Compressão de Imagens em Movimento

Padrão MPEG-2

PTC2547 – Princípios de Televisão Digital

Guido Stolfi – 10/2015

Padrão MPEG-2

- Comitê ISO *Moving Pictures Experts Group*
- Padrão de Compressão de Áudio / Vídeo
- Aplicações: Radiodifusão, TV de Alta Definição
- Aprovado em 11/1994

Padrão MPEG-2

- ISO 113818-1 : Sistema
- ISO 113818-2 : Compressão de Vídeo
- ISO 113818-3 : Compressão de Áudio
- ISO 113818-4 : Testes de Conformidade
- ISO 113818-7 : Áudio (não compatível)

Perfis MPEG-2

Perfil	Recursos Adicionais
Simples (SP)	Nenhum (Sistema Mínimo)
Principal (MP)	Predição bidirecional (Quadros tipo B)
Escalável em SNR (SNRP)	Codificação Hierárquica com níveis diferentes de prioridade para imagem básica e detalhes
Escalável Espacial (SSP)	Codificação Hierárquica com níveis diferentes de prioridade para imagem 4x3 e 16x9
Alto (HP)	Todos os recursos e codificação 4:2:2 (Dobro de amostras de Crominância)

Níveis de Desempenho MPEG-2

Nível	Formato de Vídeo	Taxa de Bits
Baixo (LL)	240 Linhas x 360 Pontos (qualidade VHS)	~1,5 Mb/s
Principal (ML)	480 Linhas x 720 Pontos (CCIR-601 - Qualidade Estúdio p/ TV Convencional)	4 ~ 6 Mb/s
Alto-1440 (H14L)	1080 Linhas x 1440 Pontos (Formato HDTV)	20 ~ 60 Mb/s
Alto (HL)	1080 Linhas x 1920 Pontos (Formato HDTV - Qualidade Estúdio)	20 ~ 100 Mb/s

Exemplos de Formatos MPEG-2

- **SP@LL** = Multimídia, Vídeo-Conferências (~ MPEG-1)
- **MP@ML** = SDTV (Ex.: DirecTV, DigiSat, DVB)
- **MP@HL** = Radiodifusão Terrestre HDTV

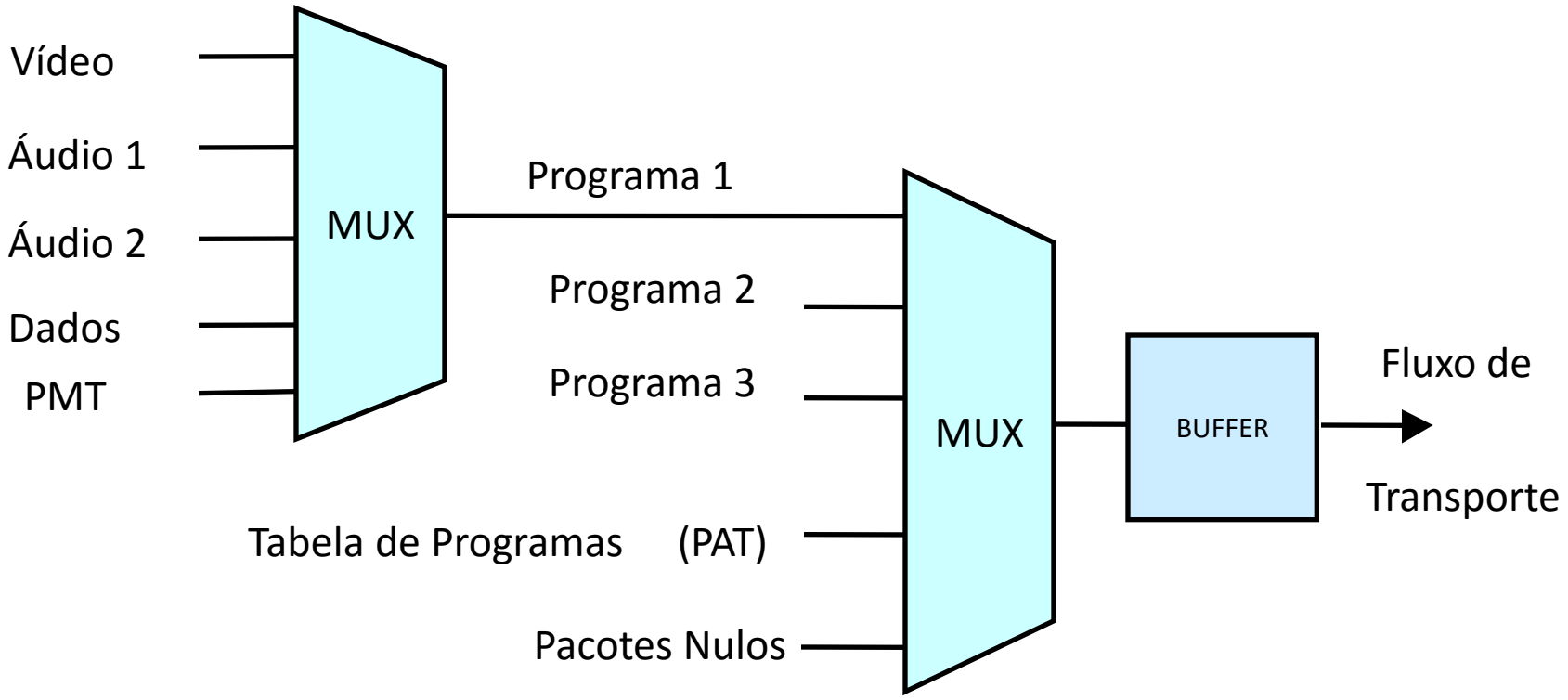
Sistema MPEG-2: Conceitos Básicos

- ISO 13818-1: Systems

- Estrutura que permite combinar vários tipos de informação multimídia em um fluxo de transporte único (*Multiplex*)

- Meios para garantir sincronismo temporal das informações no receptor (*Clock Reference*)

Multiplexação de Programas



Fluxos Elementares (*ES*)

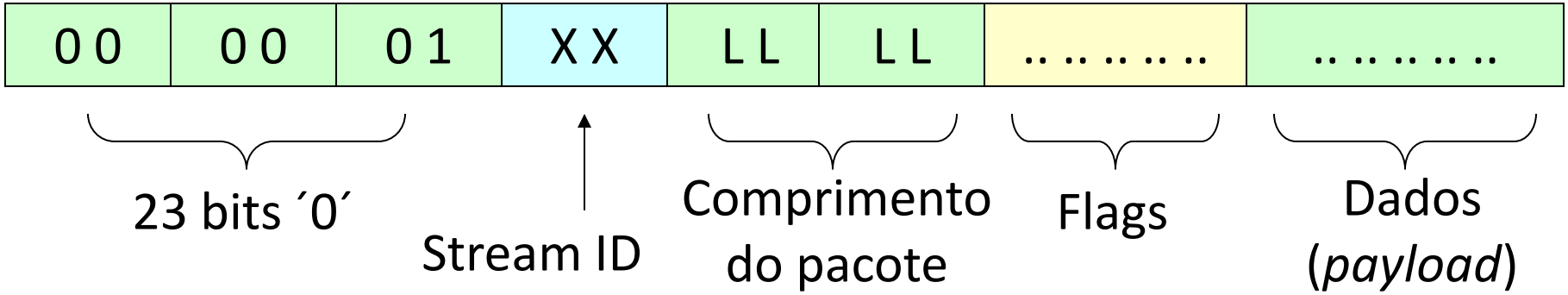
- Cada codificador (Vídeo, áudio, etc.) gera um fluxo de dados próprio, denominado Elementary Stream (ES)

- Taxa de bits pode ser fixa ou variável

Fluxo Elementar em Pacotes (PES)

- Packetized Elementary Stream (PES)
- Pacotes de comprimento fixo ou variável
- Pacotes longos (~2 kB até 64 kB)
- Delimitados por códigos de início (Start-Code ID)

Códigos de Início de Pacote PES



X X	Tipo de Fluxo de Dados
B9	Fim de Packet Stream
BA	Pack Header
BB	Header de Sistema
BC	Tabela de Mapa de Programas (PS-PMT)
BD, BF	Fluxo de Dados Privado
BE	Enchimento
C0 ~ DF	Áudio MPEG-1 ou MPEG-2
E0 ~ EF	Vídeo MPEG-1 ou MPEG-2

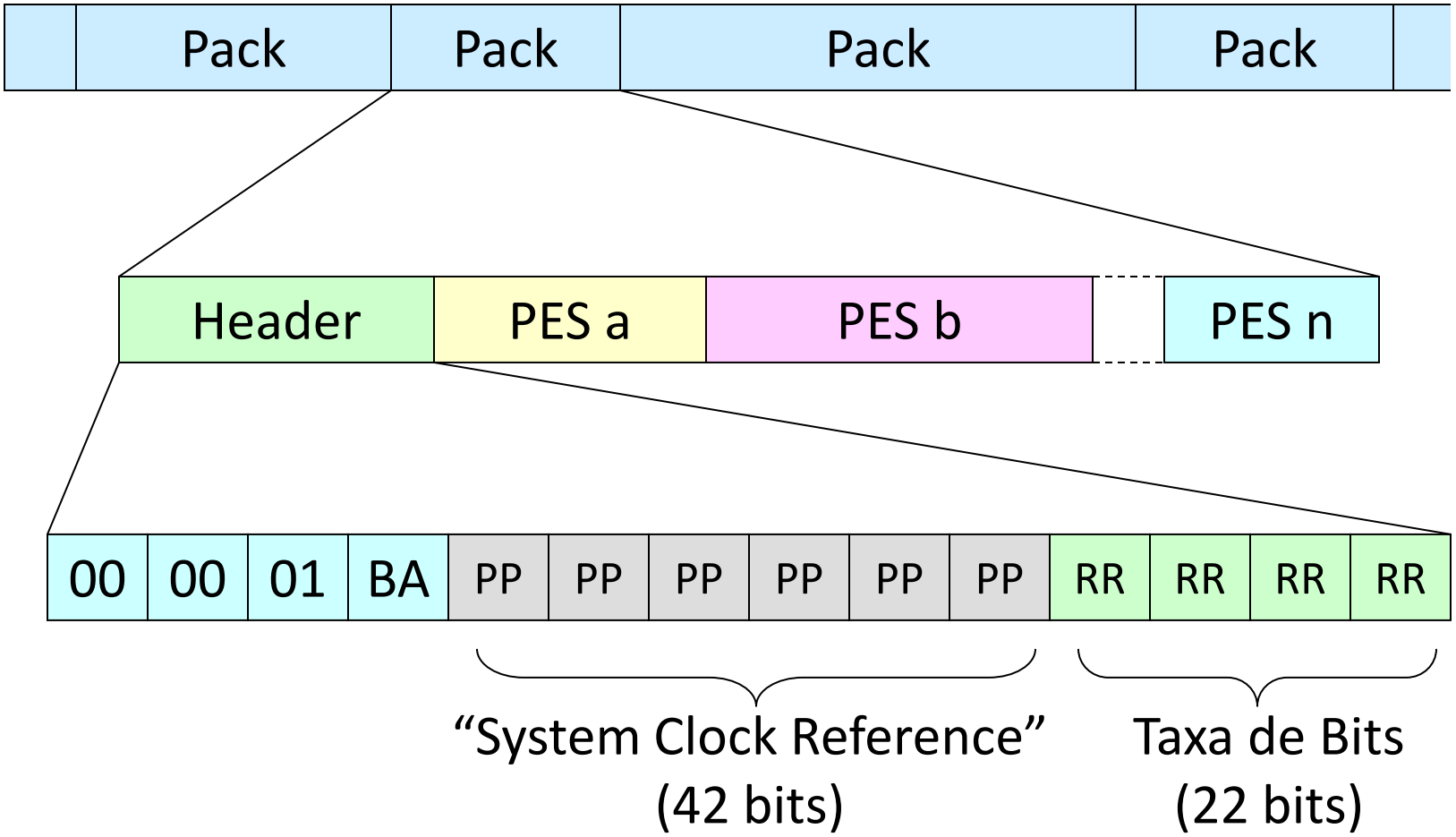
Flags no Cabeçalho PES

- “ Scrambling” (Criptografia)
- “Copyright”, original / cópia
- “Time Stamp” e referência de “clock” para sincronização
- CRC do pacote PES anterior
- Taxa de bits, etc.

Fluxo de Programa (*Program Stream - PS*)

- Concatenação de PES´s de áudio, vídeo, etc. referentes a um programa
- Todos os PES são sincronizados em comum
- Não considera possibilidade de erros de transmissão

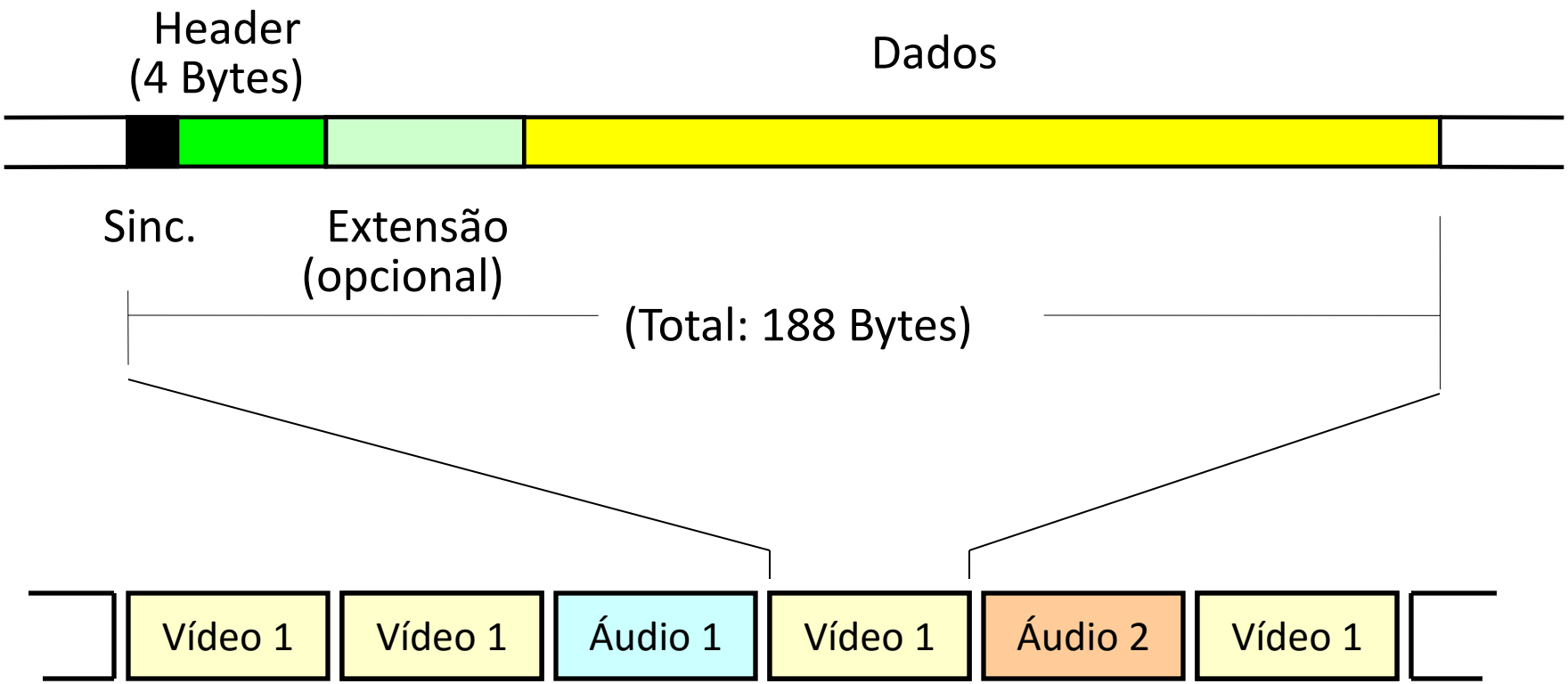
Fluxo de Programa (*Program Stream - PS*)



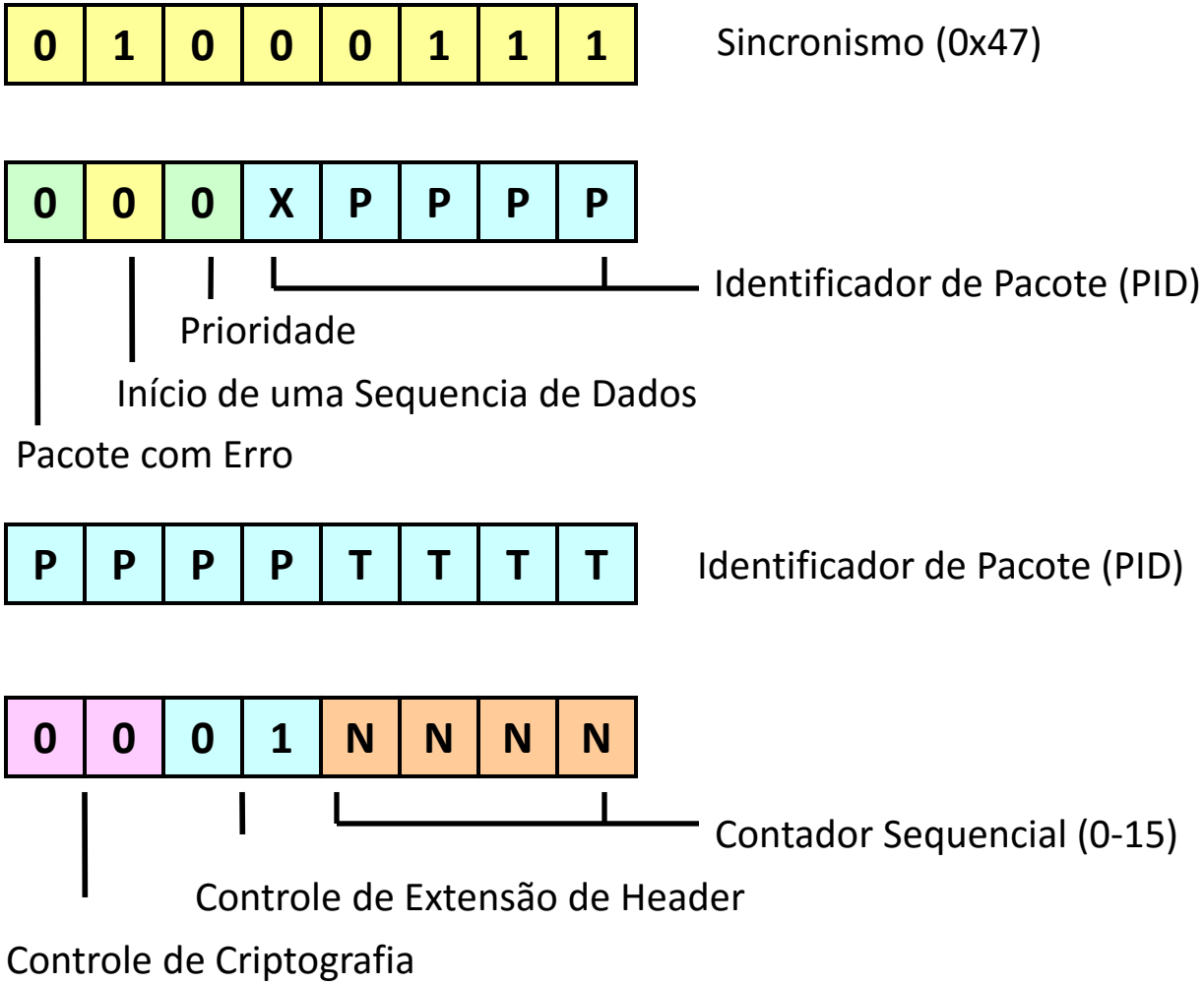
Multiplexação de Pacotes

- Multiplexação Estatística
  - Periódica ou não
  - De acordo com a demanda
- Pacotes de Comprimento Fixo (188 Bytes)
  - Cabeçalho identifica tipo e destino do pacote
- Pacotes Nulos
  - Preenchimento da capacidade do canal

Fluxo de Transporte (*Transport Stream - TS*)



Estrutura do “Header”



Descrição do PID (Packet Identifier)

X	Programa TV / Outros
PPPPPPPP	Número do Programa (1 - 255)
TTTT	Tipo de Pacote: 0h = Mapa de Programa 1h = Vídeo 4h = Áudio Principal 5h = Áudio Secundário Ah = Dados

1 11111111 1111	Pacote Nulo (8191)

Tabela de Programas (PAT – *Program Association Table*)

PID = 000	
Fluxo	PID correspondente
Programa 1	020
Programa 2	040
Programa 3	1A0
. . . .	. . . .

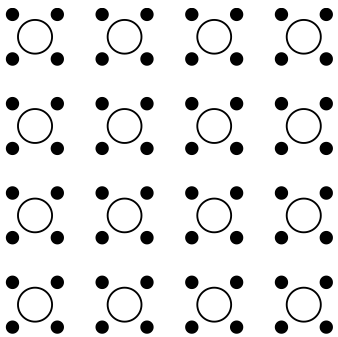
Mapa de Programa (PMT – *Program Map Table*)

PID = 020	(Programa 1)
Fluxo	PID correspondente
Vídeo	021
Áudio Principal	024
Áudio Secundário	025
Legendas Língua 1	028
. . . .	. . . .

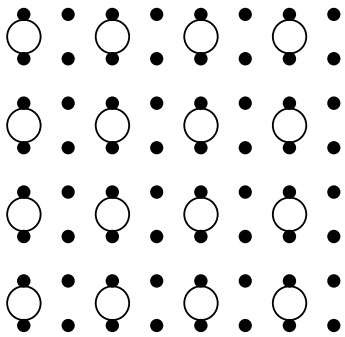
Codificação de Vídeo MPEG-2

Diferenças em relação ao MPEG-1

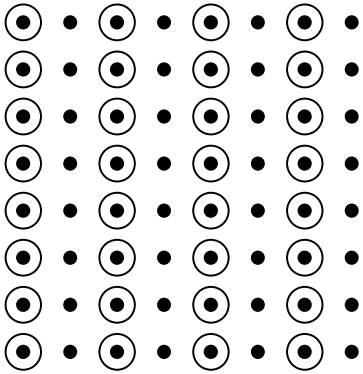
Estruturas de Amostragem para MPEG-2



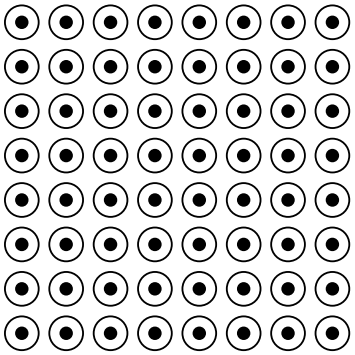
4:2:0 MPEG-1



4:2:0 MPEG-2

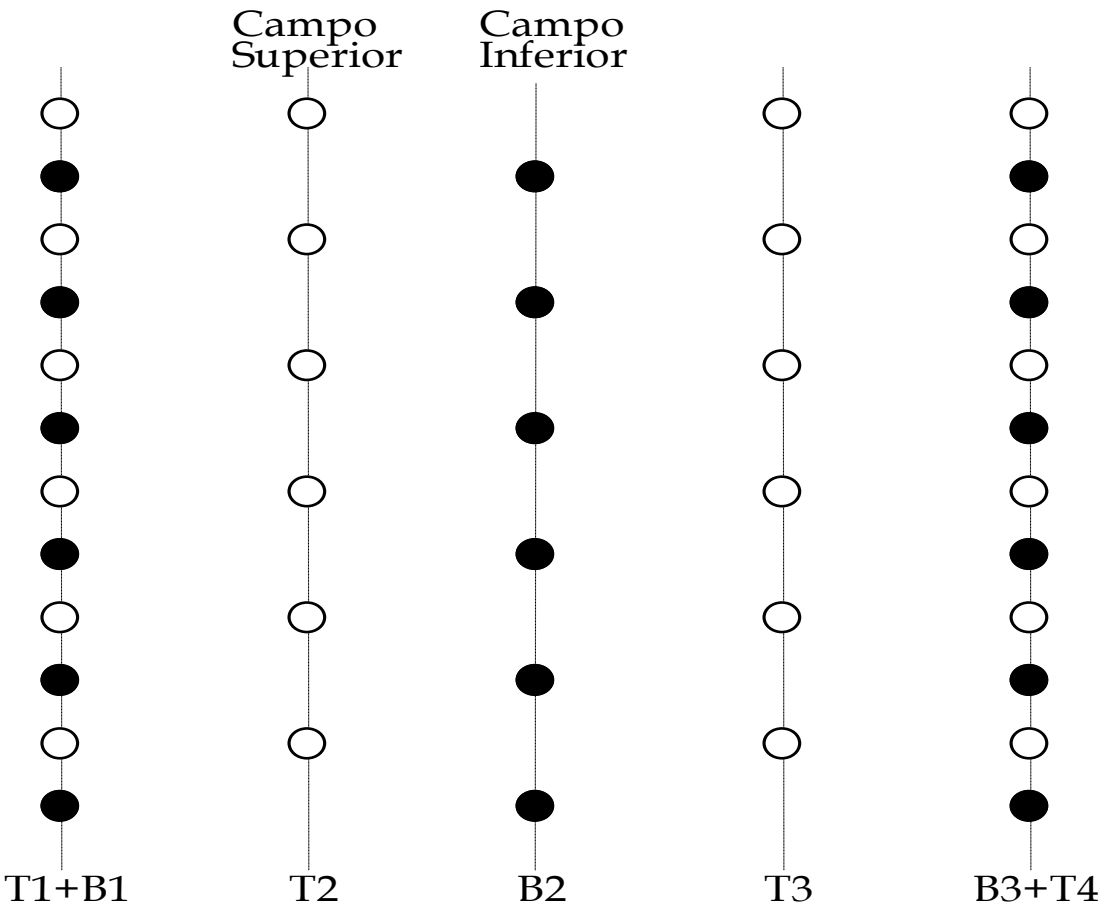


4:2:2 MPEG-2

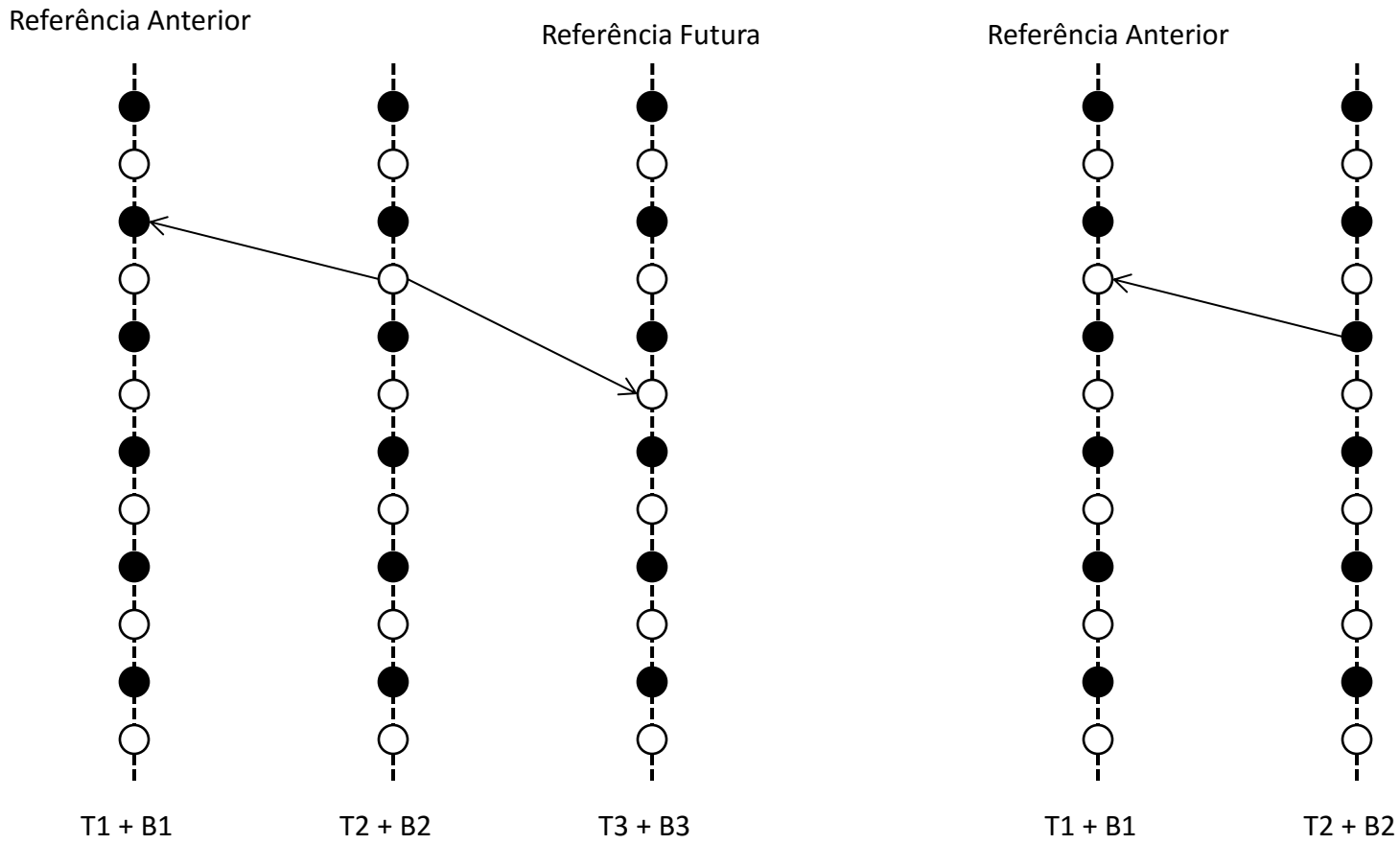


4:4:4 MPEG-2

Imagens de Campo e de Quadro



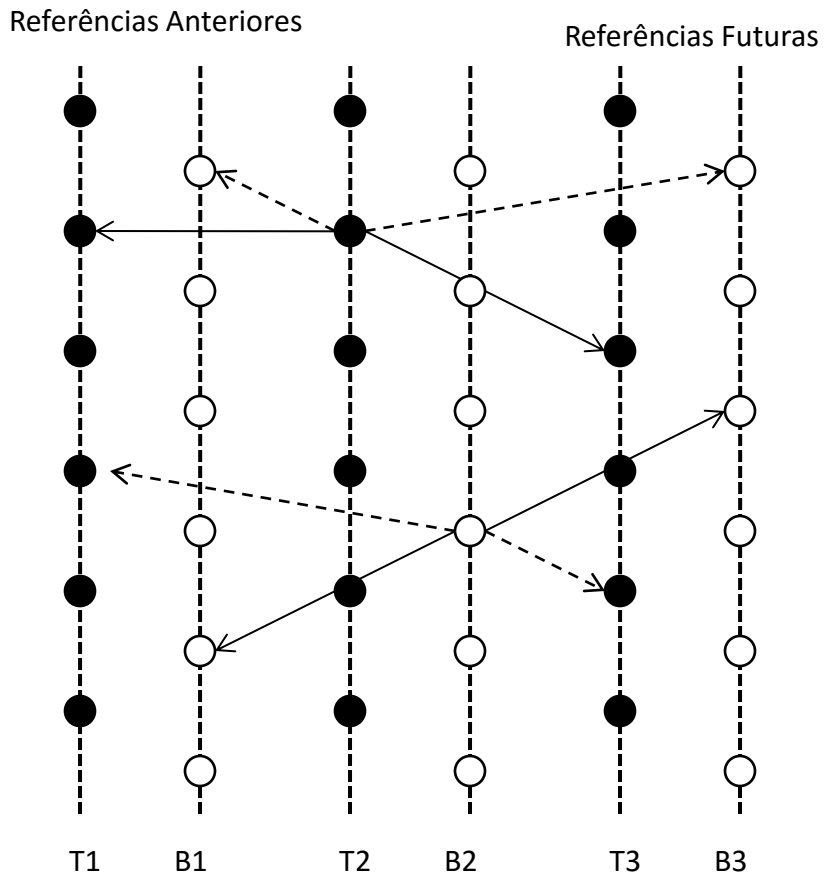
Predição de Movimento Quadro para Quadro



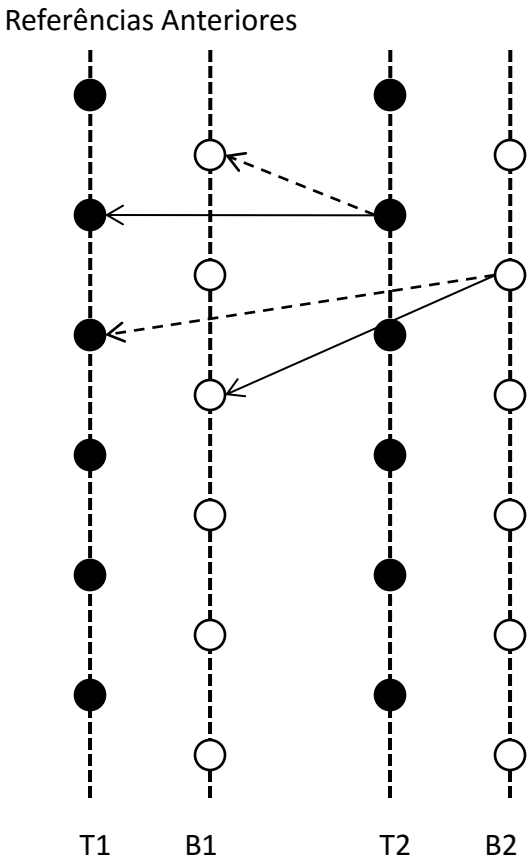
Imagens B-Quadro
Até 2 Vetores por
Macrobloco

Imagens P-Quadro
Até 1 vetor por
Macrobloco

Predição de Movimento Campo para Campo

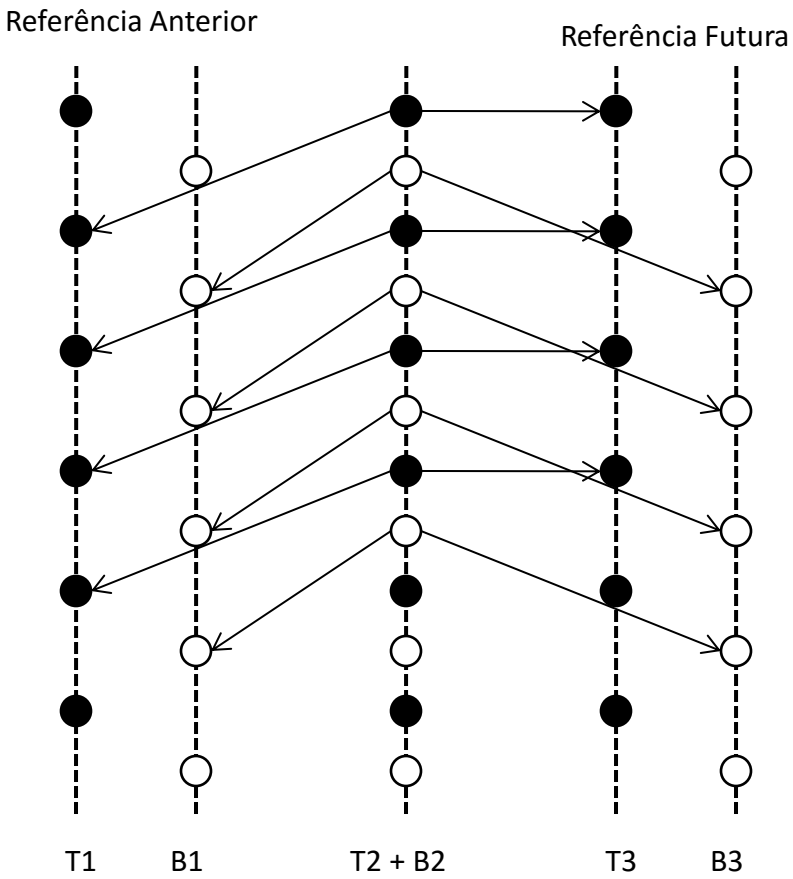


Imagens B-Campo
Até 2 Vetores por
Macrobloco

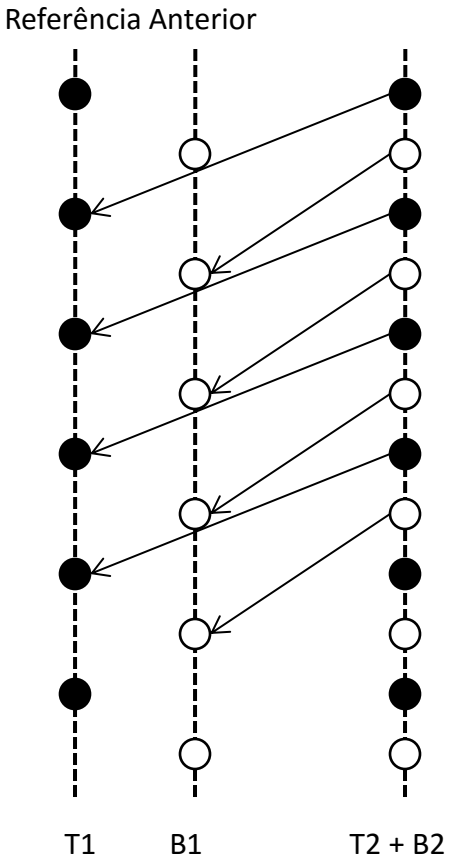


Imagens P-Campo
Até 1 vetor por
Macrobloco

Predição de Movimento Campo para Quadro

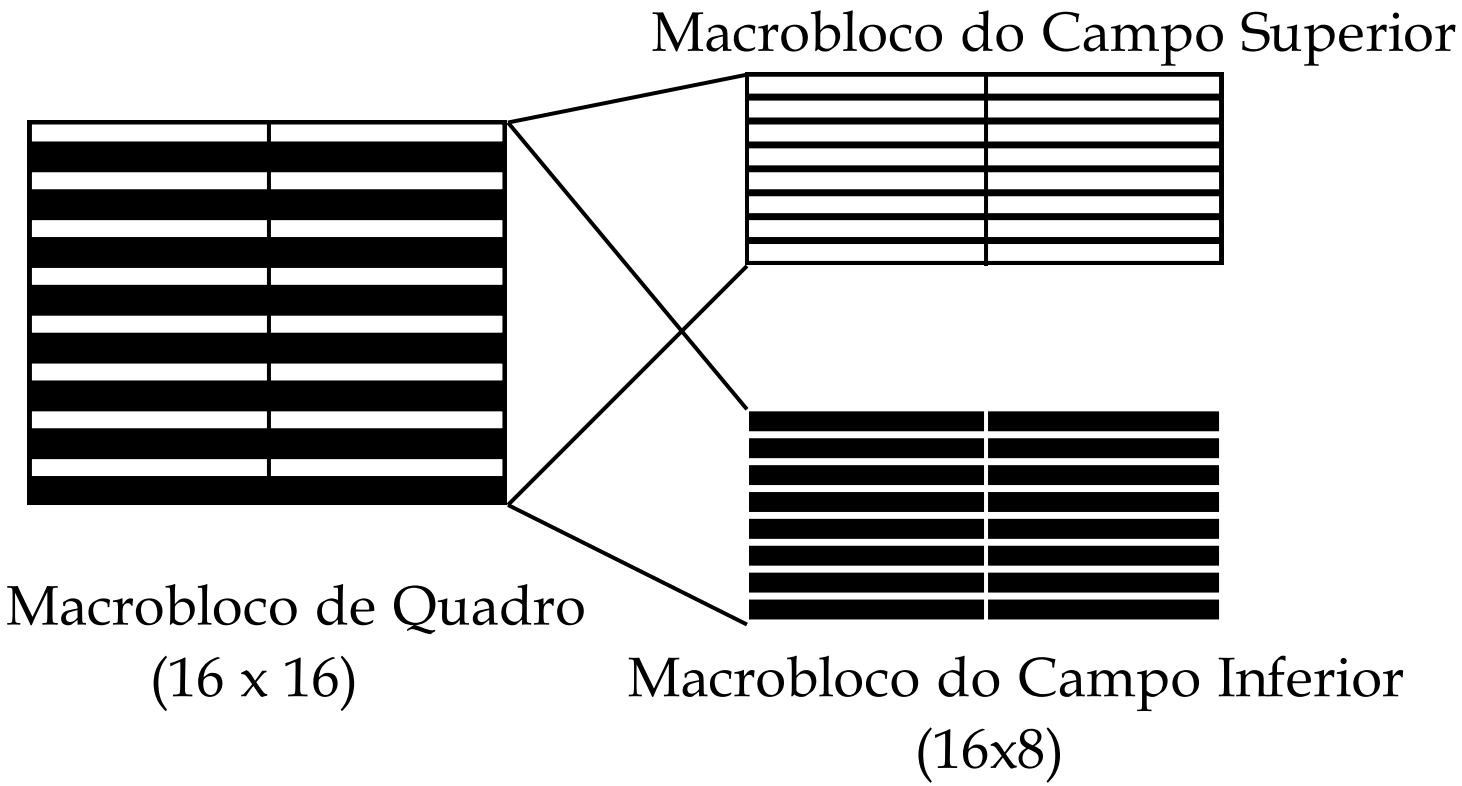


Imagens B-Quadro
Até 4 Vetores por
Macrobloco

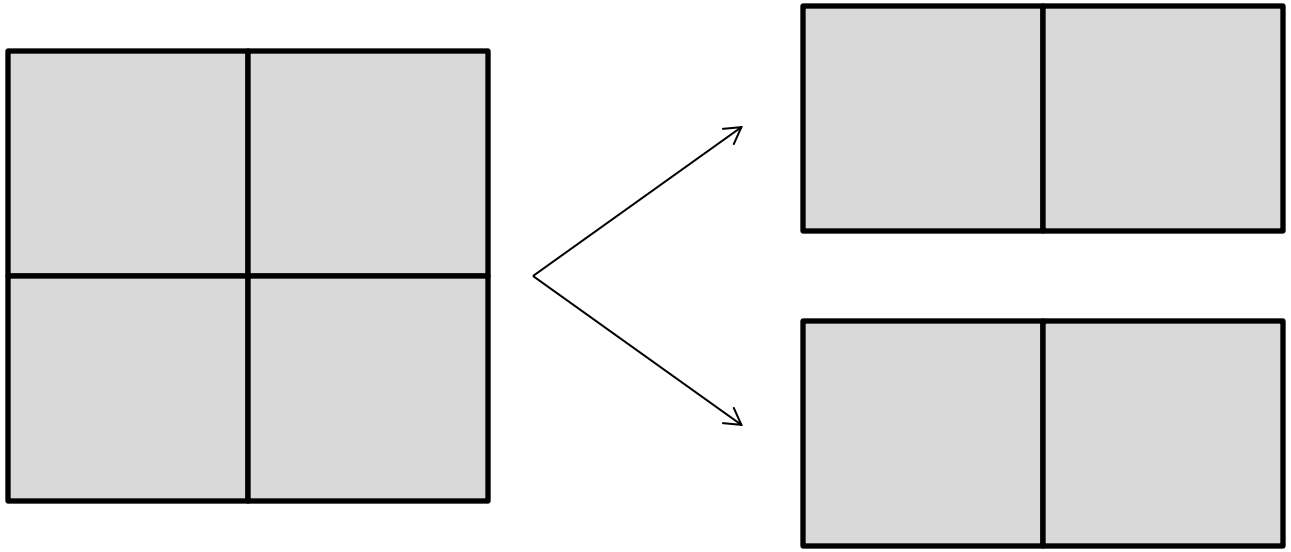


Imagens P-Quadro
Até 2 vetores por
Macrobloco

Macrobloco de Campo para Quadro



Predição 16 x 8 para Imagens de Campo

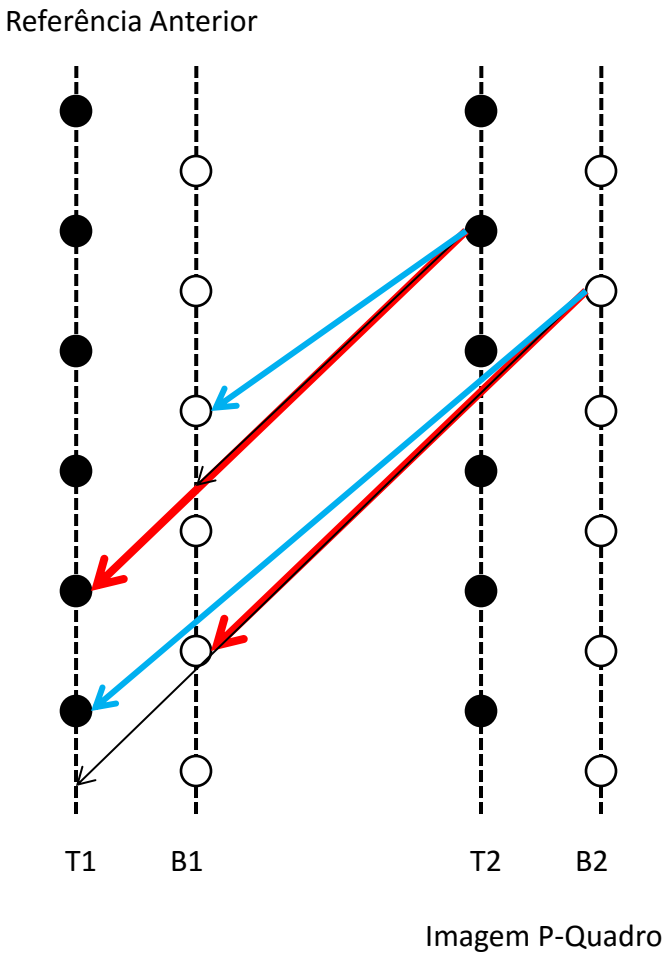


Macroblocos Superior e Inferior com Vetores de Movimento Independentes

Imagens B-Campo
Até 4 Vetores por Macrobloco

Imagens P-Campo
Até 2 Vetores por Macrobloco

Predição “Dual Prime”

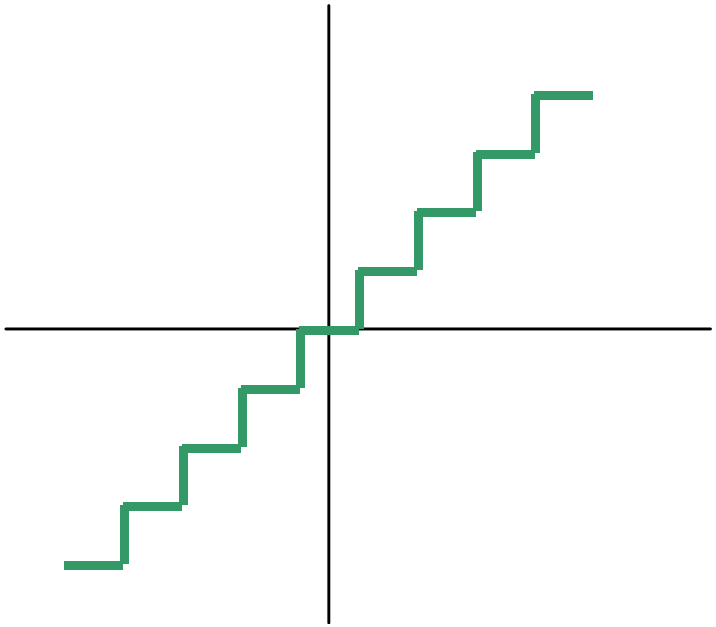


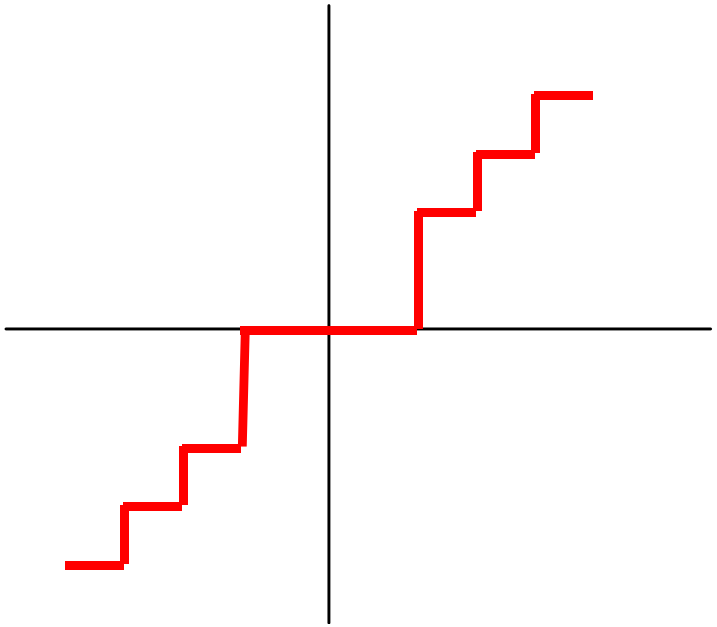
Predição 1: Quadro para Quadro, usando vetor de movimento transmitido

Predição2: Campo para campo, usando vetor de movimento extrapolado e corrigido

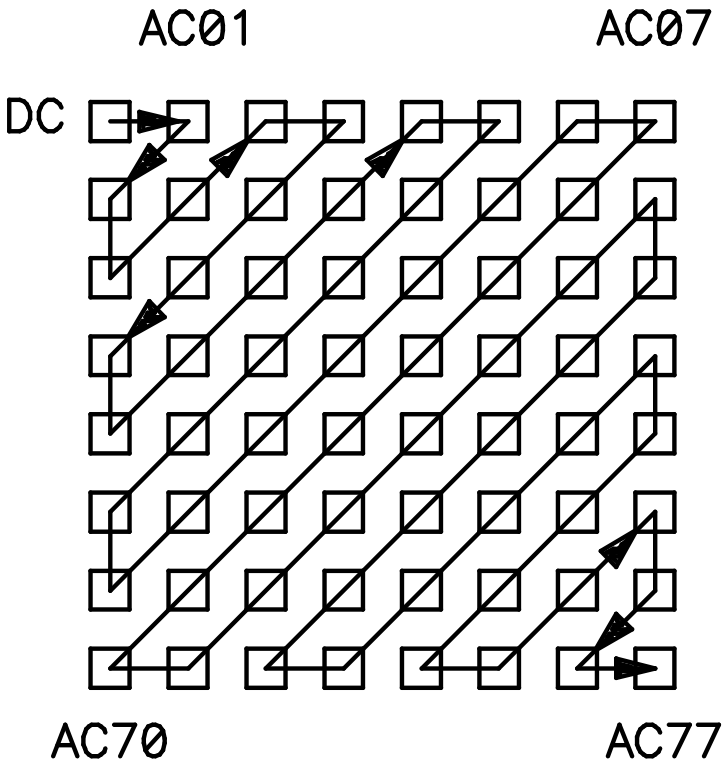
Predição final: Média das duas predições

Quantização Linear e Não-linear

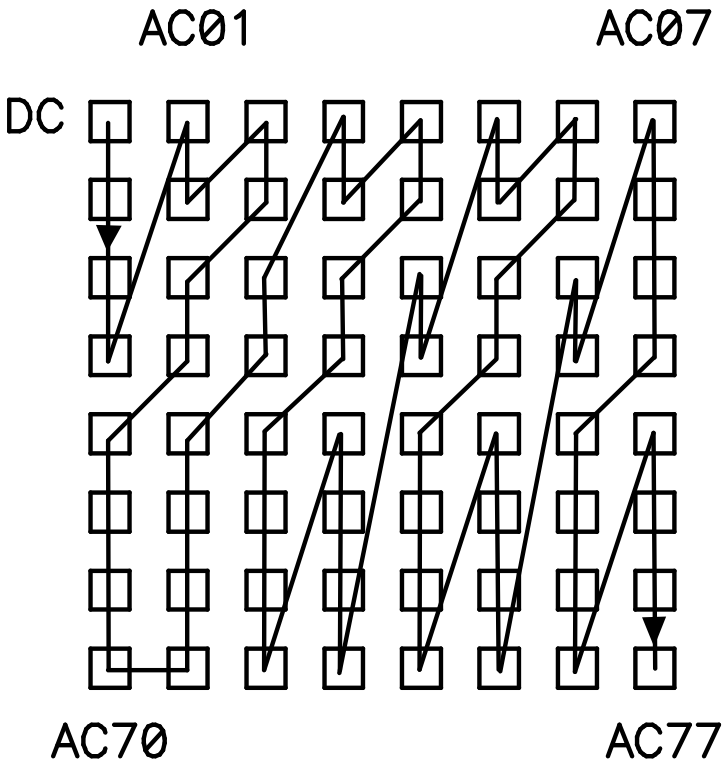




Reordenação dos Coeficientes da DCT



Normal



Alternada

Outras Diferenças entre MPEG-1 e MPEG-2

- Dicionário de Codificação Alternativo
- Fatias de Imagem (“Slices”) não ultrapassam a borda direita da imagem
- MPEG-2 só admite vetores de movimento com precisão de ½ pixel

Outras Diferenças entre MPEG-1 e MPEG-2

- Macroblocos ***Intra*** podem conter vetores de movimento para disfarçar erros de transmissão

- Codificação de filmes pode ser feita em 24 quadros/seg; o decodificador implementa "pulldown 3:2"

Outras Diferenças entre MPEG-1 e MPEG-2

- “Pan & Scan” em imagens 16:9

Imagem 16 x 9

Offset horizontal com precisão de 1/16 de pixel

Display 4:3

Outras Diferenças entre MPEG-1 e MPEG-2

- “Pan & Scan” em imagens 4:3

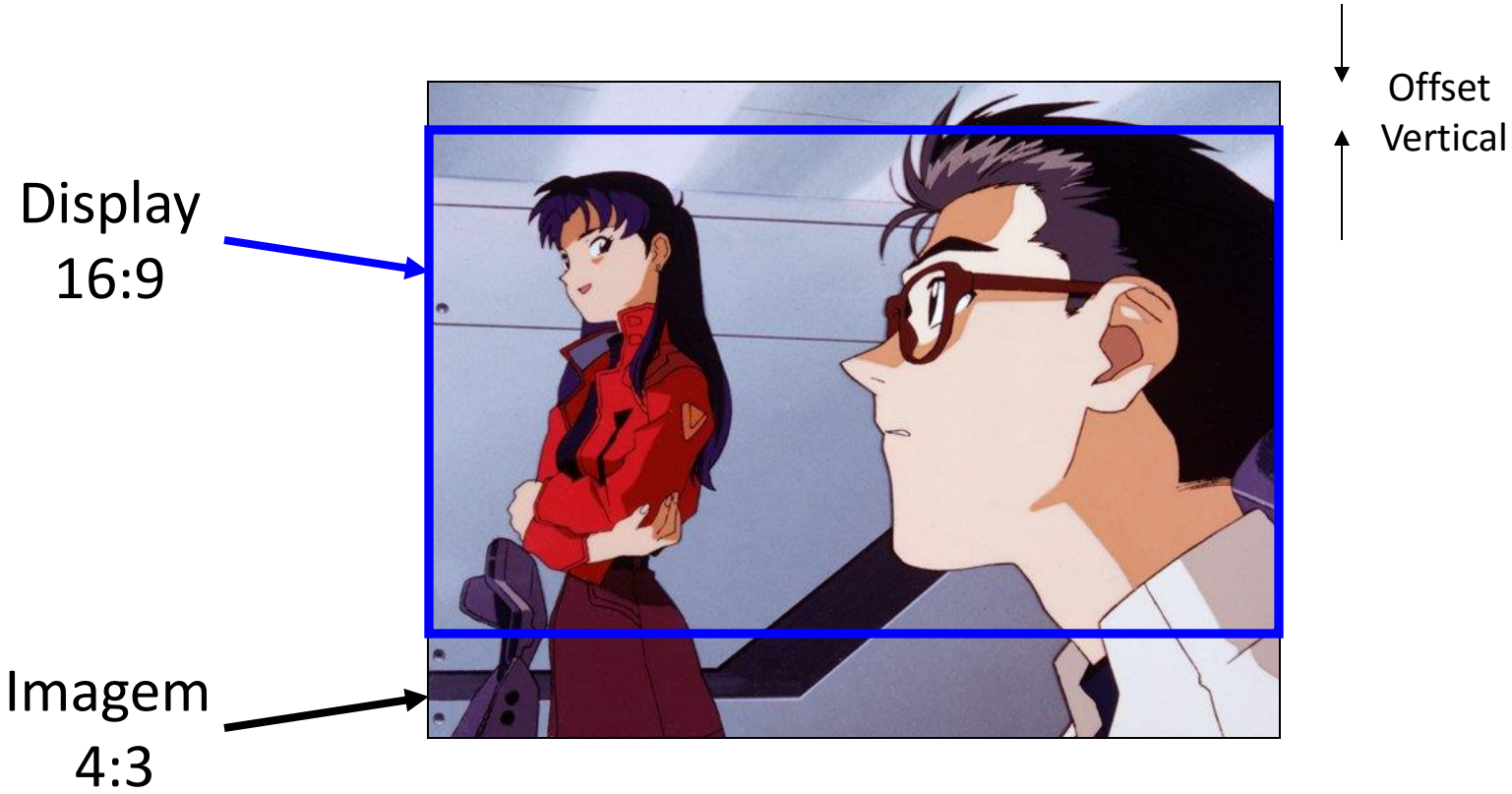


Diagrama de Blocos de um Codificador MPEG-2 Típico

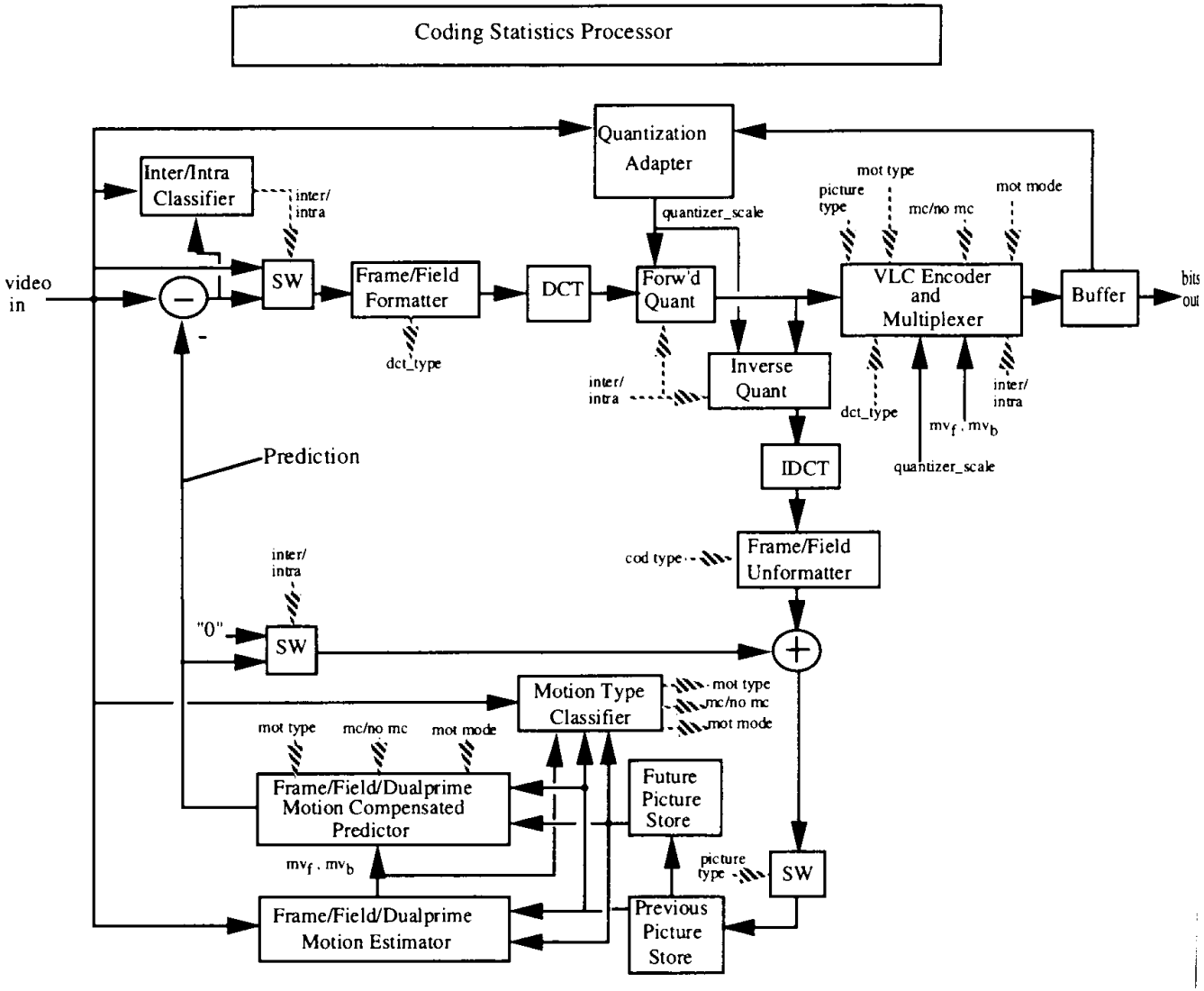
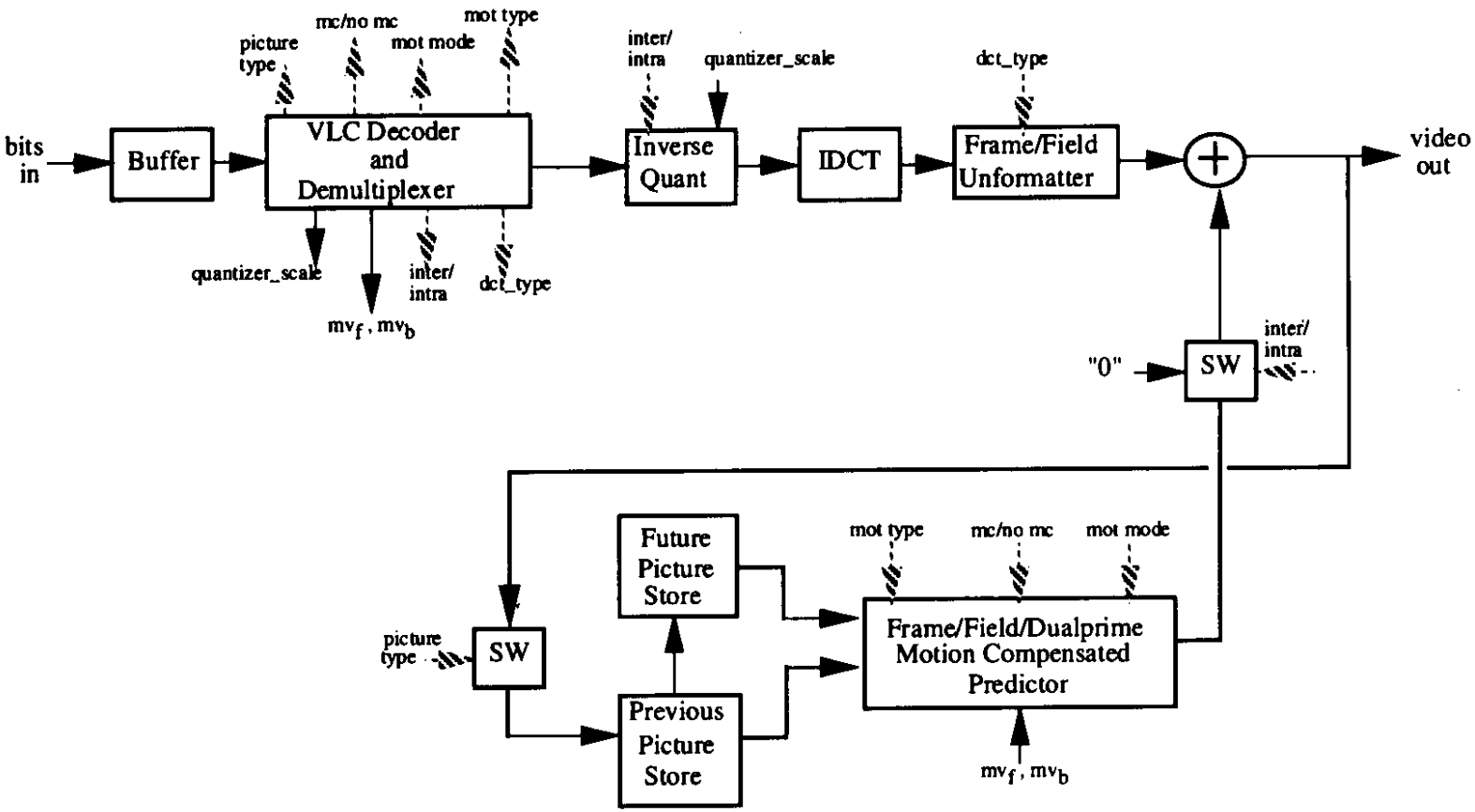


Diagrama de Blocos de um Decodificador MPEG-2 Típico



Desempenho dos Recursos do MPEG-2

Recurso Utilizado	Ganho (dB)
Reordenação Alternada Zig-zag	0,3
Compensação de Movimento Quadro/Campo x MPEG-1	0,5~1,5
Compensação "Dual Prime"	0,5~1,0
DCT por Quadro / Campo	~0,9
Comp. Movimento + DCT Quadro/Campo x MPEG-1	~2,5
"Codebook" 1 x "Codebook" 0 (MPEG-1) (Imagens I)	0,1~0,9
Grupo de Imagens N=9 x N=15	-0,25
Quantizador não-linear	0.0
Imagens de Quadro x Imagens de Campo	~0,9
Imagens de Campo x Quadro (Movimentos rápidos)	~0,5

Defeitos de Processamento com Altas Taxas de Compressão

- *Blocagem* e *"Mosquitos"*: descontinuidades nos contornos dos blocos, causadas por quantização excessiva dos coeficientes da DCT;
- *Perda de detalhes*: texturas suaves são "alisadas", pois a quantização da DCT elimina as componentes de altas freqüências e baixas amplitudes;
- *Segmentação de movimento*: em objetos com texturas de baixo contraste, partes da imagem permanecem estáticas quando não deviam, pois os macroblocos correspondentes (e seus vetores de movimento) foram descartados nas imagens **P** e **B**;
- *Perda de detalhes nos movimentos*: objetos em movimento que apresentam texturas detalhadas tornam-se ruidosos ou difusos devido a erros na detecção de movimento;
- *Vazamento de Croma*: como a crominância é desprezada na detecção de movimento, regiões de cores diferentes com alta saturação podem se misturar na imagem.

Demanda de Recursos Computacionais

- Decodificação Videofone 7.5 q/s 100 kbps: ~30MIPS
- Decodificação MPEG-1 320 x 240, 30 q/s, 1.2 Mbps: ~150 MIPS
- Decodificação MPEG-2 CCIR-601, 30 q/s, 5 Mbps: ~600 MIPS
- Codificação MPEG-1 320 x 240, 30 q/s, 1.2 Mbps: ~5000 MIPS
- Codificação MPEG-2, CCIR601: ~15000 MIPS

Outros Padrões de Compressão de Vídeo

- **MPEG-3:** Destinado à compressão de TV de Alta Definição; abandonado (incorporado ao MPEG-2).

- **MPEG-4:** Codificação genérica de eventos multimídia em baixas taxas
  - Segmentação em planos (Video Object Planes)
  - Ferramentas atualizáveis (“Plug-ins”)

Outros Padrões de Compressão de Vídeo

- **ITU / IEC H.264:** MPEG-4 AVC (Advanced Video Coder)
  - Preditor linear bidimensional para blocos tipo I
  - Blocos 16 x 16, 16 x 8, 8 x 8, 8 x 4, 4 x 4
  - Filtro anti-blocagem
  - Codificação Aritmética

Complexidade computacional: ~5x MPEG-2

Outros Processos de Compressão de Vídeo

- **Windows Media Video 9** (SMPTE VC-1)
  - Similar ao H.264
  - Transformadas DCT 8 x 8, 8 x 4, 4 x 8 e 4 x 4
  - Transformada inteira
  - Tabelas VLC múltiplas, podem ser chaveadas quadro a quadro
  - Codificação eficiente em cenas com “fading”

Outros Processos de Compressão de Vídeo

- **Compressão Fractal:** explora auto-semelhança das imagens “naturais” quanto a translação, escalamento, rotação...

- **Compressão por “Wavelets”:** particionamento em elementos de frequências e localizações espaciais distintas (ex.: Dirac)

Futuro

- UHD TV (Ultra High Definition TV – 8k)
  - Demonstração do sistema Super Hi-Vision (NHK, Maio/2006)
  - 7680 x 4320 pixels, 60 a 120 quadros/s, não entrelaçado
  - 25 a 50 Gb/s, comprimido com 16 encoders MPEG-2 para 250 Mb/s; com Dirac ou HEVC H.265 para 70 Mb/s
  - Transmissão experimental via satélite (21 GHz) e Fibra Óptica
  - Transmissão terrestre experimental em 2 canais de 6 MHz, 2 polarizações, OFDM 4096-QAM, 180 Mb/s