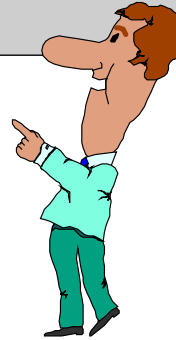


# Fundamentos de Sistema Multimídia

PUC -Rio  
Departamento de Informática

Luiz Fernando Gomes Soares  
lfgs@inf.puc-rio.br



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Mídia

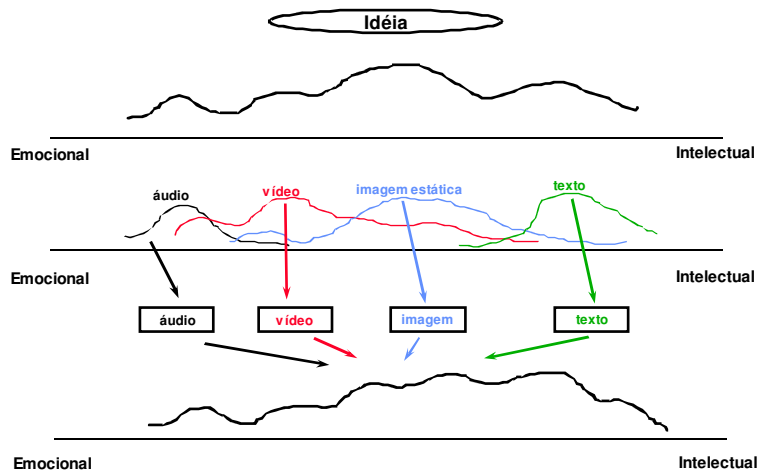
- Mídia de Percepção
- Mídia de Apresentação
- **Mídia de Representação**
  - Texto
  - Imagem Gráfica Vetorial
  - Áudio
  - Imagem Estática (matricial)
  - Vídeo
- Mídia de Armazenamento
- Mídia de Transmissão



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Espectro de Representação da Idéia



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Sistema Multimídia

Phillip Robinson

- “Se um computador está exibindo um gráfico, ou formatando uma página, ou tocando uma música, ou mesmo exibindo um modelo tridimensional, **isto não é multimídia**”.
- “Se um computador estiver exibindo um gráfico em uma janela, fazendo a rotação de um modelo tridimensional em outra janela, enquanto exibe uma voz, **você está na fronteira de um sistema multimídia**.”
- “Se o computador, no entanto, estiver exibindo uma voz, enquanto anima um gráfico e superpondo o resultado em uma imagem de vídeo pré-armazenada, **isto sim é multimídia**.”



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Aplicações Multimídia

- ➔ Exigem codificação, armazenamento e manipulação de *objetos não convencionais*.
- ➔ Manipulam **objetos longos**.
- ➔ Exigem **transferência contínua** de dados e **altas taxas**.
- ➔ Exigem **acesso sincronizado** aos dados.



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Tamanhos Típicos de Objetos

Objeto	Tamanho (bits)	
Tela de texto VT100 ASCII	80 c/l x 24 l x 8 b/c	16 K
Texto ASCII papel carta (courier)	66 c/l x 55 l x 8 b/c	29 K
Papel carta scanned (b/w)	8,5in x 11in x 300ppi x 8b/p	67 M
Papel carta scanned (cores)	8,5in x 11in x 300ppi x24b/p	200 M
Imagem multispectral geográfica (scanned)	3.548 x 2.983 x 6 b/p	64 M
<b>Imagem cartográfica (scanned)</b>	<b>9.000 x 9.000 x 8 b/p</b>	<b>648 M</b>
Return-Beam Vidicon	5.322 x 5.322 x 6 b/p	170M
Raio X digital do peito	1.024 x 1.024 x12 b/p	13M
Tumografia computadorizada	512 x 512 x 14 b/p	3,7 M
Medicina nuclear	256 x 256 x 16 b/p	1 M
Ressonância magnética nuclear	512 x 512 x 16 b/p	4,2 M
Ultrassonografia	512 x 512 x 8 b/p	2,1 M



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Tamanhos Típicos de Objetos

Objeto	Tamanho (bits)	
Imagem média resolução (b/w)	512 x 400 x 8 b/p	1,6 M
Imagem média resolução (cores)	512 x 400 x 24 b/p	4,9 M
Imagem alta resolução (cores)	1024 x 1024 x 24b/p	25 M
Imagem JPEG (qualidade moderada)	512 x 400 x 0,25 b/p	51,2 K
Imagem JPEG (qualidade boa)	512 x 400 x 0,75 b/p	153,6 K
Imagem JPEG (qualidade muito boa)	512 x 400 x 1,5 b/p	307,2 K
Imagem JPEG (qualidade excelente)	512 x 400 x 2,0 b/p	409,6 K
Imagem JPEG alta resolução (qualidade moderada)	1024 x 1024 x 0,25 b/p	262,1 K
Imagem JPEG alta resolução (qualidade excelente)	1024 x 1024 x 2,0 b/p	2 M



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Tamanhos Típicos de Objetos

Objetos	Tamanho (bps)	
Áudio PCM qualidade telefônica / G-711 ITU	8.000 x 8 b/amostra	64 K
Áudio ADPCM qualidade telefônica / G-721 ITU	8.000 x 4 b/amostra	32 K
Áudio ITU G-722 / SBC seguido de ADPCM	7.000 x 6 b/amostra na bi 7.000 x 2 b/amostra na bs	64 K
Áudio Estereo qualidade CD	44.100 x 16 b/amostra	1,4 M
Voz codificada LPC		2,4 K
MPEG - Áudio	32K; 44,1K; 48K a/s 16 bits/a	64K, 96K, 128K, 192K
Vídeo NTSC (b/w)	720 x 486 x 8 x 30 q/s	84 M
Vídeo NTSC (cores)	720 x 486 x 24 x 30 q/s	252 M
Vídeo NTSC (cores)	720 x 486 x 8 x 30q/s 360 x 486 x 4 x 30 q/s x 2	168 M



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Tamanhos Típicos de Objetos

Objetos	Tamanho (bps)	
Vídeo MPEG-1	352 x 240 x 30 q/s	1,2M
Vídeo MPEG-2		3M<t<10M
Vídeo DVI	256 x 240 x 30 q/s	1,2 M
Videofone	180 x 144 x 7,5 q/s	2,3 M
	90 x 72 x 7,5 q/s x 2	
Videofone	H.261, p=1	64 k
Videofone	H.261, p=2	128 K
Video-conferência	360 x 288 x 30 q/s	46,6 M
	180 x 144 x 30 q/s x 2	
Video-conferência	H.261, p=6	384 K
Video-conferência	H.261, p=30	1,92 M
HDTV	1920x 1080 x 30q/s	1,5 G
TV 4K	3840x 2160 x 60q/s	12 G



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Sistemas Hipermídia



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Tratamento de Documentos

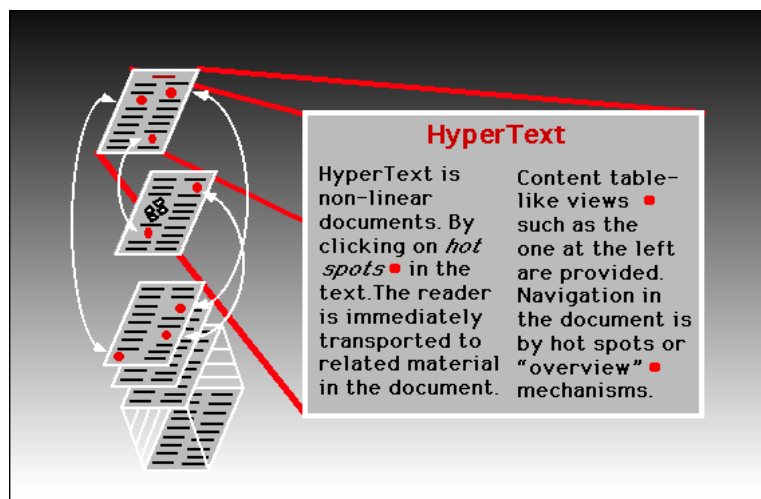
Hipertexto é uma ferramenta para construção e uso de estruturas associativas.

- ➔ **Documento:** "qualquer base de conhecimento, fixada materialmente e disposta de maneira que se possa utilizar para consulta, estudo, prova, etc." [Aurélio].
- ➔ **Hiperdocumento:** documento cuja base de conhecimento é relacionada através do uso de um hipertexto.



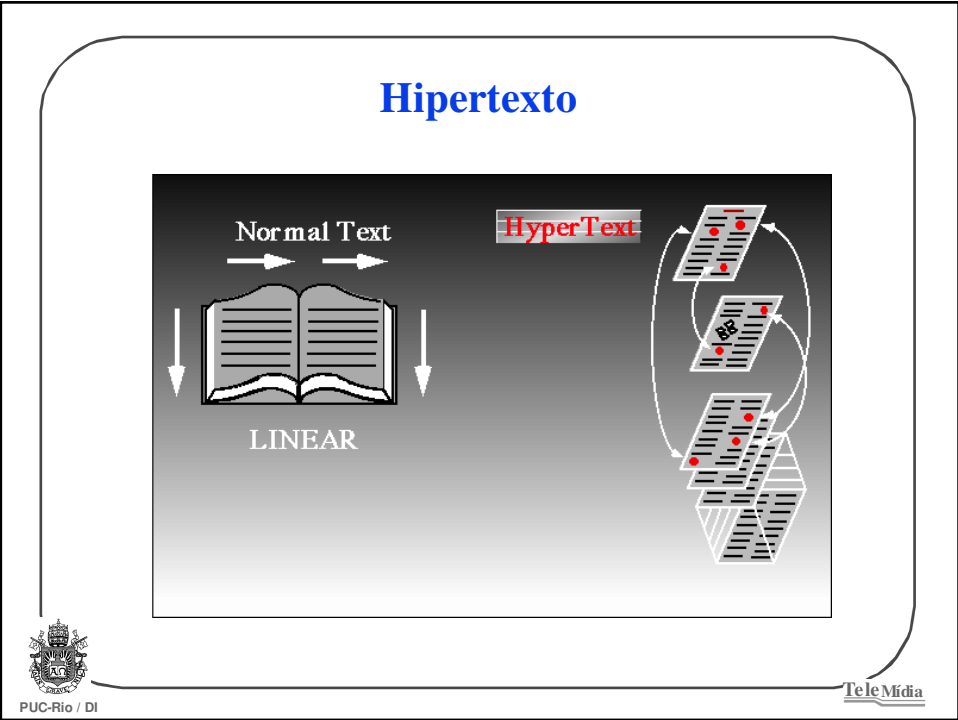
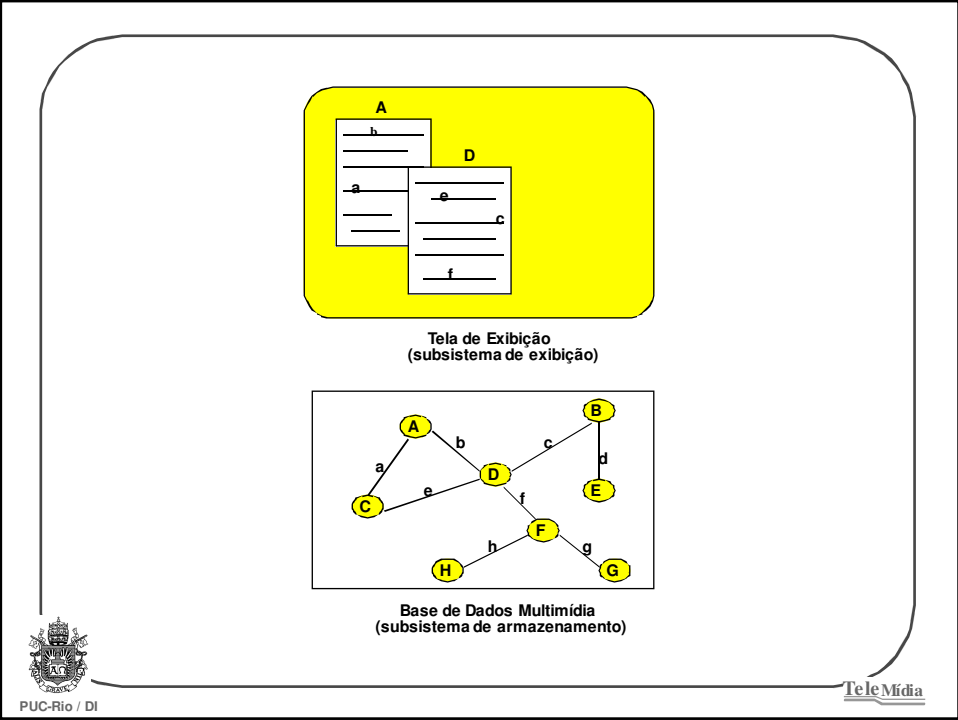
PUC-Rio / DI

TeleMídia

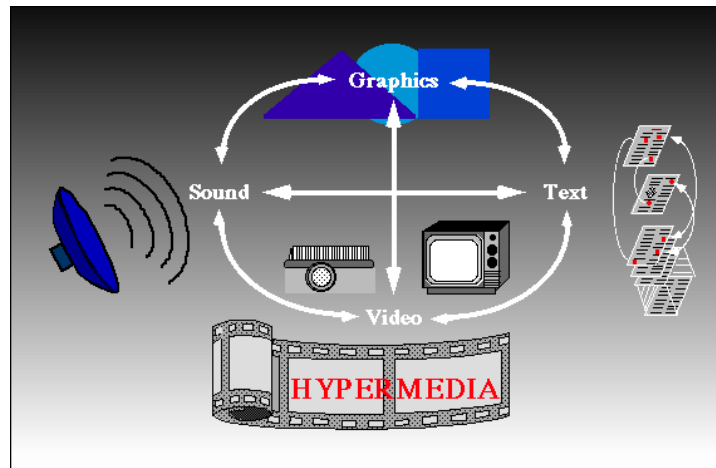


PUC-Rio / DI

TeleMídia



## Hipermídia



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Modelo Conceitual

- ➔ Um modelo conceitual deve representar os conceitos estruturais dos dados, os eventos e os relacionamentos entre os dados, assim como definir regras de estruturação e operações sobre os dados para manipulação e atualização das estruturas.
- ➔ Os aspectos de exibição dos dados, igualmente importantes, definem o que chamamos de modelo de apresentação.



PUC-Rio / DI

TeleMídia



## Modelo Conceitual



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Aquisição de Sinais Monomídia



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Mídias Discretas



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Texto

- ▶ Inicialmente os computadores estavam restritos ao processamento e comunicação de dois tipos de dados — palavras e números.
- ▶ Códigos para números (binários, BCD, ponto flutuante IEEE etc.) estão hoje padronizados e estabilizados.
- ▶ Códigos para caracteres alfanuméricos (ASCII, EBCDIC etc.) são também amplamente aceitos.
- ▶ Enfim, a mídia textual é hoje razoavelmente bem entendida como codificação digital.



PUC-Rio / DI

TeleMídia

# Mídia Gráfica



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Formato de Dados Gráficos

### ➔ Formato Vetorial

- A informação é representada por um conjunto de segmentos de reta e curvas, descritos pelas coordenadas de seus pontos iniciais e finais.
- É utilizada em geral para descrever a estrutura geométrica dos objetos gráficos.

### ➔ Formato Matricial

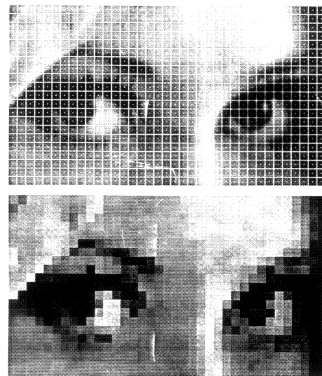
- A informação é representada por uma matriz  $(M,N)$ , onde cada elemento é uma estrutura de dados associada à cor e outros componentes da imagem.
- É frequentemente associado à imagem digitalizada.



PUC-Rio / DI

TeleMídia

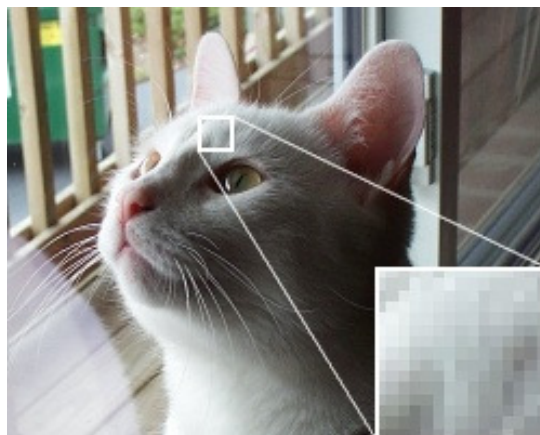
## Digitalização de Imagens



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Amostragem



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Quantização (exemplo: 3 Bit)

111	111	011	011	011	011	111	111
111	011	111	111	111	111	011	111
000	111	001	111	111	001	111	000
010	111	111	111	111	111	111	010
000	111	100	111	111	100	111	000
000	111	111	100	100	111	111	000
111	000	111	111	111	111	000	111
111	111	000	000	000	000	111	111



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Estrutura da Imagem

- ➔ **Resolução geométrica** : dimensão da matriz de pixels.
- ➔ **Resolução de Cor** : número de bits por pixel.



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Colorida (24 bits de cor)



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Colorida (8 bits de cor -LUT)



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Conversão entre Formatos

➔ Vetorial → Matricial : rasterização

➔ Matricial → Vetorial : (área de reconhecimento de padrões)

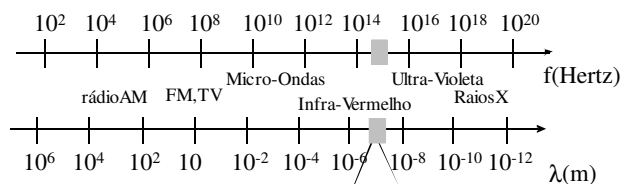


PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Luz e Cor

### Onda eletro-magnética



**VISÍVEL**

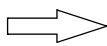
vermelho ( $4.3 \times 10^{14}$  hz), laranja, amarelo,...., verde, azul, violeta ( $7.5 \times 10^{14}$  hz)



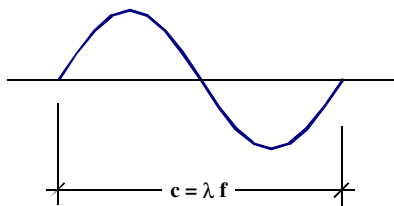
PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Comprimento de Onda



$c = \text{Velocidade da Luz} \cong 3.0 \times 10^8 \text{ m/s}$



$$\lambda = c/f$$

Cor	$\lambda$
Violeta	380-440 $\text{m}\mu$
Azul	440-490 $\text{m}\mu$
Verde	490-565 $\text{m}\mu$
Amarelo	565-590 $\text{m}\mu$
Laranja	590-630 $\text{m}\mu$
Vermelho	630-780 $\text{m}\mu$

$1 \text{ m}\mu = 10^{-9} \text{ m}$

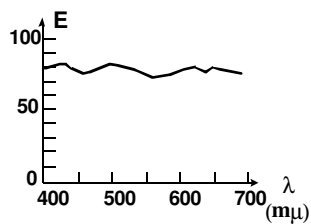


PUC-Rio / DI

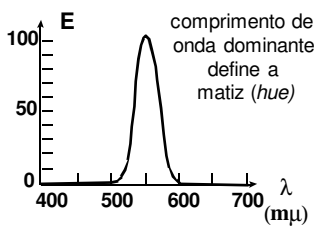
TeleMídia

## Fontes Luminosas

*fonte luminosa branca*



*fonte luminosa colorida*

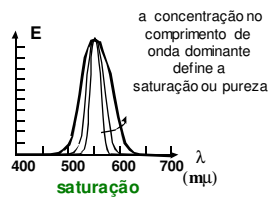
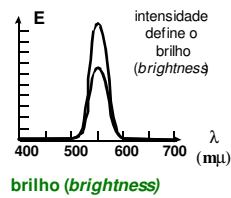
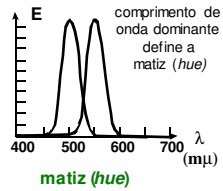


PUC-Rio / DI

TeleMídia



## Fontes Luminosas



cores pastéis são menos saturadas ou menos puras

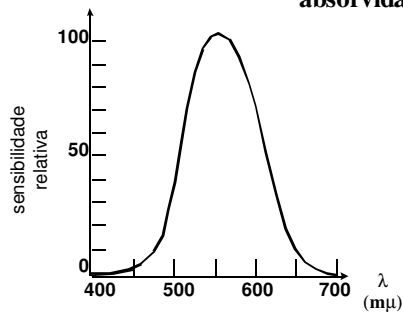


PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Luminosidade

Fração da luz absorvida pelo olho



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Luminância

➔ Define-se luminância como:

$$L = K_m \sum C(\lambda_i) V(\lambda_i) (\lambda_i - \lambda_{i-1})$$

- $C(\lambda_i)$ : energia da componente  $\lambda_i$
- $V(\lambda_i)$ : sensibilidade do olho à componente  $\lambda_i$
- $K_m$ : constante que depende da fonte de luz

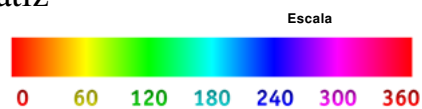


PUC-Rio / DI

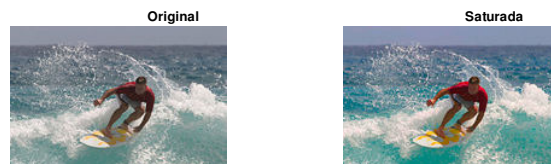
TeleMídia

## Percepção da Cor

➔ Matiz



➔ Saturação



➔ Luminância



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Cor

- O olho humano é sensível a ondas eletromagnéticas com comprimento de onda variando de 380 a 720nm.
- A sensibilidade do olho humano varia dentro da faixa visível do espectro.
- A função que mede esta variação de sensibilidade é chamada função de luminosidade.
- A cada distribuição espectral o olho humano associa uma sensação de cor.
- Várias distribuições espectrais diferentes podem levar a mesma sensação.
- Na prática as cores são formadas por um conjunto discreto de pontos na distribuição espectral.



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Tri-stimulus Theory

- Cones e bastonetes: responsáveis pela sensação de brilho e cor
- A luz estimula cada conjunto de cones diferentemente, e produz a **sensação de cor**



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Sistema Visual Humano

### Cones

- ▶ Contém photo-pigmento
- ▶ Responde à alta energia
- ▶ Aumenta percepção
- ▶ Concentrado na fovea, existe esparsamente na retina
- ▶ Três tipos, sensíveis a comprimento de ondas diferentes

### Bastonetes

- ▶ Contém photo-pigmento
- ▶ Responde à baixa energia
- ▶ Aumenta a sensibilidade
- ▶ Concentrado na retina, mas fora da fovea
- ▶ Um tipo, sensível à luminosidade



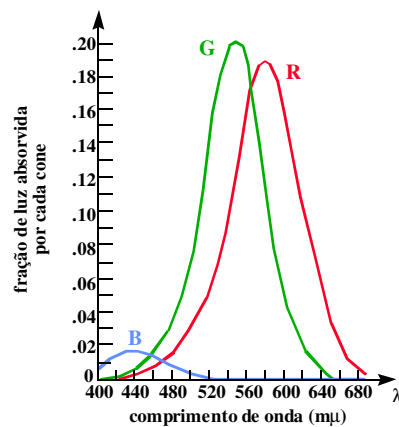
PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Espaço de Cor do Olho Humano



Olho humano: Cones (RGB) e Bastonetes



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Cor

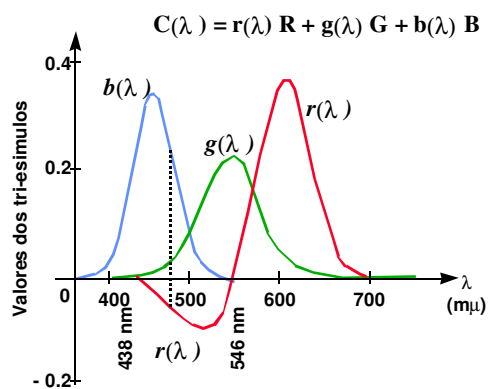
- ➔ Do ponto de vista perceptual, uma cor pode ser obtida pela combinação de três cores básicas.
- ➔ As cores primárias básicas aditivas de acordo com a percepção do cone visual humano é o **vermelho**, **verde** e **azul**.



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Componentes da Cores Monocromáticas CIE - RGB



Combinação de três cores (RGB) para reproduzir as cores espectrais



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Base CIE - XYZ

$$C(\lambda) = r(\lambda) R + g(\lambda) G + b(\lambda) B$$

Escolhendo-se XYZ tal que:

$$\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2.36470 & -0.51515 & 0.00520 \\ -0.89665 & 0.14264 & -0.01441 \\ -0.46808 & 0.08874 & 1.00921 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}$$

tem-se

$$C(\lambda) = X(\lambda) X + Y(\lambda) Y + Z(\lambda) Z$$

onde

$$\begin{aligned} X(\lambda) &= 2.36470r(\lambda) - 0.89665g(\lambda) - 0.46808b(\lambda) \\ Y(\lambda) &= -0.51515r(\lambda) + 0.14264g(\lambda) + 0.08874b(\lambda) \\ Z(\lambda) &= 0.00520r(\lambda) - 0.01441g(\lambda) + 1.00921b(\lambda) \end{aligned}$$

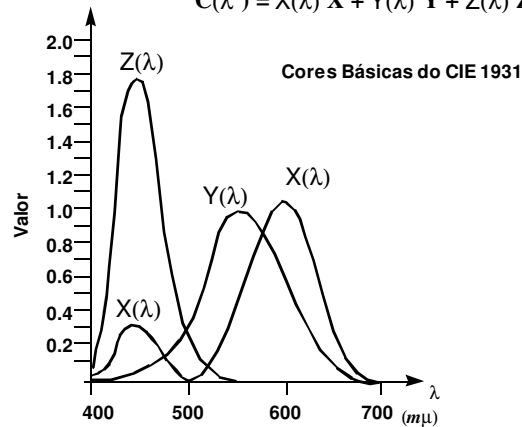


PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Componentes das Cores Monocromáticas CIE - XYZ

$$C(\lambda) = X(\lambda) X + Y(\lambda) Y + Z(\lambda) Z$$



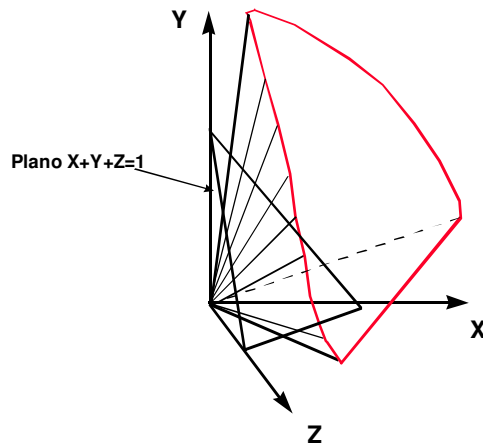
Nota: *Y foi escolhida de forma a  $Y(\lambda)$  ser semelhante à curva de sensibilidade do olho (luminância)*



PUC-Rio / DI

TeleMídia

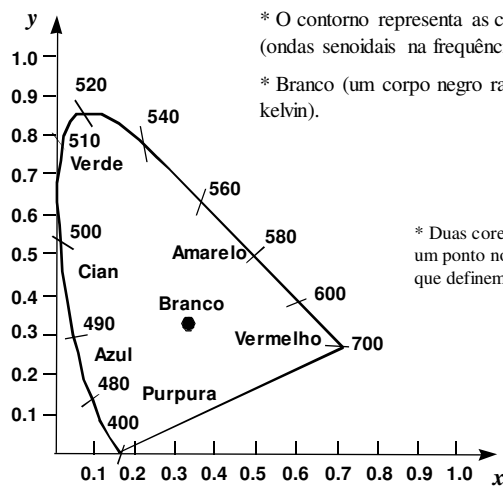
## Cores Visíveis Representadas no Sistema CIE - XYZ



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Cores Visíveis Representadas no Sistema CIE - xyZ



\* O contorno representa as cores puras (ondas senoidais na frequência apropriada).  
 \* Branco (um corpo negro radiando a 6447 kelvin).

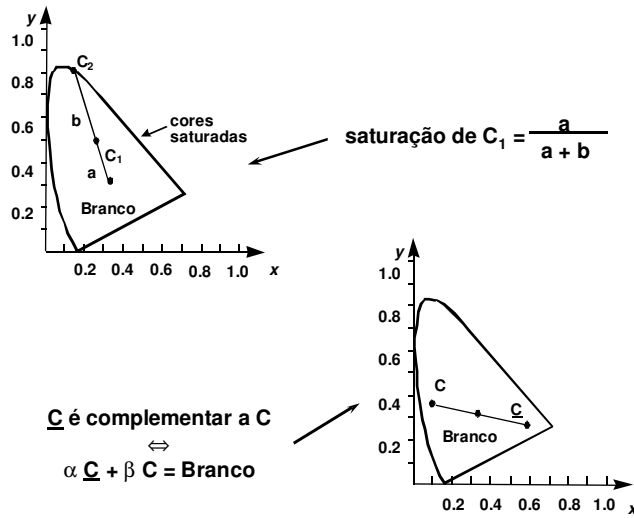
\* Duas cores somadas produzem um ponto no segmento de reta que definem.



PUC-Rio / DI

TeleMídia

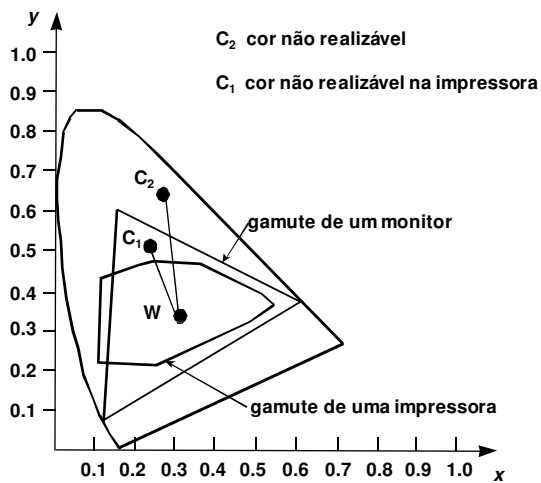
## Saturação e Cor Complementar no Diagrama de Cromaticidade xy



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Gamute de Cromaticidade de Dispositivos

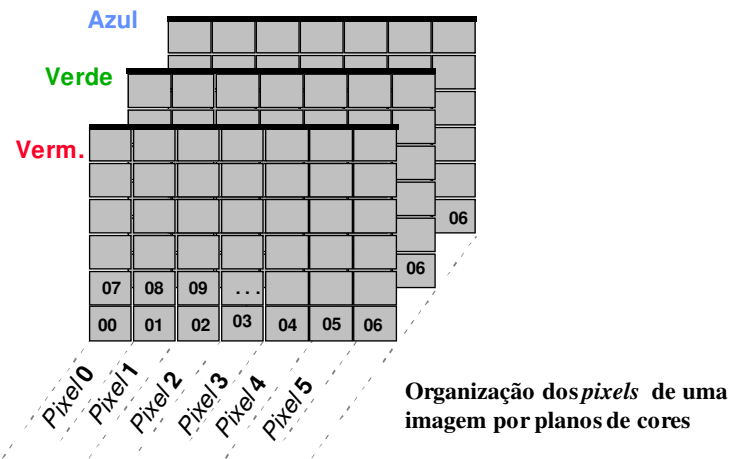


PUC-Rio / DI

TeleMídia



## Plano de Cores



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Cor

➔ Chamamos de sistema de cor **RGB**, ao sistema de cores formado a partir da adição destas componentes primárias.

➔ Sistemas **YUV** (PAL):

$$Y = 0,299R + 0,587G + 0,114B$$

$$V = R - Y$$

$$U = B - Y$$

➔ Sistemas **Y<sub>r</sub>C<sub>r</sub>C<sub>b</sub>** (JPEG, MPEG):

$$C_r = ((R - Y) / 1.6) + 0.5$$

$$C_b = ((B - Y) / 2) + 0.5$$

➔ Sistemas **YIQ** (NTSC):

$$I = 0.74(R - Y) - 0.27(B - Y) = 0.596R - 0.275G - 0.321B$$

$$Q = 0.48(R - Y) + 0.41(B - Y) = 0.212R - 0.523G + 0.311B$$



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Sistemas Complementares

- ▶ Sistemas Complementares **CMY** (cyan, magenta e amarelo)
  - Usados como aproximação nos processos subtrativos de cor: impressoras
- ▶ Alternativa: modelo **CMYK** (K é o preto) - produz o preto sem mixar o CMY.



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Cor

- ▶ O olho humano é mais sensível à luminância.
- ▶ Compressão por resolução geométrica pode ser feita nos componentes de crominância.



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Mídias Contínuas



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Mídias Discretas e Contínuas

- ➔ Informações na mídia textual e gráfica são originalmente digitais. Por isso, muitas vezes essas mídias são referidas como *mídias discretas*.
- ➔ Informações geradas por fontes sonoras e de vídeo apresentam variações contínuas de amplitude, constituindo-se no tipo de informação que comumente são percebidos pelos sentidos humanos através de sinais que denominamos analógicos. Devido a isso, as mídias de vídeo e áudio são usualmente referidas como *mídias contínuas*.



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Transformada de Fourier

- ➔ Ainda no século XIX, um matemático francês chamado Jean Fourier provou que qualquer sinal periódico, expresso como uma função do tempo  $g(t)$ , com período  $T_0$ , pode ser considerado como uma soma (possivelmente infinita) de senos e cossenos de diversas frequências.



PUC-Rio / DI

TeleMídia

$$g(t) = \frac{1}{2}a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \text{sen}(2\pi nft) + \sum_{n=1}^{\infty} b_n \text{cos}(2\pi nft)$$

ou

$$g(t) = \frac{c_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} c_n \text{cos}(2\pi nft + \theta_n)$$



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## RESUMINDO

- ➔ Todo e qualquer sinal pode ser decomposto através de uma soma (finita ou infinita) de ondas cossenoidais.
- ➔ Representar um sinal no domínio do tempo é representar o valor da amplitude do sinal para cada instante do tempo
- ➔ Representar um sinal no domínio da frequência é representar a amplitude de cada onda cossenoidal que compõe o sinal, ou seja, representar o seu espectro de frequência.



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Banda Passante

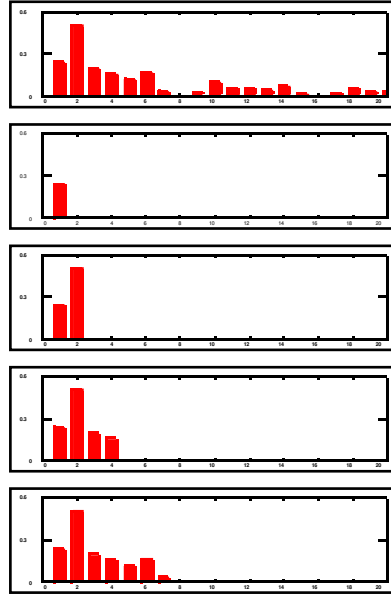
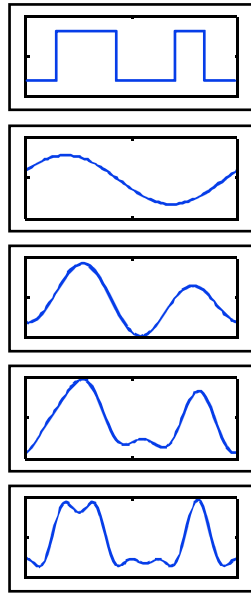
- ➔ Denomina-se *banda passante de um sinal* o intervalo de frequências que compõem este sinal.
- ➔ A *largura de banda* desse sinal é o tamanho de sua banda passante (ou seja, a diferença entre a maior e a menor frequência que compõem o sinal).



PUC-Rio / DI

TeleMídia

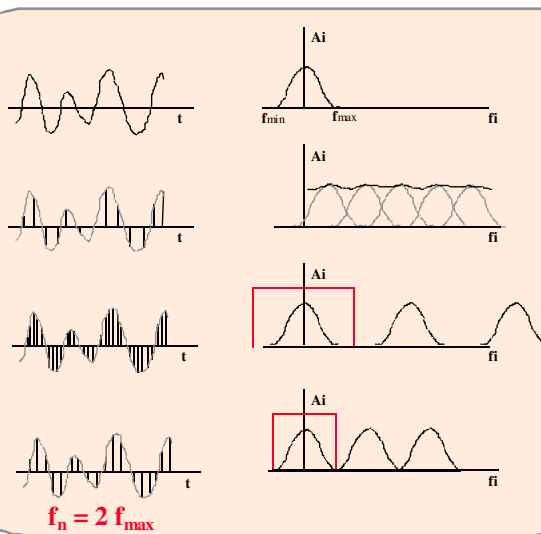
# Harmônicos



PUC-Rio / DI

TeleMídia

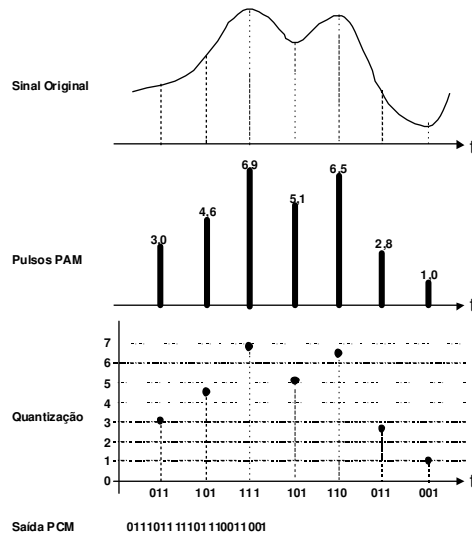
## Dados Contínuos: Teorema de Nyquist



PUC-Rio / DI

TeleMídia

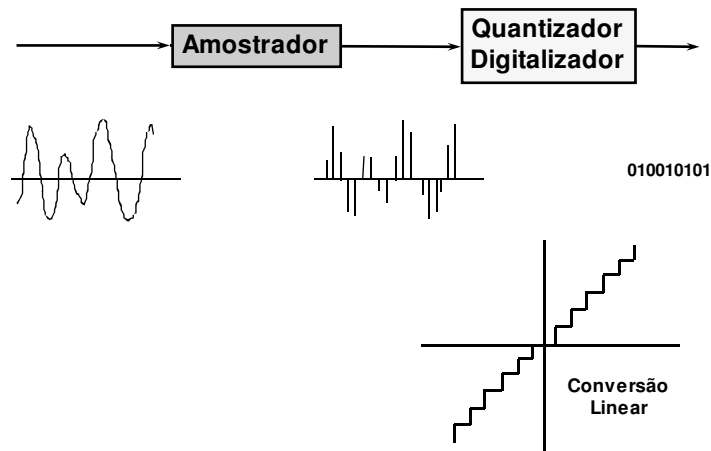
## PAM e PCM



PUC-Rio / DI

TeleMídia

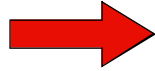
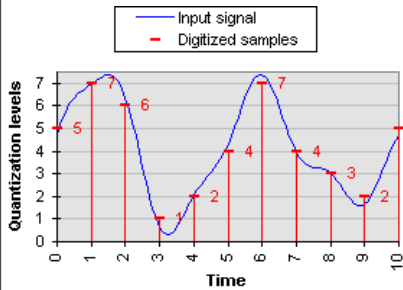
## Conversão Analógica Digital



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## PCM - Digitalização de Sinais



*Codificando cada nível com 3 bits:*

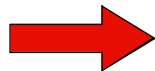
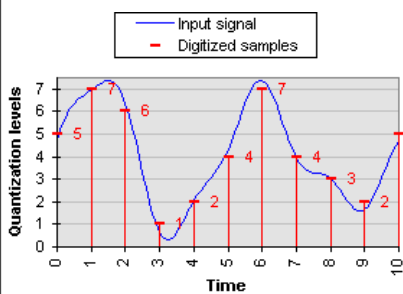
*101 111 110 011 010 100 111 100 ...*



PUC-Rio / DI

TeleMídia

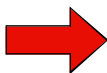
## PCM - Digitalização de Sinais



*Codificando cada nível com 3 bits:*

*101 111 110 011 010 100 111 100 ...*

*Na recepção...*

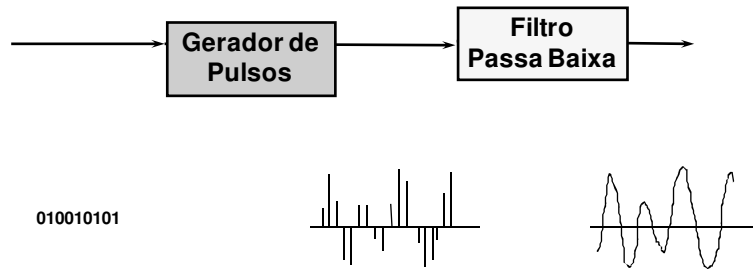


PUC-Rio / DI

TeleMídia



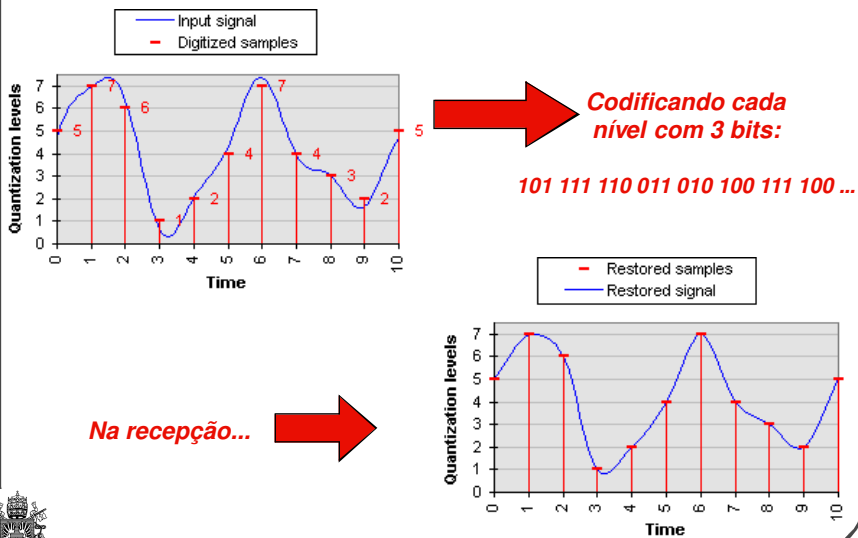
## Conversão Digital Analógica



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## PCM - Digitalização de Sinais



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Entendendo dB

- ➔ Um decibel corresponde a um décimo do Bel, nome dado em homenagem a Alexander Graham Bell.

$$N_{dB} = 10 \log_{10} \left( \frac{P}{P_0} \right)$$

- ➔ 1 dB: menor mudança audível no nível de pressão do som, nas condições mais favoráveis de audição.



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Entendendo dB

- ➔ Para descrever um valor absoluto, o ponto de referência deve ser conhecido. Existem vários pontos de referência definidos.

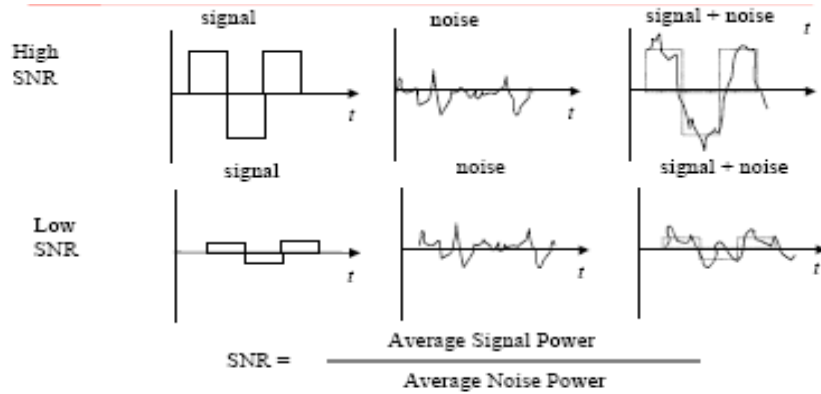
- **dBV** representa o nível comparado 1 Volt RMS. 0dBV = 1V
- **dBm** representa o nível de potência comparado to 1 mWatt.
- **dBFS** - representa o nível relativo ao domínio de valores digitais (full-scale)
- **dB SPL** - Uma medida do nível de pressão do som.



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Relação Sinal-Ruído



$$SNR \text{ (dB)} = 10 \log_{10} SNR$$



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## SNR

➔ Usualmente medida em dB

$$SNR = 10 \log \frac{V_{\text{signal}}^2}{V_{\text{noise}}^2} = 20 \log \frac{V_{\text{signal}}}{V_{\text{noise}}}$$

## SQNR máximo

$$SQNR = 20 \log \frac{V_{\text{signal}}}{V_{\text{quant-noise}}} = 20 \log \frac{2^{N-1}}{\frac{1}{2}} = N \times 20 \log 2 = 6.02N \text{ (dB)}$$

Onde N é o número de bits por amostra



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Codificação PCM Compansão do Sinal

➔ Lei A (Europa)

$$y(x) = \begin{cases} \frac{1 + \ln Ax}{1 + \ln A} & \frac{1}{A} < x < 1 \\ \frac{Ax}{1 + \ln A} & 0 < x < \frac{1}{A} \end{cases}$$

$A = 100$

➔ Lei  $\mu$

$$y(x) = \frac{\ln(1 + \mu x)}{\ln(1 + \mu)} \quad 0 < x < 1$$

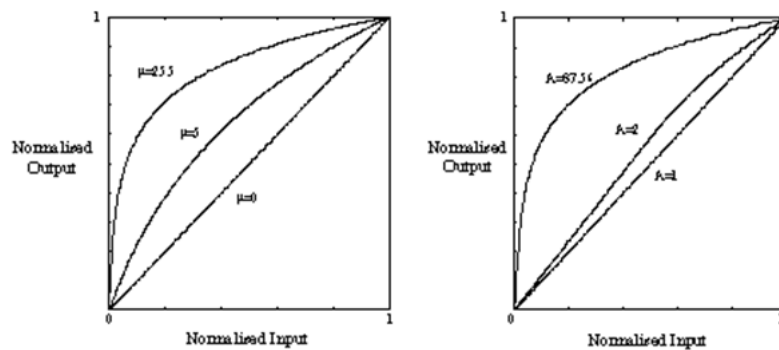
$\mu = 255$



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Compansão



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Codificação de Sinais

### ➔ Sinal de **Áudio**

- Telefonia

Faixa passante	300 - 3400 Hz		
Frequência de amostragem	8 KHz		
Log PCM	8 bits/amostra	64 Kbps	
- Qualidade CD

Faixa passante	0 - 21 KHz		
Frequência de amostragem	44,1 KHz		
Log PCM	16 bits/amostra	705,6 Kbps	
	Estéreo	1,411Mbps	

### ➔ Sinal de **Vídeo**

- NTSC (luminância)

Faixa passante	0 - 4,2 MHz		
Frequência de amostragem	10 MHz		
Log PCM	8 bits/amostra	80 Mbps	



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Estruturas de Dados

### ➔ Texto: cadeias de caracteres alfanuméricos

- **Sequência de amostras**, onde cada amostra representa um caracter, uma palavra, etc.

### ➔ Imagem vetorial: cadeias de pontos terminais de curvas ou retas.

- **Sequência de amostras**, onde cada amostra representa um ponto terminal.

### ➔ Imagem estática:

- **Sequência de amostras**, onde cada amostra representa um pixel no espaço geométrico.

### ➔ Mídias contínuas

- **Sequência de amostras**, onde cada amostra representa um valor no tempo.



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Aplicações em Banda Larga



PUC-Rio / DI

TeleMídia

### “Broadband”

- ➔ ITU-T define “*broadband*” como um serviço ou sistema que requer canais de transmissão capazes de suportar taxas maiores que aquelas do acesso primário (T1 = 1,544 Mbps, E1 = 2,048 Mbps).
  
- ➔ ITU-T classifica as aplicações em banda larga em quatro categorias:
  - Serviços Conversacionais.
  - Serviços de Recuperação.
  - Serviços de Mensagem.
  - Serviços de Distribuição:
    - com controle de apresentação pelo usuário
    - sem controle de apresentação pelo usuário



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Serviços Conversacionais

**Provê os meios para transferência de informação fim a fim em tempo real.**

- **Vídeo telefonia** provê comunicação pessoa-a-pessoa para transferência de áudio, vídeo, imagem estática e texto, de uma forma integrada
- **Vídeo conferência**
- **Transferência de Documentos** inclui facsimile de alta resolução ou documentos compostos de texto, anotação de voz, vídeo, áudio, facsimile, etc.
- **Supercomputação virtual**
- **Teleação**
  - \* Controle de usina hidroelétrica
  - \* Controle de fábricas de montagem robotizadas
  - \* Controle ambiental



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Serviços de Mensagem

Oferecem a comunicação entre usuários via unidades de armazenamento, com funções de *store and forward*, *mailbox* ou manipulação de mensagens. Ao contrário dos serviços conversacionais, estes serviços não são em tempo real.

Tipo de Informação Mensagem	Exemplos de Serviços
• Vídeo e áudio	• Correio de vídeo
• Documento	• Correio de documentos



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Serviços de Recuperação

**Provê a facilidade de recuperação de informação armazenada remotamente.**

- Videotexto é um serviço de recuperação interativa de informação.
- Livrarias eletrônicas.
- Vídeo sob demanda, tanto para propósitos de divertimento, pela substituição de TV a cabo e aluguel de vídeo, tanto para propósitos de educação e treinamento remoto



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Serviços de Distribuição

### ➔ Sem controle do usuário

- Transmissão de áudio e vídeo.
- Distribuição de documentos eletrônicos.
- Distribuição da cotação da bolsa de valores.
- Difusão de televisão.

### ➔ Com controle do usuário

- Substituição de documentos tradicionais (livros, revistas, jornais, etc.)



PUC-Rio / DI

TeleMídia



## Codificação Monomídia



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Estruturas de Dados

- ▶ Texto: cadeias de caracteres alfanuméricos
  - Sequência de amostras, onde cada amostra representa um caracter, uma palavra, etc.
- ▶ Imagem vetorial: cadeias de pontos terminais de curvas ou retas.
  - Sequência de amostras, onde cada amostra representa um ponto terminal.
- ▶ Imagem estática:
  - Sequência de amostras, onde cada amostra representa um pixel no espaço geométrico.
- ▶ Mídias contínuas
  - Sequência de amostras, onde cada amostra representa um valor no tempo.



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Codificação

$a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6, a_7, a_8, \dots a_n$



$b_1, b_2, b_3, b_4, b_5, b_6, b_7, b_8, \dots b_n$



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Decodificação

$a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6, a_7, a_8, \dots a_n$



$b_1, b_2, b_3, b_4, b_5, b_6, b_7, b_8, \dots b_n$



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Compactação e Compressão

- ▶ Quando eliminamos apenas a redundância de um sinal, não há perda de informação e dizemos que fizemos uma *compactação*, ou *compressão sem perdas*.
- ▶ Quando na redução dos dados gerados há perda de informação, dizemos que fizemos uma compressão com perdas, ou simplesmente *compressão*.



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Compactação

$a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6, a_7, a_8, \dots, a_n$



$b_1, b_2, b_3, b_4, b_5, b_6, b_7, b_8, \dots, b_n$



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Compressão

$a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6, a_7, a_8, \dots, a_n$



$b_1, b_2, b_3, b_4, b_5, b_6, b_7, b_8, \dots, b_n$



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Compressão com Perdas

- ➔ A quantidade de informação que podemos perder pode ser dependente do usuário.
- ➔ Pode depender também da tarefa em desenvolvimento:
  - por exemplo, perder um pouco da nitidez de um vídeo em uma videotelefonia pode ser perfeitamente aceitável, enquanto a perda da qualidade do vídeo pode ser inadmissível em uma aplicação médica.



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Codificação

### ➔ Simétrica

- Requer o mesmo tempo de codificação e decodificação
- Usado, usualmente em aplicações ao vivo (teleconferência)

### ➔ Assimétrica

- Realizada uma vez, quando existe tempo disponível
- Descompressão, realizada várias vezes, deve ser rápida
- Usada, usualmente, em serviços de recuperação



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Compactação



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Codificação por Entropia

- ➔ Qual é o número médio mínimo de bits por símbolo?
- ➔ Resposta: **Shannon** – o número ‘médio mínimo teórico de bits por símbolo é conhecido por **Entropia (H)**

$$\sum_{i=1}^n -p(s_i) \log_2 p(s_i)$$



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Exemplo de Entropia

- ➔ Alfabeto = {A, B}
  - $p(A) = 0.4$ ;  $p(B) = 0.6$
- ➔ Entropia (H)
  - $-0.4 \cdot \log_2 0.4 + -0.6 \cdot \log_2 0.6 = .97$  bits

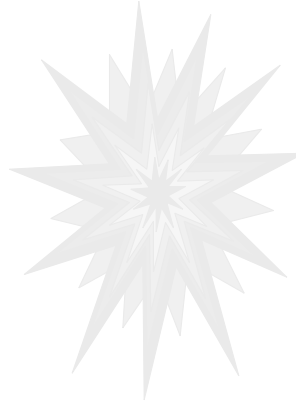


PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Compactação (Codificação por Entropia)

- Codificação por carreira
- Codificação de Shannon-Fano
- Codificação de Huffman
- Codificação de Lempel-Ziv
- Codificação Aritmética
- Codificação por planos de bits



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Codificação Por Carreira (run length coding)

76	76	76	76	76	78	79	79	79	79	80	80
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

76 | 5

78 | 1

79 | 4

80 | 2

Flag especial, p. ex. |

imagem binária

0 0 0 0 0 0 1 1 1 0 0 0 0 0 1 ...

7

4

5



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Exemplo

Símbolo	A	B	C	D	E
Ocorrências	15	7	6	6	5



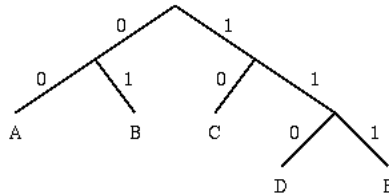
## Algoritmo de Shannon-Fano

- ➔ Alinhe os símbolos de acordo com suas frequências/probabilidades, e.g., ABCDE.
- ➔ Divida recursivamente em duas partes, cada uma com aproximadamente o mesmo número de contagem.





## Algoritmo de Shannon-Fano



Símbolo	Frequência	Código	Subtotal (#bits)
A	15	00	30
B	7	01	14
C	6	10	12
D	6	110	18
E	5	111	15

Total(# de bits) = 89

Compactação = 117 : 89



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Huffman



(D. Huffman)

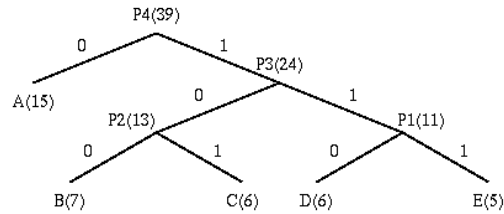
- ➔ Iniciação: Ponha todos os nós em uma lista ABERTA, mantenha ela alinhada todo o tempo (e.g., ABCDE).
- ➔ Repita até que a lista ABERTA contenha apenas um nó:
  - Pegue os dois nós de mais baixas frequências/probabilidades e crie um nó pai para ambos.
  - Atribua ao nó pai a soma das frequências/probabilidades dos filhos e o insira na lista ABERTA.
  - Atribua códigos 0 e 1 aos dois ramos da árvore, e retire os filhos da lista ABERTA.



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Huffman



Symbol	Count	$\log_2(1/p_i)$	Code	Subtotal (# of bits)
A	15	1.38	0	15
B	7	2.48	100	21
C	6	2.70	101	18
D	6	2.70	110	18
E	5	2.96	111	15

Total(# de bits) = 87

Compactação = 117 : 87



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Algoritmo de Lempel - Ziv - Welch

- Processa símbolo a símbolo e vai construindo o dicionário de códigos passo a passo. À medida que o dicionário vai sendo construído, ele pode ser usado na codificação do próximo símbolo, dinamicamente.
- Uma tabela mantém seqüências de símbolos, em conjunto com um identificador único (código) para toda a seqüência.
- A tabela contém até, digamos,  $2^j$  posições (seqüências). Ela é iniciada simplesmente com o conjunto dos  $2^k$  possíveis símbolos, isto é, todas as seqüências de tamanho 1.
- Os melhores desempenhos são conseguidos quando  $k \ll j$ , dependendo, obviamente, do grau de redundância dos dados.



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Algoritmo de Lempel - Ziv - Welch

- ➔ A codificação se inicia definindo a seqüência de símbolos corrente  $S$  como o primeiro símbolo a codificar.
1. Se não existem mais símbolos para codificar, dê como saída o código da seqüência ( $j$  bits) para  $S$ . Em caso contrário,
  2. Pegue o próximo símbolo  $P$  e concatene a  $S$ , obtendo a nova seqüência  $SP$ .
  3. Se  $SP$  já estiver no dicionário, faça  $S = SP$  e volte para o passo 1. Em caso contrário,
  4. Dê como saída o código da seqüência ( $j$  bits) para  $S$ .
  5. Adicione  $SP$  ao dicionário, se ainda houver espaço.
  6. Faça  $S = P$  e volte para o passo 1.



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Algoritmo de Lempel - Ziv - Welch

- ➔ Suponha que as 256 (0 a 255) entradas do dicionário sejam os códigos ASCII
- ➔ Seja a seqüência de entrada:  
 $\wedge W E D \wedge W E \wedge W E E \wedge W E B \wedge W E T$

S	P	Saída	Índex	Símbolo
$\wedge$	W	$\langle \wedge \rangle$	256	$\wedge W$
W	E	$\langle W \rangle$	257	WE
E	D	$\langle E \rangle$	258	ED
D	$\wedge$	$\langle D \rangle$	259	$D \wedge$
$\wedge$	W			
$\wedge W$	E	256	260	$\wedge W E$
E	$\wedge$	$\langle E \rangle$	261	$E \wedge$
$\wedge$	W			
$\wedge W$	E			
$\wedge W E$	E	260	262	$\wedge W E E$
E	$\wedge$			
$E \wedge$	W	261	263	$E \wedge W$
W	E			
WE	B	257	264	WEB
B	$\wedge$	$\langle B \rangle$	265	$B \wedge$
$\wedge$	W			
$\wedge W$	E			
$\wedge W E$	T	260	266	$\wedge W E T$
T	EOF	$\langle T \rangle$		



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Algoritmo de Lempel - Ziv - Welch Descompactação

➔ A decodificação se inicia definindo a sequência de símbolos corrente *S* como a entrada no dicionário correspondente ao primeiro código a decodificar e dando como saída o símbolo *S*.

Se houver mais códigos a decodificar faça:

1. Leia próximo código *X*
2. Se houver a entrada no dicionário (*P*) correspondente a *X*:
  - a) Dê como saída *P*.
  - b) Adicione *S* concatenado ao primeiro símbolo de *P* no dicionário.
3. Se não houver a entrada no dicionário (*P*) correspondente a *X*:
  - a) Dê como saída *S* concatenado ao primeiro símbolo de *S*.
  - b) Faça *P* igual a *S* concatenado ao primeiro símbolo de *S* e adicione ao dicionário.
4. Faça *S* igual a *P* e volte para o passo 1 se houver mais símbolos a decodificar.



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Algoritmo de Lempel - Ziv - Welch Descompactação

➔ Suponha que as 256 (0 a 255) entradas do dicionário sejam os códigos ASCII

➔ Seja a sequência de entrada:

<^><W><E><D><256><E>  
<260><261><257><B><260>  
<T>

S	X	Saída	Índex	Símbolo
^	<^>	^		
W	<W>	W	256	^W
E	<E>	E	257	WE
D	<D>	D	258	ED
^W	<256>	^W	259	D^
E	<E>	E	260	^WE
^WE	<260>	^WE	261	E^
E^	<261>	E^	262	^WEE
WE	<257>	WE	263	E^W
B	<B>	B	264	WEB
^WE	<260>	^WE	265	B^
T	<T>	T	266	^WET



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Codificação Aritmética

Símbolo	Probabilidade	Intervalo
a	0,2	[0,0 ; 0,2)
e	0,3	[0,2 ; 0,5)
i	0,1	[0,5 ; 0,6)
o	0,2	[0,6 ; 0,8)
u	0,1	[0,8 ; 0,9)
!	0,1	[0,9 ; 1,0)

➔ Algoritmo (C=intervalo corrente; A=intervalo anterior; S= intervalo do símbolo a codificar):

- $\text{inícioC} = \text{inícioA} + \text{inícioS} \times \text{intervaloA}$
- $\text{finalC} = \text{inícioC} + \text{intervaloS} \times \text{intervaloA}$



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Codificação Aritmética

**Codificação: eaii!**

[0.0 , 1.0]	[0.2 , 0.5]
[0.2 , 0.26]	[0.23 , 0,236]
[0.233 , 0.2336]	[0.23354 , 0.2336]

Código: Qualquer Número no Intervalo: ex: **0.23355**



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Codificação Aritmética

### ➔ Decodificação

0.23355  
0.2        \*        e  
0.23       \*        a  
0.233     \*        i  
          :  
          .

eaii!

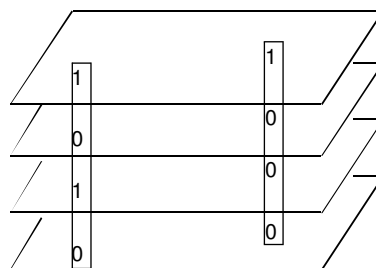
- ➔ Muitas casa decimais acabam provocando erro de arredondamento ➔ Limite da quantidade de informação codificada de uma só vez



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Codificação por Planos de Bits



Cada plano é codificado em separado, por exemplo, usando codificação por carreira.

Planos podem ser definidos para um ou mais bits



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Técnicas de Codificação

- ➔ Sem Perdas (compactação ou compressão sem perdas)
  - Texto, imagens gráficas vetoriais, imagens médicas, etc.
- ➔ Com Perdas (compressão; compressão perceptualmente sem perdas)
  - Voz, áudio em geral, imagens matriciais, vídeo, etc.
- Normalmente as técnicas de compressão são seguidas de compactação.



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Técnicas de Compressão



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Compressão

- Redução do domínio
- Redução do espaço de quantização
- Codificação Preditiva
- Codificação por Sub-bandas
- Codificação por Transformadas
- Quantização Vetorial



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Compressão

- **Redução do domínio** (descarte simples de amostras)
- Redução do espaço de quantização
- Codificação Preditiva
- Codificação por Sub-bandas
- Codificação por Transformadas
- Quantização Vetorial



PUC-Rio / DI

TeleMídia



## Compressão

- Redução do domínio
- **Redução do espaço de quantização** (menor número de bits por amostra)
- Codificação Preditiva
- Codificação por Sub-bandas
- Codificação por Transformadas
- Quantização Vetorial



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Compressão

- Redução do domínio
- Redução do espaço de quantização
- **Codificação Preditiva**
- Codificação por Sub-bandas
- Codificação por Transformadas
- Quantização Vetorial



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Codificação Preditiva

- ➔ Codifica o erro entre o valor de uma amostra e o valor predito para a amostra
- ➔ Leva em consideração que o erro é pequeno e requer um menor espaço de quantização (o que implica em menor número de bits por amostra)
- ➔ Se todo o erro é menor que o novo espaço de quantização, tem-se uma compactação. Caso contrário, existe uma perda.



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Codificadores de Onda

- ➔ **PCM** : N bits representando a amplitude do sinal.
- ➔ **DPCM** : s bits representando o quociente entre a variação V entre o sinal de duas amostras consecutivas e o valor de quantização Q.
- ➔ **ADPCM** : Semelhante ao anterior, com Q variando dinamicamente de acordo com a taxa de variação do sinal.



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Compressão

- ➔ Redução do domínio
- ➔ Redução do espaço de quantização
- ➔ Codificação Preditiva
- ➔ **Codificação por Sub-bandas**
- ➔ Codificação por Transformadas
- ➔ Quantização Vetorial



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Codificadores de Onda

### ➔ SBC

- Divisão do sinal em várias sub-bandas codificadas seguindo um dos métodos acima. Trata com maior precisão as sub-bandas mais importantes do sinal.
- Por exemplo, a voz humana:
  - 300 - 800 Hz - Qualidade e timbre
  - 800 - 1400 Hz - Pouca informação
  - 1400 - 2400 Hz - Reconhecimento e inteligibilidade
  - 2400 - 3400 Hz - Pouca informação



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Compressão

- Redução do domínio
- Redução do espaço de quantização
- Codificação Preditiva
- Codificação por Sub-bandas
- Codificação por Transformadas



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Compressão

- Redução do domínio
- Redução do espaço de quantização
- Codificação Preditiva
- Codificação por Sub-bandas
- Codificação por Transformadas
- Quantização Vetorial



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Quantização Vetorial - Exemplo

➤ ...11438565567896313...

...1143 8565 5678 9631 3...

v <sub>1</sub>	8456
v <sub>2</sub>	6102
v <sub>3</sub>	0034
...	
v <sub>n</sub>	5688

Dicionário de Vetores

➤ ...1143 8565 5678 9631 3... → V<sub>3</sub> V<sub>1</sub> V<sub>n</sub> V<sub>4</sub>

➤ Geração de dicionários eficientes: algoritmos como LBG (Linde, Buzo e Gray)



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Imagens Estáticas



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Imagens Estáticas

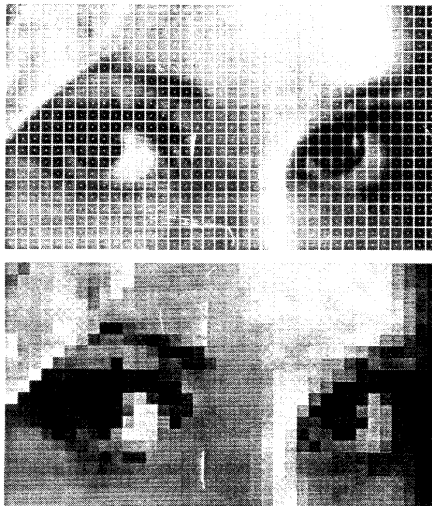
- ➔ As imagens geram uma quantidade de informação muito grande. Se levarmos em consideração a correlação do valor (cor) de cada pixel, podemos reduzir a quantidade de informação gerada.



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Formato Matricial

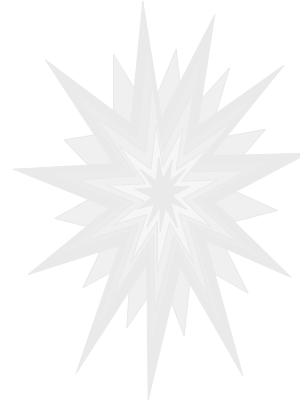


PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Compactação de Imagens

- Codificação por carreira
- Codificação por planos de bits
- Codificação de Lempel-Ziv
- Codificação de Huffman
- Codificação Aritmética



PUC-Rio / DI

TeleMídia

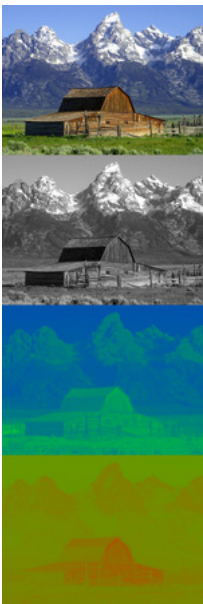
## Compressão de Imagens

- Redução do domínio: redução da resolução geométrica.



PUC-Rio / DI

TeleMídia




Y


U

V

Source: wikipedia




PUC-Rio / DI




## Compressão de Imagens

- ➔ Redução do domínio: redução da resolução geométrica.
- ➔ Redução do espaço de cor: redução do número de bits por pixel.



PUC-Rio / DI





## Colorida (24 bits de cor)



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Colorida (8 bits de cor -LUT)



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Compressão de Imagens

- Redução do domínio: redução da resolução geométrica.
- Redução do espaço de cor: redução do número de bits por pixel.
- Codificação Preditiva
  - Pode ser compactação ou compressão



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Codificação Preditiva



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Compressão de Imagens

- ➔ Redução do domínio: redução da resolução geométrica.
- ➔ Redução do espaço de cor: redução do número de bits por pixel.
- ➔ Codificação Preditiva
- ➔ Codificação por Transformadas
  - DFT, Walsh-Hadamard, Karhunen-Loeve, DCT



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Transformadas

- ➔ Existem várias similaridades entre amostras (no tempo) e pixels. Na verdade, podemos considerar os pixels como se fossem amostras do “sinal imagem”, só que amostras obtidas não no tempo, mas no espaço.
- ➔ É exatamente por isso que podemos aplicar todas as técnicas aplicadas em sinais contínuos nas imagens estáticas.



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Transformadas

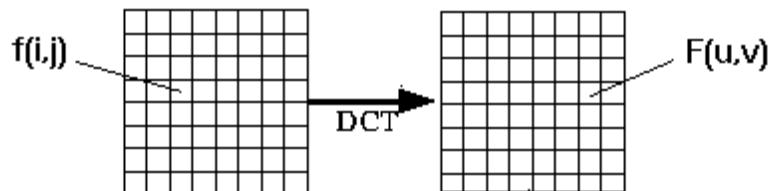
- ▶ Em um sinal de vídeo, o grupo de várias amostras temporais formam um quadro (por exemplo, no nosso sistema de TV, existem 30 quadros por segundo).
- ▶ Esse quadro é uma imagem estática onde, de fato, as amostras temporais do vídeo são os pixels (amostras espaciais).
- ▶ Esse fato é que nos permite não somente tratar o vídeo como um sinal contínuo e nele aplicarmos todas as técnicas de compressão conhecidas para sinal contínuo, como também tratá-lo como uma sequência de imagens estáticas no tempo, aplicando as mesmas técnicas de compressão utilizadas para imagens.



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Transformada



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Formas de Onda Ortogonais

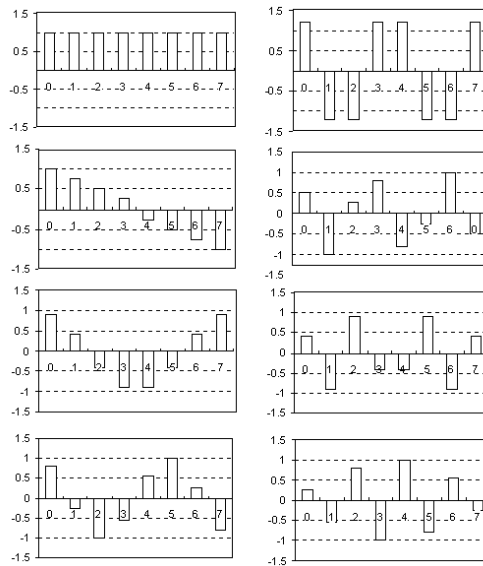
- Um conjunto de N formas de onda ortogonais, quando multiplicado por valores chamados coeficientes e em seguida somado, pode ser usado para representar quaisquer N amostras.



PUC-Rio / DI

TeleMídia

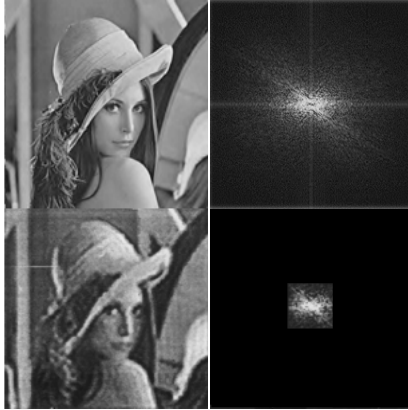
## Oito Formas de Onda Ortogonais



PUC-Rio / DI

TeleMídia

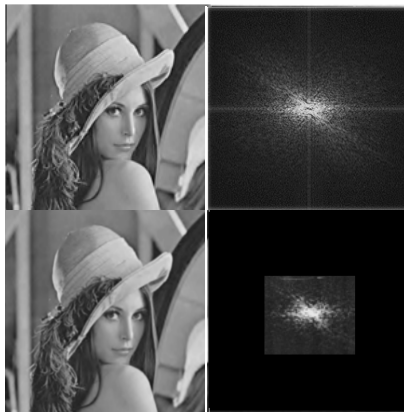
## Codificação por Transformada Fourier



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Codificação por Transformada Fourier



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Compressão de Imagens

- Redução do domínio: redução da resolução geométrica.
- Redução do espaço de cor: redução do número de bits por pixel.
- Codificação Preditiva
- Codificação por Transformadas
- Codificação por Sub-bandas
- Quantização Vetorial



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Tons de Cinza



PUC-Rio / DI

TeleMídia

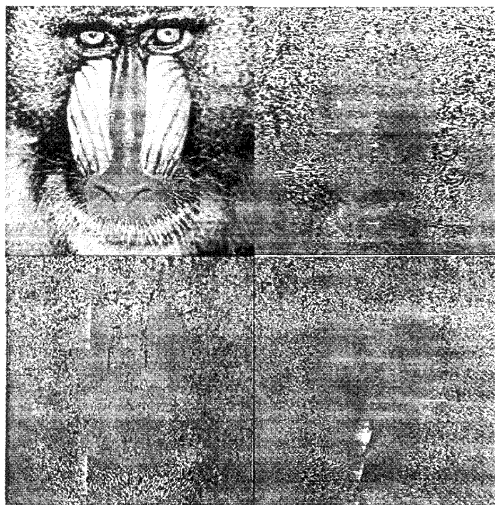
## Sub-Bandas



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Sub-Bandas



PUC-Rio / DI

TeleMídia



## Compressão de Imagens

- ➔ Redução do domínio: redução da resolução geométrica.
- ➔ Redução do espaço de cor: redução do número de bits por pixel.
- ➔ Codificação Preditiva
- ➔ Codificação por Transformadas
- ➔ Codificação por Sub-bandas
- ➔ Quantização Vetorial



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Quantização Vetorial

➔ ...11438565567896313...

...1143 8565 5678 9631 3...

v1	8456
v2	6102
v3	0034
...	
v <sub>n</sub>	5688

Dicionário de Vetores

➔ ...1143 8565 5678 9631 3... → V3 V1 V<sub>n</sub> V4

➔ Geração de dicionários eficientes: algoritmos como LBG (Linde, Buzo e Gray)



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Quantização Vetorial



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## JPEG

➡ JPEG - Joint Photographic Expert Group

ITU SGVIII  
ISO IEC JTC1/SC2/WG10

- Especifica os processos de codificação e decodificação de imagens estáticas e o formato para comunicação entre aplicações.



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## JPEG - Requisitos

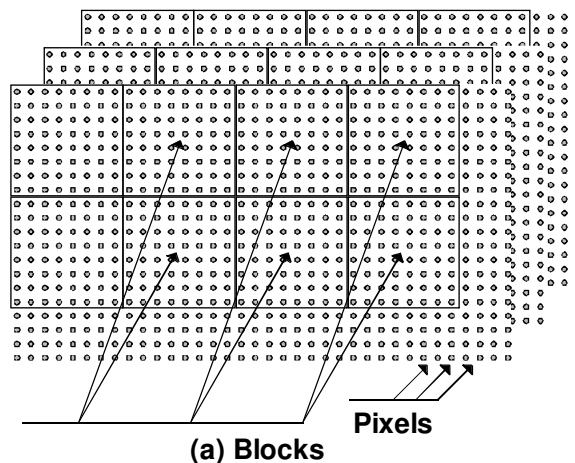
- ➔ O algoritmo deve alcançar o estado da arte em termos de taxa de compressão e qualidade de imagem, cobrindo uma faixa de qualidade de imagens consideradas visualmente entre muito boas e excelentes.
- ➔ O codificador deve ser parametrizado para permitir que a aplicação escolha o nível de compressão e qualidade desejável.
- ➔ O algoritmo deve poder ser aplicado a qualquer tipo de imagem original, não restringindo tamanho, número de cores, complexidade ou propriedades estatísticas.
- ➔ O algoritmo deve ser computacionalmente tratável, permitindo implementação via *software* com desempenho aceitável e via *hardware* a custo também aceitável, quando da necessidade de maior desempenho.



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## JPEG



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Preparação da Imagem (Alocação de Pixel)

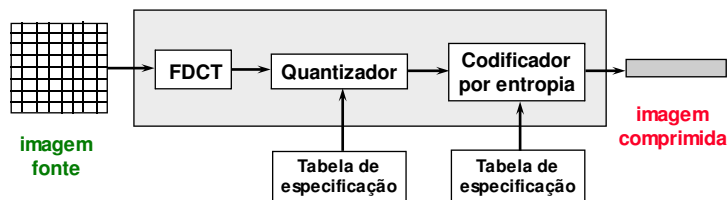
- ➔ Cada pixel é representado por 'p' bits, valores entre  $(0, 2^p-1)$
- ➔ Todos os pixels de todos os componentes são codificados com o mesmo número de bits
- ➔ Modos com perdas usam a precisão de 8 ou 12 bits por pixel
- ➔ Modos sem perdas usam a precisão de 2 a 12 bits por pixel
- ➔ Desloca os valores  $[0, 2^p - 1]$  para  $[-2^{p-1}, 2^{p-1} - 1]$ 
  - e.g. se  $(P=8)$ , desloque  $[0, 255]$  para  $[-127, 127]$
  - DCT requer que o intervalo esteja centrado em 0



PUC-Rio / DI

TeleMídia

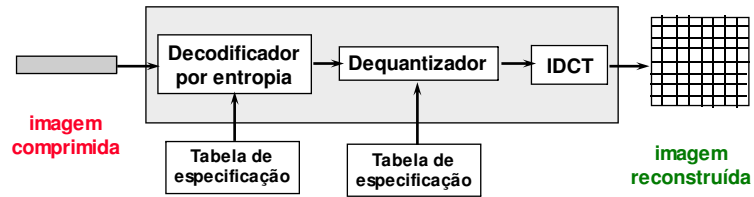
## JPEG - Codificação



PUC-Rio / DI

TeleMídia

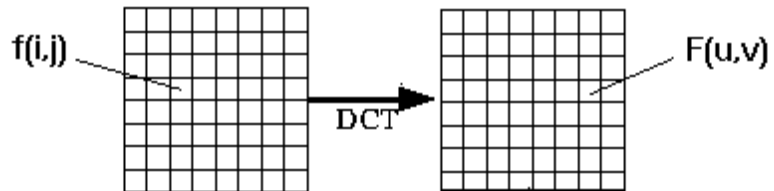
## JPEG - Decodificação



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## DCT



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Transformada de Co-senos

### Direta

$$F(u, v) = \frac{1}{4} C(u) C(v) \sum_{x=0}^7 \sum_{y=0}^7 f(x, y) \cos \left[ \frac{(2x+1)u\pi}{16} \right] \cos \left[ \frac{(2y+1)v\pi}{16} \right]$$

$$C(w) = \frac{1}{\sqrt{2}} \text{ para } w = 0$$

$$C(w) = 1 \text{ para } w = 1, 2, \dots, 7$$

### Inversa

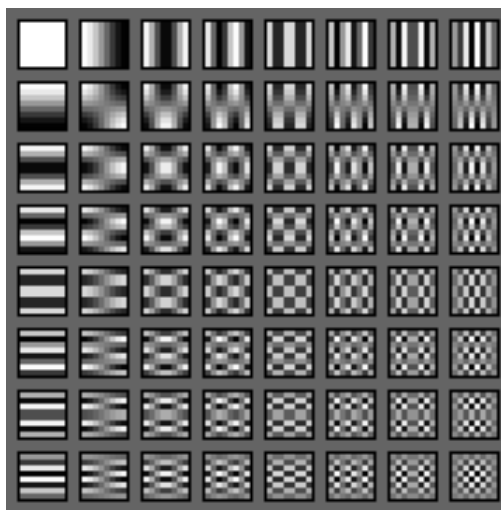
$$f(x, y) = \frac{1}{4} \sum_{u=0}^7 \sum_{v=0}^7 C(u) C(v) F(u, v) \cos \left[ \frac{(2x+1)u\pi}{16} \right] \cos \left[ \frac{(2y+1)v\pi}{16} \right]$$



PUC-Rio / DI

TeleMídia

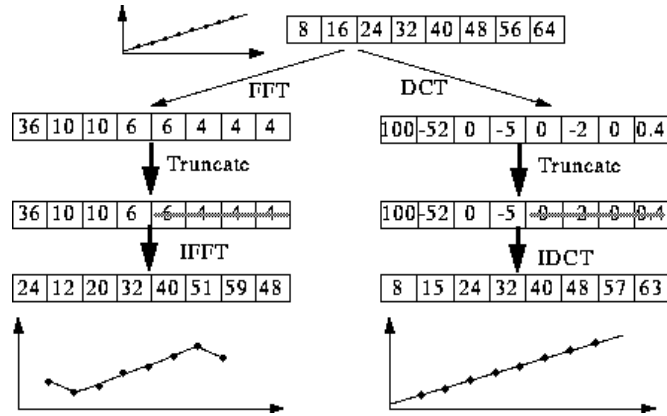
## Funções Básicas DCT



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## FFT x DCT



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Quantização

- A conversão através de FDCT não embute erros, porém as aproximações nos cálculos e a posterior quantização sim.
- Cada valor da matriz de quantização representa a precisão do seu coeficiente correspondente na DCT.
- Como a variação de um pixel da imagem para outro é pequena, FDCT concentra a maioria dos sinais na área de frequências baixas.
- Normalmente o quantum é maior quanto maiores as frequências



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Quantização

**Coefficiente AC** →  $F_q(u,v) = \lceil F(u,v) / Q(u,v) \rceil$

**Coefficiente DC** →  $F_q(u,v) = \lceil F(u,v) / 8 \rceil$

- ➔ Após a quantização o coeficiente DC passa por mais um processo de compressão DPCM entre blocos adjacentes:  $DIFF = DC_i - DC_{i-1}$



**Tabela de Quantização de Luminância**

16	11	10	16	24	40	51	61
12	12	14	19	26	58	60	55
14	13	16	24	40	57	69	56
14	17	22	29	51	87	80	62
18	22	37	56	68	109	103	77
24	35	55	64	81	104	113	92
49	64	78	87	103	121	120	101
72	92	95	98	112	100	103	99

**Tabela de Quantização de Crominância**

17	18	24	47	99	99	99	99
18	21	26	66	99	99	99	99
24	26	56	99	99	99	99	99
47	66	99	99	99	99	99	99
99	99	99	99	99	99	99	99
99	99	99	99	99	99	99	99
99	99	99	99	99	99	99	99
99	99	99	99	99	99	99	99

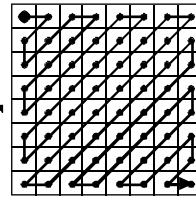
Os valores de quantização, individuais para cada coeficiente DCT, são escolhidos medindo o threshold de cada função base, isto é, o coeficiente que é perceptível pelo olho humano.





## Codificação por Entropia

- Código de Huffman
- Codificação Aritmética



(a) Zigzag scan ordering of coefficients

Blocks of DCT coefficients

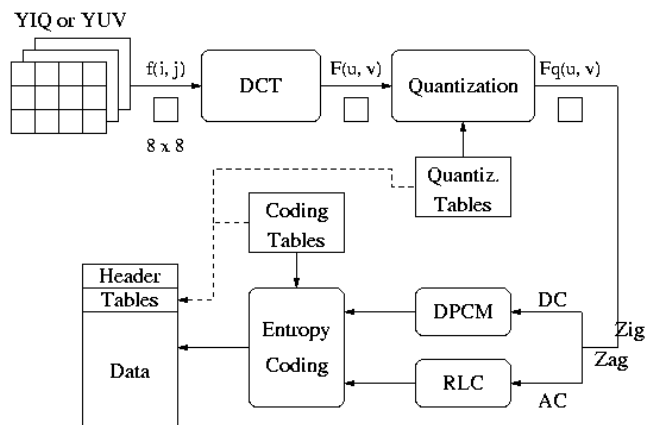
- Código de Huffman exige que um ou mais conjuntos de tabelas sejam especificadas pela aplicação ou calculada para cada imagem especificamente.



PUC-Rio / DI

TeleMídia

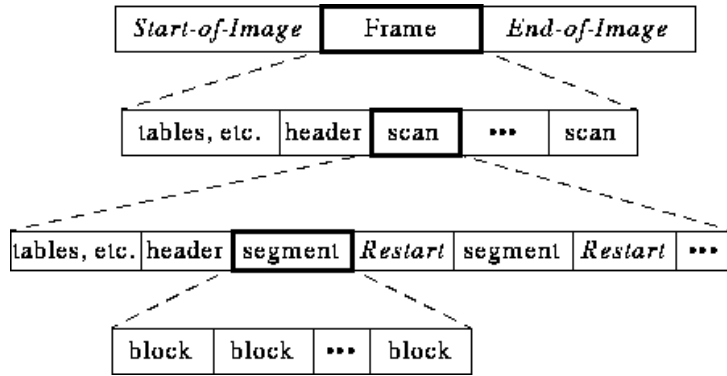
## JPEG - Codificação



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Fluxo de Bits JPEG



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## JPEG 1b/pixel PSNR=37,75



PUC-Rio / DI

TeleMídia

**JPEG 0,5 b/pixel PSNR=34,63**



PUC-Rio / DI

TeleMídia

**JPEG 0,25 b/pixel PSNR=30,41**



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## JPEG - Formas de Operação

- ➔ Sequencial baseada em DCT
- ➔ Progressiva
- ➔ Sequencial sem perdas
- ➔ Hierárquica



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Sequencial Baseada em DCT

- ➔ Cada componente da imagem é codificado em uma única varrida, da esquerda para direita e de baixo para cima.
- ➔ *Baseline Sequential Mode*, caso mais simples do Sequential mode:
  - Suporta apenas imagens de 8-bit (não suporta imagens de 12-bit)
  - Usa apenas Huffman coding (não suporta Arithmetic coding)

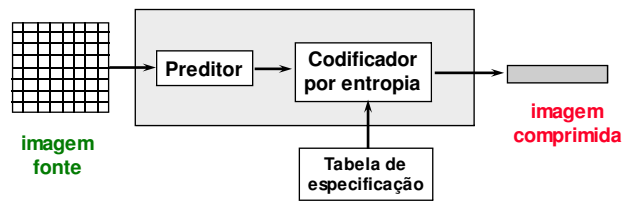


PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Codificação Sem Perdas

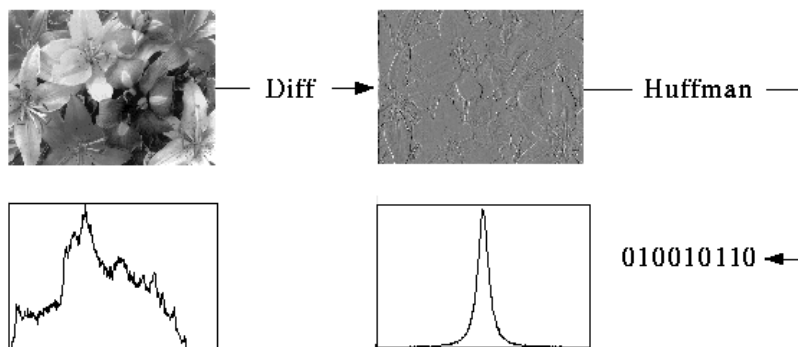
- Compressão média de 2:1 para imagens coloridas com cenas de complexidade moderada



PUC-Rio / DI

TeleMídia

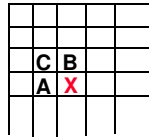
## JPEG sem Perdas



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Preditor



Seleções	Predição
0	sem predição
1	A
2	B
3	C
4	A+B-c
5	$A + \frac{(B-C)}{2}$
6	$B + \frac{(A-C)}{2}$
7	$\frac{(A+B)}{2}$

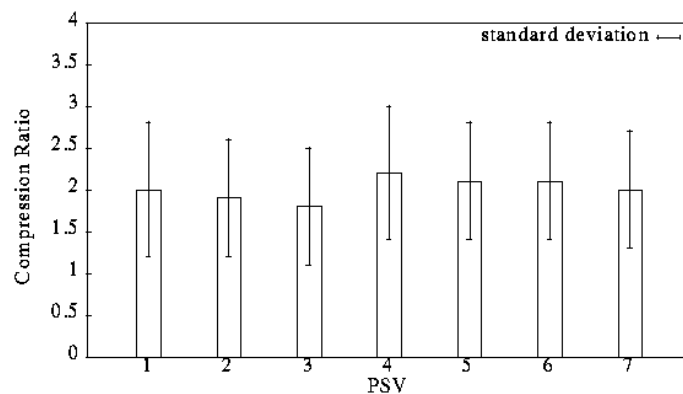


PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Efeito do Preditor

(teste com 20 imagens)



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Comparação

Compression Program	Compression Ratio			
	Lena	football	F-18	flowers
lossless JPEG	1.45	1.54	2.29	1.26
optimal lossless JPEG	1.49	1.67	2.71	1.33
compress (LZW)	0.86	1.24	2.21	0.87
gzip (Lempel-Ziv)	1.08	1.36	3.10	1.05
gzip -9 (optimal Lempel-Ziv)	1.08	1.36	3.13	1.05
pack (Huffman coding)	1.02	1.12	1.19	1.00

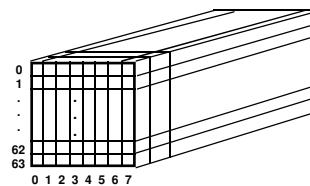


PUC-Rio / DI

TeleMídia

## JPEG - Modo Progressivo

Seleção de Espectro



Primeira passagem

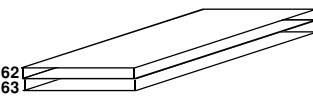


Segunda passagem



⋮

n-ésima passagem

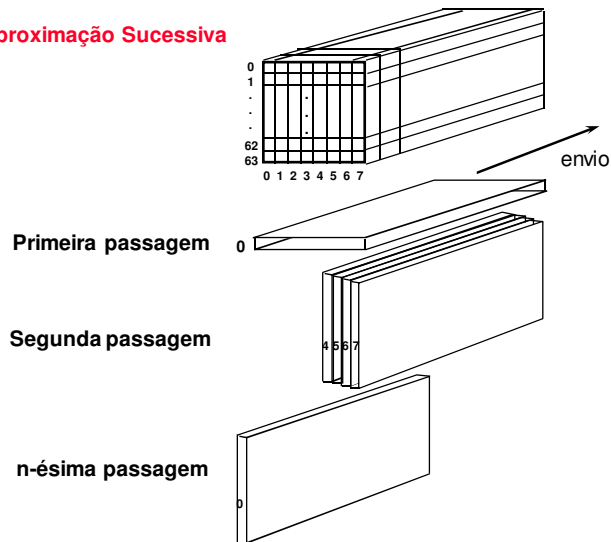


PUC-Rio / DI

TeleMídia

## JPEG - Modo Progressivo

Aproximação Sucessiva



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## JPEG - Modo Progressivo

- ➔ Muitas vezes, navegando na Web, queremos apenas ter uma idéia da informação que vem na página a seguir. Muitas vezes essa informação nem é aquela que desejamos. Ter uma visão rápida dessa informação, ainda que não com todos os detalhes, pode acelerar muito a tarefa sendo executada.
- ➔ Outras vezes podemos estar trafegando com a imagem em um meio de pequena banda passante, ou mesmo em um trecho congestionado de uma rede. Nesses casos, o descarte seletivo dos dados que não trazem muita informação pode ser a única forma viável de manter a aplicação em funcionamento.
- ➔ Como veremos, um bom sistema de comunicação deve poder identificar a parte da informação que ele deve manter íntegra e quais partes ele pode perder, em caso de necessidade ou conveniência.



PUC-Rio / DI

TeleMídia



## JPEG - Hierárquico

- ① Filtragem e captação de amostras com redução de resolução pelo fator 2 em múltiplas dimensões
- ② Codificação da imagem reduzida segundo um dos três métodos disponíveis
- ③ Decodificação da imagem reduzida e retorno à resolução inicial através de interpolação
- ④ Uso da imagem recuperada como predição e codificação da diferença entre a original e a predita, segundo qualquer dos três modos
- ⑤ Repetição dos passos 4 e 5 até que toda a resolução da imagem tenha sido codificada



PUC-Rio / DI

TeleMídia

## Formatos Independentes do Sistema

- ➔ GIF (Graphics Interchange Format)
  - Inicialmente projetada para transmissão de imagens em linhas telefônicas.
  - Usa o algoritmo Lempel-Ziv Welch.
  - Limitada a 256 cores (8 bits).



PUC-Rio / DI

TeleMídia