

**Escola das Artes da Universidade Católica Portuguesa**  
**Mestrado em Som e Imagem**



***Cel shading: História e aplicação do efeito 2D em Animação Digital***

**Mestrado em Animação por Computador 2012/2013**

*Sérgio Gil Pinheiro da Conceição*

Professor Orientador: Prof. Doutora Sahra Kunz

Professor Co-orientador: Ricardo Megre

Junho de 2013

## **Agradecimentos**

Desde já quero agradecer a todas as pessoas da Universidade Católica Portuguesa do Porto que estiveram envolvidas no trabalho realizado, quer de forma direta ou indireta, com particular reparo à minha Professora orientadora, Doutora Sahra Kunz e aos meus Professores Ricardo Megre e Pedro Serrazina, pelos seus conselhos, opiniões e auxílio prestados no desenvolvimento deste projeto.

De forma não menos importante, quero agradecer aos meus pais e familiares, pois sem eles, nada deste percurso universitário seria possível. Pelo seu sacrifício, apoio e dedicação para me facultarem tudo o que sempre necessitei, em todas as etapas académicas da minha vida, um muito obrigado.

Aos amigos e amigas, que sempre me acompanharam e compartilharam os meus altos e baixos desde a minha entrada na Universidade. Aos novos colegas de Mestrado que criei, pela sua ajuda e apoio prestado no desenvolvimento de inúmeros projetos e pelos bons momentos que todos compartilhámos.

## Resumo

A presente dissertação tem como principais objetivos a compreensão e a análise da técnica visual *Cel shading*, quer na indústria digital de animação, quer na de videogames. *Cel shading* é uma técnica visual de animação, que permite emular ilustrações, ou desenhos, em gráficos 3D, que devidamente animados, formam vários constituintes das indústrias de animação e de videogames. Ao longo desta dissertação é realizada uma contextualização histórica da animação, analisando diversas técnicas e processos que levaram à sua evolução, desde o celuloide até à era digital. Aqui é dando especial ênfase a determinados filmes revolucionários de cada época, fundamentais para a evolução das técnicas de animação utilizadas desde então. Além dos filmes e séries televisivas, é também realizada uma síntese dos videogames mais relevantes, que usam, ou usaram, esta técnica visual, pois permite emular o estilo visual de banda desenhada. Os exemplos mais marcantes de cada tipo são: (i) em séries televisivas: “The Simpsons” (1989 – presente), “Futurama” (1999 – 2003) e “Family Guy” (1999 – presente); (ii) em filmes de animação: “Animatrix” (2003), “Ghost in the Shell” (1989) e “The Iron Giant” (1999); (iii) e em videogames: “Jet Set Radio”, “XIII”, “The Legend Of Zelda: Phantom Hourglass”, “The Legend of Zelda: The Wind Waker”.

Simultaneamente ao desenvolvimento da presente dissertação foi produzida uma curta-metragem de animação para a empresa de telecomunicações Optimus. Esta pretende descrever, através de metáforas e estilos visuais apelativos, a viagem de uma mensagem de texto e todos os processos inerentes ao seu envio e receção. Ao se optar por realizar esta curta-metragem, foram analisados vários estilos visuais muito próprios. De todos os estilos analisados, o escolhido para a curta-metragem realizada foi o *Cel shading*.

A interação com um cliente real exige a constante transformação, segundo as suas decisões. Uma das modificações aplicadas a esta dissertação foi o estilo visual escolhido. Invés da técnica visual *Cel shading*, o estilo visual adotado para a curta-metragem de animação produzido foi um estilo mais realista, baseado em imagens de *High-dynamic-range imaging (HDRi)*.

**Palavras-chave:** *Cel shading*; animação 3D; técnica visual; celuloide, *HDRi*; Optimus.

### **Abstract**

The present dissertation has as main objective the understanding and analysis of the visual technique Cel shading, either on the digital animation industry, or in the video games industry. Cel shading is a visual animation technique that can emulate illustrations, or drawings, in 3D graphics. Those illustrations, when fully animated, can form various elements of the animation industries and video games. Throughout this dissertation is held a historical context of animation, analysing different techniques and processes that led to its evolution, since the celluloid to the digital era, with emphasis on certain revolutionary films of each era, fundamental for the evolution of the techniques used since. Apart from films and television series, is also carried out a synthesis of the most important videogames that use, or have used, this visual technique, because it allows emulating the visual style of comics. The most remarkable examples of each type are: (i) in television series "The Simpsons" (1989 – present), "Futurama" (from 1999 to 2003) and "Family Guy" (1999 – present); (ii) in animation films "Animatrix" (2003), "Ghost in the Shell" (1989) and "The Iron Giant" (1999); (iii) and in videogames, "Jet Set Radio", "XIII", "The Legend Of Zelda: Phantom Hourglass" and "The Legend of Zelda: The Wind Waker".

Simultaneously with the development of this dissertation, it was produced a short animated film for the Portuguese telecommunications company Optimus. This animation intended to describe, through metaphors and appealing visual styles, the journey of a short text message (SMS); and all the processes inherent on its sending and receiving. For the production of this short film, the authors analysed several visual styles. Of all the styles analysed, the chosen for the short film was the technique Cel shading.

The interaction with a real client requires a constant change, based on its decisions. One of those modifications applied to this thesis was the visual style chosen. Instead of the visual technique Cel shading, the adopted visual style for the short animated film produced was a more realistic, based in images from High-dynamic-range imaging (HDRi).

**Keywords:** Cel shading, 3D animation, visual technique; celluloid, HDRi, Optimus.

## Índice de conteúdos

LISTA DE FIGURAS .....	VI
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1 MOTIVAÇÕES QUE LEVARAM À ESCOLHA DO TEMA .....	1
1.2 RELAÇÃO DO TEMA COM O PROJETO FINAL.....	6
1.3 METODOLOGIA UTILIZADA PARA A INVESTIGAÇÃO DA PRESENTE DISSERTAÇÃO .....	8
1.4 TEMAS ABORDADOS NESTA DISSERTAÇÃO .....	9
<b>2 ESTADO DE ARTE .....</b>	<b>10</b>
2.1 TÉCNICA VISUAL <i>CEL SHADING</i> .....	10
2.1.1 <i>Como obter Cel shading</i> .....	13
2.1.2 <i>Filmes de animação da Walt Disney Company como fontes de inspiração para a técnica visual Cel shading: vincos, silhuetas, contornos e sombras</i> .....	15
2.2 CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA DO <i>CEL SHADING</i> .....	18
2.3 EVOLUÇÃO HISTÓRICA DO <i>CEL SHADING</i> .....	31
2.4 <i>CEL SHADING</i> EM ANIMAÇÃO .....	32
2.4.1 <i>Cel shading em Televisão</i> .....	32
2.5 <i>CEL SHADING</i> EM VIDEOJOGOS .....	33
2.5.1 <i>Motivação para usar gráficos Non Photo Realistic (NPR) em videojogos</i> .....	35
<b>3 LIGAÇÃO DO <i>CEL SHADING</i> AO PROJETO FINAL.....</b>	<b>39</b>
3.1 PRÉ-PRODUÇÃO – CRIAÇÃO DO CONCEITO.....	39
3.1.1 <i>Estudo das referências visuais de um interior de uma fábrica</i> .....	46
3.1.2 <i>Estudo das referências visuais do suporte físico da linha de montagem - passadeiras</i> .....	46
3.1.3 <i>Estudo das referências visuais para o portal</i> .....	48
3.1.4 <i>Estudo das referências visuais para os tubos</i> .....	49
3.1.5 <i>Estudo das referências visuais para paredes de pressão</i> .....	50
3.1.6 <i>Estudo das referências visuais para luzes</i> .....	51
3.1.7 <i>Testes de animação</i> .....	52
3.1.8 <i>Layout dos cenários</i> .....	52
3.2 PRODUÇÃO .....	53
3.2.1 <i>Fase de Modelação</i> .....	53
3.2.2 <i>Fase de animação</i> .....	60
3.2.3 <i>Iluminação</i> .....	64
3.3 PÓS-PRODUÇÃO.....	68

<b>4</b>	<b>CONCLUSÃO E PERSPETIVAS FUTURAS .....</b>	<b>69</b>
<b>5</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>71</b>
5.1	WEBGRAFIA .....	73
5.2	CRÉDITOS DE FIGURAS .....	74
<b>6</b>	<b>APÊNDICE A.....</b>	<b>79</b>

## Lista de figuras

- Figura 1 – Imagens retiradas da curta-metragem “The Autopsy”, 2007. Esta animação foi realizada pelo autor em conjunto com outros elementos durante a licenciatura em Novas Tecnologias da Comunicação (Universidade de Aveiro). ..... 2
- Figura 2 – Sequência de imagens retiradas do projeto desenvolvido para o “Cambada” – equipa de Futsal de Robots da Universidade de Aveiro. Este projeto foi produzido durante a licenciatura do autor, tendo sido o seu primeiro contacto com a técnica visual de *Cel shading*, 2007. .... 3
- Figura 3 - Imagens de projetos realizadas pelo autor, recorrendo ao programa *Rhinoceros 3D* durante o programa *Erasmus* – República Checa, 2010/2011..... 4
- Figura 4 – Exemplo da utilização da técnica visual *Cel shading* em filmes de animação. Imagem retirada do filme “The Iron Giant” (O Gigante de Ferro). Este filme de 1999, utilizou a técnica de *Cel shading* para produzir a sua personagem principal, o Gigante de Ferro. .... 5
- Figura 5 – Exemplo da utilização da técnica visual *Cel shading* em videojogos. Imagem retirada do videojogo “Team Fortress 2”, de 2007. Este videojogo utilizou a técnica de *Cel shading* para produzir todo o seu conteúdo visual..... 5
- Figura 6 – Imagem retirada do videojogo “Super Mario Bros.”, de 1985. Este videojogo tem um estilo visual muito característico da época de lançamento – *retro gaming*..... 8
- Figura 7 – Imagem do videojogo “Space Invaders”, de 1978. Tal como a figura anterior, este videojogo também utiliza o estilo visual *retro gaming*. .... 8
- Figura 8 – Objeto representado através da técnica de *Cel shading*. Aqui, é possível distinguir a graduação de cores, que produzem um efeito de luz/sombra e, conseqüentemente atribuem profundidade ao objeto – ver explicação no texto de seguida..... 11
- Figura 9 – Representação de uma personagem típica do estilo *anime*, representada recorrendo ao *Cel shading*. Este estilo japonês é caracterizado pela suavidade da aparência da personagem, embora seja possível observar as zonas de sombra. Nesta figura está representada a personagem principal da série de *anime* “Naruto”, com nome homónimo, em exibição deste 2002..... 11
- Figura 10 – Efeito da utilização de várias cores nos objetos para a noção de luz/sombra. a) O objeto não possui qualquer tipo de *shading*, ou seja, foram utilizadas apenas cores

sólidas simples; b) o objeto está colorido com duas cores, onde se observa que a fonte de luz incidente é originária do canto superior esquerdo, criando uma zona de sombra. .... 12

Figura 11 – Exemplo de um objeto, onde estão representadas duas características fundamentais do *Cel shading*: as linhas azuis simbolizam o contorno do objeto, enquanto a silhueta está expressa a linhas amarelas e azuis. Ambas as características são representativas do estilo *cartoon* e, assim, são essenciais na formação e interpretação do objeto em *Cel shading*. ..... 14

Figura 12 – Imagem retirada da curta-metragem de animação “The Skeleton Dance”, de 1929. Esta foi a primeira curta-metragem produzida pela Walt Disney Company e são visíveis as silhuetas e os vincos. Toda a produção é a preto e branco. .... 15

Figura 13 – Imagem retirada de “Pinóquio”, filme de animação de 1940. Esta produção mantém os contornos a preto das personagens, enquanto os vincos variavam entre preto e uma cor mais escura do que a cor atual do objeto. .... 16

Figura 14 – Imagem retirada do filme de animação produzido pela Walt Disney Company, “A Branca de Neve e os Sete Anões”, de 1937. Aqui evidenciam-se os vincos coloridos das personagens. .... 16

Figura 15 – Imagem retirada do filme de animação da Walt Disney Company, “Old MacDonald Duck” (1941). De salientar a coloração do brilho metálico, presente no balde de metal – ampliado na imagem ..... 17

Figura 16 – Imagem retirada da animação “Mulan 2” (2004), onde é visível que a coloração da silhueta é pintada com um vermelho mais escuro que a área que delimita. .... 17

Figura 17 – Imagem retirada do filme de animação “Krazy Kat – Bugologist”, de 1916. Aqui é possível observar a inexistência de detalhes de fundo e a restrição a movimentos amplos das personagens. .... 19

Figura 18 – Sequência de imagens representativas do processo de *Cel Animation*. De denotar o movimento da animação da personagem (*frame a frame*) em relação ao fundo. Este fundo é extenso e o animador desloca-o horizontalmente, de modo a transmitir o movimento da personagem. .... 19

Figura 19 – Representação do processo de animação, recorrendo à técnica *Cel Animation*. Este tipo de animação baseia-se na colocação dos elementos animados, ou seja, as personagens, por cima de um fundo estático e longo. Neste caso específico, o fundo é de

- tal forma extenso, que está recolhido num rolo, visível na imagem, e é desenrolado pelo animador ao longo da animação. ....20
- Figura 20 – Representação da técnica de colorização do verso das folhas de celuloide. Esta técnica garantia a qualidade das imagens, como a consistência da cor, suavidade e prevenia manchas de tintas. ....21
- Figura 21 – Representação de um *cel*, do filme os “101 Dálmatas”, datado de 1961. Nesta figura denota-se a técnica de Xerografia, pelos contornos a pretos na folha de celuloide. Este foi o primeiro filme produzido pela Walt Disney Company que recorreu a esta técnica. ....22
- Figura 22 – Representação de uma das soluções encontradas pelos animadores da época para lidar com problemas relacionados com o desfoque e a estrutura das camadas. Para isso, os animadores estabeleceram que a utilização de *cels*, ou folhas de celuloide, era mínima, para que a luz atravessada por estas não se tornasse difusa. Nesta figura é possível observar *cels* do filme da Walt Disney Company “A Pequena Sereia”, datado de 1989. 23
- Figura 23 – *Cels* de animações produzidas pela Walt Disney Company. A raridade e os preços destas folhas de celulóide são muito variáveis. A evolução das técnicas é visível nas animações: a) “Branca de Neve e os sete anões”, de 1937; b) “Fantasia”, de 1940; c) “Pinóquio”, também de 1940; d) “Os 101 Dálmatas”, de 1961. ....23
- Figura 24 – Representação de folhas de celulóides dos desenhos animados “Wacky Racers – A corrida mais louca do mundo”, transmitidos na televisão norte-americana entre 1968 e 1970 (em Portugal foi transmitido durante os anos oitenta). ....24
- Figura 25 – Representação do sistema CAPS (*Computer Animation Production System*). A utilização desta ferramenta digital permitiu uma melhor qualidade de imagem, quer ao retirar algumas das desvantagens da animação tradicional (desfoque ou imperfeições visuais); quer pela diversidade de cores que as animações poderiam apresentar. ....25
- Figura 26 – Imagem retirada do filme de animação “The Rescuers Down Under – Bernardo e Bianca na Cangurulândia”, 1990. Este filme de animação, produzido pela Walt Disney Company, foi o primeiro a ser criado com uso exclusivo de técnicas computacionais, neste caso específico, o CAPS. ....26
- Figura 27 – Imagem retirada do filme de animação japonês “The Princess Mononoke – A Princesa Mononoke” de 1997. Este filme tem a singularidade de ser o primeiro filme a

utilizar a técnica de computarização <i>CGI</i> , embora também tenha recorrido a técnicas tradicionalmente utilizadas em <i>anime</i> . .....	27
Figura 28 – Imagens retiradas de animações híbridas, ou seja, de animações que integram elementos 2D e 3D. Este anime, “Dragon Ball”, foi produzido por Minoru Okazaki e Daisuke Nishio, em exibição entre 1986 e 1989. ....	27
Figura 29 – Imagem retirada do filme de animação japonês “Appleseed”. Este filme de animação integra, quer elementos 2D, quer 3D, contudo o produto final não age uniformemente.....	28
Figura 30 – Representação da técnica visual <i>Cel shading</i> no jogo “Borderlands 2”, de 2012, onde se evidenciam os contornos e as silhuetas das personagens. ....	30
Figura 31 – Imagem retirada do filme de animação “Fantasia 2000”, de 1999. Este filme de animação, produzido pela Walt Disney Company integra elementos 2D e 3D, de forma exemplar e detalhada. Assim, este filme de animação é considerado um bom exemplo de conjugação de ambas as técnicas, para além de ser perceptível a evolução destas aos longos dos anos.....	30
Figura 32 – Exemplos de variações regionais de bandas desenhadas: a) nos Estados Unidos da América, o <i>western comic</i> “Superman – O Super-homem”, com primeira impressão em 1938; b) na Europa, o <i>frankobelgian comic</i> “Asterix”, de 1959; c) no Japão, a <i>manga</i> “Akira”, datado de 1988. ....	31
Figura 33 – Imagem retirada da série de animação de ficção científica “Futurama”(1999-2003). Esta série foi criada pelo responsável do êxito televisivo “The Simpsons”, Matt Groening, e desenvolvida por este e por David X. Cohen, para a Fox Broadcasting Company. “Futurama” é produzida através da técnica visual de <i>Cel shading</i> .....	33
Figura 34 – Imagem retirada do videojogo “Jet Set Radio”. Em 2000, este videojogo utilizou a técnica de <i>Cel Shading</i> pela primeira vez, para desenvolver os seus gráficos visuais. .	34
Figura 35 – Imagem retirada do videojogo “The Legend of Zelda: The Wind Waker”, de 2003. Este videojogo utiliza a técnica de <i>Cel shading</i> nos seus gráficos e é considerado um sucesso no mundo virtual. ....	34
Figura 36 – Imagem retirada do videojogo “XIII. Este foi baseado numa banda desenhada, com nome homónimo, e retrata alguma das principais características dessa, para informar o jogador e reforçar a narrativa, como a utilização de inserções ou de onomatopeias, com o intuito de fortalecer o enredo da história.....	36

- Figura 37 – Imagem representativa do estilo visual *NPR* pen-and-ink. Esta técnica pretende reproduzir imagens com a ilusão destas serem desenhadas através de canetas, lápis e/ou tinta da China. Assim, esta técnica é apenas utilizada como uma alternativa a renderizações foto-realistas. ....37
- Figura 38 – Imagem retirada do videogame “Cel Damage”, um videogame muito popular que recorreu a técnicas de *Cel shading* de *NPR* mais simplistas. ....38
- Figura 39 – Primeiro *storyboard* apresentado ao corpo docente e aos representantes da empresa de telecomunicações Optimus. Nesta primeira versão apenas era representado o envio e receção de uma mensagem escrita, onde o conteúdo era representado por objetos típicos de uma mesa de jantar.....40
- Figura 40 – *Concept art* utilizado pelos autores para representar o conteúdo da mensagem escrita, enviada no início da curta-metragem de animação. A escolha deste estilo foi baseada na paixão de ambos os autores por videogames de estilo *retro*. ....41
- Figura 41 – Esquema representativo dos processos que ocorrem entre o envio e receção de uma mensagem escrita. Todos estes processos foram transpostos para a animação de modo a que a informação fosse perceptível até para leigos. Este processo foi um desmantelar de informação muito técnica para conceitos mais simples e de fácil compreensão. ....42
- Figura 42 – *Storyboard* final, através do qual a animação foi produzida, representando todos os processos e percursos que o conteúdo da mensagem escrita percorreu desde o seu envio até ao seu destinatário.....43
- Figura 43 – Exemplos de referências visuais, pesquisadas durante a pré-produção, relativas ao *Cel shading*. O primeiro exemplo aqui apresentado deriva de uma curta-animação “Scud the Disposable Assassin: The Kid with a Broken Halo”, 2008, enquanto o segundo exemplo provém da série televisiva “Family Guy” (1999-presente). ....44
- Figura 44 – Referência visual do interior de uma fábrica, encontrada durante a pesquisa, de modo a entender as cores, formas e disposições de todos os elementos aqui existentes. Estas características serviram como base visual para a produção do interior da antena. .44
- Figura 45 – Referência visual encontrada durante a pesquisa, para representar o tipo de edifícios que iriam compor a cidade, quer a nível de forma quer a nível de cores. ....45
- Figura 46 – Referência visual, representativa de uma linha de montagem. Esta referência foi visualizada no episódio 17, da temporada 19, da série televisiva “The Simpsons”. A

imagem aqui apresentada tem como principal característica os corrimões ligados às passadeiras rolantes, que conferem um visual atrativo, o que levou ao seu uso na animação produzida.....	46
Figura 47 – Referências visuais de passadeiras: a) modo de como as peças singulares, de cada passeira, se interligam; b) forma de uma passadeira vulgar de uma linha de montagem.	47
Figura 48 – Referência visual das lagartas de um tanque de guerra, que ajudaram a perceber como se movimentam e interagem. ....	47
Figura 49 – Referências visuais utilizadas para o portal ( <i>Mobile Switching Center</i> ): a) modo como o portal se interliga com a passadeira, encontrado no filme de ficção científica “Stargate”, 1994; b) forma oval da abertura da porta lunar, visualizada no filme de ficção científica “2001: Odisseia no Espaço”, 1968. ....	48
Figura 50 – Referência visual da forma e modo de como as lâminas em espiral funcionam num obturador de uma máquina fotográfica.....	49
Figura 51 – Referências visuais para os tubos: a) tubo ilustrativo da velocidade de movimento, retirado da abertura da série televisiva “Futurama”; b) formas, ligação entre os diversos tubos e a sua robustez presentes na Central de Informação da empresa Google. ....	49
Figura 52 – Referência visual utilizada para a produção de paredes de pressão na curta-metragem de animação. Esta característica representa a exclusão de determinados conteúdos de mensagens, quando não são validados no processo <i>Home Location Register (HLR)</i> . ....	50
Figura 53 – Referência visual da forma como os objetos luminosos foram produzidos.....	51
Figura 54 – Referência visual, retirada do painel de instrumentos de uma viatura automóvel. Esta teve como intuito auxiliar a criação dos símbolos informativos luminosos ao longo da animação. ....	51
Figura 55 – Representação da composição visual de uma imagem. A estrutura dos diversos elementos presentes nos cenários interiores foi baseada nas premissas apresentadas nesta imagem, como a posição dos constituintes da imagem, formando diagonais fortes. ....	53
Figura 56 – Representação da estrutura visual obtida nas primeiras fases da modelação das passadeiras. Aqui são dispostos apenas os planos das passadeiras e o modo como estas irão compor visualmente o cenário.....	54

- Figura 57 – Representação da estrutura visual obtida nas primeiras fases da modelação das passadeiras: a) representação da forma inicial de uma faixa da passadeira; b) faixas, que em conjunto constituíam a estrutura física da passadeira; c) forma final obtida para a passadeira.....56
- Figura 58 – Representação da estrutura visual obtida nas primeiras fases da modelação do portal. Este modelo é a fusão de duas das três referências pesquisadas: a forma esférica provém do filme “2001: Odisseia no Espaço”, e a abertura é baseada nos obturadores das câmaras fotográficas. ....57
- Figura 59 – Representação da estrutura visual obtida nas primeiras fases da modelação dos tubos. Este modelo é a fusão das duas referências pesquisadas: a velocidade de transmissão de informação ligado à referência da abertura da série “Futurama” e a robustez e resistência dos tubos da Central de Informação da Google. ....58
- Figura 60 – Representação da estrutura visual obtida na fase de modelação das luzes. Nesta figura, as luzes aqui exibidas estão coloridas de vermelho para reproduzir a ausência de serviço para o objeto que está a mover-se. ....59
- Figura 61 – Representação da estrutura visual obtida na fase da modelação dos textos. Nesta figura está representada a fração inserida no processo de taxaço do serviço, onde é observado o carácter da moeda europeia (€). ....60
- Figura 62 – Representação obtida na fase da queda dos objetos. No lado direito da figura pode observar-se o *Graph Editor*, que permite animar cada objeto individualmente. Aqui, está exibida a emulação da queda sob a passadeira dos objetos principais da curta-metragem produzida – os ícones do Space Invaders. ....61
- Figura 63 – Representação do resultado visual obtido com a interação entre as passadeiras constituintes do cenário. Aqui é possível observar-se a dinamização alcançada com a constante montagem de passadeiras – de destacar os constituintes da linha de montagem, ainda a encaixar-se no fundo da figura. No lado direito da figura pode observar-se o *Graph Editor*, que permite animar cada objeto individualmente. Aqui, a animação incidiu sobre a dinâmica alcançada por cada passadeira. ....62
- Figura 64 – Representação do resultado visual obtido com a interação do globo. Aqui é possível observar-se a dinamização alcançada com o aumento e diminuição das dimensões do globo e o movimento das passadeiras, já descrito anteriormente. No lado direito da figura pode observar-se o *Graph Editor*, que permite animar o globo, consoante o referido anteriormente. ....63

- Figura 65 – Representação da animação obtida com a interação entre a mão e o telemóvel. Aqui é possível observar-se o movimento do dedo no telemóvel, representado a escrita de uma mensagem. O envio da mensagem propriamente dita, está exposto pelas linhas a vermelho, que representam o trajeto do conteúdo da mensagem, desde que sai do telemóvel até ao ecrã. .... 64
- Figura 66 – Referências visuais pesquisadas para a iluminação. Estas foram pesquisadas devido à rejeição da técnica visual *Cel shading* pelos representantes da empresa de telecomunicações Optimus. Assim, a estética visual escolhida era composta por elementos mais realistas e espelhados. .... 65
- Figura 67 – Referências de *High Dynamic Range Imaging (HDRi)*. A segunda imagem foi utilizada para iluminar as cenas do interior da antena, de modo a representar a iluminação aqui retratada..... 66
- Figura 68 – Representação do primeiro teste realizado com a imagem *HDRi* retratada na figura anterior, colocada na parte superior desta. Embora a iluminação aqui exibida fosse do agrado de ambos os autores, estes tencionavam tonalidades mais frias, típicas de locais tecnológicos; e consideraram que este fundo não se adequava à metáfora que estes pretendiam transmitir..... 67
- Figura 69 – Representação da iluminação final conferida ao interior da fábrica. Esta é composta por tonalidades mais acinzentadas, típicas de locais e materiais tecnológicos e com um fundo que se assemelha a um túnel. Assim, garantiu-se um aspeto visual final que se adequava à premissa a transmitir..... 67

## 1 Introdução

Neste capítulo introdutório serão efetuados a contextualização das motivações que levaram à escolha e investigação deste tema, o vínculo com o projeto final de Mestrado e a ligação com os temas abordados nesta dissertação.

### 1.1 Motivações que levaram à escolha do tema

O fascínio do autor pela animação digital surgiu durante a sua licenciatura em Novas Tecnologias da Comunicação, na Universidade de Aveiro, onde frequentou a disciplina de “Imagem Digital Dinâmica”. Desde então, esta área desperta-lhe um misto de curiosidade e de vontade em adquirir mais conhecimentos sobre as suas potencialidades.

Na disciplina referenciada anteriormente e, juntamente com colegas de grupo, foi produzida uma curta-metragem de animação, recorrendo ao estúdio de *Chroma Key*. Esta é uma técnica de efeitos visuais que permite colocar uma imagem sobre uma outra através da eliminação da cor padrão, sendo elas o verde ou o azul. Esta curta-metragem de animação tinha como principal objetivo conseguir misturar vídeo real com animação digital 3D utilizando a técnica de *Chroma Key*. Num breve resumo, a curta-metragem consistia num laboratório criado digitalmente com o *software* de criação de imagens, modelos e animações, o *3D Studio Max* da Autodesk. Esse laboratório era gerido por um ser extraterrestre e em determinado momento, há o aparecimento de uma nova personagem – um ser humano. A conceção deste humano foi obtida por meio da gravação prévia, e em vídeo real de determinadas representações, em algumas das quais havia interação com o ser extraterrestre. A funcionalidade e viabilidade da combinação entre ambos os vídeos foi o maior desafio do trabalho de grupo.



Figura 1 – Imagens retiradas da curta-metragem “The Autopsy”, 2007. Esta animação foi realizada pelo autor em conjunto com outros elementos durante a licenciatura em Novas Tecnologias da Comunicação (Universidade de Aveiro).

A realização desta curta-metragem revelou ser uma experiência muito enriquecedora e aliciante pois, foi o primeiro contato do autor com ferramentas de produção digital de imagens, neste caso o *3D Studio Max* e o estúdio de *Chroma Key*. Ambas as ferramentas escolhidas para o desenvolvimento do projeto foram indispensáveis para sua a realização.

Neste mesmo semestre, o autor frequentou a disciplina de Laboratório Multimédia 3, onde fomentou uma plataforma digital, em conjunto com dois colegas de turma. Este projeto foi desenvolvido para a equipa de Futsal de Robots da Universidade de Aveiro, o “Cambada”, tendo sido o primeiro contato do autor com o *Cel shading*, tendo-se revelando um projeto muito interessante e valorizador das suas capacidades técnicas.



Figura 2 – Sequência de imagens retiradas do projeto desenvolvido para o “Cambada” – equipa de Futsal de Robots da Universidade de Aveiro. Este projeto foi produzido durante a licenciatura do autor, tendo sido o seu primeiro contacto com a técnica visual de *Cel shading*, 2007.

Posteriormente à produção da curta-metragem, no último semestre do terceiro ano a frequentar o curso de Novas Tecnologias da Comunicação, o autor partiu rumo à República Checa, ao abrigo do programa *Erasmus* da Universidade de Aveiro. Assim, durante cinco meses (o correspondente a um semestre do ano letivo), este teve a oportunidade de conhecer e aprender numa outra universidade, neste caso específico, a Tomas Bata University, situada na cidade de Zlín. Aqui, teve contacto com outros professores e diferentes metodologias de ensino, às quais não estava habituado, o que o enriqueceu bastante enquanto aluno. Durante este semestre, das disciplinas frequentadas, destaca-se a cadeira de Composição Visual, onde o autor realizou trabalhos no âmbito do 3D. Estes projetos foram realizados num programa até então desconhecido para este, o *Rhinoceros*, mais conhecido por *Rhino*, embora este seja mais apropriado para o *design* industrial.

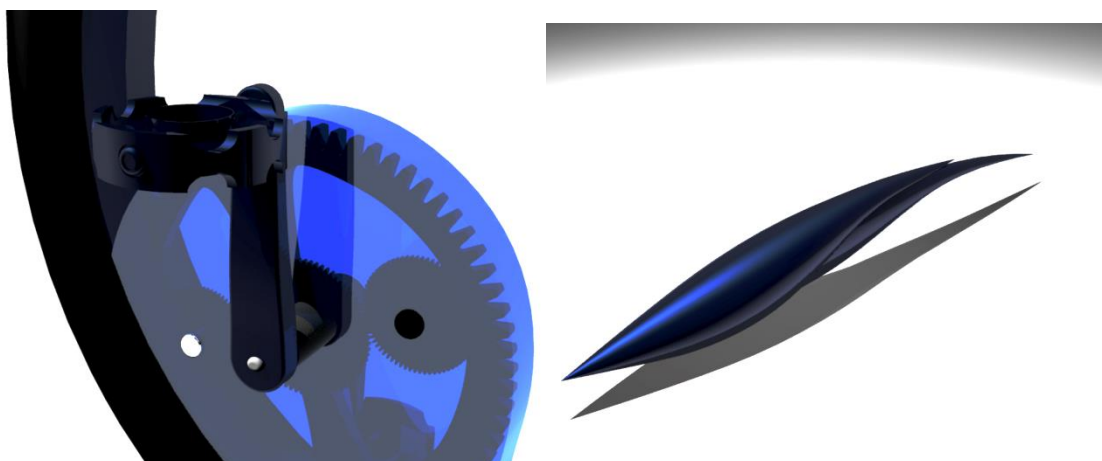


Figura 3 - Imagens de projetos realizadas pelo autor, recorrendo ao programa *Rhinoceros 3D* durante o programa *Erasmus* – República Checa, 2010/2011.

Anteriormente a estas experiências, quer da realização da curta-metragem, quer da experiência única proporcionada no programa *Erasmus*, o autor tinha um conhecimento muito reduzido do enorme universo da produção de conteúdos 3D. No decorrer da sua licenciatura foram-lhe oferecidas várias matérias, demonstrando-lhe que a produção 3D não é uma disciplina exata, pois existem inúmeras possibilidades para o que se pode criar e da forma como se cria e retrata o produto. Assim, com o intuito de aprofundar e melhorar os seus conhecimentos, surgiu a oportunidade de continuar a sua formação nesta área tão específica. Esta escolha conduziu-o até à Universidade Católica na cidade do Porto, para frequentar o mestrado de Som e Imagem, na especialização em Animação por Computador.

Ao longo da sua especialização nesta faculdade, tornou-se óbvio que é difícil dominar todas as etapas do processo de criação e desenvolvimento de uma curta-metragem de animação digital, o que o induziu a especializar-se numa determinada área dentro do 3D, em especial pela parte estética das produções em 3D. Das técnicas lecionadas a que lhe mais agradou foi a técnica denominada de *Cel shading*. Este estilo estético está presente em vários conteúdos, desde desenhos animados até videojogos, passando por filmes de animação e ação real (*live act*). Esta técnica visual não só lhe desperta bastante interesse em como a utilizar apropriadamente, mas também em compreender a sua popularidade e o porquê da sua enorme utilização.



Figura 4 – Exemplo da utilização da técnica visual *Cel shading* em filmes de animação. Imagem retirada do filme “The Iron Giant” (O Gigante de Ferro). Este filme de 1999, utilizou a técnica de *Cel shading* para produzir a sua personagem principal, o Gigante de Ferro.



Figura 5 – Exemplo da utilização da técnica visual *Cel shading* em videogames. Imagem retirada do videogame “Team Fortress 2”, de 2007. Este videogame utilizou a técnica de *Cel shading* para produzir todo o seu conteúdo visual.

## 1.2 Relação do tema com o Projeto Final

O projeto final de Mestrado foi proposto pelo professor Pedro Serrazina e consistia na realização duma curta-metragem de animação 3D, para a empresa de telecomunicações Optimus. O grupo de trabalho era constituído por Sérgio Conceição (autor desta dissertação) e por Diogo Monteiro (um colega que frequentara o mesmo Mestrado e área de especialização que o autor). O trabalho desenvolvido ao longo do ano letivo teve como objetivo principal a perceção visual da maioria dos processos que se realizam desde o momento que uma mensagem de texto é enviada, até ao momento em que chega ao seu destinatário através de um telemóvel localizado em Portugal.

Desta forma, havia a necessidade de usar um estilo visual muito próprio que ilustrasse os mecanismos existentes neste processo de envio. Com isto, os alunos tentaram aliar as características visuais do *Cel shading* à mensagem que se pretendia transmitir na curta-metragem de animação a desenvolver. Sendo o *Cel shading* um estilo muito particular, cujas especificidades se relacionavam com as características desejadas pelo grupo em determinados momentos do projeto, para reforçar e enfatizar certos conceitos que pretendiam transmitir.

Num breve resumo, a curta-metragem produzida pretendia elucidar a maioria dos procedimentos digitais e eletrónicos que ocorrem no processo de envio de uma mensagem de texto, mais conhecido por SMS (*Short Message Service*). Tal como já referido anteriormente, o estilo visual eleito para esta curta-metragem foi o *Cel shading*. Com isto, surgiu a necessidade de criar um conceito perceptível para leigos, de modo a que a informação fosse transmitida de forma simples e eficaz ao espetador. O conceito desenvolvido pelo grupo baseava-se na premissa que cada mensagem enviada muda o mundo. Assim para este projeto, foi estabelecido que, o conteúdo da mensagem escrita enviada alterava visualmente o mundo da trajetória da SMS.

A planificação do projeto para o ano letivo foi repartida em três fases: (i) a primeira fase ocorreria durante o primeiro semestre, que tinha como duração os meses de setembro a novembro, nos quais seria ideal definir uma ideia, um conceito que se adaptasse à temática em causa, procura de referências e elaboração do respetivo *storyboard* – conjunto de ilustrações ou imagens produzidas na fase inicial de pré-produção de um projeto, que possuem os planos necessários organizados cronologicamente para traduzirem a ideia do filme ou animação; (ii) Os meses de novembro e dezembro fazem parte da segunda fase da planificação em que, se realizaram alguns testes de animação, cor e *layout* – modo de

distribuição e arranjo dos elementos gráficos num determinado espaço ou superfície do cenário. Todos os testes realizados nesta fase tinham o intuito de transmitir o que os alunos se dispuseram a produzir, a de ter a ideia geral do projeto e da quantidade de material que se conseguia apresentar. Sendo que, em janeiro se realizou a entrega do trabalho desenvolvido ao longo do semestre – consistia num *dossier* que continha todos os materiais produzidos pelo grupo – de modo a chegar a um resultado final, e do respetivo *animatic* – versão animada do *storyboard* que permite dar uma melhor ideia do que é o filme com movimento e tempos e que também pode conter som; (iii) na terceira e última fase da planificação, entre fevereiro e março, concluiu-se a curta-metragem de animação, isto é, finalizou-se o processo de modelação, texturização – nome associado ao mapeamento de um modelo 3D, atribuindo uma imagem com detalhe e cor ao objeto 3D – e iluminação. Nas últimas semanas, todos os resultados destes processos foram exportados para vários excertos de vídeo, com o intuito de compilar as primeiras versões da animação, permitindo assim a sonorização da animação pela equipa de som. Durante o mês de abril, o grupo procedeu à fase de pós-produção e entrega do projeto final.

Sendo os constituintes do grupo amantes de videojogos, a temática que imediatamente surgiu para o conteúdo da mensagem foi baseada nessa preferência, mais propriamente o estilo *retro* dos videojogos. Entenda-se por estilo *retro*, o aspeto visual dos jogos que surgiram por volta dos anos de 1980 e 1990, apenas para determinadas consolas de videojogos, como por exemplo para a NES (*Nintendo Entertainment System*). Deste modo, foi necessário aprofundar os conhecimentos sobre o *Cel shading* que, segundo os autores, representa fidedignamente este estilo visual.

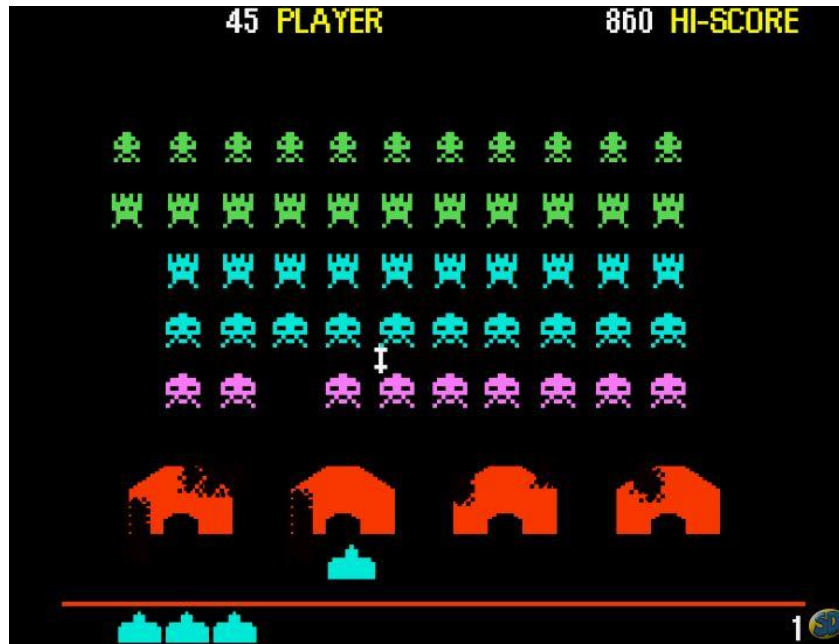


Figura 7 – Imagem do videogame “Space Invaders”, de 1978. Tal como a figura anterior, este videogame também utiliza o estilo visual *retro gaming*.

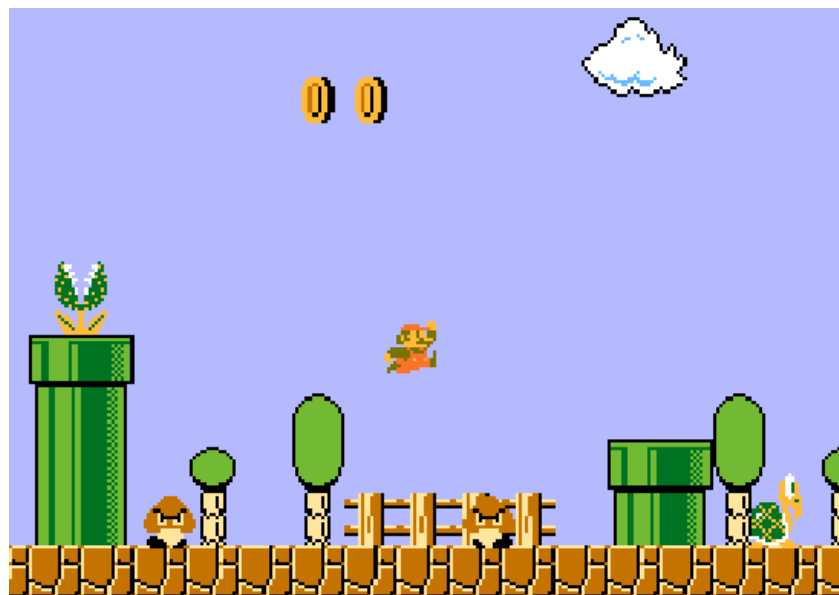


Figura 6 – Imagem retirada do videogame “Super Mario Bros.”, de 1985. Este videogame tem um estilo visual muito característico da época de lançamento – *retro gaming*.

### 1.3 Metodologia utilizada para a investigação da presente dissertação

A pesquisa bibliográfica para a dissertação aqui apresentada foi reunida utilizando vários recursos bibliográficos, como livros, entrevistas a pessoas relevantes das diversas áreas

pesquisadas, artigos de revistas do objeto de estudo, documentos oficiais apresentados a Universidades, como dissertações para a obtenção do grau de mestre ou teses de doutoramento, e documentários acedidos *online*. O início da pesquisa foi realizada em meados de setembro, prolongando-se até ao início de janeiro, data da entrega da dissertação provisória – corresponde aos dois capítulos desta dissertação. Os restantes capítulos foram desenvolvidos ao longo da realização do projeto final.

#### **1.4 Temas abordados nesta dissertação**

A presente dissertação está dividida em vários capítulos para facilitar a compreensão, quer do tema abordado, quer da sua relação com o projeto final em causa.

No segundo capítulo, denominado como “Estado de Arte”, pretende-se dar a conhecer um pouco da história da animação, que nos remete para o que é o *Cel shading*, de onde deriva e como surgiu. Aqui são referenciados exemplos onde esta técnica já foi usada e, como é atualmente empregue, quer na indústria cinematográfica de animação digital, quer na indústria de videojogos.

O terceiro capítulo, “Ligação do *Cel shading* ao projeto final”, tem como objetivo criar ilustrações da técnica visual num contexto real, isto é, através do uso deste processo na curta-metragem de animação desenvolvida, gerar diferentes tipos de *Cel shading* e explicar como estes são produzidos.

Para finalizar, o quarto e último capítulo “Conclusão”, pretende tirar conclusões do porquê do uso deste estilo visual em detrimento de outros, isto é, as suas vantagens e desvantagens, quer em filmes de animação digital, quer em videojogos; e compreender as razões que levam determinados produtores a usar este processo nas suas obras de arte e as ideias que pretendem transmitir com o seu uso.

## 2 Estado de Arte

No presente capítulo é exposta a evolução da animação, desde os meados do século XIX até aos dias atuais. Será dado especial ênfase à técnica visual *Cel shading* e qual a sua ligação com as transformações históricas da animação digital e dos videojogos. Para este efeito serão utilizadas referências de diversos filmes de animação, séries televisivas e videojogos que recorrem a esta técnica para desenvolver as suas personagens e respetivo enredo.

### 2.1 Técnica Visual *Cel shading*

O *Cel shading*, também conhecido por *Toon Shading*, é um tipo de renderização (processo que envolve a criação de uma imagem digital a partir de um modelo previamente criado, usando um programa de software adequado) não foto-realista (*non-photorealistic rendering – NPR*). Este é utilizado para dar a ilusão que os gráficos 3D se assemelham a desenhos feitos à mão. Enquanto os *NPR* abrangem uma grande área de estilos de renderização, o *Cel shading* é uma técnica muito mais específica, direcionada para um determinado estilo associado aos livros de banda desenhada ou desenhos animados. Este estilo tem como principal objetivo simular ilustrações feitas à mão, recorrendo a complexos algoritmos de computador, e é descrito principalmente pelo uso de técnicas tradicionais de ilustração na área da medicina, arquitetura, arqueologia (Rautek et al., 2008).

A terminologia *Cel shading* deriva dos nomes *cel* e *shading*: onde *cel*, ou folhas de celulose, representa o material onde as animações eram criadas manualmente, a partir do desenho de inúmeras imagens individuais em papel vegetal e, posteriormente transferidas para folhas de celulose, no qual são pintadas e filmadas em sequência sobre uma imagem de fundo; e onde *shading* consiste na produção de níveis apropriados de luminosidade numa determinada imagem ou objeto (Scott-Baron, 2006).



Figura 8 – Objeto representado através da técnica de *Cel shading*. Aqui, é possível distinguir a graduação de cores, que produzem um efeito de luz/sombra e, conseqüentemente atribuem profundidade ao objeto – ver explicação no texto de seguida.

*Cel shading* é um estilo visual muito característico, que representa áreas de luz e sombra numa determinada imagem, através da utilização de cores sólidas. Aqui, a profundidade é conseguida com a utilização de gradientes de cores: o uso de tons mais escuros e mais claros definem a forma e a sombra do objeto de um modo único e distinto (ver figuras 8, 9 e 10 para melhor perceção). Por estes motivos, este tipo de estilo ficou intrinsecamente associado à animação japonesa, ou seja, o *anime*. Posteriormente, alguns estúdios ocidentais adotaram a técnica, pois esta reproduz fielmente a aparência e estética agradável das personagens encontradas no estilo *anime* (Scott-Baron, 2006).



Figura 9 – Representação de uma personagem típica do estilo *anime*, representada recorrendo ao *Cel shading*. Este estilo japonês é caracterizado pela suavidade da aparência da personagem, embora seja possível observar as zonas de sombra. Nesta figura está representada a personagem principal da série de *anime* “Naruto”, com nome homónimo, em exibição deste 2002.

O aspeto mais importante no *Cel shading* é compreender o comportamento da luz, e quais os efeitos que esta tem na forma do objeto, obtida através da representação da sombra. Esta é produzida pelas variações da coloração dos objetos: as partes mais claras de um objeto são aqueles que estão de frente para a fonte de luz e as partes mais escuras são as voltadas contra a luz (ver figuras 8, 9 e 10 para melhor perceção). Somente se a fonte de luz for muito pequena, como a luz proveniente dum televisor ou de uma lareira, é que o objeto é afetado uniformemente (ver figura 10a) para mais detalhe). Por outras palavras, aproximadamente a mesma quantidade de luz incide sobre as áreas que apontam para a luz, como demonstrado na figura 10b – a fonte de luz incidente é originária do canto superior esquerdo. Assim as áreas que não estão voltadas para fonte de luz possuem uma sombra mais escura (Scott-Baron, 2006).

O objetivo da utilização do *Cel shading* em animação é a produção de uma imagem de estilo 2D “cartoon” num modelo 3D. Contudo, este também pode ser aplicado na prototipagem rápida de filmes de desenhos animados, para uma previsão do produto final. Atualmente, este é bastante utilizado e obtém resultados positivos, pois, anteriormente o artista era sujeito a processos de pintura, que consumiam bastante tempo. Para os testes de coloração, animação e ângulo dos planos os animadores recriam ambientes de animação específicos recorrendo a este estilo que produz resultados mais rápidos que outras técnicas visuais (Danner e Winklhofer, 2008).

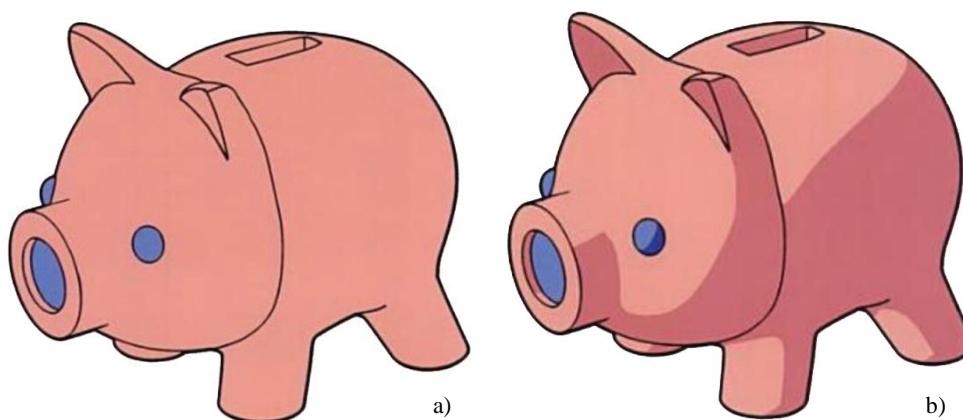


Figura 10 – Efeito da utilização de várias cores nos objetos para a noção de luz/sombra. a) O objeto não possui qualquer tipo de *shading*, ou seja, foram utilizadas apenas cores sólidas simples; b) o objeto está colorido com duas cores, onde se observa que a fonte de luz incidente é originária do canto superior esquerdo, criando uma zona de sombra.

A modelação de uma personagem realista com aparência humana é difícil de concretizar. Paradoxalmente, esta pode parecer estranha quando observada pelo espectador, mesmo quando as texturas provêm de fotografias de pessoas reais. De forma semelhante, a animação das personagens pode não corresponder ao esperado, embora o público seja capaz de apreciar uma animação feita com uma personagem no estilo “*cartoon*”, mas pode ser diferente caso seja o modelo foto-realista dum humano. Este estilo de renderização “*cartoon*” é capaz de ampliar a capacidade de comunicação por pensamentos, emoções e sentimentos, com recurso a técnicas computacionais (Danner e Winklhofer, 2008). Segundo Danner e Winklhofer (2008), há um maior número de pessoas que se identifica com as personagens da história e com o estilo escolhido, abstrato e não excessivamente realista, da cena e dos objetos.

### **2.1.1 Como obter *Cel shading***

O *Cel shading* pode ser obtido através duma enorme variedade de técnicas, dependendo visualmente do “*cartoon*” que se pretende desenvolver. A personagem, ou objeto, é geralmente sombreada, usando três cores básicas sólidas: (i) a especular, isto é, o ponto de luz que aparece quando os objetos são iluminados para perceber a forma e a localização da fonte de luz; (ii) a ambiente, ou seja, iluminar o objeto de forma uniforme, vindo a luz de todas as direções; (iii) a sombra. Para a caracterização deste estilo, os objetos são detalhados e destacados, utilizando a silhueta e vincos que caracterizem este estilo peculiar (Danner e Winklhofer, 2008).

A utilização de apenas uma cor nos objetos a animar confere uma aparência muito plana e nenhuma informação adicional sobre a posição da fonte de luz ou sobre o objeto, seja sobre a sua forma, ou sobre as propriedades do seu material. Assim, ao adicionar uma cor extra ao objeto, a aparência deste parece mais viva e não tão plana (ver figura 10). Esta cor extra representa, frequentemente, as sombras sobre o objeto em questão e é uma tonalidade mais escura do que a cor principal do objeto. Deste modo, o objeto aparenta ser tridimensional, embora ainda seja afetado pelo 2D. Adicionalmente, as diferenças na tonalidade do objeto informam o observador sobre a localização da fonte de luz e podem, inclusive, criar um efeito no objeto, de forma a iludir que este se encontra em lugares escuros (como cavernas ou após o anoitecer; Gustafsson, 2008).

Normalmente são utilizadas apenas duas cores para representar o objeto, pois foi demonstrado serem suficientes para a sua colorização e percepção espacial do objeto, embora seja, por vezes, utilizada uma tonalidade extra. Frequentemente, esta terceira coloração: (i) representa destaques no objeto e pode ser usada para evidenciar as propriedades dos materiais presentes no objeto, tais como metal ou outros constituintes brilhantes; (ii) é mais clara do que a cor principal do objeto e por vezes é representada por cores semelhantes a branco; (iii) é utilizada como uma segunda cor de sombra, embora aqui seja característico que esta apresente uma tonalidade mais escura que a cor principal, mas mais leve do que a cor da sombra. Esta característica confere profundidade às sombras; (iv) adiciona visual 3D ao objeto, não alterando a sua aparência a 2D. A adição de mais cores é um acontecimento raro, e, assim, o padrão de colorização do *Cel shading* é constituído até três cores (Gustafsson, 2008).

A silhueta e as arestas são fatores de elevada importância nos desenhos animados, pois expressam a forma e o estilo visual *cartoon* de uma dada personagem. Em suma, um modelo de computador 3D utilizado, quer em jogos de computador, quer em filmes de animação, é definido por vértices, que por sua vez, se ligam, formando as arestas. A reestruturação destes constituintes origina novas estruturas, geralmente triângulos, que formam as faces do objeto a animar. Neste estilo visual, a silhueta trata-se de uma aresta à qual é adicionado o contorno na renderização final, característica que, em conjunto com os vincos, distingue estes constituintes da animação. Aqui, os vincos do objeto são frequentemente renderizados com uma linha mais fina que a da silhueta (Gustafsson, 2008).



Figura 11 – Exemplo de um objeto, onde estão representadas duas características fundamentais do *Cel shading*: as linhas azuis simbolizam o contorno do objeto, enquanto a silhueta está expressa a linhas amarelas e azuis. Ambas as características são representativas do estilo *cartoon* e, assim, são essenciais na formação e interpretação do objeto em *Cel shading*.

### 2.1.2 Filmes de animação da Walt Disney Company como fontes de inspiração para a técnica visual *Cel shading*: vincos, silhuetas, contornos e sombras.

A primeira curta-metragem de animação da Walt Disney Company, "The Skeleton Dance", foi lançada em 1929. Esta animação era bicolor, apenas a preto e branco, onde todos os contornos e vincos visíveis – silhueta – eram a preto, e a sombra era produzida por uma única cor (Gustafsson, 2008).



Figura 12 – Imagem retirada da curta-metragem de animação “The Skeleton Dance”, de 1929. Esta foi a primeira curta-metragem produzida pela Walt Disney Company e são visíveis as silhuetas e os vincos. Toda a produção é a preto e branco.

Posteriormente, a Walt Disney Company iniciou a produção de filmes coloridos, como a "Branca de Neve e os Sete Anões" (1937), embora tenham mantido o uso de silhuetas negras. Neste filme de animação, os vincos apresentavam tonalidades coloridas, embora fossem numa cor muito mais escura da cor atual do objeto. Adicionalmente, era aplicada uma segunda cor no objeto, para representar a sua sombra (Gustafsson, 2008).



Figura 14 – Imagem retirada do filme de animação produzido pela Walt Disney Company, “A Branca de Neve e os Sete Anões”, de 1937. Aqui evidenciam-se os vincos coloridos das personagens.

Nos filmes de animação produzidos pela Walt Disney Company em 1940, “Pinóquio”, e em 1941, “Old MacDonald Duck”, as silhuetas apresentadas ainda são a preto e os vincos variam entre preto e uma cor mais escura do que a cor atual do objeto. Há ainda uma terceira cor, similar às tonalidades observadas em objetos brilhantes e/ou metálicos, um balde de metal (Gustafsson, 2008).



Figura 13 – Imagem retirada de “Pinóquio”, filme de animação de 1940. Esta produção mantém os contornos a preto das personagens, enquanto os vincos variavam entre preto e uma cor mais escura do que a cor atual do objeto.

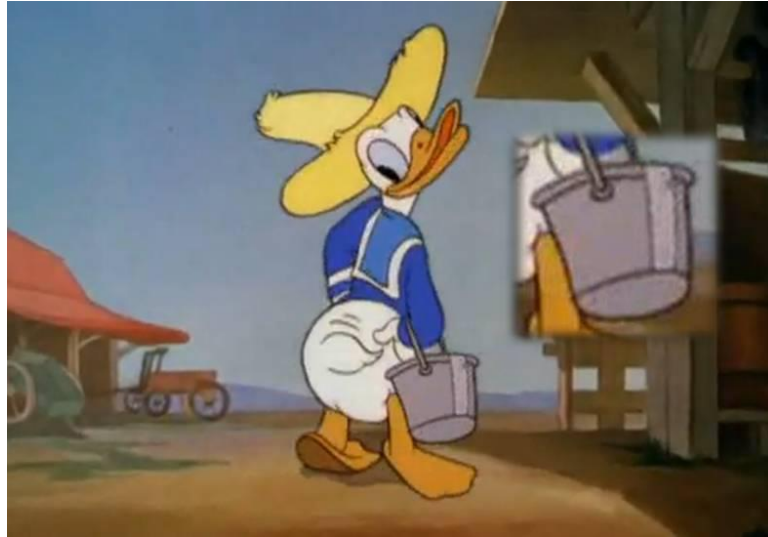


Figura 15 – Imagem retirada do filme de animação da Walt Disney Company, “Old MacDonald Duck“ (1941). De salientar a coloração do brilho metálico, presente no balde de metal – ampliado na imagem

Com a evolução de novas técnicas de animação (ver explicação ao longo do subcapítulo 2.2.), as silhuetas dos objetos foram coloridas e, por exemplo, nos filmes de animação da Walt Disney Company, a tonalidade escolhida para representar a silhueta é apenas uma variante mais escura da cor que afeta determinada área, isto é, se determinada área está pintada de vermelho, o seu contorno irá ser uma tonalidade ligeiramente mais escura (ver figura 16; Gustafsson, 2008).



Figura 16 – Imagem retirada da animação “Mulan 2” (2004), onde é visível que a coloração da silhueta é pintada com um vermelho mais escuro que a área que delimita.

## 2.2 Contextualização Histórica do *Cel shading*

*Cel*, também conhecida no italiano por *cellula*, no francês por *cellulo* e no alemão por *zelluloid*, é a primeira sílaba da palavra celulóide, conhecida quimicamente por nitrato de celulose. Contudo, em 1869, este composto foi renomeado para *Parkesine*, em homenagem ao seu inventor, Alexander Parkes. Este material tem tendência para amarelar e fragilizar-se ao longo do tempo e é facilmente inflamável, esta última característica foi explorada durante a Segunda Guerra Mundial, para produzir envelopes incendiários. Contudo, estas particularidades das folhas de celuloide não eram apreciadas pelos animadores da época, apesar das suas vantagens, como: a sua resistência, transparência e capacidade de aceitar uma enorme variedade de materiais artísticos, como pincéis, canetas, entre outros. Assim, havia a necessidade de criar um material inovador, com as mesmas vantagens, mas que não sofresse combustão instantânea. Com este objetivo, em 1930 surgiu em escala comercial, o acetato para animação. Tal como as folhas de celuloide, as folhas de acetato são baseadas na modificação química da celulose (Animator Mag, 1987; Clark, 1992).

O início da animação 2D ocorreu por meados do século XIX. Nos primórdios da animação, os artistas criavam os desenhos, através da pintura manual de folhas de celuloide e, posteriormente fotografavam-nas, de modo a transmitir a ilusão de movimento. Este método, ainda que primitivo, permitia aos animadores repetir determinadas imagens numa certa sequência de animação e podendo estes desenhos ser reutilizados em futuras animações. Inicialmente, as folhas de celuloide eram utilizadas como imagens de fundo estáticas, enquanto as personagens, móveis e animadas, eram desenvolvidas em papel vegetal. O fundo era então colocado por cima da animação para completar a cena. Esta metodologia era muito simples e proporcionava uma forma económica de animar personagens, embora restringisse os seus movimentos a amplos espaços vazios e à inexistência de um fundo muito detalhado (ver figura 17; Thomas e Johnston, 1981:29).



Figura 17 – Imagem retirada do filme de animação “Krazy Kat – Bugologist”, de 1916. Aqui é possível observar a inexistência de detalhes de fundo e a restrição a movimentos amplos das personagens.

Em 1914, Earl Hur, um animador pioneiro, patenteou o primeiro processo de animação em celulóide, também chamado de *Cel Animation*. Este animador inverteu o processo tradicional – onde o fundo desenhado em folha de celulóide era móvel, dinâmico e extenso, e posicionado por baixo da animação. Assim, o processo de *Cel Animation* baseia-se na estagnação da imagem de fundo, enquanto a animação das personagens se movia ao longo deste cenário (ver figuras 18 e 19; Canemaker, 1999; Dobson, 2009; Laybourne, 1998).

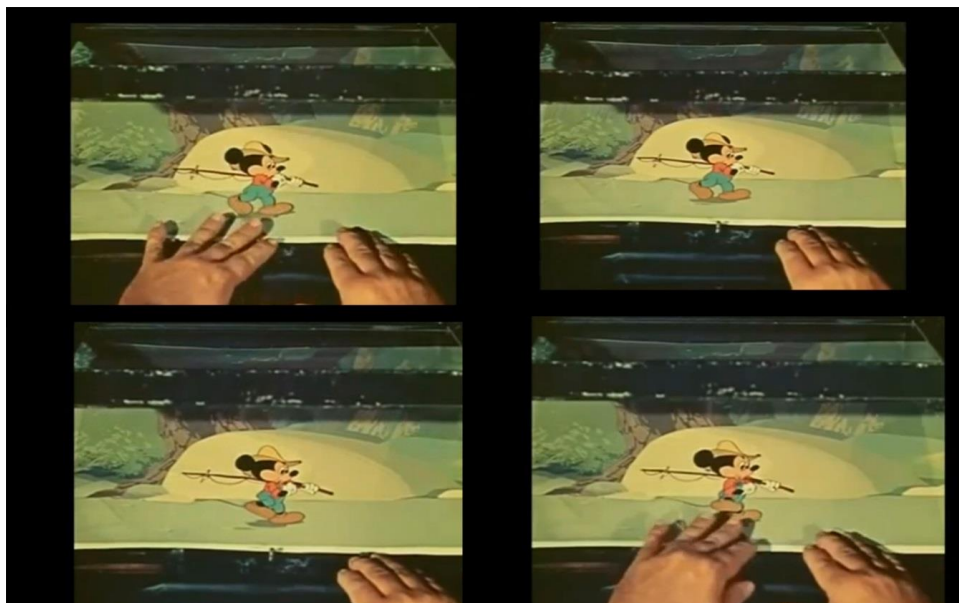


Figura 18 – Sequência de imagens representativas do processo de *Cel Animation*. De denotar o movimento da animação da personagem (*frame a frame*) em relação ao fundo. Este fundo é extenso e o animador desloca-o horizontalmente, de modo a transmitir o movimento da personagem.

Esta nova técnica revolucionou a indústria de animação, poupando elevadas quantias de dinheiro e horas de desenvolvimento de novas imagens de fundo para cada *frame* (imagem estática) das personagens. Durante os 70 anos seguintes ao seu desenvolvimento, o processo de *Cel Animation* manteve-se constante, até à criação de *software* especializado em animação digital (Canemaker, 1999; Dobson, 2009; Laybourne, 1998).

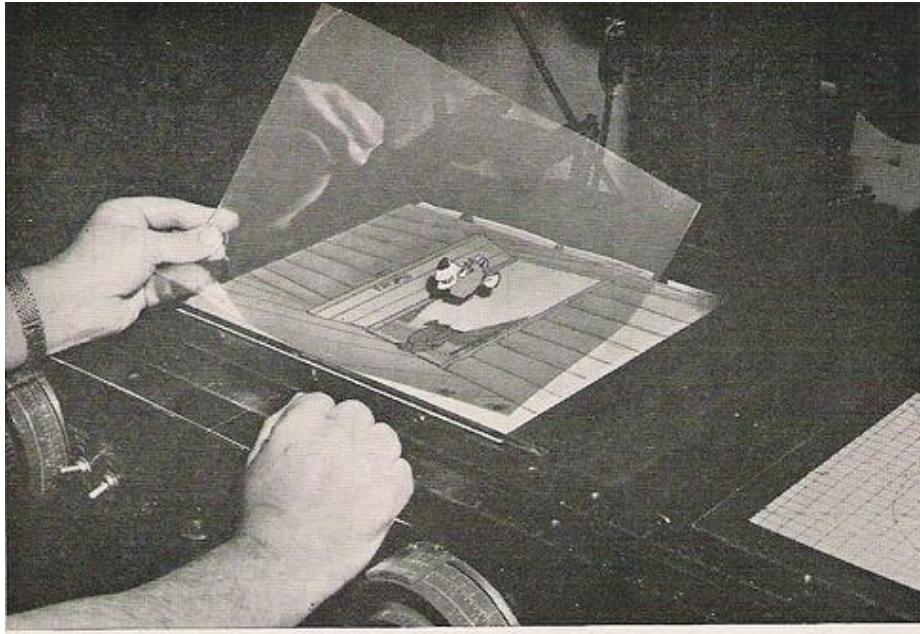


Figura 19 – Representação do processo de animação, recorrendo à técnica *Cel Animation*. Este tipo de animação baseia-se na colocação dos elementos animados, ou seja, as personagens, por cima de um fundo estático e longo. Neste caso específico, o fundo é de tal forma extenso, que está recolhido num rolo, visível na imagem, e é desenrolado pelo animador ao longo da animação.

No processo inicial de animação eram adicionadas anotações e alguns rascunhos às animações, ainda em bruto e, após serem removidos, as folhas de celuloide eram colocadas no topo dos desenhos e os seus contornos eram pintados. Quando estes últimos secassem, a folha era virada do avesso e colorida, o que ajudava a manter a consistência da sua cor, a sua suavidade e prevenia possíveis manchas de tinta. Inicialmente, eram utilizadas apenas cores básicas, ou seja, apenas o preto e o branco. Contudo, com o início da utilização de cor nas animações, houve a necessidade de conceber novas técnicas de colorização, onde as personagens eram divididas em combinações de cor muito específicas, para que estas conseguissem ser reproduzidas dias ou mesmo meses depois (Thomas e Graham, 1958; White, 2009).

A Walt Disney Company foi a primeira empresa de animação a contratar maioritariamente mulheres para a pintura dos seus celuloides, devido à sua maior aptidão de conjugação de cores – nos desenhos do filme de animação desta empresa “Branca de Neve e os Sete Anões”, as pintoras até aplicaram maquilhagem nas personagens como se a aplicassem a si mesmas. Estas pinturas tinham o objetivo de fazer cada imagem visualmente apelativa e atraente, o que tornou a animação da Walt Disney Company num marco de qualidade e perfeição (Williams, 2002: 19).



Figura 20 – Representação da técnica de colorização do verso das folhas de celuloide. Esta técnica garante a qualidade das imagens, como a consistência da cor, suavidade e prevenção de manchas de tintas.

Em 1938, Chester Carlson inventou a xerografia – técnica de fotocopiar documentos de uma fonte para outra. Esta técnica foi assimilada pelos animadores da época, pois as folhas de celuloide podiam ser facilmente fotocopiadas de forma mecânica, acelerando o processo de criação de cada *frame*. Esta inovação levou ao abandono da fotografia individual de cada folha de celuloide como meio de criação de animação e, assim, reduziu os custos da sua produção (Thomas e Graham, 1958).

Anteriormente ao uso da xerografia, os contornos eram feitos à mão, recorrendo a tintas de diversas colorações, ou seja, caso uma personagem tivesse o cabelo vermelho, o contorno correspondente também iria ter uma coloração semelhante, tornando-a mais credível. Contudo, a xerografia não reconhecia o contorno colorido das imagens, o que obrigava que todos os traços adotados nos desenhos eram obrigatoriamente pretos. Assim,

esta limitação técnica afetou a estilização dos desenhos pelos estúdios de animação (Thomas e Graham, 1958).

Através de métodos baseados no processo de xerografia, a Walt Disney Company produziu a sua primeira animação com recurso a esta técnica, “Os 101 Dálmatas”, no ano de 1961. Posteriormente, a xerografia tornou-se num método de eleição para reproduzir os contornos pretos dos desenhos nas folhas de celuloide. Assim, esta técnica revolucionou a indústria cinematográfica de animação, pois o contorno dos desenhos era reproduzido de forma mais rápida e eficaz. No entanto, a colorização no verso da folha de celuloide era manual, o que mantinha a viabilidade de todo o processo (Thomas e Johnston, 1981).

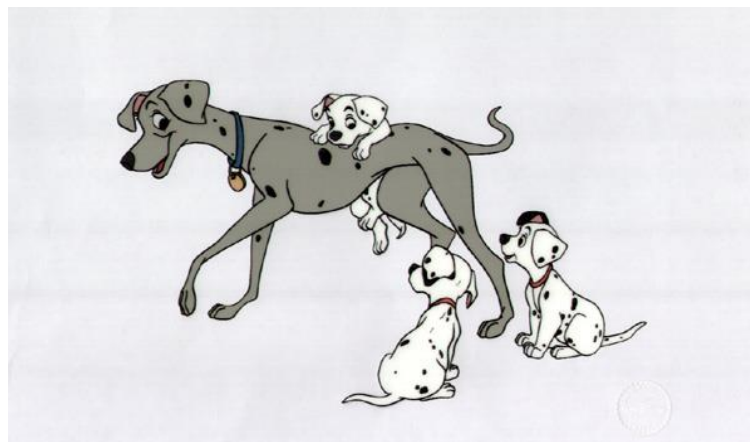


Figura 21 – Representação de um *cel*, do filme os “101 Dálmatas”, datado de 1961. Nesta figura denota-se a técnica de Xerografia, pelos contornos a pretos na folha de celuloide. Este foi o primeiro filme produzido pela Walt Disney Company que recorreu a esta técnica.

Apesar da evolução das técnicas de animação, os animadores continuavam a deparar-se com o desfoque das imagens, outra desvantagem da utilização de folhas de celuloide. Este tipo de imperfeição visual ocorria devido à transparência do material utilizado que, quando empilhado em elevado número, reduzia a quantidade de luz atravessada e, conseqüentemente tornava-a difusa. Deste modo, as imagens obtidas apresentavam-se desfocadas e embaciadas – por exemplo, uma cor que se encontre no fundo da pilha das folhas de celuloide, vai ser mais escura do que uma que se encontre no topo. Devido a este percalço, os animadores evitavam a adição excessiva de folhas de celuloide, tentando produzir uma animação de boa qualidade, mas onde o número de *cels* fosse reduzido ao mínimo possível (Solomon, 1994).



Figura 22 – Representação de uma das soluções encontradas pelos animadores da época para lidar com problemas relacionados com o desfoque e a estrutura das camadas. Para isso, os animadores estabeleceram que a utilização de *cels*, ou folhas de celuloide, era mínima, para que a luz atravessada por estas não se tornasse difusa. Nesta figura é possível observar *cels* do filme da Walt Disney Company “A Pequena Sereia”, datado de 1989.

O elevado número de arte visual produzida nos estúdios de animação da Walt Disney Company, levava a que, frequentemente, as folhas de celuloide fossem reutilizadas em novas animações. Quando a situação anterior não era aplicada e após a conclusão da animação, as folhas eram descartadas. Assim, atualmente, estes desenhos produzidos em *cels*, são extremamente raros, sendo mesmo considerados peças de colecionador de elevado valor monetário (Brothers et al., 2001; Gold and Associates, 1995).



Figura 23 – *Cels* de animações produzidas pela Walt Disney Company. A raridade e os preços destas folhas de celuloide são muito variáveis. A evolução das técnicas é visível nas animações: a) “Branca de Neve e os sete anões”, de 1937; b) “Fantasia”, de 1940; c) “Pinóquio”, também de 1940; d) “Os 101 Dálmatas”, de 1961.

Embora a Walt Disney Company dominasse o mercado da animação, a popularização da televisão ao longo da década de cinquenta permitiu o aparecimento de outras companhias de animação, embora praticassem as mesmas técnicas na produção de animação. Ao longo dos anos, várias companhias foram lançando sucessos televisivos, de onde se salienta a Metro Goldwyn Mayer (MGM), que em colaboração com a Hanna-Barbera Production, Inc., produziu as séries de animação “Tom and Jerry” (1940) – que recebeu cinco prémios da Academia; “The Flintstones” (1960); “The Jetsons” (1962); “Scooby Doo” (1969), “The Smurfs” (1981) e “Wacky Racers – A corrida mais louca do mundo” (1968; Bendazzi, 1995:361).

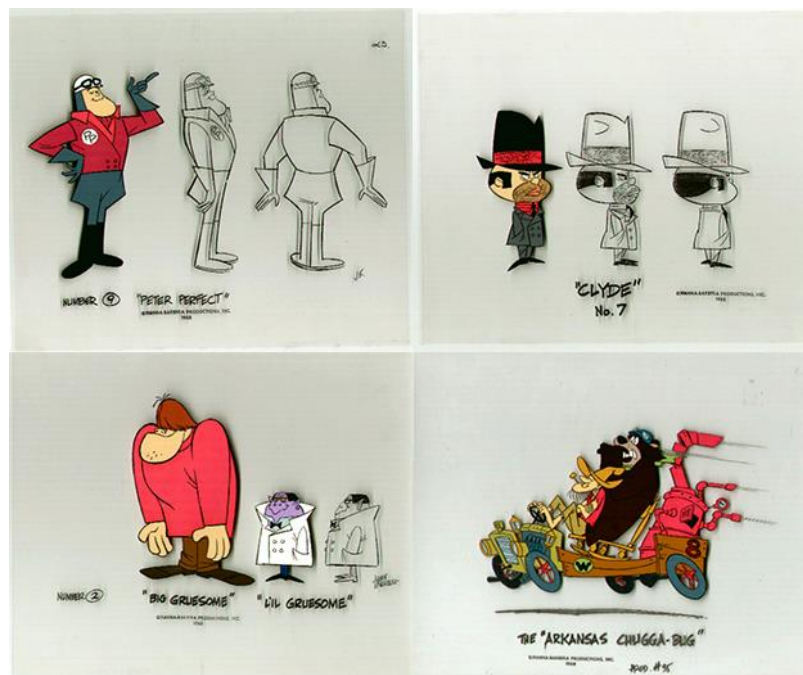


Figura 24 – Representação de folhas de celulóides dos desenhos animados “Wacky Racers – A corrida mais louca do mundo”, transmitidos na televisão norte-americana entre 1968 e 1970 (em Portugal foi transmitido durante os anos oitenta).

A metodologia para a produção de animação continuou inalterada durante muitos anos, até cerca dos meados da década de oitenta, quando os gráficos de computador começaram a ficar mais proeminentes e foram desenvolvidos *softwares* de animação digital. Um dos sistemas computacionais desenvolvido neste período foi o CAPS (*Computer Animation Production System*), uma colaboração entre a Walt Disney Company e a Pixar com a finalidade de acelerar o processo de coloração das folhas de celulóide. Este sistema baseava-

se na sua digitalização, com o auxílio de um *scanner*, e posteriormente, podiam ser coloridas e, por fim, compor parte integrante de um cenário digital. O maneiio digital das imagens possibilitou uma grande gama de efeitos: (i) a mistura de cores com uma paleta infinita; (ii) a eliminação do desfoque que existia em técnicas anteriores; (iii) a capacidade de criar inúmeros planos e movimentos de câmara. Assim, o CAPS permitiu o preenchimento por cor destas novas imagens, de forma mais eficiente e infalível (Pederson, 2000: 348).



Figura 25 – Representação do sistema CAPS (*Computer Animation Production System*). A utilização desta ferramenta digital permitiu uma melhor qualidade de imagem, quer ao retirar algumas das desvantagens da animação tradicional (desfoque ou imperfeições visuais); quer pela diversidade de cores que as animações poderiam apresentar.

O primeiro teste ao sistema computacional CAPS foi em determinadas sequências do filme de animação “A Pequena Sereia”, de 1989, baseado no conto homónimo do escritor Hans Christian Andersen e realizado para a Walt Disney Company pelos diretores de animação Ron Clements e John Musker. Contudo, o verdadeiro potencial deste sistema foi observado no filme “The Rescuers Down Under” (1990), o primeiro filme de animação a ser totalmente produzido de modo digital, realizado por Hendel Butoy e Mike Gabriel para a Walt Disney Company. A grande vantagem conferida por este sistema foi a capacidade de se poderem pintar os contornos, uma técnica que tinha sido abandonada por limitações técnicas da altura (Computer History Museum, 2005; Discovery Science).



Figura 26 – Imagem retirada do filme de animação “The Rescuers Down Under – Bernardo e Bianca na Cangurulândia”, 1990. Este filme de animação, produzido pela Walt Disney Company, foi o primeiro a ser criado com uso exclusivo de técnicas computacionais, neste caso específico, o CAPS.

Apesar do desenvolvimento digital que ocorreu em indústrias de animação, como a Disney, a indústria de animação correspondente no Japão não alterou significativamente a sua metodologia e não seguiu as tendências evolutivas destas técnicas digitais. Assim, atualmente assiste-se à transição da animação japonesa da era dos celulóides para a era digital (Fenlon, 2012).

O filme de animação japonês “The Princess Mononoke – A Princesa Mononoke”, de 1997, foi realizado por Toshio Suzuki e produzido para o Studio Ghibli. Este foi um dos últimos filmes produzidos a utilizar a animação tradicional japonesa ao longo do seu desenvolvimento e o primeiro a recorrer à pintura digital e a imagens geradas por computador (*Computer-generated imagery – CGI*) nalgumas cenas (Miramax e Schilling, 1999).

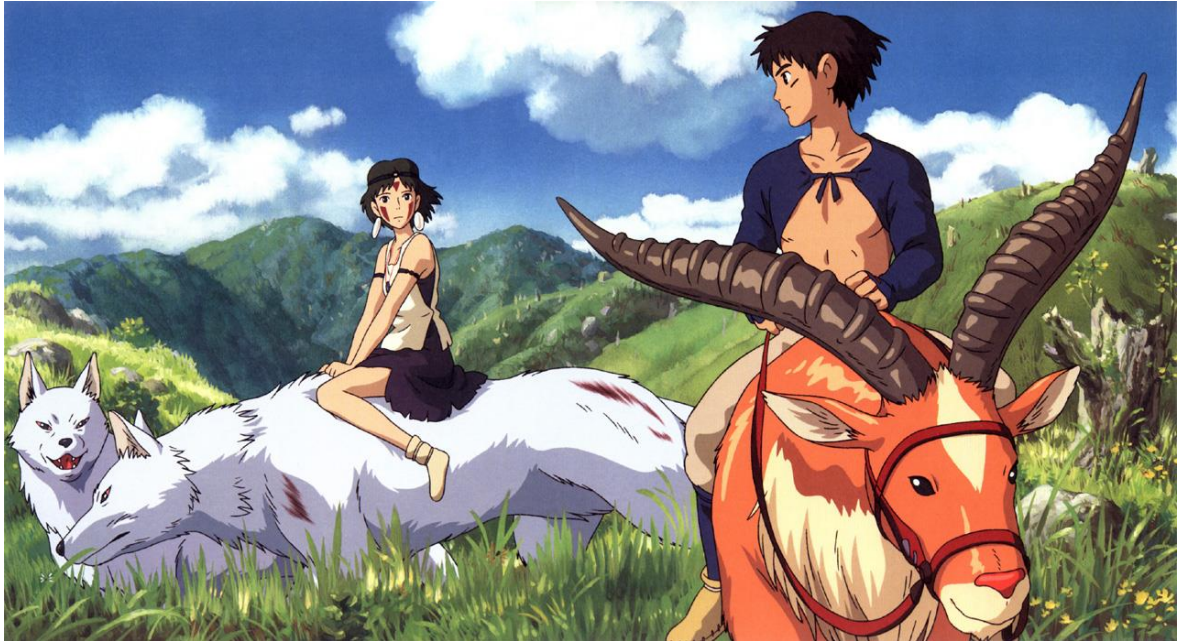


Figura 27 – Imagem retirada do filme de animação japonês “The Princess Mononoke – A Princesa Mononoke” de 1997. Este filme tem a singularidade de ser o primeiro filme a utilizar a técnica de computarização *CGI*, embora também tenha recorrido a técnicas tradicionalmente utilizadas em *anime*.

Enquanto a indústria de animação japonesa se movia lentamente para o caminho da pintura digital, os estúdios de animação ocidentais iniciavam uma nova era tecnológica, o 3D. Esta técnica foi primeiramente desenvolvida com o intuito de reduzir os custos de produção de filmes de animação. Contudo, as imagens geradas a computador não se enquadram no resto da animação, pois estas eram pouco detalhadas, contrariamente aos objetos estacionários à sua volta no início das animações híbridas 2D/3D (Culhane, 2010).



Figura 28 – Imagens retiradas de animações híbridas, ou seja, de animações que integram elementos 2D e 3D. Este anime, “Dragon Ball”, foi produzido por Minoru Okazaki e Daisuke Nishio, em exibição entre 1986 e 1989.

A empresa pioneira da técnica de renderização 3D foi a Walt Disney Company, que iniciou a sua utilização em filmes com selo Walt Disney em meados de 1980: “The Black Cauldron – Taran e o Caldeirão Mágico” (1985) e “The Great Mouse Detective – Rato Basílio, o Grande Mestre dos Detetives” (1986). O filme de animação japonês “The Cowboy Bebop”, lançado em 1997, usou modelos 3D, em vez de imagens produzidas à mão, para facilitar as rotações pretendidas no espaço. Já em 2002, a animação “The Ghost in the Shell: Stand Alone complex” usou a técnica de renderização 3D para animar os robots e os carros (Fenlon, 2012).

Em 2004, o filme de animação “Appleseed”, do estúdio japonês Micotts & Basara Digital Frontier, usou a técnica *Cel shading* para que os seus modelos 3D parecessem animados de forma mais tradicional. Esta animação foi criada a partir de dois elementos principais, as personagens e o plano de fundo, embora o 3D aqui observado produza uma componente bastante diferente destes anteriores e, conseqüentemente, adiciona um terceiro elemento à animação. Deste modo, a animação obtida não age um todo unificado, o que levou a medidas preventivas específicas para o uso do 3D: quando os elementos computacionais são adicionados à animação tradicional, estes têm de garantir a sua fusão com os outros elementos já existentes, como se fizessem parte do celuloide inicial (Fenlon, 2012).



Figura 29 – Imagem retirada do filme de animação japonês “Appleseed”. Este filme de animação integra, quer elementos 2D, quer 3D, contudo o produto final não age uniformemente.

Com a utilização de animação 3D, as empresas desta área garantiram reduções de custo e de tempo nas suas produções, quando comparados a animações mais tradicionais. Assim, a tecnologia computacional foi pressionada a uma evolução contínua, de modo a garantir a representação e interação, cada vez mais detalhada e uniforme, dos objetos a animar. Atualmente, o cuidado investido nas imagens geradas digitalmente, garante uma combinação pouco defeituosa, num mundo 2D. Ainda assim, há pormenores visuais que contrariam esse conceito, como certos movimentos, pois apresentam-se demasiado suaves e artificiais, quando comparados com a animação envolvente (Fenlon, 2012).

A utilização do *CGI* é inevitável na indústria de animação 2D moderna, pois esta técnica consegue manter os custos da animação reduzidos, num período de tempo mais curto que os mesmos objetos animados através de desenhos 3D feitos à mão para animação (Fenlon, 2012).

Segundo o realizador japonês Makoko Shinkai, a animação japonesa tornou-se mais precária desde que evoluiu para o digital, contrariamente aos outros estilos regionais (para mais detalhe, ver subcapítulo 2.3). As principais causas desta diferenciação são: (i) os *softwares* utilizados são muito básicos para a produção de animações, o Adobe After Effects e o Adobe Photoshop; (ii) a empresa responsável pelos *softwares*, a Adobe controla, quer algumas áreas de animação japonesa, quer o conteúdo de cada versão apresentada; (iii) o modo de como os *softwares* são preservados – em CD-R, alguns com programas computacionais armazenados por 10 anos. Esta característica é outro obstáculo, pois os computadores atuais não conseguem abrir ficheiros tão antigos (Fenlon, 2012).

Em suma, a Walt Disney Company contribuiu em larga escala para o desenvolvimento das técnicas de animação usadas nos seus filmes de animação, que foram posteriormente adaptadas por outras companhias desta indústria. Com esta evolução contínua, atualmente, a pintura digital das imagens é a técnica mais rápida e eficiente para a produção de fontes de entretenimento em 3D (Culhane, 2010).



Figura 30 – Representação da técnica visual *Cel shading* no jogo “Borderlands 2”, de 2012, onde se evidenciam os contornos e as silhuetas das personagens.

Inicialmente, as celoides digitais eram difíceis de conceber e visualmente berrantes, mas com o desenvolvimento da tecnologia digital, a qualidade também se tornou superior. Este é o caso de “Fantasia 2000”, um filme de animação criado em 1999 e realizado por Roy E. Disney e Donald W. Ernst. Como este filme de animação é uma combinação de imagens criadas digitalmente em cima de animação feita à mão (fig. 31), este é referenciado como um filme exemplificativo da evolução das técnicas ao longo dos anos conhecido por usar uma combinação de imagens criadas digitalmente em cima de animação feita à mão (Culhane, 2010).



Figura 31 – Imagem retirada do filme de animação “Fantasia 2000”, de 1999. Este filme de animação, produzido pela Walt Disney Company integra elementos 2D e 3D, de forma exemplar e detalhada. Assim, este filme de animação é considerado um bom exemplo de conjugação de ambas as técnicas, para além de ser perceptível a evolução destas aos longos dos anos.

### 2.3 Evolução histórica do *Cel shading*

O *Cel shading* é oriundo de livros de banda desenhada e desenhos animados. Desde então, esta técnica visual é principalmente empregue em áreas de entretenimento, como jogos de computador. Esta representação típica de desenhos animados é caracterizada pela coloração discreta da silhueta e dos contornos do objeto a animar. Contudo, a maioria dos sistemas de renderização deste tipo limitam-se apenas a estas duas características, ignorando a união com outras técnicas *Non Photo Realistic* (NPR; Danner e Winklhofer, 2008).

No final do século XIX ocorreu a evolução das bandas desenhadas (BD) da época para o conceito atual, a partir de tiras desenhadas para jornais e revistas da época. Ao longo do seu desenvolvimento, as variações regionais tiveram um papel bastante importante e, levou à criação de estilos independentes: nos Estados Unidos da América (EUA), o *western comic* (por exemplo, “Superman – O Super-homem”, com a primeira impressão datada de 1938 e da autoria dos artistas Jerry Siegel e Joe Shuster); na Europa o *frankobelgian comic* (por exemplo “Asterix”, criado em 1959 por Albert Uderzo e René Goscinny); e no Japão, a *manga* (por exemplo “Akira”, de Katsuhiro Otomo, com a primeira impressão em 1988).

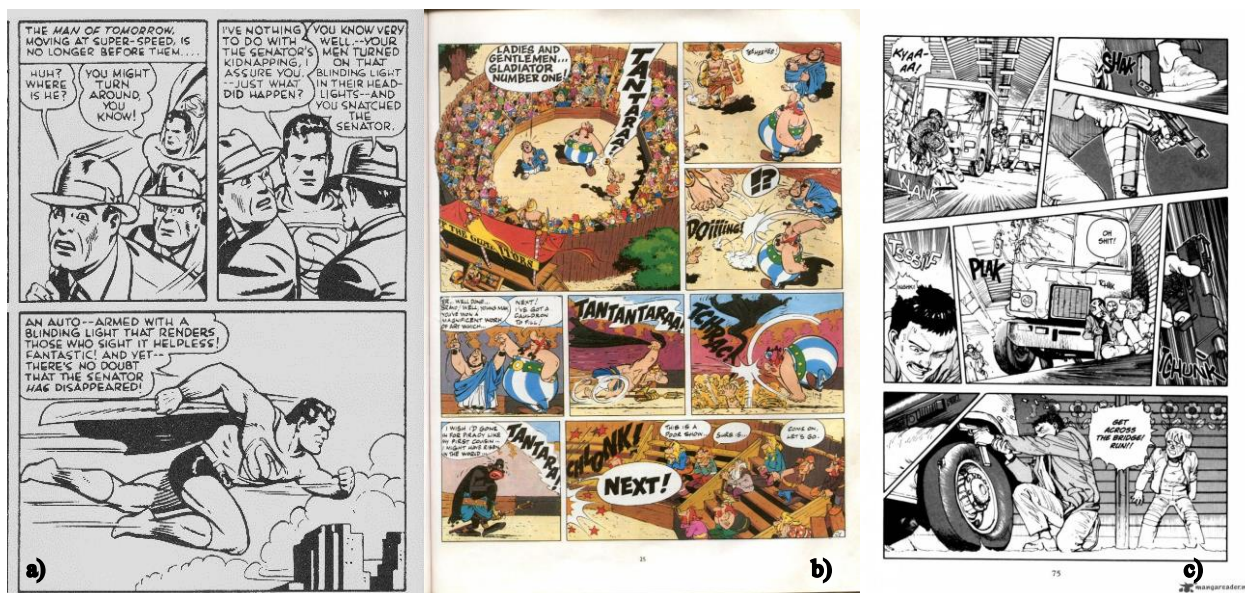


Figura 32 – Exemplos de variações regionais de bandas desenhadas: a) nos Estados Unidos da América, o *western comic* “Superman – O Super-homem”, com primeira impressão em 1938; b) na Europa, o *frankobelgian comic* “Asterix”, de 1959; c) no Japão, a *manga* “Akira”, datado de 1988.

Embora ocorra uma semelhança em alguns elementos estéticos, presentes em todos os estilos regionais, é possível reconhecer a origem de uma banda desenhada, devido às suas características específicas. Esses elementos estéticos incluem: (i) técnicas de câmara e

perspetivas; (ii) efeitos especiais, tais como linhas rápidas ou *speedlines*; (iii) arranjos temporais e espaciais em painéis; (iv) combinação de imagens e texto; (v) nível de detalhe e de abstração; (vi) nível de física realista com luz e interação de sombras (Spindler et al., 2006).

## **2.4 *Cel shading* em animação**

Atualmente, o *Cel shading* é muito usado em determinados *media*, nomeadamente na indústria cinematográfica e em séries de televisão. Possivelmente, esta preferência deve-se ao aspeto de desenho feito à mão na animação, característico desta técnica e à economia de tempo e dinheiro que permite, em relação à animação tradicional.

### **2.4.1 *Cel shading* em Televisão**

A técnica de *Cel shading* foi escolhida para animar inúmeras séries de televisão e filmes de animação, embora esta nunca tenha tido um papel fulcral, comparativamente a outras técnicas mais realistas. Ainda assim, alguns filmes de animação japoneses, ou *anime*, dão preferência a esta técnica, como os *animes* “Ghost in the Shell” e, “*Appleseed*”, ambos de 2004 (Lennox, 2011).

No mundo ocidental, o *Cel shading* é uma técnica utilizada como um atalho, isto é, apenas é selecionado para reduzir o tempo de produção das animações pretendidas. Caso os animadores disponham de tempo, frequentemente animam manualmente ou através da técnica de *CGI*, embora o *Cel shading* seja uma técnica mais fácil para o animador e com custos mais reduzidos para a produtora. As séries televisivas “Futurama” e “Family Guy”, ambas em exibição desde 1999, são produzidas com recurso a esta técnica e empregam o *software* 3D para a produção de cenas específicas, como por exemplo, o movimento de carros em direção à câmara ao longo de uma estrada. Assim, a única preocupação dos animadores é garantir uma combinação agradável dos vários elementos na animação. Contudo, quando estes constituintes não são bem trabalhados, o resultado pode ser chocante para o observador (Green, 2008).



Figura 33 – Imagem retirada da série de animação de ficção científica “Futurama”(1999-2003). Esta série foi criada pelo responsável do êxito televisivo “The Simpsons”, Matt Groening, e desenvolvida por este e por David X. Cohen, para a Fox Broadcasting Company. “Futurama” é produzida através da técnica visual de *Cel shading*.

## 2.5 *Cel shading* em Videojogos

Embora a utilização do *Cel shading* seja mais reconhecida em animação, é nos videojogos que o seu uso é maior, meio onde esta tecnologia surgiu. O jogo “Jet Set Radio”, desenvolvido por Smilebit e publicado pela Sega, para a Sega Dreamcast (um tipo de consola de videojogos), foi o primeiro videjogo a usar o *Cel shading*, no ano de 2000. Tal como já referido anteriormente, o este estilo visual tinha como objetivo simular o estilo japonês de desenho *manga*, técnica essencial para o desenvolvimento do *Cel shading* (Scott-Baron et al., 2006).

Durante a primeira década do século XX, iniciou-se a produção de grandes títulos de videojogos baseados na tecnologia *Cel shading*, como “The Legend of Zelda: The Wind Waker”, desenvolvido e publicado pela Nintendo, para a Nintendo Gamecube (consola de videojogos), em 2003, que tirou grande partido desta técnica. Este videjogo gerou interesse pela tecnologia desde então, contudo, esta não permitia a obtenção de animações com grande qualidade, pois as consolas de videojogos da época não tinham a mesma capacidade de processamento que as atuais. O mundo que se gerou no videjogo “The Legend of Zelda: The

Wind Waker”, através do *Cel shading*, é enorme, em especial, quando este é comparado a outros videogames que, como não utilizam a mesma técnica, são mais realistas.



Figura 34 – Imagem retirada do videogame “Jet Set Radio”. Em 2000, este videogame utilizou a técnica de *Cel Shading* pela primeira vez, para desenvolver os seus gráficos visuais.



Figura 35 – Imagem retirada do videogame “The Legend of Zelda: The Wind Waker”, de 2003. Este videogame utiliza a técnica de *Cel shading* nos seus gráficos e é considerado um sucesso no mundo virtual.

### 2.5.1 Motivação para usar gráficos *Non Photo Realistic (NPR)* em videogames

A utilização de técnicas de Renderização Não Foto Realistas, ou *NPR*, são benéficas em muitos aspectos, quer pela possibilidade de apoiar no conto e evolução do enredo; quer pela sua elevada expressividade, pois imitam ilustrações, o que confere ao jogo um certo olhar e sentimento artístico. Os fatores mais importantes a considerar nos grandes videogames são a jogabilidade e o fator de imersão no seu mundo. A qualidade desta última depende diretamente da consistência dos estilos visuais adotados e do comportamento dos objetos inseridos neste mundo virtual. Segundo a Walt Disney Company, o realismo na representação dos diferentes objetos é muitíssimo importante para manter a sua credibilidade e não apenas pela questão real (Thomas e Johnston, 1981: 119).

É surpreendente como, embora as técnicas de *NPR* serem relativamente recentes, ainda não foram empregues noutras áreas. De acordo com artigos relacionados com as *NPR*, este tipo de renderização é mais natural e apelativo, quando comparada a renderizações foto-realistas e desenhos técnicos, o que facilita sua compreensão. Para além disto, as *NPR* podem ser utilizadas para destacar e enfatizar, de forma explícita, determinadas partes de uma certa imagem, sem que esta seja perturbada ou que ocorra quebra da sua atmosfera (Halper et al., 2003).

Assim, esta técnica confere uma vantagem enorme, embora a sua utilização em videogames não seja muito frequente. Um bom exemplo de videogames que recorreram a *NPR* foi o anunciado e muito aguardado jogo em 2003, “XIII”, desenvolvido e publicado pela UbiSoft, e apenas disponível para computador pessoal. Neste jogo, a continuidade geral do seu aspeto visual, que remete para os livros de banda desenhada, é ainda mais reforçada pelo uso de elementos de BD como recursos adicionais, como o uso de inserções ou onomatopéias para fortalecimento do enredo. Estes recursos suportam a narrativa e dão informações extra ao jogador. Além disso, sendo o jogo “XIII” baseado numa banda desenhada, de nome homónimo, de William Vance, Jean Giraud e Youri Jigounov, todos os elementos do videogame refletem o produto original (BD), através da renderização não foto-realista, o que resulta num ambiente único e denso. Assim, o videogame “XIII” foi o mais inovador graficamente nesta indústria, título que perdurou por mais alguns anos (Masuch e Röber, 2006).



Figura 36 – Imagem retirada do videogame “XIII. Este foi baseado numa banda desenhada, com nome homónimo, e retrata alguma das principais características dessa, para informar o jogador e reforçar a narrativa, como a utilização de inserções ou de onomatopeias, com o intuito de fortalecer o enredo da história.

Ao longo dos anos, a capacidade de processamento do *hardware* disponível tende a aumentar, no entanto, os videogames atuais que possuem os gráficos mais avançados e realistas, pecam no foto-realismo. Ainda assim, as melhorias na qualidade de imagem dos videogames são simplesmente incríveis, quando comparadas a jogos lançados na última década. No entanto, há vários detalhes incorretos no realismo das imagens, por vezes apenas pequenos pormenores, mas até estas pequenas discrepâncias (como uma sombra incorreta), podem quebrar a ilusão de realismo pretendida. As falhas ocorridas na elaboração visual desta técnica podem causar uma experiência muito dececionante, quer para os responsáveis pelo desenvolvimento do videogame, quer para os seus jogadores. Surpreendentemente, o *NPR* é utilizado graficamente por um reduzido número de videogames. No entanto, com esta técnica, as inconsistências parecem ser muito mais toleráveis, o que concede ao videogame suavidade e um *design* melhorado (ver figura 36; Masuch e Röber, 2006).

Uma característica muito importante da animação não foto-realista é a exigência de coerência de *frame a frame*, o que significa que as linhas que descrevem determinados objetos devem preservar uma certa forma e coerência ao longo do tempo. Caso isto não ocorra e se estas vão mudar aleatoriamente de *frame* para *frame*, a impressão geral da animação pode ser desorientadora e mesmo perturbadora (Masuch e Röber, 2006).

A técnica *NPR* mais comum e utilizada até à data é o *Cel shading*. Outras técnicas de *NPR*, como desenhos *pen-and-ink* assemelham-se a objetos criados a caneta/tinta-da-china (ver figura 37). Estes ainda não são usados em jogos comerciais, contudo podem ser utilizados como um modelo de processamento inovador e não competitivo com as

renderizações foto-realistas. É importante referir que estes métodos são utilizados apenas como uma alternativa a renderizações foto-realistas, apesar de algumas das técnicas de *NPR* tirarem proveito de novos recursos de *hardware* (Masuch e Röber, 2006).

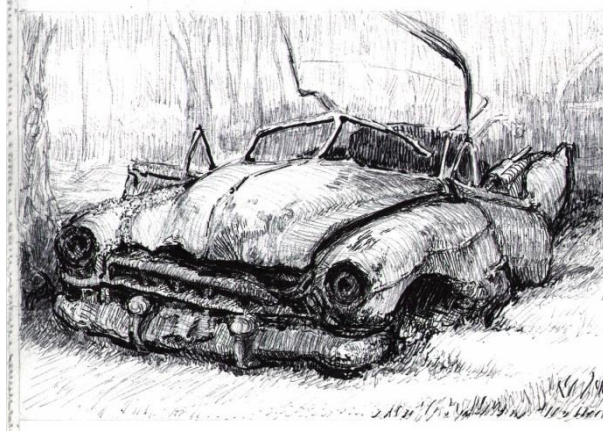


Figura 37 – Imagem representativa do estilo visual *NPR* pen-and-ink. Esta técnica pretende reproduzir imagens com a ilusão destas serem desenhadas através de canetas, lápis e/ou tinta da China. Assim, esta técnica é apenas utilizada como uma alternativa a renderizações foto-realistas.

As técnicas de *Cel shading* foram utilizadas desde o início da produção de videojogos, para o aperfeiçoamento da visualização gráfica. Esta é a técnica *NPR* mais simples de implementar e amplamente conhecida devido às bandas desenhadas, desenhos animados e outras formas de entretenimento (Masuch e Röber, 2006).

Ainda que estes métodos não sejam abundantemente utilizados em videojogos, o exemplo mais popular é “*Cel Damage*”, de 2001, desenvolvido por Pseudo Interactive e publicado por Electronic Arts desenvolvido para a Xbox (consola de videojogos da Microsoft). Alguns dos jogos mais antigos foram desenvolvidos através deste método, pois na altura, o foto-realismo simplesmente não era capaz de se alcançar devido a limitações de *hardware*. Posteriormente, alguns jogos usaram esta técnica visual de forma explícita, quer para se diferenciarem da sua competição comercial, quer para simular um determinado tipo de *media* (BD, desenho animado, animação; Masuch e Röber, 2006).



Figura 38 – Imagem retirada do videogame “Cel Damage”, um videogame muito popular que recorreu a técnicas de *Cel shading* de *NPR* mais simplistas.

### 3 Ligação do *Cel shading* ao Projeto Final

No presente capítulo será realizado a contextualização do *Cel shading* no projeto final de Mestrado. Inicialmente, o visual escolhido para o projeto era o *Cel shading*, contudo, o cliente final – a empresa de telecomunicações Optimus – considerou que este não era o visual mais apropriado para a animação concebida. Assim, os autores do projeto foram forçados a alterar o plano visual, optando por um visual mais realista e limpo. Assim, neste capítulo serão apresentadas todas as fases de desenvolvimento deste projeto, desde a sua pré-produção, produção e pós-produção.

#### 3.1 Pré-produção – Criação do conceito

O projeto desenvolvido foi sugerido pelo Professor Pedro Serrazina ao grupo, no início do ano letivo, após um contato com a empresa de telecomunicações Optimus. O que esta empresa pretendia era uma animação sobre o trajeto de uma mensagem escrita (SMS), desde o seu envio até à sua receção, passando pelos processos inerentes (para mais detalhe, consultar a curta-metragem de animação no Apêndice A (página 79).

O processo de envio de uma SMS é um processo técnico muito complexo, de difícil compreensão para leigos. Logo, o conceito do grupo era tentar descodificar os processos técnicos, para que estes fossem facilmente perceptíveis ao público geral, quer por meios visuais, quer por meio de animação. Este conceito foi desenvolvido pelos autores da curta-metragem de animação em meados de outubro, após a conceção de inúmeras ideias não concretizadas.

O processo criativo envolveu diversas fases. A fase inicial consistiu na criação de vários cenários possíveis, através de numerosas ilustrações – *storyboards*. Cada *storyboard* representava um conceito diferente. Estes foram apresentados aos professores e elementos da Optimus, para uma avaliação durante o acompanhamento contínuos do projeto. Desde início, ambos os elementos de trabalho idealizaram um cenário onde uma mensagem escrita modificava o meio que o envolvia. Um dos conceitos desenvolvidos durante a pré-produção foi o envio de uma SMS em que o assunto era o convite para um jantar, sendo o conteúdo da mensagem representado por objetos utilizados no dia-a-dia, como pratos, talheres, entre outros. Estes objetos percorriam a cidade até encontrar o seu destinatário (ver figura 39).

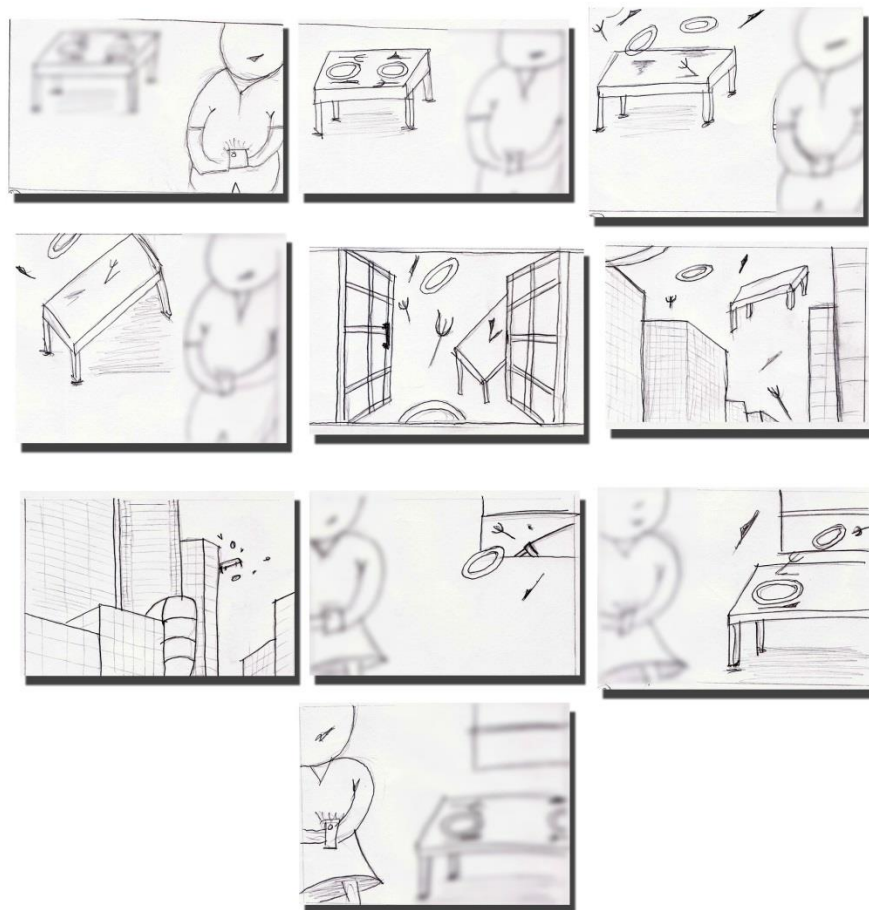


Figura 39 – Primeiro *storyboard* apresentado ao corpo docente e aos representantes da empresa de telecomunicações Optimus. Nesta primeira versão apenas era representado o envio e recepção de uma mensagem escrita, onde o conteúdo era representado por objetos típicos de uma mesa de jantar.

Após várias reuniões semanais, foi desenvolvido um conceito final que conciliava as três partes envolvidas – corpo docente, representantes da empresa de telecomunicações Optimus e os alunos. Tal como foi referido anteriormente, a noção inicial desenvolvida pelo grupo foi a premissa que uma mensagem de texto muda o mundo. Assim, o conteúdo da mensagem iria atravessar a cidade e modificando-a com a sua passagem. Como os autores são amantes de videogames do estilo *retro*, decidiu-se que o conteúdo do texto da mensagem escrita a enviar seria relacionada com esse *hobby*. O *concept art* escolhido para as personagens, que representam a mensagem enviada foi baseado em criações do “Space Invaders” (ver figura 40). Em simultâneo, foi proposto pelos representantes da Optimus, a introdução dos processos inerentes entre o envio e a recepção da mensagem, ou seja, envio da SMS, processo de autenticação, validação, taxação, recepção da SMS. Com a introdução destas novas noções, foi necessário englobá-las no conceito previamente criado. Assim, sugeriu-se a

criação de uma linha de montagem semelhante a uma fábrica, representando um sistema contínuo e ordenado, onde os objetos do conceito previamente criado iriam viajar, ou seja, o conteúdo da mensagem era enviado, viajava pela cidade, entrava e percorria os vários passos da linha de montagem, e por fim saía desta e chegava ao seu destinatário.

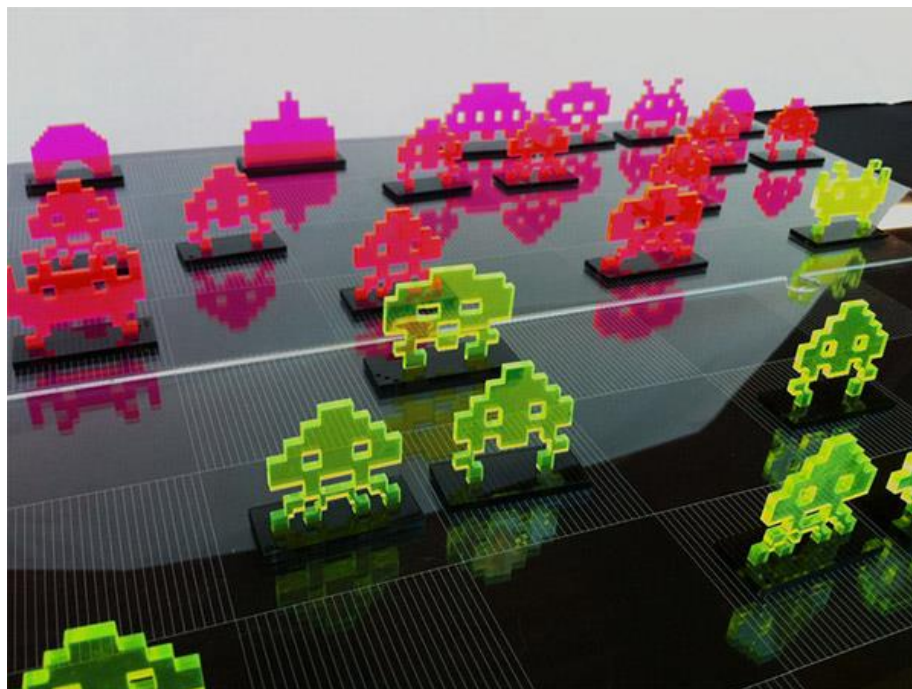


Figura 40 – *Concept art* utilizado pelos autores para representar o conteúdo da mensagem escrita, enviada no início da curta-metragem de animação. A escolha deste estilo foi baseada na paixão de ambos os autores por videogames de estilo *retro*.

Para a introdução dos processos foram concebidas metáforas, de forma a transmitir a complexidade destes processos, de um modo simples e eficaz. Os processos e as metáforas produzidas foram (apresentadas aqui pela ordem cronológica do processo original, tal como demonstrado na figura 41):

(i) O *Mobile Switching Center (MSC)* – este processo é semelhante a um *router*, controlando o fluxo de mensagens escritas e, conseqüentemente, os processos que se seguem, numa dada área geográfica. Por se tratar do primeiro processo da viagem da mensagem, optou-se por desenvolver um portal que conduziria o espectador a entrar no mundo virtual produzido dentro da antena (ver subcapítulo 3.1.3);

(ii) O *Home Location Center (HLR)* – este passo é uma base de dados, englobando os clientes e algumas das suas configurações. Algumas dessas configurações reúnem, por

exemplo, a presença ou ausência de um serviço de mensagens escritas ativo. A metáfora visual aqui utilizada baseava-se na exclusão da linha de montagem das mensagens com o serviço inativo, sendo desviadas para um caminho alternativo. As mensagens com serviço ativo simplesmente continuavam o seu trajeto;

(iii) O *Charging System* ou *Pre-Paid System (PPS)* – este sistema é responsável por taxar os serviços utilizados, aos clientes com planos de telemóvel pré-pagos. Aqui, a escolha recaiu sobre uma parede simbolizada com o carácter do Euro (€), que gira sobre um eixo e, consoante o cliente possua dinheiro ou não, os conteúdos das mensagens são dirigidos para determinados caminhos;

(iv) O *Short Message Service Center (SMSC)* – este servidor é responsável pelo envio da SMS. Para a representação deste processo usou-se apenas um simbólico abrir de portas, que representa que a mensagem está pronta a ser enviada;

(v) No processo *SMSC*, a SMS é transpõe cinco processos até chegar à sua fila de espera. Para demonstrar este trajeto optou-te por colocar três *lasers* representativos dos processos *Scanning Tags*, *Blacklist* e *Queue*. Posteriormente, estes *lasers* vão definir a posição que a mensagem na linha de montagem.

(vi) Por fim, o *MSC* emite um pedido de localização na sua área geográfica, de modo a localizar geograficamente a posição do destinatário e qual a antena mais próxima deste equipamento. Neste último processo, a decisão recaiu pelo desenvolvimento de um globo gigante, que rodava em torno de si mesmo, abrاندando no país do destinatário.

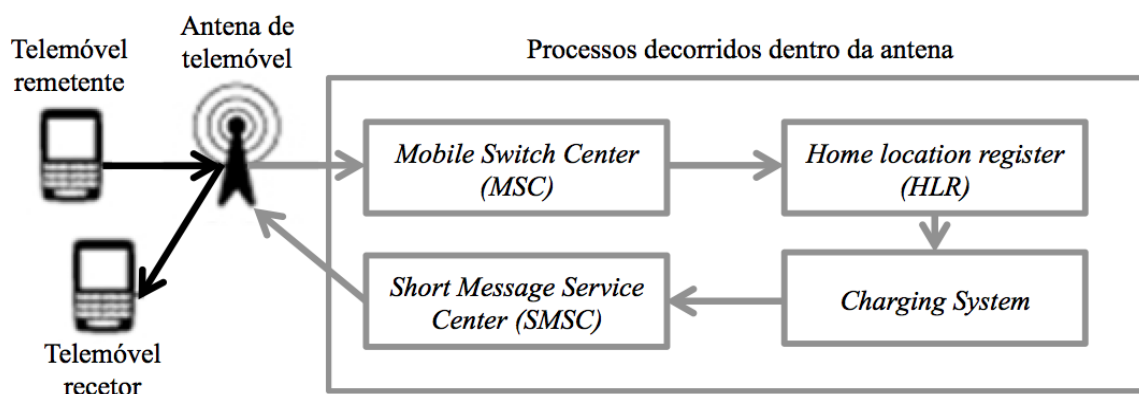


Figura 41 – Esquema representativo dos processos que ocorrem entre o envio e receção de uma mensagem escrita. Todos estes processos foram transpostos para a animação de modo a que a informação fosse perceptível até para leigos. Este processo foi um desmantelar de informação muito técnica para conceitos mais simples e de fácil compreensão.

A fase seguinte foi a criação de *animatics* a partir do *storyboard* final (ver figura 42), que foram alterados ao longo do processo, para acerto de tempos e pormenores. Assim, surgiu o *animatic* final, que serviu de base durante a fase de produção.

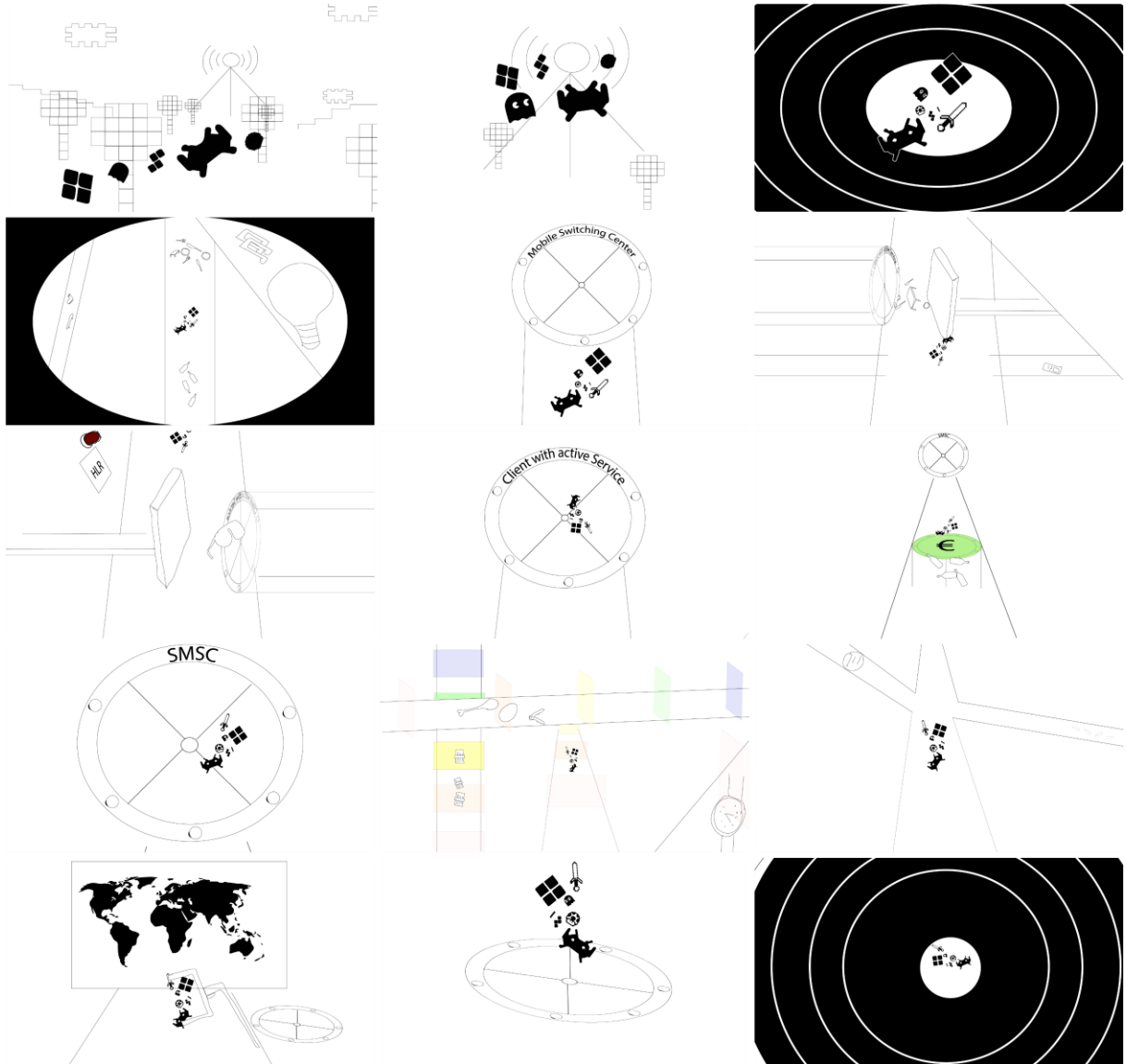


Figura 42 – *Storyboard* final, através do qual a animação foi produzida, representando todos os processos e percursos que o conteúdo da mensagem escrita percorreu desde o seu envio até ao seu destinatário.

Para além dos passos anteriormente descritos, foi necessário encontrar algumas referências visuais que servissem como base para o que se pretendia representar, quer a nível tridimensional, quer a nível de um estilo visual característico e atrativo. Tal como referido anteriormente, os autores deste projeto são aficionados por videogames e bandas desenhadas, consequentemente o estilo visual pretendido foi o *Cel shading*.

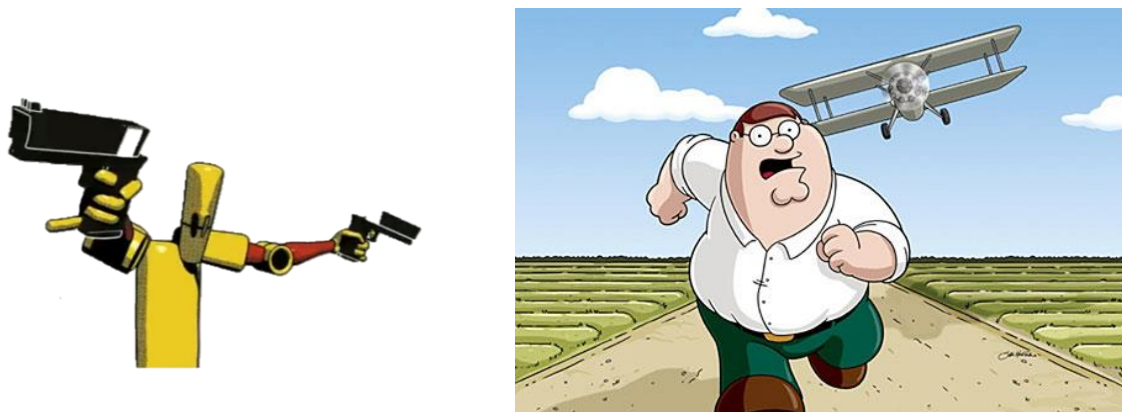


Figura 43 – Exemplos de referências visuais, pesquisadas durante a pré-produção, relativas ao *Cel shading*. O primeiro exemplo aqui apresentado deriva de uma curta-animação “Scud the Disposable Assassin: The Kid with a Broken Halo”, 2008, enquanto o segundo exemplo provém da série televisiva “Family Guy” (1999-presente).

Após ter sido efetuada uma pesquisa relativamente ao estilo visual pretendido, deu-se início à catalogação de referências que permitissem a conceção do mundo idealizado pelo grupo de trabalho. Entre elas, salientam-se as cidades, fábricas, objetos do quotidiano e os ícones da mensagem personalizada, as personagens do videogame “Space Invaders”. Este passo possibilitou a criação de modelos mais realistas e exatos, acrescentando valor visual à curta-metragem realizada.



Figura 44 – Referência visual do interior de uma fábrica, encontrada durante a pesquisa, de modo a entender as cores, formas e disposições de todos os elementos aqui existentes. Estas características serviram como base visual para a produção do interior da antena.



Figura 45 – Referência visual encontrada durante a pesquisa, para representar o tipo de edifícios que iriam compor a cidade, quer a nível de forma quer a nível de cores.

Depois de uma pesquisa inicial e global, o grupo de trabalho decidiu separar o projeto em duas partes, onde cada membro ficaria responsável pelo desenvolvimento de cada uma, onde: (i) ao Diogo Monteiro incumbiu a tarefa de toda a envolvente exterior, ou seja, a conceção da cidade, incluindo a sua animação e iluminação, e toda a fase de pós-produção; (ii) ao Sérgio Conceição, autor da presente dissertação, pertenceu a animação de todo o projeto – excluindo apenas a animação do percurso dos ícones da mensagem escrita ao longo da cidade, elaboração, desenvolvimento e iluminação de toda a ideia do interior da antena, ou seja, a criação de metáforas visuais que iludem o espetador a imaginar o interior de uma linha de montagem típica de uma fábrica, o que facilitou a perceção dos processos complexos do envio/receção de uma mensagem escrita (SMS), propostos pelos membros da Optimus durante a fase de pré-produção. Assim, os próximos tópicos descritos na presente dissertação serão apenas correspondentes à pesquisa e desenvolvimento do projeto delegados ao autor desta dissertação.

De seguida serão apresentadas as referências visuais encontradas ao longo do projeto, pela ordem de abordagem, e como foram desenvolvidos os modelos na fase de produção (ver subcapítulo 3.2):

### 3.1.1 Estudo das referências visuais de um interior de uma fábrica

De acordo com o nosso *storyboard*, o conceito apresentado e aceite pelas três entidades envolvidas ilustrava os vários processos que ocorrem no interior de uma antena de telemóveis. Para este efeito, foi elaborada a metáfora visual que assemelhava o interior da antena a uma linha de montagem típica de uma fábrica. Logo, foram realizadas várias pesquisas visuais, de modo a referenciar e apoiar visualmente o autor. Nas figuras que se seguem são demonstrados exemplos utilizados durante a pesquisa, que serviram de base para o desenvolvimento do projeto.

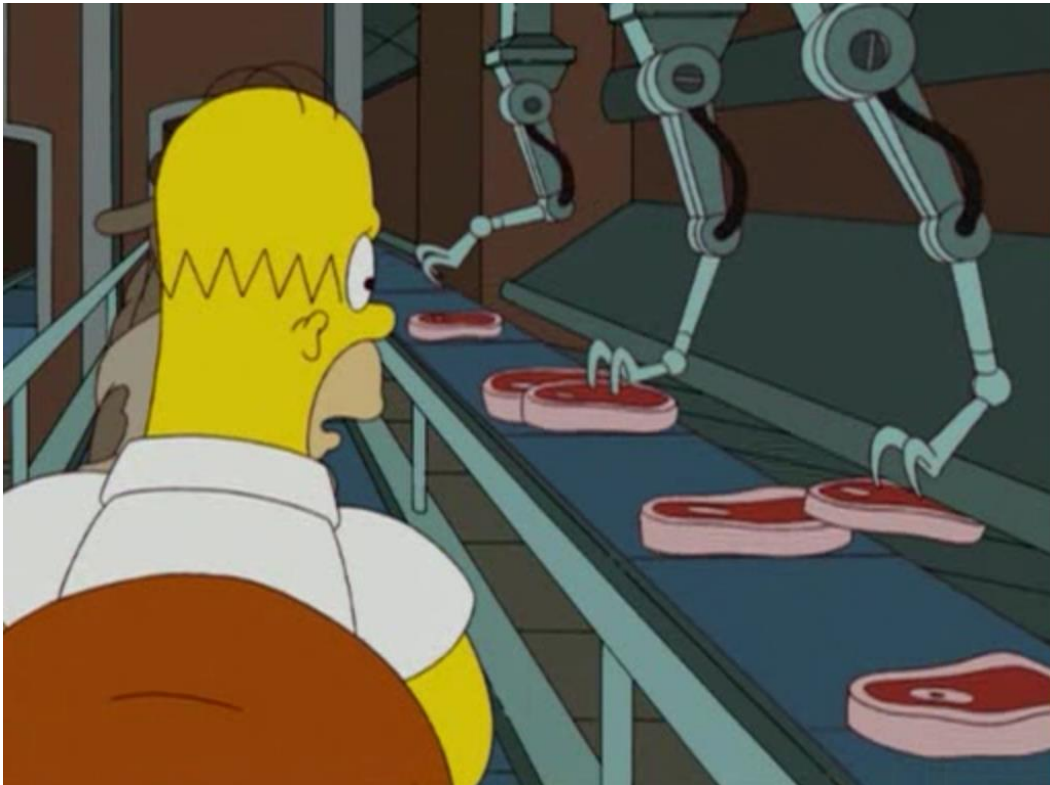


Figura 46 – Referência visual, representativa de uma linha de montagem. Esta referência foi visualizada no episódio 17, da temporada 19, da série televisiva “The Simpsons”. A imagem aqui apresentada tem como principal característica os corrimões ligados às passadeiras rolantes, que conferem um visual atrativo, o que levou ao seu uso na animação produzida.

### 3.1.2 Estudo das referências visuais do suporte físico da linha de montagem – passadeiras

Tal como descrito anteriormente, o interior da antena aparenta-se a um ambiente fabril, o que remete a uma deslocação rápida e ordeira de objetos ao longo de um percurso contínuo. Assim, conceberam-se inúmeras passadeiras rolantes com o objetivo de demonstrar

esta continuidade e disciplina. Seguindo esta premissa, foram estudadas diversos tipos e movimentos de passareiras rolantes, isto é, o modo como estas interagem, interligam e mobilizam entre si. Um dos exemplos estudados nesta pesquisa foi o movimento sistemático e coeso das lagartas dos tanques de guerra (figura 48). Com a observação do episódio 17, da temporada 19 da série televisiva “The Simpsons”, surgiu a ideia de juntar corrimões ao longo das passareiras, apenas com uma finalidade estética (ver figura 46).

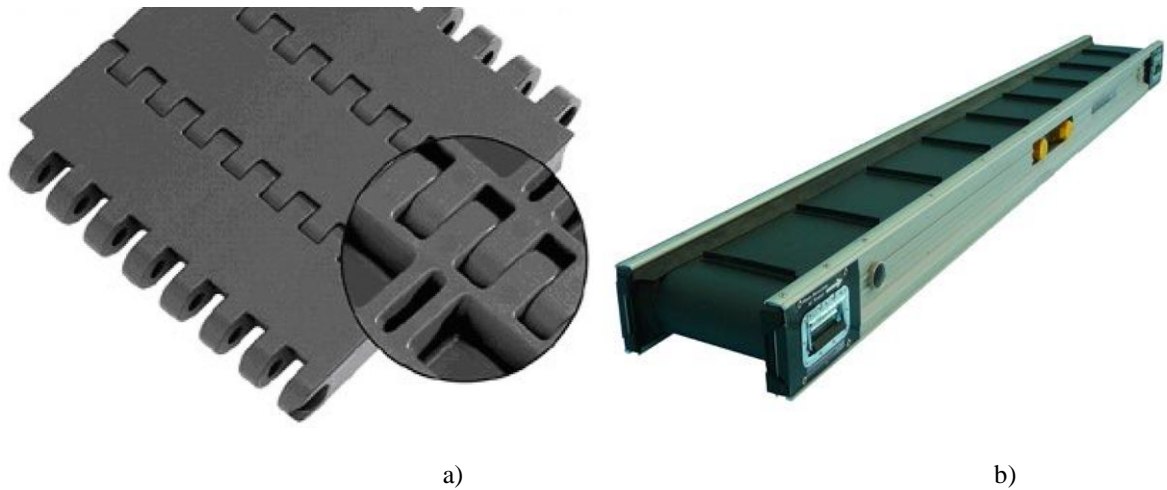


Figura 47 – Referências visuais de passareiras: a) modo de como as peças singulares, de cada passeira, se interligam; b) forma de uma passareira vulgar de uma linha de montagem.



Figura 48 – Referência visual das lagartas de um tanque de guerra, que ajudaram a perceber como se movimentam e interagem.

### 3.1.3 Estudo das referências visuais para o portal

A designação de portal neste tópico é aqui apresentada, pois este é o primeiro processo existente no interior da antena que se situa geograficamente mais próxima do remetente da mensagem de texto. Devido à complexidade do pretendido e à inexistência física de um objeto que o represente, foram apresentadas diversas propostas. Assim, as propostas que mais agradaram visualmente a todos os envolvidos foram: (i) o Portal presente no filme “Stargate”, de 1994 (realizado por Roland Emmerich), devido à interação entre este e as passareiras. Assim, foi encontrada uma forma que permitisse que as passareiras anteriormente pesquisadas se fundissem com a entrada do Portal (ver figura 49a)); (ii) a abertura da base lunar no filme “2001: Odisseia no Espaço”, de 1968 (realizado Stanley Kubrick), graças à sua forma esférica, algo que agradou esteticamente (ver figura 49b)); (iii) o Obturador presente nas máquinas fotográficas, que tem como modo de funcionamento, a abertura e o fecho de lâminas num movimento espiral (ver figura 50).

Através da fusão das características mais proeminentes de cada objeto/referência, o autor da presente dissertação concebeu o portal, que corresponde ao *Mobile Switching Center* das antenas de telemóvel.

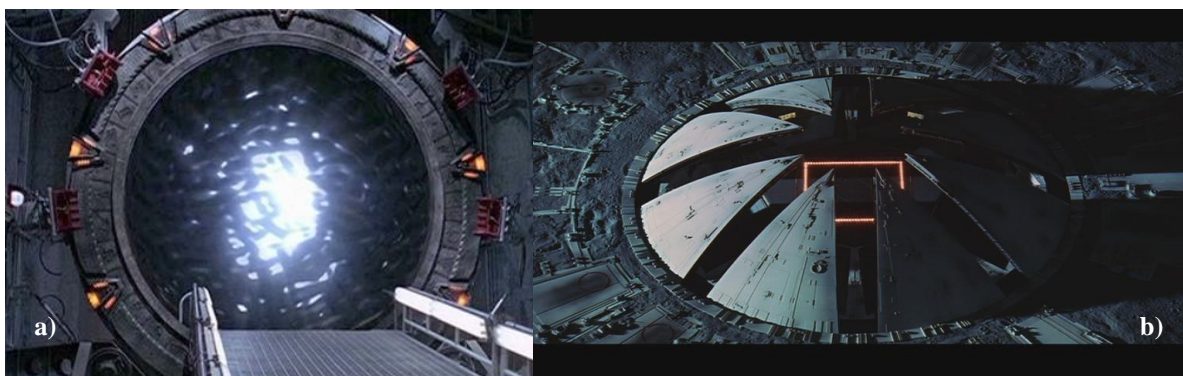


Figura 49 – Referências visuais utilizadas para o portal (*Mobile Switching Center*): a) modo como o portal se interliga com a passareira, encontrado no filme de ficção científica “Stargate”, 1994; b) forma oval da abertura da porta lunar, visualizada no filme de ficção científica “2001: Odisseia no Espaço”, 1968.



Figura 50 – Referência visual da forma e modo de como as lâminas em espiral funcionam num obturador de uma máquina fotográfica.

### 3.1.4 Estudo das referências visuais para os tubos

Ao longo da curta-metragem de animação, os objetos presentes têm um percurso pré-definido até chegar ao seu destino, contudo existem várias vias alternativas, representadas por tubos, que transportam os objetos para determinados processos. A conceção da ideia anteriormente descrita foi uma junção de três referências visuais: (i) a abertura da série televisiva “Futurama”, onde as personagens principais são movidas de forma acelerada por tubos transparentes (figura 51a)). Assim, surgiu a ideia de conferir velocidade aos objetos sempre que estes entravam nos tubos; (ii) a robustez e forma dos tubos encontrados na Central de Informação da Empresa Google. Estes interligam-se entre si por elementos metálicos, como porcas e parafusos, de grandes dimensões, atribuindo-lhes um aspeto seguro e sólido (figura 51b)). A junção de ambas as referências visuais moldou o conceito final, aliando a velocidade de deslocação dos objetos à robustez e segurança dos tubos onde viajam.

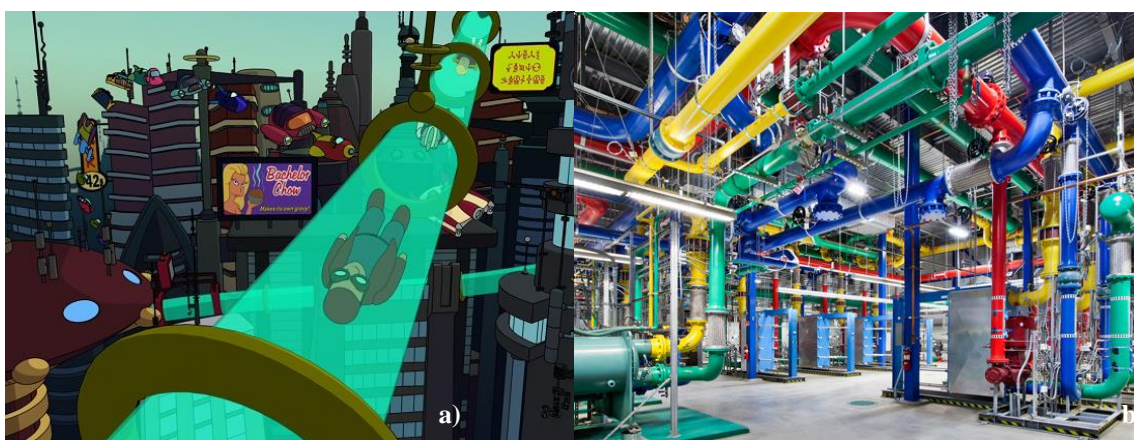


Figura 51 – Referências visuais para os tubos: a) tubo ilustrativo da velocidade de movimento, retirado da abertura da série televisiva “Futurama”; b) formas, ligação entre os diversos tubos e a sua robustez presentes na Central de Informação da empresa Google.

### 3.1.5 Estudo das referências visuais para paredes de pressão

Após a execução do primeiro processo (*Mobile Switching Center*), surgiu um novo processo, que corresponde ao serviço ativo ou inativo de cada cliente que recebe uma mensagem escrita (SMS) de sua nomenclatura *HLR* (para mais detalhe, ver figura 41). Para este processo era necessário excluir as mensagens que não apresentassem um serviço ativo. Logo, para a simulação deste processo, idealizou-se a exclusão da linha de montagem a mensagem que não reunisse as condições necessárias, utilizando uma parede de pressão, existente em algumas fábricas. As referências aqui usadas ajudaram na criação da forma e no propósito pretendido: excluir as mensagens cujo telemóvel de destino não tem o serviço de recepção de SMS ativo. Inicialmente, a forma pretendida era retangular, contudo quer por razões estéticas, quer por razões funcionais, a forma final assemelha-se a um cilindro de compressão (ver figura 52).

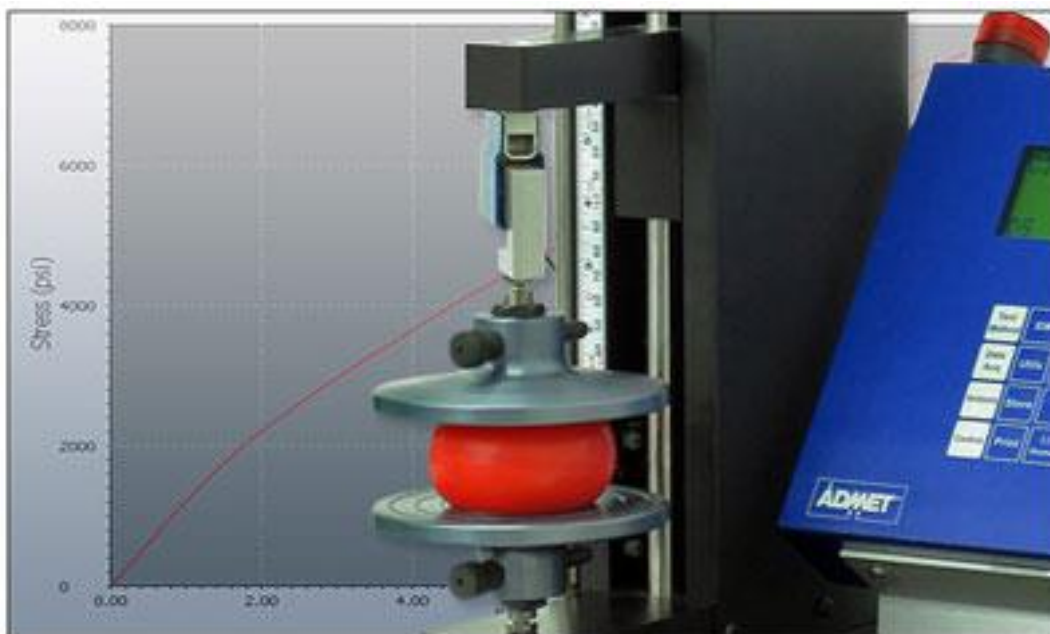


Figura 52 – Referência visual utilizada para a produção de paredes de pressão na curta-metragem de animação. Esta característica representa a exclusão de determinados conteúdos de mensagens, quando não são validados no processo *Home Location Register (HLR)*.

### 3.1.6 Estudo das referências visuais para luzes

Para que o espectador obtenha uma melhor percepção dos processos a ocorrer durante a curta-metragem, foram introduzidas luzes típicas de zonas industriais, para alertar sobre o início/fim de determinados processos: *MSC*, *HLR* e taxação. O estudo das referências visuais focou-se em imagens que ilustram o tipo de iluminação que se encontra em ambientes fabris. Aqui, a escolha caiu sobre lâmpadas industriais protegidas por uma rede metálica, que passam para verde em caso autorização do sistema e para vermelho caso contrário (figura 53). Para o caso do painel informativo, que representa a taxação (€), a escolha recaiu sobre referências de painéis de instrumentos de diversos carros (figura 54).



Figura 53 – Referência visual da forma como os objetos luminosos foram produzidos.



Figura 54 – Referência visual, retirada do painel de instrumentos de uma viatura automóvel. Esta teve como intuito auxiliar a criação dos símbolos informativos luminosos ao longo da animação.

### 3.1.7 Testes de animação

O *software* selecionado para a produção desta animação foi o *Maya* 2012, programa utilizado para o desenvolvimento de elementos 3D e posterior animação, desenvolvido pela empresa Autodesk.

Finalizada a fase de investigação e pesquisa de material auxiliar para a produção modelos pretendidos, foram realizados alguns testes prévios de animação, com o objetivo de remediar possíveis problemas durante a sua produção e de avaliar quais os pontos que poderiam ser aperfeiçoados no futuro. Estes testes foram:

(i) Teste de física, onde através das dinâmicas incorporadas no *software Maya*, que simulam fielmente a física por detrás da queda de um objeto, surgiu a ideia as utilizar quando os objetos caíssem sobre as passadeiras rolantes;

(ii) Teste de movimento das passadeiras, característico por ser um movimento constante e sistemático. O teste pretendia perceber qual a melhor abordagem para conseguir tal movimento, de forma simples e eficaz e, que pudesse ser usado ao longo da animação, fundindo-se com o resto das passadeiras animadas, conferindo deste modo o efeito de linha de montagem pretendido;

(iii) Teste de movimento dos objetos ao longo do percurso, tendo sido realizados alguns testes com trajetos previamente desenhados, onde o objeto seguia com diferentes velocidades e acelerações, tentando deste modo recriar o movimento pretendido no *animatic*.

### 3.1.8 *Layout* dos cenários

Tal como referido anteriormente, o autor da presente dissertação frequentou uma disciplina de Composição Visual, quando participou no programa *Erasmus*. Assim, este tentou produzir planos visualmente apelativos para o espetador, recorrendo a linhas de composição visuais existentes em determinados quadros e fotografias, de modo a obter o melhor aspeto possível em cada cena da animação.

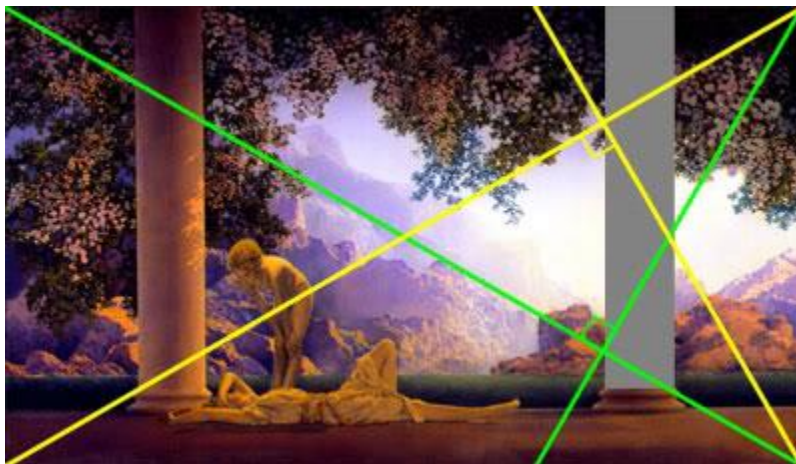


Figura 55 – Representação da composição visual de uma imagem. A estrutura dos diversos elementos presentes nos cenários interiores foi baseada nas premissas apresentadas nesta imagem, como a posição dos constituintes da imagem, formando diagonais fortes.

## 3.2 Produção

A fase de pré-produção teve como principais finalidades a pesquisa cuidadosa de material visual e idealização das cenas a desenvolver na fase de produção da animação. Nesta etapa serão abordadas as diversas fases envolvidas do processo produtivo, apresentadas por ordem de progresso, de onde se destacam as seguintes: modelação, animação e iluminação.

Tal como mencionado anteriormente, o programa de *software* utilizado para o progresso das modelações e animações do projeto, ocorrido durante a fase de produção, foi o *Maya 2012*, desenvolvido pela empresa Autodesk.

### 3.2.1 Fase de Modelação

A referenciação de objetos durante a fase de pré-produção (subcapítulo 3.1) auxiliou a produção dos modelos para este projeto. Durante o ponto atual serão expostas as diversas modelações realizadas, apresentadas nesta dissertação por ordem cronológica na animação produzida:

(i) A estruturação visual dos objetos produzidos para o interior da fábrica, através de referências específicas associadas à composição visual do ambiente ambicionado. Deste modo, pretendeu-se criar um plano visualmente apelativo, modelando diversas passareiras e harmonizando-as de modo a criar um ambiente fabril de uma linha de montagem, que transparecesse rapidez, precisão e dinamismo (ver figura 56). Estas três características foram propostas pela empresa Optimus e estão presentes ao longo de toda a animação, de modo a transmitir ao espetador a eficiência do serviço de mensagens da firma, isto é, que as suas mensagens texto são rápidas a chegar ao destino, eficientes no conteúdo que transportam e com a máxima segurança e confidencialidade.

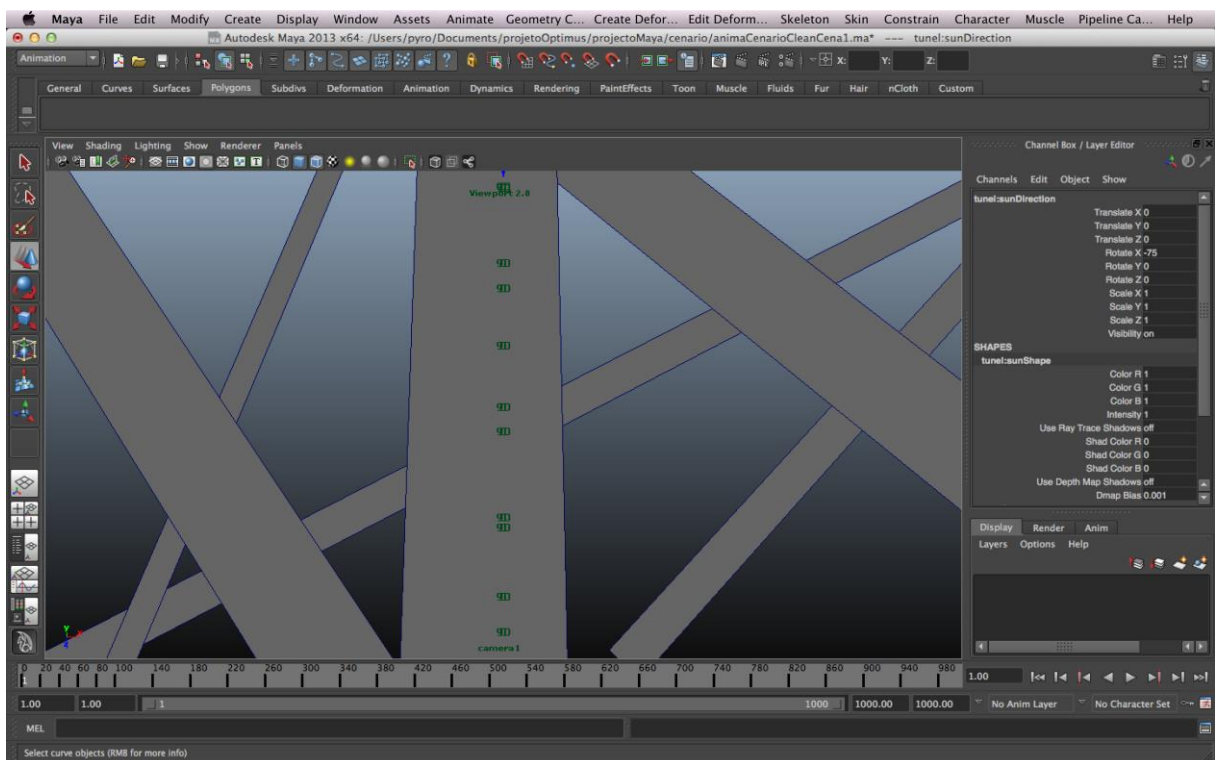


Figura 56 – Representação da estrutura visual obtida nas primeiras fases da modelação das passareiras. Aqui são dispostos apenas os planos das passareiras e o modo como estas irão compor visualmente o cenário.

(ii) A modelação das passadeiras foi inspirada através da referenciação de lagartas de tanques de guerra e linhas de montagem existentes em diversas fábricas (já referido no subcapítulo da pré-produção 3.1.2). Aqui é possível observar a disposição contínua e ordeira dos diversos modelos tridimensionais criados desta passadeira que formam as diversas linhas de montagem, ao longo do interior da fábrica. Como a referência para as passadeiras se assemelhava às lagartas dos tanques de guerra, o processo de modelação iniciou-se com a formação de uma circunferência, através do comando «*Create - NURBS Primitives – Circle*». A forma aqui obtida era circular, portanto utilizou-se o comando «*Create Deformer – Lattice*» para criar o aspeto pretendido, ou seja, um círculo achatado. A curva obtida foi então dividida em cerca de vinte partes iguais, que iriam corresponder a cada peça individual da passadeira, em passos futuros. A cada divisão da curva foi ligado uma articulação – um *joint*, obtido através do comando «*Create Joint*». Posteriormente, a cada divisão da curva, foi ligado um *joint*, recorrendo ao comando «*Animate – Motion paths – Attach to Motion Path*», e, em paralelo, foi concebida a forma da peça singular, que se iria ligar ao *joint*, através do comando «*Parent*». Repetiu-se este processo para todas as divisões restantes, obtendo-se a “lagarta” pretendida. Assim, resumindo todo o processo, dividiu-se a curva produzida pelo número de peças singulares pretendidas, ou seja, quanto menor fosse o número de divisões, menos peças seriam obtidas e mais longas e, conseqüentemente, quanto maior o número de divisões da curva, mais peças e, naturalmente, estas seriam de menor comprimento. Após um estudo realizado pelo autor, de forma a garantir o melhor enquadramento acerca do número de divisões para o presente objeto, decidiu-se repartir irremediavelmente a curva em vinte partes iguais. Posteriormente, ligou-se um *joint* a cada um das divisões obtidas, de modo a articular o modelo da peça singular aos vários *joints*. O resultado obtido funcionava como um todo, ou seja, sempre que a curva inicial se movimentava, todas as peças singulares repetiam o movimento, obtendo-se um conceito de movimento articulado (ver figura 57).



Figura 57 – Representação da estrutura visual obtida nas primeiras fases da modelação das passarelas: a) representação da forma inicial de uma faixa da passarela; b) faixas, que em conjunto constituíam a estrutura física da passarela; c) forma final obtida para a passarela.

(iii) A modelação do portal fundiu as características mais pretendidas de cada uma das referências analisadas (para mais detalhe, consultar o subcapítulo pré-produção, ponto 3.1.3). Este modelo foi produzido para representar o primeiro processo de animação, o *Mobile Switching Center (MSC)*, que corresponde ao primeiro procedimento após a entrada da mensagem escrita na antena (rever figura 41 para mais detalhe). Assim, a fusão das referências visuais e o toque pessoal do autor originou o modelo representado na figura 58, de forma a retratar o local para onde todo o conteúdo das mensagens escritas converge, iniciando assim o seu trajeto dentro da antena e transpondo os processos que lhe seguem. A modelação do modelo consistiu na produção de uma esfera, através do comando «*Create – Polygon Primitives – Sphere*», que foi esculpido de acordo com as referências encontradas. As modificações à esfera inicial foram realizadas com a ajuda do comando «*Edit Mesh – Extrude*», que permite alongar e encurtar a geometria do objeto, até se obter o efeito e forma desejado. A modelação das lâminas foi obtida em várias fases, criando inicialmente um plano (comando «*Create – Polygon Primitives – Plane*»), que foi modelado até se obter a forma pretendida, mexendo apenas vértices de um plano, que foi futuramente duplicado.

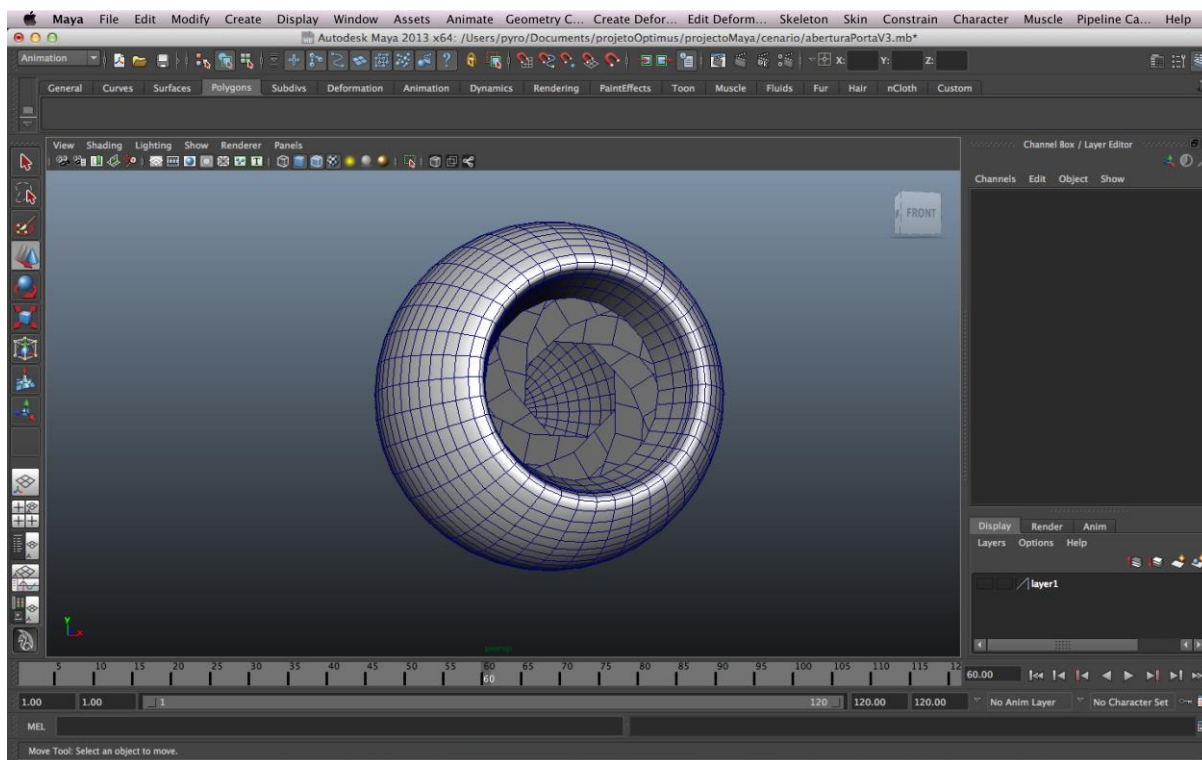


Figura 58 – Representação da estrutura visual obtida nas primeiras fases da modelação do portal. Este modelo é a fusão de duas das três referências pesquisadas: a forma esférica provém do filme “2001: Odisseia no Espaço”, e a abertura é baseada nos obturadores das câmaras fotográficas.

(iv) A modelação dos tubos, um suporte físico para o transporte rápido e eficaz dos objetos presentes na animação, surgiu após a conclusão da modelação do *MSC*. Os tubos modelados representam a deslocação dos objetos e, sempre que estes eram descartados, forçava-os a percorrer caminhos diferentes, ou seja, estes poderiam ser barrados em determinados processos de decisão. Como é referido no subcapítulo Pré-produção, no ponto 3.1.4, as referências visuais utilizadas para estes modelos decaíram sobre os tubos de grande dimensão, empregues para o transporte de informação da central da empresa multinacional de serviços *online* e *software* Google. A modelação dos objetos realizou-se recorrendo à conceção de um cilindro em «*Create – Polygon Primitives – Cylinder*» e editado até se obter uma forma agradável, com o comando «*Edit Mesh – Extrude*».

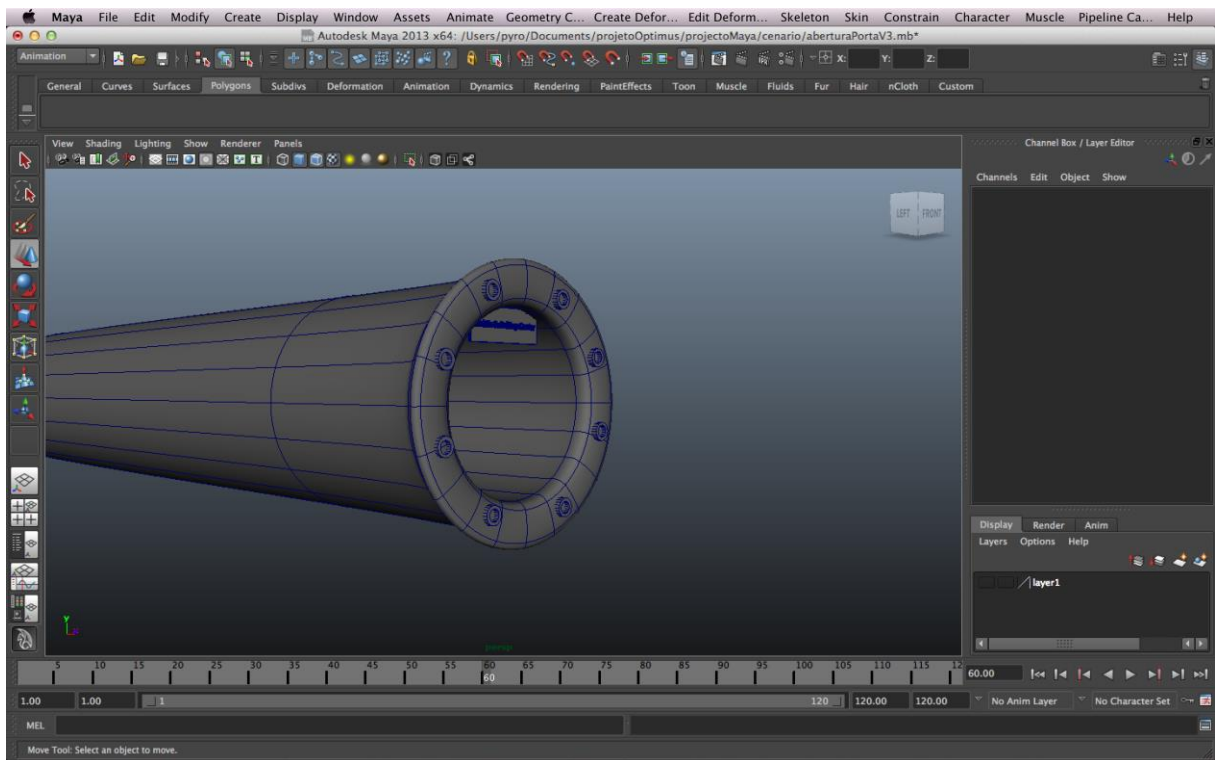


Figura 59 – Representação da estrutura visual obtida nas primeiras fases da modelação dos tubos. Este modelo é a fusão das duas referências pesquisadas: a velocidade de transmissão de informação ligado à referência da abertura da série “Futurama” e a robustez e resistência dos tubos da Central de Informação da Google.

(v) A modelação de luzes, com o objetivo de complementar visualmente os diversos objetos que eram descartados. Estas luzes estavam posicionadas em locais estratégicos e serviram de apoio visual à animação, onde exprimiam a validação ou eliminação nos determinados processos de decisão. Caso estes objetos fossem desviados do percurso principal, estes seguiam por rotas alternativas. A utilização das luzes ao longo da animação garantiu uma melhor perceção dos processos, dando um *feedback* adicional dos momentos de decisão ao espectador. As luzes foram modeladas com uma grelha metálica adicional. As luzes eram coloridas de verde, caso a sua passagem fosse validada no processo específico, e de vermelho, caso os objetos não fossem autorizados (ver figura 60). As luzes foram criadas, tendo como base artística, as imagens de referências. Estas foram colocadas no *software Maya 2012*, através da ferramenta «View – Image Plane», de modo a obter uma melhor noção das proporções e forma das luzes de referência, apelando às ferramentas de suporte «Edit Mesh – Extrude».

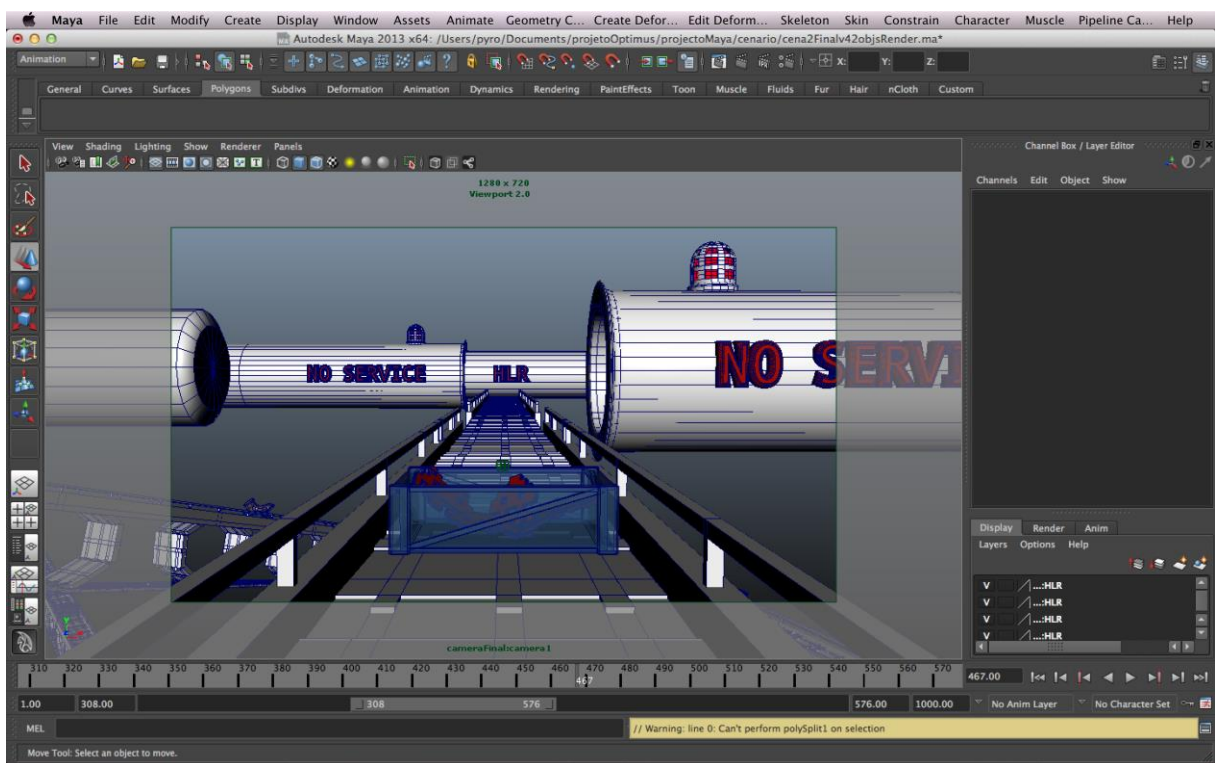


Figura 60 – Representação da estrutura visual obtida na fase de modelação das luzes. Nesta figura, as luzes aqui exibidas estão coloridas de vermelho para reproduzir a ausência de serviço para o objeto que está a mover-se.

Relativamente aos textos que aparecem durante a curta-metragem para identificar os processos, estes foram originados com recurso à ferramenta «*Create – Text*», que permite gerar determinadas geometrias, através da introdução do texto pretendido. Neste caso específico, o texto a adicionar era o carácter da moeda europeia, o euro (€) – visualizar a figura 61.

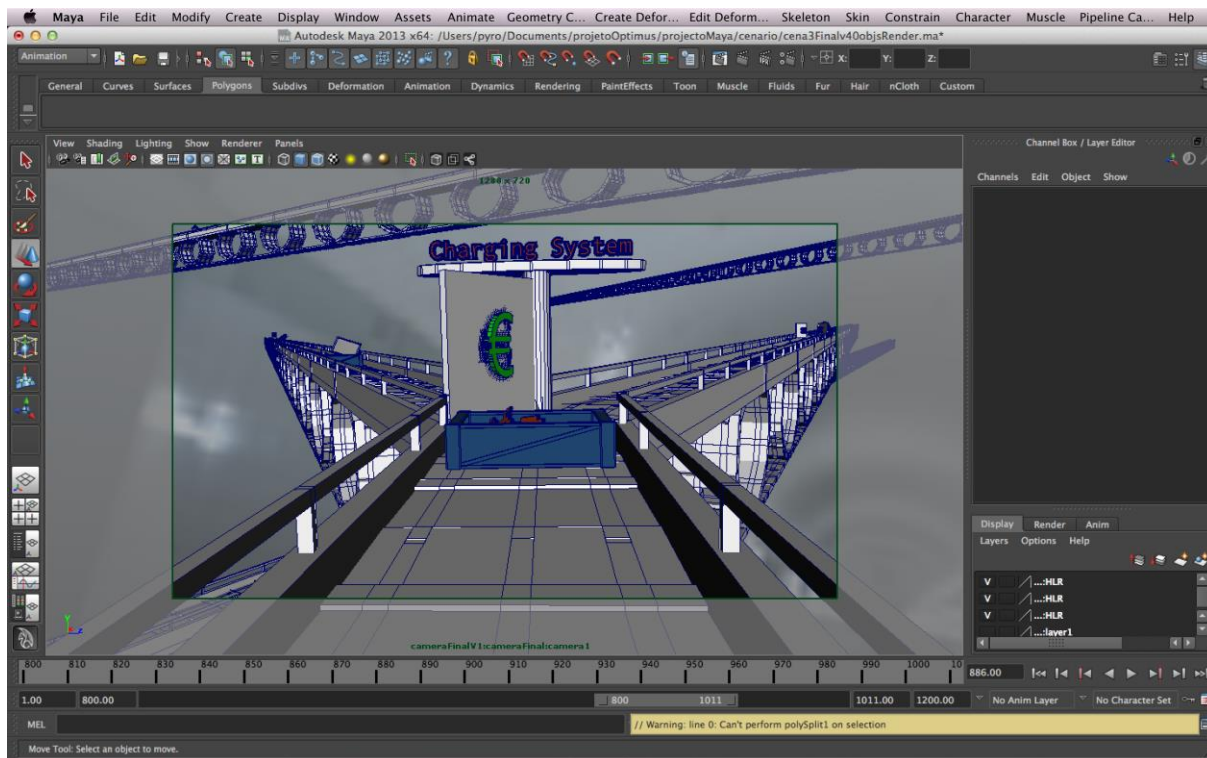


Figura 61 – Representação da estrutura visual obtida na fase da modelação dos textos. Nesta figura está representada a fração inserida no processo de taxação do serviço, onde é observado o carácter da moeda europeia (€).

### 3.2.2 Fase de animação

Concluída a fase de modelação, com base nas das referências inicialmente pesquisadas, surgiu uma nova etapa: dar vida aos modelos criados, ou seja, animar os modelos produzidos na fase de modelação (subcapítulo Produção, ponto 3.2.1).

Os testes de animação anteriormente realizados (rever subcapítulo Pré-produção, ponto 3.1.7) permitiram compreender a abordagem que se deveria adotar em relação ao movimento dos objetos, e como este iria oscilar ao longo da animação. Tal como no ponto referido anteriormente, foi testado o movimento das passadeiras. Assim, estes testes demonstraram-se fundamentais para a animação propriamente dita: os resultados dos testes efetuados revelaram o modo como os objetos se comportam quando caem sob as passadeiras.

Com o intuito de reformular estes movimentos concisos, os objetos foram animados através de curvas de animação, com o comando «*Window – Animation Editors – Graphs Editor*». O objetivo da aplicação deste comando era reproduzir a queda dos diversos objetos, recorrendo às suas rotações e translações. Além da queda dos objetos, também foi reproduzido o seu percurso ao longo das passareiras, até chegar ao último processo (figura 62).

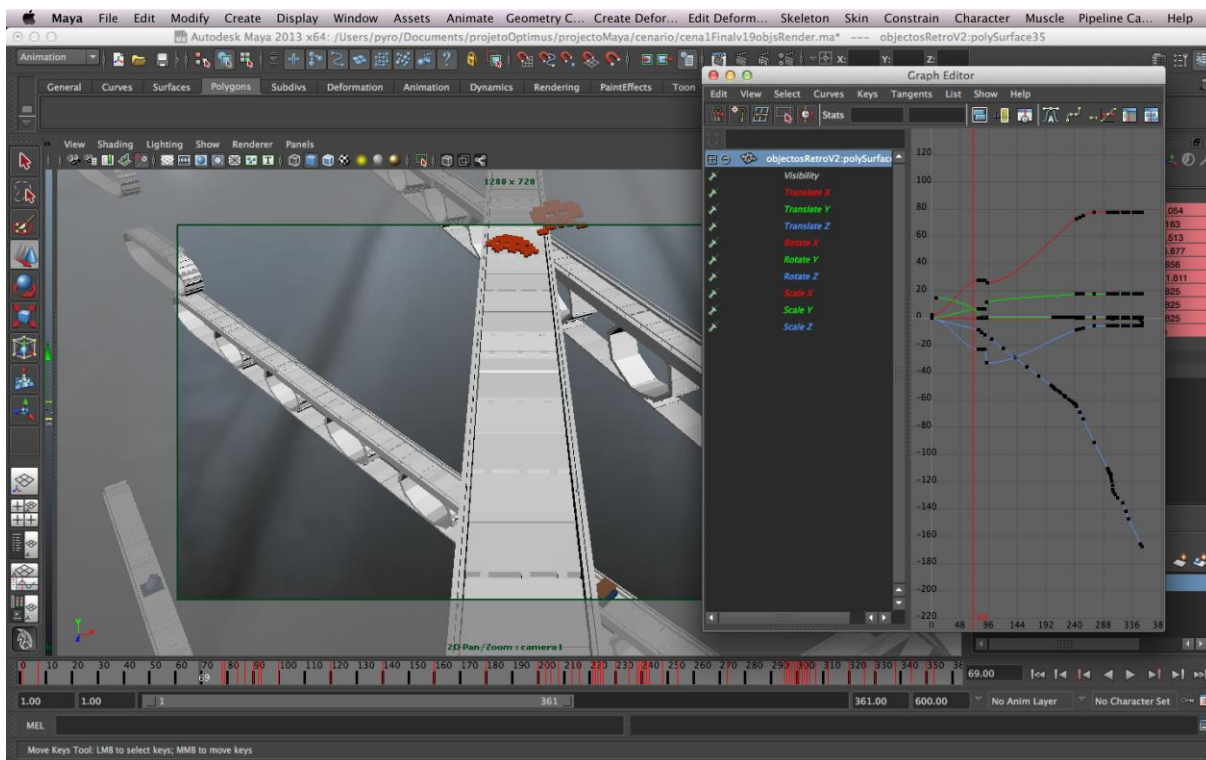


Figura 62 – Representação obtida na fase da queda dos objetos. No lado direito da figura pode observar-se o *Graph Editor*, que permite animar cada objeto individualmente. Aqui, está exibida a emulação da queda sob a passareira dos objetos principais da curta-metragem produzida – os ícones do *Space Invaders*.

Para além do movimento dos objetos ao longo das passareiras e o modo como estes interagem ao longo do percurso com os diferentes processos, o autor da presente dissertação decidiu dinamizar o cenário. Para que conseguisse alcançar este objetivo, optou-se por animar individualmente cada passareira, onde a entrada de cada uma construída, de uma forma dinâmica e interessante, o cenário de toda a curta-metragem. A montagem do cenário, resultante desta mecânica visual, teve como propósito a cativação do espetador durante as cenas do interior da fábrica.

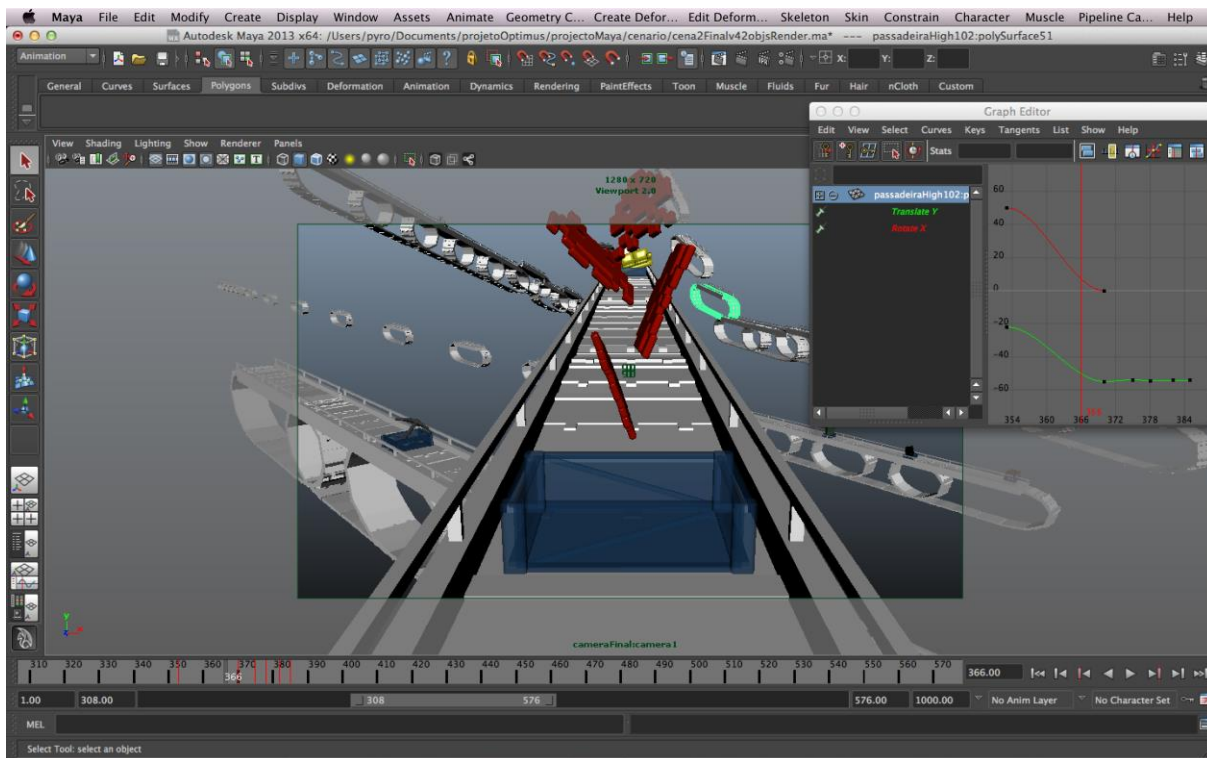


Figura 63 – Representação do resultado visual obtido com a interação entre as passareiras constituintes do cenário. Aqui é possível observar-se a dinamização alcançada com a constante montagem de passareiras – de destacar os constituintes da linha de montagem, ainda a encaixar-se no fundo da figura. No lado direito da figura pode observar-se o *Graph Editor*, que permite animar cada objeto individualmente. Aqui, a animação incidiu sobre a dinâmica alcançada por cada passareira.

Para finalizar a animação dos diversos objetos constituintes do interior da fábrica, foi necessário animar os processos inerentes ao envio de uma mensagem escrita, dentro da antena (processos descritos na figura 41), e a sua interação com os objetos. Na figura 64 está representado um dos exemplos produzidos pelo autor da presente dissertação.

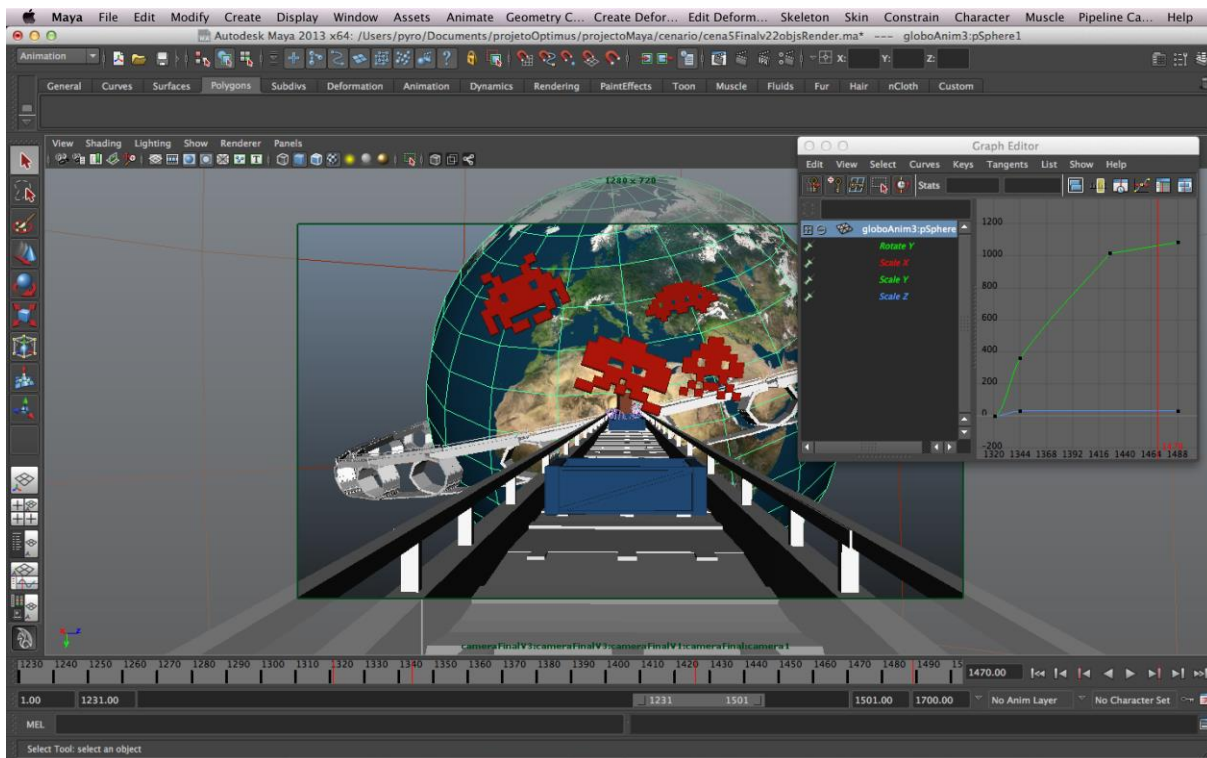


Figura 64 – Representação do resultado visual obtido com a interação do globo. Aqui é possível observar-se a dinamização alcançada com o aumento e diminuição das dimensões do globo e o movimento das passadeiras, já descrito anteriormente. No lado direito da figura pode observar-se o *Graph Editor*, que permite animar o globo, consoante o referido anteriormente.

Todo o processo de animação foi concluído com a animação da fase de envio da mensagem. Esta é constituída por uma mão, um telemóvel e os ícones do Space Invaders (os constituintes da mensagem escrita). De um modo simplista, a cena expõe a mão a interagir com o telemóvel, escrevendo uma mensagem escrita simples, *Yeah sure*, e representada pelos ícones já referidos. O processo de envio é exibido como a viagem destes ícones pela cidade.

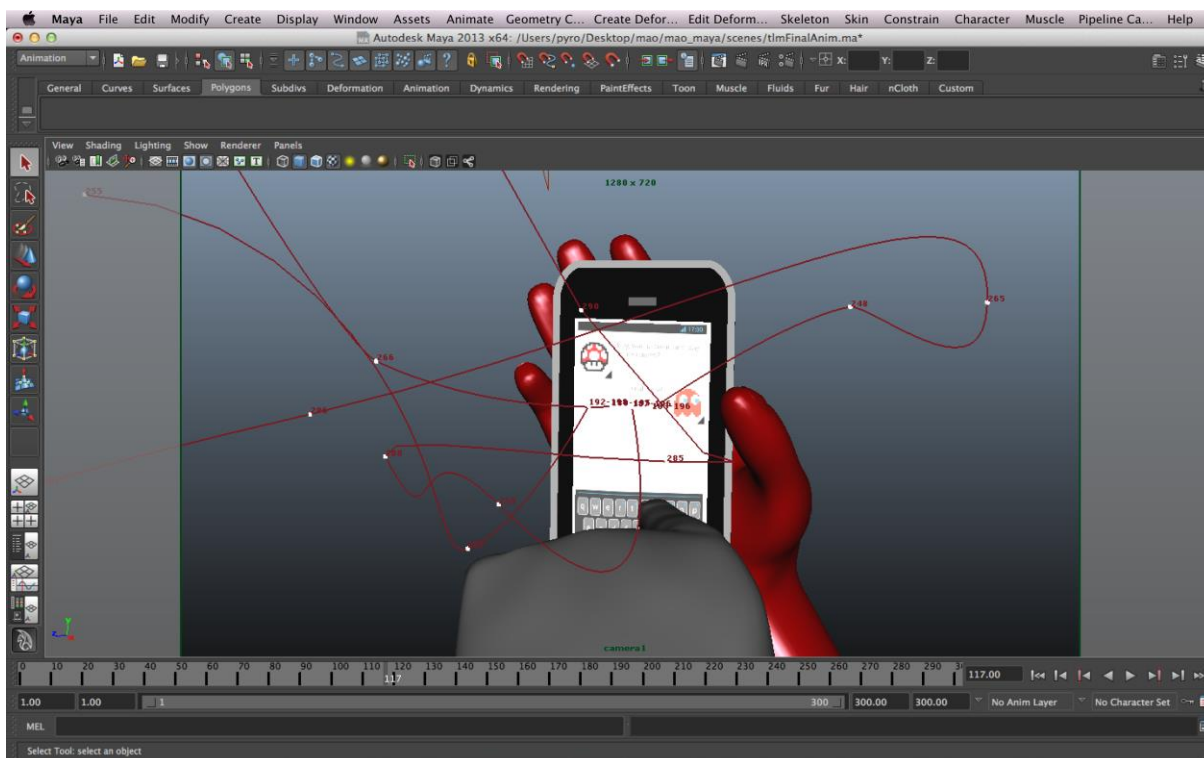


Figura 65 – Representação da animação obtida com a interação entre a mão e o telemóvel. Aqui é possível observar-se o movimento do dedo no telemóvel, representado a escrita de uma mensagem. O envio da mensagem propriamente dita, está exposto pelas linhas a vermelho, que representam o trajeto do conteúdo da mensagem, desde que sai do telemóvel até ao ecrã.

### 3.2.3 Iluminação

Esta fase consiste na coloração dos objetos, recorrendo à iluminação e a materiais apelativos para conferir um determinado estilo à animação. Neste caso específico, o objetivo era atribuir características típicas da técnica visual *Cel shading*, já referida nesta dissertação.

Tal como já foi mencionado, as três entidades envolvidas nesta curta-metragem reuniam-se semanalmente. Numa dessas reuniões, o tema discutido foi o aspeto visual a conceder ao trabalho realizado. Os alunos Sérgio Conceição e Diogo Monteiro sugeriram o *Cel shading* (rever subcapítulo 1.2 para mais detalhe). Contudo, os responsáveis pela empresa de telecomunicações Optimus preferiram outro estilo visual, onde os constituintes da animação fossem retratados de um modo mais realista e limpo. Assim, a pesquisa realizada durante o período antecedente, aqui retratado pelo capítulo 2 (Estado de Arte) e subcapítulo 3.1 (Pré-produção) tornou-se desadequada para o novo plano visual delineado. As novas referências visuais para a iluminação estão representadas na figura 66.

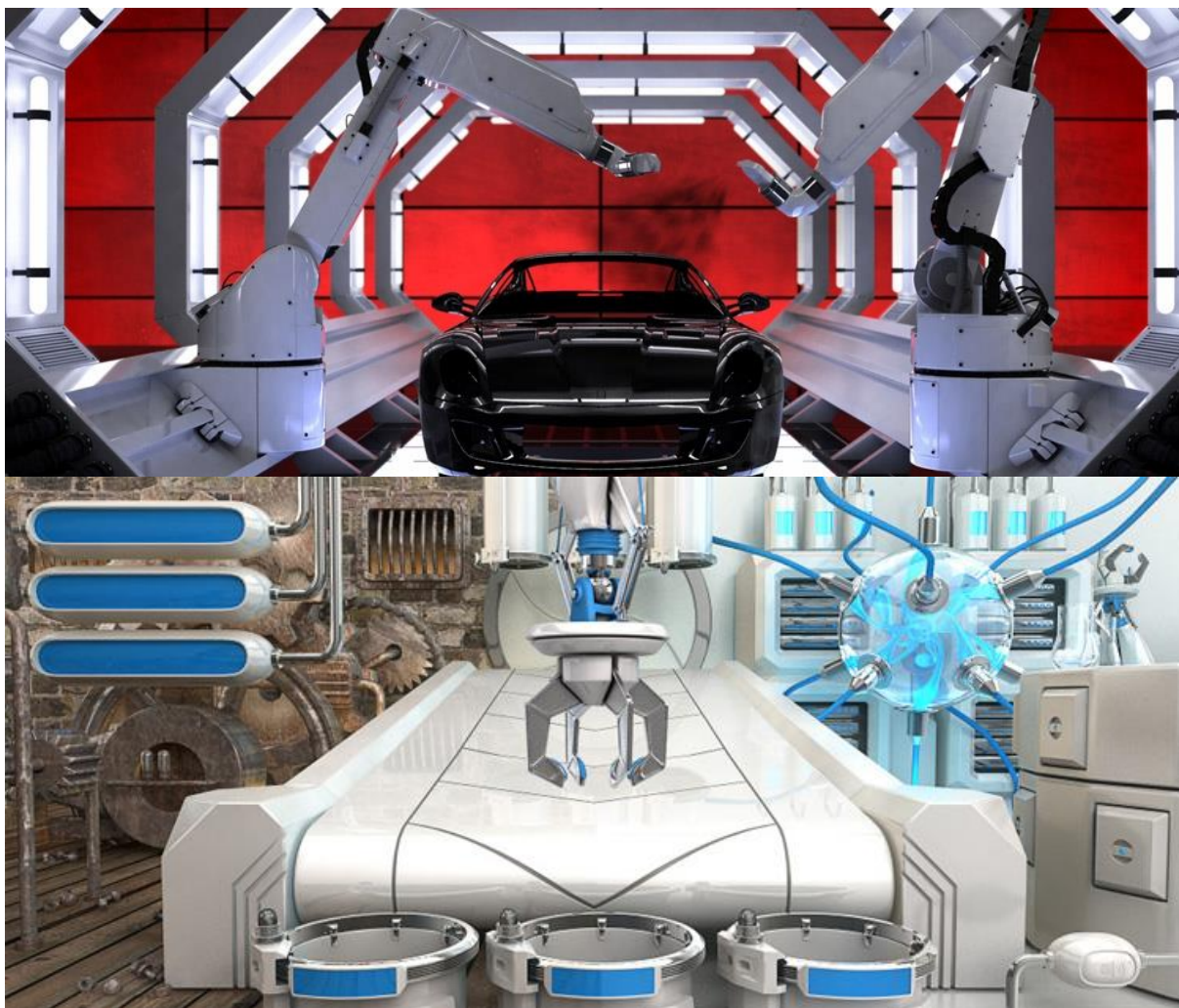


Figura 66 – Referências visuais pesquisadas para a iluminação. Estas foram pesquisadas devido à rejeição da técnica visual *Cel shading* pelos representantes da empresa de telecomunicações Optimus. Assim, a estética visual escolhida era composta por elementos mais realistas e espelhados.

O tempo dispensado para o estudo sobre o novo estilo pretendido pelos autores da curta-metragem de animação era muito curto, logo, e por sugestão de um dos professores responsáveis pela produção da curta-metragem, o Professor Ricardo Megre, recorreu-se à técnica de *High Dynamic Range Imaging (HDRi)*. Este processo consiste na utilização de uma imagem, que contém uma enorme gama dinâmica de cores, entre o ponto mais claro e o ponto mais escuro de uma determinada imagem. Deste modo, é adquirida uma iluminação característica do local onde foi obtida a fotografia, o que permite iluminar cenas empregando a informação de contraste duma determinada *HDRi*. Como a fonte de luz provém de uma fotografia, as renderizações obtidas, tendem a ser mais foto-realistas que quando são utilizados outros processos de iluminação tradicional. Para conseguir este efeito, pesquisaram-

se diversas imagens *HDRi*, de modo a adquirir várias opções que se adaptassem ao estilo fabril pretendido para retratar os processos descritos no interior da antena.



Figura 67 – Referências de *High Dynamic Range Imaging (HDRi)*. A segunda imagem foi utilizada para iluminar as cenas do interior da antena, de modo a representar a iluminação aqui retratada.

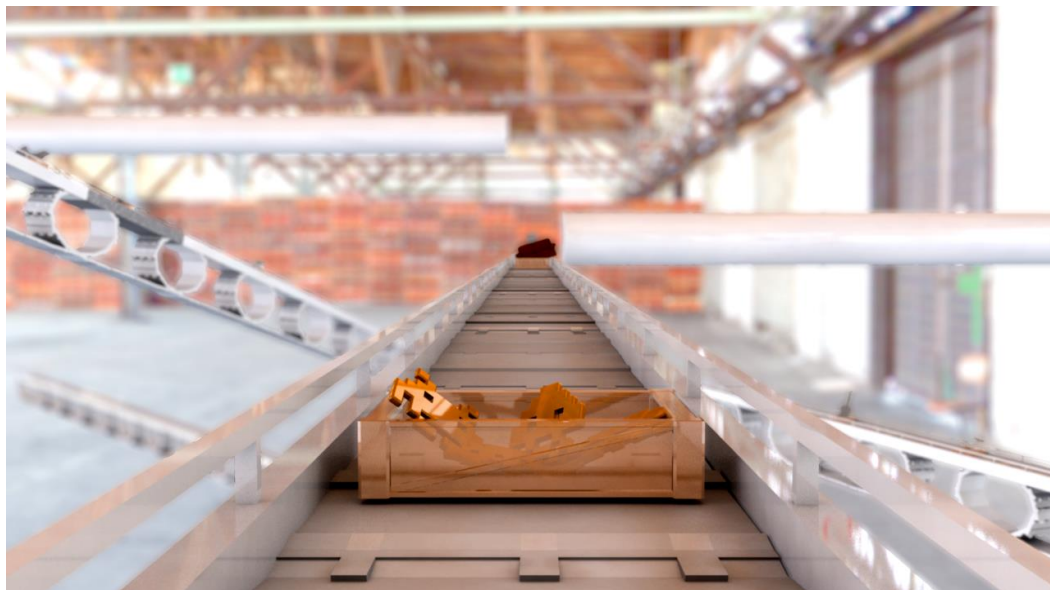


Figura 68 – Representação do primeiro teste realizado com a imagem *HDRi* retratada na figura anterior, colocada na parte superior desta. Embora a iluminação aqui exibida fosse do agrado de ambos os autores, estes tencionavam tonalidades mais frias, típicas de locais tecnológicos; e consideraram que este fundo não se adequava à metáfora que estes pretendiam transmitir.

Após várias tentativas e renderizações, recorrendo a diversas imagens *HDRi*, os autores alcançaram um resultado aceitável para todas as entidades envolvidas (ver figura 69).

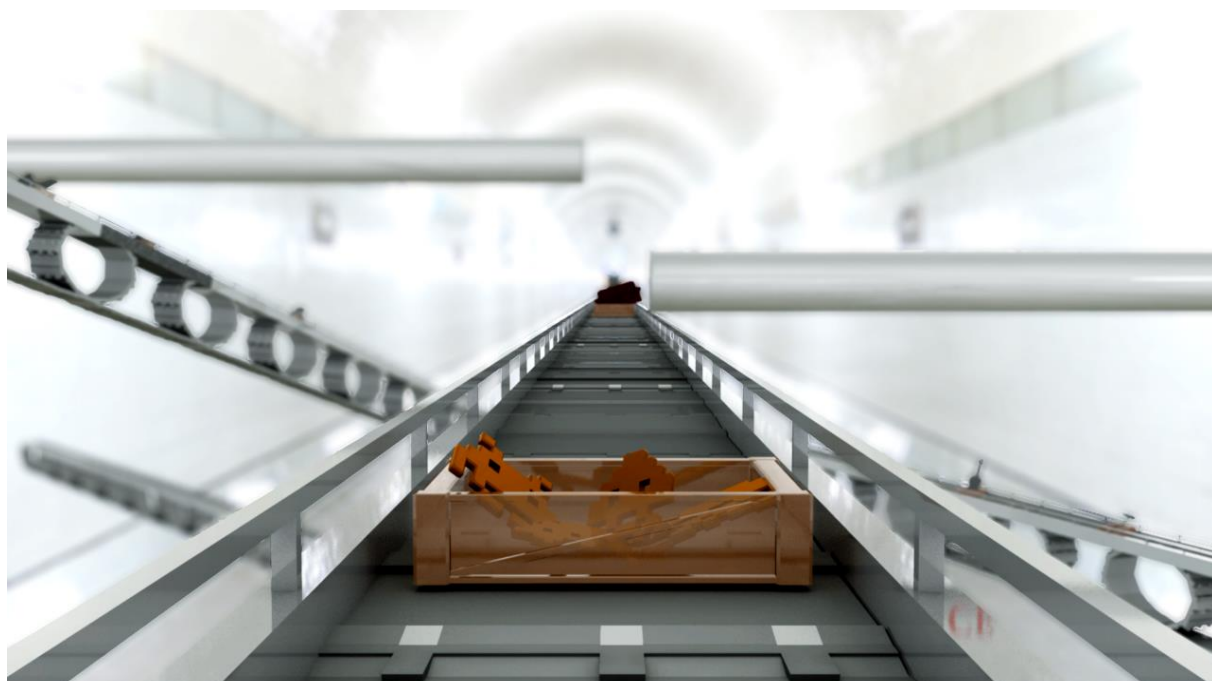


Figura 69 – Representação da iluminação final conferida ao interior da fábrica. Esta é composta por tonalidades mais acinzentadas, típicas de locais e materiais tecnológicos e com um fundo que se assemelha a um túnel. Assim, garantiu-se um aspeto visual final que se adequava à premissa a transmitir.

### **3.3 Pós-produção**

A fase de Pós-produção consistiu na correção de alguns fatores, como: a cor, adição de profundidade de campo (focagem e desfocagem), adição de informação adicional sobre a forma de textos e símbolos, entre outros; tendo-se recorrido ao *software* Adobe After Effects para essas alterações. Esta fase foi da responsabilidade do colega de trabalho Diogo Monteiro. O presente autor apenas direcionou o colega em algumas situações muito específicas, como acertos de tonalidades e profundidade de campo, de modo a garantir uma coesão ao longo de toda a curta-metragem (interior e exterior da antena).

A montagem de todas as sequências foi efetuada num programa de edição de vídeo, o Adobe Premiere.

#### 4 Conclusão e perspectivas futuras

O tema de estudo apresentado na presente dissertação foi proposto pelo autor, devido à sua preferência por estilos visuais mais tradicionais. Assim, a técnica *Cel shading* foi a pretendida para a sua curta-metragem de animação. Para tal, o autor elaborou-se uma contextualização histórica, onde primariamente se apresenta a evolução de toda a animação: é referenciada a utilização dos celuloides nos primórdios da animação, onde se recorria à sua pintura manual individualmente. Com a evolução da tecnologia, ocorreu um progresso nas técnicas de animação, de onde se destacam a xerografia e o CAPS, um sistema computacional que permitia a coloração rápida e fácil dos celuloides. A técnica visual *Cel shading* é caracterizada pelo contornos dos objetos e utiliza tonalidades mais escuras de determinadas cores para induzir as sombras dos objetos. Atualmente, esta técnica está presente em diversos tipos de indústrias, de onde se destaca a indústria cinematográfica e de videojogos. Visto ser uma técnica que se reproduz facilmente, quando esta é aplicada em videojogos, não é requerido uma elevada capacidade de processamento, quando comparada com outros estilos mais realistas. Em suma, devido às suas características, atualmente o *Cel shading* está presente em diversas séries televisivas (como os “Simpsons” ou “Family Guy”) e em videojogos (“The Legend of Zelda”).

O desenvolvimento da curta-metragem de animação para a empresa de telecomunicações Optimus permitiu um contato direto com um cliente real, ilustrando as complexidades inerentes ao mercado de trabalho. Contudo, as reuniões semanais conferiram à curta-metragem apresentada diversos pontos positivos: o constante *feedback*, quer por parte dos representantes da empresa, quer dos professores que acompanharam o trabalho desenvolvido, conferiu uma maior qualidade no produto final. Embora estas reuniões tivessem sido bem recebidas por parte do autor, estas tornaram o projeto final mais complexo, devido às constantes exigências por parte da empresa Optimus.

Tal como referido durante esta dissertação, embora o tema proposto e desenvolvido para este documento fosse a técnica visual *Cel shading*, o cliente (aqui representada por dois colaboradores) selecionou um estilo visual mais realista. Assim, a técnica eleita não foi aplicada ao projeto final. Ainda assim, a escolha deste tema proporcionou ao autor um enriquecimento cultural sobre a história e evolução da animação, e quais as principais aplicações da técnica *Cel shading* nas diferentes áreas. Logo, a presente dissertação

proporcionou uma vasta compreensão sobre este tema, algo que poderá ser uma mais-valia para o futuro, devido à especificidade deste estilo visual.

Considera-se que o resultado final da curta-metragem de animação desenvolvida foi satisfatório. O maior dilema encontrado foi a conceção de metáforas visuais para simular processos tecnológicos, que apenas ocorrem num mundo virtual. Ainda assim, esta foi uma experiência única, muito enriquecedora e motivacional, que levará consigo para o futuro.

Para os próximos alunos desta disciplina, sugere-se que os temas escolhidos para a realização da dissertação sejam selecionados posteriormente ao desenvolvimento do tema e especificidades da disciplina de Projeto Final. Desta forma, os futuros alunos não teriam o mesmo infortúnio que o autor, pois a sua dissertação não tem interligação com o seu projeto final.

## 5 Referências Bibliográficas

- Animator Mag (Editor), 1987. “The animation cel story”, Animator, 21. Acedido em <http://www.animatormag.com/archive/issue-21/issue-21-page-11> a 14 de Janeiro de 2013.
- Bendazzi, G., 1995. “Cartoons: One Hundred Years of Cinema Animation”, Indiana University Press, 540 págs.
- Brothers, W., Friedwald, W., Beck, J., 2001. “Warner Bros. Animation Art”, DC NTS Rush.
- Canemaker, J., 1999. “Paper Dreams: The Art And Artists Of Disney Storyboards”, Disney Editions. Acedido em a 14 de Janeiro de 2013.
- Clark, B., 1992. “The history of the animation cel”, Animator, 29. Acedido em <http://www.animatormag.com/archive/issue-29/issue-29-page-20/> a 14 de Janeiro de 2013.
- Culhane, J., Disney, R. E., 2010. “Fantasia 2000: Visions of Hope”, Hyperion Books.
- Danner, S. M. e Winklhofer, C. J., 2008. “Cartoon Style Rendering”. Relatório técnico, Universidade Técnica de Viena. Acedido em <http://www.cg.tuwien.ac.at/courses/Seminar/WS2007/comicstyle.pdf> a 14 de Janeiro de 2013.
- Dobson, N., 2009. “Historical Dictionary of Animation and Cartoons (Historical Dictionaries of Literature and the Arts)”, Scarecrow Press. Acedido em a 14 de Janeiro de 2013.
- Fenlon, W., 2012. “2D Animation in the Digital Era: Interview with Japanese Director Makoto Shinkai”. Acedido em <http://www.tested.com/art/movies/442545-2d-animation-digital-era-interview-japanese-director-makoto-shinkai/> a 14 de Janeiro de 2013.
- Gold and Associates, Ltd., 1995. The Art of Disney and Sotheby’s: Animation Magazine.
- Green, H., 2008. “Marvel Comic Style Animation”. Relatório técnico apresentado na Universidade de Bournemouth, Reino Unido. Acedido a [http://ncca.bournemouth.ac.uk/gallery/files/innovations/2008/Green\\_Harry\\_422/hgreen.pdf](http://ncca.bournemouth.ac.uk/gallery/files/innovations/2008/Green_Harry_422/hgreen.pdf) em 14 de Janeiro de 2013.

- Gustafsson, J., 2008. “Automatic Technical Illustration Based on Cartoon Shading Principles”. Tese de mestrado em Ciências Computacionais apresentada na Escola de Inovação, Design e Engenharia, na Universidade de Mälardalen, Suécia. Acedido em <http://www.idt.mdh.se/utbildning/exjobb/files/TR0736.pdf> a 14 de Janeiro de 2013.
- Halper, N., Mellin, M., Hermann, C., Linneweber, V., Strothotte, T., 2003. “Psychology and Non-Photorealistic Rendering: The beginning of a beautiful relationship”, *Mensch und Computer*. Acedido em <http://www-e.uni-magdeburg.de/sozpsy/Psychol&NPR.pdf> a 14 de Janeiro de 2013.
- Laybourne, K., 1998. “The Animation Book”, Crown Publications. Acedido em a 14 de Janeiro de 2013.
- Lennox, O., 2011. “*Cel shading*: the Unsung Hero of Animation?”. Acedido em <http://www.animatormag.com/computer/cel-shading-hero-animation/> a 14 de Janeiro de 2013.
- Masuch M. e Röber, N., 2005. “Game Graphics Beyond Realism: Then, Now, and Tomorrow”. Acedido em <http://www.digra.org/dl/db/05150.48223> a 14 de Janeiro de 2013.
- Miramax e Schilling, M., 1999. “Princess Mononoke: The Art and Making of Japan's Most Popular Film of All Time”, Miramax Books.
- Pederson, J. P., 2000. “International directory of company histories, Volume 34”, St. James Press, 730 págs.
- Rautek, P., Bruckner, S., Gröller, E., Viola, I., 2008. “Illustrative Visualization – New Technology or Useless Tautology?”. Acedido em <http://www.siggraph.org/publications/newsletter/volume-42-number-3/illustrative-visualization-2013-new-technology-or-useless-tautology/?searchterm=toon%20shading> a 14 de Janeiro de 2013.
- Scott-Baron, H., 2006. “Manga Clip Art: Everything You Need to Create Your Own Professional-Looking Manga Artwork”, Andrews McMeel Publishing. Acedido em a 14 de Janeiro de 2013.
- Scott-Baron, H., Patmore, C., Li, C. H., 2006. “Complete Guide to Anime Techniques: Create Mesmerizing Manga-style Animation with Pencils, Paint, and Pixels”, Barron's Educational Series. Acedido em

[http://books.google.pt/books/about/Complete\\_Guide\\_to\\_Anime\\_Techniques.html?id=yR03AQAIAAJ&redir\\_esc=y](http://books.google.pt/books/about/Complete_Guide_to_Anime_Techniques.html?id=yR03AQAIAAJ&redir_esc=y) a 14 de Janeiro de 2013.

Solomon, C., 1994. *Enchanted Drawings: The History of Animation*: Random House Value Publishing.

Spindler, M., Röber, N., Döhring, R., Masuch, M., 2006. “Enhanced Cartoon and Comic Rendering. Eurographics”. Acedido em [http://www.isg.cs.uni-magdeburg.de/~spindler/paper/EG2006\\_comic/eg2006\\_comic.pdf](http://www.isg.cs.uni-magdeburg.de/~spindler/paper/EG2006_comic/eg2006_comic.pdf) a 14 de Janeiro de 2013.

Thomas, B. e Graham, D., 1958. “The Art of Animation: The Story of the Disney Studio Contribution to a New Art”, Golden Press and Walt Disney Productions. Acedido em a 14 de Janeiro de 2013.

Thomas, F. e Johnston, O., 1981. “The Illusion of Life”, Walt Disney Productions 1ª Edição, 548 páginas.

White, T., 2009. “How to Make Animated Films: Tony White's Complete Masterclass on the Traditional Principals of Animation”, Focal Press. Acedido em a 14 de Janeiro de 2013.

Williams, R., 2002. “The Animator’s Survival Kit, a manual of methods, principles and formulas for classic, computer, games, stop motion and Internet animations”, Faber & Faber, 1ª Edição.

## 5.1 Webgrafia

Computer History Museum (Realizador), 2005. Acedido em <http://www.youtube.com/watch?v=YjSExqtiIyg> a 14 de Janeiro de 2013.

Discovery Science (Realizador). Acedido em <http://www.youtube.com/watch?v=LzZwiLUVaKg> a 14 de Janeiro de 2013.

## 5.2 Créditos de figuras

4. Imagem retirada de: [http://www.awn.com/files/imagepicker/35/johnston-irongiant01\\_IronGiant.jpg](http://www.awn.com/files/imagepicker/35/johnston-irongiant01_IronGiant.jpg), disponível a 29 dezembro de 2012.
5. Imagem retirada de: [http://secretoptionf.files.wordpress.com/2009/09/tf2cell\\_008.jpg](http://secretoptionf.files.wordpress.com/2009/09/tf2cell_008.jpg), disponível a 29 de dezembro de 2012.
6. Imagem retirada de: [http://cdn.wegotthiscovered.com/wp-content/uploads/nes\\_super\\_mario\\_bros.png](http://cdn.wegotthiscovered.com/wp-content/uploads/nes_super_mario_bros.png), disponível a 29 de dezembro de 2012.
7. Imagem retirada de: <http://www.superdownloads.com.br/imagens/telas/space-invaders-windows-41232,2.jpg>, disponível a 29 de dezembro de 2012.
8. Imagem adaptada de: <http://www.cse.unr.edu/~mahsman/courses/cs791a/full.png>, disponível a 29 de dezembro de 2012.
9. Imagens retiradas e adaptadas de: Scott-Baron, 2006, disponíveis a 19 de dezembro de 2012.
10. Imagem retirada de: [http://games.softpedia.com/screenshots/Naruto-Shippuden-Ultimate-Ninja-Storm-2-Project-Sizzle-Trailer\\_3.jpg](http://games.softpedia.com/screenshots/Naruto-Shippuden-Ultimate-Ninja-Storm-2-Project-Sizzle-Trailer_3.jpg), disponível a 29 de março de 2013.
11. Imagem retirada e adaptada de: Gustafsson, 2008.
12. Imagem retirada de: <http://www.weirdwildrealm.com/filmimages/iwerks-skeleton-dance.jpg>, disponível a 29 de dezembro de 2012.
13. Imagem retirada de: [http://fest07.sffs.org/i/stills/main/films/snow\\_white.jpg](http://fest07.sffs.org/i/stills/main/films/snow_white.jpg), disponível a 29 de dezembro de 2012.
14. Imagem retirada de: [http://art-zone.ro/poze/mari/Micutul\\_Pinochio\\_Si\\_Greierasul\\_big.jpg](http://art-zone.ro/poze/mari/Micutul_Pinochio_Si_Greierasul_big.jpg), disponível a 29 de dezembro de 2012.
15. Imagem retirada de: [http://3.bp.blogspot.com/\\_bxVZ7GvshNg/TD9TRMLt7jI/AAAAAAAAADSE/6vP0NC7dVHA/s1600/Old+Macdonald+Duck+1.jpg](http://3.bp.blogspot.com/_bxVZ7GvshNg/TD9TRMLt7jI/AAAAAAAAADSE/6vP0NC7dVHA/s1600/Old+Macdonald+Duck+1.jpg), disponível a 29 de dezembro de 2012.
16. Imagem retirada de: <http://images.wikia.com/disney/images/9/91/MulanII-9.jpg>, disponível a 29 de dezembro de 2012.
17. Imagem retirada de: <http://i.imgur.com/ydCit.jpg>, disponível a 29 de dezembro de 2012.

18. Imagens retiradas de: <http://www.youtube.com/watch?v=dRKWRMbTvWs>, disponível a 27 de abril de 2013.
19. Imagem retirada de: [http://farm4.static.flickr.com/3047/3112201825\\_eeaa9ea1f1.jpg](http://farm4.static.flickr.com/3047/3112201825_eeaa9ea1f1.jpg), disponível a 29 de dezembro de 2012.
20. Imagem retirada de: <http://parksandresorts.wdpromedia.com/media/disneyparks/blog/wp-content/uploads/2010/08/ip000222LARGE.jpg>, disponível a 29 de dezembro de 2012.
21. Imagem retirada de: <http://www.premieranimation.com/media/s059white.jpg>, disponível a 29 de dezembro de 2012.
22. Imagens retiradas de: [http://www framersworkshop.com/Animationcels/mermaid\\_d.jpg](http://www framersworkshop.com/Animationcels/mermaid_d.jpg) e [http://www framersworkshop.com/Animationcels/mermaid\\_e.jpg](http://www framersworkshop.com/Animationcels/mermaid_e.jpg), disponível a 29 de dezembro de 2012.
23. Imagens retiradas de: <http://www.cartoonbrew.com/wp-content/uploads/snowwhitecel.jpg>; <http://image0-rubylane.s3.amazonaws.com/shops/seasideartgallery/385.1L.jpg>; <http://www.animationsensations.com/media/catalog/product/cache/1/image/9df78eab33525d08d6e5fb8d27136e95/d/a/dalm18.jpg> e [http://media.liveauctiongroup.net/i/9646/10499304\\_1.jpg?v=8CE70FE1389F130](http://media.liveauctiongroup.net/i/9646/10499304_1.jpg?v=8CE70FE1389F130), disponíveis a 30 de março de 2013.
24. Imagens retiradas de: <http://www.tooncity.net/PeterPerfectLARGE.jpg>, <http://www.tooncity.net/ClydeWackyRacersLARGE.jpg>, <http://www.tooncity.net/GruesomesWackyRacersLARGE.jpg> e <http://www.tooncity.net/ChuggaBugLARGE.jpg>, disponíveis a 29 de dezembro de 2012.
25. Imagem retirada de: <http://disneydetail.files.wordpress.com/2012/03/vlcsnap-2012-03-29-20h03m20s101.png>, disponível a 29 de dezembro de 2012.
26. Imagem retirada de: [http://cineplex.media.baselineresearch.com/images/283995/283995\\_large.jpg](http://cineplex.media.baselineresearch.com/images/283995/283995_large.jpg), disponível a 29 de dezembro de 2012.
27. Imagem retirada de: <http://2.bp.blogspot.com/-gEt78mYHVWM/T71ImLw-5ZI/AAAAAAAAABqs/WFV5GK-soCI/s1600/Princess+Mononoke+1.jpg>, disponível a 29 de dezembro de 2012.

28. Imagem retirada de: [http://cineplex.media.baselineresearch.com/images/283995/283995\\_large.jpg](http://cineplex.media.baselineresearch.com/images/283995/283995_large.jpg), disponível a 29 de dezembro de 2012.
29. Imagem retirada de: <http://3xr-ani.me/images/appleseed/appleseed/appleseed-720-01.png>, disponível a 29 de dezembro de 2012.
30. Imagem retirada de: <http://www.movpins.com/big/MV5BMTkwMjgyODIwN15BMl5BanBnXkFtZTcwMDMzOTAyNw/fantasia2000-large-picture.jpg>, disponível a 29 de dezembro de 2012.
31. Imagem retirada de: [http://mashtosebuttons.com/gallery/borderlands-2-screenshots-09282012/bl2\\_charactercustomization.jpg](http://mashtosebuttons.com/gallery/borderlands-2-screenshots-09282012/bl2_charactercustomization.jpg), disponível a 29 de dezembro de 2012.
32. Imagens retiradas de: [http://www.supermanartists.comics.org/superart/superman013a\\_03s.jpg](http://www.supermanartists.comics.org/superart/superman013a_03s.jpg), [http://1.bp.blogspot.com/\\_bB\\_o9WVSr9A/TSIgVnYqL5I/AAAAAAAAAC9Y/LGQWVwUnYxM/s1600/asterix7.jpg](http://1.bp.blogspot.com/_bB_o9WVSr9A/TSIgVnYqL5I/AAAAAAAAAC9Y/LGQWVwUnYxM/s1600/asterix7.jpg) e <http://i19.mangareader.net/akira/1/akira-2243263.jpg>, disponíveis a 20 de junho de 2013.
33. Imagem retirada de: [http://www.wired.com/images/article/magazine/1512/ff\\_futurama3\\_630.jpg](http://www.wired.com/images/article/magazine/1512/ff_futurama3_630.jpg), disponível a 29 de dezembro de 2012.
34. Imagem retirada de: <http://cdn.pastemagazine.com/www/articles/jet%20set%20radio%20main.jpg?1349123911>, disponível a 29 de dezembro de 2012.
35. Imagem retirada de: [http://img.gamefaqs.net/screens/1/c/0/gfs\\_50820\\_2\\_7.jpg](http://img.gamefaqs.net/screens/1/c/0/gfs_50820_2_7.jpg), disponível a 29 de dezembro de 2012.
36. Imagem retirada de: [http://gamerlimit.com/wp-content/uploads/2009/03/xiii\\_01.jpg](http://gamerlimit.com/wp-content/uploads/2009/03/xiii_01.jpg), disponível a 29 de Dezembro de 2012.
37. Imagem retirada de: <http://mgutierrez14.files.wordpress.com/2010/09/3-11-5b.jpg>, disponível a 29 de dezembro de 2012.
38. Imagem retirada de: <http://assets2.ignimgs.com/2001/11/17/celdamagegc1-256062.jpg>, disponível a 29 de dezembro de 2012.
40. Imagem retirada de: [http://garotasnerds.com/wp-content/uploads/2013/02/space\\_invaders\\_chess\\_set\\_1.jpg](http://garotasnerds.com/wp-content/uploads/2013/02/space_invaders_chess_set_1.jpg), disponível a 12 de maio de 2013.

43. Imagens retiradas de: <http://www.youtube.com/watch?v=3s86ST9v4B4&noredirect=1> e <http://www.animatormag.com/wp-content/uploads/2011/12/c-s-family-guy.jpg>, disponível a 12 de maio de 2013.
44. Imagem retirada de: <http://www.blogcdn.com/www.engadget.com/media/2012/10/google-datacenter-tech-05-1350479469.jpg>, disponível a 18 de outubro de 2012.
45. Imagem retirada de: [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/35/Pr%C3%A9dios\\_da\\_Rua\\_Marqu%C3%AAs\\_de\\_Abrantes.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/35/Pr%C3%A9dios_da_Rua_Marqu%C3%AAs_de_Abrantes.jpg), disponível a 17 de outubro de 2012.
46. Imagem retirada de um vídeo. Série televisiva “The Simpsons”, temporada 19, episódio 17.
47. Imagens retiradas de: <http://cfnewsads.thomasnet.com/images/large/537/537538.jpg> e <https://encrypted-tbn3.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQuNWNNeGFykG7a-IgzyOje8Yy7mxCNFtaFabnorZJVSzAlg3kuKPg>, disponíveis a 26 de outubro de 2012.
48. Imagens retiradas de: <http://i909.photobucket.com/albums/ac294/simonvinicius/ROCKNTECH2/vertrax.jpg> e [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/f/f5/Caterpillar\\_track\\_shingle.JPG/300px-Caterpillar\\_track\\_shingle.JPG](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/f/f5/Caterpillar_track_shingle.JPG/300px-Caterpillar_track_shingle.JPG), disponíveis a 15 de outubro de 2012.
49. Imagens retiradas de: <http://www.se51.net/wp-content/uploads/2011/02/stargateOpen.jpg> e [http://media.screened.com/uploads/0/4083/249003-2226524661\\_22.jpg](http://media.screened.com/uploads/0/4083/249003-2226524661_22.jpg), disponíveis a 20 de outubro de 2012.
50. Imagens retiradas de: [http://thumbs.dreamstime.com/thumblarge\\_88/11601552924NOQj3.jpg](http://thumbs.dreamstime.com/thumblarge_88/11601552924NOQj3.jpg) e [https://lh6.googleusercontent.com/-E88TpTOaIkM/TrmV5kqeDuI/AAAAAAAAADCU/gD6CQqUDUzc/s282/iStock\\_000003297871XSmall.jpg](https://lh6.googleusercontent.com/-E88TpTOaIkM/TrmV5kqeDuI/AAAAAAAAADCU/gD6CQqUDUzc/s282/iStock_000003297871XSmall.jpg), disponíveis a 28 de outubro de 2012.
51. Imagens retiradas de: <https://encrypted-tbn1.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQ0BiMB7z1HkbgIT4QHXXQ2HvQQ9bE0ftfEZgk3onMpz-77EgNV> e <http://www.blogcdn.com/www.engadget.com/media/2012/10/google-datacenter-tech-05-1350479469.jpg>, disponíveis a 19 de outubro de 2012.
52. Imagem retirada de: [http://admet.com/assets/test\\_type\\_banner\\_compression\\_400pxw.jpg](http://admet.com/assets/test_type_banner_compression_400pxw.jpg), disponível a 20 de outubro de 2012.
53. Imagem retirada de: <http://2.imimg.com/data2/OU/QG/HELLOTD-2006181/685113-250x250.jpg>, disponível a 3 de novembro de 2012.
54. Imagem retirada de: <http://www.begoodtoyourvw.com/static/main/img/dashboard-lights/flashers.jpg>, disponível a 16 de novembro de 2012.
55. Imagem retirada de: [http://3.bp.blogspot.com/-p3fC89T-D-E/TtM5jOxEzII/AAAAAAAAAB4/PzPp4nC9\\_70/s1600/p-ColumnWidth.jpg](http://3.bp.blogspot.com/-p3fC89T-D-E/TtM5jOxEzII/AAAAAAAAAB4/PzPp4nC9_70/s1600/p-ColumnWidth.jpg), disponível a 14 de novembro de 2012.

66. Imagens retiradas de: [http://www.centrescreen.co.uk/c/u/projects/Ferrari1\\_960\\_X\\_387-960x387.jpg](http://www.centrescreen.co.uk/c/u/projects/Ferrari1_960_X_387-960x387.jpg) e [https://d3qcduphvv2yxi.cloudfront.net/assets/5520984/view\\_large/FacroyLoft%20GROUND%2003.jpg?1336192747](https://d3qcduphvv2yxi.cloudfront.net/assets/5520984/view_large/FacroyLoft%20GROUND%2003.jpg?1336192747), disponíveis a 17 de Fevereiro de 2013.
67. Imagens retiradas de um *software*: Doch 3D HDRi.

## **6 Apêndice A**

CD do projeto final “Viagem de uma SMS”.