

# Visão Computacional

Aula 2 – Imagens e Visão Humana

2018 – Engenharia

Fábio Ayres <[fabioja@insper.edu.br](mailto:fabioja@insper.edu.br)>

# Objetivos

Ao término desta aula o aluno será capaz de

- Conceituar imagens contínuas e imagens digitais
- Explicar como imagens são percebidas pela visão humana
- Explicar porque muitos modelos de cores são tridimensionais a partir de um entendimento da percepção de cores na visão humana
- Conceituar amostragem, quantização, e resolução espacial

# Imagens

- Inicialmente, aquilo que a gente vê
  - Mas tem muito mais que isso!



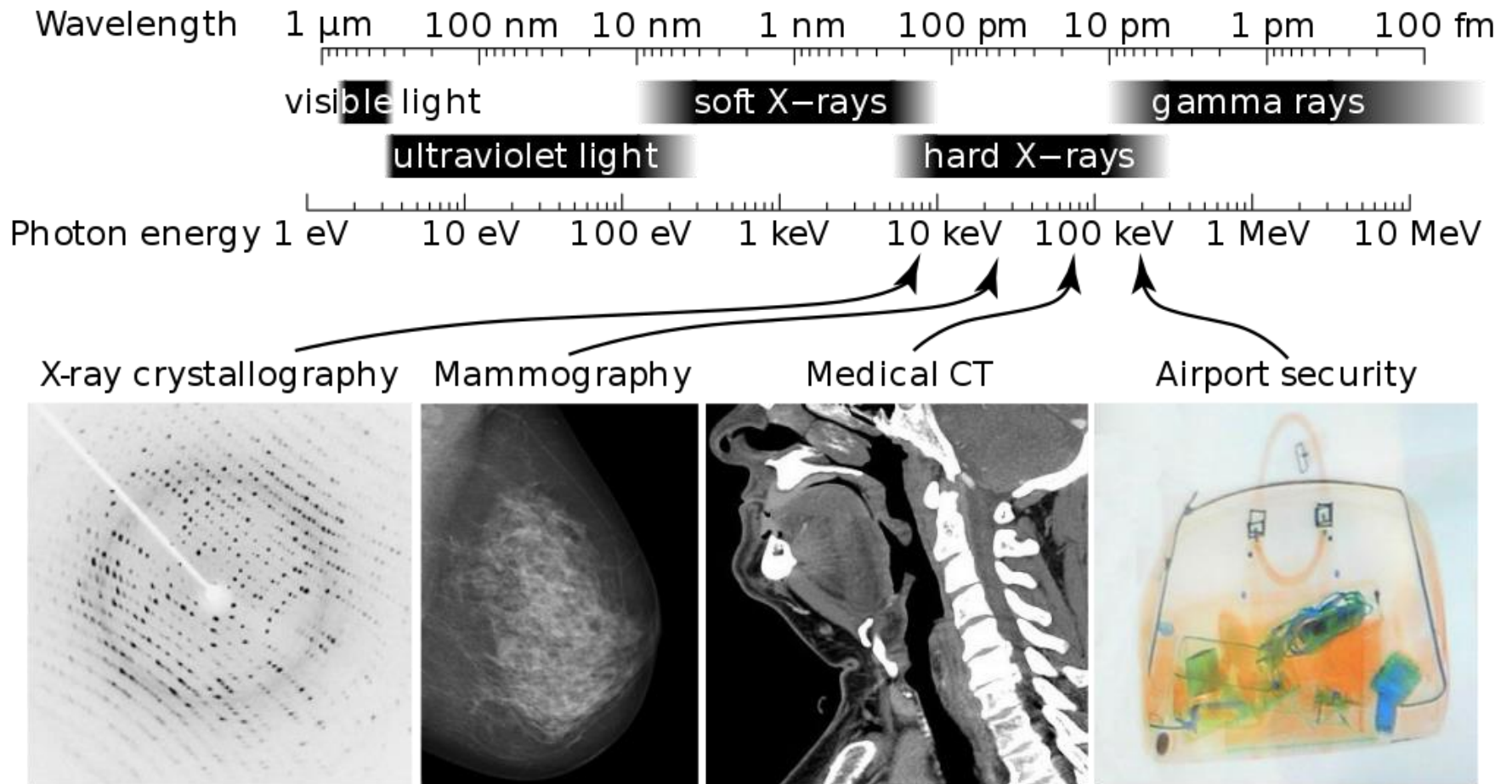


# Imagens



<http://blog.cpv.com.br/blog/2018/03/13/vestibular-insper-2018-2/>

# Imagens



[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b7/X-ray\\_applications.svg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b7/X-ray_applications.svg)

# Imagens



[https://blogs.msdn.microsoft.com/uk\\_faculty\\_connection/2017/05/15/image-based-motion-analysis-with-kinect-v2-and-opencv/](https://blogs.msdn.microsoft.com/uk_faculty_connection/2017/05/15/image-based-motion-analysis-with-kinect-v2-and-opencv/)

# Imagens



[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Utah\\_teapot\\_simple\\_2.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Utah_teapot_simple_2.png)

# Como representar imagens?

Modelagem contínua

(impossível de tratar no computador, mas é um começo)

$$\vec{v} = f(\vec{p})$$

$\vec{p} \in \mathbb{R}^M$ : coordenadas de posição

$\vec{v} \in \mathbb{R}^N$ : valor da imagem na posição dada



# Exemplos:

Imagem de raio-X

$$v = f(x, y)$$

Imagem colorida

$$(R, G, B) = f(x, y)$$

Imagem de tomografia

$$v = f(x, y, z)$$

Vídeo colorido

$$(R, G, B) = f(x, y, t)$$

Mapa topográfico do globo terrestre

$$\text{altura} = f(\text{latitude}, \text{longitude})$$

# Amostragem e quantização

Uma imagem contínua não pode ser armazenada em um computador digital, é necessário:

- Amostrar: coletar amostras da imagem contínua em posições pré-determinadas, geralmente espaçadas regularmente
- Quantizar: o valor da amostra deve ser aproximado por um número dentre um conjunto fixo de valores, para que possamos guardar esse valor aproximado na memória de um computador.

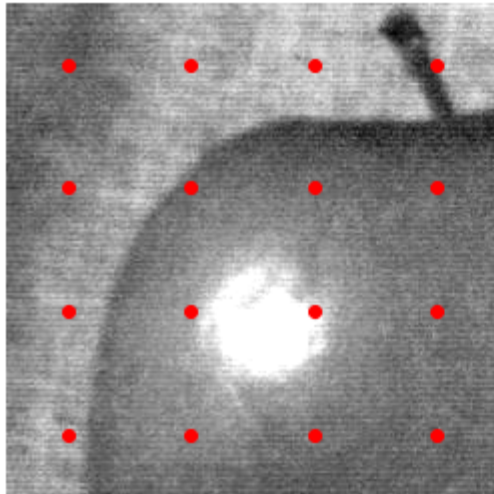
# Amostragem

Imagem:  $f(x, y)$   
 $x, y$ : distância em  $m$

intervalo de amostragem  $h$   
(distância em  $m$ )

Cuidado com a inversão ( $x, y$ )  
para (linha, coluna)!

Imagem amostrada:  
 $img[r, c] = f(c \cdot h, r \cdot h)$   
 $i, j$ : índices (inteiros)



90	131	178	184
188	100	176	141
174	100	223	133
182	100	125	103

# Resolução

Resolução pode significar:

- Tamanho da imagem amostrada, em pixels
- Resolução espacial: tamanho da menor característica distinguível na imagem (em unidades de distância, ou ângulo, etc)



# Resolução

Algumas métricas comuns de resolução espacial:

- PPI: points per inch – pontos por polegada
- line-pairs per inch – pares de linhas por polegada

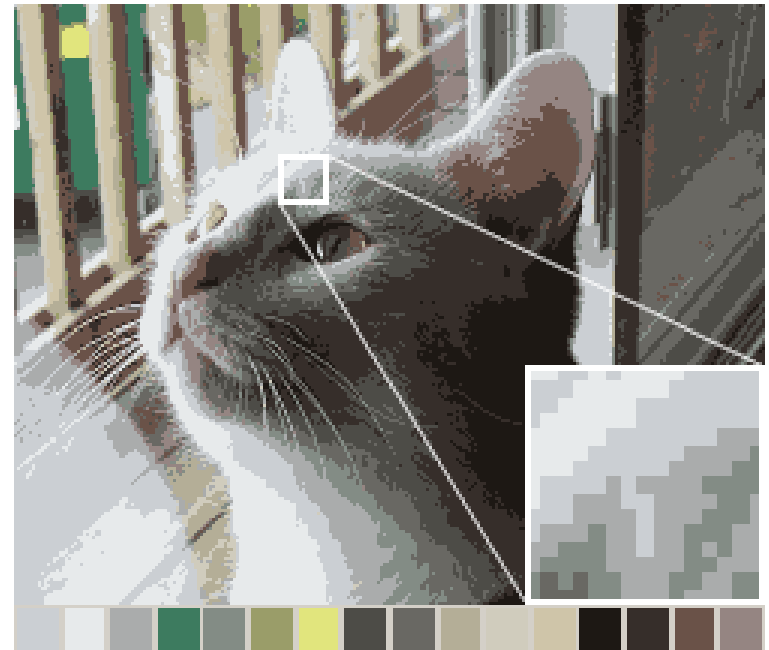
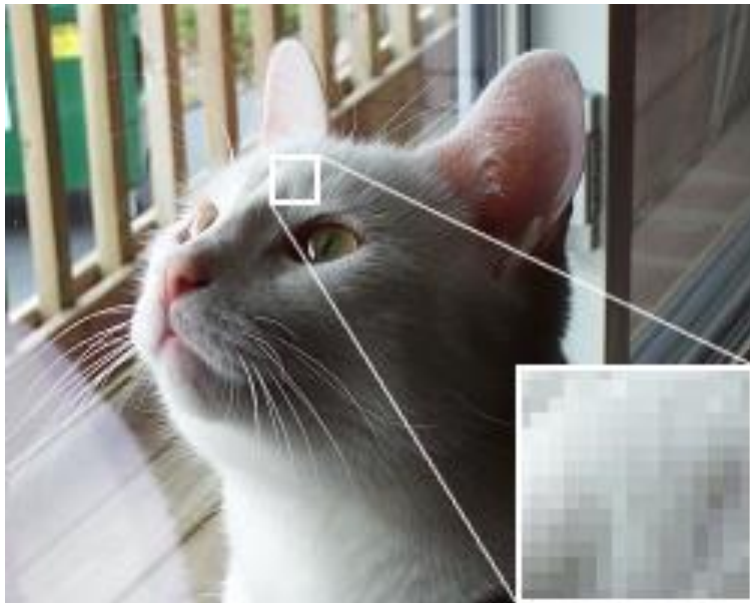


# Atividade

Qual a resolução espacial típica (tamanho de pixel, PPI, ou line-pairs per inch) das seguinte imagens:

- Material impresso na impressora laser
- Imagens de tomografia computadorizada
  - É a mesma resolução em todos os eixos?
- Monitor de laptop

# Quantização



[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Dithering\\_example\\_undithered.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Dithering_example_undithered.png)

[https://en.wikipedia.org/wiki/File:Dithering\\_example\\_undithered\\_16color\\_palette.png](https://en.wikipedia.org/wiki/File:Dithering_example_undithered_16color_palette.png)

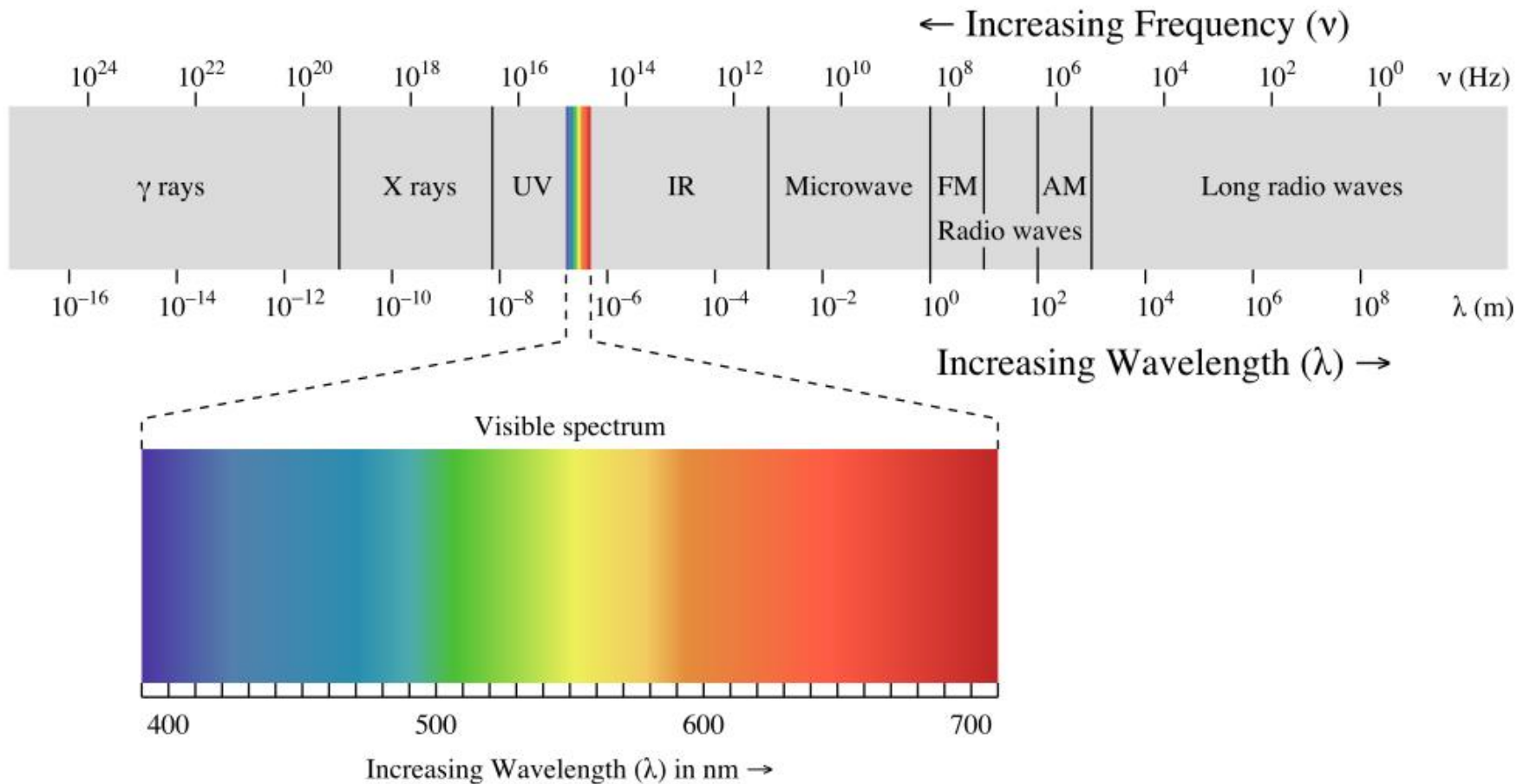
# Imagens coloridas

- O que é cor?
- Como percebemos uma imagem colorida?

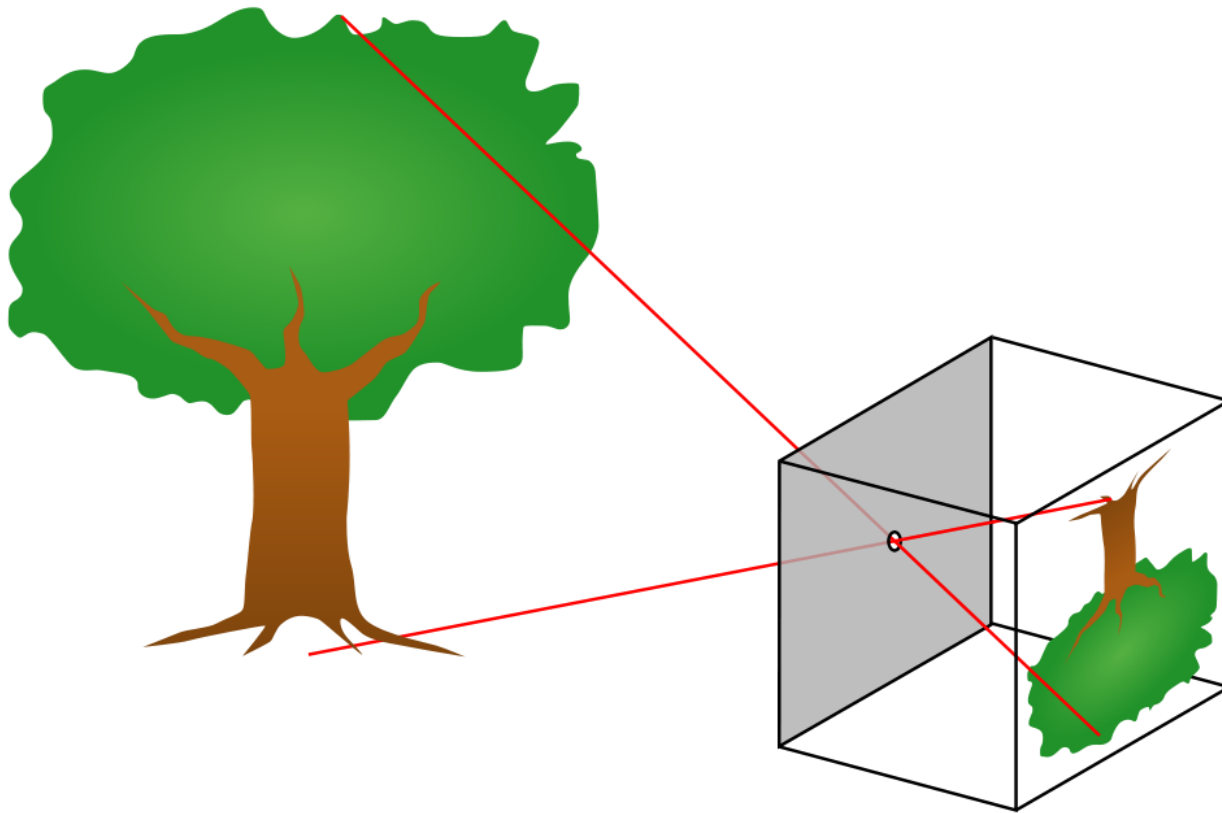


[https://en.wikipedia.org/wiki/File:Dark\\_Side\\_of\\_the\\_Moon.png](https://en.wikipedia.org/wiki/File:Dark_Side_of_the_Moon.png)

# Luz



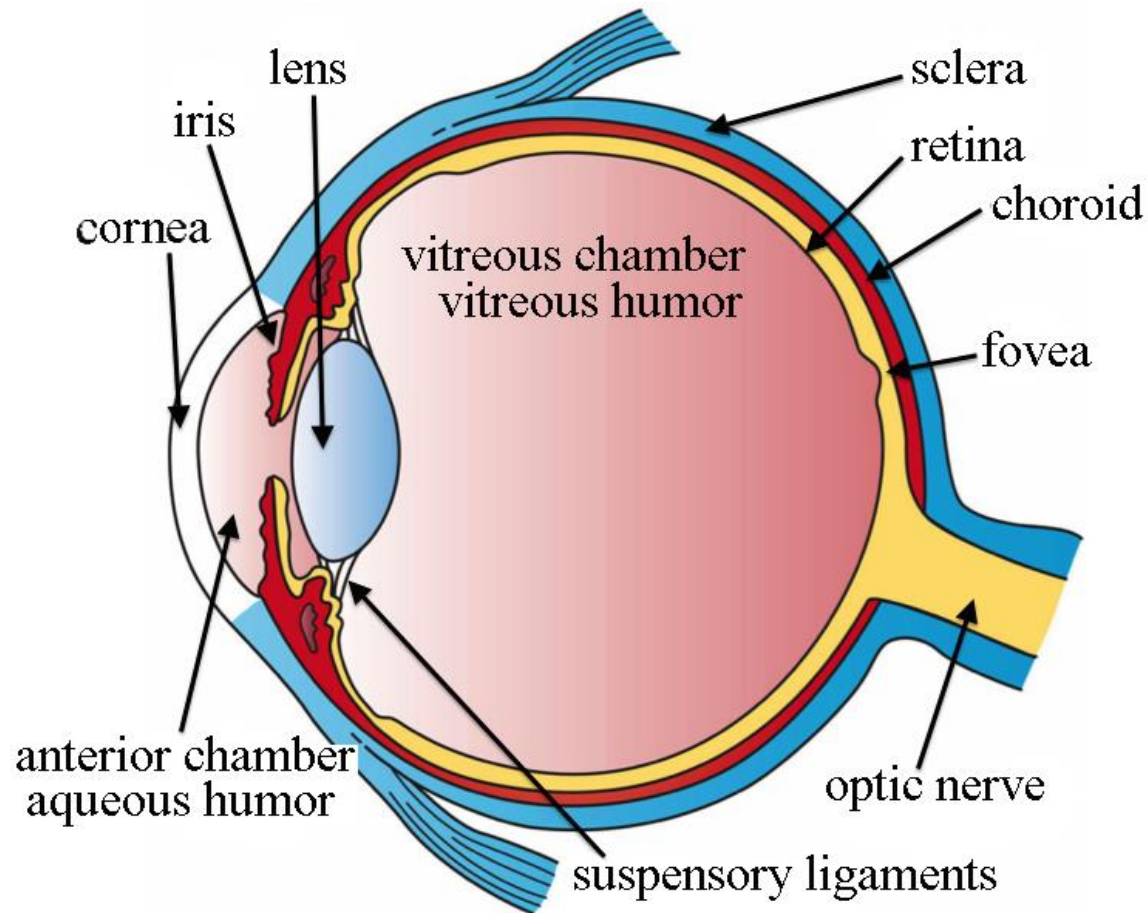
# Câmera



<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pinhole-camera.svg>

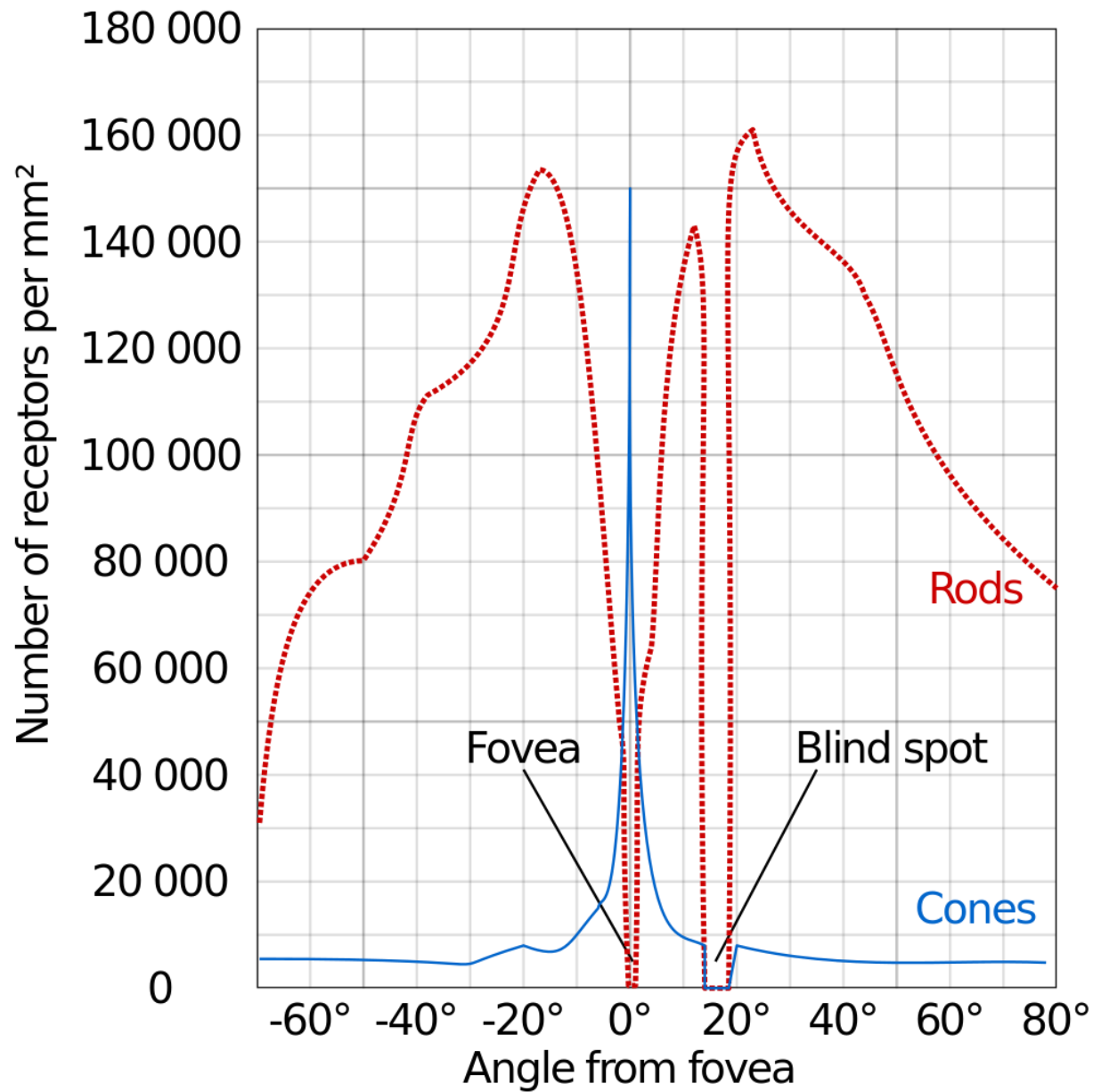


# Visão humana



# Cones e bastonetes

- Cones e bastonetes: células sensíveis à luz
- Cones:
  - Visão central
  - Alta resolução
  - Sensibilidade a cores
  - Requer alta intensidade luminosa
- Bastonetes
  - Visão periférica
  - Baixa resolução
  - Visão monocromática
  - Funcionam em baixa luz



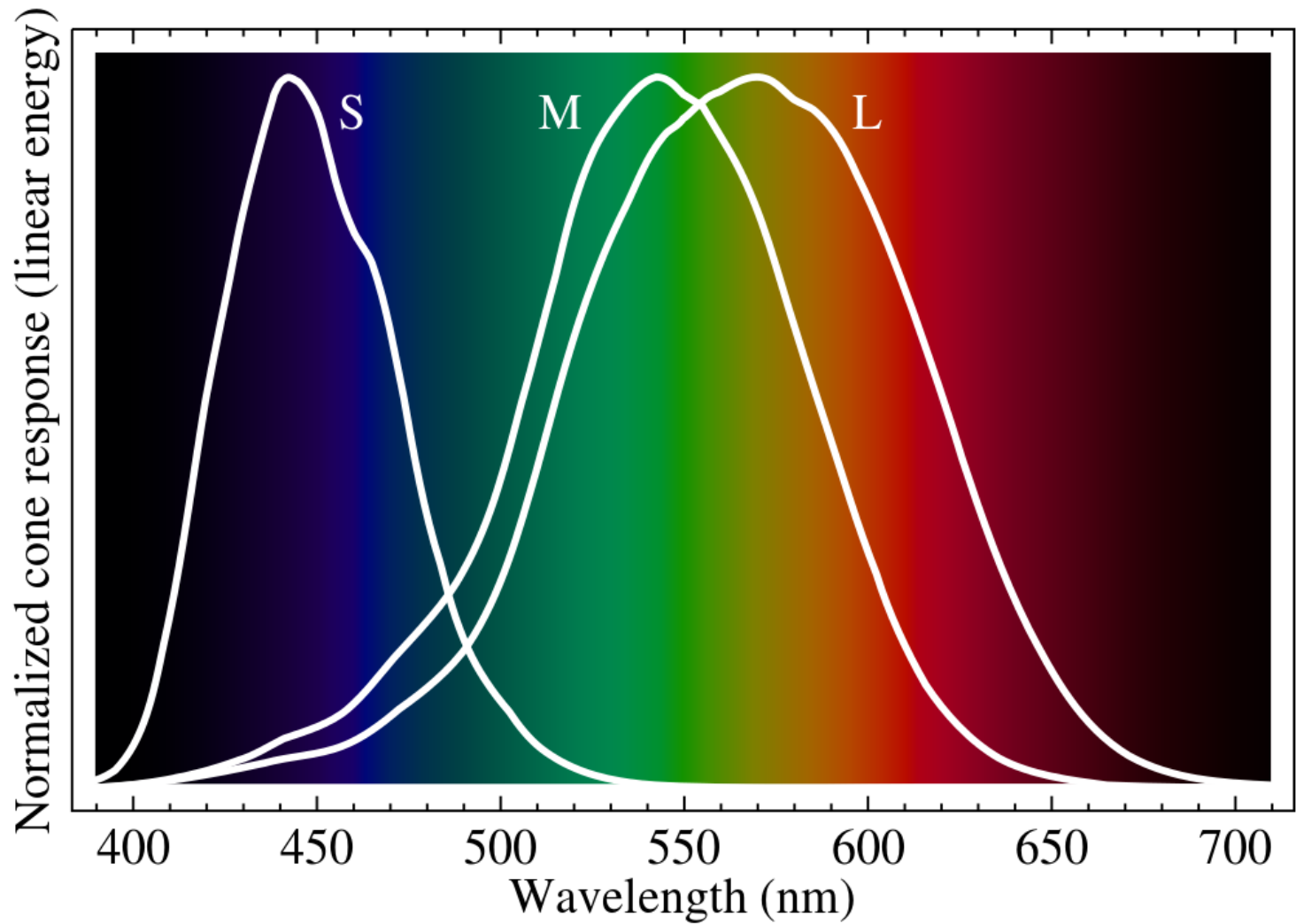
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Human\\_photoreceptor\\_distribution.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Human_photoreceptor_distribution.svg)

# Curiosidade: ponto cego

- Feche o olho esquerdo
- Estique os braços e faça um “L” com ambas as mãos, apontando os indicadores para cima
- Toque as pontas dos polegares
- Mantenha o foco na unha do indicador da mão esquerda
- A ponta do dedo direito deve desaparecer! Mova a mão direita um pouco e observe o dedo direito reaparecendo e desaparecendo!
- Discuta com seu vizinho: como você acha que o cérebro não percebe o ponto cego o tempo todo? (2 min)

O sistema visual é super complexo! Vamos nos concentrar em um aspecto: a percepção de cores

# Cones





# Daltonismo

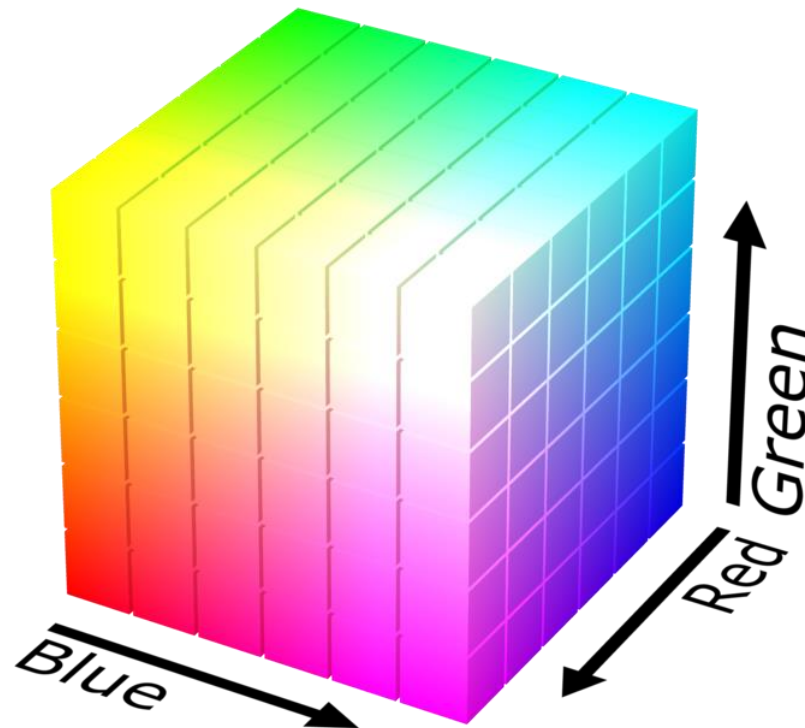
Cerca de 8% da população tem daltonismo: uma deficiência na presença de cones de tipos específicos que altera a percepção de cores;

- Protanopia: problema com tons vermelhos, misturando vermelho e verde.
- Deuteranopia: problema com tons verdes, misturando vermelho e verde.
- Tritanopia: problema com tons azuis e amarelos

# Modelos de cor

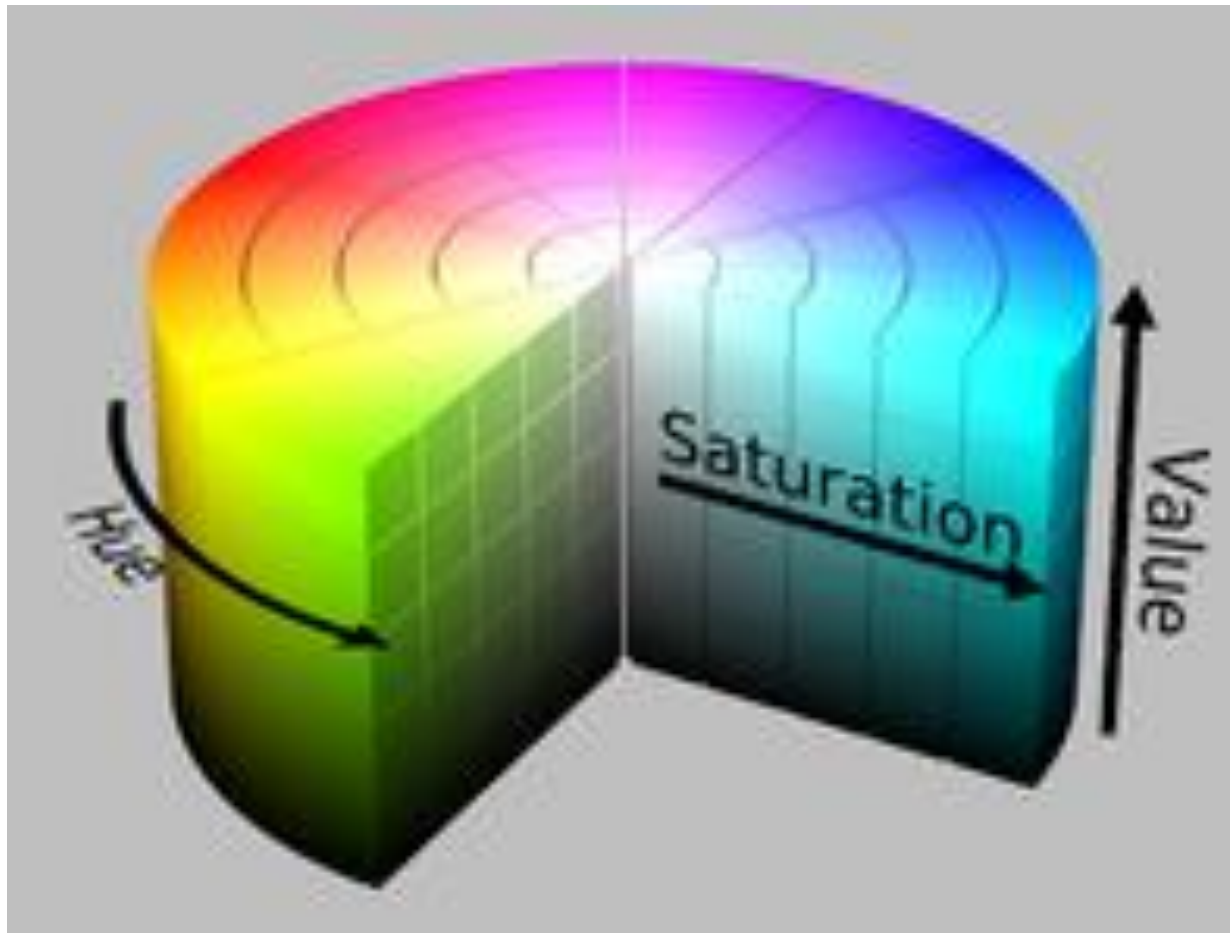
- O modelo mais “direto” de cores é o LMS, que é a representação direta de quanta energia foi percebida pelos cones de cada tipo:
  - L: cones de alto comprimento de onda (baixa frequência)
  - M: cones de comprimento médio de onda
  - S: cones de baixo comprimento de onda (alta frequência)
- O modelo mais usado é o RGB
- Outros modelos existem: HSV, YUV, e modelos mais sofisticados que representam mais de uma banda de energia

# Modelo RGB



[https://en.wikipedia.org/wiki/RGB\\_color\\_model](https://en.wikipedia.org/wiki/RGB_color_model)

# Modelo HSV



[https://en.wikipedia.org/wiki/HSL\\_and\\_HSV](https://en.wikipedia.org/wiki/HSL_and_HSV)

# Projeto

Para entender melhor como cores funcionam, vamos simular a visão daltônica no computador!

Em grupos de 2 alunos vocês devem implementar um programa Python que converte imagens coloridas segundo a técnica descrita no artigo “Digital Video Colourmaps for Checking the Legibility of Displays by Dichromats”, no blackboard.



# Projeto

Vocês devem entregar via BlackBoard um relatório na forma de um notebook Jupyter (e demais arquivos, tudo num arquivo .zip) contendo:

- Implementação de um código de conversão de cores para simular protanopia e deuteranopia (o artigo não discute tritanopia, que é rara)
- Demonstração da aplicação do código a imagens de exemplo
- Discussão das seguintes questões:
  - Como validar esses resultados? Como sabemos que esse simulador realmente representa a experiência sensorial de uma pessoa com daltonismo?
  - Quais as aplicações deste trabalho? Como você usaria esta técnica para melhorar o design de um produto? Que outras aplicações você imagina?

# Rubrica

## I (Insuficiente)

- Não entregou, entregou nonsense, ou o código não funciona – eu tenho que poder rodar seu notebook. Arquivos faltantes podem invalidar seu relatório também, seja cuidadoso.

## D (Em Desenvolvimento)

- Entregou apenas o código funcionando.

## C (Minimamente aceitável)

- Entregou o código funcionando e exemplos de funcionamento, respondeu minimamente as questões.

## B (Satisfatório)

- Entregou o código funcionando e respondeu as questões com pesquisa de exemplos reais de aplicações e uma análise crítica do potencial desta tecnologia.

## A (Avançado)

- Conseguiu expandir o trabalho em alguma direção de investigação interessante – venha conversar comigo depois de chegar na rubrica B.
- (A+) Implementou um simulador de visão daltônica usando os “head-mounted displays” da disciplina de Realidade Virtual do Luciano, vai conversar com ele.

Prazo de entrega

**15 / 08**

**(quarta-feira)**

**23:59**

# Insper

[www.insper.edu.br](http://www.insper.edu.br)