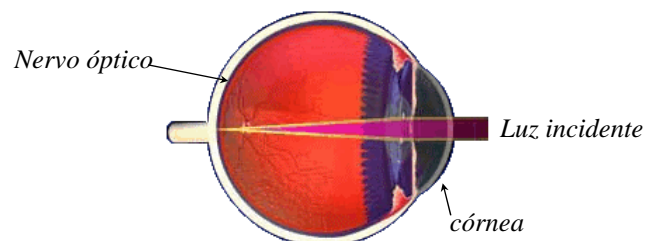


26



Iluminação Difusa e o Astigmatismo

- O astigmatismo decorre da alteração da superfície e da forma da córnea, que se apresentam altamente irregulares.
- Trata-se do exemplo mais comum de iluminação difusa, uma vez que a superfície irregular distorce a imagem que chega ao nervo óptico.
- A luz incide sobre a córnea e é refletida com ângulo diferente do ângulo de incidência, criando diferentes profundidades de foco que distorcem a visão tanto de longe como de perto.

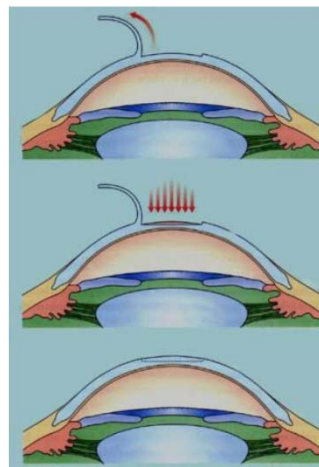


27



Iluminação Difusa e o Astigmatismo

- Uma técnica moderna de correção do astigmatismo consiste de uma cirurgia a Laser que visa diminuir as superfícies irregulares da córnea.
- Essa cirurgia é chamada de LASIK e é aplicada em casos onde o astigmatismo é extremamente elevado.
- Uma camada da membrana que recobre a córnea é retirada parcialmente e tirada do campo de ataque do Laser.
- Em seguida a córnea é bombardeada com feixes de Laser a 15 mil pulsos por segundo, para corrigir as regiões irregulares.
- Por último, a membrana que foi parcialmente retirada é suturada de volta.

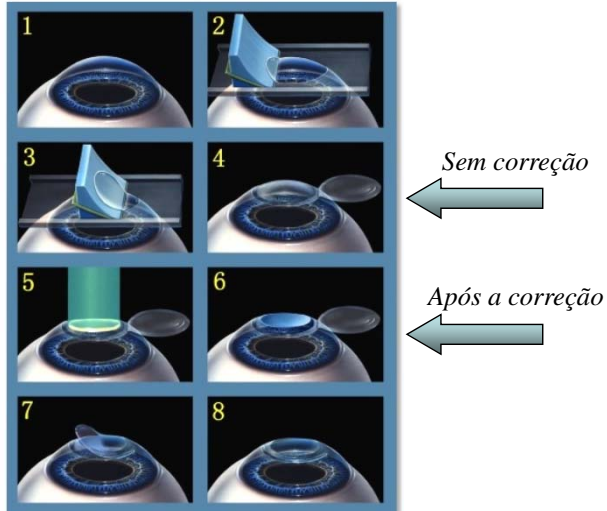


28



Iluminação Difusa e o Astigmatismo

- Na figura abaixo é possível se visualizar o efeito do Laser sobre a córnea, realizando a correção das superfícies irregulares, dando nova forma à córnea.



29



A Iluminação Difusa e o Astigmatismo



30



Principais Problemas Oculares Associados ao Uso do Computador

- O uso do computador é um fator de risco considerável para irritações, e problemas crescem à medida que aumenta o tempo diante de um monitor.
- As complicações são olho seco, alteração refrativa e ergonômicos.

Soluções:

- Manter o monitor de 50 a 70 cm de distância;
- Ângulo recomendado de 10 a 20 graus abaixo da linha horizontal;
- Utilizar monitores com alta frequência de atualização;
- O fundo da tela do monitor deve ser 3 vezes mais claro que a iluminação do ambiente e os caracteres devem ser escuros para um bom contraste.

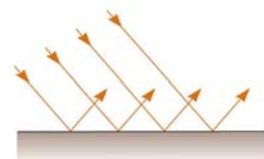


31



Iluminação Especular

- Simula a reflexão à maneira de um espelho (objetos altamente polidos).
- Depende da disposição entre observador, objeto e fonte de luz.
- Em um espelho perfeito, a reflexão se dá em ângulos iguais:
 - ♦ Observador só enxergaria reflexão de uma fonte pontual se estivesse na direção certa.



32

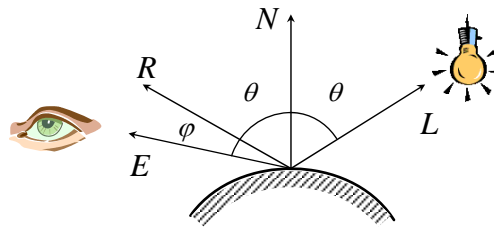


Iluminação Especular

- Contribuição é dada por:

$$S = I_s M_s \cos^n \varphi = I_s M_s (R \cdot E)^n$$

- S é a intensidade luminosa refletida especular.
- I_s é a intensidade luminosa da fonte.
- M_s é o coeficiente de refletância do material.
- n é o coeficiente de especularidade e modela a reflexão especular de acordo com o material.
- φ é o ângulo entre o vetor unitário do observador E , e o vetor unitário de reflexão, R .

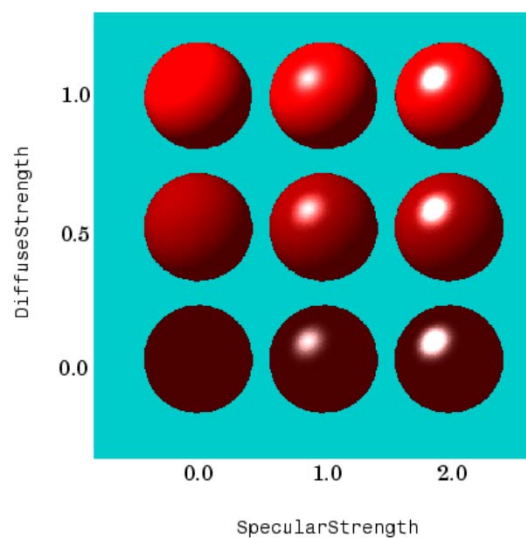


33



Comparação Difusa x Especular (MatLab)

- Esfera vermelha sendo iluminada, considerando diversos valores de intensidades para a reflexão difusa e especular.

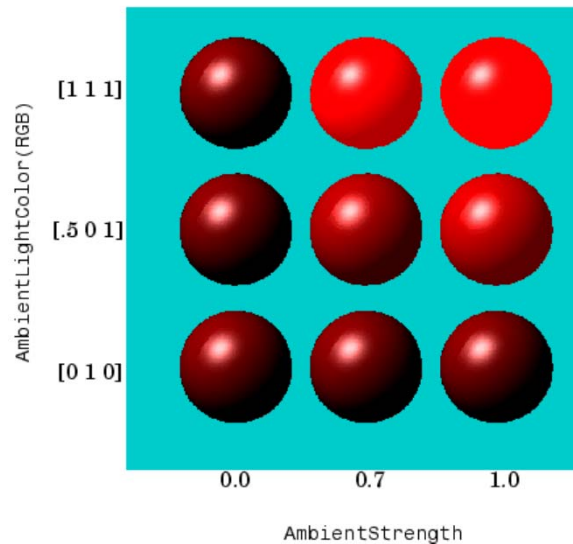


34



Influência da Luz Ambiente (MatLab)

- A ilustração mostra três cores de luz ambiente de diferentes intensidades.
- A esfera é vermelha e há a presença de uma fonte de luz branca.
- A luz ambiente verde $[0 \ 1 \ 0]$ não afeta a cena porque não há nenhuma componente vermelha na luz verde.
- A luz ambiente $[.5 \ 0 \ 1]$ tem uma componente vermelha, afetando então a luz na esfera (mas menos que luz branca).

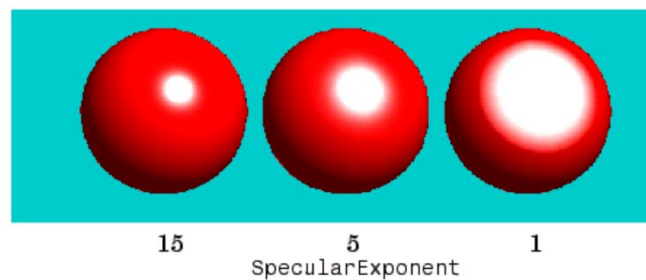


35



Influência do Expoente Especular (MatLab)

- Propriedade que determina a especularidade do objeto, o qual pode variar de 1 a 500. Objetos normais têm valores entre 5 e 20.
- Ilustração mostra uma esfera vermelha iluminada por uma luz branca.

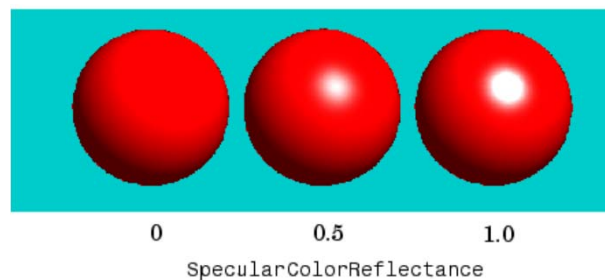


36

Influência da Refletância Especular (MatLab)



- Propriedade que determina o grau em que a luz refletida especularmente é função tanto da cor do objeto como da cor da fonte de luz.
- Ilustração mostra uma esfera vermelha iluminada por uma luz branca. Os valores variam de 0 (combinação da cor do objeto e luz branca) a 1 (luz branca).

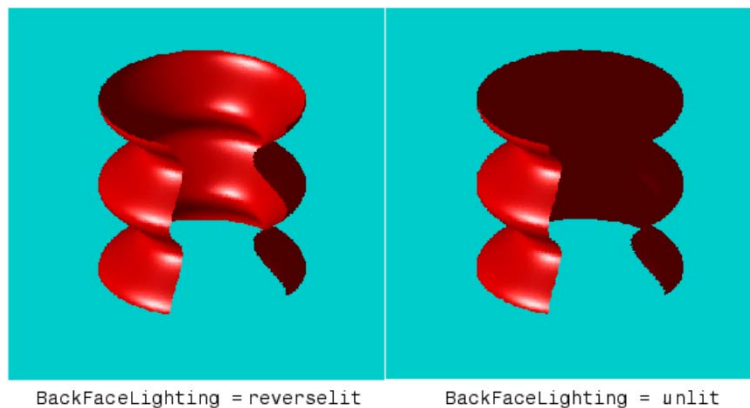


37

Iluminação de Faces Internas (MatLab)



- Propriedade (`BackFaceLighting`) que é útil para mostrar a diferença entre faces internas e externas.



38



Aplicação de Iluminação

Iluminação Interativa

Computer Graphics Group, Saarland University. Alemanha

- Métodos interativos geralmente são limitados a fontes diretas e simples de iluminação.
- Objetos assumem formas não realísticas.
- Uma simulação global de iluminação mais realística significa um maior esforço computacional.

39



Aplicação de Iluminação

Iluminação Global

Computer Graphics Group, Saarland University. Alemanha

- Novo algoritmo para simulação interativa de iluminação em ambientes 3D.
- Capaz de atualizar 10 frames/s quando mudanças arbitrárias são realizadas na cena.
- Sistema *ray tracing* de alta velocidade e distribuído.
- Permite uma representação realística de ambientes 3D.
- Uma resolução de 640×480 pixels contém aproximadamente 300.000 pixels.
- Um processador dedicado pode tratar 500.000 raios por segundo.

40



Aplicação de Iluminação

Iluminação Global Interativa

Computer Graphics Group, Saarland University. Alemanha



Convergindo



Após 2 segundos

41



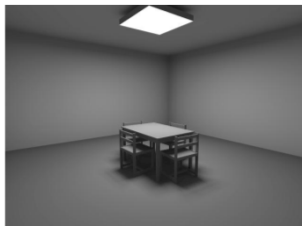
Aplicação de Iluminação

Iluminação Global Interativa

Computer Graphics Group, Saarland University. Alemanha

Simulações de movimentação de uma mesa

1



2



3



4



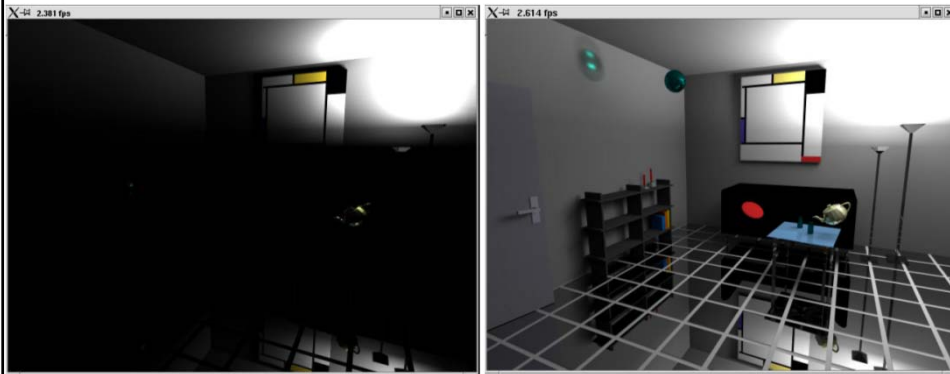
42



Aplicação de Iluminação

Iluminação Global Interativa

Computer Graphics Group, Saarland University, Alemanha



Iluminação direta

Iluminação global