

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PIAUÍ - UESPI
CAMPUS PROFESSOR ALEXANDRE ALVES DE OLIVEIRA
CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

GYRRECE OLIVEIRA ARAUJO

TÉCNICAS PARA DETECÇÃO DE MANIPULAÇÕES EM IMAGENS
DIGITAIS

PARNAÍBA

2018

GYRRECE OLIVEIRA ARAUJO

**TÉCNICAS PARA DETECÇÃO DE MANIPULAÇÕES EM IMAGENS
DIGITAIS**

Monografia submetida ao curso de Bacharelado em Ciência da Computação da Universidade Estadual do Piauí, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Ciência da Computação.

Orientador: Prof. MSc. Leinyllson Fontinele Pereira.

PARNAÍBA

2018

A658t Araujo, Gyrryce Oliveira.

Técnicas para detecção de manipulações em imagens digitais /
Gyrryce Oliveira Araujo. - 2018.
43f. : il.

Monografia (graduação) – Universidade Estadual do Piauí -
UESPI, Curso Bacharelado em Ciência da Computação, *Campus*
Prof. Alexandre Alves de Oliveira, Parnaíba-PI, 2018.

“Orientador(a): Prof. Msc. Leinylyson Fontinele Pereira.”

1. Imagens – Análise. 2. Imagens – Manipulação. 3. Forense.
I. Título.

CDD: 004

GYRRECE OLIVEIRA ARAÚJO

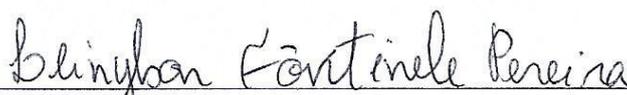
TÉCNICAS PARA DETECÇÃO DE MANIPULAÇÕES EM IMAGENS DIGITAIS

Monografia apresentada ao Curso de Bacharelado em Ciência da Computação da Universidade Estadual do Piauí – UESPI, Campus Prof. Alexandre Alves de Oliveira, como parte das exigências da disciplina de Estágio Supervisionado, requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Ciência da Computação.

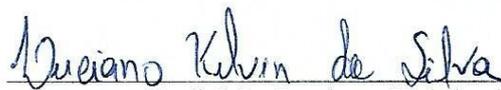
Orientador: Prof. Me. Leinyson Fontinele Pereira

Monografia Aprovada em: **27 de julho de 2018.**

BANCA EXAMINADORA:



Prof. Me. Leinyson Fontinele Pereira
Orientador - UESPI



Prof. Me. Luciano Kelvin da Silva
Avaliador - UESPI



Prof. Me. Daniel Lima Sousa
Avaliador - UFPI

À minha família, sem vocês eu não seria nada.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Gilberto de Maria das Dores, por todo apoio, amor e compreensão.

As minhas tias Salete e Dominga e ao meu avô, por todo carinho que vocês me deram até hoje.

As minhas primas Dadinha, Concita, Jesa e Cris e aos meus primos Hyldean, Bernardo, Wallace e Dean.

Aos meus sobrinhos Dyerllison, Emanuel, Teresa, Vicente e Angelina, que vocês possam ter um excelente futuro.

Ao professor Leinyllson pela paciência e por aceitar na orientação deste trabalho.

A todos os professores do curso que foram importantes de uma forma ou de outra em minha vida acadêmica.

Aos amigos da turma, em especial aos amigos André Igor, “o trio de Lucas”, Daniel, Railton, Cliff, Tiago e Junior, por todos esses quatro anos de companheirismo.

Aos amigos Breno, João Paullo, João Victor e Flávio pelo apoio nos momentos de necessidade.

Aos amigos do Magic: Igor Lagem Gouveia, Gabi, Neto, Luiz, Marcel e Pedro, que nossa amizade possa durar bastante tempo

E principalmente, agradeço a Deus pela força e por permitir que eu chegasse a esse ponto da minha vida.

“As pessoas não são vis nem nobres. Elas são como as saladas do chefe, com coisas boas e coisas ruins misturadas num molho vinagrete de confusão e conflito.”

(Lemony Snicket)

RESUMO

Devido aos avanços nas tecnologias de aquisição de imagens e dos softwares de edição, manipular imagens digitais tornou-se uma tarefa relativamente simples. Mas enquanto algumas dessas manipulações possuem caráter inofensivo, outras possuem o poder de prejudicar tanto pessoas quanto empresas, para esses casos, a criação de métodos que possibilitam averiguar se uma imagem é de fato autêntica se fez necessário. Por isso, esse trabalho foi criado com o objetivo de buscar entender como funcionam algumas das técnicas existentes para análise de imagens digitais, para isso foram realizadas pesquisas relacionadas a três técnicas: uma que analisa os metadados de uma imagem, uma que analisa os níveis de compressão e outra que analisa os padrões de ruídos. Essas pesquisas foram feitas com a finalidade de averiguar se tais técnicas podem ou não de fato comprovar se uma imagem foi ou não modificada e se a utilização de somente uma técnica pode ser capaz de gerar resultados concretos em uma investigação. Concluiu-se que as técnicas conseguem, de fato, identificar manipulações em uma imagem, porém cada técnica possui sua limitação, o que faz a utilização de mais de uma técnica ser necessária caso o investigador deseje possuir resultados mais concretos.

Palavras-Chaves: Análise; Imagens; Forense; Manipulação.

ABSTRACT

Because of advances in image acquisition technologies and editing software, manipulating digital images has become a relatively simple task. But while some of these manipulations have harmless character, others have the power to harm both people and businesses, in these cases, the creation of methods that make it possible to ascertain whether an image is authentic or not was necessary. Therefore, this paper was created with the objective of seeking to understand how some of the existing techniques for digital image analysis works, for it were carried out research related to three techniques: one that analyzes the metadata of an image, one that looks at the compression levels and one that analyzes noise patterns. These researches were done in order to ascertain whether such techniques can actually prove whether or not an image has been modified and whether the use of only one technique may be able to generate concrete results in an investigation. It was concluded that the techniques can indeed identify manipulations in an image, but each technique has its limitations, which makes the use of more than one technique necessary if the researcher wishes to have more concrete results.

Keywords: Analysis; Images; Forensics; Manipulation.

LISTA DE SIGLAS

CFA	Color Filter Array
ELA	Error Level Analysys
EXIF	Exchangeable Image Format
JPEG	Joint Photographic Experts Group
PNG	Portable Network Graphics

.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. MONTAGEM COM FOTOGRAFIA DO GENERAL ULYSSES S. GRANT (À ESQUERDA) E AS TRÊS IMAGENS QUE COMPÕEM A MONTAGEM (À DIREITA).....	12
FIGURA 2. REPRESENTAÇÃO DA CAPTURA DE UMA IMAGEM.....	14
FIGURA 3. MODELO DE COMPRESSÃO E DESCOMPRESSÃO UTILIZANDO DCT.....	15
FIGURA 4. QUALIDADE DE COMPRESSÃO DE IMAGEM.	16
FIGURA 5. DIFERENTES PADRÕES DE RUÍDOS EM UMA IMAGEM.....	18
FIGURA 6. EXEMPLO DE JUNÇÃO.	19
FIGURA 7. EXEMPLO DE CLONAGEM.	19
FIGURA 8. UNIÃO DE MÉTODOS DE MANIPULAÇÃO DE IMAGEM.....	20
FIGURA 9: MODELO PARA EXEMPLO EXIF.	21
FIGURA 10. EXEMPLO DE ELA EM UMA IMAGEM INALTERADA.	26
FIGURA 11. ELA EM UMA IMAGEM ALTERADA.....	27
FIGURA 12. EXEMPLO DE ANÁLISE DE RUÍDO EM IMAGEM RETIRADA COM UMA CÂMERA PROFISSIONAL.....	29
FIGURA 13. EXEMPLO DE ANÁLISE DE RUÍDO RETIRADA COM UMA CÂMERA DE CELULAR.	29
FIGURA 14. ANÁLISE DE RUÍDOS EM IMAGEM MANIPULADA.	30
FIGURA 15. ANÁLISE DE RUÍDOS EM IMAGEM COM NÍVEL DE COMPRESSÃO DE 30%.	31

FIGURA 16. CONJUNTO DE IMAGENS UTILIZADAS PARA ANÁLISE DO EXIF..32

FIGURA 17. CONJUNTO DOS RESULTADOS DAS ANÁLISES COM ELA E PADRÃO DE RUÍDOS.37

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: INFORMAÇÕES DAS ETIQUETAS EXIF.....	22
TABELA 2. FRAGMENTO DAS ETIQUETAS EXIF DE UMA DAS IMAGENS EM ESTADO INALTERADO.	33
TABELA 3. FRAGMENTO DAS ETIQUETAS EXIF DAS IMAGENS EM ESTADO ALTERADO.....	33

SUMÁRIO

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	14
2.1. COMPRESSÃO DO FORMATO JPEG	15
2.2 PADRÕES DE RUÍDOS	17
2.3. METODOS DE MANIPULAÇÃO DE IMAGENS.....	18
2.3.1 Junção.....	18
2.3.2 Clonagem	19
2.3.3 Reamostragem	20
3. MATERIAIS E MÉTODOS	21
3.1. EXCHANGEABLE IMAGE FORMAT	21
3.2. ERROR LEVEL ANALYSIS	26
3.3. ANÁLISE DE RUÍDOS.....	28
4. ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	32
4.1 ANÁLISES DAS ETIQUETAS EXIF.....	32
4.2 ANÁLISES DOS MÉTODOS DE ELA E ANÁLISE DE RUÍDOS.....	34
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	39
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	40

1. INTRODUÇÃO

Apesar de serem vistas com bastante frequência em redes sociais ou sites de notícias, imagens modificadas não são um fenômeno recente, um exemplo disto é que uma das primeiras manipulações em imagens data em torno do ano de 1864 com a fotografia do general Ulysses S. Grant (figura 1), onde a mesma é resultado da união de outras três imagens (Sencar e Memon, 2013).

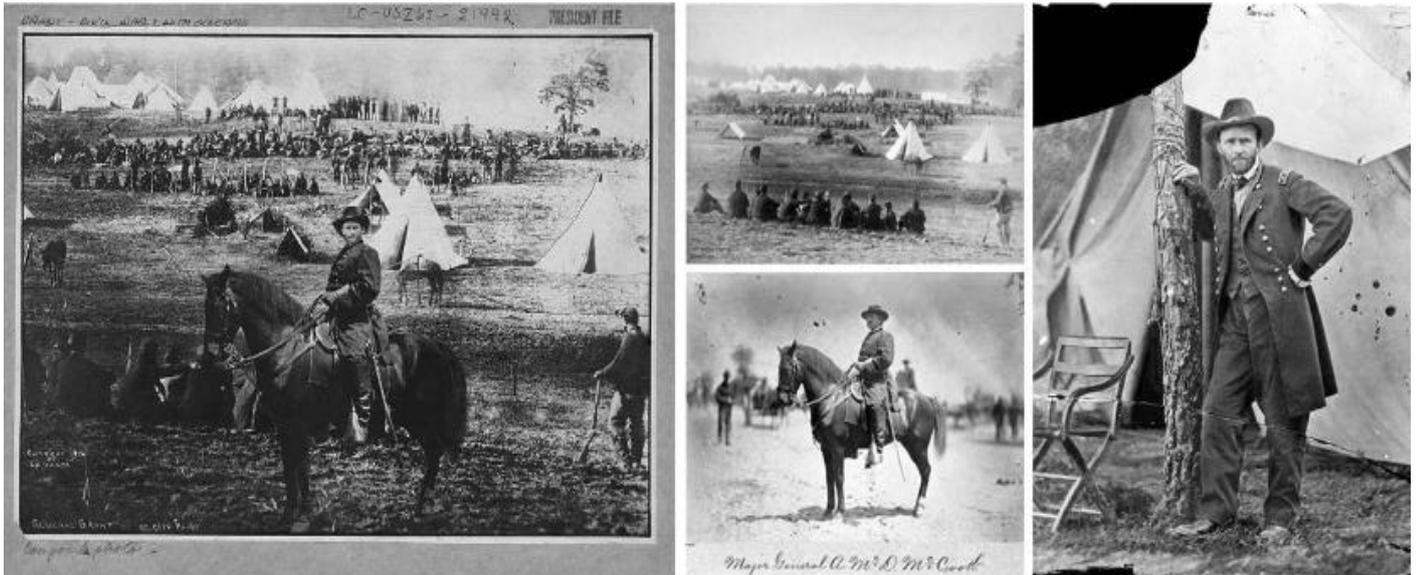


Figura 1. Montagem com fotografia do General Ulysses S. Grant (à esquerda) e as três imagens que compõem a montagem (à direita).
(Fonte: (Sencar e Memon, 2013)).

Com o passar do tempo, a disponibilidade de equipamentos com custos acessíveis que permitem a captura de fotografias digitais fez com que diversas pessoas possuam um meio de captar imagens e vídeos digitais a um ritmo elevado, sendo que boa parte desse conteúdo é compartilhado através da internet. Esta expansão da tecnologia de captura de dados, somada a existência de softwares de edição de imagens como Adobe Photoshop, Corel Draw e outros, viabilizou a falsificação de documentos tanto físicos (através de scanners e impressoras) como digitais (Cunha, 2016; Diniz, 2016).

Enquanto algumas edições de imagens possuem motivações inofensivas como retoques de imperfeições na pele ou edições para fins de entretenimento, outras podem ser feitas com o intuito de manipular a opinião pública, falsificar provas jurídicas ou documentos. Para esses casos a aplicação de técnicas que servem

como meio de validar a autenticidade de determinada imagem se faz necessária (Auad, 2013; Rocha, Goldenstein, 2010).

Atualmente existem diversas técnicas que permitem analisar se uma imagem passou por algum método de manipulação, essas técnicas se estendem desde a uma análise dos metadados de uma imagem, a análise de iluminação, sombras e reflexos, correlação entre os pixels das imagens, análise dos níveis de compressão, análise de ruídos, detecção de clonagem e muitas outras. Apesar do grande leque de técnicas, a análise forense de imagens digitais não é padronizada, recomenda-se que sempre seja utilizado o que há de mais recente na tecnologia, mas de modo geral, fica a critério do perito decidir quais técnicas serão utilizadas para averiguar a autenticidade da imagem (Auad, 2013; Farid, 2009; Krawetz, 2007; SWGE, 2018).

Baseada nessas informações, este trabalho possui como objetivo principal analisar técnicas forenses utilizadas em análises de imagens digitais. Para a realização deste objetivo, fez-se necessário propor alguns objetivos específicos, sendo eles: (a) descrever informações que serão necessárias para o entendimento das técnicas de análise; (b) descrever as técnicas analisadas; (c) validar o uso dessas técnicas a fim de descobrir se é necessário utilizar somente uma ou mais técnicas durante uma análise.

Para a realização deste trabalho foram escolhidas três métodos de análise: o primeiro é um método que analisa os metadados de uma imagem através das etiquetas EXIF (Exchangeable Image Format) das mesmas, um método que analisa inconsistências nos níveis de compressão da imagem e outro que analisa os padrões de ruídos. Além deste capítulo introdutório, esse trabalho possui mais quatro capítulos divididos da seguinte forma: O capítulo 2 irá apresentar conceitos relevantes para o entendimento do que será descrito nos capítulos posteriores; O capítulo 3 apresentará as técnicas estudadas neste trabalho, bem como suas devidas explicações; O capítulo 4 irá demonstrar os resultados obtidos nos testes como meio de validar as técnicas e o capítulo 5 apresentará as conclusões, considerações finais e trabalhos futuros.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Primeiramente, para se ter um melhor entendimento do assunto abordado é necessário apresentar alguns conceitos básicos sobre o que é uma imagem digital, bem como os meios de algumas alterações que podem ser feitas nas mesmas.

Segundo Marques (2011), uma imagem digital não é mais do que uma matriz de pontos definidos por valores numéricos, onde cada um desses pontos será denominado de pixel.

Cada ponto possui três valores de cor e um valor de luminescência. São utilizadas as cores vermelha(R), azul(G) e verde(B), que formam a síntese aditiva para a criação de qualquer outra cor dentro do triângulo RGB (Auad, 2013).

O processo de aquisição de uma imagem a partir de um aparelho de captação digital, como demonstrado na figura 2, é feito da seguinte forma: A luz da cena fotografada passa através da lente e de um filtro ótico e logo em seguida é capturada pelos sensores de cor, a maioria das câmeras digitais utiliza o Color Filter Array (CFA) para retratar as cenas capturadas (Swaminathan, Wu e Liu, 2008).

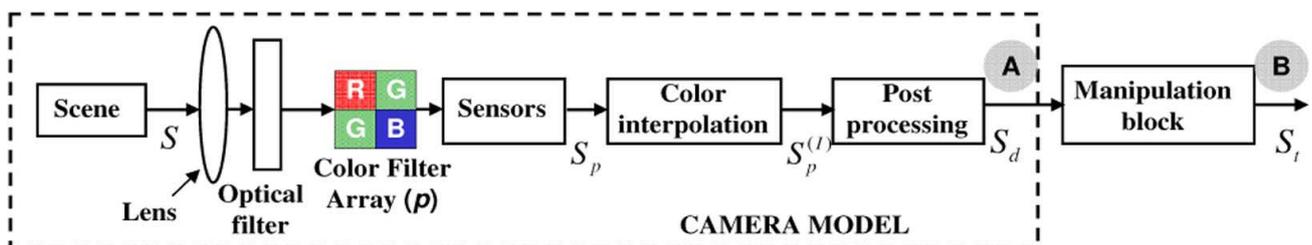


Figura 2. Representação da captura de uma imagem.
(Fonte: (Swaminathan, Wu e Liu, 2008)).

O CFA consiste em uma matriz de sensores de cores, onde cada um captura a cor correspondente ao que foi fotografado no mundo real numa localização apropriada do pixel. Após os dados obtidos pelo CFA serem registrados, os valores de pixels intermediários são interpolados usando os valores de seus vizinhos. Após a interpolação, as três imagens correspondentes aos componentes RGB passam por um estágio de pós-processamento (Swaminathan, Wu e Liu, 2008).

Dependendo da marca e modelo da câmera, as imagens podem passar por diferentes operações de pós-processamento, podendo incluir balanço de branco,

correção de cor, correção de gama, correção de vinheta de lente, remoção de distorção da lente, denoising¹ e outros (Adams, 1995).

Por fim, a imagem será compactada (o formato da imagem é definido pelo fabricante da câmera), para reduzir o espaço de armazenamento e produzir a imagem de saída.

2.1. COMPRESSÃO DO FORMATO JPEG

O formato JPEG (abreviação de Joint Photographic Expert Group) é um modelo de compressão com perdas que permite, de acordo com o ajuste de determinados parâmetros, reduzir o tamanho de uma imagem de modo que esta ocupe menos espaço de armazenamento a custo de parte de sua qualidade visual (Cunha, 2016).

De modo geral, o padrão JPEG possui dois esquemas de compressão: um esquema preditivo que não oferece perdas e outro esquema com perdas utilizando DCT (Transformada Discreta de Cosseno), sendo este último o método mais popular para a compressão das imagens (Popescu, 2004).

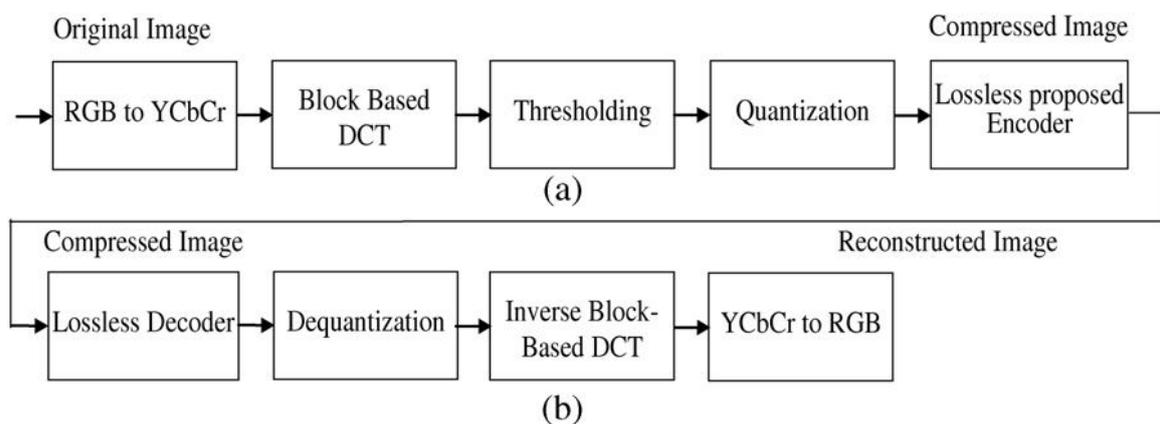


Figura 3. Modelo de compressão e descompressão utilizando DCT
(Fonte: (Raid et al., 2014)).

¹ Processo para redução de ruído digital em imagens ou vídeos.

A figura 3 demonstra passo a passo como é feito o processo de compressão (a) e descompressão (b) de uma imagem digital segundo (Frasson, 2013; Raid *et al.*, 2014):

- Primeiramente a imagem é convertida do modelo de cores RGB para o modelo YCbCr (Y representa o brilho; Cb e Cr representam os componentes de cores azul e vermelho respectivamente).
- Em seguida a imagem é agrupada em blocos 8x8 onde, em cada bloco, os valores dos pixels podem variar entre -128 a 127 para imagens coloridas e 0 a 255 para imagens em preto e branco.
- O DCT é então aplicado, comprimindo cada bloco através de quantização, indo da esquerda para a direita e de cima para baixo.
- Após isso, a matriz quantizada é gravada no início do arquivo JPEG para uma posterior desquantização caso a imagem precise ser lida por outra aplicação.



Figura 4. Qualidade de compressão de imagem.

(Fonte: Disponível em: <<https://focusfoto.com.br/tecnica-fotografica-compressao-jpeg/>> Acesso em: 15 de junho de 2018).

A configuração de qualidade do codificador (por exemplo, 50% ou 95% numa escala de 0 a 100) irá definir o resultado final da imagem. Se uma configuração de baixa qualidade for utilizada, todos os componentes de alta frequência serão descartados, resultando em uma imagem de qualidade inferior como demonstrado na figura 4 (Frasson, 2013).

2.2 PADRÕES DE RUÍDOS

O ruído é uma espécie de interferência que se manifesta em uma imagem sob a forma de pixels com cores diferentes da realidade (no geral, em forma de pequenos pontos brancos) (Pressus, 2010). De modo geral, todos os dispositivos eletrônicos que recebem algum tipo de sinal que é necessário para transmitir uma imagem estão sujeitos a esses ruídos, no caso das câmeras esse sinal é a luz, fazendo com que eles estejam sempre presente após a captura de uma fotografia (mesmo que não esteja visível a olho nu).

Além disso, outros fatores contribuem para a criação desses ruídos, o que fez com que Jullianand (Jullianand *et al.*, 2015) dividisse esses fatores em duas categorias: o primeiro sendo o ruído físico, vinculado a restrições físicas como a natureza da luz e iluminação do ambiente, e o ruído do hardware, vinculado a problemas mecânicos relacionados a câmera.

Existem diversos tipos de ruídos, Farooque e Rohankar (Farooque e Rohankar, 2013) comentam de forma relativamente detalhada sobre oito tipos, já Boyat e Joshi (Kumar Boyat e Joshi, 2015) comentam sobre doze tipos, mas de modo geral existem três que são considerados os mais comuns em imagens: ruídos gaussianos, sal e pimenta e de poisson.

Ruídos gaussianos são normalmente causados por problemas de baixa iluminação, temperatura elevada ou problemas no próprio hardware da câmera fotográfica (Farooque e Rohankar, 2013).

Ruídos de sal e pimenta (também conhecido como ruído impulsivo) são causados por erros de conversão-analógica e no processo de digitalização e sua característica principal é conter pixels mais escuros em regiões mais claras e vice-versa (Gorai e Bhattacharjee, 2017).

E finalmente, ruídos de poisson ocorrem quando o numero de fótons detectados pelo sensor de uma câmera não são suficientes para fornecer informações suficientes para a captura da imagem, quanto maior for a intensidade

da corrente ou intensidade da luz, maior será a magnitude deste tipo de ruído (Gorai e Bhattcharjee, 2017).

A figura 5 demonstra como os padrões de ruídos mencionados anteriormente afetam uma imagem, sendo as imagens “A”, “B” e “C” representadas respectivamente pelos padrões gaussianos, sal e pimenta e de poisson.

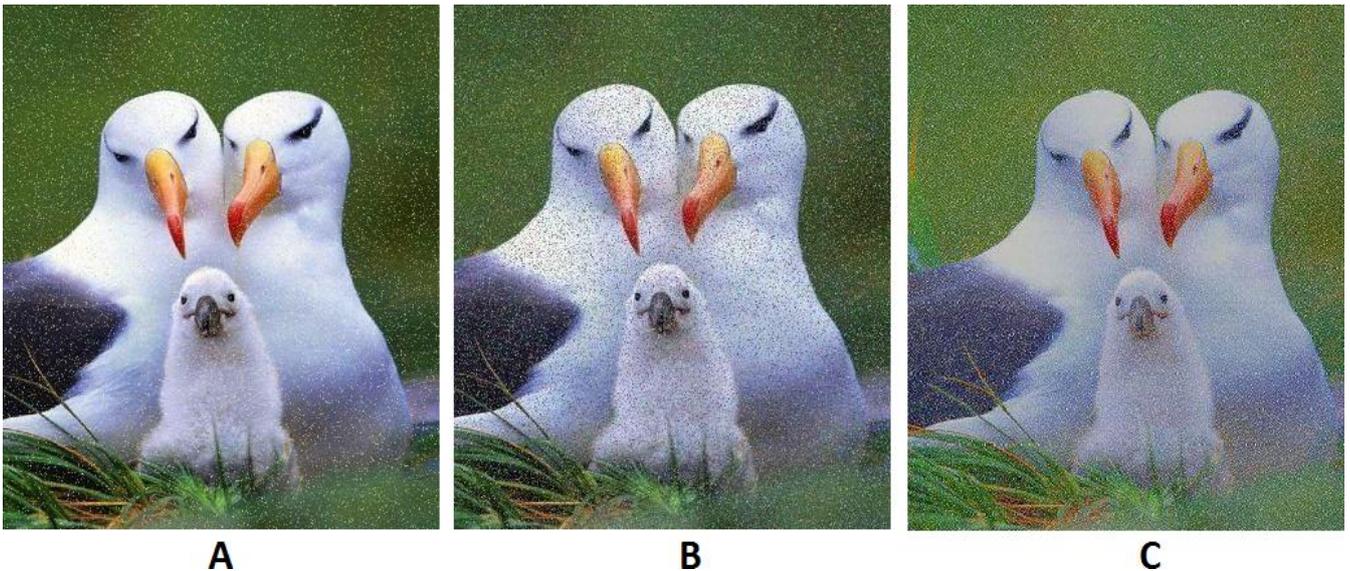


Figura 5. Diferentes padrões de ruídos em uma imagem.
(Fonte: Adaptado de (Gorai e Bhattcharjee, 2017)).

2.3. METODOS DE MANIPULAÇÃO DE IMAGENS

Imagens podem ser manipuladas de diversas maneiras. Manipulações amadoras podem ser notadas facilmente por quase qualquer pessoa enquanto as profissionais tiram proveito dos diversos recursos disponíveis oferecidos pelos softwares de edição de imagem, fazendo com que a manipulação torne-se praticamente imperceptível. Essa sessão irá falar de maneira breve sobre alguns dos métodos utilizados para a realização dessas manipulações.

2.3.1 Junção

Junção ou *splicing* consiste em copiar parte de uma imagem e colar na mesma ou em outra imagem. É a forma mais comum de uma manipulação fotográfica, mas que se feita com cuidado, torna as bordas entre as regiões manipuladas visualmente imperceptíveis (Farid, 2009).

A figura 6 representa um exemplo claro de splicing onde as imagens “A” e “B” foram unidas para resultarem na imagem “C”.



Figura 6. Exemplo de junção.
(Fonte: Adaptado de (Fadlil, Sari e Riadi, 2017)).

2.3.2 Clonagem

Consiste em copiar partes de uma imagem e colocá-las em outra parte da mesma imagem com a finalidade de ocultar uma pessoa ou objeto, ou em alguns casos, aumentar a quantidade dos mesmos (Marques, 2011).

A figura 7 demonstra um exemplo de clonagem, onde as folhas de uma determinada área da imagem são copiadas e coladas com a intenção de esconder o jeep.



Figura 7. Exemplo de clonagem.
(Fonte: (Fridrich, Soukal e Lukáš, 2003)).

Como as partes copiadas vêm da mesma imagem, seu componente de ruído, paleta de cores, faixa dinâmica e a maioria das outras propriedades importantes

serão compatíveis com o restante da imagem e, portanto, não serão detectáveis usando métodos que procurem nas medidas estatísticas em diferentes partes da imagem (Fridrich, Soukal e Lukáš, 2003).

2.3.3 Reamostragem

A reamostragem serve como uma espécie de “suporte” para os métodos citados anteriormente.

Normalmente as alterações em imagens digitais são feitas copiando parte de uma imagem e colando-a em outra, para isso torna-se necessário rodar ou redimensionar a parte da imagem que se vai colar. Isso envolve reamostrar a imagem colada no espaço de amostragem da imagem hospedeira, introduzindo correlações periódicas entre os píxeis da imagem. Este método não deixa nenhum vestígio perceptível (Marques, 2011).

A figura 8 demonstra passo a passo um processo de manipulação utilizando além da reamostragem, todos os outros métodos comentados anteriormente.

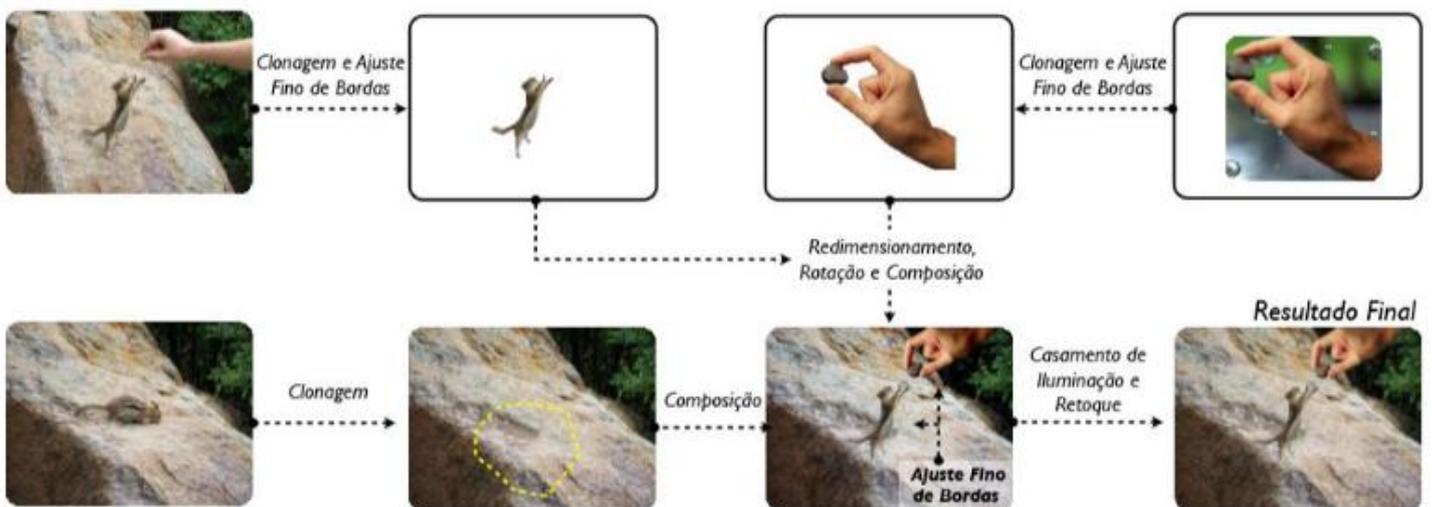


Figura 8. União de métodos de manipulação de imagem.
(Fonte: (Cunha, 2016)).

Além disso, existem outros métodos de manipulação mais avançados como ajuste de bordas, realce (sharpening) e retoque e conciliação (healing e retouching), que se utilizados junto aos métodos já explicados, podem dificultar ainda mais a descoberta de alterações (Rocha, Goldenstein, 2010).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Como demonstrado no capítulo 2, existe todo um processo por trás da criação de uma imagem digital, bem como há diversas maneiras de manipula-las. O objetivo deste capítulo é demonstrar técnicas que possam identificar essas manipulações, vale ressaltar que os softwares aqui utilizados são, a grosso modo, básicos em relação aos outros utilizados pelos profissionais da área (que no geral requerem uma licença para serem utilizados) e possuem como objetivo principal, servir como meio de exemplificar o funcionamento das técnicas de análises.

3.1. EXCHANGEABLE IMAGE FORMAT

O Exchangeable Image Format é um conjunto de informações relacionadas a uma fotografia. Essas informações são geradas na forma de metadados e são criados automaticamente pelas câmeras digitais a partir do momento em que a fotografia é retirada. A quantidade de informações disponíveis geralmente é definida pelo modelo e pelo fabricante da câmera.



Figura 9: Modelo para exemplo EXIF.
(Fonte: Próprio Autor (2018)).

A fim de exemplificar, a figura 9 foi fotografada utilizando uma câmera fotográfica Canon modelo EOS REBEL T5i, em seguida, foi usado o software ExifPro para extrair as informações da imagem referentes as etiquetas EXIF, como demonstrado na tabela 1.

Tabela 1: Informações das etiquetas EXIF.

Image Width	5184
Image Length	3456
Bits Per Sample	8, 8, 8
Compression	JPEG
Make	Canon
Model	Canon EOS REBEL T5i
Strip Offsets	88684
Orientation	90° CW
Strip Byte Counts	1041915
X Resolution	72
Y Resolution	72
Resolution Unit	inch
Date Time	03/06/2018 17:46:23
Artist	@lukazrochaph
Copyright	(c) Todos os direitos reservados
Exif Offset	446
GPS Info	69788
Exposure Time	1/100

F-Number	5.6
Exposure Program	Manual
ISO Speed Ratings	100
Exif Version	2.30
Date Time Original	03/06/2018 17:46:23
Date Time Digitized	03/06/2018 17:46:23
Components Configuration	YCbCr
Shutter Speed Value	6.625 (1/99 s)
Aperture Value	5 (F5.7)
Exposure Bias Value	0
Metering Mode	Pattern
Flash	Not fired, compulsory flash mode
Focal Length	50.0
Macro Mode	Normal
Self Timer	Not Used
Quality	RAW
Flash Mode	Off
Drive Mode	Single
Program	Manual
Contrast	Normal
Color Saturation	Normal
ISO	16383
Metering Mode	Evaluative

Focus Type	Auto
AF Point Selected	None
Exposure Mode	Manual
Lens Attached	50-50 mm
White Balance	Auto
Sequence Number	0
Flash Bias	0 EV
Auto Exposure Bracketing	Off
AEB Bracket Value	0
Subject Distance	0
Aperture Value	5
Time Value	6.625
Bulb Duration	0
Self Timer	6553.5
Image Type	Canon EOS REBEL T5i
Firmware	Firmware Version 1.1.5
Owner Name	Lukaz Rocha
Subsecond Time	00
Subsecond Time Original	00
Subsecond Time Digitized	00
Flash Pix Version	1.00
Color Space	sRGB
EXIF Image Width	5184

EXIF Image Length	3456
Interoperability Offset	69560
Interoperability Index	R98
Interoperability Version	1.00
Focal Plane X Resolution	5798.66
Focal Plane Y Resolution	5788.94
Focal Plane Resolution Unit	inch
Custom Rendered	Normal process
Exposure Mode	Manual exposure
White Balance	Auto white balance
Scene Capture Type	Standard

(Fonte: Próprio Autor (2018)).

Como demonstrado na tabela, uma única imagem pode conter diversas informações. Algumas delas, como o horário que a fotografia foi retirada, se o flash foi ou não disparado, a até mesmo o nome do dono da câmera, possuem uma relevância consideravelmente grande na hora de uma pré-investigação.

No entanto, nem sempre é possível descobrir o EXIF de uma imagem, a constante transferência de uma imagem para diversos dispositivos faz com que esses metadados acabem se perdendo durante o processo de compressão do arquivo, sendo necessário, na maioria das vezes, possuir a imagem original para a visualização dessas informações.

Além disso, o EXIF possui duas falhas “críticas”: A primeira é que os metadados podem ser alterados com a utilização de softwares (o próprio ExifPro permite realizar essas alterações), a segunda é que mesmo que a imagem original sofra modificações e em seguida seja salva com a mesma qualidade, ela irá manter as mesmas informações da imagem original.

Apesar de Auad (2013) não considerar o EXIF como um método de análise propriamente dito, e de sua limitação a estar normalmente disponível apenas na versão original da imagem, é inegável o fato que possuir informações detalhadas e relevantes sobre determinada imagem pode influenciar positivamente o trabalho de análise do perito, por exemplo, saber o momento em que a fotografia foi retirada e se o flash foi disparado ou não pode fornecer informações em relação à iluminação da fotografia.

3.2. ERROR LEVEL ANALYSIS

Error Level Analysis (ELA) é um método que analisa o nível de compressão de uma imagem (particularmente imagens em formato JPEG) e determina se existe alguma alteração na mesma. De forma geral, é um método que permite descobrir se houve alterações de junção em uma imagem.

Para a realização desse processo, a imagem passa por um novo processamento de compressão e é salva mantendo 95% da sua qualidade, após esse processo o ELA analisa os blocos da imagem, caso a imagem não tenha sido modificada então o resultado será uma imagem com um padrão de erro uniforme.

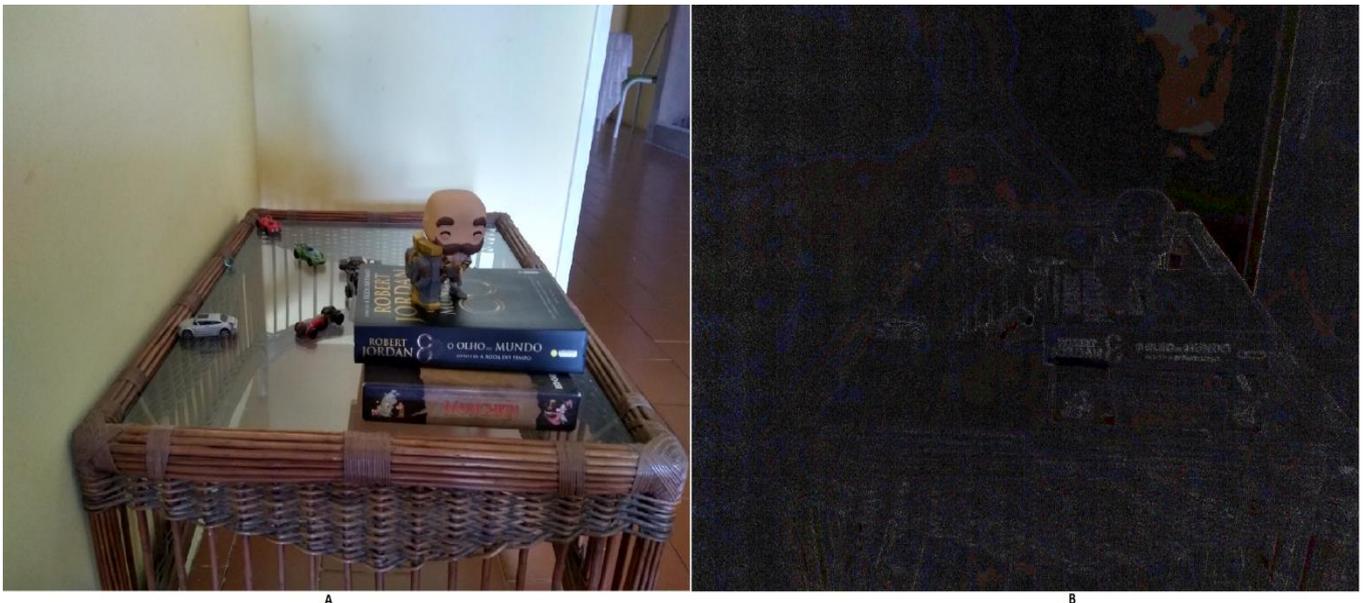


Figura 10. Exemplo de ELA em uma imagem inalterada.
(Fonte: Próprio Autor (2018)).

A figura 10 foi criada com a finalidade de exemplificar como é feita a análise utilizando este método, ela foi retirada com um smartphone da marca Motorola modelo Moto G5S Plus e a aplicação do algoritmo ELA foi feito pelo web software FotoForensics.

Com exceção das áreas destacadas em tons de vermelho e azul, que segundo (Warif *et al.*, 2016) são reconhecidas pelo ELA como mudanças feitas pelo próprio software da câmera (para ajustar a iluminação, por exemplo), todo o restante da imagem possui um padrão de erro uniforme, indicando que não houve alteração na imagem.

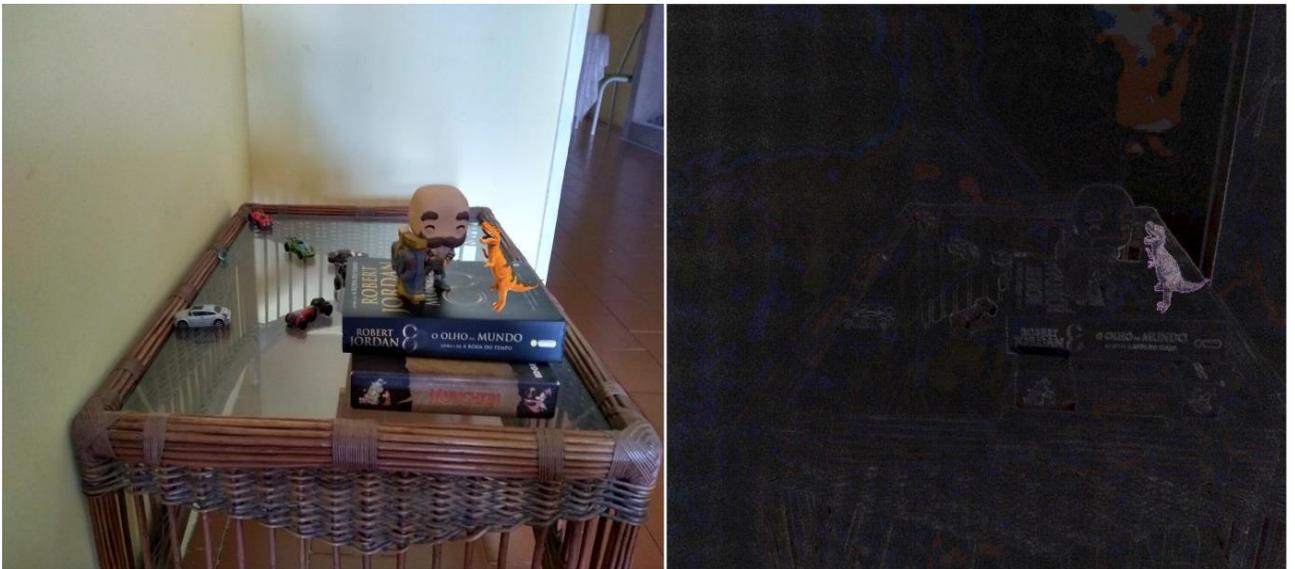


Figura 11. ELA em uma imagem alterada.
(Fonte: Próprio Autor (2018)).

Apesar de óbvia, a montagem feita na figura 11 serve para representar como o algoritmo ELA é capaz de detectar alterações feitas em fotografias. Nesse caso, os padrões de erro do dinossauro de brinquedo não condizem com o restante da imagem, visto que seu nível de compressão muito provavelmente é diferente, fazendo com que o algoritmo o destaque.

De acordo com o grupo Hacker Factor (criadores do FotoForensic), é necessário observar 3 fatores durante uma análise com ELA:

- Bordas: Todas as bordas de alto contraste devem ser semelhantes umas com as outras, o mesmo ocorre com as bordas de baixo contraste.
- Texturas: As texturas semelhantes devem possuir coloração semelhante e áreas com mais detalhes em sua superfície terão um resultado ELA mais forte do que em áreas com superfície lisa.
- Superfície: Independente da cor real da superfície, todas as superfícies planas devem ter aproximadamente a mesma cor sob o ELA.

Apesar de toda sua funcionalidade, o ELA possui alguns problemas, o primeiro é que ele dificilmente irá detectar modificações em imagens que passaram por um processo de compressão sem perdas, por exemplo, arquivos PNG (Portable Network Graphics), outro fator é que quanto menor a resolução de uma imagem maior será a diferença nos seus níveis de ELA, no entanto isso nem sempre será prova de que a imagem foi alterada.

Outro ponto que vale ressaltar é que caso uma montagem seja feita com duas imagens que possuem um mesmo nível de compressão (ambas as fotos foram retiradas com a mesma câmera, por exemplo), o ELA ainda conseguirá identificar a alteração. Porém se logo em seguida a imagem sofrer uma nova compressão, nível de erro de toda a imagem será “nivelado” e como consequência, o algoritmo não conseguirá identificar a região modificada do restante da imagem.

3.3. ANÁLISE DE RUÍDOS

A análise de ruídos propõe identificar alterações na imagem através de inconsistência no padrão de ruídos da mesma, de modo geral, o conceito é bastante parecido com o do algoritmo ELA, já que assim como o nível com compressão, cada imagem possui um padrão próprio de ruídos.

Para a realização dos testes deste método, foi utilizado o web software Forensically. Vale ressaltar que os padrões de ruídos apresentados na sessão 2.2 deste trabalho, apesar de serem importantes para o entendimento dessa técnica,

não são propriamente utilizados pelo software visto que o mesmo cria um processo reverso de denoising para a realização dessa análise.

O processo reverso de denoising utiliza um filtro de redução de ruídos (filtro mediano) para poder reverter seus resultados em seguida, ou seja, em vez de remover o ruído da imagem, ele remove toda a imagem deixando somente os padrões de ruídos. (Wagner, 2015).



Figura 12. Exemplo de análise de ruído em imagem retirada com uma câmera profissional
(Fonte: Próprio Autor (2018)).

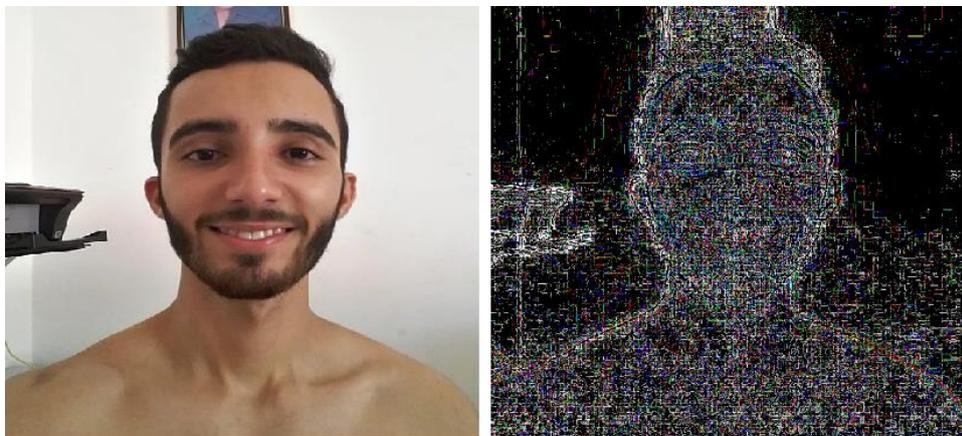


Figura 13. Exemplo de análise de ruído retirada com uma câmera de celular.
(Fonte: Próprio autor (2018)).

As figuras 12 e 13 foram retiradas com o propósito de como as condições de iluminação e qualidade da câmera podem influenciar o padrão de ruído de uma imagem. A figura 12 foi retirada com uma câmera fotográfica profissional enquanto a figura 13 foi retirada com um celular, ambas não sofreram nenhum tipo de manipulação.

Como observado, a figura 12 possui um padrão mais uniforme enquanto a figura 13 possui um padrão mais aleatório, de qualquer forma pode-se observar que cada uma possui um padrão único. Em seguida foi feita uma alteração (splicing) utilizando as mesmas imagens resultando na figura 14.



Figura 14. Análise de ruídos em imagem manipulada.
(Fonte: Próprio Autor (2018)).

É possível perceber que o algoritmo manteve o padrão de ruídos da figura 12, o que possibilitou o mesmo a identificar a diferença. Diferentemente do ELA, a análise de ruídos possui certa vantagem em analisar imagens que sofreram um processo de compressão logo após a manipulação, já que os padrões não são afetados por essas compressões, é possível identificar as alterações.

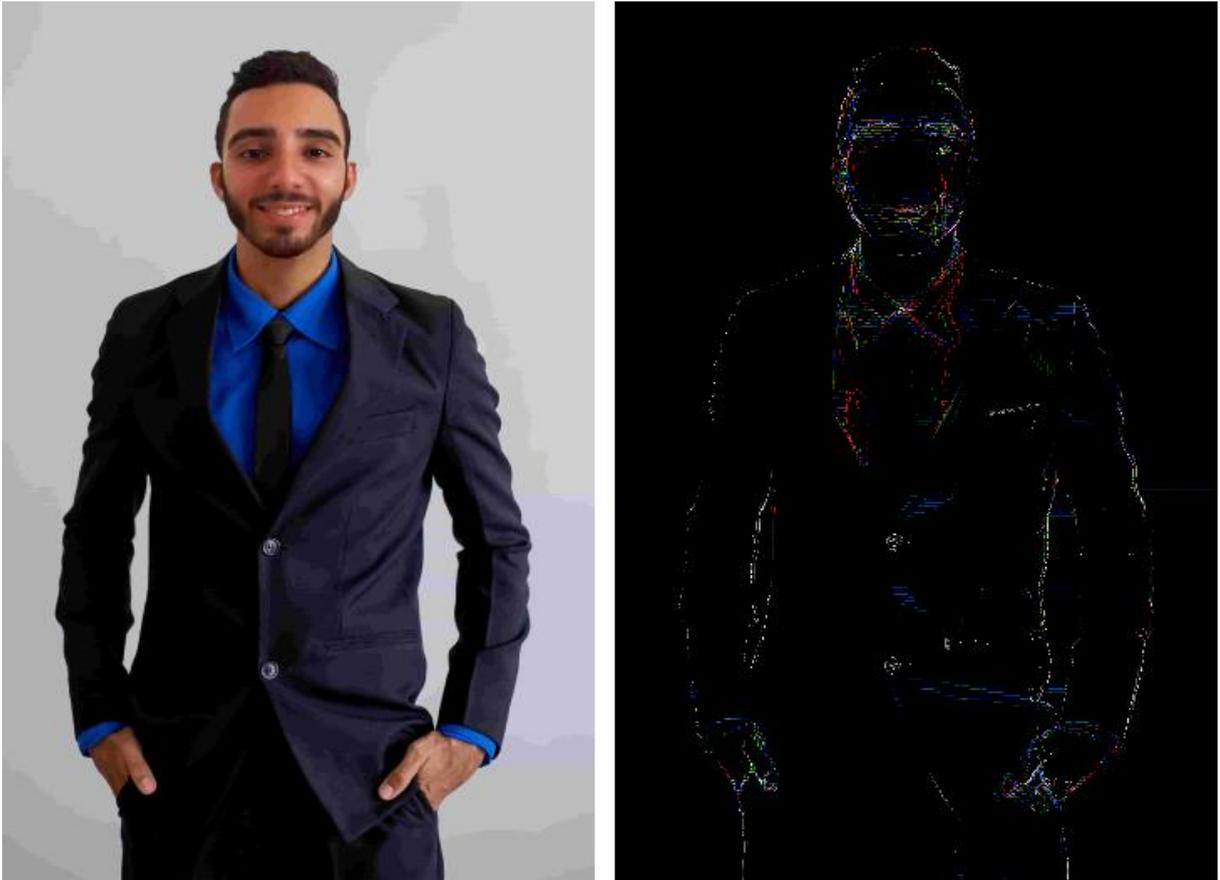


Figura 15. Análise de ruídos em imagem com nível de compressão de 30%.
(Fonte: Próprio Autor (2018)).

No entanto a análise de ruídos também sofre do mesmo problema que é analisar imagens com baixa dimensão e qualidade (geralmente com um nível de compressão abaixo de 30%), os ruídos ainda existem, mas seu padrão muda totalmente, impossibilitando uma análise precisa como demonstrado na figura 15.

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Baseado nas informações demonstradas no capítulo 3, foram realizados testes afim de averiguar o quão eficiente são as técnicas apresentas. Para a realização dos testes com EXIF foram utilizadas 4 imagens retiradas do site <http://lear.inrialpes.fr/~jegou/data.php>, já para os testes com o algoritmo ELA e a análise de ruídos foram utilizadas 10 imagens retiradas do site <http://forensics.idealtest.org>, um database que contem imagens que passaram por algum método de manipulação.

4.1 ANÁLISES DAS ETIQUETAS EXIF

A análise das imagens pelo método EXIF ocorreu da seguinte forma: primeiro verificou-se a quantidade de informações das imagens em seu estado “puro”, em seguida utilizou-se o software GIMP para fazer pequenas alterações (ajuste de brilho), salvando as imagens com o mesmo nível de compressão, por fim utilizou-se o mesmo software, mas desta vez as imagens sofreram uma compressão no momento em que foram salvas novamente. O conjunto das imagens analisadas pode ser visto na figura 16 e os resultados destes testes podem ser demonstrados nas tabelas 2 e 3.



Figura 16. Conjunto de imagens utilizadas para análise do EXIF.
(Fonte: Próprio Autor (2018)).

Tabela 2. Fragmento das etiquetas EXIF de uma das imagens em estado inalterado.

Image Description	OLYMPUS DIGITAL CAMERA
Make	OLYMPUS OPTICAL CO., LTD
Camera Model Name	X-2, C-50Z
Orientation	Horizontal (Normal)
X Resolution	144
Y Resolution	144
Resolution Unit	inches
Software	28-1008
Modify Date	2005:05: 22 12:06:44

(Fonte: Próprio Autor (2018)).

Tabela 3. Fragmento das etiquetas EXIF das imagens em estado alterado.

Image Description	OLYMPUS DIGITAL CAMERA
Make	OLYMPUS OPTICAL CO., LTD
Camera Model Name	X-2, C-50Z
Orientation	Horizontal (Normal)
X Resolution	144
Y Resolution	144
Resolution Unit	inches
Software	GIMP 2.10.2
Modify Date	2018:07: 01 22:22:33

(Fonte: Próprio Autor (2018)).

A tabela 2 apresenta o resultado da análise de uma das imagens, as outras imagens também apresentaram resultados semelhantes, variando somente nos campos do nome do fabricante, modelo da câmara e data e hora em que a foto foi retirada. Na tabela 3 nota-se que os mesmos campos sofreram alterações indicando que o arquivo da imagem foi aberto por programas de terceiros. A fim de sanar dúvidas, logo após esses testes, o arquivo original da imagem foi aberto diretamente

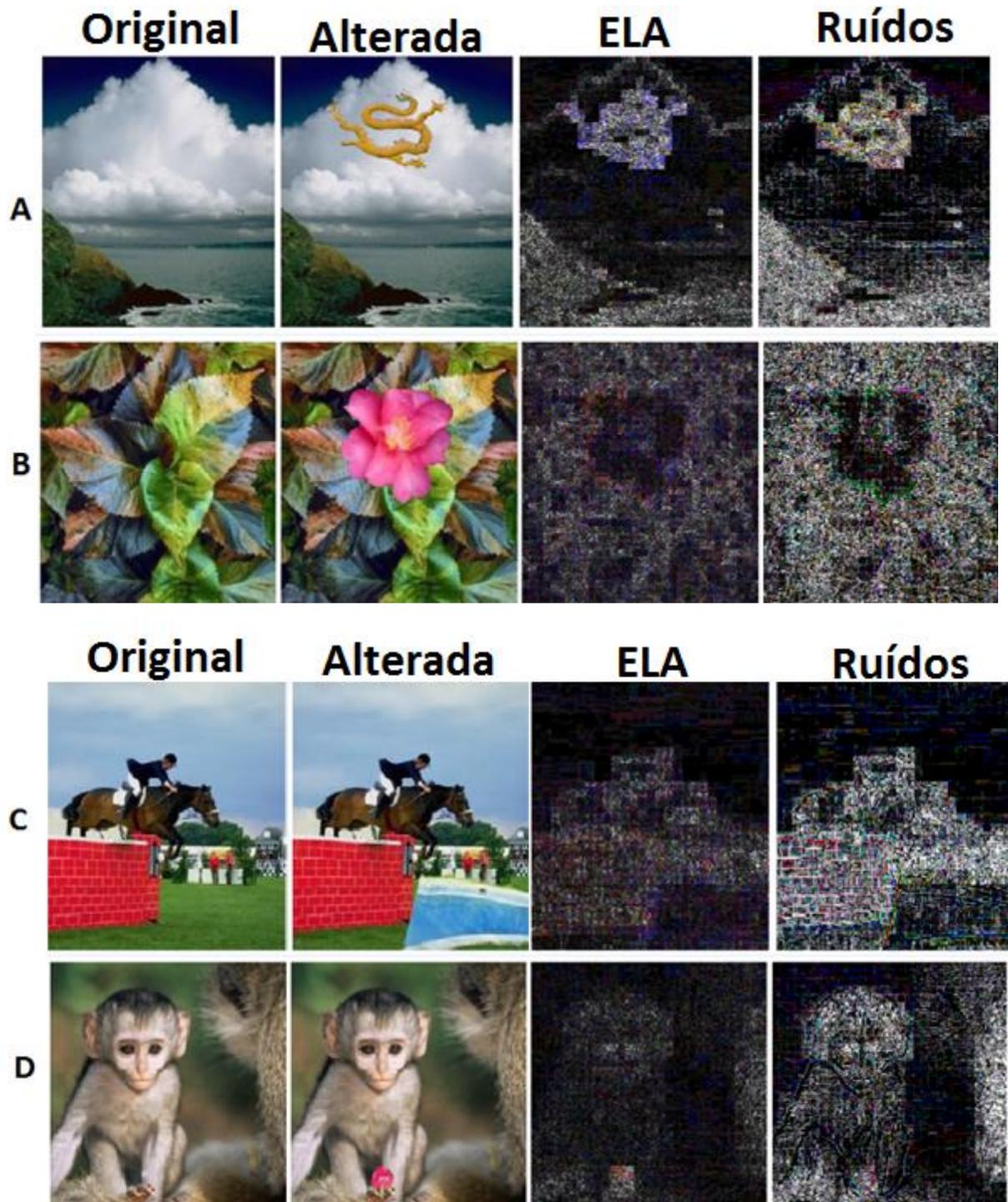
pelo software GIMP somente para ser salvo em seguida, sem modificar em nada no mesmo, o resultado desse teste foi idêntico ao demonstrado na tabela 3.

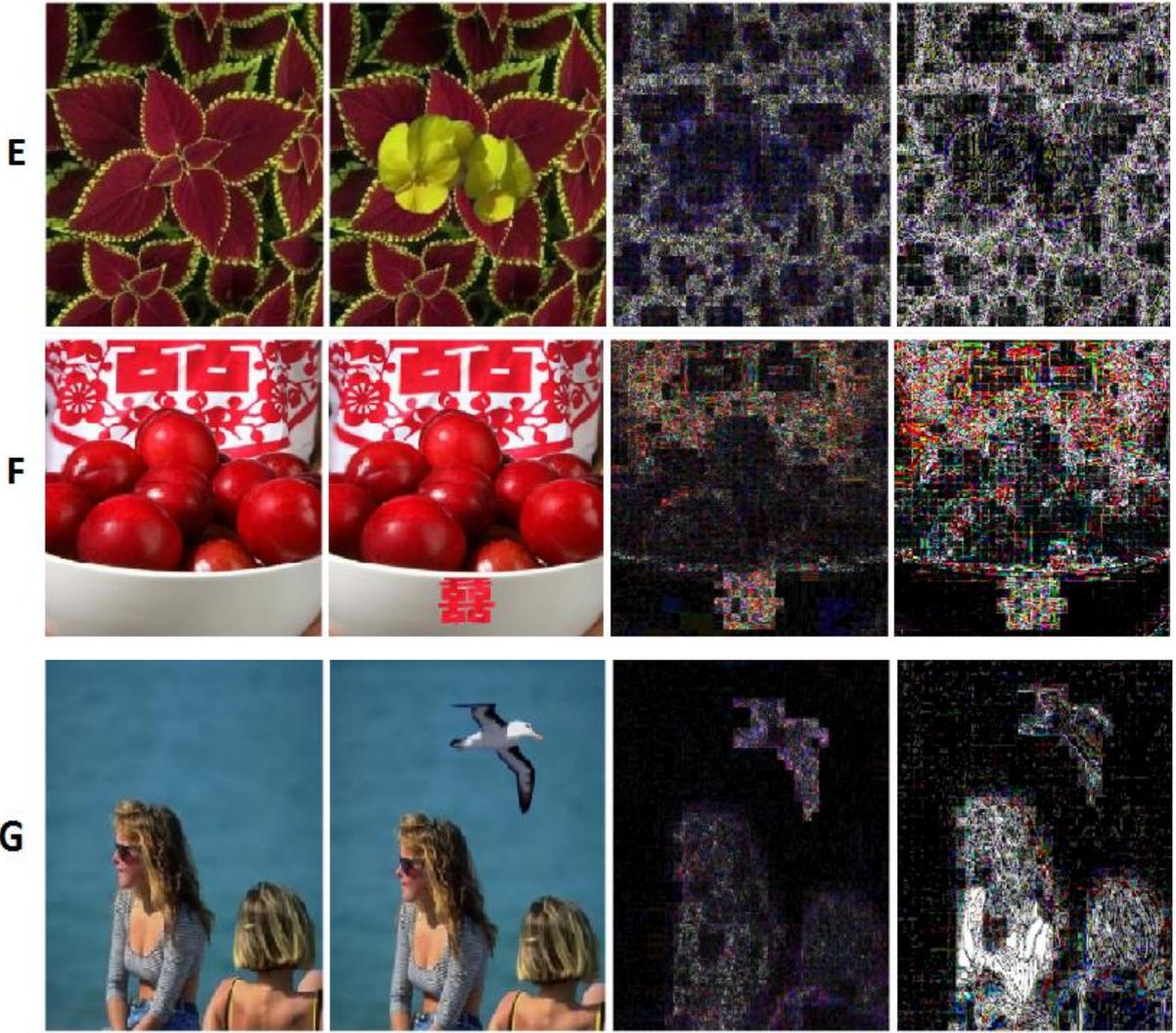
Após os primeiros testes, as imagens foram comprimidas a fim de verificar a quantidade de informações que permanecia nas etiquetas, primeiramente as imagens foram comprimidas em 70, 75, 80 e 85% (a qualidade original da imagem era 95%) em todos os níveis de compressão não foi possível identificar as etiquetas EXIF de nenhuma das imagens. Em seguida, elas foram comprimidas novamente em 90% e 94% e ainda assim não foi possível obter informações das etiquetas.

Logo, foi possível perceber que apesar de muito útil, o método EXIF é bastante limitado, pois por menor que seja a o nível de compressão que a imagem foi submetida, não será possível obter informações da mesma para análises posteriores visto que todas as informações sobre a mesma serão perdidas no processo.

4.2 ANÁLISES DOS MÉTODOS DE ELA E ANÁLISE DE RUÍDOS

A análise das imagens para os métodos ELA e de análise de ruídos ocorreu de forma semelhante. Foram utilizadas 10 imagens que passaram pelos métodos de manipulação mencionadas no capítulo 2, os resultados dos testes podem ser vistos no conjunto de imagens da figura 17.





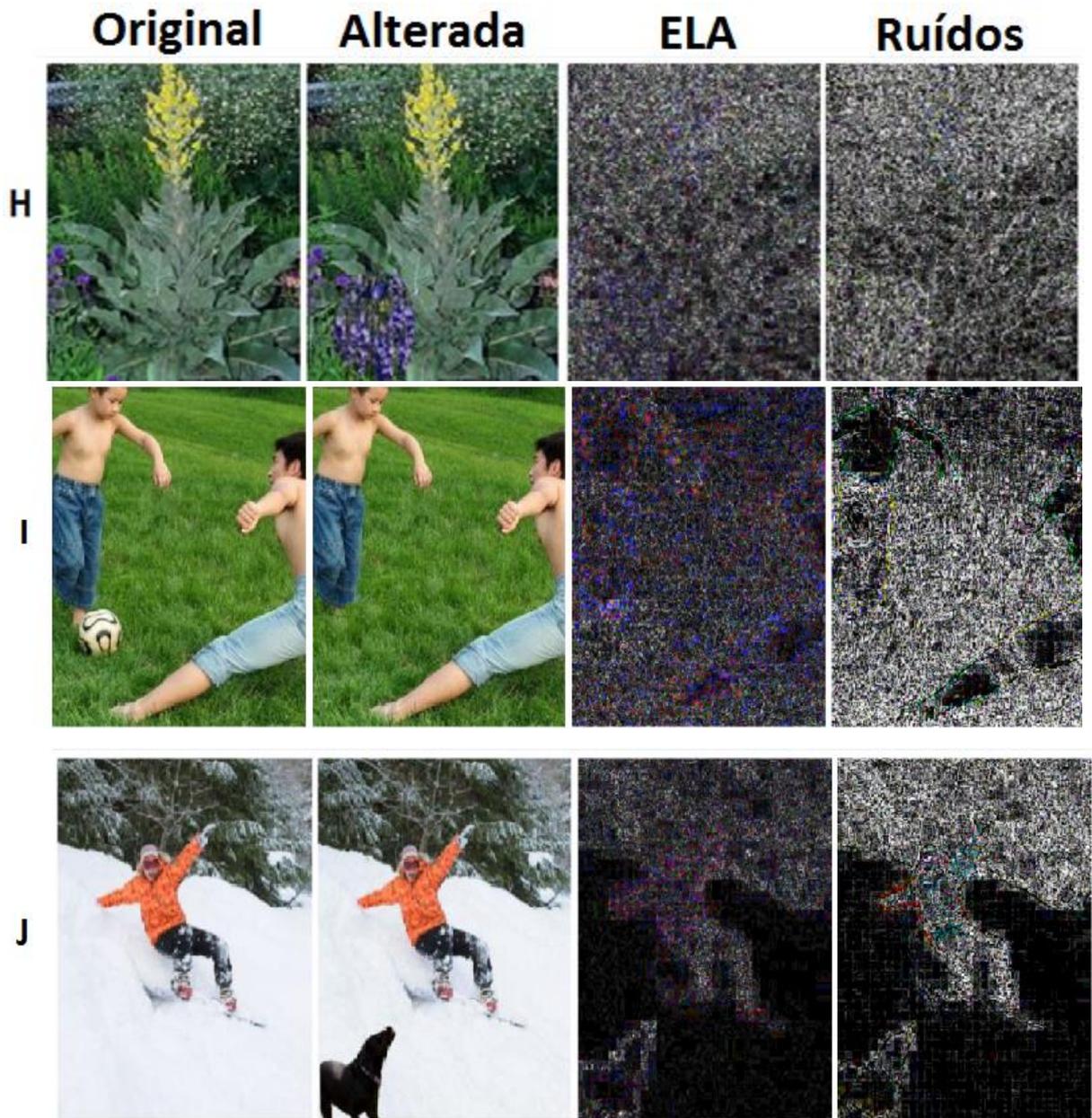


Figura 17. Conjunto dos resultados das análises com ELA e Padrão de Ruídos.
(Fonte: Próprio autor (2018)).

Os resultados nas imagens “A”, “B”, e “C” foram os que demonstraram maior clareza em ambos os métodos visto que, mesmo olhando rapidamente, pode-se perceber com facilidade que houve uma manipulação, o que faz com que a área manipulada fique em destaque em relação ao restante da imagem.

Em “D”, “E”, “F” e “G” os resultados com análise de ruídos já necessitam de um pouco mais de atenção para serem percebidos sendo que em “E” e “G” ele passa quase despercebido. Os resultados em ELA para essas imagens ainda

podem ser vistos com certa clareza com exceção talvez em “F”, onde a leitura da área destacada pode confundir devido à semelhança na tonalidade com o símbolo ao fundo da imagem.

Os resultados em “H” e “I” são os que requerem mais atenção, em “H” a área modificada pode ser identificada devido a uma leve variação na tonalidade das regiões com alterações (no ELA a região possui uma tonalidade roxa levemente mais escura enquanto que com o outro método os ruídos da mesma região se destacam de uma maneira mais sutil). Em “I” o ELA destaca a área com modificações na forma de pequenos pontos brancos que podem facilmente passarem despercebidos, já a análise de ruídos não obteve sucesso em identificar de forma clara a alteração nesta imagem.

Por fim, apesar de o resultado em “J” não demonstrar clareza a primeira vista em nenhuma das duas técnicas, ele também se enquadra em um dos casos que requerem um pouco mais de atenção, pois a calça da pessoa e o cachorro possuem cores semelhantes, no entanto, os níveis de ELA dos dois são diferentes, o mesmo ocorre para os padrões de ruídos da imagem.

Com isso, pode-se perceber que, na maioria das vezes, o algoritmo ELA gera um resultado que facilita visualmente a identificação de uma manipulação na imagem, isso não significa que a análise de ruídos possa ser considerada como uma técnica inferior, mas em casos onde o ELA costuma produzir resultados de difícil análise, ficou evidente que dificilmente a análise de ruídos mostrará um resultado visualmente favorável.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo deste trabalho pode-se notar que as técnicas analisadas podem sim, serem capazes de detectar modificações feitas em uma imagem, no entanto é aconselhável utilizar mais de uma técnica a fim de obter um resultado mais concreto no momento de revelar se a imagem foi ou não modificada de alguma forma.

O método EXIF apesar de limitado pode-se demonstrar bastante útil no início da investigação caso o mesmo esteja disponível, já o ELA e a análise de ruídos apesar de possuírem um método de análise parecido, abordam o problema de formas diferentes, o que diferencia (às vezes positivamente, às vezes negativamente) o resultado final da análise das imagens.

Além disso, é importante ressaltar que existem diversos outros métodos além dos apresentados neste trabalho, cada um com seus pontos positivos e negativos e à medida que surgem novos softwares de edição de imagens e os que já existem continuam evoluindo, o mesmo deve ocorrer para novos métodos de análise e o melhoramento dos algoritmos dos métodos já existentes.

Para trabalhos futuros, pode-se dar continuidade a análise de outros métodos não citados neste trabalho, ou ainda, comparar a eficiência dos algoritmos de detecção em manipulação de imagens utilizados em softwares gratuitos e pagos a fim de realizar uma comparação entre os resultados em ambos os tipos de softwares.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS, J. E. **Interaction between color plane interpolation and other image processing functions in electronic photography**. San Jose, CA, Feb. 1995, vol. 2415, p. 144–151.

AUAD, G. C. **Técnicas de Perícia Forense em Fotografias Digitais**. Programa de Pós-Graduação Lato Sensu da Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2013.

CUNHA, L. M. DA. **Reconhecimento De Adulterações Em Imagens Digitais : Uma Abordagem Passiva**. p. 114, 2016.

DINIZ, E. **Autenticidade de fotografias digitais**. v. 01, p. 124–129, 2016.

FADLIL, A.; SARI, T.; RIADI, I. **Image Forensic for detecting Splicing Image with Distance Function**. v. 169, n. 5, p. 6–10, 2017.

FARID, H. **Image Forgery Detection A survey**. Ieee Signal Processing Magazine, v. 26, n. 2, p. 16–25, 2009.

FAROOQUE, M. A.; ROHANKAR, J. S. **SURVEY ON VARIOUS NOISES AND TECHNIQUES FOR DENOISING THE COLOR IMAGE**. v. 2, n. 11, p. 217–221, 2013.

FRASSON, P. M. **Transformada Discreta de Cosseno : uma aplicação da Algebra Linear na compressão de imagens do formato JPEG**. p. 1–10, 2013.

FRIDRICH, J.; SOUKAL, D.; LUKÁŠ, J. **Detection of Copy-Move Forgery in Digital Images**. International Journal, v. 3, n. 2, p. 652–663, 2003.

GORAI, R.; BHATTCHARJEE, A. **Types of Noise in Digital Image Processing**. International Journal of Computer Engineering and Applications. v. 11, p. 200–214, 2017.

Hacker Factor, **Tutorial: Error Level Analysis**. Disponível em: <<http://fotoforensics.com/tutorial-ela.php>>. Acesso em: 14 de junho de 2018.

JULLIAND, T. *et al.* **Image Noise and Digital Image Forensics**. Digital-Forensics and Watermarking: 14th International Workshop, pp.3 - 17, 2015

KRAWETZ, N. **A Picture's Worth**. Black Hat Briefings, 2007. Disponível em: <<https://www.hackerfactor.com/papers/bh-usa-07-krawetz-wp.pdf>>. Acesso em: 14 de julho de 2018.

KUMAR BOYAT, A.; JOSHI, B. K. **A Review Paper: Noise Models in Digital Image Processing**. An International Journal (SIPIJ), v. 6, n. 2, p. 63–75, 2015.

MARQUES, F. E. B. **Análise Forense de Imagens Digitais**. Universidade de Aveiro, Aveiro, 2011.

POPESCU, A. C. **Statistical Tools for Digital Image Forensics**. Dartmouth College, New Hampshire, 2004.

PRESSUS, J. **Quebrando o silêncio sobre ruído na imagem**. Disponível em: <<http://www.techtudo.com.br/platb/fotografia/2010/12/27/hora-de-quebrar-o-silencio-sobre-ruido-na-imagem/>>. Acesso em: 19 de junho de 2018.

RAID, A. M. *et al.* **Jpeg Image Compression Using Discrete Cosine Transform - A Survey**. International Journal of Computer Science & Engineering Survey, v. 5, n. 2, p. 39–47, 2014.

ROCHA, A.; GOLDENSTEIN S. **CSI: Análise Forense de Documentos Digitais**. Atualizações em Informática 2010. p. 263–317, Rio de Janeiro, 2010.

SENCAR, H. T.; MEMON, N. **Digital Image Forensics: There is More to a Picture than Meets the Eye**, n. March, p. 1–370, 2013.

SWAMINATHAN, A.; WU, M.; LIU, K. J. R. Digital image forensics via intrinsic fingerprints. **IEEE Transactions on Information Forensics and Security**, v. 3, n. 1, p. 101–117, 2008.

SWGEE (Scientific Working Group on Digital Evidence). **SWGEE Best Practices for Image Authentication**. Version: 1.0, 2018.

WAGNER, J. **Noise Analysis for Image Forensics**. Disponível em: <<https://29a.ch/2015/08/21/noise-analysis-for-image-forensics/>>. Acesso em: 03 de

julho de 2018.

WARIF, N. B. A. *et al.* **An evaluation of Error Level Analysis in image forensics.** Proceedings - 2015 IEEE International Conference on System Engineering and Technology, ICSET 2015, p. 23–28, 2016.