

aula 10

Como por a iluminação corretamente em cada fase plana?

IC/UFF – 2017/2

Sombreamento das diversas superfícies :

Ou Shading se refere ao processo de **alterar** ou não a **cor do objeto, superfície ou polígono** numa cena 3D, com base em um **modelo de iluminação** para o criar um **efeito realístico**.

Modelos mais comuns:

- Flat **Shading** ou Constant **Shading** ,
- Sombreamento com intensidade variável,
- Sombreamento com normais variáveis,
- Sombreamento com funções de reflexão bidirecionais (BRDF + ray tracing) ,
- Sombreamento usando radiosidade.

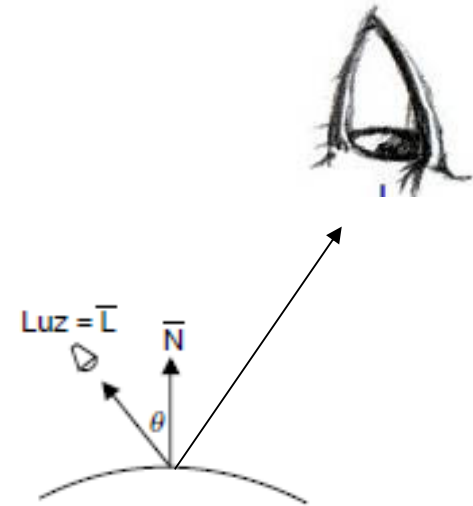
Um *modelo de iluminação*

é um modelo utilizado para **calcular a intensidade** de luz observada em um **ponto na superfície de um objeto**.

Modelos :

Empíricos x Físicos

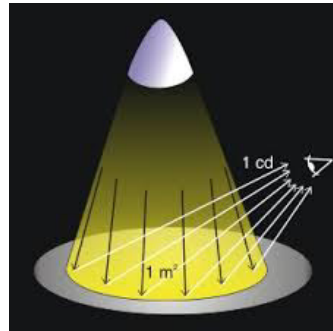
Locais x Globais



Mais simples e usado:

Empírico - > usa o mínimo de bases de Física

Se preocupa em “parecer” não em ser real!



e

Local - > trata cada FASE DA CENA EM SEPARADO DA DEPOIS , em 3D e se preciso depois ponto a ponto, na forma raster (já projetado em 2D e na resolução desejada)

Modelo de iluminação: empírico e local.

Quando se *renderiza* um objeto onde o **tom de um ponto** é determinado por:

- A descrição das **fontes de luz** disponíveis;
- As superfícies dos **objetos da cena; e**
- A **posição relativa** entre as fontes de luz, as superfícies dos objetos e o observador.

Descrição das fontes de luz disponíveis

Deve incluir detalhes como:

- **Onde** estão localizadas no sistema de coordenadas da cena
- Intensidade, cor, quantidade e tipo das fontes de luz .

Tipos das fontes de luz disponíveis

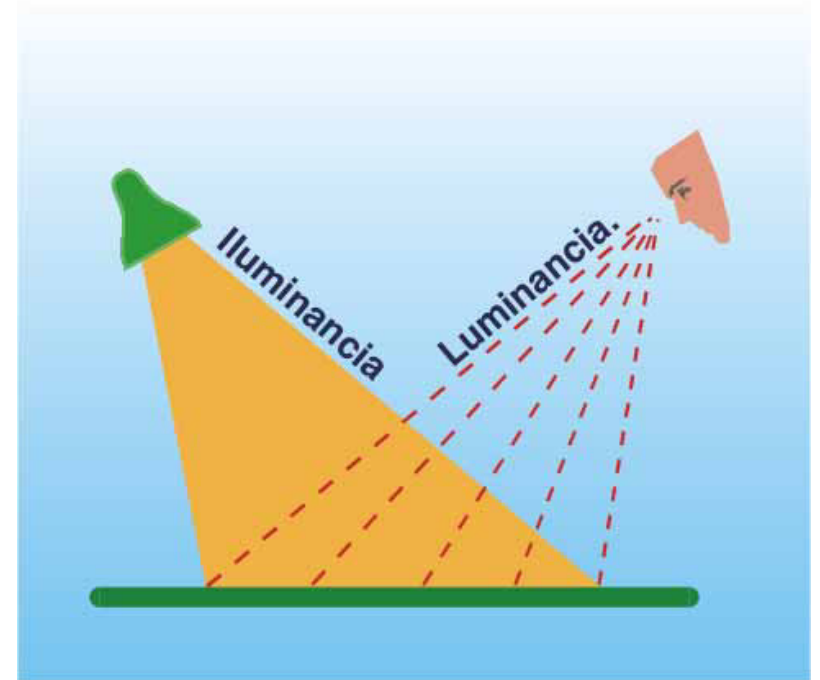
tipo das fontes de luz :

Ambiente – uniformemente distribuída em todas as direções da cena

Direcional,

Pontuais ou

Com áreas de dimensões definidas



- Fontes de luz :

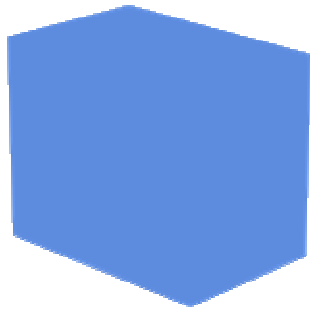
Ambiente – uniformemente distribuída em todas as direções da cena

Lighting: Difusa e *non-directional*

Shading com luz ambiente

Intensidade constante, cor constante → afeta igualmente todas as faces e objetos da cena:

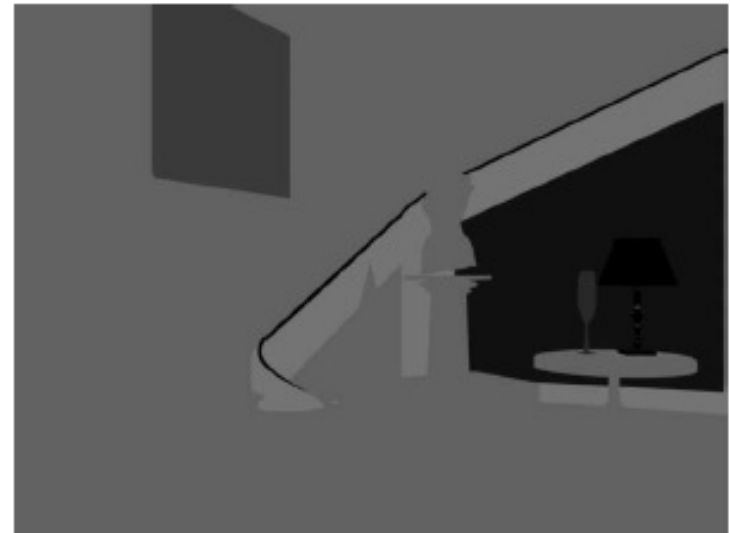
Se I = intensidade da luz no ponto em estudo,
 I_a = intensidade da luz ambiente no ponto em estudo,
 r_a = coeficiente de reflexão entre 0 e 1



$$I = I_a r_a$$

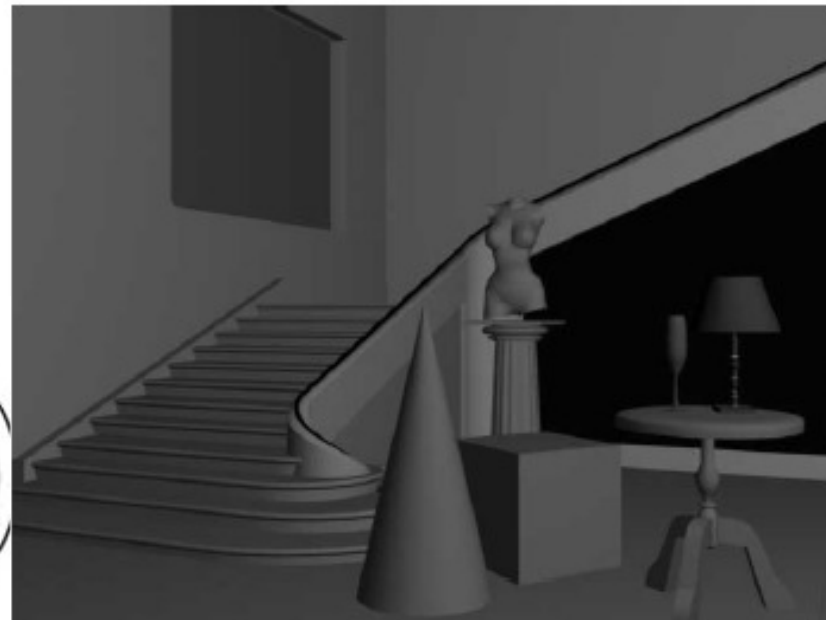
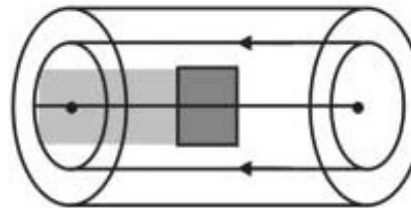
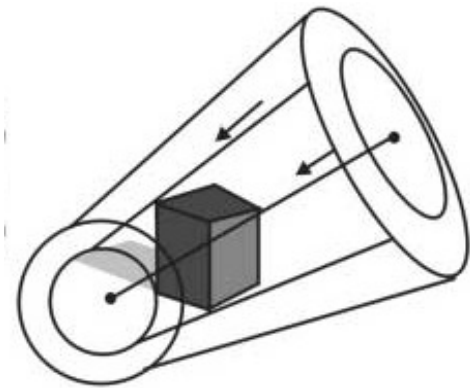
Paralelepípedo e cena sob luz ambiente

-



Luz direcional

A direção da iluminação é considerada, mas áreas mais distantes e mais próximas com mesmo ângulo em relação a luz são iluminadas igualmente



- Fontes de luz artificial :
Direcional e Pontual



*Quando deixa
de
ser pontual:*

Ângulo sólido de luz

Ângulo Sólido é o ângulo com vértice no centro de uma esfera, que subentende a superfície desta esfera e tem área medida proporcional ao quadrado do raio da esfera.

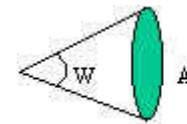
A esfera toda corresponde a um ângulo sólido de 4π **esterorradianos**, cujo símbolo é dado por sr.

O ângulo sólido é utilizado para cálculo de [intensidade luminosa](#).

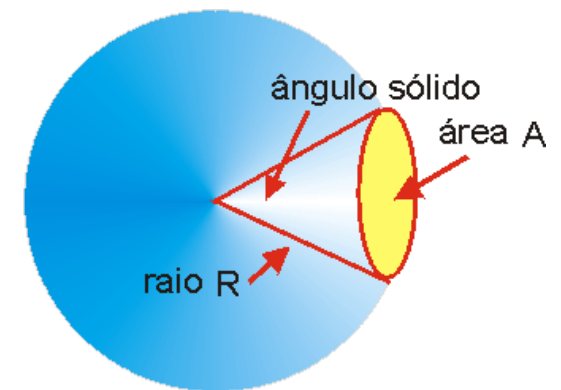
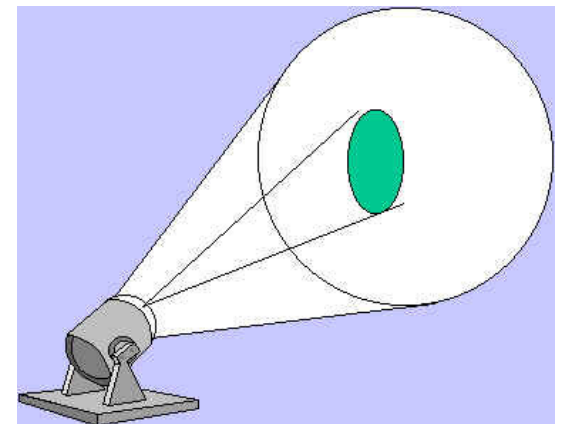
Suponhamos uma esfera de 1 m de raio, no centro da qual colocamos uma fonte com intensidade de 1 candela, em todas as direções.

O ângulo sólido que subentende uma área de 1 m^2 é um esterorradiano.

O fluxo de luz deste ângulo sólido, é o **lúmen**.

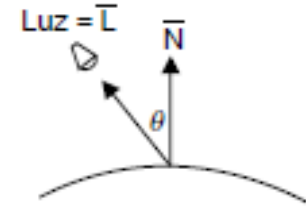


Ângulo Sólido (W)
 $W = A / r^2$ onde w é
medido em esterorradiano



Luz pontual

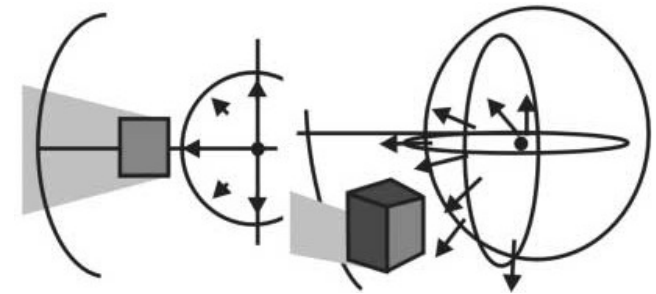
A luz é distribuída a partir de um ponto igualmente em todas as direções.



$$I = I_d r_d \cos \theta$$

Pode deixar as superfícies e as sombras com os limites muito intensos se sozinha:

$$I = I_a r_a + I_d r_d \cos \theta$$



Boa aproximação quando:

- 1) A fonte está suficientemente **distante da cena**.
- 2) A fonte tem **dimensões pequenas** comparadas aos demais objetos.

Neste Caso o ângulo varia de ponto a ponto:

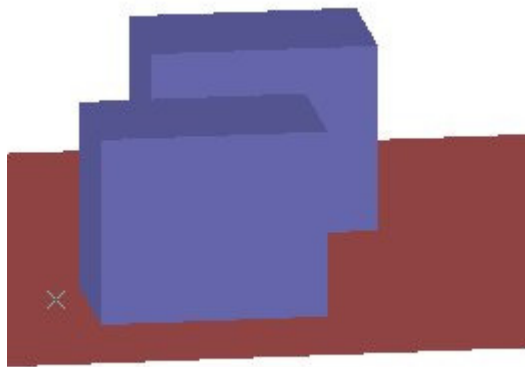
$$I = I_d r_d (\overline{u_e \cdot u_n})$$

Luz direcional

A direção da iluminação é considerada, as áreas mais distantes e mais próximas, mas com mesmo ângulo em relação a luz são iluminadas igualmente.

Isso não é muito realístico pois se espera que **áreas mais distantes da luz fiquem mais escuras!**

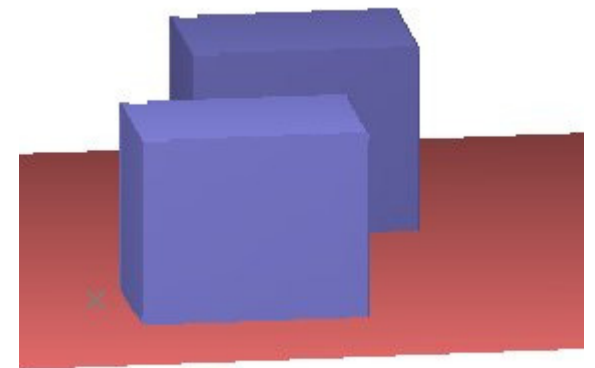
A atenuação com a distância pode ser de diversas maneiras: linear, quadrática, com fator de atenuação (associada ou não a constantes), etc.



$$I = I_a \cdot r_a + f_{at} I_d r_d \cos \theta$$

$$I = I_a \cdot r_a + I_d r_d \cos \theta / (d+k)$$

$$I = I_a \cdot r_a + I_d r_d \cos \theta / (d+k)^2$$

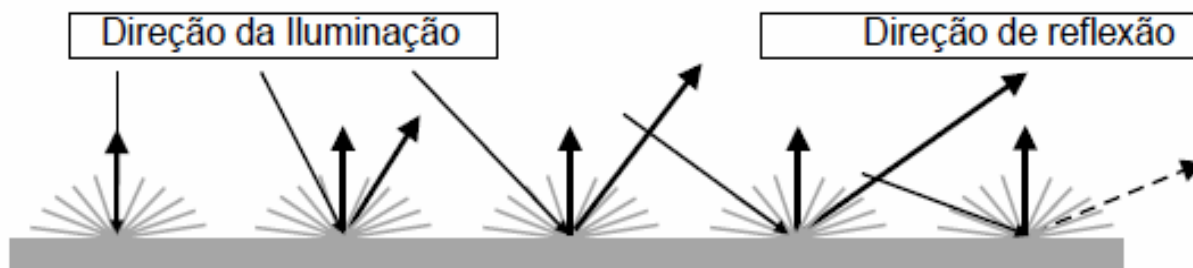


As superfícies dos objetos da cena

Modelo **Lambertiano** ou de objeto **foscos**

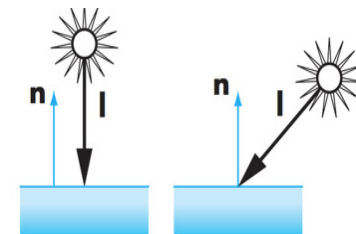
A intensidade da luz é independente do posição do visualizador da cena.

Iluminação isotrópica. A intensidade luminosa obedece a **lei dos cossenos de Lambert**

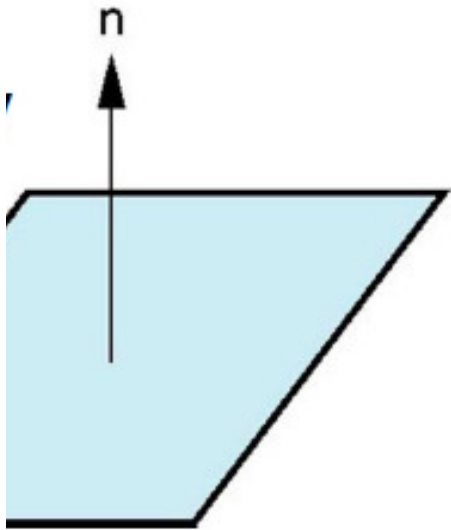


$$I_d = k_d (\mathbf{l} \cdot \mathbf{n}) L_d.$$

$$\cos \theta = \mathbf{l} \cdot \mathbf{n}.$$



Normais



Superfícies planas:

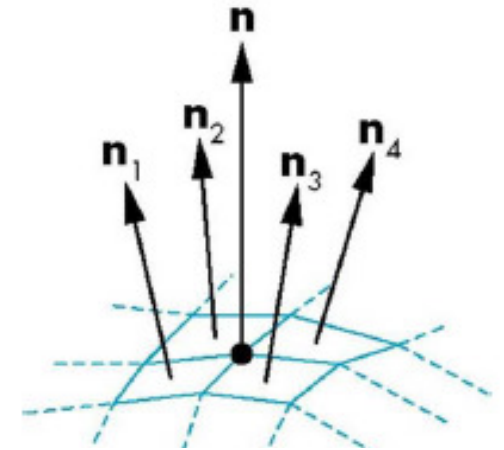
Equação do plano:

$$ax+by+cz+d = 0$$

Normal = (a,b,c)

Os por 3 pontos do plano: p_0, p_1, p_2

$$\mathbf{n} = (p_2-p_0) \times (p_1-p_0)$$



Johann Heinrich Lambert (1728-1777)

Físico, matemático, astrônomo e filósofo suíço Foi um dos criadores da fotometria e autor de trabalhos inovadores sobre as geometrias não euclidianas. Provou que o $Pi=\pi$ é irracional.

Em 1760, ele publicou o livro : Photometria. Considerando que a **luz viaja em linha reta**, mostrou que a iluminação é proporcional à intensidade da fonte, **inversamente proporcional ao quadrado da distância** da superfície iluminada e ao **ângulo de inclinação da direção da luz** com a superfície. Estes resultados foram apoiados por experiências.

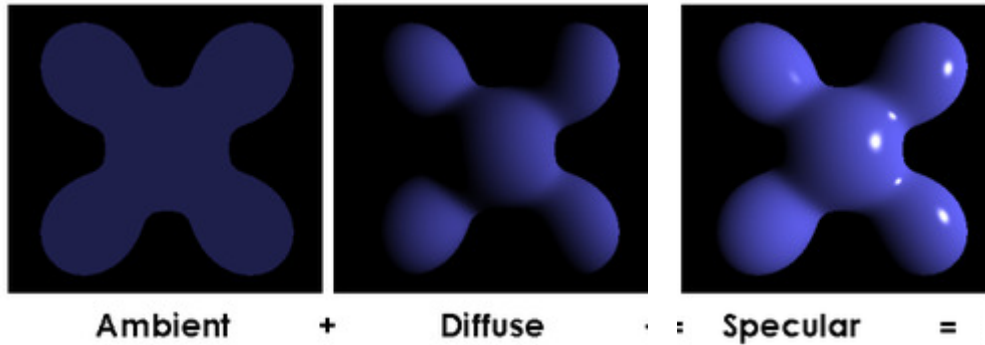
Em Photometria Lambert também formulou a **lei da absorção da luz** e introduziu o termo **albedo**. A **unidade** fotométrica **Lambert** é em reconhecimento ao seu trabalho.

Lambert também foi pioneiro no desenvolvimento de **modelos de cores tridimensionais** combinando pigmentos vermelhos, amarelos e azuis, e com branco.

Superfícies dos objetos da cena

Informa como a luz é refletida pela superfícies:

- Reflexão **difusa** (superfícies foscas, sem lustro ou brilho) – aparece com mesma intensidade em todas as direções (dull, matte); e
- Reflexão **especular** – tem um efeito de ter algum brilho , como se fosse de metal, ou encerada.



Cor da luz - > **especular**

Cor da luz + cor da superfície - >
Reflexão difusa

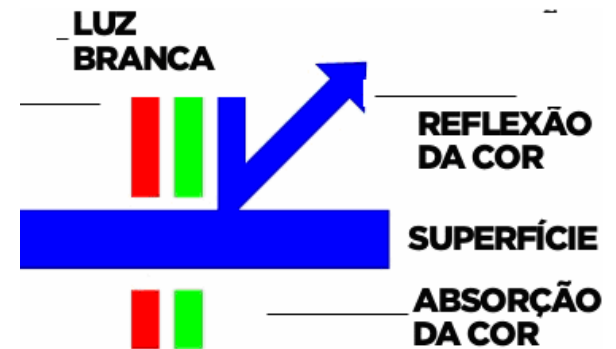
Função das cores dos objetos

Dependendo da forma de representação se usam as expressões anteriores separadamente para cada canal RGB, ou HSV, ou seja considerado :

I=cada canal da imagem,

I= R,G,B ou I = H,S,V:

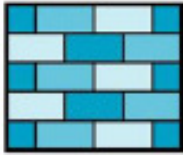
$$I_I = I_{al} \cdot r_{al} + f_{at} I_{dl} (r_{dl} \cos \theta) + f_{at} I_d r_s \cos^n \alpha$$



Teste 5

Responda escrevendo a mão:

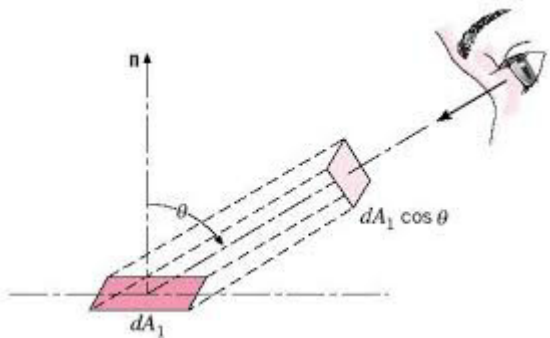
- 1- O que é Flat **Shading** ? Quando esse modelo fica perfeito em um objeto como unico **Shading**?
- 2- O que é um *modelo de iluminação? de que tipos esses modelos podem ser?*
- 3- Em modelos de iluminação o que significa ser empirico? *E ser local?*
- 4- *O que significa: renderizar?*
- 5- Que elementos são importantes no modelo que usaremos de rendering constante?
- 6- O que é uma iluminação Difusa?



7- qual é o tipo de **Shading** de cada area da figura a lado?



8- Qual é o tipo de iluminação mostrado no desenho ao lado, considerando que voce iria fazer o sombreamento de toda a mesa?



9- Que elementos importante no rendering Constante não aparece no esquema ao lado?

10 - Fale do Shading com luz ambiente, suas hipoteses , vantagens e desvantagens

11- Fale do Shading com luz direcional e como pode ser a atenuação com a distância representada nestes modelos?

Teste 5 – cont.

Ler em capítulos de livros de CG e pesquisar sobre esse assunto antes de responder as perguntas em sites de cursos de CG (inclusive o nosso) .

Usar para isso a próxima aula de quinta feira...

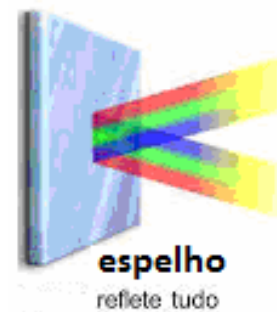
Reflexão especular

Em algumas superfícies funcionam como “espelhos” onde os fótons não interagem com os pigmentos, refletindo toda a cor original que nelas chega.

Modelos:

Cook-Torrance

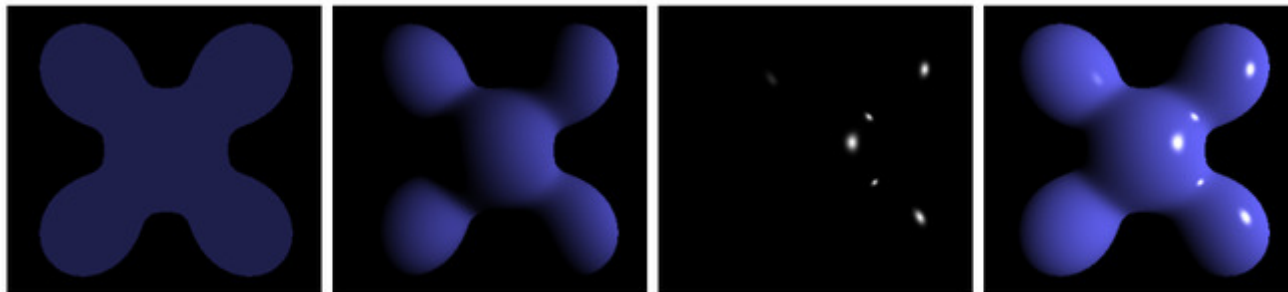
Phong



Phong reflection model

Empírico e local.

Combina luz difusa (superfícies foscas) e especular (superfícies com brilho)



Ambient + Diffuse + Specular = Phong Reflection

Luz branca e objeto azul

Bui Tuong Phong (1942- 1975)

Vietnamita, nascido em Hanoi, (Bui é o sobrenome e Phong seu nome, no Vietnam como o Brasil se considera mais o primeiro nome). Se formou como engenheiro em Toulouse, e entrou para o IRIA (*Institut de Recherche en Informatique et en Automatique*) em 1968. Ph.D. na University of Utah em 1973. Professor da Universidade de Stanford até morrer de leucemia.

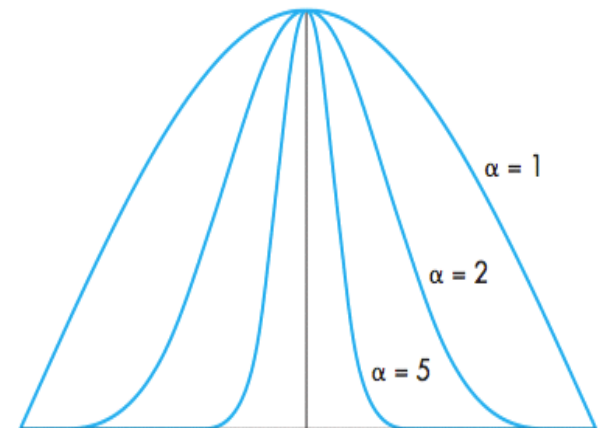
No modelo de Phong a **intensidade luminosa** é proporcional ao ângulo entre o observador e a direção de reflexão

Usando parâmetros **R** entre zero e um:

$$I = I_a + I_d + I_s = L_a R_a + L_d R_d + L_s R_s$$

$$I_s = k_s L_s \cos^\alpha \phi.$$

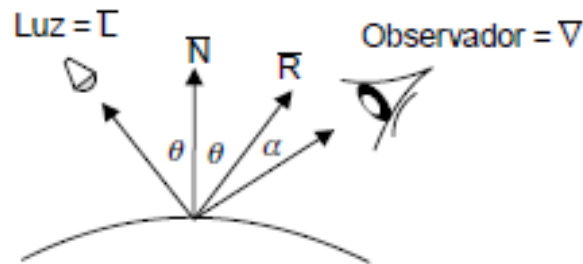
$$\cos \phi = r \cdot v$$



Phong reflection model

Aparece mais um ângulo na expressão!

$$I = I_a \cdot r_a + f_{at} I_d (r_d \cos \theta + r_s \cos^n \alpha)$$



$$I = I_a \cdot r_a + f_{at} I_d (r_d (u_e \cdot u_n) + r_s (u_r \cdot u_v)^n)$$

Múltiplas fonte:

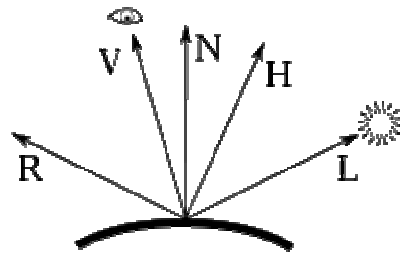
$$I = I_a \cdot r_a + \sum_{j=1}^J I_{dj} (r_d (u_{ej} \cdot u_n) + r_s (u_{rj} \cdot u_v)^n) / (d_j + k_j)$$

ou

$$I = I_a \cdot r_a + \sum_{j=1}^J f_{atj} I_{dj} (r_a (u_{ej} \cdot u_n) + r_s (u_{rj} \cdot u_v)^n)$$

Outros:

ângulo entre o observador e a direção de reflexão é substituído pelo metade do ângulo que a luz refletida faz com a normal



Uma alternativa ao modelo de luz especular de Phong é o uso do vetor de *intensidade de luz especular máxima* ou *vetor de caminho médio*, H , esse vetor é definido usando a direção da fonte de luz, L , e de visualização, V , como:

$$\bar{H} = \frac{\bar{L} + \bar{V}}{|\bar{L} + \bar{V}|} \text{ ou } \bar{H} = (\bar{L} + \bar{V})/2 \text{ se } |\bar{L}| = |\bar{H}| = 1$$

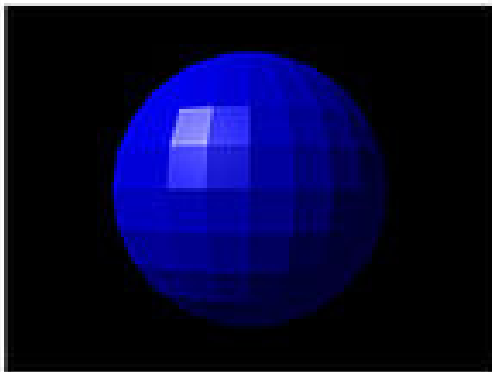
Flat shading

Produz bons resultados apenas se o objeto for mesmo de faces planas.

Cada polígono que compõem o objeto tem seu tom baseado no ângulo de sua normal com a direção da luz, sua cor e a cor da fonte de luz.

De modo que toda a face tem um tom constante.

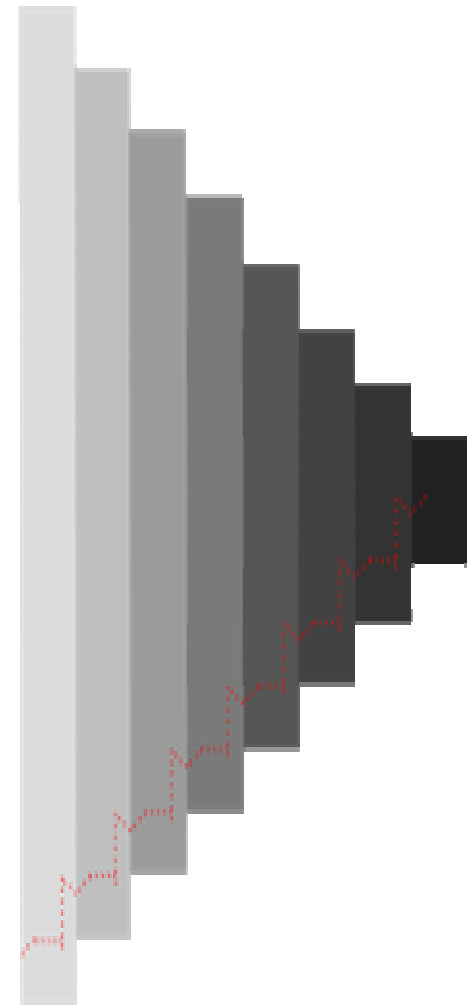
Efeito de bandas de Mach



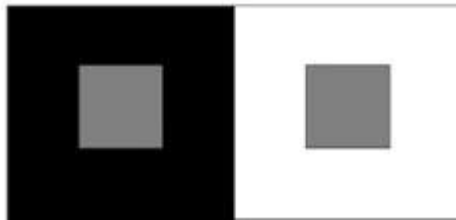
FLAT SHADING

As bandas de Mach

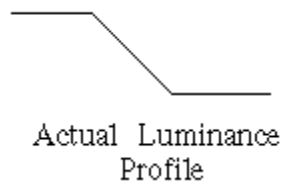
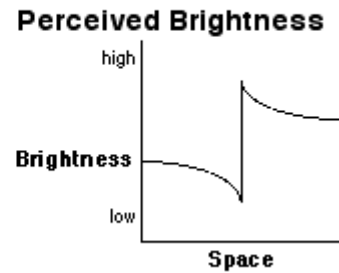
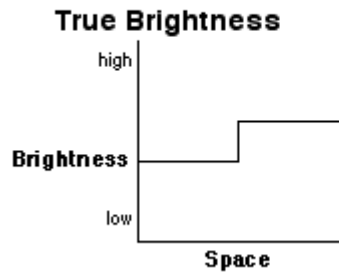
são efeitos de intensificação do contraste observado pelo olho humano: diferente gradiente de luminosidade **tem sua fronteira com contraste amplificado**. O nome desta ilusão é uma referência a Ernst Mach.



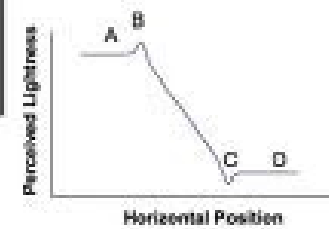
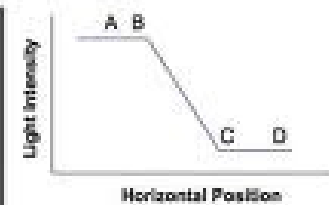
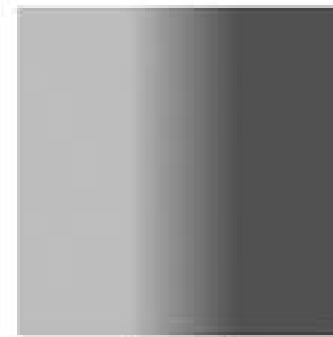
Bandas de Mach, intensidades constantes ou variações de intensidade constantes



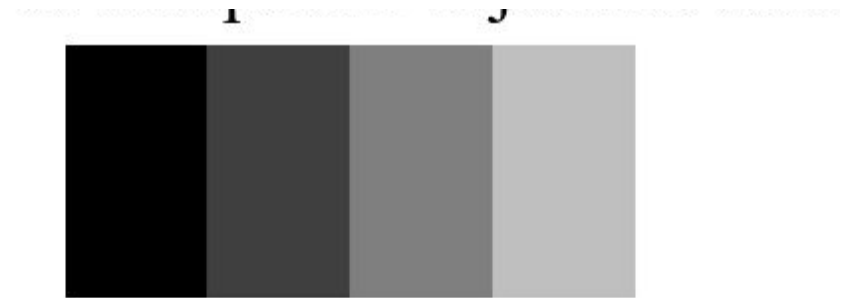
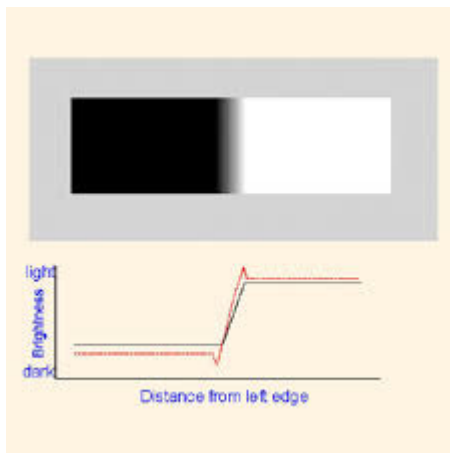
How the eye works



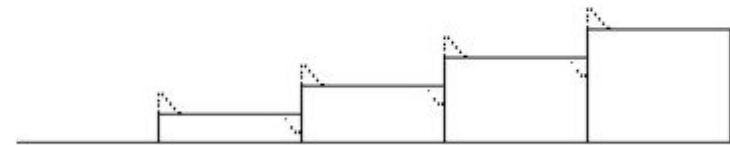
Mach bands



Mach Bands:
Perceived changes in luminance near the edges of a luminance gradient.



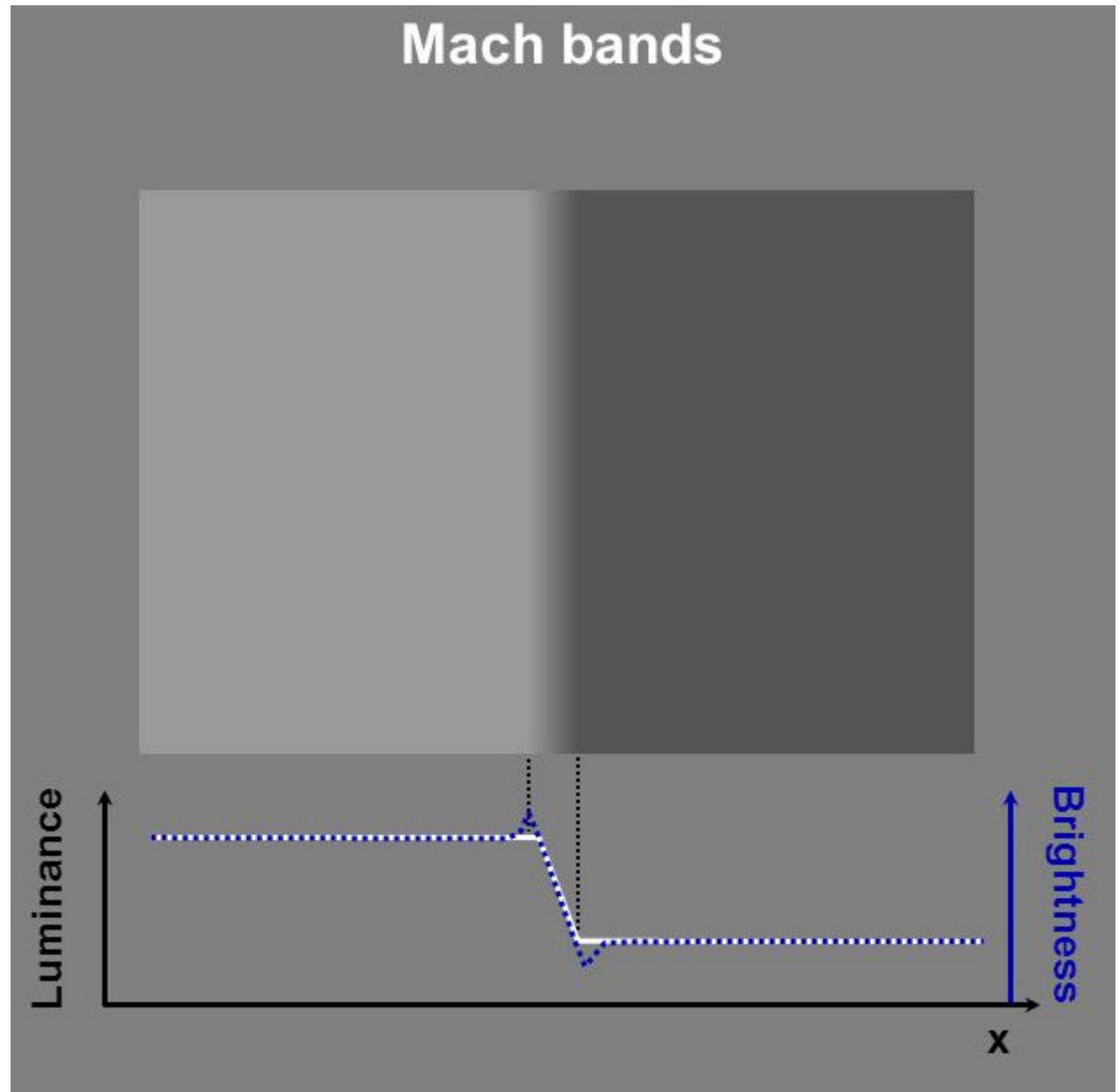
signal original



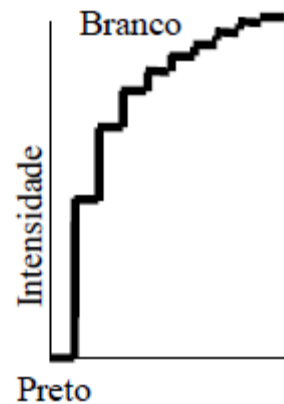
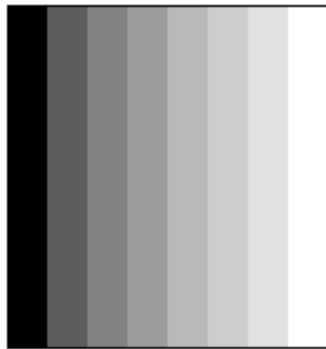
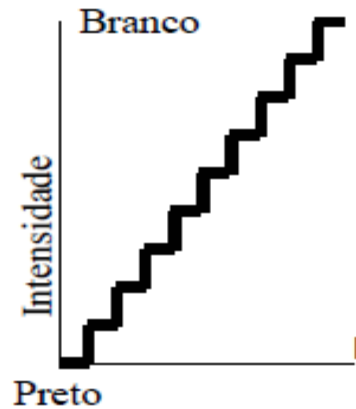
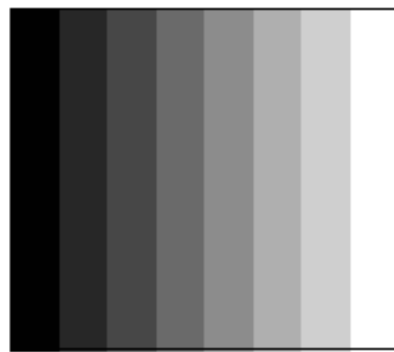
signal avec Mach bands

Bandas de Mach, intensidades constantes ou variações de intensidade constantes

Bandas de Mach,
intensidades constantes
ou variações de
intensidade constantes

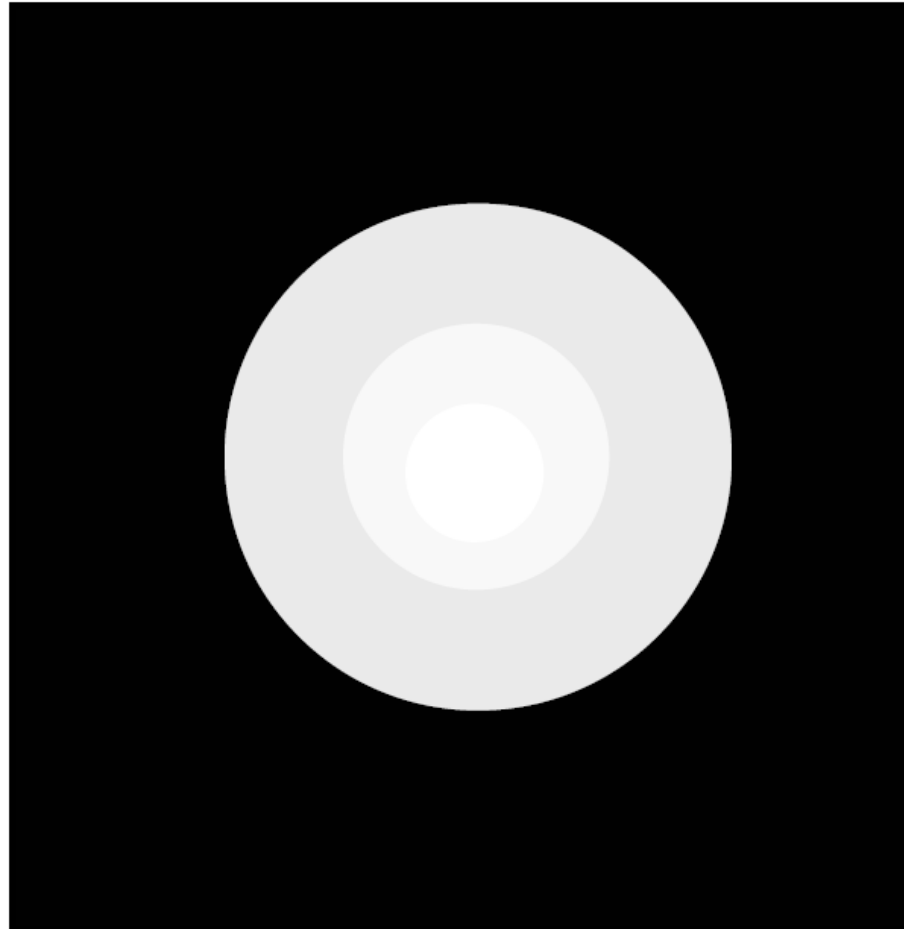


Amplificação da sensação de bordas entre regiões de tom constantes ou com variação a taxa constante.



– Nas intensidades mais escuras a percepção de variação tonal é menor nos cores aditivas mostrada relação não constante entre o acréscimo da intensidade e sua percepção, o que mostra a importância dos espaços de cores perceptualmente lineares.

Há 4 faixas tonais



Ernst Waldfried Josef Wenzel Mach

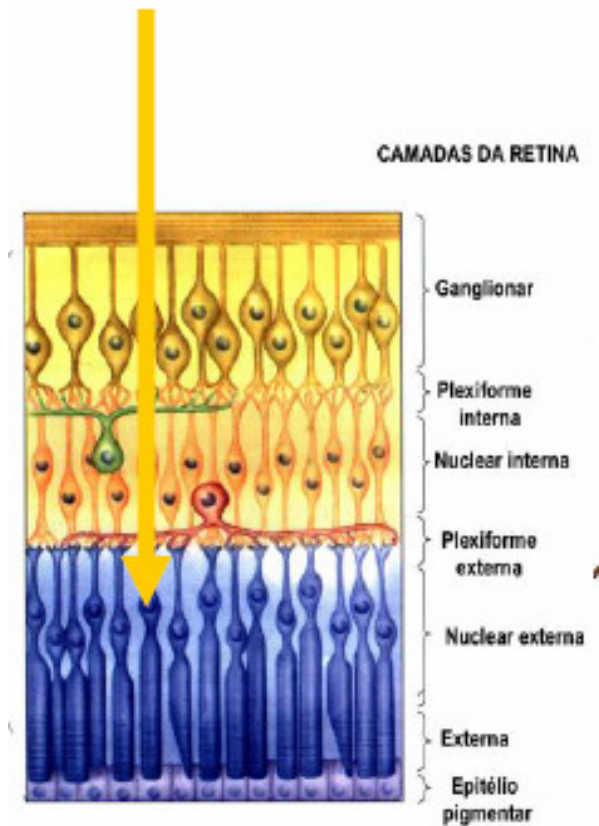
(Brno, 1838 – Vaterstetten, 1916) foi um físico e filósofo austríaco. austríaco.2

Foi professor de matemática em Graz.

Depois de física em Praga, quando opôs-se à introdução da língua tcheca como idioma oficial na mesma universidade, alinhando-se entre os partidários da dominação alemã na região.

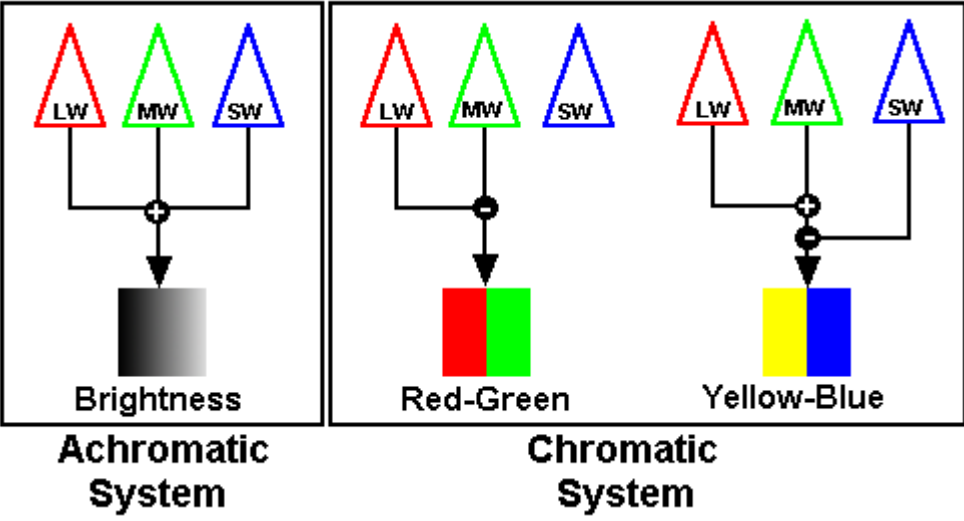
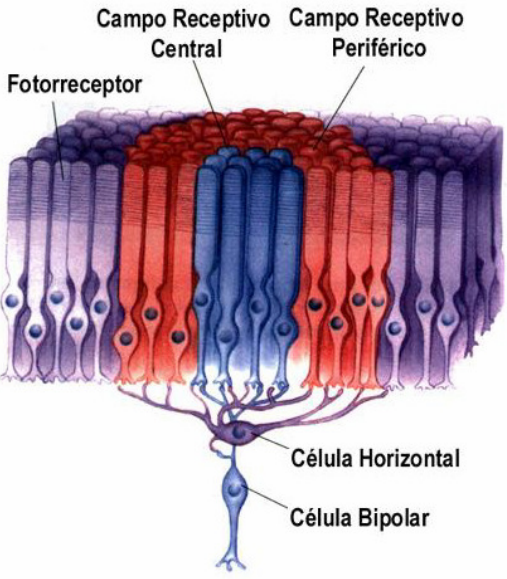
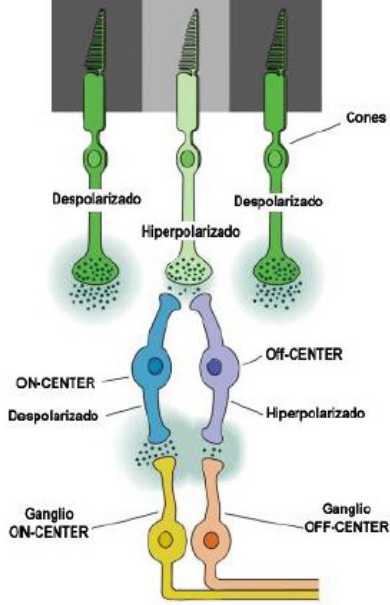
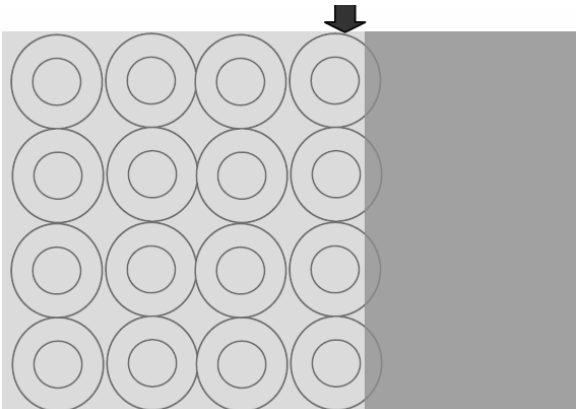
Esse é um efeito a nível de retina

Causado pelas ligações das diversas células que compoem a retina, antes do sinal neuronal sair do olho em direção ao cérebro.

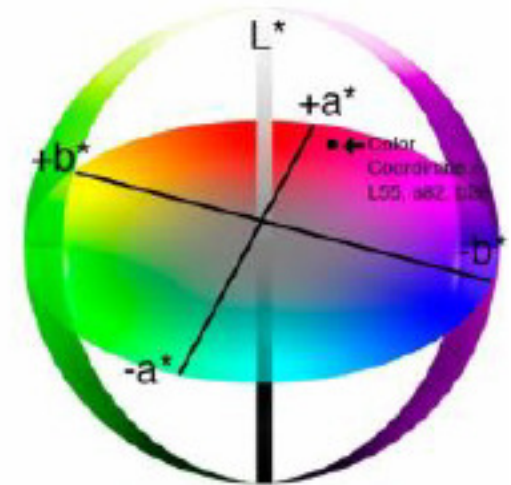
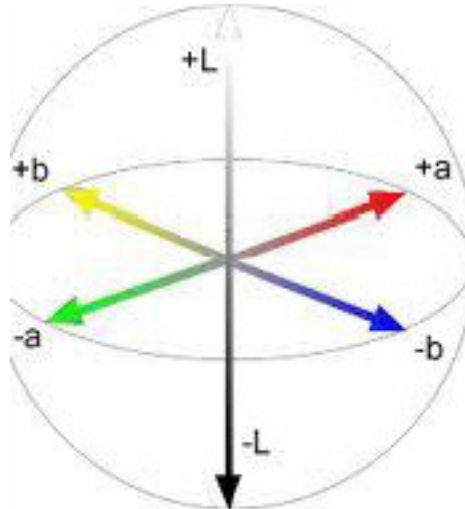
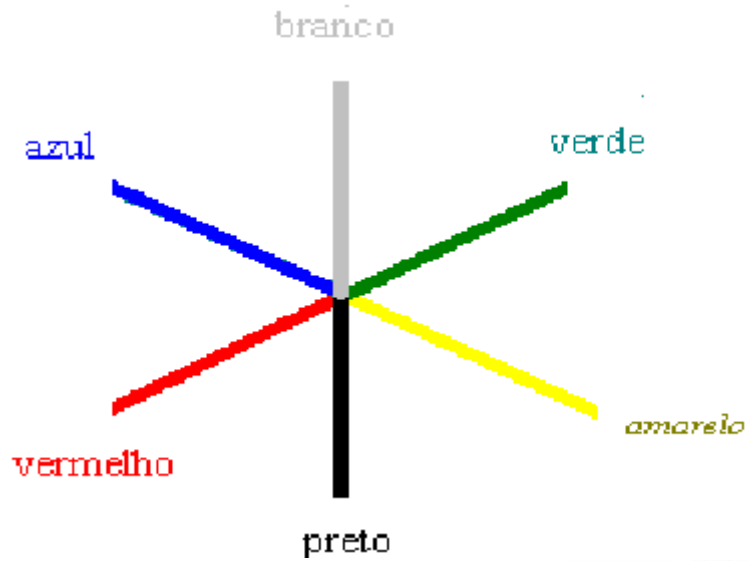


Explicado nos espaços de **cores oponentes**

Aumento do contraste



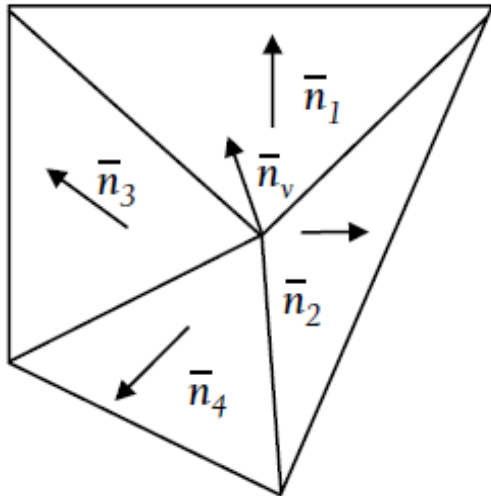
Espaços de cores oponentes



Smooth shading

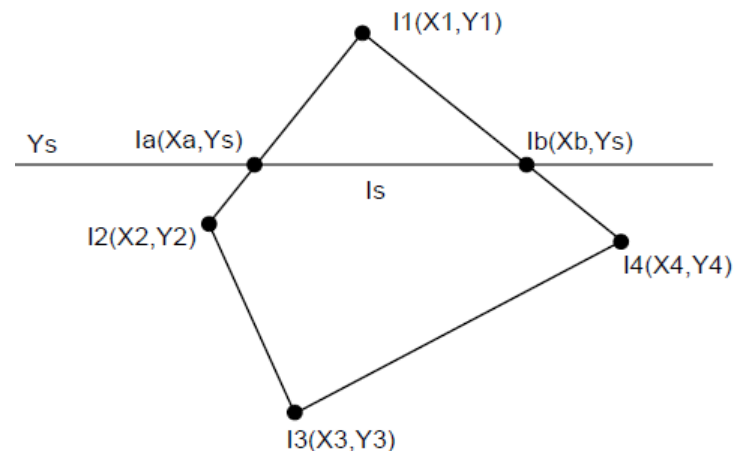
O sombreamento varia de pixel para pixel:

Gouraud shading – calcula a iluminação dos vértices e faz interpolação linear no interior. Supõem a normal nos vértices como média das normais das faces que chegam ao vértice.



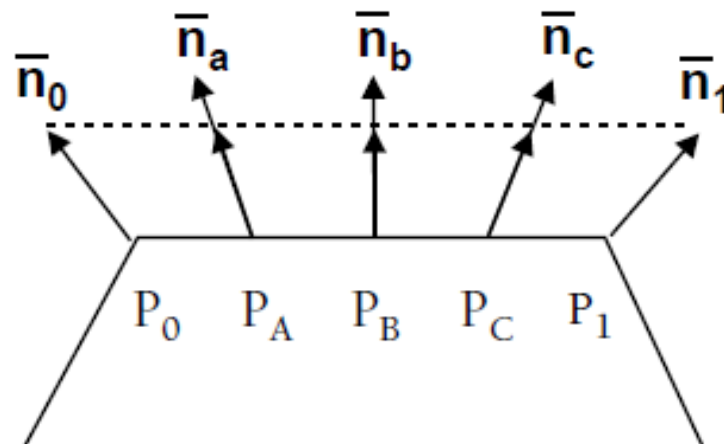
$$\bar{n}_i = \frac{n_i}{|n_x| + |n_y| + |n_z|}$$

$$n_v = \sum_{i=1}^k \frac{\bar{n}_i}{k}$$



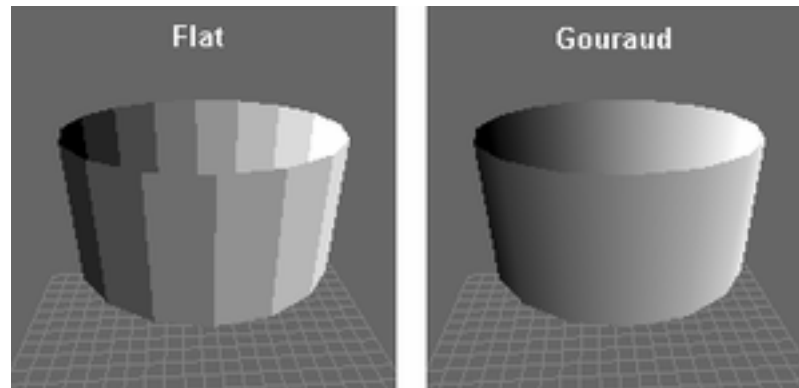
Smooth shading

Phong shading – faz a interpolação das normais dos polígonos já rasterizados para daí calcular o tom do ponto da superfície



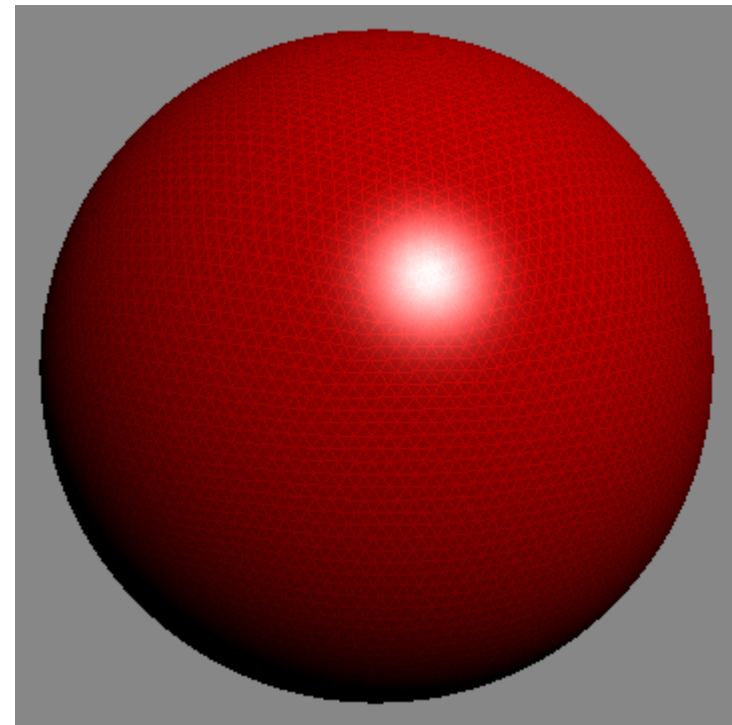
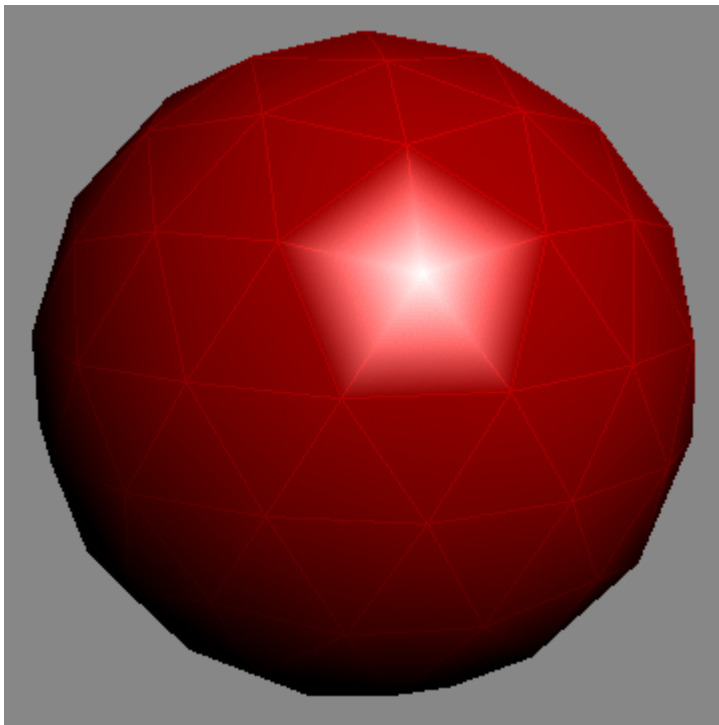
Henri Gouraud (1944- ...)

Frances, estudo de 1964–1967 na Escola Central de Paris, em 1971 recebeu seu Ph.D. pela Universidade de Utah pelo trabalho de titulo: **Computer display of curved surfaces**



Sombreamento de Gouraud

Nunca tem efeito tão concentrado como o de Phong mesmo com mais elementos na malha!



Bibliografia:

D. F. Rogers, J. A. Adams. Mathematical Elements for Computer Graphics, 2dn Ed. , Mc Graw Hill, 1990

E. Azevedo, A. Conci, [Computação Gráfica: teoria e prática](#), [Campus](#) ; - Rio de Janeiro, 2003

J.D.Foley,A.van Dam,S.K.Feiner,J.F.Hughes. Computer Graphics- Principles and Practice, Addison-Wesley, Reading, 1990.

Y. Gardan. Numerical Methods for CAD , MIT press, Cambridge, 1985.

A. H. Watt, F. Policarpo - [The Computer Image](#) , Addison-Wesley Pub Co (Net); 1998

https://noppa oulu.fi/noppa/kurssi/521493s/luennot/521493S_3-d_graphics_vi.pdf

<http://graphics.stanford.edu/papers/rad/>