

Fundamentos de compressão e codificação de imagens

Douglas Antoniazi
Kleberson Hayashi Angelossi

Sumário

- **Redundância**
 - Codificação
 - Interpixel
 - Psicovisual
- **Crítérios de fidelidade**
 - Erro total
 - Erro médio quadrático
 - Relação sinal-ruído rms
- **Modelos de compressão de imagem**
 - Codificador e decodificador de fonte
 - Codificador e decodificador de canal – Código de Hamming

Compressão de imagens

- Problema de reduzir a quantidade de dados necessária para representar uma imagem digital
- A base do processo de redução é a remoção de dados redundantes

Aplicações

- Videoconferências
- Imageamento médico e de documentos;
- Transmissão de facsímiles (FAX)
- Sensoriamento remoto (uso de imagens de satélites para aplicações climáticas)

Fundamentos

- Dado e Informação
- Redundância de dados
 - *taxa de compressão:* $C_R = \frac{n_1}{n_2}$
 - *Redundância de dados relativa:* $R_D = 1 - \frac{1}{C_R}$
- $R_D = 0.9$ implica que 90% dos dados no primeiro conjunto de dados é redundante

Redundância de codificação

- Histograma ajuda na construção de códigos para reduzir a quantidade de dados usada para representá-la
- Cada tom de cor possui um código

Exemplo de Codificação de Comprimento Variável

| r_k | $p_r(r_k)$ | Code 1 | $l_1(r_k)$ | Code 2 | $l_2(r_k)$ |
|-------------|------------|--------|------------|--------|------------|
| $r_0 = 0$ | 0.19 | 000 | 3 | 11 | 2 |
| $r_1 = 1/7$ | 0.25 | 001 | 3 | 01 | 2 |
| $r_2 = 2/7$ | 0.21 | 010 | 3 | 10 | 2 |
| $r_3 = 3/7$ | 0.16 | 011 | 3 | 001 | 3 |
| $r_4 = 4/7$ | 0.08 | 100 | 3 | 0001 | 4 |
| $r_5 = 5/7$ | 0.06 | 101 | 3 | 00001 | 5 |
| $r_6 = 6/7$ | 0.03 | 110 | 3 | 000001 | 6 |
| $r_7 = 1$ | 0.02 | 111 | 3 | 000000 | 6 |

- Número médio de bits para representar cada pixel:

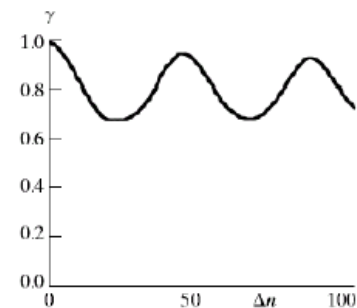
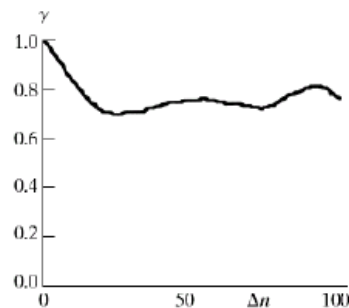
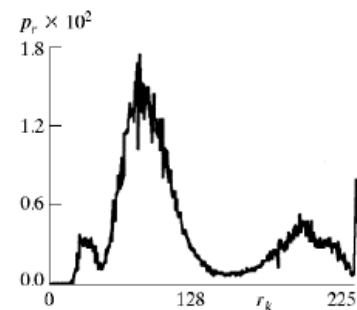
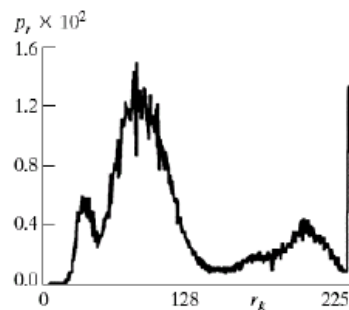
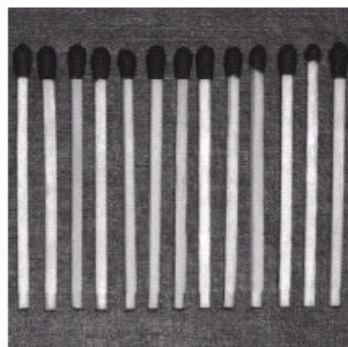
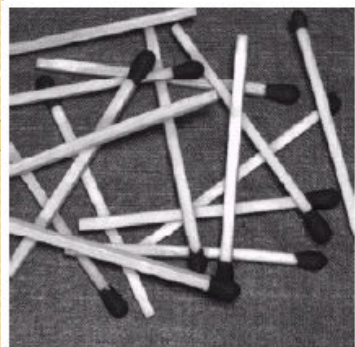
$$L_{avg} = \sum_{k=0}^{L-1} l(r_k) p_r(r_k)$$

- Code 2 requer 2,7 bits/pixel

Redundância de codificação

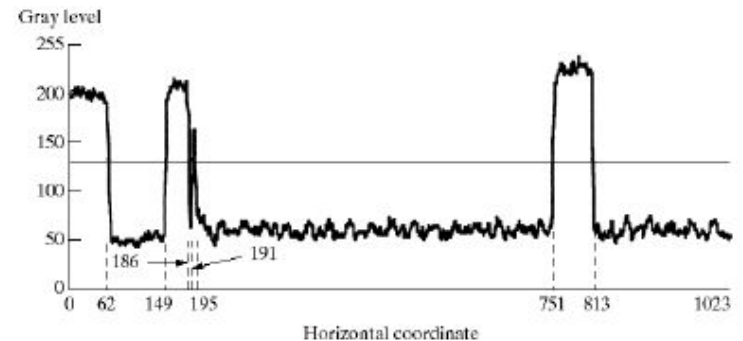
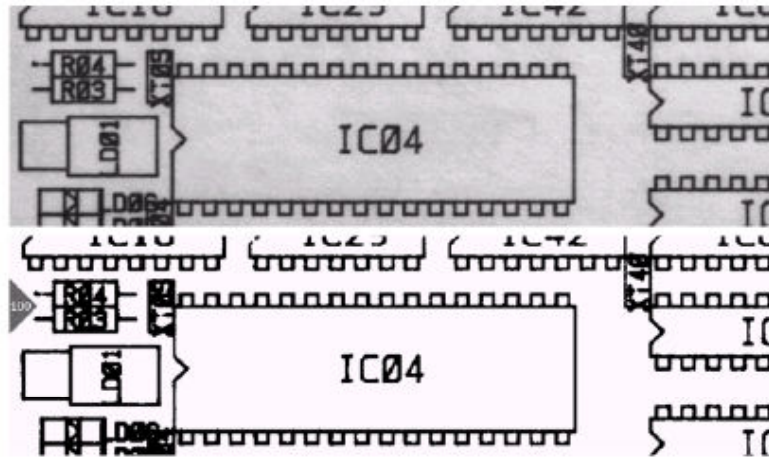
- Codificação de comprimento variável, uma vez que cada tom é codificado com um número de bits diferente
- Se os tons de pixels de uma imagem não ocorrem com a mesma frequência (probabilidade) os tons mais frequentes podem ser codificados com menos bits

Redundância interpixel



- Em algumas imagens existem padrões de pixels que se repetem, implicando que um pixel introduz pouca informação, relativamente aos seus vizinhos, porque o valor do pixel pode ser previsto a partir do valor dos vizinhos

Exemplo



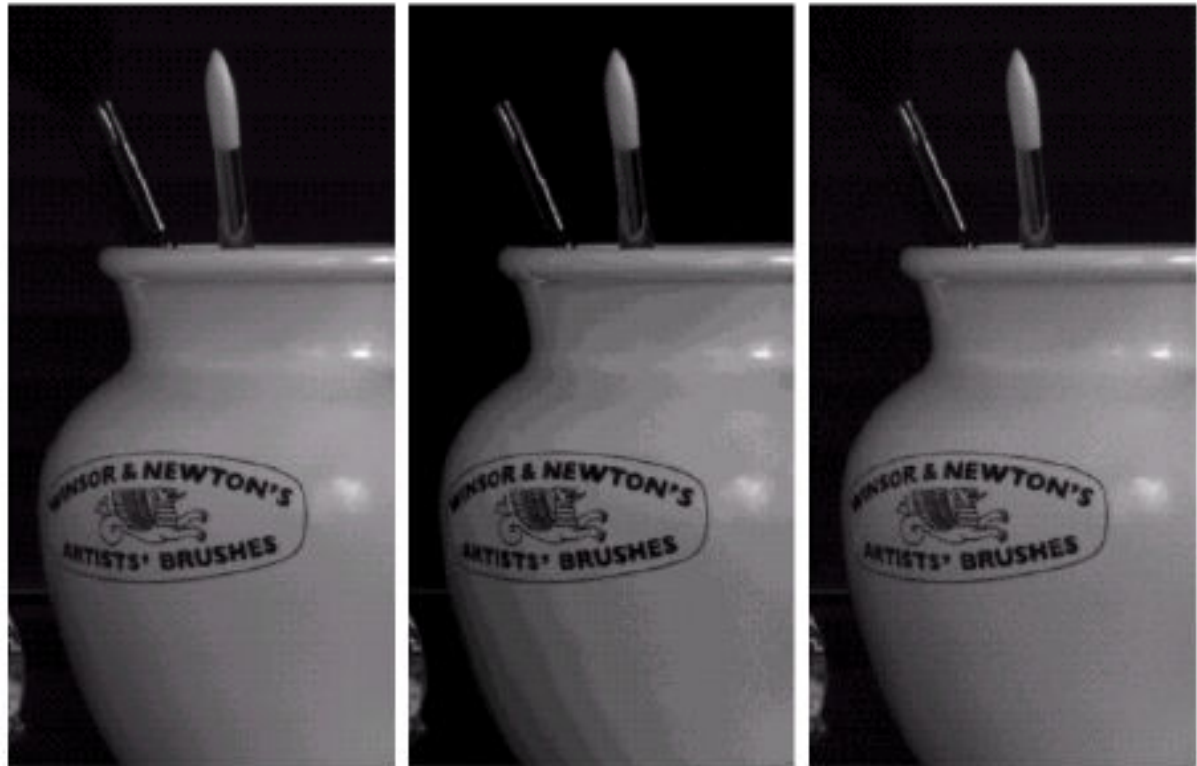
- Linha 100: (1,63) (0,87) (1,37) (0,5) (1,4)
(0, 556) (1,62) (0,210)
- $R_D = 0.62$

Redundância psicovisual

- Existe certa informação nas imagens que é relativamente menos importante que outra para os sistemas de visão;
- A informação relativamente menos importante pode ser removida da imagem sem que exista uma degradação significativa da qualidade visível da imagem;
- Ao contrário dos dois tipos de redundância anteriores, este tipo não é facilmente quantificável, sendo um critério subjetivo.

Exemplo

- Redução do número de bits por pixel (de 8 para 4)



Critérios de fidelidade

- Uma forma de quantificação da natureza e extensão de perda de informação
- Duas classes:
 - Critérios de fidelidade objetivos
 - Critérios de fidelidade subjetivos

Critérios de fidelidade objetivos

- Para qualquer valor de x e y , o erro pode ser definido como:

$$e(x, y) = \hat{f}(x, y) - f(x, y)$$

- O **erro total** é:

$$\sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} [\hat{f}(x, y) - f(x, y)]$$

Critérios de fidelidade objetivos

- O erro ***raiz média quadrática*** é a raiz quadrada da média sobre a matriz MxN dos erros ao quadrado, ou seja,

$$e_{rms} = \left[\frac{1}{MN} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} [\hat{f}(x, y) - f(x, y)]^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

- ***Razão sinal-ruído média quadrática:***

$$SNR_{rms} = \frac{\sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} \hat{f}(x, y)^2}{\sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} [\hat{f}(x, y) - f(x, y)]^2}$$

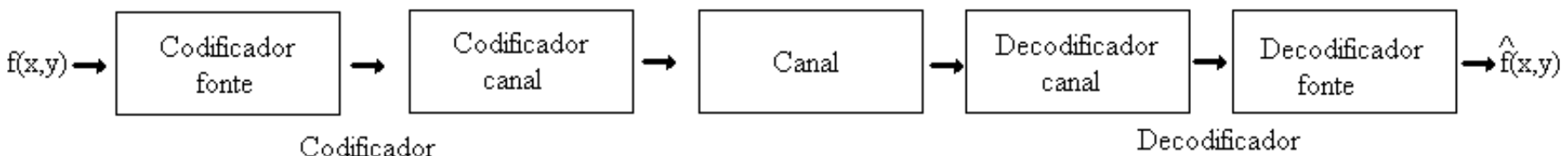
- O ***rms da razão sinal-ruído*** é obtida pela raiz quadrada da equação anterior.

Critérios de fidelidade subjetivas

- A medida da qualidade da imagem é realizada por meio de avaliações subjetivas de um observador humano.

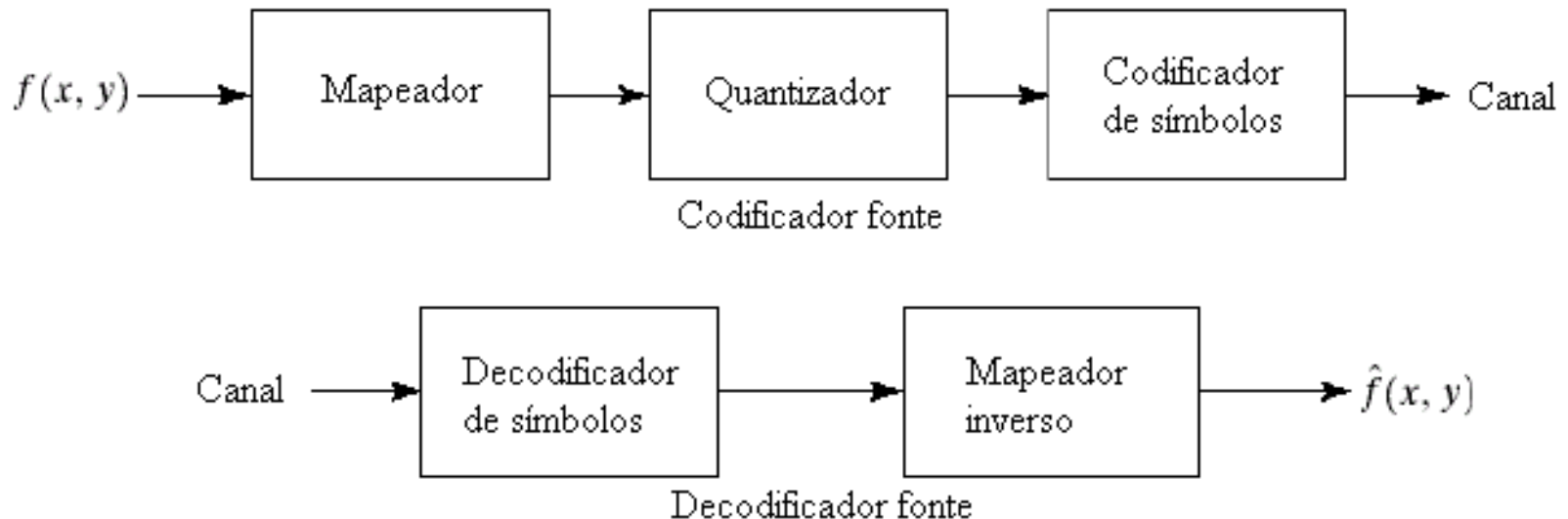
Modelos de compressão de imagens

- Um sistema de compressão consiste de um *codificador* e um *decodificador*
- Codificador:
 - codificador fonte
 - codificador canal
- Decodificador:
 - decodificador canal
 - decodificador fonte



Codificador e decodificador fonte

- Responsável pela redução ou eliminação de redundância
- Uma abordagem através de três operações:



Codificador e decodificador canal

- Papel importante no processo de codificação-decodificação
- Técnica Código de Hamming

Código de Hamming

- Exemplo:
 - A palavra código de Hamming de 7 bits $h_1 \dots h_5 h_6 h_7$ associada com um número binário de 4 bits $b_3 b_2 b_1 b_0$ é

$$h_1 = b_3 \oplus b_2 \oplus b_0$$

$$h_2 = b_3 \oplus b_1 \oplus b_0$$

$$h_4 = b_2 \oplus b_1 \oplus b_0$$

$$h_3 = b_3$$

$$h_5 = b_2$$

$$h_6 = b_1$$

$$h_7 = b_0$$

Código de Hamming

- Um erro de único bit é indicado por uma palavra de paridade diferente de zero $c_4c_2c_1$, em que

$$c_1 = h_1 \oplus h_3 \oplus h_5 \oplus h_7$$

$$c_2 = h_2 \oplus h_3 \oplus h_6 \oplus h_7$$

$$c_4 = h_4 \oplus h_5 \oplus h_6 \oplus h_7$$

- Se um valor diferente de zero for encontrado, o decodificador complementa a posição de bit da palavra código indicada pela palavra de paridade.

Código de Hamming

- Exemplo

Código: 0110

Codificação

$$h_1 = b_3 \oplus b_2 \oplus b_0 = 0 \oplus 1 \oplus 0 = 1$$

$$h_2 = b_3 \oplus b_1 \oplus b_0 = 0 \oplus 1 \oplus 0 = 1$$

$$h_4 = b_2 \oplus b_1 \oplus b_0 = 1 \oplus 1 \oplus 0 = 0$$

$$h_3 = b_3 = 0$$

$$h_5 = b_2 = 1$$

$$h_6 = b_1 = 1$$

$$h_7 = b_0 = 0$$

Decodificação

$$c_1 = h_1 \oplus h_3 \oplus h_5 \oplus h_7 = 1 \oplus 0 \oplus 1 \oplus 0 = 0$$

$$c_2 = h_2 \oplus h_3 \oplus h_6 \oplus h_7 = 1 \oplus 0 \oplus 1 \oplus 0 = 0$$

$$c_4 = h_4 \oplus h_5 \oplus h_6 \oplus h_7 = 0 \oplus 1 \oplus 1 \oplus 0 = 0$$

Referência

- GONZALEZ, R. C., WOODS, R. E. **Processamento de Imagens digitais.** São Paulo: Editora Edgard Blücher LTDA, 2000.