



# IA725 – Computação Gráfica I

## Traçado de raios e radiosidade

12/06/2008

Shirley, capítulos 10, 19 e 23



## Visão geral

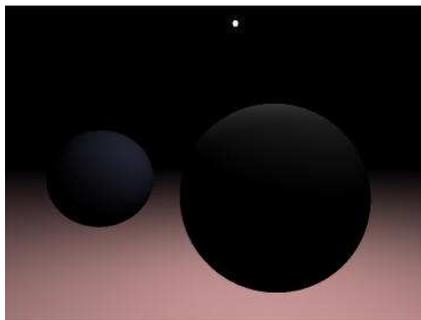
- Traçado de raios.
  - *Introdução.*
  - *Sombras, reflexão e refração.*
- Métodos de Monte Carlo:
  - *Path tracing.*
  - *Photon tracing.*
- Radiosidade.
  - *Introdução.*
  - *Exemplo de radiosidade passo-a-passo.*



## Traçado de raios



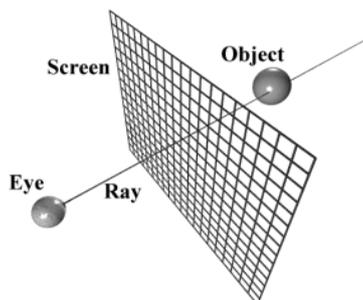
- Método alternativo de síntese de imagens em comparação com o método de varredura.



## Traçado de raios



- Raios de luz são propagados a partir do observador, passando em cada *pixel* e incidindo na geometria da cena.
  - O resultado da interação desses raios com a cena determina a cor do *pixel*.

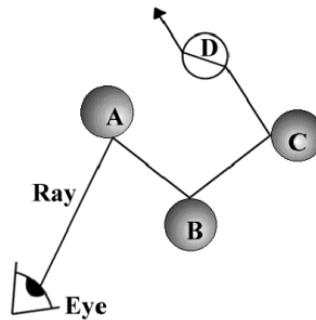




## Traçado de raios



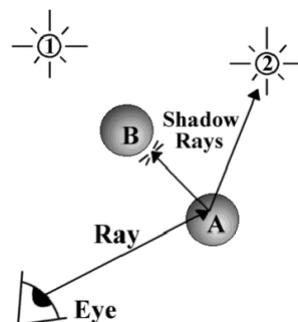
- O comportamento dos raios é baseado no conhecimento da óptica, de modo que as imagens geradas levam em consideração propriedades tais como reflexão, translucência, refração e sombras.



## Traçado de raios



- Para cada interseção, verifica-se através de “raios de sombra” se existe um caminho visível entre a interseção e cada fonte de luz. Se não existe, então o ponto está na sombra.





## Traçado de raios



- Em superfícies reflexivas, apenas um raio é refletido para cada interseção.
  - Não corresponde à realidade, pois a luz pode ser refletida em várias direções com diferentes intensidades.



## Path tracing



- Variação de traçado de raios com o objetivo de resolver completamente a “equação de renderização” (Kajiya, 1980).

$$L_o(x, \mathbf{w}) = L_e(x, \mathbf{w}) + \int_{\Omega} f_r(x, \mathbf{w}', \mathbf{w}) L_i(x, \mathbf{w}') (\mathbf{w}' \cdot \mathbf{n}) d\mathbf{w}'$$

- Equação integral que fornece o equilíbrio de radiância saindo de um ponto.
  - Dado pela soma da radiância emitida e refletida.



## Path tracing



- Equação de renderização:

$$L_o(x, \mathbf{w}) = L_e(x, \mathbf{w}) + \int_{\Omega} f_r(x, \mathbf{w}', \mathbf{w}) L_i(x, \mathbf{w}') (\mathbf{w}' \cdot \mathbf{n}) d\mathbf{w}'$$

onde

$L_o(x, \mathbf{w})$  é a luz saindo de uma posição  $\mathbf{x}$  numa direção  $\mathbf{w}$ ,

$L_e(x, \mathbf{w})$  é a luz emitida da mesma posição e direção,

$\int_{\Omega} \dots d\mathbf{w}'$  é a integral sobre o hemisfério de direções incidentes,

$f_r(x, \mathbf{w}', \mathbf{w})$  é o BRDF, isto é, a proporção de luz refletida na posição  $\mathbf{x}$ ,

$L_i(x, \mathbf{w}')$  é a luz incidente na posição  $\mathbf{x}$  da direção  $\mathbf{w}'$ ,

$\mathbf{w}' \cdot \mathbf{n}$  é a atenuação da luz de acordo com o ângulo de incidência.



## Path tracing



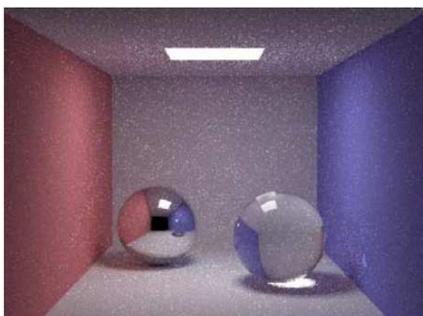
- Para cada *pixel*, um ou mais raios são traçados ao longo de um caminho até encontrar uma fonte de luz.
  - Ao encontrar uma superfície, o raio pode ser refletido, absorvido ou transmitido em direções aleatórias.
  - Aleatoriedade produz um efeito de imagem granulada.
- Soluciona a equação de renderização de forma mais acurada que traçado de raios.
  - Porém mais lenta, se quiser evitar o efeito de granularidade (vários raios precisam ser lançados para cada *pixel*).



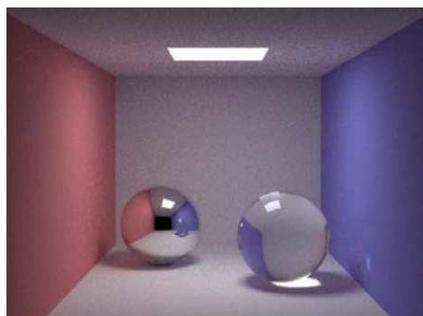
# Path tracing



- Exemplo:



10 raios por *pixel*



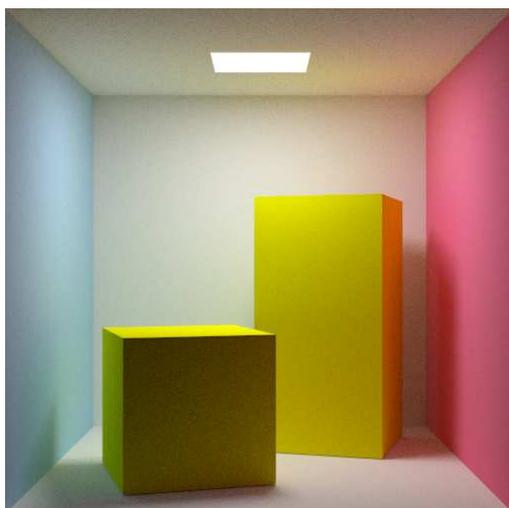
100 raios por *pixel*



# Path tracing



- Exemplo:





## Photon tracing



- Simula de forma realista o comportamento dos fótons.
- Raios são emitidos a partir da fonte de luz.
  - Em traçado de raios convencional, raios são emitidos a partir do observador.
- Cada raio viaja pela cena até que algum dos três eventos ocorra:
  - O raio é completamente absorvido por um material.
  - O raio sai da cena.
  - O raio atinge o plano de projeção (CCD da câmera).



## Photon tracing



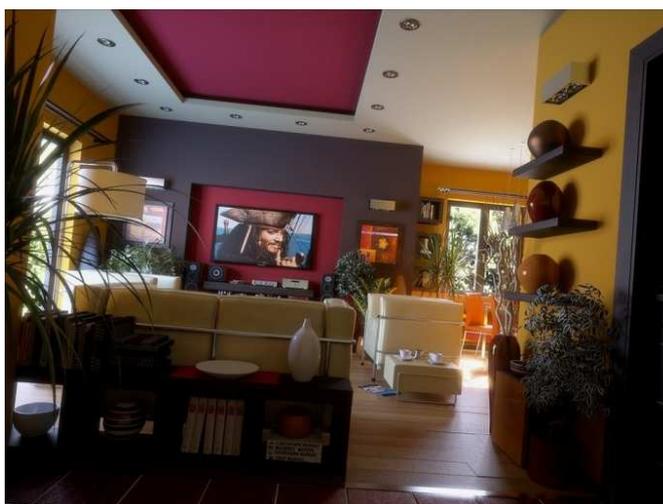
- Algoritmo:
  1. Escolha um raio de luz.
  2. Trace o raio.
  3. Decida aleatoriamente se o raio será absorvido ou refletido.
    - a) Se refletido:
      - Propague aleatoriamente.
      - Vá para o passo 2.
    - b) Se absorvido pela câmera:
      - Armazene contribuição da luz em x, y.
      - Vá para o passo 1.



## Photon tracing



## Photon tracing





## Photon tracing



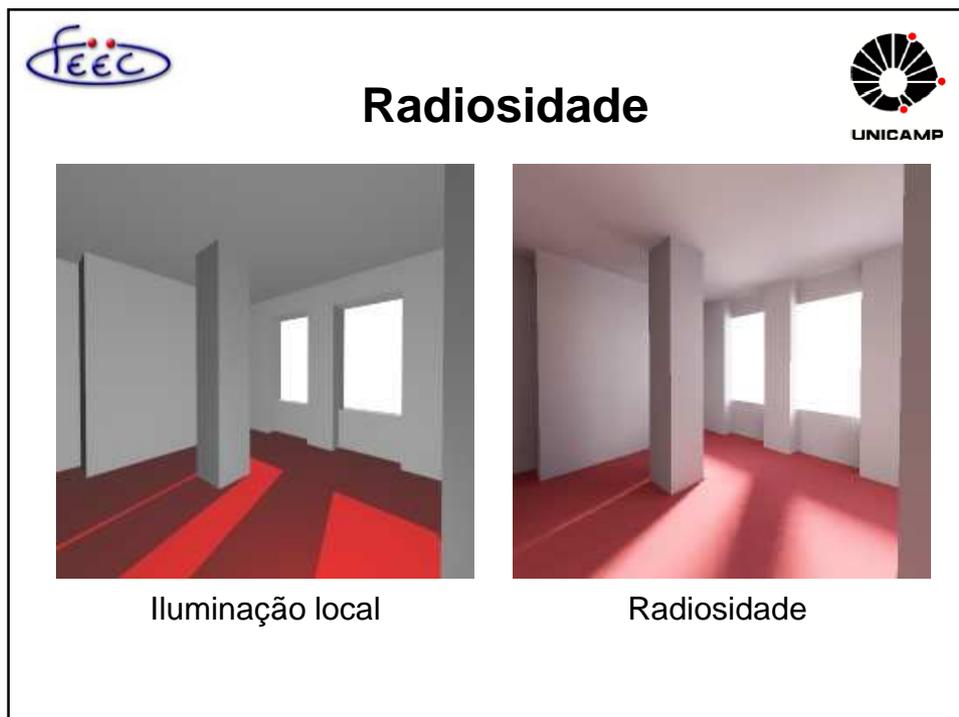
- Infelizmente, *photon tracing* é um dos métodos mais lentos de iluminação global.
  - Em uma das primeiras simulações (1991) em C por Richard Keene, 100 computadores Sun 1 de 1 MHz levaram um mês para gerar uma imagem.
  - Computadores atuais podem levar até um dia para gerar a imagem de uma cena simples.



## Radiosidade



- Aplicação do método de elementos finitos para resolver a equação de renderização em cenas com superfícies puramente difusas (lambertianas).
- Ao contrário dos métodos de traçado de raios e de Monte Carlo, só considera interações de reflexão difusa e emitida.
- Desenvolvido inicialmente em 1950 na área de engenharia de transferência de calor.
- Utilizado em síntese de imagens a partir de 1984, por pesquisadores da Cornell University.



The slide features the FEEC logo on the top left and the UNICAMP logo on the top right. The title "Radiosidade" is centered at the top. Below the title is a bulleted list of resources. To the right of the list are two 3D wireframe diagrams of a room, showing the geometry of the walls, floor, and pillar.

FEEC

## Radiosidade

UNICAMP

- Exemplo passo-a-passo da aplicação da técnica de radiosidade na cena ao lado.
  - Tutorial da página de Hugo Elias em <http://freespace.virgin.net/hugo.elias/radiosity/radiosity.htm>