

# **Influência da Posição de uma Fonte de Luz Puntual para a Percepção de Profundidade**

GILDA APARECIDA DE ASSIS

Instituto de Informática  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
CP 15064 - CEP 91501-970, Porto Alegre, RS  
gilda@inf.ufrgs.br

**Abstract.** This paper presents considerations about effects of alternative positions of a punctual luminous source with respect to the perception of depth in a scene generated by a ray tracing system. The work describes a serie of experiments applied to a sample of individuals. The analysis of results of these experiments allows conclude what an adequate choice for the localization of luminous source can brings considerable improvements on perception of depth in a scene viewed on a bidimensional display.

**Keywords.** Computer Graphics, Perception of Depth, Luminous Source.

## I. Introdução

A criação de imagens realísticas é uma meta importante em áreas como simulação, *design*, entretenimento, publicidade, pesquisa, educação, comando e controle. Assim, para suprir as necessidades de áreas tão diversificadas, a Computação Gráfica tem considerado a criação de imagens realísticas de cenas 3D como uma aplicação gradualmente importante, dentre seus vários campos de atuação [Foley (1990)].

Realismo é um termo largamente utilizado para referenciar imagens que capturem muito dos efeitos de interação da luz com objetos físicos reais. Um alvo importante e que endereça boa parte do aspecto realístico da imagem está associado com a noção de profundidade entre as várias partes da cena.

Em *displays* estéreo, como os *Head Mounted Displays* em ambientes virtuais, utilizam-se insinuações binoculares - derivadas do conhecimento de que o cérebro humano recebe duas visões do mundo visual, cada uma proveniente de um olho, e que as duas imagens retinianas são sempre ligeiramente diferentes - para a criação das imagens estéreo, onde a tridimensionalidade da cena é visualizada em um contexto completamente espacial [Sclovsky (1994)].

Para mostrar relações tridimensionais de profundidade em um *display* bidimensional, as insinuações de profundidade monoculares, que requerem o uso de apenas um olho, têm sido utilizadas na geração das imagens em Computação Gráfica. Estas insinuações se subdividem em duas categorias básicas: insinuações pictoriais, disponíveis a partir de uma inspeção estacionária da cena visual, e insinuações de movimento, presentes quando o observador ou os objetos na cena visual estão em movimento [Levine-Shefner (1981)].

As animações produzidas em Computação Gráfica têm demonstrado a aplicação das insinuações monoculares em toda sua extensão, reunindo insinuações pictoriais e de movimento. E os resultados obtidos, na maioria das vezes, mostram como tal combinação é adequada para a percepção de profundidade na seqüência de quadros da animação.

As insinuações monoculares pictoriais utilizadas em Computação Gráfica incluem insinuações que permitem especificar matematicamente a profundidade através da projeção perspectiva, atenuação de intensidade e gradientes de textura e também outros indícios como elevação, iluminação e sombreamento e recorte em profundidade que, mesmo não sendo mensuráveis quanto a sua efetividade para a percepção de profundidade numa cena, têm uma considerável contribuição para a noção de profundidade relativa dos objetos.

Este trabalho tem por base o fato de que as pessoas assumem naturalmente um padrão de iluminação com a luz proveniente de cima da cena, conforme descrito em [Levine-Shefner (1981)] e, portanto, tendem a escolher a alternativa que não entre em conflito com esta prerrogativa básica. Conhecendo-se este fato, os experimentos descritos na próxima seção buscam obter resultados que comprovem ou não a efetividade de uma escolha mais criteriosa para a posição da fonte de luz, de forma a aumentar a percepção de profundidade na cena e evitar análises errôneas sobre a imagem em questão.

## II. Experimento

Para verificar se a posição da fonte de luz afeta a percepção de profundidade, foi realizado um experimento psicofísico em que duas esferas iguais (mesmas dimensões, com mesmo gradiente de textura e posicionadas sobre um mesmo eixo principal) eram soltas no espaço. Uma das esferas ia se deslocando em profundidade (para dentro do plano da tela) enquanto as pessoas eram então questionadas quanto à profundidade

relativa das esferas. Quando os indivíduos identificassem um desnível de profundidade, eles eram então questionados sobre o posicionamento de cada uma das esferas em relação à outra, ou seja, qual estaria mais à frente ou mais atrás no espaço.

A escolha de duas esferas iguais para o experimento teve como meta a obtenção de um conjunto simétrico, de forma que a luz se distribuisse semelhantemente entre os objetos geométricos da cena.

Selecionou-se a cor amarela para as esferas pois pesquisas anteriores comprovaram que as pessoas enxergam mais tons na faixa do amarelo, uma vez que a sensibilidade espectral dos cones não é uniformemente espaçada e há uma discriminação das matizes na região vermelho-verde (o amarelo está nesta região do espectro) muito mais precisa que na faixa do azul [Myers (1980)]. Com tal escolha acreditava-se que as variações de tonalidades ao longo das esferas seriam, a princípio, mais perceptíveis.

A idéia inicial era definir uma estrutura esférica hipotética (novamente a simetria é levada em conta na montagem do experimento), que englobasse as duas esferas experimentais e, a partir de pontos sobre esta estrutura, montar um número considerável de séries com posicionamentos diversificados para a fonte de luz, correspondendo a pontos sobre esta esfera hipotética. Uma vez que um grande número de séries tornaria o experimento cansativo e bastante demorado, podendo afetar a disponibilidade e interesse das pessoas pesquisadas, optou-se por um subconjunto dos pontos considerando variações ao longo dos três eixos principais de definição dos objetos da cena ( $x, y, z$ ).

Após uma avaliação prévia das imagens obtidas, observou-se que as variações ao longo do eixo  $x$  geraram uma esfera (a mais afastada da luz) cujo caráter tridimensional era de difícil percepção. Assim foram selecionadas para a realização do experimento quatro posições básicas: acima (P1), abaixo (P2), frente (P3) e atrás (P4).

Ainda na análise prévia das imagens, percebeu-se que as imagens geradas com a luz posicionada sobre os eixos selecionados ( $y$  e  $z$ ) não pareciam naturais, e portanto introduziu-se um pequeno deslocamento de tamanho  $r$  (raio das esferas) para o outro eixo selecionado, obtendo-se as seguintes posições iniciais para cada uma das séries experimentais: P1 (0, 20, 3); P2 (0, -20, 3); P3 (0, 3, 20) e P4 (0, 3, -20).

Foi escolhido um intervalo de deslocamento em profundidade (para dentro da tela) do tamanho do raio das esferas utilizadas, com os quadros sendo gerados em seqüência para as apresentações em cada uma das séries, ou melhor, para cada uma das diferentes posições da fonte de luz. Este intervalo foi selecionado após uma bateria de testes iniciais com valores arbitrários para o deslocamento, e o conjunto final, correspondendo ao deslocamento de tamanho  $r$ , mostrou-se como a escolha de menor valor para o deslocamento entre quadros e que produziu, na maioria das vezes, quadros subsequentes ligeiramente diferentes.

Cada quadro das séries, ou seja, para cada determinado posicionamento da fonte de luz, foi sintetizado pelo método *ray tracing* convencional, que utiliza uma versão simplificada do modelo de iluminação apresentado em [Hall (1989)]. Uma vez que o objetivo do experimento é de certa forma “medir” a efetividade da iluminação para a percepção de profundidade com a luz em diferentes posições, alterou-se o *ray tracing* com o intuito de eliminar outras insinuações de profundidade (projeção perspectiva e sombreamento), de modo que o único indicio de profundidade presente na cena fosse os efeitos da iluminação sobre os objetos.

Abaixo está a descrição dos parâmetros fixos utilizados para a sintetização do quadros em todas as séries do experimento, incluindo a definição da câmera e da fonte de luz puntual bem como os parâmetros das esferas. A resolução (largura x altura) utilizada foi de 640x640 *pixels*. Os quadros gerados com a luz em P1 podem ser vistos na figura 1.

Câmera	
Localização	(0 0 20)
Alvo	(0 0 0)
Orientação	(0 1 0)
Abertura Vertical	30
Abertura Horizontal	30

Tabela 1.1. Parâmetros de câmera.

Esferas			
Posição inicial-esfera 1	(6, 0, 0)		
Posição inicial-esfera2	(-6, 0, 0)		
Raio	3		
Coefficiente ambiente	0.1		
Coefficiente difuso	0.6		
Coefficiente especular	0.4		
Expoente especular	80		
Índice de reflexão	0.0		
Índice de transparência	0.0		
Superfície	Difusa		Fresnel
	Verm.	250	127
	Verde	150	76
	Azul	0	115

Tabela 1.2. Parâmetros das esferas.

Luz				
Posição	P1	P2	P3	P4
Brilho	1.0			

Tabela 1.3. Parâmetros da fonte de luz.

### III. Resultados

O experimento foi aplicado a uma amostra de 16 pessoas. Dentre os entrevistados, 13% não identificou qualquer mudança de profundidade em alguma das séries.

O gráfico 1 mostra a distribuição percentual de indivíduos que identificaram mudança de profundidade como função do estágio (deslocamento) em que visualizaram a variação.

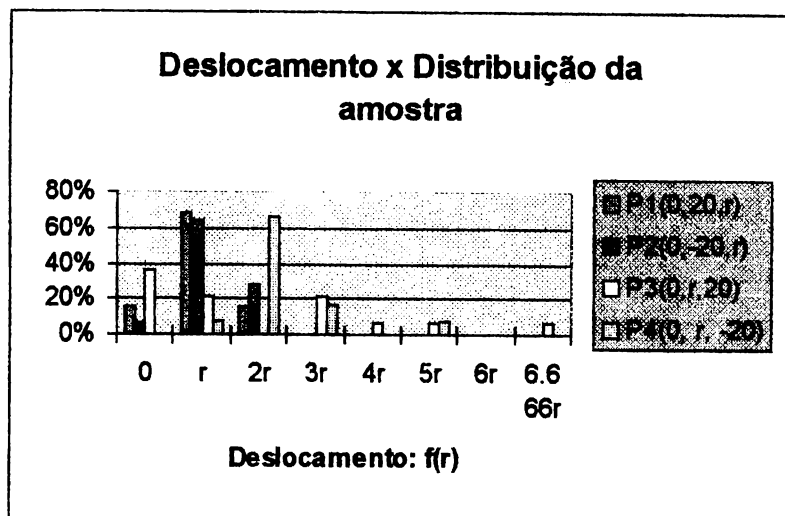


Gráfico 1. Resultado dos experimentos aplicados.

Observa-se que a luz em P3 (praticamente na mesma posição da câmera) obteve o maior percentual (cerca de 30%) de falso positivo, ou seja, identificação de mudança de profundidade quando as esferas estão no mesmo nível.

Calculando o deslocamento médio (média aritmética) que foi necessário para a identificação de mudança de profundidade em cada posicionamento da fonte de luz e o desvio padrão associado, obtém-se os dados mostrados na tabela 2.

Dados estatísticos	P1	P2	P3	P4
desloc. médio	1.18	1.31	3.07	1.5
desvio padrão	4.95	7.99	2.7	22.09

Tabela 2. Deslocamento médio e desvio padrão associados com cada série.

Conforme verifica-se analisando a tabela acima, o menor limiar médio encontrado, com um desvio padrão relativamente pequeno, refere-se à luz na posição P1, ou seja, acima das esferas. Esta constatação vem ao encontro da hipótese que norteou o trabalho, uma vez que trabalhos anteriormente desenvolvidos na área de percepção visual atestam que as pessoas assumem como *default* a luz vinda de cima e, portanto, era de se esperar que com a luz acima das esferas realmente a percepção de profundidade na cena fosse favorecida, como ocorreu no experimento.

Entretanto, mesmo percebendo a diferença de profundidade entre as esferas, na maioria das vezes as pessoas não identificaram corretamente o posicionamento relativo das mesmas, ou seja, qual estava mais à frente ou mais atrás.

Acredita-se que com a presença de outras insinuações de profundidade como a perspectiva, a noção da posição relativa das esferas se tornaria disponível e, portanto, o problema da identificação incorreta das posições relativas dos objetos não mais estaria presente. Porém testes precisam ser feitos para verificar o comportamento conjunto da iluminação e outros indícios de profundidade na cena.

Também espera-se que em contextos completamente espaciais, como é o caso de ambientes virtuais, a tridimensionalidade explícita dos objetos auxilie a percepção de diferentes tons pelo participante, favorecendo a noção de profundidade relativa na cena.

#### IV. Conclusão

Os resultados apresentados na seção anterior permitem concluir que a iluminação representa um forte indício de profundidade na cena, o qual pode ser aproveitado através de um posicionamento adequado da fonte de luz (acima dos objetos), uma vez que tal iluminação não contraria as expectativas perceptuais do indivíduo.

Por outro lado, um posicionamento adequado para a luz não dispende mais tempo computacional que a alternativa de se colocar a fonte de luz na mesma posição da câmera, escolha largamente difundida entre profissionais de Computação Gráfica.

A propósito, a motivação deste trabalho esteve associada com a busca de fundamentação teórica e experimental para discussões e debates quanto ao grau de "realismo" de uma imagem sintetizada, com base nos conhecimentos atuais da percepção visual humana referentes à iluminação.

#### V. Proposta para novos trabalhos

Uma vez que os experimentos apresentados dizem respeito a uma porção reduzida das possibilidades reais de sintetização da cena, outros estudos precisam ser desenvolvidos para se garantir a percepção mais efetiva de profundidade na imagem como um todo. Assim, seguem abaixo algumas sugestões de propostas para a continuação e/ou ampliação do trabalho aqui apresentado:

- verificar os efeitos de um referencial para a percepção de profundidade na cena onde apenas a informação de iluminação;
- promover variações em profundidade ( $z$ ), com o intuito de descobrir a posição que produza uma imagem mais natural do ponto de vista do usuário;
- avaliar o comportamento das junções de indícios para a noção de profundidade relativa;
- efetuar um estudo semelhante ao apresentado neste artigo para a obtenção do limiar de contraste do aspecto luminância mais adequado à percepção de profundidade na cena.

#### VI. Referências

[Sclovsky (1994)] SCLOVSKY, L **Uma Análise Introdutória da Realidade Virtual**. Porto Alegre: CPGCC da UFRGS, 1994, 144p.

[Foley (1990)] FOLEY, J. D. et al. **Computer Graphics: principles and practice**. 2<sup>nd</sup> ed. Reading: Addison-Wesley, 1990. 1174p.

[Levine-Shefner (1981)] LEVINE, M. W.; SHEFNER J. M. Depth Perception. In: \_\_\_. **Fundamentals of Sensation and Perception**. Addison-Wesley, 1981. p.250-273, cap. 11.

[Livingstone (1992)] LIVINGSTONE, M. Art, Illusion, and the Visual System. **Scientific American**, v. 258, n.1, p. 68-75, Jan. 1992.

[Myers (1980)] MYERS, W. Computer Graphics: a Two-Way Street. **IEEE Computer**, v. ZZ, n. ZZ, p. 49-58, Jul. 1980.

## Apêndice

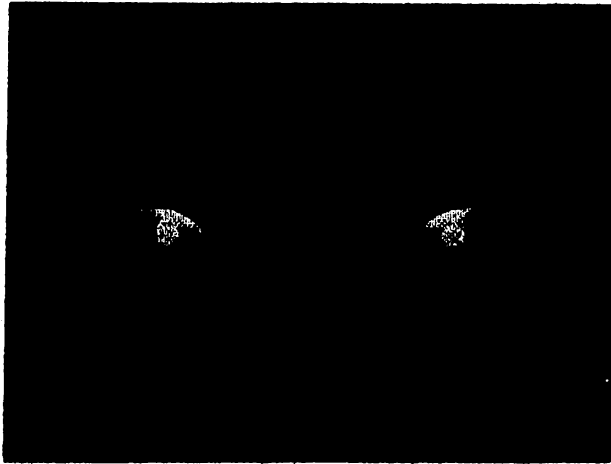


Figura 1(a). Esferas em mesma profundidade. A luz está na po



Figura 1(b). Esfera da direita deslocada de  $-r$  (em  $z$ ).



Figura 1(c) Esfera da direita deslocada de  $-2r$  (em  $z$ ).



Figura 1(d) Esfera da direita deslocada de  $-3r$  (em  $z$ ).

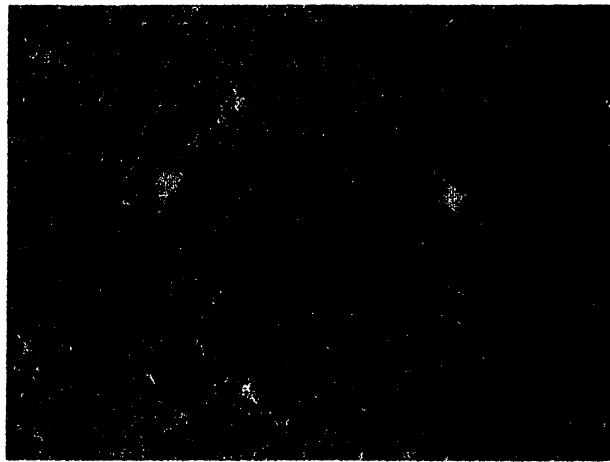


Figura 1(e) Esfera da direita deslocada de  $-4r$  (em  $z$ ).