POLITÉCNICO DE LEIRIA | ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA E GESTÃO

Relatório

Mestrado em Cibersegurança e Informática Forense

# *Exif Forensics*

## Análise Forense de Fotografia

Jéssica Pedrosa, 2180067

Patrícia Silva, 2180068

Leiria, janeiro de 2019

## Resumo

Uma fotografia pode armazenar um conjunto de dados - sejam eles técnicos ou meramente informativos – recorrendo a um ou vários *standards*. Para tal, um dos *standards* criados foi o *Exif*. O *Exif* é um *standard* para armazenar dados com a respetiva fotografia, dados esses que permitem ter conhecimento de um conjunto de informações relativas à mesma. O foco deste trabalho corresponderá à exploração dos dados *Exif*. Por sua vez, um dos principais focos desta mesma exploração, passa por verificar o quão manipuláveis estes dados são, e, consequentemente, o grau de fiabilidade dos mesmos. Deste modo, pretende-se averiguar também o seu papel numa investigação forense. Para esse efeito, serão utilizadas algumas ferramentas que permitam explorar esses dados.



**Palavras-chave:** metadados, *Exif*, ferramentas, exploração, investigação



## Abstract

A photograph has the hability to store a lot of data, which can be technical or informative and you can apply standards to store them. *Exif* it's a standard made to store data within the photograph; these data will allow you to access information regarding the photograph. The main goal of this work will be the analysis of the *Exif* data. The primary purpose of this analysis is to verify how manipulative that data is and, consecutively, the viability degree of them. That way, we pretend to find out it's role in a forensic investigation. For that effect, we will use some tools to explore these data.



**Keywords:** metadata, *Exif*, tools, analysis, investigation

# Lista de Figuras



# Lista de Acrónimos

CIPA - Camera & Imaging Products Association

EXIF – Exchangeable Image File Format

IFD - Image File Directory

IPTC - International Press Telecommunications Council

JEIDA - Japan Electronic Industries Development Association

JEITA - Japan Electronics and Information Technology Industries Association

NISO - National Information Standards Organization

XMP - Extensible Metadata Platform

# Índice

# 1. Introdução

Nos dias de hoje, as fotografias já são muito mais do que aquilo que o olhar consegue captar à primeira vista. Desde sempre, existiu uma certa necessidade de a fotografia conseguir agrupar um conjunto de informação adicional que poderia ser útil em algum momento. Assim, ao longo dos anos, foram criados alguns *standards* e tecnologias.

Neste mesmo conjunto de dados podemos encontrar, por exemplo, o modelo da câmara ou ainda o *Color space*. Relativamente aos *standards* de armazenamento de dados, para além do *Exif*, existe o *IPTC Photo Metadata* ou o *standard PLUS*. Apesar de existir uma vasta gama de *standards*, o foco no trabalho será unicamente a exploração de dados que sejam armazenados com o *standard Exif*. A exploração dos dados passará por primeiro visualizar os dados *Exif* e, de seguida, efetuar alterações aos mesmos.

Antes de se iniciar a realização propriamente dita deste trabalho e após uma breve pesquisa sobre o tema, foram formuladas tanto a questão principal como as questões derivadas. A questão principal inerente a este trabalho é "O que é o *Exif*?". Já as questões derivadas correspondem a "Como obter a informação do *Exif*?", "Poderá o *Exif* ser alterado?", "Como adulterar a informação do *Exif*?" e "Como validar a informação do *Exif*?". É de referir que ao longo do trabalho tentar-se-á responder a estas questões formuladas.

Deste modo, de uma forma sucinta, este trabalho tem como objetivos, em primeiro lugar, perceber o conceito *Exif*, efetuar a exploração dos dados, verificar o quão manipuláveis são e, por fim, verificar o seu grau de fiabilidade. Para alcançar os referidos objetivos, para além de serem utilizadas um conjunto de ferramentas selecionadas, irão também ser utilizadas fotografias capturadas por câmaras de dispositivos distintos. Para além disso, irão também ser criados cenários de teste.

Com as várias pesquisas efetuadas constatou-se que de facto esta área ainda se encontra pouco explorada especialmente no que diz respeito ao valor forense dos metadados da fotografia.

# 2. Estado da Arte

Neste capítulo será abordado o conceito de *Exif* bem como outros *standards* existentes no mundo da imagem digital. Para além disso, serão ainda apresentadas as ferramentas selecionadas para a realização deste trabalho.

## 2.1 *Exif*

Já no século XX, as anotações das fotografias eram feitas na própria fotografia, anotações essas como o ano em que a fotografia foi capturada e quem estava na fotografia. Depois, anos mais tarde, a fotografia foi digitalizada, e posteriormente surgiu o *EXIF* (*Exchangeable Image File Format*), tendo o seu primeiro lançamento em 1995. Já saiu outras versões, sendo que a última foi a versão 2.31, formulada pela *Japan Electronics and Information Technology Industries Association* (*JEITA*, anteriormente designada de *JEIDA* - desenvolvido pela *Japan Electronic Industries Development Association*) e a *Camera & Imaging Products Association* (*CIPA*). [1]

Antes de definirmos o que é o *Exif*, é importante perceber o que são os metadados. Metadados nada mais é, do que informação sobre dados, ou seja, são os dados sobre os dados. E é sobre metadados que o *Exif* se trata. A *National Information Standards Organization (NISO)*, define 4 tipos de metadados para vários tipos de ficheiros, os descritivos que incluem informação como o autor, o título, um resumo, entre outros; os administrativos, que se podem dividir em 3 grupos sendo esses, os técnicos, os de preservação e os de direitos, que são usados para gerir recursos, como a data de criação, as permissões, entre outros; os estruturais, que explicam como um recurso é organizado ou composto, como os detalhes de um título, entre outros; e por último os *markup languages* que integram os metadados com o conteúdo. [2] [3] Os metadados são de extrema importância em várias situações, como, na organização dos recursos, na descoberta de recursos e na interoperabilidade.

O *Exif* é um *standard* de armazenamento de metadados que apresenta uma estrutura de *tags* para os metadados incorporados numa fotografia. Este *standard* especifica a estrutura básica de um ficheiro de uma imagem digital, as *tags* e marcadores de segmentos *JPEG* que o *standard* usa e como se define e gere as versões de formato.

O *Exif* classifica a informação em dois grandes grupos *IFD* (*Image File Directory*), sendo que um desses grupos o *Exif-specific IFD* que, por sua vez, se divide em três subgrupos dependendo do tipo de informação que estes grupos guardam. [4]

O *Exif* são os metadados, por exemplo, das condições de captura de uma fotografia, ou seja, dados relacionados com as configurações da câmara. Estes metadados, na sua maioria, são criados no momento em que a fotografia é tirada e são guardados junto do conteúdo da imagem em si. Nem todos os formatos de imagens suportam estes metadados, mas alguns dos exemplos de formatos que suportam são o *JPEG* e o *TIFF 6.0*. E atenção, o *Exif* não é um formato de fotografia, como por vezes é considerado, dado o seu nome apresentar a palavra *Format*.

Estes dados são, habitualmente, usados pelos fotógrafos para os ajudar a manter as mais variadas informações sobre as suas fotografias. Para além disto, os dados *Exif* são muito usados por aplicações de forma a organizar a biblioteca de fotografias, das mais diversas formas e até mesmo para pesquisar entre fotografias e filtrá-las. Estes metadados são de extrema importância para manter os repositórios de imagens digitais organizados.

Para além das diferentes *tags* que o *Exif* apresenta, ainda existe a *tag MakerNote* que é da responsabilidade de cada fabricante sendo que o mesmo pode-a preencher com a informação que achar oportuna. No entanto, a *tag MakerNote* não deve ser utilizada para colocar informação que pode ser apresentada em *tags* específicas do *Exif*.

## 2.2 Outros standards de metadados de fotografias

Fora o *standard Exif* para os metadados das fotografias, existem outros *standards* relativos aos mesmos, como por exemplo, o *IPTC Photo Metadata*, o *XMP*, o *ICC* ou até mesmo o *MPEG-7*. Contudo, antes de se entender cada um dos *standards* mencionados, é também relevante compreender um outro aspeto. Dependendo do tipo de informação a que os metadados em si se referem, as fotografias podem apresentar diferentes tipos de metadados – os metadados administrativos, os metadados descritivos – sendo que a cada um deles estará relacionado a pelo menos um *standard* de armazenamento. Os metadados técnicos, normalmente gerados na captura, que pertencem aos metadados administrativos, correspondem a dados acerca das características técnicas de uma fotografia relacionadas com as configurações da câmara, como por exemplo, a velocidade do obturador ou até mesmo o número ISO. Estes dados podem ser armazenados, por exemplo, recorrendo ao *Exif*. Já os metadados descritivos são dados relativos à imagem si que poderão ser

adicionados, na maioria dos casos, manualmente. Alguns exemplos são legendas, comentários, palavras-chave ou o local de captura; podem ser aplicados através do *IPTC Core* e do *IPTC Extension*. Por último, caso a informação diga respeito a licenças, versões do modelo ou até mesmo informações sobre a origem da fotografia, então estamos perante metadados administrativos. Estes metadados, tal como os metadados descritivos, também são adicionados manualmente. Um exemplo de um *standard* que permite a aplicação destes metadados é o *standard PLUS* (*Picture Licensing Universal System*). [5] [6]

O *IPTC* (*International Press Telecommunications Council*) desenvolve vários *standards*, sendo um deles o *IPTC Photo Metadata Standard*. Este *standard* estrutura e define propriedades dos metadados que, por sua vez, permitem aos utilizadores adicionar dados acerca das fotografias. Para além disso, suporta datas, nomes e um modo flexível de apresentar informações relativas a direitos. Atualmente este *standard* apresenta dois esquemas - *IPTC Core* e *IPTC Extension*. [7]

O *standard PLUS* está relacionado com metadados que descrevem as licenças e informações acerca dos direitos da fotografia em si. [8]

Já a *Adobe Systems Inc.*, em 2001, criou o *XMP* (*Extensible Metadata Platform*). Este corresponde a uma tecnologia baseada em XML que tem como objetivo "inserir metadados em ficheiros durante o processo de criação de conteúdo" [9]. [10] Tem a vantagem de o seu uso não ser limitado somente a imagens, podendo também ser usado, em ficheiros de vídeo, ficheiros JPEG ou ainda em ficheiros PDF. [11]

É importante mencionar que existe uma certa relação de interoperabilidade entre o *IPTC Photo Metadata* e o *XMP*. A *Adobe* e o *IPTC* decidiram encontrar uma solução que permitisse incorporar os dados do *IPTC* no novo *XMP*. Assim, para esse mesmo fim, surgiu, em 2005, a especificação designada de "*IPTC Core Schema for XMP*". [12]

Numa imagem também se poderá encontrar algo designado de perfis de cores. Esses mesmos perfis de cores são armazenados nas imagens através do *ICC*. O *ICC* corresponde a metadados que pretendem, quando uma imagem está a ser visualizada, auxiliar a mesma a apresentar uma aparência consistente. [13]

Por último, existe ainda o MPEG-7 que corresponde a uma *standard ISO/IEC 15938*, que armazena metadados relativos à descrição de conteúdo multimédia, descrição essa diretamente associada com o conteúdo multimédia em si. Os metadados são armazenados recorrendo ao XML.

É de referir que, fora os *standards* mencionados, existem outros.

## 2.3 Ferramentas para exploração do *Exif*

Para a exploração dos dados *Exif* foi efetuada uma pesquisa de ferramentas que permitissem a realização desta tarefa. Durante a pesquisa realizada verificou-se a possibilidade de adicionar extensões ao *Google Chrome* para a leitura de *Exif*, sendo que para tal foi selecionada a extensão *Send to Exif Viewer*. Também foi selecionada uma ferramenta de linha de comandos, a *ExifTool 11.20* e ferramentas com interface gráfica, nomeadamente, a *ExifReader*, a *ExifDataViewer* e a *AnalogExif*.

# 3. Exploração do *Exif*

A exploração do *Exif* corresponde ao principal foco do trabalho prático. Pode-se considerar que o principal objetivo desta fase passou por tentar perceber que informação se encontra em dados *Exif*. Deste modo, foram utilizadas 2 fotografias com dados *Exif*, nomeadamente, uma capturada por uma máquina *Nikon* D5600 (Figura 2) e ainda uma fotografia capturada por um *iPhone 6S* (Figura 1). Deste modo, no contexto deste trabalho, a fotografia capturada pela máquina *Nikon* D5600 corresponderá o ID foto1 e a fotografia capturada pelo *iPhone 6S* terá o ID foto2.

Figura 2 - Fotografia de ID foto1

Figura 1 - Fotografia de ID foto2

Para esta fase de exploração foram definidos um conjunto de cenários de teste de modo a se alcançar vários casos possíveis a que os dados *Exif* poderão estar expostos. É de referir ainda que é de esperar que as 2 fotografias serão utilizadas nos cenários criados. Também serão utilizadas, sempre que possível, as ferramentas selecionadas.

## 2.1 Localização do *Exif*

Antes de mais, sabendo que os dados *Exif* são guardados com a respetiva fotografia, é importante perceber de forma mais clara onde é que de facto os metadados são armazenados no ficheiro em si. Deste modo, constatou-se que um ficheiro *JPEG* contêm

segmentos, sendo que cada segmento contêm diferentes tipos de dados. Exemplos de segmentos são o *SOI (Start Of Image)*, *DHT (Define Huffman Table(s))* ou ainda *SOS (Start Of Scan)*. Um dos segmentos relevantes para o contexto deste trabalho é o APPn (*Application-specific*) que armazena os metadados nos ficheiros *JPEG*. No que diz respeito ao *Exif* em específico, este é armazenado no *marker* APP1 que por sua vez se encontra nos *headers*. [1] [14] [15]

## 2.2 Visualização

Através de uma pesquisa efetuada acerca das formas existentes nos dias de hoje para se obter os dados *Exif* de fotografias, constata-se que é relativamente fácil um utilizador comum ter acesso a essa mesma informação. Para além disso, apesar de alguma da informação ser específica da área fotográfica, há um outro conjunto de parâmetros que são relativamente fáceis de se perceberem ao que se referem, como por exemplo, o autor da fotografia ou até mesmo a marca e modelo da câmara responsável pela captura.

Nesta secção encontram-se os vários cenários criados para a visualização de dados *Exif*, bem como as eventuais conclusões relevantes acerca do processo ocorrido.

### 2.2.1 Dados dos *Exif* nas ferramentas selecionadas

No sistema operativo *Windows*, acedendo às propriedades de uma imagem e, de seguida, no separador "Detalhes", caso os dados *Exif* não tenham sido removidos, é possível aceder aos mesmos. Tal procedimento foi realizado para as 2 fotografias e em todas elas foram apresentados dados *Exif*.

Para além deste método de visualização, para aceder aos dados *Exif* foram ainda utilizadas as ferramentas selecionadas para esta fase de exploração.

A extensão do *Google Chrome*, *Send to Exif Viewer*, permite visualizar os dados *Exif* de uma fotografia desde que esta esteja presente numa página do *browser*. Ou seja, esta ferramenta não permite aceder aos dados *Exif* de uma fotografia que esteja armazenada localmente. Para além disso, requer adicionar uma extensão ao *browser* de modo a se fazer uso da mesma; esta mesma extensão encontra-se disponível na *chrome web store*. Ao clicar com o botão do lado direito do rato sobre a fotografia, seleciona-se a opção "*Send to image metadata viewer*" e, logo de seguida, é aberto um novo separador no *browser* com a informação. Esta extensão, para além de mostrar dados *Exif*, também

permite que o utilizador visualize outros conjuntos de informações mais detalhadas, por exemplo, o *ICC Profile* ou até mesmo dados *IPTC*.

A ferramenta *ExifTool 11.20* também permite visualizar os metadados de fotografias na linha de comandos. Para tal, é necessário executar o comando "exiftool.exe nomeFoto", considerando-se o "exiftool.exe" o nome dado ao executável desta ferramenta e "nomeFoto" a designação atribuída à fotografia cujos metadados se pretendem visualizar. Uma vez que a ferramenta mostra dados de outros *standards* para além do *Exif*, caso se pretenda obter um *output* em que as *tags* se encontram dentro do grupo de metadados ao qual pertencem, basta adicionar a opção "-g" ao comando inicial. Para as 2 fotografias verificou-se a visualização de metadados através desta ferramenta. Um exemplo encontra-se na Figura 3 que apresenta o output do comando "exiftool.exe foto1".

```
---- ExifTool ----
ExifTool Version Number         : 11.20
---- File ----
File Name                       : DSC_0021.JPG
Directory                       : .
File Size                       : 13 MB
File Modification Date/Time     : 2018:12:16 11:37:14+00:00
File Access Date/Time           : 2018:12:17 14:10:15+00:00
File Creation Date/Time         : 2018:12:17 14:10:15+00:00
File Permissions                : rw-rw-rw-
File Type                       : JPEG
File Type Extension             : jpg
MIME Type                       : image/jpeg
Exif Byte Order                 : Little-endian (Intel, II)
Image Width                     : 6000
Image Height                    : 4000
Encoding Process                : Baseline DCT, Huffman coding
Bits Per Sample                 : 8
Color Components                : 3
Y Cb Cr Sub Sampling            : YCbCr4:2:2 (2 1)
---- EXIF ----
Make                            : NIKON CORPORATION
Camera Model Name               : NIKON D5600
Orientation                     : Horizontal (normal)
X Resolution                    : 300
Y Resolution                    : 300
```

Figura 3 - *Output* do comando exiftool.exe foto1

Na eventualidade de se pretender visualizar os metadados em ambiente gráfico e não em linha de comandos, existe a ferramenta *ExifReader*. A interface desta ferramenta é bastante simples o que facilita a sua utilização. Após selecionar a fotografia pretendida, automaticamente, caso existam metadados, estes serão exibidos na tabela. Para além de dados *Exif*, também são apresentados dados do *IPTC*. Na Figura 4 temos os metadados da foto2 que são apresentados por esta ferramenta.

| ItemName | Information |
|---|---|
| JFIF_APP1 | Exif |
| **Main Information** | |
| Make | Apple |
| Model | iPhone 6s |
| Orientation | left-hand side |
| XResolution | 72/1 |
| YResolution | 72/1 |
| ResolutionUnit | Inch |
| Software | 12.1.1 |
| DateTime | 2018:12:14 17:41:38 |
| YCbCrPositioning | centered |
| ExifInfoOffset | 206 |
| GPSInfoOffset | 1692 |
| **Sub Information** | |
| ExposureTime | 1/17Sec |
| FNumber | F2.2 |
| ExposureProgram | Program Normal |
| ISOSpeedRatings | 2000 |
| ExifVersion | 0221 |
| DateTimeOriginal | 2018:12:14 17:41:38 |

Figura 4 - Foto2 em *ExifReader*

A ferramenta *ExifDataViewer* é uma outra ferramenta que apresenta os metadados da fotografia selecionada. Entre as várias propriedades apresentadas, podemos saber o *exposure time*, a versão do *Exif* ou ainda até se o *flash* está presente. A título de exemplo, a Figura 5 contêm parte dos metadados apresentados pela ferramenta de uma das fotografias de teste, mais precisamente a foto1.

Exif Data

| Name | Value |
|---|---|
| Resolution | 300 x 300 inches |
| Exif sub-IFD | |
| Exif version | 2,30 |
| Colour space | RGB |
| Compressed bits per pi | 4 |
| Date/time original | 15/12/2018 22:21:46 |
| Date/time digitised | 15/12/2018 22:21:46 |
| Digital zoom ratio | 1 |
| Exif image width | 6000 |
| Exif image height | 4000 |
| Exposure programme | Normal |
| Exposure time | 0,0666666666666667 seconds |
| Exposure bias value | 0 |
| File source | Digital camera |
| Flash present | Yes |
| Flash mode | Compulsory suppression |
| Flash fired | No |
| Flash red eye reduction | No |
| Flash strobe light | No detection function |

Figura 5 - Foto1 em *ExifDataViewer*

Por último, recorreu-se ainda para a visualização dos dados *Exif*, à ferramenta *AnalogExif*. Nesta ferramenta, as *tags* encontram-se organizadas consoante ao que se referem. Através da mesma, podemos ter acesso a dados sobre a câmara, a localização ou ainda as lentes. Com a visualização dos metadados das 2 fotografias através desta ferramenta, pode-se concluir que, de todas as ferramentas selecionadas, é possível que esta seja a que apresente informação mais sucinta e menos detalhada. Na Figura 6 é apresentado parte do *output* da leitura de metadados da foto1.

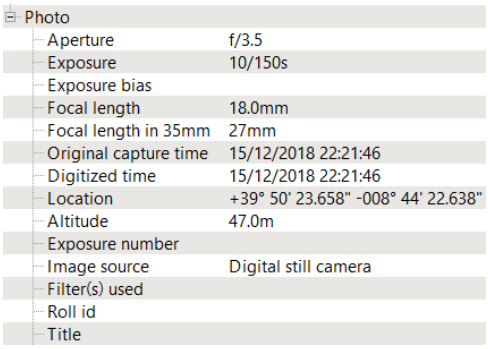


Figura 6 - Foto1 em *AnalogExif*

Após esta visualização inicial dos metadados das 2 fotografias que estão a ser usadas recorrendo-se a todas as ferramentas selecionadas, concluiu-se que a ferramenta que apresenta dados *Exif* mais completos é a *ExifTool 11.20*. Contudo, a que apresenta uma visualização mais acessível e rápida em termos visuais acaba mesmo por ser a *ExifReader*, que, por sua vez, acaba também por apresentar uma boa quantidade de metadados.

Um aspeto relevante a ser considerado é o número de série do dispositivo responsável pela captura da fotografia. Das ferramentas selecionadas para a realização deste trabalho, a ferramenta *ExifTool* é que permite visualizar de forma mais evidente o número de série nestes cenários de teste, sendo o mesmo o valor da propriedade *Serial Number*. Através da *ExifTool*, existe uma forma simples de se saber o número de série do dispositivo sem ser necessário visualizar o output completo do comando de visualização dos metadados. Para tal, basta executar o comando "exiftool.exe -serialnumber nomeFoto". Verificou-se na execução deste comando para as fotografias que estão a ser utilizadas que o mesmo só apresenta *output* para fotografia com o ID foto1.

É importante mencionar o facto de a ferramenta *ExifDataViewer* também apresentar o *serial number* no separador "*MakerNote*", estando este mesmo valor relacionado com uma *tag* "*Unknown*", o que dificulta a sua identificação.

### 2.2.2 Dados GPS presentes nas fotografias

Relativamente às coordenadas GPS presentes nas fotografias, à que referir que estas podem estar em vários formatos internacionais. É a máquina responsável pela captura que mete as coordenadas num formato definido, mas cada *software* de visualização de metadados apresenta as coordenadas no formato que quer. Os mais conhecidos são o DDD (formato em que "a precisão decimal é definida pela coordenada graus"; ex: N

39.607550º / W 009.072533º), DMM (formato em "a precisão decimal é definida na coordenada minutos"; ex: N 39º 36.453' / W 009º 04.352) e DMS (formato em que "a precisão decimal é definida na coordenada segundos"; ex: N 39º 36' 27,18" / W 009º 04' 21,12") [16].

A existência de formatos divergentes para as coordenadas GPS foi um aspeto que também foi possível notar ao longo da fase de visualização dos dados *Exif* verificando-se que de facto cada ferramenta apresenta as coordenadas no formato pretendido. Das ferramentas selecionadas, na extensão do *Google Chrome* não é possível visualizar-se qualquer informação sobre dados GPS. Através da realização de alguns cenários de teste, efetuou-se a visualização dos metadados da foto1, verificando-se que as coordenadas GPS são apresentadas de forma divergente aquando a apresentação na ferramenta *ExifDataViewer* e a apresentação na ferramenta *ExifReader*. Ao observar-se a Figura 7, é possível constatar que a ferramenta *ExifReader* apresenta os dados GPS relativos à latitude e à longitude (*GPSLatitude* e *GPSLongitude*) em dois formatos, DMM e DMS. Já na Figura 8, referente à visualização dos metadados da mesma fotografia através da ferramenta *ExifDataViewer*, verifica-se que os dados GPS são apresentados unicamente em DMM.

Deste modo através da *ExifTool*, da *ExifReader* e da *AnalogExif* é possível visualizar-se as coordenadas GPS em formato DMS. É importante mencionar ainda que a ferramenta *ExifDataViewer* apresenta as coordenadas em formato DMM.

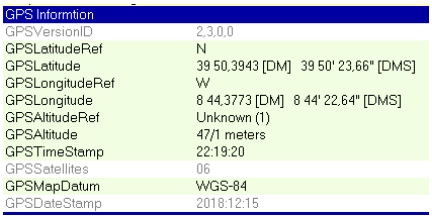


Figura 7 - Dados GPS na *ExifReader*

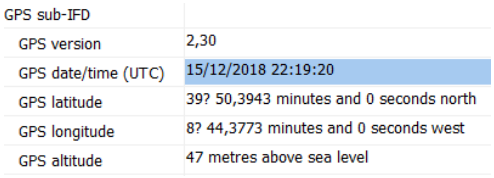


Figura 8 - Dados GPS no *ExifDataViewer*

## 2.3 Alteração dos dados *Exif*

Uma das questões derivadas formuladas inicialmente consiste em verificar se os dados *Exif* podem ser alterados. De seguida, caso a resposta à pergunta anterior seja afirmativa, foi ainda formulada uma outra questão derivada referente à forma como essa mesma alteração poderia ser efetuada. Assim, de modo a dar resposta a ambas as questões, tentar-se-á efetuar algumas alterações aos metadados das 2 fotografias usadas para a fase de exploração, e, em caso afirmativo, como é que essas alterações podem ser realizadas. Ir-

se-á ainda recorrer às ferramentas selecionadas sempre que seja possível. Ainda nesta secção, também serão referidas algumas conclusões relevantes desta fase.

### 2.3.1 Verificação das ferramentas que permitem alterar dados *Exif*

Iniciaram-se as tentativas de alteração dos dados *Exif* recorrendo-se à ferramenta *ExifTool 11.20*. Após uma pequena pesquisa e consequente exploração da ferramenta em si, verificou-se que existe um comando que permite alterar o valor das propriedades. Esse comando em modo genérico é "exiftool.exe -propriedade=novoValor nomeFoto.jpg" em que "propriedade" corresponde ao nome da propriedade cujo valor se pretende alterar e "novoValor" ao valor que se pretende atribuir à propriedade. Deste modo, utilizando a foto1, tentou-se alterar o valor da propriedade *Make* que detêm a marca do dispositivo que capturou a fotografia em causa, sendo que para tal executou-se o comando "exiftool.exe -make=Sony foto1" passando assim o valor dessa propriedade de "Nikon Corporation" para "Sony". De seguida, voltou-se a visualizar os metadados desta mesma fotografia também com esta ferramenta e verificou-se que a alteração foi de facto realizada, Figura 9.

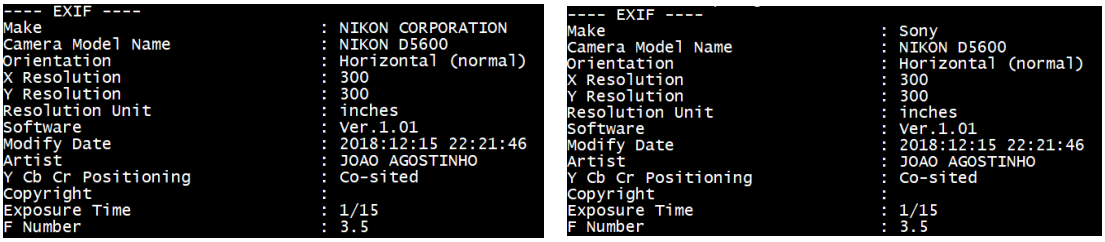


Figura 9 - Antes/depois da alteração da propriedade *Make* da foto1

De seguida, recorrendo-se à foto2, alterou-se o valor referente à abertura da lente – *tag Aperture* – que correspondia a 2.2. Assim, executou-se o comando "exiftool.exe -aperture=4.2 foto2". Contudo, o *output* do comando foi "*Warning: Sorry, aperture is not writable. Nothing to do.*", ou seja, foi impossível realizar tal alteração dado que essa propriedade não é editável. Verificou-se que o mesmo acontece também em outras *tags* como a *Circle of Confusion* ou *Light Value*.

Através da ferramenta *ExifReader*, tentou-se alterar os valores de algumas propriedades das fotografias, contudo, verificou-se que esta ferramenta de facto não permite efetuar alterações a metadados. Para além desta ferramenta, a extensão *Send to Exif Viewer*, é outra das ferramentas selecionadas que também não permite efetuar alterações aos metadados.

De seguida, na ferramenta *ExifDataViewer*, e recorrendo à foto2, verificou-se que é possível alterar os valores de algumas *tags* do *Exif* . Esta ferramenta, no que diz respeito a valores de *tags* como *Colour space*, *ISO speed rating(s)*, *Resolution* ou ainda *Exposure time*, não permite efetuar alterações. É possível que este impedimento corresponda a um aspeto de segurança da própria ferramenta para com os dados. Contudo, verificou-se que é possível alterar outros campos como por exemplo o *Software* ou ainda *Orientation*, Figura 10.

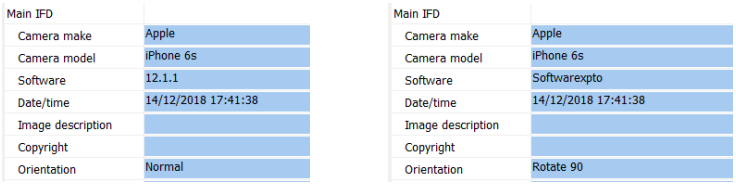


Figura 10 - Antes/depois da alteração de *Orientation* e *Software* da foto2

Foi ainda testado se seria possível alterar os dados *Exif* através da ferramenta *AnalogExif*. Assim, recorrendo também à foto2, tentou-se alterar os valores de algumas *tags* como por exemplo a *Aperture* e o *Focal Length*, como se pode ver na Figura 11.

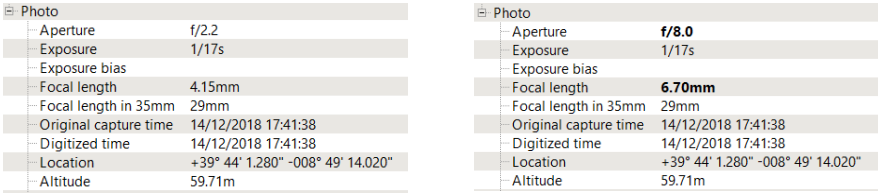


Figura 11 - Antes/depois da alteração de *Aperture* e *Focal Lenght* da foto2

Um aspeto relevante de referir é o facto de as duas *tags* alteradas através desta ferramenta corresponderem a propriedades cujo valor não é possível alterar através da *ExifDataViewer*. No entanto, o *Focal Length* é possível de se editar no *ExifTool 11.20*, apesar de o valor da *tag Aperture* não ser possível de editar nessa mesma ferramenta. Perante este cenário, pode-se concluir que a existência de campos não editáveis depende da ferramenta em causa, sendo que todas as *tags*, possivelmente, podem ser de facto alteradas.

Por último, verificou-se se seria possível alterar os dados *Exif* de uma das fotografias através do explorador de ficheiros, nas propriedades da mesma. Assim, é de facto possível alterar os valores das propriedades dos dados *Exif*, como o fabricante e a câmara. Contudo, como nas propriedades do ficheiro da fotografia aparecem poucos dados *Exif* comparativamente com as restantes ferramentas, a edição dos mesmos através deste método acaba por ser ligeiramente mais limitada.

Através dos testes às ferramentas selecionadas, conclui-se que a alteração de ferramentas pode ser efetuada através da *ExifTool*, *ExifDataViewer*, *AnalogExif* ou até mesmo através das propriedades do próprio ficheiro no *Windows*. Tanto a *ExifTool* como a *ExifDataViewer* apresentam limitações em termos de edição dos valores das *tags* de dados *Exif*, dado que as mesmas se encontram bloqueadas para edição e tenham essas mesmas *tags* valores já definidos ou não.

### 2.3.2 Alteração de dados GPS

Uma das informações presentes nos dados *Exif* diz respeito a informação GPS. Em certos casos, por exemplo, em investigações criminais, as informações GPS podem ser relevantes, assumindo um importante papel no decorrer das mesmas. Tal como foi verificado na secção anterior, em alguns casos, dependendo das ferramentas e das propriedades em causa, os dados *Exif* podem ser alterados. Deste modo, torna-se importante verificar se as informações GPS presentes nas fotografias podem ou não ser alteradas.

Em primeiro lugar, é importante verificar quais das ferramentas selecionadas permitem alterar os dados GPS presentes nas fotografias. Tendo já em consideração os resultados obtidos na subsecção anterior a extensão do *chrome* e a *ExifReader* não permitem alterações. Também é importante referir que através das propriedades do ficheiro correspondente à fotografia não é possível alterar o valor de nenhuma das propriedades relativas ao GPS apresentadas (Latitude, Longitude, Altitude).

Assim, dado que as ferramentas *ExifTool* e *ExifDataViewer* permitem alterar o valor só de alguns campos, é necessário verificar, em cada uma das ferramentas, se as *tags* referentes a informações GPS podem ser alteradas e se sim quais.

No caso da ferramenta de linha de comandos *ExifTool*, esta, relativamente aos dados GPS, apresenta diversas propriedades tais como *GPS Version ID*, *GPS Latitude Ref* ou o *GPS Date Stamp*. Com a informação encontrada em https://sno.phy.queensu.ca/~phil/exiftool/TagNames/GPS.html [17], é possível verificar que algumas *tags* referentes ao GPS têm valores pré-definidos como por exemplo a *tag GPSLatitudeRef* cujos valores são ou *North* ou *South*.

Através de alguns testes, com a foto1, verificou-se que tanto o valor de *GPS Latitude* como o de *GPS Longitude* podem ser alterados, mas, caso isso ocorra, dado que o valor de *GPS Position* é composto pelos valores de *GPS Latitude* e o de *GPS Longitude*,

automaticamente *GPS Position* é atualizado. Contudo, é importante referir que não é possível alterar os valores de *GPS Latitude* e *GPS Longitude* modificando o valor de *GPS Position* dado que esta *tag* não é editável. Apesar de *GPS Latitude* e *GPS Longitude* apresentarem nos seus valores a *GPS Latitude Ref* e a *GPS Longitude Ref*, respetivamente, os valores destas duas *tags* não podem ser alterados caso se edite *GPS Latitude* e *GPS Longitude*. Também se constatou que o valor de *GPS Altitude* pode ser alterado mas não todo o seu valor uma vez que, apesar de ser possível alterar o número de metros de altitude, não é possível alterar a informação correspondente ao valor da propriedade *GPS Altitude Ref* (que pode assumir os valores *Above Sea Level* ou *Below Sea Level*). O valor de *GPS Date/Time* também se encontra dependente de duas *tags*, nomeadamente da *tag GPS Date Stamp* e da *GPS Time Stamp*, logo não é diretamente editável.

Já no que diz respeito à *ExifDataViewer*, esta impede a alteração dos valores das *tags* com exceção da propriedade *GPS date/time (UTC)* que se refere ao dia e hora (*UTC*) de acordo com as informações do GPS e apresenta primeiro a data e só depois a hora. Assim, através de alguns testes com as fotografias, constatou-se que, por exemplo, esta *tag* não aceita caracteres nem no início nem entre a data e a hora. Para além disso, não permite colocar primeiro a hora e só depois a data o que revela que esta *tag* tem de respeitar uma determinada estrutura.

Na ferramenta *AnalogExif*, as duas *tags* referentes a dados GPS são a *tag Location* e a *tag Altitude* e ambas podem ser editadas.

Tal como já foi referido na secção anterior, existem vários formatos internacionais para as coordenadas GPS sendo os 3 formatos mais conhecidos o DDD, o DMM e o DMS. Deste modo, um aspeto interessante a ser observado no que toca à alteração de dados GPS é verificar se podem ser alteradas as coordenadas GPS para um formato diferente do apresentado pela ferramenta.

Tendo em conta unicamente as ferramentas que permitem efetuar alterações a dados GPS, verificou-se que a ferramenta *AnalogExif* é uma das ferramentas que não permite alterar os dados GPS e, ao mesmo tempo, modificar também o formato em que se encontra, autorizando unicamente o formato DMS. Já no que diz respeito à *ExifDataViewer*, como foi verificado numa análise anterior presente nesta subsecção, esta ferramenta só permite efetuar modificações à *tag GPS date/time (UTC)* não permitindo alterar as *tags* referentes às coordenadas GPS.

Na ferramenta *ExifTool*, tentou-se alterar os valores de GPS Latitude e GPS Longitude de DMS para DMM, de modo a que por exemplo, em vez de o valor em GPS Latitude

fosse 39 deg 50' 23.66" N fosse, por exemplo, N 39º 50.39. Constatou-se que esta ferramenta aceita que no comando para a edição, o novo valor para a coordenada esteja formato diferente de DMS mas depois converte esse mesmo valor para DMS. Assim, depois de se realizar a alteração, a coordenada não será apresentada no formato introduzido no comando, mas sim em DMS.

### 2.3.3 Eliminação de dados *Exif*

A etapa de exploração dos dados *Exif*, para além da visualização e da alteração dos mesmos, apresenta ainda uma etapa referente à eliminação destes dados. A consideração desta etapa para o trabalho prende-se com o facto de verificar se é possível ou não eliminar os dados *Exif*.

Deste modo, neste subcapítulo do trabalho ir-se-á, através das ferramentas selecionadas, apresentar a tentativa de eliminação de todos e quaisquer dados *Exif* que estejam presentes nas fotografias que estão a ser utilizadas para efeitos de teste.

Para além de não permitirem efetuar alterações aos dados *Exif*, a extensão *Send to Exif Viewer* e a ferramenta *ExifReader* também não permitem eliminar os dados *Exif* presentes nas fotografias.

Através de alguns testes com a foto2, verificou-se que ferramenta *ExifTool* permite eliminar os dados *Exif*. Para isso, é necessário executar o comando "exiftool.exe -all= nomeFoto". Ao observar-se o *output* obtido por este comando do teste realizado, constatou-se que este apresenta dados referentes ao ficheiro em si (como *File Name* ou *Directory*) e duas *tags* nomeadamente *Image Size* e *Megapixels*, o que permitiu concluir que de facto os metadados existentes na fotografia (tanto os *Exif* como também, por exemplo, os dados *XMP*) foram eliminados. Contudo, caso se pretenda retirar o valor de apenas uma única *tag*, recorre-se ao comando "exiftool.exe -nomeTag= nomeFoto", sendo "nomeTag" a *tag* cujo o valor se pretende retirar. É de mencionar que o comando anterior só irá funcionar caso a *tag* seja editável.

No que diz respeito às ferramentas com interface gráfica, tanto a *ExifDataViewer* como *AnalogExif* permitem eliminar dados *Exif* de uma fotografia. Contudo, há que ter em consideração que ambas não permitem eliminar todos os dados *Exif* existentes em simultâneo. Deste modo, as duas ferramentas referidas só permitem eliminar os valores de algumas *tags*, nomeadamente aquelas em que é permitida efetuar edição.

### 2.3.4 Exportação de dados *Exif*

A exportação dos dados *Exif* foi tida em consideração, pois pode ser necessário analisar os dados sem recurso a ferramentas, sendo por isso necessário vir a ter, por exemplo, os dados em formato de texto. Para este efeito, foram testadas as ferramentas selecionadas de modo a detetar se as mesmas tinham essa funcionalidade.

Constatou-se que a *AnalogExif*, apesar de permitir fazer *backup* das fotografias com os respetivos metadados, não permite a extração dos mesmos.

Por outro lado, a *ExifRead* permite não só extrair os metadados, incluindo o *Exif*, para formato texto, como também permite para formato *csv*.

Em relação à *ExifDataViewer*, esta permite exportar diretamente para formato texto, no entanto, só extraí o separador selecionado, sendo que ao extrair tudo o que essa ferramenta mostra (os separadores *MakerNote* e *Standard*), obtém-se 2 ficheiros de dados.

A *Exiftool* permite vários tipos de extrações e formatações que se podem fazer aquando a extração. Pode-se extrair para formatos os *csv* e *txt*, por exemplo. Existem muitas opções de extração, como a extração com as *tags* vazias. Um comando simples para extrair os metadados para formato texto é "exiftool.exe -a -u -g 'CaminhoFoto' > 'nomeDoFicheiroTxt'". Este comando permite obter no ficheiro *txt* a informação que a *Exiftool* apresenta, incluindo as *tags unknown*. Para obter o ficheiro *csv* com formatação direta para *Windows*, basta por o comando "exiftool.exe -a -u -csv 'caminhoFoto' > nomeFicheiroCsv".

No que diz respeito à extensão *Send to Exif Viewer*, esta não permite fazer exportação.

Com os cenários de teste realizados no contexto de exportação, pode-se concluir que a ferramenta que permite uma maior versatilidade aquando a exportação, permitindo personalizá-la, é a *Exiftool*. No entanto, é mais fácil e direto trabalhar com a *ExifDataViewer* ou até mesmo com a *ExifRead*, apesar das limitações que eles possuem na funcionalidade.

## 2.4 Outros Testes Efetuados

Na sequência da exploração do *Exif*, no contexto da visualização bem como da alteração dos dados *Exif*, foram realizados alguns testes adicionais de modo a dar resposta a algumas questões ainda existentes.

Na visualização de dados *Exif*, foi efetuado um teste em que foram colocadas fotografias com metadados num ficheiro *Microsoft Word* e, de seguida, essas mesmas fotografias foram armazenadas novamente com um nome diferente das originais. Posteriormente, tentou-se visualizar os metadados das fotografias guardadas do *Microsoft Word* e verificou-se que a única ferramenta que ainda apresenta alguns dados, é a *ExifTool 11.20*, sendo que as restantes não conseguiram apresentar dados *Exif* na imagem selecionada.

Para além deste teste, no contexto de visualização dos metadados, foi ainda verificado se as redes sociais, ao ser efetuado o *upload* de uma fotografia com metadados, retiravam os mesmos; as redes sociais utilizadas para o efeito foram o *Facebook*, o *Messenger* e o *Skype*. Deste modo, constatou-se que o *Skype* é a que acaba por manter mais dados apesar de perder alguma informação; com o *Messenger* e o *Facebook* verificou-se que ambos faziam a imagem perder grande parte dos seus dados *Exif*.

Durante a alteração dos dados *Exif*, procedeu-se ainda à alteração do *Serial Number*, cujo valor identifica o dispositivo. Assim, com os testes efetuados verificou-se que a única ferramenta que permite alterar o S*erial Number* de uma fotografia é a *ExifTool*.

Também se procedeu à alteração da data e hora. Com a *AnalogExif* é possível alterar as *tags Original capture time* e *Digitalized time*, no entanto, esta alteração tem de respeitar um formato ditado pela ferramenta, não sendo possível apagar o campo ou até mesmo escrever por exemplo, "Olá", neles. A *Exiftool* também permite alterar as datas, incluindo a da *tag Modify Date*, mas, à semelhança do que acontece com a *AnalogExif*, a alteração tem de respeitar um formato específico. Respeitando esses formatos, é possível por qualquer data, até mesmo datas do futuro.

Pode-se referir que usando a opção -P, no *Exiftool*, é possível fazer com que a data de modificação do ficheiro não se altere, apesar de estarmos a alterar os dados *Exif*. Sem esta opção, as alterações efetuadas a nível dos metadados fazem com que a data de modificação do ficheiro seja atualizada para a data em que ocorreram essas alterações. É importante mencionar que as datas de criação, de alteração e de acesso ao ficheiro podem ser alteradas através de vários métodos.

# 4. Validação de dados *Exif*

Através dos cenários de teste realizados verificou-se que de facto os dados *Exif* podem ser manipulados. Deste modo, perante os metadados de uma dada fotografia, torna-se

pertinente averiguar se os mesmos são os originais ou se já sofreram alguma alteração. Assim, tentou-se apurar se existia algum modo de validar os dados *Exif*, para, por conseguinte, se verificar o seu grau de fiabilidade.

Através de uma pesquisa constatou-se que, atualmente, não existe qualquer ferramenta que permita detetar se os metadados presentes nas fotografias não foram alterados. No entanto, constatou-se que existem algumas investigações de alguma forma correlacionadas com a validação dos dados *Exif*.

Uma das investigações analisadas pelo grupo para este trabalho, foi "*Analysis of errors in exif metadata on mobile devices*" [4]. Esta investigação teve em consideração o *standard Exif* e, por sua vez, se este mesmo *standard* era seguido fielmente pelos vários fabricantes de *smartphones* tendo sido desenvolvida, pela equipa responsável por esta investigação, a ferramenta *Theia* que permite analisar vários erros relativos às especificações do *standard Exif*. A investigação permitiu encontrar alguns erros no seguimento das especificações do *standard Exif*, como por exemplo, erros no formato da data, *tags* duplicadas, erros nos dados GPS, entre outros.

É de mencionar que estes erros muitas vezes surgem devido ao facto de muitos dos fabricantes não seguirem exatamente as especificações do *Exif*. As ferramentas de edição, aquando as alterações dos dados, por vezes, violam as especificações do *standard Exif* e isto poderia ser o suficiente, em certos casos, para validar os dados *Exif*. Contudo, como os próprios fabricantes já cometem erros nas especificações deste *standard*, recorrer única e exclusivamente a este método acaba por não ser uma validação muito viável.

A interpolação das cores pode ser usada para validar alguns campos *Exif*. A resolução das câmaras é obtida através de um sensor. Esse sensor é responsável por transformar a luz que a câmara capta em informação digital. De forma geral e minimalista, esses sensores são feitos de pixéis e é necessário um algoritmo para interpolar as cores para que cada pixel represente mais de uma cor. Um atributo que é usado na comparação entre as câmaras é a contagem dos pixéis que pode diferir entre as mesmas. O *software* específico da câmara interpreta os dados do sensor e obtém a imagem. Isto acontece porque a maioria das câmaras usa o modelo de cor *RGB*, no qual cada pixel deve guardar 3 valores - um para o verde, outro para o vermelho e outro para o azul. Contudo, um sensor não consegue simultaneamente captar estes 3 grupos de frequência de luz, por isso, é usado um vetor de filtros de cores, conhecido por CFA, para filtrar uma cor particular para cada pixel [18]. Na Figura 12 encontra-se o processo apresentado anteriormente, de modo geral e esquematizado.

É possível aproveitar este processo numa análise forense para validar alguns dados técnicos do *Exif*, como o fabricante. Tal é possível pois cada marca tem registada as interpolações que usam, sendo que assim pode-se garantir, com certo grau de fiabilidade, a fonte de origem das fotografias.

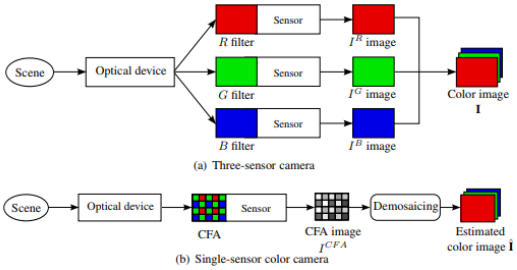


Figura 12 - Esquema resumido da interpolação das cores *[20]*

O espectrograma usa a imagem que lhe é dada para criar um gráfico com os "picos das cores" da imagem, e por comparação com outra imagem permite avaliar se ambas as imagens possuem a mesmas fonte de origem. Assim é possível validar alguns dados técnicos do *Exif*, como o fabricante.

É de salientar que ambas as técnicas mencionadas anteriormente permitem validar os mesmos dados *Exif* de formas diferentes.

# 5. Breve Análise da Comparação das Ferramentas Selecionadas

Na fase final da realização deste trabalho, foi possível retrair um conjunto de conclusões relativamente às ferramentas selecionadas e às funcionalidades que as mesmas apresentam, encontrando-se na Figura 13 essa mesma análise que foi efetuada.

| | LEITURA DE METADADOS | TIPOS DE METADADOS (PARA ALÉM DO EXIF) | ALTERAÇÃO DOS METADADOS | ELIMINAÇÃO DOS METADADOS | EXPORTAÇÃO DOS METADADOS | VALIDAÇÃO DOS METADADOS |
|---|---|---|---|---|---|---|
| EXTENSÃO DO GOOGLE CHROME SEND TO EXIF VIEWER | ✓ | ✓ | × | × | × | × |
| EXIFTOOL 11.20 (COMMAND LINE) | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | × |
| EXIFREADER | ✓ | ✓ | × | × | ✓ | × |
| EXIFDATAVIEWER | ✓ | × | ✓ | ✓ | ✓ | × |
| ANALOGEXIF | ✓ | × | ✓ | ✓ | × | × |

Figura 13 - Comparação das ferramentas

Tal como se pode verificar, todas as ferramentas selecionadas para este trabalho permitem visualizar os metadados das fotografias. Contudo, caso se pretenda visualizar metadados para além do *Exif*, ter-se-á que recorrer à extensão do *Send to Exif Viewer*, a *ExifTool* e a *ExifReader*. No que diz respeito tanto à alteração como à eliminação dos metadados, ambas as funcionalidades só estão presentes na *ExifTool*, na *ExifDataViewer* e na *AnalogExif*. Já relativamente à exportação dos metadados, esta poderá ser realizada através da *ExifTool*, da *ExifReader* e ainda através da *ExifDataViewer*. Por último, nenhuma das ferramentas permite efetuar a validação dos metadados presentes nas fotografias.

# 6. Conclusões e Recomendações Futuras

Ao longo do trabalho, através da exploração dos dados *Exif* presentes nas fotografias utilizadas para teste, verificou-se que de facto, através de algumas ferramentas, a edição desses mesmos dados é relativamente fácil. Para além disso, não se pode descartar o facto de que a versatilidade de operações está dependente da ferramenta em causa; das ferramentas testadas, a *ExifTool* é a que possibilita executar uma maior gama de operações, e, por sua vez, uma maior personalização dessas operações. Das ferramentas testadas, constatou-se que a *Send to Exif Viewer* acaba por ser a ferramenta mais limitante uma vez que só permite visualizar os metadados de fotografias que estejam disponíveis *online* e não permite efetuar alteração de dados. Já no que toca à ferramenta mais fácil de se fazer uso e que possibilita uma gama razoável de operações é a *ExifDataViewer*. No entanto, é importante referir que todas as ferramentas apresentam as suas próprias limitações nomeadamente, nas ferramentas que permitem a edição de metadados, no que diz respeito a *tags* que se encontram bloqueadas para alteração do seu valor.

Através da leitura da investigação "*Analysis of errors in exif metadata on mobile devices*" [4], foi possível retirar um conjunto de conclusões. Assim, verificou-se que um outro facto a ser considerado é o facto de a maioria dos fabricantes de câmaras não respeitarem na integra o *standard Exif* levando a que as ferramentas possam não tratar, da forma adequada, a informação presente na fotografia. Este incumprimento poderá se fazer sentir na operação de extração, disponível em algumas das ferramentas utilizadas, ou até mesmo na leitura dos dados Exif. Assim, em relação à operação de extração, esta poderá não extrair todos os metadados presentes na fotografia ou até mesmo extraí-los incorretamente. Já no que se refere ao processo de leitura dos dados que a ferramenta faz

para o utilizador, poderá levar ao aparecimento de informação incorreta e/ou não aparecimento de algumas *tags*. Contudo, não se pode ignorar o facto de que estes problemas na leitura e consequentemente da extração, poderem ser originados por consequência da alteração dos dados *Exif*. No entanto, nenhuma destas conclusões foram testadas neste trabalho, apesar de ser um ponto a ser considerado para trabalho futuro.

Com a realização do trabalho, conseguiu-se responder tanto à questão principal como às questões derivadas, contudo, não foi possível dar resposta à pergunta "Como validar a informação do *Exif*?" uma vez que não foi encontrado uma ferramenta e/ou método que permita validar toda a informação *Exif*.

A quantidade e variedade de dados *Exif* presentes nas fotografias, numa investigação criminal, podem de facto ser bastante úteis e, por conseguinte, ter um valor forense bastante elevado. Contudo, como se pode constatar através deste trabalho, a manipulação dos dados *Exif* é algo extremamente fácil de se realizar o que leva à perda de fiabilidade nos mesmos, dado que é extremamente difícil efetuar a sua validação, apesar de haver alguns métodos. Após uma pesquisa, não foi encontrada nenhuma ferramenta que permitisse verificar se os dados *Exif* de uma fotografia foram ou não alterados. Dada a importância que os dados *Exif* podem tomar ao longo de uma investigação criminal, uma das áreas que merece algum destaque em futuros trabalhos e investigações será criar uma ferramenta de validação para os dados *Exif* que permite efetivamente validar esses dados com uma percentagem razoável de certeza. Assim, através de uma pesquisa, verificou-se que é provável que um bom ponto de partida para esta temática seja o *checksum* que corresponde a um valor utilizado para verificar a integridade dos dados transmitidos ou armazenados.

# 7. Bibliografia


[1] Wikipedia, “Exif” [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Exif [Acedido em 21 janeiro 2019].

[2] D. Piscitello, “Parte I: o que são metadados?” 11 maio 2016. [Online]. Available: https://www.icann.org/news/blog/parte-i-o-que-sao-metadados [Acedido em 21 janeiro 2019].

[3] J. Riley. [Online]. Available: https://groups.niso.org/apps/group_public/download.php/17446/Understanding%20Metadata.pdf [Acedido em 21 janeiro 2019].

[4] A. Orozco, D. Gonz´alez, L. Villalba e J. Hern´andez-Castro, "Analysis of errors in exif metadata on mobile devices" Springer Science Business Media, 2014.

[5] PhotoMetadata, “META 101 - Classes Of Metadata” [Online]. Available: https://www.photometadata.org/META-101-metadata-classes [Acedido em 21 janeiro 2019].

[6] M. Rouse, “image metadata” junho 2015. [Online]. Available: https://whatis.techtarget.com/definition/image-metadata. [Acedido em 21 janeiro 2019].

[7] “IPTC Photo Metadata Standard” [Online]. Available: https://iptc.org/standards/photo-metadata/iptc-standard/ [Acedido em 21 janeiro 2019].

[8] PhotoMetadata, “META Resources - Standards: PLUS” [Online]. Available: https://www.photometadata.org/META-Resources-metadata-types-standards-PLUS [Acedido em 21 janeiro 2019].

[9] Adobe, “xmp” [Online]. Available: https://www.adobe.com/products/xmp.html [Acedido em 21 janeiro 2019].

[10] J. Tesic, “Metadata practices for consumer photos” 1 agosto 2005. [Online]. Available: https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/1490501/figures#figures [Acedido em 21 janeiro 2019].

[11] Wikipedia, “Extensible Metadata Platform” [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Extensible_Metadata_Platform [Acedido em 21 janeiro 2019].

[12] S. Chastain, “What Is Metadata?” 9 agosto 2018. [Online]. Available: https://www.lifewire.com/what-is-metadata-1701735 [Acedido em 21 janeiro 2019].

[13] I. Parameshwaran, “Impact of metadata on Image Performance,” 1 julho 2016. [Online]. Available: https://dexecure.com/blog/impact-of-metadata-on-image-performance/. [Acedido em 21 janeiro 2019].

[14] Exiv2 community, “The Metadata in JPEG files” [Online]. Available: http://dev.exiv2.org/projects/exiv2/wiki/The_Metadata_in_JPEG_files [Acedido em 21 janeiro 2019].

[15] “Where is Exif data stored? - Read EXIF metadata from photos” [Online]. Available: https://readexifdata.com/faq/where-is-exif-data-stored/ [Acedido em 26 dezembro 2018].

[16] Radares de Portugal, “Diferença entre coordenadas DDD, DMM e DMS no GPS” [Online]. Available: https://radaresdeportugal.pt/site/forum/debate-de-ideias/31-diferenca-entre-coordenadas-ddd-dmm-e-dms-no-gps [Acedido em 21 janeiro 2019].

[17] “GPS Tags” [Online]. Available: https://sno.phy.queensu.ca/~phil/exiftool/TagNames/GPS.html [Acedido em 21 janeiro 2019].

[18] “DIGITAL CAMERAS” [Online]. Available: http://www.mathcs.duq.edu/~vergot/DUQ-cameras.pdf [Acedido em 21 janeiro 2019].

[19] IPTC, “About IPTC” [Online]. Available: https://iptc.org/about-iptc/ [Acedido em 21 janeiro 2019].

[20] [Online]. Available: https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00705825/document [Acedido em 4 janeiro 2019].