



# Processamento Digital de Imagens

## Conceitos Básicos

CPGCG/UFPR

Prof. Dr. Jorge Centeno



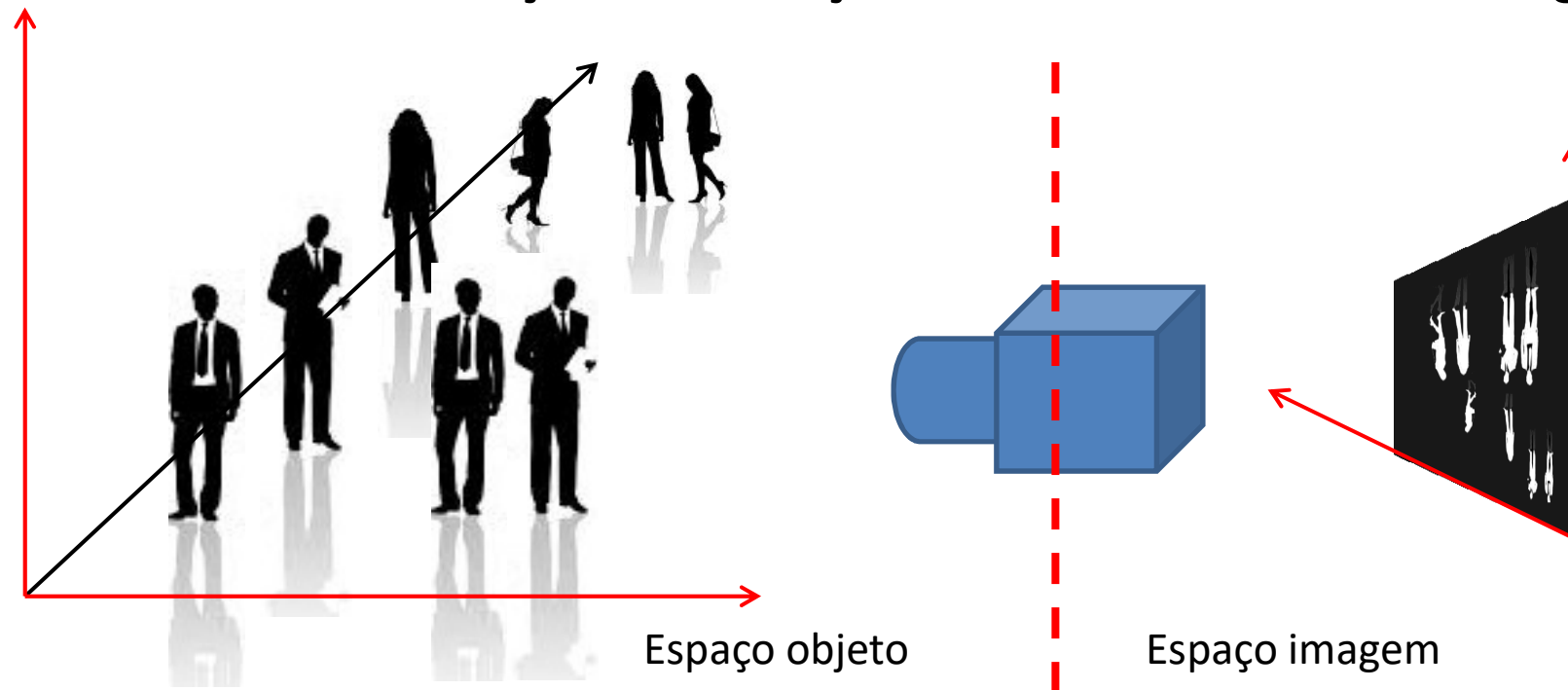
# Realidade e imagem

- Uma imagem é a representação pictórica de um aspecto da realidade.
- Uma imagem não é idêntica à cena real, pois ela retrata apenas uma propriedade particular:
  - Radiação refletida
  - Radiação transmitida
  - Etc
- deixando de registrar outras propriedades e relações também importantes para a adequada descrição da realidade.
- Deformações espaciais?



## A considerar

- Transformação espacial: o espaço objeto e o espaço da imagem.
- O registro da radiação incidente no sensor
- A transformação da radiação incidente em um valor digital



## *A formação da imagem*

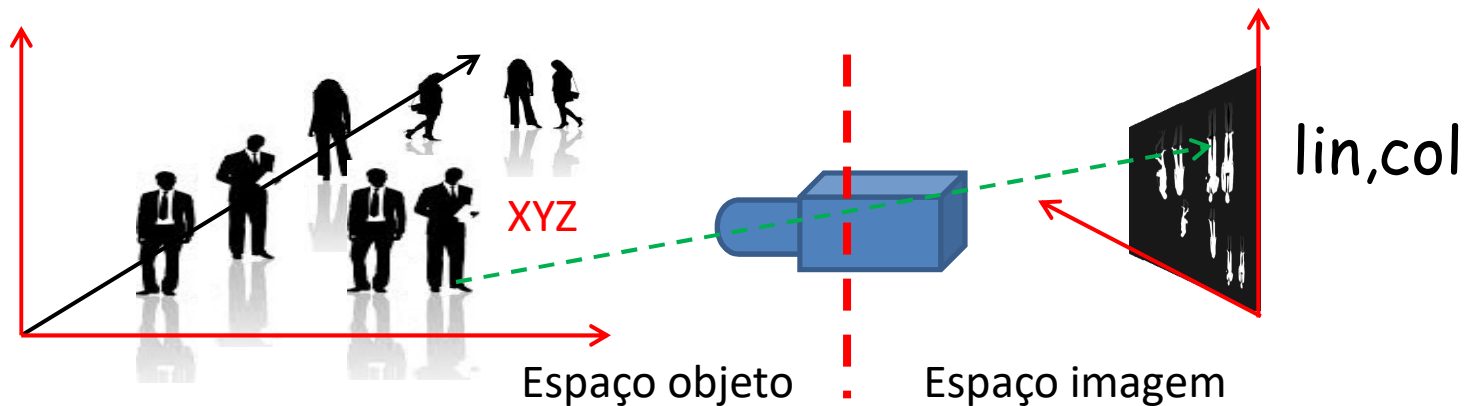
- Aspecto geométrico: Projeção da cena (espaço objeto) no espaço imagem.

Conversão analógica-digital (A/D):

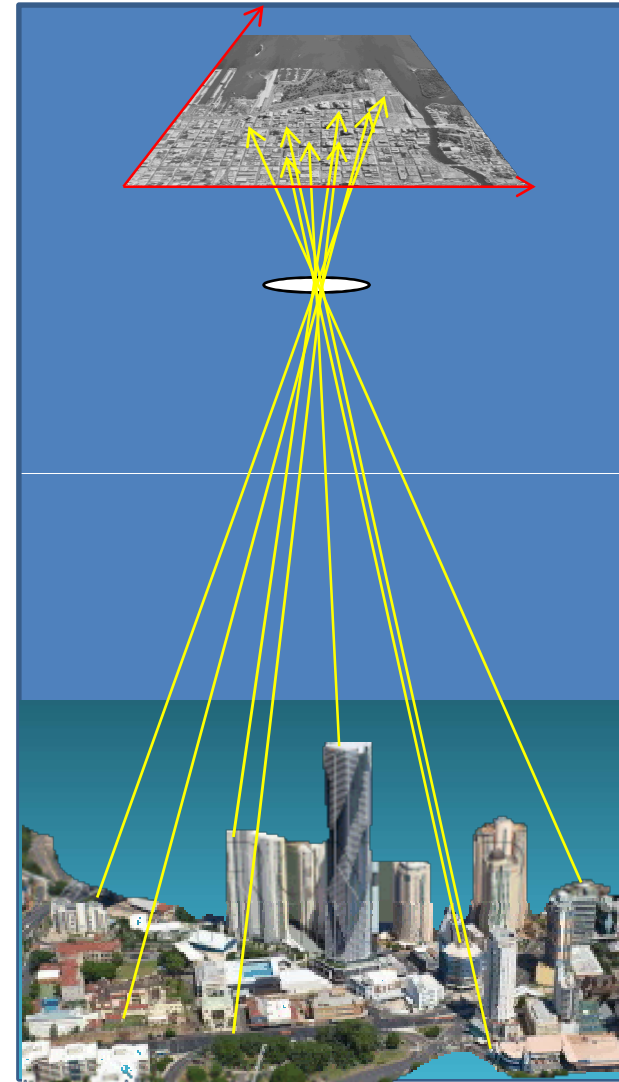
- A discretização e
- A quantização.

## O aspecto geométrico

- O aspecto geométrico determina a posição dos objetos (pontos) existentes na cena (mundo real) no espaço da imagem. Ele responde à pergunta:
- *“Onde se encontra o objeto, com coordenadas conhecidas no mundo real ( $X'$  ;  $Y'$ ,  $Z'$  ) dentro do plano da imagem?”*
- Ou...
- *“A que ponto no espaço objeto corresponde o ponto com coordenadas ( $i,j$ ) na imagem ?”*

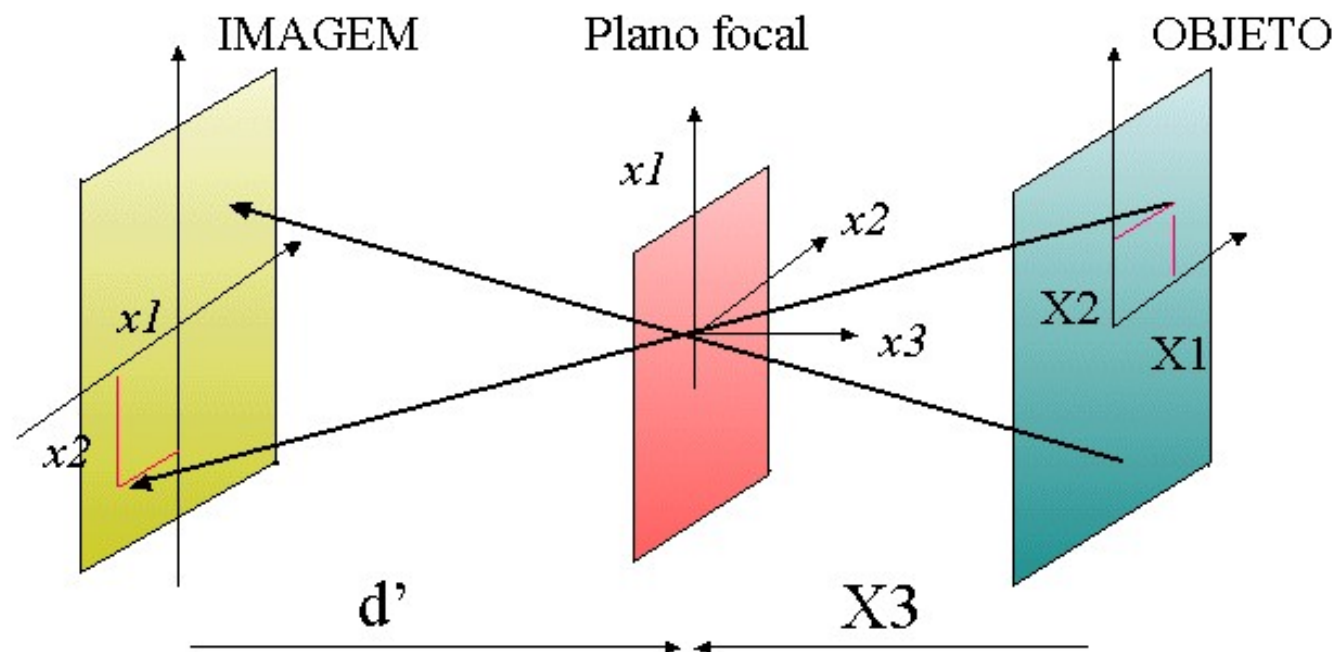


- Basicamente, as técnicas de coleta de imagens são o resultado da projeção de um espaço tridimensional (espaço objeto) num espaço bidimensional (espaço imagem).
- Esta transformação envolve perda de informação espacial, pois uma coordenada é perdida.



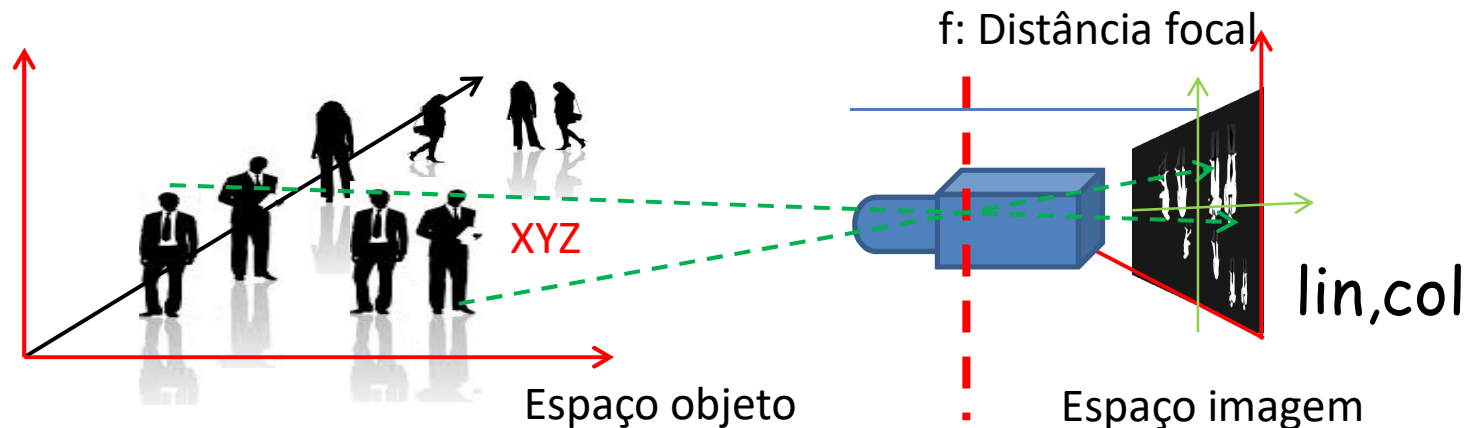
# A projeção central

- Os aspectos básicos da formação da imagem podem ser modelados usando um sistema simples de projeção central. É assumido que todos os feixes de luz passam pelo mesmo ponto no plano focal e incidem no plano da imagem localizado a uma distância  $d'$  do plano focal, com as coordenadas:
- $x = (x_1, x_2, d')'$





# Pinhole model simplificado



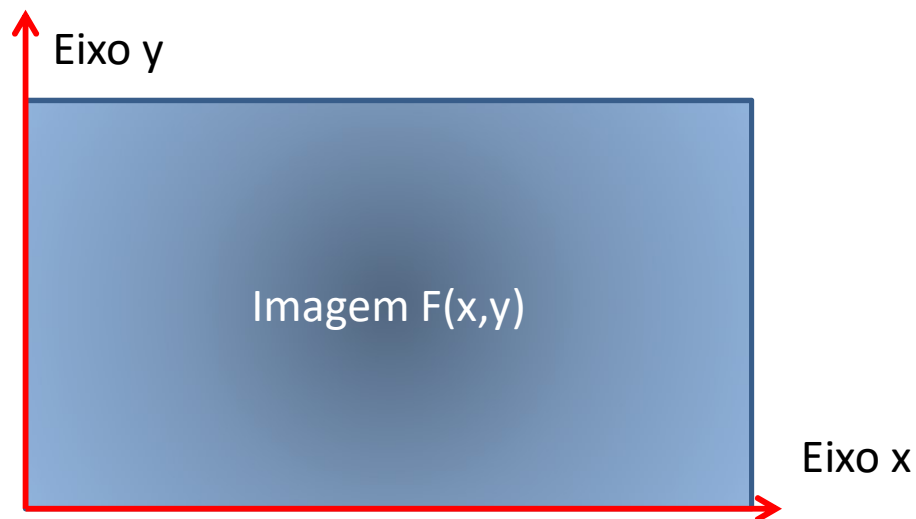
$$(lin, col) = F(X, Y, Z, f)$$

- Consequências:
- Vários objetos do espaço tridimensional podem ser projetados no mesmo ponto da imagem: Oclusão.
- O modelo de câmara “pinhole” é uma simplificação. Para ser mais fiel à realidade e modelar adequadamente esta relação espacial, é necessário levar em consideração outros fatores como as deformações introduzidas pelo sistema óptico ou os efeitos da atmosfera na propagação do feixe de luz.



## Aspectos radiométrico

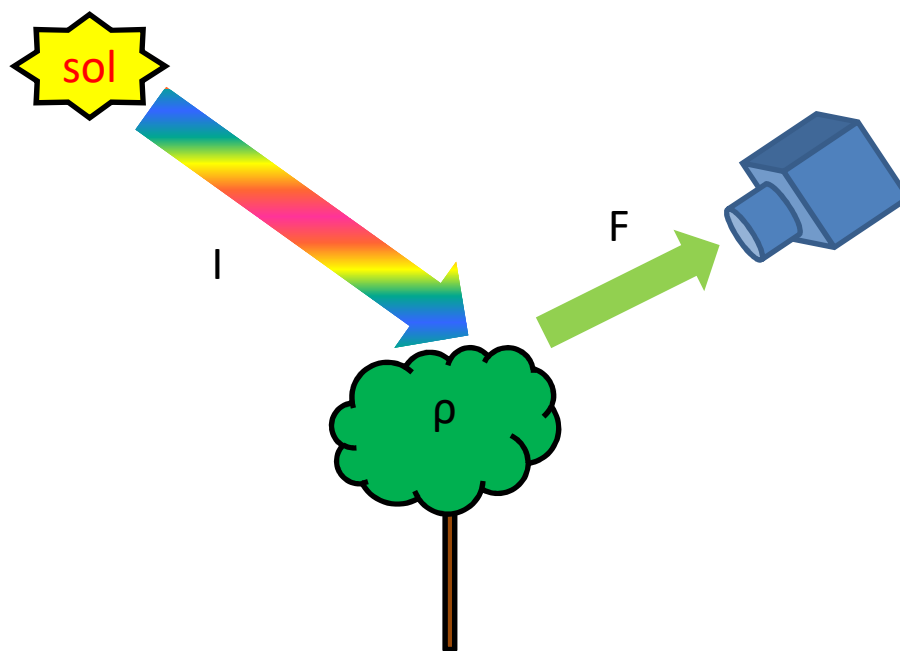
- Está associado à maneira como o brilho ou a energia proveniente de um objeto ou superfície é registrado e a fidelidade com a que ele é representado na imagem. Para cada posição no plano da imagem um valor do “brilho” ou a “intensidade” é registrado.
- O valor correspondente é definido então em função de sua posição na imagem como:
  - »  $F(x,y)$
- Onde x e y representam as coordenadas no plano da imagem.



# Aspectos radiométrico

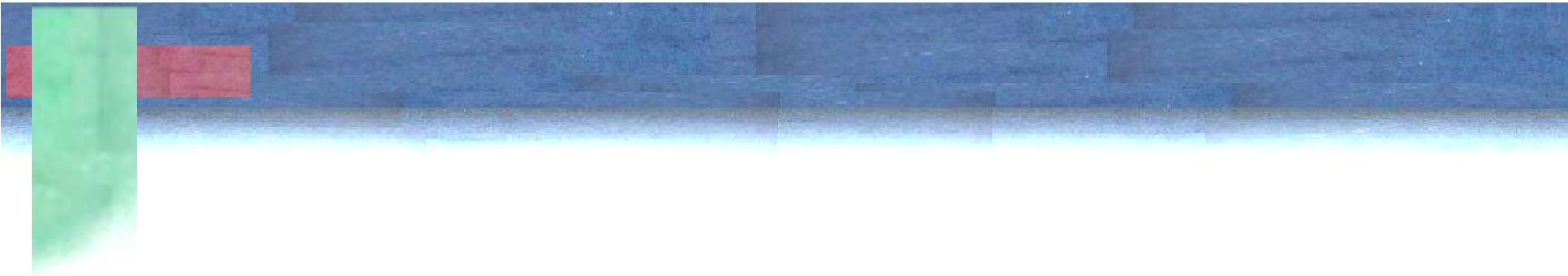
- $F(x,y)$  está associado principalmente a duas grandezas físicas:
  - - a intensidade de energia incidente no objeto ( $I$ ) e
  - - a reflectância do objeto ( $\rho$ ), ou sua capacidade de refletir a energia incidente.

$$F(x,y) = I(x,y) * \rho(x,y)$$




- 
- Como as imagens são obtidas em determinadas faixas espectrais, esta relação deveria ser melhor explicitada em função do comprimento de onda da energia utilizada para obter a imagem, ou seja, a faixa espectral à qual o sensor ou filme é sensível:
- 
- $F_{\lambda}(x,y) = I_{\lambda}(x,y) * \rho_{\lambda}(x,y)$
- 
- Com
- $0 \leq I < \infty$
- $0 \leq \rho \leq 1$



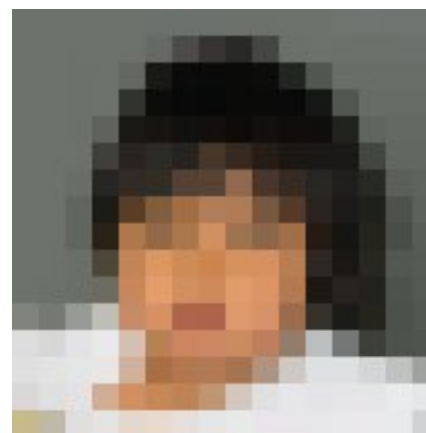


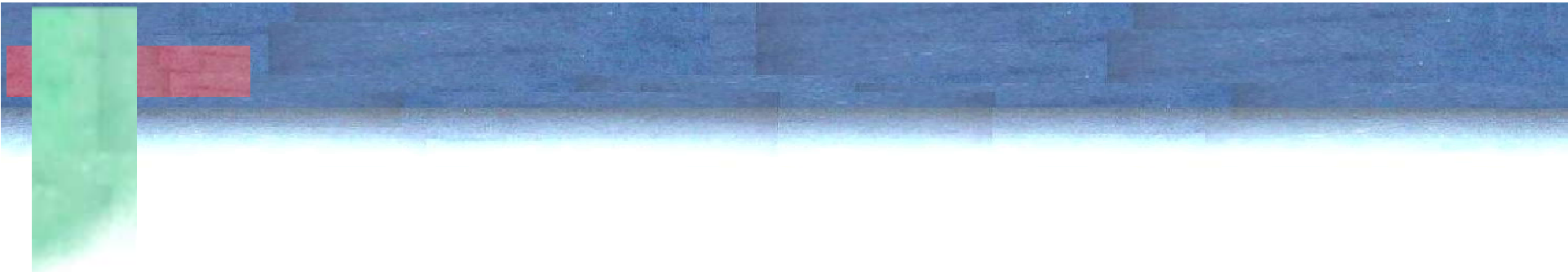

- $0 \leq \rho(x,y) \leq 1$

- A reflectância é uma propriedade intrínseca da superfície e depende da natureza e estado do objeto.
  - A reflectância é a grandeza física que mede a proporção da energia incidente que o objeto é capaz de refletir num comprimento de onda determinado.
  - Outros fatores são responsáveis pela atenuação da energia, como por exemplo o efeito da atmosfera ou a opacidade do sistema de lentes utilizado para captar a imagem, uma função de atenuação (A).
  - $$F(x,y) = A(x,y) * I(x,y) * \rho(x,y)$$
- 

# Discretização e quantização

- **A discretização**
- processo de simplificação do plano da imagem sob forma de uma malha regular finita, cujos elementos têm um tamanho fixo e constante (pixels).
- Assim o plano da imagem é representado sob forma de uma grade regular, onde a energia incidente em cada célula é medida por um elemento detector.

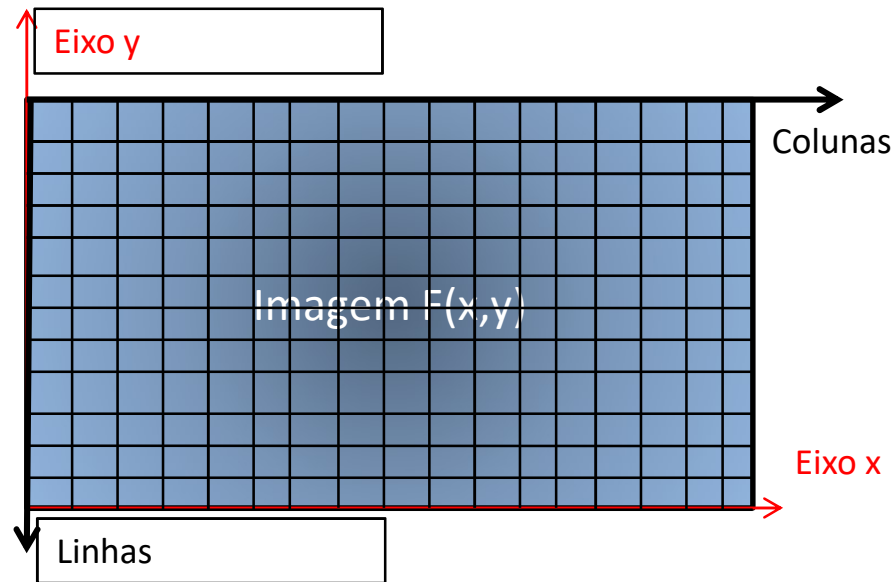


- 
- Com a discretização as possíveis posições dos pontos no espaço definido pelo plano da imagem são restritas a valores inteiros dentro da faixa de variação definida pelo tamanho da grade ( $N \times M$ )
    - $F(x,y)$  com  $x=1,2,3,\dots,N$  e  $y=1,2,3,\dots,M$
  - Sendo assim, cada elemento detector registra a energia incidente em uma unidade de área do plano da imagem, do que se deriva um valor único a ser armazenado na matriz digital.
- 

# Discretização

- As possíveis posições dos pontos no espaço da imagem são restritas a valores inteiros dentro da faixa de variação definida pelo tamanho da grade ( $N \times M$ )
  - $F(x,y)$  com  $x=1,2,3,\dots,N$  e  $y=1,2,3,\dots,M$

Uma Matriz.



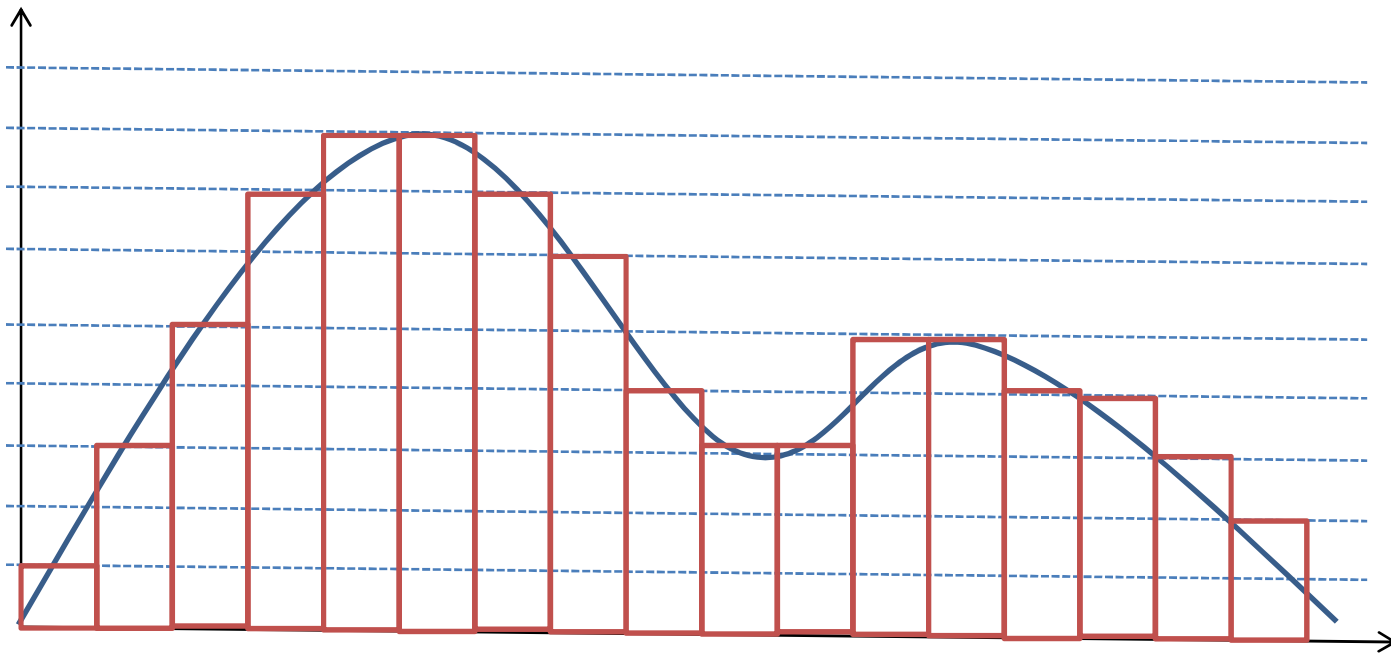


# Quantização

- A energia incidente no sensor é uma grandeza contínua, então sua representação numérica requer o uso de valores reais, o que demanda um alto espaço em termos de memória.
- Na prática costuma-se armazenar apenas uma quantidade finita, mas suficientemente grande, de níveis de energia em lugar de todos os valores possíveis. É feita então uma segunda discretização, desta vez nos valores de energia.
- Para isto, é definida uma escala discreta de valores, com valores  $L_{min}$  e  $L_{max}$  fixos.
- A quantidade de valores possíveis é definida em função da resolução radiométrica do sistema, ou o número de bits usados para armazenar a informação. Geralmente, são usados 8 bits para cada pixel, o que corresponde a um total de 256 diferentes níveis possíveis entre zero (ausência de energia incidente) e 255 (saturação do sensor).

# Quantização

- **Quantização**
- processo de atribuição de valores discretos para um sinal cuja amplitude varia entre infinitos valores.





256 NC (8 bits)



8 NC ( ? bits)

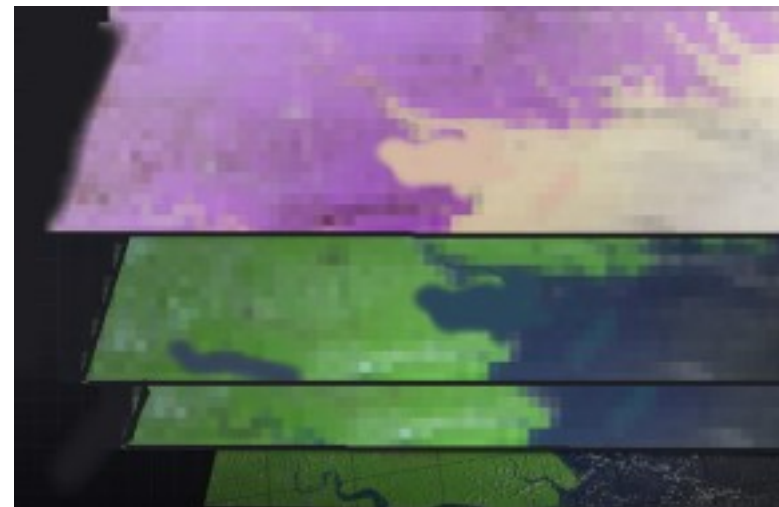
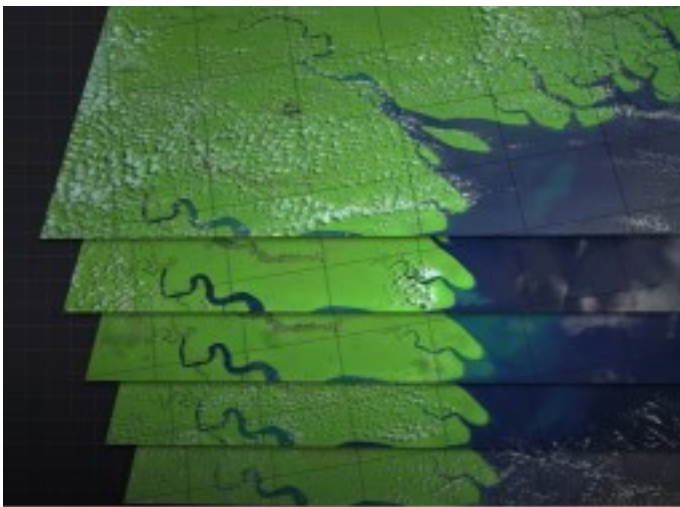


2 NC (1 Bit)

- A quantização é efetuada aplicando-se uma transformação, que pode ser linear, no entanto, outras transformações também podem ser aplicadas quando se deseja enfatizar algumas faixas de variação determinadas.

# Resolução

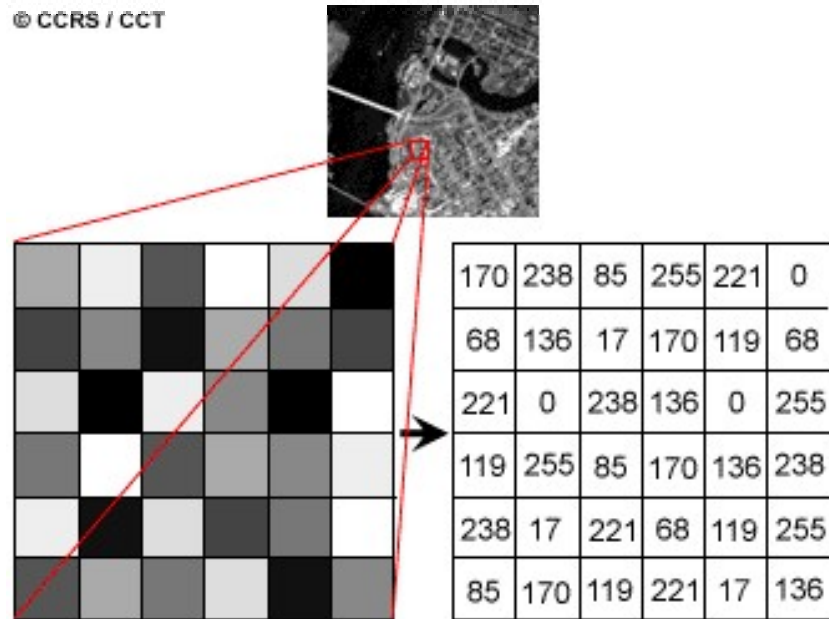
- A resolução de uma imagem é medida em termos de sua capacidade de representar a informação da cena.
- Resolução espacial
- Resolução radiométrica
- Resolução espectral



# Imagem digital

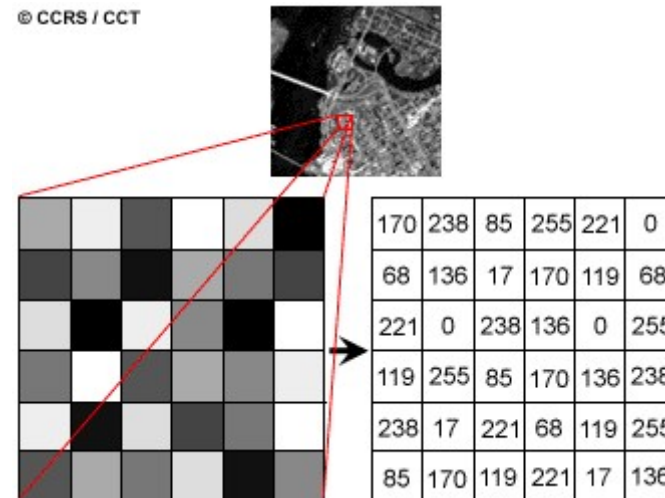
- Imagem digital pode ser descrita como uma matriz bidimensional de números inteiros que corresponde a medidas discretas da energia eletromagnética proveniente de uma área.

© CCRS / CCT



# Estrutura matricial

- Como a captura da imagem envolve um plano de imagem discreto, a adoção de uma matriz retangular parece ser a opção mais lógica. Na estrutura matricial, cada pixel é identificado por suas coordenadas em termos de linha e coluna, que são números inteiros.
- Vantagem: os pixels preservam sua inter-relação espacial. Ou seja, pixels vizinhos na imagem são também vizinhos na matriz.





# Armazenamento em computador

- No disco rígido de um computador não há espaço reservado para matrizes.
- Os dados de uma imagem são armazenados como uma série de dados.
- Esta série de números pode ser organizada de maneira diferente para determinadas finalidades.
- A estruturação tem por objetivo facilitar sua manipulação e análise.
- A adoção de uma estrutura adequada pode se tornar muito relevante na hora de elaborar programas para o processamento de imagens.



- Imagem nível de cinza



# Uma imagem simples

- Imagem de uma única banda espectral.
- Os valores dos pixels são armazenados de maneira seqüencial. Esta organização requer apenas a preservação de uma ordem preestabelecida. Por exemplo, começando no pixel superior esquerdo e terminando no pixel inferior direito, efetuando a varredura da imagem de maneira seqüencial. estrutura espacial implícita, pois, conhecendo-se o tamanho da imagem formada pelos dados, é facilmente reconstruída a imagem.

1	2	3
4	5	6
7	8	9

Imagem tamanho 3x3

1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---

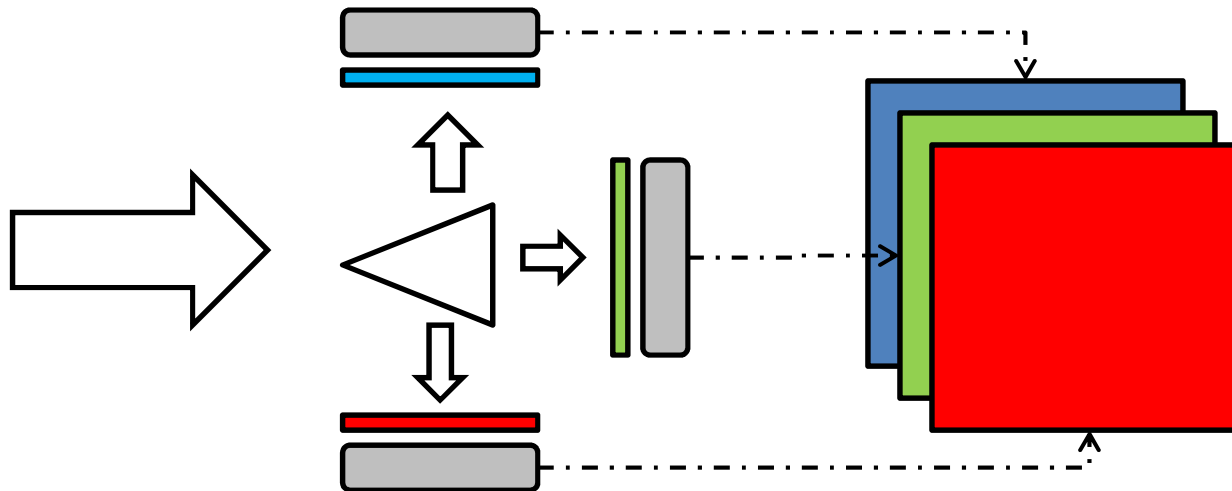


- RGB



# Bayer matrix

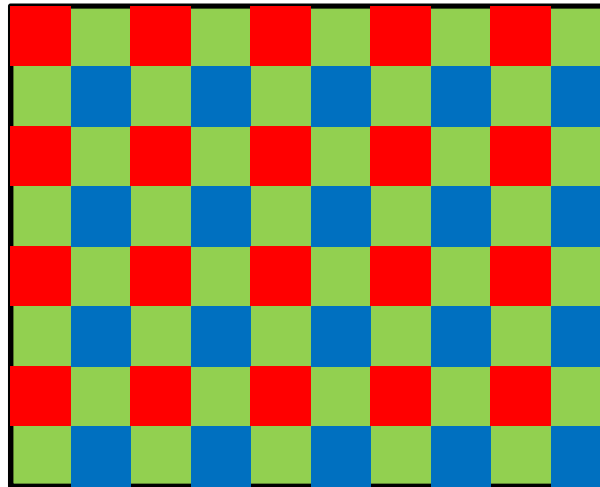
- Os sensores utilizados em câmaras (CCD /CMOS) são sensíveis à intensidade luminosa de todo o espectro (UV. Visível, parte do NIR), logo somente seria possível obter uma imagem em nível de cinza (pancromática)
- Para se obter uma imagem colorida seria necessário usar 3 sensores, um para cada cor, usando filtros de cores.

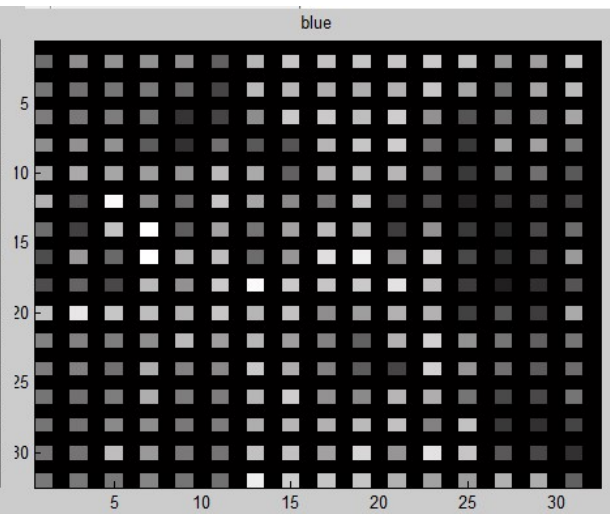
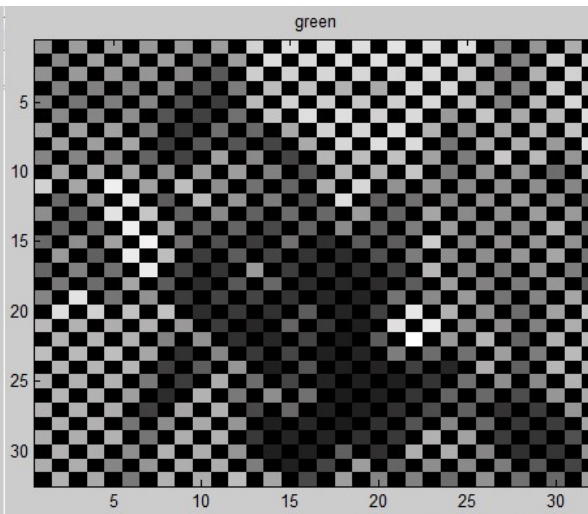
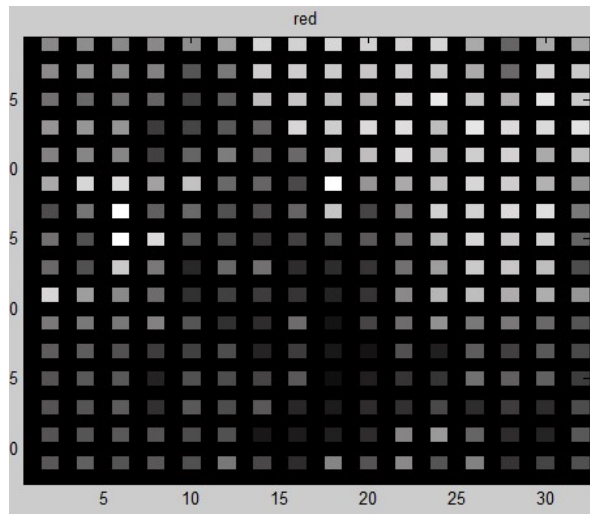
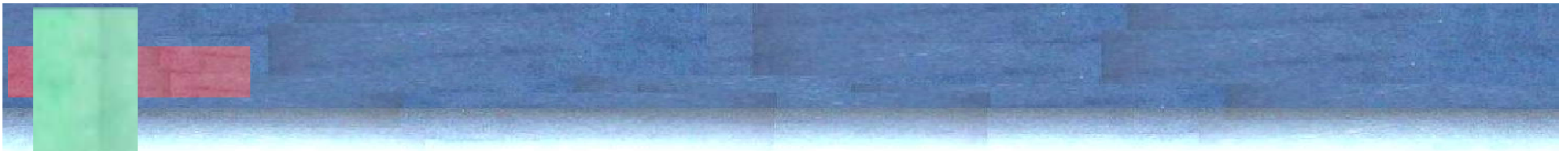


# Bayer matrix

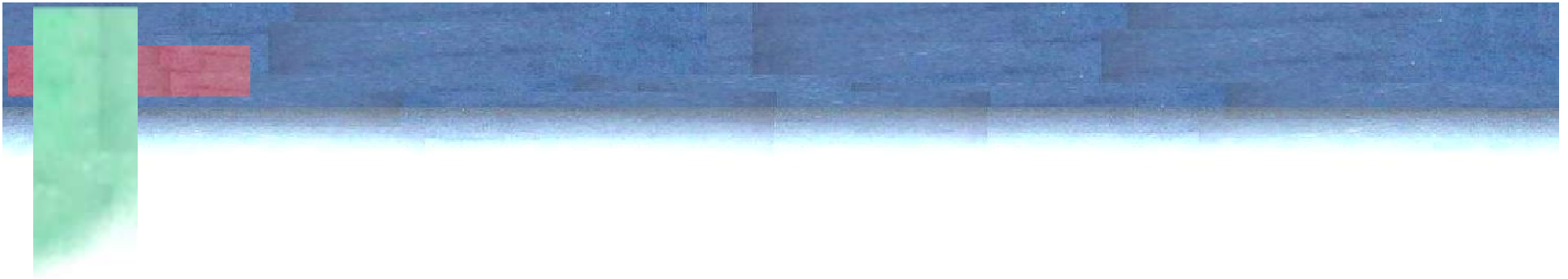
- Bryce E. Bayer, trabalhando para Kodak em 1974, propôs aplicar um filtro colorido a uma única matriz/sensor, seguindo um padrão xadrez contendo as cores RGB. Assim, cada elemento detector recebe a luz de uma cor específica e depois a imagem toda é interpolada.

Ken Parulski (Kodak): *"There are twice as many green elements as red or blue because this mimics the way the human eye provides the sharpest overall color image."*

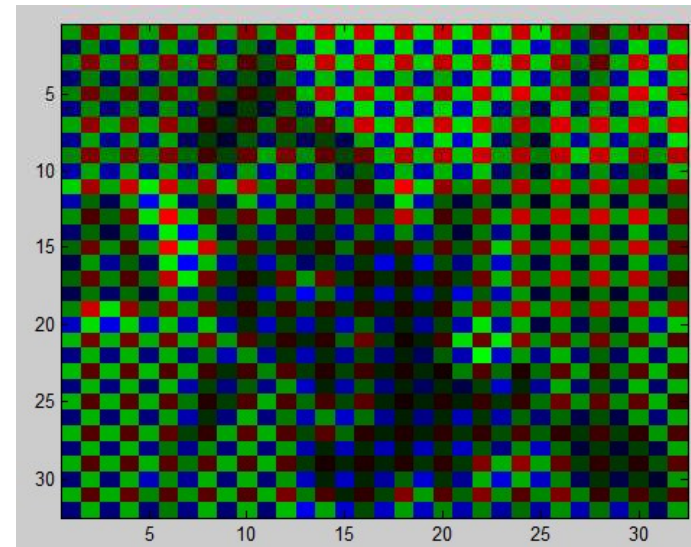
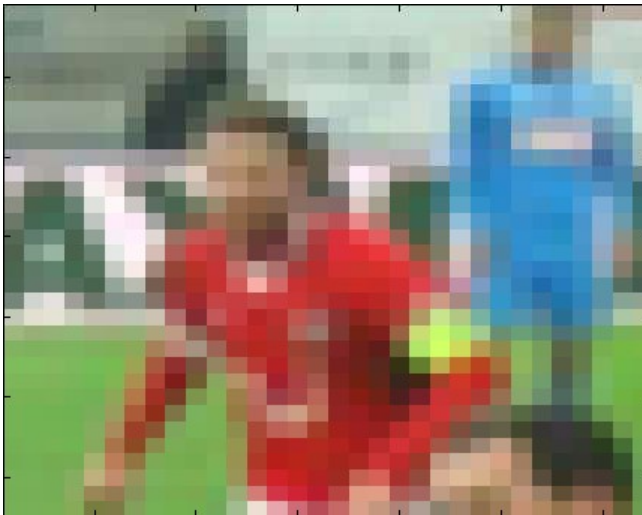








- Interpolação de valores não preenchidos





# Uma imagem multispectral

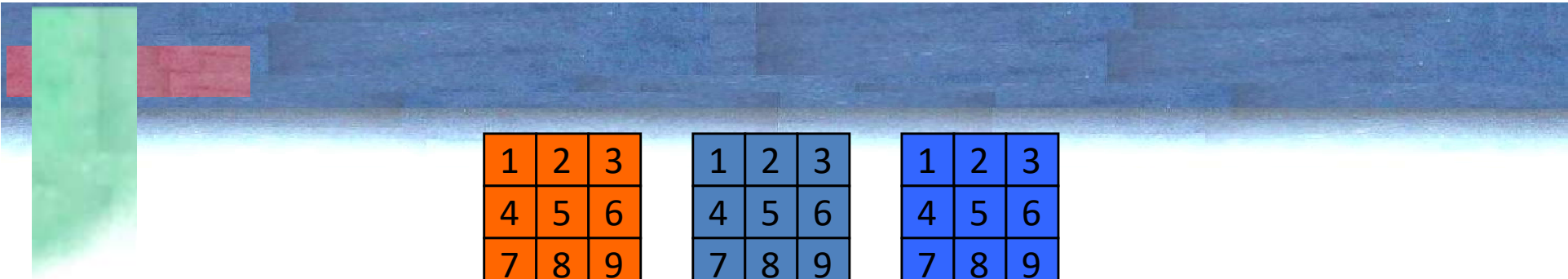
- Quando se trata de imagens multispectrais, existem várias alternativas para o armazenamento dos valores de cada pixel nas diferentes bandas. As alternativas são:
- Intercalado por banda (BSQ), onde as bandas são armazenadas uma atrás da outra, sob forma de imagens de nível de cinza em um único arquivo.

1	2	3
4	5	6
7	8	9

1	2	3
4	5	6
7	8	9

1	2	3
4	5	6
7	8	9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---



1	2	3	1	2	3	1	2	3
4	5	6	4	5	6	4	5	6
7	8	9	7	8	9	7	8	9

- Intercalado por linha (BIL): Os valores correspondentes a uma mesma linha nas diferentes bandas são armazenados juntos. Vantagem: pode ser lida uma linha inteira, em todas as bandas, de uma vez só.

1	2	3	1	2	3	1	2	3	4	5	6	4	5	6	4	5	6	7	8	9	7	8	9	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

**Intercalado por pixel (BIP), onde todos os valores de um mesmo pixel, nas diferentes bandas, são armazenados juntos.**

1	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6	6	7	7	7	8	8	8	9	9	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---



- 
- Aula prática ... Lab 01
- 