

A EXPERIÊNCIA 3D LEVADA ATÉ CASA

Marta Quintão, N.º. 58021

José Mendonça, N.º. 58028

João Monteiro, N.º. 63237

Instituto Superior Técnico

Av. Rovisco Pais, 1049-001 Lisboa, Portugal

E-mail: {marta.pereira.quintao, jose.mendonca, joao.libano.monteiro}@ist.utl.pt

RESUMO

Este artigo tem como principal motivação elucidar o funcionamento da televisão 3D numa perspectiva técnica, social e económica, para uma melhor compreensão do sistema. Serão abordadas a arquitectura do sistema de difusão de 3D-TV, as tecnologias para a sua visualização, as normas utilizadas, os modelos de negócio e as suas vantagens e desvantagens.

Palavras-chave – TV 3D, DVB 3D-TV, MPEG-2, MPEG-4, MVC, Blu-ray 3D

1. INTRODUÇÃO

Desde o seu aparecimento em 1926, o conceito de televisão têm vindo a sofrer profundas revoluções a todos os níveis [1]. Desde a implementação da grande caixa que mostrava imagens a preto e branco em movimento chegamos agora até ao aparelho fino e apelativo de imagens a cores e alta definição que é visto como um bem essencial em todas as casas. A televisão tem vindo cada vez mais a funcionar como um meio de transporte do quotidiano para outras realidades. Esta evolução vem sendo guiada pelo aumento da experiência que se quer transmitir para a frente do ecrã. Neste sentido é cada vez mais insurgente a utilização de imagens a 3 dimensões para que, aliadas a um sistema áudio estéreo, envolvam o utilizador no que se transmite [2]. Até à data foram sendo desenvolvidas várias técnicas que permitiram melhorar esta experiência e a imersão 3D é uma tecnologia em crescente expansão.



Figura 1: O aumento da realidade experienciada pelos utilizadores torna apelativa a adesão à tecnologia 3D

Esta evolução foi em parte possível com o surgimento do consórcio DVB [3] cujo *standard* para televisão digital

ofereceu inúmeras vantagens sobre os *standards* previamente existentes para televisão analógica.

A norma DVB 3D-TV compreende o conjunto de especificações direccionadas para a transmissão de televisão 3D (TV 3D). Este foi aprovado em julho de 2010 abrindo as portas para a unificação do serviço e consequente expansão. Esta solução aborda serviços de TV 3D *frame compatible* a funcionar sobre uma rede de difusão com suficiente capacidade para sinais HD (*high-definition*), abrangendo a sua recepção e descodificação por um receptor digital. No entanto a norma não especifica modo de apresentação do sinal recebido permitindo a coexistência de várias tecnologias ao alcance e à escolha do utilizador [4]. A criação de um *standard* para armazenamento de filmes 3D em formato Blu-Ray 3D vem também abrir as portas para a indústria cinematográfica levar as suas produções até casa das pessoas com a melhor qualidade possível.

Outras normas estão ainda em desenvolvimento pela ATSC (*Advanced Television Systems Committee*) que promete fornecer uma base para a transmissão da TV 3D por meios fixos e aéreos, e a DVS-1036 (*Digital Video Systems*) pela SCTE (*Society of Cable Telecommunications Engineers*) [5], [6]. No entanto, sendo uma tecnologia recente, são apenas estes os primeiros passos no sentido da *standardização*.

2. ARQUITECTURA

A visualização do conteúdo digital 3D pode ser feita por intermédio de várias fontes: leitores Blu-Ray, consolas ou *Set-Top boxes* (STB) associadas a serviços de televisão por cabo, satélite, terrestre ou IPTV.

A arquitectura de uma rede de difusão de TV 3D é ilustrada pela Figura 2. Para a criação do vídeo 3D são gravados *streams* 2D de duas câmaras digitais sincronizadas e armazenados para posterior processamento.

Na fase de processamento estas imagens são convertidas de acordo com o formato pretendido¹. No caso de o conteúdo ser direccionado para Blu-Ray 3D este vídeo é codificado segundo a norma e armazenado para entrega e leitura num leitor apropriado. Para o processo de difusão o conteúdo é comprimido e codificado para ser enviado para as redes de acesso disponíveis. O único requisito necessário para esta rede, para os sistemas de estereoscopia utilizados de momento, é que funcionem segundo uma norma DVB. À chegada, o sinal é descodificado pela STB fornecida pelo operador.

¹ Ver secção 4 para mais informações sobre as normas utilizadas.

A posterior ligação ao aparelho de televisão é habitualmente feita através de um cabo HDMI ou outra interface digital que não necessite de compressão.

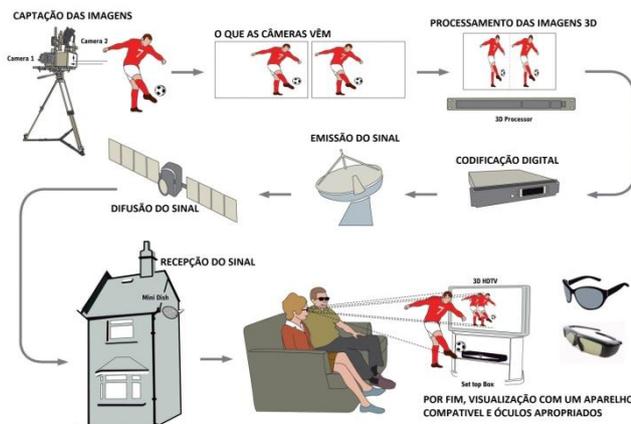


Figura 2: Ilustração da arquitectura de uma rede de difusão de TV 3D

3. TECNOLOGIAS ENVOLVIDAS

Para compreender a tecnologia é importante ter em conta como é criada a ilusão de profundidade para a estereoscopia e para *Free Viewpoint Television* (FTV).

As imagens são captadas de forma diferente pelo olho esquerdo e direito o que dá ao ser humano a percepção de profundidade. A tecnologia 3D por estereoscopia vem fazer uso deste facto transmitindo a imagem correcta e filtrando o que cada olho deverá captar resultando no efeito tridimensional desejado [7].

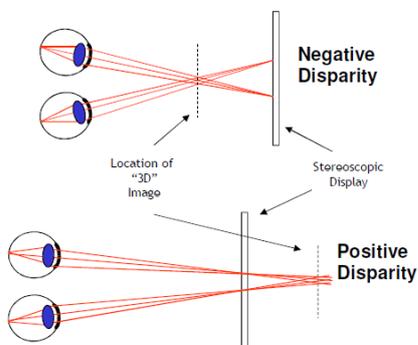


Figura 3: A filtragem das frames geradas por paralaxe para os respectivos olhos, aliada ao seu deslocamento horizontal obriga ao espectador a focar os vários planos do vídeo dando a sensação de profundidade para a estereoscopia [7].

Os sistemas FTV implicam que o vídeo original seja gerado por meio de várias câmaras dispostas em diferentes ângulos. Desta forma é possível ao utilizador escolher a perspectiva que deseja ter em tempo real. Apesar de o conceito já estar construído é ainda necessário desenvolver a tecnologia direccionada ao utilizador para usufruir desta experiência. Por enquanto a utilização deste sistema restringe-se à geração de vídeo estereoscópico possível de ser visionado com recurso a um display 3D [8].

3.1. Conversão 2D – 3D

Para a conversão de um filme 2D para 3D são habitualmente criados mapas de profundidade (*Depth Maps*). Estes mapas consistem em imagens (uma por *frame* do vídeo 2D) em escala de cinzento cuja luminosidade traduz a distância à câmara, ou seja, ao utilizador. O vídeo 3D é assim gerado através do deslocamento de cada pixel das *frames* originais para a esquerda ou para a direita consoante o valor correspondente no mapa de profundidade, a que perspectiva é direccionado (Esquerda/Direita), entre outras definições configuráveis [9], [10].

Os mapas de profundidade podem ser gerados avaliando vários pontos:

- **Profundidade por análise do movimento** – obtida por análise do movimento relativo dos vários planos da imagem.
- **Profundidade por inserção de efeitos** – apoia-se na geometria da imagem e no pressuposto de que os objectos no plano mais próximo se encontram na parte mais inferior da *frame*.
- **Profundidade por análise da focagem** – verifica a profundidade da imagem através dos contornos dos vários planos e o seu grau de nitidez. Esta técnica é especialmente útil para elementos da imagem como pormenores de texturas.



Figura 4: Mapa de profundidade gerado a partir de uma imagem

Este processamento da imagem é feito por intermédio de empresas (sendo as mais solicitadas, com vários projectos de renome, a *Legend3D*, *PrimeFocus*, *Rocket Science 3D* e *Stereo D*) ou *software* apropriado (*Gimpel 3D*, *The Foundry Nuke* and *OCULA* e *YUVsoft 2D to 3D Suite* são os mais usados a nível profissional) [11].

Esta conversão é justificada tanto para a adaptação de conteúdos pré-existent para TV 3D como para a diminuição dos custos de grandes produções 3D em algumas cenas, as quais são gravadas em 2D e posteriormente processadas. Este formato foi estandardizado como ISO/IEC 23002-3 “MPEG-C Parte 3”.

3.2. Compressão e codificação do vídeo

Para além das técnicas de compressão associadas ao modo de transmissão, existem outras características do vídeo a ser transmitido. A compressão segundo a norma DVB 3D-TV utiliza a tecnologia MPEG-2 e MPEG-4 AVC. Dado que este *standard* é bastante recente existem já muitas outras tecnologias de codificação que são usadas em diferentes aplicações.

Os requisitos para o formato de vídeo 3D são essencialmente os seguintes [7]:

- **Elevada eficiência na compressão** – Para que o canal consiga acomodar o dobro das *frames* são necessários ganhos de compressão comparáveis a os de um *stream* 2D;
- **Random Access** – De forma a permitir a reprodução em qualquer instante de tempo;
- **Escalabilidade** – O decodificador tem de ser capaz de converter o *stream* vídeo de forma sequencial e sem interrupções (independentemente do débito) mesmo que para isso tenha de afectar a qualidade da imagem;
- **Escalabilidade de visualização** – Da mesma forma que no ponto anterior o decodificador tem de ser capaz de afectar a qualidade da imagem que irá ser apresentada em concordância com a porção de *stream* disponível;
- **Compatibilidade inversa** – Tem de permitir a decodificação por qualquer decodificador H.264/AVC;
- **Consistência na qualidade para ambos os pontos de vista.**

As principais normas utilizadas em TV 3D para codificação e compressão são explicadas no ponto 4 deste artigo.

3.3. Blu-ray 3D

Do ponto de vista comercial para o público em geral, o Blu-Ray Disc é de momento a única tecnologia disponível de armazenamento de conteúdos 3D. De acordo com a Blu-Ray Association, os leitores têm de assegurar a compatibilidade inversa para leitura de discos Blu-Ray com conteúdos 2D.

Em termos gerais, a tecnologia específica que a resolução das imagens a enviar para o ecrã seja Full HD para cada vista (L e R), e que a norma de codificação usada seja o MPEG-4 MVC. A tecnologia exige também uma forma de controlo de profundidade para evitar interferência estereoscopia de vídeo, legendas e menus [12].

3.4. Técnicas de visualização 3D

As tecnologias envolvidas na visualização de TV 3D são, à parte de uma diferença de escala, as mesmas utilizadas na exibição de cinema 3D. Desde que na última década do século XIX, o pioneiro do cinema Britânico, William Friese-Greene, patenteou um processo para visionamento de filmes em 3D, várias tecnologias foram criadas, exploradas e substituídas por outras com melhores resultados.

A primeira técnica consistia na exibição de imagens diferentes para cada olho, lado a lado e em simultâneo. O cérebro humano tratava depois de combinar ambas dando ao espectador a ideia de profundidade. O sistema não era prático para o uso em cinema e não foi utilizado. Outra técnica, mais popular e de uso mais alargado, o anáglifo, foi criada na segunda década do século XX. Consistia na

exibição simultânea e sobreposta de duas imagens, uma para o olho esquerdo e outra para o direito, filtradas a cores opostas, normalmente ciano e vermelho. Estas imagens sobrepostas, vistas através de um filtro especial, normalmente óculos com uma lente vermelha e outra ciano, fazem chegar a cada olho uma perspectiva diferente da mesma cena, gerando a noção de profundidade. Estes dois métodos, curiosidades na época em que foram criados, não resistiram à evolução tecnológica, que exige métodos de maior qualidade e menor complexidade para o consumidor.

Dois outros métodos, criados nos anos 20 e 30 do século XX, destacam-se por apresentarem estas características, o método de eclipse (Activo) e o método de polarização (Passivo).

O método de eclipse consiste na exibição rápida e alternada de imagens para cada um dos olhos. Ao mesmo tempo, um mecanismo abre e fecha, em sincronismo com as imagens projectadas, um obturador para cada um dos olhos, garantindo que quando a imagem do olho direito é mostrada apenas o obturador respectivo se encontra aberto e vice-versa. Se o ritmo de alternância entre imagens for suficientemente rápido, é criada no cérebro a ideia de profundidade da cena.

O método de polarização, por outro lado, consiste na exibição sobreposta e simultânea de imagens, uma para cada olho, polarizadas com 2 filtros diferentes. O espectador usa óculos em que cada lente consiste num filtro, correspondente a um dos filtros usados na projecção. Desta forma cada olho apenas vê a imagem polarizada da mesma forma que a lente correspondente.

Os dois métodos, no entanto, só viriam a ser verdadeiramente implementados no início do século XXI, com a chegada de filmes em formato digital e uma aposta forte, por parte dos produtores, no cinema 3D. O método de eclipse, implementado por marcas como a XpanD 3D, utiliza esta tecnologia nos seus óculos obturadores sob a forma de painéis de cristais líquidos. Deixando passar a luz, em condições normais, os cristais líquidos escurecem quando excitados com uma corrente eléctrica, bloqueando a passagem de luz. O sinal eléctrico para cada uma das lentes é sincronizado por um sinal sem-fios, normalmente através de um emissor de infra-vermelhos.



Figura 5: Os 3 principais tipos de óculos 3D (passivo, activo e anáglifo)

Por outro lado, o método de polarização (como implementado pela RealD) utiliza simples filtros com polarização circular (sentido directo e inverso) em cada lente dos óculos. Por cada um destes filtros apenas passa luz polarizada da maneira correspondente. O projector utilizado é capaz de projectar apenas uma imagem de cada vez, mas fá-lo a 144 imagens por segundo. As imagens são mostradas alternadamente para o olho esquerdo e direito, mas cada uma é mostrada 3 vezes para reduzir a cintilação.

Por fim, autoestereocopia consiste num conjunto de tecnologias de visualização de conteúdos 3D que não necessitam de óculos para serem visualizados. Entre os vários *displays* da tecnologia encontram-se, por exemplo, barreira de paralaxe, lenticular, volumétrico, electro-holográfico, e *light field displays*.

4. NORMAS UTILIZADAS

As normas associadas à TV-3D, como é natural, baseiam-se fortemente nas normas associadas à difusão 2D, dado que partilham muitas características técnicas. Olharemos em particular para as normas DVB 3D-TV [4], MPEG-2 [13] e MPEG-4 [14].

A norma DVB TV-3D para a difusão de vídeo e áudio 3D serve de momento o paradigma de transmissão *frame compatible*, isto é, as imagens L e R devem poder ser processadas de forma a conceber uma simples imagem 2D. Com o evoluir da tecnologia, que se prevê caminhar no sentido da FTV uma nova norma terá de ser desenvolvida.

4.1. H.262/MPEG-2

A norma H.262/MPEG-2 é um standard da ISO (ISO/IEC 13818-2) [15] de compressão e codificação de vídeo. As imagens (*frames*) são captadas a um ritmo de 25 por segundo (na Europa). Por cada *frame* são gerados sem compressão 6220800 bytes (1920x1080x3), que contém a informação da luminância e das duas crominâncias de cada pixel.

Para facilitar o processamento de imagem, esta é dividida em “blocos lógicos” ilustrados na figura 6. Os pixéis são agrupados em grupos de 64 (8x8) chamados blocos. Os blocos, por sua vez, são agrupados em grupos de 4 (2x2), chamados macroblocos. Uma imagem é, portanto, constituída por conjuntos de macroblocos. Esses macroblocos são codificados de forma agrupada em *slices*, seja na vertical, horizontal ou ambas, por forma a maximizar a compressão da imagem.

Para diminuir a informação gerada, os *frames* são comprimidos em três tipos de tramas: I (intra), P (predictive) e B (bidirectional-predicted). A um conjunto de frames entre duas tramas I (incluindo a primeira) dá-se o nome de group of pictures (GOP).

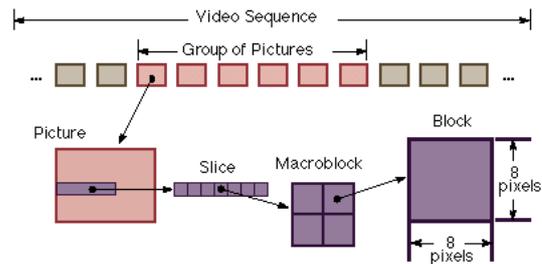


Figura 6: Esquema lógico de organização da imagem

As tramas I resultam da compressão simples de uma frame completa. Já as tramas P e B exploram ambas a redundância temporal das imagens, pois a informação que ambas carregam tem por base as tramas P e I. No caso das tramas P, estas só geram o seu conteúdo com base em tramas I e P anteriormente geradas. As tramas B geram o seu conteúdo a partir de tramas I e P geradas tanto anteriormente como posteriormente. Um exemplo de um GOP típico é IBBPBBPBBPBB. Um outro exemplo de seqüências de tramas é apresentado na figura 7.

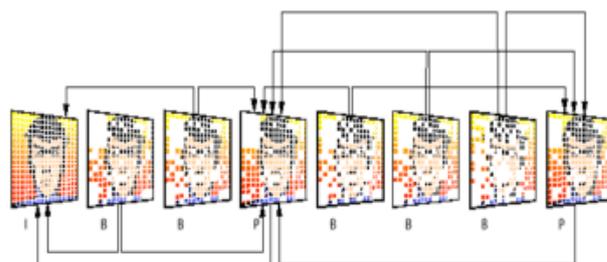


Figura 7: Exemplo figurativo das tramas I, B e P

Este método cria uma compressão significativa da informação transportada, já que permite que não seja enviada informação repetida (redundância espacial e temporal) ou que não seja detectada pelo sistema visual humano. Um processo de descodificação inverso ao descrito anteriormente encarrega-se de produzir as imagens que serão apresentadas no ecrã [16].

A norma H.262/MPEG-2 tem um perfil dedicado à codificação 3D (*MPEG-2 Multiview Profile*). No entanto, por não ser o mais indicado para a codificação deste tipo de gravação vídeo, não teve grande sucesso.

4.2. H.264/MPEG-4 AVC

Em termos estruturais não há diferenças substanciais do MPEG-4 em relação ao MPEG-2. A diferença reside principalmente na eficiência do codec tanto em termos de redundância espacial como temporal. Para a mesma qualidade e resolução, o codec MPEG-4 gasta sensivelmente 50% menos débito do que o MPEG-2, tal como ilustrado na figura 8.

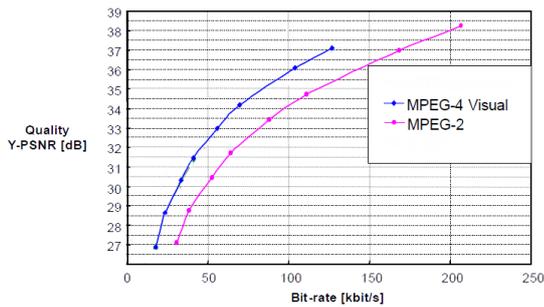


Figura 8: Comparação entre MPEG-2 e MPEG-4

Tal desempenho só é possível à custa de um aumento substancial na complexidade computacional associada à geração das tramas. Apesar disso, a arquitectura dos dois codecs mantém-se nos pontos essenciais a mesma.

4.3. MVC

O MVC (*Multiview Video Coding*) consiste numa emenda à norma H.264/MPEG-4 AVC Parte 10, que visa melhorar a eficiência da codificação de vídeo *multiview* (imagem captada através de várias câmaras de ângulos diferentes) [17]. A figura Z exprime de forma muito simples os vários passos do processo: gravação, codificação, transporte, descodificação e visualização.

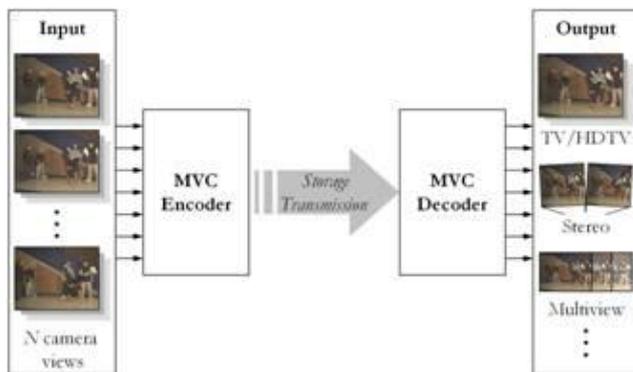


Figura 9: Esquema simplificado dos vários passos de um sistema multiview

Como é possível inferir, as redundâncias temporal e sobretudo espacial entre as várias frames captadas são grandes. Tal facto é usado na geração de imagens, e constitui a principal chave para uma codificação eficiente.

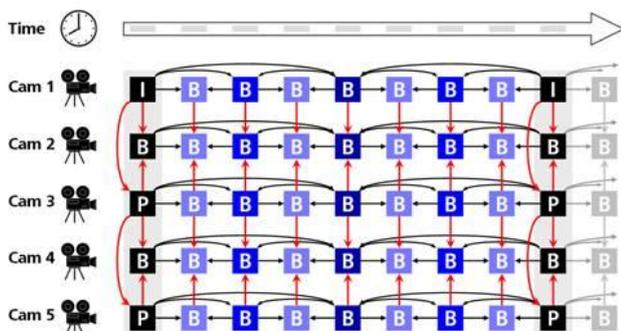


Figura 10: Exemplo de uma estrutura de predição para um multiview de 5 câmaras.

4.4. AAC

O *Advanced Audio Coding* (AAC) faz parte das especificações das normas MPEG-2 e MPEG-4, e consiste num algoritmo de compressão e codificação de áudio. O codec explora principalmente a irrelevância, eliminando os sons que, perceptivamente, o sistema auditivo humano não é capaz de ouvir. Por exemplo, sons que não se encontram dentro da banda audível ou que são mascarados por sons noutras frequências com muito maior intensidade.

Este codec possibilita maior qualidade transparente de som em relação ao seu predecessor, o *MPEG-1 Audio Layer 3* (MP3), principalmente devido às seguintes características [18]:

- Mais frequências de amostragem (8-96 KHz) do que o MP3 (16-48 KHz);
- Mais canais (1-48) do que o MP3 (até 2);
- Melhor algoritmo de codificação do que o MP3, principalmente na zona de altas frequências audíveis (a partir dos 16KHz).

Uma das propriedades que torna o este codec bastante interessante para a emissão em conjunto com vídeo 3D é sem dúvida a multiplicidade de canais. Esta característica permite que o som seja direcionado para várias colunas, ajudando a criar o efeito de espacialidade, essencial no principal objectivo do 3D: a imersão do espectador.

O AAC tem várias variantes, que diferem essencialmente na complexidade computacional requerida para as implementar, sendo que a mais usada pelos emissores de DVB é a HE-AAC (High Efficiency AAC).

4.5. DVB 3D-TV – Requisitos gerais

Em termos abrangentes, uma das preocupações da norma é salvaguardar que as infraestruturas até ao ponto de recepção já existentes possam ser utilizadas. Outros aspectos importantes que a norma tem em conta são a compatibilidade directa e inversa. Dado que a maioria das STB instaladas só processam imagens em 2D, a norma define que, caso a transmissão passe a ser feita em 3D, as STB antigas tenham capacidade de processar o sinal (eventualmente após um mínimo upgrade de software ou hardware) como se de um *stream* de HDTV se tratasse. Por outro lado, e tendo em conta o grande avanço tecnológico que se tem verificado, as especificações da norma têm de ser suficientemente livres para acomodar a evolução nos formatos da transmissão e nas tecnologias usadas, o que se traduz numa grande quantidade de normas a estas associadas [19].

4.6. DVB 3D-TV - Vídeo

A qualidade das imagens L e R, codificadas em formato MPEG-2 ou MPEG-4 [20], deve ser a mesma. Na junção de texto com imagem (por exemplo, legendas, programação electrónica), deve ser criado um mecanismo para que os emissores definam o posicionamento das legendas relativamente a horizontalidade, verticalidade e profundidade. Deve utilizar-se sempre que possível

especificações DVB já existentes, com o mínimo de complexidade computacional adicional.

Em relação à compatibilidade inversa, devem ser suportados os formatos de resolução listados pela especificação HDMI para as seguintes formatações stereo-3D:

- 720p @50 Hz Top-and-Bottom;
- 720p @59.94/60 Hz Top-and-Bottom;
- 1080i @50 Hz Side-by-side;
- 1080i @59.94/60 Hz Side-by-side;
- 1080i @23.97/24 Hz Top-and-Bottom;
- 720p @50 Hz Side-by-side;
- 720p @59.94/60 Hz Side-by-side;
- 1080p @23.97/24 Hz Side-by-Side.

4.7. DVB 3D-TV - Áudio

Em relação ao áudio, o único requisito pedido é a compatibilidade inversa, já que, de momento, não se prevêem grandes mudanças a este nível. A propósito, recorde-se que a estereofonia e o 5.1 Surround Sound já são implementados em HDTV. Entre os codecs previstos estão, por exemplo, MPEG-1 e MPEG-2 (*backward compatibility*), AC-3 e Enhanced AC-3, MPEG-4 AAC, MPEG-4 HE AAC e MPEG-4 HE AAC v2 [20].

5. TELEVISÃO 3D

A visualização de conteúdos 3D tem sido marcada por altos e baixos em termos de popularidade, principalmente durante o séc. XX. Apresenta-se de seguida um breve historial, com os passos mais importantes do vídeo estereoscópico, com alguns passos da implementação em Portugal [2], [7] e [21].

5.1. Breve história do vídeo 3D

1830 - Sir Charles Wheatstone inventa o estereoscópio;

1855 - Criada a primeira câmara 3D;

1915 - Edwin Porter e William Waddell testam seqüências de vídeo com público usando a tecnologia de anáglifo vermelho e verde;

1922 - É lançado o primeiro filme em 3D;

1950's - Década de grande popularidade de exibição de filmes 3D nos EUA;

1990's - Década de ressurgimento da popularidade de filmes 3D;

1995 - Primeiro standard de compressão para vídeo 3D (MPEG2-Multiview Profile);

2000's - Expansão dos filmes 3D: criação da norma MPEG-4 Multiview Coding, remake de filmes 2D, primeira difusão televisiva em 3D (2008) e criação de novos e marcantes filmes 3D (*Avatar*, 2009);

2010 - Primeiro canal 3D: SKY 3D, Coreia do Sul; Portugal: televisores 3D começam a entrar no mercado; primeira emissão 3D numa TV: um anúncio da MEO bate o record de audiências; primeiros testes para a emissão de

canais 3D feitos pela MEO e pela ZON; transmissão 3D do campeonato mundial de futebol 2010.

5.2. Vantagens

A grande mais-valia do 3D é, de facto, a sensação de imersão que proporciona, tanto a nível visual como a nível auditivo. A recente necessidade de desenvolvimento de aparelhos de televisão 3D advém principalmente do desejo do público de cinema em transportar a experiência que têm no cinema para casa. Caso seja implementada em larga escala, a televisão 3D trará uma infinidade de experiências a casa das pessoas. A variedade de conteúdos é muito grande, e por isso é passível de satisfazer um espectro muito abrangente de consumidores.

Um elemento muito importante da televisão 3D é o áudio multicanal (estéreo ou 5.1), já que vídeo sem áudio não é viável para negócios de entretenimento em larga escala. Neste campo não se esperam grandes evoluções já que o áudio em *surround* já está relativamente massificado.

5.3. Desvantagens

Dado estar nos primeiros passos da sua implementação, os aparelhos de televisão 3D ainda se encontram à venda por um preço que não é acessível à maior parte da população, sobretudo nas condições económicas e sociais actuais. É possível que no futuro os preços desçam consideravelmente, desde que se massifique a tecnologia e haja concorrência no mercado. No entanto, consultando o histórico da evolução da televisão 3D, não é possível prever quando (ou mesmo se) tal se vai verificar.

Tem havido também alguma especulação acerca das consequências negativas para a saúde, do visionamento de conteúdos 3D. Antes de haver estudos mais sérios sobre os efeitos negativos que poderia causar, era notório que um número significativo de pessoas se queixava de sintomas de enjoo, dores de cabeça e visão momentaneamente afectada após um período relativamente longo de visualização (2 a 3 horas). No entanto, devido ao aumento da procura e do interesse nesta tecnologia, só recentemente (nos últimos 2 a 3 anos) começaram a ser feitos estudos mais rigorosos e com maior amostra estatística. Ainda assim, os perigos para a saúde do espectador, a extensão dos possíveis danos e outras preocupações relacionadas carecem de mais estudo.

Dois estudos conduzidos pelo professor Martin Banks, da Universidade de Berkeley [22], concluíram que a visualização de conteúdos em 3D altera a junção de duas funções básicas do sistema visual humano, que ao ver conteúdos reais estariam naturalmente acopladas – a acomodação e a divergência/convergência). Esta adulteração causou nas pessoas testadas (que tinham entre 18 e 30 anos) sintomas de fadiga, desconforto, vista esforçada e dores de cabeça. O autor do estudo prevê que estes sintomas não sejam tão fortes em pessoas a partir dos 50 anos pois a partir dessa idade as funções oculares não funcionam tão bem.

Um estudo conduzido pela YUVsoft, conclui que, dado que a percepção de visão estéreo é adaptativa consoante as profundidades, devem ser evitadas mudanças amplas de profundidade nas imagens, pois pode causar desfocagem na visão estéreo normal [23].

Também a Samsung emitiu um aviso oficial através do seu site acerca do visionamento de conteúdos em televisão 3D com óculos, alertando para possíveis sintomas de mau estar e vista cansada e esforçada. O aviso também pede especial atenção e acompanhamento em crianças [24].

6. MODELOS DE NEGÓCIO

Como o mercado de TV 3D, na presente data, não se encontra totalmente estandardizado, existem ainda muitas tecnologias pelas quais é necessário optar ao escolher um aparelho de visualização 3D. As marcas que de momento estão a apostar nesta tecnologia são: Samsung (49,9% quota de mercado), Sony (23,4%), Panasonic (13,9%), LG (6,6%), Sharp e Toshiba.

Habitualmente os televisores compatíveis com a tecnologia 3D suportam uma resolução Full HD (1920x1080). É também garantida a compatibilidade inversa do sistema por forma a permitir uma suave transição entre conteúdos 2D e 3D. Alinhado a isto, os televisores vêm munidos de portas USB e Ethernet (para gravar e ler conteúdos de forma mais flexível), e podem ainda incluir um adaptador wi-fi (ou wi-fi integrado) [2], [25].

Na escolha do aparelho os requisitos a considerar são os seguintes [26]:

- **Refresh rate:** Pelo menos 120 Hz nos Estados Unidos ou 100 Hz Europa – passa a ser necessário o dobro da frequência para emitir as duas imagens intercaladas. Quanto maior for essa frequência mais suave vai ser o efeito 3D. Para uma melhor experiência (visualização de eventos desportivos) é de considerar:
 - LCD: pelo menos 200 Hz
 - Plasma: 200 Hz – 600Hz
- **Capacidade para descodificar conteúdo 3D**
- **Tipo de tecnologia:**
 - **Passiva:** óculos com filtro incorporado;
 - **Activa:** Televisão necessita de emissor infravermelhos ou outro emissor *wireless* para sincronizar com o tipo de óculos.



Figura 11: Óculos 3D passivos aprox. 25€



Figura 12: Óculos 3D activos aprox. 55€ - 80€

Na Tabela 1 foram colocados alguns dos dispositivos mais vendidos num estabelecimento comercial com uma grande oferta em Portugal.

	Panasonic TX-P42GT20	Activo	Plasma	1.614,05€
	Samsung UE40D8000	Activo	LED	1.424,05€
	Samsung UE40D6100	Activo	LED	949,05€
	Samsung UE46D7000	Activo	LED	1.291,05€
	Samsung UE55D8000	Activo	LED	1.975,05€
	Sony KDL-40NX720	Activo	LED	949,05€

Tabela 1: Tabela de televisões mais vendidas ordenada (Televisão, Modelo, Tipo de 3D, Tipo de ecrã, Preço) [27]

Observamos pela tabela que a preferência está claramente na tecnologia baseada em óculos activos. Apesar do aumento de preço os utilizadores optam pela maior qualidade e liberdade de movimentos proporcionada por esta tecnologia.

6.1. 3D-ready TV Sets

Podem operar em modo 3D (por adição ao 2D) e recrear uma imagem estereoscópica recebida. Dentro desta secção a escolha é variada entre vários preços (de cerca de 500 € a 5000 €) e características, nomeadamente o tipo de display da imagem 3D como (Passivo/Activo).

6.2. Full 3D TV Sets

Existem ainda muito poucos modelos comercializados que ofereçam televisão autoestereoscópica. Nesta área distinguem-se os televisores LG Full HD3D (preço cerca de 900 €), Panasonic Full HD 3D (preço cerca de 2300€) e alguns modelos Samsung lançados no início deste ano. Vários outros modelos estão de momento a ser desenvolvidos embora o crescimento neste sentido seja bastante recente. O custo elevado de um televisor Full 3D TV poderá vir a ser compensado pela falta de necessidade de compra de óculos especializados. É necessário ter ainda um sistema baseado em HDMI 1.4 para ter *Full HD* (1080p) para cada olho.

6.3. Conteúdos disponibilizados

Os conteúdos a ser visualizados podem ser exibidos por intermédio de um leitor Blu-ray 3D. Têm sido presença constante nos sucessos de bilheteira filmes em 3D disponibilizados posteriormente em Blu-ray 3D: *Alice no país das maravilhas*, *Avatar*, *Como treinar o teu Dragão*. Esta tendência avança no sentido de aumentar as vendas de TV 3D ajudando no crescimento da tecnologia.

7. CONCLUSÃO

Este artigo descreveu o funcionamento da televisão 3D, numa perspectiva de clarificação do seu funcionamento para assim permitir uma melhor apreciação do sistema. Foram abordados vários pontos, como a arquitetura do sistema de difusão de 3D-TV, as tecnologias para a sua visualização, as normas utilizadas, os modelos de negócio e as vantagens e desvantagens. Esta tecnologia vem introduzir uma nova experiência de entretenimento que vai de acordo com a tendência evolutiva da televisão, que pretende transportar o espectador para a realidade do conteúdo a ser visualizado.

8. REFERÊNCIAS

- [1] Vários (2012, Maio, 16) Available: http://en.wikipedia.org/wiki/History_of_television
- [2] Vários (2012, Maio, 16) Available: http://en.wikipedia.org/wiki/3D_Television
- [3] DVB (2012, Maio, 16) <http://www.dvb.org/>
- [4] Vários (2012, Maio, 18). DVB Commercial Requirements for DVB 3D-TV [Online] Available: <http://www.dvb.org/technology/standards/>
- [5] ATSC (2012, Maio, 182) 3D-TV broadcast standard development making good progress. Available: <http://atsc.org/newsletter/2012/04/3d-tv-broadcast-standard-development-making-good-progress/>
- [6] Thomas C. Russell (2012, Maio, 18) 3DTV Standards Come Into View. Available: http://www.lightreading.com/blog.asp?blog_sectionid=1158&doc_id=208547&site=cdn
- [7] Fernando Pereira (2012, Maio, 18) 3D Video Systems [Online]. Available: http://amalia.img.lx.it.pt/~fp/cav/ano2011_2012/Slides%202012/CAV_10_3D_Systems_2012_Web.pdf
- [8] Dylan McGrathb (2012, Maio, 18) Glasses-less 3-D coming to future TV's. Available: http://www.electronicstimes.com/en/glasses-less-3-d-coming-to-future-tvs.html?cmp_id=7&news_id=222911431&vID=209
- [9] YUVSoft (2012, Maio, 18) <http://www.yuvsoft.com>
- [10] 3D Focus (2012, Maio, 19) <http://www.3dfocus.co.uk/3d-features/2d-3d-conversion-interview-legend-3d-barry-sandrew/1394>
- [11] Vários (2012, Maio, 21) Available: http://en.wikipedia.org/wiki/2D_to_3D_conversion
- [12] Blu-Ray Disc (2012, Maio, 24) White Paper Blu-Ray Disc Read-Only Format [Online] pp. 32-39 Available: http://blu-raydisc.com/assets/Downloadablefile/BD-ROM-AV-WhitePaper_110712.pdf
- [13] Vários (2012, Maio, 21) Available: http://en.wikipedia.org/wiki/H.262/MPEG-2_Part_2
- [14] Vários (2012, Maio, 22) Available: http://en.wikipedia.org/wiki/MPEG-4_AVC
- [15] ISO (2012, Maio, 25) ISO/IEC 13818-1:2007 http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_ics/catalogue_detail_ics.htm?csnumber=44169
- [16] Fernando Pereira (2012, Maio, 19) Digital Television [Online]. Available: http://amalia.img.lx.it.pt/~fp/cav/ano2011_2012/Slides%202012/CAV_8_Digital_TV_2012_Web.pdf
- [17] Aljoscha Smolic (2012, Maio, 23) Introduction to Multiview Video Coding. Available: <http://mpeg.chiariglione.org/technologies/mpeg-4/mp04-mvc/index.htm>
- [18] Vários (2012, Maio, 20) Available: http://en.wikipedia.org/wiki/Advanced_Audio_Coding
- [19] DVB (2012, Maio, 21) <http://www.dvb.org/technology/standards/>
- [20] ETSI (2012, Maio, 22) Specification for the use of Video and Audio Coding in Broadcasting Applications based on the MPEG-2 Transport Stream [Online]. Available: http://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/101100_101199/101154/01_10.01_60/ts_101154v011001p.pdf
- [21] Carlos Afonso Monteiro (2012, Maio, 25) Zon e Meo disputam testes de 3D em Portugal <http://expresso.sapo.pt/zon-e-meo-disputam-testes-de-3d-em-portugal=f568589>
- [22] Wire Service (2012, Maio, 25) Health Risks Confirmed For People Who Watch 3D TV. Available: http://www.smarthouse.com.au/TVs_And_Large_Display/3D_TV/J3X3P8T3
- [23] Dmitry Vatolin (2012, Maio, 25) Understanding Requirements for High-Quality 3D Video: A test in Stereo Perception. Available: <http://3droundabout.com/2011/12/5788/understanding-requirements-for-high-quality-3d-video-a-test-in-stereo-perception.html>
- [24] Samsung (2012, Maio, 25) Important Health and Safety Information for 3D Pictures [Online]. Available: <http://www.samsung.com/au/tv/pdf/Viewing-3D-TV-Notice.pdf>
- [25] Precos.pt (2012, Maio, 2012) Available: <http://televisores.precos.com.pt/tv-3d-sim/>
- [26] best-3dtvs (2012, Maio, 25) A Guide to Help buy 3D TVs. Available: <http://www.best-3dtvs.com/guides/3d-tv-buying-guide/>
- [27] El corte Inglés (2012, Maio 25) http://www.elcorteingles.pt/loja/electronica/browse/ubcategory.jsp?jsessionid=A8C3F1C8BEBB02498C221B476E0057CA.eci_pt_node2_2?categoryId=993.1280329119&navAction=push&navCount=0&addFacet=9004%3A993.1280329119



administradora do Departamento de Engenharia Electrotécnica e de Computadores).



Setembro de 2010, tendo trabalhado anteriormente no Museu da Electricidade.



Computadores do DEEC desde Fevereiro de 2010.

Marta E. Quintão nasceu em Lisboa, Portugal, no dia 7 de Novembro de 1988. Frequenta neste momento o quarto ano do Mestrado Integrado de Engenharia Electrotécnica e de Computadores, especialização em Telecomunicações. É administradora da SCDEEC (Sala de Computadores do Departamento de Engenharia Electrotécnica e de Computadores).

José N. Mendonça nasceu em Lisboa, a 17 de Dezembro de 1988. Frequento o curso de Engenharia Electrotécnica e de Computadores no Instituto Superior Técnico, tendo escolhido para ramo principal a a Área Científica de Sistemas, Decisão e Controlo. É monitor na sala de Computadores do DEEC desde Setembro de 2010, tendo trabalhado anteriormente no Museu da Electricidade.

João Líbano Monteiro nasceu em Lisboa, a 25 de Abril de 1989. Frequento o curso de Engenharia Electrotécnica e de Computadores no Instituto Superior Técnico, onde escolheu como ramo principal a Área Científica de Electrónica e como ramo secundário a Área Científica de Computadores. É monitor na sala de Computadores do DEEC desde Fevereiro de 2010.