

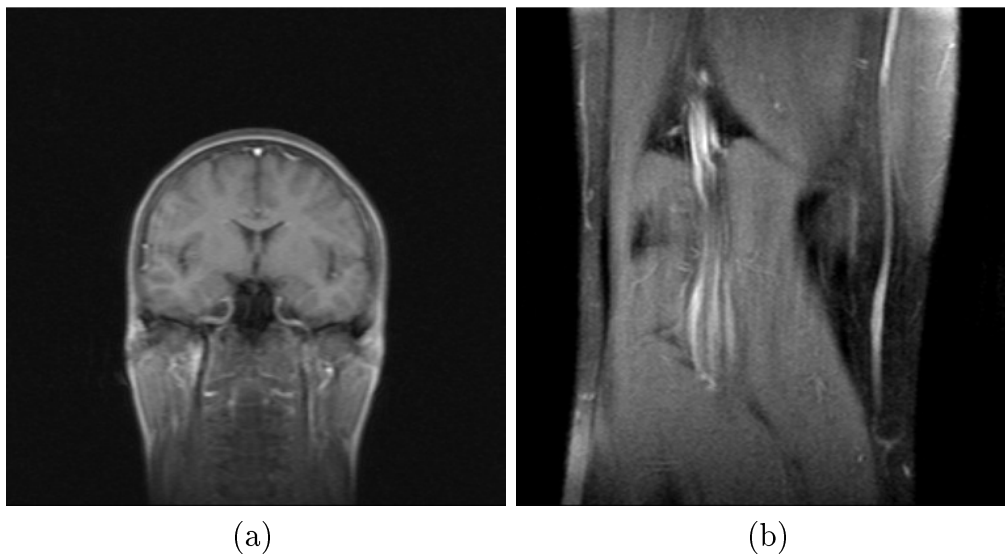


Figura 3.9: (a) Imagem do encéfalo; (b) imagem do joelho.

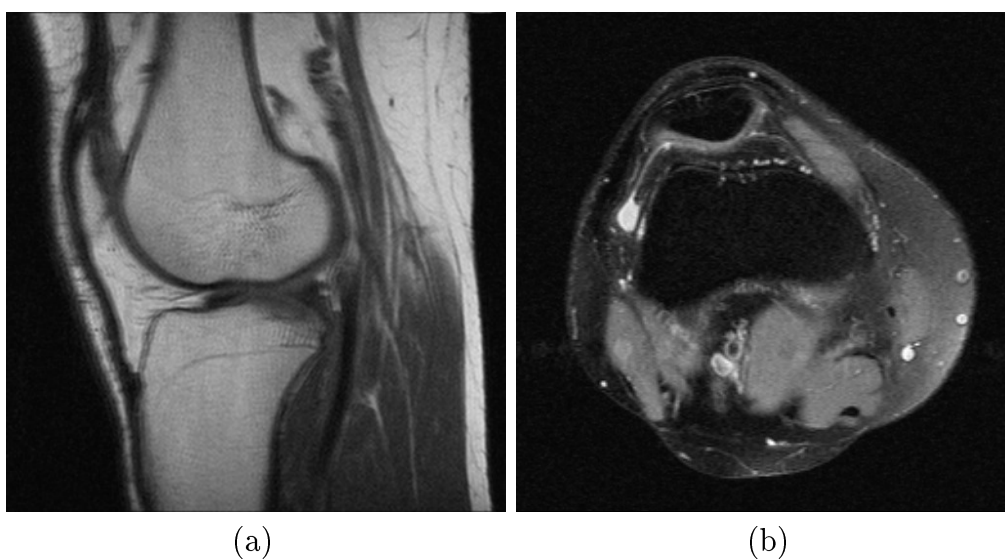


Figura 3.10: Imagens do joelho.

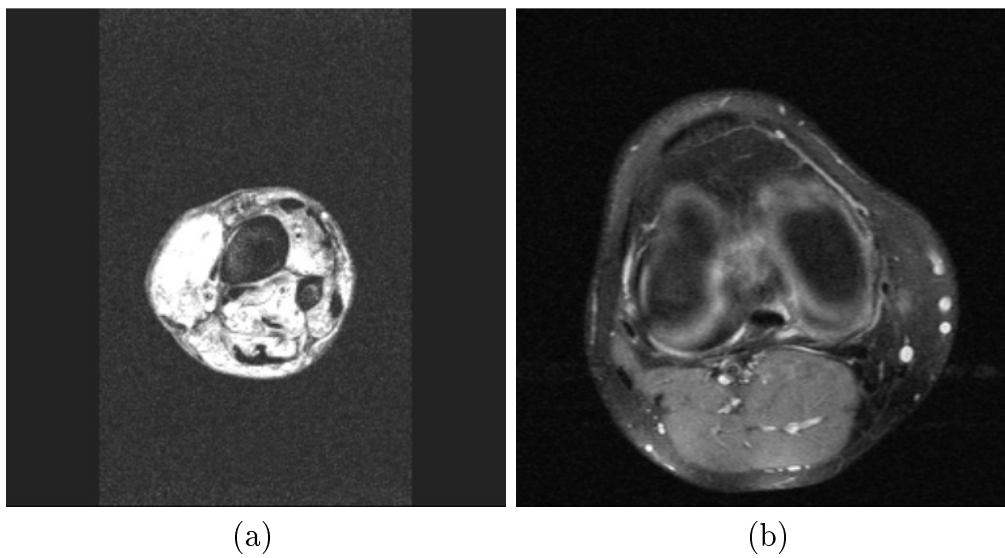


Figura 3.11: Imagens do joelho.

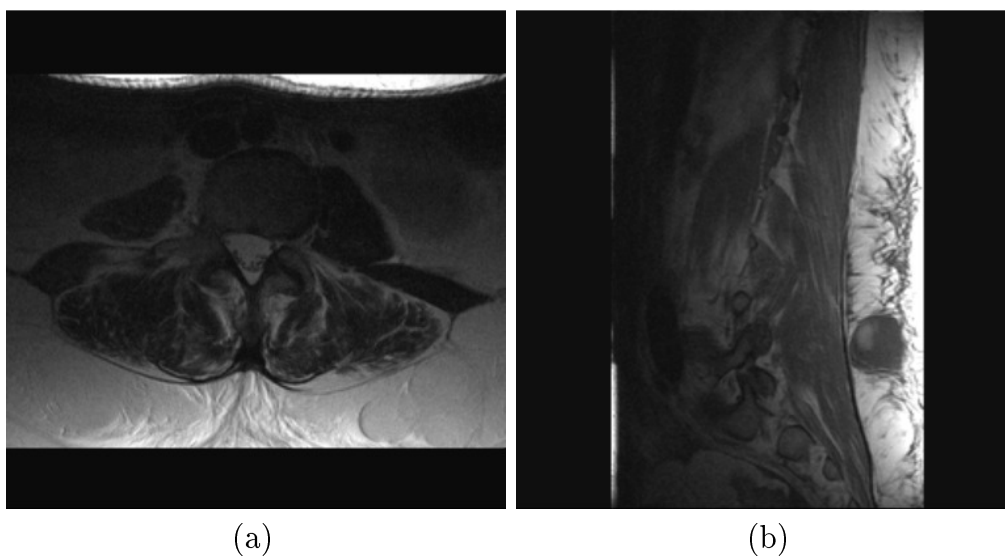


Figura 3.12: Imagens da coluna lombar.

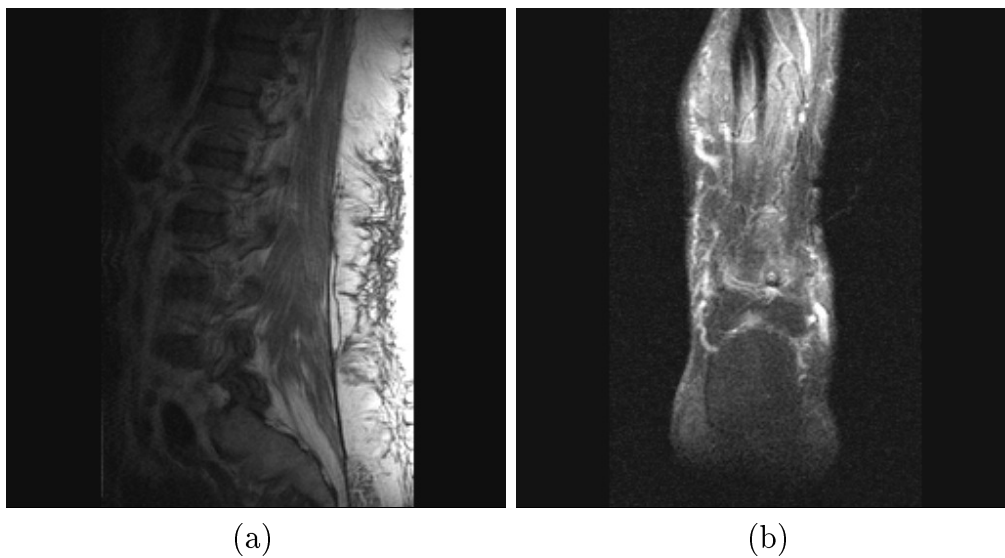


Figura 3.13: (a) Imagem da coluna lombar; (b) imagem do tornozelo.

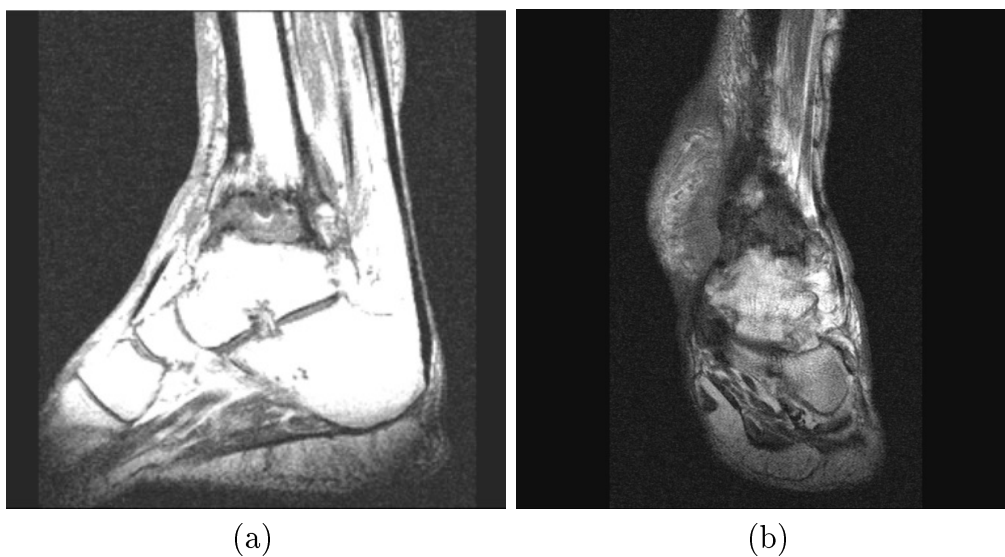


Figura 3.14: Imagens do tornozelo.

### 3.3 Método da Média Aritmética

Para obter a matriz de quantização utilizando o método da média aritmética, cada imagem do conjunto de imagens utilizado para obter essa matriz é dividida em blocos de 8 x 8 pixels, formando com isso, um conjunto de blocos de todas as imagens. Após isso cada valor de nível de cinza, de cada bloco de cada imagem, é subtraído de  $N/2$ . Com isso o intervalo dos níveis de cinza de cada bloco de cada imagem passa a ser  $-\frac{N}{2}$  a  $\frac{N}{2} - 1$ .

Após mudar o intervalo de níveis de cinza de cada bloco de cada imagem, aplica-se a DCT em cada um deles e em seguida calcula-se a média aritmética dos coeficientes da DCT que estão na mesma posição em todos os blocos de todas as imagens, encontrando-se assim a matriz média aritmética 8 x 8 de todas as imagens. Neste trabalho essa matriz é denominada de matriz modelo.

A matriz de quantização é obtida invertendo-se cada coeficiente da matriz modelo e multiplicando os coeficientes invertidos por um fator de ajuste. É necessário fazer esse ajuste porque o valor dos coeficientes invertidos é muito pequeno e menor do que um e se isso não for feito o processo de quantização é prejudicado. É preciso levar em conta o bom senso no momento da escolha desse fator, pois, se os coeficientes da matriz de quantização são muito baixos é necessário aumentar o valor do fator de ajuste para que os valores dos coeficientes que estão próximos ao primeiro coeficiente fiquem no intervalo de 10 a 99.

A Figura 3.15 mostra o diagrama de blocos para obter uma matriz de quantização utilizando o método da média aritmética. Essa matriz vai ser utilizada para comprimir e descomprimir as imagens utilizadas para teste

neste trabalho.

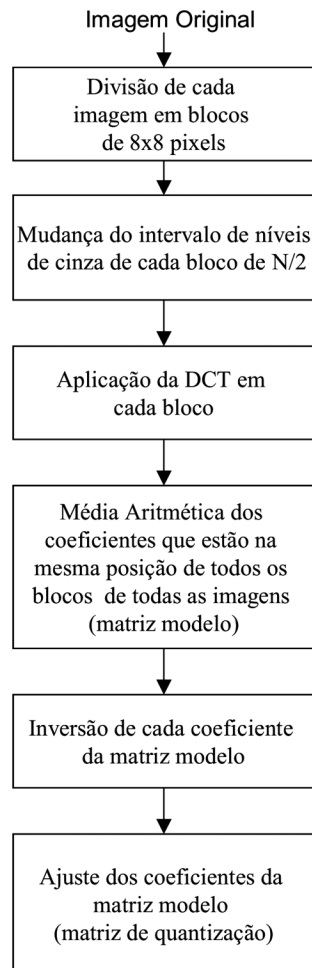


Figura 3.15: Diagrama de blocos para obter uma matriz de quantização utilizando o método da média aritmética.

Os coeficientes da matriz modelo indicam como os níveis de cinza estão distribuídos em relação à frequência. Como o tamanho de cada bloco de cada imagem do conjunto de imagens utilizado para obter a matriz de quantização

é 8 x 8 pixels, essa matriz possui 64 coeficientes. O primeiro coeficiente (nível dc) dessa matriz representa o valor médio de nível de cinza desse conjunto de imagens e os outros coeficientes representam como os níveis de cinza estão distribuídos em relação as componentes de frequência da DCT.

Ao ser realizada a inversão dos coeficientes da matriz modelo, obtém-se a matriz de quantização que atenua mais os coeficientes menos significativos e atenua mais suavemente os coeficientes mais significativos.

### 3.4 Matriz de Quantização Obtida por Hamamoto

Hamamoto [1] obteve a padronização da matriz de quantização JPEG para imagens de ultra-sonografia utilizando o método da média aritmética. As 23 imagens utilizadas por ele na obtenção dessa matriz foram: do coração, do fígado e do rim.

A Tabela 3.1 mostra a matriz de quantização obtida por Hamamoto para imagens de ultra-sonografia [1].

Tabela 3.1: Matriz de quantização obtida por Hamamoto para imagens de ultra-sonografia.

|    |    |    |    |     |     |     |     |
|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|
| 8  | 16 | 24 | 40 | 81  | 97  | 72  | 145 |
| 8  | 16 | 24 | 40 | 89  | 162 | 194 | 283 |
| 16 | 16 | 24 | 40 | 89  | 170 | 194 | 283 |
| 16 | 17 | 24 | 40 | 89  | 170 | 194 | 291 |
| 24 | 22 | 32 | 48 | 89  | 162 | 194 | 275 |
| 24 | 32 | 32 | 48 | 105 | 178 | 202 | 299 |
| 48 | 48 | 48 | 72 | 121 | 194 | 210 | 291 |
| 81 | 81 | 81 | 89 | 145 | 202 | 210 | 291 |

Como citado por Hamamoto [1] a qualidade das imagens reconstruídas utilizando a matriz de quantização obtida por ele e usando a matriz de quantização JPEG é aproximadamente a mesma. No entanto, a taxa de bits/pixel utilizando a matriz de quantização obtida por ele melhorou em 4,1% na imagem do rim e melhorou em 4,4% na imagem do fígado comparada com a taxa de bits/pixel ao utilizar a matriz de quantização do padrão JPEG.

### 3.5 Considerações Finais deste Capítulo

Este capítulo apresentou o método usado neste trabalho para obter a matriz de quantização utilizando a média aritmética e mostrou a matriz de quantização obtida por Hamamoto para imagens de ultra-sonografia [1].

## Capítulo 4

# RESULTADOS OBTIDOS

### 4.1 Introdução

O objetivo deste trabalho é obter uma matriz de quantização para imagens de ultra-sonografia e ressonância magnética utilizando o método da média aritmética, explicado no capítulo 3 deste trabalho. Essa matriz deverá fornecer uma taxa de bits/pixel pequena e uma qualidade satisfatória para o diagnóstico médico dessas imagens. Para obter essa matriz foram encontradas algumas matrizes de quantização obtidas utilizando-se um total de cinco imagens de ultra-sonografia do fígado, do rim, da bexiga e do útero, do coração e da próstata e 454 imagens de ressonância magnética do abdome, do encéfalo, do joelho, da coluna lombar e do tornozelo. O item 4.2 deste capítulo explica como essas matrizes foram obtidas.

Este capítulo descreve os resultados obtidos nos testes realizados para obter a matriz de quantização para imagens de ultra-sonografia e ressonância magnética utilizando o método da média aritmética. Finalmente, são realizadas conclusões sobre os resultados obtidos nesses testes.

## 4.2 Obtenção das Matrizes de Quantização

Como citado no capítulo 3 deste trabalho, após obter a matriz modelo, inverte-se cada coeficiente dessa matriz e realiza-se o ajuste deles, multiplicando-os por um fator de ajuste para obter a matriz de quantização. Alguns testes foram realizados e alguns fatores de ajuste foram utilizados, com isso foram obtidas algumas matrizes de quantização. A não ser a matriz de quantização do padrão JPEG denominada neste trabalho de Q1 e a matriz de quantização obtida por Hamamoto para imagens de ultra-sonografia [1] denominada nesta dissertação de Q6, as outras matrizes de quantização foram obtidas da seguinte maneira:

- a matriz modelo foi obtida utilizando-se as cinco imagens de ultra-sonografia mostradas nas Figuras 3.1 a 3.3, multiplicando-se todos os coeficientes invertidos dessa matriz pelo fator de ajuste 100, obteve-se a matriz de quantização denominada nesta dissertação de Q2. Esta matriz é mostrada na Tabela 4.1.

Tabela 4.1: Matriz de quantização Q2.

|     |     |     |     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 10  | 16  | 25  | 29  | 28  | 32  | 36  | 40  |
| 16  | 26  | 34  | 42  | 51  | 61  | 71  | 74  |
| 23  | 33  | 40  | 49  | 56  | 68  | 81  | 84  |
| 30  | 42  | 49  | 61  | 70  | 84  | 95  | 97  |
| 61  | 67  | 70  | 84  | 96  | 112 | 121 | 123 |
| 53  | 75  | 80  | 93  | 105 | 125 | 133 | 137 |
| 73  | 102 | 109 | 119 | 128 | 150 | 168 | 169 |
| 126 | 150 | 150 | 154 | 169 | 197 | 215 | 221 |

- a matriz modelo foi obtida utilizando-se dez imagens das 454 imagens de ressonância magnética selecionadas de forma aleatória por um programa de computador, multiplicando-se todos os coeficientes invertidos dessa matriz pelo fator de ajuste 50, obteve-se a matriz de quantização denominada neste trabalho de Q3. Esta matriz é mostrada na Tabela 4.2.

Tabela 4.2: Matriz de quantização Q3.

|     |     |     |     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1   | 13  | 25  | 39  | 50  | 66  | 81  | 119 |
| 19  | 30  | 41  | 48  | 66  | 74  | 89  | 131 |
| 37  | 44  | 49  | 60  | 71  | 82  | 90  | 130 |
| 49  | 54  | 58  | 66  | 72  | 80  | 95  | 133 |
| 59  | 63  | 65  | 73  | 81  | 88  | 106 | 141 |
| 65  | 69  | 76  | 81  | 91  | 99  | 104 | 148 |
| 77  | 81  | 79  | 88  | 92  | 99  | 110 | 144 |
| 103 | 110 | 111 | 121 | 121 | 127 | 139 | 172 |

- a matriz modelo foi obtida selecionando-se visualmente das 454 imagens de ressonância magnética 14 imagens que caracterizavam a diversidade desse conjunto de imagens. Multiplicando-se todos os coeficientes invertidos dessa matriz pelo fator 40, obteve-se a matriz de quantização denominada nesta dissertação de Q4. Esta matriz é mostrada na Tabela 4.3.

Tabela 4.3: Matriz de quantização Q4.

|    |    |    |    |    |    |    |    |
|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 1  | 11 | 22 | 32 | 43 | 57 | 65 | 67 |
| 11 | 21 | 28 | 37 | 47 | 56 | 63 | 69 |
| 19 | 28 | 34 | 46 | 47 | 57 | 63 | 68 |
| 30 | 33 | 38 | 44 | 50 | 59 | 67 | 68 |
| 43 | 48 | 48 | 53 | 55 | 60 | 68 | 68 |
| 46 | 51 | 57 | 54 | 59 | 65 | 69 | 73 |
| 55 | 53 | 55 | 60 | 58 | 72 | 68 | 75 |
| 58 | 56 | 63 | 62 | 66 | 72 | 70 | 67 |

- A matriz de quantização Q5 foi obtida multiplicando-se o primeiro coeficiente (nível dc) da matriz de quantização Q3 por 10. A Tabela 4.4 mostra a matriz de quantização Q5.

Tabela 4.4: Matriz de quantização Q5.

|     |     |     |     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 10  | 13  | 25  | 39  | 50  | 66  | 81  | 119 |
| 19  | 30  | 41  | 48  | 66  | 74  | 89  | 131 |
| 37  | 44  | 49  | 60  | 71  | 82  | 90  | 130 |
| 49  | 54  | 58  | 66  | 72  | 80  | 95  | 133 |
| 59  | 63  | 65  | 73  | 81  | 88  | 106 | 141 |
| 65  | 69  | 76  | 81  | 91  | 99  | 104 | 148 |
| 77  | 81  | 79  | 88  | 92  | 99  | 110 | 144 |
| 103 | 110 | 111 | 121 | 121 | 127 | 139 | 172 |

Outras matrizes de quantização foram obtidas neste trabalho utilizando-se outros conjuntos de imagens das 454 imagens de ressonância magnética

e outros fatores de ajuste. Porém só serão mostrados os resultados obtidos ao utilizar as matrizes de quantização descritas acima, porque elas se mostraram mais eficientes em termos de compressão e qualidade da imagem reconstruída.

### 4.3 Resultados Obtidos

As imagens utilizadas nos testes realizados com as matrizes de Q1 a Q6, são as mesmas cinco imagens de ultra-sonografia e 454 imagens de ressonância magnética usadas para obter as matrizes de quantização de Q2 a Q5. Como a quantidade de cada tipo de imagem utilizada é um número relativamente grande e os resultados obtidos ao utilizar as matrizes de Q1 a Q6 para cada tipo de imagem foram praticamente os mesmos, as Tabelas 4.5 a 4.10 mostram a média desses resultados.

A Figura 4.1 mostra a imagem original de ultra-sonografia da bexiga e do útero. As Figuras 4.2 a 4.7 ilustram as imagens reconstruídas e as imagens-erro, que foram obtidas utilizando-se as matrizes de quantização de Q1 a Q6, respectivamente. A imagem-erro foi obtida pela diferença entre a imagens de ultra-sonografia original e a reconstruída.

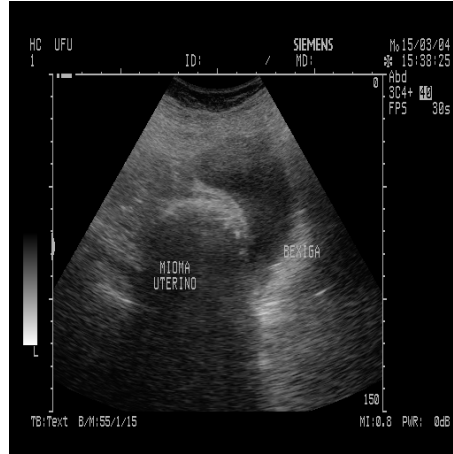
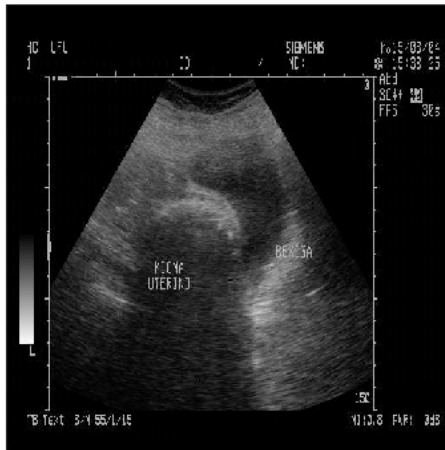
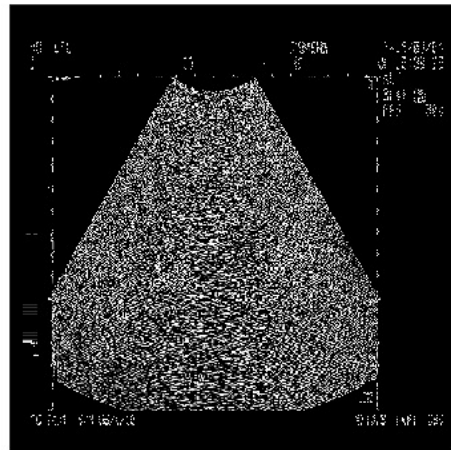


Figura 4.1: Imagem original de ultra-sonografia da bexiga e do útero.

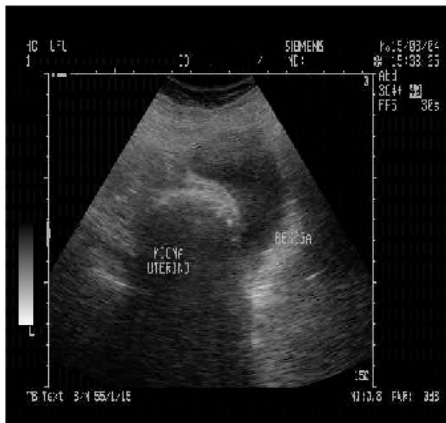


(a)

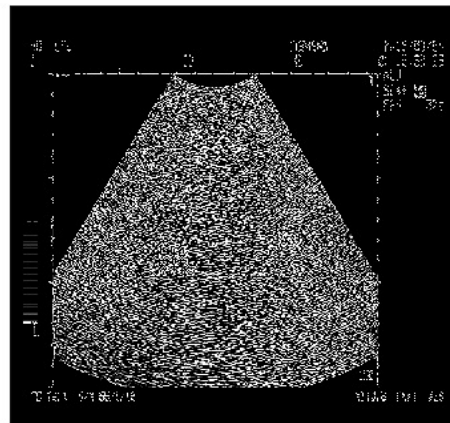


(b)

Figura 4.2: (a) Imagem de ultra-sonografia da bexiga e do útero reconstruída utilizando-se a matriz de quantização Q1; (b) imagem-erro.

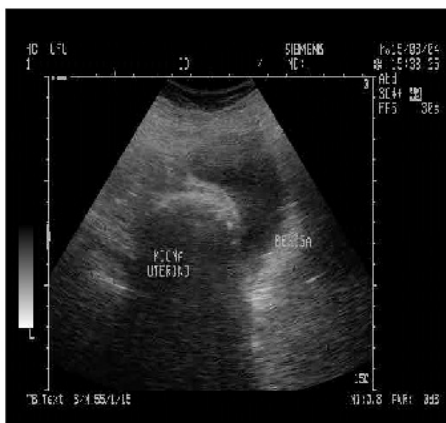


(a)

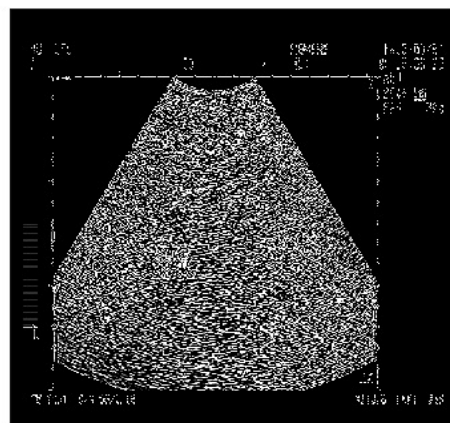


(b)

Figura 4.3: (a) Imagem de ultra-sonografia da bexiga e do útero reconstruída utilizando-se a matriz de quantização Q2; (b) imagem-erro.

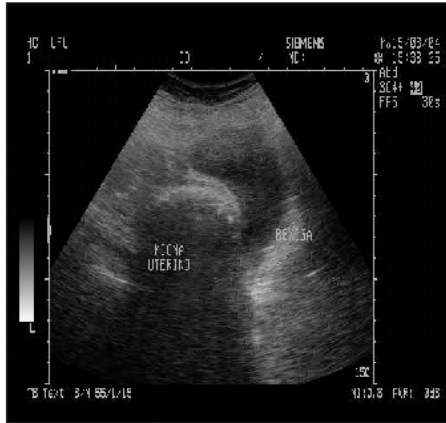


(a)

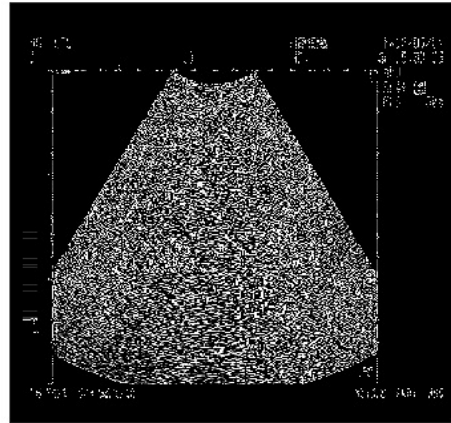


(b)

Figura 4.4: (a) Imagem de ultra-sonografia da bexiga e do útero reconstruída utilizando-se a matriz de quantização Q3; (b) imagem-erro.

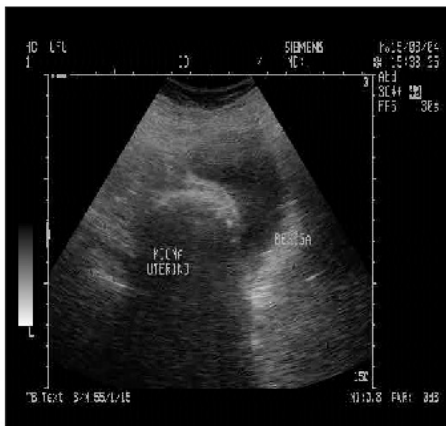


(a)

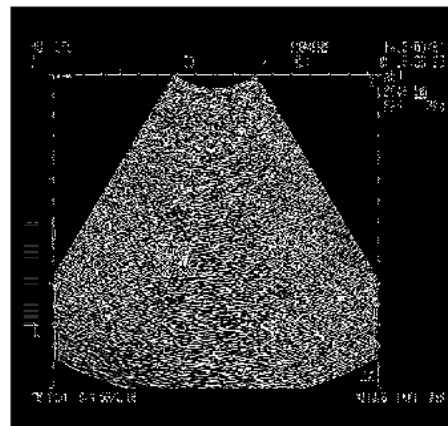


(b)

Figura 4.5: (a) Imagem de ultra-sonografia da bexiga e do útero reconstruída utilizando-se a matriz de quantização Q4; (b) imagem-erro.

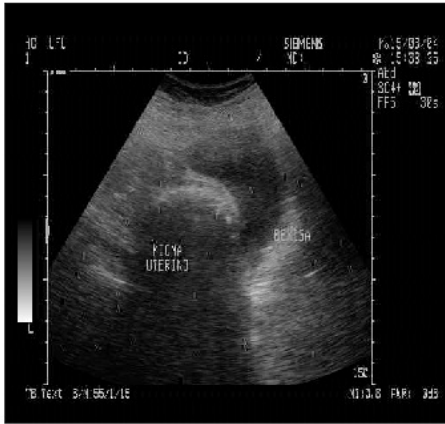


(a)

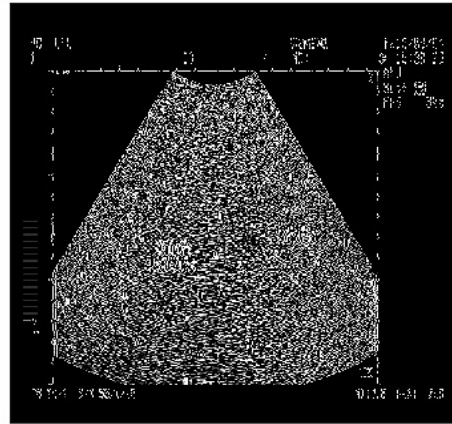


(b)

Figura 4.6: (a) Imagem de ultra-sonografia da bexiga e do útero reconstruída utilizando-se a matriz de quantização Q5; (b) imagem-erro.



(a)



(b)

Figura 4.7: (a) Imagem de ultra-sonografia da bexiga e do útero reconstruída utilizando-se a matriz de quantização Q6; (b) imagem-erro.

As Figuras 4.8 e 4.9 mostram a média da taxa de bits/pixel e a média da PSNR ao utilizar as matrizes de quantização de Q1 a Q6, respectivamente, para as cinco imagens de ultra-sonografia utilizadas neste trabalho e a Tabela 4.5 mostra os resultados obtidos na compressão dessas imagens utilizando-se essas matrizes.

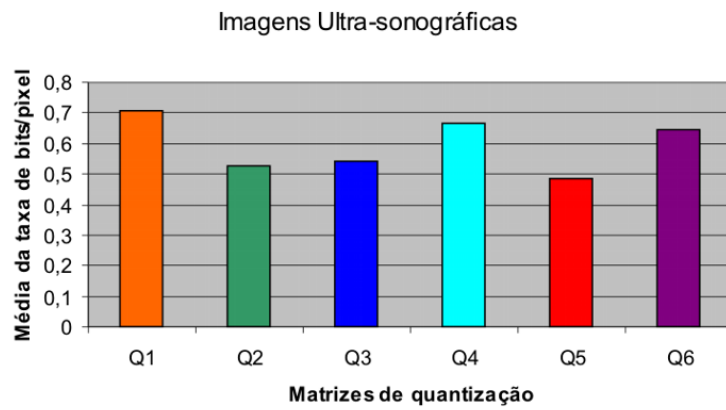


Figura 4.8: Gráfico da média da taxa de bits/pixel utilizando-se as matrizes de quantização de Q1 a Q6 para as cinco imagens de ultra-sonografia usadas neste trabalho.

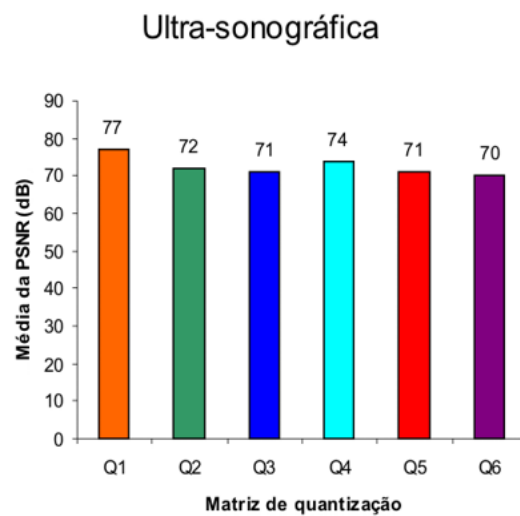


Figura 4.9: Gráfico da média da PSNR utilizando-se as matrizes de quantização de Q1 a Q6 para as cinco imagens de ultra-sonografia usadas neste trabalho.

Tabela 4.5: Média dos resultados obtidos na compressão das cinco imagens de ultra-sonografia utilizadas neste trabalho.

| Imagens             | Matriz | Média da taxa de bits/pixel | Média da PSNR(dB) |
|---------------------|--------|-----------------------------|-------------------|
| Ultra<br>sonografia | Q1     | 0,709348                    | 77                |
|                     | Q2     | 0,528556                    | 72                |
|                     | Q3     | 0,54042                     | 71                |
|                     | Q4     | 0,66794                     | 74                |
|                     | Q5     | 0,484196                    | 71                |
|                     | Q6     | 0,647552                    | 70                |

Pode-se observar na Tabela 4.5 e na Figura 4.8 que das matrizes de quantização de Q2 a Q5 obtidas neste trabalho a que apresenta menor média da taxa de bits/pixel é a matriz Q5. Pode-se verificar nessa tabela e nessa figura que a média da taxa de bits/pixel da matriz Q6 (matriz de quantização obtida por Hamamoto para imagens de ultra-sonografia) é menor do que a média da taxa de bits/pixel da matriz Q1 (matriz de quantização do padrão JPEG [2]). Ao comparar a média da taxa de bits/pixel das matrizes Q5 e Q6, a média da taxa de bits/pixel da matriz Q5 continua sendo menor.

Pode-se verificar na Tabela 4.5 e na Figura 4.9 que a matriz de quantização que apresenta a maior média da PSNR é a matriz Q1. Como a variação das médias das PSNRs das matrizes de Q2 a Q6 em relação a média da PSNR da matriz Q1 é pequena (no intervalo de 3 dB a 7 dB), pode-se considerar que todas as imagens de ultra-sonografia reconstruídas pelas matrizes de quantização de Q1 a Q6 apresentam praticamente a mesma qualidade.

A opinião de seis médicos consultados a respeito da qualidade das imagens de ultra-sonografia reconstruídas utilizando-se as matrizes de quan-

tização de Q1 a Q6 foi que todas elas eram satisfatórias para eles realizarem seus diagnósticos.

Ao considerar a pequena variação das médias das PSNRs das matrizes de quantização de Q1 a Q6 e a opinião dos seis médicos consultados sobre a qualidade das imagens de ultra-sonografia reconstruídas utilizando-se essas matrizes, pode-se considerar que essas imagens apresentam praticamente a mesma qualidade.

Os dois critérios para se obter uma matriz de quantização otimizada é que ela deve fornecer uma alta PSNR e uma menor taxa de bits/pixel pequena. Como as matrizes de Q1 a Q6 apresentam praticamente a mesma qualidade, pode-se escolher dessas matrizes a matriz Q5 para ser a matriz de quantização otimizada para as imagens de ultra-sonografia, porque ela apresenta a menor média da taxa de bits/pixel e uma qualidade satisfatória.

Ao comparar a imagem original da Figura 4.1 com as imagens de ultra-sonografia da bexiga e do útero reconstruídas das Figuras 4.2(a), 4.3(a), 4.4(a), 4.5(a), 4.6(a) e 4.7(a), pode-se verificar que essas últimas imagens apresentam melhor definição do que a imagem original, isso ocorreu porque as matrizes de quantização atenuaram as altas frequências e acentuaram as de baixas frequências das imagens reconstruídas.

A Figura 4.10 mostra a imagem original do abdome. As Figuras de 4.11 a 4.16 ilustram as imagens reconstruídas e as imagens-erro que foram obtidas utilizando-se as matrizes de quantização de Q1 a Q6, respectivamente. A imagem-erro foi obtida pela diferença entre as imagens do abdome original e reconstruída.

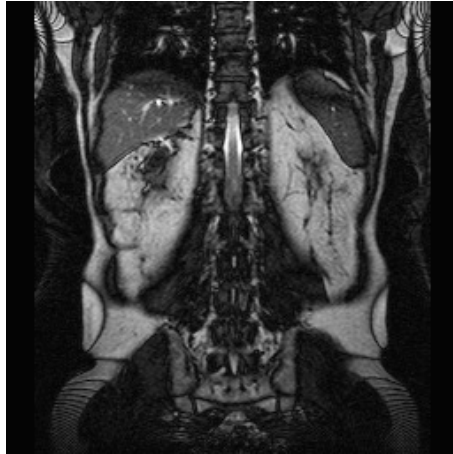
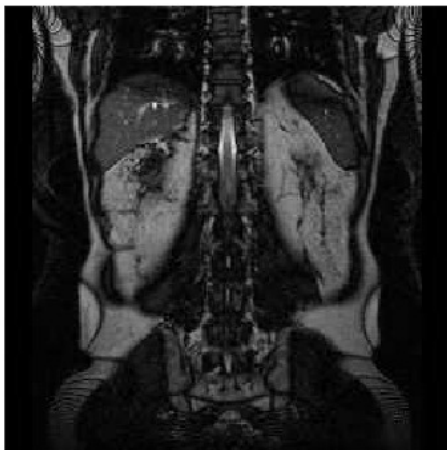
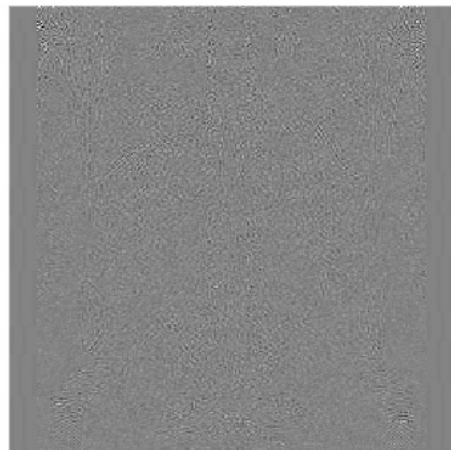


Figura 4.10: Imagem original do abdome.



(a)



(b)

Figura 4.11: (a) Imagem do abdome reconstruída utilizando-se a matriz de quantização Q1; (b) imagem-erro.