

INSERÇÃO E EXTRAÇÃO DE MARCA D'ÁGUA EM IMAGENS DIGITAIS BASEADAS NO ESPALHAMENTO DE ESPECTRO.

Email:

Abstract— With the need to create techniques that seek to offer greater security and protection for digital data, the techniques of digital watermark insertion have emerged. In this work, the use of digital watermark insertion and extraction techniques are based on the method developed by COX et al. making use of the Discrete Cosine Transform, which tends to group the most significant points of a given image in the upper left corner. Due to this characteristic, we sought to analyze the relationship between robustness and time of insertion of the watermark, by inserting a particular watermark through the COX et al. method and compare their results with the insertion of the same watermark using the method called in this work of COXCanto. The results showed that the COXCanto method had a watermark insertion time of 90% faster than that developed by COX.

Keywords— Digital Watermark, Discrete Cosine Transform, Robustness, Insertion time.

Resumo— Com a necessidade de se criar técnicas que buscassem oferecer uma maior segurança e proteção para dados digitais, surgiram as técnicas de inserção de marca d'água digital. Neste trabalho, a utilização de técnicas de inserção e extração de marca d'água digital, são baseadas no método desenvolvido por COX et al. fazendo uso da Transformada Discreta do Cosseno, que tende a agrupar os pontos mais significativos de uma determinada imagem no canto superior esquerdo. Devido a essa característica buscou-se por meio deste trabalho analisar a relação entre robustez $\times$ tempo de inserção da marca d'água, inserindo-se uma determinada marca d'água por meio do método COX et al. e comparar seus resultados com a inserção da mesma marca d'água utilizando-se o método denominado neste trabalho de COXCanto. Os resultados obtidos mostraram que o método COXCanto apresentou um tempo de inserção de marca d'água 90% mais rápido que o desenvolvido por COX.

Palavras-chave— Marca d'água Digital, Transformada Discreta do Cosseno, Robustez, Tempo de inserção.

1 Introdução

Atualmente os equipamentos tecnológicos, como celulares, câmeras digitais, *tablets* e computadores possibilitaram um aumento muito grande na aquisição, reprodução e transmissão de dados digitais (imagens, textos, vídeos, áudios). Devido ao desenvolvimento tecnológico e a globalização, os dispositivos citados apresentam uma grande facilidade de se conectarem a internet, onde uma vez conectados possibilitam a troca de informações e dados digitais entre grandes distâncias e com maior velocidade.

Com o aumento de dados digitais sendo enviados e recebidos por inúmeros usuários, surgiu a necessidade de se desenvolver técnicas ou métodos que buscassem a proteção de tais dados. Neste contexto surgiram as técnicas de marca d'água digital. Marca d'água digital é uma técnica de inserir uma mensagem em um dado digital, alterando-o, mas de maneira imperceptível (Singh et al., 2013). Essas técnicas têm como propósito inserir de forma imperceptível, uma informação adicional (um logotipo, uma marca, uma assinatura digital), sobre o dado que se deseja proteger. Contudo, uma boa marca d'água deve ser invisível ao sistema visual humano e interferir o mínimo possível no conteúdo digital da imagem hospedeira (Barni et al., 2001).

As imagens, geralmente são muito suscetíveis a manipulações e ataques (Duarte et al., 2011). Tais manipulações podem ser feitas de maneira muito fácil, apenas utilizando-se programas de edição de imagens por exemplo, que são facilmente obtidos na internet ou até mesmo reali-

zando uma edição online.

As técnicas de marca d'água digital aplicadas a imagens, podem ser divididas em marca d'água frágil e marca d'água robusta (Nargundkar, 2016). Tais técnicas podem ser desenvolvidas tanto no domínio do espaço, como no domínio da frequência (Giri et al., 2014)

Na utilização de técnicas de marca d'água digital frágeis se busca uma verificação de integridade (Khan et al., 2012). Isto é, verificar se uma imagem passou por algum tipo de manipulação ou edição. Para imagens que tenham sofrido algum tipo de alteração, ao se realizar a extração da marca d'água inserida, será possível observar tais alterações.

Por sua vez, nas técnicas de marca d'água digital robustas o objetivo é que mesmo após uma imagem marcada passar por ataques, a marca d'água extraída seja perceptível (fácil reconhecimento). Essa característica faz com que esta técnica seja utilizada principalmente para proteção de direitos autorais (Khan et al., 2012) (Lopes and da Silva, 2016).

O objetivo deste artigo é apresentar uma análise de um dos principais trabalhos de marca d'água digital robusta, a técnica apresentada em (Cox et al., 1997) que é baseada no espalhamento de espectro.

No trabalho de (Cox et al., 1997) a Transformada Discreta do Cosseno (DCT) é aplicada sobre uma imagem original. Uma seleção dos N pontos mais significativos dessa imagem no domínio da frequência é realizada, para que nesses N pontos seja inserida uma marca d'água de tamanho N . Sabendo que a DCT agrupa os pontos mais signi-

ficativos no canto superior esquerdo (Schwerin and Paliwal, 2009), a proposta deste trabalho é inserir uma marca d'água diretamente no canto superior esquerdo da imagem, visando diminuir o tempo de processamento para inserir a marca d'água e garantindo robustez.

2 Metodologia

A metodologia utilizada para este trabalho foi desenvolver a técnica de (Cox et al., 1997) e utilizar essa técnica para inserir uma marca d'água em uma imagem, produzindo uma imagem marcada. Aplicar alguns ataques (operações de processamento digital de imagens) sobre a imagem marcada, extrair as marcas d'água após tais ataques e comparar com a marca d'água original. Desenvolver uma nova técnica, similar a apresentada em (Cox et al., 1997), porém com a inserção da marca d'água diretamente nos pixels do canto superior esquerdo da imagem original. Esta alteração da técnica originalmente proposta por Cox et al. recebeu o nome de CoxCanto. Aplicar os mesmos ataques que os aplicados nas imagens marcadas pela técnica de Cox et al., extrair as marcas d'água e compará-las, tanto com a marca d'água original, como com as marcas extraídas utilizando a técnica original.

Além de comparar a similaridade das marcas extraídas pelas duas técnicas, também analisou-se o tempo de processamento para inserir as marcas d'água pelas duas técnicas, buscando estabelecer uma relação entre Robustez $\times$ Tempo de inserção da marca d'água.

Nas próximas subseções, serão apresentados os métodos de inserção de marca d'água pelas duas técnicas.

2.1 Método de Cox et al.

Esse foi um dos principais métodos propostos para inserção de marca d'água robusta descrito na literatura, pois proporciona boa robustez e a marca d'água inserida na imagem é imperceptível a olho humano (Cox et al., 1997).

2.1.1 Algoritmo de inserção da marca d'água pelo método de Cox et al.

O algoritmo de inserção da marca é composto pelas seguintes etapas:

- Efetue a Transformada Discreta do Cosseno em duas dimensões na imagem original, obtendo a imagem no domínio da frequência;
- Extraia uma sequência dos N maiores coeficientes da imagem transformada, denotada por $V = v_1, \dots, v_n$, onde N é o número de pixels da imagem marca d'água;

- Transforme a imagem marca d'água em um vetor denominado W , onde $W = w_1, \dots, w_n$. Insira W em V , por meio da equação 1, gerando um novo vetor denominado V' , tal que $V' = v'_1, \dots, v'_n$

$$v'_1 = v_1(1 + \alpha w_1) \quad (1)$$

onde α , é um valor escalar que corresponde ao fator de inserção da marca d'água na imagem;

- A sequência $V = v_1, \dots, v_n$, deve ser substituída pela nova sequência $V' = v'_1, \dots, v'_n$, obtendo-se assim a imagem marcada no domínio da frequência.
- Efetue a Transformada Inversa do Cosseno na imagem marcada no domínio da frequência, obtendo-se a imagem marcada;

Na Figura 1 é apresentado um fluxograma da inserção baseado no método apresentado em (Cox et al., 1997). A imagem original é levada ao domínio da frequência através da Transformada Discreta do Cosseno, onde a marca d'água é inserida nos maiores coeficientes da imagem, gerando assim a imagem marcada no domínio da frequência. Por fim a Transformada Inversa do Cosseno é aplicada na imagem marcada no domínio da frequência, obtendo a imagem marcada.

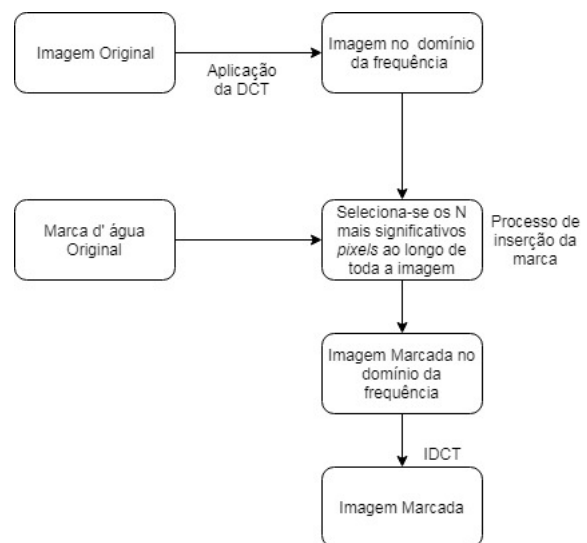


Figura 1: Fluxograma de inserção do método proposto por Cox et al.

O processo de extração da marca d'água é o inverso do processo de inserção.

2.2 Método CoxCanto

Neste método, que é baseado no método apresentado em (Cox et al., 1997), a ideia consiste em realizar a inserção da marca d'água no canto superior

esquerdo da imagem original levada ao domínio da frequência através da DCT e não mais nos N maiores coeficientes da imagem original. Este método se deve ao fato de que após realizada a Transformada Discreta do Cosseno, os pontos de maior significância da imagem eram concentrados no canto superior esquerdo. Sendo assim, com a inserção feita diretamente nos N pontos do canto superior esquerdo, não é mais realizada a busca dos N maiores coeficientes ao longo de toda imagem, possibilitando fazer a inserção da marca d'água com tempo relativamente menor.

2.2.1 Algoritmo de inserção da marca d'água pelo método CoxCanto

O método COXCanto é composto pelas seguintes etapas:

- Efetue a Transformada Discreta do Cosseno em duas dimensões na imagem original, obtendo a imagem no domínio da frequência;
- Transforme a imagem marca d'água em um vetor de tamanho N , denominado W , onde $W = w_1, \dots, w_n$ e N é o número de pixels da imagem marca d'água.
- Realize um laço com "for" para percorrer o canto superior esquerdo da imagem original, com as dimensões da imagem utilizada como marca d'água, gerando um vetor $U = u_1, \dots, u_n$;
- Utilizando a equação 2, insira W em U , gerando um novo vetor U' , onde $U' = u'_1, \dots, u'_n$

$$u'_1 = u_1(1 + \alpha w_1) \quad (2)$$

onde α , é um valor escalar que corresponde ao fator de inserção da marca d'água na imagem;

- A sequência $U = u_1, \dots, u_n$, deve ser substituída pela nova sequência $U' = u'_1, \dots, u'_n$, obtendo-se assim a imagem marcada no domínio da frequência.
- Efetue a Transformada Inversa do Cosseno na imagem marcada no domínio da frequência, obtendo-se a imagem marcada.

Na Figura 2 é apresentado um fluxograma de inserção do método CoxCanto. O processo de inserção de marca d'água é similar ao processo apresentado na Figura 1, com o diferencial de não realizar uma busca em toda a imagem, pelos N maiores coeficientes.

Assim como no método proposto em (Cox et al., 1997), o processo de extração da marca d'água é o inverso do processo de inserção.

Na próxima seção, serão apresentados os resultados obtidos com a implementação dos dois

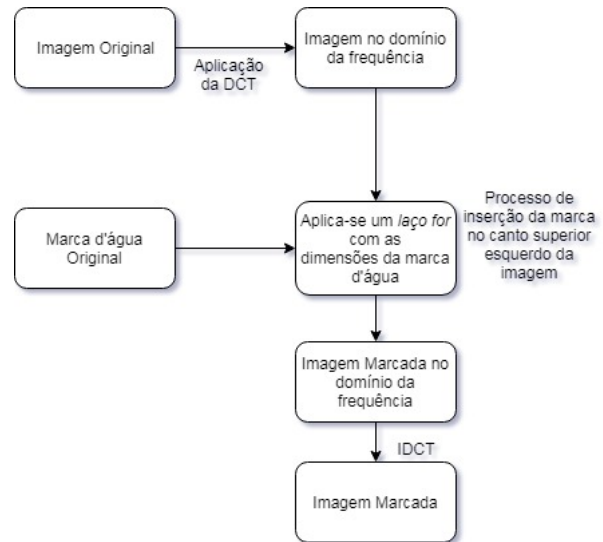


Figura 2: Fluxograma de inserção do método CoxCanto.

métodos. Para medir a similaridade entre as imagens originais e entre as marcas d'água original e extraídas, foi utilizado o Coeficiente de Correlação Normalizado (NC).

3 Resultados

Com o objetivo de se analisar a eficiência dos métodos e a relação entre Robustez $\times$ Tempo de inserção da marca d'água, foi realizada uma comparação entre os métodos COX et al. e o método de inserção de marca d'água proposto neste trabalho, denominado CoxCanto.

Na obtenção dos resultados, utilizou-se como imagens originais cinco imagens (Lena, Baboon, Elaine, House e Zelda) imagens comumente utilizadas na área de processamento digital de imagens. Todas em níveis de cinza, com tamanho 1024×1024 pixels. A marca d'água escolhida foi o logotipo da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP), de tamanho 32×32 pixels.

A imagem Lena foi escolhida para a apresentação visual dos resultados. Nos testes realizados utilizando tal imagem, o coeficiente de inserção da marca d'água α escolhido foi 0,0047 para o método de Cox et al. e 0,004 para o método CoxCanto. A diferença nos valores de α foi necessária para que as imagens marcadas por ambos os métodos tivessem a mesma qualidade visual $NC=0,9990$. Para as demais imagens testadas o coeficiente de inserção α foi escolhido de modo a apresentar a mesma qualidade visual $NC=0,9990$. Os ataques aplicados nas imagens marcadas foram compressão JPG 10%, 30%, 50% e 90%, média 3×3 e inserção de ruído sal e pimenta.

Após marcar e atacar as imagens, extraiu-se

as marcas d'água para verificar a robustez dos métodos. Obteve-se também o tempo de inserção da marca d'água nas imagens. Todos os testes foram realizados em um computador com processador Intel(R) Core(TM) Duo CPU T6670, 2.20 GHz com memória instalada (RAM) 2,00 GB, executados em ambiente Matlab versão 2015. Na Figura 3, podem ser visualizadas as imagens marcadas por ambas as técnicas e também a marca d'água utilizada.

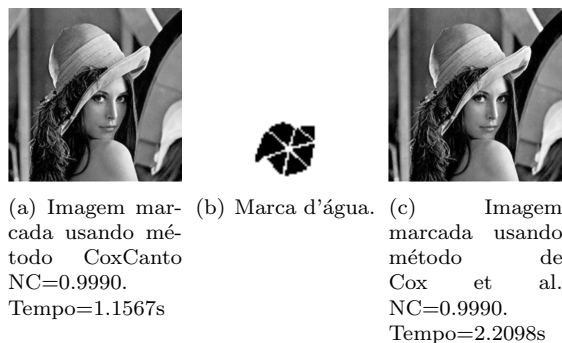


Figura 3: Resultados obtidos com a implementação do método CoxCanto e Cox et al.

Nas Figuras 3(a) e (c) pode-se visualizar as imagens marcadas pelo método CoxCanto e Cox et al., respectivamente. Na Figura 3(b) visualiza-se a imagem utilizada como marca d'água.

As marcas d'água extraídas das imagens marcadas pelo método CoxCanto após sofrerem ataques, (compressão JPG 10%, 30%, 50% e 90%, média 3×3 e inserção de ruído sal e pimenta), podem ser visualizadas na Figura 4. Igualmente, as marcas d'água extraídas das imagens marcadas pelo método de Cox et al. após os mesmos ataques, podem ser visualizadas na Figura 5.

Abaixo de cada marca d'água extraída, é apresentado o valor de similaridade (NC).

Em todos os casos é possível notar que a marca d'água extraída tem muita correlação com a marca d'água original, mesmo no pior caso, onde a imagem marcada passou por uma compressão .JPG que produz grande perda da qualidade visual da imagem. É possível definir que as marcas são compatíveis, o que demonstra que o método CoxCanto produz bons resultados.

Ao analisar os resultados obtidos com o método originalmente proposto em (Cox et al., 1997), percebe-se que a similaridade entre marcas d'água extraídas e marca d'água original é ainda maior que as obtidas com o método CoxCanto, produzindo altos valores de NC em todos os ataques. Entretanto, ao analisar os resultados levando em consideração similaridade e tempo, nota-se que o método CoxCanto foi aproximadamente 90% mais rápido que o método proposto por Cox et al. e ainda possibilitou identificar as marcas d'água extraídas mesmo após ataques com alta degradação

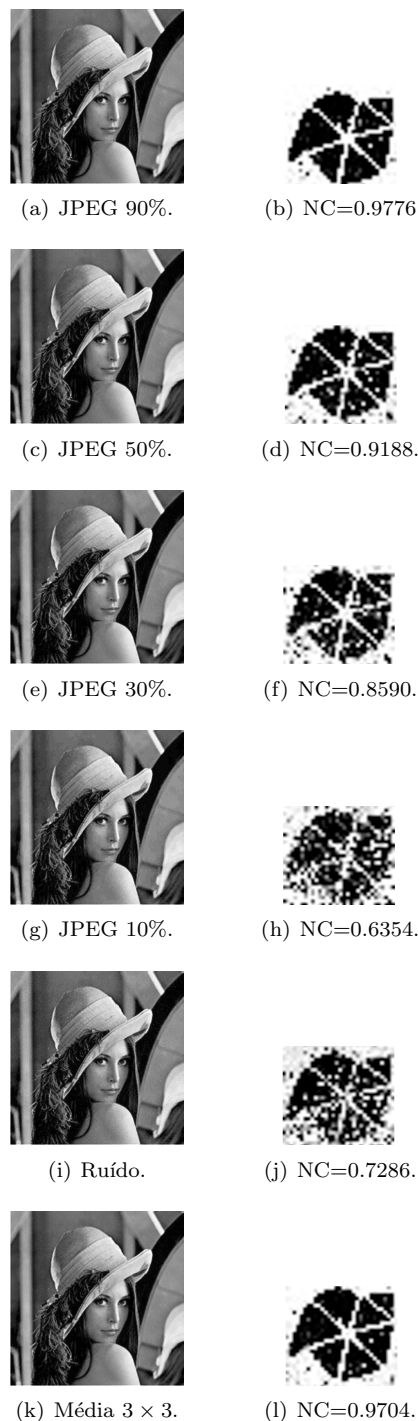


Figura 4: Resultados obtidos com a implementação do método CoxCanto.

da qualidade visual das imagens marcadas.

Para confirmar que os resultados obtidos com o método CoxCanto proporcionam bons resultados, outras quatro imagens originais foram utilizadas (Baboon, Elaine, House e Zelda). Essas imagens foram marcadas pela mesma marca d'água, logotipo da UNESP e passaram pelos mesmos ataques. Os valores de similaridade (NC) e o tempo para inserir a marca d'água, com o método de Cox et al. e com o método CoxCanto, são apresentados

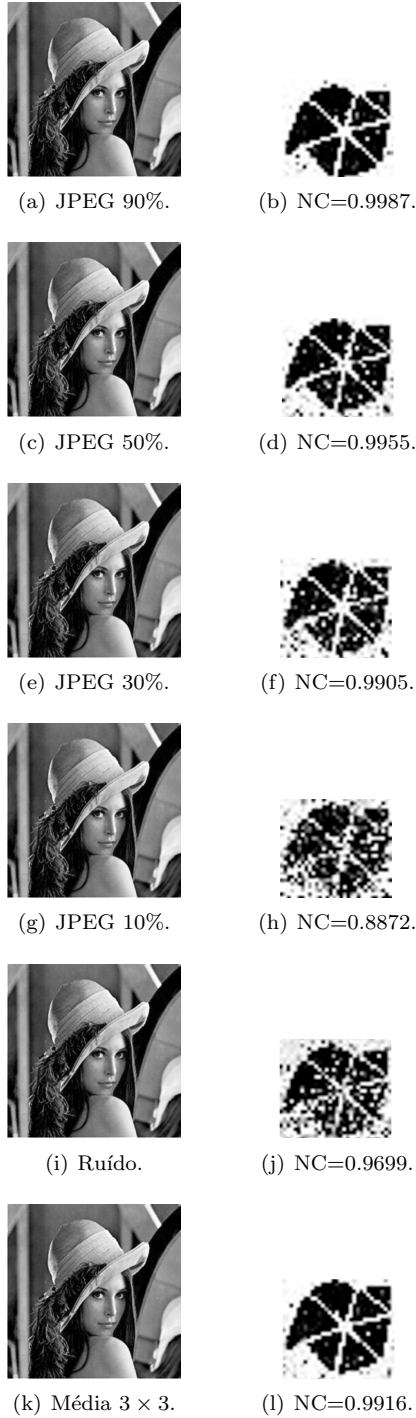


Figura 5: Resultados obtidos com a implementação do método de Cox et al.

nas tabelas 1 e 2. Novamente é possível notar que os valores de NC obtidos com o método de Cox et al. são superiores aos obtidos com o método CoxCanto. Porém, os valores de NC do método CoxCanto são significativamente altos e são obtidos com tempo menor de inserção.

Tabela 1: Resultados obtidos com o método COX-Canto

Imagens	Lena	Baboon	House	Elaine	Zelda
Tipo de ataque	NC extraído após ataques				
Extraída	0.9844	0.9335	0.9636	0.9014	0.9998
JPG 10%	0.6354	0.4936	0.4966	0.6371	0.5812
JPG 30%	0.8590	0.7468	0.8338	0.8194	0.8220
JPG 50%	0.9188	0.8414	0.9078	0.8749	0.8905
JPG 90%	0.9776	0.9316	0.9539	0.8968	0.9658
Média 3	0.9704	0.8083	0.9551	0.8991	0.9469
Ruído	0.7286	0.6010	0.7455	0.7481	0.6863
Tempo (s)	1.1567	1.2136	1.2065	1.2019	1.1789

Tabela 2: Resultados obtidos com o método COX et al.

Imagens	Lena	Baboon	House	Elaine	Zelda
Tipo de ataque	NC extraído após ataques				
Extraída	0.9988	0.9998	0.9904	0.9722	0.9998
JPG 10%	0.8872	0.7533	0.7862	0.8002	0.7807
JPG 30%	0.9905	0.9726	0.9722	0.9523	0.9807
JPG 50%	0.9955	0.9891	0.9856	0.9634	0.9944
JPG 90%	0.9987	0.9994	0.9900	0.9694	0.9996
Média 3	0.9916	0.9457	0.9899	0.9673	0.9991
Ruído	0.9699	0.8819	0.9362	0.9245	0.9268
Tempo (s)	2.2098	2.1835	2.2414	2.3215	2.2249

4 Conclusões

Com o objetivo de se analisar técnicas de inserção de marca d'água robusta. Apresentou-se um método de marca d'água digital robusto denominado CoxCanto, baseado no método desenvolvido por COX et al. A ideia principal do método é levar uma imagem para o domínio da frequência através da transformada discreta do cosseno (DCT) e inserir uma marca d'água no canto superior esquerdo da imagem transformada. Isso devido ao fato de que os componentes mais significativos de uma imagem, proporcionam robustez à técnicas de marca d'água digital. Como a transformada discreta do cosseno agrupa os componentes mais significativos de uma imagem neste canto, é possível inserir uma marca d'água direto nestes pontos da imagem, sem ter que fazer buscas pelos pontos mais significativos.

Nos testes realizados além de se obter os coeficientes de correlação normalizados, o que permitia uma análise da robustez dos métodos, foi realizado também uma análise com o objetivo de observar a relação entre o tempo decorrido para a inserção da marca d'água em ambos os métodos.

Baseado nos resultados obtidos neste trabalho, conclui-se que a técnica COXCanto pode ser utilizada, quando o objetivo principal é ter um sistema de marca d'água que seja executado com menor tempo de processamento e boa robustez, uma vez que a técnica proporciona valores de Coeficientes de Correlação Normalizados (NC) que resultam em uma boa qualidade visual das marcas extraídas e foi possível obter um tempo de inserção de marca d'água 90% menor.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq, Processo: 309193/2015-0 e 800571/2016-9. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo.

Referências

- Barni, M., Bartolini, F. and Piva, A. (2001). Improved wavelet-based watermarking through pixel-wise masking, *IEEE Transactions on Image Processing* **10**(5): 783–791.
- Cox, I. J., Kilian, J., Leighton, F. T. and Shamoon, T. (1997). Secure spread spectrum watermarking for multimedia, *IEEE transactions on image processing* **6**(12): 1673–1687.
- Duarte, M. A. Q., da Silva, J. F. and Villarreal, F. (2011). Análise de métodos de inserção e extração de marca d'água no domínio wavelet, *Conferência Brasileira de Dinâmica, Controle e Aplicações* pp. 755–758.
- Giri, K. J., Peer, M. A. and Nagabhushan, P. (2014). A robust color image watermarking scheme using discrete wavelet transformation, *International Journal of Image, Graphics and Signal Processing* **7**(1): 47.
- Khan, M. I., Soni, S., Acharya, B. and Verma, S. (2012). Implementation of digital watermarking using vhdl, *IJCSC* **3**: 15–21.
- Lopes, I. O. and da Silva, A. C. R. (2016). Robust digital watermarking by image decomposition - marca d'água digital robusta via decomposição de imagens, *2016 IEEE International Conference on Automatica (ICA-ACCA)* pp. 1–10.
- Nargundkar, S. (2016). A digital watermarking technique using discrete wavelet transform, *International Journal of Innovate Research & Development* **5**(2): 303–307.
- Schwerin, B. and Paliwal, K. (2009). *Local-DCT features for facial recognition*.
- Singh, Y. S., Devi, B. P. and Singh, K. M. (2013). A review of different techniques on digital image watermarking scheme, *International Journal of Engineering Research* **2**(3): 193–199.