

1. Imagens digitais

Introdução. Imagem raster. Malha digital. Conectividade e vizinhança. Distância. Resolução espacial, espectral, radiométrica, geométrica e temporal. Armazenamento.

Introdução

As imagens podem ser classificadas de diversas maneiras, consoante a forma como se apresentam ou a maneira como são geradas.

Diagrama geral dos vários tipos de imagens.

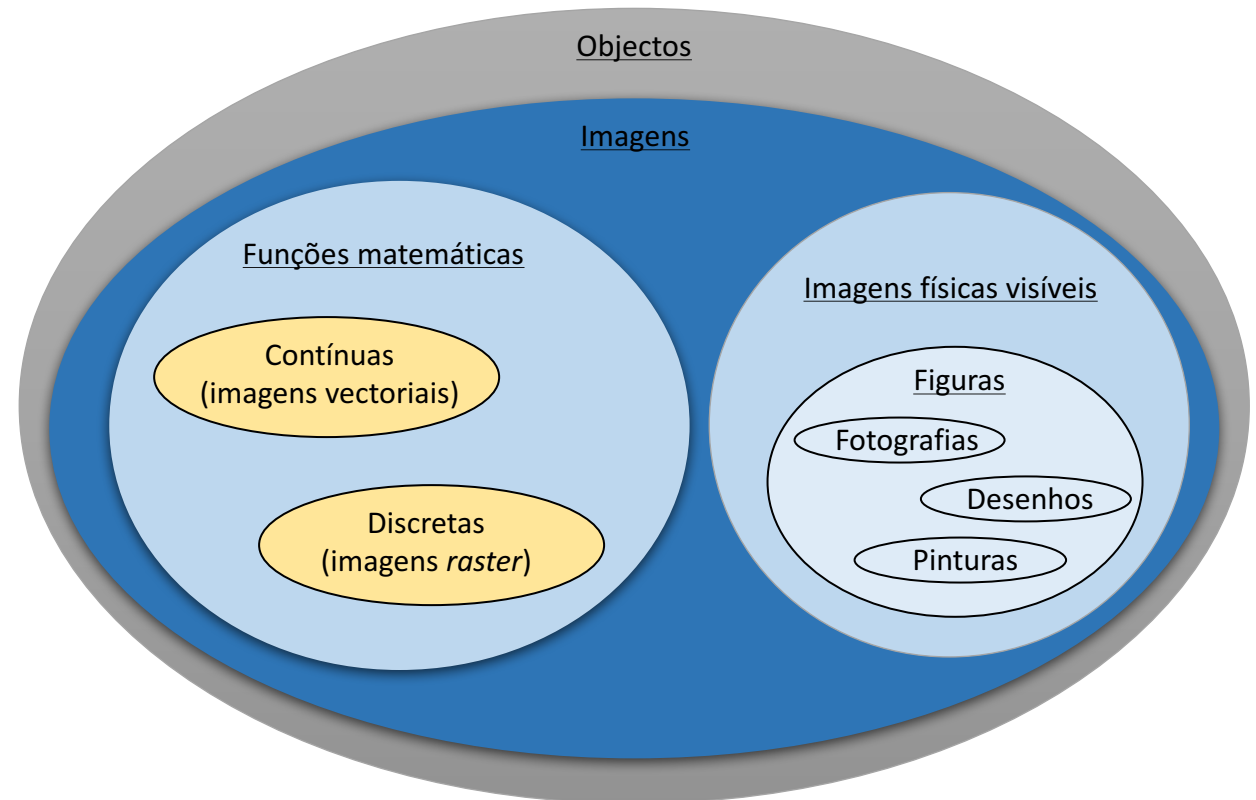
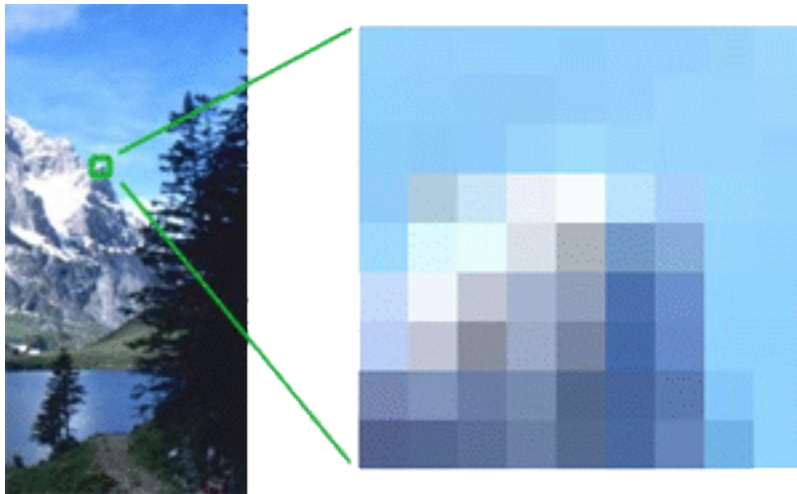


Imagem raster

Também designada por imagem *bitmap* (mapa de bits), ou matricial, é uma estrutura matricial constituída por pixels (*picture elements*), cada qual descrito com uma determinada intensidade radiométrica, e com as suas coordenadas localizadas no canto superior esquerdo.



$$\begin{bmatrix} Z_{1,1} & \cdots & Z_{1,C} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ Z_{L,1} & \cdots & Z_{L,C} \end{bmatrix}$$

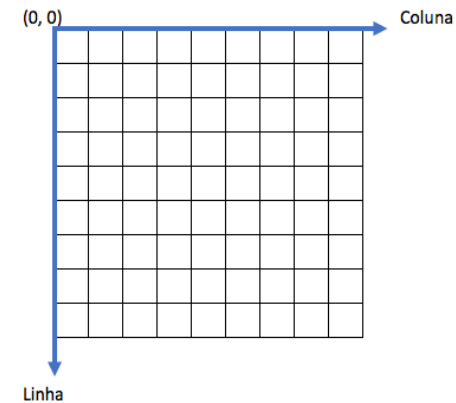
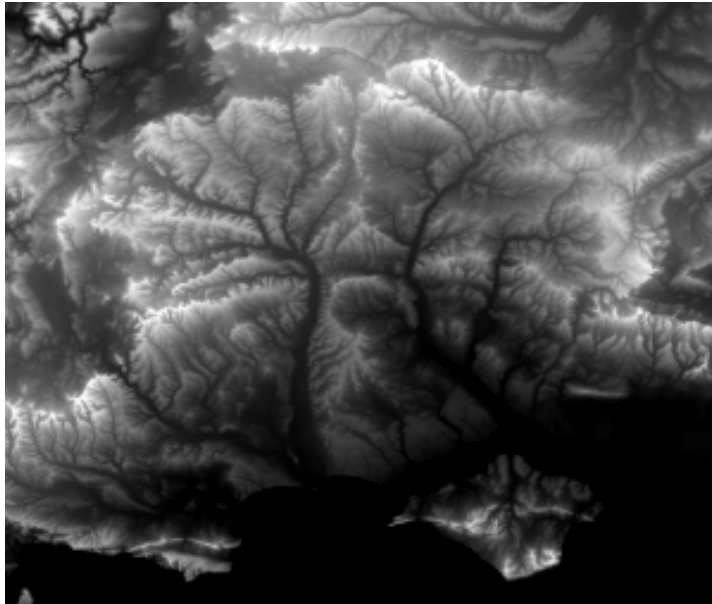


Imagem raster

Raster de uma imagem física não visível.



Modelo Digital do terreno)

Malha digital

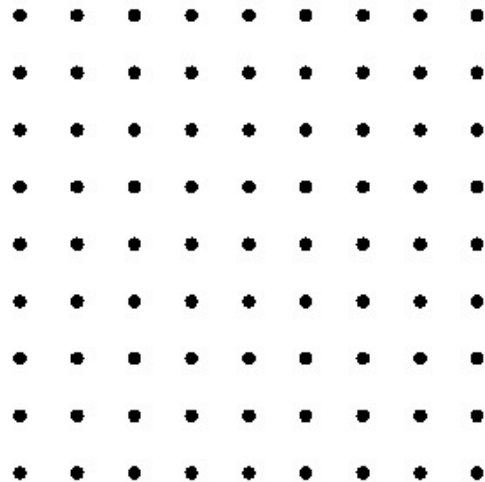
Malha digital: É o suporte no qual as imagens digitais são representadas e através do qual se estabelecem as conexões entre pontos vizinhos.

Estrutura da malha digital: Antes de se fazer qualquer operação sobre uma imagem digital, deve-se conhecer primeiro a estrutura de relações espaciais entre os pixels, ou seja, definir quais as relações de vizinhança entre os pixels da malha digital, para se poder inferir acerca das fronteiras entre conjuntos de pixels.

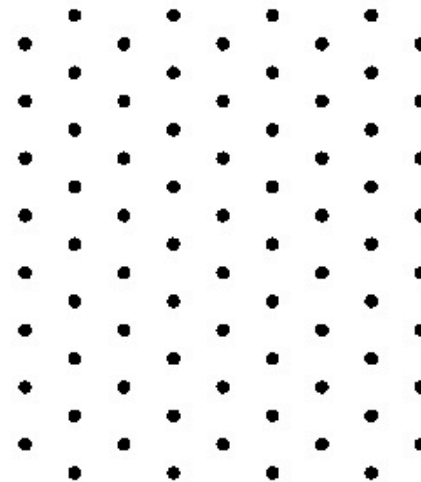
- Para tal, há que estabelecer a geometria da malha digital de representação e caracterizá-la topologicamente.

Malha digital

- Num largo número de sistemas digitais de aquisição de imagem, a sua estrutura espacial é definida segundo uma malha ortogonal e equidistante, sendo cada ponto dessa malha chamado de “pixel” (*picture element*).



rectangular



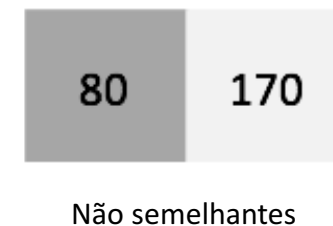
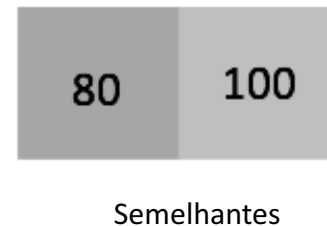
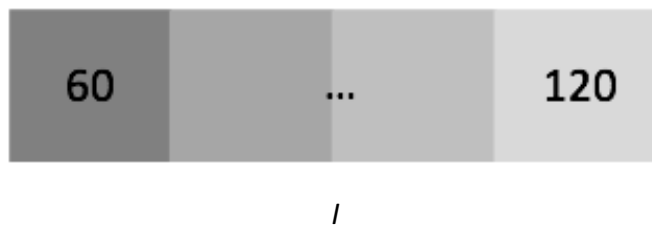
hexagonal

Conectividade e vizinhança

- A noção de conectividade entre pixels descreve a relação entre dois ou mais pixels. De uma forma geral, para que dois pixels sejam considerados como conectados, têm que verificar certas condições de adjacência radiométrica e adjacência espacial.
- Em primeiro lugar, para que dois pixels se considerem conectados radiometricamente, têm ambos que ter valores pertencentes a um mesmo intervalo numérico (classe numérica), ou conjunto de valores numéricos, podendo dizer-se que assim pertencerão a um mesmo tipo de objeto.

Conectividade e vizinhança

- Por exemplo, numa imagem de cinzentos de *8-bits*, considerando como semelhantes todos os pixels com valores dentro do intervalo $I = [60, \dots, 120]$, dois pixels com valores respectivamente de 80 e 100 são semelhantes, estando próximos, ou afastados espacialmente. Outros dois com valores de 80 e 170, não são semelhantes.



Conectividade e vizinhança

- Para formular o critério de conectividade espacial, introduz-se primeiro o conceito de **vizinhança**.
- A vizinhança de conectividade-4 do pixel de coordenadas (x, y) é o conjunto de pixels V_4 .

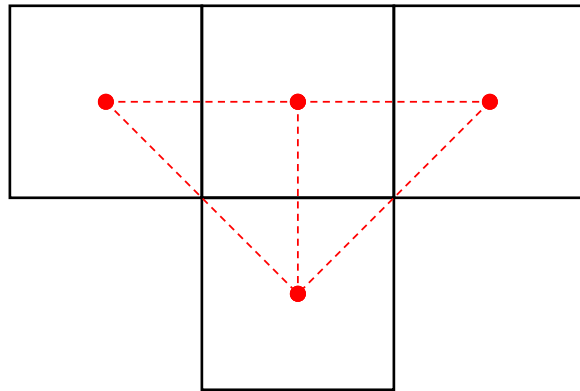
$$V_4(x, y) = \{(x, y), (x + 1, y), (x - 1, y), (x, y + 1), (x, y - 1)\}$$

- A vizinhança de conectividade-8 do pixel de coordenadas (x, y) é o conjunto de pixels V_8 .

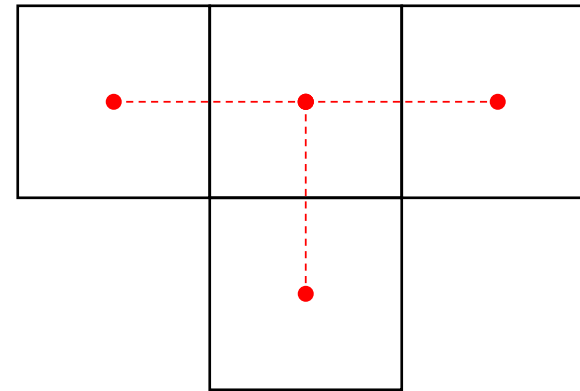
$$V_8(x, y) = V_4(x, y) \cup \{(x + 1, y + 1), (x + 1, y - 1), (x - 1, y + 1), (x - 1, y - 1)\}$$

Conectividade e vizinhança

- O **grafo de adjacência** de um certo conjunto de pixels é representado pelo conjunto de ligações elementares que conectam esses pixels.



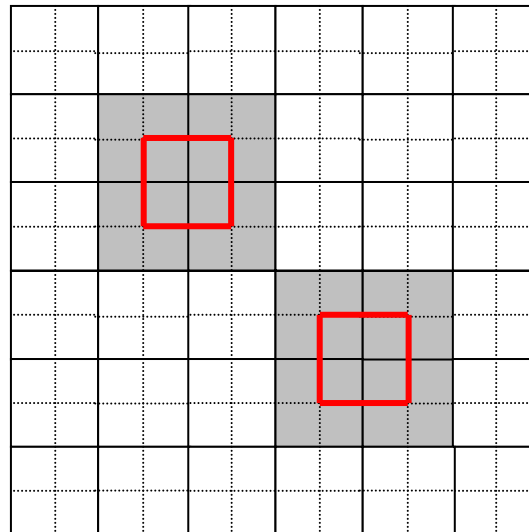
Conectividade 8



Conectividade 4

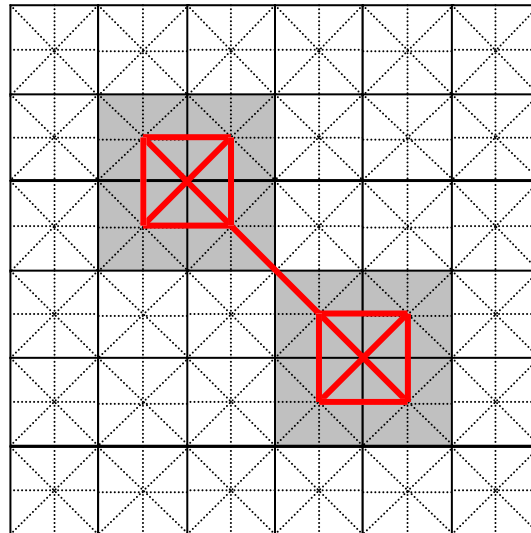
Conectividade e vizinhança

- Na malha de conectividade-4 há um máximo de quatro pixels vizinhos a que cada pixel se pode conectar. Na figura abaixo, os dois quadrados sombreados tocam-se, aparentemente pela adjacência de dois pixels. Contudo não se consideram conectados entre si, pela razão de que a malha não permite a conexão de pixels segundo qualquer direcção diagonal. A vizinhança de cada pixel é constituída por cinco pixels.



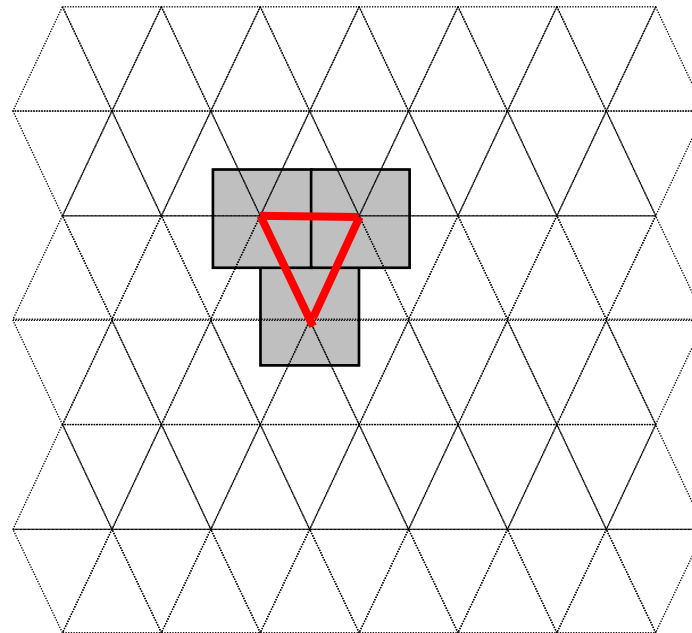
Conectividade e vizinhança

- Na malha de conectividade-8, a conexão na diagonal já se faz, logo há um máximo de oito pixels a que cada pixel se pode conectar. A vizinhança de cada pixel é assim constituída por nove pixels. Na figura os pixels sombreados integram um só conjunto conexo.



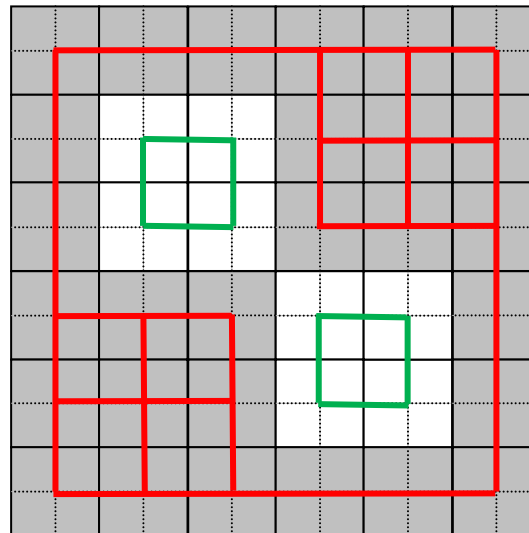
Conectividade e vizinhança

A malha hexagonal é de conectividade-6 e, neste caso, a vizinhança de cada pixel é constituída sempre por sete pixels.



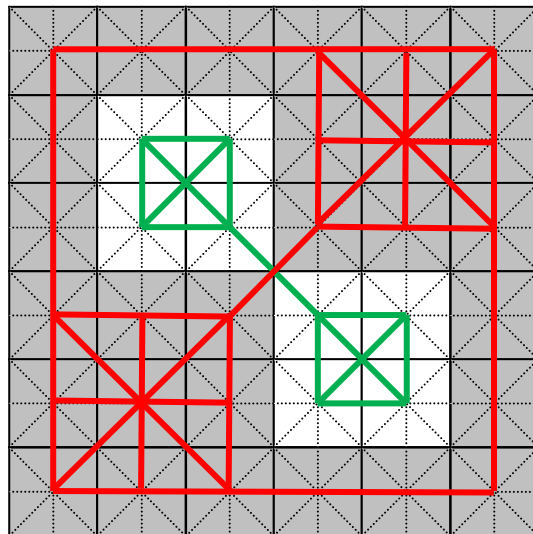
Conectividade e vizinhança

- Para a malha de conectividade-4, os grafos correspondentes ao conjunto e ao seu complementar, não se intersectam, o que não cria ambiguidades lógicas.

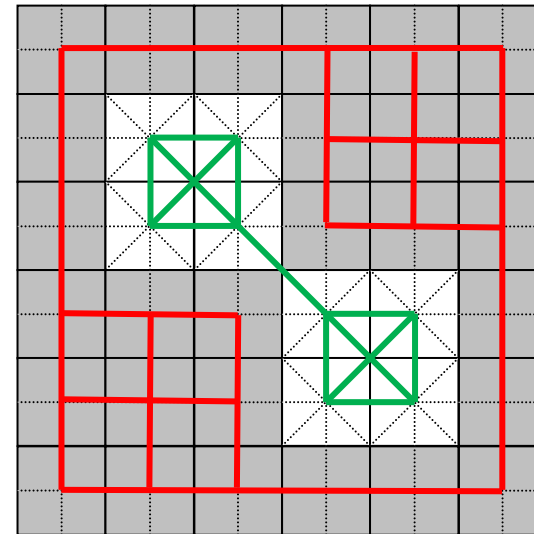


Conectividade e vizinhança

- No caso da conectividade-8, há uma ambiguidade lógica. A intersecção entre os grafos do conjunto e do seu complementar é diferente do conjunto vazio. Como tal, quando se usa a malha digital quadrada, constitui-se a regra de considerar-se a conectividade-8 para um conjunto e a conexidade-4 para o seu complementar (ou vice-versa).



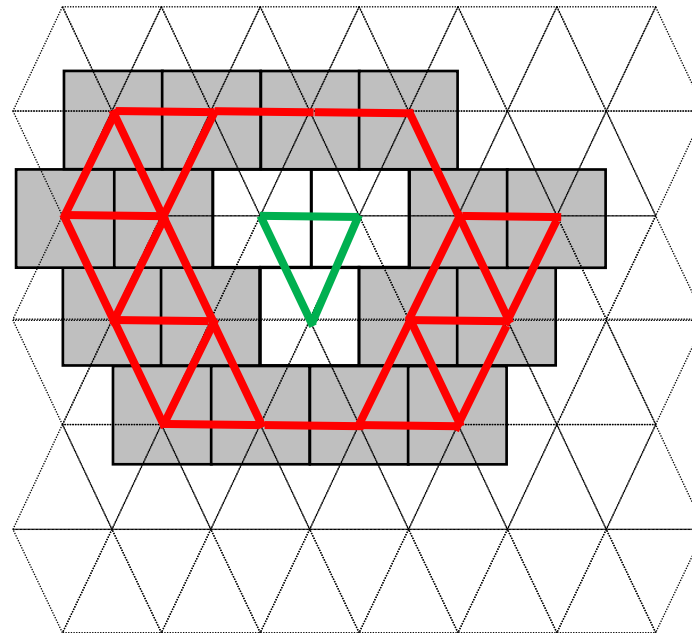
Ambiguidade



Solução

Conectividade e vizinhança

- No caso da malha hexagonal não existe ambiguidade topológica entre um conjunto e o seu complementar.

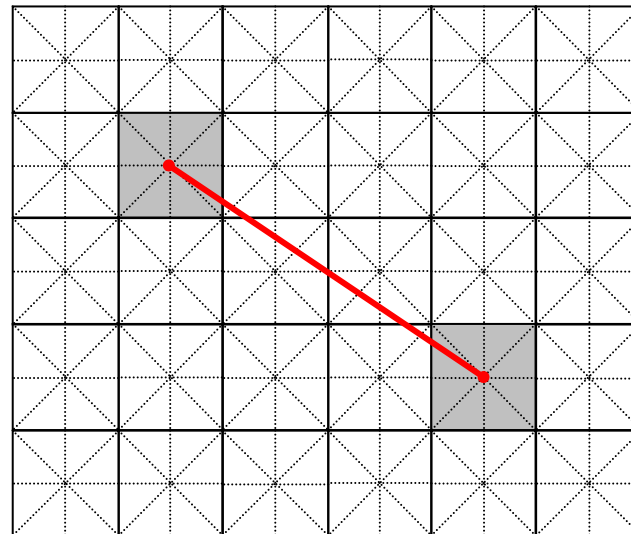




Distância

- A distância entre pixels pode ser determinada nos espaços euclidiano ou grafológico.

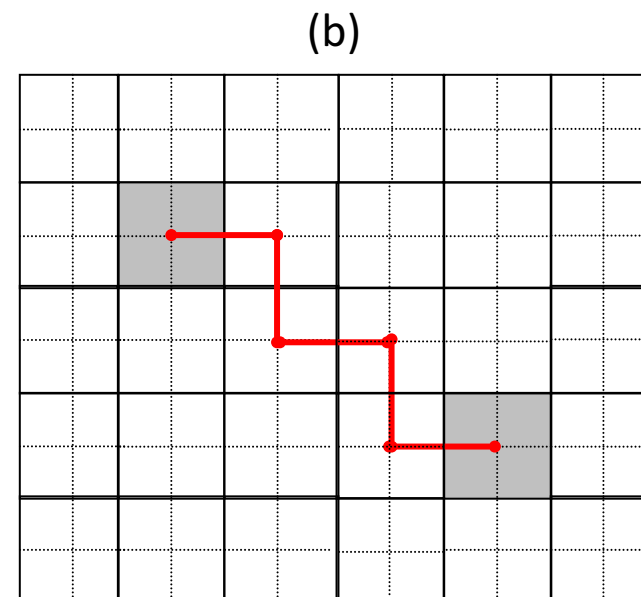
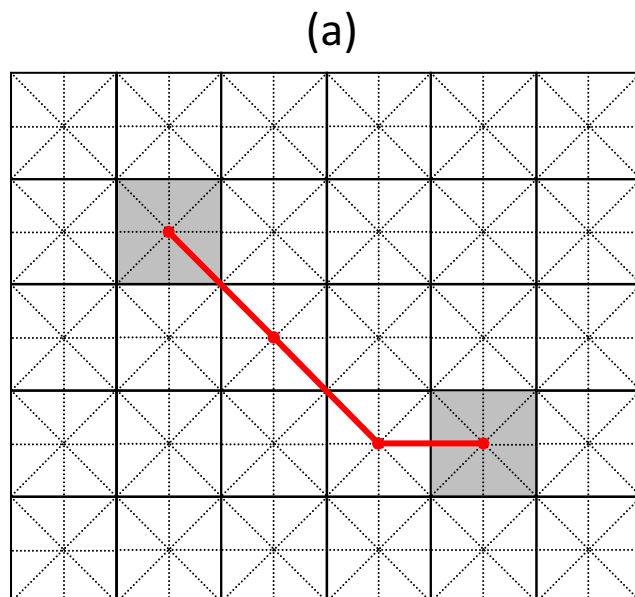
Distância euclidiana: é calculada pelas diferenças das coordenadas-pixel de ambos os pixels.



$$|\Delta M| = 3; |\Delta P| = 2; \text{Dist} = \text{sqrt}(13) \approx 3.6;$$

Distância

Distância grafológica: corresponde ao valor da menor soma de conexões que ligam os dois pixels dentro do grafo de adjacência da malha digital.



(a): distância grafológica numa malha de conectividade-8 (Chessboard Distance): $Dist = 3$;

(b): distância grafológica numa malha de conectividade-4 (City Block Distance): $Dist = 5$.

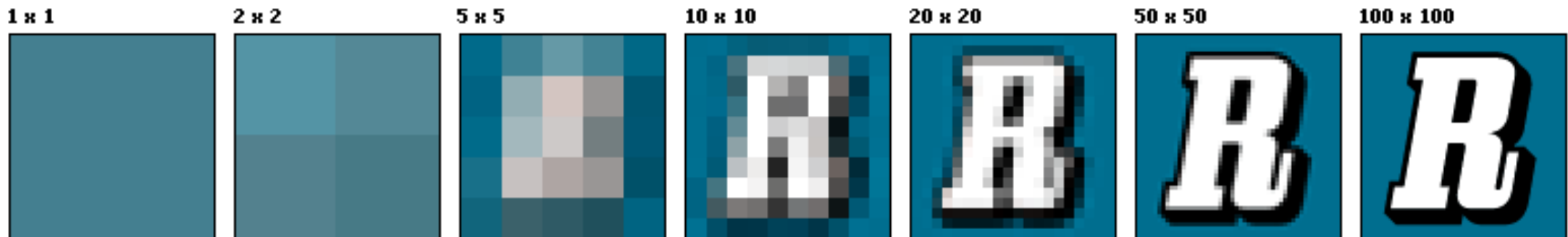
Resolução

Resolução: Descreve o nível de detalhe de uma imagem. O termo aplica-se a imagens digitais, imagens em sequências de vídeo e outros tipos de imagem. Resoluções mais altas significam maior detalhe.

- Tipos de resolução associados às imagens digitais:
 1. Número de pixels (*pixel resolution*)
 2. Espacial (*spatial resolution*)
 3. Espectral (*spectral resolution*)
 4. Radiométrica (*radiometric resolution*)
 5. Geométrica (*geometric resolution*)
 6. Temporal (*temporal resolution*)

Resolução

Número de pixels: quando a contagem dos pixels de uma imagem é referida como “resolução”, a convenção descreve-a como o conjunto de dois números inteiros positivos em que o primeiro corresponde ao número de linhas (*height*) e o segundo corresponde ao número de colunas (*width*). Por exemplo: imagem com resolução de 640 × 480 pixels.

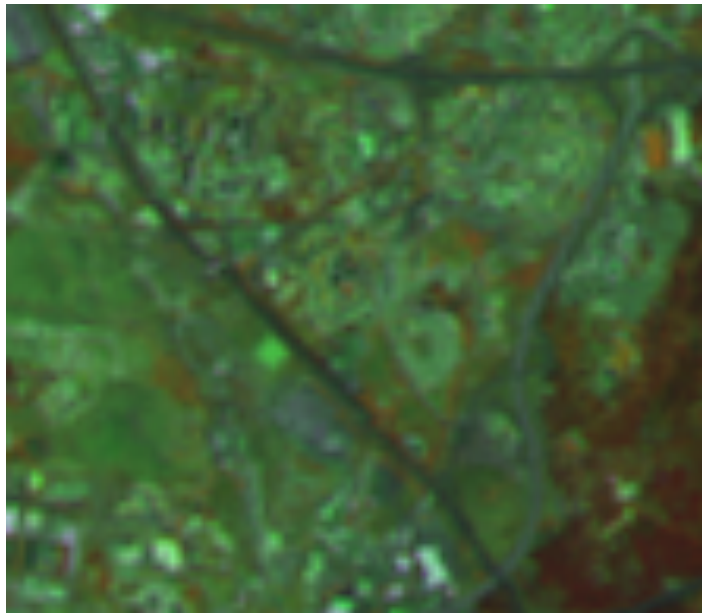


Resolução

- Outra convenção comum consiste em falar de “resolução” como o número total de pixels da imagem, tipicamente dado como o número de mega-pixels, que pode ser calculado multiplicando o número de linhas pelo número de colunas, e dividindo por um milhão (1 mega-pixel = 10^6 pixels).
- Por exemplo: uma imagem de 2048 linhas por 1536 colunas tem um total de $2048 \times 1536 = 3,145,728$ pixels, ou 3.1 mega-pixels.
- O tamanho de uma imagem digital está, pois, relacionado com a quantidade de pixels que tem e não com o tamanho da sua representação em ecrã.

Resolução

Resolução espacial: capacidade de distinção espacial entre dois objectos próximos de uma imagem (não é o tamanho do menor objecto que pode ser visto na imagem). Quantifica-se pela área real que um pixel da imagem representa. Normalmente, um pixel tem uma forma quadrangular.



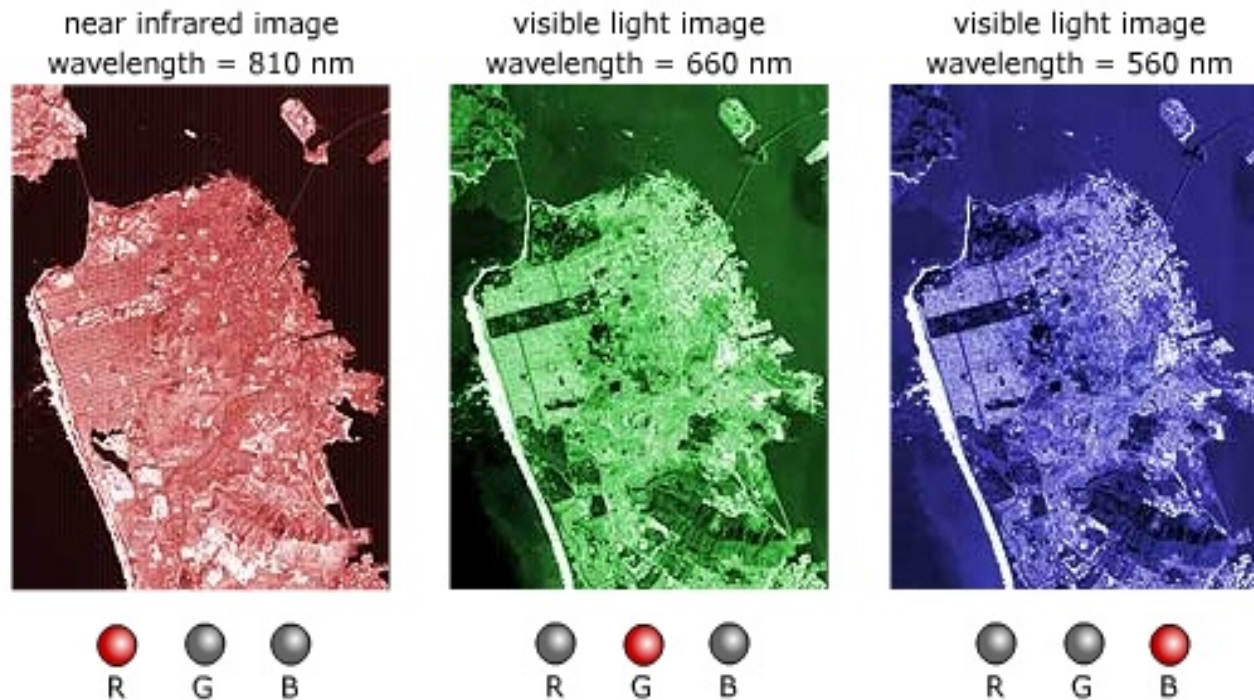
Landsat TM (30 m)



Ikonos (1 m)

Resolução

Resolução espectral: Consiste no poder de resolução do espectro de frequência, ou seja, medida do poder de resolução dos valores do comprimento de onda, dentro do espectro electromagnético.



Resolução

Presentemente, a maioria dos satélites de observação da Terra medem a energia electromagnética em muitos comprimentos de onda diferentes, constituindo-se assim as imagens multiespectrais como combinações de diferentes bandas comprimentos de onda podem ser combinadas entre si, criando composições coloridas.



Combinação cor-falsa

Resolução

Resolução radiométrica: poder de distinção de diferenças de intensidade dos objectos. É geralmente expressa em níveis de cinzento, ou número de *bits*.

- O número total de níveis de cinzento, que uma imagem de n *bits* pode ter, é igual a 2^n . Por exemplo:

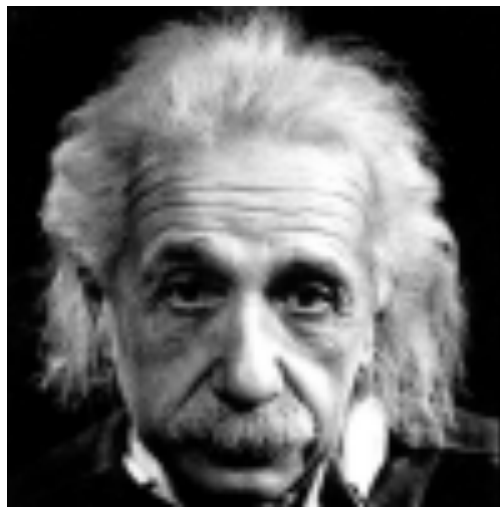


Imagem de 8 *bits*: número de níveis de cinzento = $2^8 = 256$ (mais comum)

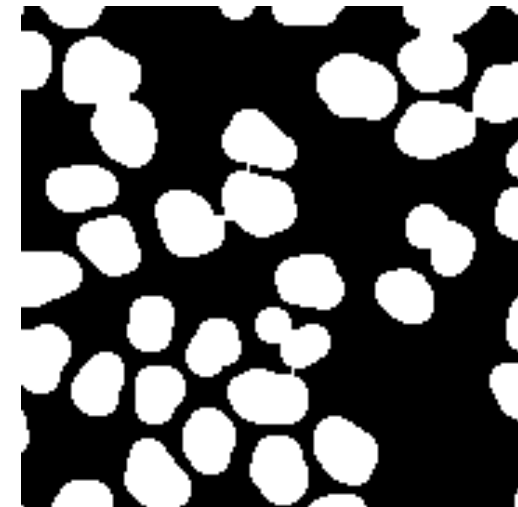
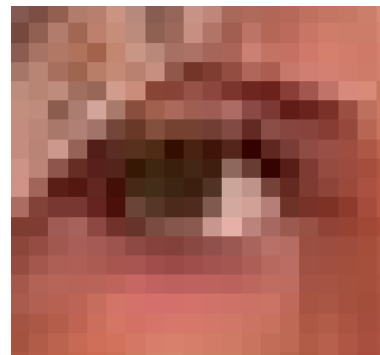


Imagem de 1 *bit*: número de níveis de cinzento = $2^1 = 2$ (imagem binária)

Resolução

Resolução geométrica: Dimensão do pixel no ecrã. Uma unidade normalmente utilizada é *dpi* (*dots per inch*), ou seja, o número de pontos por polegada, na mesma escala do original; como se tem 1 polegada = 2,5400051 cm, por exemplo uma resolução de 72 dpi é equivalente a uma resolução de $\approx 353 \mu\text{m}$ (micron).

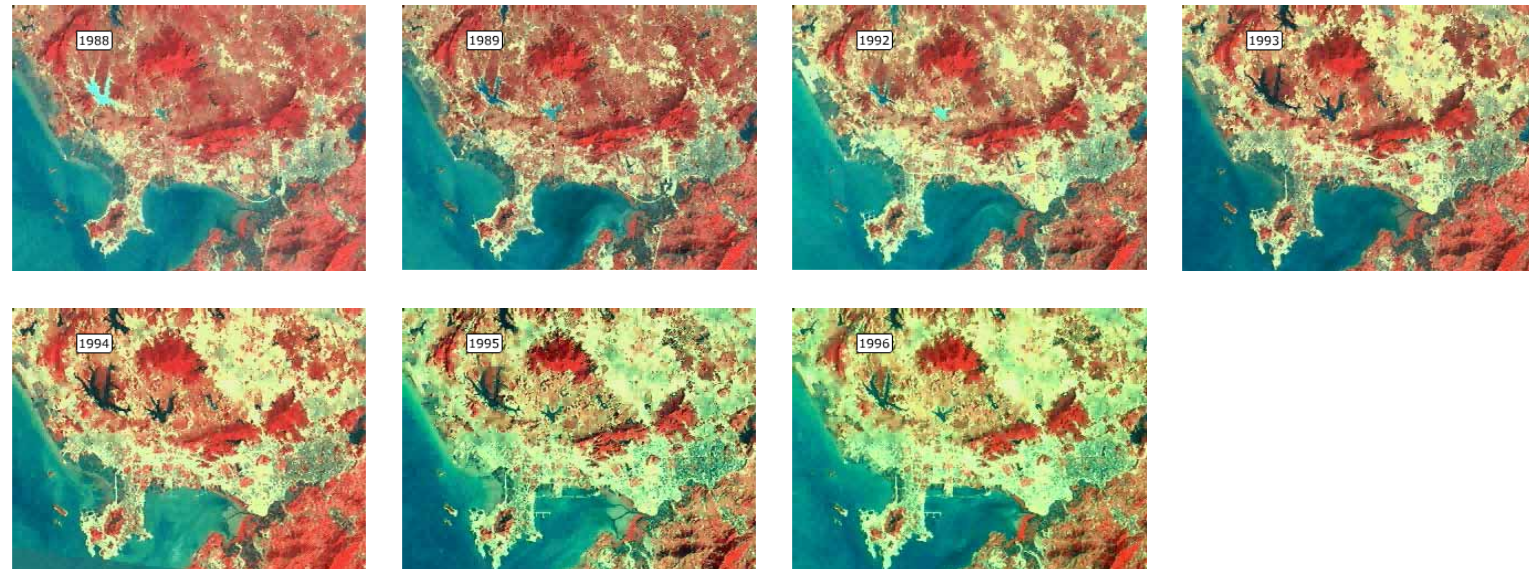


$$RG = \frac{2,5400051}{72} \approx 353 \mu\text{m}$$

Resolução

Resolução temporal: intervalo de tempo depois do qual é adquirida informação acerca de um mesmo objecto.

- Séries de imagens que mostram um mesmo objecto, tiradas em momentos diferentes (ao longo do tempo) são referidas como informação multi-temporal.



Armazenamento

O nível de quantização de uma imagem com dimensões $L \times C$ colunas é geralmente uma potência de 2 (2^n : imagem de n -bits).

Isto significa que cada pixel pode ter um valor numérico pertencente ao intervalo $[0; (2^n - 1)]$ e que requer no máximo n bits para ser armazenado na memória do computador.

Diz-se então que a resolução radiométrica ou quantização de uma imagem é de n bits por pixel. Sendo $1 \text{ byte} = 8 \text{ bits}$, então são necessários um mínimo de $L \times C \times n / 8$ bytes de memória para armazenar a imagem.

Armazenamento

Exemplos:

- Numa imagem de 8 *bits* (1 *byte*; 256 níveis de cinzento), com 200×300 pixels, são necessários um mínimo de $200 \times 300 \times 1 = 60000$ *bytes*, ou seja 60 *kbytes* de memória de armazenamento da imagem.
- Numa imagem de 16 *bits* ($2^{16} = 2^8 \times 2^8$ *bits*; 2 *bytes*; 65536 níveis de cinzento), com 200×300 pixels, são necessários um mínimo de $200 \times 300 \times 2 = 120000$ *bytes*, ou seja 120 *kbytes* de memória de armazenamento da imagem.
- Numa imagem de 24 *bits* ($2^{24} = 2^8 \times 2^8 \times 2^8$; 1 *byte*/banda; 256 níveis de cinzento/banda), com 200×300 pixels, são necessários um mínimo de $200 \times 300 \times 3 = 180000$ *bytes*, ou seja 180 *kbytes* de memória de armazenamento da imagem.