

# **Universidade da Beira Interior**

## **Departamento de Informática**



**Departamento de  
Informática**

### **Nº 112 - 2019: *Codificação da Cor de Hologramas Digitais Usando Multivistas***

Elaborado por:

**Raquel Sofia Brás Guerra**

Orientador:

**Professora Doutora Maria Manuela Areias da Costa Pereira de  
Sousa**

10 de Agosto de 2020



# ***Agradecimientos***



# Conteúdo

<b>Conteúdo</b>	<b>iii</b>
<b>Lista de Figuras</b>	<b>v</b>
<b>Lista de Tabelas</b>	<b>vii</b>
<b>1 Introdução</b>	<b>1</b>
1.1 Enquadramento . . . . .	1
1.2 Motivação . . . . .	1
1.3 Objetivos . . . . .	2
1.4 Organização do Documento . . . . .	2
<b>2 Estado da Arte</b>	<b>3</b>
2.1 Introdução . . . . .	3
2.2 Objetivos . . . . .	3
2.3 Perspetiva Histórica . . . . .	3
2.4 Conceitos Base . . . . .	3
2.4.1 Holografia . . . . .	3
2.4.1.1 Princípios de Holografia . . . . .	3
2.4.1.2 Representação de Dados Holográficos . . . . .	4
2.4.1.3 Reconstrução de Holograma . . . . .	4
2.4.2 Compressão . . . . .	4
2.4.3 JPEG2000 . . . . .	4
2.4.4 Cor . . . . .	4
2.4.4.1 RGB . . . . .	4
2.4.4.2 YCBCR . . . . .	4
2.5 Estado da Arte . . . . .	4
2.6 Conclusões . . . . .	6
<b>3 Tecnologias e Ferramentas Utilizadas</b>	<b>7</b>
3.1 Introdução . . . . .	7
3.2 Secções Intermédias . . . . .	7
3.3 Conclusões . . . . .	7

<b>4</b>	<b>Implementação e Testes</b>	<b>9</b>
4.1	Introdução . . . . .	9
4.2	Secções Intermédias . . . . .	9
4.3	Conclusões . . . . .	10
<b>5</b>	<b>Conclusões e Trabalho Futuro</b>	<b>11</b>
5.1	Conclusões Principais . . . . .	11
5.2	Trabalho Futuro . . . . .	11
	<b>Bibliografia</b>	<b>13</b>

## ***Lista de Figuras***





## ***Lista de Tabelas***

3.1	Esta é uma tabela de exemplo. . . . .	7
-----	---------------------------------------	---



## ***Acrónimos***



## Capítulo

# 1

## Introdução

### 1.1 Enquadramento

A história da captura, armazenamento e visualização de imagens é extremamente rica e milenar. Marcos importantes destacam-se, sendo do particular interesse no Século XXI os grandes passos dados na imagem digital.

Contudo, a vasta maioria da fotografia tem-se centrado na captura de imagens estáticas em duas dimensões. O interesse na captura e representação de objetos e momentos em três dimensões tem ganho um interesse crescente nas últimas décadas.

A área dedicada ao estudo deste modelo, a **holografia**, carece de vários marcos que já fazem parte do quotidiano da fotografia clássica, nomeadamente padrões *standardizados* para a codificação e compressão de **hologramas** em formato digital.

### 1.2 Motivação

Dada a referida ausência de *standards* no armazenamento e representação da informação, reconstrução e codificação de um holograma, é do interesse da comunidade do JPEG Pleno estudar os codificadores existentes para melhor perceber qual a sua adaptabilidade aos hologramas e quais as modificações necessárias para resolver a falta de padrões nos pontos mencionados.

## 1.3 Objetivos

Tendo em mente a motivação apresentada na secção 1.2, o presente projeto tem por objetivo principal investigar o desempenho do codec JPEG2000 na codificação de hologramas a cores em multivistas.

Por seu turno, os objetivos secundários — os quais refletem as diferentes fases da investigação — são os seguintes:

1. Implementar um reconstrutor para hologramas com cor;
2. Comprimir hologramas reconstruídos com recurso ao codificador JPEG2000;
3. Avaliar a qualidade da imagem comprimida face ao holograma original.

Os objetivos supra-mencionados refletem o objetivo geral de estudar holografia e, assim, expandir o conhecimento na área das tecnologias multimédia.

## 1.4 Organização do Documento

## **Capítulo**

# 2

## ***Estado da Arte***

### **2.1 Introdução**

Cada capítulo intermédio deve começar com uma breve introdução onde é explicado com um pouco mais de detalhe qual é o tema deste capítulo, e como é que se encontra organizado (i.e., o que é que cada secção seguinte discute).

### **2.2 Objetivos**

### **2.3 Perspetiva Histórica**

### **2.4 Conceitos Base**

#### **2.4.1 Holografia**

Quando um objeto é iluminado, a luz é dispersa pela superfície desse objeto, criando uma onda. Esta onda contém toda a informação sobre a luz: a amplitude define o brilho e a fase representa a forma do objeto. Enquanto as fotografias clássicas gravam apenas a intensidade da luz, um holograma preserva a fase do objeto através das características de interferência e difração da luz, guardando assim toda a informação necessária à reconstrução 3D do objeto original.

##### **2.4.1.1 Princípios de Holografia**

O princípio de holografia foi descoberto em 1948 pelo físico Dennis Gabor enquanto investigava microscopia de eletrões.

Ao contrário da fotografia convencional, que permite a captura da intensidade da luz, holografia permite guardar a amplitude e a fase da onda de luz dispersa por um objeto. Com a iluminação correta, o holograma produz a onda de luz original, permitindo ao utilizador observar o objeto tal como se estivesse fisicamente presente.

#### **2.4.1.2 Representação de Dados Holográficos**

Os dados holográficos podem ser representados de várias formas. Embora sejam todas equivalentes no sentido em que representam o mesmo objeto, algumas tornam a compressão mais eficiente.

No âmbito deste projeto, apenas é relevante a representação no campo de onda complexo.

- Dados reais e imaginários — Utiliza um sistema de coordenadas cartesianas para representar amplitudes complexas;
- Dados da amplitude e fase — Os valores complexos são expressos num sistema de coordenadas polares.

Os hologramas utilizados neste projeto são representados pelo formato de amplitude-fase.

#### **2.4.1.3 Reconstrução de Holograma**

### **2.4.2 Compressão**

#### **2.4.3 JPEG2000**

#### **2.4.4 Cor**

##### **2.4.4.1 RGB**

##### **2.4.4.2 YCBCR**

## **2.5 Estado da Arte**

Primeira proposta para codificação digital de hologramas data 1991, Sato et al. captura franjas holográficas usando uma câmara que foram por sua vez modulados em sinal TV e transmitidos para um recetor [1]. (captured the holographic fringes using a camera, which was then modulated into a TV signal and transmitted to the receiver.);



Em 1993, Yoshikawa notou que não era prática a aplicação da compressão de imagem 2d diretamente no holograma. Propôs a compressão do holograma em segmentos que correspondem a diferentes perspectivas de reconstrução. Segmentos foram comprimidos com MPEG-1 e MPEG-2 [2,3]. (ver resultados)

Em 2002, Naughton et al. estudou a compressibilidade da holografia digital de mudança de fase usando vários algoritmos de compressão sem perdas [4]. Concluíram que são esperadas melhores taxas de compressão quando o holograma digital é codificado em componentes reais e imaginárias independentemente.

Em [4] foram também estudadas outras técnicas de compressão com perdas tais como subamostragem e quantificação, sendo a última muito eficaz. A eficácia da quantização tanto na simulação numérica como na ótica foi confirmada por Mills e Yamaguchi [5].

A quantização no domínio da reconstrução (não sei o que isto quer dizer) de hologramas de mudança de fase de foram analisados por Darakis and Soraghan [6].

Naughton et al. em 2003 e Darakis et al. em 2006 demonstraram que a aplicação direta de wavelets standard em hologramas não é muito eficiente, visto que as wavelets standard são tipicamente usadas no processamento de sinais com poucas variações (smooth signals). Propuseram a utilização de uma outra família de wavelets — Fresnelets. Fresnelets foram também aplicadas em 2003 por Livelin et al. [8]

Em 2006, Seo et al. propôs comprimir segmentos do holograma usando multi-vistas e temporal prediction dentro de MPEG-2 modificado.

Em 2010 Darkis et al. Determinaram a taxa de compressão mais elevada que pode ser obtida em hologramas mantendo uma qualidade de reconstrução visualmente sem perdas. Nos seus ensaios foram usados MPEG-4 e Dirac. Na informação amplitude-fase foi aplicado um método multiple description coding utilizando máximo à posterior. Mostrou-se um mecanismo poderoso para mitigar erros no canais em hologramas digitais.

Em 2013 Blinder investigou a decomposição alternativa em hologramas off-axis. Em 2014 Still, Xing e Dufaux estudaram codificação sem perdas baseada em quantização vetorial.

Recentemente Peixeiro et al. [9] realizou um benchmark dos codificadores standard de imagens aplicados em hologramas digitais, em conjunto com os formatos de representação principais. Foram comparados os seguintes codificadores de imagem padrão JPEG; JPEG 2000; H.264/AVC intra; HEVC intra. Os autores concluíram que os melhores formatos de representação são phase-shifted e real-imaginário

Em 2016, Dufaux review o estado da arte da compressão de hologramas digitais

## **2.6 Conclusões**

Cada capítulo intermédio deve referir o que demais importante se conclui desta parte do trabalho, de modo a fornecer a motivação para o capítulo ou passos seguintes.

## Capítulo

# 3

## ***Tecnologias e Ferramentas Utilizadas***

### **3.1 Introdução**

Cada capítulo intermédio deve começar com uma breve introdução onde é explicado com um pouco mais de detalhe qual é o tema deste capítulo, e como é que se encontra organizado (i.e., o que é que cada secção seguinte discute).

### **3.2 Secções Intermédias**

A tabela 3.1 serve apenas o propósito da exemplificação de como se fazem tabelas em  $\text{\LaTeX}$ .

### **3.3 Conclusões**

Cada capítulo intermédio deve referir o que demais importante se conclui desta parte do trabalho, de modo a fornecer a motivação para o capítulo ou passos seguintes.

campo 1	campo 2	campo 3
14	15	16
13	13	13

Tabela 3.1: Esta é uma tabela de exemplo.



## Capítulo

# 4

## Implementação e Testes

### 4.1 Introdução

Cada capítulo intermédio deve começar com uma breve introdução onde é explicado com um pouco mais de detalhe qual é o tema deste capítulo, e como é que se encontra organizado (i.e., o que é que cada secção seguinte discute).

### 4.2 Secções Intermédias

O trecho de código seguinte mostra a função `main()` e o seu funcionamento:

```
#include <stdio.h>

int main() {
    int i = 0;
    for(i = 0; i < 100; i++)
        printf("%d\n", i);
}
```

Excerto de Código 4.1: Trecho de código usado no projeto.

Se quiser definir a distribuição de Pareto, posso colocar a fórmula *inline*, da seguinte forma  $P(x) = \frac{x_i^{1/\Lambda}}{2}$ , ou numa linha em separada, como se mostra a seguir:

$$y^2 = \sum_{x=0}^{20} (x^3 - 2x + 3).$$

Outra maneira, mas numerada, é usar o ambiente `equation`, como se mostra na (4.1):

$$y^2 = \sum_{x=0}^{20} (x^3 - 2x + 3). \quad (4.1)$$

$$2 + 2 + 2 + 2 + 2 + 2 + 2 + 2 + 2 + 2 + y^2 = \sum_{x=0}^{20} (x^3 - 2x + 3); \quad (4.2)$$

$$= x^4 - 2. \quad (4.3)$$

### 4.3 Conclusões

Cada capítulo intermédio deve referir o que demais importante se conclui desta parte do trabalho, de modo a fornecer a motivação para o capítulo ou passos seguintes.

## Capítulo

# 5

## **Conclusões e Trabalho Futuro**

### **5.1 Conclusões Principais**

Esta secção contém a resposta à questão:

*Quais foram as conclusões principais a que o(a) aluno(a) chegou no fim deste trabalho?*

### **5.2 Trabalho Futuro**

Esta secção responde a questões como:

*O que é que ficou por fazer, e porque?*

*O que é que seria interessante fazer, mas não foi feito por não ser exatamente o objetivo deste trabalho?*

*Em que outros casos ou situações ou cenários – que não foram estudados no contexto deste projeto por não ser seu objetivo – é que o trabalho aqui descrito pode ter aplicações interessantes e porque?*





## ***Bibliografia***