

O resultado geral para o formato PNG tem maiores chances de sobreviver, pois este não aplica compressão com perda. No Quadro 8 observa-se essa tendência, em comparação ao Quadro 7, o resultado geral foi superior na aplicação ao formato PNG em relação ao JPEG.

É notável que o componente DC foi fortemente modificado pelo ruído, ao ponto de que os algoritmos que o utilizam (DCT DC e DCT AC DC) apresentassem um ruído bastante evidente. A técnica LSB apresentou a saída mais nítida e com menos ruído, com contornos e detalhes preservados. A técnica DCT AC e Fusion também apresentaram ótimos resultados, exibindo apenas um ruído residual. A técnica WDCT exibiu um aumento no ruído, mas a característica de repetição não aconteceu no formato PNG. As técnicas DCT DC e DCT AC DC exibiram resultados ruins, ainda que, com algum esforço, todas as marcas podem ser reconhecidas para o algoritmo DCT AC DC.

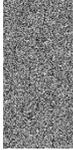
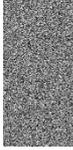
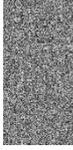
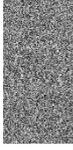
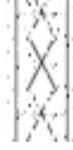
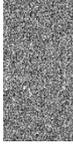
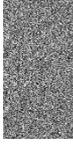
4.2.3. Resultado do ataque de redimensionamento

O Quadro 9 compara as imagens recuperadas para cada técnica, imagem de cobertura e marca d'água para o formato JPEG submetido a redução uniforme de sua proporção geométrica em 25%.

O ataque de redimensionamento destruiu completamente a marca apenas da técnica LSB, uma vez que esta atua no domínio espacial e este é um ataque do domínio espacial. Para as outras técnicas, todas as marcas sobreviveram. A DCT AC exibiu um bom resultado, com perda apenas de detalhes finos (letras) e um ruído com característica vertical. Os algoritmos DCT DC e DCT AC DC mostraram um forte ruído de fundo, mas as marcas são visíveis. A técnica Fusion apresentou ruído para a imagem Baboon, e o efeito de repetição horizontal. A técnica WDCT mostrou ruídos acentuados, em especial na imagem Baboon, cuja distorção foi severa. O fenômeno de repetição vertical se manteve, ou seja, é uma característica do formato JPEG com o algoritmo, sem relação direta com o ataque.

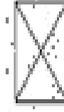
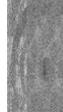
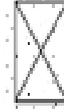
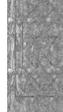
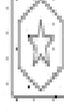
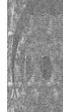
O Quadro 10 compara as imagens recuperadas para cada técnica, imagem de cobertura e marca d'água para o formato PNG submetido a redução uniforme de sua proporção geométrica em 25%.

Quadro 9 - Resultado da extração da marca d'água em formato JPEG após redimensionamento

| JPEG/Escala em 25% | | DCT AC | DCT DC | DCT AC DC | LSB | FUSION | WDCT |
|--------------------|----------|---|---|---|---|---|---|
| Baboon | Simple |  |  |  |  |  |  |
| | Média |  |  |  |  |  |  |
| | Complexa |  |  |  |  |  |  |
| Lena | Simple |  |  |  |  |  |  |
| | Média |  |  |  |  |  |  |
| | Complexa |  |  |  |  |  |  |
| Pepper | Simple |  |  |  |  |  |  |
| | Média |  |  |  |  |  |  |
| | Complexa |  |  |  |  |  |  |

Fonte: Do Autor, 2015

Quadro 10 - Resultado da extração da marca d'água em formato PNG após redimensionamento

| PNG/Escala em 25% | | DCT AC | DCT DC | DCT AC DC | LSB | FUSION | WDCT |
|-------------------|----------|---|---|---|---|---|---|
| Baboon | Simples |  |  |  |  |  |  |
| | Média |  |  |  |  |  |  |
| | Complexa |  |  |  |  |  |  |
| Lena | Simples |  |  |  |  |  |  |
| | Média |  |  |  |  |  |  |
| | Complexa |  |  |  |  |  |  |
| Pepper | Simples |  |  |  |  |  |  |
| | Média |  |  |  |  |  |  |
| | Complexa |  |  |  |  |  |  |

Fonte: Do Autor, 2015

Com exceção da técnica LSB, todas as marcas foram recuperadas, mostrando novamente que o formato PNG causa menos dano à marca d'água. As técnicas DCT AC e Fusion exibiram os melhores resultados. DCT AC DC apresentou novamente forte presença de ruído, ainda que não sendo este impeditivo para o reconhecimento da marca. A imagem Baboon (e seus detalhes) gerou uma qualidade inferior a marca extraída pelo algoritmo WDCT. Observa-se que, para as imagens Lena e Pepper, o algoritmo LSB apresenta formas residuais da marca.

4.2.4. Resultado do ataque de rotação

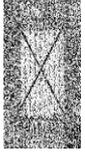
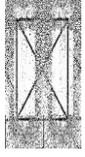
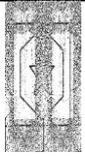
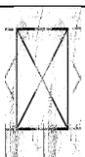
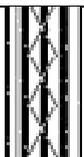
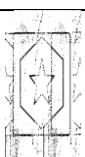
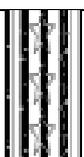
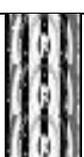
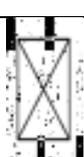
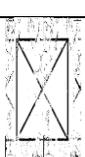
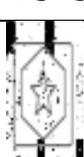
O Quadro 11 compara as imagens recuperadas para cada técnica, imagem de cobertura e marca d'água para o formato JPEG submetido a rotação de $0,1^\circ$ no sentido horário.

A rotação é um ataque danoso às técnicas pesquisadas, uma vez que todas – exceto LSB – fazem uso, em algum momento, da segmentação da imagem em blocos de 8×8 . A rotação faz com que os pixels capturados por cada bloco na extração não sejam os mesmos da formação original.

As técnicas DCT AC e Fusion se mostraram superiores. A DCT AC exibiu blocos escuros verticais e ruídos esparsos, em especial na imagem Baboon. A técnica LSB mostrou perda praticamente total. O algoritmo Fusion apresentou perda de força nos traços e forte ruído na imagem Baboon, contudo as marcas são facilmente vistas. Para as técnicas restantes, é necessária observação cuidadosa para encontrar a marca, ainda que o autor entenda que é possível.

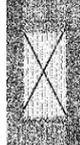
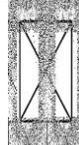
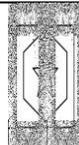
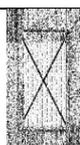
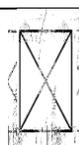
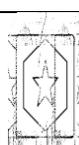
O Quadro 12 compara as imagens recuperadas para cada técnica, imagem de cobertura e marca d'água para o formato PNG submetido a rotação de $0,1^\circ$ no sentido horário.

Quadro 11 - Resultado da extração da marca d'água em formato JPEG após rotação em $0,1^\circ$

| JPEG/Rotação em $0,1^\circ$ | | DCT AC | DCT DC | DCT AC DC | LSB | FUSION | WDCT |
|-----------------------------|----------|---|---|---|---|---|---|
| Baboon | Simple |  |  |  |  |  |  |
| | Média |  |  |  |  |  |  |
| | Complexa |  |  |  |  |  |  |
| Lena | Simple |  |  |  |  |  |  |
| | Média |  |  |  |  |  |  |
| | Complexa |  |  |  |  |  |  |
| Pepper | Simple |  |  |  |  |  |  |
| | Média |  |  |  |  |  |  |
| | Complexa |  |  |  |  |  |  |

Fonte: Do Autor, 2015

Quadro 12 - Resultado da extração da marca d'água em formato PNG após rotação em $0,1^\circ$

| PNG/Rotação em $0,1^\circ$ | | DCT AC | DCT DC | DCT AC DC | LSB | FUSION | WDCT |
|-------------------------------|----------|---|---|---|---|---|---|
| Baboon | Simple |  |  |  |  |  |  |
| | Média |  |  |  |  |  |  |
| | Complexa |  |  |  |  |  |  |
| Lena | Simple |  |  |  |  |  |  |
| | Média |  |  |  |  |  |  |
| | Complexa |  |  |  |  |  |  |
| Pepper | Simple |  |  |  |  |  |  |
| | Média |  |  |  |  |  |  |
| | Complexa |  |  |  |  |  |  |

Fonte: Do Autor, 2015

Para o ataque de rotação e formato PNG, todas as técnicas obtiveram sucesso na recuperação da marca d'água. Os melhores resultados foram atingidos pelas técnicas DCT AC, LSB e Fusion. Para a técnica DCT AC, largas faixas verticais intermitentes e ruído residual são visíveis, contudo a imagem ainda pode ser observada apesar da perda de detalhes. Os algoritmos DCT DC e DCT AC DC novamente exibiram forte ruído de fundo, causado por alterações no componente DC da transformada discreta do cosseno, contudo, a marca pode ser visualmente reconhecível. A técnica LSB causou uma segmentação da imagem, isto é, partes da marca ficaram desalinhadas. Este fenômeno é decorrente da forma com que o algoritmo LSB trabalha, ocultando a informação de maneira sequencial, percorrendo todas as colunas e se movendo para a linha seguinte ao fim das colunas. Devido a rotação, um desalinhamento das informações gerou uma leitura diferente da esperada.

A técnica Fusion apresentou ruído em largas áreas, mas com baixa intensidade, sendo todas as imagens claramente reconhecíveis, apesar da perda de certos detalhes. O algoritmo WDCT exibiu largas faixas intermitentes verticais, tornando a marca pouco visível, porém reconhecível.

4.2.5. Resultado do ataque de recorte

O Quadro 13 compara as imagens recuperadas para cada técnica, imagem de cobertura e marca d'água para o formato JPEG submetido ao ataque recorte com intensidade de 25%.

O ataque de recorte permitiu visualizar que o “espalhamento” da marca d'água por cada algoritmo é diferente. Para as técnicas DCT AC e Fusion, faixas (que remetem a ausência e/ou destruição da informação) apareceram nas porções superior e inferior, além de uma linha mais estreita dividindo a marca verticalmente. As técnicas DCT DC e DCT AC DC apresentaram perda de informação semelhante a imagem portadora, isto é, a partir das bordas. As técnicas LSB e WDCT, apesar de muito diferentes, exibiram o mesmo padrão quadriculado na marca.

De forma geral, com exceção da LSB, todas os algoritmos recuperaram as marcas de maneira reconhecível. Apesar da faixa central, DCT AC e Fusion apresentaram uma marca mais nítida e com menos ruído.

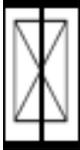
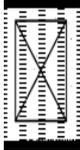
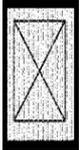
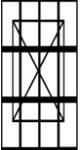
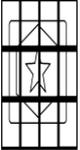
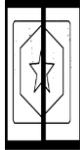
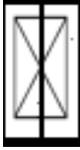
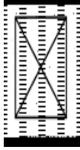
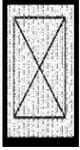
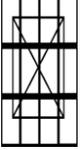
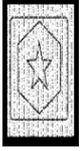
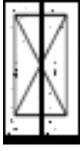
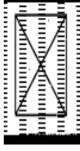
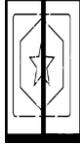
O Quadro 14 compara as imagens recuperadas para cada técnica, imagem de cobertura e marca d'água para o formato JPEG submetido ao ataque recorte com intensidade de 25%.

Quadro 13 - Resultado da extração da marca d'água em formato JPEG após ataque de recorte com 25% de intensidade

| JPEG/Recorte em 25% | | DCT AC | DCT DC | DCT AC DC | LSB | FUSION | WDCT |
|---------------------|----------|--------|--------|-----------|-----|--------|------|
| Baboon | Simple | | | | | | |
| | Média | | | | | | |
| | Complexa | | | | | | |
| Lena | Simple | | | | | | |
| | Média | | | | | | |
| | Complexa | | | | | | |
| Pepper | Simple | | | | | | |
| | Média | | | | | | |
| | Complexa | | | | | | |

Fonte: Do Autor, 2015

Quadro 14 - Resultado da extração da marca d'água em formato PNG após ataque de recorte com 25% de intensidade

| PNG/Recorte em 25% | | DCT AC | DCT DC | DCT AC DC | LSB | FUSION | WDCT |
|--------------------|----------|---|---|---|---|---|---|
| Baboon | Simple |  |  |  |  |  |  |
| | Média |  |  |  |  |  |  |
| | Complexa |  |  |  |  |  |  |
| Lena | Simple |  |  |  |  |  |  |
| | Média |  |  |  |  |  |  |
| | Complexa |  |  |  |  |  |  |
| Pepper | Simple |  |  |  |  |  |  |
| | Média |  |  |  |  |  |  |
| | Complexa |  |  |  |  |  |  |

Fonte: Do Autor, 2015

As propriedades levantadas para o formato JPEG (Quadro 13), são válidas para o formato PNG (Quadro 14). As técnicas DCT AC e Fusion apresentam melhor qualidade geral e baixo ruído. De fato, o ataque de recorte se mostrou pouco eficiente na destruição da imagem, uma vez que todos os algoritmos “espalham” a marca por toda imagem portadora.

4.2.6. Resultado do ataque de colagem

O Quadro 15 compara as imagens recuperadas para cada técnica, imagem de cobertura e marca d’água para o formato JPEG submetido ao ataque de colagem na porção central da imagem.

A técnica LSB foi a única a não recuperar a marca d’água, as outras técnicas apresentaram sucesso na restauração. As técnicas DCT DC e DCT AC DC exibiram forte ruído de fundo, contudo permitiram a observação das linhas da marca, ainda que sem detalhes. As técnicas DCT AC, Fusion e WDCT garantiram melhor qualidade de recuperação, com destaque para Fusion, que exibiu pouco ruído e perda. A WDCT mostrou boa qualidade e baixo nível ruído, mas o efeito de repetição se manteve.

O Quadro 16 compara as imagens recuperadas para cada técnica, imagem de cobertura e marca d’água para o formato PNG submetido ao ataque de colagem na porção central da imagem.

O formato PNG se provou resistente ao teste de colagem. Todas as marcas foram recuperadas com boa qualidade, com exceção da DCT AC DC, que manteve a característica de um forte ruído. Observa-se que o algoritmo LSB se apresentou com maior qualidade, apesar de haverem mais blocos de perda de informação, estes são menores. As técnicas DCT AC, DCT DC, Fusion e WDCT se mostram resilientes a este ataque, contudo a WDCT exibiu leve perda de nitidez.