

Instituto Superior de Engenharia do Porto



# **Visualização e Manipulação de Informação em Ambientes 3D Imersivos**

**Filipe Augusto Dias Costa**

Dissertação submetida para obtenção do grau de Mestre em

**Engenharia Informática**

Área de Especialização em

**Sistemas Gráficos e Multimédia**

Orientador: Doutor João Paulo Jorge Pereira

Co-Orientador: Mestre António Abel Vieira de Castro

## **Júri**

Presidente:

Maria de Fátima Coutinho Rodrigues, Professora Coordenadora, ISEP

Vogais:

Filipe de Faria Pacheco Paulo, Professor Adjunto, ISEP

João Paulo Jorge Pereira, Professor Adjunto, ISEP

António Abel Vieira de Castro, Assistente, ISEP

Porto, Outubro de 2011



*À minha esposa que me motivou e ajudou a vencer este grande desafio*

*e às minhas filhas que são a fonte da minha inspiração*



# Agradecimentos

Ao meu Orientador, João Paulo Pereira, pelo seu apoio, disponibilidade, compreensão, paciência e confiança que sempre depositou em mim e no meu desempenho neste projecto.

Ao Mestre António Vieira de Castro, na qualidade de Co-orientador, pela sua disponibilidade e ajuda nos momentos necessários e pelo entusiasmo e dinâmica demonstrada ao longo de toda a evolução deste trabalho.

Aos Colegas da unidade curricular de Interfaces e Design do Mestrado em Sistemas Gráficos e Multimédia do ISEP do ano lectivo de 2011/2012, pelo modo receptivo com que participaram nas sessões de avaliação necessárias a este trabalho.

Aos colegas de Mestrado Reinamor Afonso e Mariana Silva, pela entreatajuda demonstrada durante a preparação e no decorrer das avaliações finais dos trabalhos das nossas respectivas dissertações de mestrado.



## Resumo

Ainda antes da invenção da escrita, o desenho foi utilizado para descrever a realidade, tendo evoluído ao longo dos tempos, ganhando mais qualidade e pormenor e recorrendo a suportes cada vez mais evoluídos que permitissem a perpetuação dessa imagem: dessa informação.

Desde as pinturas rupestres, nas paredes de grutas paleolíticas, passando pelos hieróglifos, nos templos egípcios, nas gravuras das escrituras antigas e nos quadros sobre tela, a intenção sempre foi a de transmitir a informação da forma mais directa e perceptível por qualquer indivíduo.

Nos dias de hoje as novas tecnologias permitem aceder à informação com uma facilidade nunca antes vista ou imaginada, estando certamente ainda por descobrir outras formas de registar e perpetuar a informação para as gerações vindouras.

A fotografia está na origem das grandes evoluções da imagem, permitindo capturar o momento, tornando-o “eterno”. Hoje em dia, na era da imagem digital, além de se mostrar a realidade, é possível incorporar na imagem informação adicional, de modo a enriquecer a experiência de visualização e a maximizar a aquisição do conhecimento.

As possibilidades da visualização em três dimensões (3D) vieram dar o realismo que faltava ao formato de fotografia original. O 3D permite a imersão do espectador no ambiente que, a própria imagem retrata, à qual se pode ainda adicionar informação escrita ou até sensorial como, por exemplo, o som. Esta imersão num ambiente tridimensional permite ao utilizador interagir com a própria imagem através da navegação e exploração de detalhes, usando ferramentas como o *zoom* ou ligações incorporados na imagem.

A internet é o local onde, hoje em dia, já se disponibilizam estes ambientes imersivos, tornando esta experiência muita mais acessível a qualquer pessoa. Há poucos anos ainda, esta prática só era possível mediante o recurso a dispositivos especificamente construídos para o efeito e que, por isso, apenas estavam disponíveis a grupos restritos de utilizadores.

Esta dissertação visa identificar as características de um ambiente 3D imersivo e as técnicas existentes e possíveis de serem usadas para maximizar a experiência de visualização. Apresentar-se-ão algumas aplicações destes ambientes e sua utilidade no nosso dia-a-dia, antevendo as tendências futuras de evolução nesta área. Serão apresentados exemplos de

ferramentas para a composição e produção destes ambientes e serão construídos alguns modelos ilustrativos destas técnicas, como forma de avaliar o esforço de desenvolvimento e o resultado obtido, comparativamente com formas mais convencionais de transmitir e armazenar a informação. Para uma avaliação mais objectiva, submeteram-se os modelos produzidos à apreciação de diversos utilizadores, a partir da qual foram elaboradas as conclusões finais deste trabalho relativamente às potencialidades de utilização de ambientes 3D imersivos e suas mais diversas aplicações.

# Abstract

Even before the invention of writing, drawing was used to describe reality, having evolved over time, gaining more quality and detail and using media increasingly evolved to allow the image perpetuation: the information perpetuation.

Since the drawings on the walls of Paleolithic caves, through the hieroglyphs of the Egyptian temples, the engravings on ancient scriptures, or the on canvas paintings of great painters, the idea was always to transmit the information in the most direct and noticeable by any individual.

Today's new technologies allow us to access information with an ease never before seen or imagined and we have yet to discover many other ways to record and perpetuate the information for future generations.

The picture is behind the major developments of the image, allowing to capture the moment making it "eternal." Today, in the era of digital imaging, besides showing the reality, we can embed to the image, more information related to or superimposed, to enrich the viewing experience and to maximize the acquisition of knowledge.

The possibilities of visualization in three dimensions (3D) gave the realism that was lacking in original format photography. 3D allows the immersion of the viewer within the picture itself, in which we can add even more sensory information with the sound or even smell, not to mention the written information that we can always add. This immersion in three-dimensional environment allows the user, to interact with the image through navigation and detail's exploration, using tools such as zoom or links embedded in it.

The internet is the place, where nowadays, already offers these immersive environments, making the experience much more accessible to anyone. There are still a few years, this experience was only possible through devices built specifically for that purpose and so were only available to limited groups of users.

This thesis attempts to identify the characteristics of an immersive 3D environment and existing techniques able to be used to maximize the viewing experience. This will present some applications of these environments and their utility in our day-to-day, anticipating the future trends of development in this area. Will be presented examples of tools for the composition and production of these environments and will be built a few models to illustrate these techniques as

a way to evaluate the development effort and the result compared to more conventional forms of transmitting and storing information. For a more objective assessment, is planned to subject the models produced the assessment of various users, from which the final conclusions will be drawn from this work, about the potential use of 3D immersive environments and its various applications.

# Índice

Agradecimentos .....	v
Resumo .....	vii
Abstract.....	ix
Índice .....	xi
Índice de figuras.....	xv
Índice de tabelas.....	xix
Índice de gráficos.....	xxi
Notação e glossário .....	xxiii
Capítulo 1 – Introdução.....	1
1.1 Introdução.....	1
1.2 Enquadramento e caracterização geral do problema .....	2
1.3 Enquadramento específico do tema da dissertação.....	4
1.4 Objectivos propostos .....	4
1.5 Motivação .....	5
1.6 Organização do documento .....	6
Capítulo 2 – Ambientes 3D imersivos .....	9
2.1 Introdução.....	9
2.1.1 A fotografia panorâmica .....	10
2.1.2 A experiência imersiva .....	11
2.1.3 O efeito tridimensional .....	16
2.2 Construção de um ambiente 3D imersivo .....	21
2.2.1 Capturar o ambiente .....	21
2.2.2 Montagem do ambiente .....	28
2.2.3 Dispositivos de visualização panorâmica .....	33
2.2.4 Dispositivos de visualização 3D.....	37
2.2.5 Técnicas de exploração e manipulação do ambiente.....	43
2.3 Aplicações actuais dos ambientes 3D imersivos .....	47
2.4 Resumo .....	53
Capítulo 3. – Software de produção.....	55
3.1 Ferramentas de criação de imagens panorâmicas.....	55

3.1.1	<i>Microsoft ICE</i> .....	56
3.1.2	<i>Serif Panorama Plus</i> .....	61
3.1.3	<i>Firmtools Panorama Composer 3</i> .....	63
3.1.4	<i>VRToolbox VR Worx v2.6.1</i> .....	67
3.1.5	<i>Ulead Cool 360</i> .....	73
3.1.6	<i>Kolor Autopano Giga 2.5.2</i> .....	75
3.2	Resultados da geração de uma imagem panorâmica em JPG.....	77
3.3	Ferramentas de criação de ambientes 3D interactivos.....	81
3.3.1	<i>Microsoft Photosynth</i> .....	81
3.3.2	<i>Dermandar.com</i> .....	85
3.3.3	<i>VRToolbox VR Worx v2.6.1</i> .....	87
3.3.4	<i>Kolor Panotour Pro v1.5.3 (Trial Version)</i> .....	90
3.4	Resumo.....	93
Capítulo 4. – Protótipo construído.....		95
4.1	Plano de montagem.....	95
4.2	Fotografar o ambiente real.....	96
4.3	Composição dos panoramas.....	102
4.4	Criação do ambiente 3D imersivo.....	108
4.4.1	Ambiente 3D imersivo montado com VR Worx v2.6.1.....	109
4.4.2	Ambiente 3D imersivo montado com Panotour Pro v1.5.3.....	113
4.4.3	Ligações externas à visita virtual.....	117
4.5	Resumo.....	119
Capítulo 5 – Avaliação.....		121
5.1	Universo do inquérito.....	122
5.2	Primeira parte do questionário: “O conteúdo da imagem”.....	123
5.2.1	Pergunta 1.....	123
5.2.2	Pergunta 2.....	125
5.2.3	Pergunta 3.....	126
5.2.4	Pergunta 4.....	127
5.2.5	Pergunta 5.....	128
5.2.6	Pergunta 6.....	128
5.2.7	Pergunta 7.....	130
5.2.8	Pergunta 8.....	132

5.2.9	Pergunta 9 .....	132
5.3	Segunda parte do questionário: “Opiniões sobre visitas virtuais em ambientes 3D imersivos” .....	133
5.3.1	Pergunta 10 .....	134
5.3.2	Pergunta 11 .....	138
5.3.3	Pergunta 12 .....	140
5.3.4	Pergunta 13 .....	143
5.3.5	Pergunta 14 .....	145
5.3.6	Pergunta 15 .....	149
5.3.7	Perguntas 16 e 17.....	150
5.4	Resumo .....	151
Capítulo 6 – Conclusões e perspectivas de trabalho futuro.....		153
6.1	Experiência adquirida .....	153
6.2	Considerações finais.....	156
Bibliografia .....		157
Anexos.....		161
Anexo 1 – Enunciado do questionário de avaliação .....		163
Anexo 2 – Formulário de respostas ao questionário de avaliação.....		171



# Índice de figuras

Figura 1- Robert Barker - O Panorama .....	11
Figura 2 - Zhang Zeduan – Ao Longo do Rio Durante o Festival Qingming.....	11
Figura 3 - Representação em corte da estrutura do mareorama .....	12
Figura 4 - Representação da experiencia apresentada pelo cineorama.....	13
Figura 5 - Sensorama .....	15
Figura 6 – Representação do campo de visão e <i>vector up</i> ( (Malard, et al., 2008).....	17
Figura 7 – Captação de imagens com focos visuais coincidentes e com <i>vector up</i> paralelos (Malard, et al., 2008).....	18
Figura 8 – Efeito da paralaxe (Malard, et al., 2008).....	19
Figura 9 – Experiência de visualização de uma imagem 3D através de simples focagem ( <i>Cross-Eye</i> ) .....	19
Figura 10 - Experiência de visualização de um filme 3D através de simples focagem ( <i>Cross-Eye</i> ) .....	20
Figura 11 – Exemplo de visão convergente .....	20
Figura 12 – Exemplo de visão divergente .....	21
Figura 13 - Fotos de tripé com nível óptico da Pentax.....	22
Figura 14 - Sequência de rotação da câmara para captura de fotografias panorâmicas (Hu, 2006) .....	23
Figura 15 - Exemplo de montagem de fotografia panorâmica .....	23
Figura 16 – Exemplo de captura de imagens com diversas exposições para obter a imagem combinada final com tecnologia HDR .....	24
Figura 17 - Exemplo de robot de captura automática de imagens panorâmicas.....	25
Figura 18 – Câmara utilizada para captura das fotografias para o <i>Google Street View</i> .....	25
Figura 19 – Câmara estereoscópica personalizada da Konica Hexar .....	27
Figura 20- Câmaras acopladas com disparo sincronizado .....	27
Figura 21 – Exemplo das características da câmara fotográfica Finepix REAL 3D W1 da Fujifilm .....	27
Figura 22 - Colocação de imagens 2D num ambiente 3D “projecção plana” .....	29
Figura 23 - Exemplo de montagem de fotografia panorâmica cilíndrica .....	29
Figura 24 - Exemplo de imagem parcialmente esférica.....	30
Figura 25 - Visualização de um panorama esférico em 360° “desenrolado ou projecção plana” .....	30
Figura 26 – Mapeamento cilíndrico .....	32
Figura 27 – Mapeamento esférico.....	32
Figura 28 – Mapeamento cúbico .....	33
Figura 29 - Grelha de imagem para vista bifocal em uma ou duas dimensões.....	35
Figura 30 - Grelha de imagem para vista polifocal em uma ou duas dimensões .....	35
Figura 31 - Grelha de imagem para vista tipo <i>fisheye</i> .....	35
Figura 32 . Grelha de imagem para vista em perspectiva .....	36
Figura 33 - Visorama.....	36
Figura 34 – Visualização de imagens 3D por estereoscopia .....	37

Figura 35 – Sistema 3D com anaglifo .....	38
Figura 36 – Óculos de visualização 3D com diferentes polarizações. (Themelis, 2010).....	38
Figura 37 – Sistema de lentes lenticulares. (Cotilho, et al., 2010) .....	39
Figura 38 – Alguns modelos de HMD ( <i>Head Mounted Display</i> ).....	40
Figura 39 – Ecrã True3Di da <i>redrover</i> .....	40
Figura 40 – Projectores estereoscópicos SP-031 e SP-100 da <i>redrover</i> .....	41
Figura 41 – Exemplo da utilização da projecção 3D - Hyundai Accent 3D projection mapping..	41
Figura 42 – Nintendo 3ds – Câmara fotográfica estereoscópica com duas lentes.....	42
Figura 43 - <i>Sony RayModeler</i> - 360 Autostereoscopic 3D Display (Hologram) .....	42
Figura 44- Esquema de montagem de uma visita virtual.....	43
Figura 45 – <i>Cone Trees</i> (Fua, 1999).....	46
Figura 46 – <i>Reconfigurable Disc Trees</i> (Fua, 1999).....	46
Figura 47 – Estereograma de um <i>Information Cube</i> (Rekimoto, et al., 1993).....	46
Figura 48 – Visualização em 360° de um projecto de construção/decoração de interiores.....	47
Figura 49 – Visualizar o interior de automóveis em 360°.....	48
Figura 50 – Ambientes 3D imersivos para demonstração de eventos de empresas de <i>catering</i> .....	48
Figura 51 – Visita à loja da <i>Spicy</i> em 360°.....	49
Figura 52 - Reportagem de casamento em 360°.....	49
Figura 53 – Exemplo de visitas virtuais 3D a monumentos nacionais .....	50
Figura 54 – Visualização panorâmica com possibilidade de comparação temporal do local ....	50
Figura 55 – Obras de arte em alta definição – “ <i>Oeuvre du Louvre en haute définition</i> ” .....	51
Figura 56 – Visita virtual no museu do Louvre: “ <i>La Vierge au Lapin à la Loupe   Musée du Louvre</i> ” .....	51
Figura 57 – Foto da entrada do ISEP acessível através do <i>Google Street View</i> .....	52
Figura 58 – Processo de acerto manual das sobreposições de imagens .....	55
Figura 59 – Imagem panorâmica construída manualmente com <i>Adobe Photoshop CS4</i> .....	55
Figura 60 – Geração inicial do panorama com ICE, em modo <i>Rotating Motion</i> .....	57
Figura 61 – Panorama com ICE, em modo <i>Planar Motion 1</i> .....	57
Figura 62 – Panorama com ICE, em modo <i>Planar Motion 2</i> .....	58
Figura 63 – Panorama com ICE, em modo <i>Planar Motion 3</i> .....	58
Figura 64 – Projecção em perspectiva .....	58
Figura 65 – Projecção cilíndrica horizontal.....	59
Figura 66 – Projecção cilíndrica vertical.....	59
Figura 67 – Projecção esférica horizontal .....	60
Figura 68 – Projecção esférica vertical .....	60
Figura 69 – Panorama produzido com <i>Panorama Plus</i> , com menos de 360°.....	61
Figura 70 – Publicação do panorama na <i>Web</i> .....	62
Figura 71 – Impressão da imagem em grandes dimensões .....	62
Figura 72 – Selecção e sequenciação de imagens com <i>Panorama Composer 3</i> .....	63
Figura 73 – Área de parametrização – <i>General</i> .....	64
Figura 74 – Área de parametrização - <i>Lens</i> .....	64
Figura 75 – Área de parametrização – <i>Advanced</i> .....	65
Figura 76 – Produção de filme em formato <i>.mov</i> .....	66

Figura 77 – Tipos de objectos produzidos com <i>VR Worx</i> .....	67
Figura 78 – <i>VR Worx</i> 1º passo – <i>Setup</i> .....	68
Figura 79 – <i>VR Worx</i> 2º passo – <i>Acquire</i> .....	68
Figura 80 – <i>VR Worx</i> 3º passo – <i>Stitch</i> .....	69
Figura 81 – <i>VR Worx</i> 4º passo – <i>Blend</i> .....	69
Figura 82 – <i>VR Worx</i> 5º passo – <i>Hot Spots</i> .....	70
Figura 83 – <i>VR Worx</i> 6º passo – <i>Compose</i> .....	71
Figura 84 – <i>VR Worx</i> 7º passo – <i>Preview</i> .....	71
Figura 85 – <i>VR Worx</i> – Objecto navegável na horizontal ou vertical.....	72
Figura 86 – <i>VR Worx</i> – Sequência de imagens da rotação do objecto navegável.....	72
Figura 87 – Construção de imagens panorâmicas com <i>Ulead Cool 360</i> .....	73
Figura 88 – Escolha do tipo de imagem panorâmica com <i>Ulead cool 360</i> .....	73
Figura 89 – Preparação da imagem panorâmica com <i>Ulead Cool 360</i> .....	74
Figura 90 – Ajuste à imagem panorâmica com <i>Ulead Cool 360</i> .....	74
Figura 91 – Possibilidades de impressão do panorama com <i>Ulead Cool 360</i> .....	75
Figura 92 – Geração da imagem, panorâmica com <i>Autopano Giga 2.5</i> .....	76
Figura 93 – Edição da imagem panorâmica para possíveis ajustes com <i>Autopano Giga 2.5.2</i> .....	76
Figura 94 – Identificação de “ <i>control points</i> ” entre imagens com <i>Autopano Giga 2.5.2</i> .....	76
Figura 95 – Resultado <i>Microsoft ICE</i> .....	79
Figura 96 – Resultado <i>Serif Panorama Plus</i> .....	79
Figura 97 – Resultado <i>FirmTools Panorama Composer 3</i> .....	80
Figura 98 – Resultado <i>Ulead Cool 360</i> .....	80
Figura 99 – Resultado <i>Autopano Giga 2.5.2</i> .....	80
Figura 100 – Ecrã principal de visualização da cena em 3D com o <i>Photosynth</i> .....	81
Figura 101 – Comando de visualização da cena no ecrã.....	82
Figura 102 – Visualização da cena por conjunto de imagens e exemplo de <i>zoom</i> .....	82
Figura 103 – Diferentes modos de visualização da cena.....	83
Figura 104 – Localização da cena no mundo real.....	84
Figura 105 – Definição de <i>Highlights</i> da cena.....	84
Figura 106 – Lista de composições.....	85
Figura 107 – Escolher o tipo de imagem panorâmica com <i>Dermandar</i> .....	85
Figura 108 – Imagem panorâmica gerada com imagens duplicadas e sequencia errada.....	86
Figura 109 – Imagem panorâmica gerada com doze imagens na sequência correcta.....	86
Figura 110 – Caracterização da imagem panorâmica em <i>Dermandar.com</i> .....	86
Figura 111 – Lista de imagens disponíveis em <i>Dermandar.com</i> .....	87
Figura 112 – <i>Background</i> da cena em <i>VR Worx</i> .....	88
Figura 113 – Definição de nós de ligação na cena em <i>VR Worx</i> .....	89
Figura 114 – Identificação dos locais de interesse da cena.....	90
Figura 115 – Delimitação das áreas de interacção na imagem, com <i>Panotour Pro v1.5.3</i> .....	90
Figura 116 – Ponto de reflexão para maior destaque na imagem.....	91
Figura 117 – Propriedades do panorama ajustável com <i>Panotour Pro v1.5.3</i> .....	92
Figura 118 – Propriedades do projecto ajustáveis com <i>Panotour Pro v1.5.3</i> .....	92
Figura 119 – Esquema de navegação para a visita virtual às instalações do LAMU.....	96

Figura 120 – Doze fotografias para montagem de imagem panorâmica do átrio principal do ISEP .....	97
Figura 121 – Doze fotografias para montagem de filme de rotação de objectos .....	98
Figura 122 – Doze fotografias para montagem de rotação de objectos de grande dimensão (Volvo V50) .....	99
Figura 123 – Controlo de orientação da máquina fotográfica com método rudimentar .....	100
Figura 124 – Tripé <i>Manfrotto</i> com controlo de nivelamento e graduação para controlo de orientação .....	101
Figura 125 – Comparação da tonalidade das paredes em fotografias interiores (hall direito) ..	101
Figura 126 – Fotografia de 360º com pior resultado fotográfico em espaços exíguos .....	102
Figura 127 – Criação de uma imagem panorâmica de 360º com apenas 11 fotografias .....	102
Figura 128 – Processo de montagem de uma imagem panorâmica a partir de duas outras panorâmicas .....	103
Figura 129 – Processo de ajuste da imagem panorâmica com <i>Adobe Photoshop CS4 Extended</i> .....	103
Figura 130 – Imagem panorâmica do parque de estacionamento do ISEP .....	105
Figura 131 – Imagem panorâmica do átrio principal do ISEP .....	105
Figura 132 – Imagem panorâmica do <i>hall</i> esquerdo do andar de multimédia .....	105
Figura 133 – Imagem panorâmica do corredor do andar multimédia .....	106
Figura 134 - Imagem panorâmica da sala de aulas multimédia .....	106
Figura 135 - Imagem panorâmica da régie do laboratório multimédia (LAMU) .....	106
Figura 136 - Imagem panorâmica do laboratório de multimédia (LAMU) .....	106
Figura 137 - Imagem panorâmica do <i>hall</i> direito do andar de multimédia .....	107
Figura 138 - Imagem panorâmica da sala de estudo do andar multimédia .....	107
Figura 139 - Imagem panorâmica do <i>hall</i> direito do andar multimédia, junto aos gabinetes dos professores .....	107
Figura 140 – Criação das ligações para outros panoramas .....	109
Figura 141 – Criação de ligações a sítios da internet ( <i>maps.google.com</i> e <i>volvocars.com</i> ) ...	110
Figura 142 – Criação de ligação para a rotação de objectos em 360º .....	110
Figura 143 – Esquema de ligações entre objectos para implementar o ambiente 3D imersivo em VR Worx .....	111
Figura 144 – Comandos “ <i>Back</i> ” e “ <i>Show</i> ” no visualizador <i>QuickTime Viewer</i> .....	111
Figura 145 – Aspecto do visualizar de filmes <i>Quick Time Player</i> .....	112
Figura 146 – Definição das áreas de interacção em cada cena da visita .....	113
Figura 147 – Esquema de ligações entre objectos para implementar o ambiente 3D imersivo em Panotour Pro .....	114
Figura 148 – Utilização de diferentes tipos de ícones para indicar zonas de interacção .....	114
Figura 149 – Áreas de interacção visíveis durante a visita virtual com Panotour Pro .....	115
Figura 150 – Visualizar o nome e fotografia do professor ao clicar na porta do gabinete .....	115
Figura 151 – Realçar objectos na imagem através do efeito de reflexo .....	116
Figura 152 – Informação acrescentada nos cantos do ecrã da visita virtual .....	116
Figura 153 – Ilustração da comparação da forma de detecção de locais de interacção .....	137
Figura 154 – Ilustração da comparação da forma de identificação de objectos interactivos ....	137

## Índice de tabelas

Tabela 1 – Quadro comparativo das ferramentas de geração de imagens panorâmicas .....	78
Tabela 2 – Diferentes tipos de cursores no <i>VR Worx</i> .....	112
Tabela 3 - Lista de objectos interactivos com a respectiva ligação ao sítio da internet.....	117



## Índice de gráficos

Gráfico 1 - Estatística do Sexo dos inquiridos .....	122
Gráfico 2 - Estatística das idades dos inquiridos .....	122
Gráfico 3 - Resultados obtidos para a resposta à pergunta 1 – Fotografia a) .....	124
Gráfico 4 - Resultados obtidos para a resposta à pergunta 1 – Fotografia b) .....	124
Gráfico 5 - Resultados obtidos para a resposta à pergunta 1 – Fotografia c) .....	124
Gráfico 6 - Resultados obtidos para a resposta à pergunta 1 – Fotografia d) .....	125
Gráfico 7 - Resultados obtidos para a resposta à pergunta 1 – Fotografia e) .....	125
Gráfico 8 - Resultados obtidos para a resposta à pergunta 2 .....	126
Gráfico 9 - Resultados obtidos para a resposta à pergunta 3 .....	127
Gráfico 10 - Resultados obtidos para a resposta à pergunta 4 .....	127
Gráfico 11 - Resultados obtidos para a resposta à pergunta 5 .....	128
Gráfico 12 - Resultados obtidos para a resposta à pergunta 6 – alínea 1) .....	129
Gráfico 13 - Resultados obtidos para a resposta à pergunta 6 - alínea 2) .....	129
Gráfico 14 - Resultados obtidos para a resposta à pergunta 7 – Série A) .....	131
Gráfico 15 - Resultados obtidos para a resposta à pergunta 7 – Série B) .....	131
Gráfico 16 - Resultados obtidos para a resposta à pergunta 7 – Alínea c) .....	131
Gráfico 17 - Resultados obtidos para a resposta à pergunta 8 .....	132
Gráfico 18 - Resultados obtidos para a resposta à pergunta 9 .....	133
Gráfico 19 - Opiniões sobre a experiência .....	134
Gráfico 20 - Opiniões sobre a navegação .....	135
Gráfico 21 - Opiniões sobre as interacções .....	136
Gráfico 22 - Opiniões sobre as transições .....	138
Gráfico 23 - Opiniões sobre o ambiente sonoro .....	139
Gráfico 24 - Opiniões sobre tipos de ligações .....	142
Gráfico 25 - Opiniões sobre a virtualização da navegação pelo ambiente .....	144
Gráfico 26 - Opinião sobre as cenas favoritas da visita virtual .....	148
Gráfico 27 - Opiniões sobre a rotação de objectos .....	149
Gráfico 28 - Nível de experiência dos inquiridos com ambientes virtuais .....	150



## Notação e glossário

GILT	Graphics Interaction and Learning Technologies
DEI	Departamento de Engenharia Informática
ISEP	Instituto Superior de Engenharia do Porto
3D	Tridimensional
HTML	HyperText Markup Language
VRML	Virtual Reality Modeling Language
Chats	Aplicações de conversação em tempo real
IRC's	Internet Relay Chat
HDR	High Dynamic Range



# Capítulo 1 – Introdução

*“You gain strength, courage, and confidence by every experience in which you really stop to look fear in the face. You must do the thing which you think you cannot do.*

*Eleanor Roosevelt (1884 – 1962)*

## 1.1 Introdução

A internet é, por definição, uma rede mundial de computadores, que usam um protocolo comum, servindo assim milhões de utilizadores em todo o mundo (Livinginternet, 1996-2011). No seu início, a internet limitou-se a interligar as grandes redes existentes, essencialmente redes científicas e académicas. No final da década de 90, tornou-se mais pública e acessível a outros utilizadores que apenas procuravam o acesso a informações publicadas, de forma mais fácil e rápida.

A evolução dos suportes de informação está assim relacionada com a evolução das formas de transmissão e apresentação da informação.

A internet foi, de facto, o último grande salto na evolução dos suportes de informação, possibilitando a sua desmaterialização completa e permitindo a sua publicação global em formato digital. O conhecimento passou a estar disponível transformando o mundo numa espécie de aldeia global (de Souza e Silva, et al., 2001).

A forma de transmitir informação evoluiu, na internet, à semelhança do que tinha acontecido com os suportes tradicionais, como, por exemplo, os jornais. Numa primeira fase, incluindo apenas informação escrita; evoluindo para a inclusão de gráficos e, posteriormente, fotografias e vídeos.

A evolução dos meios de transmissão de dados também teve os seus efeitos na evolução da internet. O aumento das velocidades de transmissão de informação através da rede permitiu efectuar descarregamentos de dados cada vez mais rápidos e com conteúdos mais diversificados.

Associado a esta evolução apareceram outras ferramentas que permitiram dar uma maior mobilidade e portabilidade no acesso à internet, tornando a informação acessível em qualquer lado e em qualquer momento. Desde os computadores portáteis até ao mais recente modelo de *smartphone* e aos *tablet PC*, é hoje possível ter a ferramenta que melhor corresponde às necessidades dos diversos utilizadores e consumidores da *Web*.

A toda esta evolução vieram juntar-se novas experiências de interacção com os dispositivos de acesso, dando uma maior liberdade de exploração da informação. A utilização de ecrãs tácteis; a detecção de movimentos do utilizador através de câmaras; comandos de voz; sensores de movimentos e orientação dos dispositivos; são exemplos das mais recentes técnicas de interacção pessoa/máquina.

Finalmente, juntando a evolução das técnicas computacionais, à evolução da qualidade de captura e visualização de imagem, é hoje possível transportar o utilizador para ambientes 3D imersivos onde o processo de aquisição e transmissão de informação é feito de forma mais natural.

## 1.2 Enquadramento e caracterização geral do problema

Com a proliferação do acesso à internet surgiram ambientes de navegação diferentes, denominados ambientes 3D imersivos, que também têm tido a sua evolução, existindo neste momento duas grandes orientações neste âmbito.

A primeira vai no sentido de serem criados modelos virtuais da realidade, orientando o utilizador através de cenários ao estilo dos jogos de computador, onde é possível, inclusivamente, criar uma representação virtual do próprio utilizador – um avatar – para interagir com os elementos desse mundo virtual. Um dos exemplos com maior sucesso desta vertente é o ambiente *Second Life*. Esta abordagem de ambientes imersivos requer a recriação completa de uma visão virtual da realidade, o que obriga a um grande esforço de modelização de todos os aspectos da realidade, dotando-os de capacidades de interactividade (Second Life, 2011). Pode-se designar estes ambientes como sendo baseados em modelos virtuais.

A outra vertente desta evolução pode ser exemplificada pela abordagem mais recente da *Google Street View*, na qual é criada uma representação 3D do mundo com base em fotografias do mundo real (Google, 2011), permitindo ao utilizador percorrer esse mundo,

interagindo e obtendo informação acerca do próprio local que se está a visualizar. Esta técnica assenta num conjunto de fotografias geo-relacionadas entre si, que permitem a navegação pelas ruas das cidades, como se o utilizador se encontrasse verdadeiramente presente nesse mundo real. Neste caso não é necessária a criação de modelos de representação 3D, visto que a própria fotografia já representa e descreve o ambiente real, com todos os seus pormenores. Apenas é necessário acrescentar informação à fotografia, que enriquece o próprio conteúdo, permitindo a interacção com o utilizador. Em contraponto com a vertente anterior, pode-se designar estes ambientes como sendo baseados em modelos reais.

Embora ambas as vertentes sirvam propósitos distintos, têm no entanto o objectivo comum de dar ao utilizador a total liberdade de navegação e manipulação do ambiente, de modo a tornar a experiência o mais imersiva possível.

Nestes ambientes, a navegação não se limita à consulta de textos ou a seguir ligações entre páginas de temas relacionados. Esta nova ferramenta de visualização permite, agora, seleccionar apenas uma determinada área da imagem para ter acesso a conteúdos relacionados, dos mais diversos tipos, incluindo sons ou vídeos. (de Souza e Silva, et al., 2001).

A imagem que serve de enquadramento ao ambiente torna-se a base da navegação, pelo que surgem cada vez mais fotografias panorâmicas que podem assim ser exploradas, aumentando o realismo da navegação nesses ambientes (Parente, 1991). Sobre esta imagem são colocados pontos de ligação assinalados, geralmente, por pequenos símbolos que permitem ter acesso a outros conteúdos ou ambientes relacionados com um determinado ponto de interesse da imagem. (Noguês, 2010)

Estes ambientes são hoje em dia utilizados com os mais diversos fins, criando visitas virtuais a diversos locais, desde museus, monumentos, lojas e até cidades, ou ainda mostrando cenas de eventos em 360°, dando ao utilizador a possibilidade de perceber toda a envolvimento existente num determinado local e momento.

Além de proporcionarem esta experiência de navegação, os ambientes imersivos também podem ser dotados de efeitos 3D, que vão melhorar o efeito imersivo do utilizador. Estes efeitos podem ser criados com imagens do tipo anaglifo que apenas requerem óculos de visualização 3D (Hu, 2006). Pode também recorrer-se a técnicas de projecção activas que se baseiam na auto estereoscopia, onde são projectadas imagens que cada olho interpreta de forma diferente e permite ao utilizador captar a profundidade dos objectos na imagem (Cotilho,

et al., 2010). A estereoscopia também pode ser utilizada com dispositivos de visualização pessoais, onde apenas se utilizam imagens estereoscópicas projectadas para cada um dos olhos individualmente, deixando ao cérebro o papel de interpretar e assim criar o efeito de profundidade na imagem. (Pölönen, 2010)

### 1.3 Enquadramento específico do tema da dissertação

O processo de desenvolvimento de ambientes 3D imersivos requer a utilização de técnicas e ferramentas específicas, de forma a dotar a informação original de um conjunto de informação associada que vai ajudar a descrever o próprio ambiente. Existem vários conteúdos passíveis de ser acrescentados, desde informação escrita, outras fotografias ou representações dos objectos presentes na imagem, vídeos demonstrativos, narração, etc. Além de informação directa, poderão sempre ser acrescentadas ligações a outros locais da internet, relacionados com o conteúdo da imagem, para uma exploração mais completa do seu conteúdo (Noguês, 2010).

Esta dissertação vai debruçar-se sobre a forma de se criar um ambiente 3D imersivo, desde os aspectos mais técnicos até aos mais conceptuais, analisando as ferramentas disponíveis e explorando as técnicas de navegação possíveis, de forma a potenciar a experiência imersiva.

O intuito deste trabalho é apresentar os conceitos que estão na base destes ambientes de navegação e a sua origem histórica, assim como a evolução actual nos mais diversos exemplos da sua utilização, tentando antever o futuro deste tipo de ferramenta.

### 1.4 Objectivos propostos

Os ambientes 3D imersivos constituem o foco principal desta dissertação, procurando avaliar os efeitos e vantagens da utilização da imagem real na apresentação e transmissão de informação através da internet.

Neste documento são estudadas as diversas técnicas de construção destes ambientes, permitindo descrever o estado da arte nesta área de desenvolvimento. São também analisadas as técnicas que permitem aumentar a interactividade e tornar a navegação mais intuitiva e

natural. Adicionalmente, apresenta-se um estudo sobre as formas de pesquisa da informação neste tipo de ambiente, comparativamente com a pesquisa em sítios *Web* tradicionais.

Os protótipos desenvolvidos servem para ilustrar as capacidades de navegação destes ambientes, assim como para avaliar o trabalho necessário para a produção de um produto final.

Além da avaliação pessoal do protótipo, foi pedido a outros utilizadores para efectuarem uma avaliação informal do protótipo sobre os diversos aspectos de um ambiente 3D imersivo.

Como conclusão deste trabalho, pretende-se obter as tendências e preferências de utilização dos ambientes 3D imersivos, numa utilização mais recorrente ou até diária, tentando identificar quais serão as áreas do conhecimento que mais poderão beneficiar, com estes ambientes 3D imersivos.

## 1.5 Motivação

O autor tem, desde tenra idade, o prazer de ver fotografias, recordando assim episódios antigos da sua vida familiar. Ao visualizar estas fotografias falta, no entanto, sempre alguma coisa: o local em causa; a data; o nome de pessoas; etc. Esta experiência só resulta, de facto, se houver uma memória do episódio que possa completar a imagem: caso contrário, não passará de uma prova de que algo aconteceu mas do qual pouco ou nada sabe.

Com a experiência da filmagem de filmes caseiros, o autor conseguiu o registo de momentos, muito mais ricos em conteúdo e informação, visto que inclusivamente o som, nomeadamente a fala dos intervenientes, poderia completar e descrever toda a informação que não poderia ser captada pela objectiva.

No entanto, o filme apenas mostra aquilo que no momento se consegue ou se pretende captar. Todos os restantes pormenores podem nem sequer ser focados e nunca mais poderão ser reconstituídos. A imagem de 360° permite eliminar essa falha. Neste tipo de imagem, toda a cena é captada e todos os pormenores ficam registados, correspondendo a um exacto momento no espaço/tempo. A exploração destas imagens é muita mais enriquecedora, tornando-se numa experiência sempre nova, pois o utilizador pode procurar detalhes diferentes em diversas ocasiões. A possível evolução desta técnica para o filme em 360° poderá resultar

numa sensação de ubiquidade que ultrapassa as capacidades humanas, pois não é possível viver a mesma situação sob várias perspectivas em simultâneo.

O desafio e possibilidade de desenvolver uma dissertação sobre o tema dos ambientes 3D imersivos surgiu assim, como uma forma de aprofundar os conhecimentos sobre as possibilidades de exploração de informação visual, tornando esta capacidade numa forma muito mais acessível de divulgação de qualquer tipo de informação.

O autor pretende, com este trabalho, completar a sua graduação académica no âmbito do curso de Mestrado em Engenharia Informática, área de especialização em Sistemas Gráficos e Multimédia, do Instituto Superior de Engenharia do Porto.

A escolha deste tema prende-se com o intuito de exploração comercial destas técnicas de apresentação da informação. As conclusões deste trabalho permitirão avaliar a rentabilidade e o retorno do esforço de desenvolvimento requerido, assim como identificar as diversas áreas do conhecimento que mais poderão beneficiar com estes ambientes 3D imersivos reais.

## 1.6 Organização do documento

Esta dissertação está organizada em seis capítulos.

Neste primeiro capítulo apresenta-se a contextualização do tema da dissertação, numa perspectiva histórica da evolução das técnicas de apresentação e transmissão de informação através da internet. É descrito o âmbito da dissertação, assim como os objectivos da mesma, justificando as motivações para a realização deste trabalho.

O segundo capítulo refere um estudo sobre o “estado da arte”, onde são expostos alguns conceitos genéricos e referências de relevo para o desenvolvimento desta dissertação.

No terceiro capítulo são analisadas algumas ferramentas de apoio ao desenvolvimento de imagens panorâmicas e respectivos ambientes 3D imersivos.

O quarto capítulo descreve todo o trabalho de desenvolvimento, de modelos exemplificativos, das diversas técnicas de construção de ambientes 3D imersivos reais, com a respectiva avaliação do esforço de desenvolvimento.

No quinto capítulo é apresentada uma avaliação informal por parte de diversos utilizadores, depois de utilização e navegação num ambiente 3D imersivo, com o objectivo de se identificar os conteúdos com maior adesão por parte dos mesmos.

No último capítulo proceder-se-á à conclusão e referem-se possíveis estudos posteriores e complementares à presente dissertação.



## Capítulo 2 – Ambientes 3D imersivos

*“Illusion is the first of all pleasures”*

*Oscar Wilde (1854 – 1900)*

Este capítulo visa explicar o que é um ambiente imersivo, assim como identificar as técnicas 3D que podem ser utilizadas na sua implementação.

Serão depois apresentados exemplos actuais da utilização destes ambientes.

### 2.1 Introdução

Segundo o dicionário da Academia de Ciências de Lisboa (Academia de Ciências de Lisboa), um ambiente é o conjunto de condições físicas, químicas e biológicas susceptíveis de agir sobre uma determinada população animal, vegetal ou humana, ou ainda o meio físico que envolve alguém ou alguma coisa.

Por sua vez a palavra “imersivo” significa que faz mergulhar, imergir, imersor. O acto de estar imerso significa que se encontra muito envolvido numa situação ou num meio.

Estas duas definições servem de linha orientadora para a explicação que se segue sobre o que é um ambiente 3D imersivo.

Pela interpretação da definição referida acima, um ambiente é um lugar no qual nos inserimos e do qual fazemos parte. A criação de um ambiente não natural deve procurar transmitir estas mesmas sensações a quem o visita, criando esta envolvência e ao mesmo tempo dar a capacidade de interagir com ele. É a interacção com o ambiente que permite ao indivíduo captar e compreender o que o rodeia. Quanto mais variada for a informação disponível, mais rica se torna a experiência e maior será o conhecimento adquirido, recorrendo para isso às mais diversas formas de percepção do meio envolvente.

Conseguindo integrar o indivíduo no ambiente que está a visualizar, torna este ambiente imersivo, visto que o indivíduo consegue transportar-se para esse local e explorá-lo, como se do mundo real se tratasse.

Existem dispositivos especialmente construídos para criar esta sensação de imersão num mundo virtual, como é o caso das caves de realidade virtual, que são compostas por telas que rodeiam o utilizador e onde pode interagir com toda esta envolvimento (Ohno, et al., 2007). Não será no entanto este o dispositivo em destaque neste estudo, pois pretende-se analisar ferramentas mais acessíveis a qualquer utilizador e sobretudo baseadas em imagens reais e não em imagens virtuais.

Desde a invenção da fotografia, o homem sempre procurou obter imagens da realidade que retratassem o ambiente real, de forma cada vez mais perfeita, precisamente para conseguir transmitir essas mesmas sensações e assim transportar o observador para o local retratado. *“Tentar apreender a realidade de uma qualquer forma”* - (Lopes, 2007)

Hoje, na era das comunicações, da informática e da fotografia digital existe uma facilidade de acesso a tecnologias bastante evoluídas que permitem a exploração de locais, sem necessidade de se deslocar e que estão ao nosso alcance, apenas através de um qualquer dispositivo com acesso à internet. Obviamente, embora a exploração destes ambientes seja bastante intuitiva, é necessário construir e dotar estes ambientes de todos os componentes que lhe são inerentes para facilitar e potenciar a sua exploração da forma mais natural possível. Independentemente do conteúdo que o ambiente apresenta, o que irá determinar apreensão do espaço é a escolha do indivíduo (Ferreira, 2000) , por isso é fundamental dotar o ambiente da máxima interactividade possível entre o utilizador e o ambiente.

### 2.1.1 A fotografia panorâmica

Um ambiente pode ser retratado através de uma imagem de um local. Esta imagem deve ter características específicas para poder criar a envolvimento desejada.

A fotografia panorâmica permite obter essa envolvimento pois consegue retratar uma paisagem num ângulo muito maior do que vista humana consegue alcançar, sem movimentar o globo ocular. (Hu, 2006)

A palavra panorama foi utilizada pela primeira vez por Robert Barker pintor irlandês, para designar um dispositivo, por ele inventado, que permitia visualizar uma imagem circular que pintou de uma paisagem de Edimburgo em 1787 (Figura 1). Este dispositivo foi assim

designado panorama, do grego: pan ('tudo') e horama ('vista'), significando “visão total”. (Hu, 2006)



Figura 1- Robert Barker - O Panorama<sup>1</sup>

O espectador era colocado numa plataforma central, completamente envolvida pela imagem e de onde conseguia observar toda a paisagem, permitindo ao espectador sentir-se como que transportado para o local retratado. (Ferreira, 2000).

Pode-se encontrar imagens panorâmicas muito mais antigas, como a pintura do chinês Zhang Zeduan que fez uma criação de 25 cm de altura e 528 cm de comprimento, no século 12. A pintura monumental contém 814 pessoas, 28 barcos, 60 animais, 30 prédios e 170 árvores, e tinha também o propósito de transmitir toda a envolvimento vivida durante o festival Qingming (Figura 2).



Figura 2 - Zhang Zeduan – Ao Longo do Rio Durante o Festival Qingming<sup>2</sup>

Com a aparição da reprodutibilidade da imagem, no século XIX, a difusão de imagens é generalizada, permitindo às pessoas de aceder a essa informação de uma forma mais fácil e natural. O espectador é transportado para locais urbanos, exóticos ou históricos e o panorama torna-se numa parte importante na construção e na transmissão de um novo imaginário colectivo. (Ferreira, 2000).

## 2.1.2 A experiência imersiva

<sup>1</sup> Disponível em: [http://360world.hu/images/stories/barker\\_web.jpg](http://360world.hu/images/stories/barker_web.jpg)

<sup>2</sup> Disponível em: [http://360world.hu/images/stories/along\\_web.jpg](http://360world.hu/images/stories/along_web.jpg)

Para aprofundar a sensação de imersão do espectador, o panorama evoluiu recorrendo ao movimento da imagem. Na exposição universal de 1900, em Paris, foi apresentado o mareorama que era composto por uma plataforma, em forma de navio transatlântico com capacidade de oscilação, onde era apresentada uma viagem marítima para um grupo de até 700 pessoas, simulando a ondulação e onde duas telas gigantes iam sendo desenroladas, apresentando a paisagem aos viajantes (Figura 3). Para dar ainda mais realismo à visualização e para criar a sensação de experiência real, foram inclusivamente instalados sistemas de ventilação para espalhar odores marítimos e um sistema de luzes que reproduzia o anoitecer no final da viagem. Paralelamente existia toda uma encenação com actores a executarem manobras de navegação (Ferreira, 2000).

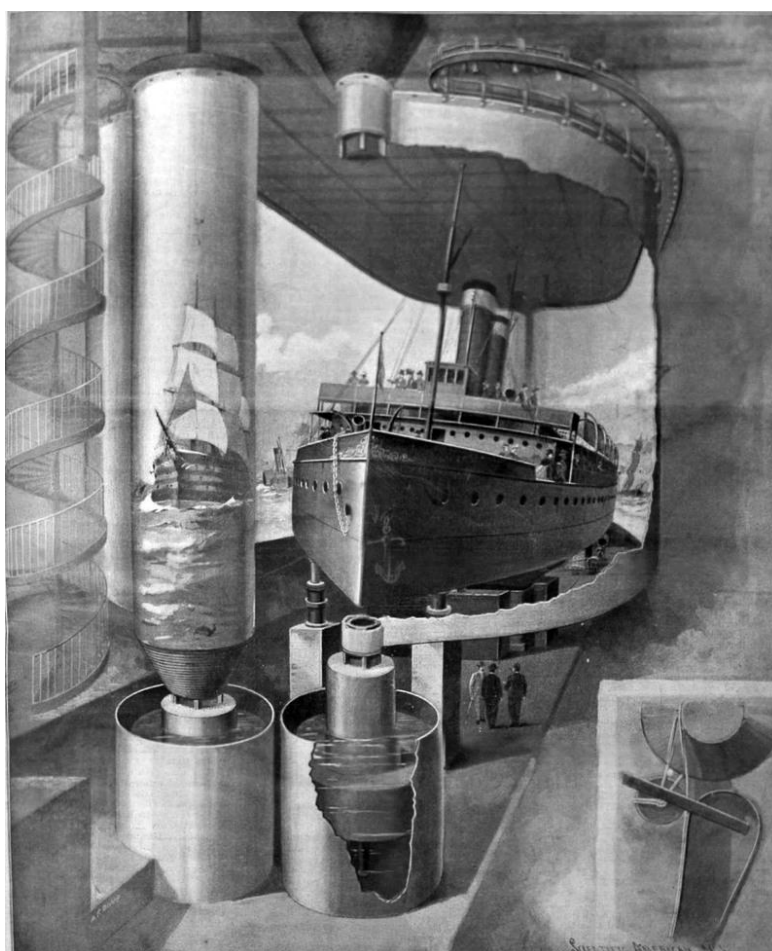


Figura 3 - Representação em corte da estrutura do mareorama<sup>3</sup>

Ainda nesta última exposição do século XIX, foi apresentada a Cineorama que foi o primeiro panorama cinematográfico imersivo existente. Este dispositivo era formado por um prédio cilíndrico de 100 metros de circunferência, com paredes brancas que serviam de tela contínua

<sup>3</sup> Disponível em : <http://andreparente.net/figurasnapaisagem/#/panoramas/>

e onde eram projectadas imagens de dez projectores, compondo uma imagem de 360° (Ferreira, 2000). A plataforma central de visualização era uma cesta de balão de ar, pois pretendia-se recriar a sensação de uma viagem de balão. Neste novo dispositivo, a utilização da imagem fotográfica veio aumentar o realismo da experiência para o espectador (Figura 4).



Figura 4 - Representação da experiência apresentada pelo cineorama<sup>4</sup>

O objectivo final destes dispositivos era conseguir a melhor experiência imersiva possível, de forma a conseguir transportar o espectador para o local e assim conseguir substituir a própria experiência real. A evolução destas técnicas, até aos dias de hoje, está na origem dos simuladores que se conhecem actualmente e que se encontram em diversos parques de diversão.

Alguns relatos de espectadores da época reflectem a sensação de que estes dispositivos poderiam perfeitamente substituir a visita aos locais reais, sendo muito mais cómodo e mais económico “viajar” desta forma, sem sofrer com o cansaço ou com condições climatéricas adversas. (Ferreira, 2000)

Nessa época, procurava-se construir ambientes imersivos com o intuito de substituir completamente a realidade, através da reconstituição de um local, o mais fielmente possível, em termos de percepção sensorial. No entanto, isto só era possível com o recurso a estes dispositivos e instalações muito específicas. Embora se obtivesse bons resultados em termos de experiência, o espectador só podia contemplar o que lhe era apresentado, não tendo qualquer interferência sobre a forma ou o decorrer da experiência, adoptando assim um comportamento totalmente passivo e sem interacção.

<sup>4</sup> Disponível em: <http://andrepente.net/figurasnapaisagem/#/panoramas/>

Os sistemas de visualização de imagens panorâmicas continuaram a evoluir, passando pela criação de inúmeros dispositivos, que vinham sempre acrescentar um maior realismo e um progressivo aumento de interactividade com o espectador. Como exemplos destaca-se a própria invenção das salas de cinema, que fez convergir a arquitectura da sala dotada de capacidades acústicas, com novas tecnologias de captação/projecção de imagens/filmes e uma narrativa própria para transportar o espectador para as cenas apresentadas.

Segundo André Parente, professor na Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e fundador do Núcleo de Tecnologia da Imagem – N-Imagem, em 1991, O sensorama foi considerado o primeiro sistema de realidade virtual e utilizava ciclos de filmes projectados em telas estereoscópicas e com som estereofónico onde também se recriavam cheiros e outros efeitos com o intuito de produzir a ilusão de um passeio de mota através do bairro do Brooklyn em Nova Iorque. Foi a primeira tentativa conhecida para se criar um cinema interactivo através da utilização da lógica da projecção múltipla já anteriormente preconizada pelo cineorama. O dispositivo consistia numa pequena cabine onde o espectador se sentava e “dirigia” a sua mota pelas ruas de Brooklyn (Figura 5). (Parente, 1991)

Ao longo dos anos foi crescendo a vontade de dotar o espectador de uma maior capacidade de interacção com a cena apresentada. Esta capacidade foi definitivamente facilitada com o surgimento da fotografia digital. A imagem digital pode ser processada e manipulada em tempo real, o que veio permitir dotar os dispositivos de visualização com capacidades de interacção com o espectador, que se torna assim utilizador e passa a poder escolher, a dirigir, a actuar sobre o próprio ambiente, tornando a visualização totalmente interactiva e diferente de indivíduo para indivíduo. O utilizador consegue assim criar uma experiência própria e única, tornando-se um co-criador do espaço. (Ferreira, 2000) (Parente, 1991)



O actual dispositivo de visualização de informação, ao alcance da maior parte das pessoas e com grande facilidade de uso é, sem dúvida, a internet. Isto veio revolucionar a forma como se organiza e se pesquisa a informação, expondo um espaço virtual onde é possível encontrar, por exemplo, a representação clássica de um livro, mas com a facilidade de interligar a informação com outros espaços virtuais de outros sítios *web*, alterando definitivamente as formas de aprendizagem e de aquisição do conhecimento. Acabou o conceito do conteúdo finito, como o livro ou uma revista, evoluindo para um conteúdo contínuo e sem limites, estando disponível em qualquer lugar através da rede. (de Souza e Silva, et al., 2001). A palavra navegar entrou no quotidiano de toda a gente abrindo um mundo de novas possibilidades e capacidades de exploração de informação.

Além destas novas capacidades de interactividade surgem as imagens panorâmicas virtuais e mais recentemente os ambientes virtuais foto realistas que podem ser explorados através da utilização de dispositivos, com maior ou menor capacidade de imersibilidade, que permitem aumentar o realismo da navegação nesses ambientes (Parente, 1991). A visualização desse mundo virtual é feita utilizando técnicas das áreas da visão computacional, fotogrametria e de computação gráfica 3D que são executadas, em tempo real, durante a navegação. A imagem

<sup>5</sup> Disponível em: <http://andrepente.net/figurasnapaisagem/#/panoramas/>

panorâmica é montada sobre uma superfície panorâmica e uma câmara virtual é utilizada para observar esta superfície panorâmica interactivamente. O utilizador tem a liberdade de girar a câmara na direcção desejada e pode ainda mudar a aproximação relativa aos objectos (*zoom*). Para aumentar o realismo do movimento, podem ainda ser utilizados sistemas de visualização mais avançados baseados em imagens (*image based rendering*). O panorama virtual, como é designado por André Parente, pode assim servir de base para a criação de ambientes virtuais. Falar-se-á mais à frente, de forma mais pormenorizadas, das técnicas existentes para a criação destes panoramas virtuais.

Podendo o espaço ser definido por uma imagem panorâmica foto realista, a sensação de imersão é proporcionada pelas características da linguagem hipertextual, HTML, que permitem criar ligações sobre esta imagem. Estas ligações permitem que a página não seja apenas lida em duas dimensões, mas que o utilizador também entre no espaço, (de Souza e Silva, et al., 2001) acedendo assim a outra informação que vem enriquecer, ainda mais, a informação já disponível. A evolução deste tipo de linguagens de descrição textual deu origem ao VRML (*Virtual Reality Modeling Language*) e à sua versão mais recente o X3D, que possibilita a modelização de objectos tridimensionais no espaço virtual transferindo o elemento imersivo das ligações para o eixo Z. Passa-se de um processo de leitura hipertextual para a exploração do espaço digital. Outro factor decisivo desse tipo de interface, é a possibilidade de partilha do espaço entre utilizadores. O espaço textual pode também ser compartilhado, através de *chats* e *IRCs*, possibilitando encontros que tornem o ambiente digital um local agradável de ser visitado e habitado, (de Souza e Silva, et al., 2001) enriquecido pela interacção entre visitantes.

### 2.1.3 O efeito tridimensional

A imagem panorâmica transmite, por si só, toda a envolvência necessária para construir um ambiente imersivo. Mas, para aumentar a sensação de imersão, pode-se acrescentar efeitos de profundidade ou relevo na própria imagem, através de técnicas de visualização/projecção tridimensional da mesma.

Para isso são necessárias não de uma, mas de duas imagens captadas em simultâneo e com uma ligeira diferença angular entre os dois pontos de captura da imagem, chamadas imagens

estereoscópicas. Juntando estas duas imagens, designadas por par estereoscópico, obtém-se uma imagem tridimensional, ou simplesmente imagem 3D. (Hu, 2006).

Os princípios da imagem estereoscópica foram descobertos por Charles Wheatstone em 1838. No entanto, nessa época, tanto os dispositivos de captura como os de visualização eram relativamente caros, o que não favoreceu o aparecimento massivo deste tipo de fotografia. (Hu, 2006)

Esta técnica baseia-se no princípio da visão humana, onde os olhos, por estarem ligeiramente afastados, transmitem ao cérebro duas imagens distintas, focadas sobre o mesmo objecto. O cérebro funde as duas imagens permitindo obter informação sobre profundidade, distância, posição e tamanho de objectos, gerando a sensação de visual tridimensional (Malard, et al., 2008).

O campo de visão pode ser representado como uma pirâmide, cujo ápice se situa no ponto de vista do observador e a base é definida pela amplitude dos ângulos de abrangência vertical e horizontal do mecanismo de captação (Figura 6).

A orientação é definida por uma recta que une o ponto de vista ao foco visual, e por outra recta, chamada vector up, normal ao plano que contem a recta suporte do ponto de vista e do foco visual.

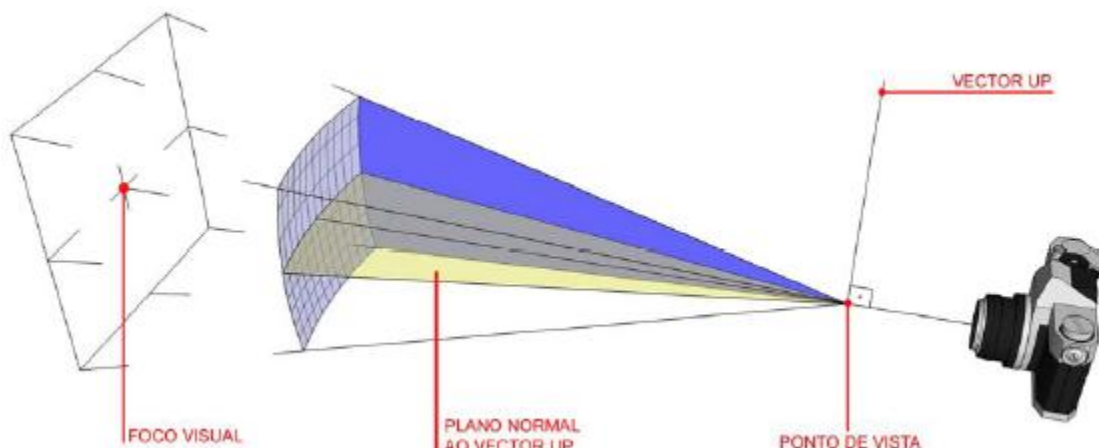


Figura 6 – Representação do campo de visão e *vector up* (Malard, et al., 2008)

Para se obter o mesmo campo de visão, utilizando duas câmaras, estas têm de ter focos visuais coincidentes e os respectivos *vector up* têm de ser paralelos entre si.

A *paralaxe* estereoscópica é definida como o deslocamento aparente da posição de um corpo ou objecto em relação a um ponto ou sistema de referência, causado pela mudança de ponto

de observação. Este é o fenómeno que acontece com a visão humana, visto que os olhos estão afastados e por isso, cada um capta uma imagem do mesmo objecto mas com um ligeira diferença de ponto de vista.

A comparação de imagens obtidas a partir de pontos de vista diferentes com focos visuais coincidentes vai transmitir ao cérebro a distância dos objectos em relação ao observador (Figura 7).

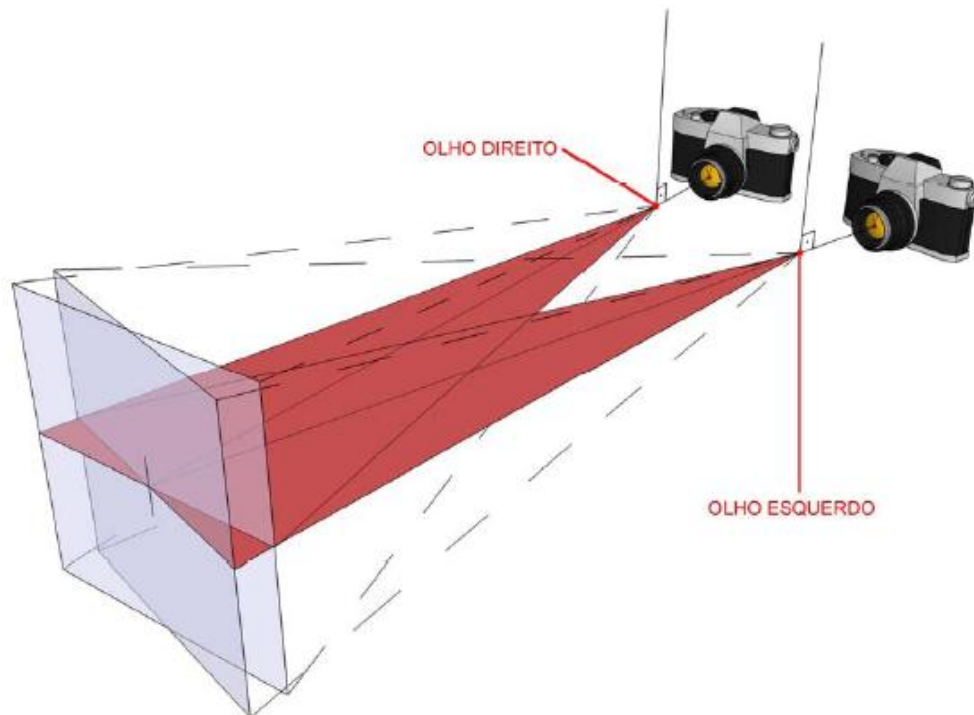


Figura 7 – Captação de imagens com focos visuais coincidentes e com *vector up* paralelos (Malard, et al., 2008)

A *paralaxe* pode ter três classificações: (Malard, et al., 2008)

- A. *Paralaxe* negativa: o objecto é visto à frente do plano da tela
- B. *Zero Paralax Setting* (ZPS): o objecto é visto no plano da tela de projecção;
- C. *Paralaxe* positiva: o objecto é visto atrás do plano da tela;

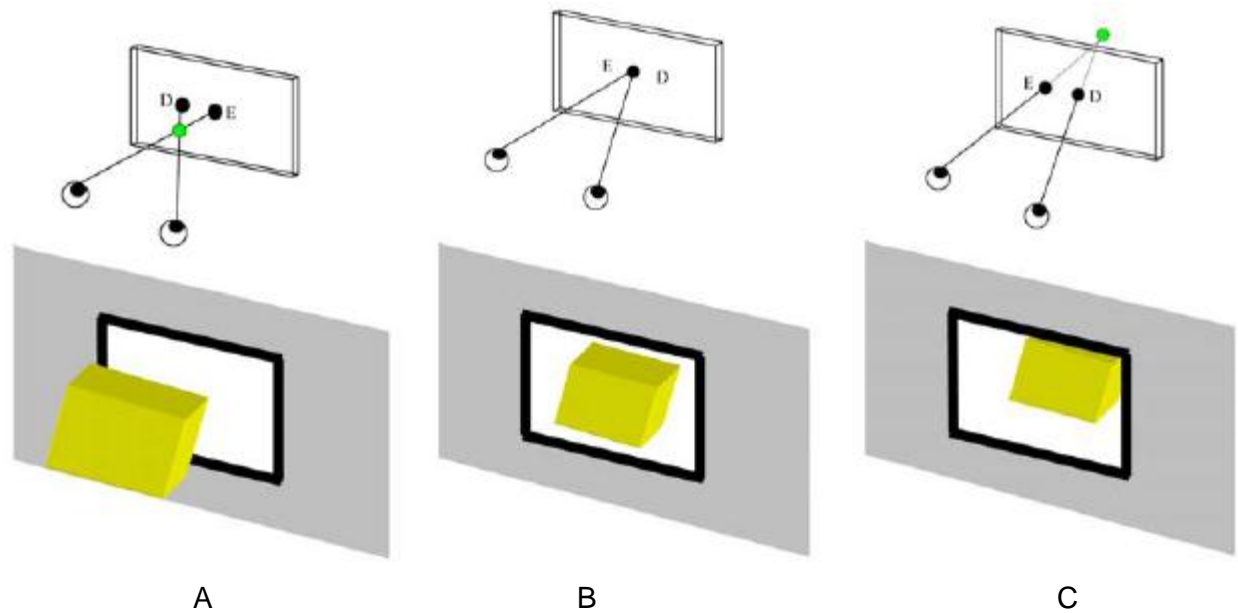


Figura 8 – Efeito da paralaxe (Malard, et al., 2008)

Melhor que explicar o mecanismo de funcionamento de percepção de profundidade, conseguido com a paralaxe, é fazer a própria experiência de focagem, com este par estereoscópico, ilustrando uma flor em 3D (Figura 9). Para se conseguir observar o efeito 3D deste par estereoscópico, deve-se procurar focar um ponto intermédio entre o monitor e os olhos, até que apareça uma terceira imagem central que reflecte o efeito 3D. A pinta vermelha parece elevar-se na nossa direcção. O efeito pode não ser igual para todos, visto que existem diferenças na interpretação da paralaxe por parte do cérebro humano para cada indivíduo.

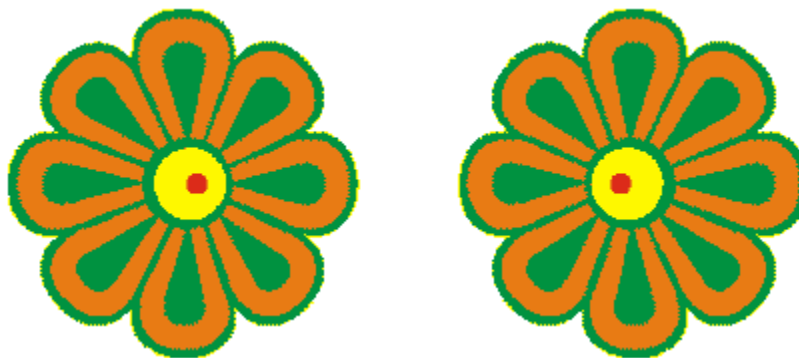


Figura 9 – Experiência de visualização de uma imagem 3D através de simples focagem (Cross-Eye)<sup>6</sup>

O mesmo é possível com imagens em movimento, como o demonstra o filme disponível no endereço relativo à Figura 10.

<sup>6</sup> Disponível em : [http://usuarios.arsystel.com/luismarques/documentacion/txt/03000\\_ver\\_pares.htm](http://usuarios.arsystel.com/luismarques/documentacion/txt/03000_ver_pares.htm)

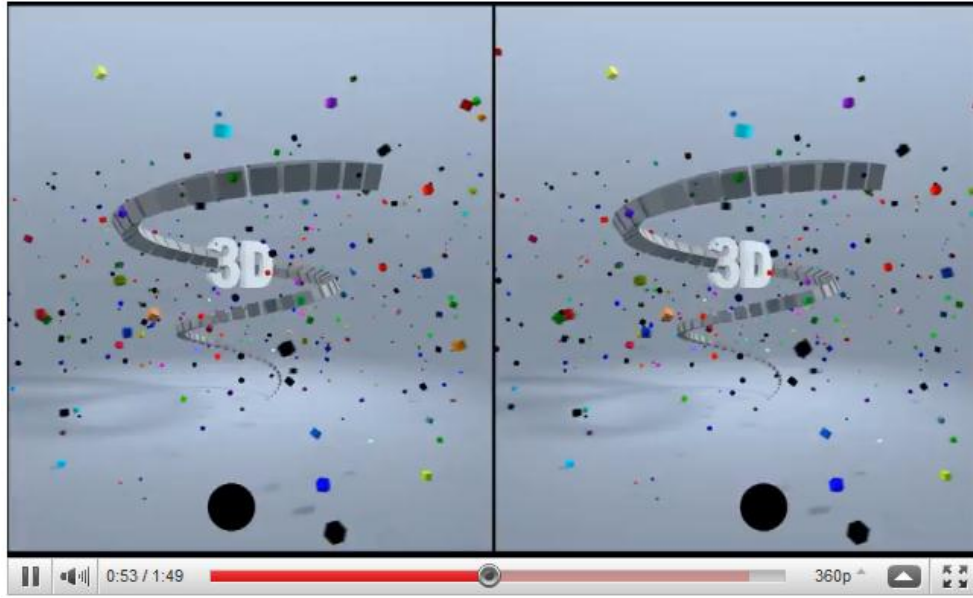


Figura 10 - Experiência de visualização de um filme 3D através de simples focagem (*Cross-Eye*)<sup>7</sup>

Para provocar o efeito de profundidade numa imagem 3D, existem duas técnicas de visualização das imagens estereoscópicas: Convergente ou Divergente. A visão convergente consiste em colocar as duas imagens na posição correspondente a cada olho: imagem esquerda à esquerda e imagem direita à direita. Isto vai resultar na sensação de que o objecto está mais perto de nós, para fora do ecrã (Figura 11).



Figura 11 – Exemplo de visão convergente<sup>8</sup>

<sup>7</sup> Disponível em : [http://www.youtube.com/watch?v=zBa-bCxsZDk&feature=player\\_embedded](http://www.youtube.com/watch?v=zBa-bCxsZDk&feature=player_embedded)

<sup>8</sup> Disponível em : <http://www.photoshopcreative.com.br/especiais/eq0-124-7494-1-fotos+em+3d.html#anc-pagina>

A visão divergente consiste em trocar as imagens captadas para o olho oposto: imagem esquerda à direita e vice-versa. Esta simples troca provoca a sensação que o objecto está mais afastado (Figura 12).



Figura 12 – Exemplo de visão divergente<sup>9</sup>

De facto, a percepção do efeito 3D requer apenas algum treino visual. No entanto foram surgindo diversos dispositivos que facilitam essa percepção, evitando o esforço do olho, conferindo um maior conforto de visualização a qualquer pessoa. Ver-se-á, na secção seguinte, como se consegue implementar estas técnicas, na montagem de um ambiente 3D imersivo, quais os diversos dispositivos de visualização e de que forma é conseguido este efeito.

## 2.2 Construção de um ambiente 3D imersivo

A construção de um ambiente 3D imersivo obedece a várias etapas mas também tem de antever a forma como vai ser apresentado ao utilizador final. Na secções seguintes são explicadas as diversas formas de se alcançar os melhores resultados neste processo.

### 2.2.1 Capturar o ambiente

Embora existam câmaras fotográficas específicas para tirar fotografias panorâmicas, hoje em dia é possível fazer fotografia panorâmica em qualquer proporção, até 360°, utilizando-se apenas câmaras fotográficas comuns e digitalizadores (*scanners*), ou simplesmente câmaras

<sup>9</sup> Disponível em : <http://www.photoshopcreative.com.br/especiais/eq0-124-7494-1-fotos+em+3d.html#anc-pagina>

digitais – e claro, mais uma aplicação informática especial para combinar fotos numa única imagem (United Photo Press, 2007).

Qualquer máquina fotográfica serve para se tirar fotografias panorâmicas. Contudo, quanto às lentes, as mais indicadas são as de grande angular. Os melhores resultados, em panorâmicas de 90° a 180°, são as de 28 mm, enquanto as de 8 mm servem para se produzir imagens de 360° “tela cheia” para visitas virtuais pela *web*. A partir de lentes “normais”, ou seja, 50 mm, as imagens panorâmicas começam a perder qualidade e riqueza de detalhes (United Photo Press, 2007). As lentes de grande angular são ideais para captar vistas panorâmicas de resolução padrão. Uma média de 5-6 disparos são suficientes para vistas completas para a maioria dos locais. Vistas panorâmicas de alta resolução são compostas de imagens captadas por teleobjectivas que resultam em imagens muito detalhadas com definição em giga pixéis.

Como exemplo, pode-se referir a existência de máquinas fotográficas equipadas com espelhos esféricos, parabólicos ou com curvaturas diversas, que geram diferentes tipos de imagem, como as de projecção rectilinear, esférica ou cúbica, permitindo, de uma só vez, capturar todo o espaço, sendo necessário, posteriormente, a utilização de uma aplicação informática para correcção das distorções da imagem.



Figura 13 - Fotos de tripé com nível óptico da Pentax<sup>10</sup>

Um equipamento indispensável a ser considerado é um tripé. Ao girar o tripé para se fazer as fotos, caso o tripé não esteja milimetricamente nivelado sobre o solo, as imagens não coincidirão plenamente, surgindo áreas vazias quando forem combinadas por *software*. Para resolver este problema é preferível utilizar um tripé com nivelador. (United Photo Press, 2007) Um tripé profissional de última geração, com nível óptico que permite o controlo do nivelamento perfeito (Figura 13).

<sup>10</sup> Disponível em : <http://diadema.olx.com.br/pictures/nivel-optico-pentax-com-tripe-nivelamento-metrologia-maquinas-e-equipamentos-iid-117737655>

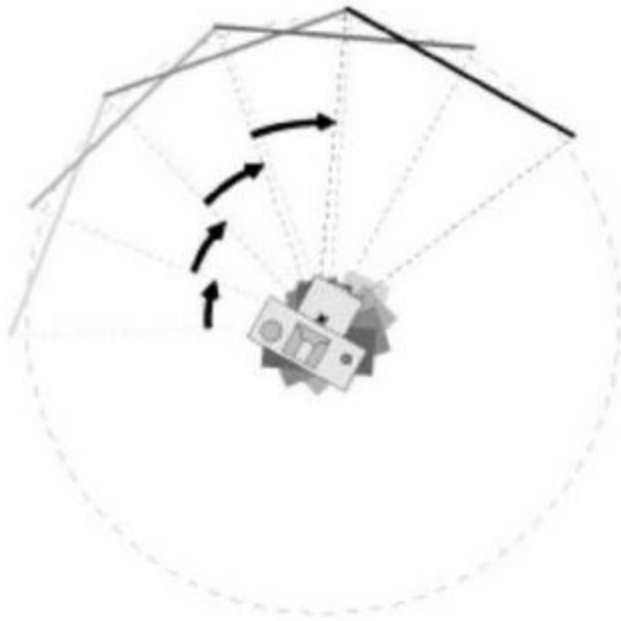


Figura 14 - Sequência de rotação da câmera para captura de fotografias panorâmicas (Hu, 2006)

A melhor maneira de se fotografar para gerar uma imagem panorâmica é com a máquina colocada na vertical. As fotos devem ser tiradas sequencialmente, com diferenças de 30° (preferencialmente) girando-se o tripé entre cada disparo (Figura 14). Ou seja, as imagens precisam de se sobreporem umas às outras, de modo a serem “montadas” mais tarde como se fossem uma única imagem (Figura 15).



Figura 15 - Exemplo de montagem de fotografia panorâmica<sup>11</sup>

Desta forma não há detalhes invisíveis em vistas panorâmicas. Sendo assim, é de extrema importância seleccionar o local certo e organizar o seu equipamento de captura

<sup>11</sup> Disponível em: <http://www.panoramafactory.com/handheld.htm>

adequadamente. Também deve ser dada a devida atenção à iluminação do ambiente. Normalmente usa-se a tecnologia HDR<sup>12</sup> para lidar com estas questões.

A Tecnologia HDR (*High Dynamic Range*), permite que sempre que se pressione o botão do obturador, sejam feitas várias capturas em diferentes exposições que serão combinadas numa única imagem com uma faixa altamente dinâmica. Isso minimiza as áreas desbotadas ou muito escuras, criando uma fotografia que captura a rica gradação de tons da cena como ela é vista a olho nu. A tecnologia aplica algoritmos desenvolvidos recentemente que expandem a faixa dinâmica até um valor de exposição (EV) máximo de 13, permitindo que os sujeitos sejam fotografados até mesmo em ambientes nos quais o contraste de luz e escuridão é muito forte. A tecnologia HDR praticamente elimina o borrão causado pelos movimentos de uma pessoa durante a captura contínua, deixando apenas fotografias nítidas e claras (Figura 16) (Casio, 2011).



Figura 16 – Exemplo de captura de imagens com diversas exposições para obter a imagem combinada final com tecnologia HDR

<sup>12</sup> Exemplo disponível em: <http://www.newscientist.com/article/dn20047-first-hdr-video-system-shows-all-the-light-and-shade.html>

Para reduzir o trabalho necessário e acelerar a captura das diversas imagens que compõem uma fotografia panorâmica existem robôs de captura automática que fazem todo o trabalho garantindo a máxima precisão (Figura 17).



Figura 17 - Exemplo de robot de captura automática de imagens panorâmicas<sup>13</sup>

Em vez de utilizar robôs, a *Google* decidiu implementar um mecanismo composto por 11 lentes acopladas, fixo a um automóvel ou outro veículo, que percorre as ruas da cidade, para capturar as imagens necessárias, para alimentar a base de dados de fotografias que serve de suporte à ferramenta *Google Street View* (Figura 18) (Google, 2011).



Figura 18 – Câmera utilizada para captura das fotografias para o *Google Street View*

Além das técnicas de captura da imagem, convém referir a necessidade de contemplar os direitos individuais de utilização de imagem para fins comerciais ou para publicação. Levanta-se aqui a questão dos direitos da utilização da imagem

<sup>13</sup> Vídeo disponível em : <http://vimeo.com/5437990>

Desde os primórdios da fotografia houve sempre pessoas a sentirem-se incomodadas por aparecerem em determinadas fotografias, alegando o direito à sua privacidade. É sempre uma questão muito importante a ter em atenção, pois ao utilizar-se uma imagem ou fotografia onde estão retratadas pessoas, essa fotografia passa, de certa forma, a pertencer a essa pessoa e assim cabe-lhe a ela autorizar ou não, a sua utilização ou publicação. Os profissionais do mundo da fotografia, também têm dificuldade em lidar com estas questões de forma a não invadir a privacidade das pessoas. Ilustrando esta dificuldade, pode-se ouvir o fotógrafo Gérard Castello Lopes numa entrevista<sup>14</sup> a dizer: “Como é que se fotografam pessoas que não querem ser fotografadas” - (Lopes, 2007)

- Direitos de autor: A publicação de fotografias captadas pelas ruas da cidade, no caso do *Google Street View* só é possível porque se tratam de locais públicos. No caso de serem locais privados a *Google* só pode disponibilizar as fotografias com a devida autorização do proprietário, como é o caso das fotografias do *Disneyland Resort Paris* (Google, 2011).
- Direito à privacidade: Para evitar que sejam levantadas questões ao nível da privacidade das pessoas que são “apanhadas” nestas fotografias, a *Google* tem uma política de privacidade que garante que depois de captadas as fotografias pelas ruas, são aplicadas tecnologias avançadas de desfocagem de rostos, que ajudam a assegurar que os transeuntes nas fotografias não possam ser identificados. Também é feita a desfocagem de matrículas automóveis legíveis (Google, 2011)

Para dar mais realismo e proporcionar um efeito tridimensional, devem ser utilizados máquinas fotográficas com capacidades estereoscópicas, a vulgarmente chamada tecnologia 3D. Hoje em dia, surgem quase diariamente novos dispositivos, de diversos fabricantes, com novas técnicas para a captura e visualização de imagens e filmes 3D, que representam o futuro da visualização dos mais diversos conteúdos, nomeadamente na indústria da televisão e do cinema.

Para implementar este efeito 3D, a máquina de captura tem de possuir capacidades estereoscópicas (Figura 19) ou em alternativa pode-se utilizar duas máquinas com disparo sincronizado (Figura 20) e montadas no mesmo tripé (solução mais acessível e versátil), sempre garantindo focos visuais coincidentes, com a mesma orientação vertical (*vector up*). Existe ainda a possibilidade de utilizar apenas uma câmara, o que obriga a tirar fotografias em sequência, deslocando apenas o ponto de disparo. No entanto, nada pode ser alterado entre os

---

<sup>14</sup> Entrevista disponível em: <http://video.google.com/videoplay?docid=-418361730050201432&hl=pt-pt#>

dois disparos, pois se algum objecto mudar de posição (pessoas, automóveis, ramos de árvores, etc.) causará uma “rivalidade retinal”. O cérebro tem dificuldade em fundir as 2 imagens e tudo o que estiver alterado parecerá “pisca” (Aperta R., 2007)



Figura 19 – Câmera estereoscópica personalizada da Konica Hexar<sup>15</sup>

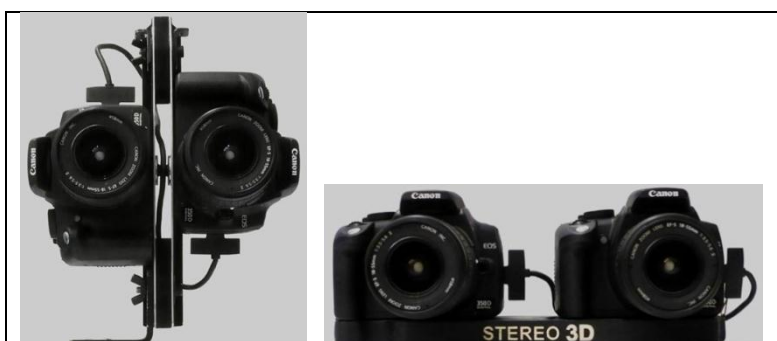


Figura 20- Câmaras acopladas com disparo sincronizado<sup>16</sup>

As mais recentes câmaras fotográficas 3D, existentes no mercado, além de capturarem imagens estereoscópicas, também podem capturar filmes 3D com som estereofónico (Figura 21).

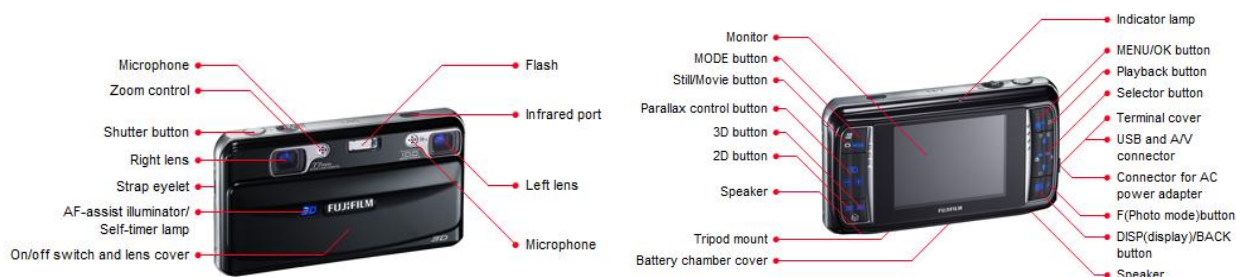


Figura 21 – Exemplo das características da câmara fotográfica Finepix REAL 3D W1 da Fujifilm<sup>17</sup>

<sup>15</sup> Disponível em : <http://www.studio3d.com/pages/stereophoto.html>

<sup>16</sup> Disponível em : <http://ruiaperta3d.110mb.com/>

<sup>17</sup> Disponível em : [http://www.fujifilm.com/products/3d/camera/finepix\\_real3dw1/product\\_views/index.html](http://www.fujifilm.com/products/3d/camera/finepix_real3dw1/product_views/index.html)

Estes efeitos de imagens só poderão ser perceptíveis quando visualizados em dispositivos específicos que também possuam capacidades 3D, de forma a não perder o efeito estereoscópico. Estes dispositivos de visualização serão apresentados na secção 2.2.3.

Como nota final, nesta secção, é de referir a importância da qualidade da imagem obtida neste processo. A qualidade da imagem advém da resolução e tecnologias presentes na própria máquina fotográfica utilizada, da qualidade e características da respectiva lente, assim como da escolha das melhores condições de iluminação do ambiente que se pretende recriar. Num ambiente imersivo, a definição da imagem é fundamental para permitir obter um efeito de *zoom* satisfatório, continuando a imagem e ser perceptível, mesmo com o *zoom* no máximo. Isto é particularmente agradável na observação de uma obra de arte ou de uma paisagem, podendo se observar alguns pormenores com melhor qualidade.

As diversas imagens de elevada resolução, necessárias para a composição da imagem panorâmica, requerem um suporte que, embora não perca a definição desejada, também permita um manuseamento e armazenamento em condições satisfatórias. Por vezes, as máquinas digitais armazenam as imagens em ficheiros de formatos proprietários que ocupam muito espaço em disco e dificultam o seu manuseamento. Daí ser necessária a conversão para formatos que utilizam técnicas padronizadas de compressão de imagem, como é o caso do formato JPEG. Obtém-se assim imagens com a mesma qualidade mas com uma dimensão muito mais razoável. A facilidade de trabalho também resulta das capacidades de processamento e de memória dos computadores utilizados para as tarefas de composição de imagens panorâmicas.

## 2.2.2 Montagem do ambiente

Depois de obtidas, as imagens capturadas são compiladas em vistas panorâmicas 2D e posteriormente processadas com aplicações específicas. São removidas sobreposições por manipulação de imagem e são aplicados filtros de cor conforme necessário. As imagens resultantes são colocadas num ambiente 3D interactivo com pontos de transição, criando assim uma visita virtual ao local original (Figura 22). (360World.eu, 2009)

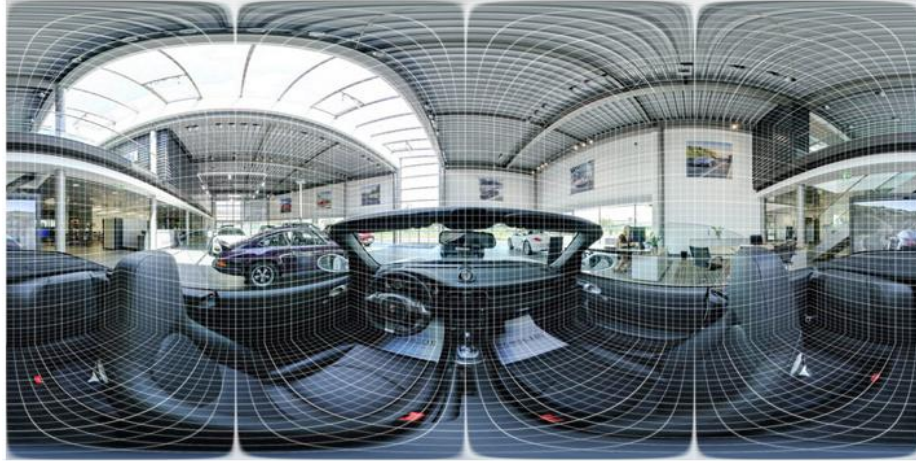


Figura 22 - Colocação de imagens 2D num ambiente 3D “projecção plana”<sup>18</sup>

Para visualizar ou imprimir uma foto panorâmica simples qualquer programa de fotografia pode ser usado. No entanto, imagens de 360° que se possam rodar para implementar visitas virtuais, exigem aplicações especiais para serem apreciadas e estas não podem ser impressas. Apenas com uma projecção plana da imagem pode-se conseguir uma ideia espacial do ambiente que se esta a criar. Para a composição de ambientes 3D, geralmente utilizam-se aplicações específicas para criar e manusear imagens panorâmicas e muitas delas podem ser obtidas gratuitamente a partir da internet. (United Photo Press, 2007)

Estão disponíveis na internet várias aplicações informáticas capazes de produzirem imagens panorâmicas a partir de imagens comuns. Portanto, a fotografia digital tornou a fotografia panorâmica muito mais acessível e simples de ser realizada e permitiu uma representação quase perfeita da realidade através de um ecrã ou de uma tela de projecção. (Parente, 1991)

É possível construir imagens panorâmicas de diversas dimensões e ângulos de visualização, pelo que se podem classificar em três categorias distintas: (ImagemDigital, 2010)

- Vista cilíndrica: Em que só é apresentada a visão de 360° (sem tecto nem chão).



Figura 23 - Exemplo de montagem de fotografia panorâmica cilíndrica<sup>19</sup>

<sup>18</sup> Disponível em : [http://360world.hu/panoramakep/virtualis\\_tura/porsche\\_centrum/index5.html](http://360world.hu/panoramakep/virtualis_tura/porsche_centrum/index5.html)

<sup>20</sup> Disponível em : <http://www.panoramafactory.com/pittsburgh/DahnTahn.htm>

- Vista parcialmente esférica: Em que é apresentada a fotografia cilíndrica + chão ou tecto, mas nunca os dois juntos



Figura 24 - Exemplo de imagem parcialmente esférica<sup>20</sup>

- Vista totalmente esférica ou 360°: Em que se consegue visualizar em todas a direcções (360° horizontal + 360° vertical).



Figura 25 - Visualização de um panorama esférico em 360° “desenrolado ou projecção plana”<sup>21</sup>

---

<sup>20</sup> Disponível em : <http://ayrton.com/360/krp/greenday/rio/Gigafoto-panoramica-Show-do-GREEN-DAY-no-Rio-de-Janeiro-som.html>

<sup>21</sup> Disponível em :  
[http://360world.eu/panorama/real\\_estate/office/index.html?pano=tour.xml&plugin\[config\].startpicture=1&plugin\[config\].language=eng](http://360world.eu/panorama/real_estate/office/index.html?pano=tour.xml&plugin[config].startpicture=1&plugin[config].language=eng)

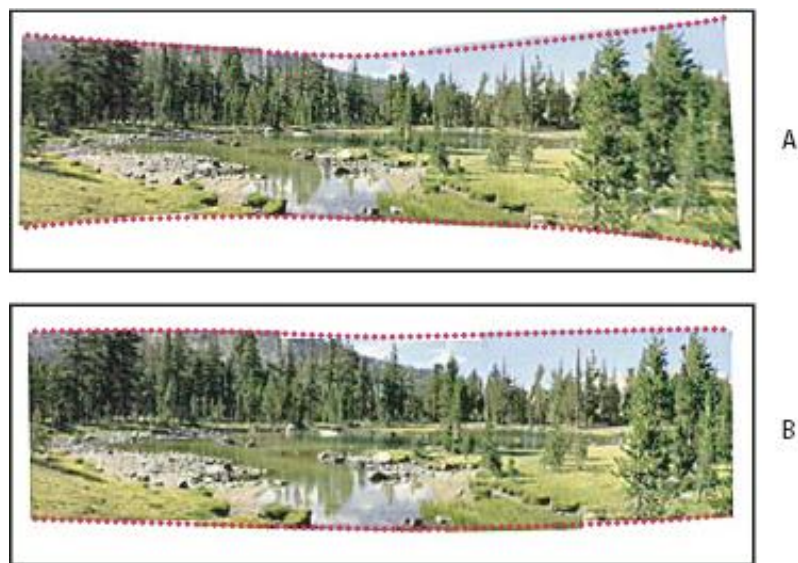
A vista panorâmica esférica de 360° permite ao utilizador sentir-se como uma parte real do ambiente e da experiência no local. Estas imagens oferecem um campo de visão de 360° horizontal e verticalmente, o último dos quais faz do céu e do solo motivos perfeitamente visíveis. O utilizador pode aplicar *zoom* em qualquer um dos detalhes da imagem, assim como deslocar o ângulo de visão, em qualquer direcção, para uma observação total do ambiente captado na imagem.

Conforme referido na secção 2.1.2, a imagem panorâmica virtual está na base da criação dos ambientes virtuais (Parente, 1991), pois é ela que vai representar o próprio espaço do ambiente. Num ambiente virtual, o utilizador possui a liberdade de navegar por esse ambiente como se estivesse a manipular uma câmara virtual, focando-a em qualquer direcção ou ainda alterando o factor de *zoom* à imagem. Evidenciam-se assim as duas componentes que compõem estes ambientes:

- O conteúdo do ambiente: uma superfície panorâmica, onde será mapeada/projectada a imagem panorâmica do ambiente;
- O visualizador do ambiente: a tela da câmara virtual, onde será projectada esta mesma superfície panorâmica, que reflectirá o ângulo de visão escolhido, em cada momento, pelo utilizador.

A imagem panorâmica representa assim a projecção do ambiente na superfície panorâmica. Esta superfície vai permitir observar a imagem panorâmica interactivamente, reconstruindo vistas arbitrárias do ponto do ambiente onde as fotos foram tiradas. Existem, no entanto, diversas formas geométricas utilizadas para criar superfícies panorâmicas, susceptíveis de serem utilizadas e que determinam as vistas que poderão ser reconstruídas. A forma geométrica tem de ser o mais simples possível para facilitar as projecções, da imagem na superfície e da superfície na tela, como referido anteriormente (Parente, 1991).

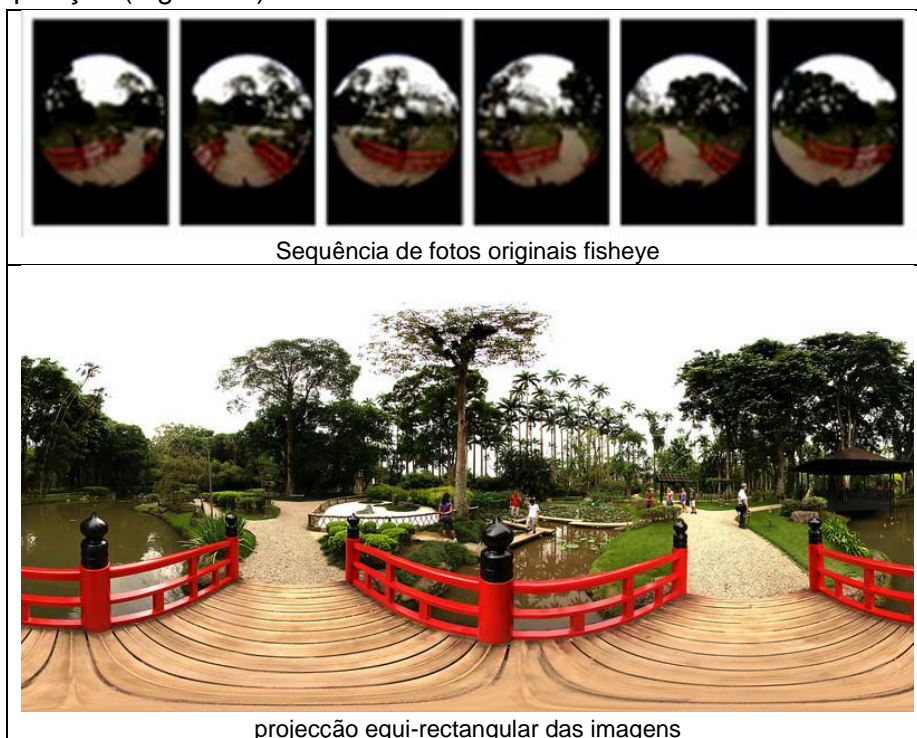
- A superfície panorâmica cilíndrica é adequada para a utilização de uma imagem panorâmica obtida por uma câmara panorâmica. O mapeamento dessa imagem na superfície do cilindro pode ser feito enrolando a imagem ao seu redor. Essa transformação garante a isometria entre o cilindro e o domínio da imagem e assim a transformação não deforma a imagem (Figura 26).



A – Combinação de Imagens Originais; B – Mapeamento Cilíndrico Aplicado

Figura 26 – Mapeamento cilíndrico<sup>22</sup>

- Na superfície panorâmica esférica, a imagem panorâmica é dividida em duas partes que devem ser obtidas com uma objectiva de grande angular tipo *fisheye*, ou olho de peixe, a partir do mesmo ponto e em direções opostas. Cada imagem é mapeada ortogonalmente, em cada um dos hemisférios. No entanto para ajudar no processo de alinhamento das imagens, geralmente utilizam-se seis imagens para permitir a sobreposição (Figura 27).



projecção equi-rectangular das imagens

Figura 27 – Mapeamento esférico<sup>23</sup>

<sup>22</sup> Disponível em : [http://help.adobe.com/pt\\_BR/Photoshop/11.0/WSfd1234e1c4b69f30ea53e41001031ab64-75e8a.html#WS5125059C-C453-47a7-8459-1212DA74B62A](http://help.adobe.com/pt_BR/Photoshop/11.0/WSfd1234e1c4b69f30ea53e41001031ab64-75e8a.html#WS5125059C-C453-47a7-8459-1212DA74B62A)

- Numa superfície panorâmica em forma de cubo, a imagem panorâmica é dividida em seis partes obtidas com uma lente comum de um mesmo ponto e em seis direcções perpendiculares diferentes. Cada imagem é mapeada em cada uma das faces do cubo (Figura 28).

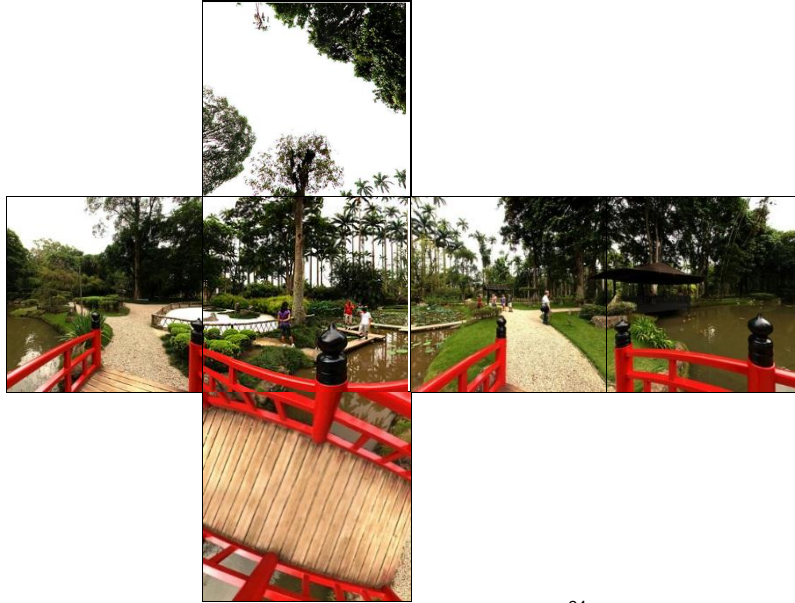


Figura 28 – Mapeamento cúbico<sup>24</sup>

Estas três formas geométricas são as mais simples e também as mais usadas permitindo a utilização de câmaras fotográficas de diversos tipos e proporcionando resultados finais muito semelhantes em termos de navegabilidade.

Para fazer todo o tratamento e composição destas imagens panorâmicas, existem diversas ferramentas que estão descritas no capítulo seguinte desta dissertação.

### 2.2.3 Dispositivos de visualização panorâmica

Hoje em dia a forma mais comum de se ver uma imagem panorâmica, é utilizando um computador com uma aplicação específica ou com um navegador de internet, dotado de ferramentas próprias. Só num ecrã se pode ter a sensação dos 360º da imagem. A imagem impressa e colocada à volta do espectador não teria o encanto, nem o efeito dos primórdios da fotografia panorâmica, pois o espectador dos nossos tempos já nasceu no mundo da imagem.

<sup>23</sup> Disponível em : <http://www.rau-tu.com/2009/04/tutorial-panoramicas-360/>

<sup>24</sup> Disponível em : <http://www.rau-tu.com/2009/04/tutorial-panoramicas-360/>

A internet é, assim, o lugar natural para a apresentação e divulgação destas imagens e também permite um manuseamento intuitivo das mesmas. O computador é, por isso, o dispositivo por excelência para esta exploração. Embora a internet esteja acessível em diversos dispositivos, um ecrã com maiores dimensões é mais agradável para se distinguir melhor os pormenores da imagem. Claro está que a imagem panorâmica tem de ter uma elevada qualidade, sob pena de desiludir e perder o efeito ao fazer *zoom* sobre a mesma.

As definições dos monitores/televisores actuais já possuem as características suficientes para uma boa visualização de imagens de alta qualidade. A configuração da imagem, seja ela de 4:3 ou de 16:9, não vai influenciar o resultado final, visto que a sensação dos 360° da imagem panorâmica é transmitida pela própria navegação em si e não propriamente pelo campo visual disponível.

Para a visualização de imagens panorâmicas, não se pode dizer que existe um dispositivo específico. É apenas necessária uma aplicação de processamento de imagem e dotar o utilizador de meios de navegação, capazes de criar uma imersão no ambiente a explorar. Na secção 2.2.5 estão descritas as características que a aplicação tem de ter para recriar esta sensação de imersão.

No entanto para a representação de imagens panorâmicas num ecrã comum de computador, existe o problema relativo à representação de dados num espaço confinado. Para se ultrapassar esta limitação usam-se diferentes técnicas de distorção da imagem. A distorção da imagem é uma técnica que altera a relação espacial entre os dados dos objectos. É assim criada uma área de interesse que permite ao utilizador examinar uma zona local, enquanto é também apresentada uma visão global de todo o espaço para contextualizar e facilitar a navegação (Stroe, 1999).

Consoante a técnica de distorção utilizada podem-se obter vistas bifocais ou polifocais. A vista bifocal pode ser aplicada uma transformação linear em uma ou duas dimensões da imagem, fazendo aumentar a zona central da imagem e diminuindo as zonas laterais, superior e inferior da imagem (Figura 29).

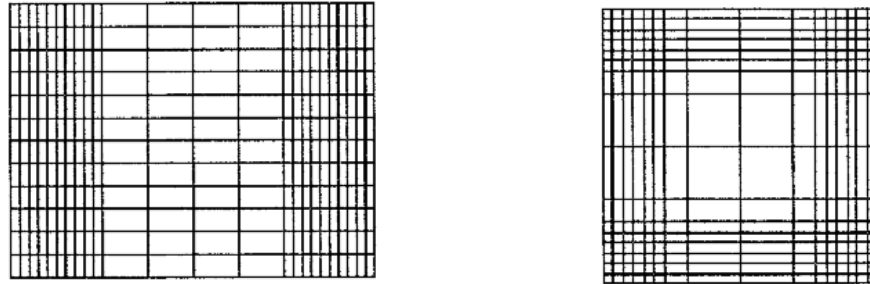


Figura 29 - Grelha de imagem para vista bifocal em uma ou duas dimensões<sup>25</sup>

Numa vista polifocal aplica-se uma transformação hiperbólica mais complexa em uma ou duas dimensões da imagem o que vai provocar uma distorção mais acentuada à imagem apor isso dar uma sensação pouco natural ao ser visualizado num ecrã rectangular (Figura 30).

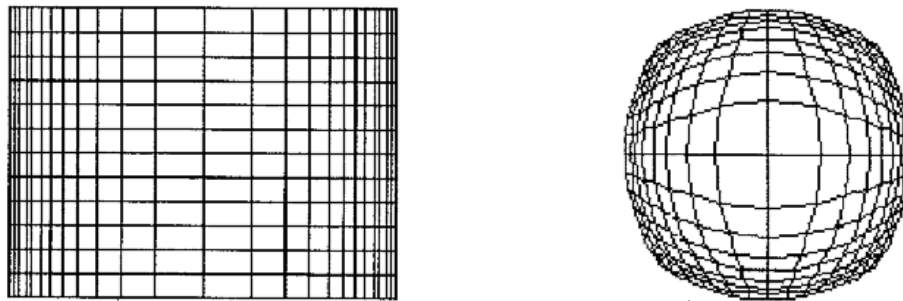


Figura 30 - Grelha de imagem para vista polifocal em uma ou duas dimensões<sup>26</sup>

Para resolver este problema, alguns algoritmos propõem a utilização de outras transformações para mapear o resultado para um espaço rectangular ou ainda para combinarem o resultado usando relações cartesianas. A vista tipo olho de peixe (*fisheye*) é uma optimização deste algoritmo que permite uma grelha mais uniforme e uns contornos mais precisos (Figura 31).

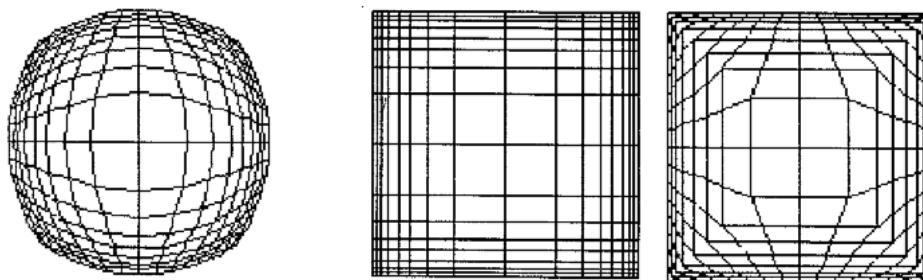


Figura 31 - Grelha de imagem para vista tipo *fisheye*<sup>27</sup>

A vista de perspectiva também pode ser usada. Nesta técnica de visualização a área central da imagem é mostrada na resolução original enquanto que as áreas circundantes são reduzidas

<sup>25</sup> Disponível em : <http://davis.wpi.edu/~matt/courses/distortion/#fisheyes>

<sup>26</sup> Disponível em : <http://davis.wpi.edu/~matt/courses/distortion/#fisheyes>

<sup>27</sup> Disponível em : <http://davis.wpi.edu/~matt/courses/distortion/#fisheyes>

para um factor de  $\cos(\alpha)$  para simular o efeito da perspectiva (Figura 32). Esta vista é uma extensão da vista bifocal.

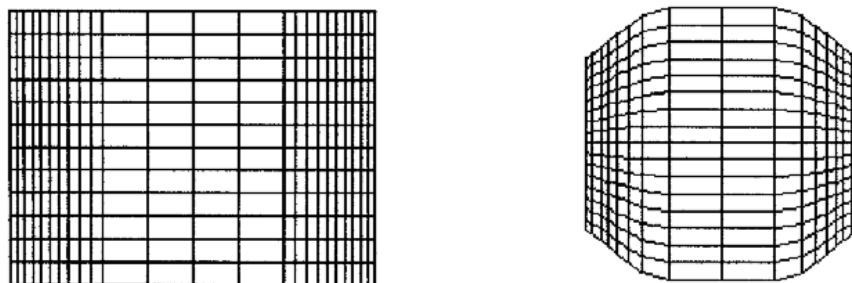


Figura 32 . Grelha de imagem para vista em perspectiva<sup>28</sup>

Além do ecrã do computador existe no entanto um dispositivo, idealizado pelo artista e investigador de audiovisual e multimédia anteriormente citado, André Parente, e desenvolvido em colaboração com o núcleo de tecnologia da Imagem - N-Imagem da UFRJ, chamado Visorama. Este dispositivo permite ao espectador explorar uma fotografia panorâmica como se estivesse a usar uns binóculos, permitindo deslocar o ponto de vista da câmara relativamente à imagem que aparece no visor desse binóculo (Figura 33). Além disto, aquilo que o utilizador está a ver é projectado, em simultâneo, num grande ecrã para que o público, presente na sala, assista ao “filme” desta visualização/navegação pessoal. Cada utilizador do Visorama está assim a criar o seu próprio filme ao ver a mesma imagem. É a demonstração máxima da experiência única e pessoal que este tipo de visualização permite alcançar.



Figura 33 - Visorama<sup>29</sup>

<sup>28</sup> Disponível em : <http://davis.wpi.edu/~matt/courses/distortion/#fisheyes>

<sup>29</sup> Disponível em : <http://www.youtube.com/watch?v=qoGJ6GWDzFA&feature=related>

## 2.2.4. Dispositivos de visualização 3D

Os dispositivos de visualização 3D têm sofrido nos últimos anos, uma evolução vertiginosa, oferecendo diversas soluções para se conseguir obter o tão desejado efeito 3D, nos mais diversos tipos de dispositivos. Desde os televisores, monitores de computador, projectores, telas de projecção, telemóveis e salas de cinema com tecnologias avançadas, todos apresentam uma resposta para os aficionados do 3D. A experiência 3D é mais perceptível em ambientes envolventes, mas também se podem obter bons resultados ao nível de dispositivos mais pequenos como os telemóveis, conseguindo-se aqui apenas o efeito 3D e não tanto a envolvimento.

Para ilustrar as diversas evoluções no ramo da visualização 3D por estereoscopia, apresenta-se a seguinte hierarquia de soluções técnicas:

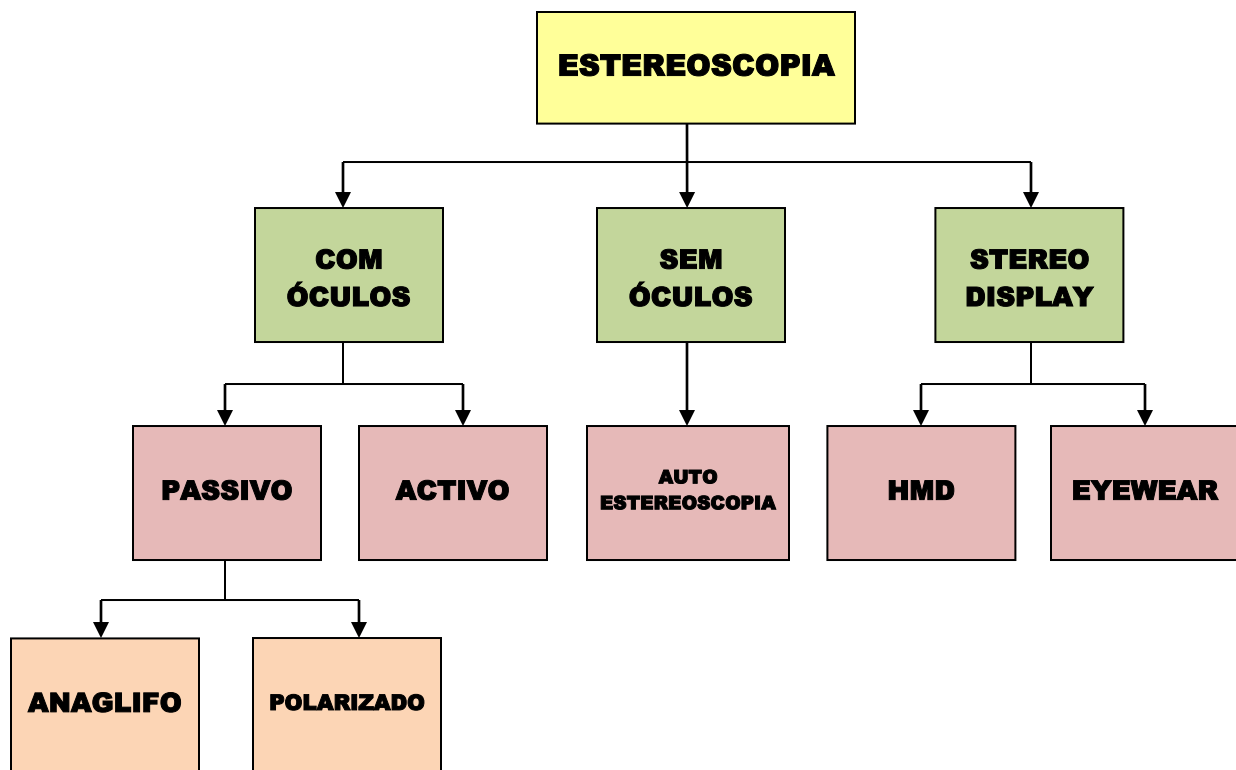


Figura 34 – Visualização de imagens 3D por estereoscopia<sup>30</sup>

<sup>30</sup> Disponível em : <http://imagemesomhd.blogspot.com/2010/01/imagens-3d-estereoscopicas.html>

### 2.2.4.1 Óculos passivos com Anaglifo

As primeiras apresentações de imagens ou filmes em 3D, foram elaborados com anaglifos. O anaglifo é uma imagem 3D conseguida pela utilização de pares estereoscópicos, onde a cada imagem é aplicado um filtro de cor diferente, geralmente o vermelho e o azul (Figura 35). Estas imagens só conseguem ser visualizadas com óculos, com lentes normalmente de cor vermelha e azul. (Hu, 2006)



Figura 35 – Sistema 3D com anaglifo

### 2.2.4.2 Óculos passivos polarizados

As salas de cinema com o sistema Dolby3D exibem filmes em 3D que apenas requerem a utilização de óculos passivos polarizados que simplesmente exploram as capacidades de projecção e de reflexão de imagens polarizadas entre a tela e os óculos. Existem dois tipos de polarização: linear ou circular (Figura 36), que diferem na forma como reflectem a polarização da imagem. Claro que, para que o sistema funcione, a polarização da projecção tem de ser a mesma que a polarização dos óculos de visualização. Esta é uma solução mais barata que a utilização de óculos activos que são muito mais caros por requererem alimentação própria, além de ser também necessária uma tela activa.

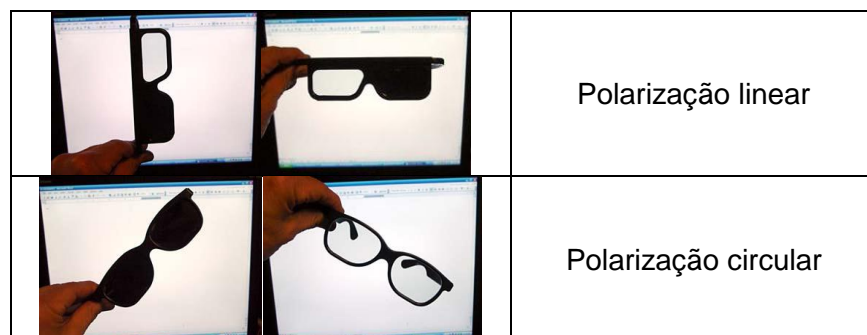


Figura 36 – Óculos de visualização 3D com diferentes polarizações. (Themelis, 2010)

### 2.2.4.3 Auto estereoscopia

A auto-estereoscopia é a tecnologia que permite ver imagens em 3D sem a necessidade de utilização de qualquer acessório para o utilizador, o que torna a visualização muito mais confortável e cria uma sensação mais próxima do real. Aqui o segredo está no próprio ecrã, que pode utilizar duas técnicas distintas: lentes lenticulares ou a barreira de paralaxe. (Cotilho, et al., 2010)

As lentes lenticulares permitem controlar a projecção de imagens diferentes, de um mesmo objecto para cada olho (Figura 37). Um olho consegue captar a imagem proveniente do centro de cada lente, enquanto o outro, apanha a imagem projectada fora do centro da lente. O cérebro irá associar estas duas imagens e assim obter a percepção da profundidade. A barreira de paralaxe é acoplada a um ecrã LCD normal e faz com que cada olho veja um conjunto diferente de píxeis da imagem, criando assim o efeito 3D. Esta técnica tem ainda a vantagem de poder ser desactivada, para permitir ver a imagem original em 2D. No entanto, estas duas técnicas requerem ainda algum aperfeiçoamento, visto que só se consegue um resultado satisfatório, quando o espectador se encontra a numa determinada posição e distância do ecrã.

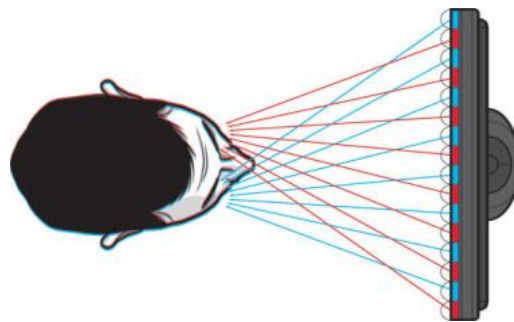


Figura 37 – Sistema de lentes lenticulares. (Cotilho, et al., 2010)

### 2.2.4.4 Dispositivos estéreo - HMD e Eyewear

Para captar a sensação tridimensional dos objectos, pode-se utilizar dispositivos de visualização estereoscópicos, chamados HMD (*Head-Mounted Displays*) que conferem uma visão binocular onde duas imagens são projectadas em dois ecrãs criando uma imagem estereoscópica (Pölänen, 2010). Os dispositivos HMD são geralmente opacos para apenas permitir ver o conteúdo apresentado (Figura 38), mas também podem ser transparentes o que permite ver a projecção de imagem tendo como fundo a imagem do meio envolvente. Estes

dispositivos dão uma sensação de imersão bem conseguida além de também poderem ser usados para criar efeitos de realidade aumentada.



Figura 38 – Alguns modelos de HMD (*Head Mounted Display*)<sup>31</sup>

#### 2.2.4.5 Monitores 3D

Além de salas equipadas com técnicas de projecção específicas e de dispositivos utilizados pelo espectador, pode-se ainda falar dos próprios ecrãs de visualização que também conseguem ter, por si só, capacidades para proporcionar o efeito tridimensional. Os monitores de computadores 3D da empresa *redrover* (Figura 39) são um exemplo destes pois recorrem à utilização de dois *LCD* e permitem a obtenção do efeito tridimensional sem necessidade de processamento adicional da imagem.



Figura 39 – Ecrã True3Di da *redrover*

<sup>31</sup> Disponível em: <http://imagemesomhd.blogspot.com/2010/01/imagens-3d-estereoscopicas.html>

#### 2.2.4.6 Projectores 3D

As técnicas de projecção estereoscópicas, que utilizam vários pares de projectores sincronizados também representam hoje em dia um elemento fundamental na obtenção de um efeito 3D muito mais realista.



Figura 40 – Projectores estereoscópicos SP-031 e SP-100 da redrover

Estas técnicas já são usadas para grandes produções cinematográficas ou publicitárias, pois ainda requerem um elevado investimento em equipamento e técnicos especializados.



Figura 41 – Exemplo da utilização da projecção 3D - Hyundai Accent 3D projection mapping<sup>32</sup>

#### 2.2.4.7 Videojogos com visualização 3D

Todos os equipamentos audiovisuais pretendem explorar o mercado 3D ainda em crescimento e que ainda promete o aparecimento de inúmeras novidades em todas as áreas. Nem o mercado dos jogos electrónicos escapa a esta tendência. Recentemente, a Nintendo lançou a sua nova consola de jogos *Nintendo 3ds*, que explora a imagem 3D e utiliza-a em jogos de realidade virtual, entre outros, graças à sua máquina fotográfica estereoscópica com duas lentes (Figura 42).

<sup>32</sup> Disponível em : <http://blog.converget.com/2011/04/08/hyundai-3d-projection/>

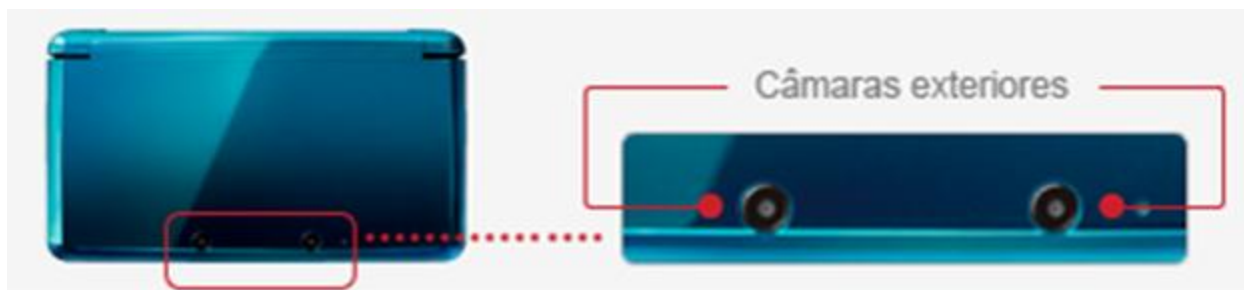


Figura 42 – Nintendo 3ds – Câmara fotográfica estereoscópica com duas lentes<sup>33</sup>

#### 2.2.4.8 Visualização 3D com volumetria

A evolução não pára e enquanto as técnicas de visualização 3D vão sendo aperfeiçoadas surgem outros conceitos e outras formas de visualização e projecção sempre com o propósito de proporcionar uma experiência visual cada vez mais próxima da realidade. O protótipo da *Sony, RayModeler*, usa um ecrã cilíndrico, onde são projectadas imagens em 360°, juntando características de volumetria às capacidades de auto estereoscopia (Figura 43). Este dispositivo pretende revolucionar o conceito do próprio ecrã, pois a imagem pode ser vista em toda a volta do ecrã, recriando o volume do próprio objecto.



Figura 43 - *Sony RayModeler* - 360 Autostereoscopic 3D Display (Hologram)<sup>34</sup>

<sup>33</sup> Disponível em : <http://www.youtube.com/watch?v=yk3rSX-vOVw>

## 2.2.5 Técnicas de exploração e manipulação do ambiente

Como referido na secção 2.2.2, o ambiente virtual é composto por duas componentes: o seu próprio conteúdo, fornecido pela imagem panorâmica utilizada, e pelo visualizador do conteúdo, que define o ponto de vista do utilizador sobre a imagem, em cada momento. A estas duas componentes deve-se ainda adicionar capacidades de interacção com o ambiente e não só de exploração ao nível espacial da imagem.

Antevendo a próxima secção deste trabalho, dir-se-á que estes ambientes virtuais servem para criar, por exemplo, visitas virtuais (Figura 44) e, por isso, a exploração do ambiente vai levar o utilizador a descobrir o espaço, percorrendo várias cenas e também a reconhecer determinados objectos, proporcionando a interacção com cada um deles em particular. O *browser* de internet será o ambiente preferido para esta exploração de conteúdos, pois permite o manuseamento de uma grande variedade de tipos de informação.

Para este efeito são criadas ligações, assinalando esses objectos interactivos no ambiente 3D, para que, ao navegar pelo espaço, o utilizador tenha a noção de que pode seleccionar um determinado objecto/ligação e ter assim acesso a outros conteúdos. (Noguês, 2010)



Figura 44- Esquema de montagem de uma visita virtual<sup>35</sup>

Esta transição entre conteúdos é efectuada através de hiperligações 3D, as quais podem ser assinaladas através de ícones colocados sobre uma área da imagem. A própria forma dos ícones pode elucidar o utilizador acerca do conteúdo que está acessível. A hiperligação 3D, também chamada *HotSpot*, pode ser usada para: (Noguês, 2010)

<sup>34</sup> Disponível em : [http://www.youtube.com/watch?v=\\_Lf0t6gWLB0&feature=player\\_embedded](http://www.youtube.com/watch?v=_Lf0t6gWLB0&feature=player_embedded)

<sup>35</sup> Disponível em : <http://www.panoramafactory.com/>

- Transitar entre diversos pontos de vista do ambiente, para que o utilizador de desloque pelas diversas cenas do ambiente.
- Visualizar um conteúdo associado a um determinado detalhe, como uma imagem ampliada, um texto ou som.
- Ligação a documentos externos ou outros sítios na internet relacionados com um determinado elemento da cena.
- Abrir uma determinada aplicação ou documento específico.

Em vez de se utilizarem ícones, podem-se assinalar áreas da imagem, que reagem na passagem do rato sobre esta área, mudando de cor, dando a indicação de que existe a possibilidade de interagir com este conteúdo. Em vez da cor podem se usar sons, ou outros efeitos especiais. As possibilidades são imensas pela combinação de muitos efeitos, caso se pretenda.

Estes *links* predefinidos constituem uma interacção não interventiva, visto que o utilizador apenas consulta e acede aos conteúdos pré-definidos no ambiente.

Para dar mais liberdade e interactividade, o utilizador pode criar os seus *links* e associar o seu próprio conteúdo ou comentário, relativo à cena ou objecto a ser visualizado. Alguns exemplos destas técnicas são:

- *Google Earth*: (ferramenta de exploração de mapas) Onde o utilizador pode associar as suas fotografias a um determinado local do mapa pela localização geográfica (coordenadas GPS) do local de captura da fotografia. As versões pagas também fornecem a possibilidade de gravar imagens de locais, com anotações próprias, no formato de ficheiro proprietário KML. Podem-se criar também filmes das navegações efectuadas, em formato .WMV para posteriormente serem partilhados com outros utilizadores. (Google, 2011)
- *3D Hypermedia with Biomedical Stereoscopic Images*: (ferramenta médica de diagnostico) Aqui o utilizador pode acrescentar um comentário a uma determinada zona da imagem para explicar melhor, por exemplo, uma determinada ferida no corpo de um paciente. (Noguês, 2010)

Estes aspectos já permitem formas de interacção mais interventivas, onde o utilizador participa na criação e enriquecimento do próprio ambiente. Este fornecimento de informação deve no entanto ser verificado, sob pena da informação não ser reconhecida como válida, prejudicando a credibilidade e reputação do próprio sítio. Um dos sítios prejudicados por este aspecto é a

*Wikipédia*, onde se pode encontrar toda a informação, sobre todos os temas e em várias línguas, mas, como o seu conteúdo não é muitas vezes assinado, não se pode tornar numa fonte totalmente credível de informação.

A interacção com um ambiente virtual pode ser implementada usando a linguagem VRML (*Virtual Reality Modeling Language*) ou uma versão mais recente chamada X3D (*eXtensible 3D graphics*) que permitem especificar cenas 3D dinâmicas pelas quais o utilizador pode navegar usando um *browser* com as devidas ferramentas instalados. (Schneider, et al., 1998) Consegue-se assim atingir diversos níveis de interacção com os ambientes virtuais: (Ranon)

- Animação de cenas: Utilização de temporizadores e interpoladores que controlam a visualização da animação em contínuo;
- Áudio e vídeo espacializado: Recursos audiovisuais mapeados na geometria da cena;
- Interacção do utilizador: Função do rato "*pick and drag*" e outros *inputs* do teclado;
- Navegação: Câmaras, movimento do utilizador na cena 3D, colisões, detecção de visibilidade e proximidade;
- Networking: Montagem de cenas 3D apenas com conteúdos provenientes de hiperligações a objectos existentes na internet;
- Objectos definidos pelo utilizador: Possibilidade de criar objectos criados pelo utilizador suportados pelo respectivo *browser*;
- Scripting: Possibilidade de mudar dinamicamente a cena através de programação;
- Simulação física: Animação *humanoid*, dados geo-espaciais, integração com protocolos DIS (*Distributed Interactive Simulation*)

Todas estas possibilidades de interacção têm de ser mapeadas no ambiente, de forma a permitir o acesso aos conteúdos de forma expedita. Embora as informações estejam relacionadas entre si e entre o ambiente, devem estar acessíveis, sem que o utilizador tenha de passar por diversos passos. Isto é conseguido através da implementação de modelos de visualização em 3D de informação hierarquizada: (Noguês, 2010) (Fua, 1999)

- *Cone Trees (CT)*: É uma técnica de representação tridimensional da informação em forma de cone (Figura 45). A hierarquia de nós é apresentada em 3D para maximizar o uso efectivo do espaço disponível do ecrã, permitindo a visualização de toda a estrutura, podendo a cena ser rodada para aceder aos nós mais distantes.

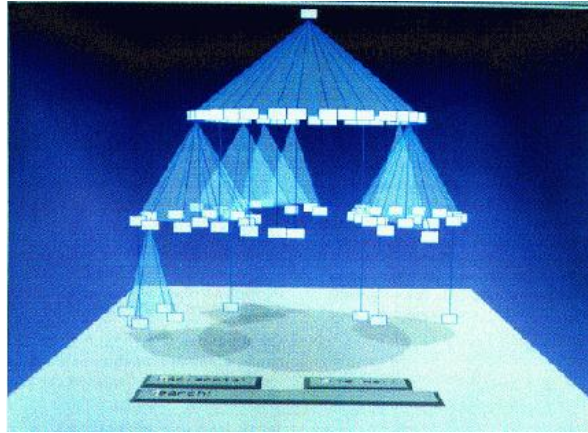


Figura 45 – Cone Trees (Fua, 1999)

- *Reconfigurable Disc Trees (RDT)*: É uma extensão ao modelo *Cone Tree*. O *RDT* possui duas informações chave relacionadas com o mesmo cone: O ponto de referência ( $pr$ ) e o vértice do cone ( $vc$ ), que podem assim ficar separados permitindo a criação de um nó pai ( $np$ ) (Figura 46)

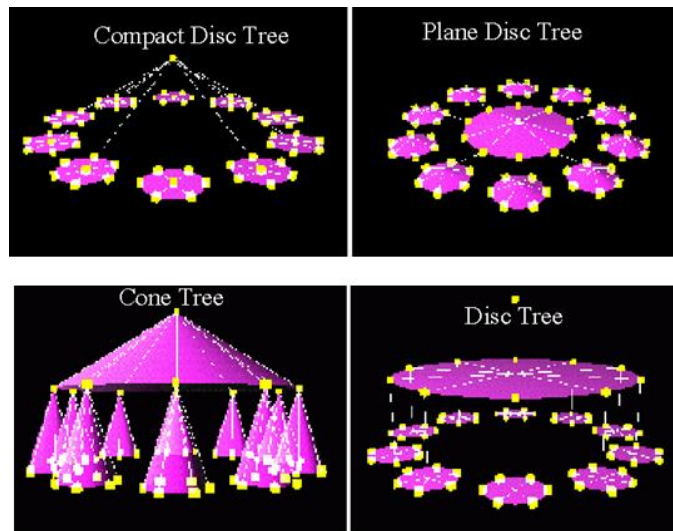


Figura 46 – Reconfigurable Disc Trees (Fua, 1999)

- *Information Cube (IC)*: É um modelo de representação de informação em 3D que utiliza a visualização de cubos encaixados, sendo os cubos exteriores os que contêm informação de nível superior (Figura 47).

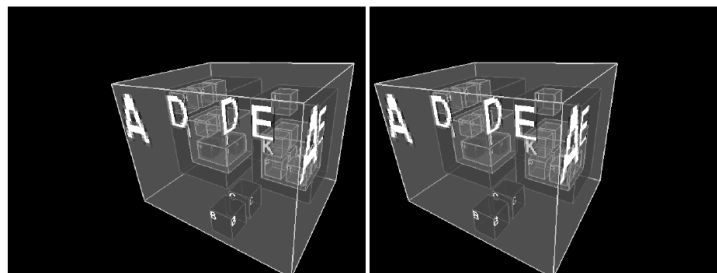


Figura 47 – Estereograma de um *Information Cube* (Rekimoto, et al., 1993)

Existem muito mais formas de representação de informação em 3D, que permitem estabelecer as relações entre as diversas informações e permitem a sua consulta de forma mais intuitiva, no entanto, estes outros modelos já fogem ao âmbito da aplicação em ambientes 3D imersivos, pelo que não vão ser identificados mais exemplos além dos referidos acima.

## 2.3 Aplicações actuais dos ambientes 3D imersivos

Os ambientes 3D imersivos são já hoje utilizados na internet para várias finalidades.

Utilizando imagens virtuais, geradas por computador, podem-se construir imagens panorâmicas do interior ou exterior de uma casa, baseadas no seu projecto de construção (Figura 48) para permitir uma previsão do resultado final da construção. Ao navegar pela ambiente e saltando entre ligações o utilizador pode observar e avaliar as opções e materiais de construção antes de avançar com a obra. Permite também ao comprador da casa compreender melhor as soluções arquitectónicas apresentadas pelo arquitecto do projecto. O ambiente 3D imersivo torna-se assim numa ferramenta de avaliação de projectos de construção e também de promoção imobiliária.



Figura 48 – Visualização em 360º de um projecto de construção/decoração de interiores<sup>36</sup>

Também é possível criar ambientes 3D imersivos com imagens do interior e/ou exterior de um automóvel (Figura 49). Isto servirá para o utilizador conhecer os pormenores do veículo e ter uma noção do espaço e equipamento que o veículo dispõe. Quando utilizado para mostrar

<sup>36</sup> Disponível em : [http://360world.eu/portfolio/template/latvanyterv/index\\_en.html](http://360world.eu/portfolio/template/latvanyterv/index_en.html)

automóveis de alta cilindrada e de um mais elevado preço, serve para evitar a um *stand* automóvel dispor de um modelo real, evitando assim custos desnecessários. Também é uma ferramenta procurada por quem quer comprar um veículo e pode assim comparar modelos sem sair de casa.



Figura 49 – Visualizar o interior de automóveis em 360<sup>o37</sup>

As empresas de *catering* e de organização de eventos também usam estes ambientes 3D imersivos para mostrarem mais facilmente aos seus clientes, a possível decoração de uma sala para um determinado evento (Figura 50), ajudando assim o cliente a decidir qual a decoração que mais lhe agrada, sem ter de se deslocar aos locais.

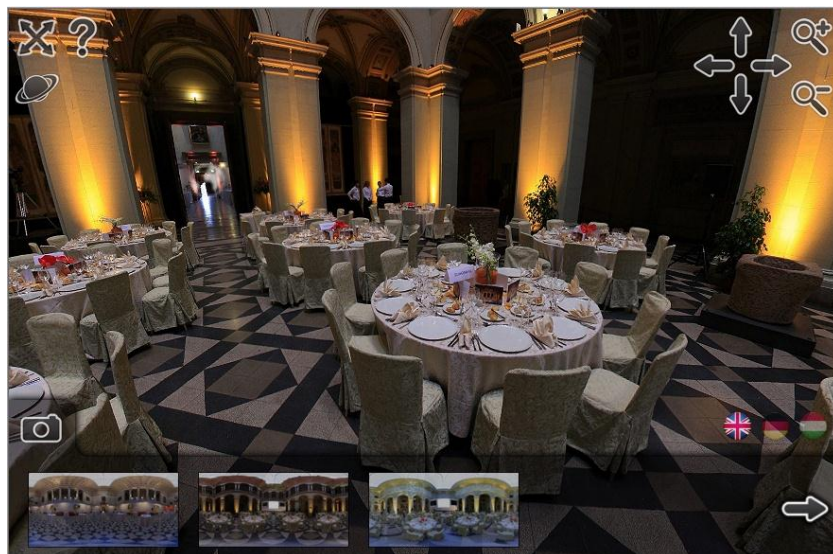


Figura 50 – Ambientes 3D imersivos para demonstração de eventos de empresas de *catering*<sup>38</sup>

<sup>37</sup> Disponível em : <http://360world.eu/portfolio/template/porsche/index.html>

<sup>38</sup> Disponível em : [http://360world.eu/portfolio/template/ucb/index\\_en.html](http://360world.eu/portfolio/template/ucb/index_en.html)

O mesmo acontece para as empresas que montam instalações industriais, por exemplo, laboratórios, permitindo mostrar os seus equipamentos num ambiente muito próximo do real, dando ao utilizador uma noção das possíveis combinações de montagem dos equipamentos.

Alguns estabelecimentos comerciais também têm apostado na apresentação das suas lojas (Figura 51) através da criação de ambientes 3D imersivos, onde o cliente pode verificar que tipo de objectos são vendidos e até fazer o *zoom* para verificar certos pormenores dos objectos para venda. Associando informação mais pormenorizada sobre os artigos, podem-se criar catálogos de produtos com as respectivas especificações de preços de venda ao público.



Figura 51 – Visita à loja da Spicy em 360<sup>39</sup>

Como curiosidade e como prova da versatilidade de utilização deste tipo de fotografia e respectiva exploração, encontram-se na internet, sítios *web* com a reportagem completa de um casamento utilizando fotografias panorâmicas (Figura 52) reproduzindo em contínuo o som ambiente de cada momento retratado da festa. Torna-se uma experiência nova que rivaliza com o tradicional álbum de casamento com fotografias em papel.



Figura 52 - Reportagem de casamento em 360<sup>40</sup>

<sup>39</sup> Disponível em : [http://ayrton.com/360/krp/spicy/gabriel/Fotos-360-graus-loja-Spicy\\_Gabriel-Visita\\_Virtual.html](http://ayrton.com/360/krp/spicy/gabriel/Fotos-360-graus-loja-Spicy_Gabriel-Visita_Virtual.html)



A área do turismo utiliza cada vez mais estes ambientes 3D imersivo, pois é possível fotografar uma praça, uma rua, uma praia, um monumento, criando fotografias panorâmicas que constituem uma autêntica promoção turística desse local. Encadeando diversas fotografias panorâmicas, podem-se criar verdadeiras visitas virtuais a todos estes locais (Figura 53).

Figura 53 – Exemplo de visitas virtuais 3D a monumentos nacionais<sup>41</sup>

Ainda na área do turismo, podem-se explorar paisagens de difícil acesso, como por exemplo o cume de um monte, ou uma paisagem de difícil acesso no deserto (Figura 54). É possível também mostrar a diferença da paisagem ao longo dos anos, desses mesmos locais, utilizando ligações temporais, que mudam de ano/data de visualização, em de vez de ligações espaciais, que mudam de local de visualização.

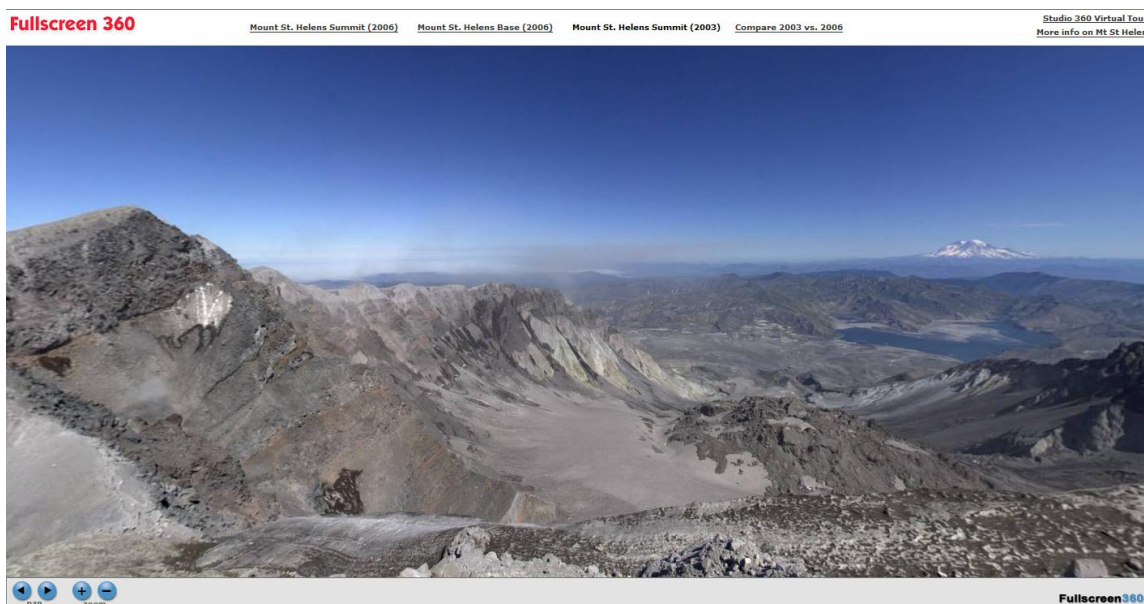


Figura 54 – Visualização panorâmica com possibilidade de comparação temporal do local<sup>42</sup>

<sup>40</sup> Disponível em : [http://ayrton.com/360/fs/pages/Fotos\\_360\\_graus\\_Casamento\\_de\\_Carol\\_Averbach\\_e\\_Marcos\\_Andrade\\_19\\_set\\_2009.html](http://ayrton.com/360/fs/pages/Fotos_360_graus_Casamento_de_Carol_Averbach_e_Marcos_Andrade_19_set_2009.html)

<sup>41</sup> Disponível em : <http://www.culturaonline.pt/MuseusMonumentos/Pages/visitasvirtuais.aspx>

Também os museus estão a aderir cada vez mais a este tipo de ferramenta, pois podem-se construir autênticas exposições *online*, conseguindo retratar todo o interior de um museu, seguindo pelos corredores e observando as diversas obras de arte. Pode-se citar o museu do Louvre em Paris (Figura 55) como sendo um dos expoentes máximos em termos de visitas virtuais de museus. Desde a escolha por tema, até à pesquisa de uma obra de arte em alta definição, pode-se depois obter informação detalhada sobre cada uma delas.

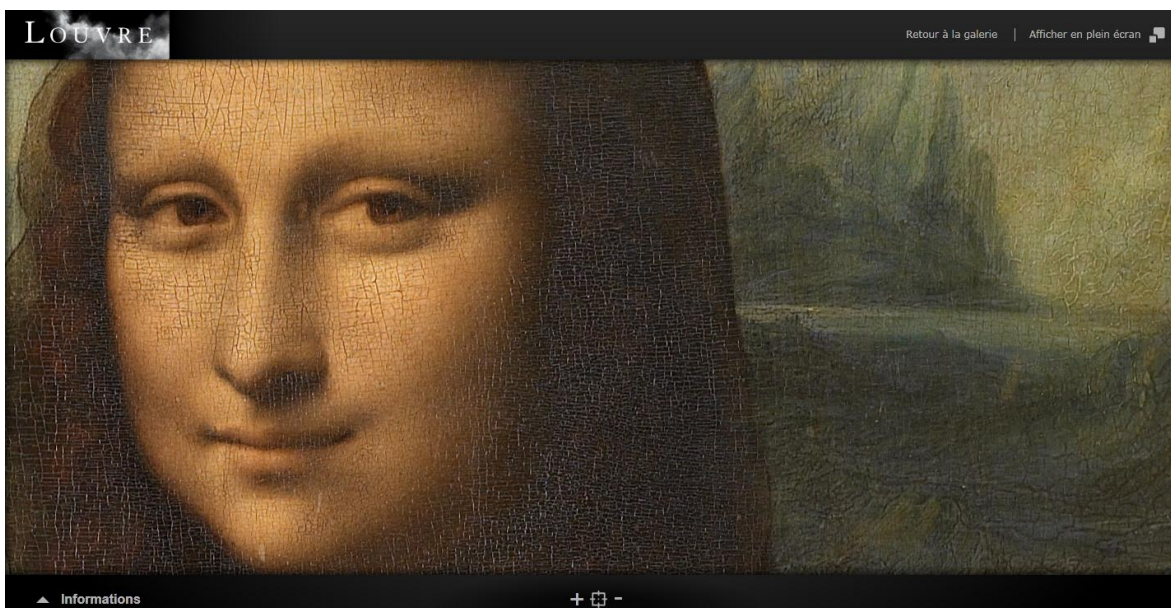


Figura 55 – Obras de arte em alta definição – “Oeuvre du Louvre en haute définition”<sup>43</sup>



Essa informação associada pode incluir uma narração que conta a história da obra de arte, assim como pode dispor, por exemplo, de ferramentas tipo lupa, (Figura 56) para uma observação mais aproximada, em alta definição, de cada pormenor da obra.

Figura 56 – Visita virtual no museu do Louvre: “La Vierge au Lapin à la Loupe | Musée du Louvre”<sup>44</sup>

<sup>42</sup> Disponível em : <http://www.fullscreen360.com/mt-st-helens-summit-2003.htm>

<sup>43</sup> Disponível em : <http://musee.louvre.fr/zoom/index.html>

<sup>44</sup> Disponível em :

[http://www.louvre.fr/llv/dossiers/visu\\_oal.jsp?CONTENT%3C%3Ecnt\\_id=10134198674153143&CURRENT\\_LLVOAL%3C%3Ecnt\\_id=10134198674153143&FOLDER%3C%3Efolder\\_id=9852723696500758](http://www.louvre.fr/llv/dossiers/visu_oal.jsp?CONTENT%3C%3Ecnt_id=10134198674153143&CURRENT_LLVOAL%3C%3Ecnt_id=10134198674153143&FOLDER%3C%3Efolder_id=9852723696500758)

O *Google Street View* é uma ferramenta do *Google Maps* que permite visualizar e navegar através de imagens ao nível das ruas de uma cidade (Google, 2011). De facto, a *Google* viaja pelo mundo capturando fotografias de ruas, em 360°, para poder disponibilizar este serviço. Esta ferramenta relaciona geograficamente as diversas fotografias de uma rua, o que permite criar uma base de dados de fotografias geo-relacionadas e indexadas ao respectivo mapa (Figura 57).



Figura 57 – Foto da entrada do ISEP acessível através do *Google Street View*<sup>45</sup>

O *Google Street View*, além de ser uma ferramenta de exploração de locais em mapas, pelo facto de utilizar fotografias em 360°, pode também ser utilizado com promotor turístico de um local ou estabelecimento comercial.

Como extensão ao *Google Street View*, foi lançado em Fevereiro 2011 o *Art Project* que permite percorrer alguns museus e visualizar obras de arte em alta definição, usando os mesmos comandos do *Google Street View*, permitindo em certos pontos, sair do museu e continuar a percorrer a rua no exterior.

<sup>45</sup> Disponível em : [http://maps.google.pt/maps/myplaces?hl=pt-PT&vpsrc=0&ctz=-60&abauth=aaa7fe2d:sfG9wFwx1NjkfTWr6wm12HLpXDQ&vps=1&jsv=364c&sl=39.639538,-7.849731&sspn=5.561775,3.526611&ei=HI9sTqjLMNrp\\_Abf\\_sCtAg&num=10](http://maps.google.pt/maps/myplaces?hl=pt-PT&vpsrc=0&ctz=-60&abauth=aaa7fe2d:sfG9wFwx1NjkfTWr6wm12HLpXDQ&vps=1&jsv=364c&sl=39.639538,-7.849731&sspn=5.561775,3.526611&ei=HI9sTqjLMNrp_Abf_sCtAg&num=10)

## 2.4 Resumo

Como se viu neste capítulo, as possibilidades da utilização e aplicação de ambientes 3D imersivos são inúmeras. As tecnologias estão a evoluir em várias vertentes, o que perspectiva o surgimento de cada vez mais aplicações informáticas dedicadas a esta área, provocando novas abordagens inovadoras.



## Capítulo 3. – Software de produção

"Não se pode ensinar tudo a alguém, pode-se apenas ajudá-lo a encontrar por si mesmo."

Galileu Galilei (1564 – 1642)

O protótipo criado no âmbito deste trabalho utilizou fotografias tiradas em diversos locais do ISEP. Estas fotografias foram usadas nas ferramentas que a seguir se descrevem, a fim de comparar e apurar as suas potencialidades e a facilidade do seu uso. Na maior parte dos casos tentou-se utilizar o mesmo conjunto de fotografias para que o resultado final pudesse ser mais facilmente comparado.

### 3.1 Ferramentas de criação de imagens panorâmicas

A forma mais elementar de criação de imagens panorâmicas é através da manipulação das sucessivas imagens, fazendo o acerto manual das sobreposições e dos níveis de contraste e luminosidade respectivas (Figura 58), de forma a dar a sensação de uma única imagem panorâmica.

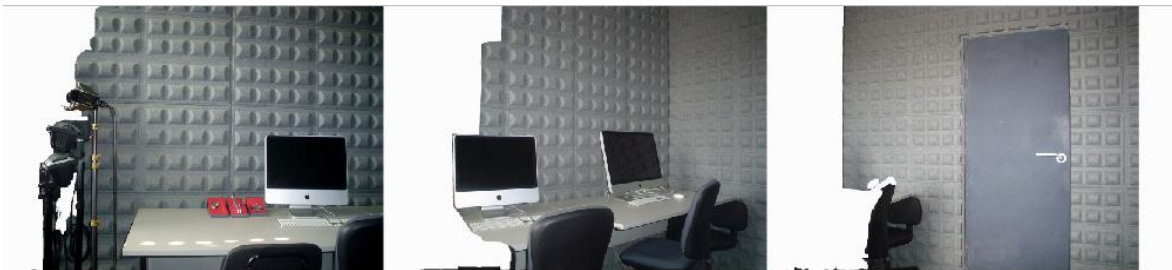


Figura 58 – Processo de acerto manual das sobreposições de imagens

Com a ajuda do *Adobe PhotoShop CS4*, foi construída a imagem panorâmica que se apresenta na Figura 59 e que ilustra esta técnica manual de composição de panoramas.



Figura 59 – Imagem panorâmica construída manualmente com *Adobe Photoshop CS4*

Este processo é muito moroso e requer muita perícia e experiência por parte do compositor. A imagem resultante pode, mesmo assim, não corresponder exactamente à imagem real, visto que, para conferir uma sensação mais real das junções, pode ser necessário omitir determinados detalhes.

Devido aos constrangimentos e dificuldades inerentes a este processo manual, serão, em seguida, apresentadas algumas soluções para o problema da geração automática de imagens panorâmicas.

### 3.1.1 *Microsoft ICE*



O *Microsoft ICE (Image Composite Editor)* (Microsoft, 2011) é uma ferramenta de criação de imagens panorâmicas associada actualmente ao Photosynth que permite a sua posterior publicação *online*. Por se tratar de uma ferramenta da Microsoft, para poder ser utilizada é necessário instalar as seguintes aplicações complementares:

- *Microsoft Visual C++2010 Redistributable Package*
- *Microsoft .NET Framework 4 Client Profile*

Para iniciar a construção da imagem panorâmica basta indicar a lista de imagens relativas ao panorama pretendido, para que a aplicação consiga automaticamente gerar a imagem, fazendo a junção perfeita entre as diversas fotos, tudo isto em poucos segundos.

A ferramenta permite escolher o modo de junção (*stitch*) das imagens, sendo que a geração inicial é automática e assim sugere o melhor resultado ao nível da correspondência de texturas entre imagens. Com esta ferramenta apenas se consegue trabalhar com as imagens para as quais o algoritmo conseguir encontrar semelhanças e consiga juntar. No caso do panorama da sala do LAMU (Laboratório Multimédia), a aplicação apenas uniu dez fotografias, não conseguindo, por isso, construir um panorama de 360°. Para as duas imagens que foram excluídas não existia nenhuma hipótese de as tentar incluir manualmente ao panorama produzido. Esta ferramenta fica assim um pouco prejudicada relativamente a outras, pois deveria existir alguma forma de ajustar o resultado final obtido.

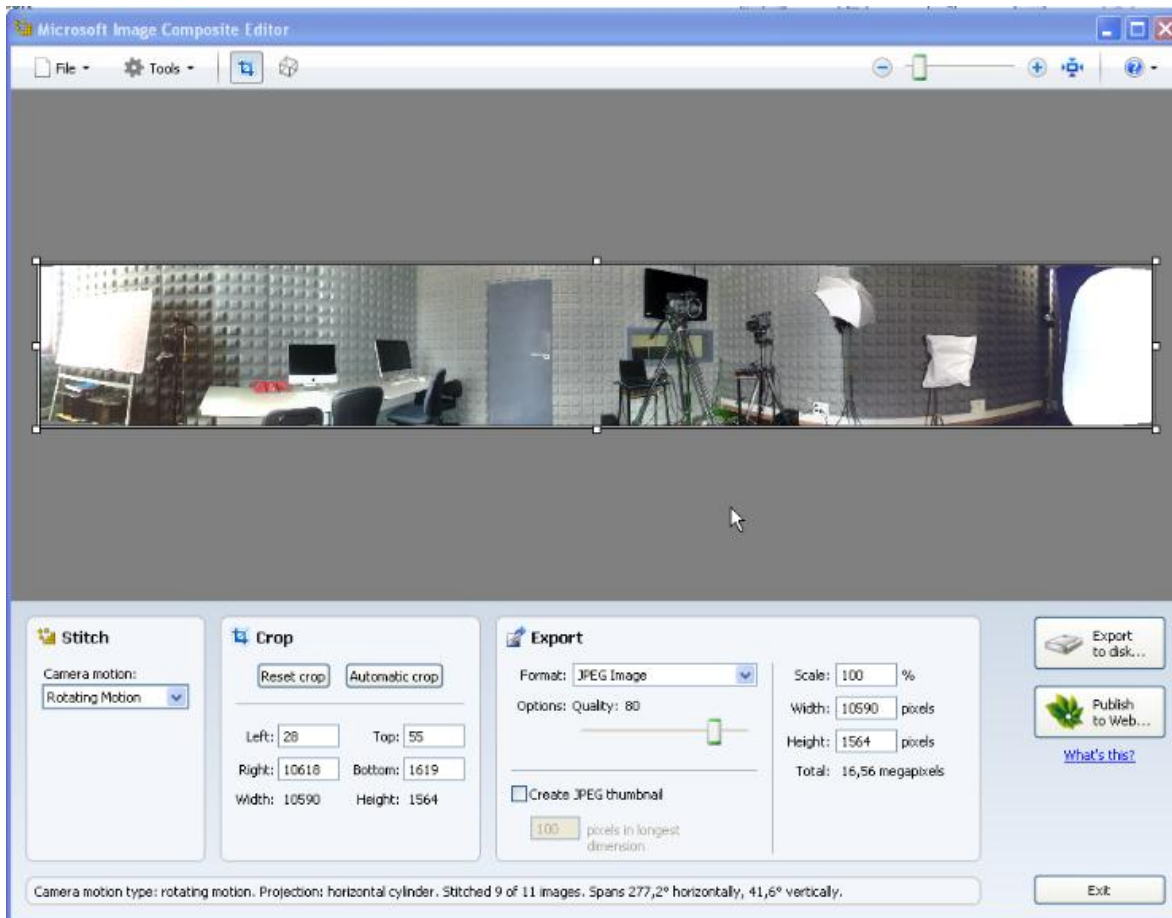


Figura 60 – Geração inicial do panorama com ICE, em modo *Rotating Motion*

As manipulações permitidas referem-se ao modo de junção de fotografias (*stitch*), onde se pode alternar entre quatro hipóteses: o modo de junção chamado "*Rotating Motion*" (Figura 60) que corresponde ao resultado inicial da geração do panorama; o modo "*Planar Motion 1*" (Figura 61); "*Planar Motion 2*" (Figura 62); "*Planar Motion 3*" (Figura 63) que permitem obter versões diferentes da imagem panorâmica.



Figura 61 – Panorama com ICE, em modo *Planar Motion 1*



Figura 62 – Panorama com ICE, em modo *Planar Motion 2*



Figura 63 – Panorama com ICE, em modo *Planar Motion 3*

O ajuste das dimensões da imagem, através da opção *crop*, directamente com o rato ou utilizando as dimensões em píxeis de cada margem e da largura e comprimento do panorama, também está disponível.

Além destas funções básicas de manipulação da imagem existem ainda algumas hipóteses de ajustar o modo de projecção da imagem, que permite dar uma perspectiva diferente sobre a utilização da imagem panorâmica consoante a superfície onde for projectada:

- Tipo de projecção em perspectiva: onde é possível alterar o ponto de vista do utilizador, tanto na vertical como na horizontal, para dar um aspecto mais realista da cena ao espectador (Figura 64).

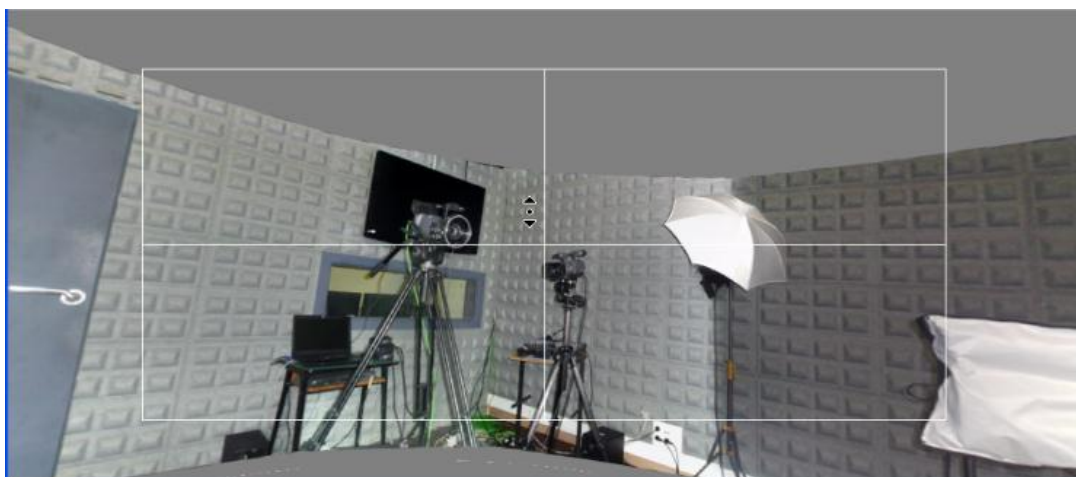


Figura 64 – Projecção em perspectiva

- Tipo de projecção cilíndrica horizontal: onde é possível definir o comportamento da imagem ao ser projectada sobre um cilindro vertical virtual (imagem horizontal / cilindro vertical) (Figura 65).

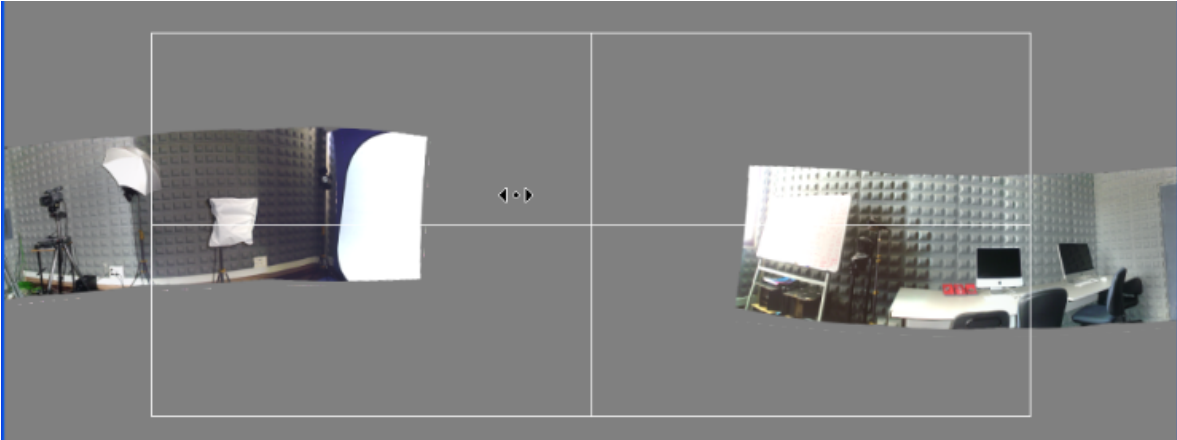


Figura 65 – Projecção cilíndrica horizontal

- Tipo de projecção cilíndrica vertical: onde é possível definir o comportamento da imagem ao ser projectada sobre um cilindro horizontal virtual (imagem vertical/cilindro, horizontal) (Figura 66).

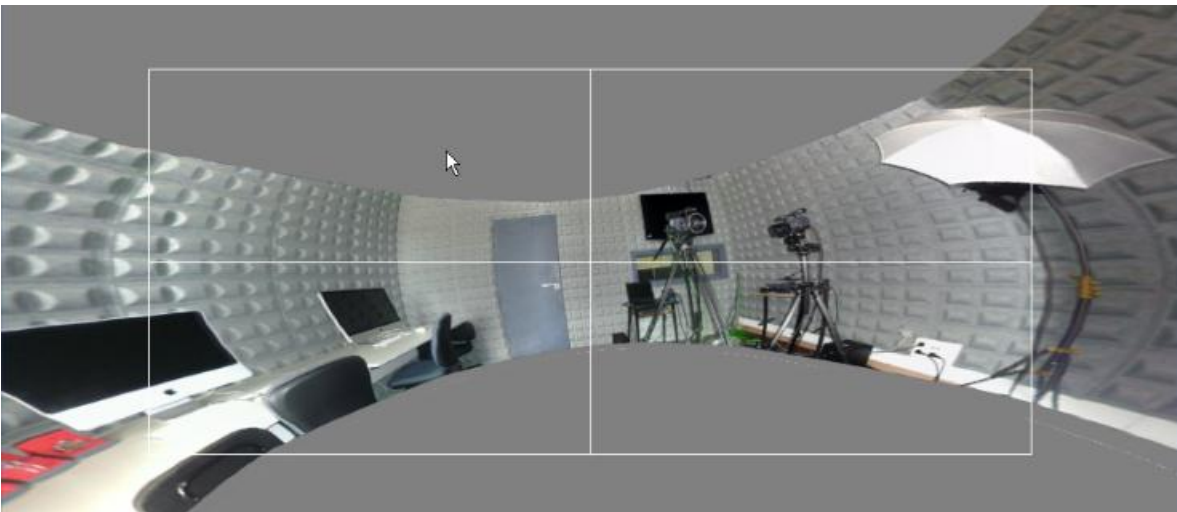


Figura 66 – Projecção cilíndrica vertical

- Projecção esférica horizontal: onde é possível definir o comportamento da imagem ao ser projectada sobre uma esfera virtual a rodar sobre um eixo horizontal (Figura 67).

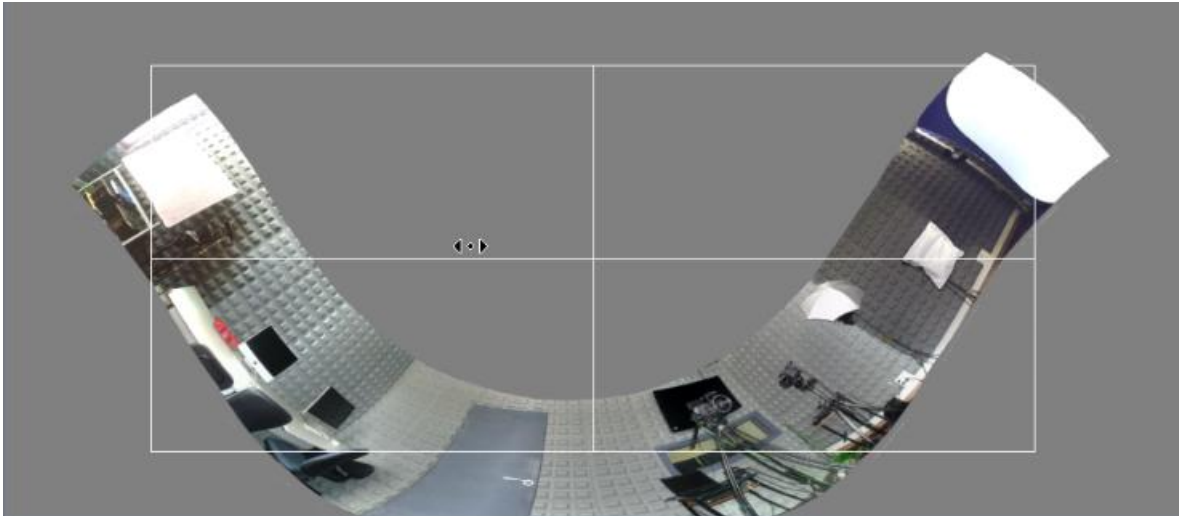


Figura 67 – Projecção esférica horizontal

- Tipo de projecção esférica vertical: onde é possível definir o comportamento da imagem ao ser projectada sobre numa esfera virtual a rodar sobre um eixo vertical (Figura 68).

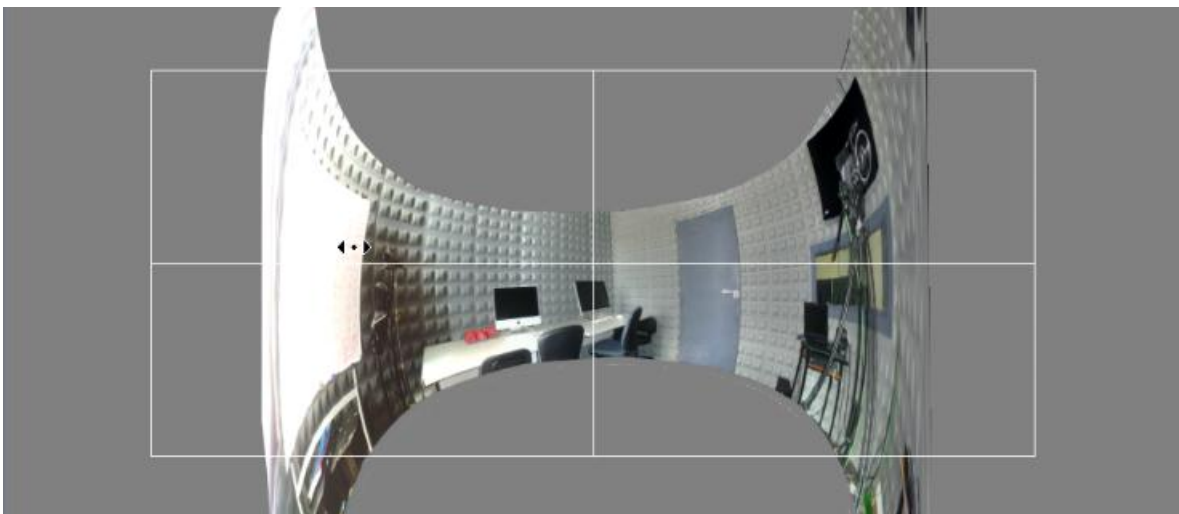


Figura 68 – Projecção esférica vertical

Esta definição do tipo de projecção é uma ferramenta muito interessante, não sendo muito frequente a sua existência neste tipo de aplicações, pelo menos no conjunto de aplicações que foi analisado.

Como é comum acontecer neste tipo de aplicações de composição, todo o trabalho fica guardado num ficheiro de projecto, do tipo .SPJ para uma futura utilização.

### 3.1.2 *Serif Panorama Plus*



O *Panorama Plus* é uma aplicação da *Serif* (Serif, 2011) , que permite compor imagens panorâmicas, oferecendo na sua versão gratuita apenas as ferramentas básicas, pois o objectivo é vender a versão paga, que já dispõe de outras funcionalidades como se verá a seguir.

À semelhança das outras ferramentas, começa-se por indicar as imagens pretendidas para formar a imagem panorâmica. Em poucos segundos é gerada a imagem panorâmica resultante. Nesta versão gratuita, o resultado inicial não conseguiu incluir todas as imagens originais por não ter detectado as relações necessárias em quatro das doze fotografias, originando assim um panorama bastante reduzido ().

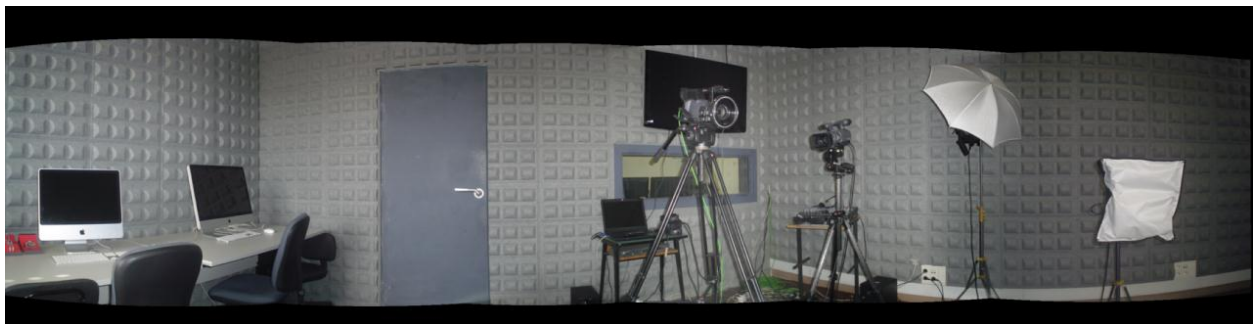


Figura 69 – Panorama produzido com *Panorama Plus*, com menos de 360°

A versão gratuita desta aplicação é, de facto, muito limitada em relação a outras ferramentas que se descrevem a seguir, além de, conforme já referido, não ter produzido um resultado muito satisfatório para o conjunto de fotografias utilizado, e com o qual se decidiu comparar as diversas ferramentas.

Referindo ainda algumas potencialidades da versão paga, e com base na documentação de promoção correspondente, destaca-se a possibilidade de publicar a imagem panorâmica na Web, como por exemplo, no repositório de fotografias *flickr* (Figura 70).

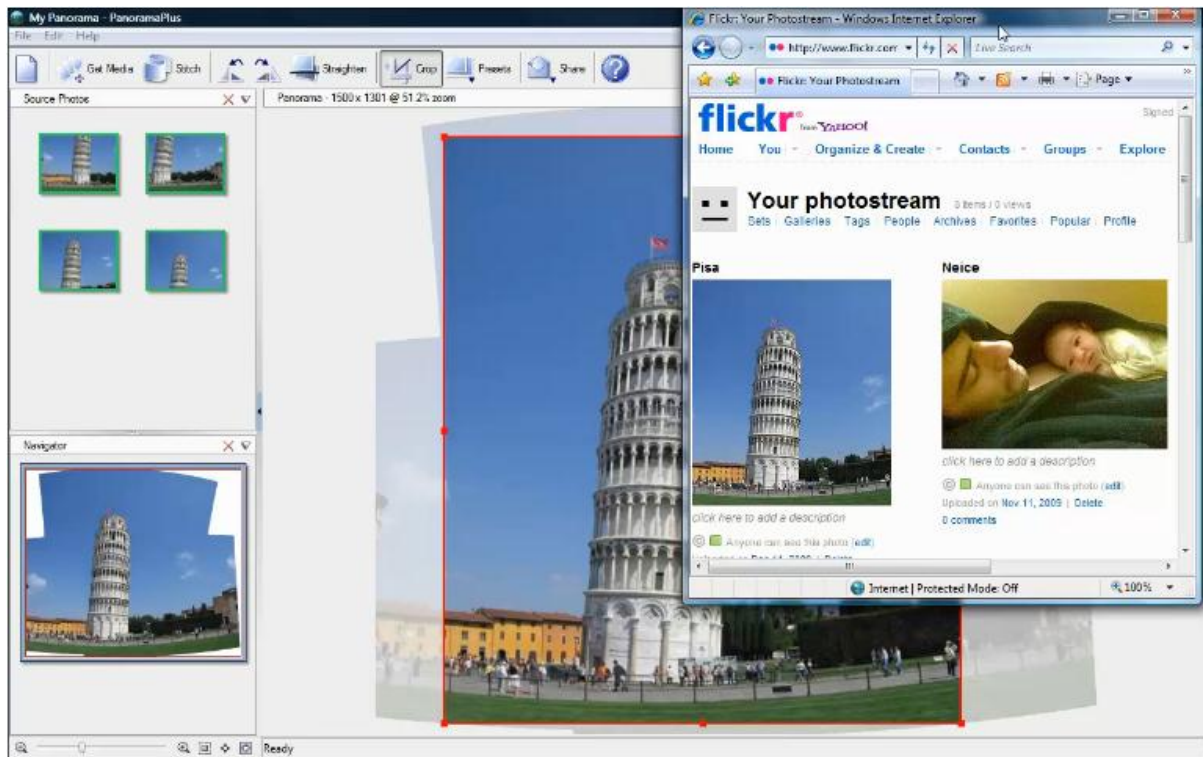


Figura 70 – Publicação do panorama na Web

Permite ainda imprimir a imagem panorâmica em grandes dimensões, utilizando uma impressora convencional, fazendo a divisão por diversas páginas (Figura 71).

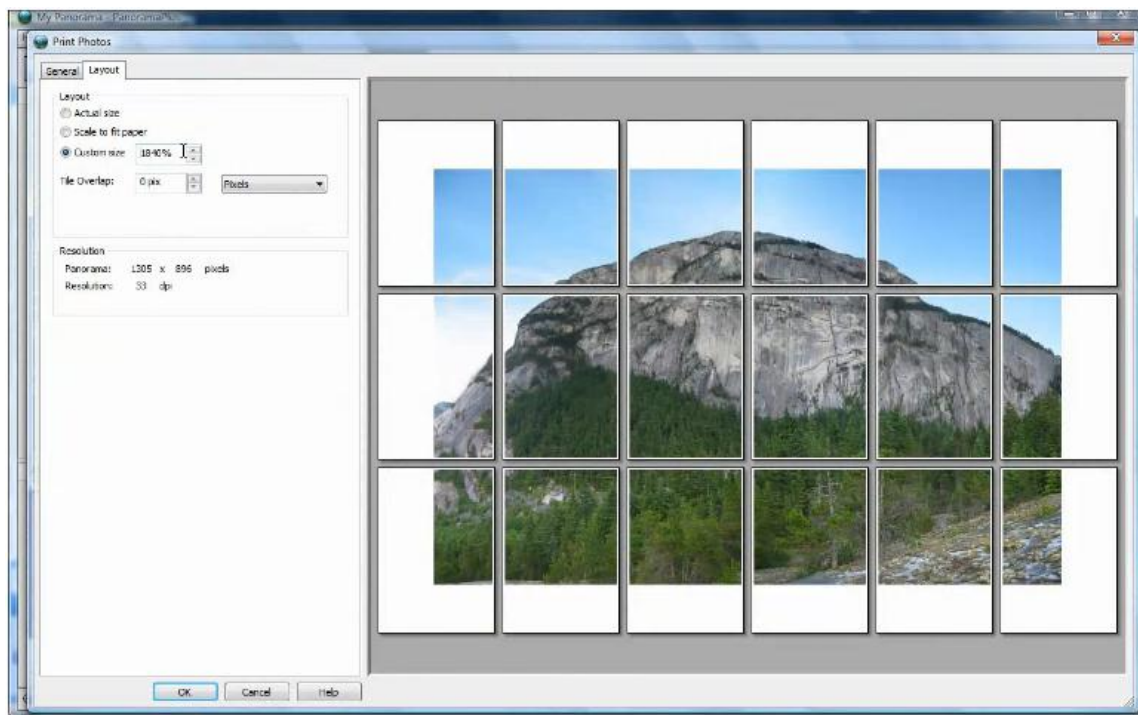


Figura 71 – Impressão da imagem em grandes dimensões

### 3.1.3 Firmtools Panorama Composer 3



O *Panorama Composer 3 (PC3)* (Firmtools, 2011) é mais uma ferramenta para composição de imagens panorâmicas que tem muitas funcionalidades e já permite algum controlo sobre o resultado da imagem panorâmica produzida, como ver-se-á a seguir.

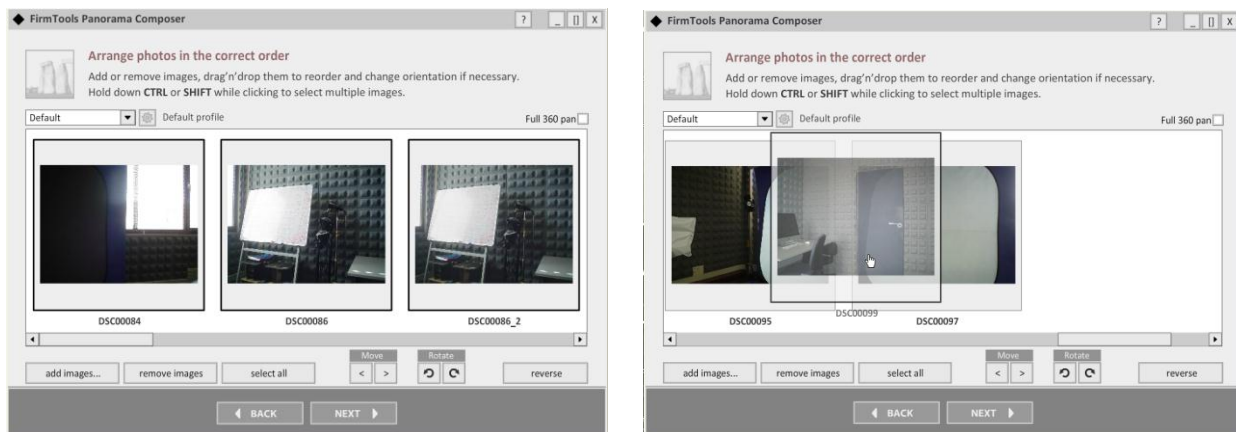


Figura 72 – Selecção e sequenciação de imagens com *Panorama Composer 3*

O processo de selecção e sequenciação é facilitado pela apresentação das imagens num tamanho bastante razoável, no qual podem-se remover as possíveis imagens repetidas e reordenar a sequência de fotografias, simplesmente arrastando as imagens (Figura 72).

Neste ecrã inicial é ainda possível seleccionar que tipo de imagem a compor: imagem panorâmica de 360° (*full 360 pan*) ou não. Existe ainda a possibilidade de rodar as fotografias caso necessário (algo que as ferramentas anteriores não permitiam). Além destes ajustes às imagens originais, é ainda possível seleccionar um algoritmo de composição a utilizar. Existem alguns algoritmos, ou conjuntos de parametrizações predefinidas que permitem obter diferentes resultados. Estes algoritmos predefinidos: *Default*, *Quick Calculation*, *Precise Calculation*, *No deviation* e *Small Intersections*, variam na quantidade e nos valores para os diversos parâmetros das três áreas de parametrização disponíveis. No entanto é ainda possível definir novas combinações para a criação de um novo tipo de algoritmo personalizado que pode ficar guardado num ficheiro em formato .REG associado à aplicação.

O menu de configuração do algoritmo de geração de imagens panorâmicas (*tuner*) é muito simples e é composto por três áreas de parametrização:

### 1) *General*

É nesta secção que se define qual a área das imagens a considerar para sobreposição. Quanto maior for a área possível de sobreposição, maior será o número de pontos a analisar na imagem, mas também melhor será o resultado final. Indica-se também aqui se se pretende recortar a sequência de imagens ajustadas, se é considerada a rotação da câmara fotográfica e se se quer fazer o ajuste da distorção da imagem.

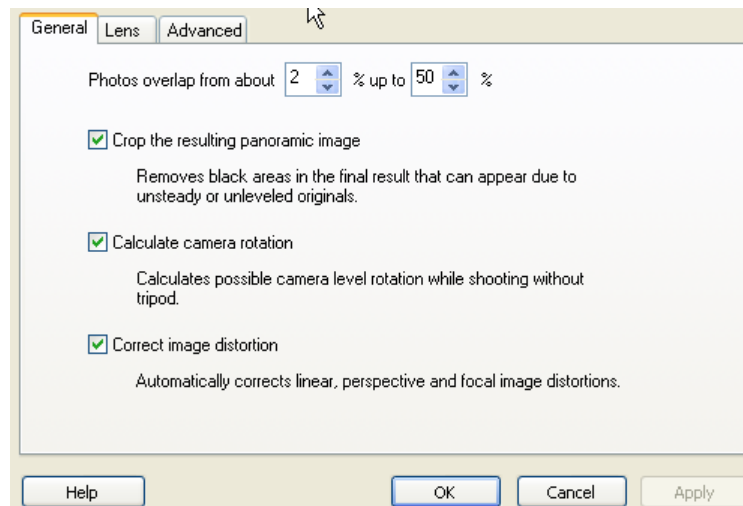


Figura 73 – Área de parametrização – *General*

### 2) *Lens*

Indica-se nesta secção se é pretendida a detecção automática da distância focal. No caso negativo, é possível indicar qual a correcção manual a efectuar.

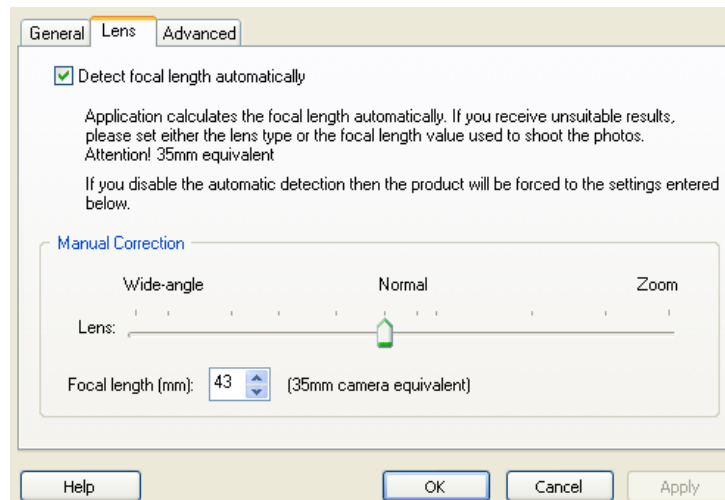


Figura 74 – Área de parametrização - *Lens*

### 3) *Advanced*

Nesta secção com opções mais avançadas é possível influenciar os níveis de iteração, indicando o tamanho da imagem pretendida, as iterações por nível de detalhe e a

quantidade de píxeis utilizados em cálculos não lineares, assim como a quantidade de píxeis suficientes para que o algoritmo considerar a sobreposição de imagens como correcta.

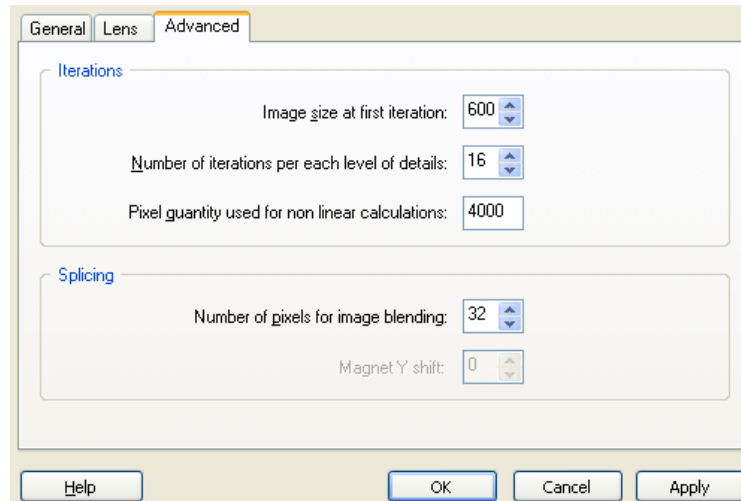


Figura 75 – Área de parametrização – *Advanced*

Conforme o algoritmo seleccionado e consoante as características mais ou menos restritivas de cada configuração, a geração da imagem panorâmica pode demorar mais ou menos tempo, devido ao aumento ou diminuição da complexidade dos cálculos das áreas de junção de imagens indicadas.

A primeira imagem panorâmica produzida foi bastante satisfatória e bastante rápida, tendo conseguido incluir todas as imagens na sequência correcta. Como as combinações de parametrização são bastante flexíveis, é sempre possível ir afinando os valores das características para se tentar obter o melhor resultado possível, requerendo apenas o reprocessamento das imagens originais.

Uma das grandes vantagens desta aplicação é o facto de ser possível guardar a imagem panorâmica produzida no formato de imagem .JPG ou ainda no formato de filme multimédia .MOV. Neste último caso é produzido um ficheiro interpretável pelo *QuickTime VR* (Apple, 2011), possibilitando percorrer a imagem panorâmica (Figura 76), neste visualizador, produzindo assim uma cena e não somente uma imagem.



Figura 76 – Produção de filme em formato .mov

Além de poder ser guardado nestes formatos de imagem/filme, é possível ainda exportar esta imagem panorâmica para formatos de hipertexto (.HTM ou .HTML), para poder ser exibida com diversos visualizadores, produzindo simultaneamente alguns ficheiros de apoio:



Flash viewer (.SWF)(.JPG);



QuickTime VR viewer (.MOV);



ActiveX viewer (.HTM)



(.XML);



Java viewer (.JS)



(pt.viewer.JAR);



FirmTools panorama viewer (.EXE).

Por fim, todo o trabalho de composição pode ser guardado num ficheiro de projecto, permitindo voltar às definições para uma posterior reutilização (ficheiro .FMP).

Esta ferramenta revelou ser muito flexível e acessível e produziu resultados muito satisfatórios mesmo ao fim de poucas tentativas. As capacidades de exportação do resultado para diversos formatos também contribuiu para um parecer muito positivo da sua utilização.

### 3.1.4 VRToolbox VR Worx v2.6.1



O *VR Worx* (VRtoolbox, 2008) é uma ferramenta já mais antiga do que as anteriormente apresentadas, mas que tem evoluído ao longo do tempo e ainda apresenta alguns trunfos face à concorrência. Esta ferramenta permite compor imagens panorâmicas com o intuito principal de produzir filmes no formato *QuickTime VR* (.MOV). A *VRToolbox* é a empresa produtora desta aplicação e auto-denomina-se “*Industrial Strength Tools for QuickTime VR*”. Além de imagens panorâmicas, também é possível produzir filmes de rotação de objectos e cenas compostas por várias imagens interligadas (Figura 77). Esta última funcionalidade não é partilhada por nenhuma das outras aplicações de geração de imagens panorâmicas analisadas.

A composição de cenas será tratada na secção relativa às ferramentas de construção de ambientes 3D interactivos.



Figura 77 – Tipos de objectos produzidos com *VR Worx*

O *VR Worx* recorre a uma sequência de sete passos para produzir uma imagem panorâmica:

#### 1) *Setup*

Este primeiro passo consiste em definir a estrutura de imagens com a qual vai ser construído o panorama final (com base em múltiplas imagens ou num panorama já existente), a origem das imagens (obtidas de ficheiros, ou de digitalizadores, etc.), o ângulo do panorama final (até 360°), o número de imagens (no caso de múltiplas imagens, com limite de 36), características das lentes e tamanho de imagens (Figura 78).

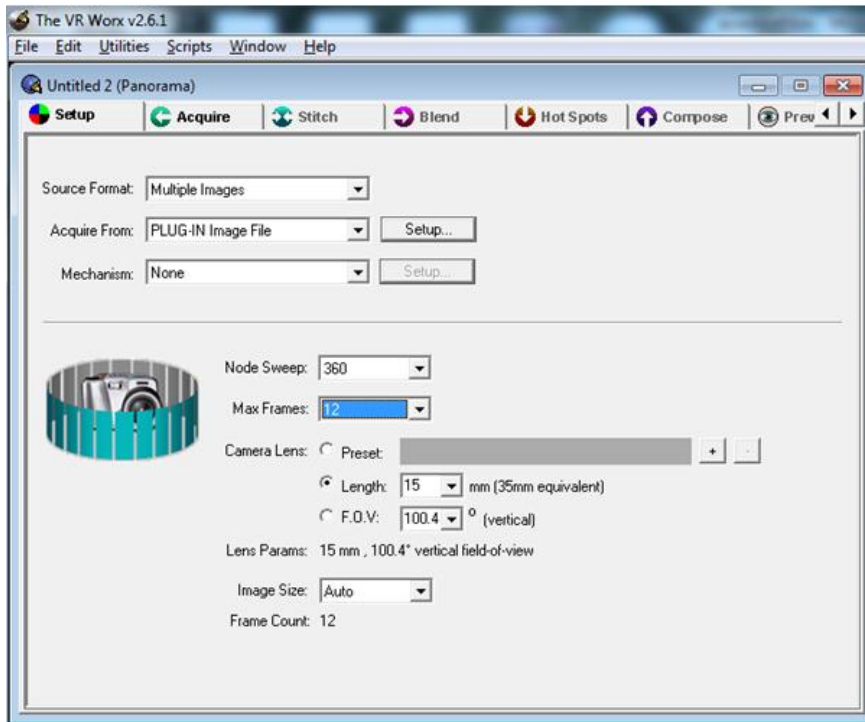


Figura 78 – VR Worx 1º passo – Setup

## 2) Acquire

Neste segundo passo, é necessário indicar as fotografias que farão parte do panorama, na sequência correcta. Existe ainda a possibilidade de fazer alguns ajustes a cada uma das fotografias, como por exemplo, rodar, inverter ou até editá-las (Figura 79).

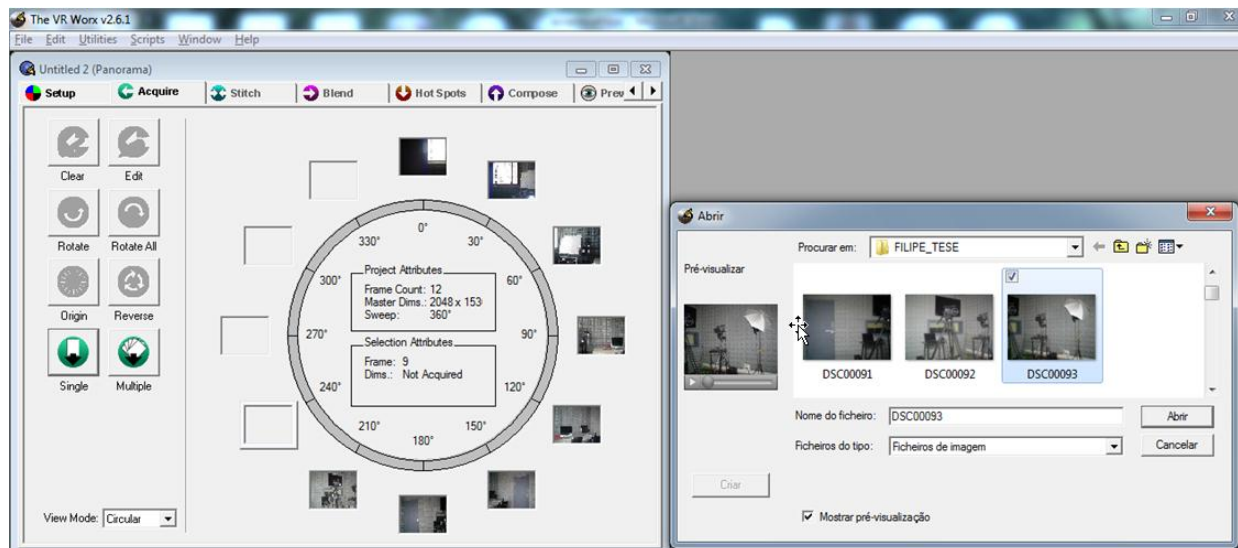


Figura 79 – VR Worx 2º passo – Acquire

### 3) *Stitch*

Este passo permite definir qual a sobreposição de imagens, sendo apenas necessário arrastar cada imagem de forma a sobrepor apenas as partes comuns. As imagens aparecem aqui num formato esférico (Figura 80) o que não facilita muito esta operação, sendo, por vezes, necessário efectuar vários ajustes mesmo depois de executar o 4º passo.

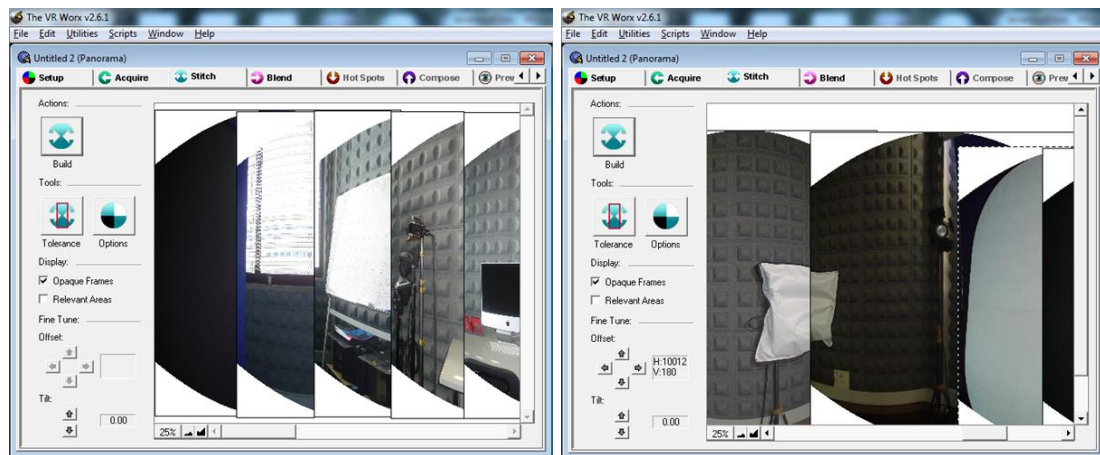


Figura 80 – VR Worx 3º passo – *Stitch*

### 4) *Blend*

A operação *Blend* permite obter a primeira visão da colagem de fotografias e antever assim o resultado do panorama final. Para corrigir as sobreposições erradas, é necessário voltar ao passo anterior e afinar a posição das imagens. Depois de obter um resultado satisfatório, é sempre possível fazer redimensionamentos de imagens ou ainda aplicar alguns filtros para melhorar o aspecto final do panorama. (Figura 81)

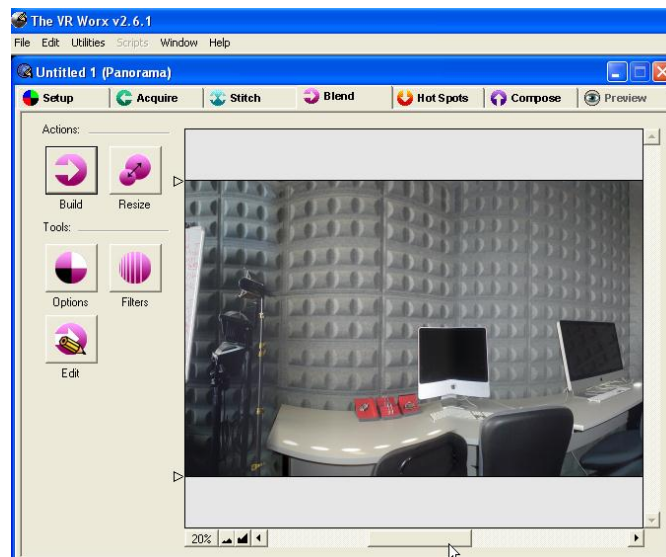


Figura 81 – VR Worx 4º passo – *Blend*

## 5) Hot Spots

Depois de obtido o panorama, através dos ajustes das operações anteriores, é possível acrescentar alguma interactividade à imagem acrescentando pontos de interesse, chamados “Hot Spots”, onde poder-se-á colocar mais informação ou até remeter para outro documento relacionado com essa área da imagem (Figura 82). Esta é já uma opção inerente às ferramentas de criação de ambientes interactivos que será tratada na secção seguinte, mas que nesta ferramenta faz parte integrante do próprio panorama, visto que aqui a finalidade, não é apenas a imagem panorâmica, mas sim o filme (.MOV) que por si já pode incorporar esta interactividade.

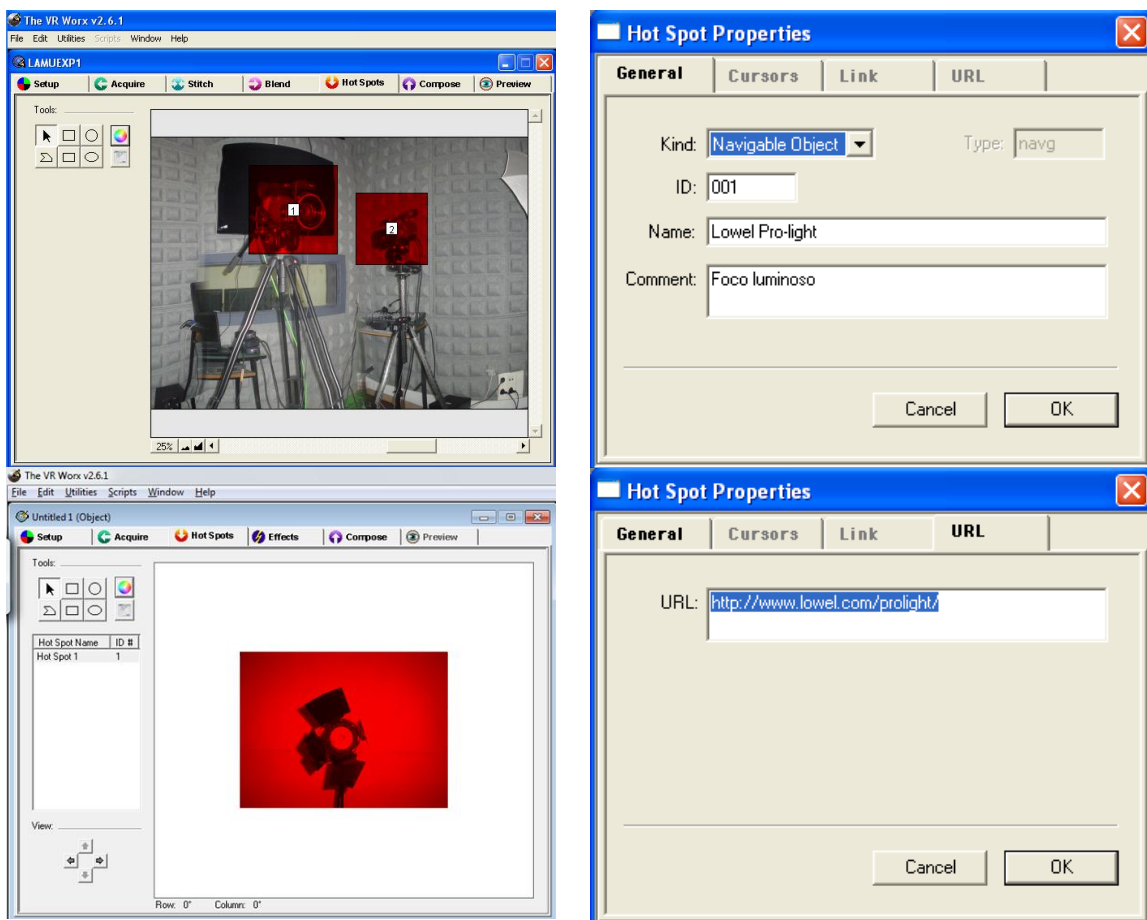


Figura 82 – VR Worx 5º passo – Hot Spots

## 6) Compose

Neste penúltimo passo definem-se as características da imagem panorâmica em termos de formato de ficheiro, níveis de cor ou ângulos de visão.

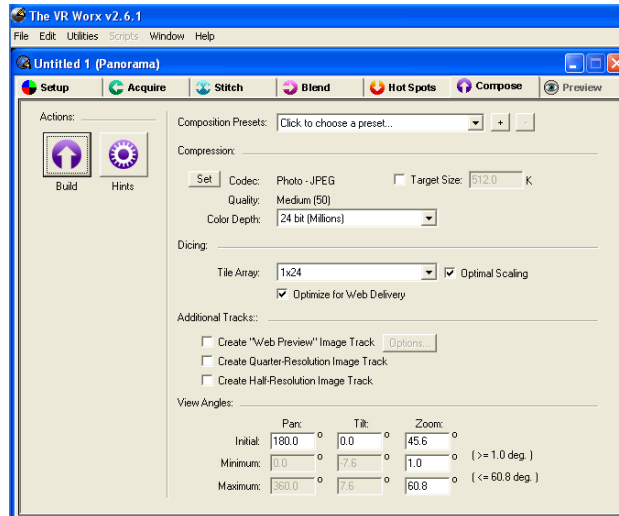


Figura 83 – VR Worx 6º passo – Compose

## 7) Preview

Antes de gravar o resultado final, é possível pré-visualizar a imagem panorâmica (Figura 84), sendo ainda possível proceder a alguns ajustes à dimensão da imagem. Além disso, pode-se acrescentar informação sobre o autor, definir a velocidade do movimento da imagem durante a visualização do filme ou ainda definir a qualidade e correcções aplicáveis à imagem final.

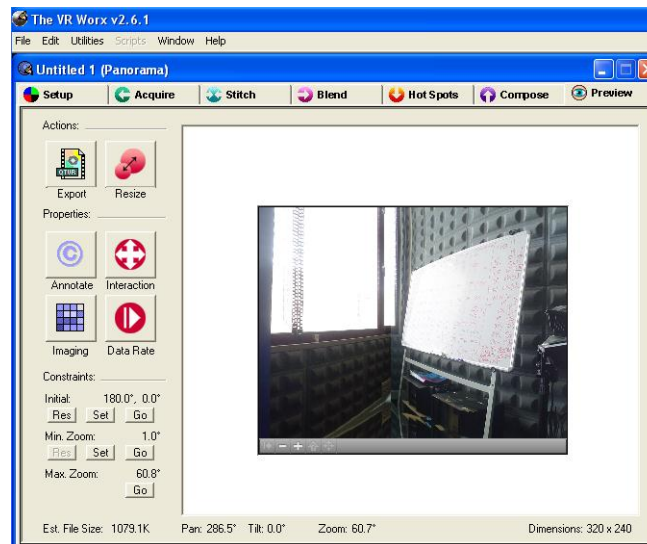


Figura 84 – VR Worx 7º passo – Preview

Para compor o filme da rotação de um objecto, ou objecto navegável, o VR Worx dispõe de uma opção própria que permite também obter um filme no formato *QuickTime VR* (.MOV). O processo de criação é muito semelhante ao panorama. No *Setup* é possível escolher qual o tipo de rotação do objectos na horizontal e/ou na vertical. (Figura 85).

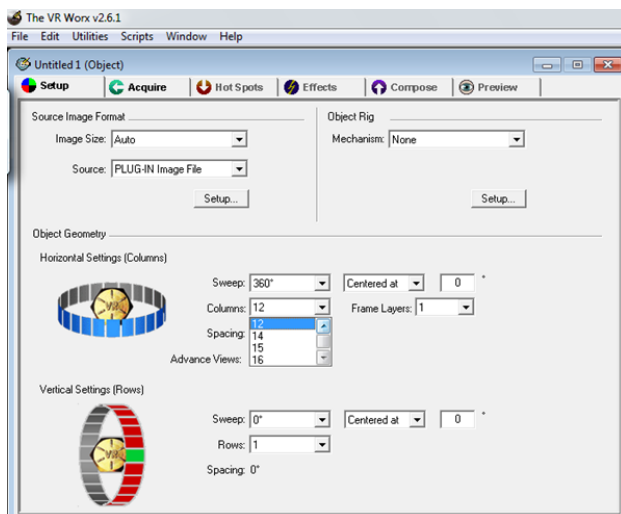


Figura 85 – VR Worx – Objecto navegável na horizontal ou vertical

No passo *Acquire* indicam-se as fotografias tiradas de cada ângulo do objecto, até obter os 360° (Figura 86). Os restantes passos são idênticos à criação do panorama, existindo apenas mais uma opção para definir alguns efeitos de interacção com o *hot spot*.

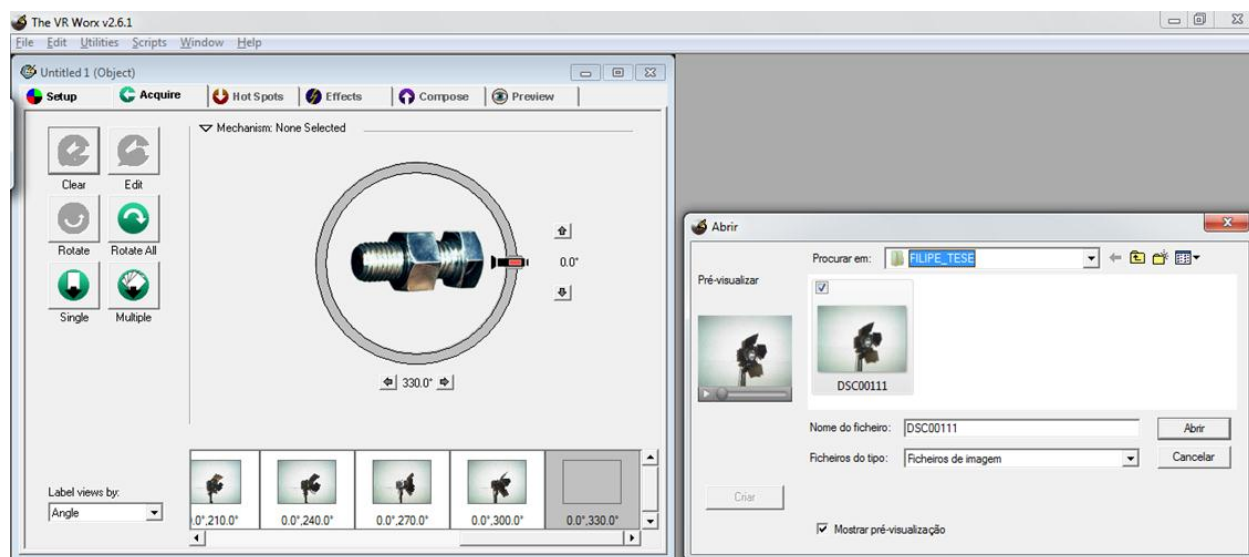


Figura 86 – VR Worx – Sequência de imagens da rotação do objecto navegável

Toda esta montagem e parametrizações podem ficar guardadas num ficheiro de projecto (.PRX) que permite, se necessário, uma posterior intervenção.

O *VR Worx* é de facto uma aplicação muito interessante e fácil de usar, tendo como grande vantagem a criação de filmes multimédia (.MOV). No entanto, a ferramenta de junção de imagens é algo difícil de usar e de controlo essencialmente manual, o que torna difícil obter um resultado final satisfatório, visto que cada ajuste será apenas uma deslocação imagem a imagem, controlada exclusivamente pelo rato (manualmente).

### 3.1.5 Ulead Cool 360



A aplicação *Ulead Cool 360* (Ulead, 2011) propõe construir imagens panorâmicas em 3 passos: Iniciar, Ajustar e Finalizar. (Figura 87). É uma aplicação estruturada ao estilo do *VR Worx* embora apresente algumas vantagens ao nível da exportação do resultado final, conforme ver-se-á a seguir.



Figura 87 – Construção de imagens panorâmicas com *Ulead Cool 360*

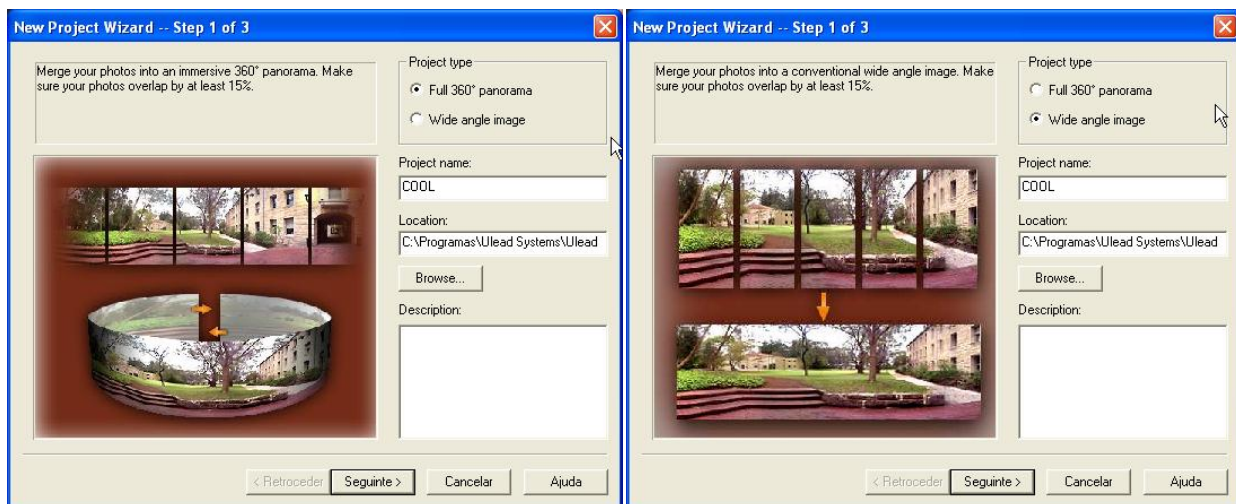


Figura 88 – Escolha do tipo de imagem panorâmica com *Ulead cool 360*

Com esta aplicação é possível compor imagens panorâmicas de diferentes tipos: Imagem de 360° ou de ângulo alargado (Figura 88). Assim, depois de se seleccionar o tipo de panorama

pretendido e as respectivas imagens, pode-se organizar a sua sequência ou a sua orientação. Depois de fornecer uma antevisão (*preview*) da imagem panorâmica, é pedido para activar ou não o modo *warping* (junção) e *blending* (mistura) e para indicar o tipo de lente utilizada nas fotografias originais (Figura 89).

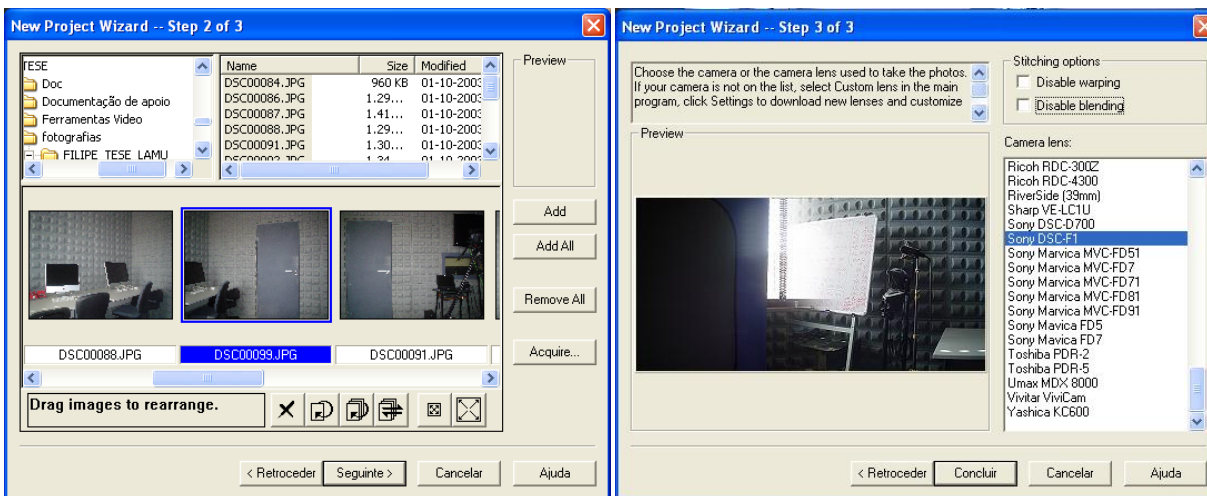


Figura 89 – Preparação da imagem panorâmica com *Ulead Cool 360*

Depois de introduzir estas informações fica concluído o primeiro passo, aparecendo a imagem panorâmica, obtida através das parametrizações anteriores, sobre a qual ainda se pode efectuar alguns ajustes de cor e perspectiva e além de se poder ver o resultado final com o visualizador próprio. (Figura 90). Estes ajustes, por serem de controlo manual, também são difíceis de afinar e não garantem que o resultado final seja o mais satisfatório.



Figura 90 – Ajuste à imagem panorâmica com *Ulead Cool 360*

Depois dos ajustes desejados, passa-se para o terceiro e último passo desta aplicação, onde é possível guardar o resultado do trabalho, em diferentes formatos de ficheiro de imagem, como por exemplo, .JPG, .PNG ou .BMP, ou ainda no formato de filme .MOV. É possível ainda enviar directamente uma mensagem por correio electrónico com a imagem panorâmica e o respectivo visualizador da *Ulead*, definir esta imagem com protector de ecrã (*screen saver*) ou até mesmo obter o respectivo código HTML, para ser colocado num qualquer sítio *Web*. Estas últimas funcionalidades constituem uma grande mais-valia, por exemplo em relação ao *VR Worx*, que só produz ficheiros de filmes .MOV.

Existem ainda três hipóteses de impressão da imagem panorâmica para caber numa só página ou para imprimir numa série de folhas alinhadas horizontalmente em uma ou duas linhas (Figura 91). É um pouco questionável a hipótese de impressão, sobretudo se se tratar de imagens panorâmicas de 360°, mas não deixa de ser uma funcionalidade interessante.



Figura 91 – Possibilidades de impressão do panorama com *Ulead Cool 360*

### 3.1.6 *Kolor Autopano Giga 2.5.2*



A ferramenta *Autopano Giga* (Kolor, 2011) versão 2.5.2 (testado com *trial version*) é uma aplicação da empresa *Kolor* que se dedica à construção de imagens panorâmicas. Depois da habitual selecção inicial das fotografias originais, não é necessária a ordenação das fotografias, visto que a operação de geração do panorama detecta automaticamente os pontos de ligação entre as diversas fotografias e assim consegue reconstituir a sequência original (Figura 92).

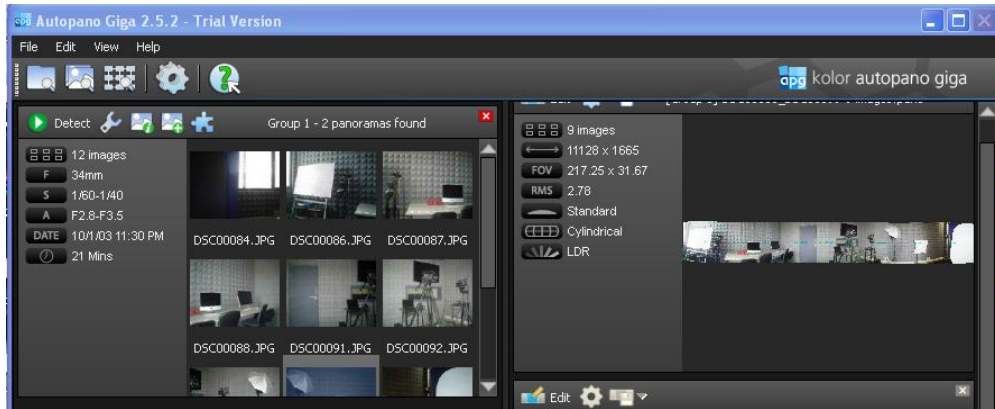


Figura 92 – Geração da imagem, panorâmica com *Autopano Giga 2.5*.

Depois da imagem panorâmica ter sido gerada é possível aceder às parametrizações utilizadas para assim poder ajustar qualquer pormenor ou falha que se possa notar no resultado obtido (Figura 93).

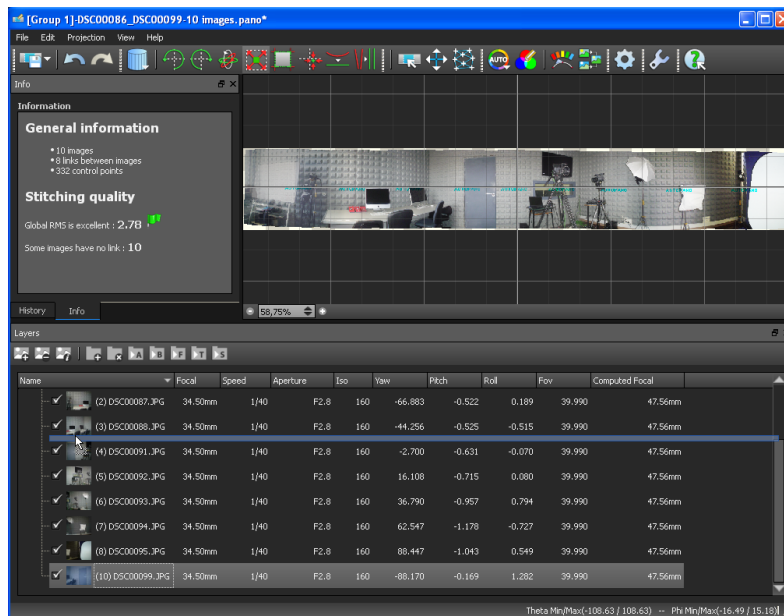


Figura 93 – Edição da imagem panorâmica para possíveis ajustes com *Autopano Giga 2.5.2*

Os pontos de ligação entre as fotografias originais da cena são chamados “Control Points” e a aplicação detecta-os através da análise comparativa de cada imagem (Figura 94). Por vezes, estas ligações não são detectadas ou não ficam perfeitas, mas o utilizador tem a possibilidade de definir novos pontos para estabelecer as ligações em falta.

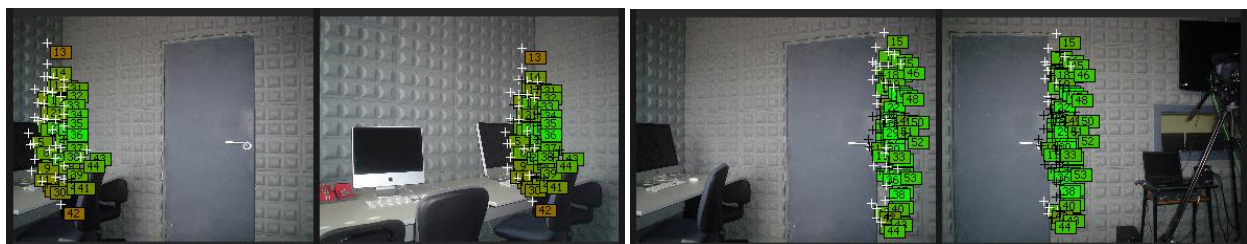


Figura 94 – Identificação de “control points” entre imagens com *Autopano Giga 2.5.2*

Existem inúmeras possibilidades de optimização da imagem panorâmica obtida, alterando, por exemplo, a qualidade da detecção de pontos de ligação de imagens; a optimização da imagem final; as características do panorama ou parâmetros de renderização, isto apenas para mencionar algumas das mais notórias.

A existência de todas estas possibilidades de ajustamento permite obter uma imagem panorâmica muito mais perfeita do que com outra ferramenta, mas isto também requer muito mais tempo e experiência, de forma a perceber qual o(s) parâmetro(s) necessário(s) a ajustar. A utilização desta ferramenta não foi além da parametrização predefinida, com a qual se conseguiu obter uma imagem panorâmica constituída por dez fotos, não tendo sido detectados, automaticamente, os pontos de ligação das restantes duas fotografias originais (Figura 99).







### 3.2 Resultados da geração de uma imagem panorâmica em JPG

Além das ferramentas atrás referidas existem muitas outras que permitem construir panoramas. No entanto, considera-se que ficou identificado os diversos tipos de aplicações existentes. Umhas, menos elaboradas, permitem obter resultados por vezes muito aquém do desejado; outras, muito mais evoluídas, mas que também dificultam a obtenção de bons resultados, devido à sua elevada complexidade, para a qual são necessários conhecimentos avançados de técnicas de fotografia e exigem também muito treino para se conseguir resultados satisfatórios. A aplicação *Hugin* (Sourceforge, 2011), que não foi apresentada, foi no entanto testada, mas talvez por ser uma destas ferramentas muito avançadas, não conseguiu sequer construir um panorama da sala LAMU, por não encontrar relação entre imagens, mesmo utilizando as parametrizações originais. Por essa razão optou-se por não se lhe fazer uma referência mais alargada neste trabalho.

A Tabela 1, apresentada a seguir, pretende resumir e classificar as diversas aplicações de geração de imagens panorâmicas, descritas anteriormente, em termos das ferramentas disponibilizadas, da qualidade da geração da imagem panorâmica, dos formatos de imagem possíveis e da capacidade de publicação na *Web*. A pontuação mais elevada recaiu na aplicação *Panorama Composer 3*, pelo conjunto de ferramentas bastante acessíveis e compreensíveis a um utilizador comum, pela qualidade da geração do panorama obtido em poucas tentativas, pelos diversos tipos de formatos para os quais se pode converter o

panorama e pelas capacidades de publicação directa na *Web*, também muito razoáveis, comparativamente com as restantes aplicações apresentadas.

Tabela 1 – Quadro comparativo das ferramentas de geração de imagens panorâmicas

Aplicação	Ferramentas	Geração de Panorama	Formatos de Imagem	Publicação na Web	Pontuação Positiva
 ICE	++	++	+	++	7
 PP	+	+	+	++	5
 PC3	+++	+++	+++	++	11
 VRW	+++	+	++	-	6
 ULD	++	+	+++	+	7
 APG	++++	++	+	-	7

As imagens panorâmicas que se seguem apenas pretendem demonstrar os resultados alcançados com cada uma das ferramentas e que estão ao alcance de qualquer utilizador comum. Um utilizador mais experiente, no mundo da fotografia, poderia certamente conseguir melhores resultados embora também exigisse mais tentativas e/ou mais afinações de parametrizações.

(Software: Tamanho em KB - Dimensões da imagem - Comentário)

**Microsoft ICE:** 2141KB – 10585x1568 (Figura 95) – Erro na junção tela/janela



Figura 95 – Resultado *Microsoft ICE*

**Serif Panorama Plus:** 1257KB – 3000x646 (Figura 96) – não conseguiu incluir 4 fotos

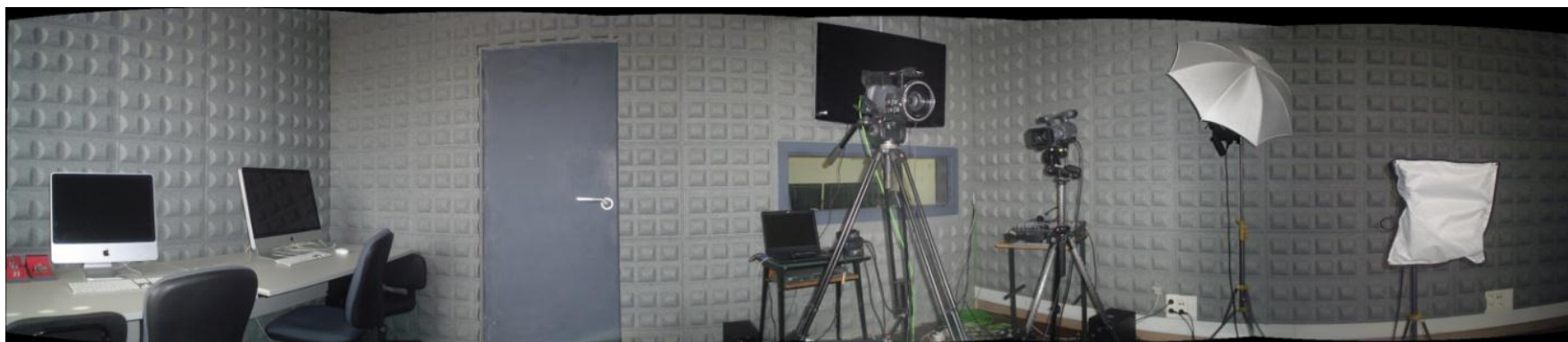


Figura 96 – Resultado *Serif Panorama Plus*

**VR Worx v2.6.1:** 4259KB – 400x300 -

Este panorama não pode ser impresso pois o VR Worx apenas produz ficheiros com formato de filme (.MOV)

**FirmTools Panorama Composer 3:** 2314KB – 12732x1536 (Figura 97) – Pequeno erro na junção tela/janela



Figura 97 – Resultado *FirmTools Panorama Composer 3*

**Ulead Cool 360:** 4007KB – 12411x1316 (Figura 98) – Erro na junção janela/quadro



Figura 98 – Resultado *Ulead Cool 360*

**Autopano Giga 2.5.2:** Não foi possível criar a imagem panorâmica por limitações da versão de teste (Figura 99) - não conseguiu incluir 2 fotos

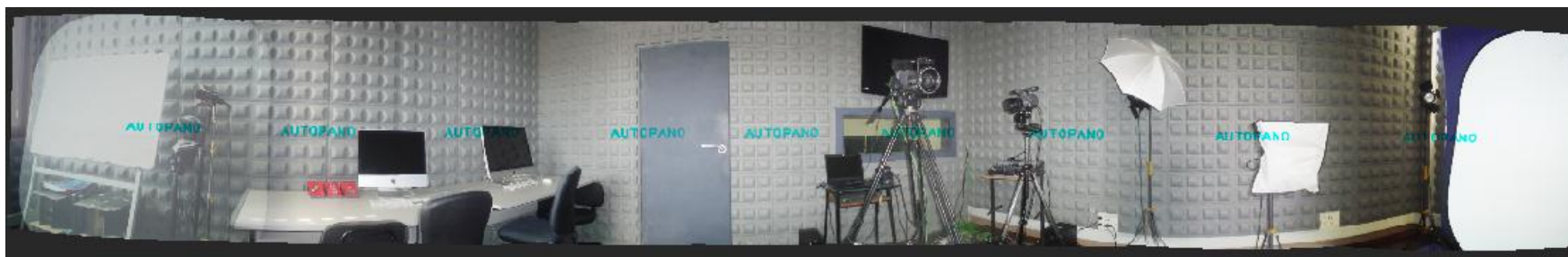


Figura 99 – Resultado *Autopano Giga 2.5.2*

## 3.3 Ferramentas de criação de ambientes 3D interactivos

### 3.3.1 Microsoft Photosynth



O *Photosynth* (Photosynth.net, 2011) é uma ferramenta disponível na internet, de forma gratuita, e que permite carregar diversas fotografias de um determinado local ou objecto e assim recriar uma visão tridimensional do ambiente ou do objecto real.

Para utilizar esta aplicação, além de ter um *browser* de internet, é necessário instalar o *plug-in* do *Photosynth*; ter uma conta no *Windows Live* e criar também um perfil no *Photosynth*. A única restrição existente para a sua utilização é que só pode ser usada em ambiente Windows.

Para construir um ambiente 3D no *Photosynth* é possível carregar imagens panorâmicas directamente a partir do *Microsoft Image Composite Editor (ICE)*, conforme visto anteriormente, ou simplesmente identificar o conjunto de fotografias pretendidas, para que sejam de imediato carregadas para a aplicação. Não existe quantidade obrigatória de imagens ou qualquer limite. As imagens podem ter numerações não sequenciais e até podem existir fotografias repetidas. Nenhum destes factores influencia o resultado final, que apenas se baseia na combinação de texturas das diversas imagens. Existe apenas uma quota máxima de espaço de 20GB.

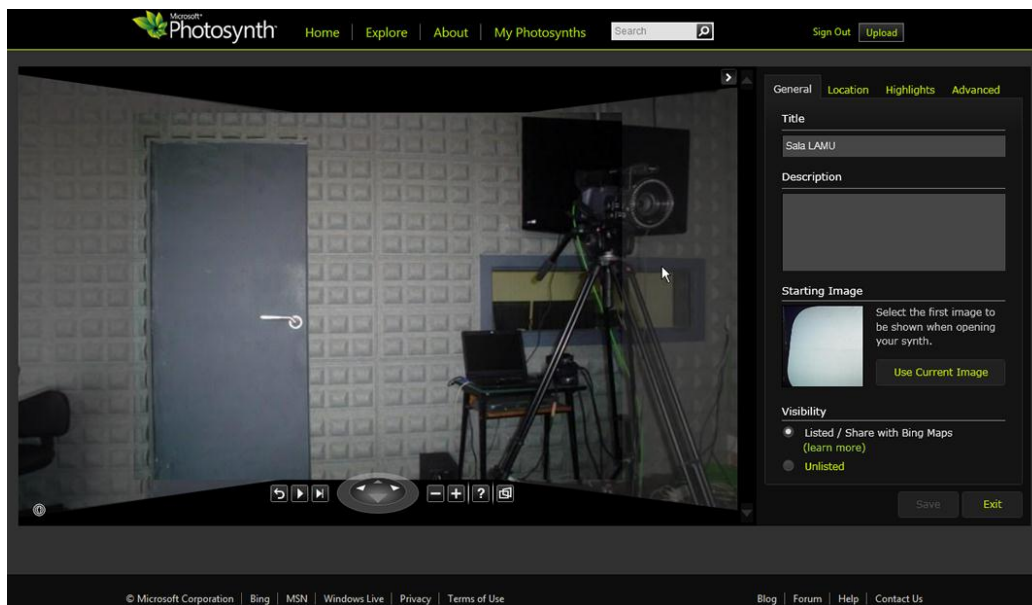


Figura 100 – Ecrã principal de visualização da cena em 3D com o *Photosynth*

O resultado da junção de fotografias (Figura 100) é visível imediatamente após a conclusão do processo de geração. Na área principal do ecrã aparece a cena produzida. No menu lateral “General” aparece o título e a descrição, a indicação da imagem inicial da cena, assim como a possibilidade de escolha da forma de publicação *online*, podendo ser partilhada com outros utilizadores (conteúdo público) ou ficar disponível apenas para o próprio autor (conteúdo privado). Por ser uma aplicação *online* as questões de direitos de utilização ficam logo à partida protegidos, salvo se o autor permitir a sua publicação e partilha *online*.

A cena pode ser percorrida com a ajuda do rato ou de um comando no ecrã (Figura 101), que irá fazendo aparecer as sucessivas fotografias dando a ideia do espaço 3D e da posição das imagens entre si. (Figura 102). A navegação é facilitada pelo aparecimento de rectângulos semitransparentes, chamados “Quads”, que representam uma outra fotografia que encaixa na mesma cena.



Figura 101 – Comando de visualização da cena no ecrã

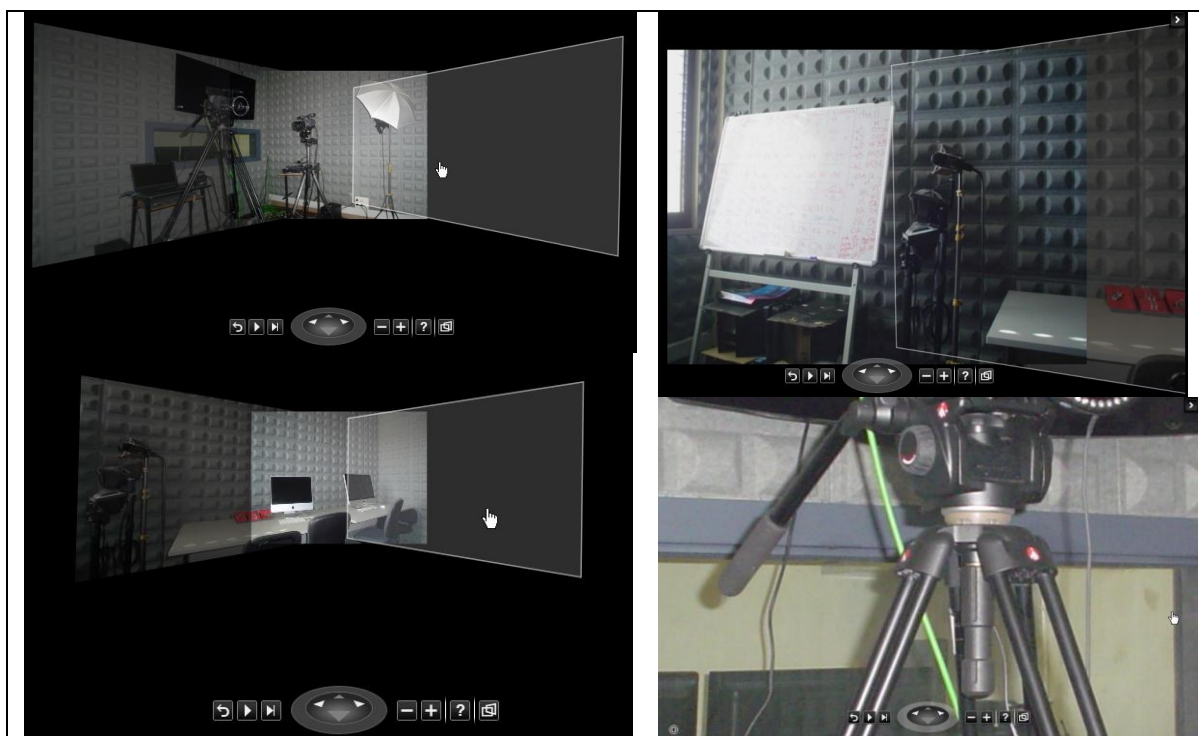


Figura 102 – Visualização da cena por conjunto de imagens e exemplo de zoom

O acerto das imagens é efectuado pela posição das fotografias entre si e não por aproximação de texturas. O objectivo desta ferramenta é transmitir a noção do espaço 3D e não

propriamente da imagem panorâmica. Esta particularidade torna a navegação na cena mais complexa do que se fosse através de uma imagem panorâmica.

O comando de navegação tem ainda a possibilidade de alterar o modo de visualização da cena, alternando entre a vista 3D, 2D (foto a foto) e a vista de “nuvem de pontos” (Figura 103), transmitindo a representação espacial do conjunto das fotos da cena. Esta última vista é particularmente útil quando a cena é composta por muitas fotografias, tiradas a partir de diversos locais relativamente à cena.

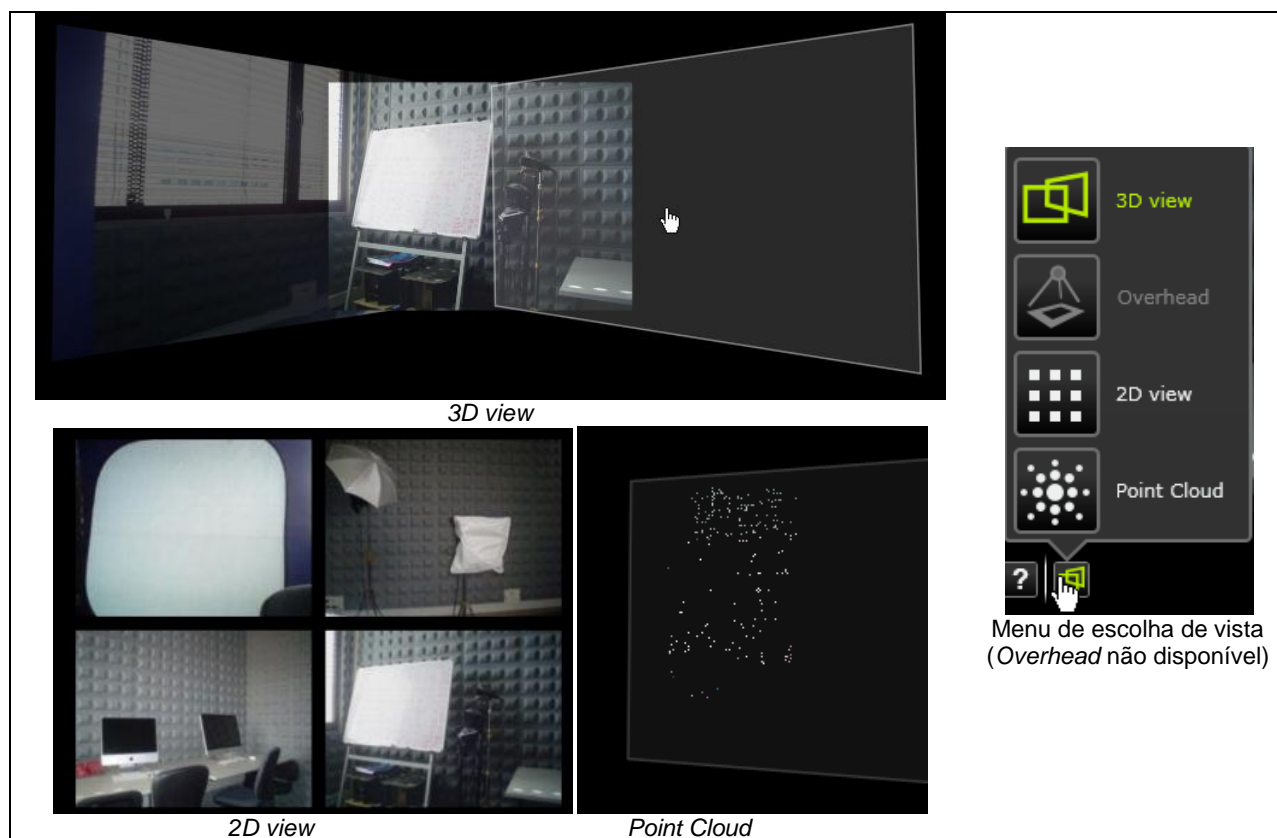


Figura 103 – Diferentes modos de visualização da cena

Existe ainda uma outra secção no menu lateral, denominada “*Location*”, que permite localizar a cena no mundo real, indicando a localização geográfica do espaço fotografado. Esta funcionalidade está interligada com a ferramenta *Bing Maps* (Bing Maps, 2011) da *Microsoft*, que permite fazer *zoom* desde o mapa-múndi até mapa ou imagem satélite do local pretendido. Além disso, pode-se ainda indicar, para cada fotografia, em que direcção a mesma foi tirada, ficando com o posicionamento exacto e respectivo ângulo de visão (Figura 104).

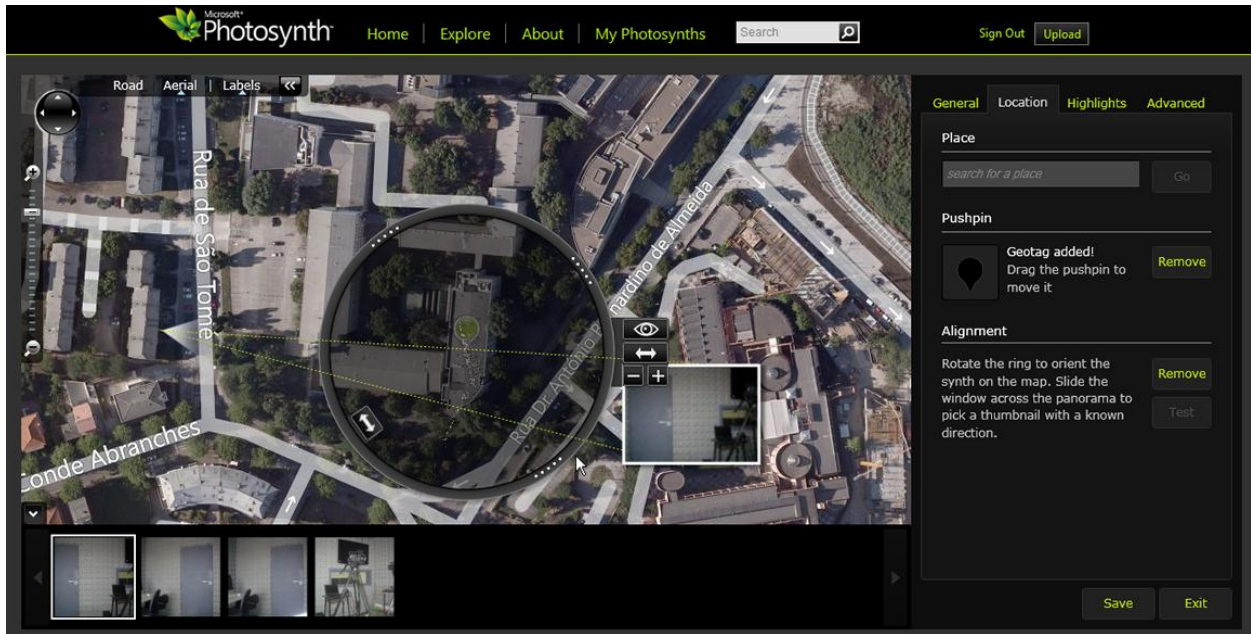


Figura 104 – Localização da cena no mundo real

Outra funcionalidade interessante é o facto de se poder definir pontos de interesse na cena, permitindo “saltar” mais rapidamente para esse ponto. São os chamados “*Highlights*” (Figura 105). Estes *highlights* são criados com um título e uma descrição para uma melhor identificação.

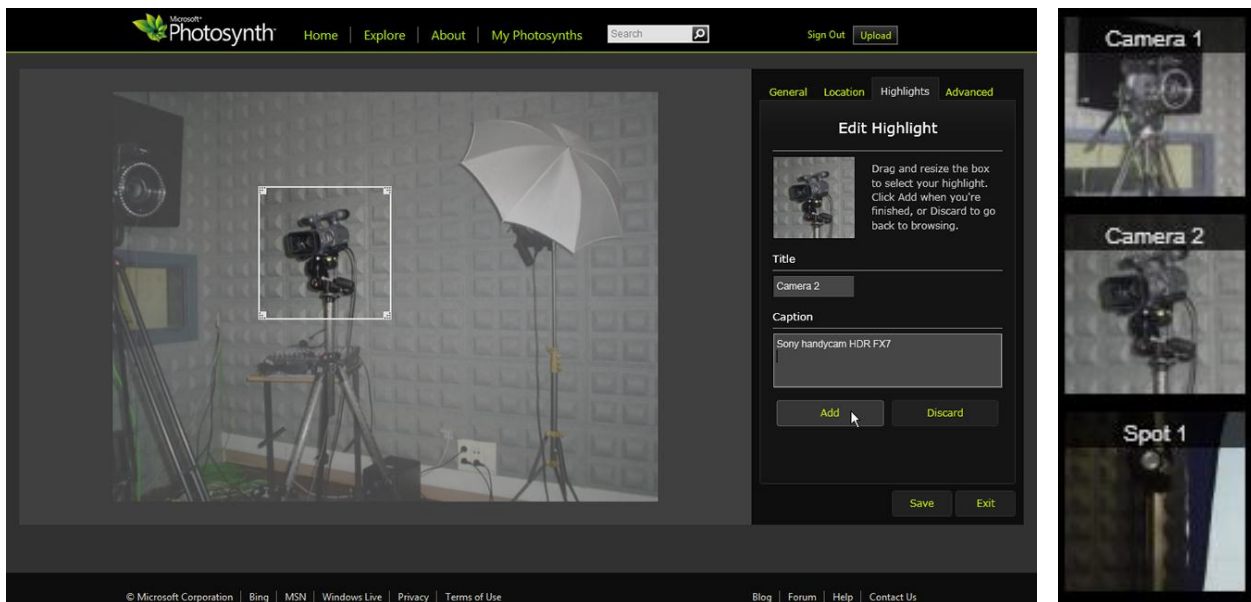


Figura 105 – Definição de *Highlights* da cena

Existem ainda opções avançadas que permitem definir a forma de orientação das fotografias, indicando o modo “*World up*” para que o *Photosynth* defina em que ângulo estas devem estar, ou o modo “*Photo up*” que preserva a sua orientação original. Outra opção é a escolha da

sequência das fotografias, por proximidade ou por nome, e ainda definir a forma inicial de visualização, se através das imagens ou da nuvem de pontos.

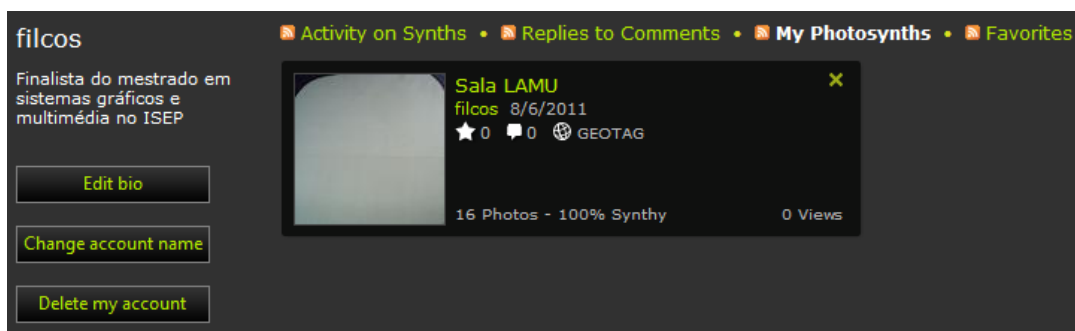


Figura 106 – Lista de composições

Depois de guardada, a cena fica acessível numa lista (Figura 106), com uma imagem ilustrativa, o respectivo nome, nome do autor e data de criação, a fonte, estado e quantidade de visualizações efectuadas. É ainda possível colocar comentários e iniciar assim conversações com os visitantes.

Por ser uma ferramenta *online*, é ainda possível participar em fóruns de opinião, sobre temas relacionados. Para divulgar o trabalho realizado é disponibilizada uma ligação directa para ser colocada, por exemplo, numa mensagem de correio electrónico ou ainda o código necessário para embutir a imagem directamente num sítio da internet.

### 3.3.2 Dermandar.com



O sítio da internet “Dermandar.com” disponibiliza uma ferramenta *online* que permite a geração de uma imagem panorâmica em poucos minutos. Começa-se por definir qual o tipo de imagem panorâmica que se quer construir: 360° ou ângulo alargado (Figura 107).

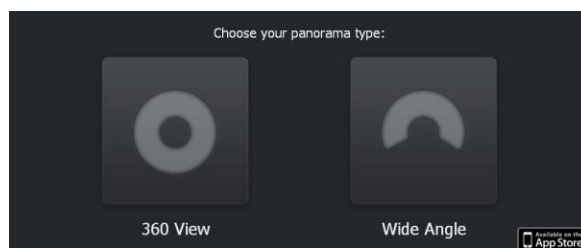


Figura 107 – Escolher o tipo de imagem panorâmica com *Dermandar*

Com o mesmo conjunto de imagens originais utilizado anteriormente, esta ferramenta revelou algumas dificuldades em lidar com imagens duplicadas ou com numeração não sequencial, provocando junções de imagens totalmente erradas (Figura 108). É sempre recomendável evitar este tipo de situações mas, se não houver atenção, pode-se estar a produzir um conteúdo errado, embora a junção de imagens pareça consistente.



Figura 108 – Imagem panorâmica gerada com imagens duplicadas e sequencia errada

Embora se tenha tentado a geração apenas com as doze imagens na sequência correcta, mesmo assim, esta ferramenta não produziu resultados satisfatórios, tendo confundido a imagem do quadro branco com a imagem da janela da sala LAMU (Figura 109).



Figura 109 – Imagem panorâmica gerada com doze imagens na sequência correcta

Depois da geração da imagem é necessário caracterizá-la dando-lhe mais informação, nomeadamente um título e descrição, assim como indicar a sua localização geográfica (Figura 110).

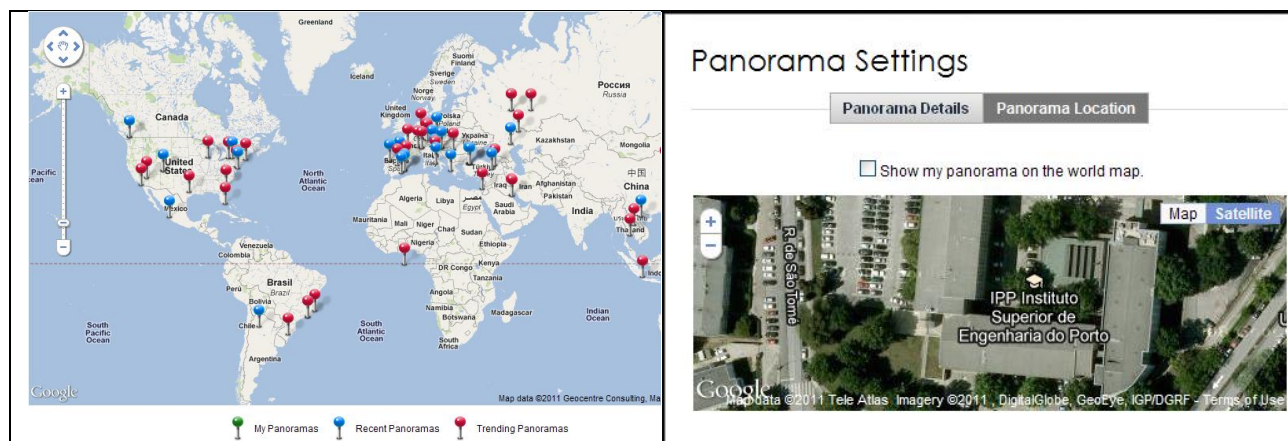


Figura 110 – Caracterização da imagem panorâmica em Dermandar.com

Finalmente, resta fazer o carregamento da imagem no sítio, para ficar disponível para posteriores actualizações e/ou visualizações (Figura 111).



Figura 111 – Lista de imagens disponíveis em Dermandar.com

Ao consultar ou pesquisar conteúdos, aparecem listas de imagens públicas, visto que as do foro privado não são disponibilizadas livremente.

Esta aplicação apresenta algumas debilidades na geração de imagens panorâmicas mas, como ferramenta de publicação *online*, é bastante completa e ao nível da ferramenta da *Microsoft*, embora não tão evoluída. Constitui, no entanto, já um repositório muito considerável de imagens panorâmicas que são constantemente actualizadas e publicadas via internet.

### 3.3.3 VRToolbox VR Worx v2.6.1



Como referido na secção 3.1.4, o *VR Worx* também permite criar cenas compostas por diversas imagens panorâmicas ou outro tipo de conteúdo e, por isso, ir-se-á descrever esta parte da ferramenta nesta secção dedicada às ferramentas de criação de ambientes 3D interactivos.

À semelhança das opções de criação de panoramas ou de objectos navegáveis, a criação de cenas também envolve uma sequência de passos. O primeiro passo, “*Setup*”, define essencialmente o nome e a dimensão da cena. O segundo passo define o fundo da cena ou ecrã inicial (*Background*) onde, pode, por exemplo, ser criado um mapa da navegação (Figura 112) que permite ao utilizador saber a partir de onde se pode deslocar na cena. São colocados

posteriormente os diversos nós de ligação que representam conteúdos que se podem adicionar à cena para fornecer mais informação ou para a tornar mais interactiva.

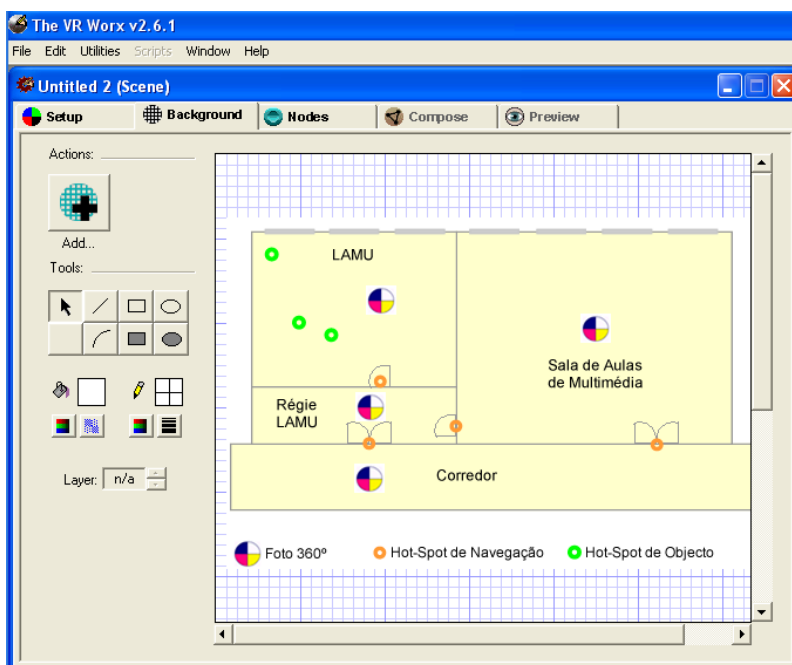


Figura 112 – Background da cena em VR Worx

Os conteúdos adicionais são identificados por um número unívoco (*Reference ID*) e possuem um nome que aparece quando o rato se desloca sobre o respectivo local na cena e um possível comentário associado, e podem ser do tipo:

- *Still Image* – Para colocar uma imagem panorâmica ou não que será mostrada na sua totalidade e sem animação possível;
- *Generic Node* – Para adicionar apenas informação escrita;
- *URL* – Para adicionar uma ligação a um sítio da internet;
- *QTVR Object* – Para colocar um filme (*QuickTime VR*), onde se pode definir se se pretende que o filme apareça inicialmente com animação (movimento) e com que velocidade.

Sobre cada conteúdo adicional pode-se ainda acrescentar mais pontos de ligação (*Hot Spots*), permitindo criar uma autêntica rede de interligações, podendo funcionar com a filosofia da internet, onde cada conteúdo pode levar a outros conteúdos relacionados para se chegar ao nível de conhecimento desejado.

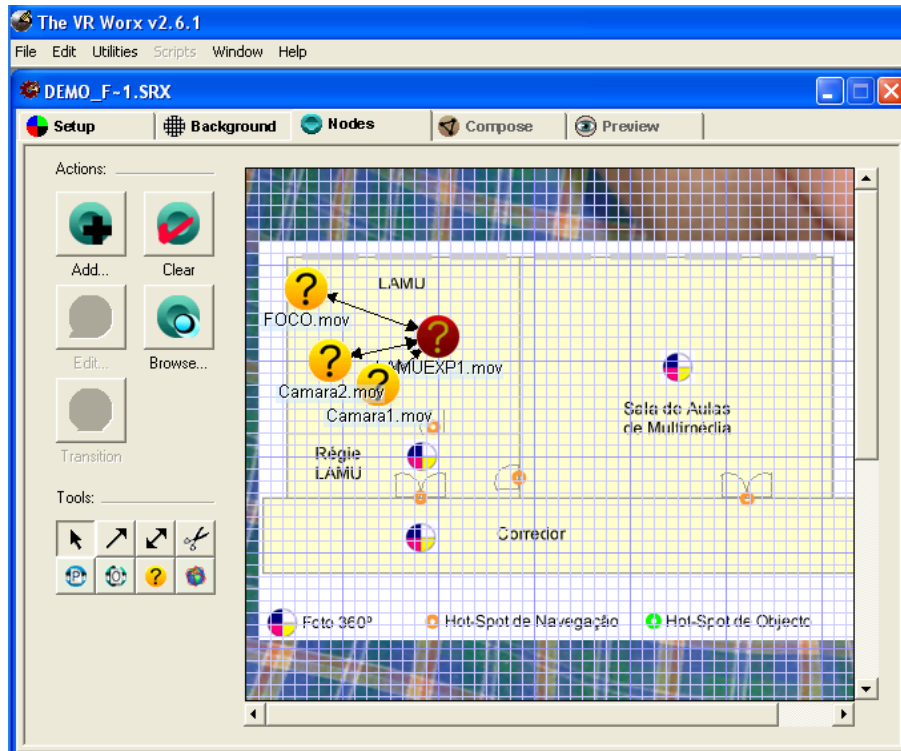


Figura 113 – Definição de nós de ligação na cena em *VR Worx*

Na Figura 113 é possível ver a ligação do nó principal a cada um dos objectos com o respectivo retorno. Neste exemplo, nenhum dos objectos estão ligados directamente, tendo de retornar ao nó principal.

Depois de definir toda a rede de nós da interactividade, constrói-se a cena executável com a opção “*Compose*”, onde é ainda possível definir alguns aspectos de compressão de dados, assim como o tipo de utilização de memória durante a execução.

A construção de um ambiente 3D imersivo com esta ferramenta torna-se num processo bastante simples, sendo apenas necessário organizar todas as ligações entre cenas através dos *hot spot* respectivos. A geração e exportação para um filme .MOV são os processos mais demorados mas que permitem obter, como resultado final, um único ficheiro no formato .MOV, facilmente partilhado com outros utilizadores.

O projecto de construção da cena fica sempre armazenado num ficheiro do formato .SRX para posterior recuperação das definições da cena.

### 3.3.4 Kolor Panotour Pro v1.5.3 (Trial Version)



A aplicação *Panotour Pro* (panotour, 2011) v1.5.3 é uma ferramenta da empresa *Kolor*, complementar ao *Autopano Giga 2.5.2*. apresentado anteriormente. Esta aplicação permite exclusivamente construir toda a interactividade necessária à realização de um ambiente 3D interactivo. Desta forma, sobre uma determinada imagem panorâmica é possível anexar outros conteúdos para a tornar mais interactiva. São identificados os locais de interesse da imagem (*hot spots*) (Figura 114) aos quais serão associados os objectos desejados. Estes locais de interesse são definidos indicando uma área geométrica que pode ser triangular, quadrangular ou circular (Figura 115), para melhor se adaptar ao formato dos motivos interactivos. É ainda possível indicar locais de reflexão da imagem (efeito de reflexo na lente) para realçar determinado objecto da foto ou dar um toque extra de realismo durante a visualização da cena, pois a reflexão acompanha o ponto de vista do espectador (Figura 116).



Figura 114 – Identificação dos locais de interesse da cena

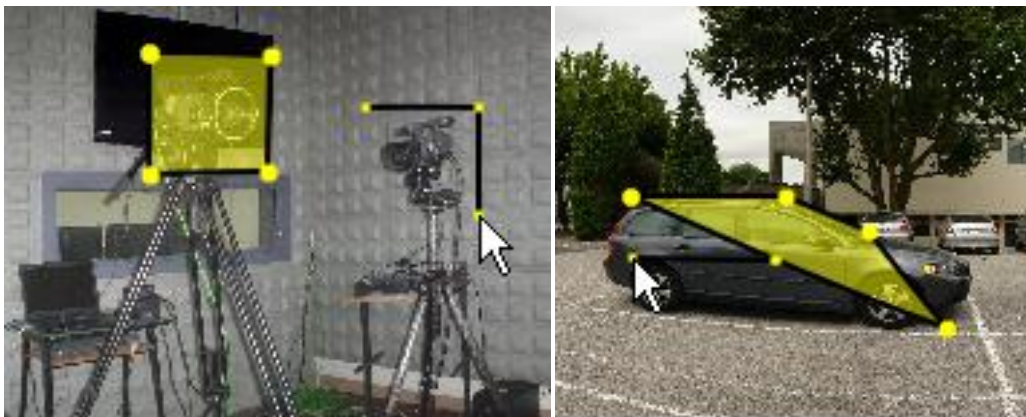


Figura 115 – Delimitação das áreas de interacção na imagem, com *Panotour Pro v1.5.3*



Figura 116 – Ponto de reflexão para maior destaque na imagem

Para cada local de interesse é possível indicar um dos seguintes tipos de interacção:

- 1 - O salto simples para uma outra imagem panorâmica;
- 2 - Uma ligação a um sítio da internet, através de um endereço URL;
- 3 - Executar código HTML específico;
- 4 - Fazer uma ligação a um objecto específico, que pode ser uma imagem (.PNG; .JPG; .JPEG; .GIF), uma animação flash (.SWF), um filme (.FLV; .M4V; MP4; .MOV) ou um ficheiro áudio (.MP3).

Também é possível ajustar algumas propriedades da imagem panorâmica (Figura 117), ao nível da qualidade da visualização, do tipo de projecção aplicada, da definição do campo de visão ou os limites para o *zoom* e ainda definir um som ambiente personalizado para cada imagem panorâmica.

O mesmo é também possível ao nível das propriedades do projecto (Figura 118). Pode-se definir a existência e o aspecto de um menu de navegação, assim como o tipo de letras utilizado nas mensagens escritas; o tipo de comportamento mais ou menos dinâmico/automático da visualização; e, por exemplo, miniaturas das diversas cenas panorâmicas para se poder saltar directamente para cada uma, sem precisar de respeitar as ligações existentes, ou ainda um mapa geral da visualização, um logótipo ou um som ambiente.

Todas as parametrizações de construção da cena interactiva ficam guardadas num ficheiro de projecto com extensão .KPT para posteriores reajustes, caso necessário.

Nesta versão de teste, os ficheiros gerados incluem uma marca de água para proteger os respectivos direitos de autor.

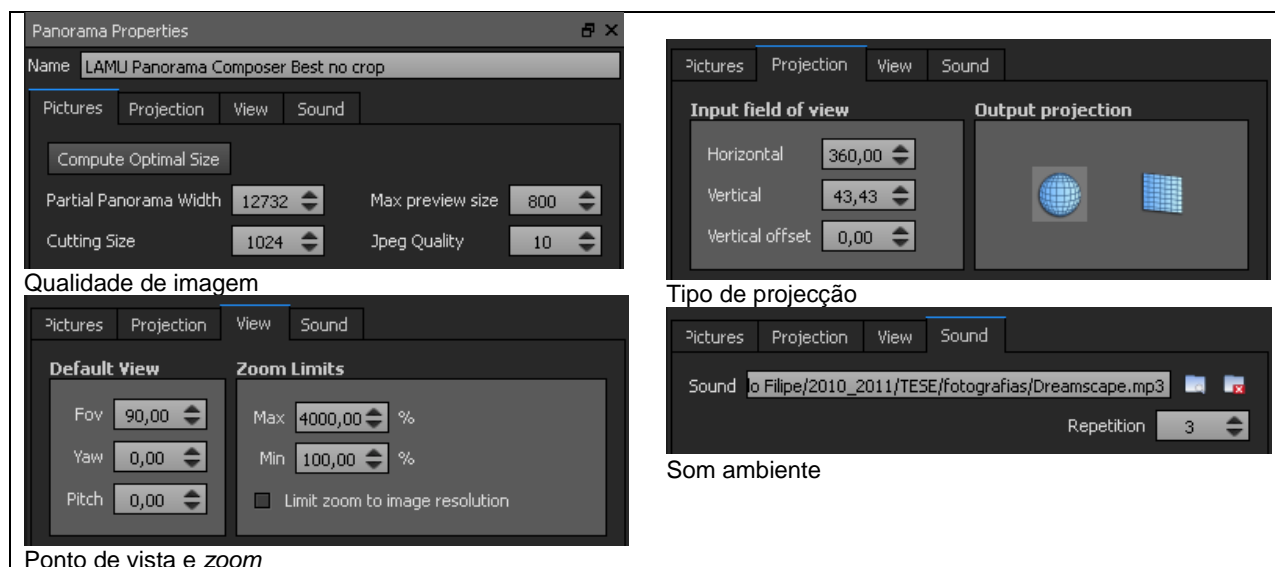


Figura 117 – Propriedades do panorama ajustável com *Panotour Pro v1.5.3*

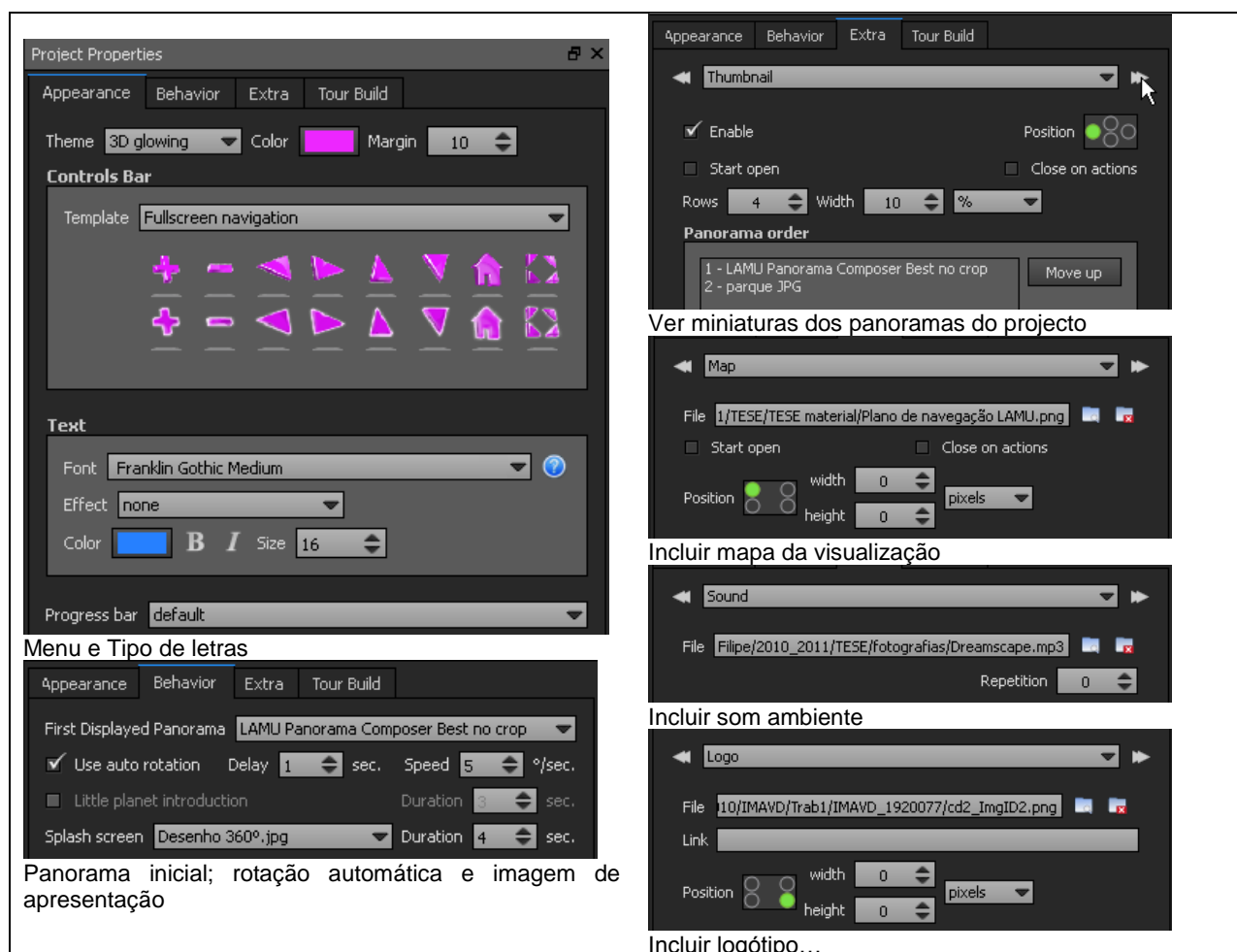


Figura 118 – Propriedades do projecto ajustáveis com *Panotour Pro v1.5.3*

### 3.4 Resumo

Com este capítulo foi possível validar que, tanto a geração de imagens panorâmicas, como a construção de ambientes 3D imersivos, são processos para os quais já existem ferramentas bastante poderosas. Estas ferramentas auxiliam, de forma muito evidente, a obtenção de resultados satisfatórios, reduzindo assim o esforço de desenvolvimento e a quantidade de ajustes necessários para a montagem final de um ambiente 3D imersivo, garantindo já um elevado nível de interação, o que faz aumentar a sensação de imersão no ambiente.



## Capítulo 4. – Protótipo construído

*“O projecto é o rascunho do futuro.”*

*Jules Renard - Escritor francês (1864 – 1910)*

O capítulo 4 pretende ilustrar e demonstrar a forma de criar um ambiente 3D interativo. Foram construídos dois protótipos, usando duas ferramentas distintas. O intuito foi o de mostrar diferentes resultados, obtidos a partir das mesmas fontes.

### 4.1 Plano de montagem

O protótipo construído representa uma visita virtual às instalações do LAMU (Laboratório Multimédia) do Departamento de Engenharia Informática (DEI) do Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP). Para isso, além de focar apenas as instalações propriamente ditas, quis-se dar uma visão mais natural e abrangente, sendo possível iniciar a visita virtual, pelo exterior do ISEP, entrar no átrio principal e daí alcançar os *halls* de acesso, corredor e, posteriormente, as respectivas salas. Esta abordagem confere à visita virtual um carácter mais aproximado do da visita real. No entanto, por se tratar de uma visita virtual, existem possibilidades virtuais a explorar, pelo que é possível, por exemplo, aceder à sala, clicando na janela exterior do edifício, voltar ao parque de estacionamento, também através da janela, ou descer ao átrio principal, clicando no elevador.

O esquema da visita virtual ilustrado na Figura 119 indica os locais onde foram tiradas as fotografias panorâmicas de 360º e as ligações existentes entre cada local, assim como a presença de objectos interactivos existentes.

Além da navegação através dos diversos locais do ISEP, a virtualização também oferece a possibilidade de ligar pontos de interesse (*hot spots*) de uma cena, por exemplo, a sítios da internet ou até de ver um filme, em 360º, da rotação de alguns objectos que fazem parte da cena, através de um simples clique. A forma de implementar estas ligações será abordada, mais à frente na secção 4.4.

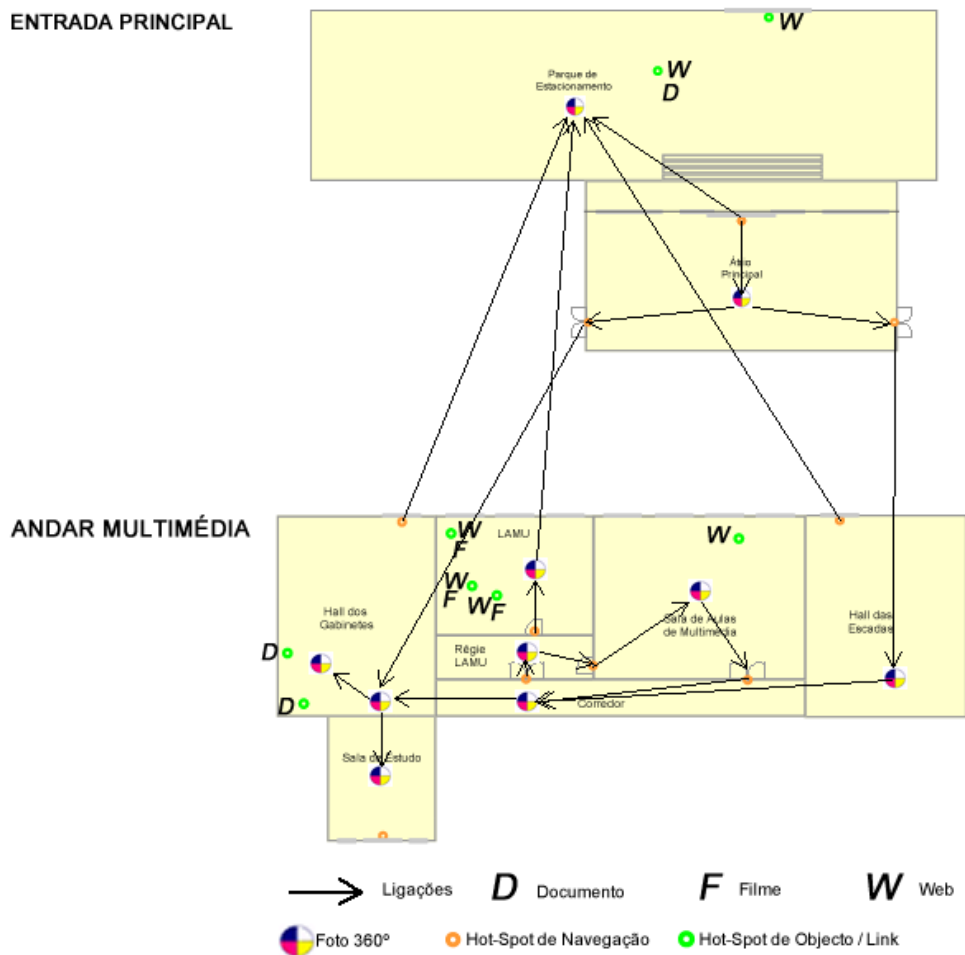


Figura 119 – Esquema de navegação para a visita virtual às instalações do LAMU

Esta riqueza de informação constitui a grande mais-valia deste tipo de ambientes, que se pretende aqui demonstrar para depois poder ser submetida à apreciação de utilizadores e apurar, assim, a sua adequabilidade e usabilidade.

## 4.2 Fotografar o ambiente real

Para elaborar este protótipo foram tiradas fotografias em dez locais (ISEP). Em cada local foram tiradas doze fotografias com orientações sucessivas de 30 em 30°, para perfazer os 360° necessários à construção da fotografia panorâmica (Figura 120).

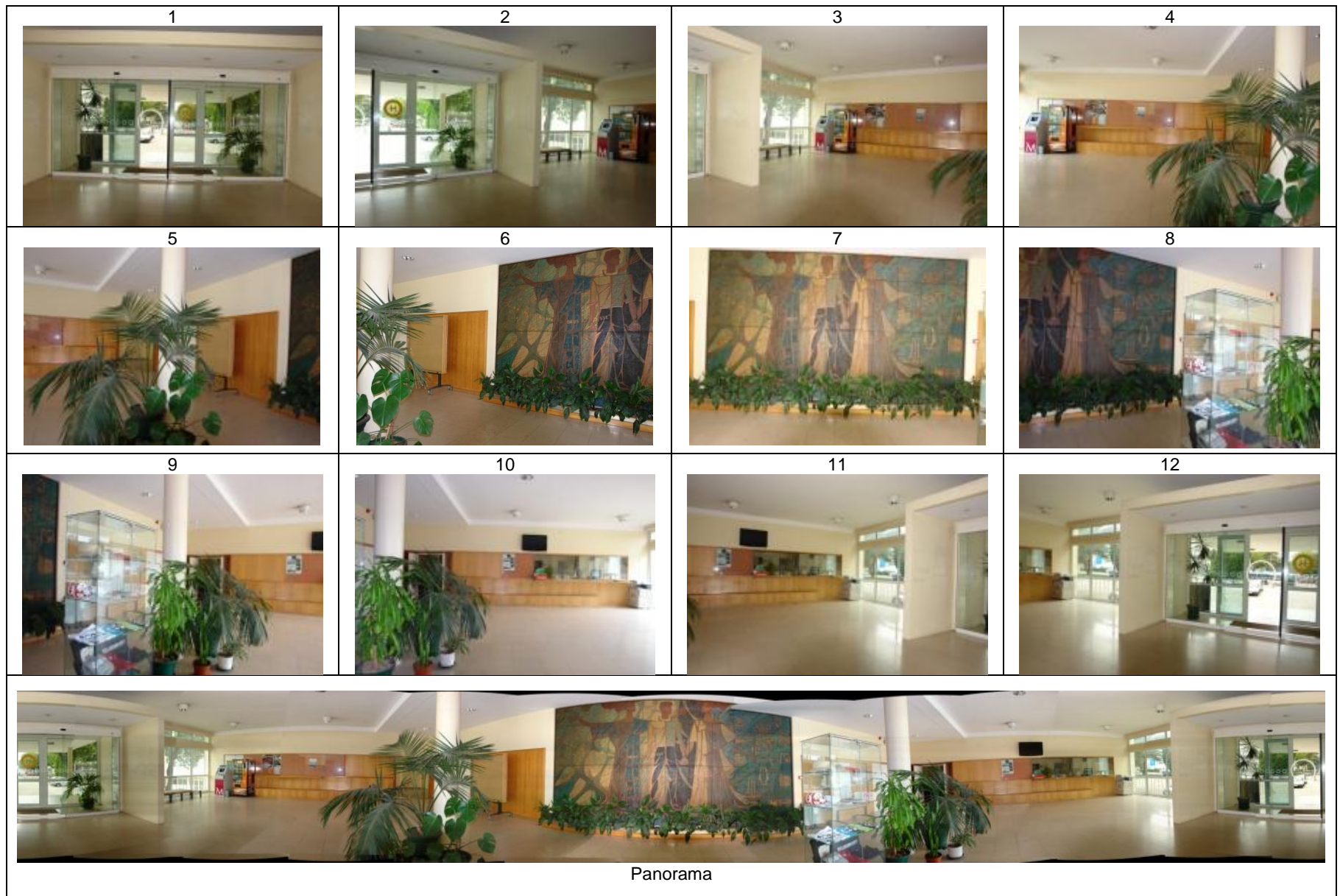


Figura 120 – Doze fotografias para montagem de imagem panorâmica do átrio principal do ISEP

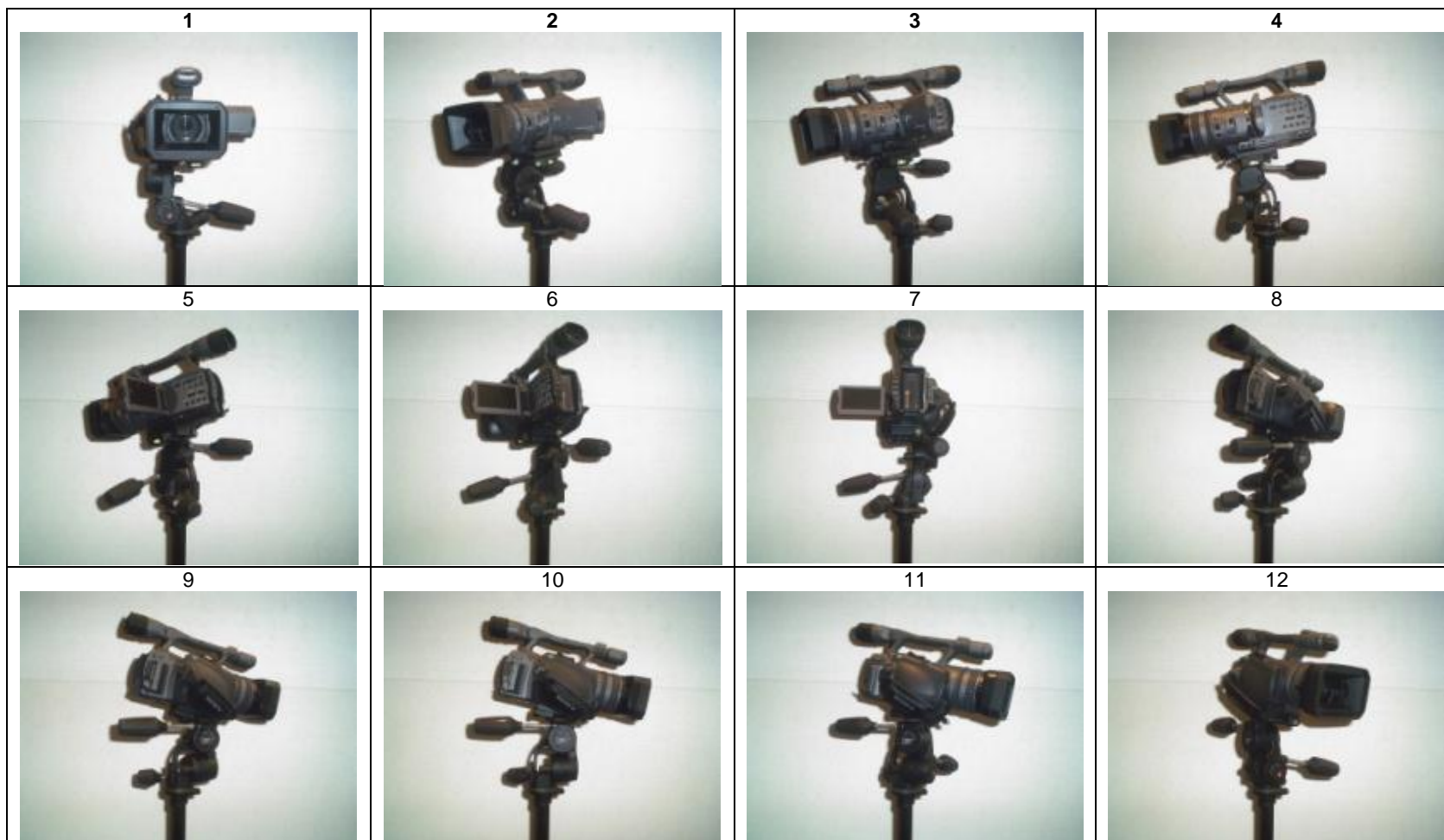


Figura 121 – Doze fotografias para montagem de filme de rotação de objectos

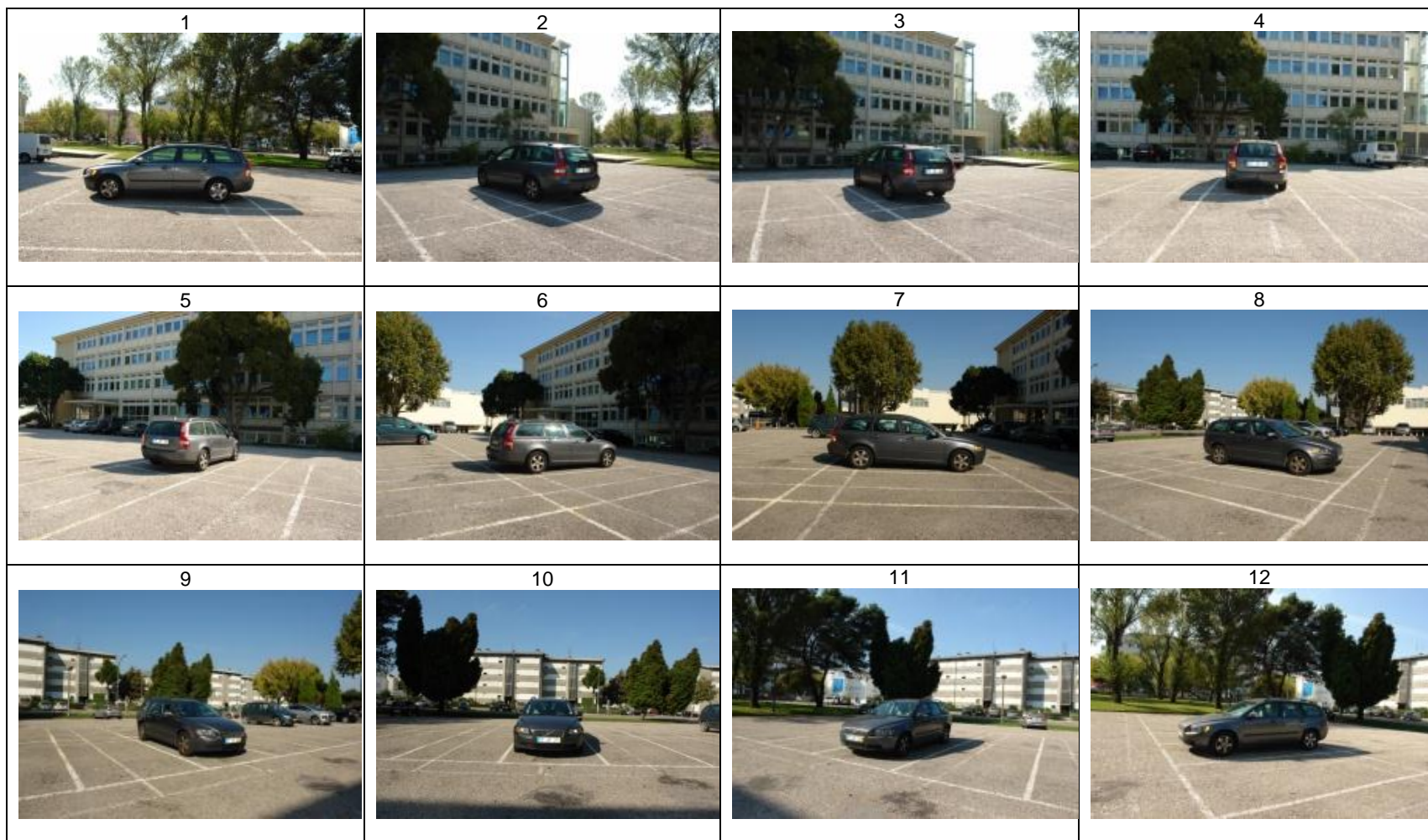


Figura 122 – Doze fotografias para montagem de rotação de objectos de grande dimensão (Volvo V50)

Seleccionou-se também três objectos da sala LAMU (duas câmaras de vídeo e um foco de luz), para montar filmes da rotação de objectos (.MOV), para os quais foram também necessárias doze fotografias., Neste caso, porém, a máquina ficou fixa e os objectos é que tiveram de ser rodados de 30 em 30° sucessivamente até perfazer uma rotação completa (Figura 121).

Para demonstrar uma outra técnica de visualização panorâmica de grandes objectos que, devido às suas dimensões, não podem ser rodados sobre si próprios, fotografou-se um veículo automóvel no parque do ISEP, onde se teve de deslocar a máquina fotográfica à volta do veículo, tirando mais uma vez doze fotografias (Figura 122), mantendo a distância ao centro do objecto e descrevendo ângulos de 30° entre cada fotografia.

Este trabalho fotográfico demorou na sua totalidade entre duas a três horas, mas em dias diferentes. (120+36+12=168 fotografias, excluindo algumas repetições). Por razões de disponibilidade de equipamentos, foram usadas duas máquinas fotográficas com características distintas:

#### **Máquina fotográfica 1:**

- Modelo: *Sony Cyber-Shot DSC-P32 3,2 mega pixels;*
- Locais/Objectos fotografados: Régie LAMU, Sala LAMU, Corredor do Andar de Multimédia, Sala de Aulas Multimédia, Câmara de vídeo *Panasonic P2HD*, Câmara de vídeo *Sony handycam HDR FX7*, Foco de luz *Lowel Pro-light*.

O controlo da orientação das fotografias, para os locais referidos acima, foi efectuado utilizando uma forma muito rudimentar, baseada apenas numa folha impressa com os ângulos numerados de 30 em 30°, encaixadas debaixo do apoio da máquina, pois o tripé utilizado não dispunha de nenhum medidor de graus (Figura 123).



Figura 123 – Controlo de orientação da máquina fotográfica com método rudimentar

## Máquina fotográfica 2:

- Modelo: *Sony Cyber-Shot CMOS DSC-R1 10.3 mega pixels*
- Locais/Objectos fotografados: Hall Direito, Hall Esquerdo, Hall dos Gabinetes dos Professores, Sala de Estudo, Átrio Principal do ISEP, Parque de Estacionamento do ISEP, Automóvel Volvo V50.

Para estes locais já foi possível utilizar um tripé mais evoluído (Figura 124), o qual já permitiu um controlo da orientação da fotografia e um ajuste do próprio nivelamento mais exacto.



Figura 124 – Tripé *Manfrotto* com controlo de nivelamento e graduação para controlo de orientação

Durante as secções fotográficas procurou-se obter sempre as imagens com a melhor iluminação possível. As fotografias de interior, tiradas sob diversos ângulos, vão evidenciar o sombreamento das paredes (Figura 125). Este facto vai dificultar o posterior processo de colagem das fotografias, porque as ferramentas de montagem de panoramas existentes usam muito as características de cor para calcular os pontos de junção de imagens.

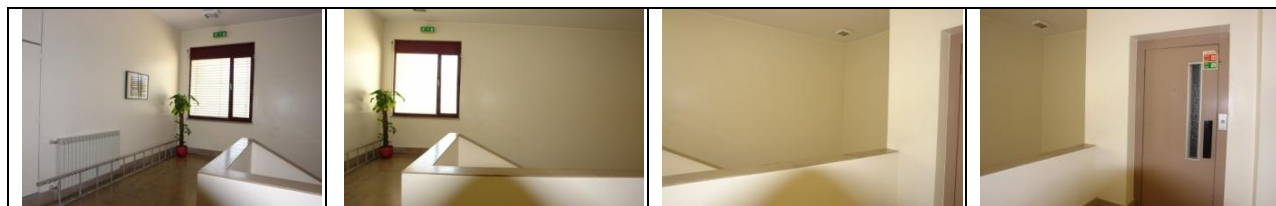


Figura 125 – Comparação da tonalidade das paredes em fotografias interiores (hall direito)

As fotografias de 360° a locais muito exíguos, como é o caso da régie do LAMU, não resultam muito bem, visto que algumas paredes ou portas podem parecer demasiadamente grandes ou próximas (esta sala é um corredor com as dimensões de cerca de 5 m x 1,5 m) (Figura 126). Como a câmara ficou centrada na sala, as portas e paredes mais próximas ficaram demasiadamente focadas e ampliadas. O facto de as fotografias serem tiradas todas à mesma altura é uma desvantagem para os espaços exíguos, pois não é possível desviar “o olhar” para cima ou para baixo como normalmente faz o ser humano numa visita real.



Figura 126 – Fotografia de 360º com pior resultado fotográfico em espaços exíguos

Em cenas com muitos pormenores, objectos e/ou diferenças de luz, podem-se tirar mais do que doze fotografias (com incrementos inferiores a 30º, portanto), facilitando assim o processo posterior de montagem do panorama.

### 4.3 Composição dos panoramas

Para a montagem das imagens panorâmicas foi escolhida a aplicação *Panorama Composer 3*, pelas razões apontadas no capítulo anterior. Este processo revelou-se bastante acessível e rápido, com a excepção de algumas cenas com características muito específicas que dificultaram a obtenção de um resultado final satisfatório e que, por isso, exigiram um maior ajustamento das parametrizações.

As imagens de interior são, à partida, mais difíceis de ajustar do que as de exterior. As diferenças de luz provocam estes problemas e, por vezes, tem de fazer a montagem das fotografias numa sequência diferente da dos disparos, para que a aplicação consiga associar melhor as diferentes tonalidades das paredes das sucessivas fotografias.

Para referir alguns exemplos das dificuldades encontradas, pode-se citar a imagem panorâmica do *hall* direito do andar multimédia, na qual se teve de excluir uma fotografia que não continha grandes detalhes significativos e que apenas introduzia mais diferenças de tonalidades nas paredes e, assim, impossibilitava a criação de junções mais perfeitas (Figura 127).



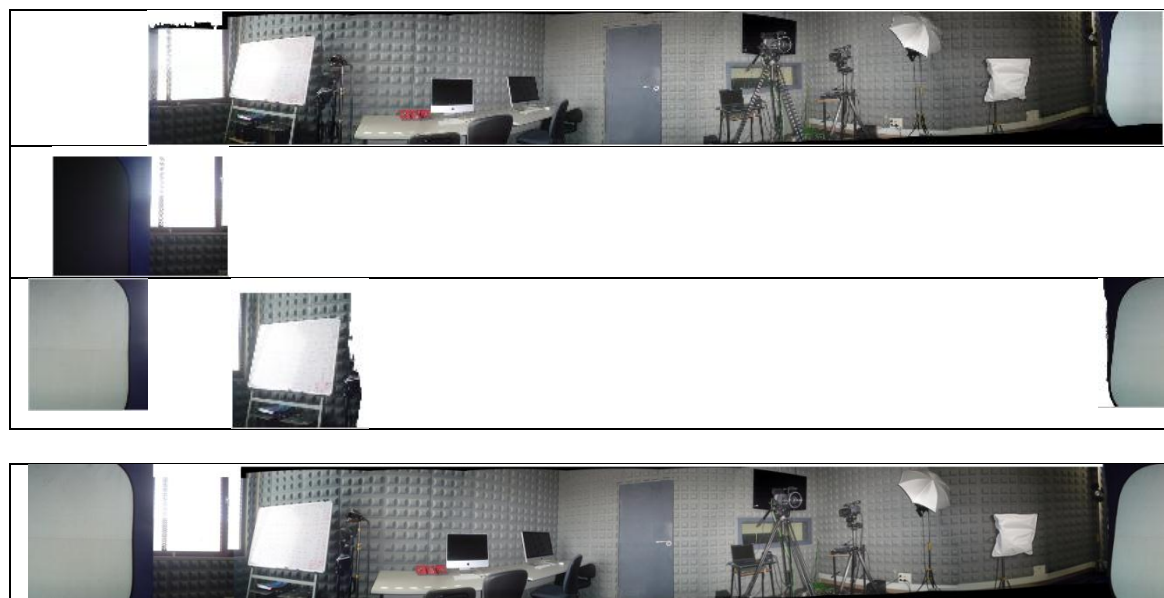
Figura 127 – Criação de uma imagem panorâmica de 360º com apenas 11 fotografias

A montagem da imagem panorâmica final da sala de régie do LAMU exigiu a criação de duas imagens panorâmicas parciais que foram posteriormente coladas para se conseguir obter a visão de 360°, conseguindo-se assim incluir as doze fotografias (Figura 128).



Figura 128 – Processo de montagem de uma imagem panorâmica a partir de duas outras panorâmicas

A sala LAMU foi utilizada, com visto no capítulo 3, para os testes das diversas ferramentas de composição de imagens panorâmicas e, de facto, por ser um local com muito detalhes (relevo nas paredes), que também produzem inúmeras alterações nas tonalidades das paredes e objectos da sala, revelou-se uma das imagens panorâmicas mais difíceis de obter, pois as diversas aplicações confundiam invariavelmente a luz do quadro com a luz da janela, o que provocava a junção dos dois elementos, tornando a imagem totalmente errada. Por esta razão, e por ser uma das cenas mais importantes da visita, teve de se fazer um ajuste manual à melhor versão obtida de forma automática, com o auxílio do *Adobe Photoshop CS4 Extended* (Adobe, 2011). Depois de se alinhar e reajustar as fotografias da janela e do quadro, utilizou-se uma fotografia da tela, cuja cor era uniforme, para garantir uma perfeita junção para perfazer os 360° da imagem (Figura 129).



Todo o processo de composição de panoramas demorou entre 5 a 6 horas, pois as imagens não foram feitas, nem todas seguidas, nem todas no mesmo dia e, como referido anteriormente, foram necessários alguns ajustes, algo demorados, o que prejudicou o tempo total de execução.

O objectivo desta fase do trabalho foi o de obter uma imagem panorâmica, com o menor número de defeitos possível, utilizando apenas ferramentas de geração automáticas. Podem-se, por isso, ainda observar alguns defeitos na junção de imagens, que requereriam mais afinação ou até mesmo uma intervenção manual em alguns casos. No entanto, entendeu-se que o objectivo não era a perfeição da imagem panorâmica, mas sim avaliar o que a mesma permite obter em termos de componente base de um ambiente 3D imersivo. Neste sentido, o enfoque recaiu na implementação do ambiente 3D imersivo, com o maior número de funcionalidades e possibilidades de interacção, de forma a maximizar a experiência do visitante.

Como resumo final desta fase, apresentam-se a seguir as diversas imagens panorâmicas obtidas que permitiram montar os ambientes 3D imersivos apresentados na secção seguinte deste capítulo.



Figura 130 – Imagem panorâmica do parque de estacionamento do ISEP



Figura 131 – Imagem panorâmica do átrio principal do ISEP



Figura 132 – Imagem panorâmica do *hall* esquerdo do andar de multimédia



Figura 133 – Imagem panorâmica do corredor do andar multimédia

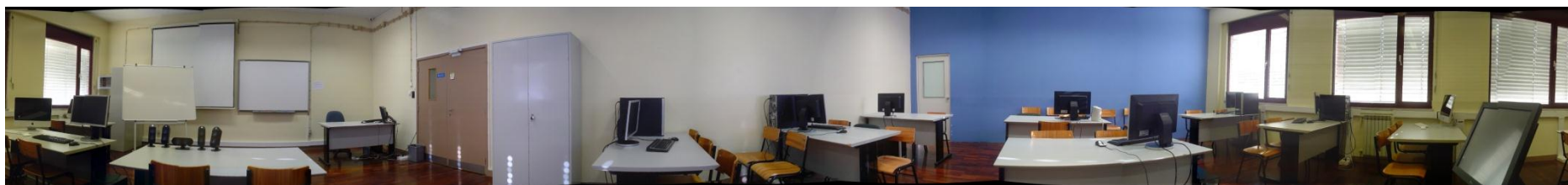


Figura 134 - Imagem panorâmica da sala de aulas multimédia



Figura 135 - Imagem panorâmica da régie do laboratório multimédia (LAMU)

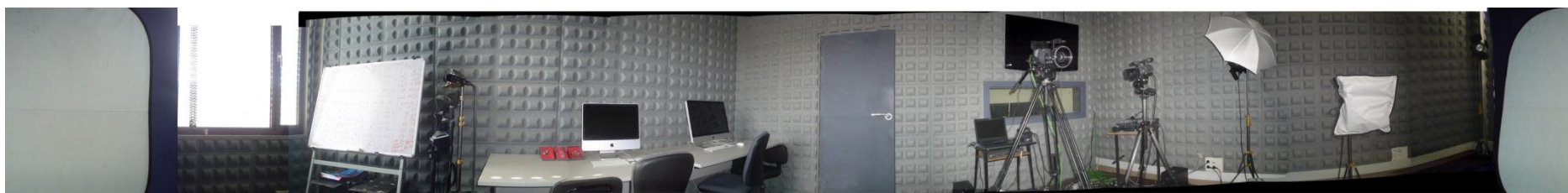


Figura 136 - Imagem panorâmica do laboratório de multimédia (LAMU)

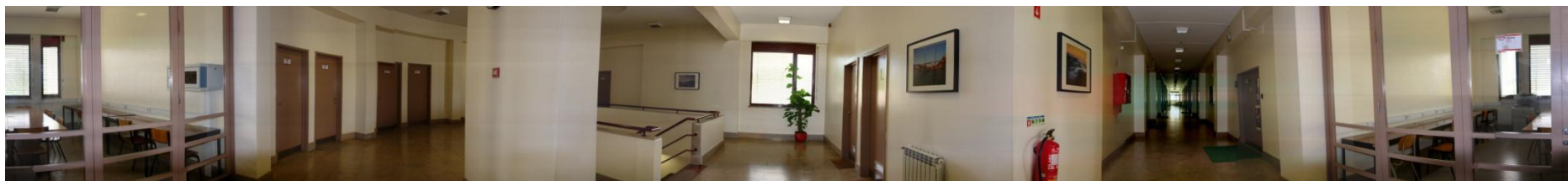


Figura 137 - Imagem panorâmica do *hall* direito do andar de multimédia



Figura 138 - Imagem panorâmica da sala de estudo do andar multimédia



Figura 139 - Imagem panorâmica do *hall* direito do andar multimédia, junto aos gabinetes dos professores

## 4.4 Criação do ambiente 3D imersivo

Para criar os ambientes 3D imersivos, o Departamento de Engenharia Informática do ISEP disponibilizou a ferramenta *VR Worx* v2.6.1 devidamente licenciada e instalada numa máquina. Para permitir ter uma base de comparação e por já ter sido apresentada no capítulo anterior, também foi montada a mesma visita virtual com a aplicação *Panotour Pro* v1.5.3. Esta última, por se tratar de uma aplicação utilizada na versão de *trial*, resultou numa visita virtual com todas as funcionalidades, mas com uma marca de água característica.

Estas duas aplicações têm opções complementares e por isso não se pretende aqui escolher, mas antes avaliar e demonstrar todas as potencialidades disponíveis para a construção deste tipo de ambientes.

Além das imagens panorâmicas criadas e apresentadas na secção anterior, também foram criados filmes de rotação de objectos, com as fotografias tiradas a três objectos de dimensões reduzidas existentes na sala LAMU: A câmara *Panasonic P2HD*, a câmara *Sony Handycam HDR FX7* (Figura 121) e o foco de luz *Lowel Pro-Light*. Também foi fotografado o automóvel Volvo V50, conforme referido na secção 4.2 - Figura 122, para também se criar um filme de rotação do veículo em 360°. A técnica de criação deste tipo de filmes foi explicada na secção 3.1.4, aquando da análise à aplicação *VR Worx* onde, de facto, foram criados estes filmes.

Para dotar os protótipos com mais uma possibilidade de interacção, foi também incorporado um filme de vídeo da notícia da construção de um veículo desportivo de baixo custo, *Barqueta00*, construído pelo ISEP e que foi gravado do noticiário da TVI24 de 23/08/2011. Neste processo estando o filme original no formato *.AVI* foi necessário convertê-lo para o formato *.MOV* para que ambas as aplicações pudessem suportar a sua visualização. Para esta conversão utilizou-se uma aplicação de utilização livre denominada *Format Factory*, onde o processo foi muito simples e rápido.

Também foram utilizados ficheiros de músicas em formato *.MP3* para a montagem do ambiente sonoro, no entanto apenas a aplicação *Panotour Pro* permite implementar esta funcionalidade.

#### 4.4.1 Ambiente 3D imersivo montado com VR Worx v2.6.1

Embora esta ferramenta também dê a possibilidade de compor as próprias imagens panorâmicas, não se optou por esta opção, devido às razões apontadas no capítulo anterior.

A opção de composição de cenas permite criar a lógica de ligações entre panoramas da visita virtual. Um pormenor importante nesta ferramenta é que cada panorama é já, à partida, um filme, sendo necessário, além de construir o panorama, gerar também o respectivo ficheiro de filme (.MOV). Esta operação foi facilitada pela utilização da aplicação *Panorama Composer 3*, que já dispõe desta opção no momento de gravar o panorama.

Dentro de cada cena foram definidas as áreas de interacção assim como a ligação pretendida, para uma outra cena (Figura 140), para um sítio na internet (Figura 141) ou para manipular a rotação de objectos (Figura 142). Ao definir as possíveis ligações entre objectos, o esquema de ligações vai se completando e no final obteve-se o seguinte esquema (Figura 143).



Figura 140 – Criação das ligações para outros panoramas



Figura 141 – Criação de ligações a sítios da internet (*maps.google.com* e *volvocars.com*)

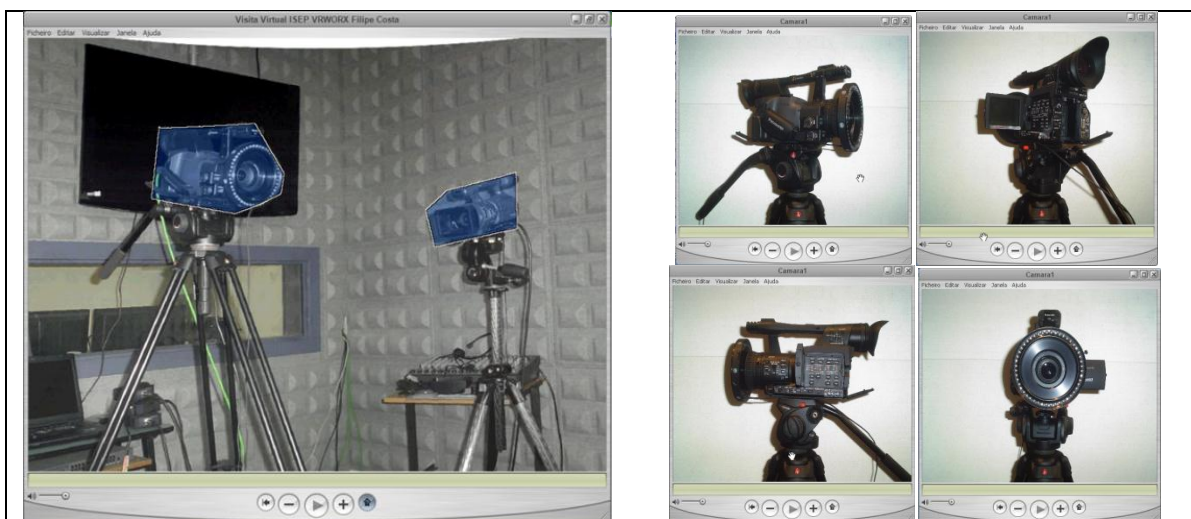


Figura 142 – Criação de ligação para a rotação de objectos em 360°

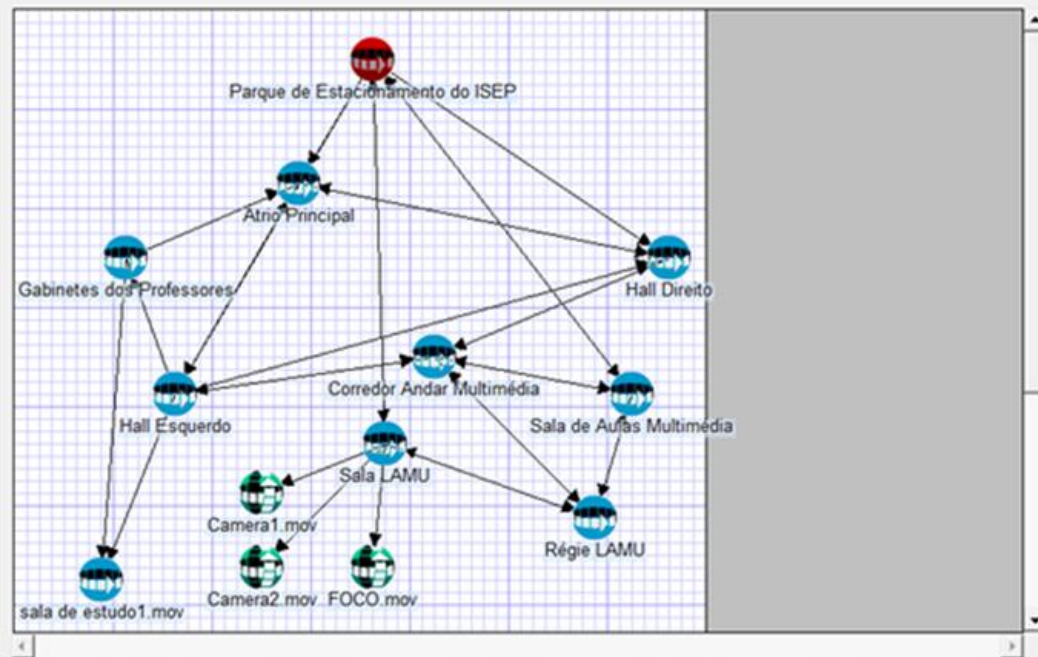


Figura 143 – Esquema de ligações entre objectos para implementar o ambiente 3D imersivo em VR Worx

Quando se opta por manipular a rotação de um objecto, acede-se a um filme que permite visualizar as fotografias do mesmo, uma a uma, no sentido pretendido. Neste tipo de visualização apenas se procura a experiência de manipulação e, por isso, não foi acrescentada nenhuma outra ligação, além da possibilidade de voltar à cena anterior (que lhe deu acesso/origem), apenas clicando em qualquer local do ecrã, mas esta operação poderia ser efectuada simplesmente através do comando “Back” do *QuickTime Viewer* (Figura 144). O simples facto de implementar um sistema de clicar no ecrã e voltar à cena anterior implicou que, em cada uma das doze fotografias, fosse definida uma área de interacção reportando à cena correspondente de retorno. Tornou-se, por isso, uma operação bastante demorada quando comparada com as restantes operações de montagem desta ambiente 3D imersivo e exigiu assim definir mais 48 ligações apenas para a rotação dos quatro objectos passíveis de serem rodados.



Figura 144 – Comandos “Back” e “Show” no visualizador *QuickTime Viewer*

Estas áreas de interacção são detectáveis, durante a navegação, ao passar o rato por cima da respectiva área, originando a mudança de aspecto do cursor, assim como o aparecimento da respectiva designação, no rodapé da tela de visualização. Neste visualizador é ainda possível activar o modo de visualização de áreas sensíveis (comando “Show”), que mostra uma sombra nos respectivos locais (Figura 142).

O ecrã da visita virtual com *VR Worx* resume-se à própria imagem da cena (Figura 145), sendo apenas o cursor a assinalar os locais das ligações, ao mudar de aspecto, embora seja, mesmo assim, uma alteração muito discreta, conforme se pode observar na Tabela 2. Na construção ou na visualização da cena não existe a possibilidade de alterar o tipo de transição entre cenas, sendo que, quando se clica numa ligação, aparece de imediato a nova cena, sem qualquer tipo de efeito de transição.

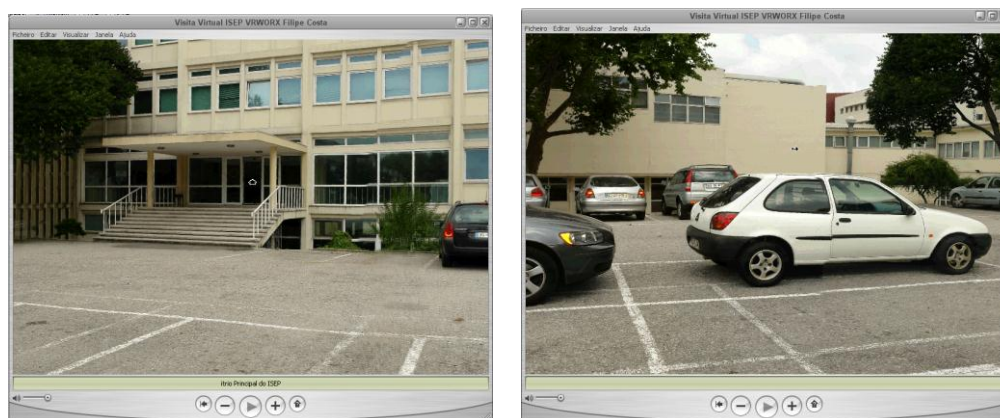




















Figura 145 – Aspecto do visualizar de filmes *Quick Time Player*

Tabela 2 – Diferentes tipos de cursores no *VR Worx*

Cursores de navegação	Cursores de interacção com ligações
 A deslizar para cima  A deslizar para baixo  A deslizar para a esquerda  A deslizar para direita	 Local com ligação a outra cena  Clicando na ligação a outra cena  Local com ligação WEB  Clicando na ligação WEB
Não se consegue subir mais:  Para cima  Para a esquerda  Para a direita	 Em cima de um local sem ligação  Clicando num local sem ligação
Não se consegue descer mais:  Para baixo  Para a esquerda  Para a direita	 Em cima de um objecto  Clicando no objecto

A versão paga do visualizador *Quick Time 7 Pro* permite acrescentar áudio aos filmes no formato .MOV e fazer, por exemplo, conversões de formatos de filmes. Com essa versão existe assim a possibilidade de acrescentar mais efeitos especiais aos filmes do tipo .MOV.

Todo este processo é muito simples e rápido. O passo mais demorado consiste na geração do ficheiro de filme (.MOV) final, pois vai agregar todos os panoramas e ligações definidas. Devido a algumas afinações necessárias, a visita virtual final em *VR Worx* demorou na totalidade cerca de 4 horas a ser montada.

Este trabalho resultou num ficheiro de filme (.MOV) com o tamanho de 67 Mb e uma resolução de 800x600 píxeis.

#### 4.4.2 Ambiente 3D imersivo montado com Panotour Pro v1.5.3

Esta ferramenta é mais evoluída do que a anterior, certamente por ser mais recente, permitindo dotar a visita virtual de mais tipos de interacção e ainda mais apoio à navegação.

Com esta aplicação já foi possível utilizar apenas imagens panorâmicas em formato de imagem (.JPG), em vez de ficheiros de filme (.MOV). Depois de carregar todas as imagens panorâmicas da visita virtual, identifica-se, em cada uma delas, os diversos pontos ou áreas de interacção (Figura 146) para assim definir a respectiva rede de ligações entre cenas (Figura 147).

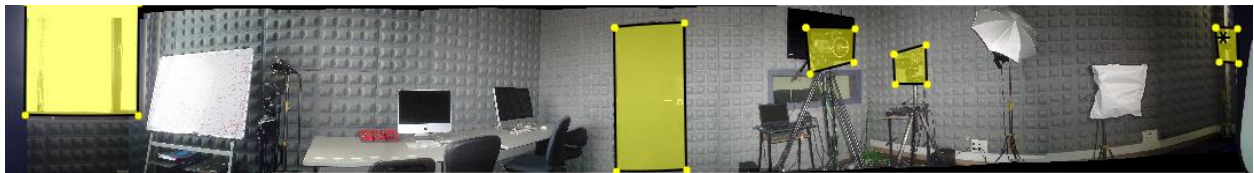


Figura 146 – Definição das áreas de interacção em cada cena da visita

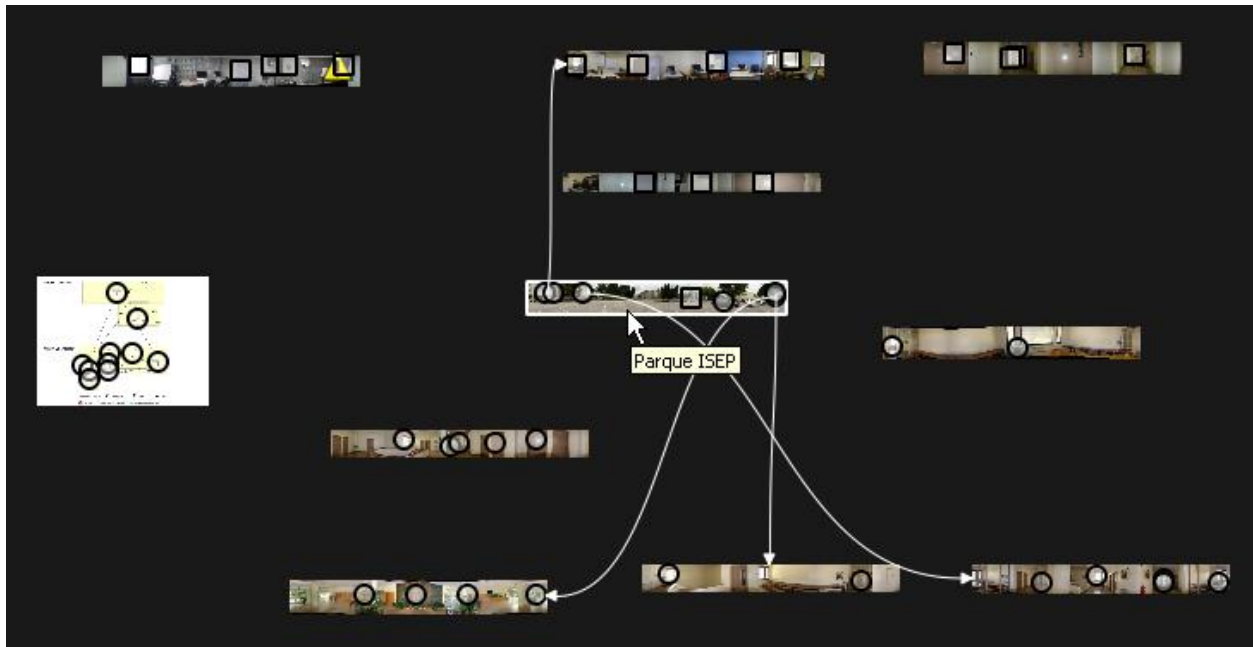


Figura 147 – Esquema de ligações entre objectos para implementar o ambiente 3D imersivo em Panotour Pro

Foram colocados ícones em forma de setas (triângulos) nas ligações de deslocamento pelo espaço, e ícones com a forma de um ‘i’ onde existe informação para consulta (Figura 148). As áreas de interacção aparecem delimitadas a branco ao passar o rato por cima (Figura 149).

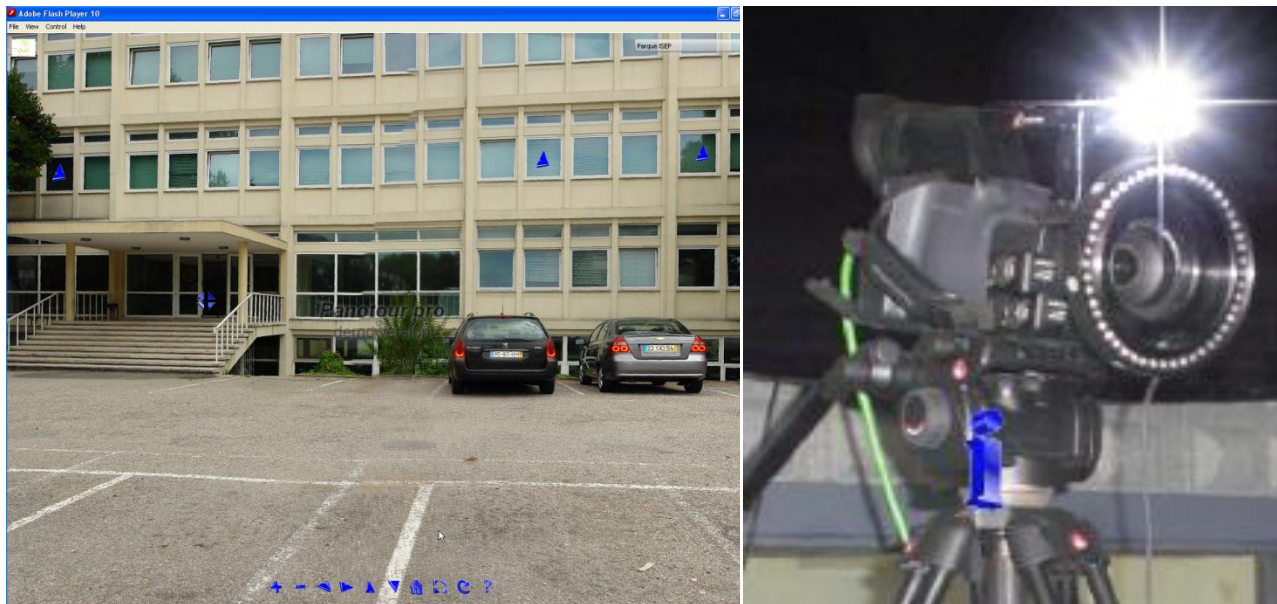


Figura 148 – Utilização de diferentes tipos de ícones para indicar zonas de interacção

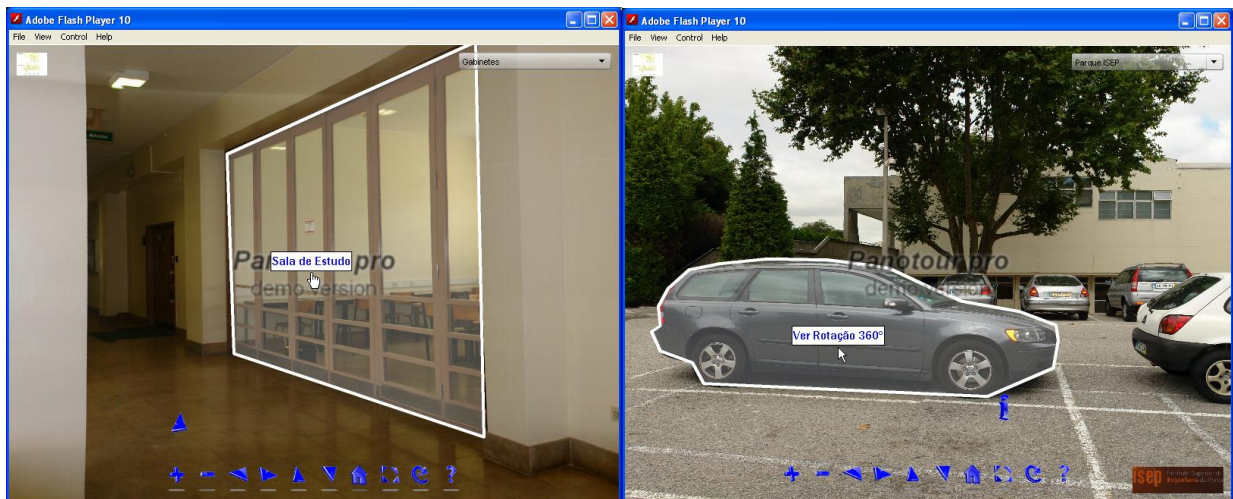


Figura 149 – Áreas de interação visíveis durante a visita virtual com Panotour Pro

A visita virtual construída com o *Panotour Pro* contém mais informação visual do que a versão correspondente produzida no *VR Worx*, pelas possibilidades acrescidas de interação que disponibiliza (ver capítulo Capítulo 3. – Software de produção).

Assim, para além das ligações entre panoramas e alguns sítios na internet, colocou-se a possibilidade de, ao clicar na porta do gabinete, verificar a que professor pertence, pois aparece a fotografia do respectivo professor (Figura 150).

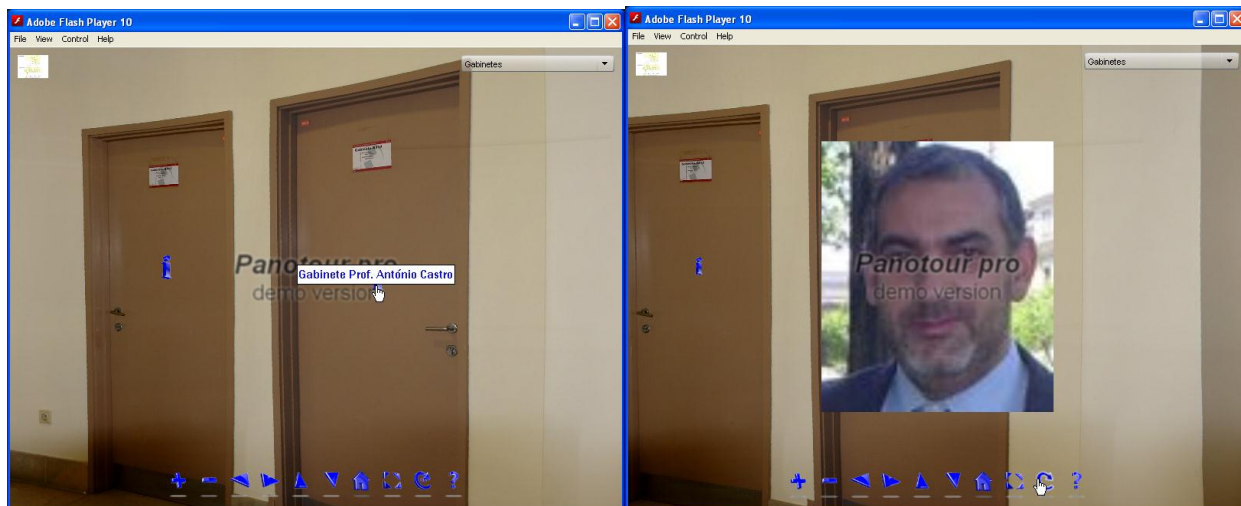


Figura 150 – Visualizar o nome e fotografia do professor ao clicar na porta do gabinete

A ligação aos filmes de rotação de objectos não ficou activa nesta visita virtual, pois embora seja possível definir um objecto de filme (.MOV) como ligação, não aparece qualquer reacção à interacção solicitada. Poderá ser uma das falhas da versão de *trial*. Em substituição destes filmes colocou-se uma ligação ao respectivo sítio na internet. Além desta ligação, também se colocou um efeito de reflexo em cada um dos objectos com interacção na sala LAMU, dando o efeito de existir um foco a reflectir em cada objecto, como se pode ver na Figura 151.



Figura 151 – Realçar objectos na imagem através do efeito de reflexo

A visita virtual construída com o *Panotour Pro* pode ter um ambiente sonoro genérico para toda a visita ou específico para cada cena, pelo que se optou por colocar um som de exterior durante a visualização da cena correspondente ao parque de estacionamento. Colocou-se uma música alusiva ao “telejornal” quando se acede à régie e à sala LAMU e colocou-se a música do filme institucional do ISEP durante o resto da visita.

Para complementar a visualização, colocou-se o mapa da visita virtual no canto superior esquerdo do ecrã, o logótipo do ISEP no canto inferior direito e está disponível a lista de locais da visita, no canto superior direito (Figura 152).



Figura 152 – Informação acrescentada nos cantos do ecrã da visita virtual

Estes aspectos diferenciadores das duas visitas virtuais serão avaliados no capítulo seguinte, pelos utilizadores, a fim de se compreender as mais-valias da sua utilização.

A visita virtual também demorou cerca de três horas a montar com o *Panotour Pro*, sendo o processo de geração o mais demorado.

Este trabalho resultou num ficheiro de filme do tipo Flash (.SWF) com o tamanho de cerca de 49Mb, e uma pasta associada com todo o conteúdo de imagens, devidamente separadas por panorama, onde existem pastas que armazenam conjuntos de fracções da imagem panorâmica total, divididas em 8, 16 ou até 32 imagens. Esta técnica permite certamente acelerar o carregamento da imagem em tempo de execução. Existe ainda a possibilidade, nas definições da visita, de indicar se se pretende embutir ou não os ficheiros XML no código do ficheiro Flash (.SWF). Permite assim aceder, caso se deseje, à própria programação implementada. A execução pelo ficheiro Flash não permite, no entanto, efectuar as ligações aos sítios internet definidos. Por isso é possível, através do próprio Adobe Flash Player, gerar o chamado “projector”, que mais não faz do que criar um ficheiro executável (.EXE) que já permite activar as ligações aos referidos sítios.

#### 4.4.3 Ligações externas à visita virtual

Conforme referido no processo de criação da visita virtual, foram criadas ligações externas para sítios na internet. Indicam-se a seguir as diversas ligações existentes a partir de que objecto/cena (Tabela 3):

Tabela 3 - Lista de objectos interactivos com a respectiva ligação ao sítio da internet

Área de ligação	Sítio acedido na internet
 <p data-bbox="256 1579 737 1608">Portão do parque de estacionamento</p>	 <p data-bbox="1024 1579 1230 1608">Maps.Google.pt</p>
 <p data-bbox="289 1862 708 1892">Automóvel Volvo V50 no parque</p>	 <p data-bbox="1029 1862 1222 1892">Volvocars.com</p>



Janela da recepção no átrio principal



Youtube.com



Computador iMac na sala de aulas multimédia



Apple.com



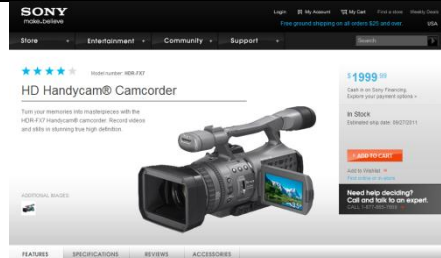
Câmara Panasonic P2HD na sala LAMU



Pro-av.Panasonic.net



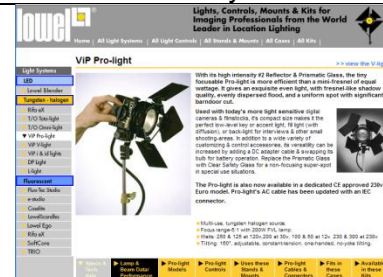
Câmara Sony handycam na sala LAMU



Store.Sony.com



Foco de luz Lowel Pro-Light na sala LAMU



Lowel.com

## 4.5 Resumo

Com a construção destes protótipos de ambiente 3D imersivo, foi notória a necessidade de existir um plano inicial bem definido quanto ao resultado final pretendido. De facto, ao fotografar o ambiente real deve-se, já nessa fase, saber com que propósito se estão a destacar determinadas áreas e que ligações podem ser incluídas e em que zonas. As condições de iluminação devem também ser observadas para, caso necessário, se prever tirar mais fotografias de um determinado local, para poder ajustar, o melhor que for possível, as eventuais diferenças de tonalidade das fotografias, sobretudo em ambientes interiores.

O processo de geração de imagens panorâmicas é crítico para o sucesso final do ambiente 3D imersivo, pois são estas imagens que vão ilustrar o ambiente e, por isso, devem ser tão fiéis quanto possível ao ambiente real retratado.

Finalmente, a montagem do ambiente 3D imersivo é o culminar de todo o trabalho e por isso deve ser tomada em atenção a coerência das sequências e ligações a fim de proporcionar um efeito satisfatório ao utilizador final.



## Capítulo 5 – Avaliação

*“Uma imagem vale mais do que mil palavras”*

*Provérbio Chinês*

Os protótipos de ambientes 3D imersivos criados e descritos no capítulo anterior foram sujeitos a uma avaliação informal por parte de um grupo de utilizadores, alunos de duas turmas da unidade curricular de Interfaces e Design do 1.º ano do curso de Mestrado em Engenharia Informática do ISEP, área de especialização em Sistemas Gráficos e Multimédia, nos dias 4 e 6 de Outubro de 2011. Apresenta-se a seguir os resultados obtidos nesta avaliação.

A avaliação foi efectuada com o recurso a um enunciado de questionário, apresentado como Anexo 1 deste documento. O questionário está dividido em duas partes. A primeira serve para evidenciar a percepção da informação contida nas imagens e verificar as vantagens que decorrem da utilização de imagens panorâmicas. A segunda visa avaliar os ambientes 3D construídos, assim como as opções de interacção implementadas, para assim avaliar a adequabilidade e usabilidade alcançadas. As respostas a este questionário foram recolhidas através de um formulário, apresentado como Anexo 2 deste documento, construído com a tecnologia do *Google Docs*, o que permitiu aos utilizadores responderem *online* e facilitou o apuramento dos resultados estatísticos finais. Os gráficos a seguir apresentados também resultam desta mesma ferramenta estatística associada ao formulário de resposta.

A seguir são apresentados e discutidos os resultados, procurando-se tirar, para cada pergunta, as conclusões inerentes às respostas dadas pelos inquiridos.

## 5.1 Universo do inquérito

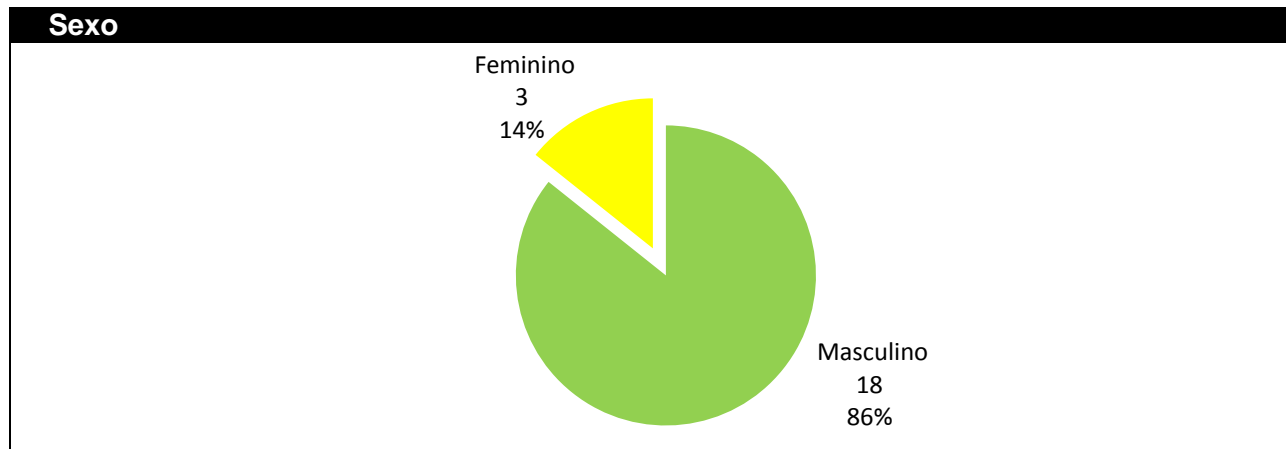


Gráfico 1 - Estatística do Sexo dos inquiridos

Participaram neste inquérito 21 indivíduos, maioritariamente do sexo masculino (Gráfico 1), na sua maioria com idades inferiores a 36 anos (Gráfico 2).

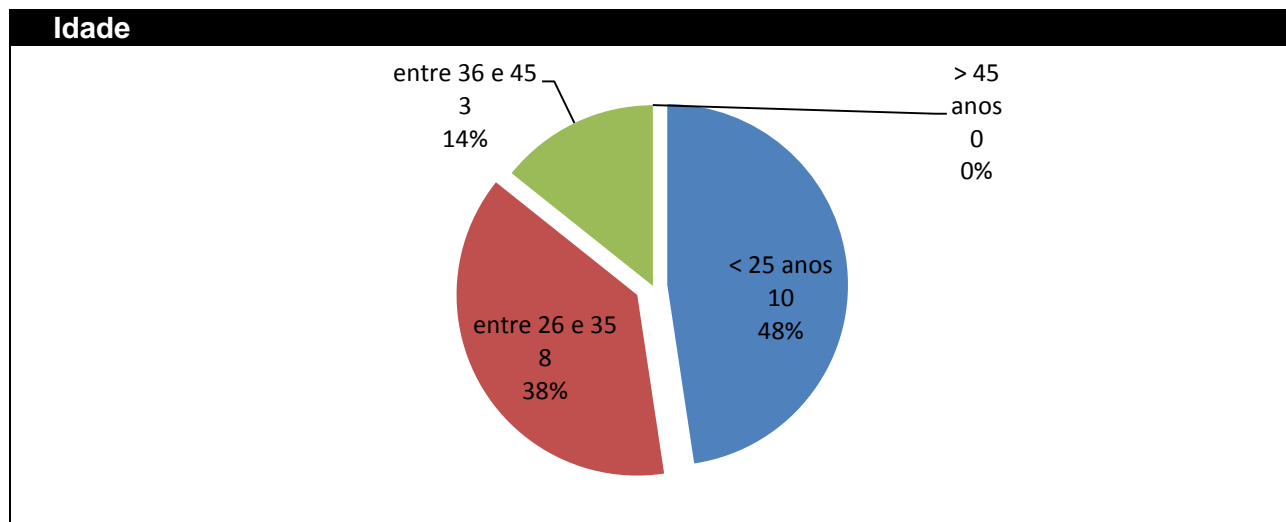


Gráfico 2 - Estatística das idades dos inquiridos

## 5.2 Primeira parte do questionário: “O conteúdo da imagem”

Esta primeira parte do questionário visa perceber a facilidade de reconhecimento da informação visual apresentada ao inquirido.

### 5.2.1 Pergunta 1

A primeira pergunta mostra uma sequência de cinco fotografias de diversos locais e é pedido que se identifique o local de entre um conjunto de respostas possíveis. As respostas correctas são:

- |  |                           |             |
|--|---------------------------|-------------|
| a) No deserto de sal de Uyuni na Bolívia | (19% de respostas certas) | (Gráfico 3) |
| b) Na cidade do Porto                    | (80% de respostas certas) | (Gráfico 4) |
| c) Nos lençóis maranhenses no Brasil     | (10% de respostas certas) | (Gráfico 5) |
| d) Na cidade do Rio de Janeiro no Brasil | (81% de respostas certas) | (Gráfico 6) |
| e) Na cidade de La Paz na Bolívia        | (62% de respostas certas) | (Gráfico 7) |

Esta pergunta visa confirmar que, não havendo nenhum referencial conhecido, a imagem por si só não fornece a informação completa sobre o local. Apenas se pode tentar adivinhar ou deduzir alguma informação em relação a alguns dados isolados da imagem.

As respostas a esta pergunta confirmam as expectativas e vão ao encontro dos objectivos. As imagens onde o inquirido consegue reconhecer algum referencial têm o maior número de respostas certas. A cidade do Porto, com as referências do Rio Douro e da Ponte da Arrábida em fundo, e a cidade do Rio de Janeiro, com os seus morros característicos, foram os locais mais reconhecidos. Curiosamente, a cidade de La Paz na Bolívia também obteve muitas respostas certas, mas possivelmente por exclusão de partes, da comparação com as outras respostas possíveis.

As imagens com menor número de respostas certas correspondem a locais onde o inquirido não teve tanto acesso e, por isso, não possui as referências suficientes para as identificar. Aqui as respostas foram dadas com base sobretudo na observação de detalhes e na dedução. Como curiosidade, a imagem do deserto de sal e dos lençóis maranhenses foram confundidas, possivelmente pelo facto de a areia se parecer com as dunas de sal.

**1) Indique onde foram tiradas estas fotografias - Fotografia a)**

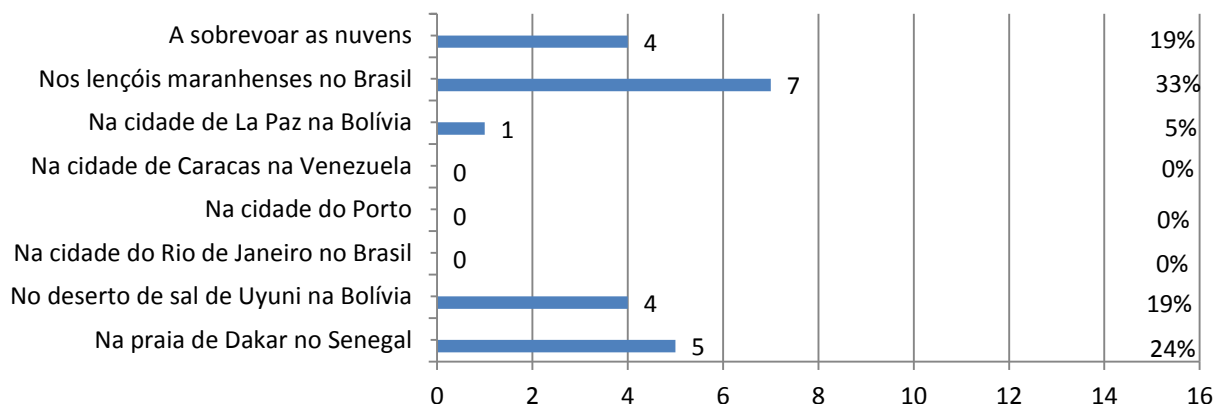


Gráfico 3 - Resultados obtidos para a resposta à pergunta 1 – Fotografia a)

**1) Indique onde foram tiradas estas fotografias - Fotografia b)**

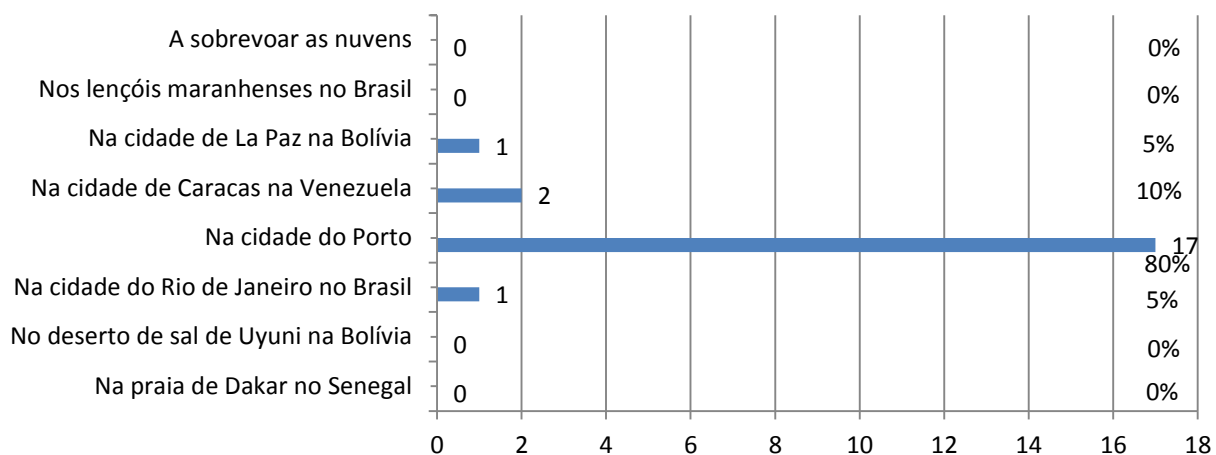


Gráfico 4 - Resultados obtidos para a resposta à pergunta 1 – Fotografia b)

**1) Indique onde foram tiradas estas fotografias - Fotografia c)**

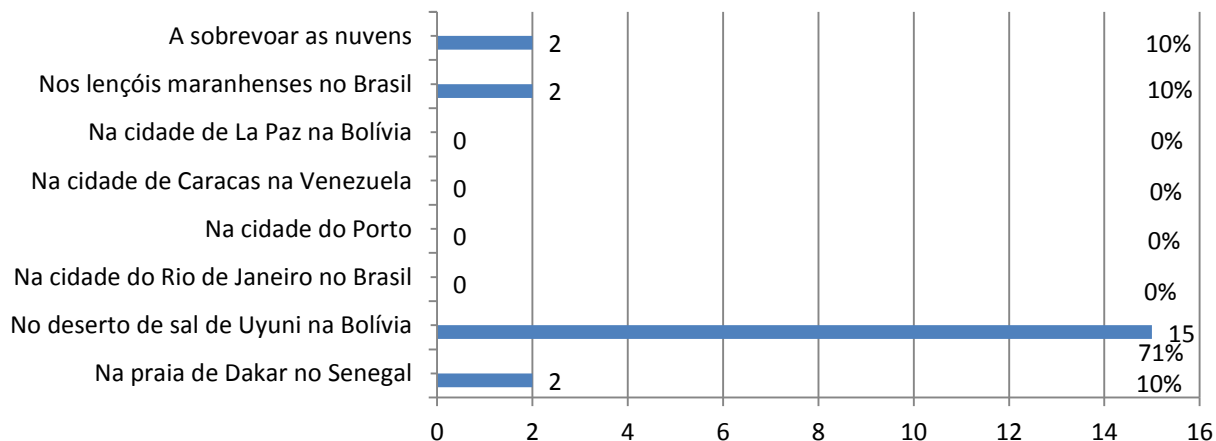


Gráfico 5 - Resultados obtidos para a resposta à pergunta 1 – Fotografia c)

**1) Indique onde foram tiradas estas fotografias - Fotografia d)**

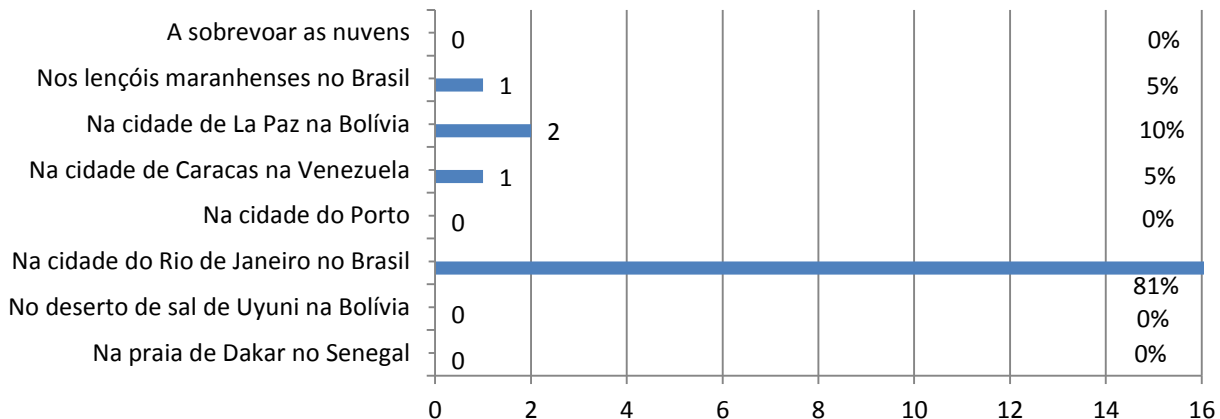


Gráfico 6 - Resultados obtidos para a resposta à pergunta 1 – Fotografia d)

**1) Indique onde foram tiradas estas fotografias - Fotografia e)**

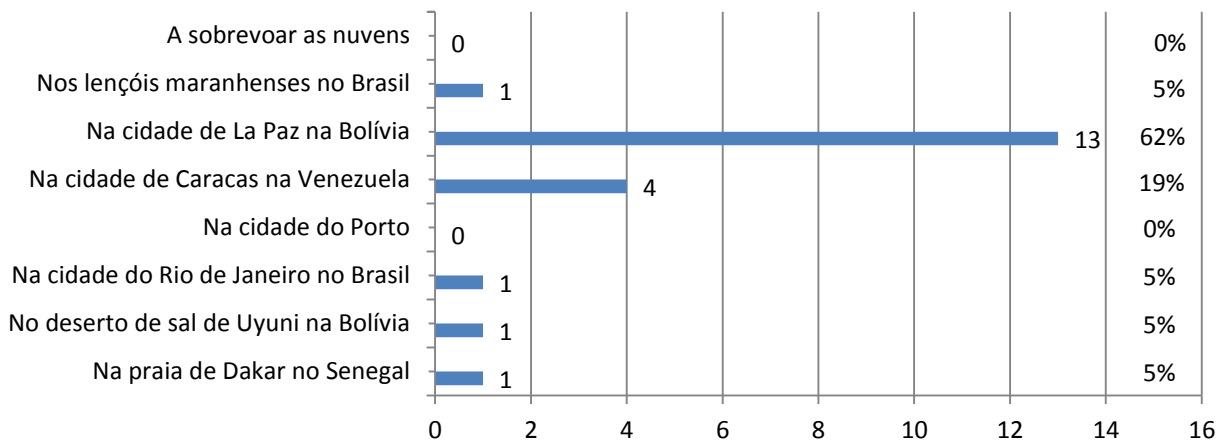


Gráfico 7 - Resultados obtidos para a resposta à pergunta 1 – Fotografia e)

## 5.2.2 Pergunta 2

A segunda pergunta apresenta três fotografias relacionadas com o mesmo local: uma imagem da placa toponímica com o nome da Avenida da Boavista, no Porto; uma vista do trânsito da avenida onde é visível, ao fundo, o Monumento aos Heróis da Guerra Peninsular, na rotunda da Boavista, que é um dos símbolos da cidade do Porto; e uma vista aérea de toda a avenida da Boavista.

O objectivo desta pergunta visa confirmar que, quando se dispõe de várias informações sobre o mesmo local, consegue-se identificar melhor o local retratado. A identificação da imagem c)

(vista alargada) é facilitada com a ajuda da informação das imagens a) e b) que continham os detalhes e referenciais mais reconhecidos.

Nas respostas a esta pergunta confirmou-se também a expectativa, pois a fotografia com o nome da rua a), foi a escolhida por 71% dos inquiridos como sendo a que mais informação fornecia sobre o local (Avenida de Boavista no Porto), embora de facto não retractasse nenhum aspecto do próprio local (Gráfico 8).

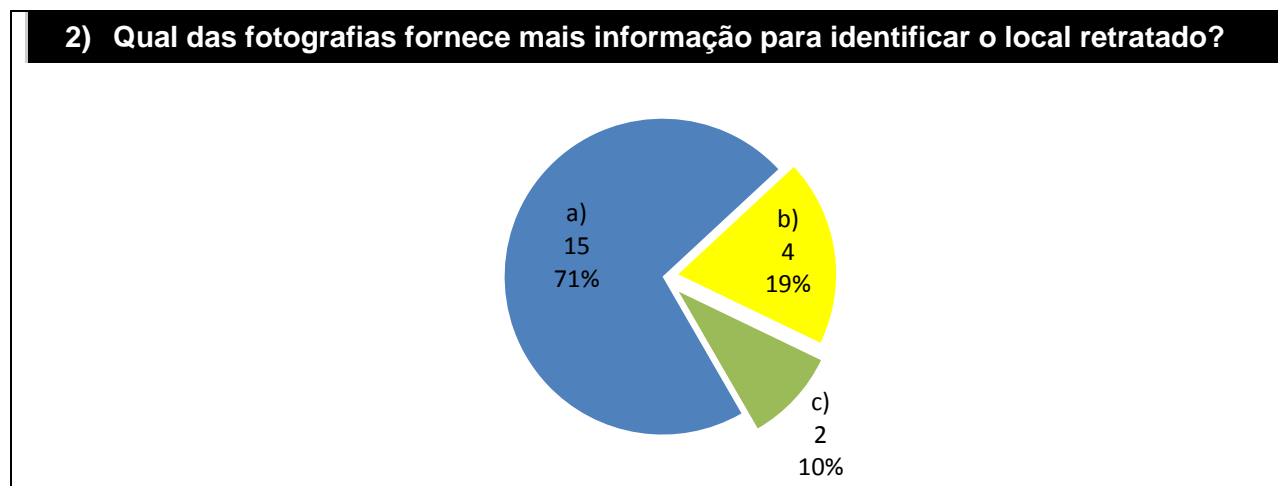


Gráfico 8 - Resultados obtidos para a resposta à pergunta 2

### 5.2.3 Pergunta 3

A pergunta 3 tem o mesmo objectivo da pergunta anterior mas apenas para confirmar que nem sempre a imagem mais próxima tem a informação mais completa, precisamente porque podem faltar referenciais conhecidos. Nesta sequência, as imagens de proximidade a) e b) são esclarecidas pela vista aérea c), onde se conclui que se trata de fotografias da torre Eiffel em Paris.

Aqui, também os inquiridos responderam de uma forma praticamente unânime (95%), escolhendo a imagem c) como a mais esclarecedora (Gráfico 9). Esta resposta confirma a necessidade de referenciais conhecidos para identificar o local e confirma também que, por vezes, as imagens aéreas também podem facilitar a interpretação, bastando apenas que contenham objectos conhecidos.

### 3) Qual das fotografias fornece mais informação para identificar o local retratado?

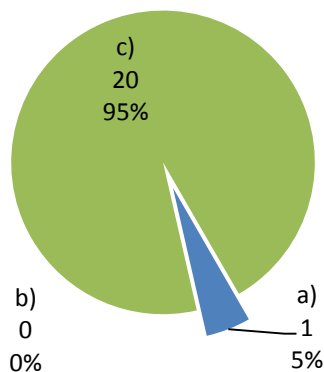


Gráfico 9 - Resultados obtidos para a resposta à pergunta 3

#### 5.2.4 Pergunta 4

Nesta quarta pergunta, apresentam-se duas fotografias e é pedido ao inquirido que diga se se trata ou não de imagens do mesmo local.

Esta pergunta visa averiguar se o inquirido consegue obter suficiente informação para relacionar duas fotografias e, assim, concluir que se trata do mesmo local. As fotografias referem-se, de facto, ambas ao deserto de sal de Uyuni na Bolívia, mas apenas na segunda fotografia se tem a informação da existência do sal. A primeira fotografia pode ser confundida com um rio ou uma praia, visto que só mostra o chão inundado com água.

Nesta pergunta, a esmagadora maioria (71%) não conseguiu relacionar as duas fotografias (Gráfico 10), porque não dispunha de informação relacional suficiente que permitisse concluir de outra forma. O único elo comum das duas fotografias poderia ser o facto de se ver o chão repleto de água, mas esta informação não foi suficiente para que fosse possível relacioná-las.

### 4) Acha que as duas fotografias seguintes dizem respeito ao mesmo local? -

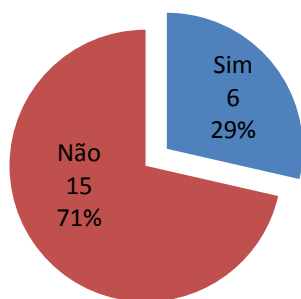


Gráfico 10 - Resultados obtidos para a resposta à pergunta 4

### 5.2.5 Pergunta 5

Mais uma pergunta idêntica à anterior, com os mesmos objectivos, mas agora utilizando duas imagens dos lençóis maranhenses no Brasil.

As respostas aqui foram contrárias às da pergunta 4, pois, ou por ser um local mais conhecido, ou por também ter mais pontos de ligação entre as duas imagens, uma pequena maioria (52%) dos inquiridos acertou e respondeu que se tratava do mesmo local. De facto, as duas fotografias apresentam dunas brancas e águas com as mesmas tonalidades., Ainda assim, uma percentagem significativas (os restantes 48%), não conseguiu concluir que se tratava do mesmo local (Gráfico 11).

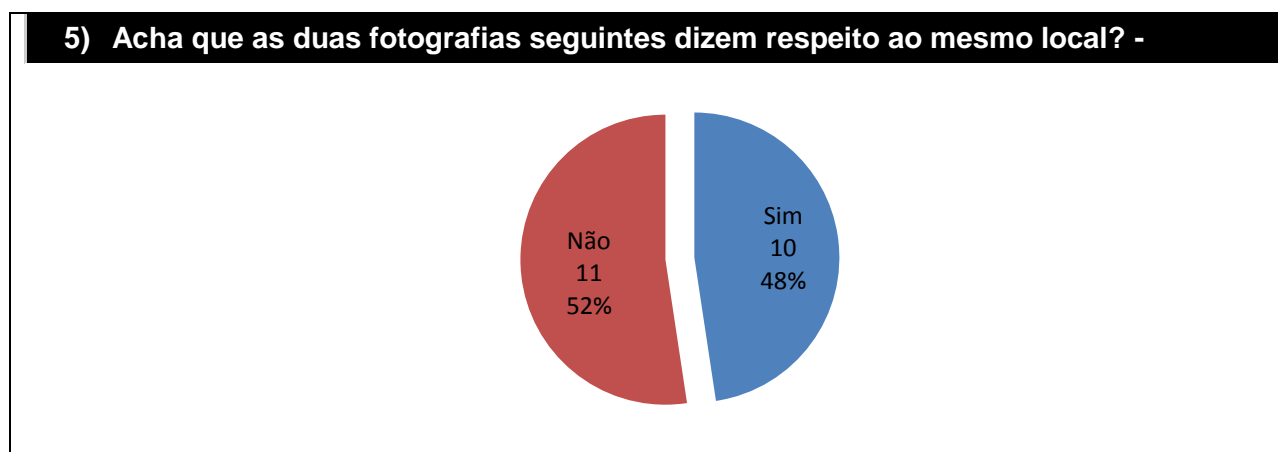


Gráfico 11 - Resultados obtidos para a resposta à pergunta 5

### 5.2.6 Pergunta 6

Esta pergunta apresenta três fotografias da Avenida da Boavista no Porto e é pedido ao inquirido que as ordene numa sequência lógica. As imagens representam diferentes locais ao longo da avenida, no mesmo sentido de trânsito. A sequência correcta corresponde à ordenação “b c a”, a qual retrata assim a viagem desde o final da avenida (imagem b – protecções instaladas para as corridas automobilísticas junto à Foz do Douro), passando pelo meio da avenida (imagem c - junto ao Hotel Porto Palácio) e até ao início da avenida (imagem a – mais próxima da rotunda da Boavista). Além desta ordenação é também pedido, na alínea 2), que se indique qual o movimento induzido pela sequência obtida e a resposta correcta seria o avanço ou deslocamento em frente.

Com este exercício pretende-se confirmar que a sequenciação de fotografias pode dar um sentido de deslocamento através do espaço ou local retratado.

As respostas a esta pergunta foram algo surpreendentes visto que, embora a maioria dos inquiridos (76%) tenha acertado na sequenciação lógica das fotografias (Gráfico 12), quando responderam à alínea 2), onde se perguntava a que movimento induzia esta sequência, houve metade dos inquiridos que certamente se basearam na sequência das fotografias existente no enunciado e, por isso, responderam “para trás e para a frente” (48%), embora a resposta que se pretendia fosse relativa à sequência lógica indicada na alínea 1). As respostas certas obtiveram a mesma pontuação de 48% (Gráfico 13). Os resultados obtidos parecem, pois, indicar uma deficiente formulação da pergunta e uma consequente má interpretação por parte dos inquiridos.

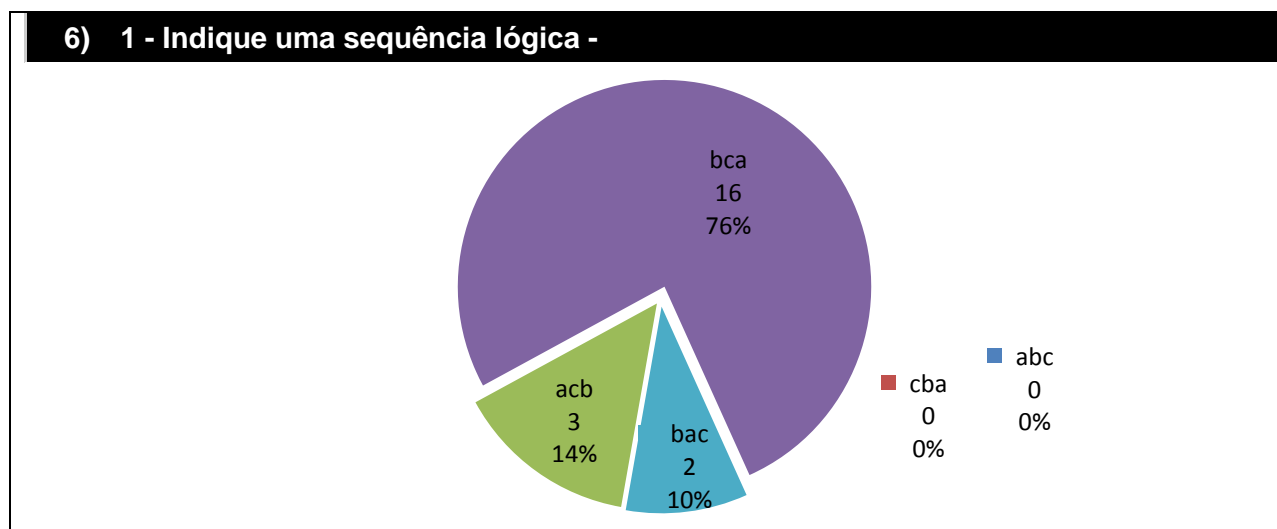


Gráfico 12 - Resultados obtidos para a resposta à pergunta 6 – alínea 1)

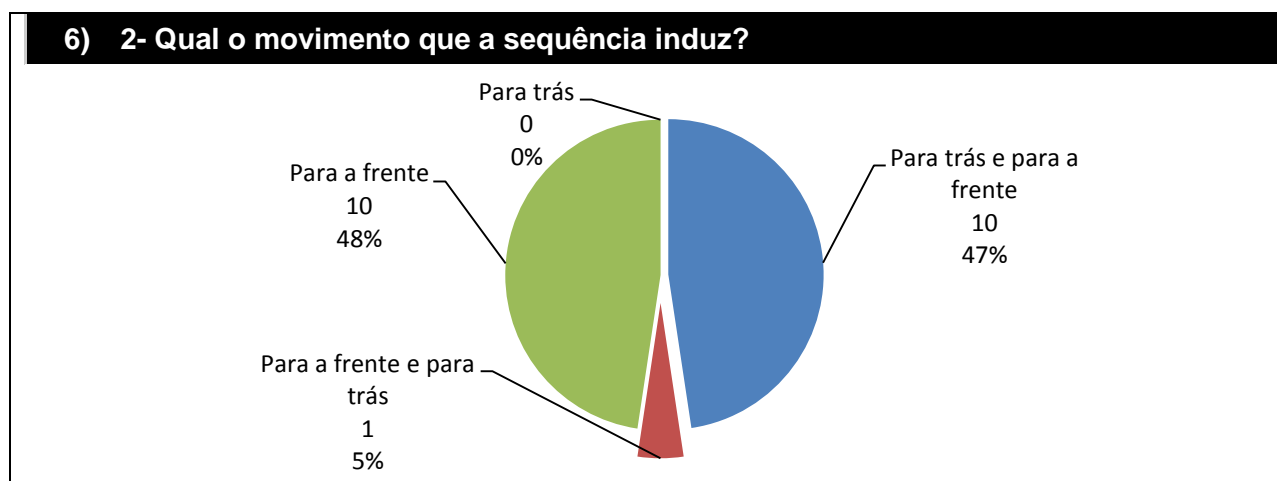


Gráfico 13 - Resultados obtidos para a resposta à pergunta 6 - alínea 2)

### 5.2.7 Pergunta 7

Na pergunta 7 são apresentadas três fotografias ordenadas criando duas séries, A e B. A primeira sequência apresenta a sequência de disparo de fotografias ilustrativas do átrio principal do ISEP, no sentido da direita para a esquerda. A segunda representa a sequência da esquerda para a direita. É pedido ao inquirido que identifique, para cada uma das séries, qual a sequência de disparo (alíneas 1) e 2)) e também é questionado em qual das séries foi mais fácil identificar a sequência correcta (alínea 3).

O objectivo desta pergunta era o de evidenciar que a colocação de fotografias sequenciais, com pontos comuns (como é o caso de fotografias tiradas com ângulos de disparo com incrementos de 30°) é mais facilmente perceptível, colocando as fotografias com as áreas comuns mais próximas, como acontece na sequência da série B.

Nesta perspectiva, o que se pretendia era que fossem maiores as percentagens de respostas indiciando a facilidade de reconhecimento na série B. No entanto, existiu um grande equilíbrio de opiniões: Série A: 52%; Série B: 48%, com uma ligeira vantagem para a série A (Gráfico 16). As questões sensoriais são muito difíceis de prever, pois cada pessoa tem uma percepção própria e muitas vezes contrária à dos outros indivíduos. Tudo depende da forma como o nosso cérebro está habituado a interpretar e a reconhecer os objectos e imagens (Robertson, 2007).

Assim, as sequências de disparo foram bem reconhecidas tanto para a série A (Gráfico 14), como para a série B (Gráfico 15), embora a resposta à série B tenha sido mais votada podendo, aqui denotar-se uma maior facilidade de reconhecimento desta sequência.

A pergunta foi a seguinte: *“As seguintes séries de fotografias foram tiradas para compor uma fotografia panorâmica. Sabendo que as fotografias aparecem na ordem de disparo, indique em que sentido se deslocou a objectiva em cada uma das séries”*

### 7) 1 - Série A

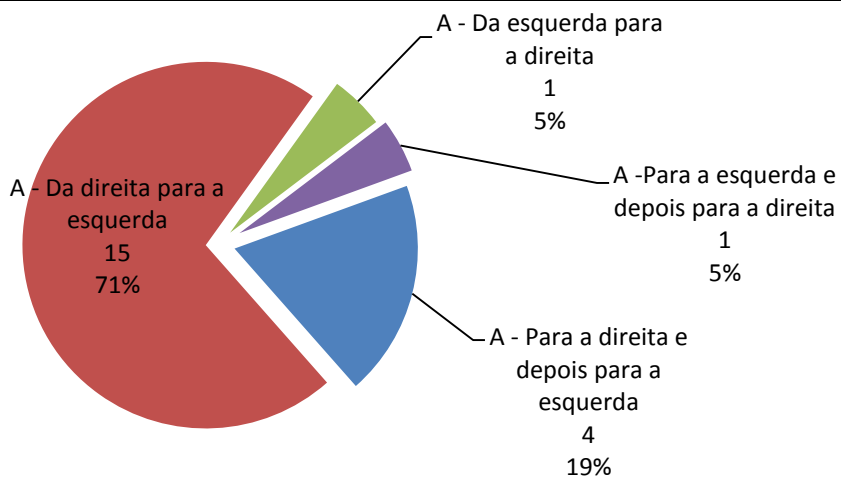


Gráfico 14 - Resultados obtidos para a resposta à pergunta 7 – Série A)

### 7) 2 - Série B

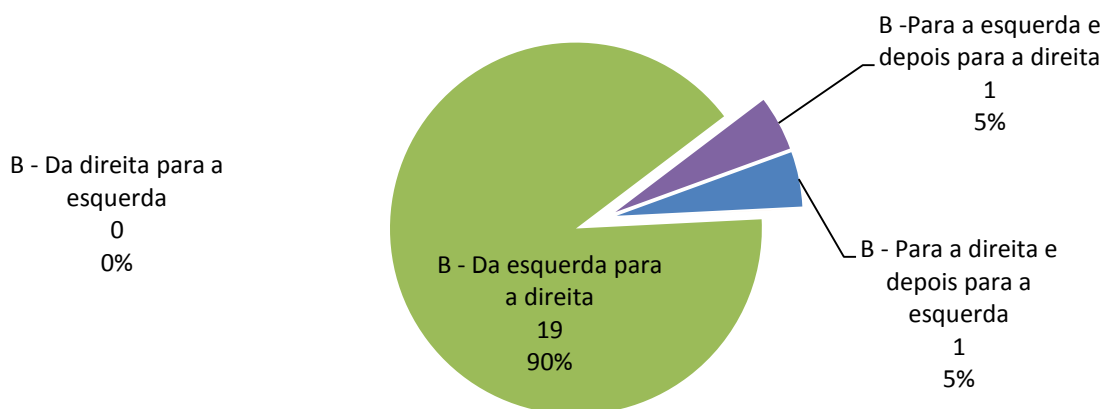


Gráfico 15 - Resultados obtidos para a resposta à pergunta 7 – Série B)

### 7) -3- Em que série teve maior facilidade em reconhecer o sentido? -

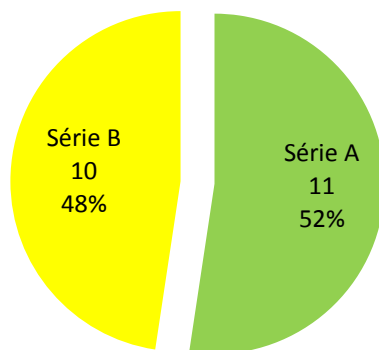


Gráfico 16 - Resultados obtidos para a resposta à pergunta 7 – Alínea c)

### 5.2.8 Pergunta 8

A oitava questão apresenta uma imagem panorâmica de 360° do átrio principal do ISEP e pergunta-se ao inquirido qual o campo de visão apresentado na imagem.

O objectivo consistia em perceber se uma imagem de 360° é facilmente perceptível pelo espectador, ou se existem dificuldades ou dúvidas neste processo.

A grande maioria (86%) respondeu acertadamente, tendo-se obtido apenas três respostas erradas. Com estas respostas conclui-se que a percepção dos 360° é geralmente fácil de conseguir por parte do espectador (Gráfico 17).

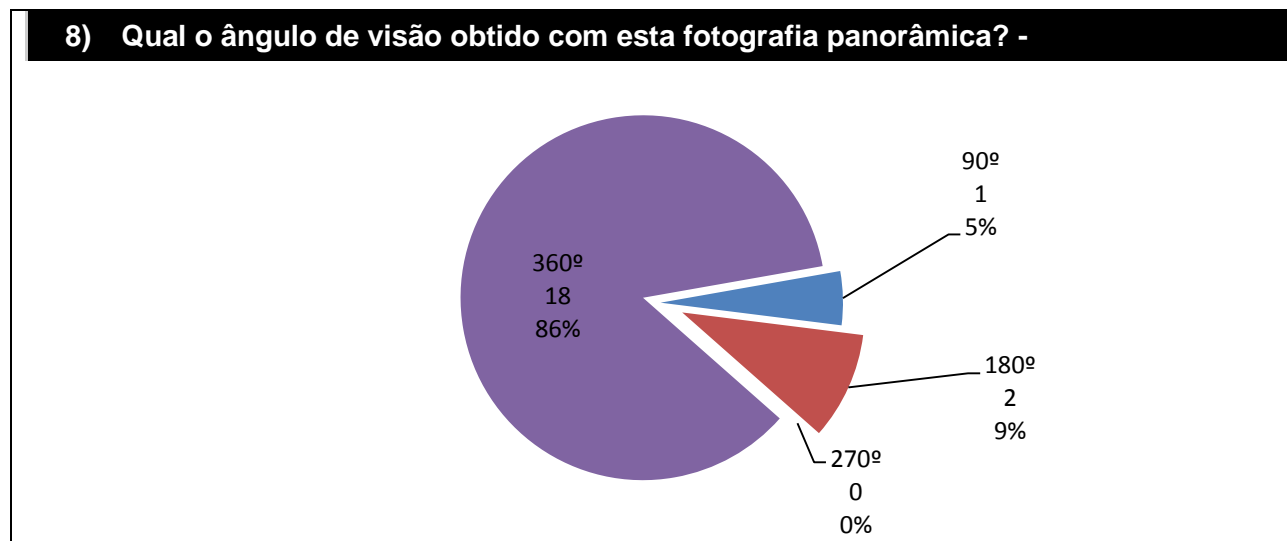


Gráfico 17 - Resultados obtidos para a resposta à pergunta 8

### 5.2.9 Pergunta 9

Esta pergunta apresenta uma fotografia panorâmica onde se vê claramente uma passadeira para peões, uma grande área pavimentada (ruas) e um passeio relvado. É pedido ao inquirido que identifique se a fotografia foi tirada no separador central de uma via, numa rotunda ou numa passadeira para peões. A resposta certa é a) “No separador central de uma estrada junto a um cruzamento”.

O objectivo desta pergunta é idêntico ao da anterior mas, além do ângulo de visão, visa também perceber as dificuldades que este tipo de imagens panorâmicas pode suscitar na interpretação do local.

Apenas cerca de metade dos inquiridos respondeu acertadamente (Gráfico 18), evidenciando que uma fotografia panorâmica pode ser difícil de perceber, sobretudo quando impressa ou mostrada num ecrã de computador. O ideal seria projectá-la num ecrã maior, ou então evoluir para um visualizador de imagens panorâmicas que permitisse a navegação através da fotografia, dando uma perspectiva mais real do local retratado.

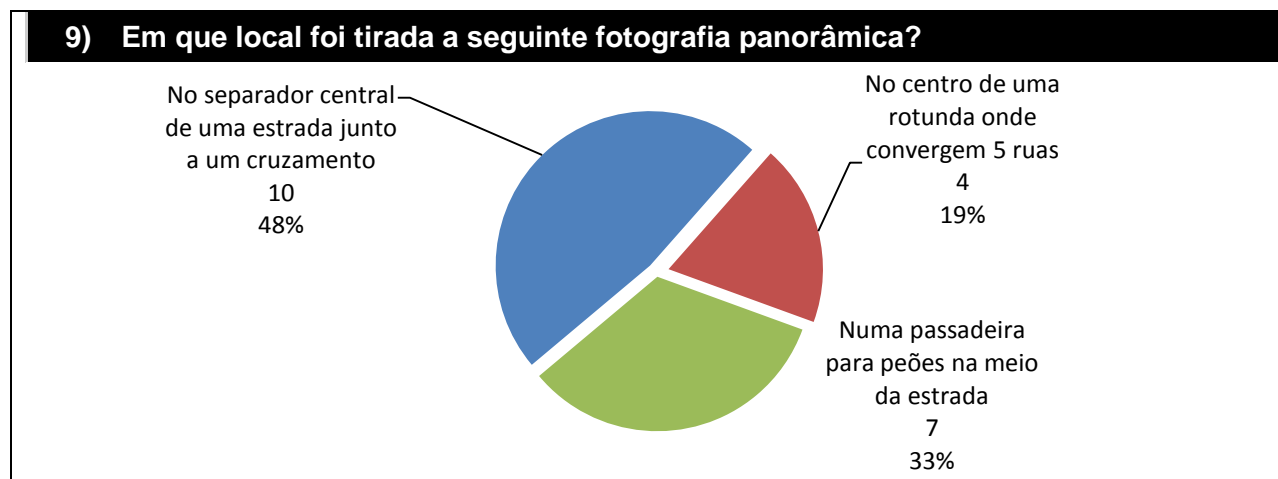


Gráfico 18 - Resultados obtidos para a resposta à pergunta 9

### 5.3 Segunda parte do questionário: “Opiniões sobre visitas virtuais em ambientes 3D imersivos”

Nesta segunda parte do questionário é pedido ao utilizador que utilize as duas ferramentas desenvolvidas para efectuar uma visita virtual às instalações multimédia do ISEP. Em primeiro lugar com a ferramenta *VR Worx* e depois com a ferramenta *Panotour Pro*.

É apresentada ao utilizador uma sequência de passos a efectuar de forma a descobrir as diversas cenas e interações possíveis com os diversos objectos e locais.

Numa forma de evidenciar as capacidades de *zoom* de ambas as ferramentas, pede-se ao utilizador para localizar a citação existente no painel do muro do átrio principal do ISEP, e assim completar a frase: “*Há um poeta em mim...*”. Neste caso, não houve dúvidas e todos conseguiram usar o mecanismo de *zoom* de forma a obter a frase completa: “*Há um poeta em mim que Deus me disse*”.

As perguntas desta segunda parte do questionário visam aferir o grau de satisfação do utilizador quanto aos diversos aspectos da visita virtual criada, obtendo, numa primeira fase

(perguntas 10 e 11) uma base de comparação entre as duas ferramentas: *VR Worx* e *Panotour Pro* e, posteriormente, uma apreciação genérica das formas de interação passíveis de serem implementadas. Neste sentido, as respostas tiveram de ser dadas, indicando um dos seguintes níveis de satisfação: Mau, Fraco, Aceitável, Bom, Muito Bom.

### 5.3.1 Pergunta 10

A pergunta 10 é composta por diversas alíneas que visam perceber a satisfação do utilizador ao realizar estas visitas virtuais em cada uma das ferramentas. Como as duas ferramentas têm formas diferentes de apresentar as cenas e menus, apenas se pretende perceber quais as soluções com um maior grau de aceitabilidade por parte dos utilizadores. Do Gráfico 19 ao Gráfico 22 apresentam-se os resultados obtidos comparando as duas ferramentas.

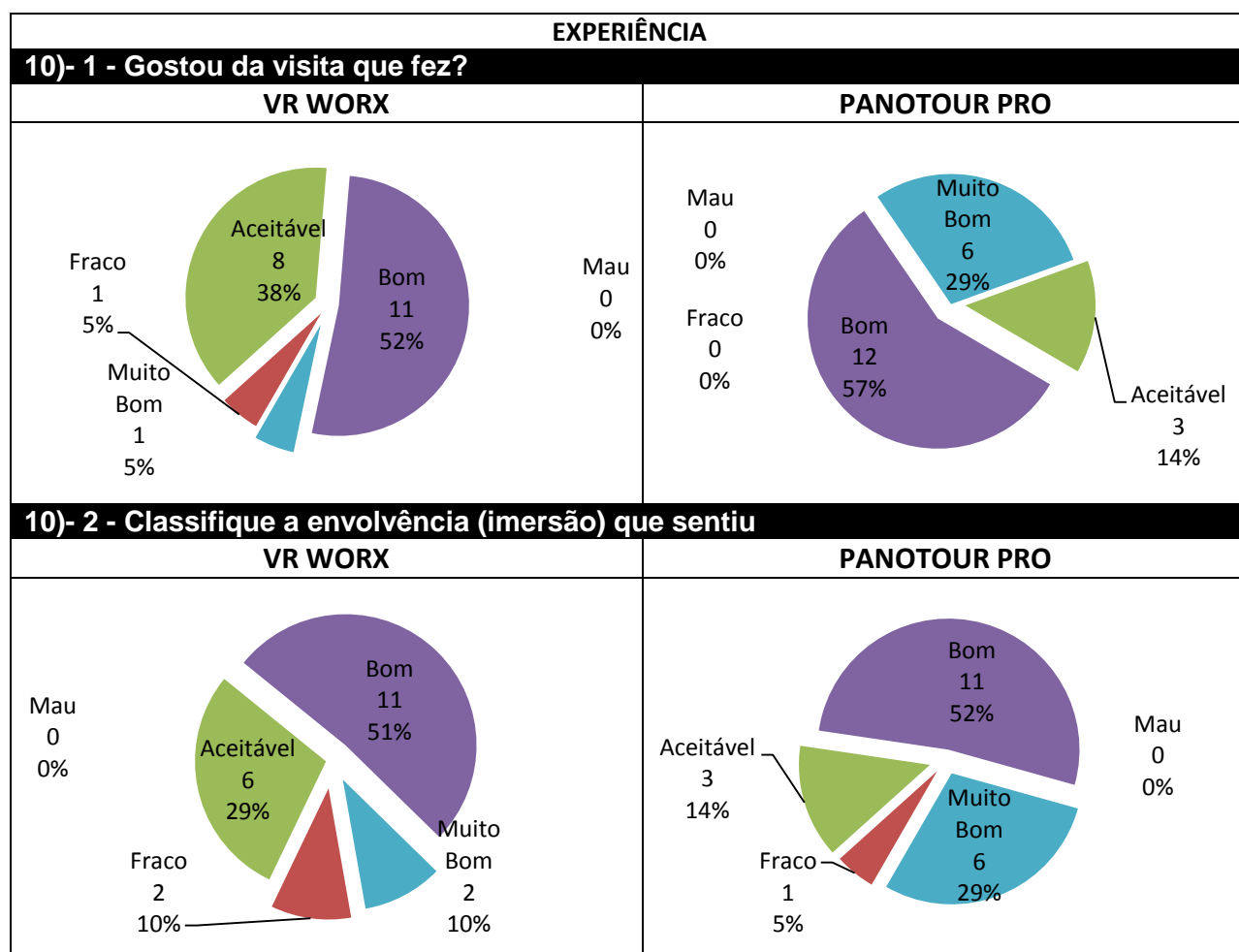


Gráfico 19 - Opiniões sobre a experiência

Na classificação da experiência as preferências recaíram sobre a ferramenta *Panotour Pro*.

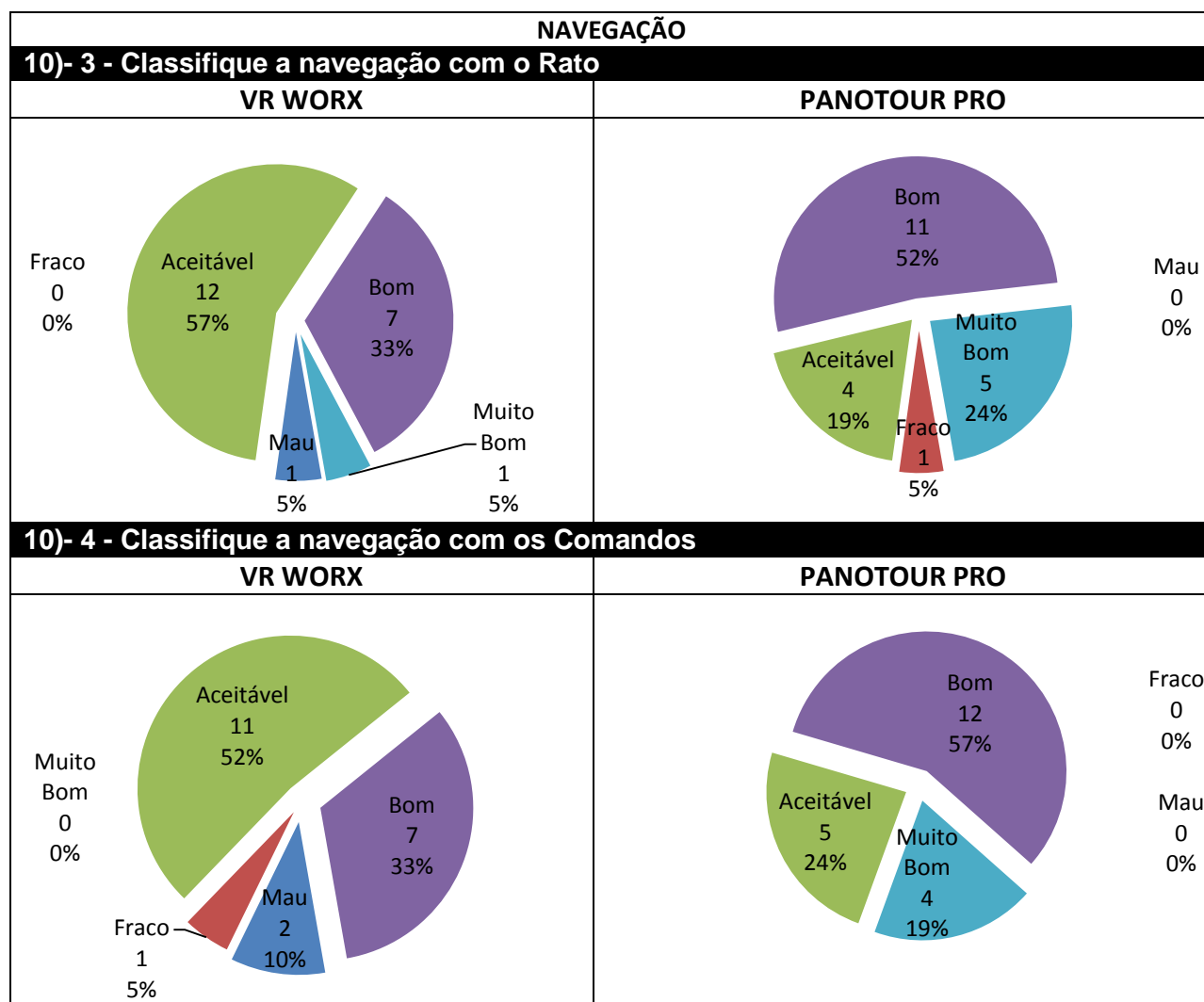


Gráfico 20 - Opiniões sobre a navegação

A navegação com o rato foi preferida na ferramenta do *Panotour Pro*. Quanto aos comandos, tiveram uma apreciação muito semelhante em ambas as ferramentas, com alguma preferência também para o *Panotour Pro*. Curiosamente, a utilização do rato foi mais valorizada no *Panotour Pro* do que a do comando. Com estas opiniões pode-se concluir que o rato ainda é a forma de navegação mais apreciada, pois dá uma maior sensação de liberdade e de flexibilidade.

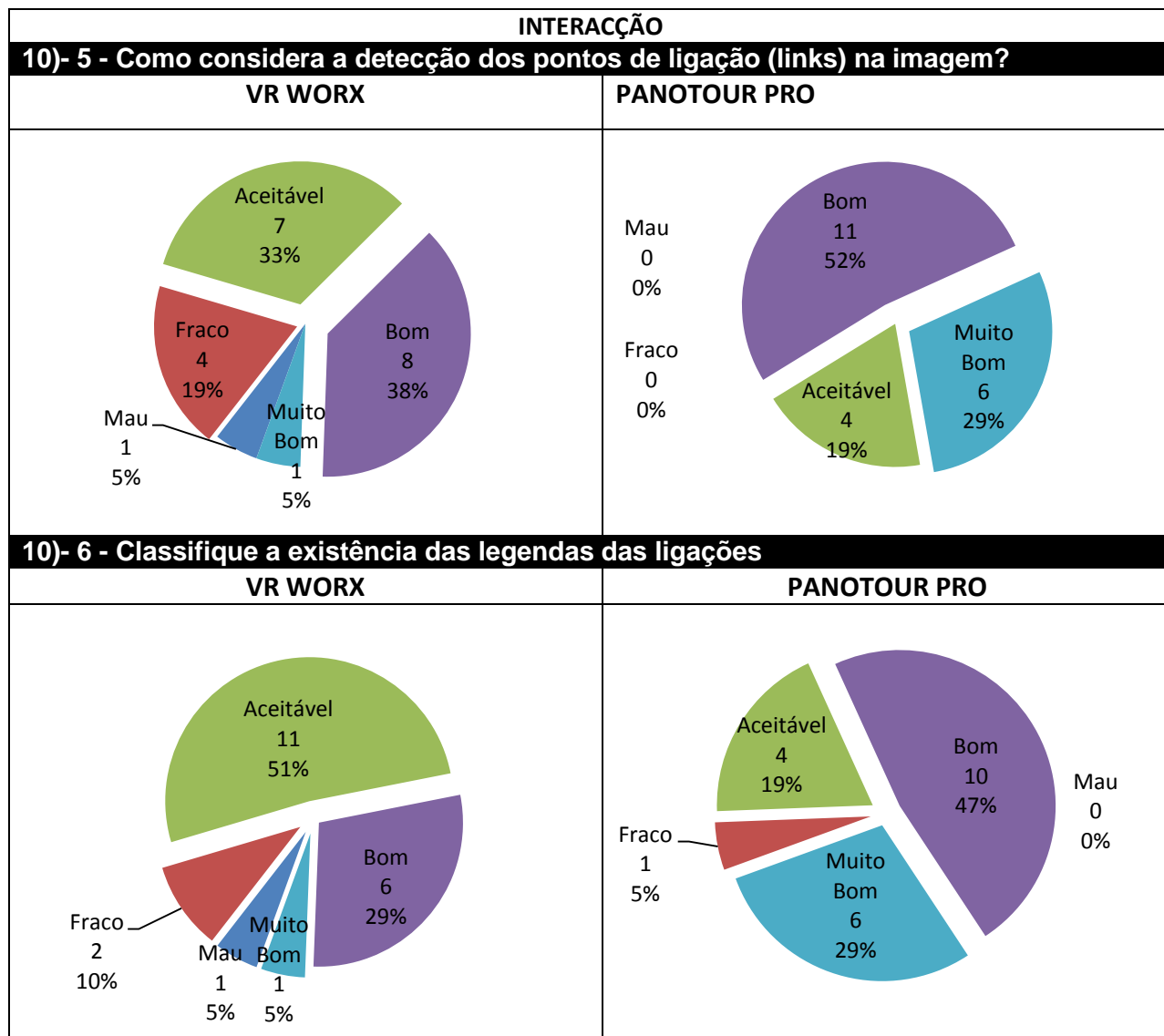


Gráfico 21 - Opiniões sobre as interações

A necessidade de clareza na identificação dos locais de interação é o motivo pelo qual os utilizadores preferiram o recurso a ícones fixos na imagem (*Panotour Pro*), em vez da simples alteração do aspecto do cursor, somente ao passar sobre os respectivos locais de interação (*VR Worx*). A Figura 153 ilustra estas duas situações.



Detecção de interacção com *VR Worx*



Detecção de interacção com *Panotour Pro*

Figura 153 – Ilustração da comparação da forma de detecção de locais de interacção

A apreciação dos utilizadores quanto à forma de identificação dos objectos interactivos veio comprovar que o local mais apreciado para obter essa informação é exactamente junto ao objecto e não em rodapé, como acontecia no *VR Worx*, e que, por isso, ficou prejudicado na sua apreciação comparativa com o *Panotour Pro* (Figura 154).



Identificação de objectos com *VR Worx*



Identificação de objectos com *Panotour Pro*

Figura 154 – Ilustração da comparação da forma de identificação de objectos interactivos

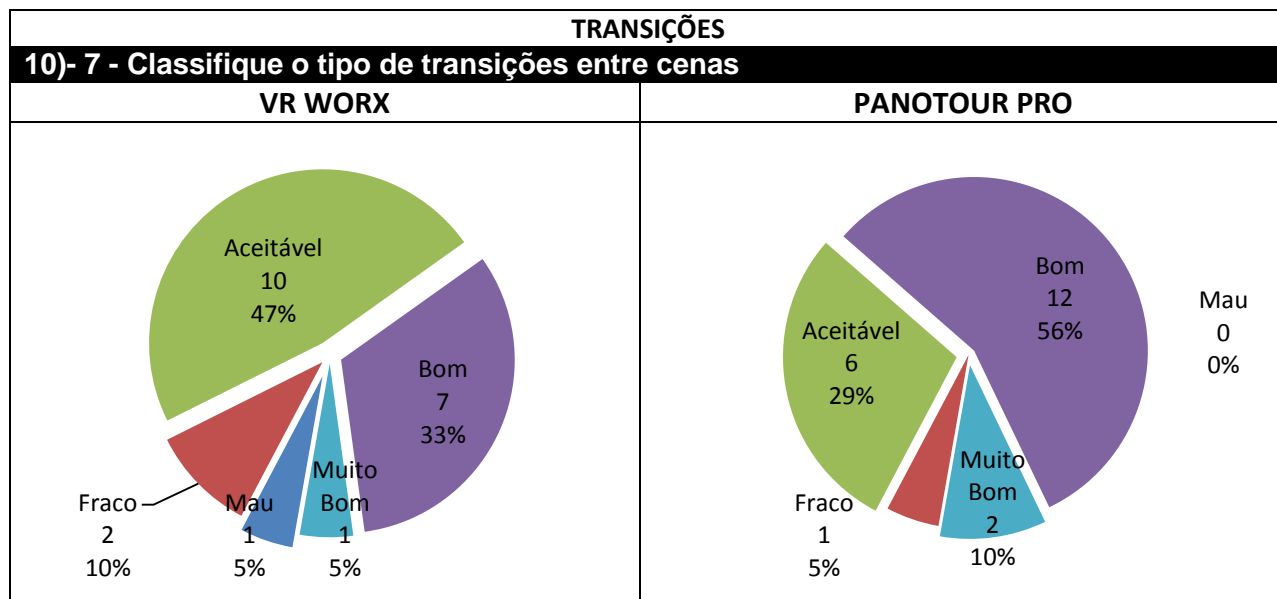


Gráfico 22 - Opiniões sobre as transições

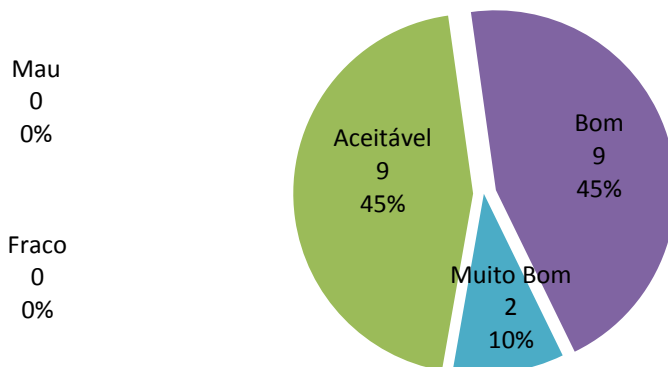
Enquanto no *VR Worx* as transições entre cenas são simples, no *Panotour Pro* é possível, por exemplo, definir transições com *zoom* sobre os locais de interacção, o que dá uma outra sensação de movimento através do espaço, e este foi, certamente, um dos aspectos mais apreciados nesta comparação.

As respostas obtidas nesta secção revelam, de uma forma geral, a preferência pela ferramenta *Panotour Pro*, possivelmente por ter um aspecto mais apelativo e uma forma de identificar os locais de interacção mais evidente. A imersão também foi objecto de uma melhor classificação nesta ferramenta, assim como os modos de navegação.

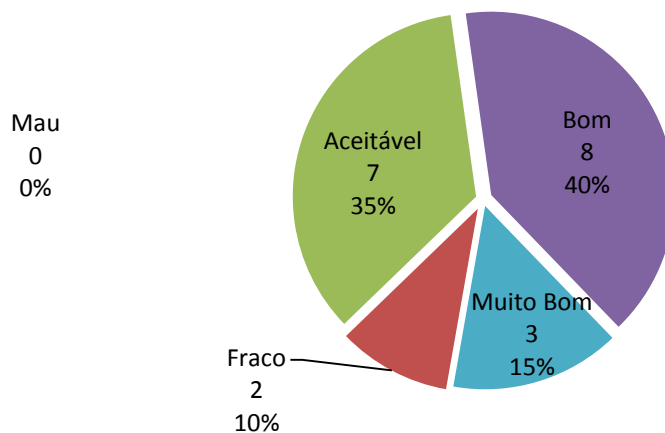
### 5.3.2 Pergunta 11

A pergunta 11 visa classificar a escolha do ambiente sonoro da visita virtual. Esta pergunta só foi colocada relativamente ao ambiente construído com o *Panotour Pro*, pois só esta ferramenta está dotada desta capacidade.

### 11)- 1 - Classifique a escolha do ambiente sonoro - No parque de estacionamento



### 11)- 2 - Classifique a escolha do ambiente sonoro - Na régie e na sala LAMU



### 11)- 3 - Classifique a escolha do ambiente sonoro - Na restante visita

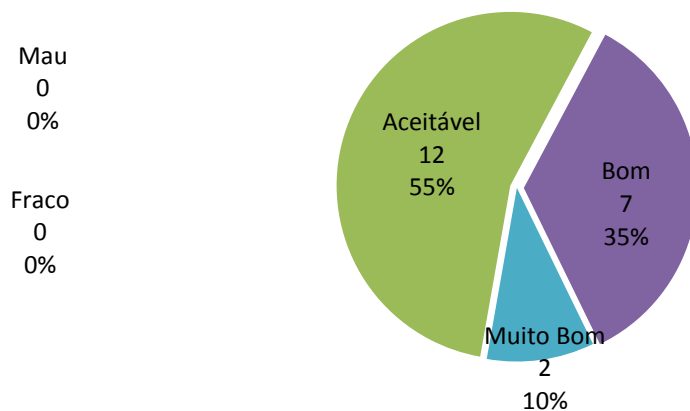


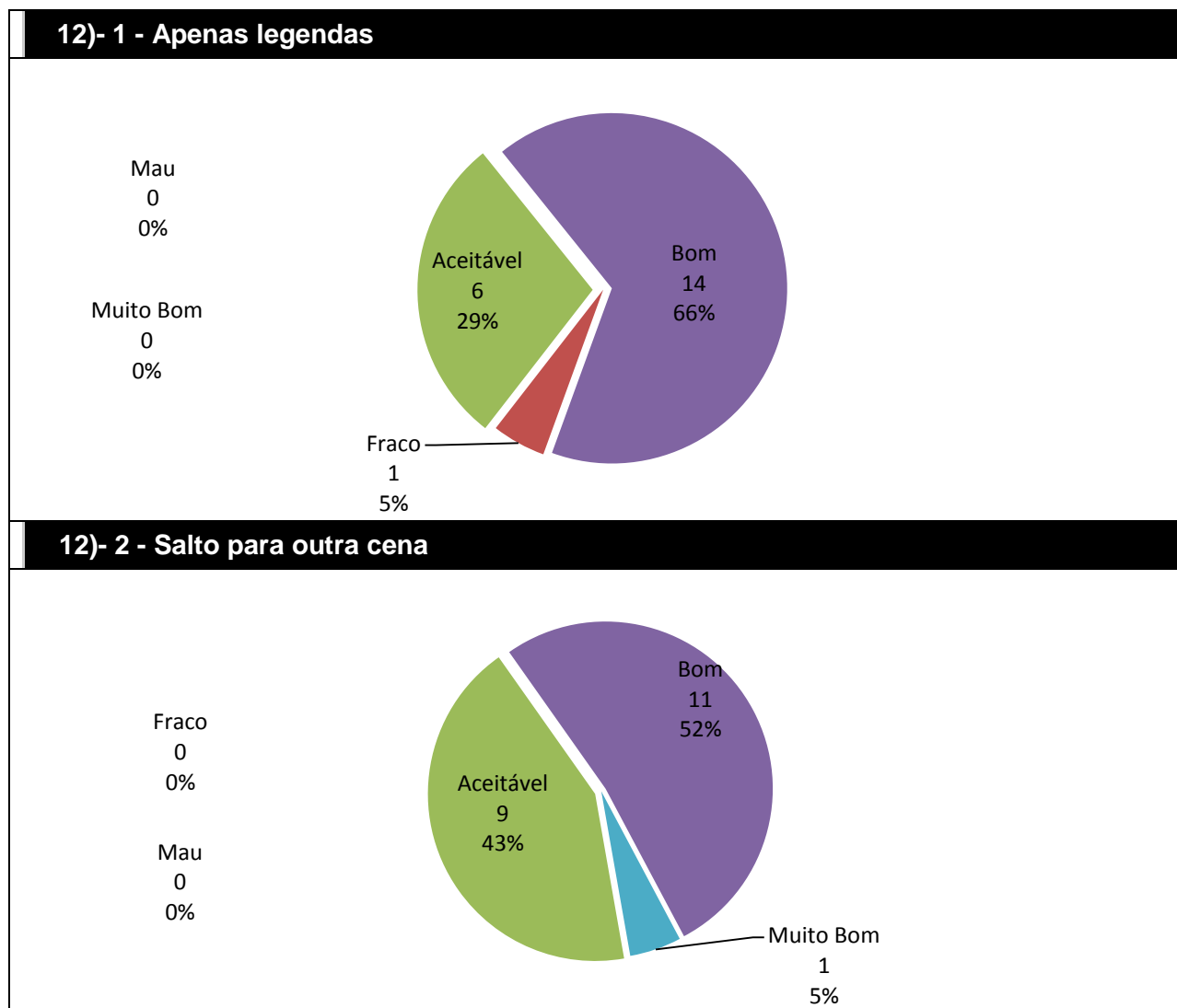
Gráfico 23 - Opiniões sobre o ambiente sonoro

O som escolhido para o parque de estacionamento foi de um ambiente exterior calmo, com alguns pássaros a cantar. Para as cenas da régie e da sala LAMU foi colocado o genérico de

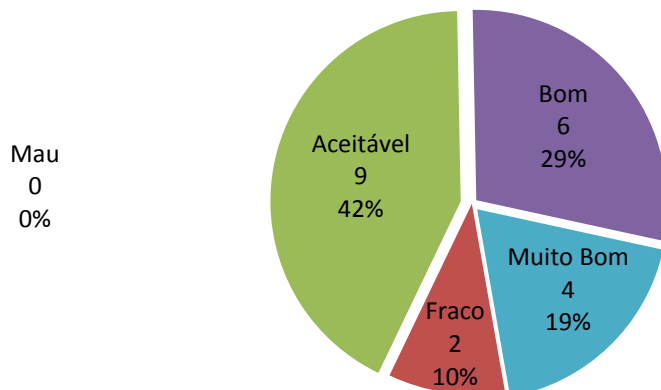
um telejornal e, para a restante visita, uma música ambiente suave. Curiosamente, a preferida foi a música mais apelativa, certamente porque tinha muito que ver com as instalações em si. O ambiente sonoro foi assim, de forma geral, apreciado positivamente (Gráfico 23).

### 5.3.3 Pergunta 12

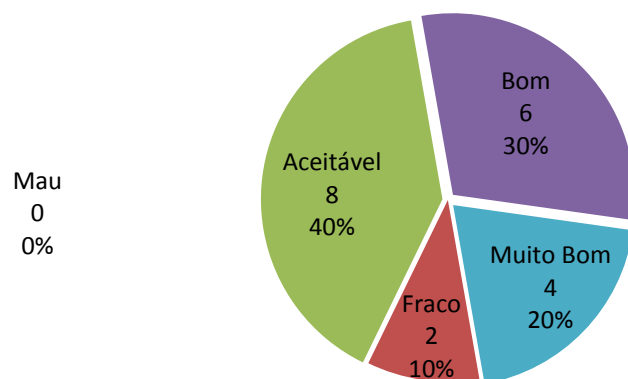
Esta pergunta é composta por diversas alíneas que pretendem apurar quais os tipos de ligações preferidas pelos utilizadores destes ambientes 3D imersivos (Gráfico 24), independentemente da ferramenta utilizada.



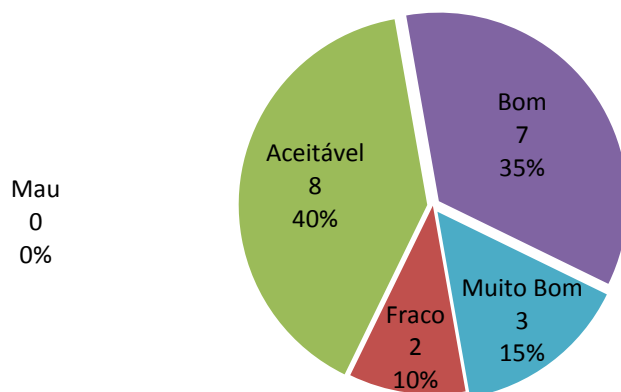
### 12)- 3 - Manipulação de objectos pequenos (câmaras,etc..)



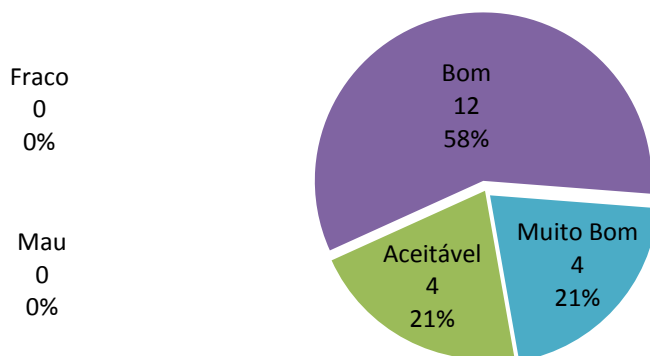
### 12)-4 - Manipulação de objectos grandes (veículo automóvel)



### 12)- 5 - Sítios na Internet



## 12)- 6 - Fotografias



## 12)- 7 - Filmes (notícias)

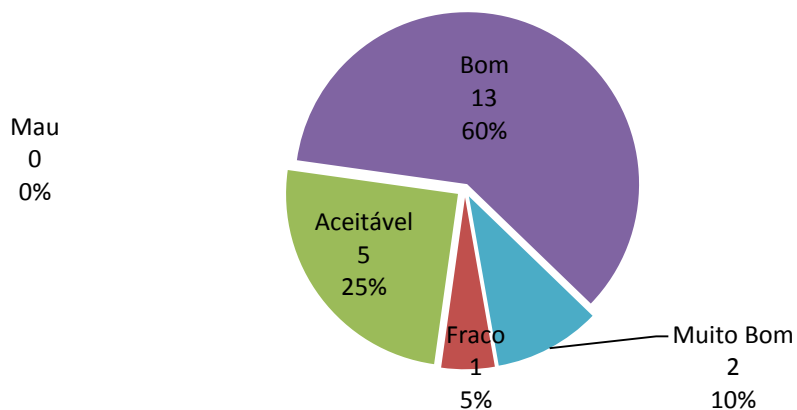


Gráfico 24 - Opiniões sobre tipos de ligações

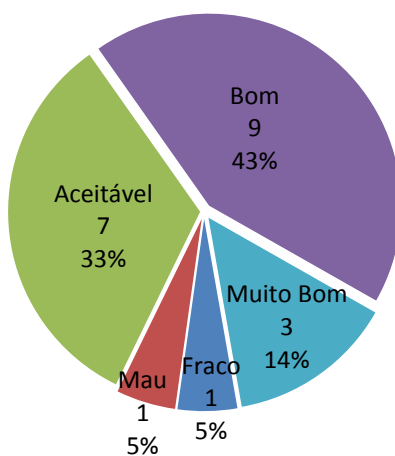
As respostas a esta pergunta foram um pouco surpreendentes, pois as ligações a objectos mais simples foram, mesmo assim, as mais votadas. As manipulações de objectos e os sítios na internet foram maioritariamente classificados como aceitáveis.

De uma forma geral, as ligações a informação externa ao ambiente foi apreciada positivamente, tendo contribuído para aumentar a satisfação da navegação e aumentando a interactividade durante a visita virtual.

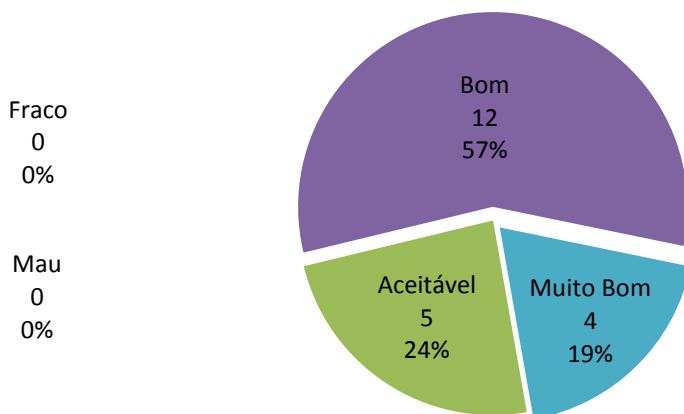
### 5.3.4 Pergunta 13

Por se tratar de uma vista virtual, é possível virtualizar a experiência e, por isso, foram implementadas diferentes formas de navegação pelo espaço que se quis validar com os utilizadores quanto à sua adequabilidade e usabilidade (Gráfico 25).

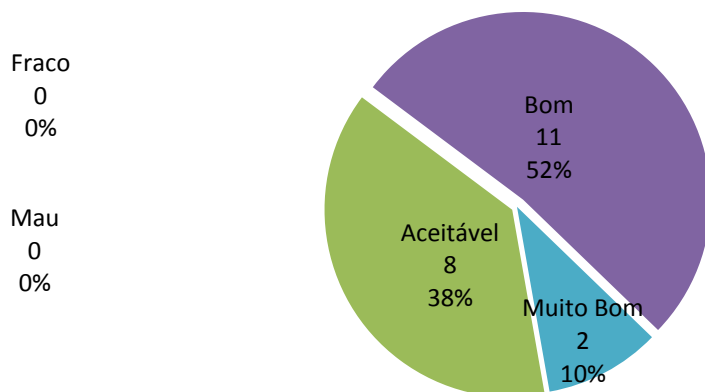
#### 13)- 1 - Saída pela janela



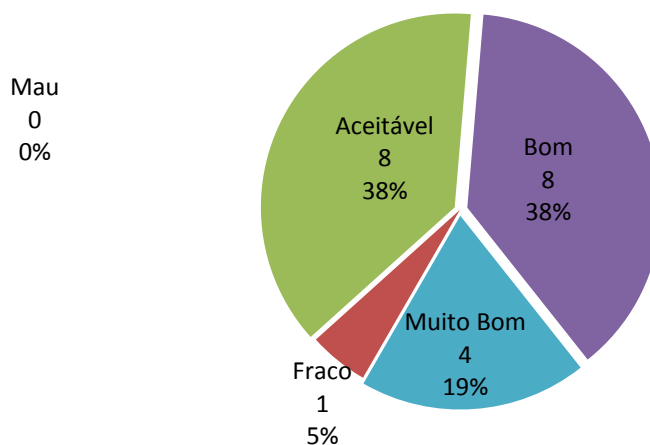
#### 13)- 2 - Salto para outra cena



### 13)- 3 - Som ambiente adaptável a cada cena



### 13)- 4 - Acesso ao mapa da visita



### 13)- 5 - Escolha da cena através de uma lista de cenas existentes

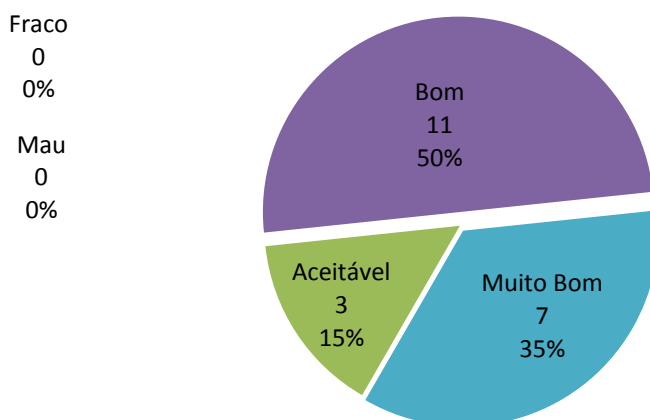
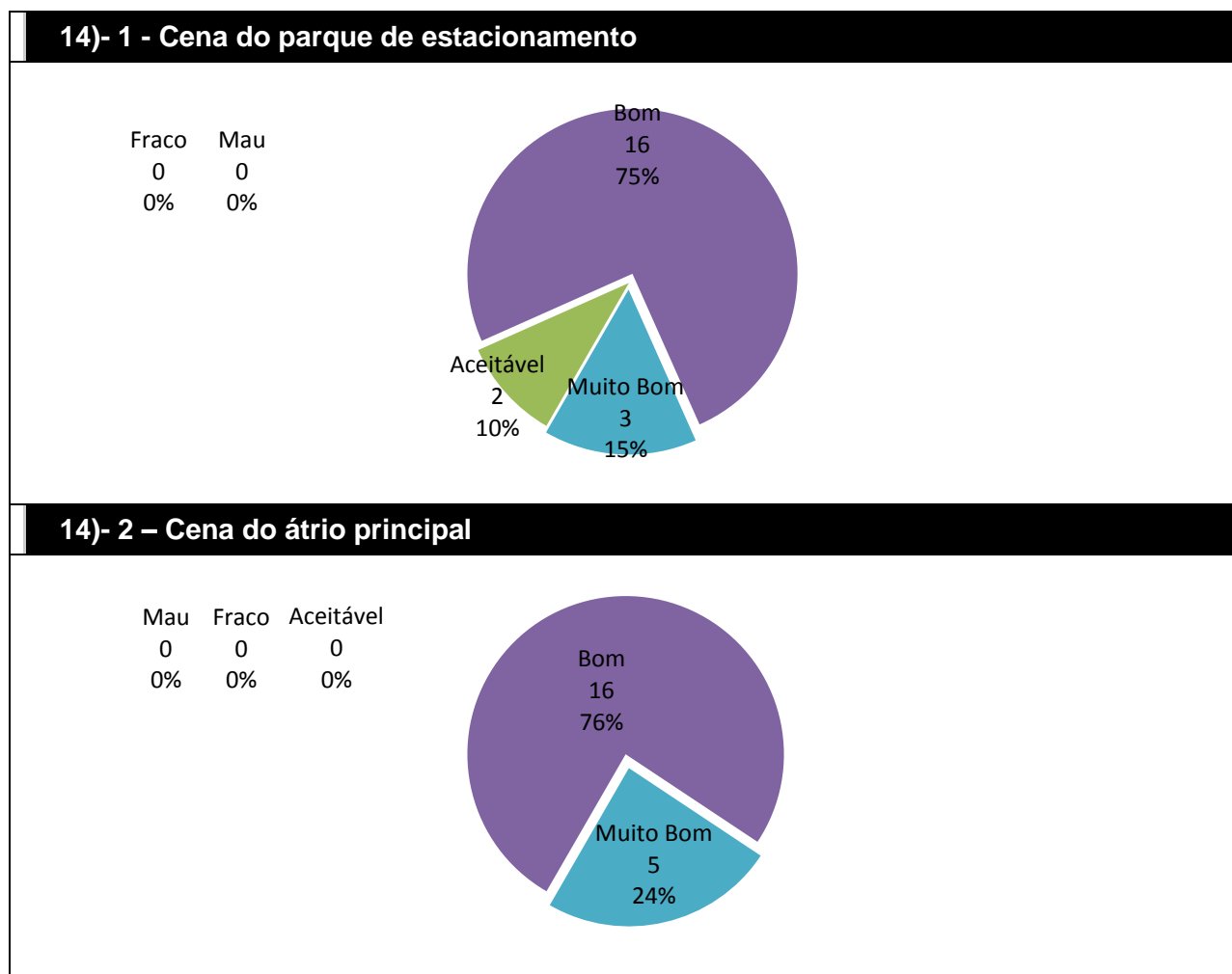


Gráfico 25 - Opiniões sobre a virtualização da navegação pelo ambiente

Com as respostas obtidas a estas perguntas, é pois possível concluir que os efeitos de navegação virtual, por exemplo clicando nas janelas (43%) ou em pontos de ligação para mudar de cena (57%), foi bem aceite pela maioria dos utilizadores. A adaptabilidade do ambiente sonoro à cena que se está a visualizar também foi apreciada pela maioria dos inquiridos (52%). A existência de um mapa da visita virtual não foi tão favoravelmente votada (19%), comparativamente à lista de cenas disponíveis (35%), talvez por esta última permitir o salto automático para a respectiva cena seleccionada, enquanto o mapa acaba por ser um elemento sem interligação e apenas de informação visual.

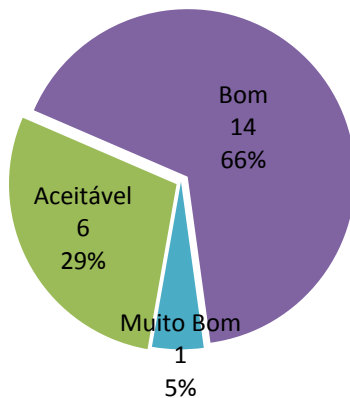
### 5.3.5 Pergunta 14

Esta pergunta apenas pretende obter a opinião das cenas favoritas dos visitantes (Gráfico 26) para se tentar perceber o que terá mais impacto nas cenas com maior aceitação por parte dos utilizadores.



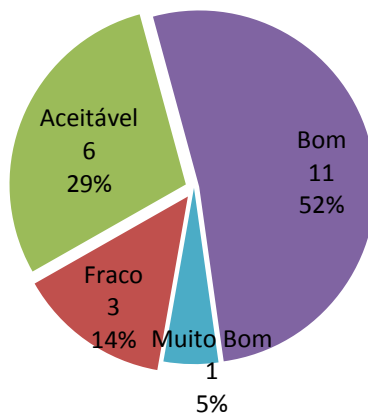
### 14)- 3 – Cena do hall esquerdo

Mau 0  
0 0  
0% 0%



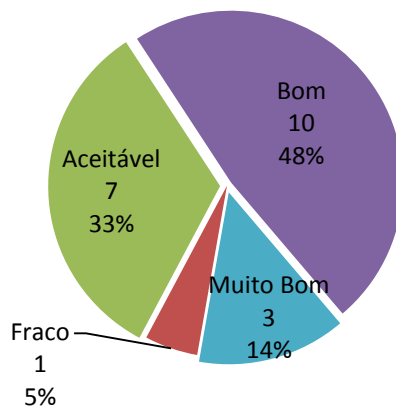
### 14)- 4 – Cena do corredor do andar multimédia

Mau 0  
0 0%



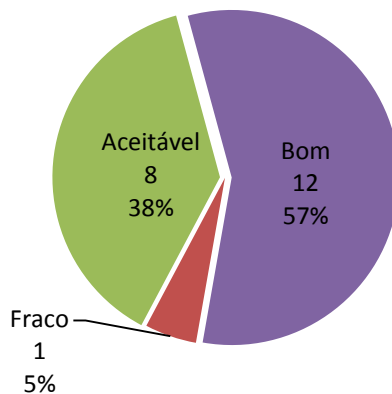
### 14)- 5 – Cena da sala de aulas de multimédia

Mau 0  
0 0%



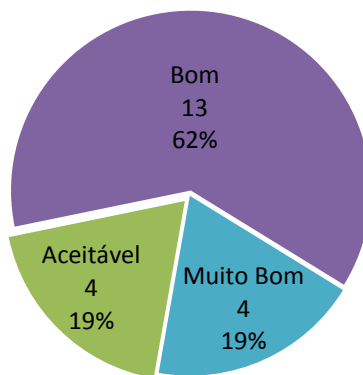
### 14)- 6 – Cena da régie LAMU

Mau	Muito Bom
0	0
0%	0%



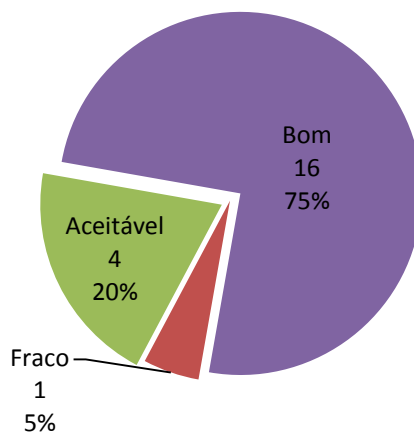
### 14)- 7 – Cena da sala LAMU

Fraco	Mau
0	0
0%	0%



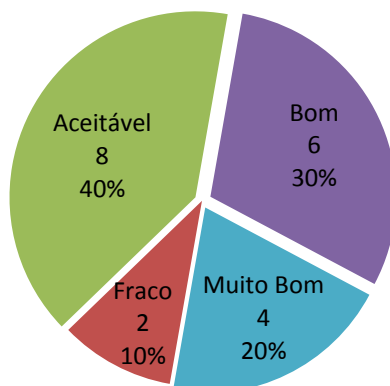
### 14)- 8 – Cena do hall direito

Mau	Muito Bom
0	0
0%	0%



#### 14)- 9 – Cena da sala de estudo

Mau  
0  
0%



#### 14)- 10 – Cena do hall dos gabinetes dos professores

Mau  
0  
0%

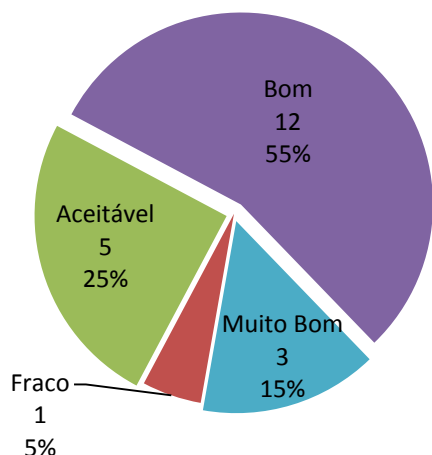


Gráfico 26 - Opinião sobre as cenas favoritas da visita virtual

As cenas favoritas foram:

Em primeiro lugar: O átrio principal do ISEP, obtendo 100% dos votos entre “Bom” (76%) e “Muito Bom” (24%).

Em segundo lugar: O parque de estacionamento, obtendo 90% dos votos entre “Bom” (75%) e “Muito Bom” (15%).

Em terceiro lugar: A sala LAMU, obtendo 81% dos votos entre “Bom” (62%) e “Muito Bom” (19%).

As cenas com melhor classificação são cenas de ambientes amplos e, por isso, bastante agradáveis (1º e 2º lugares), com a excepção da sala LAMU, mas que, mesmo sendo uma fotografia de interior, dá uma perspectiva muito fiel da sala real.

A cena da régie LAMU que resulta de uma panorâmica bastante limitada, por se tratar de um espaço exíguo, ficou no entanto, bem classificada (57% “Bom”), porque deve ter sido confundida, em alguns casos, com a sala LAMU. Seria de esperar que fosse esta a cena menos votada devido ao seu campo de visão bastante limitado.

A cena mais mal cotada (38% “Aceitável” e 10% Fraco) foi a cena da sala de estudo, certamente pelo facto de existirem alguns defeitos de cortes, na imagem panorâmica e também por ser uma cena onde não há qualquer objecto de interacção o que a torna, de facto, pouco atractiva.

Conclui-se assim que a satisfação na navegação num ambiente 3D imersivo resulta de três componentes essenciais:

- 1) A qualidade da imagem panorâmica em termos da perfeição das junções e recortes;
- 2) A amplitude do campo de visão sobre todo o espaço retratado;
- 3) A riqueza de elementos interactivos que cativam mais a atenção e o interesse pela própria cena.

### 5.3.6 Pergunta 15

Esta pergunta visa apurar a experiência de rotação de objectos preferida pelos utilizadores (Gráfico 27).

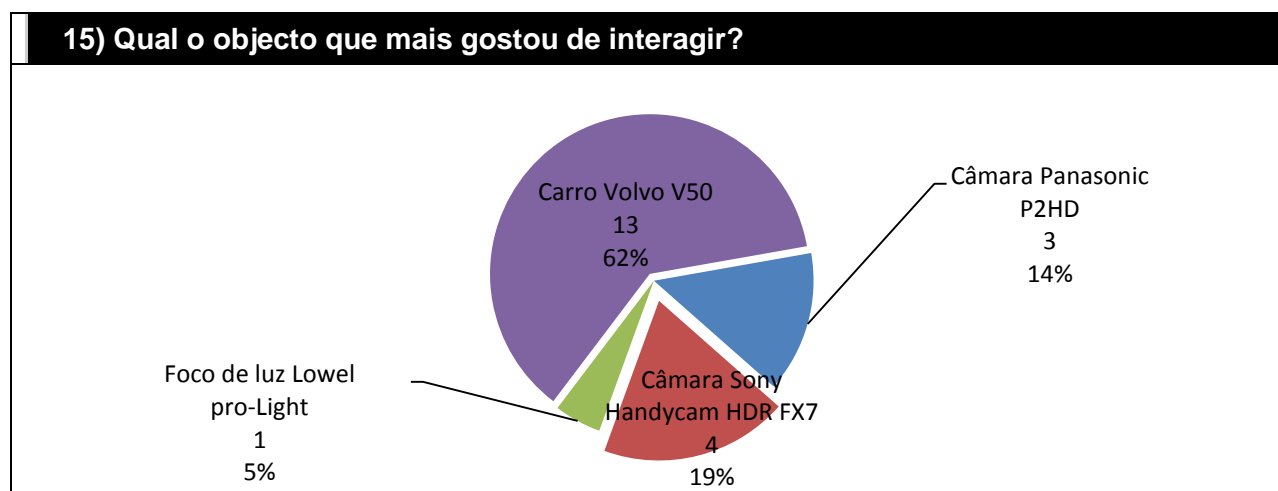


Gráfico 27 - Opiniões sobre a rotação de objectos

A rotação do automóvel foi a experiência mais votada nesta pergunta e bastante destacada das restantes respostas. Talvez por ser um objecto de grandes dimensões tenha surpreendido mais o espectador, por não ser comum ter-se acesso a este tipo de funcionalidade neste tipo de

objectos. O facto de a maioria dos inquiridos serem do sexo masculino também pode ter pesado nesta larga votação.

### 5.3.7 Perguntas 16 e 17

Estas duas últimas perguntas ajudam a perceber o grau de experiência de utilização destes ambientes por parte dos utilizadores (Gráfico 28).

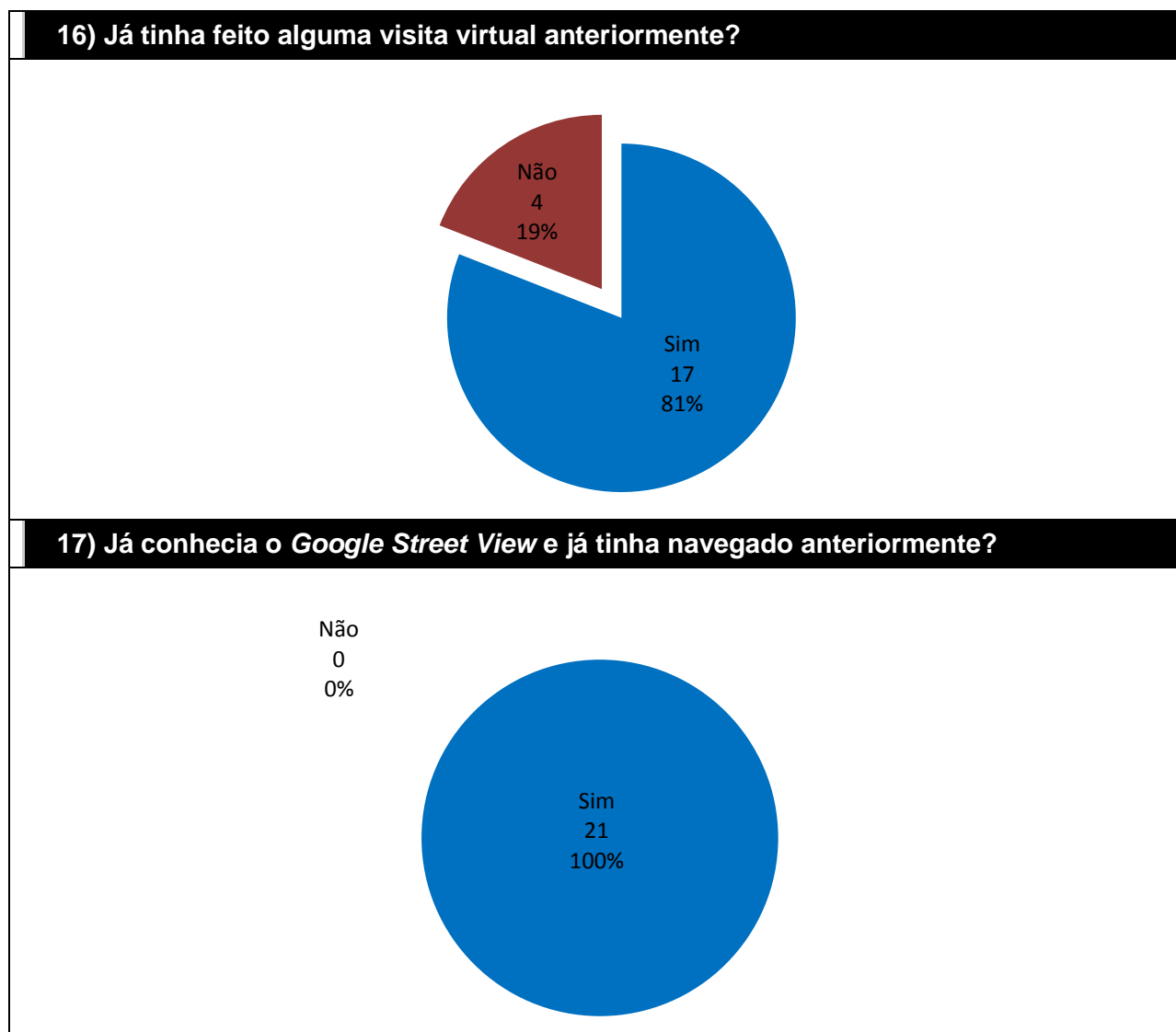


Gráfico 28 - Nível de experiência dos inquiridos com ambientes virtuais

Estas respostas confirmaram o elevado grau de experiência que os inquiridos tinham em termos de navegação em ambientes virtuais, essencialmente também por serem estudantes de informática e, por isso, estarem mais atentos a este tipo de tecnologia. Esta experiência veio dar uma maior validade às respostas obtidas, pois trata-se de opiniões baseadas em alguma

experiência prévia e não apenas resultante de um acto isolado e totalmente novo que pudesse distorcer de alguma forma os resultados.

## 5.4 Resumo

Os resultados da avaliação vieram confirmar quais são os elementos críticos de um ambiente 3D imersivo e de que forma devem ser apresentados para proporcionarem a mais elevada satisfação ao utilizador final. Por serem apreciados os vários tipos de interacção, é importante incluir esta variedade nestes ambientes por forma a proporcionar ao utilizador experiências distintas em cada ligação, tornando assim o ambiente mais apelativo e também mais explorável.



## Capítulo 6 – Conclusões e perspectivas de trabalho futuro

*“Hoje melhor do que ontem, amanhã melhor do que hoje!”*

*Kaizen*

Este último capítulo revela as conclusões deste estudo e procura perspectivar algumas tendências de evolução da utilização dos ambientes 3D imersivos.

### 6.1 Experiência adquirida

Como foi notório ao longo deste trabalho, a área tecnológica da produção, visualização e manipulação de informação em ambientes 3D imersivos está em constante evolução e existem diversas orientações de crescimento, quer ao nível de equipamentos tais como telas, ecrãs, projectores, máquinas fotográficas, tripés; quer ao nível das técnicas de implementação, sejam elas técnicas de projecção, técnicas de geração de imagens panorâmicas ou técnicas de implementação de ambientes 3D imersivos.

Falando da evolução dos equipamentos, têm surgido no mercado cada vez mais soluções de exploração de conteúdos, cada vez mais acessíveis, como os *smartphones*, que têm capacidades de processamento de imagem suficientes para suportar, por exemplo, a navegação num ambiente 3D imersivo, embora, como já foi dito neste trabalho, as reduzidas dimensões destes equipamentos não produzam um efeito imersivo tão grande como o que é possível alcançar, por exemplo, numa tela de cinema ou num ecrã de computador. A utilização de projectores 3D está a vulgarizar-se e as máquinas fotográficas já substituem, muitas vezes, as câmaras de vídeo convencionais devido às inúmeras potencialidades que disponibilizam. Até o simples tripé tem evoluído e já se fala, hoje em dia, de tripés com controlo de nivelamento, regulação de ângulos de disparo e até de controlo automático de disparo da própria máquina fotográfica para garantir a estabilidade no momento do disparo.

Quanto às técnicas de projecção, tem-se assistido, nos últimos anos, a uma proliferação das transmissões com sinal digital e da tecnologia 3D, quer ao nível de imagem, como ao nível do som, tudo isto em prol de uma maior imersão na experiência audiovisual.

Ao nível das técnicas de geração de imagens panorâmicas, como foi possível comprovar neste estudo, existe no mercado uma imensidão de ferramentas, que se tornam assim na base para a criação de ambientes 3D imersivos. Estas ferramentas têm sido melhoradas ao longo dos tempos, o que ficou evidente na comparação das duas ferramentas *VR Worx* e *Panotour Pro*. Os algoritmos de colagem de imagens (*stitch*) são cada vez mais evoluídos e permitem obter resultados finais muito mais perfeitos em termos de imagens panorâmicas. Além de aplicações de junção de diversas fotografias, também já existem no mercado mais máquinas fotográficas de uso comum, com capacidade para efectuar automaticamente a junção de fotografias sucessivas numa imagem panorâmica. Se se considerar as máquinas profissionais, poder-se-á já falar em objectivas específicas para este tipo de imagem panorâmica, por exemplo, as lentes olho de peixe (*fish eye*) ou ainda máquinas específicas que utilizam um reflector cónico para, num só disparo, capturar toda a cena em 360°. A velocidade com que estas tecnologias surgem no mercado faz com que este tipo de estudo careça de actualização regular.

Relativamente às ferramentas de implementação de ambientes 3D imersivos, também se tem a noção de que é uma área em constante evolução e de que estes ambientes se vão tornar cada vez mais interactivos, dando aos utilizadores muito mais formas de interacção e de disponibilização de conteúdos associados.

Com a exploração destas ferramentas, efectuada ao longo deste estudo, foi fácil identificar as melhores práticas em termos de funcionamento e de implementação. Assim, o facto de uma destas aplicações conseguir relacionar as diversas fotografias independentemente da ordem das mesmas ou da existência de fotografias repetidas, consiste numa funcionalidade muito poderosa a salientar. Estas técnicas de optimização de junção de imagens chegam ainda ao ponto de permitir construir panoramas com mais de doze fotografias, mesmo nas situações em que as mesmas não se encontram devidamente alinhadas.

O conceito da imagem panorâmica de 360° está a estender-se a outros conceitos como o da imagem esférica de 360°, em que já não há a imposição de limites à exploração do espaço, dando cada vez mais possibilidades ao utilizador. Um outro conceito é o da síntese de fotografias apresentado pelo *Photosynth* que, para explorar o espaço, já nem sequer necessita de fazer a junção efectiva das diversas imagens, apenas estabelece as relações entre elas, de

forma a apresentar a sucessão de fotografias mais correcta, para dar a percepção do espaço 3D. Juntando a estes conceitos as potencialidades da visualização 3D por estereoscopia, poder-se-á construir novos tipos de ambientes, cada vez mais imersivos. Este exercício poderá constituir possíveis trabalhos futuros nesta área tecnológica.

Com a avaliação efectuada foi possível identificar que a fotografia, mesmo que panorâmica, não é ainda suficiente para dar ao espectador toda a informação de que necessita para identificar o local retratado. Na falta de referenciais reconhecidos é necessário “alimentar” a fotografia com mais informação, da forma mais clara e directa possível. Assim, foi possível identificar as preferências dos utilizadores ao nível do ambiente de navegação e dos tipos de interacções que suscitaram maior interesse. Pode-se concluir que um visualizador “assistido” é mais apreciado e reconhecido como útil. Esta assistência traduz-se na existência de ícones ou pequenas imagens que identificam as diversas interacções ao longo das respectivas cenas (local de transição de cena, local de interesse com informação associada, ligação a sítios na internet, etc.). A utilização de menus de comandos para interagir com a cena também ficou bem classificada, embora a interacção com o rato ou com qualquer outro tipo de dispositivo apontador, torne a experiência de navegação mais natural. A reacção à possibilidade de rotação de objectos também foi positiva, tendo sido a rotação de grandes objectos mais votada, talvez devido à impossibilidade física de a realizar no ambiente real. A virtualização do ambiente foi também apreciada pelos utilizadores, como, por exemplo, o facto de ser possível entrar ou sair por uma janela, tal como se faz relativamente a uma porta. A informação anexa aos objectos foi tida como positiva, sendo que a informação em formato de vídeo foi a forma mais apreciada. As cenas com um maior número de objectos com interacção foram também as preferidas pelos inquiridos, o que realmente demonstra que, de um modo geral, quanto mais interacção tiver a cena, mais apelativa esta se torna. Por fim, a transposição de um ambiente virtual para outro, como o *Google Street View*, vem abrir mais possibilidades de virtualização e de integração deste tipo de ambientes, permitindo a formação de redes de ambientes 3D imersivos.

A nível pessoal, este foi um trabalho muito gratificante, pois foi possível elaborar um estudo alargado sobre esta matéria, o que permitiu orientar da melhor forma todo o trabalho realizado. O conhecimento alcançado sobre as ferramentas e técnicas existentes, aplicáveis a estes ambientes 3D imersivos, veio despertar a vontade de, possivelmente, vir a aprofundar ainda mais o tema podendo ser objecto de uma dissertação de doutoramento.

## 6.2 Considerações finais

Devido às imensas potencialidades demonstradas por estes ambientes 3D imersivos, pode-se afirmar certamente que, em poucos anos, poderão surgir sistemas de informação baseados em tecnologias multimédia como esta, permitindo dotar estes sistemas com novas formas do utilizador interagir com a informação. Partindo do princípio de que qualquer conteúdo pode ficar associado a qualquer ambiente 3D imersivo, antevê-se a revolução que aí vem.

Como se pôde ver com este estudo, as diversas áreas tecnológicas não param de surpreender em termos de novas abordagens e soluções para os mais diversos problemas ou desafios.

Para terminar esta dissertação resta assim apenas desejar: *“Hoje melhor do que ontem, amanhã melhor do que hoje!” – Kaizen.*

## Bibliografia

**360World.eu** Panorama History [Online]. - 2009. - <http://360world.eu/en/panoramahistory.html>.

**Academia de Ciências de Lisboa** Dicionário [Livro].

**Adobe** Adobe Photoshop CS4 Extended [Online]. - 2011. - <http://www.adobe.com/products/photoshopextended.html>.

**Aperta R. Rui** [Online] // Foto 3D. - 2007. - 09 de Abril de 2011. - <http://ruiaperta3d.110mb.com/>.

**Apple** Quicktime [Online]. - 2011. - <http://www.apple.com/quicktime/>.

**Bing Maps** Welcome to Bing Maps [Online]. - 2011. - <http://www.bing.com/maps/explore/>.

**Casio** [Online] // Casio Brazil. - 06 de Janeiro de 2011. - 20 de Março de 2011. - <http://www.casio.com.br/news/2011/ex-zr100.html>.

**Cotilho Ricardo Freire, Silva André Sérgio e Carinhas Tiago Lobato** TELEVISÃO A 3D [Conferência] // Comunicação Áudio e Vídeo. - Lisboa, Portugal : Instituto Superior Técnico, 2010. - Vol. [http://www.img.lx.it.pt/~fp/cav/ano2009\\_2010/Trabalhos\\_MEEC\\_2010/Artigo\\_MEEC\\_3/documentos/televisao\\_3d.pdf](http://www.img.lx.it.pt/~fp/cav/ano2009_2010/Trabalhos_MEEC_2010/Artigo_MEEC_3/documentos/televisao_3d.pdf).

**de Souza e Silva Adriana** CIBERIDEA 3D — Por uma construção do espaço digital [Conferência] // Anais do Sigradi'2001 (V Congresso Ibero-Americano de Gráfica Digital). - Chile : [s.n.], 2001.

**de Souza e Silva Adriana e Ferreira Luciana** Z ou como estar imerso no espaço digital [Conferência] // Anais da Compós 2001 (X Encontro Anual da Associação Nacional dos Programas de Pós Graduação em Comunicação). - Rio de Janeiro : [s.n.], 2001.

**de Souza e Silva Adriana** Interface, Conexão Liberdade: construindo e imaginando espaços — na rede digital [Conferência] // Anais do Intercom (XXIV Congresso Brasileiro de Ciências da Comunicação) . - Campo Grande/MS -Brasil : INTERCOM - Sociedade Brasileira de Estudos Interdisciplinares da Comunicação, 2001.

**Ferreira Luciana** O Espaço Digital Imersivo [Conferência] // Anais da Compós 2000 (IX Encontro Anual da Associação Nacional dos Programas de Pós Graduação em Comunicação). - Rio de Janeiro : Escola de Comunicação da Universidade Federal do Rio de Janeiro (ECO/UFRJ), 2000.

**Firmtools** Panorama Composer 3 [Online]. - 2011. - <http://panorama.firmtools.com/>.

**Fua Ying Huey** Visualizing Hierarchies Via Exotic Trees [Online] // CS 563 '99 - Advanced Topics in Computer Graphics. - WPI Worcester Polytechnic Institute, 1999. - 30 de Abril de 2011. - <http://davis.wpi.edu/~matt/courses/trees/>.

**Google** ©2011 Google Earth Pro [Online]. - 2011. - 30 de Abril de 2011. - [http://earth.google.com/enterprise/earth\\_pro.html#comparison](http://earth.google.com/enterprise/earth_pro.html#comparison).

**Google** Guia do utilizador do Google Maps [Online]. - 2011. - 06 de 05 de 2011. - <http://maps.google.pt/support/bin/static.py?page=guide.cs&guide=21670&topic=21674&answer=144358&hl=pt-PT>.

**Hu Osvaldo Ramos Tsan** Universidade de São Paulo. Biblioteca digital, Teses e Dissertações [Online] = Contribuições ao desenvolvimento de um sistema de telepresença por meio da aquisição, transmissão e projeção em ambientes imersivos de vídeos panorâmicos / ed. Universidade de São Paulo Escola Politécnica. - 16 de Novembro de 2006. - <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3142/tde-19092006-134926/pt-br.php>.

**ImagemDigital** [Online]. - Imagem Digital, 2010. - 12 de Janeiro de 2011. - [http://www.imagemdigital.com/index.php?option=com\\_content&view=category&layout=blog&id=3&Itemid=11](http://www.imagemdigital.com/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=3&Itemid=11).

**Kolor** kolor autopano giga 2.5l [Online]. - 2011. - <http://www.kolor.com/image-stitching-software-autopano-giga.html>.

**Livinginternet** Livinginternet.com [Online] // Internet Architecture. - 1996-2011. - [http://www.livinginternet.com/i/iw\\_arch.htm](http://www.livinginternet.com/i/iw_arch.htm).

**Lopes Gérard Castello** The Biography channel Gerard Castello Lopes [Online]. - 2007. - <http://video.google.com/videoplay?docid=-418361730050201432&hl=pt-pt#>.

**Malard Maria Lúcia e Colaboradores** [Online] // Princípios Teóricos da Estereoscopia. - Agosto de 2008. - 9 de Abril de 2011. - <http://www.arq.ufmg.br/eva/aivits/Princ%EDpios%20Te%F3ricos%20da%20Estereoscopia.pdf>.

**Microsoft Research** research.microsoft.com [Online]. - 2011. - <http://research.microsoft.com/en-us/um/redmond/groups/ivm/ice/>.

**Noguês Ricardo Filipe Ribeiro** Artdoc3D: Representação Digital de Instalações Artísticas [Online]. - Universidade Nova de Lisboa - Faculdade de Ciências e Tecnologia - Departamento de Informática, 2010. - <http://run.unl.pt/handle/10362/4246>.

**Ohno Nobuaki e Kageyama Akira** Introduction to Virtual Reality Visualization [Online]. - Earth Simulator Center - Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 3173-25 Showa-machi, Yokohama 236-0001, Japan, 2007. - 03 de Junho de 2011. - <http://www.terrapub.co.jp/e-library/amss/pdf/167.pdf>.

**panotour Kolor** kolor panotour pro [Online]. - 2011. - <http://www.kolor.com/panotour-software-virtual-tours-360-home.html>.

**Parente André** [Online] // André Parente.net - Panoramas - História dos dispositivos. - 1991. - 24 de Março de 2011. - <http://andreparente.net/figurasnapaisagem/#/panoramas/>.

**Photosynth.net** Photosynth [Online]. - 2011. - <http://photosynth.net/>.

**Pölönen Monika** A head-mounted display as a personal viewing device: Dimensions of subjective experiences [Online]. - Institute of Behavioural Sciences. University of Helsinki, Finland, 21 de Agosto de 2010. - <http://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/63149/aheadmou.pdf?sequence=1>.

**Ranon Roberto** Introduction to X3D [Relatório]. - University of Udine, Italy : HCI Lab.

**Rekimoto Jun e Green Mark** The Information Cube: Using Transparency in 3D Information Visualization [Online] // CiteSeer. - Department of Computing Science, University of Alberta, Canada, 5 de Dezembro de 1993. - 05 de 05 de 2011. - <http://citeseer.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.55.4003>.

**Robertson Daniel James** Spatial and Temporal Factors Affecting Human Visual Recognition Memory [Relatório]. - University of Nottingham : [s.n.], 2007.

**Schneider Daniel K. e Martin-Michiello Sylvere** VRML Primer and Tutorial [Relatório]. - University of Geneva : TECFA, Faculté de Psychologie et des sciences de l'education, 1998.

**Second Life** Second Life - Quick Start Guide [Online]. - 2011. - <http://secondlife.com/support/quickstart/basic/Inspectors>.

**Serif** Panorama Plus [Online]. - 2011. - <http://www.serif.com/panoramaplus/>.

**Sourceforge** Hugin - Panorama photo stitcher [Online]. - 2011. - <http://hugin.sourceforge.net/>.

**Stroe Ionel Daniel** Spatial Distortion Techniques [Online] // CS 563 '99 - Advanced Topics in Computer Graphics. - WPI Worcester Polytechnic Institute - Computer Science, 03 de Março de 1999. - 30 de Abril de 2011. - <http://davis.wpi.edu/~matt/courses/distortion/>.

**Themelis George** Polarization of light [Online] // NSA Convention - Apresentação baseada numa parte de um artigo do prof.Donald Simanek. - 16 de Julho de 2010. - <http://www.drt3d.com/W05-Polarization.pdf>.

**Ulead** Ulead COOL 360 [Online]. - 2011. - <http://www.ulead.com/cool360/features.htm>.

**United Photo Press UPP** Foto panoramica [Online]. - UNITED PHOTO PRESS, 10 de Agosto de 2007. - <http://www.unitedphotopress.net/2006/05/foto-panoramica.html>.

**VRtoolbox** VR Worx 2.6 [Online]. - 2008. - <http://vrtoolbox.com/>.



# Anexos



## Anexo 1 – Enunciado do questionário de avaliação



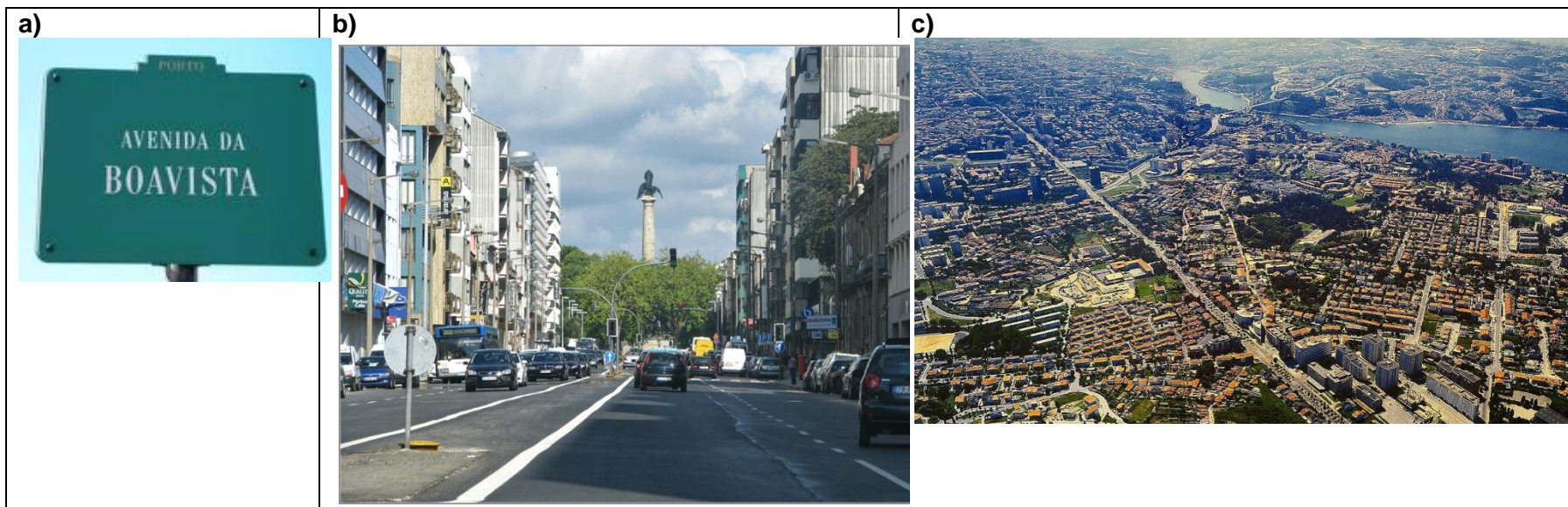
## Questionário para avaliar as potencialidades de utilização de ambientes 3D imersivos

### Parte 1 - O Conteúdo da Imagem

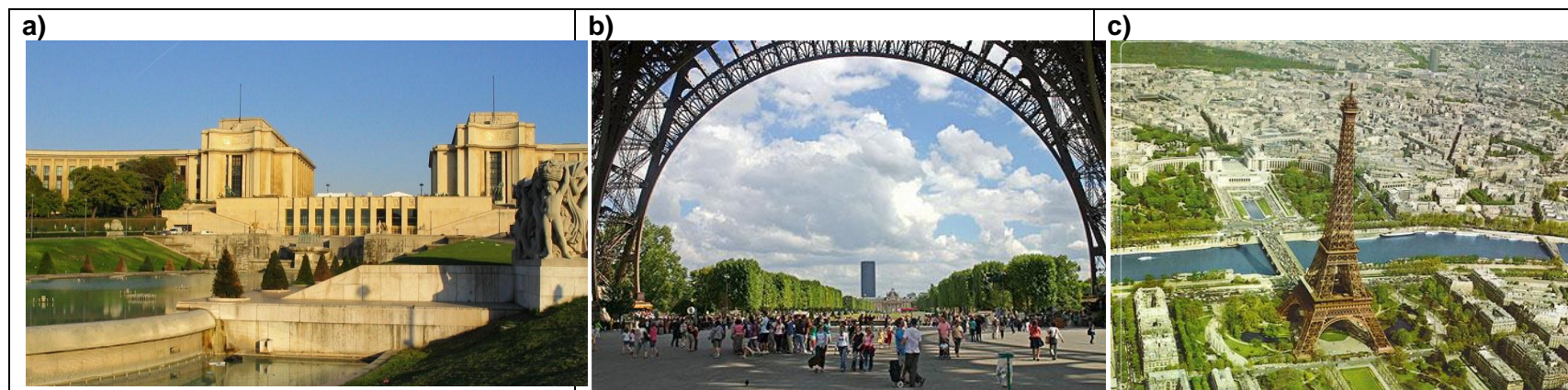
1) Identifique onde foram tiradas estas fotografias (tipo de local ou nome caso reconheça)



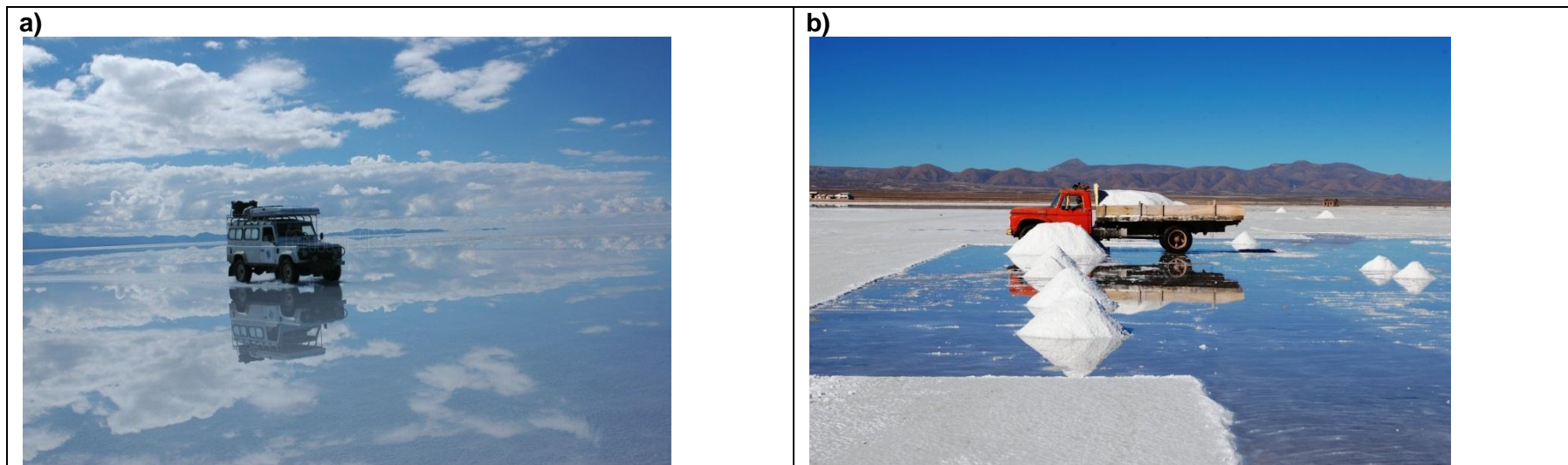
2) Qual das seguintes fotografias lhe fornece mais informação para identificar o local retratado (a, b ou c)?



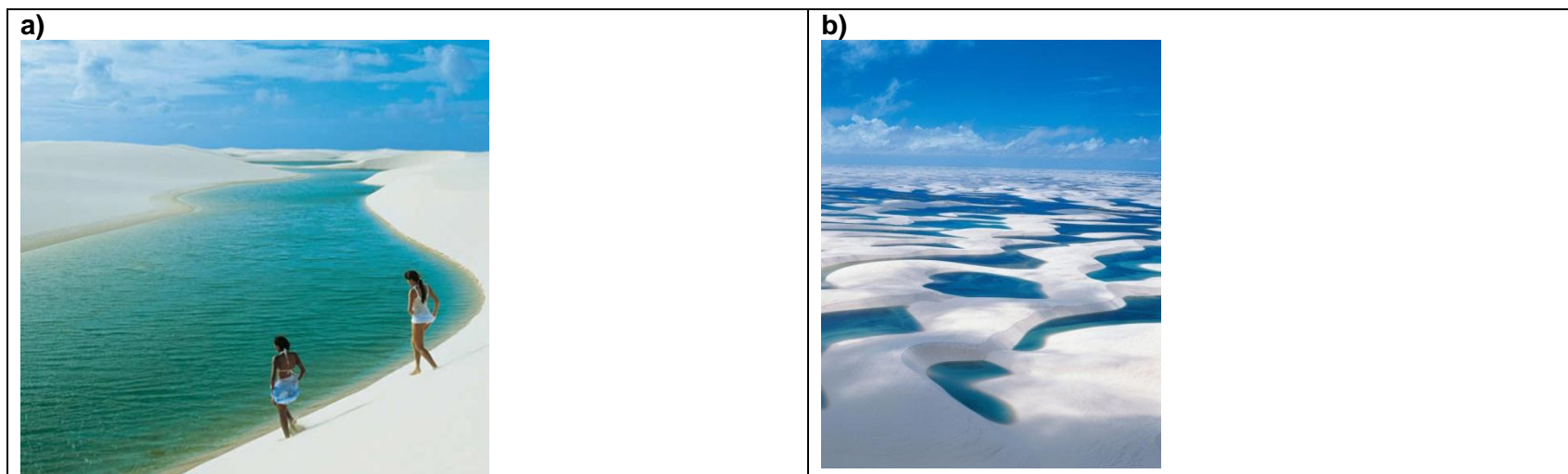
3) Qual das seguintes fotografias lhe fornece mais informação para identificar o local retratado (a, b ou c)?



4) Acha que as duas fotografias seguintes dizem respeito ao mesmo local?



5) Acha que estas as fotografias seguintes dizem respeito ao mesmo local?



6) Considerando as seguintes fotografias:

- 1) Indique uma sequência lógica
- 2) Qual o movimento que a sequência induz?

a)



b)

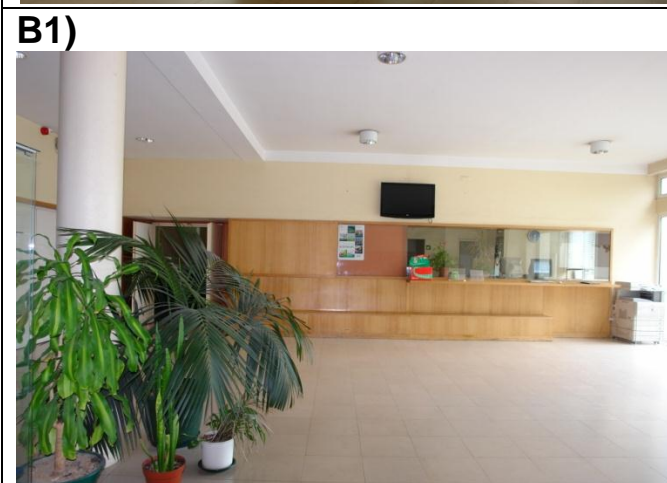
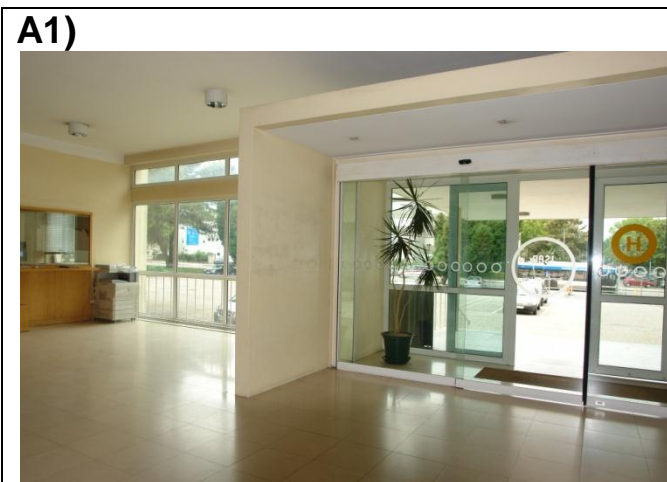


c)



7) As seguintes séries de fotografias (A e B) foram tiradas para compor uma fotografia panorâmica. Sabendo que as fotografias aparecem na ordem de disparo, indique em que sentido se deslocou a objectiva em cada uma das séries.

- 1) Indique o sentido do disparo na série A
- 2) Indique o sentido do disparo na série B
- 3) Em que série teve maior facilidade em reconhecer o sentido?



**8) Qual o ângulo de visão obtido com esta fotografia panorâmica?**

- a) 90 graus
- b) 180 graus
- c) 270 graus
- d) 360 graus



**9) Em que local foi tirada a seguinte fotografia panorâmica?**

- a) No separador central de uma estrada junto a um cruzamento
- b) No centro de uma rotunda onde convergem 5 ruas
- c) Numa passadeira para peões no meio da estrada



(Veja a visão panorâmica desta imagem, depois de entregar este questionário preenchido)

**Os passos seguintes do inquérito encontram-se na folha de respostas →**

## Anexo 2 – Formulário de respostas ao questionário de avaliação



# Questionário para avaliar as potencialidades de utilização de ambientes 3D imersivos

2010/2011 Dissertação de Mestrado - Visualização e Manipulação de Informação em Ambientes 3D Imersivos 1920077 Filipe Costa

Sexo

M F

Idade

< 25 anos    entre 26 e 35    / entre 36 e 45    > 45 anos

1) Indique onde foram tiradas estas fotografias Fotografia a)

Fotografia b)

Fotografia c)

Fotografia d)

Fotografia e)


2) Qual das fotografias fornece mais informação para identificar o local retratado?

a)    b)    c)

A horizontal grey bar containing three white square buttons, each with a radio button icon in the center.


3) Qual das fotografias fornece mais informação para identificar o local retratado?

a)    b)    c)

A horizontal grey bar containing three white square buttons, each with a radio button icon in the center.

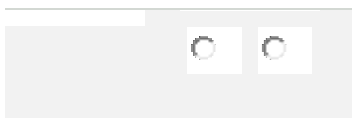
4) Acha que as duas fotografias seguintes dizem respeito ao mesmo local?

Sim    Não

A horizontal grey bar containing two white square buttons, each with a radio button icon in the center.


5) Acha que as duas fotografias seguintes dizem respeito ao mesmo local?

Sim    Não

A horizontal grey bar containing two white square buttons, each with a radio button icon in the center.

6) 1- Indique uma sequência lógica

abc    cba    acb    bca    bac

A horizontal grey bar containing five white square buttons, each with a radio button icon in the center.

6) 2- Qual o movimento que a sequência induz?

7) 1- As seguintes séries de fotografias foram tiradas para compor uma fotografia panorâmica. Sabendo que as fotografias aparecem na ordem de disparo, indique em que sentido se deslocou a objectiva em cada uma das séries

Série A

Série B

7) 2- Em que série teve maior facilidade em reconhecer o sentido?

A B



8) Qual o ângulo de visão obtido com esta fotografia panorâmica?

90° 180° 270° 360°



9) Em que local foi tirada a seguinte fotografia panorâmica?

# Questionário para avaliar as potencialidades de utilização de ambientes 3D imersivos

2010/2011 Dissertação de Mestrado - Visualização e Manipulação de Informação em Ambientes 3D Imersivos  
1920077 Filipe Costa

Faça uma visita virtual pelas instalações multimédia do ISEP. Pede-se que faça duas visitas utilizando:

1º) Visita virtual ISEP VRWORX.mov

2º) Visita virtual ISEP PANOTOUR.exe

(em ambas as visitas utilize a navegação pelo rato e pelos comandos) (verifique a informação existente no visualizador (cantos e rodapé))

## **Siga os seguintes passos:**

- a) No parque de estacionamento do ISEP dirija-se à porta principal e clique para entrar
- b) No átrio veja as notícias do ISEP
- c) Depois dirija-se ao acesso para o chamado hall esquerdo
- d) Dirija-se ao corredor do andar multimédia
- e) No corredor, entre nas instalações do LAMU
- f) Depois entre na sala LAMU
- g) Veja a informação associada às câmaras de vídeo e foco de luz
- h) Volte ao parque de estacionamento
- i) A partir do parque de estacionamento, aceda directamente à sala de aulas de multimédia
- j) Veja informação associada ao objecto interactivo existente
- k) Saia pela porta e dirija-se ao hall direito
- l) Veja a vista junto aos gabinetes dos professores. clique nas portas para saber de quem são os gabinetes
- m) Visite a sala de estudo e depois volte ao parque para ver a informação associada ao volvo V70 que está estacionado
- n) Consulte a localização do ISEP no *Google maps/street view*, clicando no portão de entrada do parque de estacionamento
- o) Navegue agora livremente para continuar a explorar os conteúdos existentes

No átrio principal, faça *zoom* sobre o painel do muro e complete a seguinte frase: "Há um poeta em mim..."

# Questionário para avaliar as potencialidades de utilização de ambientes 3D imersivos

2010/2011 Dissertação de Mestrado - Visualização e Manipulação de Informação em Ambientes 3D Imersivos  
1920077 Filipe Costa

## 10) Avaliar a experiência VR WORX

	Mau	Fraco	Aceitável	Bom	Muito Bom
Gostou da visita que fez?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Classifique a envolvimento (imersão) que sentiu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Classifique a navegação com o Rato	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Classifique a navegação com os Comandos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Como considera a detecção dos pontos de ligação (links) na imagem?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Classifique a existência das legendas das ligações	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Classifique o tipo de transições entre cenas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

## PANOTOUR PRO

	Mau	Fraco	Aceitável	Bom	Muito Bom
Gostou da visita que fez?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Classifique a envolvimento (imersão) que sentiu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

	Mau	Fraco	Aceitável	Bom	Muito Bom
Classifique a navegação como Rato	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Classifique a navegação com os Comandos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Como considera a detecção dos pontos de ligação (links) na imagem?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Classifique a existência das legendas das ligações	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Classifique o tipo de transições entre cenas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

## 12) Classifique os diferentes tipos de ligações existentes

	Mau	Fraco	Aceitável	Bom	Muito Bom
Apenas legendas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Salto para outra cena	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Manipulação de objectos pequenos (câmaras, etc..)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Manipulação de objectos grandes (veículo automóvel)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sítios na Internet	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fotografias	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Filmes (notícias)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

11) Classifique a escolha do ambiente sonoro Apenas PANOTOUR PRO

	Mau	Fraco	Aceitável	Bom	Muito Bom
No parque de estacionamento	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Na régie e na sala LAMU	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Na restante visita	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

13) Classifique a virtualização da visita

	Mau	Fraco	Aceitável	Bom	Muito Bom
Saída pela janela	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Regresso ao átrio principal clicando nas escadas ou no elevador	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Som ambiente adaptável a cada cena	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Acesso ao mapa da visita	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Escolha da cena através de uma lista de cenas existentes	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

14) Classifique as diferentes cenas da visita

	Mau	Fraco	Aceitável	Bom	Muito Bom
Parque de estacionamento	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Átrio principal	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

	Mau	Fraco	Aceitável	Bom	Muito Bom
Hall esquerdo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Corredor do andar multimédia	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sala de aulas e multimédia	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Régie LAMU	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sala LAMU	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Hall Direito	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sala de Estudo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Hall dos gabinetes dos professores	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

15) Qual o objecto que mais gostou de interagir?

Câmara Panasonic P2HD

16) Já tinha feito alguma visita virtual anteriormente?

Sim Não

17) Já conhecia o Google Street View e já tinha navegado anteriormente?

Sim Não

« Back

Submit

Powered by [Google Docs](#)