



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
FACULDADE DE ENGENHARIA DA COMPUTAÇÃO E
TELECOMUNICAÇÕES

**Quantização inter adaptativa baseada no sistema visual humano:
análise e aplicações no MPEG-1.**

Luan Assis Gonçalves

BELEM - PARÁ

2015



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
FACULDADE DE ENGENHARIA DA COMPUTAÇÃO E
TELECOMUNICAÇÕES

Luan Assis Gonçalves

**Quantização inter adaptativa baseada no sistema visual humano:
análise e aplicações no MPEG-1.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado para
obtenção do grau de Engenheiro em Engenha-
ria da Computação, do Instituto de Tecnologia,
da Faculdade de Engenharia da Computação e
Telecomunicações.

BELÉM - PARÁ

2015

**Quantização inter adaptativa baseada no sistema visual humano:
análise e aplicações no MPEG-1.**

Este trabalho foi julgado adequado em xx/xx/2015 para a obtenção do Grau de Engenheiro da Computação, aprovado em sua forma final pela banca examinadora que atribui o conceito _____.

Prof. Dr. Ronaldo de Freitas Zampolo
ORIENTADOR

Prof. Dr. Evaldo Gonçalves Pelaes
MEMBRO DA BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Valquíria Gusmão Macedo
MEMBRO DA BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Francisco Carlos Bentes Frey Müller
DIRETOR DA FACULDADE DE ENGENHARIA
DA COMPUTAÇÃO E TELECOMUNICAÇÕES

Aos anjos em minha vida
Helena e Antônio.

Agradecimentos

*"Qualquer um que nunca tenha cometido um erro nunca
tentou algo novo."
Albert Einstein*

Resumo

Palavras-chave: Compressão, Quantização, Codificação perceptual.

Abstract

Keywords: Compression, Quantization, Perceptual Coding.

Lista de Figuras

2.1	Reduções da fonte [1].	19
2.2	Codificação da fonte reduzida [1].	19
2.3	Fluxograma do codificador JPEG.	22
2.4	Fluxograma do decodificador JPEG.	22
2.5	Compensação de movimento pra frente.	24
2.6	Compensação de movimento bidirecional.	25
2.7	Fluxograma do codificador MPEG.	26
2.8	Sequência de imagens dentro de um GOP.	26
2.9	Fluxograma do decodificador MPEG.	27

Lista de Tabelas

2.1	Exemplo de codificação aritmética.	20
2.2	Tabela de quantização padrão.	23
2.3	Padrão zigzag.	23
2.4	Exemplo de subimagem.	23
2.5	Subimagem da tabela 2.4 quantizada.	23

Lista de Abreviaturas e Siglas

CD Compact Disc

DCT Discrete Cosine Transform

DPCM Differential pulse-code modulation

DVD Digital Versatile Disc

HVS Human Visual System

IDCT Inverse Discrete Cosine Transform

ITU International Telecommunication Union

JPEG Joint Photographic Experts Group

MPEG Moving Picture Experts Group

TV Television

Sumário

1	Introdução	14
1.1	Motivação	14
1.2	Visão geral do trabalho	14
1.3	Organização do trabalho	15
2	Fundamentos de compressão de imagens e vídeos	16
2.1	Introdução	16
2.2	Redundância	16
2.3	Teoria da Informação	17
2.3.1	Primeiro teorema de Shannon	18
2.3.2	Entropia	18
2.4	Alguns métodos básicos de compressão	18
2.4.1	Métodos	19
2.5	Os padrões JPEG e MPEG	21
2.5.1	JPEG	21
2.5.2	MPEG-1	23
3	Qualidade visual	28
3.1	Introdução	28
3.2	Artefatos provenientes do processo de compressão	28
4	Proposta	30
4.1	Introdução	30
5	Resultados	31
5.1	Introdução	31

6	Considerações finais	32
6.1	Conclusões	32
6.2	Trabalhos futuros	32
	Referências Bibliográficas	33

Capítulo 1

Introdução

1.1 Motivação

Com a expansão de tecnologias como a TV digital, streaming de vídeo e DVD, a compressão de vídeo tornou-se elemento indispensável para as transmissões broadcast e mídias de entretenimento. Neste contexto, pesquisas relacionadas à área foram potencializadas a fim de otimizar a utilização da banda de transmissão, resultando no surgimento de novos padrões de compressão de imagens e vídeos.

Embora o poder de processamento computacional, armazenamento e a largura de banda disponível para transmissão de dados tenham evoluído, ainda assim, a necessidade de métodos que possam prover taxas consideráveis de compressão e baixas taxas de distorção é um desafio. Esta realidade é evidenciada em trabalhos como [2], [3], [4] e [5].

A situação apresentada anteriormente potencializa-se com a expansão dos dispositivos móveis. Em [6] é feita uma projeção de que nos próximos 5 anos o planeta terá mais dispositivos móveis conectados à internet do que habitantes, gerando um fluxo de cerca de 10 imagens e 1 vídeo por habitante ao dia.

1.2 Visão geral do trabalho

Na literatura há trabalhos que abordam de maneira profunda as bases teóricas da compressão de imagens e vídeos, enquanto outros tem como foco principal os aspectos práticos e de implementação. Na fase de graduação observa-se que os discentes muitas vezes são expostos a conceitos teóricos de teoria de informação e processamento de sinais e poucas vezes tem

contato com suas aplicações.

Portanto, este trabalho tem como objetivo abordar teoria e prática, fundamentando os conceitos de compreensão de imagens e vídeos através de implementações dos padrões *JPEG* e *MPEG-I*, bem como abordar os aspectos de qualidade visual.

1.3 Organização do trabalho

O restante deste documento está organizado da seguinte forma:

- Capítulo 2: são apresentados conceitos básicos relacionados à compressão de imagens e vídeos e suas áreas afins, como teoria de informação e processamento de sinais. Por fim, uma visão geral dos padrões *JPEG* e *MPEG-I* é apresentada;
- Capítulo 3: neste capítulo, o foco é a avaliação da qualidade visual de imagens e vídeos depois do processo de descompressão;
- Capítulo 4: um método para gerar dinamicamente tabelas de quantização baseadas no sistema visual humano é analisado, a fim de melhorar a qualidade visual dos vídeos codificados.
- Capítulo 5: são apresentados e discutidos neste capítulo os resultados obtidos;
- Capítulo 6: a partir da análise detalhada dos resultados, serão apresentadas as conclusões da técnica analisada, destacando suas vantagens e desvantagens.

Capítulo 2

Fundamentos de compressão de imagens e vídeos

2.1 Introdução

Neste capítulo abordam-se as bases teóricas deste trabalho, apresentando o processo de compressão de imagens e vídeos. Primeiramente, o conceito de redundância, presente em arrays 2D, será abordado, fazendo-se a relação com a teoria da informação. Em seguida, é discutida uma possível classificação dos tipos de compressão quanto a preservação do sinal original. Por fim, analisa-se o funcionamento dos padrões JPEG e MPEG-1.

2.2 Redundância

O processo de compressão de dados consiste em reduzir a quantidade de bits necessária para representar uma dada informação. Neste contexto, os conceitos de dados e informação são diferentes, em que os dados são os meios pelos quais as informações são transmitidas [1].

Seguindo esta linha de raciocínio, uma informação pode ser representada de infinitas maneiras. Desta forma, o questionamento a ser respondido quando se objetiva a compressão de dados é: qual representação forneceria o menor volume de dados sem que haja perda de informação?

A compressão é obtida através da eliminação dos dados redundantes presentes na representação de uma informação. Em se tratando de arrays bidimensionais, os principais tipos de redundância são:

- *Redundância de codificação*: surge quando a quantidade de bits utilizada para representar as intensidades presentes em um array 2D é superior à quantidade necessária.
- *Redundância espacial e temporal*: devido à grande parte dos pixels presentes em um array 2D estarem espacialmente correlacionados, surge a redundância espacial. Já as sequências de vídeo estão sujeitas a mais outro tipo de redundância, a temporal, em que os pixels de quadros vizinhos encontram-se correlacionados, devido à grande semelhança entre quadros próximos.
- *Redundância psicovisual*: é originada a partir das características do sistema visual humano (HVS, do inglês human visual system). Sua resposta aos estímulos visuais é uma função não linear de grandezas físicas, como intensidade luminosa e cores.

A quantificação do volume de dados redundantes presente em uma representação de imagem é necessária, a fim de quantificar a compressão obtida. Sendo assim, assumindo que b e b' são, respectivamente, o volume de dados presentes na representação real de uma imagem e o volume de dados presentes em uma representação comprimida da mesma. A *redundância relativa* R é dada,

$$R = 1 - \frac{1}{c} \quad (2.1)$$

em que c é a *taxa de compressão*, definida.

$$c = \frac{b}{b'} \quad (2.2)$$

2.3 Teoria da Informação

Durante a década de 40, no período da Segunda Guerra Mundial, o processo de troca de informações tornou-se fundamental. Dessa forma, surgiu a necessidade de quantificar o volume de bits necessário para a transmissão de uma determinada informação, a fim de otimizar a utilização do canal disponível.

Neste contexto, Claude Elwood Shannon ficou conhecido com o “pai da teoria da informação” ao propor com sucesso uma medida de informação própria para medir incerteza sobre espaços desordenados.

2.3.1 Primeiro teorema de Shannon

Segundo a equação 2.3, pode-se provar, através do teorema da codificação sem perda [7], que é possível representar a saída de um sistema sem memória com uma média H de unidades de informação por pixel,

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \left[\frac{L_{avg,n}}{n} \right] = H \quad (2.3)$$

em que, $L_{avg,n}$ é o tamanho médio dos códigos necessários para representar todos os grupos de n símbolos e H é a entropia.

2.3.2 Entropia

A entropia, equação 2.4, é uma métrica utilizada em diversas áreas do conhecimento, como na química e física. Em se tratando de informações, a entropia representa o grau de incerteza de uma fonte.

Sendo (a_1, a_2, \dots, a_J) o conjunto de símbolos de uma determinada fonte, a entropia é dada pela informação média associada a cada símbolo.

$$H = - \sum_{j=1}^J P(a_j) \log_b P(a_j) \quad (2.4)$$

No caso de imagens digitais, em que a unidade de representação é o *bit*, temos que $b = 2$ na equação 2.4.

2.4 Alguns métodos básicos de compressão

De maneira geral, existem dois tipos de compressão, com e sem perda, com as seguintes características:

- Sem perda: objetiva comprimir uma determinada informação sem que a mesma seja afetada. Para isso códigos diferentes do código natural são atribuídos aos símbolos.
- Com perda: objetiva alcançar um maior nível de compressão através da eliminação de elementos sem que a informação seja fortemente afetada, de forma que a mesma possa ser entendida.

2.4.1 Métodos

Existem vários métodos de codificação com e sem perda. Dentre eles, os mais utilizados são:

1. Sem perda:

- **Huffman:** a codificação de Huffman é um método de codificação de tamanho variável que consiste na atribuição de palavras código menores para símbolos mais frequentes e maiores para os símbolos menos frequentes, [8].

O primeiro passo é rearranjar as probabilidades dos símbolos da fonte em ordem decrescente e fazer reduções sucessivas, como na figura 2.1.

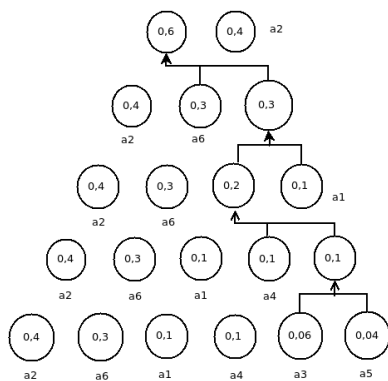


Figura 2.1: Reduções da fonte [1].

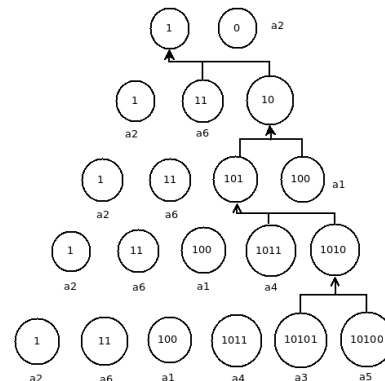


Figura 2.2: Codificação da fonte reduzida [1].

Por fim, deve-se codificar cada fonte reduzida seguindo o sentido inverso das reduções atribuindo 0 para as menores probabilidades e 1 para as maiores, ou vice-versa, como na figura 2.2.

- **Codificação aritmética:** é um método de codificação de tamanho variável que trabalha de maneira bem diferente em relação a codificação de Huffman. Sua abordagem atribui faixas de valores, entre 0 e 1, para cada símbolo e por fim atribui palavras código aos intervalos [9].

Considerando o alfabeto $s = (s_1, s_2, s_3, s_4)$, suponhamos que queremos codificar a mensagem $s_1s_2s_4$. Primeiramente calculam-se as probabilidades dos símbolos-fonte, as quais irão ocupar segmentos proporcionais do intervalo $[0, 1]$. Depois devemos fazer sucessivas divisões proporcionais dos símbolos dentro dos segmentos, seguindo a ordem dos símbolos da mensagem, como na tabela 2.1.

Símbolo -fonte	Probabilidade	Subintervalo inicial	Codificação s1	Codificação s1s2	Codificação s1s2s4
s1	0,2	[0,0, 0,2)	[0,0, 0,04)	[0,04, 0,048)	[0,072, 0,0736)
s2	0,2	[0,2, 0,4)	[0,04, 0,08)	[0,048, 0,056)	[0,0736, 0,0752)
s3	0,4	[0,4, 0,8)	[0,08, 0,16)	[0,056, 0,072)	[0,0752, 0,0784)
s4	0,2	[0,8, 1,0)	[0,16, 0,2)	[0,072, 0,08)	[0,0784, 0,08)

Tabela 2.1: Exemplo de codificação aritmética.

Por fim, escolhe-se um número dentro do intervalo atribuído para uma determinada mensagem que deverá representar a mesma. No caso da mensagem $s1s2s4$, foi atribuída a faixa $[0,072, 0,08)$ e cada valor dentro da mesma poderá ser escolhido para representar esta mensagem.

- Run-length: inicialmente produzida para a compressão para ser utilizada na tecnologia de FAX, cujas imagens são binárias.

A codificação run-length é executada linha a linha começando com o valor inicial (0 ou 1) seguido pelo número de repetições sucessivas. Quando houver a mudança de valor basta acrescentar o número de repetições sucessivas, pois sabe-se que o próximo valor é a negação do anterior.

2. Com perda:

- DPCM: Sinais, como o de voz e imagens, possuem um alto grau de correlação entre amostras.

Considerando que uma determinada amostra pode ser representada por

$$f(n) = \hat{f}(n) + e(n) \quad (2.5)$$

em que $\hat{f}(n)$ é uma aproximação da amostra original e $e(n)$ é erro associado a mesma, o erro médio quadrático de predição pode ser minimizado através de uma melhor aproximação do sinal original.

Na codificação DPCM (do inglês Differential Pulse-Code Modulation), se $e(n) \rightarrow 0$, temos que a aproximação do sinal original pode ser representada por uma combinação linear descrita em

$$\hat{f}(n) = \sum_{i=1}^m \alpha_i f(n-i) \quad (2.6)$$

em que os coeficientes devem ser calculado através da minimização da expressão 2.7.

$$E\{e(n)^2\} = E \left\{ \left[f(n) - \sum_{i=1}^m \alpha_i f(n-i) \right]^2 \right\} \quad (2.7)$$

- Codificação baseada em transformada de blocos: é uma técnica de compressão que consiste em dividir uma imagem em blocos não sobrepostos de tamanhos iguais (geralmente 8×8). Uma transformada linear reversível, como a transformada de Fourier e a transformada cosseno, é utilizada para mapear estes blocos em um conjunto de coeficientes que por fim serão submetidos a um processo de quantização [1].

2.5 Os padrões JPEG e MPEG

Informações visuais exercem uma grande influência sob a percepção humana: cerca de 80 – 90% dos neurônios estão relacionados com o processamento de informações visuais [10]. Dessa forma, não é de se surpreender que imagens e vídeos sejam cada vez mais explorados digitalmente.

Seguindo essa tendência, intensificaram-se as buscas por métodos capazes de otimizar a utilização da banda de transmissão sem que a informação seja prejudicada. Neste contexto surgiram o JPEG [11] e MPEG-1 [12], [13], [14].

2.5.1 JPEG

Em meados da década de 80, a União Internacional de Telecomunicações (ITU, do inglês International Telecommunication Union) concentrou seus esforços para a criação de um padrão de compressão de imagens estáticas. Desta forma deu-se a origem do JPEG.

Este padrão consiste em uma combinação de duas técnicas de compressão, com e sem perda (quantização e codificação de entropia). Como pode ser notado nas figuras 2.3 e 2.4, o codificador e o decodificador baseados em entropia, respectivamente, do *JPEG baseline* [1], são destacados pela cor azul.

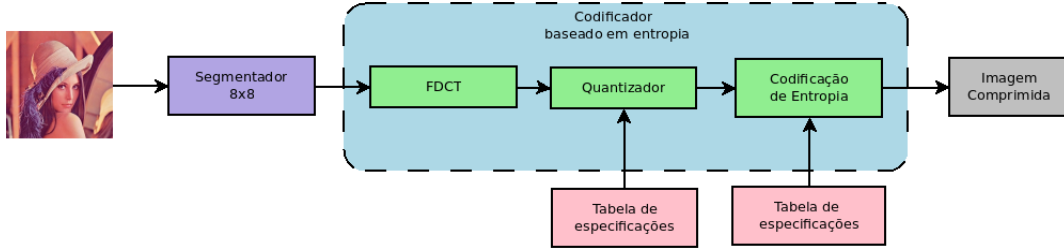


Figura 2.3: Fluxograma do codificador JPEG.

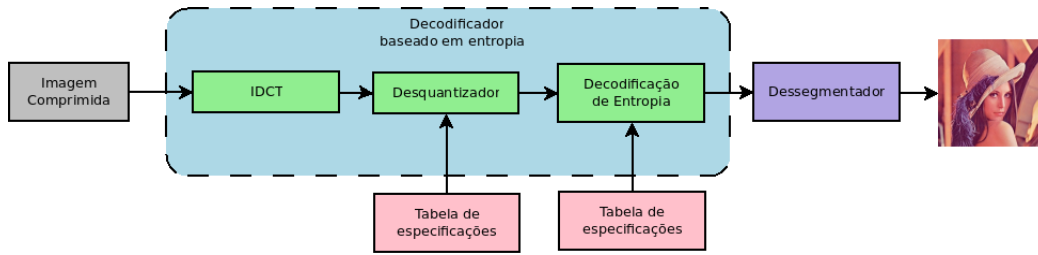


Figura 2.4: Fluxograma do decodificador JPEG.

2.5.1.1 JPEG baseline

No sistema “baseline”[1] o processo de compressão é composto por três passos sequenciais: cálculo da transformada cosseno discreta, quantização e determinação dos códigos de tamanho variável para cada símbolo.

Inicialmente, a imagem é subdividida em blocos 8×8 . Depois que os blocos são encontrados, seus valores são deslocados, subtraindo 2^{k-1} unidades, em que 2^k é o número máximo de níveis de intensidade. Então, aplica-se a transformada cosseno discreta 2D [15], seguida pelo processo de quantização,

$$\hat{T}(u, v) = \text{round} \left(\frac{T(u, v)}{Z(u, v)} \right) \quad (2.8)$$

em que $\hat{T}(u, v)$ é o bloco quantizado (tabela 2.5), $T(u, v)$ é o bloco transformado e $Z(u, v)$ é a tabela de quantização (tabela: 2.2).

Por fim, os coeficientes dos blocos quantizados são reordenados no padrão zigzag (tabela: 2.3), resultadondo em um arrey 1D,

$$[-26 -3 1 -3 -2 -6 2 -4 1 -4 1 1 5 0 2 0 0 -1 2 0 0 0 0 0 -1 -1 \text{EOB}]$$

e codificados com base nas tabelas de Huffman, pré definidas, apresentadas em [11], as quais

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 2.2: Tabela de quantização padrão.

0	1	5	6	14	15	27	28
2	4	7	13	16	26	29	42
3	8	12	17	25	30	41	43
9	11	18	24	31	40	44	53
10	19	23	32	39	45	52	54
20	22	33	38	46	51	55	60
21	34	37	47	50	56	59	61
35	36	48	49	57	58	62	63

Tabela 2.3: Padrão zigzag.

52	55	61	66	70	61	64	73
63	59	66	90	109	85	69	72
62	59	68	113	144	104	66	73
63	58	71	122	154	106	70	69
67	61	68	104	126	88	68	70
79	65	60	70	77	63	58	75
85	71	64	59	55	61	65	83
87	79	69	68	65	76	78	94

Tabela 2.4: Exemplo de subimagem.

-26	-3	-6	2	2	0	0	0
1	-2	-4	0	0	0	0	0
-3	1	5	-1	-1	0	0	0
-4	1	2	-1	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

Tabela 2.5: Subimagem da tabela 2.4 quantizada.

agrupam derivações dos métodos DPCM e run-length¹, mencionando na seção 2.4.1.

O processo de decodificação é obtido através da simples inversão da ordem das operações.

2.5.2 MPEG-1

O MPEG-1 é um método versátil de compressão de vídeos com perda, pois pode ser aplicado a uma grande variedade de formatos de entradas. Porém, foi otimizado para aplicações que suportam taxas contínuas de transferência de bits de 1.5Mbps (CD, do inglês Compact Disc).

Como mencionado na seção 2.2, os vídeos estão sujeitos a redundância temporal devido a alta semelhança entre frames vizinhos. Por isso, antes de falar do MPEG-1 abordaremos o

¹ A palavra código EOB significa que os coeficientes são iguais a 0 daquele ponto até o último coeficiente AC.

processo de estimação e compensação de movimentos baseados em blocos, a fim de eliminar informações irrelevantes entre frames.

2.5.2.1 Estimação e compensação de movimentos baseados em blocos

Objetivando-se reduzir a redundância temporal entre frames poderia se pensar em armazenar apenas a diferença entre os frames, porém este processo pode ser otimizado através da utilização de macroblocos. Por isso pode-se dizer que este método é uma variação da codificação PDCM.

Inicialmente consideremos uma imagem atual em que temos um macrobloco de dimensões $m \times n$ e uma imagem anterior com um macrobloco de mesmas dimensões com a menor diferença possível. Estes dois macroblocos possuem um deslocamento relativo designado por “vetor de deslocamento” e esta diferença é designada por “erro de predição”. A este processo dá-se o nome de compensação de movimento pra frente. (fig:2.5).

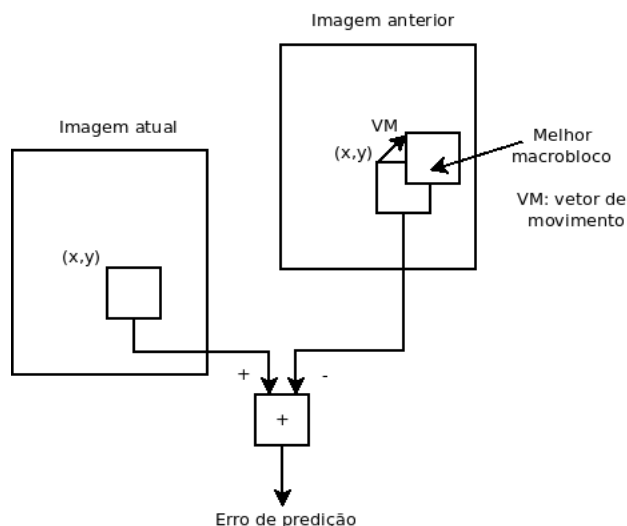


Figura 2.5: Compensação de movimento pra frente.

Também pode-se estender este raciocínio, tomando como base uma imagem atual, uma anterior e uma posterior a fim de obter a menor diferença possível. Este processo chama-se compensação de movimento bidirecional. (fig:2.6).

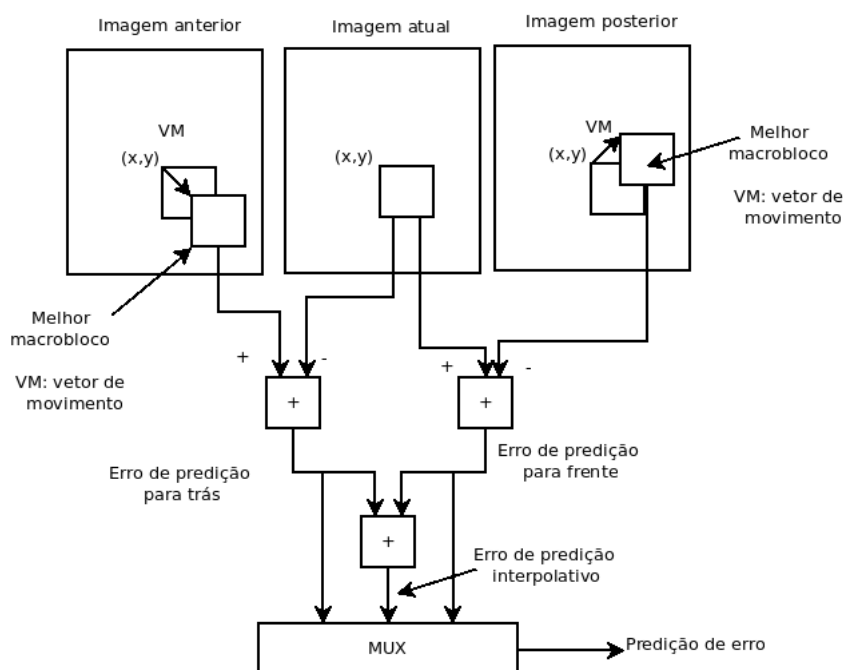


Figura 2.6: Compensação de movimento bidirecional.

2.5.2.2 Algoritmo

O padrão MPEG-1 não reconhece entradas entrelaçadas, por isso utiliza-se a denominação de “imagens” ao invés de “frames”. Há três tipos de imagens que podem ser classificadas em dois métodos de compressão:

1. Intra imagem:

- I (intra): não leva em consideração imagens vizinhas.

2. inter imagens²:

- P (predita): imagem processada com base na imagem I anterior.
- B (bidirecionalmente predita): imagem processada com base na imagem I anterior e na imagem P posterior, ou vice sersa.

Para o codificador (fig: 2.7), inicialmente os canais Cb e Cr são disimados segundo o padrão 4:2:0 [16] e defini-se a ordem dos tipos de imagens dentro de um GOP (do inglês group of images), de acordo com as necessidades. A mais comum é mostrada na figura 2.8.

²As imagens codificadas dessa forma utilização a metodologia apresentada no item 2.5.2.1.

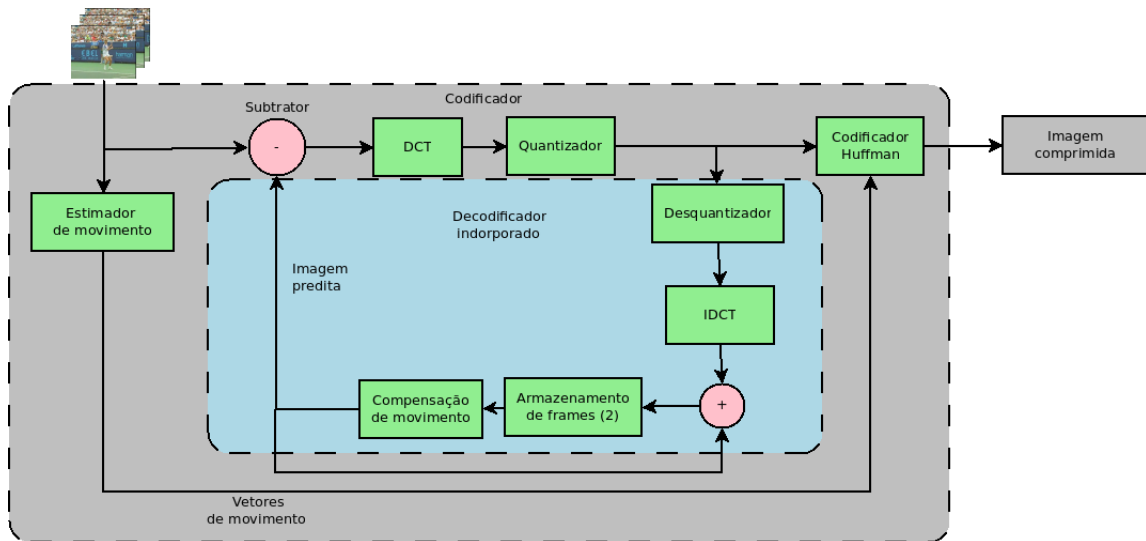


Figura 2.7: Fluxograma do codificador MPEG.

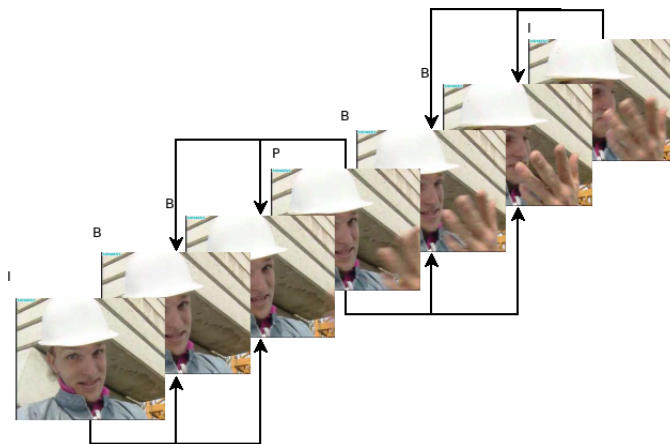


Figura 2.8: Sequência de imagens dentro de um GOP.

Depois que cada tipo de imagem foi processada, as imagens I, P e B são codificadas conforme descrito no padrão JPEG, porém as duas últimas utilizam a codificação de huffman descrita em [12] para armazenar os vetores de deslocamento.

Para o decodificador (fig:2.9), deve-se trabalhar por grupos de imagens, recuperando as imagens segundo o decodificador JPEG e recuperando as imagens originais na seguinte ordem:

1. I_i : não há compensação de movimento. Deve ser reconstruído através do decodificador JPEG;
2. P_{i+3} : cada macrobloco é submetido a IDCT e a compensação de movimento com base em I_i .
3. B_{i+1} : cada macrobloco é submetido a IDCT e a compensação de movimento com base em I_i e P_{i+3} .
4. B_{i+2} : repete-se os passos descritos em B_{i+1} .
5. B_{i+4} : repete-se os passos descritos em B_{i+1} com base em P_{i+3} e I_{i6} .
6. B_{i+5} : repete-se os passos descritos em B_{i+4} .
7. I_{i6} : repete-se o processo descrito em I_{i6} .

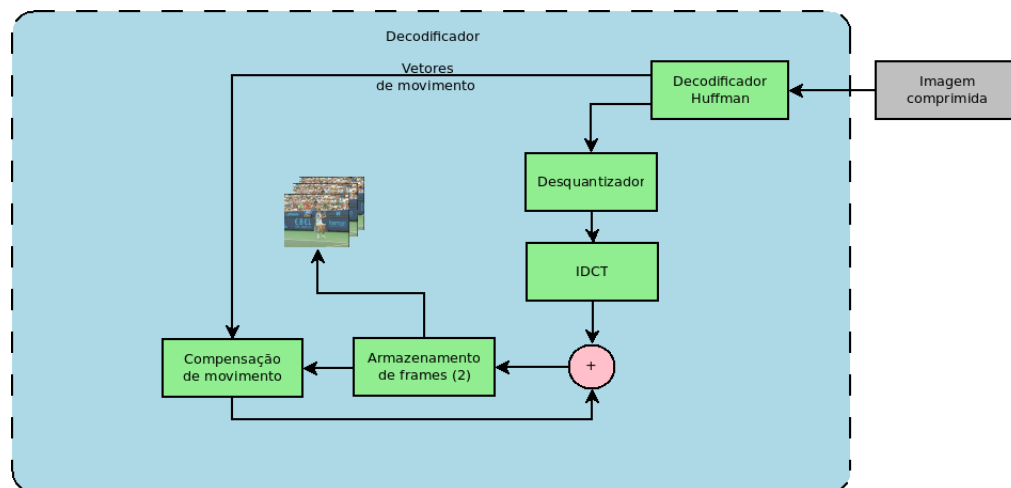


Figura 2.9: Fluxograma do decodificador MPEG.

Capítulo 3

Qualidade visual

3.1 Introdução

O processo de evolução da espécie humana atribuiu uma grande importância às informações visuais. Não é de se espantar que existam grandes esforços voltados para pesquisas que objetivam encontrar métodos capazes de avaliar, bem como melhorar a qualidade visual de imagens e vídeos.

O conhecimento das características do sistema visual humano (HVS, do inglês human visual system) é fundamental para o desenvolvimento de metodologias eficazes no processo de melhoria da qualidade visual. Embora o nosso conhecimento do HVS seja muito limitado, há de se reconhecer que já nos proporcionaram bons resultados, como em [17] e [18]. Neste contexto, os processos de captura, exibição, armazenamento e transmissão deveram ser adaptados a fim de gerar representações mais exatas das imagens reais.

Este capítulo tem como objetivo apresentar os aspectos principais da qualidade visual bem como apresentar maneiras de quantificá-la, com foco em compressão de imagens e vídeos digitais.

3.2 Artefatos provenientes do processo de compressão

Na seção 2.5 foi mencionado que o JPEG e o MPEG-1 realizam uma quantização dos blocos transformado, a fim de eliminar a redundância espacial. Em alguns sistemas este processo é o único responsável pelo surgimento de distorções, apesar de não ser o único fator capaz de afetar a qualidade visual. Alguns dos tipos de artefatos mais comuns em sequências de vídeos

são listados a seguir:

- Efeito de blocagem:
- Vazamento de cores:
- Efeito de imagem base da DCT:
- Efeito ressonante:
- Aliasing:

Capítulo 4

Proposta

4.1 Introdução

Capítulo 5

Resultados

5.1 Introdução

Capítulo 6

Considerações finais

6.1 Conclusões

6.2 Trabalhos futuros

Referências Bibliográficas

- [1] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, *Digital Image Processing (3rd Edition)*. Upper Saddle River, NJ, USA: Prentice-Hall, Inc., 2006.
- [2] A. Redondi, M. Cesana, and M. Tagliasacchi, “Low bitrate coding schemes for local image descriptors,” 2012, pp. 124–129, cited By 6. [Online]. Available: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84870605750&partnerID=40&md5=36a3c310d83eb80c36005d94ec72ffaa>
- [3] C. Singh, N. Singh, and R. Tripathi, “Optimization of standards for video compression tools over wireless networks,” 2012, pp. 114–118, cited By 0. [Online]. Available: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84862111611&partnerID=40&md5=c04186a826548dc0706b41c12308327f>
- [4] H. Song and C.-C. Jay Kuo, “Rate control for low-bit-rate video via variable-encoding frame rates,” *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, vol. 11, no. 4, pp. 512–521, 2001, cited By 88. [Online]. Available: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-0035307517&partnerID=40&md5=b2d06ea8d0e2cac993c70f68745c1039>
- [5] B. Vizzotto, B. Zatt, M. Shafique, S. Bampi, and J. Henkel, “A model predictive controller for frame-level rate control in multiview video coding,” 2012, pp. 485–490, cited By 1. [Online]. Available: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84868110949&partnerID=40&md5=1ef2b60451ea8a334c78401dca4ddff0>
- [6] “Em 5 anos, o planeta terá mais dispositivos móveis ligados à Internet do que habitantes.” [Online]. Available: <http://startupi.com.br/2013/02/em-5-anos-o-planeta-tera-mais-dispositivos-moveis-ligados-a-internet-do-que-pessoas/>

- [7] C. Shannon, "A mathematical theory of communication," *Bell System Technical Journal*, vol. 27, pp. 379–423, 623–656, 1948.
- [8] D. A. Huffman, "A method for the construction of minimum-redundancy codes," *Proceedings of the Institute of Radio Engineers*, vol. 40, no. 9, pp. 1098–1101, September 1952.
- [9] V. Bhaskaran and K. Konstantinides, *Image and Video Compression Standards: Algorithms and Architectures*, 2nd ed. Norwell, MA, USA: Kluwer Academic Publishers, 1997.
- [10] R. A. Young, "Oh say, can you see? the physiology of vision," *Proc. SPIE*, vol. 1453, pp. 92–123, 1991. [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.1117/12.44348>
- [11] I. Telegraph and T. C. Committee, *CCITT Recommendation T.81: Terminal Equipment and Protocols for Telematic Services : Information Technology - Digital Compression and Coding of Continuous-tone Still Images - Requirements and Guidelines*. International Telecommunication Union, 1993. [Online]. Available: <https://books.google.com.br/books?id=XCcXHwAACAAJ>
- [12] T. S. S. of ITU., *ITU-T Recommendation H.261: Line Transmission of Non-Telephone Signals : Video Codec for Audiovisual Services at P X 64 Kbits*. International Telecommunication Union, 1993. [Online]. Available: <https://books.google.com.br/books?id=WG3jHgAACAAJ>
- [13] J. Bialkowski, M. Barkowsky, and A. Kaup, "Fast video transcoding from h.263 to h.264/mpeg-4 avc," *Multimedia Tools Appl.*, vol. 35, no. 2, pp. 127–146, Nov. 2007. [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.1007/s11042-007-0126-7>
- [14] T. Wiegand, G. Sullivan, G. Bjontegaard, and A. Luthra, "Overview of the h.264/avc video coding standard," *Circuits and Systems for Video Technology, IEEE Transactions on*, vol. 13, no. 7, pp. 560–576, July 2003.
- [15] K. Cabeen and P. Gent, "Image compression and the discrete cosine transform," *College of the Redwoods*, 1998.
- [16] C. Poynton, "Chroma subsampling notation," *Retrieved June*, vol. 19, p. 2004, 2002.

- [17] J. Li, J. Koivusaari, J. Takala, M. Gabbouj, and H. Chen, “Human visual system based adaptive inter quantization.”
- [18] S. Chikkerur, V. Sundaram, M. Reisslein, and L. J. Karam, “Objective video quality assessment methods: A classification, review, and performance comparison,” *Broadcasting, IEEE Transactions on*, vol. 57, no. 2, pp. 165–182, 2011.