

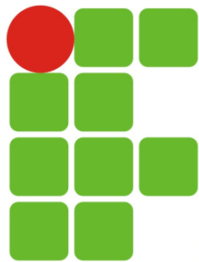
INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
SÃO PAULO
Campus Birigui

Processamento Digital de Imagens

Fundamentos da imagem digital



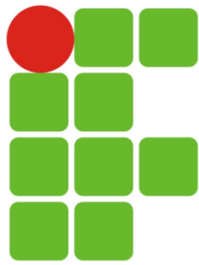
Professor Dr. Murilo Vargas da Silva
murilo.vargues@ifsp.edu.br



Bibliografia

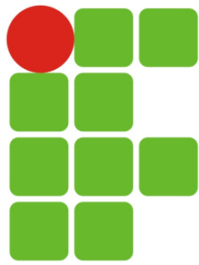


- **Capítulo 2**
- GONZALEZ, R. C.; WOODS, R. E. **Processamento digital de imagens.** 3. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.
- Disponível da biblioteca digital Pearson
- Acesso via SUA com link na página inicial



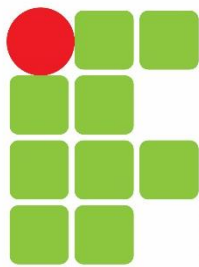
Aula passada

- **Fundamentos da imagem digital**
 - Elementos da percepção visual humana
 - Sensores e aquisição de imagens
 - Amostragem e quantização
 - Exemplos Python



Aula de hoje!

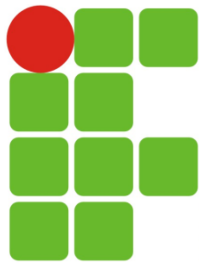
- Relacionamentos básicos entre pixels
- Operações espaciais
- Transformações geométricas
 - Escala
 - Rotação
 - Translação
 - Cisalhamento
- Transformações de intensidade



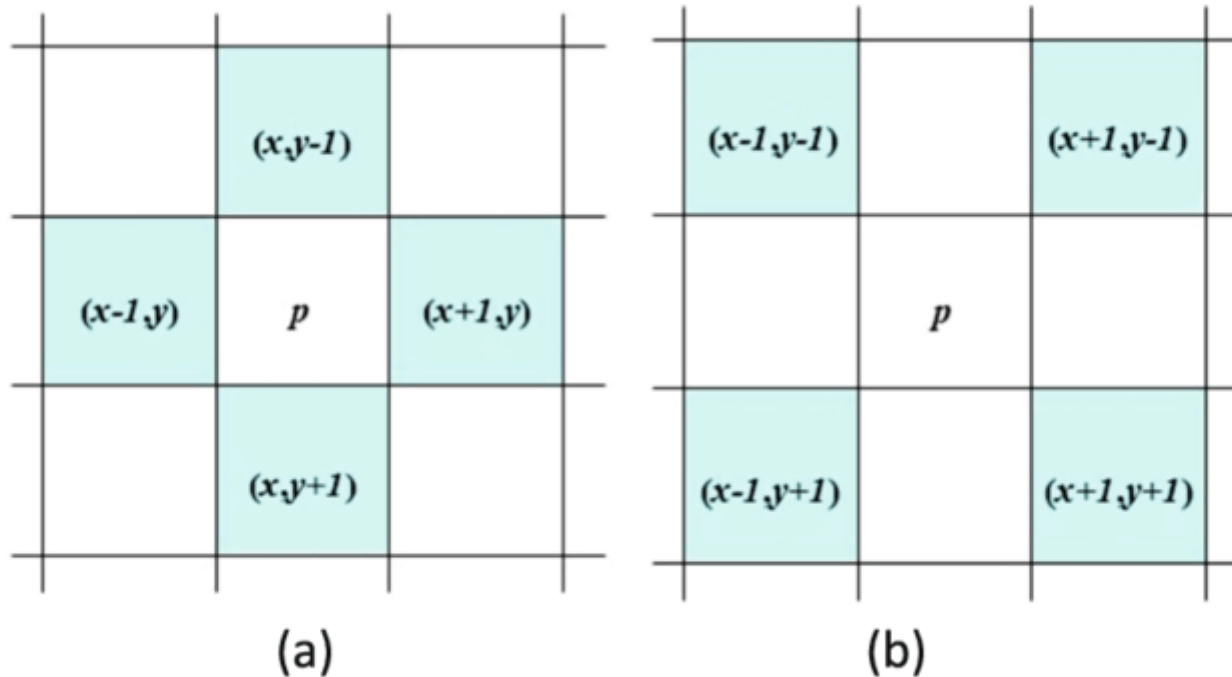
INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
SÃO PAULO
Campus Birigui

Relacionamentos básicos entre pixels

Processamento Digital de Imagens

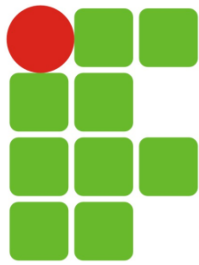


Vizinhos de um pixel



(a) Horizontal and vertical pixel neighborhood (x, y)

(b) (b) Diagonal pixel neighborhood $(x + 1, y + 1)$.



Medidas de distância

Para os pixels p , q e z , com coordenadas (x, y) , (s, t) e (v, w) , respectivamente, D é uma *função distância* ou *medida de distância* se

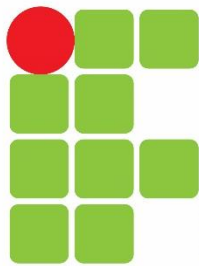
(a) $D(p, q) \geq 0$ ($D(p, q) = 0$ se $p = q$),

(b) $D(p, q) = D(q, p)$ e

(c) $D(p, z) \leq D(p, q) + D(q, z)$.

A *distância euclidiana* entre p e q é definida como:

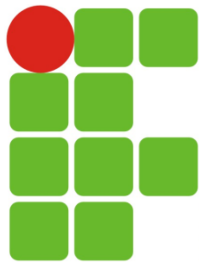
$$D_e(p, q) = \left[(x - s)^2 + (y - t)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$



INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
SÃO PAULO
Campus Birigui

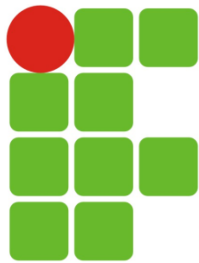
Operações espaciais

Processamento Digital de Imagens



Operações espaciais

- Operações ponto a ponto
 - Operações mais simples realizadas em uma imagem, consiste em alterar os valores do seus pixels individualmente
- Operações por vizinhança
 - Operações realizadas para em imagem, consiste em alterar os valores dos seus pixels envolvendo seus vizinhos
- Transformações geométricas
 - Modificam a relação espacial entre os pixels da imagem.



Operações espaciais

Operação ponto a ponto

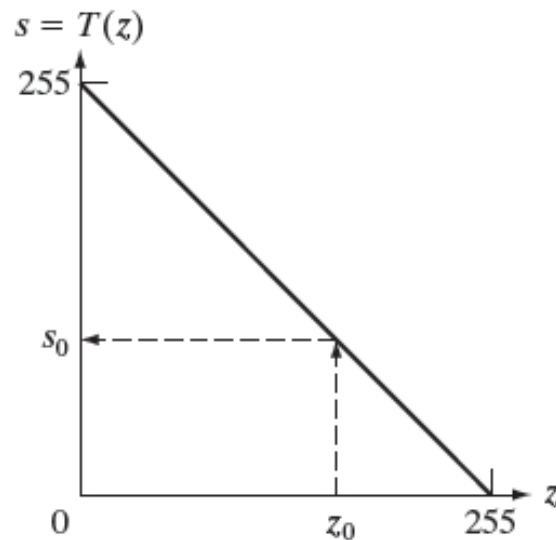
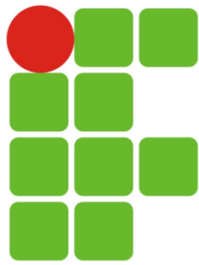


Figura 2.34 Função de transformação de intensidade utilizada para obter o negativo de uma imagem de 8 bits. As setas tracejadas mostram a transformação de um valor arbitrário de entrada com intensidade z_0 em um valor correspondente de saída s_0 .

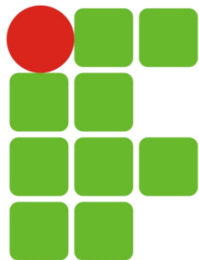


Operações espaciais

Operação por vizinhança

- Seja S_{xy} o conjunto de coordenadas de uma vizinhança centrada em um ponto arbitrário (x, y) em uma imagem f .
- O processamento por vizinhança gera um pixel correspondente nas mesmas coordenadas em uma imagem de saída processada g .
- Por exemplo, por meio do valor médio dos pixels em uma vizinhança retangular $m \times n$ centrada em (x, y) .

$$g(x, y) = \frac{1}{mn} \sum_{(r, c) \in S_{xy}} f(r, c)$$



Operações espaciais

Operação por vizinhança

3 x 3 kernel

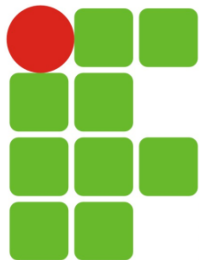
3	2	1	2	3
2	2	8	36	2
1	3	4	3	3
2	2	2	3	2
3	2	4	2	1

			7	
		7		

Mean

			3	
		3		

Median



Operações espaciais

Operação por vizinhança

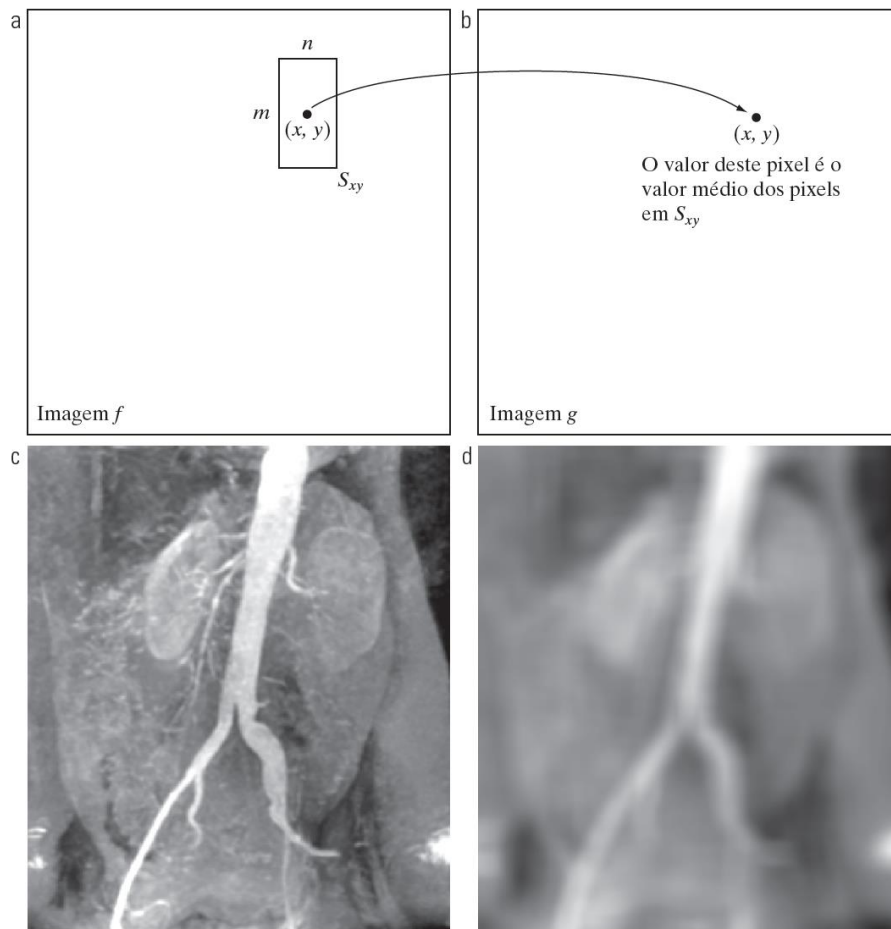
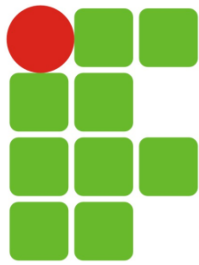


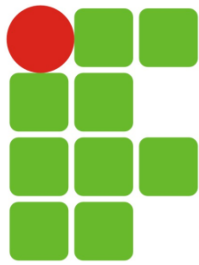
Figura 2.35 Cálculo da média local utilizando processamento por vizinhança. O procedimento é ilustrado em (a) e (b) para uma vizinhança retangular. (c) O angiograma da aorta discutido na Seção 1.3.2. (d) O resultado da utilização da Equação 2.6-21 com $m = n = 41$. As imagens estão no tamanho 790×686 pixels.



Operações espaciais

Transformações geométricas

- Modificam a relação espacial entre os pixels de uma imagem;
- Costumam ser chamadas de transformações do tipo *rubber sheet* (superfície de borracha), pois podem ser vistas de forma análogo à “impressão” de uma imagem em uma superfície que possa ser esticada de acordo com regras;
- São divididas em duas operações:
 - Transformação espacial de coordenadas e;
 - Interpolação de intensidade que atribui níveis de intensidade aos pixels transformados espacialmente.



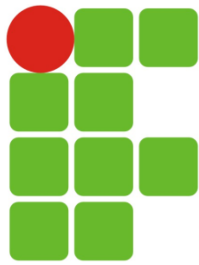
Operações espaciais

Transformações geométricas

A transformação das coordenadas pode ser expressa como:

$$(x, y) = T\{(v, w)\} \quad (2.6-22)$$

onde (v, w) são coordenadas de um pixel na imagem original, e (x, y) são as coordenadas do pixel correspondente na imagem transformada. Por exemplo, a transformação $(x, y) = T\{(v, w)\} = (v/2, w/2)$ reduz a dimensão (*shrink*) da imagem original à metade de seu tamanho em ambas as direções espaciais.

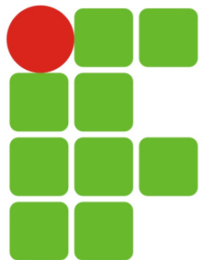


Operações espaciais

Transformações geométricas

Uma das transformações em coordenadas espaciais mais comumente utilizadas é a *transformação afim* (Wolberg [1990]), que assume a forma geral:

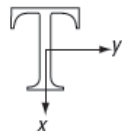

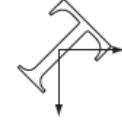
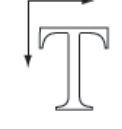
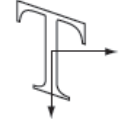
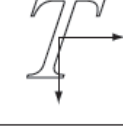
$$\begin{aligned} [x \ y \ 1] &= [v \ w \ 1] \mathbf{T} \\ &= [v \ w \ 1] \begin{bmatrix} t_{11} & t_{12} & 0 \\ t_{21} & t_{22} & 0 \\ t_{31} & t_{32} & 1 \end{bmatrix} \end{aligned}$$

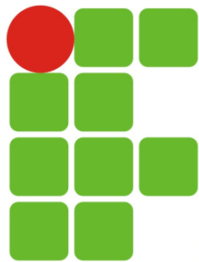


Operações espaciais

Transformações geométricas

Tabela 2.2 Transformações afins baseadas na Equação 2.6-23.

Nome da transformação	Matriz afim, T	Equações coordenadas	Exemplo
Identidade	$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{aligned} x &= v \\ y &= w \end{aligned}$	
Escala	$\begin{bmatrix} c_x & 0 & 0 \\ 0 & c_y & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{aligned} x &= c_x v \\ y &= c_y w \end{aligned}$	
Rotação	$\begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \theta & 0 \\ -\sin \theta & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{aligned} x &= v \cos \theta - w \sin \theta \\ y &= v \sin \theta + w \cos \theta \end{aligned}$	
Translação	$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ t_x & t_y & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{aligned} x &= v + t_x \\ y &= w + t_y \end{aligned}$	
Cisalhamento (vertical)	$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ s_v & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{aligned} x &= v + s_v w \\ y &= w \end{aligned}$	
Cisalhamento (horizontal)	$\begin{bmatrix} 1 & s_h & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{aligned} x &= v \\ y &= s_h v + w \end{aligned}$	



Operações espaciais

Transformações geométricas

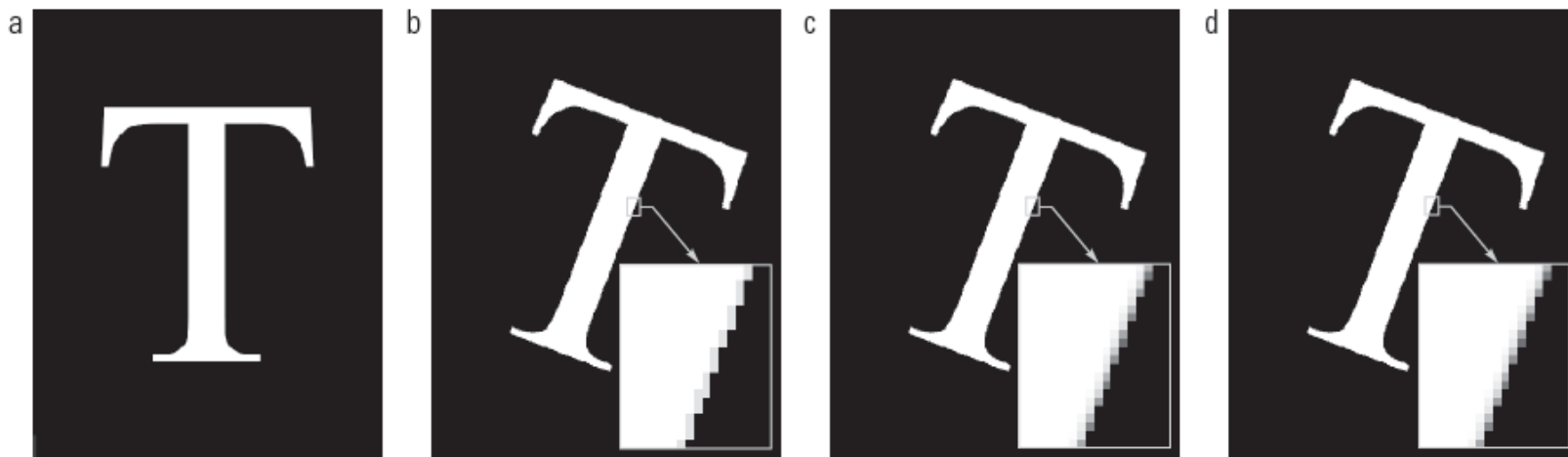
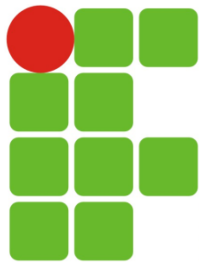


Figura 2.36 (a) Uma imagem de 300 dpi da letra T. (b) Imagem rotacionada a 21° utilizando a interpolação do vizinho mais próximo para atribuir valores de intensidade aos pixels transformados espacialmente. (c) Imagem rotacionada a 21° utilizando a interpolação bilinear. (d) Imagem rotacionada a 21° utilizando a interpolação bicúbica. As seções ampliadas mostram detalhes de borda para os três métodos de interpolação.



Operações espaciais

Transformações geométricas

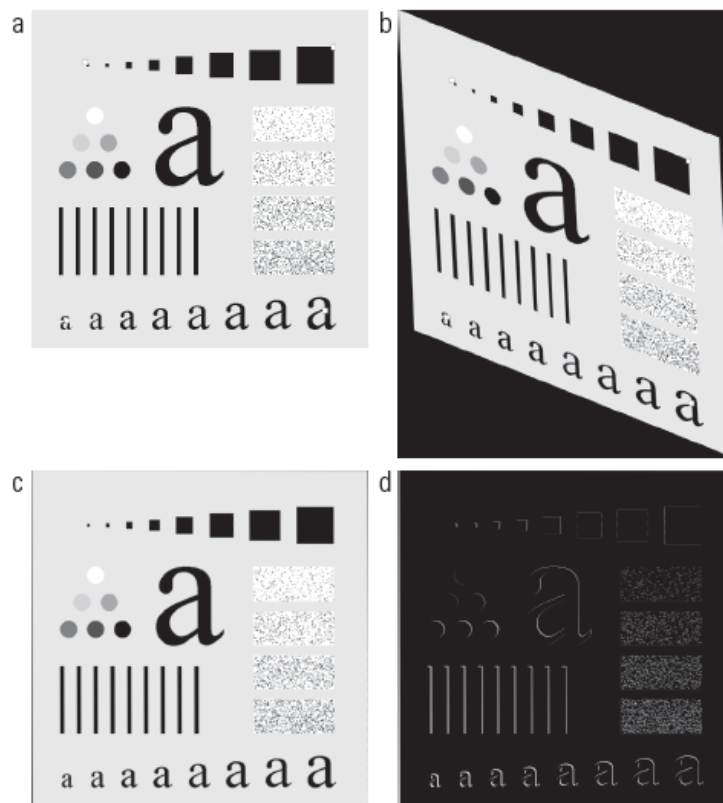
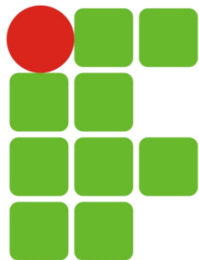


Figura 2.37 Registro de imagens. (a) Imagem de referência. (b) Entrada (imagem geometricamente distorcida). Pontos de controle correspondentes são mostrados como pequenos quadrados brancos próximos aos cantos da imagem. (c) Imagem registrada (observe os erros nas bordas externas). (d) Diferença entre (a) e (c), mostrando mais erros de registro.



Imagens RGB

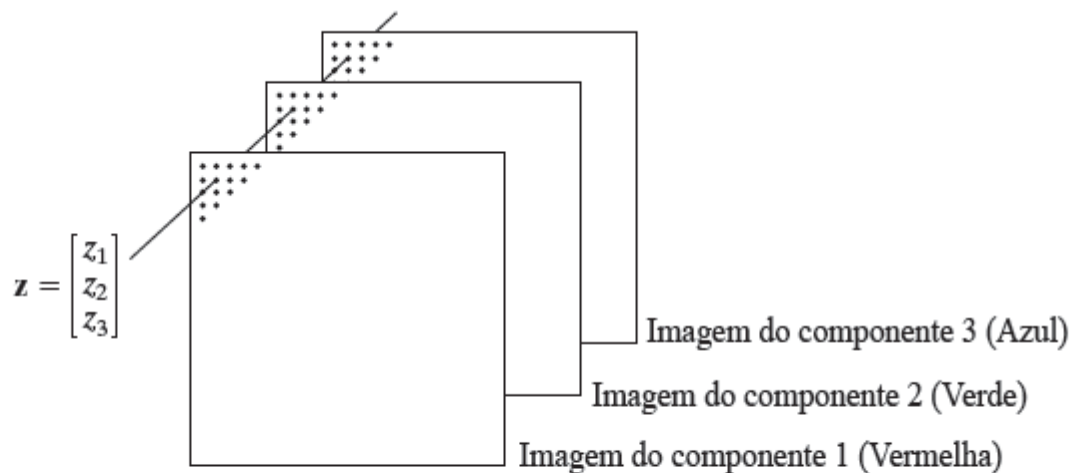
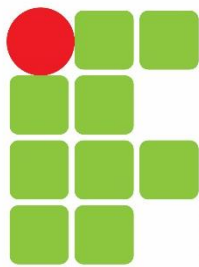


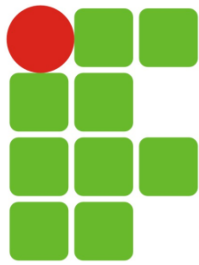
Figura 2.38 Formação de um vetor a partir de valores de pixels correspondentes em três imagens de componentes RGB.



INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
SÃO PAULO
Campus Birigui

Exemplos Python

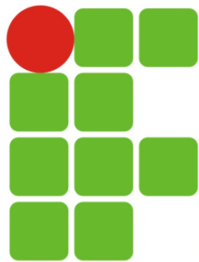
Processamento Digital de Imagens



Exemplos

Repositório GitHub com Exemplos:

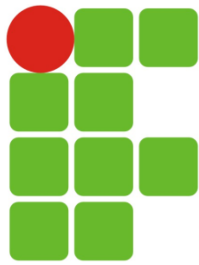
<https://github.com/murilovarges/DigitalImageProcessingSamples>



Exemplos

Leitura Capítulo 2





Próxima aula

- Transformações de intensidade
- Filtragem espacial

Até a próxima aula!