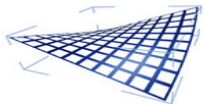

Iluminação e FotoRealismo: Ray Tracing Distribuído

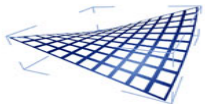
Luís Paulo Peixoto dos Santos

<http://gec.di.uminho.pt/mcgav/ifr>



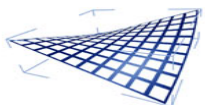
Ray Tracing Distribuído - Introdução

- O algoritmo clássico de *ray tracing* tem como fundamento lançar raios infinitesimalmente finos em direcções perfeitamente determinadas pela geometria dos objectos.
- Este processo resulta em sombras, reflexões e transmissões perfeitamente definidas (*sharpness*) ao contrário do que se verifica no mundo real.
- Ray tracing distribuído consiste em distribuir estocasticamente os raios ao longo do ângulo sólido que envolve a direcção de interesse.



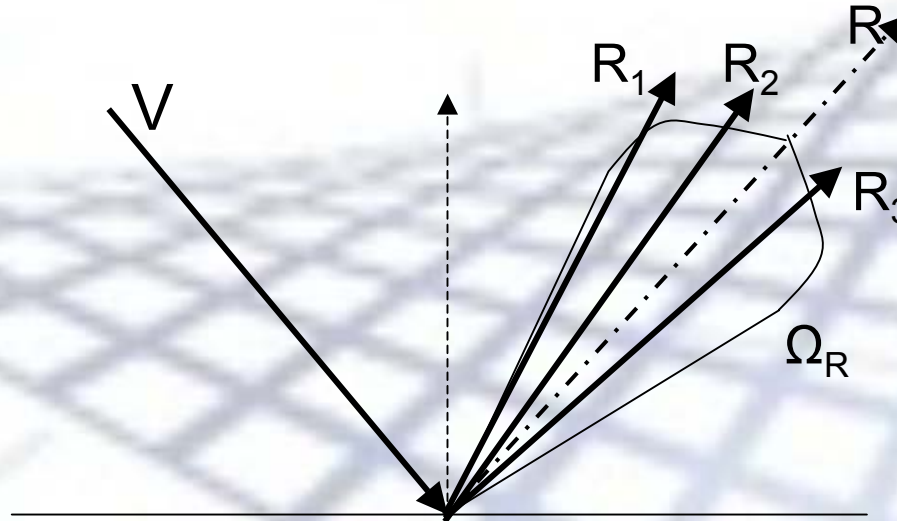
Ray Tracing Distribuído - Introdução

- Corresponde a realizar sobre-amostragem das direcções de interesse, tomando a média pesada como valor final;
- Além de poder ser considerado um método de *anti-aliasing* o *ray tracing* distribuído permite incluir fenómenos como:
 1. Sombras suaves
 2. Translucência
 3. *Glossiness*
 4. *Depth of field*
 5. *Motion Blur*
 6. Difracção

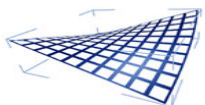


Amostragem Distribuída

- Os raios são distribuídos (*jittered*) ao longo do ângulo sólido de interesse



- Em vez de disparar um único raio na direcção de reflexão especular R , são disparados N raios, nas direcções R_j em redor de R (domínio Ω_R). Cada direcção é escolhida de acordo com uma distribuição de probabilidade, sendo a probabilidade de cada raio p_j .



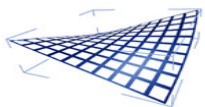
Amostragem Distribuída – Monte Carlo

- O total da contribuição de todos os raios possíveis é dados pelo integral de todas as direcções ao longo do ângulo sólido Ω_R

$$L_r(x \rightarrow \vec{V}) = \int_{\Omega_R} f_r(x, \vec{V} \leftrightarrow \vec{R}_j) L(x \leftarrow \vec{R}_j) \cos(\vec{N}_x, \vec{R}_j) \partial_{\omega_R}$$

- A técnica de Monte Carlo diz-nos que um integral pode ser estimado através de um somatório de N parcelas

$$\int f(x) \partial x \approx \frac{1}{N} \sum \frac{f(x_j)}{p(x_j)}$$

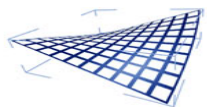


Amostragem Distribuída – Monte Carlo

- A contribuição dos N raios R_j , com probabilidade p_j , para um material com coeficiente de reflexão especular $k_g(\lambda)$ é dada por

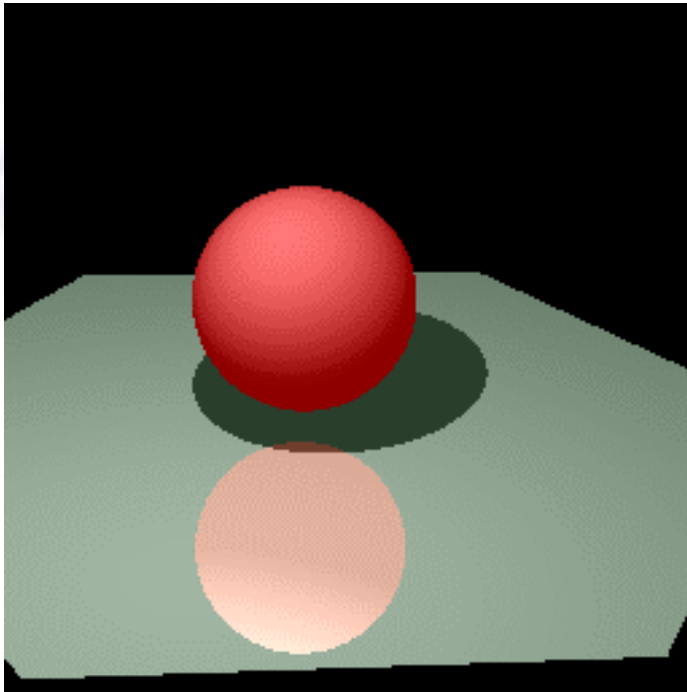
$$L_{r,\lambda}(x \rightarrow \vec{V}) = \frac{1}{N} \sum \frac{k_g(\lambda) L_\lambda(x \leftarrow \vec{R}_j) \cos(\vec{N}_x, \vec{R}_j)}{p(\vec{R}_j)}$$

- Se as direcções R_j são escolhidas com a mesma probabilidade então $p(R_j)$ é igual para todas as parcelas.
- As direcções podem ser escolhidas de forma a maximizar o retorno. No caso das reflexões especulares ao longo das direcções que maximizam o lóbulo da reflexão especular.

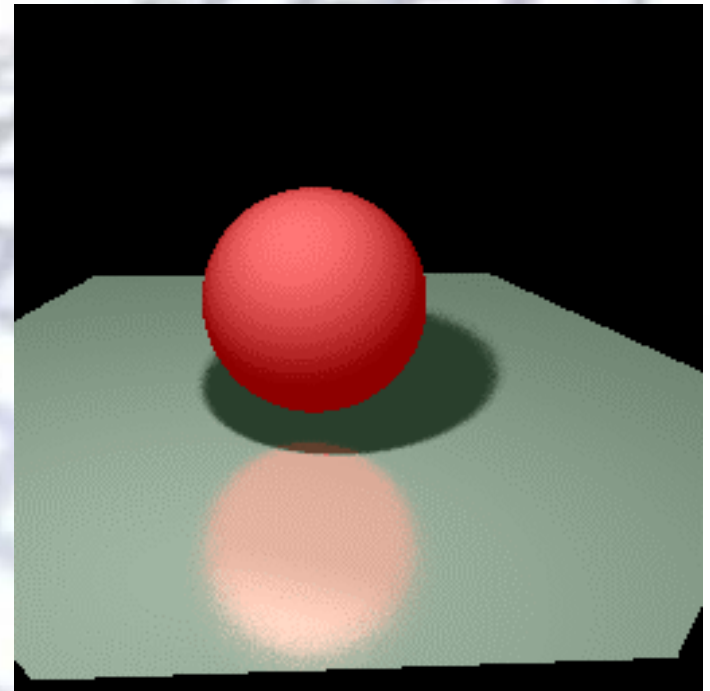


Reflexões *glossy*

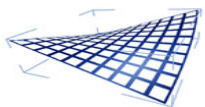
- A distribuição dos raios ao longo do ângulo sólido que rodeia R, permite modelar a *glossiness*



Ray Tracing clássico
1 raio na direcção R

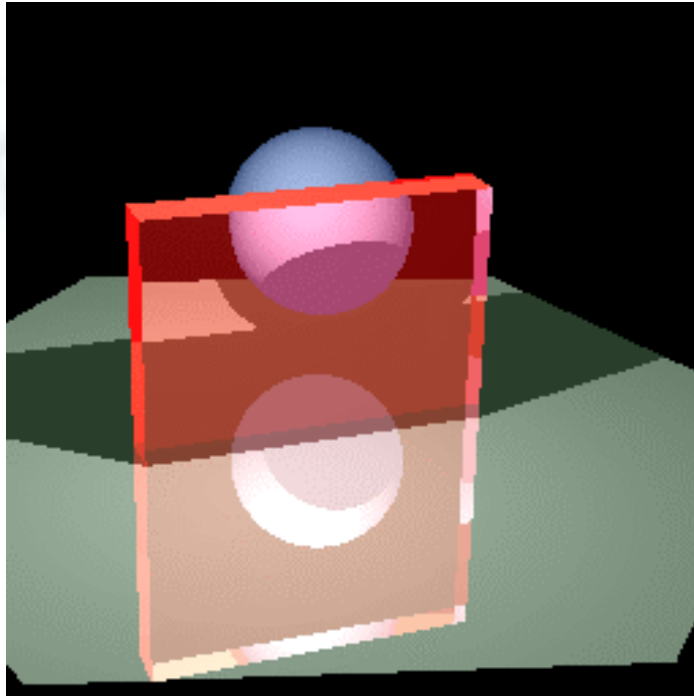


Ray Tracing distribuído
50 raios jittered em redor de R

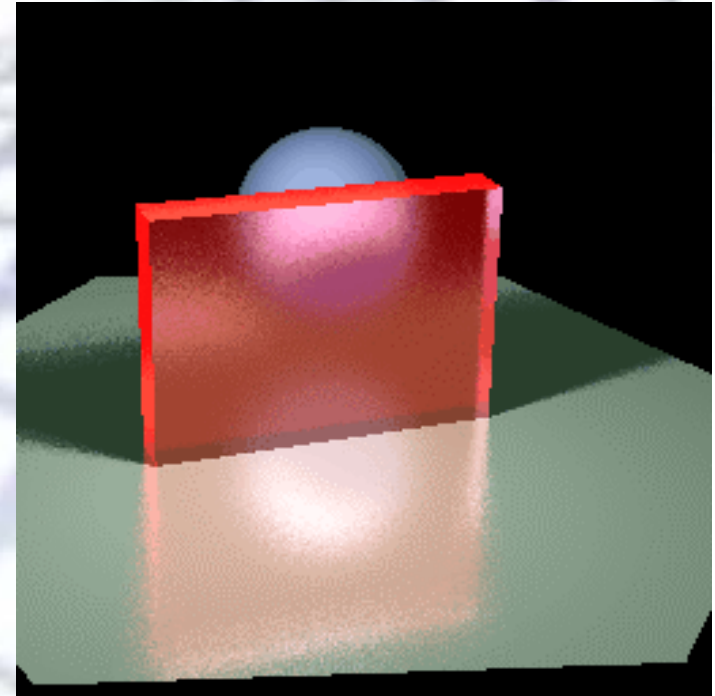


Translucência

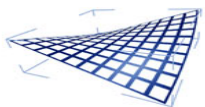
- A distribuição dos raios ao longo do ângulo sólido que rodeia T, a direcção de transmissão especular, permite modelar a translucência



Ray Tracing clássico
1 raio na direcção T

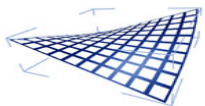
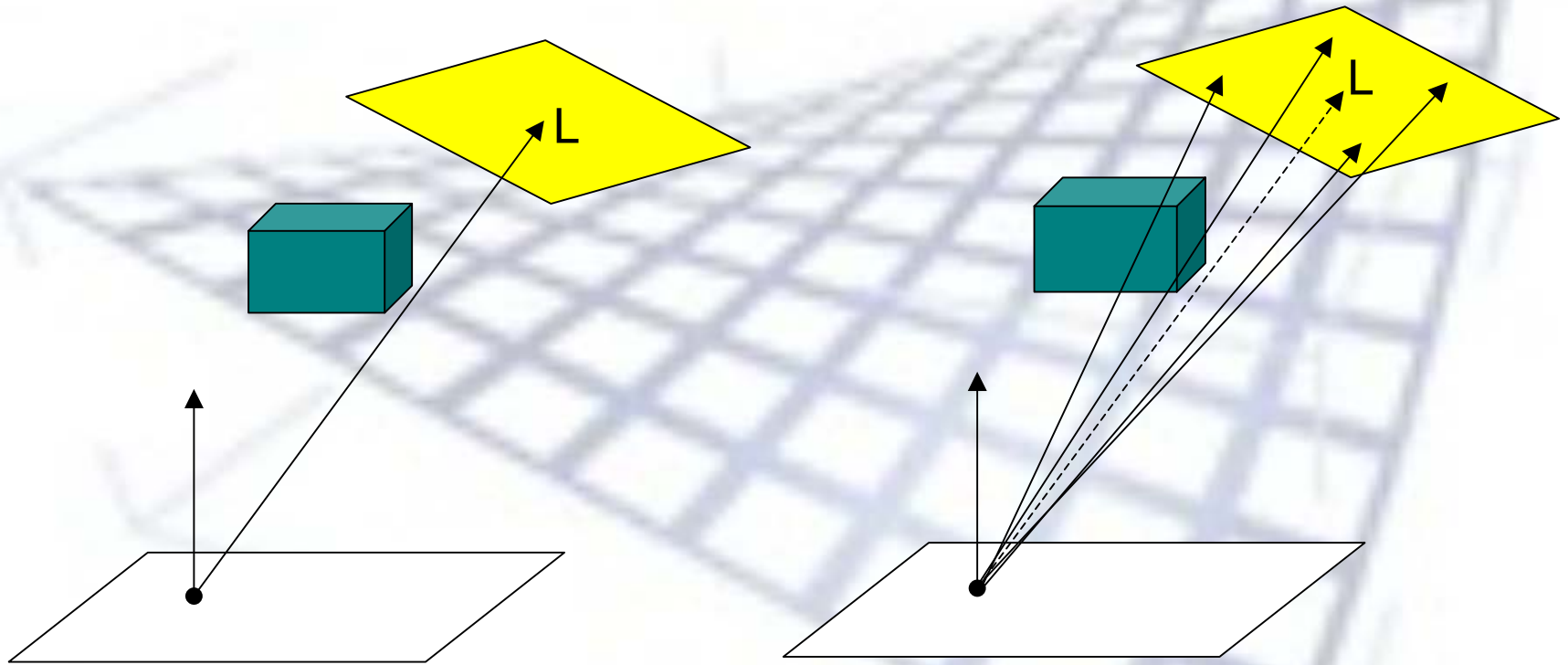


Ray Tracing distribuído
20 raios jittered em redor de T



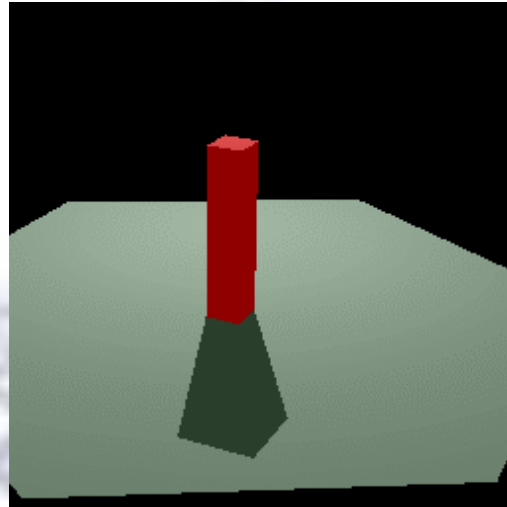
Sombras Suaves

- Para fontes de luz não pontuais os *shadow rays* podem ser distribuídos em redor da direcção L.

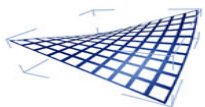
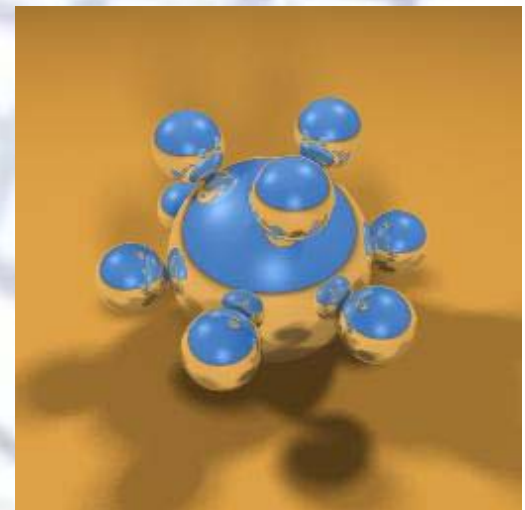
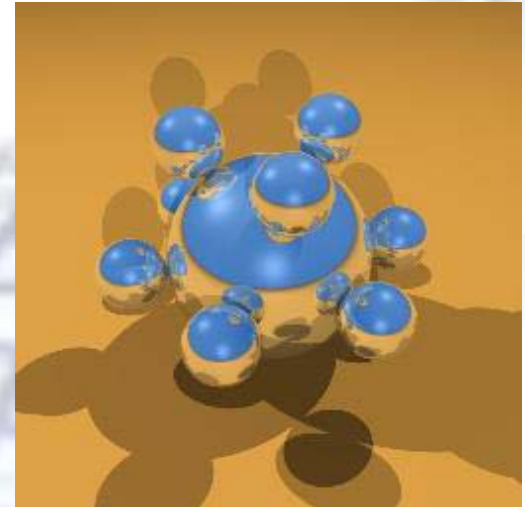
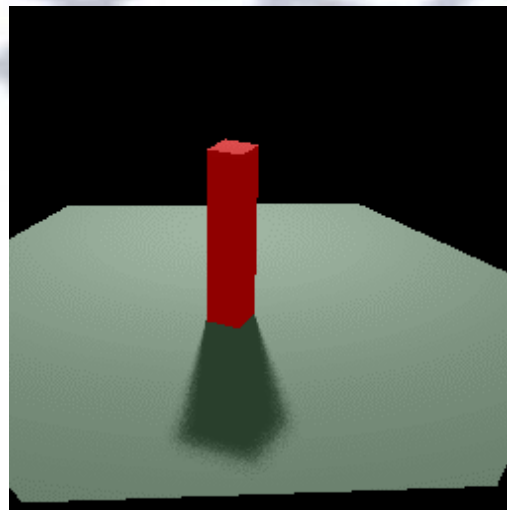


Sombras Suaves

Ray Tracing clássico
1 raio na direcção L

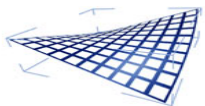


Ray Tracing distribuído
50 raios na direcção L



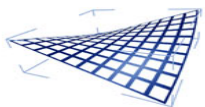
Motion Blur

- A câmara virtual de um *ray tracer* modela uma câmara com um tempo de exposição infinitesimalmente pequeno
- Os objectos, mesmo que deslocando-se rapidamente relativamente à câmara, aparecem perfeitamente definidos.
- Uma câmara real apresenta os objectos com grande velocidade mal definidos, podendo-se mesmo ver parte da cena por trás desses objectos
- Este efeito é conhecido como *motion blur*

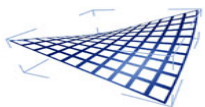
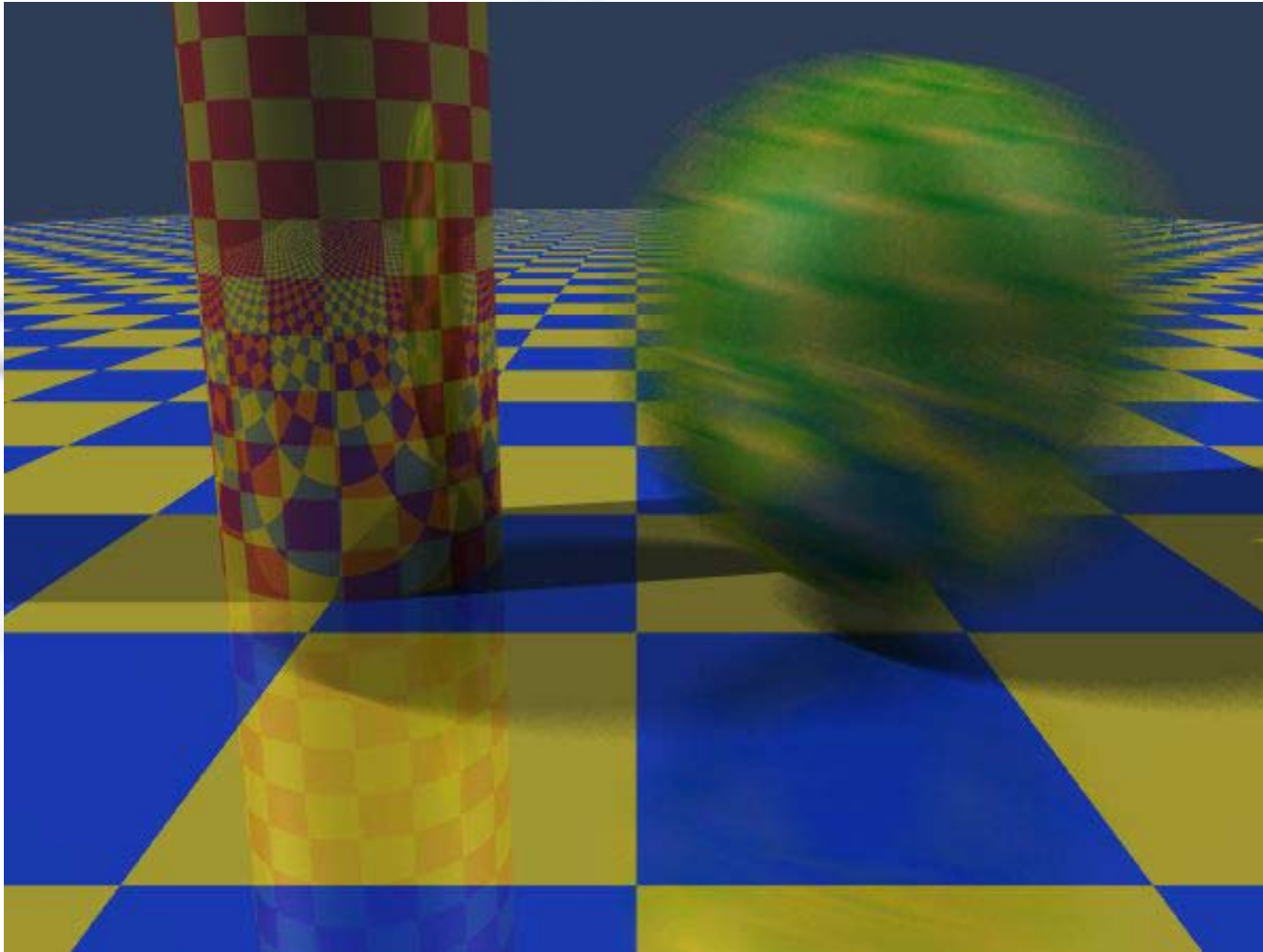


Motion Blur

- Este efeito pode ser conseguido distribuindo os raios primários no tempo.
- Para cada raio, correspondente a um instante de tempo é necessário determinar a posição dos objectos em movimento
- A integração da contribuição dos vários raios reproduz com fidelidade o efeito de *motion blur*



Motion Blur

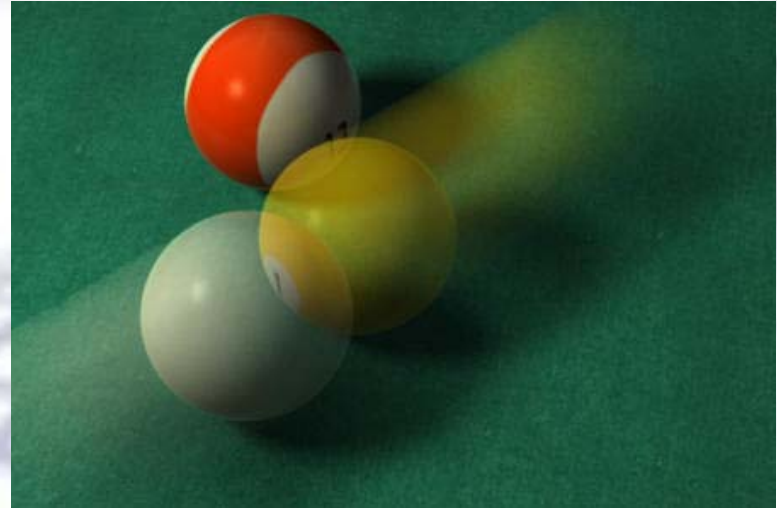


Motion Blur

0.1 seg



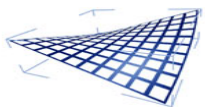
0.5 seg



0.25 seg

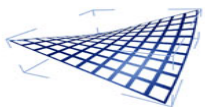
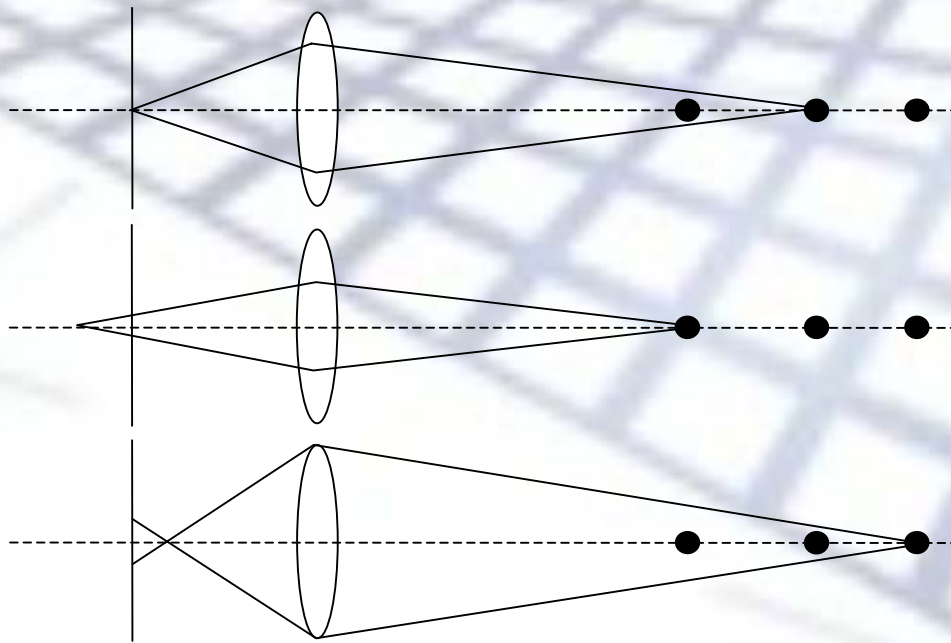


0.75 seg



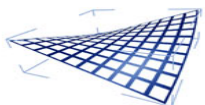
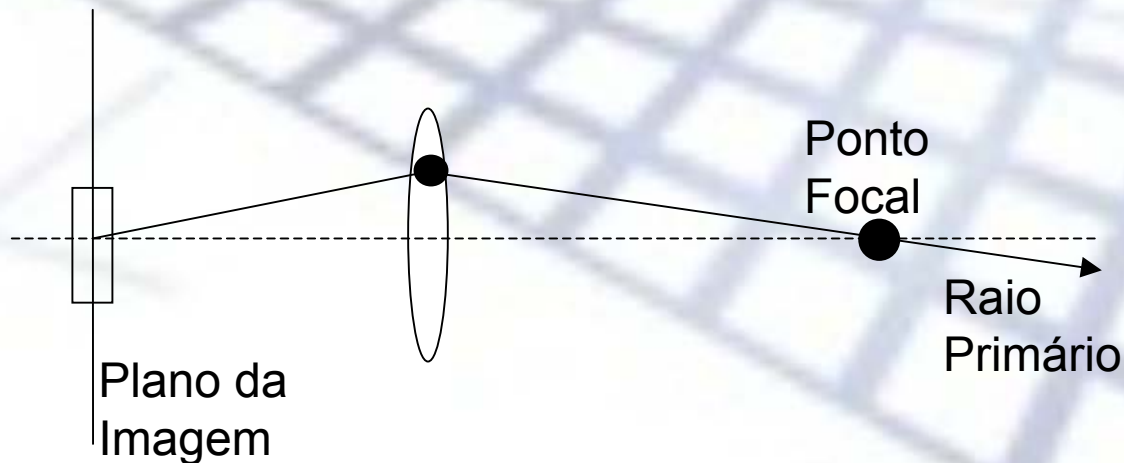
Depth of Field

- Os *ray tracers* clássicos consideram que a câmara virtual tem uma abertura infinitesimalmente pequena. Todos os objectos estão focados independentemente da distância ao observador.
- Nas câmaras reais os objectos aparecem focados ou não dependendo da sua distância às lentes e da distância focal da câmara

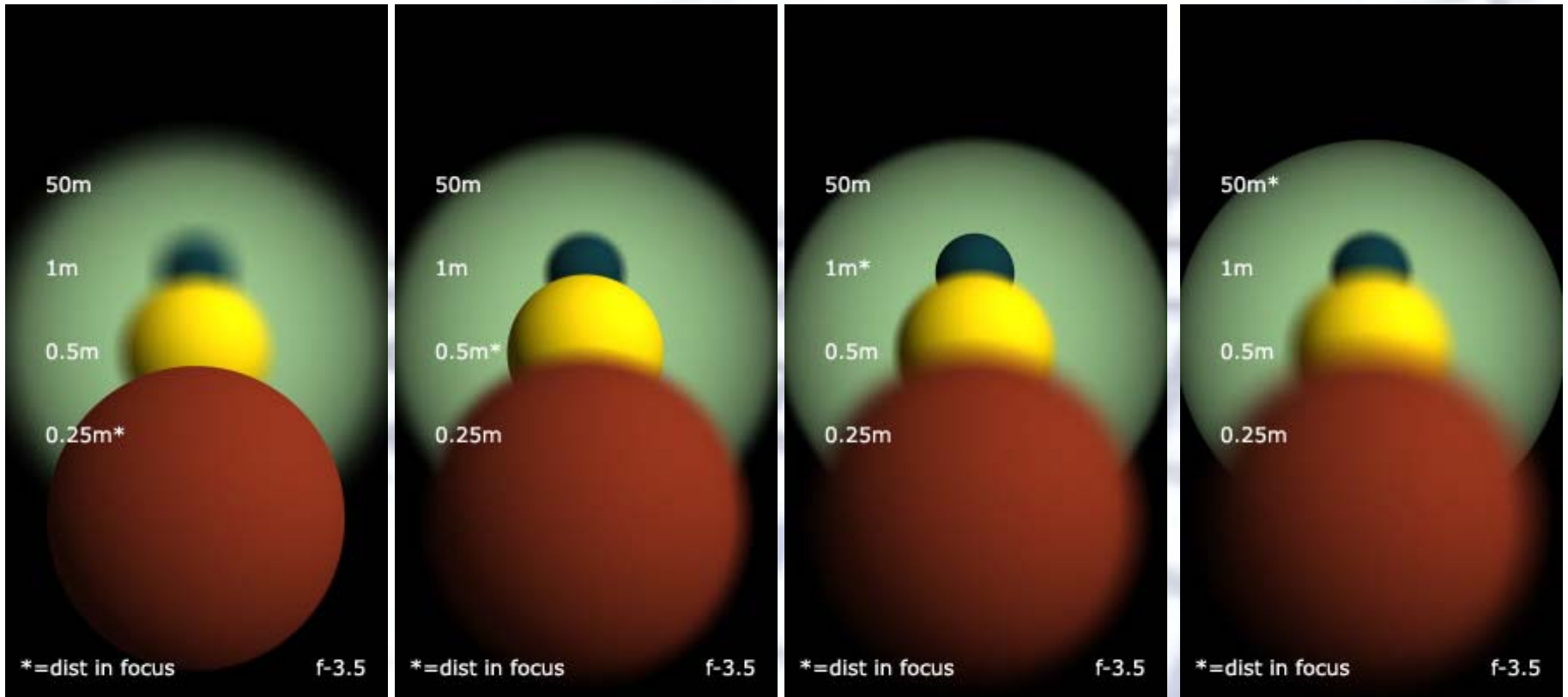


Depth of Field

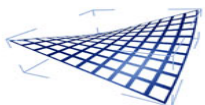
- Este efeito pode ser conseguido distribuindo os raios primários através de uma lente colocada em frente ao plano de imagem:
 1. Primeiro é traçada uma linha do pixel a um ponto escolhido no círculo definido pela lente (jittering relativamente ao centro da mesma)
 2. O raio primário é disparado a partir deste ponto da lente passando pelo ponto focal
 3. O processo é repetido N vezes para cada pixel.



Depth of Field



144 raios primários por pixel



Difracção

- Distribuição dos raios transmitidos ao longo do espectro

