

PDI - PI

Profa. Flávia Magalhães

PUC Minas

Unidade I - Introdução - Parte 2

Agenda

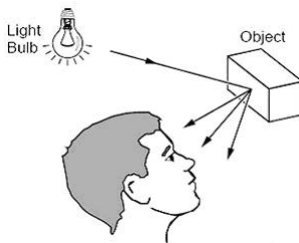
- 1 Objetivo de um sistema de visão computacional
- 2 Como uma imagem é formada?
- 3 Processo de recepção da imagem pelo olho humano
- 4 Persistência visual
- 5 Acuidade visual
- 6 Varredura
- 7 Sistema Visual Humano (SVH)
- 8 Densidade Espectral de Energia (DEE)
- 9 Função Eficiência Luminosa Relativa
- 10 Espectro Eletromagnético Visível
- 11 Imagem Digital x Sistema Visual Humano
- 12 Atributos de percepção da luz
- 13 Efeitos Visuais
- 14 Frequências Espaciais
- 15 Característica Passa-faixa do SVH
- 16 Faixas de Mach

Objetivo de um sistema de visão computacional

- Nosso objetivo: dotar as máquinas de **capacidades visuais**, para isso é fundamental **compreender** o **funcionamento** do **sistema visual humano**
- A visão envolve diversas funções complexas:
 - Detecção e localização
 - Reconhecimento e interpretação de objetos.

Como uma imagem é formada?

- Uma imagem é formada a partir de ondas eletromagnéticas refletidas, refratadas ou geradas por objetos, as quais são percebidas por sensores. No caso do SVH (Sistema Visual Humano), os sensores são as células receptoras do olho humano (cones e bastonetes). Para a faixa de luz visível, varia entre 350 e 780 nm.

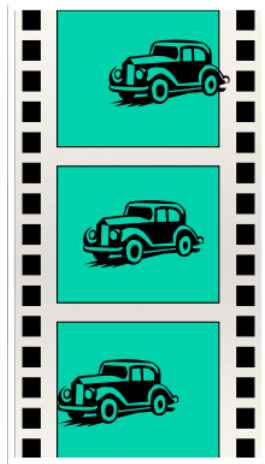


Processo de recepção da imagem pelo olho humano

- Propriedade do sistema de recepção visual: persistência da visão. O SVH possui a capacidade de reter uma imagem na retina por aproximadamente 1 décimo de segundo. Ilusão de movimento: no mínimo 10 quadros/s. Qualidade total: 30 quadros/s.
- Lei de Block: feixes de luz de durações distintas, mas de mesma energia, são indistinguíveis abaixo de 30ms.
- Feixes de luz observados a taxas superiores a uma frequência de fusão crítica (50 a 60 Hz) são indistinguíveis de uma luz fixa de mesma intensidade média.
- Efeitos espaciais x temporais: maior sensibilidade a cintilações em altas frequências espaciais.

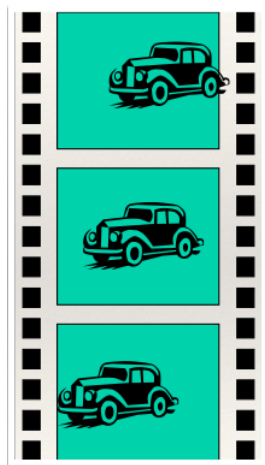
Persistência visual - Cinema

- No cinema, são usados 24 quadros por segundo
- Um obturador no projetor gira em frente à fonte de luz, permitindo a projeção quando o quadro está na posição correta e impedindo-a enquanto o próximo quadro não for posicionado. Assim, uma rápida sucessão de imagens paradas aparece na tela
- A taxa de 24 quadros por segundo não é rápida o suficiente para fazer o brilho de uma imagem misturar-se suavemente com a próxima, quando a tela é escurecida entre dois quadros



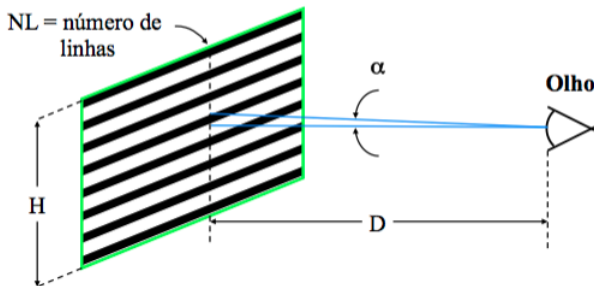
Persistência visual - Cinema

- Como resultado, tem-se uma cintilação luminosa (flicker), devido à alternância de luz na tela
- No cinema, o problema é resolvido exibindo-se cada quadro 2 vezes, de forma que 48 imagens são projetadas na tela em cada segundo
- O obturador bloqueia a luz, não somente quando cada quadro está sendo mudado, mas também uma vez entre eles
- Como resultado, elimina-se a cintilação



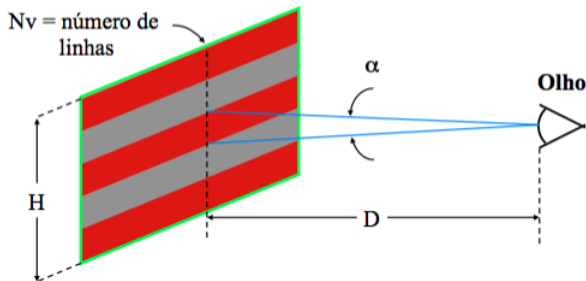
- O ângulo subtendido pelo menor detalhe visível em um objeto é chamado de acuidade visual
- O sistema de televisão foi projetado para um acuidade de 1 minuto de arco ($1/60$ grau ou $1/21600$ do círculo), supondo uma condição de visualização em ambiente doméstico, com uma distância da tela igual a seis vezes a sua altura
- A capacidade de um meio como a televisão reproduzir detalhes finos é chamada de resolução
- A resolução da televisão é o número de linhas horizontais pretas e brancas alternadas que podem ser adequadamente reproduzidas pela altura total da imagem

Acuidade Visual para imagens em preto e branco



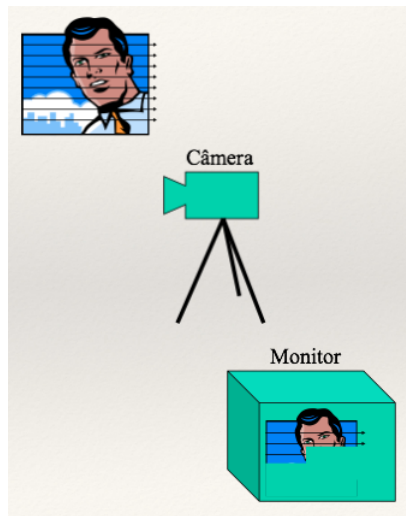
Para $D/H = 6$ e $\alpha = 1 \text{ min } (2,91 \times 10^{-4} \text{ rad})$
 $NL \approx 572$

Acuidade Visual para imagens coloridas

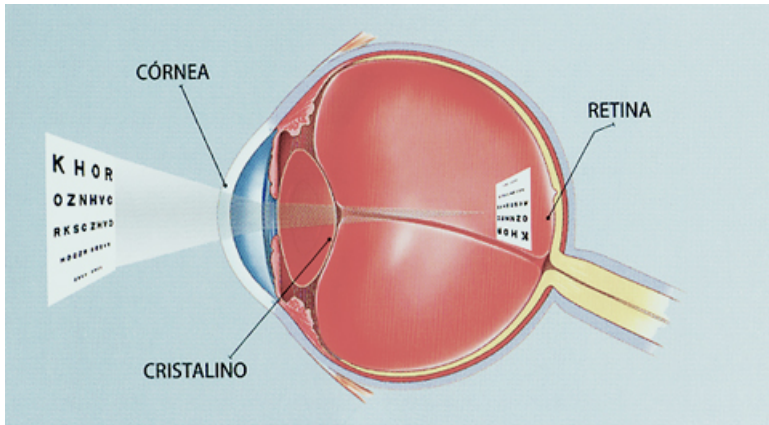


Varredura

- Na câmera, a imagem é varrida da esquerda para a direita, de cima para baixo, em uma série de linhas horizontais que são transmitidas para o receptor de televisão
- No receptor, a imagem vai se formando linha a linha na tela do cinescópio
- Devido à persistência visual, nosso sistema visual interpreta a imagem como um todo, e não como uma série de linhas separadas

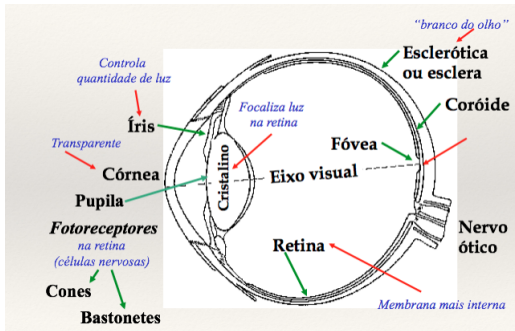


Seção transversal do olho



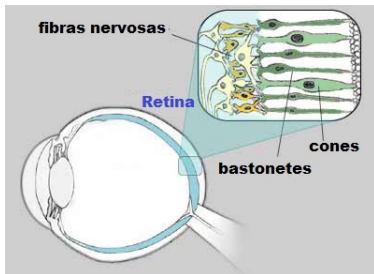
Sistema Visual Humano

- A **córnea** funciona como uma lente que permite que a imagem se forme na retina
- A **iris** controla a quantidade de luz que penetra no olho
- A **pupila** é a abertura central da íris



Sistema Visual Humano

- Quando os raios luminosos incidem na córnea, são imediatamente refratados (desviados), de forma a incidirem sobre a lente que tem por objetivo projetá-los na retina. Nesta, encontram-se dois tipos de fotorreceptores (**cones** e os **bastonetes**), que convertem a intensidade e a cor da luz recebida em impulsos nervosos. Estes impulsos são enviados ao cérebro, através do nervo ótico e então se tem a percepção de uma imagem.



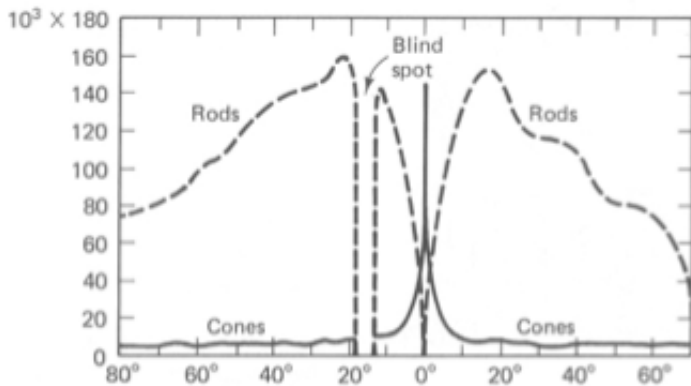
- Cones

- Mais concentrados perto de 0 graus na retina: na fóvea, há entre 6 a 7 milhões
- Pequenos e grossos
- Sensíveis a altos níveis de iluminação (visão fotópica), sendo responsáveis pela visão colorida
- Responsáveis pela visão diurna
- Distinção de cores e detalhes
- Informação provinda dos cones é chamada de **crominância**

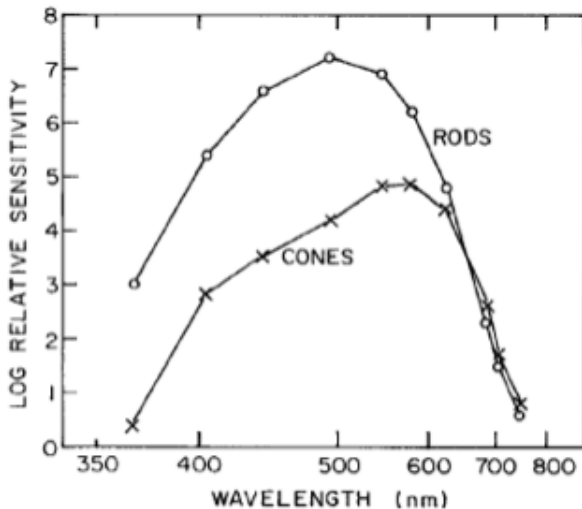
- Bastonetes

- 75 a 150 milhões
- Longos e finos
- Sensíveis à luz fraca, monocromática (visão escotópica)
- Responsáveis pela visão noturna
- Responsáveis pela visão periférica
- Informação provinda dos bastonetes é chamada de **luminância**

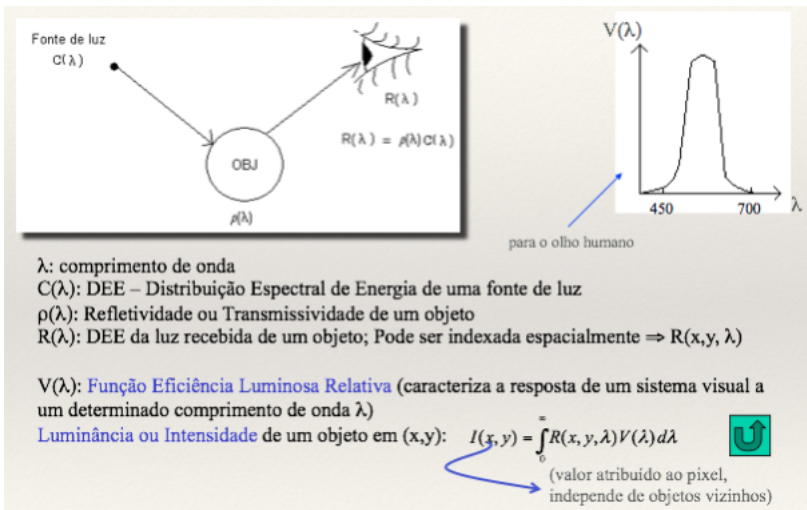
Sistema Visual Humano



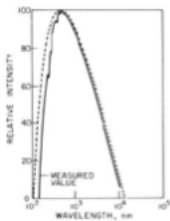
Sistema Visual Humano



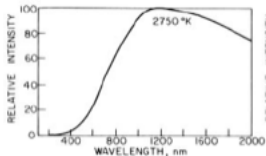
Recepção da imagem pelo olho humano



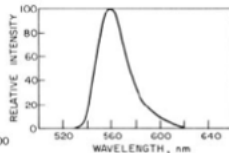
DEE de algumas fontes de luz



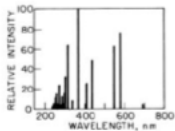
(a) Sunlight



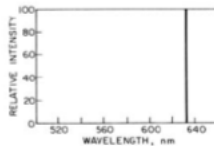
(b) Tungsten lamp



(c) Light-emitting diode

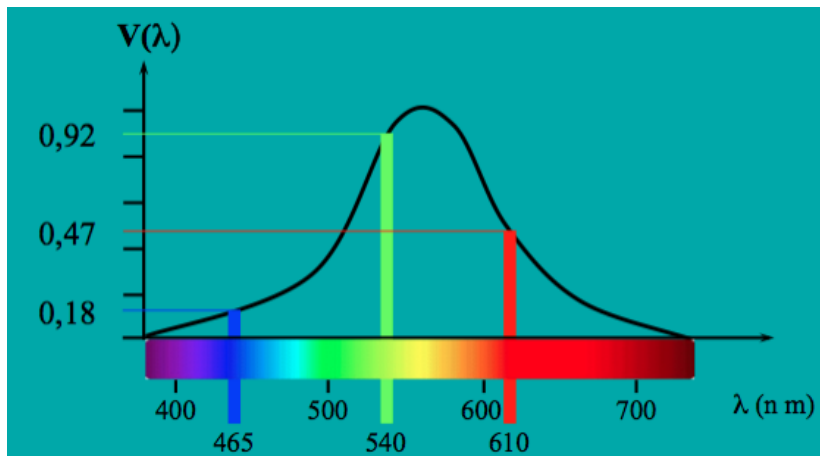


(d) Mercury arc lamp



(e) Helium-neon

Função Eficiência Luminosa Relativa do SVH



Representação de imagens monocromáticas

Já foi definida a Luminância do objeto em (x,y): $I(x,y) = \int_0^{\infty} R(x,y,\lambda) V(\lambda) d\lambda$

Uma luz com DEE $C(\lambda)$ pode ser representada por sua Luminância (ou Intensidade, ou Nível):

$I = K \int_0^{\infty} C(\lambda) S_{BW}(\lambda) d\lambda$, onde S_{BW} é a característica espectral do sensor

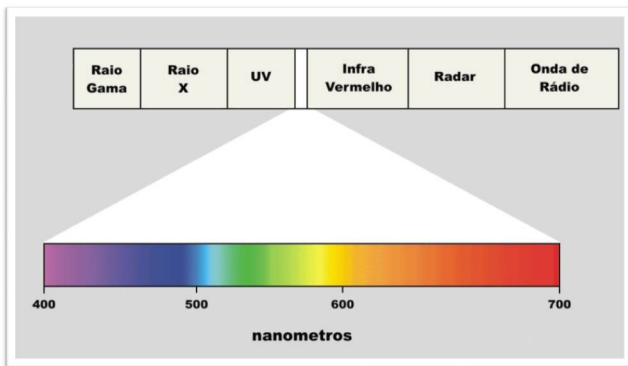
$S_{BW} = V(\lambda)$ (para o olho humano)

I representa Potência por Unidade de Área $\Rightarrow 0 \leq I \leq I_{m\acute{a}x}$

Em Processamento de Imagens usando 8 bpp, $0 \leq I \leq 255$

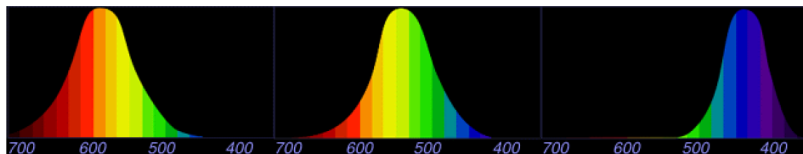
Espectro Eletromagnético Visível

- Os olhos humanos são capazes de capturar luz em formas de ondas, estas ondas, para serem percebidas devem estar entre 400 e 700 nanômetros (nm).



Espectro Eletromagnético Visível

- Cones
 - Existem 3 tipo de cones com características de absorção diferentes (nas regiões R, G, B)



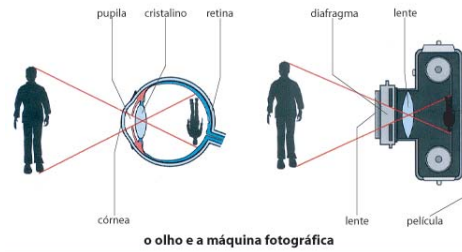
Cone vermelho

Cone verde

Cone azul

Imagem Digital x Sistema Visual Humano

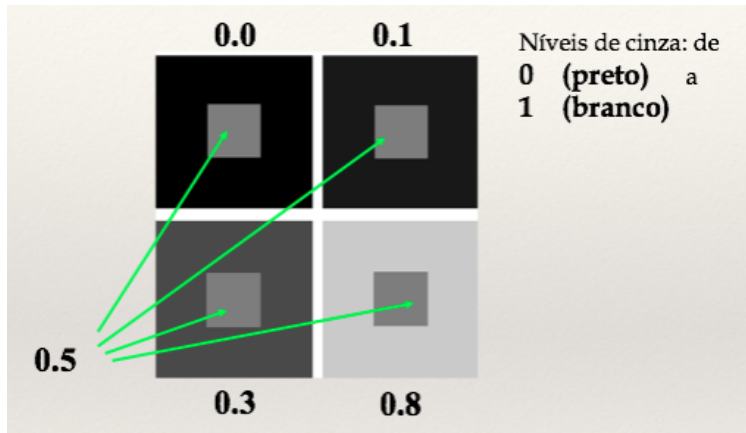
- Existem várias semelhanças entre o sistema visual humano e um sistema de sensores, tal como uma câmera fotográfica.
- O obturador da câmera possui função similar à da pálpebra do olho.
- O diafragma de uma câmera controla a quantidade de luz que atravessa as lentes, similar à íris no olho humano.
- As lentes da câmera são análogas ao conjunto formado pelo cristalino e córnea, cujo objetivo comum é focalizar a luz para tornar nítidas as imagens que serão formadas em uma superfície sensível.
- No olho humano, esta superfície sensível é a retina.



Atributos de percepção da luz

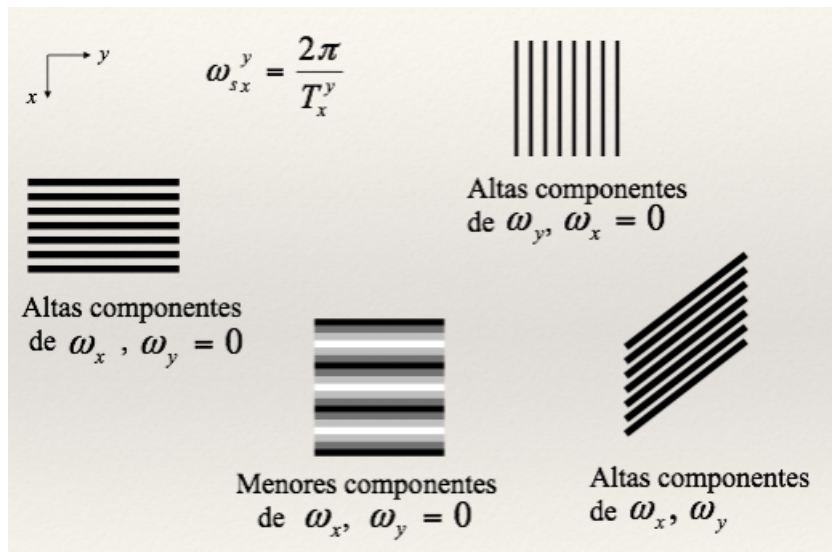
- **Brilho:** atributo subjetivo, pois depende do meio onde está o objeto. Nem sempre a intensidade (luminância) é medida de brilho. Exemplos:
 - Para 2 fontes com mesma forma de DEE, mas com intensidades diferentes, normalmente a mais intensa tem mais brilho;
 - Mas... objeto uniforme em intensidade pode aparentar ter brilhos diferentes
- **Matiz:** atributo que distingue cores. A princípio, uma boa medida de cor é o comprimento de onda, mas nem sempre (OK, para algumas cores básicas).
 - Luz branca: $C(\lambda)$ aproximadamente constante na faixa de luz visível.
- **Saturação:** quantidade de luz branca associada à matiz (quanto maior a quantidade de luz branca, menos saturada é a cor); relacionada à pureza da cor.
 - As cores puras são as mais saturadas possível. À medida em que $C(\lambda)$ se alarga, a luz torna-se menos saturada.

Efeitos Visuais: Contraste simultâneo

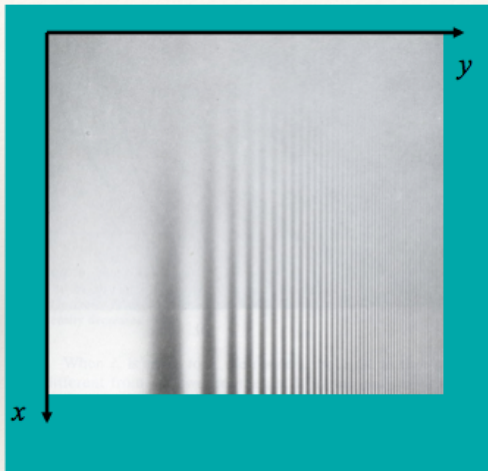


A resposta do olho não é a mesma para todos os valores de luminância. Na verdade, a percepção visual é sensível ao contraste de luminância.

Frequências Espaciais



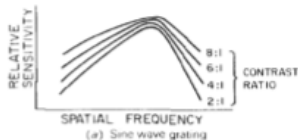
Característica Passa-faixa do SVH



$x \uparrow \Rightarrow$ contraste aumenta

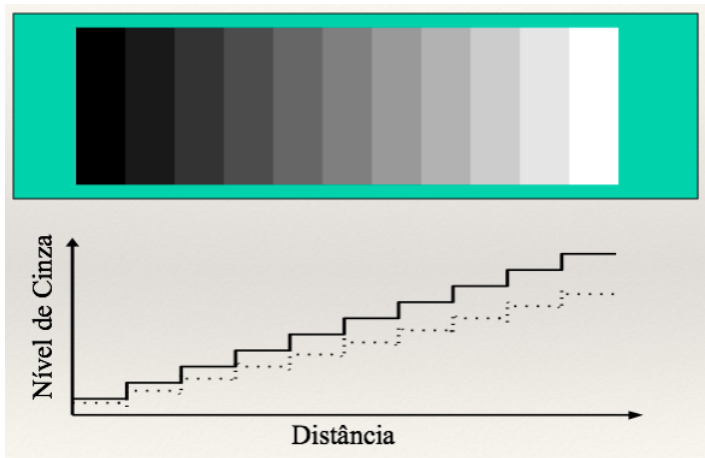
$y \uparrow \Rightarrow$ frequência espacial aumenta

Contraste: diferença entre o menor e o maior valor de intensidade



$$I(x, y) = I_0(x) \cos(\omega(y)y) + k$$

Faixas de Mach



Brilho é equivalente à Luminância percebida