# Imagens Digitais

## Visão Computacional em Robótica (BLU3040)

Prof. Marcos Matsuo (marcos.matsuo@ufsc.br)

Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC

1. Imagens Digitais
   - Imagem binária
   - Imagem em escala de cinza
   - Imagem colorida
2. Espaços de cores
   - Espaço de cor RGB
   - Espaço de HSV
3. Conversão de Imagens
   - Conversão entre tipos de dados
   - Conversão entre tipos de imagens

1. Imagens Digitais
   - Imagem binária
   - Imagem em escala de cinza
   - Imagem colorida
2. Espaços de cores
   - Espaço de cor RGB
   - Espaço de HSV
3. Conversão de Imagens
   - Conversão entre tipos de dados
   - Conversão entre tipos de imagens

# Imagens Digitais

- Uma **imagem digital** pode ser definida como uma representação de uma imagem através de **valores discretos**.

- Tais valores podem representar a intensidade de uma cor, posição de um elemento gráfico, etc.

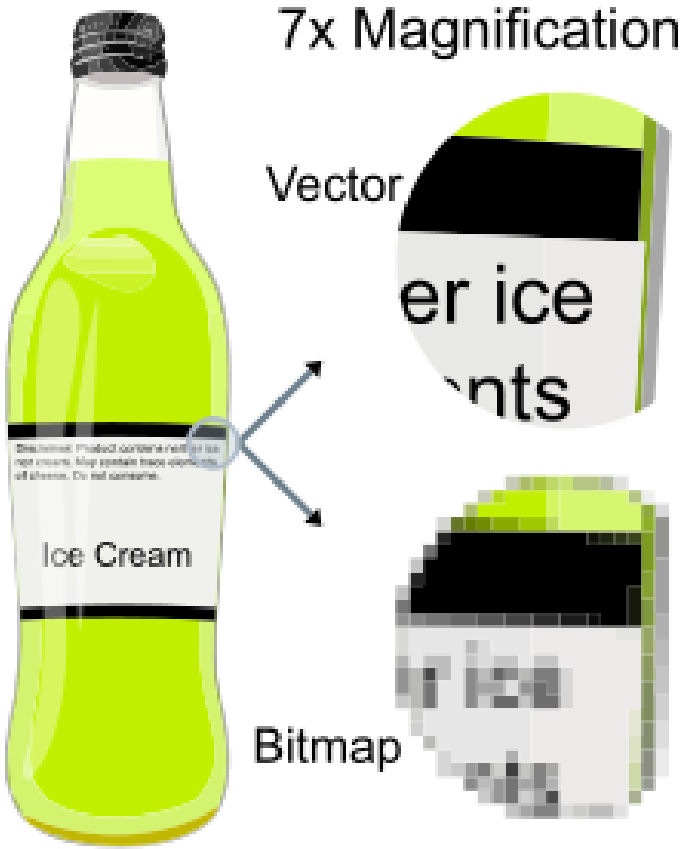
- Tipos de imagens digitais:
  - Imagem **`vetorial`**.
  - Imagem **`raster`**.

*Imagem vetorial* *Imagem raster*

# Imagem Vetorial

## Imagens Digitais

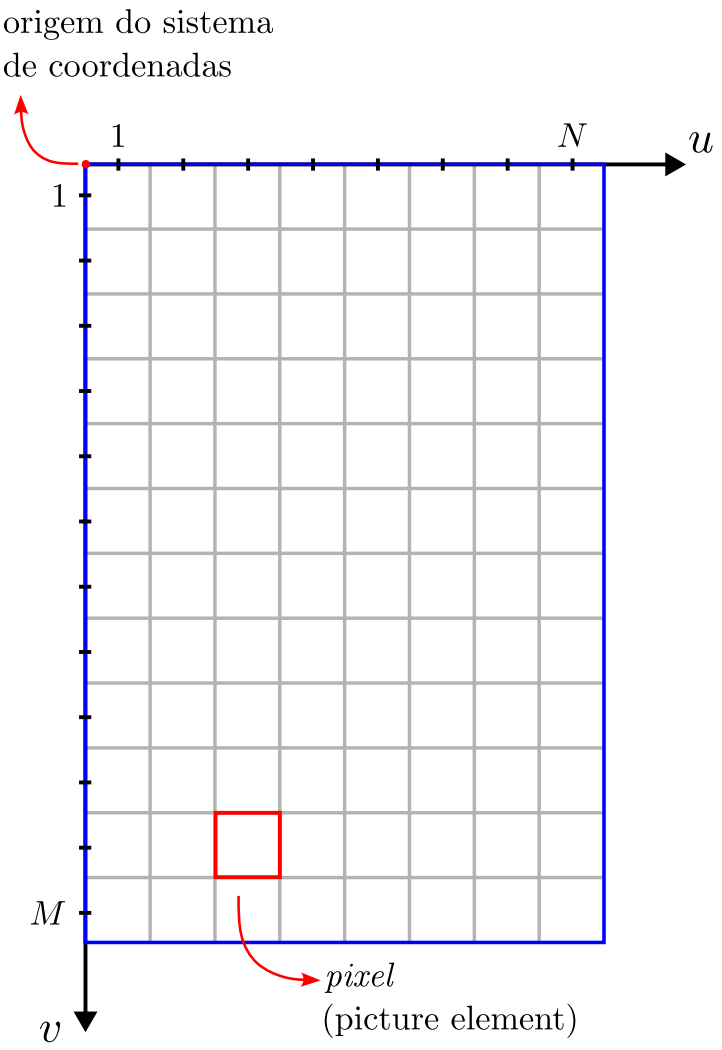
- Definida em termos de **elementos geométricos** (pontos, linhas, polígonos, etc).
- Cada elemento geométrico possui um conjunto de **atributos** relacionados com posição, cor, espessura, preenchimento, etc.
- Geradas através de *softwares* de criação e edição de imagens vetoriais (p.e., *CorelDraw* e *Inkscape*).



# Imagem Raster

## Imagens Digitais

- Possui um conjunto finito de valores discretos, chamados de **pixels** (*picture elements*).
- Os pixels são organizados em um formato matricial, com um número definido de linhas e colunas.
- Usualmente geradas por equipamentos como **câmeras digitais** e **scanners** ou através de *softwares* como *Photoshop* e *Gimp*.



Uma **imagem digital raster** com $M$ linhas e $N$ colunas pode ser representada como uma **matriz** de dimensão $M \times N$.

$$\mathbf{I} = \begin{bmatrix} I(1,1) & I(1,2) & \cdots & I(1,N) \\ I(2,1) & I(2,2) & \cdots & I(2,N) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ I(M,1) & I(M,2) & \cdots & I(M,N) \end{bmatrix}$$

onde $\mathbf{I}$ denota uma imagem/matriz e $I(v,u)$ representa o pixel/elemento da linha $v$ e coluna $u$ de $\mathbf{I}$.

Em particular, o valor que cada pixel/elemento $I(v, u)$ pode assumir depende:

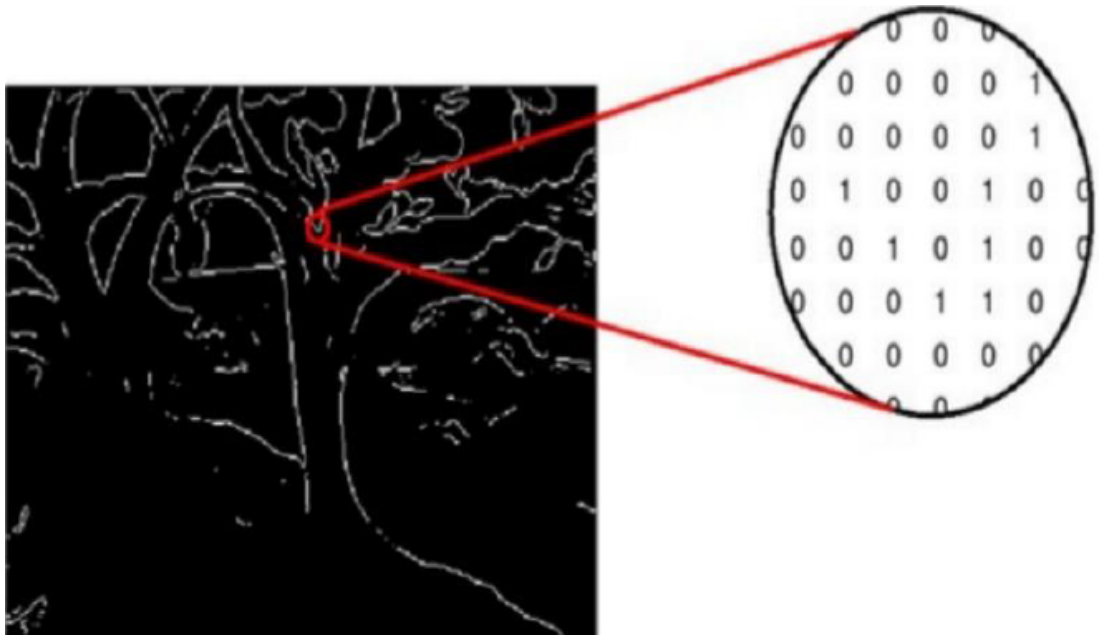
- do tipo de imagem (binária, escala de cinza ou colorida).
- do tipo de dado utilizado. Por exemplo,
  - `logical` $\rightarrow \{0, 1\}$ (0 ou 1)
  - `uint8` $\rightarrow [0, 255]$ (números interiros de 0 até 255)
  - `double` $\rightarrow [0.0, 1.0]$ (números reais de 0.0 até 1.0)

1. Imagens Digitais
   - Imagem binária
   - Imagem em escala de cinza
   - Imagem colorida
2. Espaços de cores
   - Espaço de cor RGB
   - Espaço de HSV
3. Conversão de Imagens
   - Conversão entre tipos de dados
   - Conversão entre tipos de imagens

# Imagem Binária

## Imagem Raster

- Também conhecida como **imagem preto e branca**.
- Cada **pixel** pode assumir somente um dos seguintes valores:
  - $0$ (preto) ou $1$ (branco) $\rightarrow$ dados do tipo `logical`
  - $0$ (preto) ou $255$ (branco) $\rightarrow$ dados do tipo `uint8`
  - $0.0$ (preto) ou $1.0$ (branco) $\rightarrow$ dados do tipo `double`



# Exemplo 1: criação de imagem binária no Matlab

**Enunciado**: crie no Matlab uma imagem binária de 200 linhas e 400 colunas de fundo preto, contendo um retângulo branco (centralizado na imagem) de 100 linhas e 360 colunas. Um exemplo de resultado esperado é mostrado abaixo.

# Exemplo 1: criação de imagem binária no Matlab

## Solução 1

```
1
2   M = 200;
3   N = 400;
4
5   % cria matriz de M linhas e N colunas com elementos do
6   % tipo logical
7   I = zeros(M,N,'logical');
8
9   % laços de repetição aninhados para acessar todos os
10  % elementos da região retângular desejada
11  for v = 51:150
12    for u = 21:380
13      I(v,u) = 1;
14    end
15  end
16
17  % apresentação da imagem binária gerada
18  figure;
19  imshow(I);
```

# Exemplo 1: criação de imagem binária no Matlab

## Solução 2

```
1
2   M = 200;
3   N = 400;
4
5   % cria matriz de M linhas e N colunas com elementos do
6   % tipo logical
7   I = zeros(M,N,'logical');
8
9   % comando para acessar todos os elementos da região desejada
10  % (acessa todos os elementos das linhas 51 até 150 e colunas
11  % 21 até 380)
12  I(51:150,21:380) = 1;
13
14  % apresentação da imagem binária gerada
15  figure;
16  imshow(I);
```

Após execução do código acima digite na Janela de Comandos `whos I`, para verificar quantos bytes são utilizadas para armazenar a variável `I`.

# Exemplo 1: criação de imagem binária no Matlab

## Solução 3

```
1
2   M = 200;
3   N = 400;
4
5   % cria matriz de M linhas e N colunas com elementos do
6   % tipo uint8 (inteiro sem sinal de 8 bits)
7   I = zeros(M,N,'uint8');
8
9   % atribui valor 255 (branco) para os elementos da
10  % região retangular desejada
11  I(51:150,21:380) = 255;
12
13  % apresentação da imagem binária gerada
14  figure;
15  imshow(I);
```

Após execução do código acima digite na Janela de Comandos `whos I`, para verificar quantos bytes são utilizadas para armazenar a variável `I`.

# Exemplo 1: criação de imagem binária no Matlab

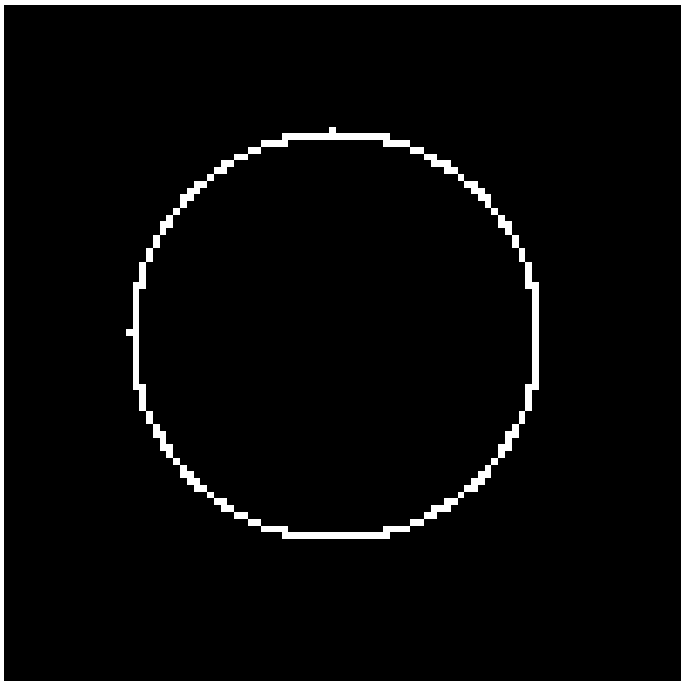
## Solução 4

```
1
2   M = 200;
3   N = 400;
4
5   % cria matriz de M linhas e N colunas com elementos do
6   % tipo double (números reais)
7   I = zeros(M,N,'double');
8
9   % atribui valor 1 (branco) para os elementos da
10  % região retangular desejada
11  I(51:150,21:380) = 1;
12
13  % apresentação da imagem binária gerada
14  figure;
15  imshow(I);
```

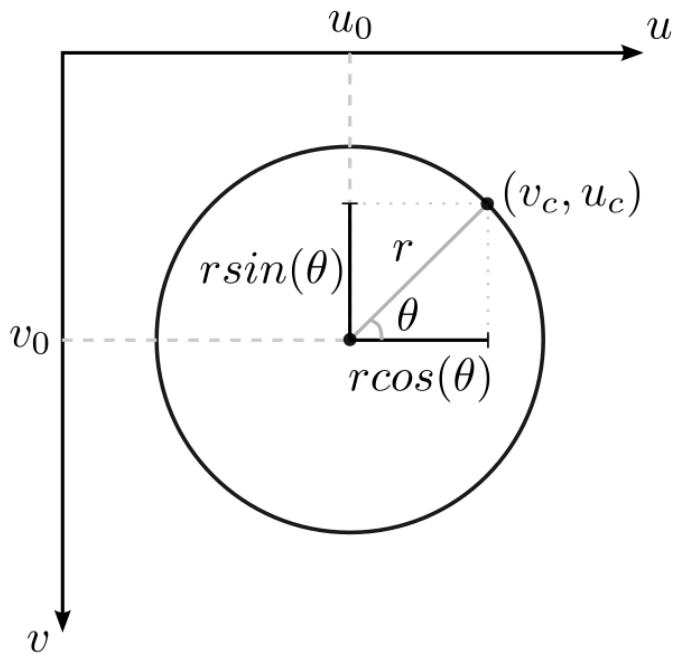
Após execução do código acima digite na Janela de Comandos `whos I`, para verificar quantos bytes são utilizadas para armazenar a variável `I`.

# Exemplo 2: criação de imagem binária no Matlab

**Enunciado**: crie no Matlab uma imagem binária de 100 linhas e 100 colunas de fundo preto, contendo uma circunferência branca com raio $r = 30$ pixels centralizado em $v_0 = 50$ e $u_0 = 50$. Um exemplo de resultado esperado é mostrado abaixo.



# Exemplo 2: criação de imagem binária no Matlab




Conforme ilustrado na figura acima, as coordenadas $(v_c, u_c)$ dos pixels pertencentes a circunferência de raio $r$ com centro em $(v_0, u_0)$ podem ser calculadas como

$$v_c = v_0 + rsin(\theta) \qquad u_c = u_0 + rcos(\theta)$$

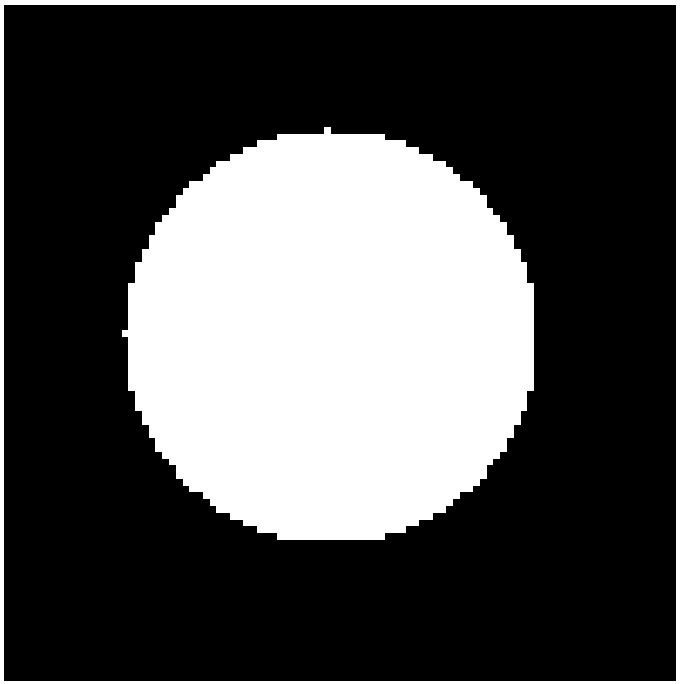
# Exemplo 2: criação de imagem binária no Matlab

```
1  M = 100;
2  N = 100;
3
4  I = zeros(M,N,'uint8');
5
6  % parâmetros da circunferência
7  v0 = 50;
8  u0 = 50;
9  r = 30;
10
11 for theta = 0:360
12   vc = ceil(v0 + r*sind(theta));
13   uc = ceil(u0 + r*cosd(theta));
14   I(vc,uc) = 255;
15 end
16
17 figure; imshow(I);
```

A função `ceil(x)` recebe como argumento de entrada um número real `x` e retorna o inteiro mais próximo maior ou igual a `x`.

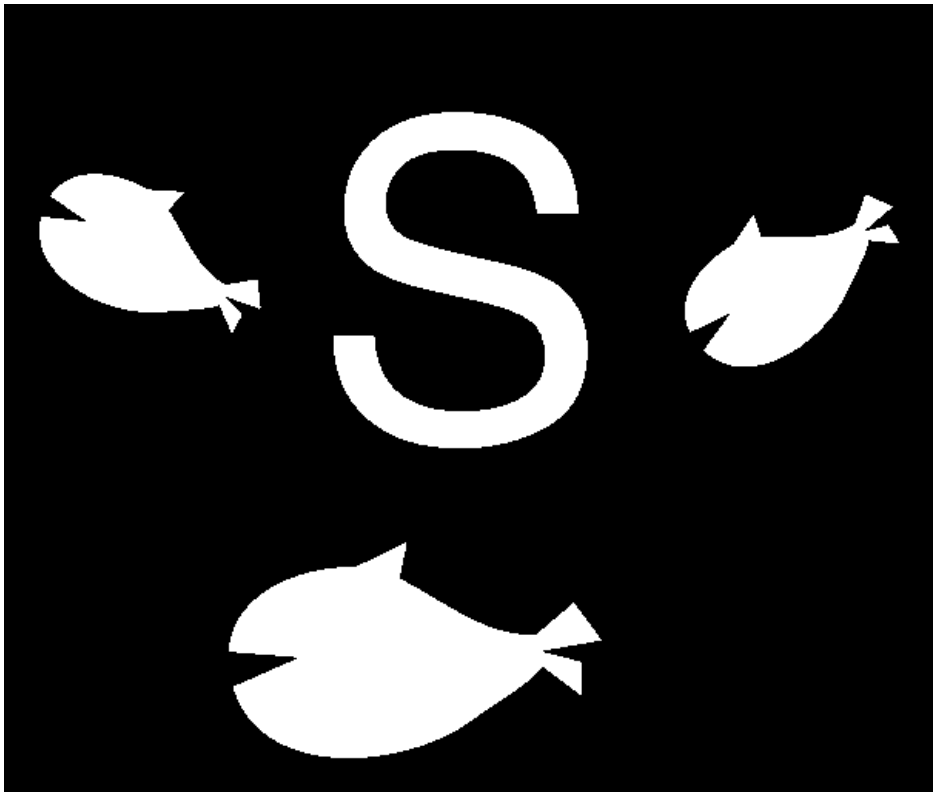
# Exercício 1: criação de imagem binária no Matlab

**Enunciado**: crie no Matlab uma imagem binária de 100 linhas e 100 colunas de fundo preto, contendo um círculo branco com raio $R = 30$ pixels centralizado em $v_0 = 50$ e $u_0 = 50$. Um exemplo de resultado esperado é mostrado abaixo.



# Exemplo 3: leitura de imagem no Matlab

**Enunciado**: carregue no Matlab a imagem binária `sharks.png` (disponível no Moodle e apresentada abaixo). Apresente a imagem utilizando a função `imshow(·)`. Na sequência, utilize e ferramenta `imtool(·)` para analisar a imagem.



# Exemplo 3: leitura de imagem no Matlab

**Enunciado**: carregue no Matlab a imagem binária `sharks.png` (disponível no Moodle e apresentada abaixo). Apresente a imagem utilizando a função `imshow(·)`. Na sequência, utilize e ferramenta `imtool(·)` para analisar a imagem.

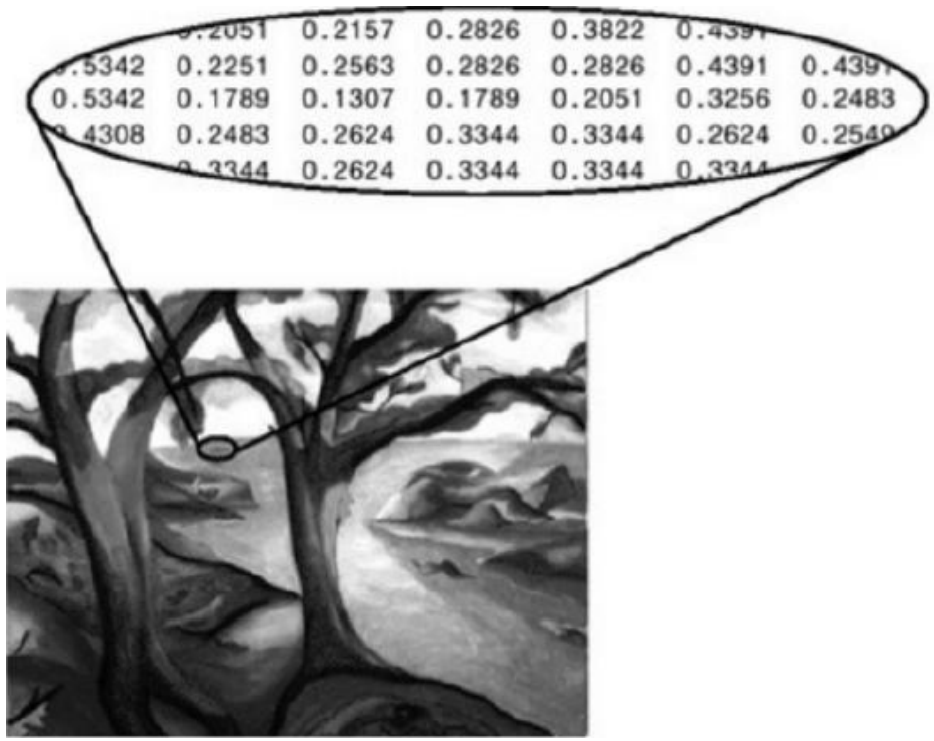
```
1  % lê arquivo de imagem
2  I = imread('sharks.png');
3
4  % apresenta imagem I
5  figure;
6  imshow(I);
7
8  % carrega ferramenta imtool para analisar a imagem I
9  imtool(I);
```

1. Imagens Digitais
   - Imagem binária
   - Imagem em escala de cinza
   - Imagem colorida
2. Espaços de cores
   - Espaço de cor RGB
   - Espaço de HSV
3. Conversão de Imagens
   - Conversão entre tipos de dados
   - Conversão entre tipos de imagens

# Imagem em Escala de Cinza

## Imagem Raster

- Cada **pixel** pode assumir valores nos seguintes intervalos:
  - $0$ (preto) até $255$ (branco) $\rightarrow$ dados do tipo `uint8`
  - $0.0$ (preto) até $1.0$ (branco) $\rightarrow$ dados do tipo `double`



# Exemplo 4: criação de imagem em escala de cinza

**Enunciado**: crie no Matlab uma imagem em escala de cinza de $M = 200$ linhas e $N = 400$ colunas, com efeito de gradiente de nível de cinza similar ao apresentado na figura abaixo. Observe que o nível de cinza das colunas da imagem variam de preto para branco a medida que a coordenada de coluna $u$ varia de $1$ para $N$.

# Exemplo 4: criação de imagem em escala de cinza


Assumindo que $y(u)$ denota o nível de cinza em função da coordenada de coluna $u$, tem-se

$$y(1) = 0 \qquad (1) \qquad\qquad y(N) = 1 \qquad (2)$$

# Exemplo 4: criação de imagem em escala de cinza

Assumindo variação linear de $y(u)$ em relação à $u$, tem-se

$$y(u) = \alpha u + \beta \tag{3}$$

Utilizando (1) e (2) em (3), obtém-se

$$y(u) = \frac{1}{N-1} u - \frac{1}{N-1}. \tag{4}$$

# Exemplo 4: criação de imagem em escala de cinza

## Solução 1

```
1  M = 200;
2  N = 400;
3
4  I = zeros(M,N,'double');
5
6  for u = 1:N
7    % nível de cinza para a coluna u
8    y = 1/(N-1) * u - 1/(N-1);
9
10   % atribui o nível de cinza para todos os elementos da coluna u
11   I(:,u) = y;
12 end
13
14 figure;
15 imshow(I);
```

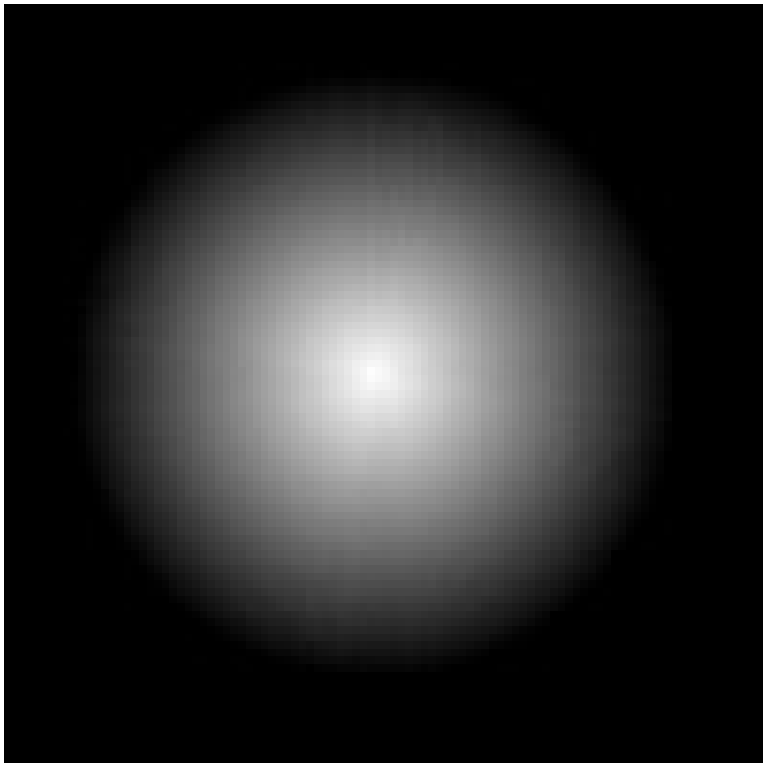
# Exemplo 4: criação de imagem em escala de cinza

## Solução 2

```
1  M = 200;
2  N = 400;
3
4  I = zeros(M,N,'uint8');
5
6  for u = 1:N
7    % nível de cinza para a coluna u
8    y = 1/(N-1) * u - 1/(N-1);
9
10   % atribui o nível de cinza para todos os elementos da coluna u
11   I(:,u) = round(y*255);
12 end
13
14 figure;
15 imshow(I);
```

# Exercício 2: criação de imagem em escala de cinza

**Enunciado**: crie no Matlab uma imagem em escala de cinza de 100 linhas e 100 colunas, contendo um efeito de gradiente radial, similar a imagem apresentada abaixo.



# Exemplo 5: leitura de imagem no Matlab

**Enunciado**: carregue no Matlab a imagem em escala de cinza `castle.jpg` (disponível no Moodle e apresentada abaixo). Apresente a imagem utilizando a função `imshow(·)`. Na sequência, utilize e ferramenta `imtool(·)` para analisar a imagem.

# Exemplo 5: leitura de imagem no Matlab

**Enunciado**: carregue no Matlab a imagem em escala de cinza `castle.jpg` (disponível no Moodle e apresentada abaixo). Apresente a imagem utilizando a função `imshow(·)`. Na sequência, utilize e ferramenta `imtool(·)` para analisar a imagem.

```
1  % lê arquivo de imagem
2  I = imread('castle.jpg');
3
4  % apresenta imagem I
5  figure;
6  imshow(I);
7
8  % carrega ferramenta imtool para analisar a imagem I
9  imtool(I);
```

1. Imagens Digitais
   - Imagem binária
   - Imagem em escala de cinza
   - Imagem colorida
2. Espaços de cores
   - Espaço de cor RGB
   - Espaço de HSV
3. Conversão de Imagens
   - Conversão entre tipos de dados
   - Conversão entre tipos de imagens

# Imagem Colorida

## Imagem Raster

- Formada por três camadas/matrizes.
- Cada **pixel** é formado por 3 valores, que em conjunto representam uma cor.
- Os significados dos valores que formam o pixel, dependem do **espaço de cor** utilizado.

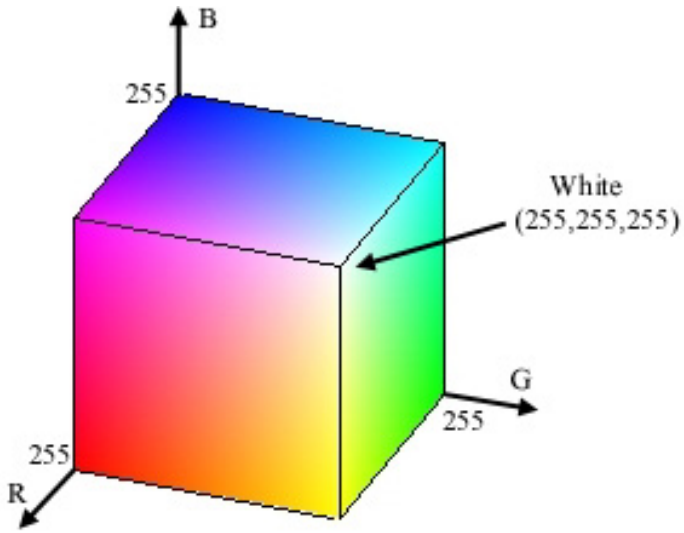
1. Imagens Digitais
   - Imagem binária
   - Imagem em escala de cinza
   - Imagem colorida
2. Espaços de cores
   - Espaço de cor RGB
   - Espaço de HSV
3. Conversão de Imagens
   - Conversão entre tipos de dados
   - Conversão entre tipos de imagens

# Espaço RGB

## Espaços de cores

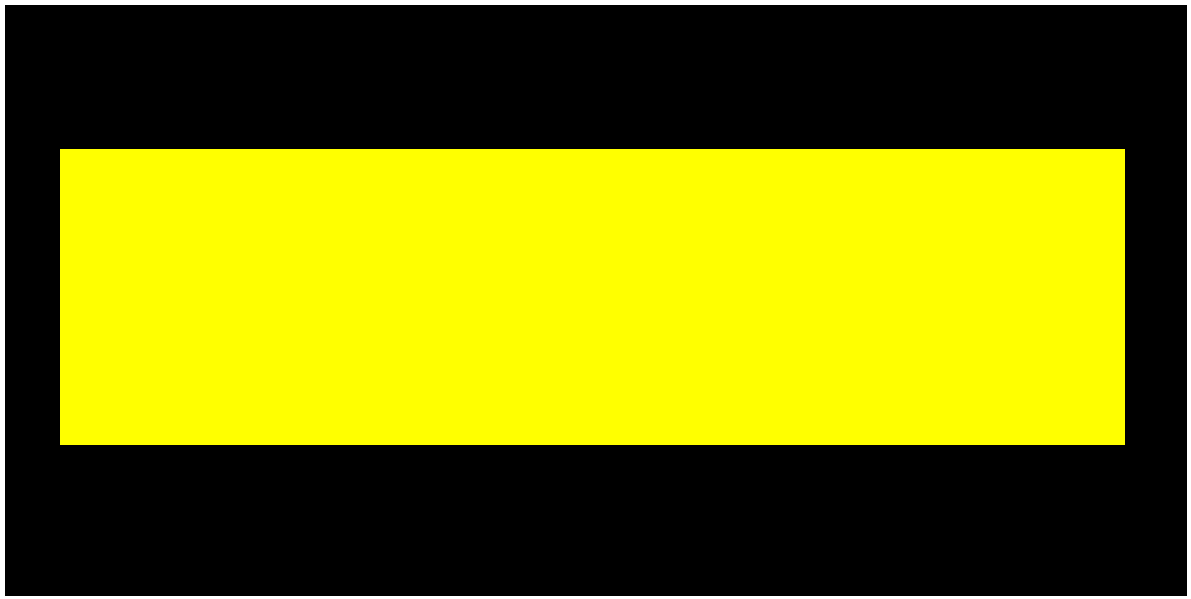
Cada cor é representada pela combinação de diferentes níveis de **vermelho** (R), **verde** (G) e **azul** (B).

- vermelho: $[1.0, 0.0, 0.0]$ ou $[255, 0, 0]$
- verde: $[0.0, 1.0, 0.0]$ ou $[0, 255, 0]$
- azul: $[0.0, 0.0, 1.0]$ ou $[0, 0, 255]$



# Exemplo 6: criação de imagem colorida

**Enunciado**: crie no Matlab uma imagem colorida de 200 linhas e 400 colunas de fundo preto, contendo um retângulo amarelo (centralizado na imagem) de 100 linhas e 360 colunas. Um exemplo de resultado esperado é mostrado abaixo.



# Exemplo 6: criação de imagem colorida

## Solução 1

```
1  M = 200;
2  N = 400;
3
4  % cria matriz com 3 camadas
5  I = zeros(M,N,3,'uint8');
6
7  % camada vermelha
8  I(51:150,21:380,1) = 255;
9
10 % camada verde
11 I(51:150,21:380,2) = 255;
12
13 figure;
14 imshow(I);
```

# Exemplo 6 criação de imagem colorida

## Solução 2

```
1  M = 200;
2  N = 400;
3
4  % cria matriz com 3 camadas
5  I = zeros(M,N,3,'double');
6
7  % camada vermelha
8  I(51:150,21:380,1) = 1;
9
10 % camada verde
11 I(51:150,21:380,2) = 1;
12
13 figure;
14 imshow(I);
```

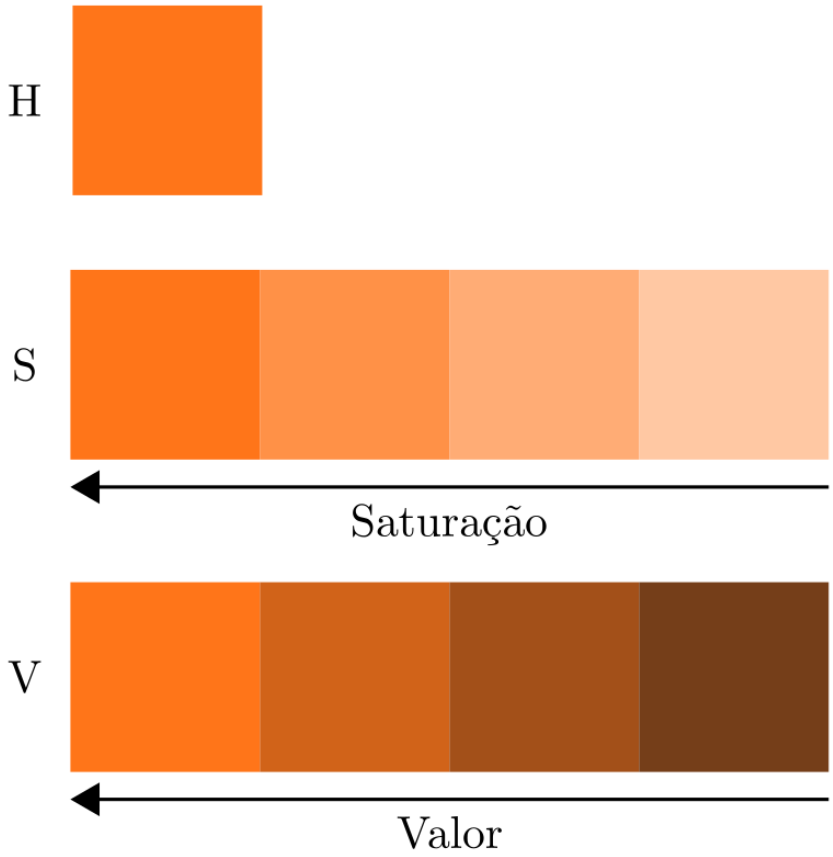
1. Imagens Digitais
   - Imagem binária
   - Imagem em escala de cinza
   - Imagem colorida
2. Espaços de cores
   - Espaço de cor RGB
   - Espaço de HSV
3. Conversão de Imagens
   - Conversão entre tipos de dados
   - Conversão entre tipos de imagens

# Espaço HSV

## Espaços de cores

No espaço de cor HSV, cada cor é representada pelos seguintes parâmetros:

- **Hue/Matiz**: parâmetro relacionado com a cor.
- **Saturação**: parâmetro relacionada com a pureza da cor (↑ Saturação ↑ Cor pura)
- **Valor**: parâmetro relacionado com o brilho da cor (↑ Valor ↑ Brilho)

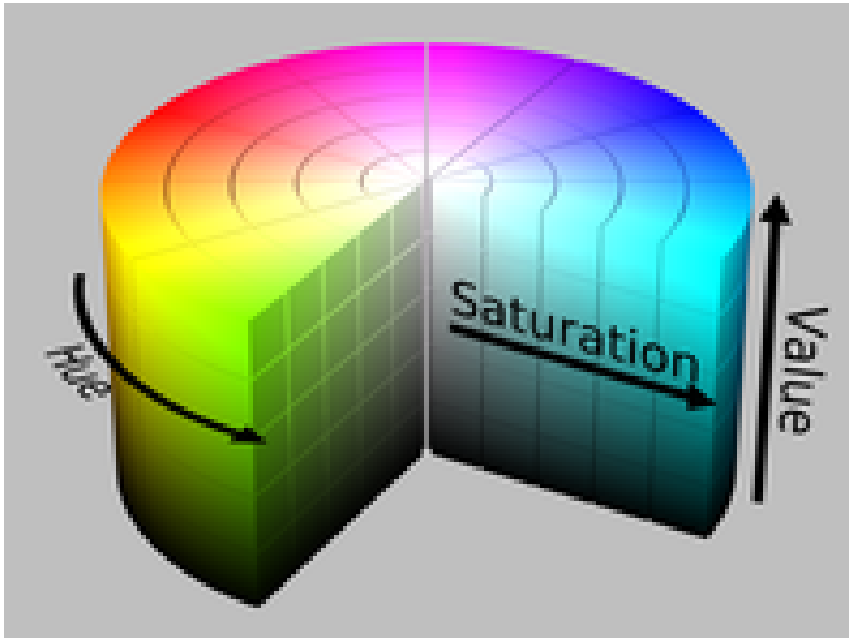


# Espaço HSV

## Espaços de cores

Intervalo dos valores dos parâmetros do espaço de cor HSV:

- **Hue/Matiz**: 0º até 360º.
- **Saturação**:
  1 → alta saturação
  0 → baixa saturação.
- **Valor**:
  1 → alto brilho
  0 → baixo brilho.



# Espaço HSV

## Espaços de cores

Intervalo dos valores dos parâmetros do espaço de cor HSV:

- **Hue/Matiz**: 0º até 360º.
- **Saturação**:
  1 → alta saturação
  0 → baixa saturação.
- **Valor**:
  1 → alto brilho
  0 → baixo brilho.

1. Imagens Digitais
   - Imagem binária
   - Imagem em escala de cinza
   - Imagem colorida
2. Espaços de cores
   - Espaço de cor RGB
   - Espaço de HSV
3. Conversão de Imagens
   - Conversão entre tipos de dados
   - Conversão entre tipos de imagens

# Conversão entre tipos de dados

## Conversão de Imagens

Conversão de imagem com dados do tipo `uint8` para `double`

```
% I1: imagem com dados do tipo uint8
% I2: imagem com dados do tipo double
I2 = double(I1)/255;

% Segunda opção
I2 = im2double(I1);
```

Conversão de imagem com dados do tipo `double` para `uint8`

```
% I1: imagem com dados do tipo double
% I2: imagem com dados do tipo uint8
I2 = uint8(I1*255);
```

1. Imagens Digitais
   - Imagem binária
   - Imagem em escala de cinza
   - Imagem colorida
2. Espaços de cores
   - Espaço de cor RGB
   - Espaço de HSV
3. Conversão de Imagens
   - Conversão entre tipos de dados
   - Conversão entre tipos de imagens

# Conversão entre tipos de imagens

## Conversão de Imagens

Em diversas aplicações é necessário realizar a conversão entre tipos de imagens. As conversões mais comuns são listadas abaixo.

- Colorida RGB $\rightarrow$ Colorida HSV;
- Colorida HSV $\rightarrow$ Colorida RGB;
- Colorida RGB $\rightarrow$ Escala de cinza;
- Escala de cinza $\rightarrow$ Binária;
- Colorida $\rightarrow$ Binária.

# RGB $\rightarrow$ HSV e HSV $\rightarrow$ RGB

## Conversão entre tipos de imagens

### Conversão de imagem colorida RGB para HSV

```
1  % I1: imagem colorida do tipo RGB
2  % I2: imagem colorida do tipo HSV
3  I2 = rgb2hsv(I1);
```

### Conversão de imagem colorida HSV para RGB

```
1  % I1: imagem colorida do tipo HSV
2  % I2: imagem colorida do tipo RGB
3  I2 = hsv2rgb(I1);
```

# RGB → Escala de cinza

## Conversão entre tipos de imagens

Conversão de imagem colorida RGB para escala de cinza

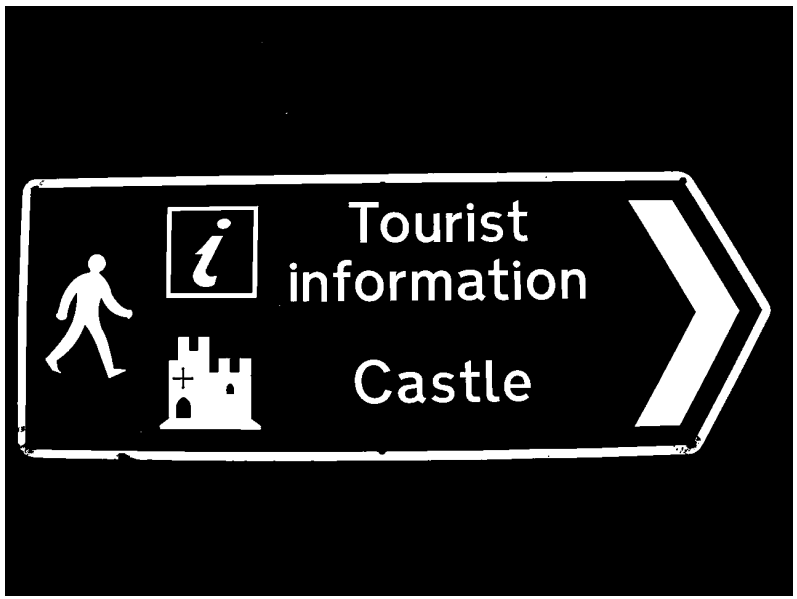
```
% I1: imagem colorida do tipo RGB
% I2: imagem em escala de cinza
R = I1(:,:,1);
G = I1(:,:,2);
B = I1(:,:,3);

% Método da média ponderada (coeficientes obtidos da norma
% Rec.ITU-R BT.601-7)
I2 = 0.2989*R + 0.5870*G + 0.1140*B;

% Segunda opção
I2 = rgb2gray(I1);
```

# Escala de cinza $\rightarrow$ Binária

## Conversão entre tipos de imagens

Em diversas aplicações é necessário converter uma imagem em **escala de cinza** para **binária**.

Típico **problema de classificação** onde deseja-se verificar se cada pixel da imagem em escala de cinza pertence a uma região de interesse ou não.

# Escala de cinza $\rightarrow$ Binária

## Conversão entre tipos de imagens

Para realizar a conversão de imagem em **escala de cinza** para **binária** pode-se utilizar a abordagem conhecida como **limiarização**, onde

$$\mathbf{O}(v,u) = \begin{cases} 1, & \text{se } \mathbf{I}(v,u) \geq L \\ 0, & \text{se } \mathbf{I}(v,u) < L \end{cases}$$

onde $\mathbf{O}(v,u)$ e $\mathbf{I}(v,u)$ denotam, respectivamente, os pixels com coordenada $(v,u)$ das imagens de saída $\mathbf{O}$ e entrada $\mathbf{I}$, e $L$ é um **limiar** de comparação.

# Escala de cinza → Binária

## Conversão entre tipos de imagens

```
% I1: imagem em escala de cinza (uint8)
% I2: imagem binária
L = 128;

for v = 1:size(I1,1)
  for u = 1:size(I1,2)
    I2(v,u) = (I1(v,u) >= L);
  end
end
```

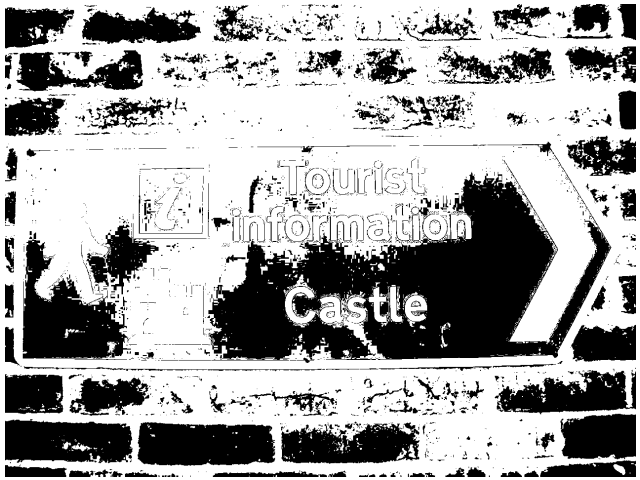
```
% I1: imagem em escala de cinza (uint8)
% I2: imagem binária
L = 128;

I2 = (I1 >= L);
```

# Escala de cinza $\rightarrow$ Binária

## Conversão entre tipos de imagens

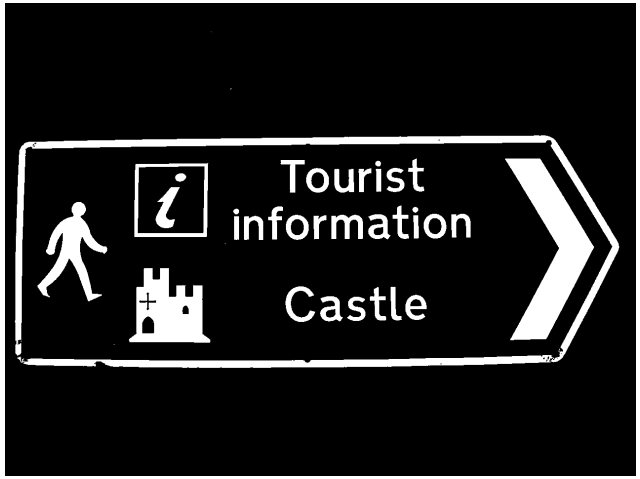
Imagem de entrada


$L = 80$




$L = 128$


$L = 200$



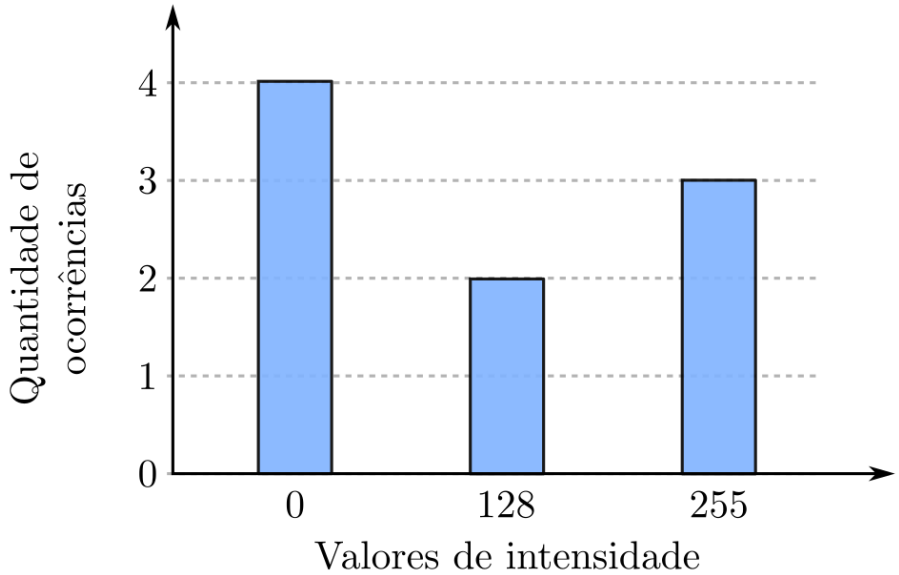
# Escala de cinza $\rightarrow$ Binária

## Conversão entre tipos de imagens

- Como definir o valor do **limiar** de comparação $L$?
- Uma das formas é analisar o **histograma** da imagem.
- Um histograma de imagem é um gráfico de barras que apresentada a **quantidade de ocorrências** (frequência) dos **valores de intensidade** em uma imagem.

Imagem

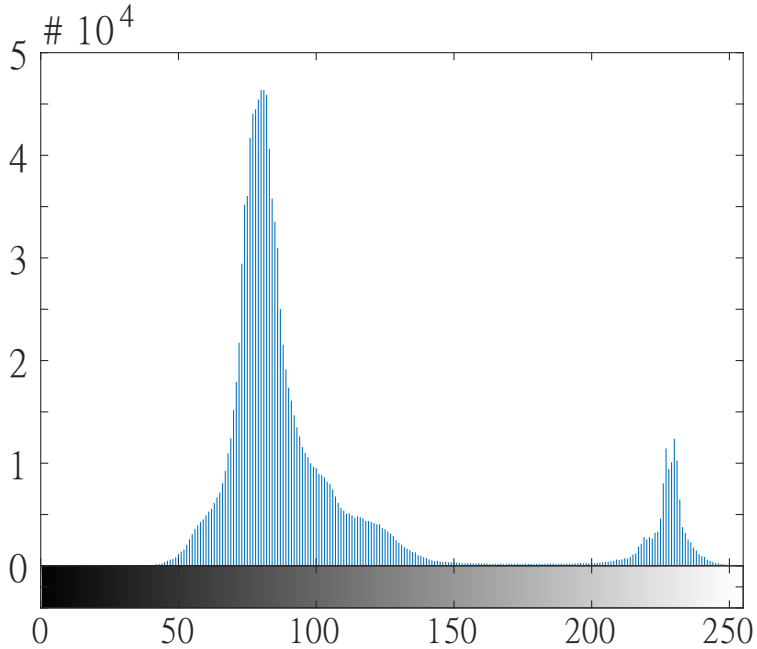
| | | |
|---|---|---|
| 0 | 128 | 255 |
| 128 | 0 | 0 |
| 255 | 0 | 255 |



# Escala de cinza → Binária

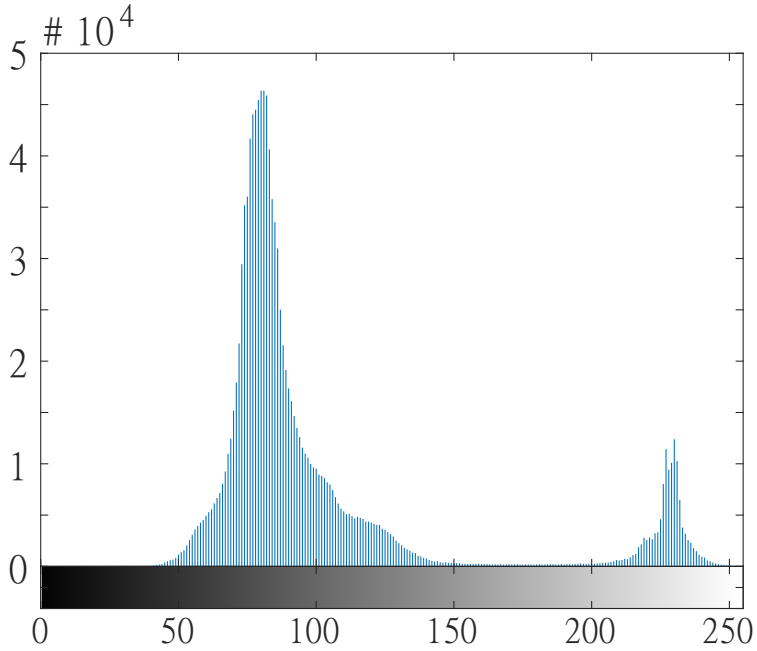
## Conversão entre tipos de imagens

```
1  I = imread('castle.jpg');
2
3  figure; imshow(I);
4  figure; imhist(I);
```

# Escala de cinza → Binária

## Conversão entre tipos de imagens

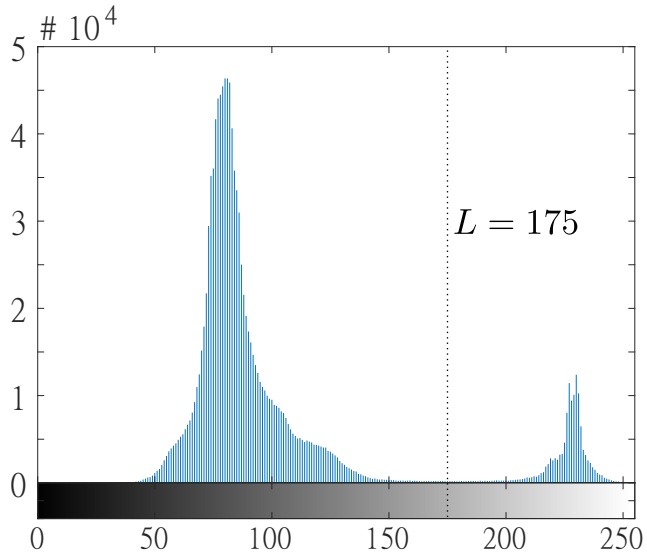



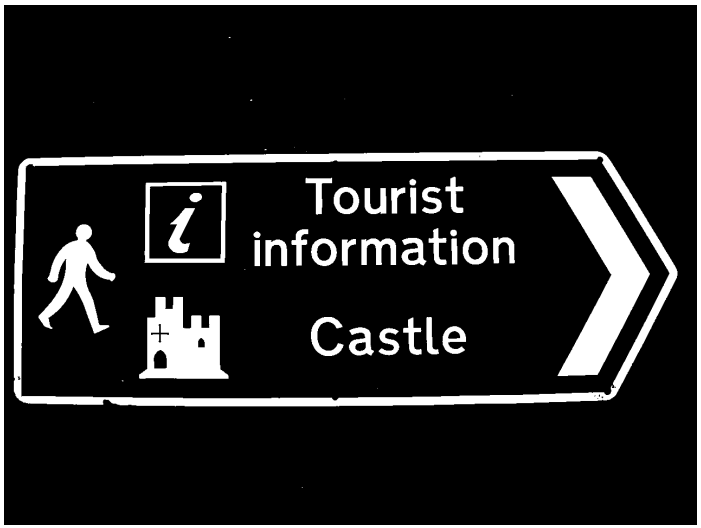

Observa-se que para a imagem em escala de cinza acima, a intensidade dos pixels são distribuídas em **duas** regiões bem definidas.

Há uma grande quantidade de pixels com valores menores (pixels mais **escuros**) e uma outra região menor com pixels com valores maiores (mais **claros**).

# Escala de cinza $\rightarrow$ Binária

## Conversão entre tipos de imagens

# Escala de cinza $\rightarrow$ Binária

## Conversão entre tipos de imagens

Uma forma de determinar o limiar $L$ é através do **Método de Otsu***.

O método de Otsu determina o limiar $L$ que **minimiza** a variância intraclasses, isto é,

$$\sigma^2(L) = \omega_0(L)\sigma_0^2(L) + \omega_1(L)\sigma_1^2(L)$$

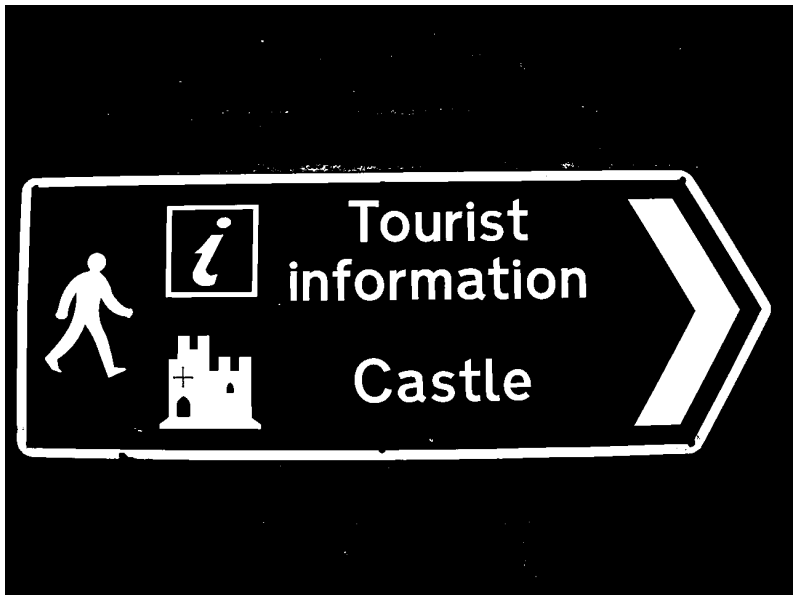
onde $\omega_i(L)$ e $\sigma_i^2(L)$ denotam, respectivamente, a probabilidade de ocorrência da classe $i$ e a variância da classe $i$ para o limiar $L$.

*Otsu N., A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*. Vol. 9, Issue: 1, Jan. 1979.

# Escala de cinza → Binária

## Conversão entre tipos de imagens

```
1  I = imread('castle.jpg');
2
3  L = graythresh(I);
4  I2 = (I >= L);
5
6  figure; imshow(I);
7  figure; imshow(I2);
```

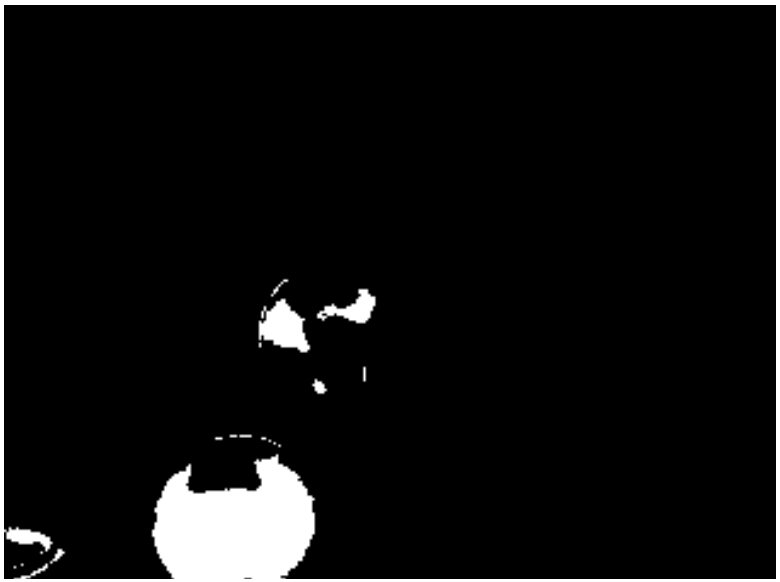



# Imagem colorida $\rightarrow$ Binária

## Conversão entre tipos de imagens

Em algumas aplicações deseja-se **classificar** os pixels de uma imagem colorida como pertencentes (ou não) a uma dada região de interesse.

A conversão de imagem colorida para binária também é conhecida como **segmentação baseada em cor**.



# Imagem colorida $\rightarrow$ Binária

## Conversão entre tipos de imagens

- Uma abordagem para realizar a **segmentação** de uma imagem colorida com base na cor da região de interesse é aplicar **limiares de comparação** para cada camada de cor (de forma individual) e, depois, combinar os resultados.

- Neste caso, o projetista define a cor da região de interesse $(r_f, g_f, b_f)$ (*cor de referência*) e uma valor de margem $\delta$, com $0 < \delta < 1$.

- Na sequência, para cada plano $\mathbf{R}$, $\mathbf{G}$ e $\mathbf{B}$ verifica-se quais pixels se encontraram dentro de uma região em torno do respectivo valor de referência $r_f$, $g_f$ ou $b_f$. Gerando para cada plano uma imagem binária.

- Por fim, as imagens binárias obtidas da etapa anterior são combinadas por uma lógica $\&$ (E) para gerar a imagem binária final.

# Imagem colorida $\rightarrow$ Binária

## Conversão entre tipos de imagens

Geração das imagens binárias para cada camada de cor

$$\mathbf{M}_r(v,u) = \begin{cases} 1, & \text{se } r_f(1-\delta) \leq \mathbf{R}(v,u) \leq r_f(1+\delta) \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}$$

$$\mathbf{M}_g(v,u) = \begin{cases} 1, & \text{se } g_f(1-\delta) \leq \mathbf{G}(v,u) \leq g_f(1+\delta) \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}$$

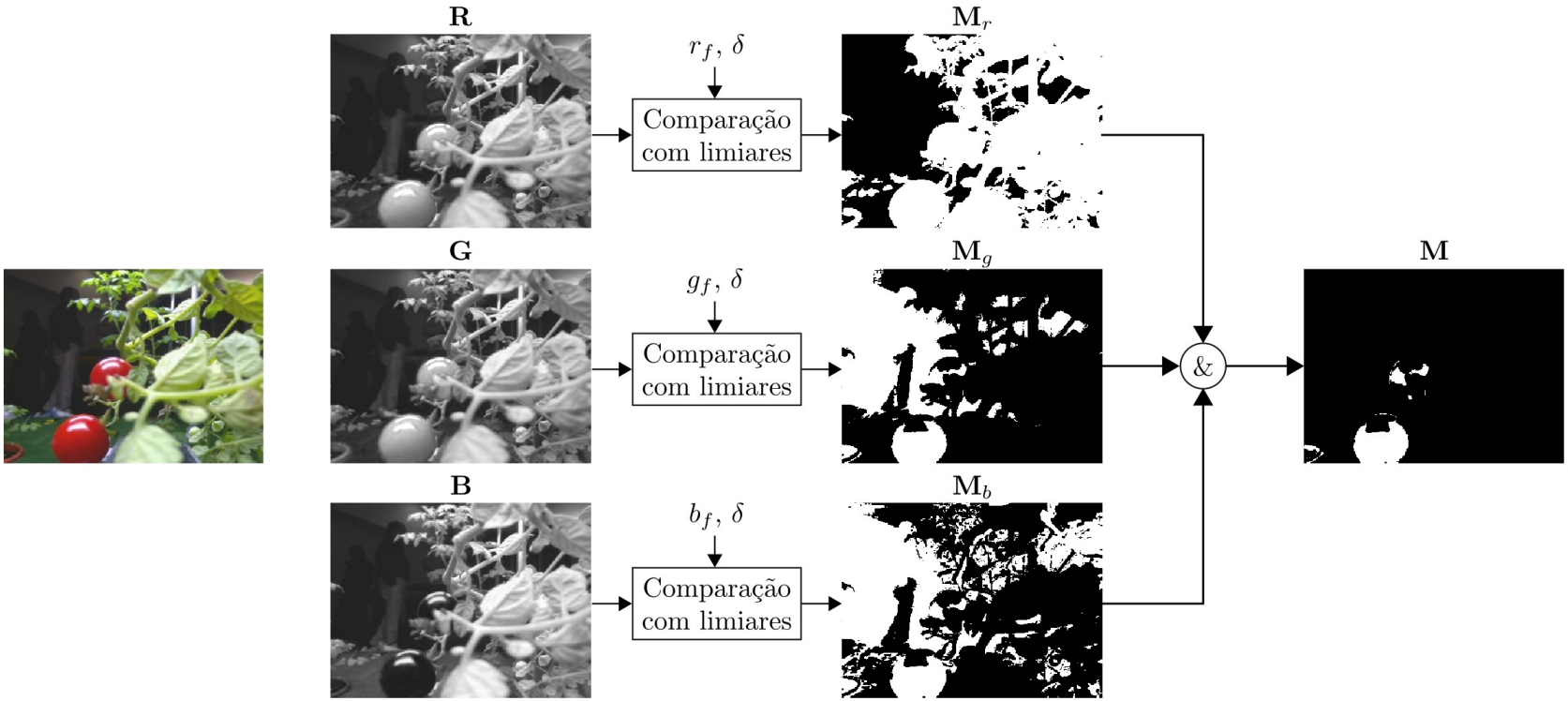
e

$$\mathbf{M}_b(v,u) = \begin{cases} 1, & \text{se } b_f(1-\delta) \leq \mathbf{B}(v,u) \leq b_f(1+\delta) \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}$$

Imagem binária final

$$\mathbf{M} = \mathbf{M}_r \ \& \ \mathbf{M}_g \ \& \ \mathbf{M}_b$$

## Diagrama das etapas de processamento



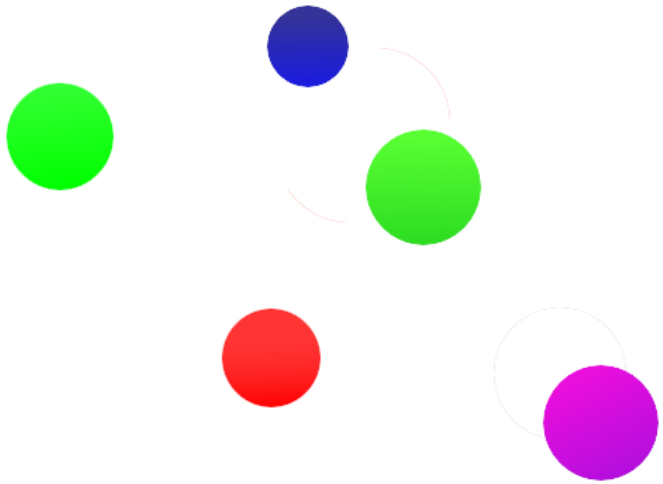
# Exercício 3: Segmentação de imagem baseada em cor

**Enunciado**: Implemente no Matlab o algoritmo descrito nos slides anteriores para identicar as regiões da imagem `tomatoe_124.jpg` (mostrada abaixo e disponível no Moodle) que possuem tomates.

Para facilitar o procedimento de seleção da *cor de referência* utilize a função `ginput(·)`, discutida em aula. Para esclarecimentos de como utilizar essa função, acesse `https://www.youtube.com/watch?v=Yb1O_MbqiSY`.

# Exercício 4: Segmentação de imagem baseada em cor

**Enunciado**: Teste o algoritmo implementado no exercício anterior para imagem `circulos.png` (mostrada abaixo e disponível no Moodle).



Os resultados obtidos são bons? Tente desenvolver outro algoritmo para segmentação de imagem baseado em cor que produza melhores resultados de segmentação.