

Relatório do Trabalho Prático 1

Multimédia

Luana Carolina Cunha Reis nº 2022220606
João Nuno Coelho nº 2021275030
Guilherme Filipe Reis Abadesso nº 2022216471
Diogo da Silva Henriques nº 2019222685

Exercício 1:

Qualidade Subjetiva

| Imagem | Alta (Q=75) | Média (Q=50) | Baixa (Q=25) |
|---------------|-------------|--------------|--------------|
| Airport.bmp | A | A | M |
| Nature.bmp | A | A | M |
| Geometric.bmp | A | M | B |

A- Alta qualidade; B- Baixa qualidade; M- Qualidade Média

Taxa de compressão (valores arredondados às unidades)

| Imagem | Alta (Q=75) | Média (Q=50) | Baixa (Q=25) |
|---------------|-------------|--------------|--------------|
| Airport.bmp | 15:1 | 23:1 | 35:1 |
| Nature.bmp | 14:1 | 19:1 | 48:1 |
| Geometric.bmp | 49:1 | 64:1 | 86:1 |

Exercício 1.4.

Atendendo aos dados recolhidos, podemos concluir que a qualidade (Q) está diretamente relacionada com a taxa de compressão obtida e conversões de maior qualidade (Q=75) obtêm taxas de compressão menores comparativamente a qualidades baixas (Q=25).

A imagem geométrica apresenta taxas de compressão claramente mais altas, uma vez que é uma imagem com pouca variação de cores e tonalidades da mesma cor. No entanto, a sua conversão para formato JPEG forma mais ruído e nela é muito mais notável a perda de qualidade para os diferentes valores de qualidade do que nas outras imagens, pois este *codec* não lida bem com mudanças abruptas de cor.

As imagens 'Airport.bmp' e 'Nature.bmp' têm transições de cor mais suaves e por isso não se notam tantos defeitos na imagem como nas transições da imagem geométrica.

Exercício 5:

Canal R



Canal G



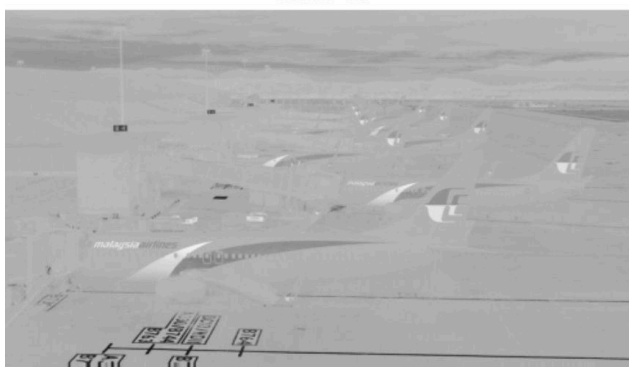
Canal B



Canal Y



Canal Cb



Canal Cr



Exercício 5.5.

Os canais RGB têm redundância ao nível da luminância e, ao converter para o modelo de cor YCbCr, a informação de luminância da imagem fica registada no canal Y. Assim, elimina-se a redundância de armazenar a informação de luminância nos três canais RGB e contém-se apenas num canal Y. O olho humano é mais sensível à luminância do que à crominância guardada nos canais Cr e Cb e, por isso, vemos que o canal Y (luminância) é muito mais detalhado que os canais Cr e Cb. Olhando para os canais RGB, todos são nítidos e detalhados, porque todos têm informação de luminância.

Exercício 6:

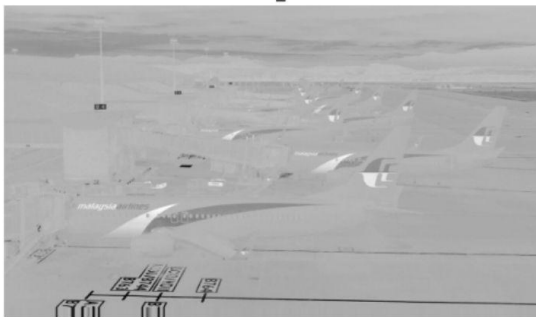
Canal Y_d 4:2:0



Canal Y_d 4:2:2



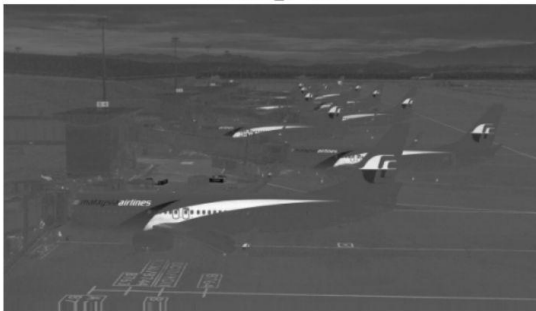
Canal Cb_d 4:2:0



Canal Cb_d 4:2:2



Canal Cr_d 4:2:0



Canal Cr_d 4:2:2



Exercício 6.5.

Downsampling 4:2:2:

Taxa de Compressão: A taxa de compressão é moderada, pois a sub-amostragem é aplicada apenas aos canais Cb e Cr, na direção horizontal.

Destrutividade: A qualidade da imagem é relativamente alta, com menos perda de detalhes em comparação com 4:2:0, pois a resolução vertical dos canais Cb e Cr é mantida.

Downsampling 4:2:0:

Taxa de Compressão: A taxa de compressão é maior, pois a sub-amostragem é aplicada aos canais Cb e Cr em ambas as direções, horizontal e vertical.

Destrutividade: A qualidade da imagem é mais baixa em comparação com 4:2:2, com maior perda de detalhes, especialmente em áreas com alta frequência de cor.

Conclusão:

O *downsampling* 4:2:2 oferece um bom equilíbrio entre compressão e qualidade, sendo adequado para aplicações onde a qualidade visual é importante. Já o 4:2:0 é mais eficiente em termos de compressão, mas com maior perda de qualidade, sendo adequado para aplicações onde a redução do tamanho do arquivo é prioritária.

No decoder para a operação inversa do *downsampling* foi utilizada a interpolação linear para a reconstrução da imagem.

Nota: Foram comparados diferentes tipos de interpolação (INTER_LINEAR, INTER_NEAREST, INTER_CUBIC, INTER_LANCZOS4 e INTER_AREA)

Desvio padrão da subtração entre a imagem original e a imagem downsampled

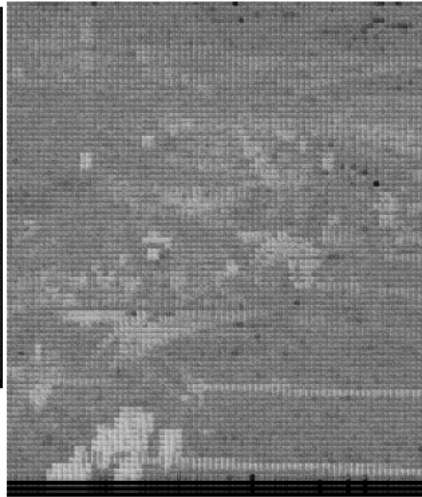
| Interpolação | LINEAR | NEAREST | CUBIC | LANCZOS4 | AREA |
|---------------|--------|---------|-------|----------|-------|
| Desvio Padrão | 1.274 | 1.977 | 1.054 | 1.122 | 1.414 |

Exercício 7:

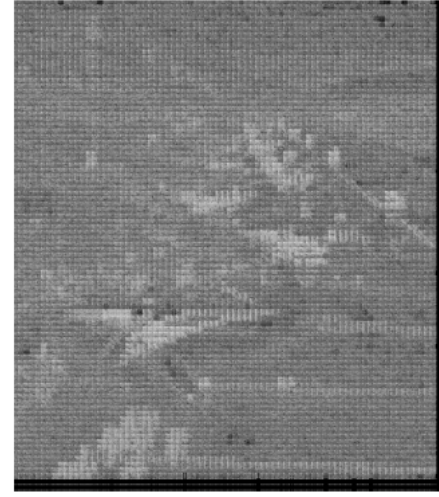
Canal Y_dct



Canal Cb_dct



Canal Cr_dct



Exercício 7.4.

Potencial de Compressão: A DCT aplicada a canais completos pode capturar a frequência global da imagem, mas pode não ser tão eficiente em capturar detalhes locais.

Destrutividade: A qualidade da imagem pode ser mantida, mas a compressão pode não ser tão eficiente quanto a DCT em blocos.

DCT em blocos 8x8

Potencial de Compressão: A DCT em blocos 8x8 é altamente eficiente para compressão, pois captura detalhes locais e permite uma melhor quantização.

Destrutividade: A qualidade da imagem pode ser afetada por artefatos de blocos, mas é geralmente um bom compromisso entre compressão e qualidade.

DCT em blocos 64x64

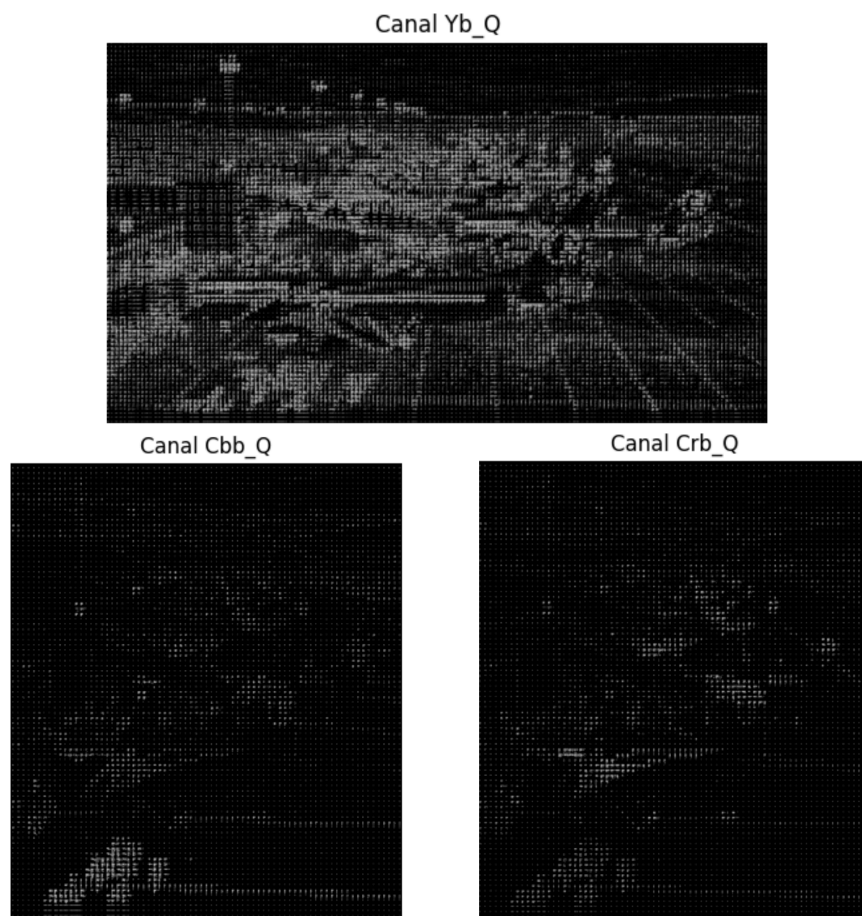
Potencial de Compressão: A DCT em blocos 64x64 pode capturar mais detalhes globais, mas pode ser menos eficiente em capturar detalhes locais.

Destrutividade: A qualidade da imagem pode ser melhor do que a DCT em blocos 8x8, mas a compressão pode ser menos eficiente.

Conclusão

DCT em blocos 8x8 é geralmente a melhor escolha para compressão de imagens, oferecendo um bom equilíbrio entre compressão e qualidade. DCT em blocos 64x64 pode ser útil para imagens com menos detalhes locais, mas pode não ser tão eficiente para compressão. DCT nos canais completos pode ser útil para certas aplicações, mas geralmente não é tão eficiente quanto a DCT em blocos.

Exercício 8:



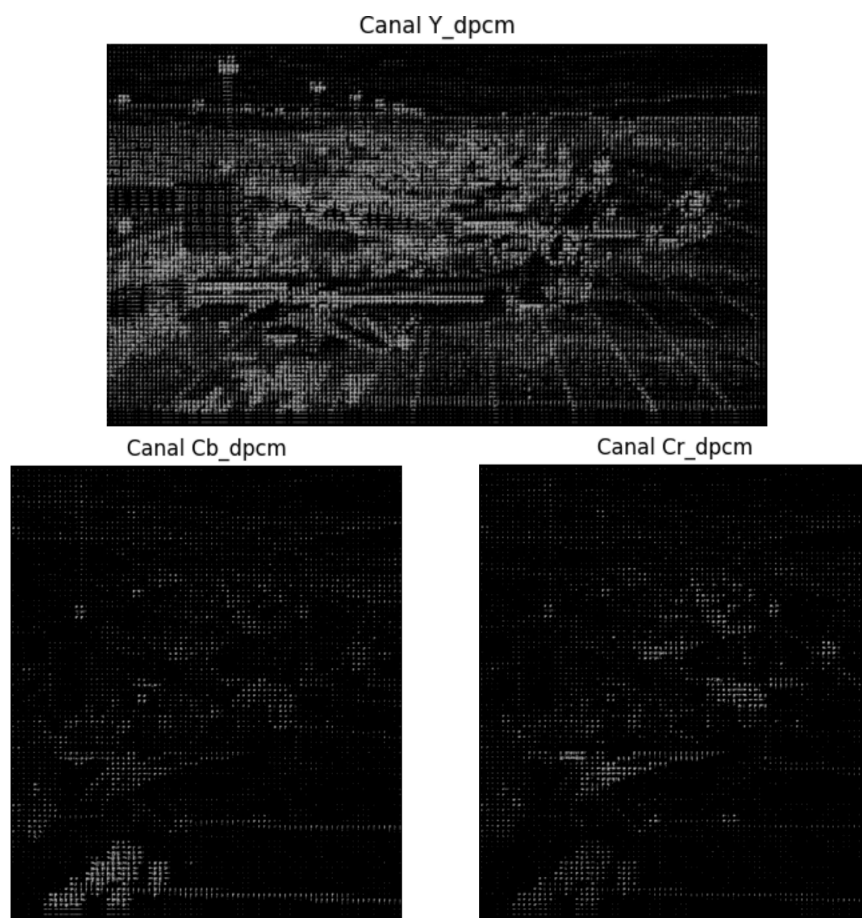
Exercício 8.5.

De acordo com os resultados obtidos, é expectável que quanto menor for o fator de qualidade de uma imagem, maior será a compressão, porque o processo de quantização, de acordo com o fator de qualidade, faz uma redução mais destrutiva devido à menor tolerância a frequências mais altas. Essa destrutividade aumenta a taxa de compressão mas diminui a qualidade da imagem.

Exercício 8.6.

A quantização é a principal operação destrutiva de toda a compressão em JPEG e, por isso, os resultados das imagens quantizadas são diferentes em comparação com as imagens da DCT. A DCT em blocos 8 por 8 apresenta melhores resultados com transições de cor suaves e pouco abruptas e no processo de quantização é esperado que a maior parte dos coeficientes seja zero ou valores muito próximos a zero, havendo sempre destruição, devido ao arredondamento nesta compressão. Por causa disso, as imagens quantizadas na alínea 8 perdem detalhe e ficam a preto e branco, com transições muito abruptas, enquanto que nas imagens da DCT nota-se melhor essa transição mais suave entre as cores.

Exercício 9:



Exercício 9.5.

Ao realizar a codificação DPCM dos coeficientes DC, é feita uma codificação diferencial, em que são necessários muitos menos bits para representar as imagens, uma vez que, em vez de serem armazenados os valores absolutos dos coeficientes, passa-se a armazenar a diferença entre os valores consecutivos. Como o coeficiente DC representa a média dos valores num bloco de 8×8 , a variação entre blocos adjacentes é pequena, logo, os valores das diferenças têm menos bits significativos, reduzindo assim a quantidade de dados armazenados quando for feita a codificação dos coeficientes AC. O impacto visual da DPCM é mínimo, porque a parte mais destrutiva da compressão já ocorreu anteriormente, nas fases da DCT e quantização.

Exercício 10:

Imagem 'Airport.bmp'

Diferenças no canal Y



Fator de qualidade=10

Imagens reconstruidas



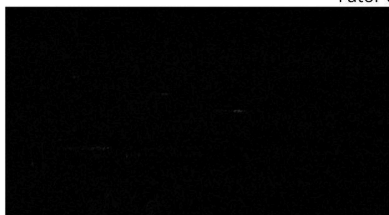
Fator de qualidade=25



Fator de qualidade=50



Fator de qualidade=75



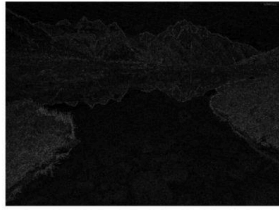
Fator de qualidade=100



| Qualidade | MSE | RMSE | SNR | PSNR | max_diff | avg_diff |
|-----------|---------|--------|--------|--------|----------|----------|
| Q=10 | 565.573 | 23.782 | 17.355 | 20.606 | 187 | 7.440 |
| Q=25 | 287.962 | 16.969 | 20.286 | 23.537 | 98 | 5.126 |
| Q=50 | 164.397 | 12.822 | 22.721 | 25.972 | 77 | 3.788 |
| Q=75 | 87.295 | 9.343 | 25.470 | 28.721 | 42 | 2.720 |
| Q=100 | 11.238 | 3.352 | 34.373 | 37.624 | 17 | 0.310 |

Imagem 'Nature.bmp'

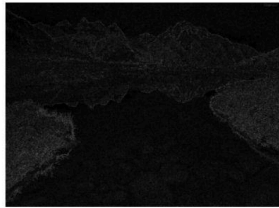
Diferenças no canal Y



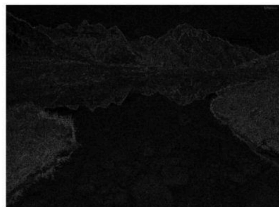
Imagens reconstruidas



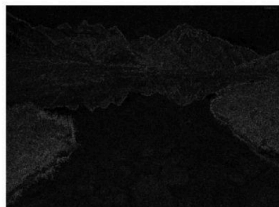
Fator de qualidade=10



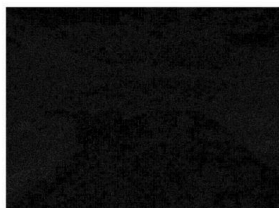
Fator de qualidade=25



Fator de qualidade=50



Fator de qualidade=75



Fator de qualidade=100

| Qualidade | MSE | RMSE | SNR | PSNR | max_diff | avg_diff |
|-----------|---------|--------|--------|--------|----------|----------|
| Q=10 | 561.634 | 23.700 | 14.707 | 20.636 | 134 | 9.063 |
| Q=25 | 379.192 | 19.473 | 16.413 | 22.342 | 115 | 7.762 |
| Q=50 | 35.253 | 5.937 | 26.730 | 32.659 | 31 | 2.166 |
| Q=75 | 27.264 | 5.221 | 27.846 | 33.775 | 29 | 1.994 |
| Q=100 | 1.264 | 1.124 | 41.185 | 47.114 | 4 | 0.254 |

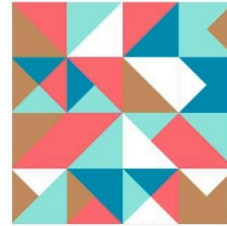
Imagem 'Geometric.bmp'

Diferenças no canal Y

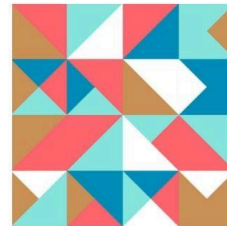


Fator de qualidade=10

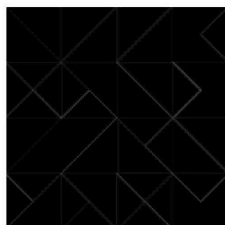
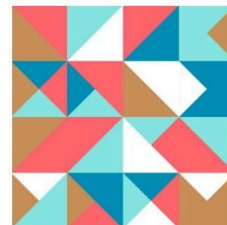
Imagens reconstruidas



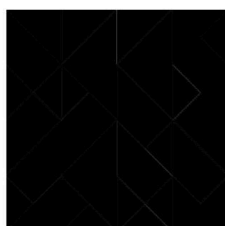
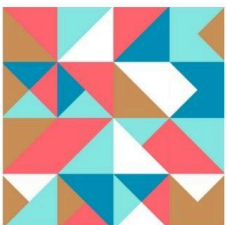
Fator de qualidade=25



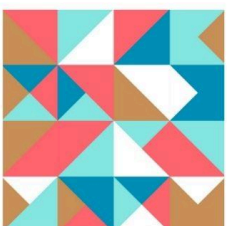
Fator de qualidade=50



Fator de qualidade=75



Fator de qualidade=100



| Qualidade | MSE | RMSE | SNR | PSNR | max_diff | avg_diff |
|-----------|---------|--------|--------|--------|----------|----------|
| Q=10 | 221.595 | 14.886 | 21.904 | 24.675 | 80 | 2.660 |
| Q=25 | 105.651 | 10.279 | 25.121 | 27.892 | 61 | 1.166 |
| Q=50 | 66.208 | 8.137 | 27.150 | 29.922 | 40 | 0.695 |
| Q=75 | 40.434 | 6.359 | 29.292 | 32.063 | 28 | 0.349 |
| Q=100 | 19.075 | 4.368 | 32.555 | 35.326 | 9 | 0.039 |

Exercício 10.5/6

Com base nos resultados obtidos, podemos tirar várias conclusões, em diferentes níveis:

Relação entre qualidade e taxa de compressão:

Um fator de qualidade maior resultará numa taxa de compressão menor e fatores de qualidade menores resultam em taxas de compressão maiores, uma vez que mais dados da imagem original são perdidos na compressão.

Para além disso, comprova-se que imagens com transições suaves, como 'nature.bmp' e 'airport.bmp', são mais eficientemente comprimidas pelo *codec* JPEG, uma vez que a DCT e quantização removem melhor a informação mais irrelevante.

Relação entre fator de qualidade e perda de informação:

O MSE e RMSE aumentam quando o fator de qualidade é diminuído, indicando uma maior distorção da imagem durante a compressão. O SNR e PSNR diminuem com a diminuição do valor de fator de qualidade, demonstrando que há mais perda de informação e há mais ruído nas imagens mais compactadas. Para $Q=10$, a compressão é muito acentuada e origina uma grande perda de detalhes nas imagens. Já para $Q=75$ e $Q=100$, os erros são tão baixos que se tornam imperceptíveis ao olho humano.

Imagens de transição suave vs. Imagens de transição abrupta:

A imagem 'Geometric.bmp' apresentou taxas de compressão mais altas, como visto anteriormente na 1ª alínea do relatório, mas também é a imagem em que a perda de qualidade é mais notória. Esta perda é originada no processo de quantização, que não lida bem com a transição abrupta de cor. Já as imagens de transição suave 'Airport.bmp' e 'Nature.bmp' mantêm uma qualidade melhor após a compressão.

Artefactos da compressão:

Nas compressões mais agressivas, com fatores de qualidade 10 e 25, aparecem vários artefactos notáveis, como: blocos quadrados, causados pela DCT em blocos de 8×8 ; redução de detalhe em transições abruptas, mais visíveis na imagem geométrica; suavização excessiva de detalhes, devido à quantização.

Conclusão:

A aplicação do JPEG depende do contexto de utilização. Se o meio em que é utilizado requer alta fidelidade de imagem, então um fator de qualidade mínimo ideal seria 75. Para um meio em que a eficiência de armazenamento e transmissão de

imagem são pontos mais prioritários do que a qualidade de imagem, um fator de qualidade entre 25 a 50 torna-se o ideal.