

Computação Gráfica – Iluminação

Profa. Mercedes Gonzales
Márquez

Realismo através da iluminação

- A visualização realística de cenas envolve os efeitos de luz sobre elas, os quais são descritos através de **modelos de iluminação**.
- Um **modelo de iluminação** é um modelo utilizado para calcular a intensidade de luz observada em um ponto na superfície de um objeto.
- São baseados nas leis físicas que descrevem a intensidade luminosa em superfícies

Processo Físico

- Quando uma energia luminosa incide sobre a superfície de um objeto, ela pode ser
 - absorvida (e convertida em calor),
 - transmitida (translucente ou transparente) ou
 - refletida (reflexão difusa e especular)
- Quando observamos um objeto não luminoso, o que vemos é a luz refletida pela superfície do objeto.

Processo Físico da iluminação

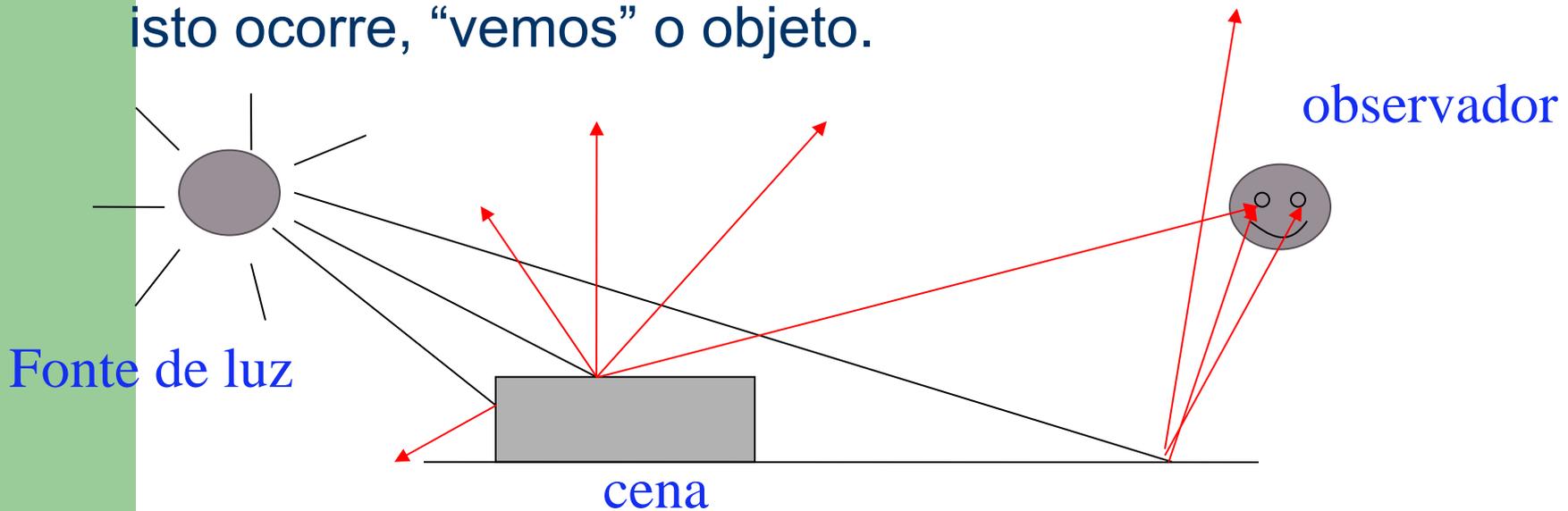
O que acontece quando olhamos um objeto ou uma cena?

Fonte de luz : Emite os raios de luz em todas as direções.

Alguns raios : atingem o objeto que estamos observando.

O objeto : absorve parte da luz que o atinge, e transmite ou reflete o restante.

Parte da luz refletida : pode atingir os nossos olhos, quando isto ocorre, “vemos” o objeto.



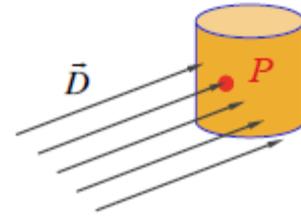
Fontes de Luz (modelagem empírica)

- Empíricamente se consideram três tipos de fontes de luz:
 - Fonte de luz ambiente
 - Fonte de luz direcional
 - Fonte de luz pontual

Luz ambiente ou luz indireta

- Objetos que não são iluminados diretamente são geralmente visíveis, exemplo embaixo da mesa, etc. Isso é resultado da iluminação indireta dos emissores, refletida a partir de superfícies intermediárias.
- Esta reflexão indireta é implementada através da definição de uma fonte de luz chamada de ambiente.
- Ela não tem características espaciais ou direcionais: ilumina todas as superfícies igualmente.
- A quantidade de luz refletida depende das propriedades das superfícies.

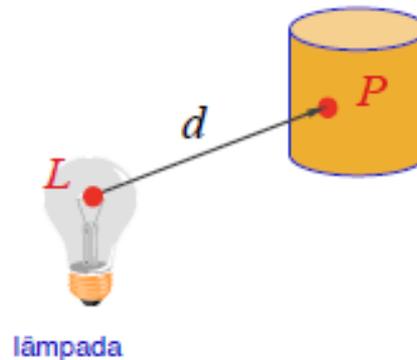
Fonte de luz direcional



- Para uma fonte direcional, assume-se que a direção de iluminação é constante para todas as superfícies da cena, e todos os raios de luz são paralelos como se a fonte estivesse no infinito. Esta é uma boa aproximação para luz do Sol.
- A direção da superfície em relação à da luz é importante e a posição da fonte e do observador não são importantes.

Fonte de luz pontual

- Uma fonte pontual emite luz igualmente em todas as direções a partir de um único ponto.
- A direção da luz que chega em uma superfície é diferente em cada ponto.

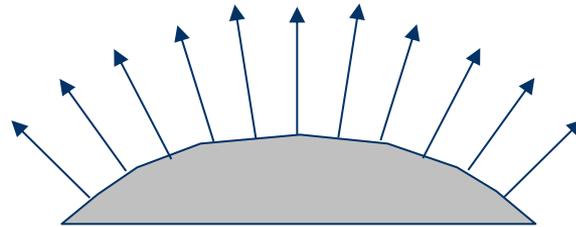


Tipos de reflexão

- Há dois tipos extremos de superfícies segundo a sua reflexão:
 - Idealmente especulares: parecem espelhos, exm: metais polidos, água parada.
 - Idealmente difusas: aquelas que são opacas como gesso.
- A grande parte dos objetos possui superfícies características intermediárias entre os dois extremos.

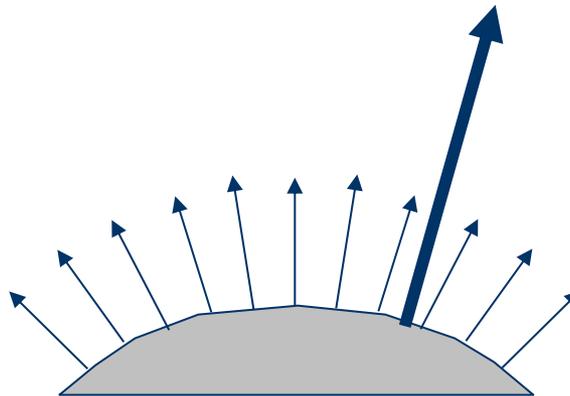
Tipos de reflexão

- Uma superfície fosca e rugosa produz principalmente **reflexão difusa** e aparenta ter o mesmo brilho de qualquer ponto de vista.

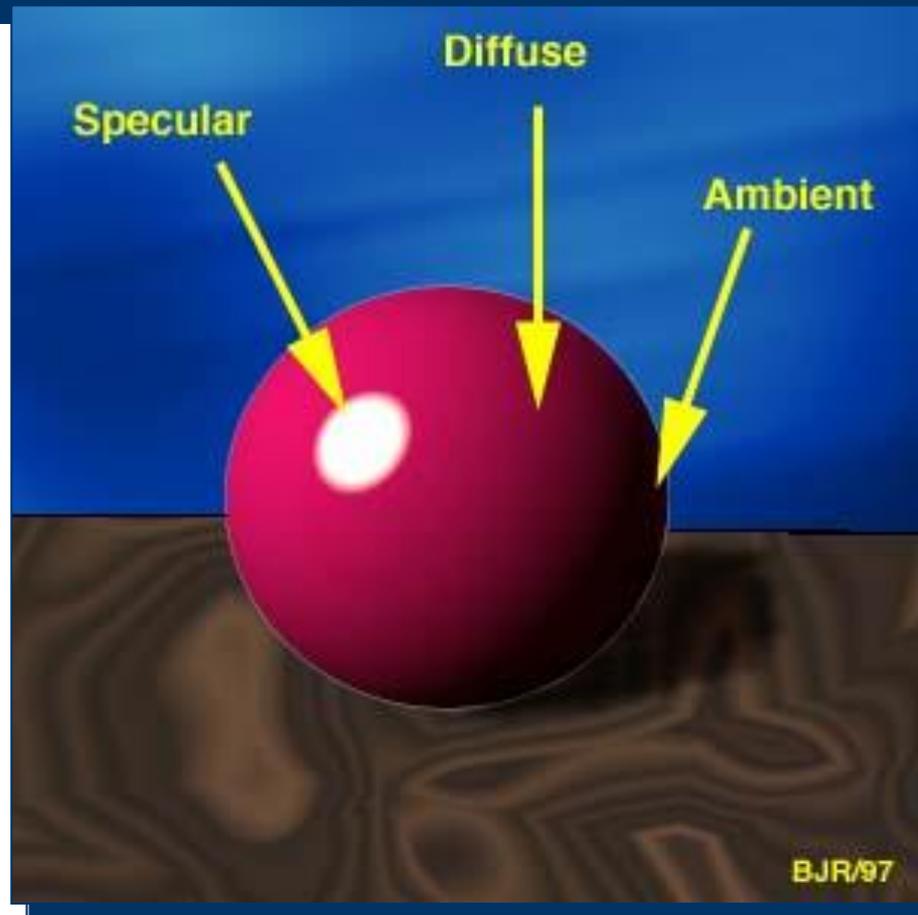


Tipos de reflexão

- Em alguns materiais, além da reflexão difusa, ocorre **reflexão especular** da luz incidente.
- Nestes casos, a reflexão produz pontos brilhosos (highlights) cujo presença depende da posição do observador.



Componentes do Modelo de Iluminação



Reflexão Difusa

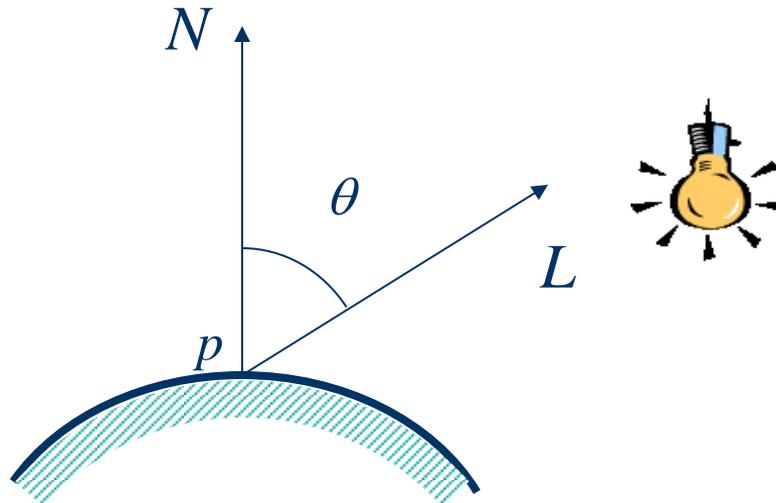
- Característica de materiais foscos.
- Lei de Lambert (fluxo de energia):
 - a luminosidade aparente da superfície não depende da posição do observador, mas apenas do cosseno do ângulo entre a normal e a direção da luz
- A luz refletida difusamente é emitida com igual intensidade em todas as direções, sendo de menor intensidade que a luz incidente.

Modelo Difuso

- Intensidade em um ponto p é dada por:

$$I_p = I_a k_a + I_d k_d \cos \theta = I_a k_a + I_d k_d \left(\frac{L \cdot N}{|L||N|} \right)$$

$$0 \leq \theta \leq \frac{\pi}{2}$$



Modelo de Reflexão difusa

- Parte ambiente ($I_a K_a$)
- Parte difusa propriamente dita ($I_d K_d \cos\theta$)
 - A intensidade de luz refletida é proporcional ao cosseno do ângulo entre a direção da luz incidente (L) e a normal à superfície (N). A constante de difusão K_d depende do material e do comprimento de onda da luz incidente, e I_d é a intensidade de luz emitida pela fonte e incidente à superfície.

Modelo de Reflexão difusa (luz ambiente)

- Objetos que não recebem luz diretamente também podem ser iluminados (iluminação indireta) pela luz refletida pelos outros objetos da cena. Essa luz é considerada como uma componente de luz constante vinda do meio ambiente.
- O modelo de iluminação fica, então

$$I = I_a K_a + I_d K_d \cos\theta,$$

onde I_a é a intensidade da luz ambiente incidente e K_a é a constante de reflexão difusa da luz ambiente.

Modelo de Reflexão difusa

- A intensidade de luz refletida decresce de forma inversamente proporcional ao quadrado da distância do objeto em relação à fonte. Alguns modelos usam uma constante de atenuação linear.
- O modelo é estendido para incluir a emissão de luz refletida especularmente.

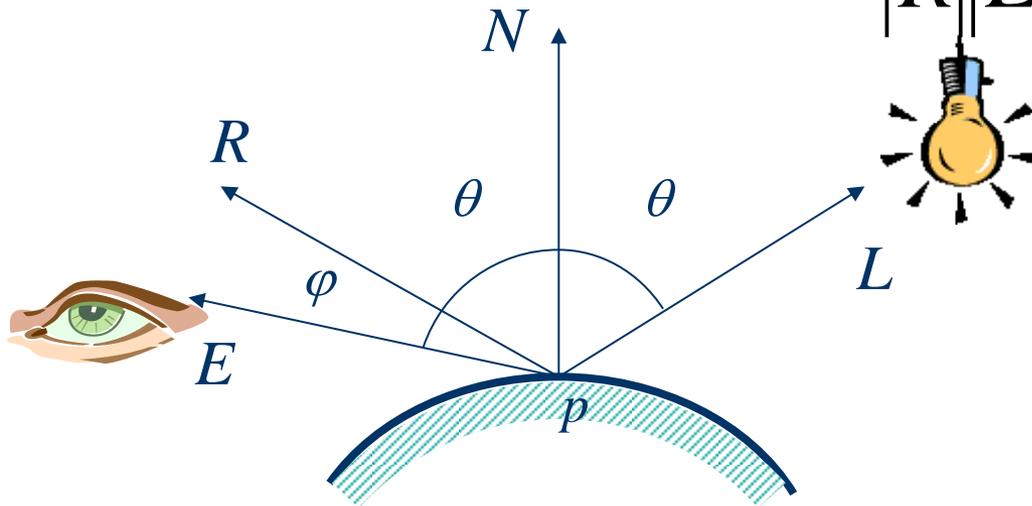
Reflexão Especular

- Simula a reflexão à maneira de um espelho (objetos altamente polidos).
- Depende da disposição entre observador, objeto e fonte de luz.

Reflexão Especular

- Contribuição especular é dada por

$$I_p = I_e k_e \cos^n \varphi = I_e k_e \left(\frac{R \cdot E}{|R||E|} \right)^n$$



n é uma variável que depende da superfície ser mais ou menos especular, e φ o ângulo que a direção de reflexão faz com o observador. k_e é a constante de reflexão especular.

Modelo de Reflexão especular

- A reflexão especular da luz é direcional.
- Reflexão especular de um objeto produz *highlights* (pontos altos de luz).
- A diferença da reflexão difusa, a quantidade de reflexão especular depende da localização do observador. Exemplo olhar um espelho na luz do sol. A medida que movemos a nossa cabeça, o *highlight* criado pela luz do sol se movimentava conosco. Quando nos movemos muito, podemos perder completamente o *highlight*.

Modelo de Iluminação

- O modelo de iluminação fica então

$$I = I_a K_a + I_l (K_d \cos \theta + K_s \cos^n \alpha)$$

- Se múltiplas fontes de luz estiverem presentes, os efeitos são linearmente adicionados e o modelo de iluminação torna-se

$$I = I_a K_a + \sum_{j=1}^m I_{lj} (K_d \cos \theta_j + K_s \cos^n \alpha_j)$$

onde m é o número de fontes de luz.

Modelo de Iluminação-OpenGL

■ **Passos para adicionar luz a uma cena**

1. Definir vetores normais para cada vértice de todos os objetos. Esses vetores normais determinam a orientação do objeto em relação às fontes de luz.
2. Criar, selecionar e posicionar uma ou mais fontes de luz.
3. Definir as propriedades do material dos objetos da cena.
4. Definir o nível de luz ambiente global e a localização efetiva do ponto de vista e se iluminação deve ser feita em forma diferente para a frente e verso da superfície.

Modelo de Iluminação-OpenGL

- **Passos para adicionar luz a uma cena**
- 2. Criar, selecionar e posicionar uma ou mais fontes de luz.**

Podem-se posicionar perto da cena (como uma lâmpada), o a uma distância infinita (como a luz do sol).

Fontes de Luz

- Para ligar uma fonte: `glEnable (source) ;`
 - *source* é uma constante cujo nome é `GL_LIGHTi`, começando com `GL_LIGHT0`
- Não esquecer de ligar o cálculo de cores pelo modelo de iluminação
 - `glEnable (GL_LIGHTING) ;`

Fontes de Luz

- Para configurar as propriedades de cada fonte:
`glLightfv(source, property, value);`
 - **Property** é uma constante designando:
 - Coeficientes de cor usados no modelo de iluminação:
 - `GL_AMBIENT`, `GL_DIFFUSE`, `GL_SPECULAR`
 - Geometria da fonte
 - `GL_POSITION`, `GL_SPOT_DIRECTION`, `GL_SPOT_CUTOFF`,
`GL_SPOT_EXPONENT`
 - Coeficientes de atenuação
 - `GL_CONSTANT_ATTENUATION`, `GL_LINEAR_ATTENUATION`,
`GL_QUADRATIC_ATTENUATION`

Fontes de Luz

GL_AMBIENT = Intensidade RGBA de luz ambiente que uma fonte de luz particular adiciona à cena.

GL_DIFFUSE = Intensidade RGBA de luz difusa (pensa-se dela como a cor da luz).

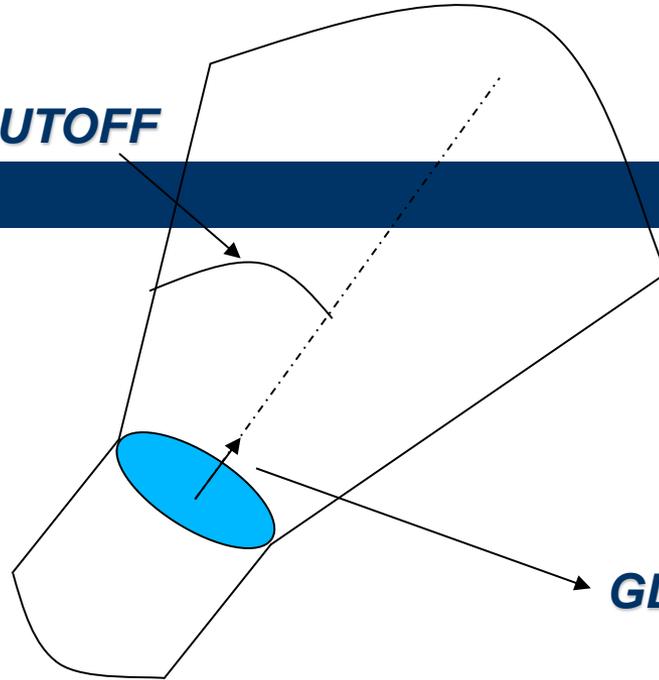
GL_SPECULAR = Afeta a cor do *highligh*t ou brilho especular do objeto.

GL_POSITION =

- luz localizada no infinito (**luz direcional**)
(x, y, z, w) -> **$w=0$** e o valor (x, y, z) descreve um vetor direção
- luz próxima da cena (**luz posicional**). A direção não é especificada porque sua posição determina a direção a partir da qual a luz chega.
(x, y, z, w) -> **$w=1$** o valor (x, y, z) é uma posição no espaço.

Fonte de Luz Spot

GL_SPOT_CUTOFF



GL_SPOT_DIRECTION

GL_SPOT_EXPONENT: Controla a concentração de luz. A intensidade de luz é mais alta no centro do cone e é atenuada na direção das arestas do cone.

Fontes de Luz

Para dar maior realismo, a intensidade de luz decresce quando a distância da fonte da luz cresce. Somente pode-se atenuar uma luz posicional. OpenGL atenua a fonte de luz multiplicando a contribuição da fonte pelo fator de atenuação :

$$\frac{1}{k_c + k_l d + k_q d^2}$$

d =distância entre a posição de luz e o vértice

k_c =**GL_CONSTANT_ATTENUATION**

k_l =**GL_LINEAR_ATTENUATION**

k_q =**GL_QUADRATIC_ATTENUATION**

Nome do Parâmetro	Valor Padrão
GL_AMBIENT	(0.0, 0.0, 0.0, 1.0)
GL_DIFFUSE	(1.0, 1.0, 1.0, 1.0)
GL_SPECULAR	(1.0, 1.0, 1.0, 1.0)
GL_POSITION	(0.0, 0.0, 1.0, 0.0)
GL_SPOT_DIRECTION	(0.0, 0.0, -1.0)
GL_SPOT_EXPONENT	0.0
GL_SPOT_CUTOFF	180.0
GL_CONSTANT_ATTENUATION	1.0
GL_LINEAR_ATTENUATION	0.0
GL_QUADRATIC_ATTENUATION	0.0

Fontes de Luz

- Os valores padrão referenciados na tabela anterior para **GL_DIFFUSE** e **GL_SPECULAR** são válidos apenas para **GL_LIGHT0**. Para outras fontes de luz, o valor padrão é (0.0, 0.0, 0.0, 1.0) para ambos, **GL_DIFFUSE** e **GL_SPECULAR**.

Fontes de Luz

Exemplos:

- (1) **O programa Light.c** apresenta uma esfera com característica de material difuso e especular. Ela é iluminada por uma fonte de luz direcional.
- (2) **No programa Movelight.c**, uma fonte de luz é rotacionada em 30 graus quando o botão esquerdo do mouse é pressionado. Um cubo pequeno não iluminado é desenhado para representar a fonte de luz.
- (3) **O programa plane.c** apresenta uma fonte de luz posicional (local) e outra direcional (no infinito) sobre um plano.

Fontes de Luz

Exercícios:

(1) No programa Light.c :

- (a) Mudar a luz direcional branca para uma luz posicional colorida. Coloque luz difusa vermelha e luz especular cinza.
- (b) Adicione uma luz direcional branca vinda de direção diferente da primeira fonte.
- (c) Adicionar uma luz spot colorida.

(2) No programa movelight.c

- Faça a fonte de luz se deslocar em lugar de rotacionar.
- Mude a atenuação de tal maneira que a luz decresça em intensidade a medida que se afasta do objeto.

Propriedades do Material

- Define as propriedades da superfície de uma primitiva.
- `glMaterialfv(face, property, value);`

GL_DIFFUSE	Base color
GL_SPECULAR	Highlight Color
GL_AMBIENT	Low-light Color
GL_EMISSION	Glow Color
GL_SHININESS	Surface Smoothness

Propriedades do Material

Nome do Parâmetro	Valor Padrão
GL_AMBIENT	(0.2, 0.2, 0.2, 1.0)
GL_DIFFUSE	(0.8, 0.8, 0.8, 1.0)
GL_SPECULAR	(0.0, 0.0, 0.0, 1.0)
GL_SHININESS	0.0
GL_EMISSION	(0.0, 0.0, 0.0, 1.0)

Iluminação – Exemplos de Programas

- **Programa material.c** : Uma esfera é apresentada com doze diferentes propriedades de material e é iluminada por uma única fonte de luz.
- **Programa colormat.c** : Presionando os botões do mouse modifica-se os valores de reflexão difusa. Este programa usa o modo ColorMaterial. Para entender esse modo, leia sobre isso na página 152 do livro Redbook referenciado no site da disciplina.

Iluminação – mais exercícios

- (3) Estude o programa `lightlab.c` para entender suas funcionalidades. Acrescente uma esfera cor ardósia (`slate`) e uma luz direcional de cor amarela no lado superior do cenário (que deve ser ativada ou desativada através de um menu). Permita a escolha de 4 cores para a esfera (as mesmas que são permitidas para os outros objetos).
- (4) Rode e explique os seguintes programas:
 - `sccolorlight.c`
 - `scene.c`
 - `sceneflat.c`
 - `teaambient.c` e `teapots.c`

Iluminação – mais exercícios

- (5) Utilize o programa `robot.c` (braço mais mão com dedos) que você implementou na matéria sobre transformações geométricas, para incluir uma lanterna na mão do robô. A lanterna deverá incorporar uma luz spot. Faça uma animação livre do braço.
- (6) Programe o funcionamento de um semáforo usando material emissivo para representar a luz acessa (vermelha, verde, amarela). Programe a sequência de atividade das luzes (habilite-as e desabilite-as convenientemente). O programa `material.c` apresenta um exemplo de material emissivo.