



PEF – 5743 – Computação Gráfica Aplicada à Engenharia de Estruturas

Prof. Dr. Rodrigo Provasi

e-mail: provasi@usp.br

Sala 09 – LEM – Prédio de Engenharia Civil

Iluminação

- Para a compreensão do funcionamento da iluminação e da aplicação de texturas em computação gráfica, é fundamental o entendimento dos diversos padrões para a representação de cores.
- Serão apresentados apenas os padrões mais utilizados, sendo eles: RGB, CMY, HSV e HLS.

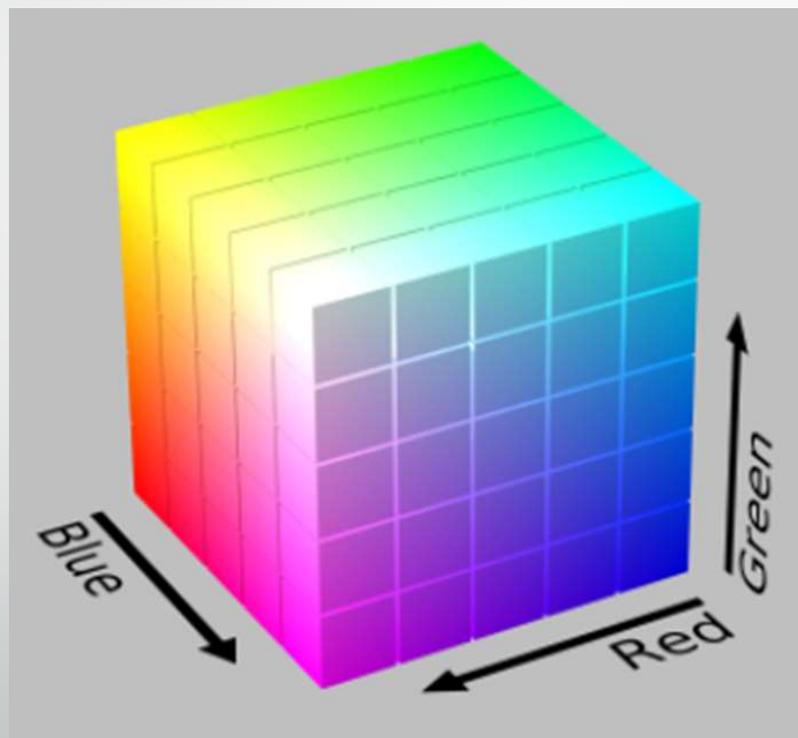
RGB

- O RGB é o mais conhecido, por ser o padrão utilizado em equipamentos eletrônicos para a exibição de imagens, como monitores CRT, LCD, Plasma, entre outros.
- Ele é utilizado pelas placas gráficas para seu processamento de cores, além do fato do olho humano também utilizar este padrão para o reconhecimento de cores.
- Seu nome é originário das cores principais que o compõem, vermelho (*Red*), verde (*Green*) e azul (*Blue*).

RGB

- Sendo um modelo de cores aditivo, suas cores primárias são misturadas com diferentes intensidades, de forma a gerar uma grande variedade de cores.
- Cada uma de suas cores pode variar entre os valores 0 e 255, onde 0 significa ausência de cor e 255 significa máxima intensidade.
- Esta variação foi escolhida por ser a quantidade máxima de informação disponível para armazenamento em um byte (1 byte = 8 bits = 256 bits), desta forma, utilizando-se um byte para cada cor (três bytes no total), têm-se a possibilidade de representar mais de 16 milhões de cores ($256^3 = 16:777:216$ cores possíveis) com este padrão.

RGB



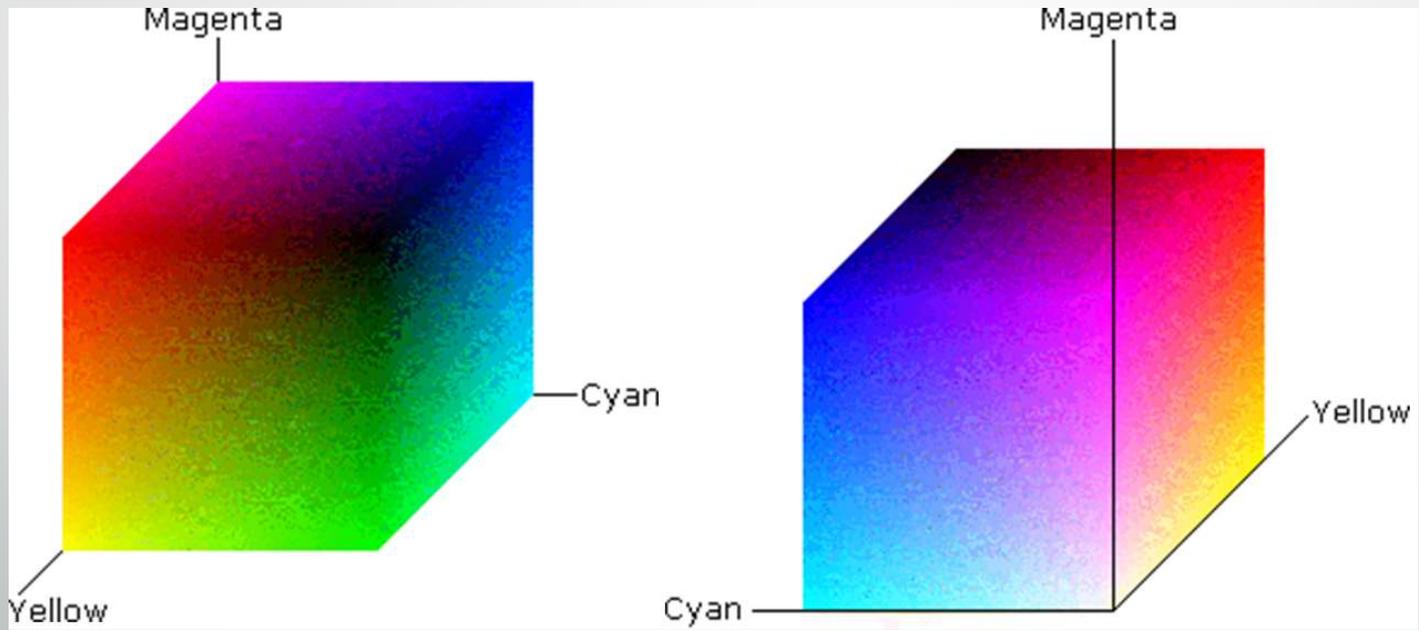
CMY

- O padrão de cores CMY é muito parecido com o RGB, porém, utiliza as cores ciano (*Cyan*), magenta (*Magenta*) e amarelo (*Yellow*) como cores primárias.
- Este é um padrão de cores subtrativo, que utiliza a luz refletida para exibir a cor.
- Uma variação deste padrão é o CMYK, que possui ainda a cor preta como cor primária, sendo o padrão utilizado em impressoras.

CMY

- Neste padrão, as cores primárias podem variar de 0 a 100, onde 0 é a ausência de cor, e 100 representa a cor em sua máxima intensidade.
- Em oposição ao padrão RGB, este padrão utiliza a ausência de todas as cores para representar o branco, e todas as cores em sua máxima intensidade para representar o preto.

CMY



HSV e HSL

- Os padrões HSV e HSL são os sistemas de representação de cores cilíndricos mais comuns, em que basicamente ocorre um rearranjo da geometria do RGB, sendo muito utilizado em seletores de cores.
- A sigla HSV significa tom (*Hue*), saturação (*Saturation*) e valor (*Value*), enquanto que HSL significa tom (*Hue*), saturação (*Saturation*) e iluminação (*Lightness*).
- Ambos padrões partem do princípio de que todas as cores reais são originárias de uma única cor, definida por seu tom, criando-se suas variações de acordo com variações de saturação e valor (ou iluminação, para o HSL).

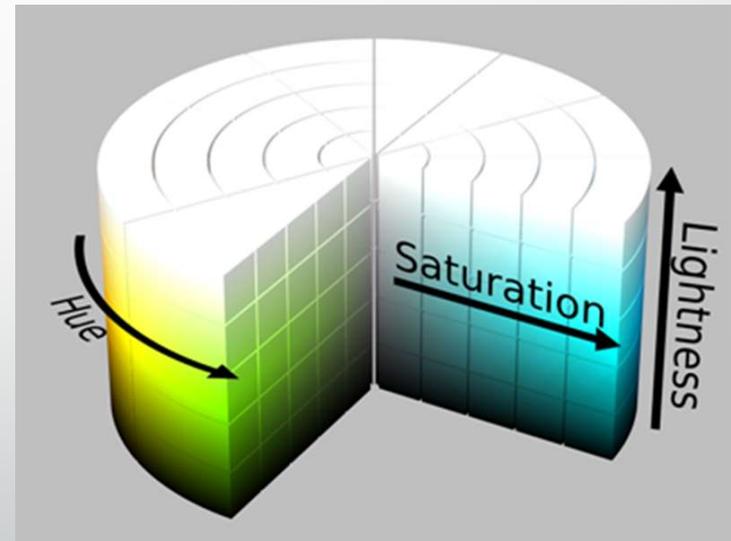
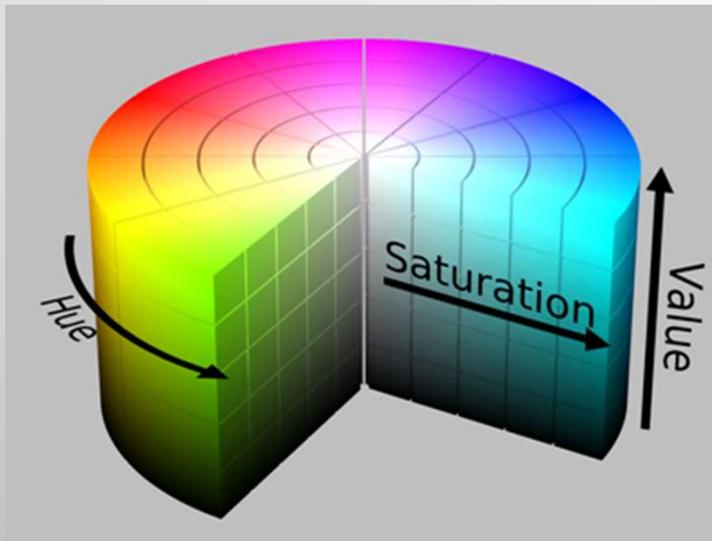
HSV e HSL

- O tom é, portanto, o que define a cor básica, e é medido em graus, variando de 0 a 360 graus, onde 0 representa vermelho, 60 representa amarelo, 120 representa verde, 180 representa ciano, 240 representa azul e 300 representa magenta.
- A saturação representa a variação de uma mesma tonalidade variando de branco para a cor pura. Este valor é medido em porcentagem; quanto maior sua porcentagem, mais pura será a cor representada.
- O valor representa a intensidade da cor, variando em porcentagem, de preto (0%) até a cor pura (100%).

HSV e HSL

- Semelhante ao parâmetro valor do padrão HSV, o parâmetro iluminação representa a quantidade de preto ou branco na cor, aumentando-se a iluminação, aumenta-se a quantidade de branco misturada a cor.
- Enquanto no HSV se tem o preto e a cor pura ao se variar o valor, no HSL se tem o preto e o branco na variação da iluminação, não existindo, portanto, uma posição em que se possa obter a cor pura diretamente, isto é, usando apenas um valor não nulo.
- Este parâmetro também é medido em porcentagem, e pode variar entre 0 e 100.

HSV e HSL



Técnicas de Iluminação

- Em computação gráfica, não é possível tratar a iluminação da forma com que ela acontece no mundo real, uma vez que seria muito custoso computacionalmente, pois um único raio de luz pode refletir inúmeras vezes no mesmo objeto, além de existir a interação entre os objetos da cena.

Técnicas de Iluminação

- Com isso, foram criados modelos para simular, de forma simplificada, a interação da luz com os objetos de uma cena tridimensional.
- Os modelos podem ser divididos, basicamente, em dois grupos: os de reflexão local e os de reflexão global.
- Para a aplicação dos modelos, deve ser levada em conta a fonte luminosa, de forma a obter a intensidade do raio de luz que chega ao objeto.

Principais Tipos de Fontes Luminosas

- As fontes luminosas são responsáveis por alterar a área e o modo como os raios de luz incidem em um determinado objeto, assim como sua intensidade, sendo fundamentais para a determinação da cor resultante calculada pelos modelos de iluminação, uma vez que estes se baseiam na intensidade e direção do raio incidente.

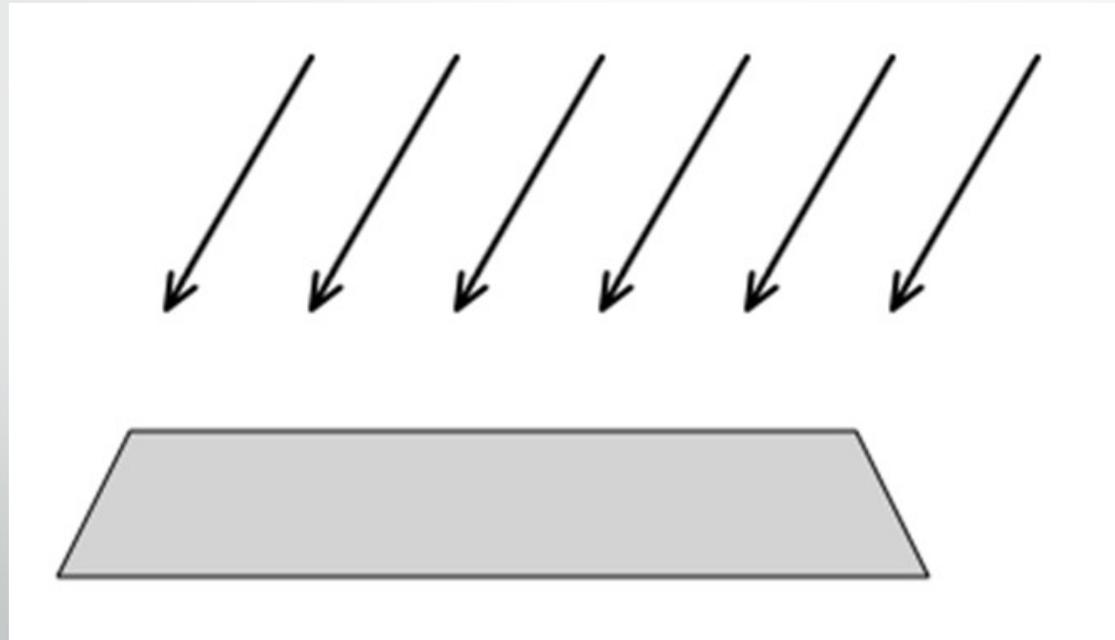
Luz Ambiente

- Esta fonte luminosa simula uma iluminação global, onde todos os objetos são atingidos por uma mesma intensidade, independentemente de seu posicionamento.
- É utilizada quando se deseja que mesmo objetos que não estão expostos a nenhuma fonte de luz sejam iluminados, como ocorre no caso de um objeto iluminado que, ao refletir os raios de luz, ilumina objetos que estejam na sombra.
- A iluminação ambiente não possui direção e é definida somente por uma cor.

Luz Direcional

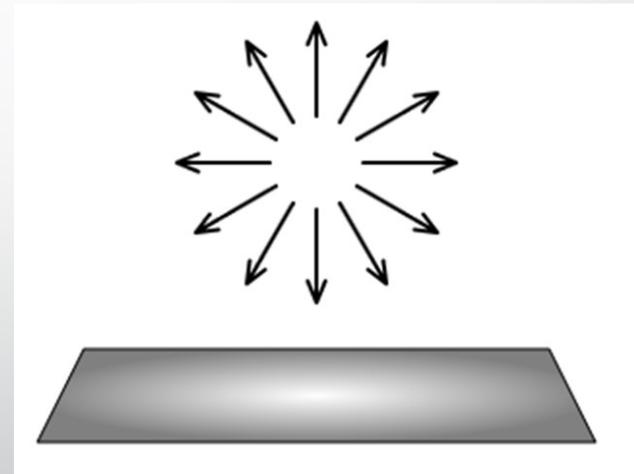
- A fonte luminosa direcional trata a luz como vindo sempre de uma mesma direção, independente do ponto de incidência.
- Esta fonte luminosa se assemelha à iluminação produzida pelo sol, onde todos os raios são paralelos.
- Para a definição desta iluminação utiliza-se um vetor indicando sua direção, além da cor da luz que é emitida pela fonte.

Luz Direccional



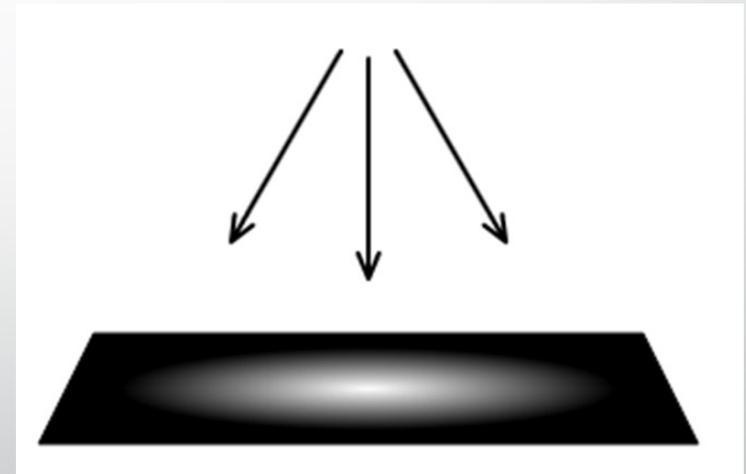
Luz Pontual

- A fonte de luz pontual nada mais é do que a simulação da iluminação produzida por uma lâmpada.
- Neste tipo de fonte, a luz é emitida igualmente em todas as direções.



Spot Light

- Uma fonte de luz do tipo Spot Light é bastante semelhante à fonte de luz pontual, no entanto, possui uma região cônica delimitada para emitir luz, não a emitindo em todas as direções.



Reflexão Local

- Um modelo de iluminação com reflexão local considera apenas a luz que atinge o observador ao refletir em apenas um objeto.
- Neste modelo de iluminação não se tem a interação entre os objetos, sendo impossível gerar sombras de uma maneira direta.
- Para o cálculo da cor em um determinado ponto, normalmente utiliza-se o método de Phong.

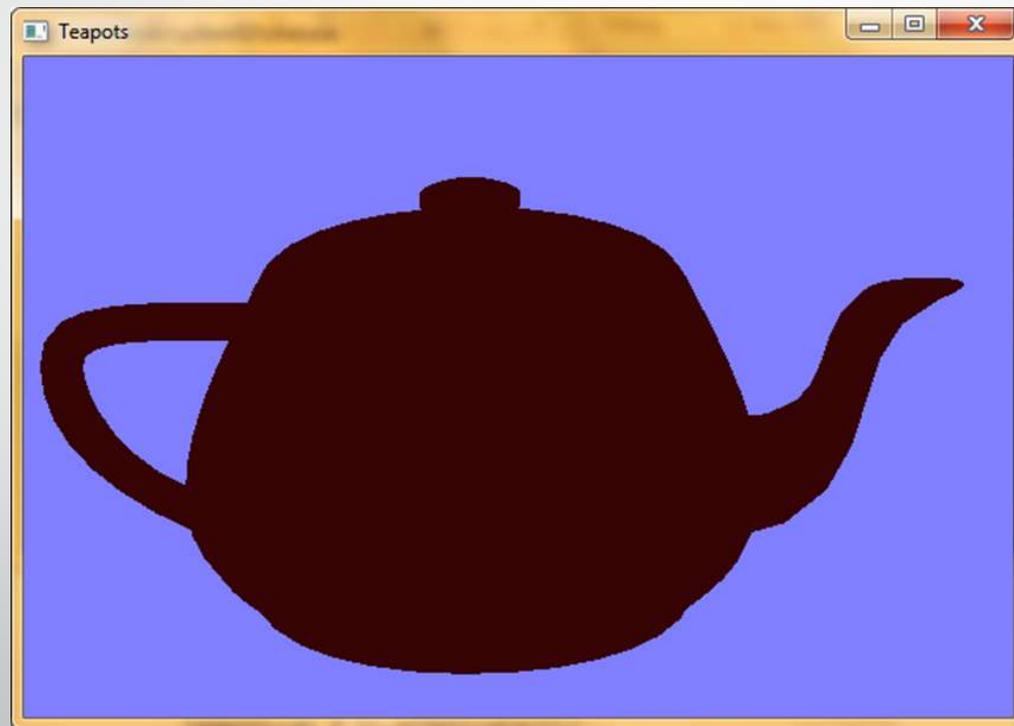
Reflexão Local

- Neste método, a luz é dividida em três componentes:
 - Ambiente
 - Difusa
 - Especular

Componente Ambiente

- Esta componente é utilizada para simular um efeito de iluminação global, levando em consideração a luz gerada pela interação entre essa e os objetos.
- Em um ambiente real, mesmo superfícies não iluminadas diretamente possuem certa cor, pois são atingidas pela iluminação gerada a partir do reflexo de outros objetos.

Componente Ambiente



Componente Ambiente

- No modelo de Phong, esta iluminação é simplificada, pois, calcular estas interações é algo extremamente custoso para uma placa gráfica, tornando-se inviável sua utilização para programas que necessitem de uma renderização rápida.
- A simplificação proposta por Phong é a utilização de uma componente constante de iluminação ambiente, a qual multiplicada pelo coeficiente de refletividade da superfície e pela sua intensidade da cor difusa (cor do objeto) resulta na componente de luz ambiente do objeto:

Componente Ambiente

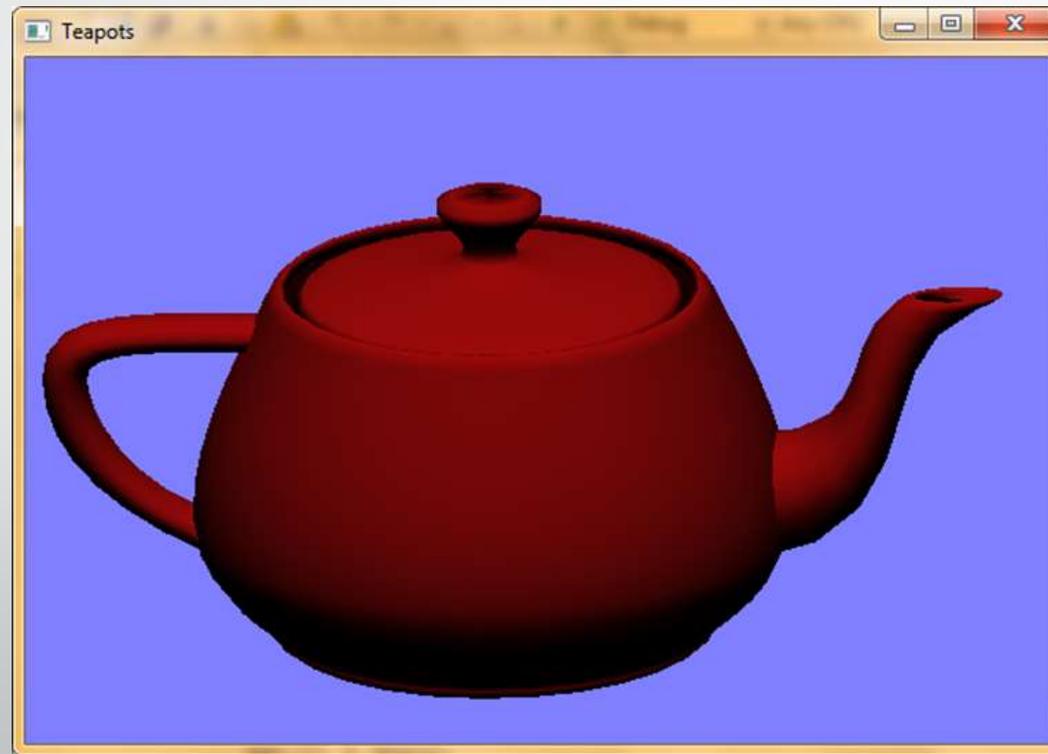
$$I_{amb} = I_A k_A C_D$$

onde I_{amb} é a intensidade da luz ambiente resultante, I_A a intensidade da luz ambiente incidente, k_A o coeficiente de reflexão da luz ambiente e C_D a intensidade da cor difusa do objeto.

Componente Difusa

- A componente difusa representa reflexões que não são direcionais, isto é, não depende da posição do observador, pois o objeto emite luz igualmente em todas as direções

Componente Difusa



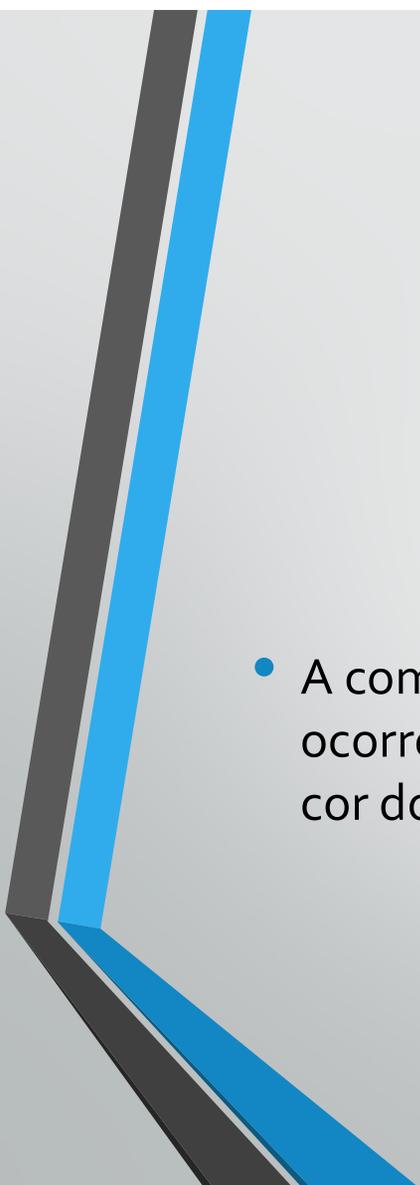
Componente Difusa

- Cada objeto possui um coeficiente de refletância difusa para determinar quanta luz é refletida, e a intensidade da reflexão irá variar somente com o cosseno do ângulo entre a direção de incidência do raio de luz e a normal da superfície. A intensidade é dada por:

Componente Difusa

$$I_{dif} = I k_D C_D \cos \theta$$

onde I_{dif} é a intensidade da luz difusa resultante, I a intensidade da fonte luminosa incidente, k_D o coeficiente de reflexão da luz difusa, C_D a intensidade da cor difusa do objeto e θ o ângulo entre as direções normal da superfície do objeto e da luz incidente. O termo intensidade é usado para descrever genericamente cada uma das componentes do sistema de cor, seja ele qual for (RGB, CMY, HSL, entre outros).



Componente Especular

- A componente especular é utilizada para simular reflexos direcionais, como ocorre em superfícies polidas e/ou brilhantes, onde não ocorre alteração da cor do objeto.

Componente Especular



Componente Especular

- A intensidade deste tipo de reflexão é proporcional ao cosseno do ângulo entre a direção da posição do observador e do raio de luz refletido. Utiliza-se ainda um expoente especular, responsável por determinar o quão rápido um reflexo especular decai conforme o ângulo entre a observação e a reflexão aumenta, permitindo simular com perfeição superfícies mais ou menos brilhantes:

Componente Especular

$$I_{esp} = I k_E C_E \cos^n \theta$$

onde I_{esp} é a intensidade da luz especular resultante, I a intensidade da luz incidente, k_E o coeficiente de reflexão da luz especular, C_E a intensidade da cor especular do objeto, n o expoente especular, responsável por tratar a imperfeição da especularidade e θ o ângulo entre as direções normal da superfície do objeto e da luz incidente.

Reflexão Local

- O cálculo apresentado acima deve ser realizado individualmente para cada fonte luminosa, uma vez que podem ter intensidades e direções de incidência diferentes.
- A cor final é a soma das três componentes:

$$I = I_{amb} + I_{dif} + I_{esp}$$

- É importante ressaltar que a soma dos coeficientes de reflexão descritos anteriormente deve ser sempre menor ou igual a um quando se tratar de materiais não emissivos, para não haver a sensação de produção de luz a partir do objeto, ou seja:

$$k_A + k_D + k_E \leq 1$$

Reflexão Local

- Como as placas gráficas utilizam o sistema RGB para o cálculo e exibição de cores e os materiais possuem coeficientes de reflexão diferentes para cada componente, os cálculos apresentados acima devem ser efetuados separadamente para o vermelho, verde e azul, resultando assim na intensidade final de cada uma das cores separadamente.

Reflexão Global

- Existem ainda outras técnicas para o cálculo da iluminação dos objetos que levam em conta a reflexão entre os objetos de uma cena.
- O método mais conhecido para este cálculo é o *RayTracing*.

Ray Tracing

- Neste método, ocorre a simulação do caminho percorrido por um raio de luz, mesmo após refletir em diversos objetos, porém de trás para frente, ou seja, o raio parte do observador.
- Isto se deve ao fato de que uma fonte luminosa gera infinitos raios, porém apenas uma pequena parte destes raios realmente atinge o observador e, desta forma, fazendo-se o cálculo a partir da fonte de luz, seria gerada uma grande quantidade de cálculos desnecessários, tornando inviável o processamento.

Ray Tracing

- No algoritmo proposto por este método, tem-se um raio partindo de cada pixel da tela e, após o cálculo de suas reflexões nos objetos da cena, é possível obter a cor do pixel em questão.
- A técnica de *Ray Tracing* é, sem dúvida, muito mais exigente computacionalmente que os algoritmos de reflexão local, porém permite produzir um efeito de foto realismo muito elevado

Ray Tracing

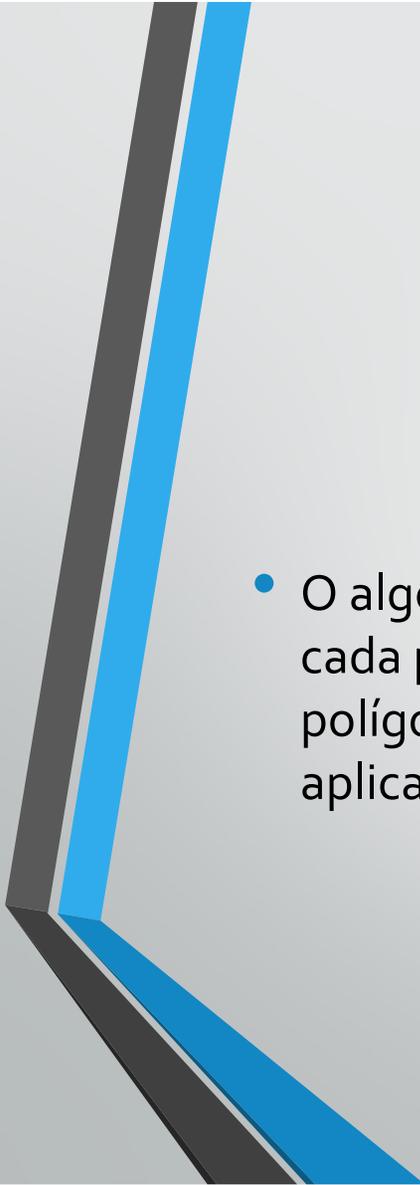


Ray Tracing

- Devido ao grande processamento necessário para a aplicação desta técnica, ela se torna inviável para aplicações onde a velocidade é um fator determinante, por exemplo em jogos, sendo muito utilizado em locais onde é possível um pós-processamento da imagem, como em filmes.

Shaders

- Como um objeto tridimensional é representado a partir de polígonos em computação gráfica, é necessário um meio de calcular a cor que preenche o polígono, e não somente a cor de seus vértices.
- Os *shaders* são uma parte da pipeline existente nas placas gráficas responsáveis por estes cálculos.
- Existem diferentes algoritmos que são usados de acordo com o efeito desejado.
- O algoritmo deve ser aplicado individualmente para cada pixel da imagem para que o efeito seja obtido.

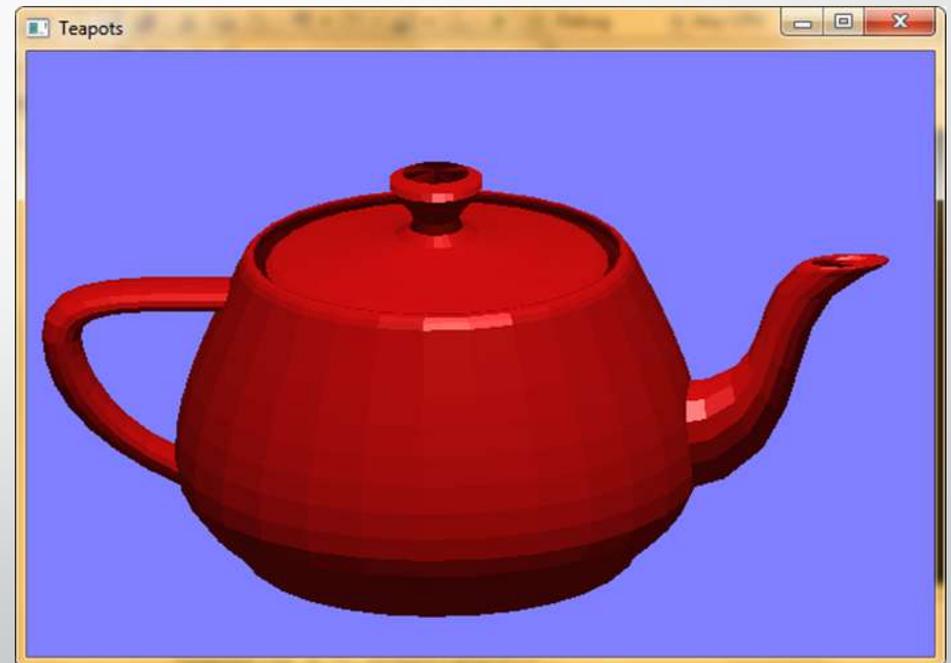


Flat Shading

- O algoritmo de *Flat Shading* é o mais simples de todos e calcula a cor de cada pixel como sendo única em todo o polígono. Desta forma, cada polígono possui apenas uma normal e após o cálculo da cor a mesma é aplicada a todo o polígono.

Flat Shading

- Nota-se que as superfícies arredondadas não apresentam uma boa aproximação, sendo claramente visível cada polígono, sem a sensação de continuidade e curvatura.



Gouraud

- O algoritmo de *Gouraud* é um dos mais utilizados e atualmente está implementado em hardware nas placas gráficas.
- Neste algoritmo, são calculadas as cores por vértice, e o polígono é preenchido após uma interpolação bi linear da cor de cada vértice.
- A aplicação deste algoritmo de *shading* permite um grau de aproximação bastante satisfatório.

Gouraud

- É importante observar que, neste caso, a normal de cada vértice é calculada como uma média da normal de cada polígono que compartilha tal vértice, ou definida manualmente.



Phong

- O algoritmo de *Phong*, semelhantemente ao *Gouraud*, faz uma interpolação bi linear, porém, ao invés de utilizar a cor de cada vértice, utiliza a normal dos vértices e faz um novo cálculo da iluminação resultante no pixel.
- Este algoritmo permite que efeitos de reflexão dos objetos especulares sejam reproduzidos mais fielmente, porém produz um aumento substancial no processamento necessário.

Comparação dos *Shaders*

