

### 3º Encontro Português de Computação Gráfica

Coimbra, Outubro de 1990

## RAY-TRACING CONTROLAVEL INTERACTIVAMENTE PARA PRODUÇÃO DE IMAGENS DE REALISMO CRESCENTE

A Augusto Sousa, DEEC.FEUP/INESC.Norte

A Cardoso Costa, INESC.Norte

João Miguel Leitão, DI.ISEP/INESC.Norte

F Nunes Ferreira, DEEC.FEUP/INESC.Norte

### RESUMO

A geração de imagens com elevado nível de realismo por meio de um algoritmo de Ray-Tracing convencional, em sistemas de CAD, está totalmente fora de questão se considerarmos os requisitos ao nível da interactividade na maioria desses sistemas. Neste trabalho, são apresentadas algumas ideias que podem conduzir a um ambiente interactivo, baseado em imagens produzidas por Ray-Tracing. São introduzidos novos conceitos como sejam o *Realismo Crescente* e *Ray-Tracing Controlável Interactivamente*. Problemas relacionados com estes conceitos são pormenorizados e algumas soluções são sugeridas. Em resumo, apresenta-se uma nova versão de Ray-Tracing, consideravelmente diferente das versões convencionais, porque é interactivamente controlada pelo utilizador, podendo este, a qualquer momento, modificar a evolução do nível de realismo da imagem.

**Palavras Chave:** "Rendering", Ray-Tracing Controlável Interactivamente, Realismo Crescente, Arquitecturas Paralelas e Modulares, "Transputers", Processamento Paralelo.

## 1. INTRODUÇÃO

Em estações de trabalho com um certo nível, começa a ser comum a coexistência de vários métodos de produção de imagens, desde os mais simples (baseados em algoritmos de visibilidade, vulgarmente Scan-Line, Z-Buffer), associados a modelos de iluminação rudimentares (Gouraud, Phong), até outros mais sofisticados (Ray-Tracing e Radiosity). Os mais simples, com um tempo de resposta rápido, adaptam-se melhor às primeiras fases dos projectos, quando é necessário filtrar um número elevado de hipóteses; os últimos, muito mais lentos, situam-se melhor nas fases finais dos projectos, quando o número de soluções já é relativamente diminuto.

A passagem brusca de um nível de realismo muito baixo a um nível de realismo substancialmente mais elevado, não raras vezes nos conduz a resultados inesperados e desagradáveis. Além disto, a coexistência de implementações diferentes, muitas vezes recorrendo a hardware especializado, acaba por tornar complexa a arquitectura do sistema, encarecendo-o necessariamente.

Todos conhecem as imagens excelentes produzidas pelo algoritmo de Ray-Tracing [1][2], que não se compadecem com os tempos de resposta exigidos em ambientes de CAD. Aqui, e mais que em qualquer outro caso, é bem notório o antagonismo entre o nível de realismo (excelente) e os tempos de processamento (muito longos).

Este trabalho pretende desafiar esse antagonismo reconhecido universalmente, apontando um conjunto de estratégias para as quais procuramos soluções. A ideia geral baseia-se na existência de apenas um método de produção de imagens (Ray-Tracing) num ambiente de CAD. Nas primeiras fases de um projecto, as imagens produzidas pelo Ray-Tracing apresentam um nível de realismo médio, mas gradualmente, e conforme as necessidades e as especificações adicionais do utilizador, as imagens tornar-se-ão cada vez mais próximas das imagens reais... ou então serão pura e simplesmente rejeitadas.

As noções de *Realismo Crescente* e de *Ray-Tracing Controlável* são apresentadas, assim como os resultados obtidos com uma versão de estudo, controlável, desenvolvida a partir de uma implementação local já existente [3][4].

Apresenta-se a versão (em desenvolvimento) IIRRA-"Interactive Increasing Realism Ray-Tracing Algorithm" [5], que aproveita profundamente as noções de realismo crescente e de controlabilidade interactiva, implementada numa arquitectura que poderá ser de desempenho muito elevado, por ser modular, paralela e de baixo custo.

## 2. IMAGENS DE REALISMO CRESCENTE

Em [6], apresenta-se um sistema composto por vários métodos de "rendering". Esses métodos são usados sequencialmente, começando pelos mais rápidos mas menos realistas (afixação de vértices e de arestas), com os quais as primeiras imagens são criadas. A imagem continua a ser actualizada pelos outros métodos e, nos últimos passos, uma combinação dos algoritmos Z-Buffer e de Phong produz uma imagem de boa qualidade.

O Ray-Tracing tem a possibilidade de produzir imagens com muito mais realismo do que os algoritmos de visibilidade e "smooth shading" utilizados no sistema anterior. O nível de realismo de uma imagem calculada pelo algoritmo de Ray-Tracing é tanto maior quanto:

- mais pormenorizado e correcto for o modelo da geometria da cena,
- maior for o caminho percorrido pelos raios através da cena (nível ou altura da árvore de "shading"),
- maior for o número de pontos que constituem a imagem (resolução espacial),
- mais rico for o modelo em termos de fenómenos ópticos,
- maior for o conjunto de informações de aspecto consideradas,
- mais perto estiver da realidade o modelo de iluminação.

Tradicionalmente, todos estes parâmetros são considerados até aos seus limites máximos, sequencialmente e ponto por ponto, acarretando tempos de cálculo verdadeiramente inportáveis. As imagens são então visualizadas no final daqueles cálculos, mesmo que sejam apenas para rejeitar.

Este modo de produzir imagens, simples mas moroso, poderá ser substituído por um outro que, numa primeira fase calculará para cada ponto, apenas o efeito resultante do primeiro nível da árvore do Ray-Tracing (nível de realismo equivalente a um algoritmo Z-Buffer). Posteriormente, os efeitos resultantes de mais e mais níveis podem ser adicionados a toda a imagem ou a uma zona de interesse definida interactivamente. Além disso, é possível considerar somente o fenómeno de reflexão nas primeiras fases e, posteriormente, adicionar o fenómeno da transmissão dos raios luminosos.













Na primeira fase, a que chamamos interactiva, os raios luminosos são processados em modo "realismo crescente" somente até um nível restrito (4 ou 5) da árvore de "shading". É mesmo possível que a qualidade destas imagens não se degrade demasiado se se utilizar um nível inferior nos raios luminosos que tenham nos seus antecedentes algum efeito de transmissão de luz. Durante esta fase, o utilizador poderá definir uma zona de interesse, fora da qual os raios luminosos têm menor prioridade, não sendo portanto processados imediatamente.

Na segunda fase, não interactiva, é retirado um raio de cada vez do Depósito de Raios. Cada raio é então processado de uma forma mais convencional sob o ponto de vista de Ray-Tracing.

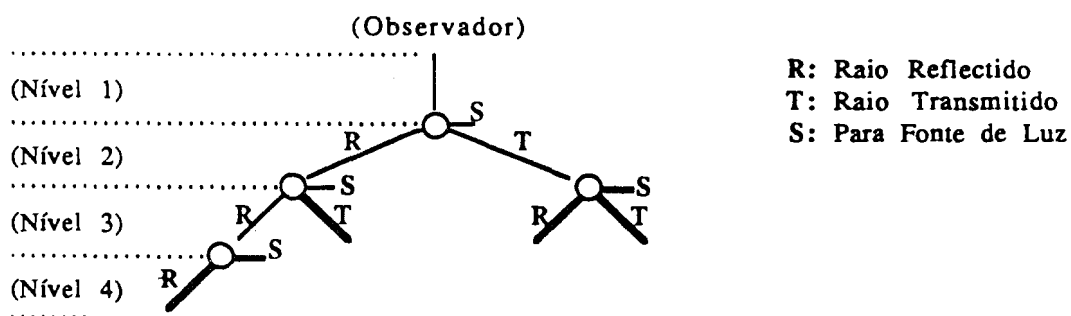


Fig. 5 - Árvore de "shading" reduzida

Nestas condições, a árvore de "shading" fica, durante a fase interactiva, mais reduzida (figura 5); o número máximo de raios memorizados mas não processados passa a ser:

$$NR = H.L.[2^{(LT-2)} \cdot (2+NS) + (LR-LT)]$$

com: LT -nível máximo para efeito de transmissão de luz  
LR -idem para a árvore (ramos de reflexão)

Conforme se deixa perceber nesta exposição, o utilizador terá à sua disposição várias hipóteses para fazer evoluir o realismo até chegar à imagem final com realismo máximo.

Admite-se que algumas dessas hipóteses possam (ou mesmo devam) ser definidas à priori como, por exemplo, o nível de pormenor do modelo geométrico da cena. Outras porém, poderão ser dinamicamente alteradas, quer automaticamente, quer pelo utilizador (por exemplo os pontos do ecrã podem inicialmente ser em pequeno número e esparsos, aumentando posteriormente em quantidade).









