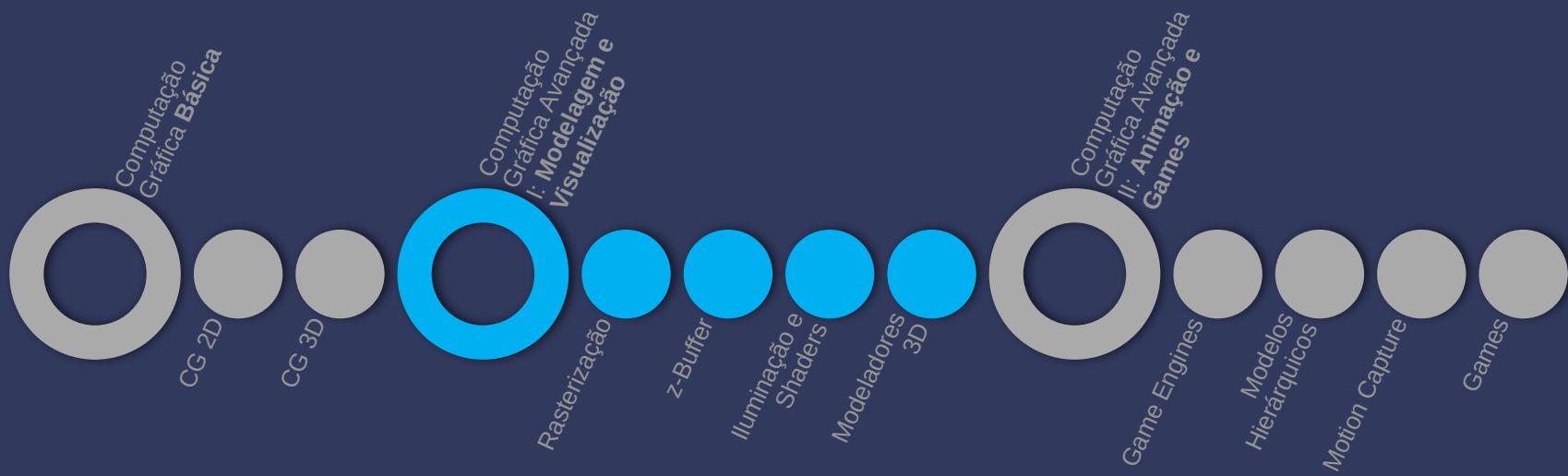




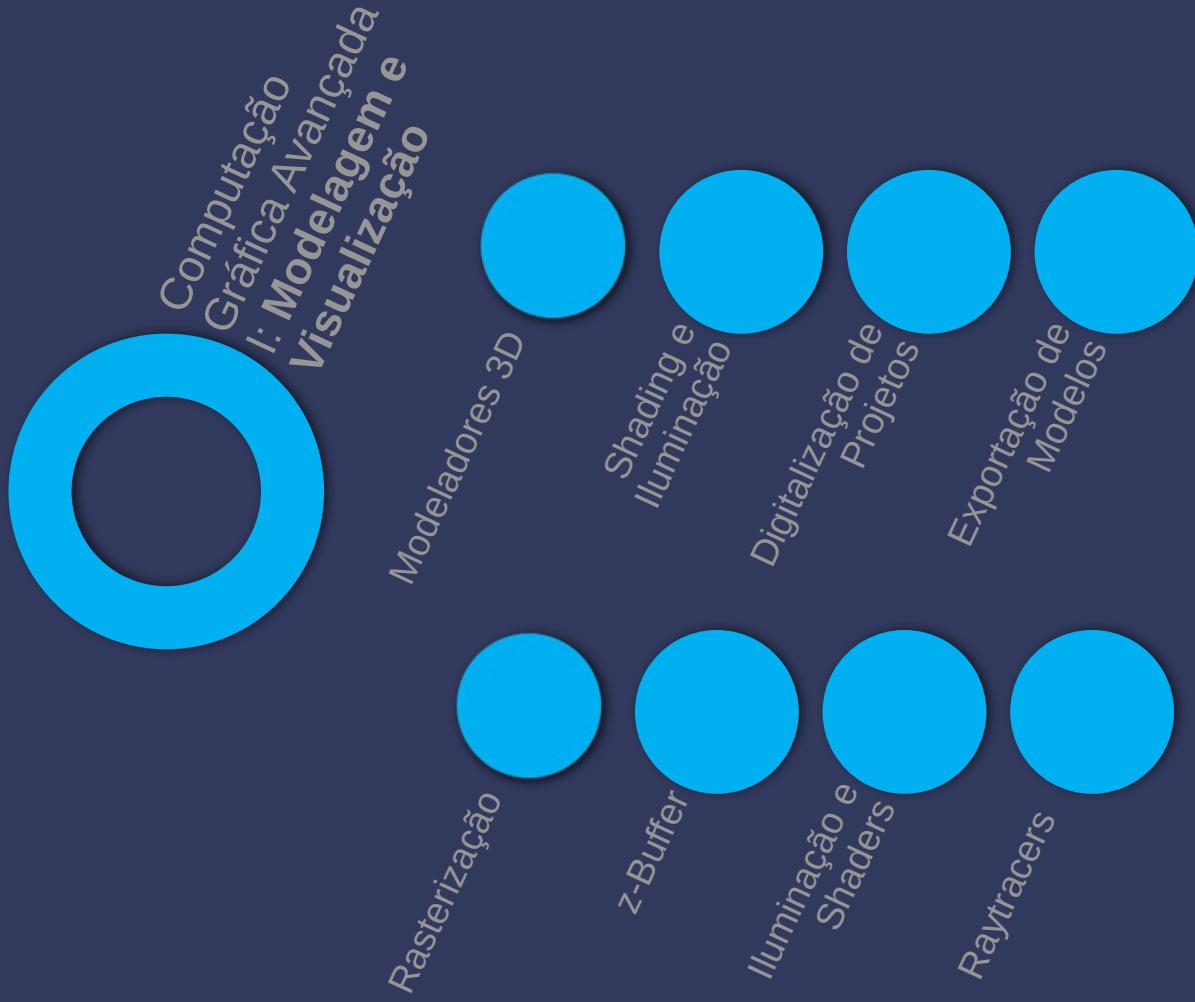
# Computação Gráfica: Aula 10: Introdução a Raytracing e Raycasting

Prof. Dr. rer.nat. Aldo von Wangenheim

# Timeline da Disciplina



# Estratégia dos Módulos Avançados



# Conteúdo desta Aula

- O que é Raytracing ?
  - O que são Raytracers ?
  - Modelo de Funcionamento de Alto Nível de um Raytracer
- Principais Raytracers
- zBuffering
- Conversão de Varredura (Scan Conversion)
- Modelando a Iluminação de um Objeto
- Exercícios com Raytracing

# O que é Raytracing

- Raytracing é a técnica de renderização de uma cena que calcula a imagem desta cena simulando a forma como os raios de luz percorrem o seu caminho no mundo real.
  - utilizada nos mais variados ambientes e bibliotecas gráficas, inclusive em OpenGL.
  - essencial para a criação de cenas iluminadas e realistas.



376,159





# O que é Raytracing

- Problema:
  - No mundo real, raios de luz são emitidos a partir de uma fonte de luz e iluminam os objetos da cena. A luz refletida por estes objetos pode ainda passar através de objetos transparentes e semitransparentes. Esta luz então atinge os olhos do observador.
  - Como a esmagadora maioria dos raios de luz nunca atinge um observador, implementar uma simulação exatamente desta forma é impraticável em termos da quantidade de processamento desnecessário envolvido.
- Para tornar o processamento factível, a técnica de **Raytracing** opera este processo de **trás para frente**.

# O que é Raytracing

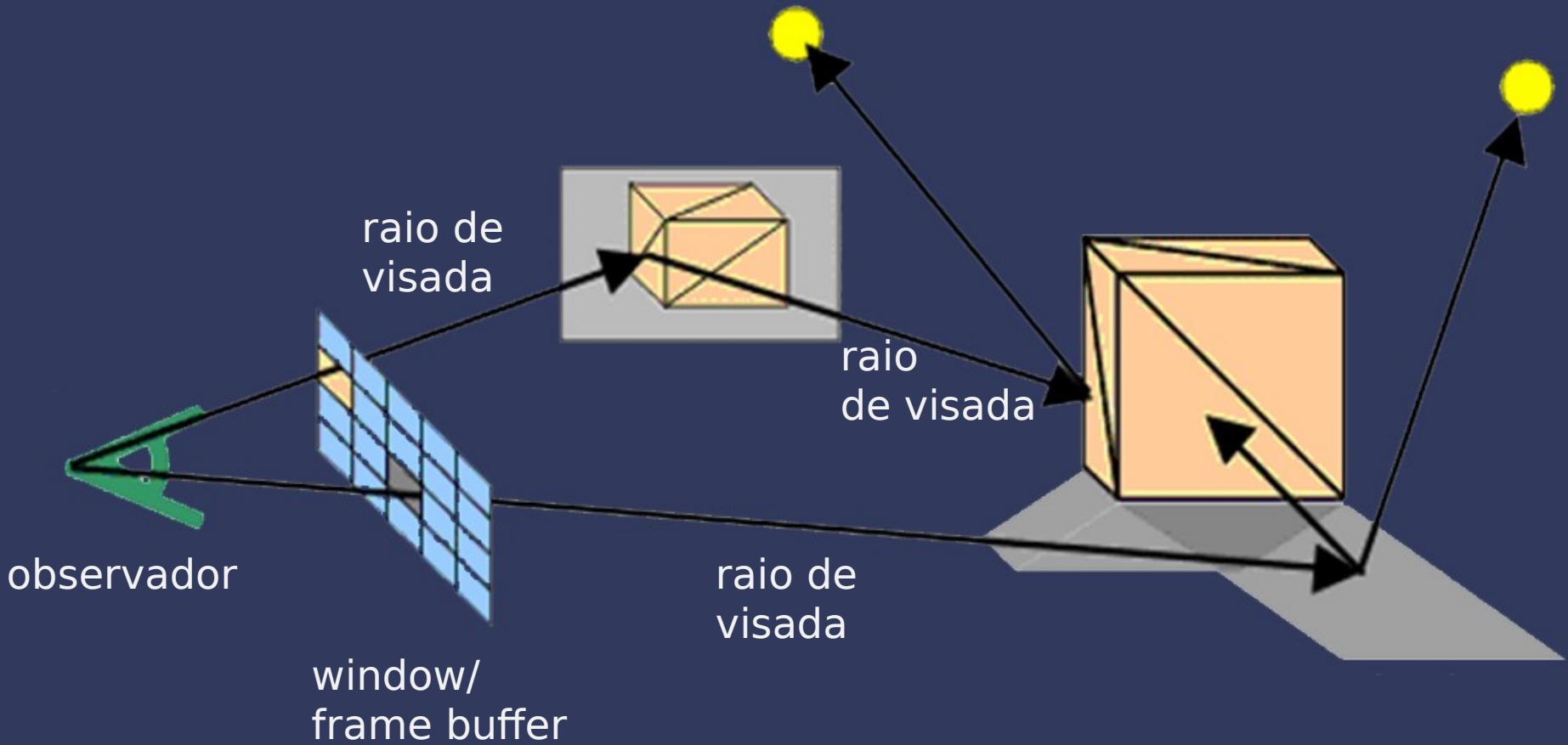
- Programas de Raytracing iniciam com a "área de captura" de sua câmera simulada, definida pelo Window, e **traçam os raios de luz de volta para dentro da cena**.
  - Assim **apenas** a intensidade e qualidade dos raios de luz que iriam incidir sobre a Window são calculados.
  - O usuário especifica a localização do plano de projeção, fontes de luz e objetos da cena, assim como as propriedades de textura de superfície dos objetos (**modelo de Phong**), seus interiores (quando transparentes) e, em casos avançados, quaisquer meios atmosféricos como névoa, turbidez e fogo.

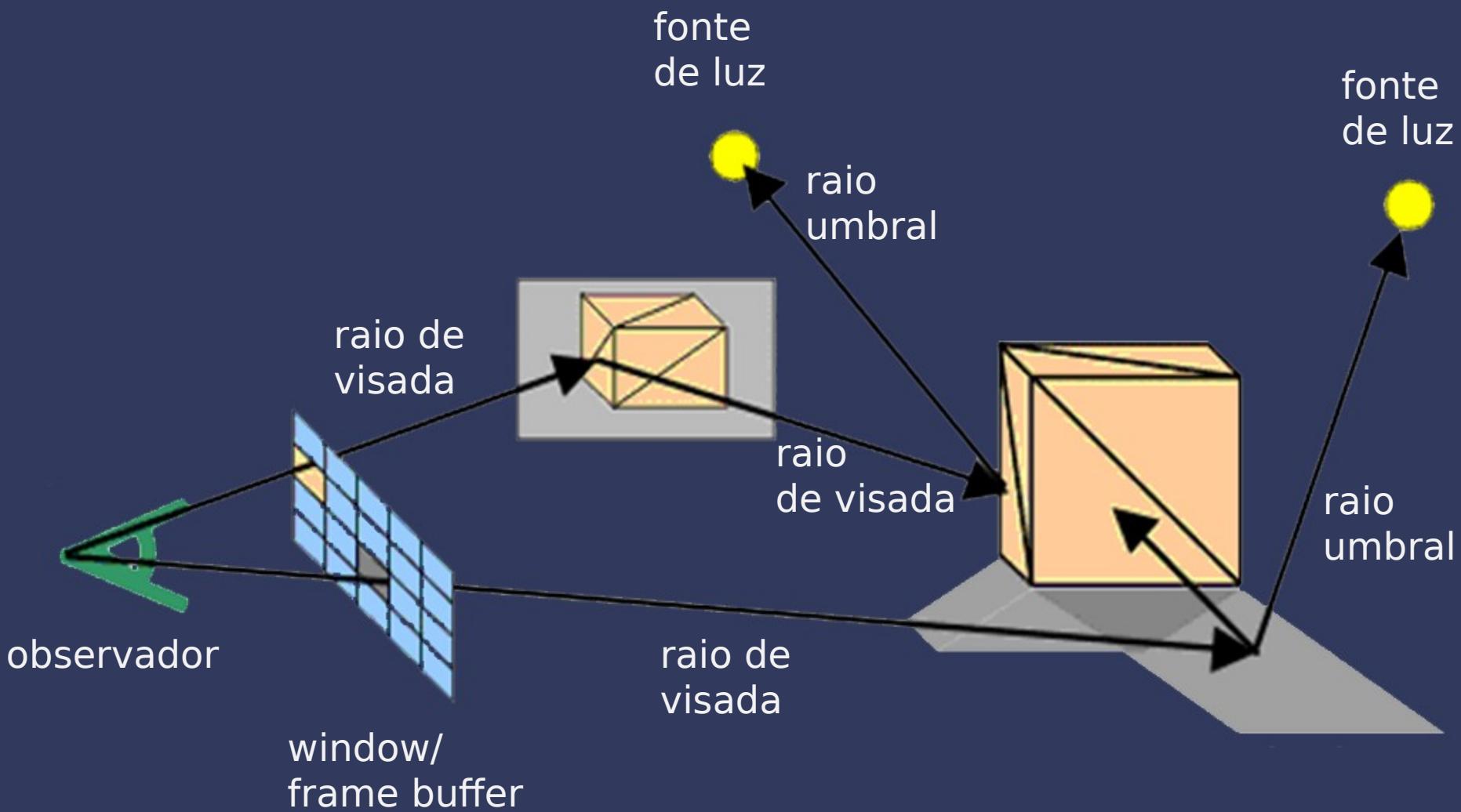
# O que é Raytracing

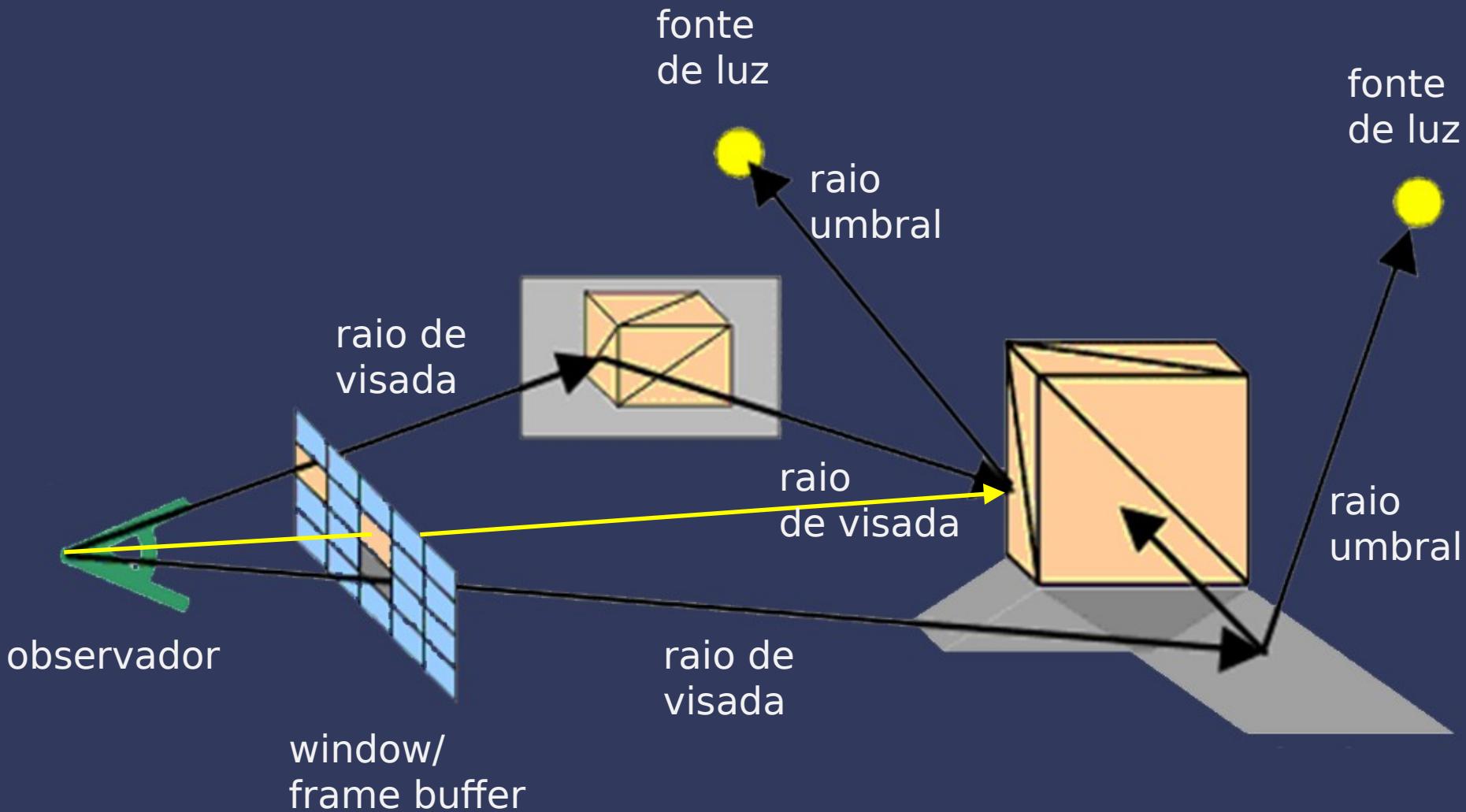
- Para cada pixel na imagem final, um ou mais raios de luz são disparados da câmera simulada para dentro da cena para vermos se intercepta algum objeto desta:
  - Estes "raios de visada" originam-se do observador virtual e passam através da Window para representar a imagem final.
  - Cálculo de interceptação utiliza um algoritmo da família denominada *zBuffering* ou Buffer de Profundidade.
  - Utilizamos a resolução da Viewport para nos dar a informação de quantos "pontos de incidência de raios de luz" teremos sobre a Window e assim parametrizar o nosso algoritmo de Conversão de Varredura, que gerará os pixels finais da imagem.

# O que é Raytracing

- Toda vez que um objeto é atingido por um raio de luz, a cor da superfície do objeto naquele local é calculada.
  - São enviados raios de volta a cada uma das fontes de luz da cena para determinar a quantidade de luz incidindo sobre a superfície a partir daquela fonte.
  - Estes "raios umbrais" são testados para saber se aquele ponto está na sombra do ponto de vista daquela fonte de luz ou não.
  - Se a superfície for translúcida, transparente, reflectiva ou espelhada, novos raios são disparados e traçados para se calcular a contribuição das luzes refratada e refletida para a cor final da superfície do objeto naquele ponto.



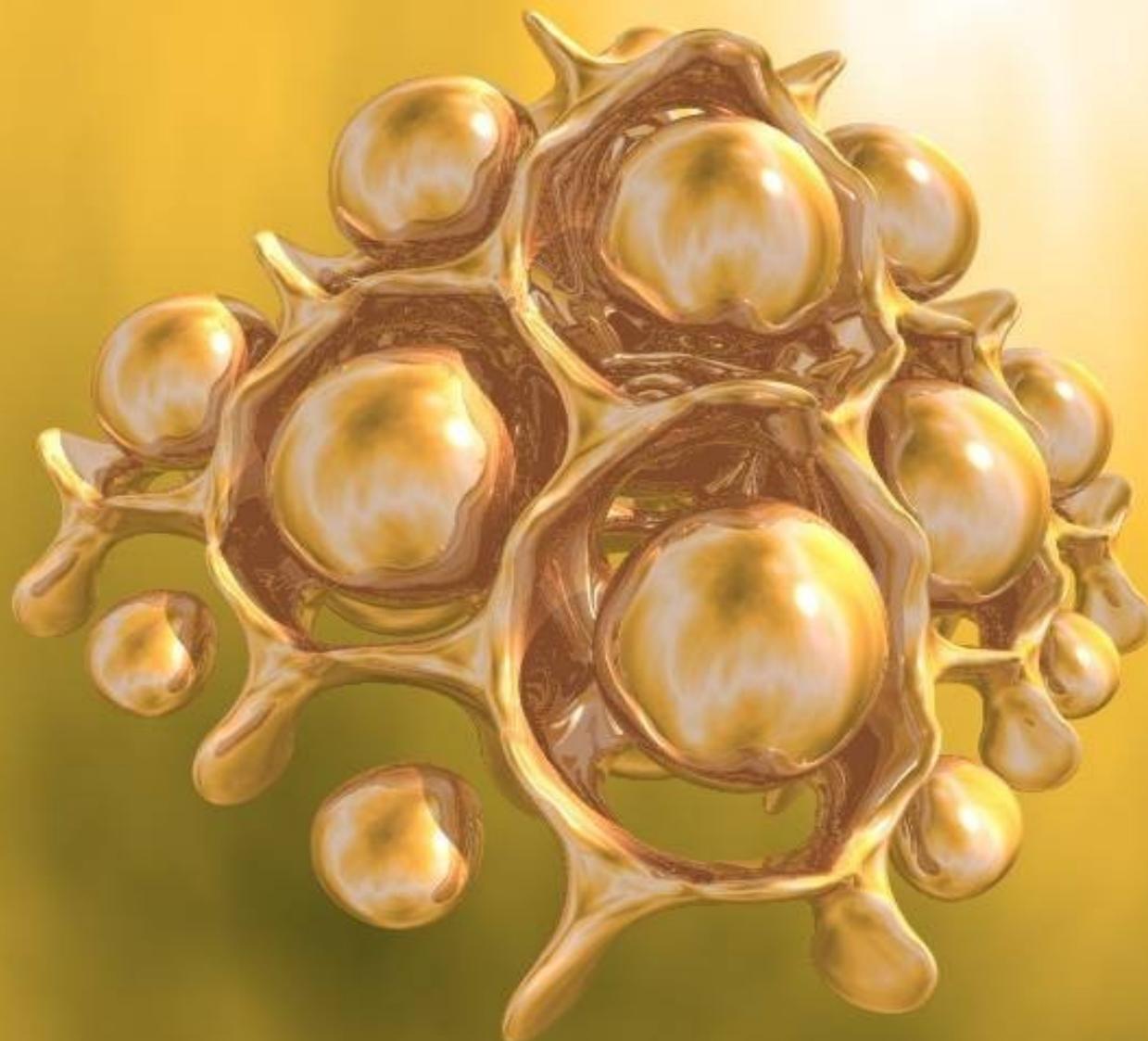






198,9





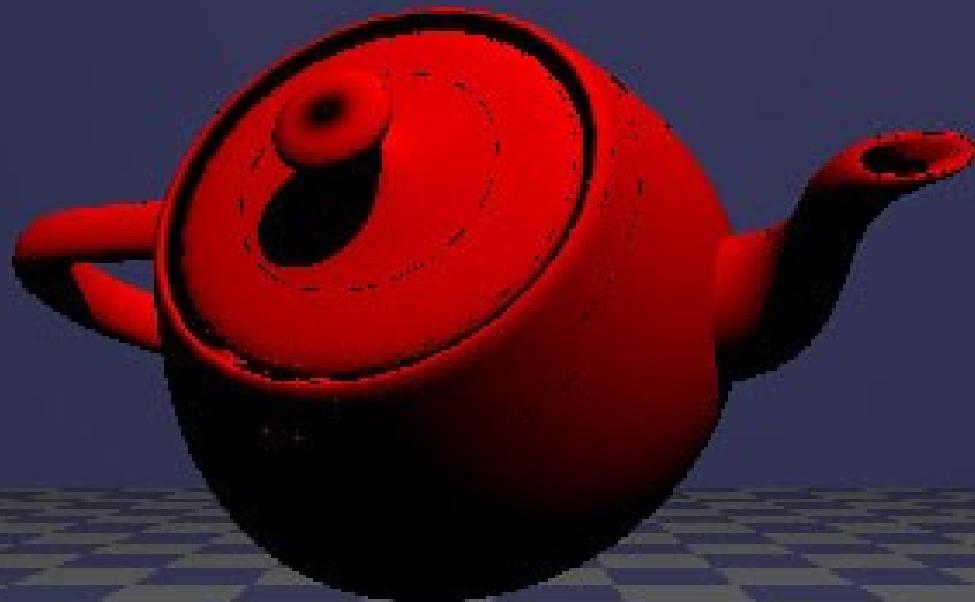
(c)Friedrich A. Lohmüller, 2000

# O que é Raytracing

- A **componente direta** consiste da luz incidente sobre uma superfície diretamente da fonte de luz ou através da transferência de uma ou mais superfícies perfeitamente especulares.
  - Uma lista de emissores de luz é utilizada e ordenada com base na sua contribuição potencial para minimizar o número de raios gerados para teste de visibilidade.
  - Amostragem de Monte Carlo pode ser combinada com a subdivisão de fontes de luz extensas para um cálculo de áreas de penumbra.
  - Transferências de luz especulares são transformadas em fontes de luz virtuais.

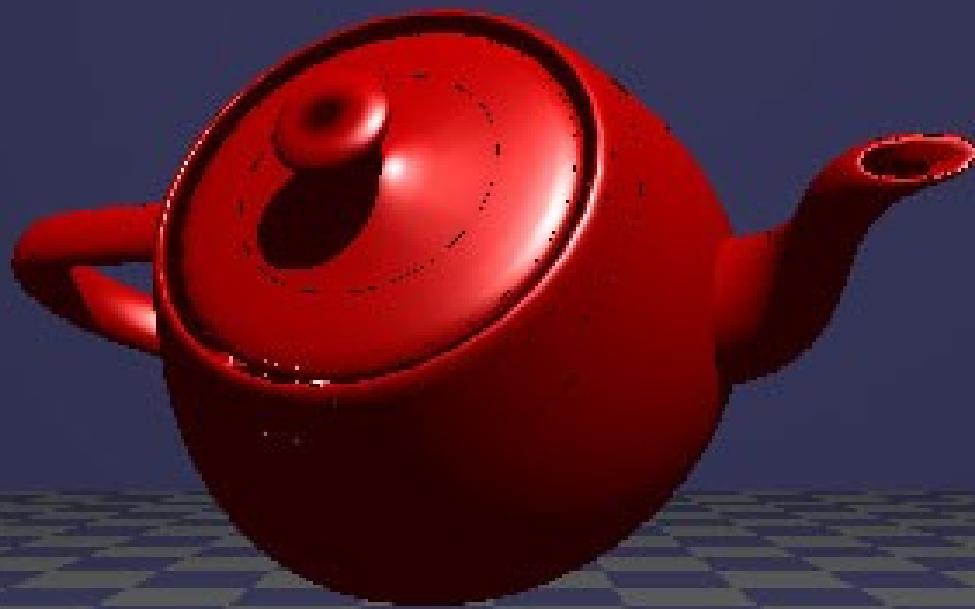


Render Window





383,82



# O que é Raytracing

- A componente **especular indireta** consiste de luz incidindo sobre uma superfície a partir de outras superfícies sendo refletida de forma direcional.
  - Transferências perfeitamente especulares são manipuladas através da redireção simples do raio refletido na direção adequada.
  - Transferências especulares grosseiras podem ser modeladas através da amostragem de Monte Carlo da direção transmitida ou refletida.

# Render Window



# O que é Raytracing

- A componente difusa indireta consiste de luz incidindo em uma superfície e sendo refletida ou retransmitida sem nenhuma preferência direcional.
  - A natureza desta componente exige que centenas de direções sejam examinadas para que se possa realizar uma estimativa de Monte Carlo razoável.
  - Como a componente difusa sofre muito poucas alterações ao longo de uma superfície, faz-se algumas amostragens a intervalos relativamente grandes e interpola-se o restante.
  - Esta é a premissa básica do método de "radiosidade".

 234,253



# O que é Raytracing

- Se desejarmos efeitos adicionais como reflexão interdifusa, efeitos atmosféricos e luzes de área, será necessário disparar uma quantidade bastante grande de raios adicionais para cada pixel para que se possa calcular a contribuição destes efeitos ao aspecto final da cena.



Copyright 1999 Johannes Ewers



Midnight on the Farm or:  
Arkansas Chicken VS. EBE's  
by H. E. Day | File # 82458477

# O que são Raytracers ?

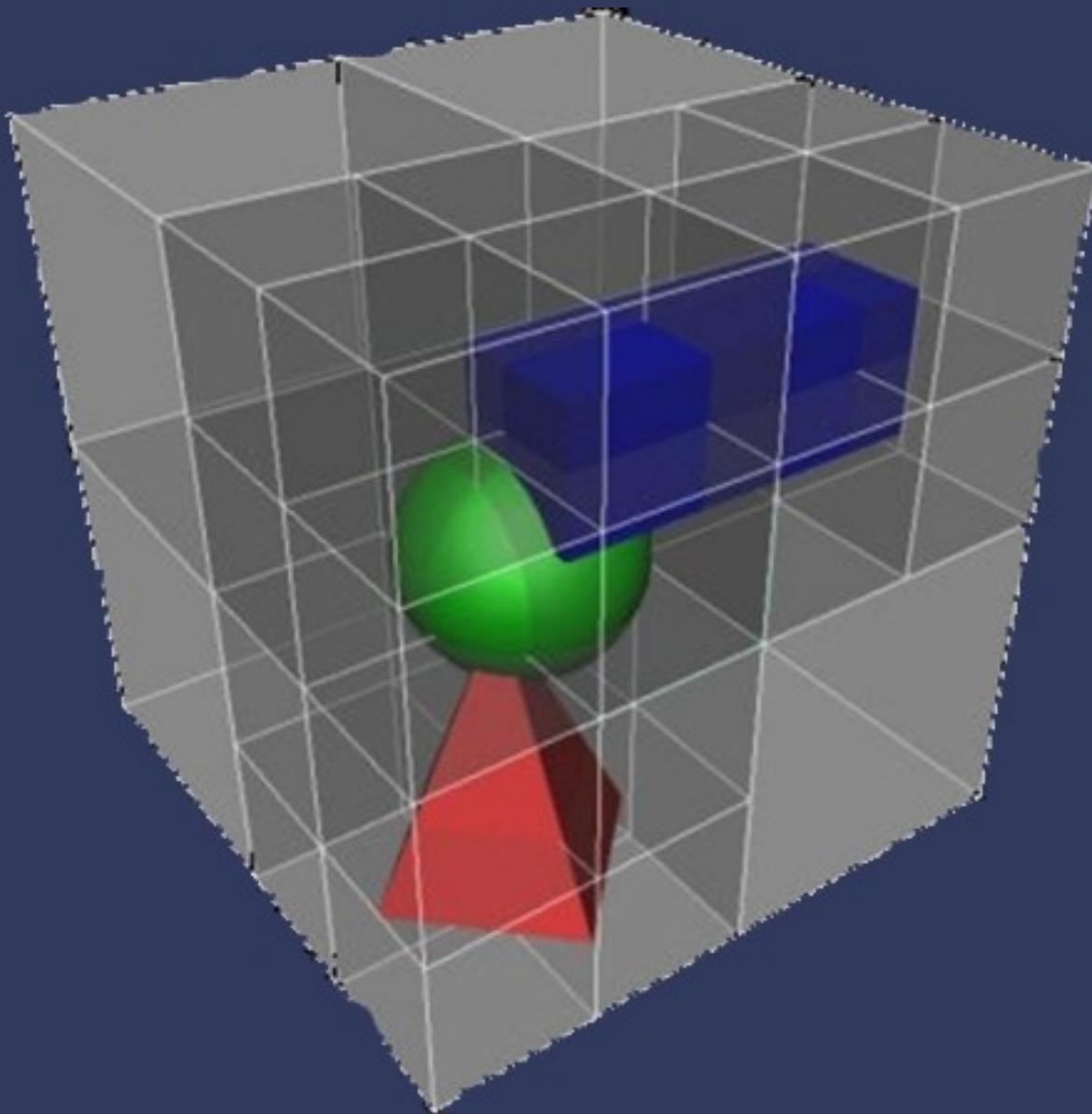
- Raytracers são programas de simulação de iluminação que sintetizam imagens a partir de modelos geométricos tridimensionais de espaços físicos utilizando a técnica de raytracing.
  - Orientação estática: O processo de raytracing tipicamente não é um processo rápido, mas pode produzir imagens de qualidade extremamente alta com reflexões, sombras e perspectiva realísticas, além de muitos outros efeitos.
  - Orientado a linguagem de definição de cenas: O modelo do mundo constitui os dados de entrada e descreve a forma, tamanho, localização e composição de cada superfície deste mundo.

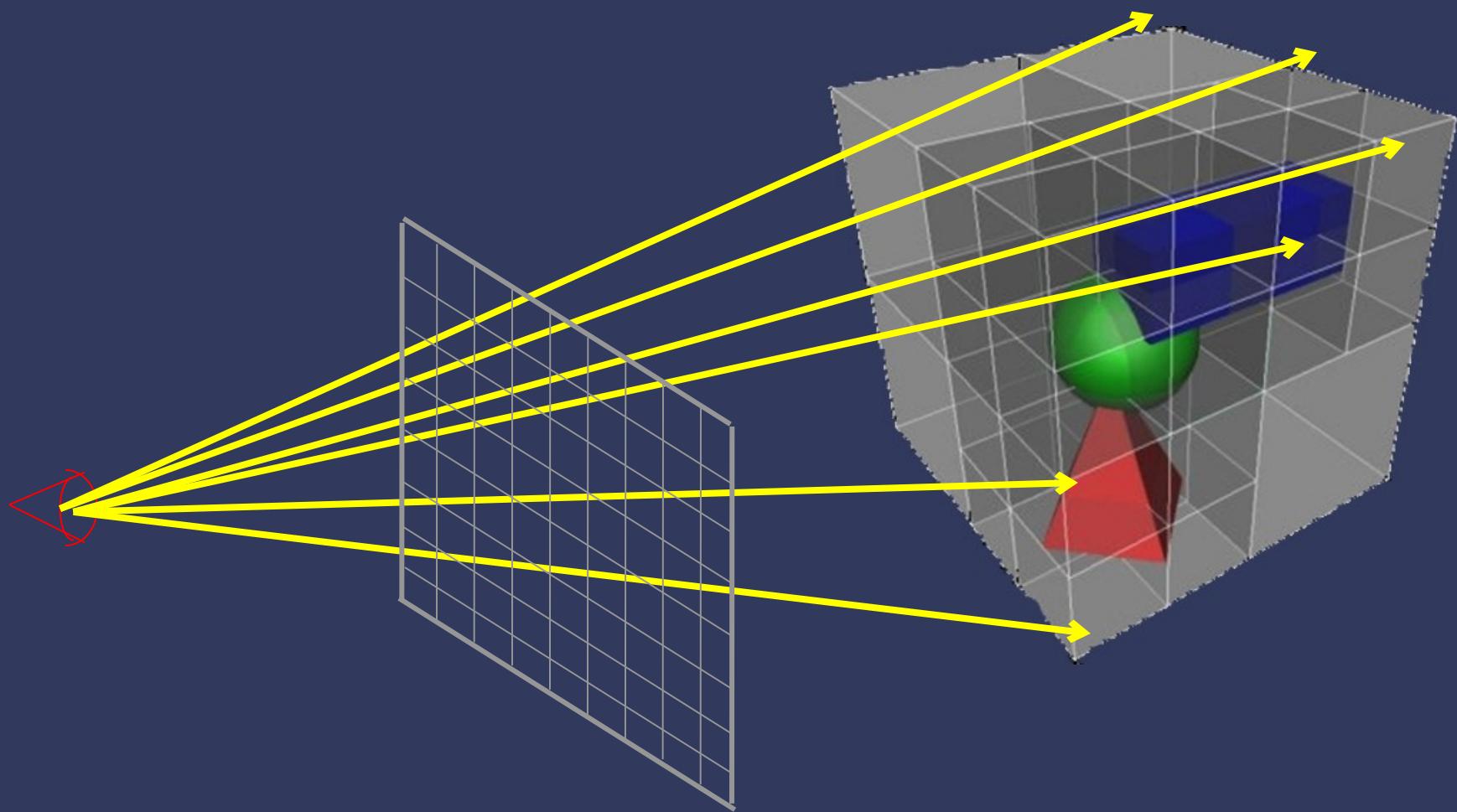
# O que são Raytracers ?

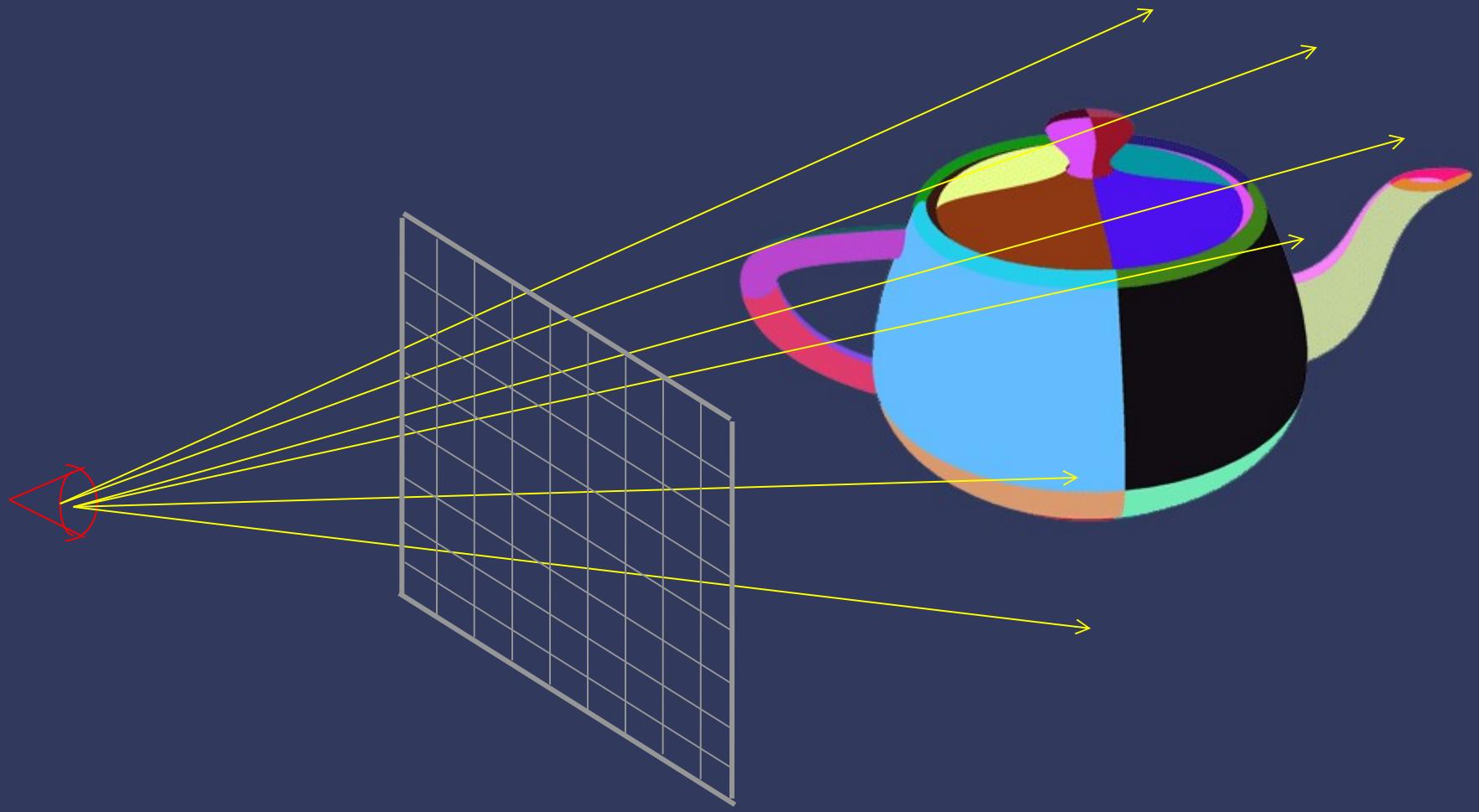
- Características comuns:
  - Linguagem de representação de cenas, baseada em entidades geométricas como sólidos e superfícies poligonais e transformações sobre estes para permitir a construção de objetos complexos, como Geometria Construtiva ou geração de sólidos de revolução.
  - Representação interna deste mundo em algum tipo de estrutura de dados adequada à Computação Gráfica 3D, como Octrees, gerada através de um módulo compilador de cenas.
  - Algoritmo da família dos Buffers de Profundidade para o cálculo das trajetórias dos raios.
  - Algoritmo de Conversão de Varredura para a discretização da cena em pixels.

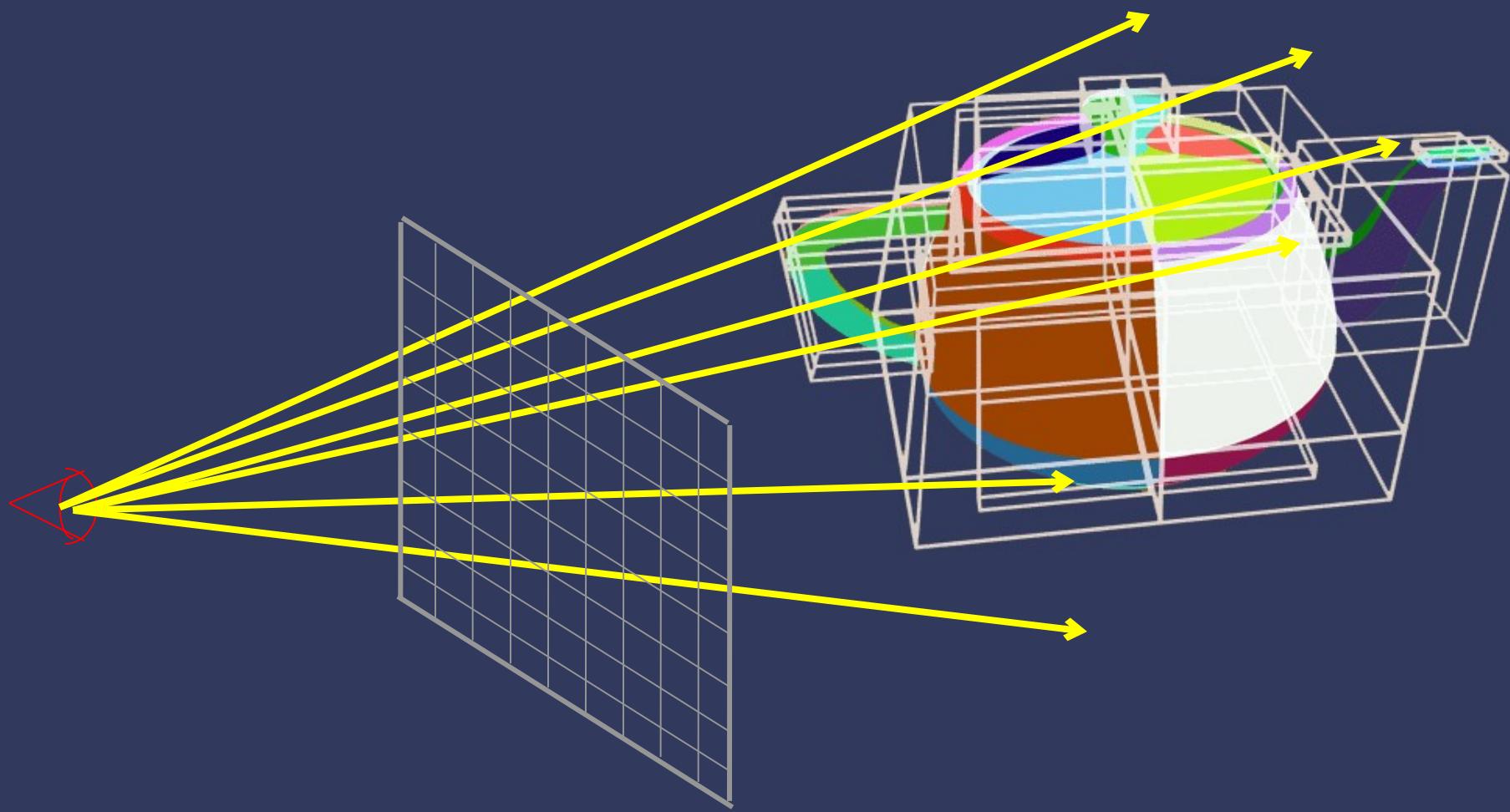
# Octrees

- Estruturas hierárquicas extremamente utilizadas em Computação Gráfica:
  - Versáteis para resolver problemas de visibilidade, segmentações, subdivisão espacial e outros.
  - Estruturas hierárquicas: Dividem o espaço e os objetos presentes nele com diferentes graus de precisão.
  - Aceleram o processo de raytracing descartando rapidamente muitos raios.
    - Raios que não intersectam um nodo da árvore também não intersectam seus filhos.









# POV-Ray

- O Persistence of Vision Ray-Tracer™
  - Desenvolvido a partir da ferramenta DKBTrace 2.12, escrita por David K. Buck e Aaron A. Collins
  - Desenvolvido por grupo de pessoas autodenominado the POV-Team em seu tempo livre. O site é [www.povray.org](http://www.povray.org).
  - O pacote POV-Ray inclui instruções detalhadas na utilização e criação de cenas com a linguagem de definição de cenas definida para POV-Ray. Muitas cenas prontas foram incluídas no pacote.
  - Além disso, uma biblioteca bastante extensa de formas e materiais também é provida com o pacote.
  - <http://www.povray.org/>



## Welcome

The [Persistence of Vision Raytracer](#) is a high-quality, Free Software tool for creating [stunning three-dimensional graphics](#). The source code is available for those wanting to do their own ports.

## Download and Navigation

To navigate about this site please use the navigation links at the top of this page. If you want to download POV-Ray, please visit our [download page](#).

## Contacting Us

To contact us, please use the address given at the bottom of our [license page](#). You may also wish to read our [privacy policy](#).

## POV-Ray-related News

### Blender to Persistence of Vision

The [Blender to Persistence of Vision](#) add-on's next release is slated for August 2nd 2020. See also: next day live [Q&A session](#)

[August 01, 2020] [\[Permalink\]](#)

### white\_dune VRML/X3D editor adds POV-Ray export

The folks at the open-source white\_dune 3d editor project let us know that they've added POV-Ray export capability. Neat! It looks like a useful tool, definitely worth checking out.

You can find their [github repo here](#) or if you prefer you can go straight to their [project website](#) for downloads.

[July 23, 2020] [\[Permalink\]](#)

### Call for papers: Ray Tracing Gems

[Eric Haines](#) dropped us a line to let us know that there is still time to submit proposals to [Ray Tracing Gems](#), with the final deadline being final October 15th 2018.

Eric also commented "They don't have to be about DXR, they could be survey or reference articles, or general principles worth writing down in one spot. We hope people will contact us informally about ideas for proposals before the paper deadline."

[July 01, 2018] [\[Permalink\]](#)

### POV-Ray 3.7.1 enters beta phase

POV-Ray 3.7.1 has officially entered public beta testing phase.

## Hall of Fame



"Pebbles"





New



Open



Save



Close



Queue



Rerun



Show



Ini



[512x384, No AA]

? POV-Win

? Scene

i Accessories

Messages

Changes.txt

Revision.txt

Readme.txt

woodbox.pov

Untitled.pov

teapot.pov

glasschess.pov

biscuit.pov

Untitled.pov

```
#include "colors.inc"

camera {
    location <0.0, 0.0, -10.0>
    direction <0.0, 0.0, 1.0>
    up <0.0, 1.0, 0.0>
    right <4/3, 0.0, 0.0>
}

light_source { <10.0, 40.0, -30.0> colour White }

sphere {
    <0, 1, 2>, 3
    texture {
        pigment { color Yellow }
    }
}
```

# Como Funciona POV-Ray ?

- Cenas em POV-Ray são descritas em uma linguagem de definição de dados denominada scene description language. Você simplesmente vai digitando comandos de definição de objetos e POV-Ray os interpreta e constrói a cena.

```
sphere {  
    <0, 1, 2>, 3  
    texture {  
        pigment { color Yellow }  
    }  
}
```

# RADIANCE

- RADIANCE objetiva suportar iluminadores e arquitetos na predição dos níveis de iluminação e aparência de um espaço anteriormente à construção.
  - Inclui programas para a modelagem e compilação da geometria de uma cena, dados de luminárias e propriedades de materiais, todos entradas necessárias à simulação do ambiente.
  - A simulação de iluminação em si utiliza técnicas de raytracing para o cálculo de valores de radiância, ou seja, da quantidade de luz passando por um determinado ponto em uma determinada direção, que são tipicamente arranjados para formar uma imagem de qualidade fotográfica.

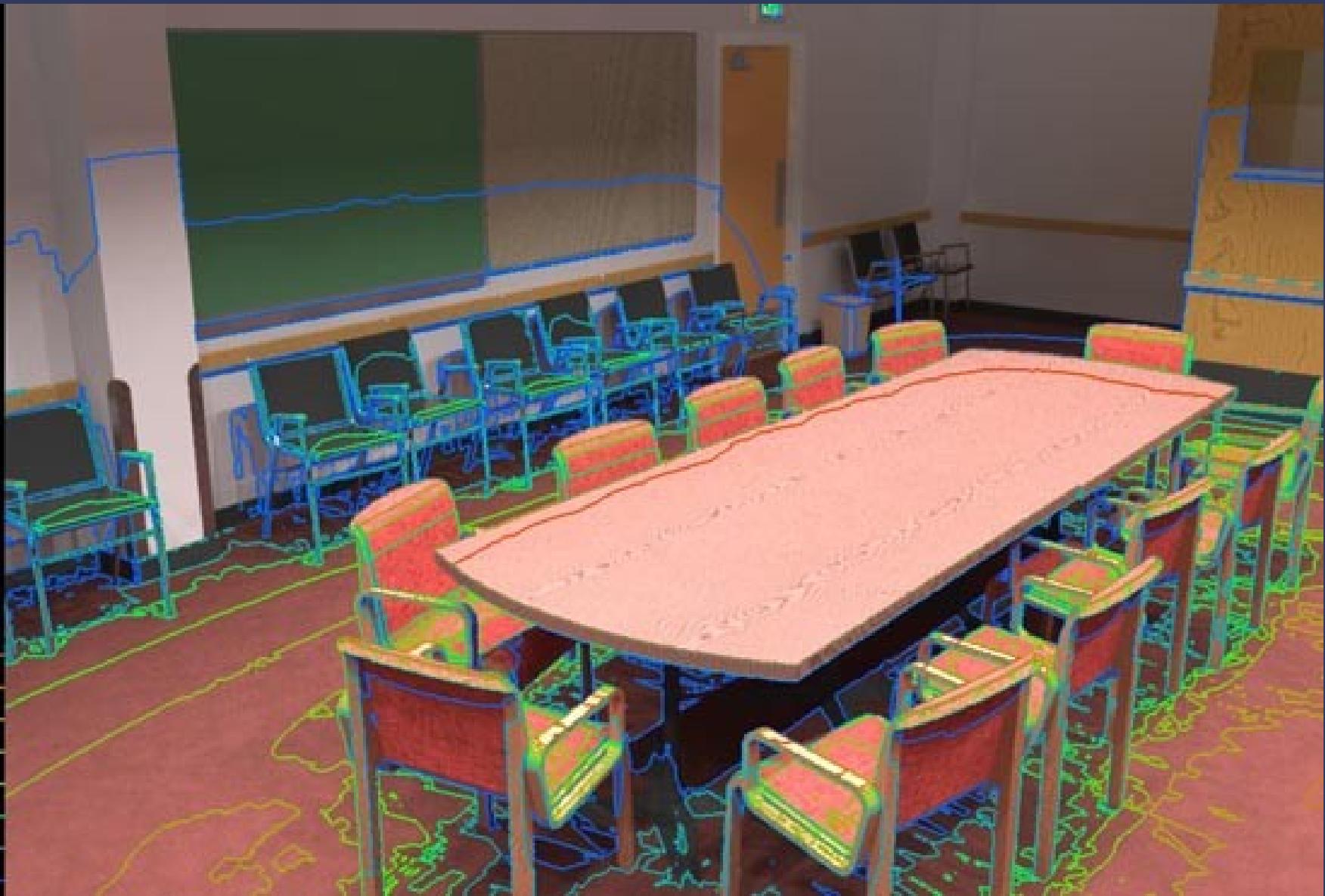
# RADIANCE

- RADIANCE roda em computadores UNIX.
- Não é software livre, mas é licenciado gratuitamente para uso de pesquisa e não comercial. Para uso comercial é necessária a aquisição de uma licença.
- Foi desenvolvido com suporte financeiro do Departamento de Energia dos Estados Unidos e do Governo Federal da Suíça.
- A propriedade intelectual do software encontra-se em mãos do Conselho Curador da Universidade da Califórnia.





Lux  
140.625  
121.875  
103.125  
84.375  
65.625  
46.875  
28.125  
9.375



# RADIANCE

- Uma vez que uma geometria de uma cena foi definida, ela é compilada em uma Octree, a qual atua como uma estrutura de dados eficiente para o processo de traçado de raios, permitindo que se determine quais superfícies um raio intercepta.
- Utiliza uma combinação de métodos de Monte Carlo e raytracing determinístico para adquirir um resultado razoável em um tempo razoável.
  - Parte de um ponto de medição, usualmente o ponto de visada ou centro de projeção, e traça os raios de volta às fontes de luz. O cálculo é dividido em três componentes: a componente direta, a componente especular indireta e a componente difusa indireta.



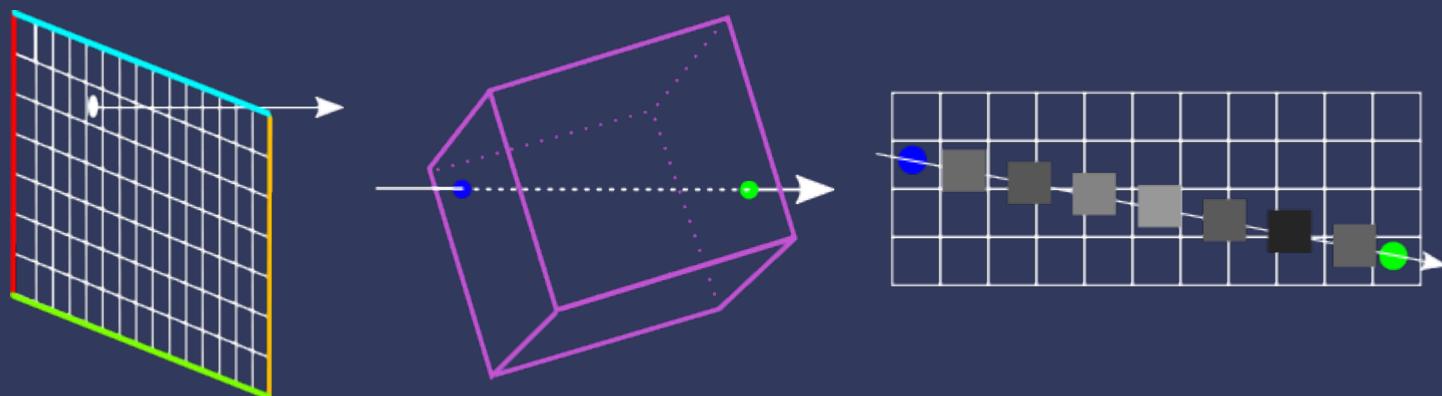


## Alternativa: *Raycasting*

- O que é Raycasting?
- “Atirar raios” é uma técnica de visualizar volumes densos de voxels ou nuvens de pontos
  - Tipicamente tomografia, ressonância magnética, radar, etc
- Cada voxel possui, além de uma cor, um valor de transparência
  - Pode ser calculado com base na sua cor
  - Cor + transparência = função de transferência

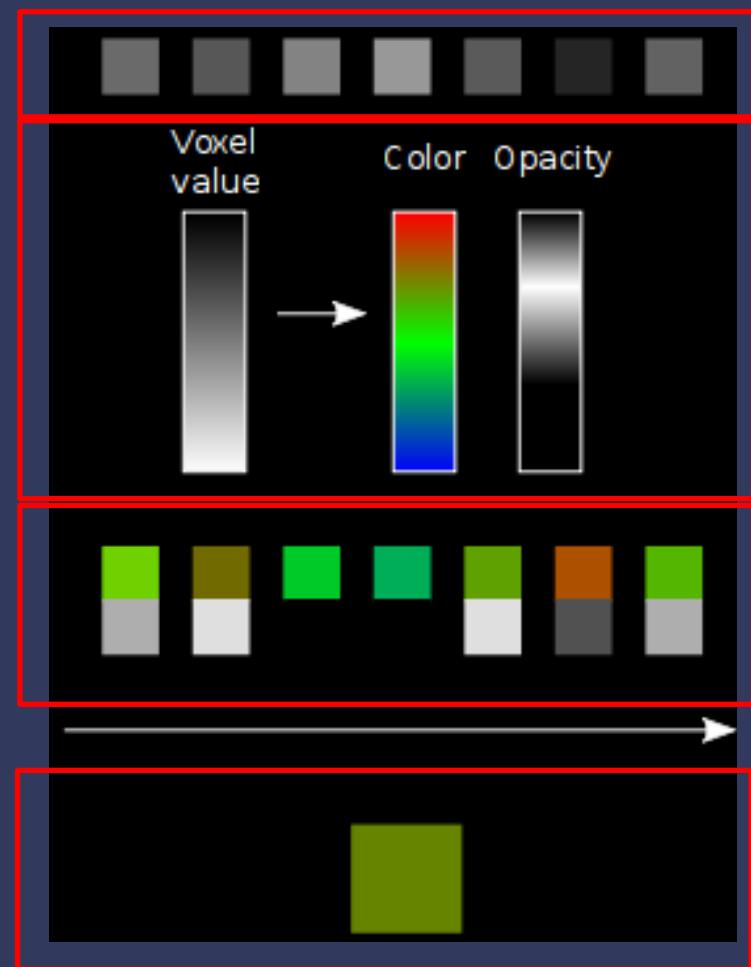
# Volume raycasting

- Visão geral do algoritmo:
  - Raios são emitidos de cada pixel da window para dentro do volume
  - Cada raio faz amostragem do volume em passos fixos usando interpolação trilinear



# Volume raycasting

- Visão geral do algoritmo:
  - Valores de voxel (dados amostrados) mapeados de acordo com uma função de transferência:
    - cor
    - alfa
  - Amostras compostas:
    - ordem de percurso do raio de visada
    - resultado é a cor do pixel

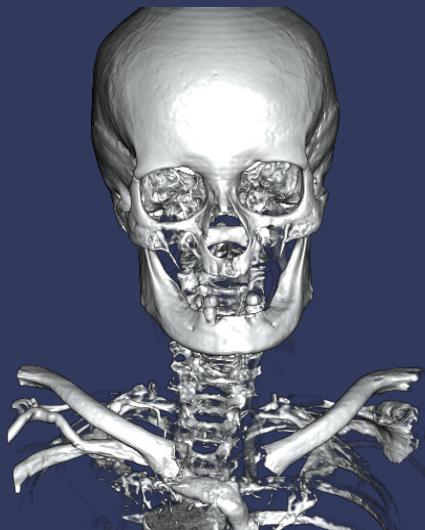


# Volume raycasting

- Algoritmo altamente paralelizável: raios podem ser calculados independentemente uns dos outros
- Vantagens em GPU: não há tráfego significativo de dados entre GPU e CPU uma vez que o volume foi carregado
  - funções de transferência simples e pequenas
  - imagem resultante é gerada no frame buffer da GPU, nenhuma transferência de memória adicional é realizada

# Volume raycasting

- Uma GPU moderna pode realizar renderizações em alta definição e em tempo real
- Na CPU uma renderização pode levar até 1 minuto....



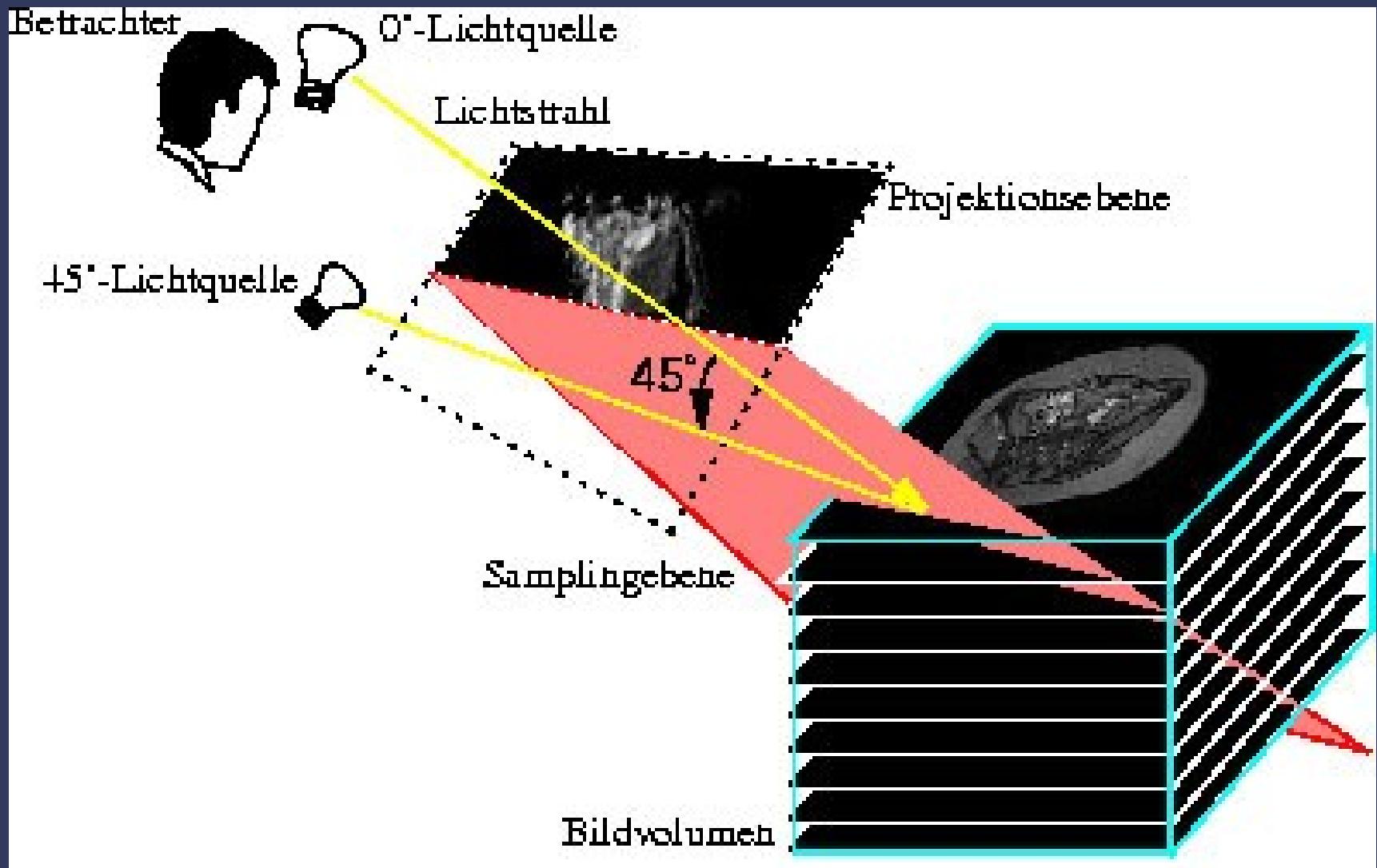
## Exemplo: Heidelberger Raytracer

- O Modelo de Raytracing de Heidelberg (HRM) é um método de visualização 3D que modela a interação da luz com objetos em conjuntos de dados médicos.
  - É especialmente estruturado para as necessidades de visualização médica e é o único método de sua categoria que incorpora sombras, o que é crucial para a percepção de profundidade adequada das reconstruções resultantes.
- O HRM foi desenvolvido em meados da década de 1990 no Centro Alemão de Pesquisas do Câncer - DKFZ em conjunto com o Departamento de Informática Médica da Universidade de Heidelberg.

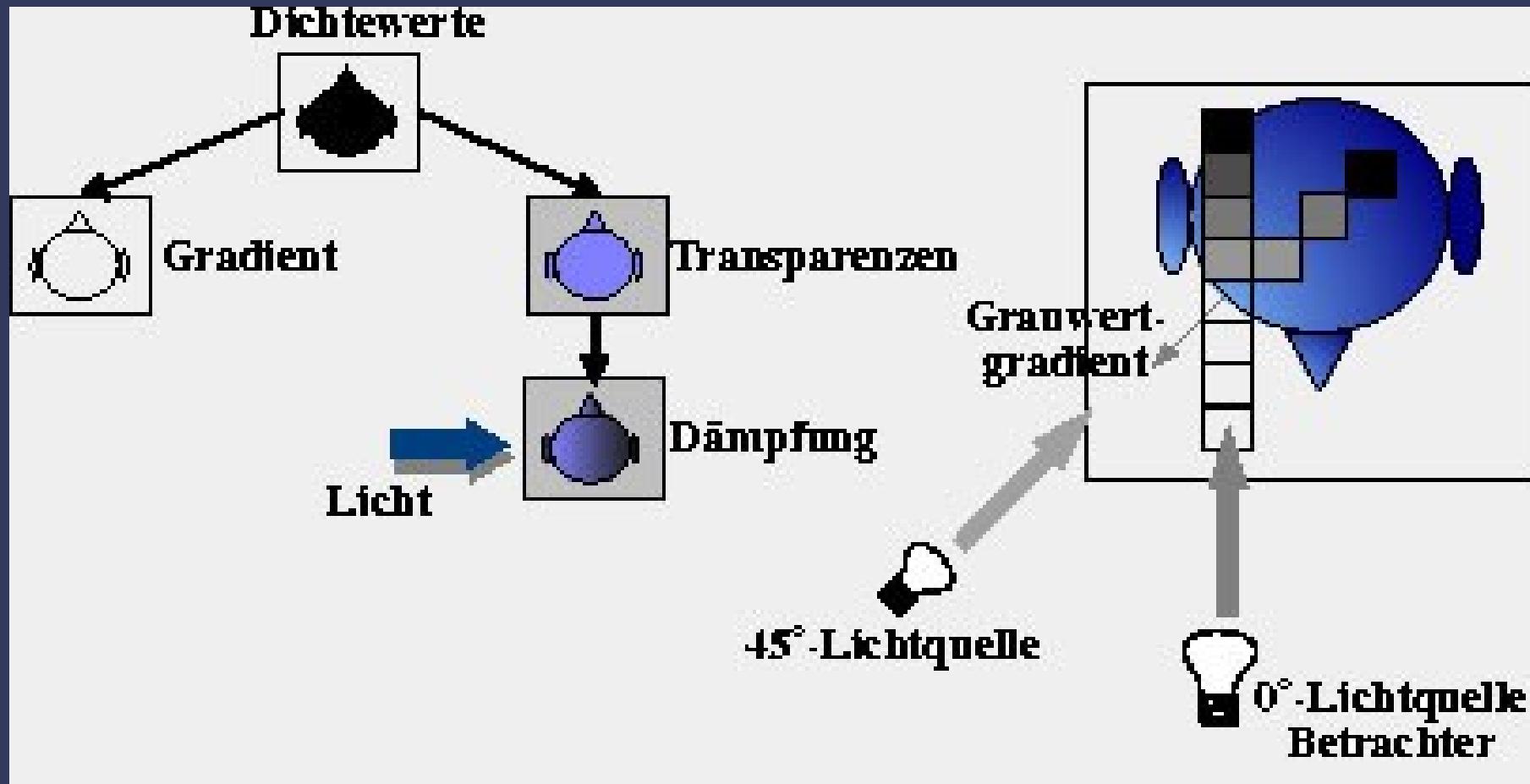
# Heidelberger Raytracer

- O volume de imagem considerado é um volume de cortes tomográficos ou de ressonância magnética
  - cada pixel de um corte é tratado como um voxel deste volume, e pode ser observado por um observador a partir de diferentes ângulos.
  - raios de luz são traçados através do volume e o resultado é projetado.
    - Para tanto considera-se os voxels como possuindo diferentes graus de transparência, sendo a transparência dada pela densidade radiológica de um determinado voxel.
    - A densidade radiológica é expressa na imagem por um tom de cinza, que quanto mais claro, maior é seu valor e portanto menor a sua transparência.

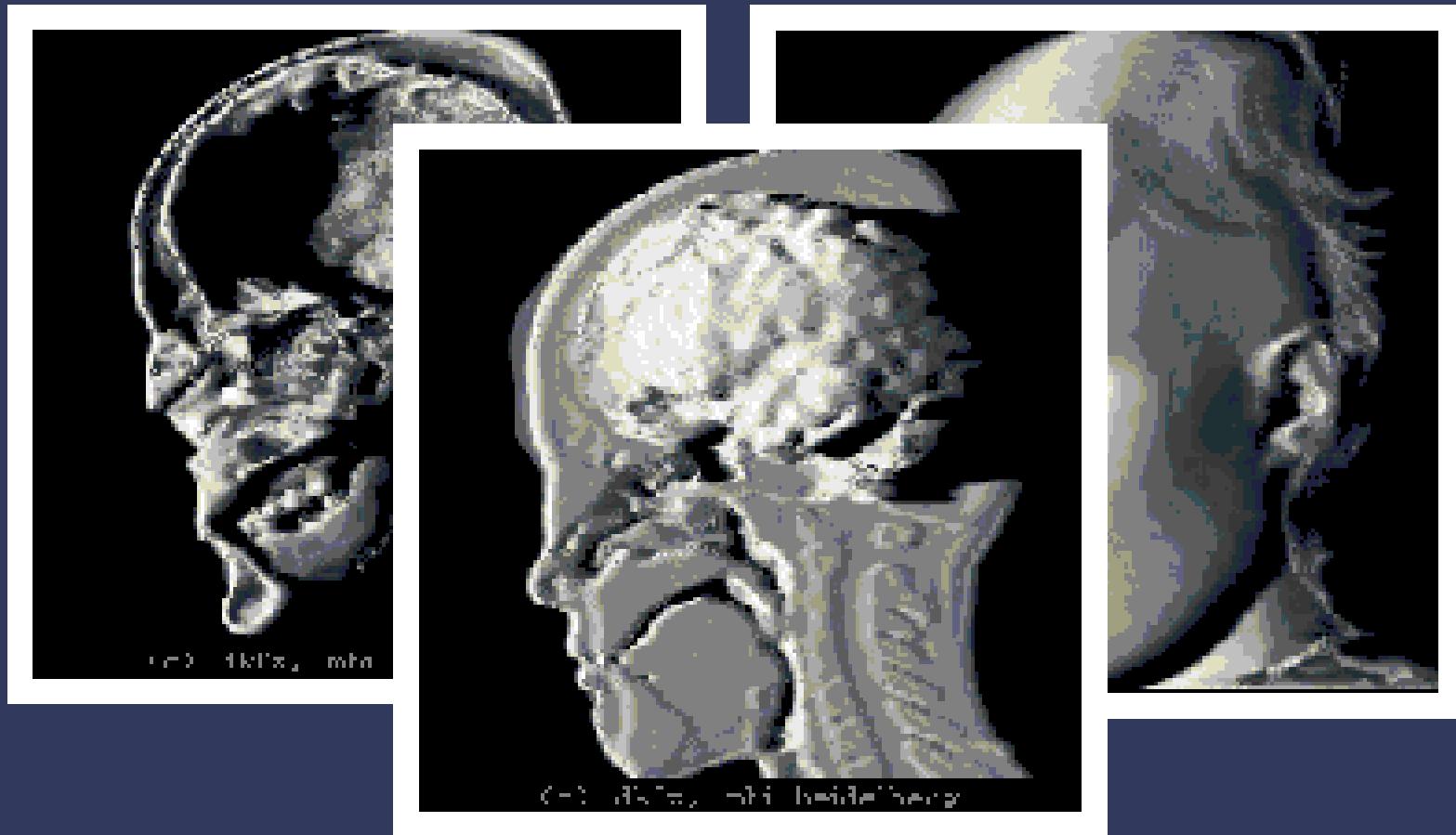
# Heidelberger Raytracer



# Heidelberger Raytracer

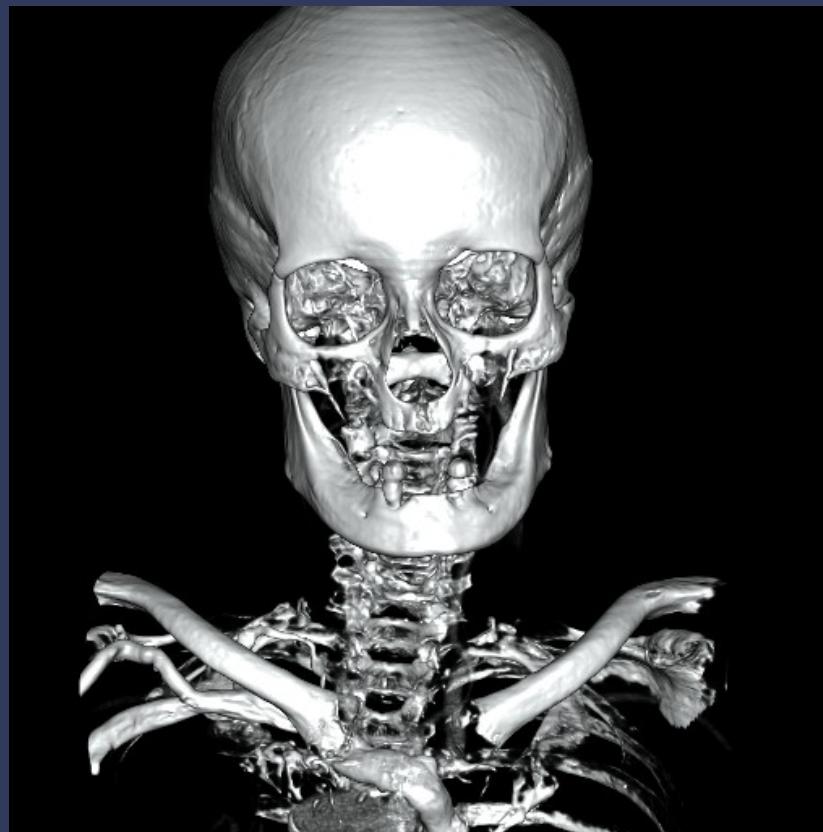


# Heidelberger Raytracer



# Raycasting

- Exemplos do LAPIX



Ossو

Tecidos

Pele





# **Performing Real-Time Interactive Fiber Tracking**

Adiel Mittmann\*, Tiago H. C. Nobrega,  
Eros Comunello, Juliano P. O. Pinto,  
Paulo R. Dellani, Peter Stoeter,  
Aldo von Wangenheim

[adiel@inf.ufsc.br](mailto:adiel@inf.ufsc.br)

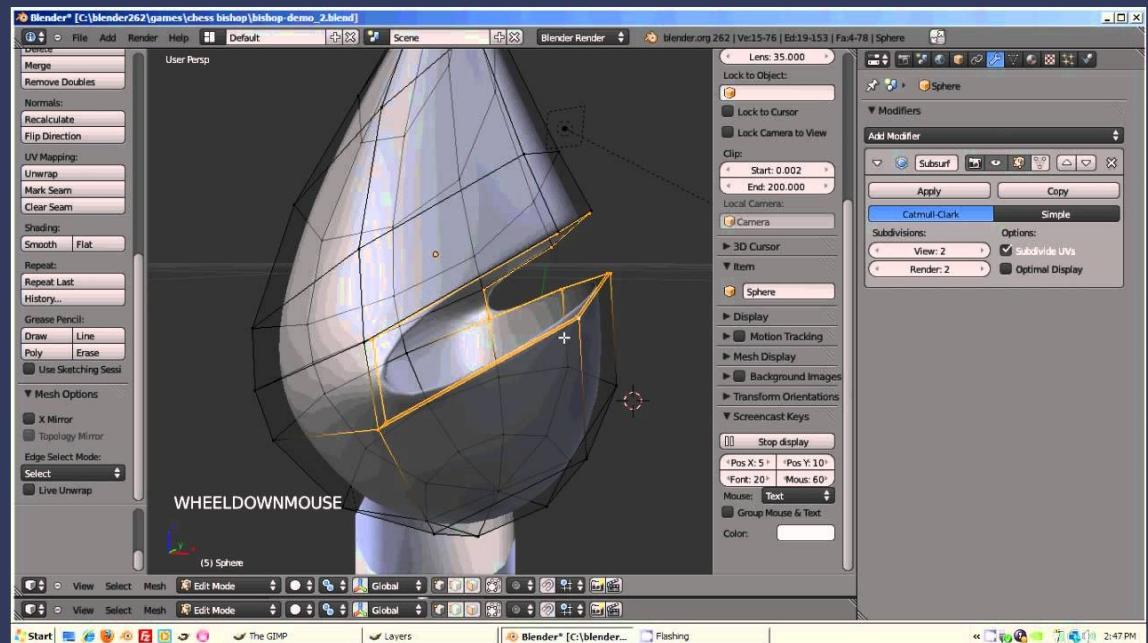


**LAPIX**  
[www.lapix.ufsc.br](http://www.lapix.ufsc.br)



# Ferramentas Atuais

- Para modelagem 3D de cenas e objetos usamos Modeladores 3D
- Exemplos:
  - 3D Studio Max
  - Maya
  - Poser
  - Blender
  - Wings3D
  - Bishop3D
  - Moray





## Atribuição-Uso Não-Comercial-Compartilhamento pela Licença 2.5 Brasil

*Você pode:*

- copiar, distribuir, exibir e executar a obra
- criar obras derivadas

*Sob as seguintes condições:*

Atribuição — Você deve dar crédito ao autor original, da forma especificada pelo autor ou licenciante.

Uso Não-Comercial — Você não pode utilizar esta obra com finalidades comerciais.

Compartilhamento pela mesma Licença — Se você alterar, transformar, ou criar outra obra com base nesta, você somente poderá distribuir a obra resultante sob uma licença idêntica a esta.

Para ver uma cópia desta licença, visite <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/br/> ou mande uma carta para Creative Commons, 171 Second Street, Suite 300, San Francisco, California, 94105, USA.

